



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

# Influencia de la Informática Gráfica en el diseño de productos industriales

Fernando Julián Pérez



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution 4.0. Spain License.**

Departament de Dibuix  
**Facultat de Belles Arts**  
Divisió de Ciències Humanes i Socials  
**UNIVERSITAT DE BARCELONA**

Programa doctorat 94/96  
**NOVES TEORIES, METODOLOGIES I  
TECNOLOGIES DEL DIBUIX**

TÍTOL DE LA TESI

***Influencia de la Informàtica Gràfica en el diseño de  
productos industriales***

Per optar al títol de:  
Doctor en Belles Arts

Doctorand: Fernando Julián Pérez  
Director de la tesi: Dr. Jordi Gratacòs Roig

## LA CREACION DE TEXTURAS

Como se indicó en el tratamiento de la luz, un material puede definirse respecto a tres valores: la iluminación, sus colores y la textura o propiedades de la superficie. Como propiedades de la superficie de un objeto se encuentran: mate, brillante, semitransparente, transparente, plano, rugoso.<sup>148</sup>

Mientras que en el dibujo tradicional depende sobre todo de la técnica gráfica y de los utensilios utilizados, en la imagen electrónica todo consiste en una proporción de pixels encendidos y apagados con un cierta distribución geométrica. Tiene pues dos dimensiones: densidad y trazado. Mientras en el dibujo tradicional se realiza cada vez la textura deseada, en el ordenador generalmente se elige entre la oferta de un extenso catálogo, tanto de densidades como de trazados geométricos: punteados, rallados, cuadrículados, relleno de negro. Todo esto se refiere a la textura convencional, lo que se podría llamar trama gráfica (diferenciar zonas).

El otro tipo de textura es la de carácter imitativo, que trata de reproducir fielmente acabados y materiales íntimamente ligados a la variable del color.

El procedimiento de texture-mapping (aplicación de textura), es un procedimiento en el cual una imagen elegida a placer puede ser aplicada sobre la superficie de un objeto, generando su misma superficie.<sup>149</sup>



Imagen 157

<sup>148</sup> Immler, Christian: op. cit., p. 442

<sup>149</sup> Sainz, Jorge y Valderrama, Fernando: op. cit., p.94



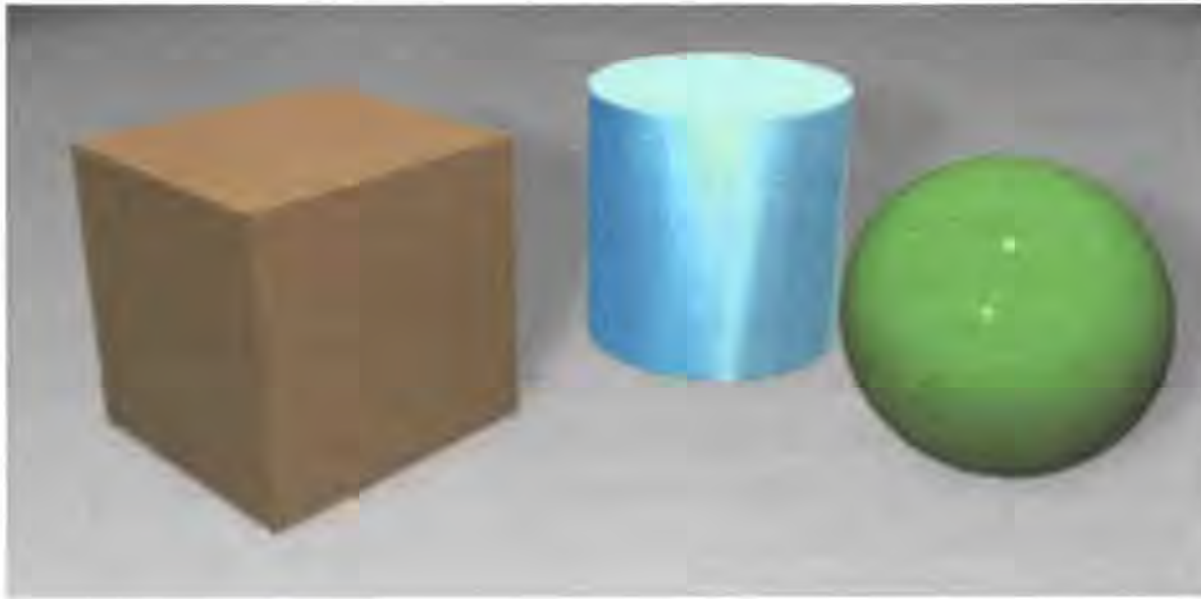


Imagen 158

---

## DEL 2D AL 3D

---

El diseñador hasta ahora trabajaba volcando sus ideas en papel, y una vez que había plasmado esa idea se la daba a un ingeniero que la interpretaba con un sistema de CAD, lo que no siempre era lo más fiel y requería muchísimo tiempo. Los ordenadores aceleran tanto este proceso, que en muy poco tiempo se puede disponer de visualizaciones y prototipos virtuales, y el propio diseñador pasa a ingeniería un producto prácticamente listo para producción. En opinión de Doncelo<sup>150</sup>, hoy en día los ciclos de vida y de comercialización son tan cortos que reducir el coste del diseño es un factor estratégico.

No resulta difícil pensar que en un próximo futuro en las fábricas no habrá planos de papel sino un ordenador con toda la información que hará una copia A3 en el momento preciso. Dicha información será actualizada ya sea desde la oficina técnica o desde el estudio. Se supone así que la informática llegará a hacer innecesario el traspaso de la información a medios exteriores al ordenador.<sup>151</sup>

Se puede imaginar como serán los proyectos de última generación. Actualmente existen sistemas técnicos denominados hiperdocumentos ya empleados en arquitectura. Un hiperdocumento es un conjunto de información estructurada de forma que el usuario puede recorrerla linealmente por ejemplo tocando con el cursor un punto en el exterior del edificio, aparece una ventana en la que el programa dibuja una perspectiva desde el punto que se ha marcado. Si se toca en el

---

<sup>150</sup> Doncel Monje, Miguel Angel: *Experimenta – Informa*. N° 15. Marzo – Abril 1997. pp. 3–5. Miguel Angel Doncel es director general de la Empresa Soluciones Gráficas por Ordenador. Licenciado en Informática.

<sup>151</sup> Sainz y Valderrama: op. cit., p. 159



interior, el plano es substituido por otro a diferente escala. Puede tener también sonidos: voces que explican el plano, que leen un documento. También puede contener fotografías reales o imágenes de vídeo.<sup>152</sup>

En el diseño de productos industriales, el factor más claro se está dando en el paso del plano (2D) al espacio (3D). El análisis del mundo del diseño considera que el estudio de la forma de un objeto sería más sencillo si se pudiera utilizar un modelo tridimensional para su observación. Los objetos del mundo real tienen tres dimensiones: altura, anchura y profundidad. A las imágenes que aparecen en la pantalla de un ordenador simulando estas tres dimensiones se las llama tridimensionales o 3D. En el campo de los gráficos por ordenador, tales imágenes reciben el nombre de modelos 3D. El proceso de creación de la imagen constituye el modelado. Cuando se añaden sombreados, iluminación, texturas y sombras arrojadas se está en el proceso de acabado (Adams, 1987).<sup>153</sup> El diseño no es un acto aislado, sino un esfuerzo de grupo. Con mayor razón un modelo tridimensional, por muy rudimentario que éste sea, sería la plataforma ideal para el intercambio de opiniones o para facilitar la comunicación entre los que participan en el proceso de diseño.<sup>154</sup>

Las actividades de diseño se desarrollan en el espacio habitual de tres dimensiones. Este espacio no es idéntico al espacio euclídeo de tres dimensiones que manejan los matemáticos. El espacio en el que reside cada tecnología tiene características diferentes que permiten describir mejor los objetos propios de la misma. Las operaciones de troquelado, estampación y extrusión (propias de determinados procesos de fabricación)<sup>155</sup> se adaptan a su vez a diferentes modelos de espacio y es por esto que los creadores de software están trabajando duro en generar estos diferentes modelos de espacio y crear herramientas que simulen más claramente los diferentes procesos de fabricación en la generación de modelos 3D.

Las ventajas de tener un modelo tridimensional (3D) y a su vez una colección de dibujos bidimensionales es que permite recabar de él una pluralidad de informaciones útiles: como deberá construirse, como conseguirá mejor su objetivo, cuanto pesará, cual será su coste. El ordenador llevará adelante su análisis con éxito solamente si dispone de una representación más compleja que un conjunto de dibujos.<sup>156</sup>

Normalmente un diseñador siempre empieza con un papel y un lápiz. Se puede encontrar software específico para cada caso, pero si lo que se pretende es precisión se encuentran programas tales como: AutoCad, Cady, MicroStation,

<sup>152</sup> *Ibidem*, p. 160

<sup>153</sup> Adams, Lee. *Programación avanzada de gráficos interactivos*. Madrid, Ediciones Añaya Multimedia, S.A. 1991, p. 91. Aunque el modelado y al acabado son complementarios, el modelo 3D debe ser creado antes de poder sombreado.

<sup>154</sup> Vasco Branco, Alfonso: "Interfaces en sistemas informáticos de ayuda al diseño". *Experimenta*, nº 17. 1997, p.48

<sup>155</sup> Sainz y Valderrama: *op. cit.*, p. 147

<sup>156</sup> Munari, Bruno: *El arte como oficio*. Barcelona, Editotial Labor, S.A. 1968, p. 73. El libro es una recopilación de artículos que escribió para el diario *Il Giorno*.

3Dstudio,etc. Programas que permiten desde el desarrollo de proyecciones ortográficas hasta la visualización en tres dimensiones. Lo que ya es más difícil es encontrar programas para el bocetaje. Uno de estos programas es Sketch<sup>157</sup>, una herramienta para el diseño inicial, etapa donde las cosas son deliberadamente inexactas. Ellos trabajan en la idea de que este programa pueda moverse hacia un diseño final. Toda la interacción con Sketch se encuentra por medio de tres botones de un ratón y en ocasiones el uso del teclado mas una ventana ortográfica única en la escena 3 D. El ratón se usa para generar gestos más que para realizar operaciones selectivas desde menús<sup>158</sup>. Desde este programa se pueden explícitamente especificar colores o texturas para objetos. En el futuro, esperan trabajar con el reconocimiento de voz, conjuntamente con el de gestos, pudiendo ser la manera más efectiva para establecer las propiedades de superficie de los objetos. Otro programa es Viking<sup>159</sup>, un programa para derivar geometrías 3D desde esbozos 2D. El usuario saca segmentos de recta, y el sistema automáticamente genera un número de limitaciones que entonces debe tapar satisfecho a fin de recrear una forma 3 D. La dificultad con estos enfoques radica en los objetos poligonales, frecuentemente lento y difícil de implementar.

Actualmente existen programas que de entrada ofrecen ya dentro de la máquina una paleta para bocetar con todas las herramientas típicas de bocetado para que a partir de esa información 2D pueda pasar a un sistema 3D. Con estas herramientas el diseñador puede hacer una visualización hiperrealista, es decir un prototipo virtual de ese objeto en un tiempo récord que, dependiendo de la complejidad, puede ser de horas. No se trata de tener construido perfectamente el objeto para ver si luego gusta o no, lo primero que necesita es ver cómo va a quedar para que marketing opine, para que pueda dar el visto bueno al proyecto gracias a una imagen que sea lo más parecida posible al objeto.

La ventaja, al tardar veinte veces menos en hacer un prototipo, es que en el mismo tiempo se pueden hacer veinte versiones distintas con lo que se consigue un resultado final, mucho más depurado reduciendo enormemente las posibilidades de tener que dar marcha atrás.

Ahora mismo ya se puede mecanizar directamente a partir de un diseño, es decir, es posible sacar los moldes para empezar el proceso de fabricación sin fases intermedias. En diseño industrial, estas herramientas reducen costes y generan

---

<sup>157</sup> <http://www.cs.brown>. Brown University site of the NSF Science and Technology Center for Computer Graphics and Scientific Visualization.

<sup>158</sup> Han comenzado por trabajar con una tableta. La generación de las plumas de tableta incluyen sensibilidad de presión además de un único dedo (botón controlador y botón borrador). Con un solo botón trabajando la presión específica se logra sustituir un ratón de tres botones. Con el botón 1 presado duro se redacta. Para lograr el botón 2 el usuario simplemente aprieta el dedo contra el botón sobre la pluma de la tableta. Finalmente lo que sería el botón 3 del ratón el usuario vuelve la pluma y manipulada el movimiento de cámara. Sus esfuerzos indican que un sistema basado en tableta puede ser mucho más efectivo que un sistema basado en ratón, especialmente si la sensibilidad de presión es explotada hábilmente.

<sup>159</sup> <http://www.cs.brown>. Brown University site of the NSF Science and Technology Center for Computer Graphics and Scientific Visualization.



mejores productos en mucho menos tiempo, y esa idea es extrapolable a todos los sectores.

Por cinco millones de pesetas se tiene un sistema de diseño que es el primero a nivel mundial e incluye salida directa a sistemas de RP. De todas formas es algo cada vez más asequible; hoy en día un diseñador podrá amortizar una máquina de este tipo.

## PROGRAMAS DE AYUDA AL PROYECTO EN DISEÑO

En función de sus posibilidades gráficas y de su aportación a los diversos momentos del diseño de un proyecto, los programas se pueden clasificar en cuatro grandes grupos: de dibujo, de diseño, de presentación y auxiliares.

### *Programas de dibujo:*

La unidad de trabajo es el plano, de ahí que se conozcan por las siglas 2D. Suele usarse un sistema de capas, en cada una de las cuales se sitúa un tipo bien determinado de información, sus distintas combinaciones dan lugar a los diferentes planos del proyecto. Algunos de estos programas suelen tener capacidad tridimensional, pueden generar modelos en el espacio, pero estos se construyen después de las vistas, en un proceso posterior, añadido y voluntario (cuando cuentan con esta posibilidad, se suelen conocer con las siglas 2D+3D). Su mejor exponente es AutoCad, el programa de dibujo más difundido del mundo.<sup>160</sup>

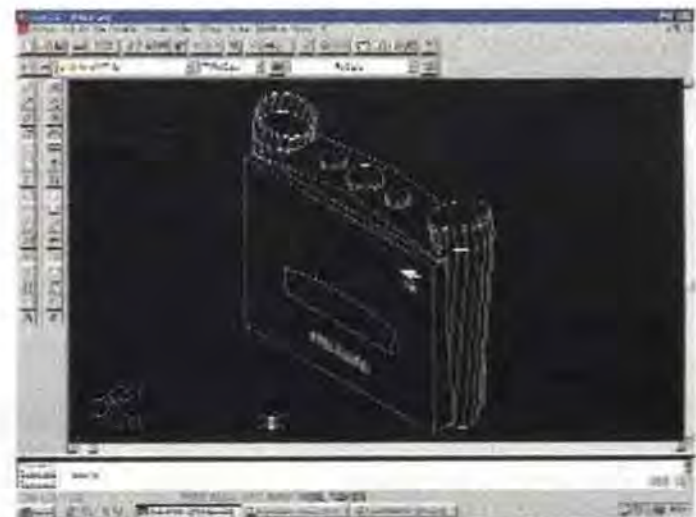
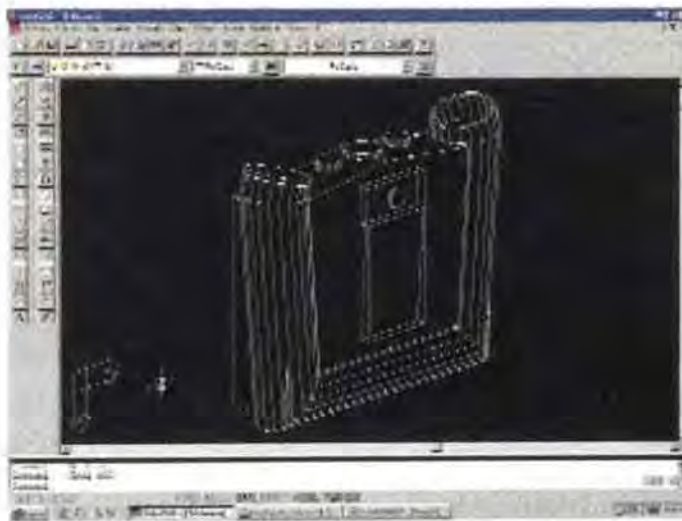


Imagen 159, 160

<sup>160</sup> Sainz, Jorge y Valderrama, Fernando: op. cit., pp. 54 y 143. Los programas de dibujo están pensados fundamentalmente para ser manejados por delineantes, mientras que los sistemas de diseño pueden ser usados por el propio diseñador, en cualquier caso requieren un tipo de formación y aptitudes superiores a los que se contemplan en las escuelas de formación de profesionales del dibujo.



Los programas 2D + 3D pueden manejar un espacio en tres dimensiones. Pero hay diferencias más importantes con los modelos integrados de los programas de diseño. Los programas 2D + 3D suelen construir los modelos mediante superficies y no mediante sólidos, la forma de construir el modelo 2D + 3D es muy diferente a la del modelo 3D, y también son diferentes el objetivo y las operaciones que pueden realizarse con uno y otro. En el modelo 2D + 3D, lo que el programa crea suelen ser modelos de superficies (generalmente caras triangulares o rectangulares) que definen el objeto, pero que no forman una entidad única. En un programa 3D es imposible eliminar o separar una cara de un prisma o una parte de la superficie de una esfera; el programa reconoce ese objeto como una entidad.<sup>161</sup>

Muchos de los programas 2D + 3D permiten construir fácilmente modelos en tres dimensiones mediante una extrusión de determinados elementos del plano. La generación de documentos gráficos en los modelos 3D es exactamente la contraria. En este proceso, que se podría denominar proyección, en contraposición a la extrusión, se crea primero el modelo en tres dimensiones y el programa deduce a partir de él los documentos deseados.<sup>162</sup>

Se pueden establecer diferencias entre los programas de dibujo y de diseño: los primeros parten del plano para llegar al volumen, mientras que los segundos arrancan directamente del modelo tridimensional.

#### *Programas de diseño:*

Por una parte, en una información espacial, los elementos que definen el proyecto tienen volumen y están en una cierta posición en planta y a una determinada altura. El manejo de estos elementos requiere programas con unos recursos muy especializados, ya que la visión y la construcción espacial no es fácil. En segundo lugar, la introducción del modelo tridimensional requiere un grado de definición y de acabado superior a lo necesario para el dibujo tradicional en planta y alzado.

Se suelen citar dos fases en la implantación del ordenador en todo tipo de actividades.

1. Una fase inicial llamada *mecanización*, trata de imitar todo lo posible el trabajo manual, no solo por su mayor sencillez de desarrollo desde el punto de vista informático, sino también para facilitar su incorporación por parte de los usuarios que se acercan por primera vez a la informática; esta fase corresponde, en diseño, al desarrollo y utilización de *programa de dibujo*.
2. Una segunda fase, llamada *automatización*, o cuando es más profunda, reingeniería, consiste en el estudio detallado de la realización manual de cada tarea y su adaptación para aprovechar todas las posibilidades del ordenador, sin preocuparse demasiado del parecido con el procedimiento anterior. Esta fase es la que empieza a introducirse en los *programas denominados de diseño*. En estos programas la unidad de trabajo ya no es el dibujo o el plano. El diseñador debe introducir en el ordenador la información suficiente para describir geoméricamente el objeto, no como conjunto de planos, sino como volumen

---

<sup>161</sup> *Ibidem*, p. 139

<sup>162</sup> *Ibidem*, p. 140

tridimensional en el espacio. Esto es lo que se llama el modelo. El modelo del ordenador no se compone ya de rectas y círculos, ni siquiera de superficies, sino de piezas, tantas como sean necesarias para definir el objeto (Sainz y Valderrama).<sup>163</sup>



Imagen 162

Imagen 161



Los programas de diseño se caracterizan por trabajar desde el principio en tres dimensiones de ahí las siglas 3D. Algunos de ellos son de aplicación exclusiva a la fase inicial de proyecto, ya que se limitan a hacer bocetos tridimensionales de los primeros tanteos. Se les conoce con el nombre de 3D o modeladores. Muchos también producen planos a la manera tradicional por lo que se les podría identificar con las siglas 3D+2D.

Conviene diferenciar, por tanto, dos conceptos cruciales para la caracterización de los programas de dibujo y diseño. Se trata de la diferencia entre primitivas<sup>164</sup> y comandos<sup>165</sup>, existen programas que dan mayor prioridad a los comandos. Cabría diferenciar dos tipos de inteligencia en los programas de diseño: inteligencia pasiva e inteligencia activa. La inteligencia pasiva tiene que ver con la riqueza en propiedades de las primitivas y las entidades que maneja el programa. La

<sup>163</sup> *Ibidem*, pp. 135-137

<sup>164</sup> Una primitiva es cada una de las entidades diferentes que son reconocidas como tales por un programa. Un programa de dibujo plano, por ejemplo, puede tener como primitivas segmentos de recta, círculos completos y segmentos de arco.

<sup>165</sup> Un comando es toda acción del sistema que se puede solicitar en una sola vez. Un comando puede generar un objeto que contiene más de una primitiva del sistema.



inteligencia activa consiste en la existencia de procesos automáticos, que el programa puede aplicar cuando se le pide o cuando se le soliciten expresamente. Por ejemplo, si se aplica a los sistemas de acotación, todos los programas acotan.

Algunos programas realizan las diversas líneas de la cota y rotulan la medida correspondiente, pero todos estos elementos quedan desvinculados. Un segundo tipo de programas considera la cota como una primitiva. Una vez dibujada, todos sus elementos sufren la misma suerte, pero si cambia el objeto acotado, la cota no varía. Esto es un ejemplo de inteligencia pasiva. Por último, cabría hablar de una inteligencia activa fuerte, en la que el propio programa sería capaz de acotar por el proyecto entero a partir de unos criterios generales dados por el usuario, y de readaptar todo el sistema de cotas en función de sus modificaciones posteriores.<sup>166</sup>

Haciendo un breve resumen, el desarrollo de los modelos tridimensionales pasó en un primer momento por los modelos alámbrico; es decir, modelos sin superficies. El segundo paso consistió en los modelos de superficies. Por dentro, estos modelos eran vacíos. Después aparecen los modelos sólidos. Estos modelos trabajan sobre bloques. Los modelos sólidos se pueden dividir en dos grupos:

1. Modelos booleanos: sumar y restar sólidos. Por ejemplo para hacer un agujero en un cubo, se realiza un cilindro que traspase el cubo.
2. Modelos paramétricos y de forma libre. Los modelos paramétricos son más difíciles de modificar ya que van guardando los históricos, es decir, todos los datos que se van entrando. Si le digo 6, cambia la pieza entera. Se recomienda para familia de piezas. Programas de este tipo son: Ideas, Pro engineering, etc.

La diferencia entre los paramétricos y los de forma libre radica en la manera de crear el sólido. Los modelos de forma libre no guardan los históricos. Son mejores para desarrollar la creatividad. Programas de este tipo son: Solid Designer, AutoCad, etc.

El siguiente paso en el futuro será previsiblemente parametrizar una pieza hecha de forma libre.

#### *Programas de presentación:*

Programas cuyo objetivo es conseguir que la imagen infográfica alcance la mayor calidad posible en su aspecto visual. Esta labor consiste en el tratamiento de las imágenes mediante diversos procesos informáticos (Réndering) y en su encadenamiento secuencial para producir recorridos visuales, lo que se conoce como animación. Actualmente se cuenta con programas que cumplen 2D+3D+presentación

---

<sup>166</sup> *Ibidem*, p. 158





Imagen 163

#### *Programas auxiliares:*

Junto a todos estos programas fundamentalmente gráficos existen otros cuya misión consiste en facilitar la labor de hacer construable un proyecto, programas que ayudan a preparar los documentos necesarios para que un diseño se haga realidad. Con ellos se saca el máximo provecho de la capacidad de cálculo repetitivo que tienen los procesadores. El hecho de que el proyecto esté íntegramente definido como un modelo geométrico almacenado en la memoria hace que los cálculos sean de una gran fidelidad con respecto al objeto diseñado.<sup>167</sup>

## **REALIZACION DE MODELOS Y PROTOTIPOS**

Comentará Maldonado:<sup>168</sup>

*“El desarrollo de las nuevas tecnologías han llevado a algunos a hablar de una progresiva atenuación de la materialidad del mundo, donde los objetos materiales serían sustituidos por procesos y servicios cada vez más inmateriales. Pero, ¿es lógico pensar que en el siglo XXI sólo vayan a tenerse relaciones con realidades intangibles, con imágenes ilusorias?. Un escenario de estas características hay que admitir que es poco realista”.*

<sup>167</sup> *Ibíd*em, p. 57

<sup>168</sup> Tomás Maldonado: *El diseño Industrial reconsiderado*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1993, p.72. El innegable efecto desmaterializador de la informática y de la microelectrónica puede dar paso a reflexiones engañosas sobre el papel del diseño industrial. Seguramente, el diseño industrial tiene una labor de primer plano en la proyectación de los nuevos productos a los que estas tecnologías han dado origen. Pero eso no debe hacer olvidar que el área de intervención del diseño industrial siguen siendo la relativa al proceso formativo de los objetos como elementos estructurales del ambiente humano.



Se puede llegar a pensar que los proyectos, programas y planos no necesitan ser esbozados o contruidos en maquetas. En opinión de Hinzmann<sup>169</sup> se presume que los diseñadores reducirán el uso de prototipos físicos en favor de virtuales prototipos realizados en CAD. Por el momento parece no ser así. Las maquetas permiten apreciar sobretodo la organización volumétrica y en menor medida la espacial. La técnica que suele denominarse Computer Integrated Manufacturing (CIM) o Fabricación Integral por Ordenador, tiene unos efectos de primer orden imaginables: precisión, rapidez y economía. Entre sus efectos indirectos hay uno interesante: la representación pierde valor o desaparece totalmente; la pieza puede ser concebida por completo en el ordenador, con la ayuda de visualizaciones, pero sin necesidad de dibujos o planos propiamente dichos. Una vez terminado el diseño se pasa directamente a la fabricación de la pieza.<sup>170</sup>

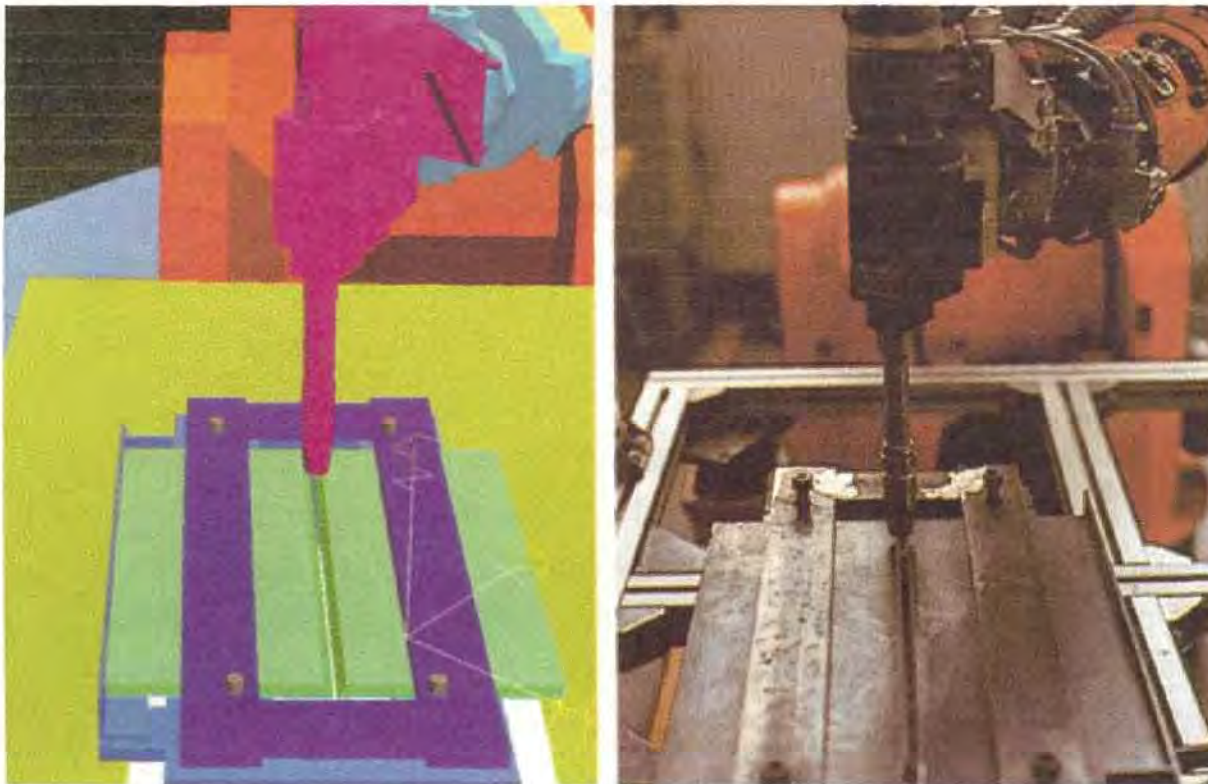


Imagen 164, 165



Imagen 166

<sup>169</sup> Hinzmann, Brock: "The Personal Factory". En: <http://stress.mech.utah.edu/home/novac/rapid.html>

<sup>170</sup> Hernández Matías, Juan Carlos: "Estereolitografía: producción rápida de prototipos de CAD". *Revista de CAD* n° 10. 1991. pp. 27-32



La realización de prototipos sigue siendo una exigencia en la mayoría de proyectos de investigación y/o desarrollo de nuevos productos. Las causas por las que se construyen prototipos son variadas, dependiendo, entre otros factores, de la fase de desarrollo en la que se encuentre el producto. En todos los casos, sin embargo, estos prototipos deben asemejarse lo más posible al producto, pieza o componente definitivo, con el fin de cubrir los objetivos para los cuales han sido diseñados. Tradicionalmente, la construcción de prototipos se ha llevado a cabo combinando técnicas mecánicas y artesanales. Se utilizan para ello maquinaria y utillajes similares a los de producción pero, normalmente con una tecnología menos sofisticada. Sin embargo, la utilización de estos procedimientos presenta, en ocasiones, algunos inconvenientes tales como la lentitud, la no total fiabilidad de los prototipos resultantes, etc.

En el actual entorno competitivo en el que actúan las empresas, la mayoría de éstas no pueden permitirse destinar un prolongado período de tiempo a la realización de prototipos y, además, requieren que estos prototipos cumplan perfectamente las funciones para las cuales se han construido. Los ciclos de prueba - error durante la fase de desarrollo de un producto deben reducirse al mínimo en número y duración. Por ello, en los últimos años se ha venido desarrollando una serie de tecnologías que permiten, a partir de un diseño en CAD tridimensional, construir un modelo físico del producto a desarrollar. Estas tecnologías permiten la generación de prototipos idénticos a modelos diseñados mediante CAD, y ello en cuestión de horas, consiguiéndose, por tanto, una drástica reducción en los costes y tiempos de fabricación de los modelos. Estas tecnologías se engloban bajo la expresión RAPID PROTOTYPING (RP). El Rápido Prototyping servirá para probar, por parte del diseñador, la realidad física de sus ideas, incrementando con ello la creatividad al ver ante sí estas ideas en forma de volumen.

Las primeras patentes datan del año 1980 y la primera máquina comercial se introdujo en 1986. RP, Rápido Prototyping es un término que se encuentra en el uso de la industria de los circuitos integrados. Con la ayuda del CAD se modela un objeto físico sólido.<sup>171</sup> El Rápido Prototyping resulta ser una reproducción de forma o modelo, sobre la que los artículos de producción pueden basarse. Suelen trabajar sobre estaciones de trabajo. Estas máquinas empezaron costando entre 300 y 600 millones de pesetas. Actualmente el precio medio oscila entre los 20 y 60 millones de pesetas<sup>172</sup>. Algunas empresas ofrecen máquinas más baratas para estudios de diseño, empresas como: Sanders, Kira, Denken Engineering, BPM y 3D Systems.<sup>173</sup> Actualmente las empresas que se dedican a ofrecer servicios RP exigen que se les entreguen el archivo 3D.<sup>174</sup>

<sup>171</sup> El Rápido Prototyping como tecnología hacia el cliente ofrece: impresión tridimensional, sólidos libres, formas de fabricación, fabricación automatizada, holoforming.

<sup>172</sup> Precios observados en EUROMOLD. Feria Mundial de moldes y utillajes, diseño y desarrollo de producto, 1997 y 1998. Del 3 al 6 de diciembre. Francfort.

<sup>173</sup> Para mayor información sobre empresas dedicadas al RP, consultar:

<http://stress.mech.utha.edu/home/novac/rapid>

<sup>174</sup> Software para RP : RP System Selector 3.0, Materialise USA, IVECS, 3D View, Imageware, DeskArtes Rapid Tools, Archimedes, VW STL. <http://stress.mech.utha.edu/home/novac/rapid>



En el futuro, con un bajo coste de las máquinas (en diez años se espera pasar a cien mil pesetas por máquina) la facilidad de uso y las infraestructuras harán que el consumidor sea capaz de afrontar una máquina para uso doméstico (Brock Hinzmann, 1995)<sup>175</sup>.

Algunas compañías grandes aeroespaciales y de automóviles poseen más de 10 o 15 máquinas Rápido Prototipado. Existen numerosas agencias que ofrecen el servicio de Rápido Prototipado; por lo menos más de 200 agencias son capaces de aceptar órdenes electrónicamente de clientes en cualquier parte del mundo y entregar el modelo terminado en un plazo de tres a diez días<sup>176</sup>.

Los objetivos fundamentales del “Rápido Prototipado” podrían resumirse en estos cuatro apartados:

- *Reducir el tiempo entre el diseño y la obtención de la pieza física.* Se pretende, a medio plazo, llegar a que las máquinas de Rápido Prototipado estén en la zona de I+D de la empresa y que la obtención de la pieza sea tan fácil y rápida como la impresión de un plano por el “plotter”.
- *Reducir el coste.* Esta rapidez y el hecho de utilizar máquinas que funcionan prácticamente sin la obtención de mano de obra reducirá el coste de los prototipos. Por otra parte, a medida que se vayan popularizando este tipo de técnicas, las series de fabricación de las máquinas de Rápido Prototipado serán mayores y, por lo tanto, su coste se reducirá. Esta reducción tendrá también los efectos positivos sobre el coste de los prototipos, vía amortización.
- *Versatilidad.* Estas técnicas permiten reproducir cualquier tipo de forma, por compleja que sea, lo que redundará en la realización de diseños cada vez más audaces y complejos.
- *Fiabilidad.* Estas técnicas permiten reproducir modelos prácticamente idénticos al diseño original.

Como ventajas podrían destacarse:

- Se reduce el índice de errores.
- Se aumenta la calidad del producto.
- Se evitan dificultades iniciales.

Dentro de los sistemas RP & M, se pueden encontrar tres conceptos<sup>177</sup>:

- *Concept modeling:* modelos gráficos tridimensionales.
- *Prototipos:* siendo en verdad modelos, incluso funcionales. Se argumenta su solidez, ajuste y montaje.
- *Rapid Tooling:* fabricación rápida de moldes. Los modelos de ensayo y las series pequeñas tienen algo en común: los elevados costes por pieza. Estas piezas son tan precisas (las realizadas con Rápido Prototipado) en sus dimensiones, tan estables térmicamente y se fabrican con tanta rapidez, que de ellas se pueden hacer moldes para el moldeo por inyección para la producción de prototipos.

<sup>175</sup> Hinzmann, Brock: The Personal Factory. En: <http://stress.mech.utah.edu/home/novac/rapid.html>

<sup>176</sup> Las empresas más importantes que desarrollan estos sistemas son:

En Estados Unidos: 3D Systems, DTM, Helisys, Stratasys y Cubital.

En Japón: CMET, D-MEC.

En Alemania: EOS.

<sup>177</sup> <http://www.3d systems.com>

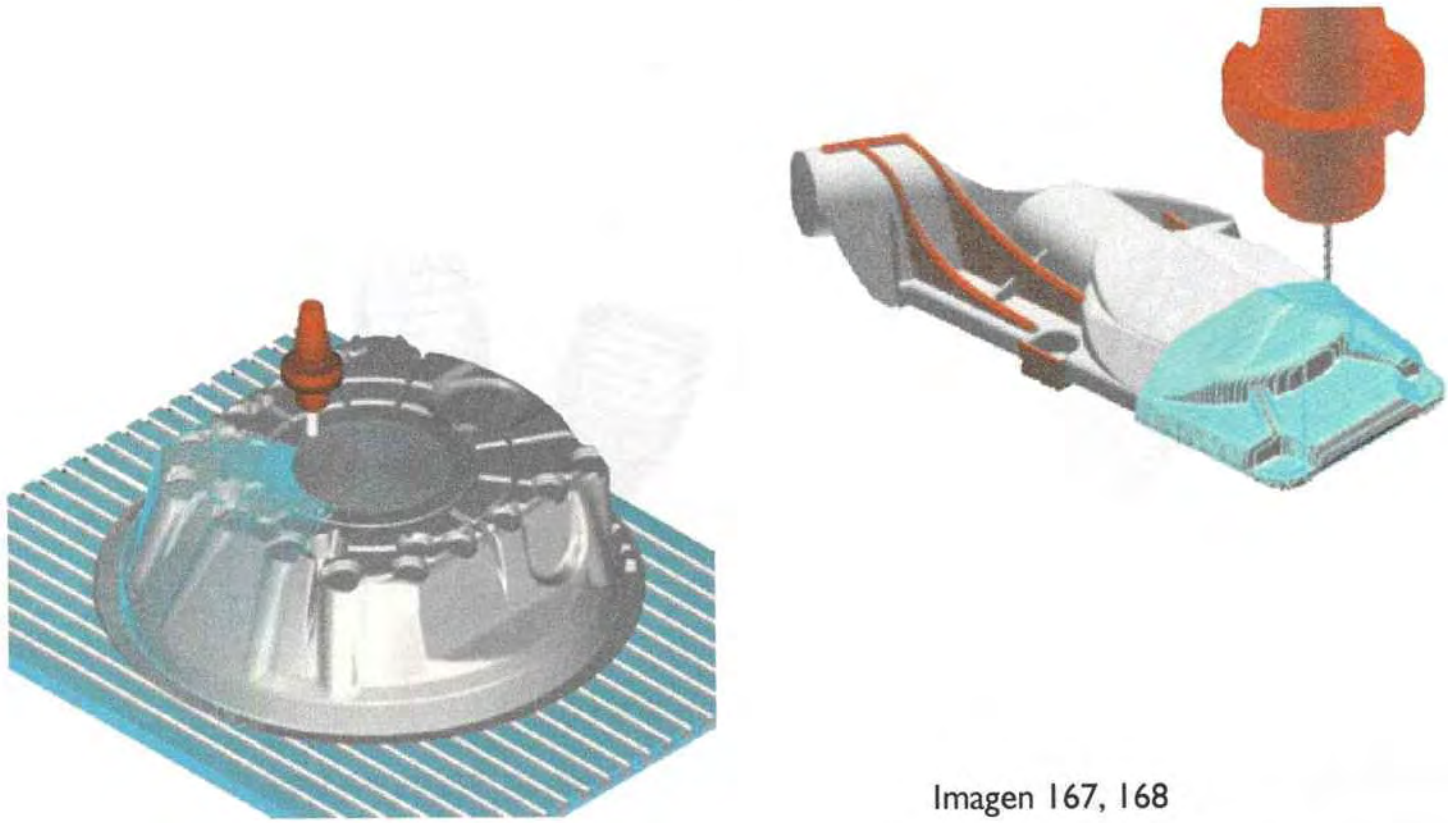


Imagen 167, 168

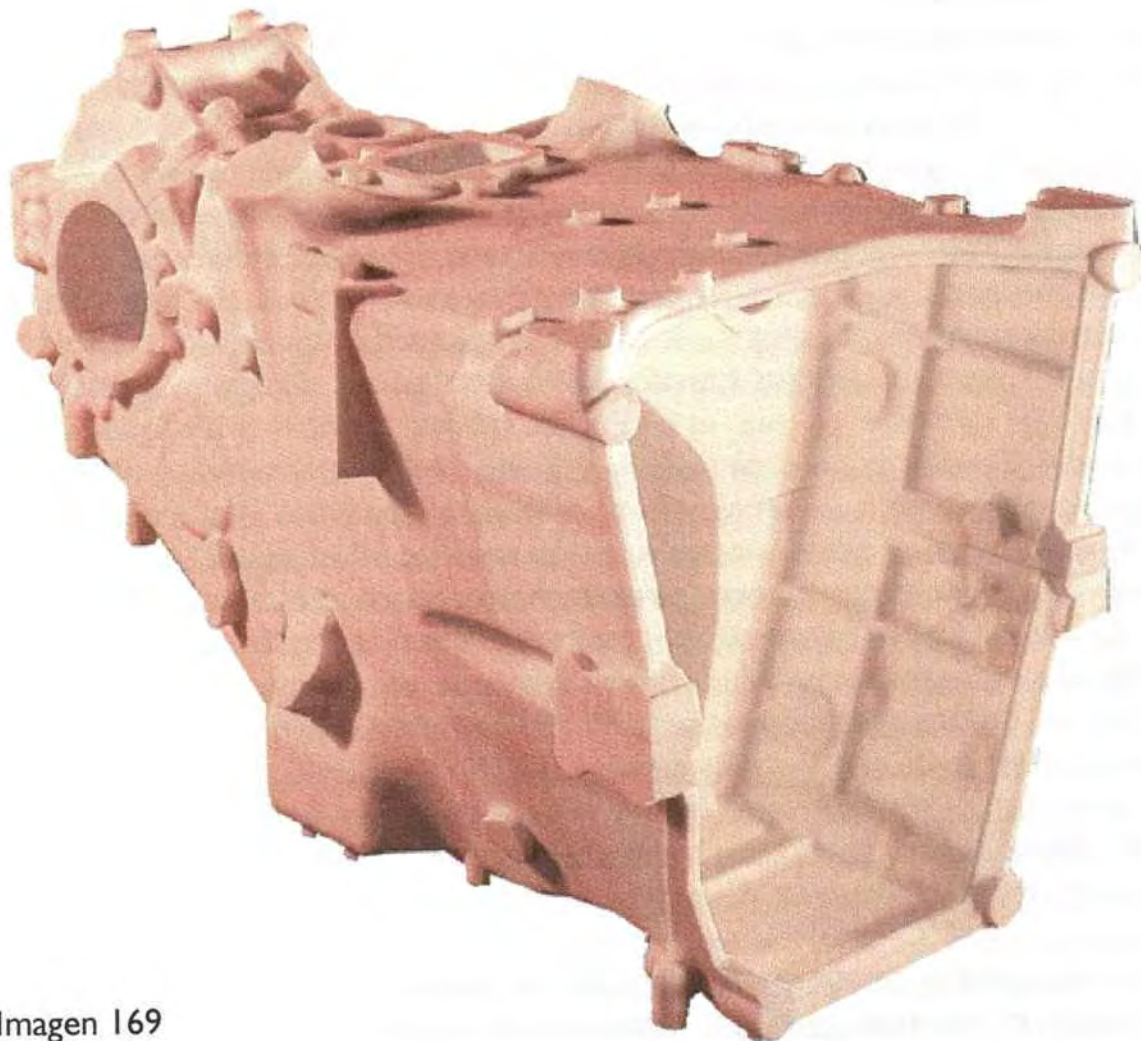


Imagen 169





Imagen 170

Cabe señalar que cada segmento empresarial requiere tipos diferentes de máquinas Rápido Prototyping. Dentro de los diferentes sistemas destacan:

- SLS. Sinterización Selectiva por Láser<sup>178</sup>
- SLA. Estereolitografía<sup>179</sup>
- FDM. Fused Depositing Modelling<sup>180</sup>

<sup>178</sup> El principio general de funcionamiento consiste en un haz láser que recorre una superficie de metal en forma de polvo, solidificando sucesivamente diferentes capas de material. El material en polvo es precalentado a una temperatura ligeramente inferior a la de fusión. La solidificación se produce mediante la incidencia puntual de un haz láser, que provoca un calentamiento superior al de la temperatura de sinterización. La sinterización tiene lugar cuando la viscosidad del grano disminuye con la temperatura, causando lesiones superficiales que, sin llegar a fusionarse, generan una unión interfacial de los granos. Los granos de polvo que no son sobrecalentados permanecen sin adherirse, de forma que actúan como soporte de las capas sucesivas y de posibles partes colgantes de la pieza. El polvo sobrante, no solidificado, es retirado posteriormente al terminar el proceso de fabricación

<sup>179</sup> Aprovecha las propiedades de las resinas fotosensibles (resina líquida). El láser actúa sobre la resina solidificándola. Trabaja por secciones. La pieza es construida sobre una plataforma original sumergida en una resina líquida. La solidificación se produce punto por punto, por la fotopolimerización resultante de la incidencia de un rayo láser sobre la superficie, el cual la recorre "dibujando" una serie de celdillas que conforman la sección 2D correspondiente al corte realizado en el modelo CAD 3D a esta altura. Dichas celdillas deben tener un tamaño suficiente para garantizar la conexión con las celdillas adyacentes y la capa anterior. A fin de reducir el tiempo de construcción, las secciones de la pieza son solo parcialmente solidificadas excepto la cara inferior y superior que deben serlo totalmente para que el líquido contenido en su interior no se derrame. La solidificación del líquido contenido en las zonas solidificadas se efectúa después de que todas las capas estén formadas. Ello se realiza en un proceso de post-curado que tiene lugar, normalmente, en un horno dispuesto a tal efecto. Según fuentes [www.3dsystem.com](http://www.3dsystem.com) con la estereolitografía se redujo el tiempo de producción en un 50% y pudieron fabricarse más modelos experimentales en el diseño de un envase Tupperware. La fase de diseño se redujo un 30-50%.

<sup>180</sup> Al igual que en los sistemas anteriores, el elemento de partida es un modelo CAD 3D, que es seccionado por planos horizontales y cuyas secciones son transferidas a la máquina de "Rápido Prototyping" donde se construye físicamente la pieza. El material termoplástico, en estado de semifusión es extruído a través de una boquilla y depositado capa por capa hasta completar el modelo. El cabezal de la máquina es alimentado mediante material en forma de hilo (1.25 mm.). En el cabezal, este material es calentado hasta 1° por encima de la temperatura de fusión. Cuando el material es depositado por el cabezal, éste ejerce al mismo tiempo una determinada presión sobre el mismo, consiguiendo, por un lado, que quede soldado inmediatamente con la capa anterior y, por otro, el espesor de capa deseado.



- LOM. Laminated Object Manufacturing<sup>181</sup>
- BPM. Balistic Particle Manufacturing<sup>182</sup>
- SGC. Solid Ground Curing (sistema parecido al SLA pero trabaja con otras resinas)<sup>183</sup>
- 3D-Printing (es una mezcla entre SLS y BPM)<sup>184</sup>

---

<sup>181</sup> El proceso está basado en la adhesión de láminas de papel una sobre otra, que son recortadas individualmente y a la profundidad precisa mediante un rayo láser, teniendo un grosor de décimas de milímetro. Con CAD y Plotter 3D. El recortado se realiza siguiendo las trayectorias formadas por las secciones sucesivas obtenidas, como en todos los casos anteriores, de un modelo CAD 3D. El papel, caso más habitual, es autoadhesivo, siendo su alimentación por rollo. La capa de papel es pegada a la anterior con la ayuda de un rodillo calentado a una temperatura predeterminada. Seguidamente, un láser que se desplaza en los ejes x, y, recorta el papel con la sección correspondiente. El papel sobrante es recortado en cuadrículas de forma que permita su posterior eliminación. Una precisa focalización del láser evita que éste penetre más allá del espesor de capa requerido, evitando así que la sección anterior quede dañada. Esta secuencia se repite hasta finalizar la construcción.

<sup>182</sup> La clave del sistema reside en el cabezal eyector cerámico controlado por un oscilador piezoeléctrico que “dispara” gotas uniformes y de muy reducido tamaño a una frecuencia de 12.000 por segundo. Dichas “gotitas” miden 0.076 mm. de diámetro al salir del cabezal y, aproximadamente 0.05 mm. al impactar con la superficie. Las gotas fundidas solidifican tan pronto como contactan con la superficie. Un segundo cabezal sigue al eyector y suaviza la superficie mientras las gotas adheridas todavía están blandas consiguiendo asimismo el espesor deseado. El cabezal está montado sobre un mecanismo de posicionamiento de 5 ejes, que controla el movimiento del haz de gotas sobre la pieza en construcción. Uno de los problemas de este sistema es que el eyector debe de tener siempre algo sobre lo que disparar. Con el fin de controlar el haz de gotas, es necesario no solamente controlar qué parte de la pieza está construida y qué parte todavía no, sino que debe cambiar constantemente la orientación del eyector a fin de dirigir las gotas en la orientación correcta. Para ello se requiere un software muy sofisticado.

<sup>183</sup> Es una estereolitografía pero con otra marca de resina. El principio de construcción es por capas sucesivas (2D) y se basa en la solidificación de una resina fotopolimerizable mediante la incidencia de un haz luminoso ultravioleta. El punto de partida de este proceso, como todos los demás incluidos en la técnica MIM, es un modelo CAD tridimensional. Este modelo es introducido en el ordenador de la máquina, el cual es “cortado” en secciones de un espesor determinado, normalmente 0.1 mm. Cada “corte” representa una sección bidimensional que será utilizada como negativo para generar, mediante un proceso iconográfico, una máscara sobre una lámina de cristal. Paralelamente se ha depositado en la cubeta una fina capa de resina. El cristal es emplazado con gran precisión sobre la cubeta: un haz de luz ultravioleta provoca rápidamente la solidificación de la resina en aquellas zonas que la máscara sobre el cristal ha dejado al descubierto. Seguidamente, la resina sobrante, aún en estado líquido, es aspirada. Los espacios huecos dejados por la resina aspirada, son rellenados con cera, que se solidifican mediante la aplicación de una placa fría, obteniendo de este modo un cuerpo sólido. A continuación, se sucede una operación de fresado que, eliminando un mínimo de material, deja la superficie perfectamente plana y el espesor deseado. En este punto se repite de nuevo el ciclo descrito hasta completar la pieza.

<sup>184</sup> El material de base se encuentra en forma de polvo, el cual es depositado en capas sucesivas, como ocurre en el SLS. En este sistema, sin embargo el haz láser es sustituido por un cabezal que proyecta “gotitas” de material de unión donde es necesaria la solidificación. Tras completar la construcción de la pieza, se aplica un tratamiento de calor (temperatura alrededor de 120°C) y se retira el polvo no solidificado. En el caso de piezas cerámicas, las temperaturas deben ser muy superiores (1000°C a 1500°C), a fin de proporcionar las propiedades mecánicas y refractarias necesarias.





Imagen 171, 172, 173, 174

Si los datos están introducidos en el ordenador pueden conocerse por tanto todas las medidas de los modelos, pero sucede que en ocasiones las maquetas son desarrolladas fuera del ordenador y lo que se quiere es saber sus medidas. Los sistemas de representación gráfica actuales se basan en proyecciones planas porque históricamente el plano ha sido un sistema suficientemente exacto, relativamente fácil de elaborar y cómodo para su transporte y conservación. Una maqueta tridimensional aporta una idea más intuitiva y completa de la realidad pero su transporte y almacenamiento resulta engorroso. Además, la realización de medidas sobre una maqueta es más difícil que sobre un plano.<sup>185</sup> En este caso se procede a la digitalización en 3D. Desde el uso del calibre y el micrómetro, han cambiado muchas cosas, éstos han sido sustituidos por otros sistemas más precisos y capaces de medir superficies complejas. Estos sistemas pasan la digitalización a sistemas CAD, creando posteriormente las superficies. Desde este punto ya no hace falta pasar a sólido, se puede pasar directamente a mecanizar.



Estos nuevos sistemas se basan en:

<sup>185</sup> López Gordillo, Miguel. "Los sistemas de representación y nuevas tecnologías". Universidad de Sevilla. Actas del X Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Tomo I, p. 487. La expresión gráfica: nuevas dimensiones. Edita: Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos. Universidad de Málaga. Junio 1998



*Palpadores:*

Sistemas de digitalización de piezas en 3D por medio de palpadores o punteros que se desplazan por la superficie de la pieza y van captando el recorrido a través de su superficie.<sup>186</sup>

*Visor Laser:*

Sistema de visor, parecido al palpador pero sustituyendo éste por un láser. El sistema de escaneo láser está basado en un método de triangulación óptica. Este método consiste en la proyección de una línea láser sobre la superficie de un modelo. La deformación de la línea proporciona información no calibrada de la forma de dicho modelo. Moviéndolo linealmente respecto de la cabeza del sensor se pueden obtener el conjunto de curvas que representan la superficie completa del modelo 3D vista desde el láser.<sup>187</sup> Existe otro sistema denominado CyLan 3D<sup>188</sup> basado en un visor láser que actúa de la siguiente manera: se coloca la pieza dentro de la máquina; mientras va girando la pieza un láser emite la señal que posteriormente al rebote en la pieza digitaliza ésta. El paso siguiente es el paso de los datos a un sistema CAD.

*Visión Artificial:*

Se basa en sistemas medidores ópticos donde mediante sistemas ópticos se crean imágenes tridimensionales del objeto a través de la digitalización. Se coloca la maqueta por ejemplo sobre una superficie y el visor compuesto siempre por dos lentes hace las mediciones en sucesivas pasadas, sacando posteriormente el plano, en 2D o 3D.<sup>189</sup>

<sup>186</sup> Distintos ejemplos de palpadores lo ofrecen empresas como por ejemplo: Zett Mess . Medidas en las que trabaja: x= según necesidad del cliente, Y= hasta 2500 mm, Z= hasta 3500 mm. El software empleado es específico, denominado Futurex.

Empresa Wenzel. Existen diferentes sistemas: LH, LAF, LS, RAF, RS, RSD, RAD, CM. Medidas en las que trabaja: x= hasta 24000mm, Y= hasta 3000 mm, Z= hasta 5000 mm. El software: Metrosoft CM.

Empresa: EEW (sistema que denomina HSM). Va colocado sobre raíles en el techo. Trabaja en todas direcciones, es decir, cinco ejes. Puede igualmente modelar (fresadora). Medidas en las que trabaja: según necesidad del cliente.

<sup>187</sup> El dispositivo de escaneo consta de un pequeño proyector láser, 2 videocámaras CCD para capturar las imágenes reflejadas, un eje lineal que permite mover el objeto respecto al eje X, un sistema procesador de imagen y un ordenador personal usado como controlador. El modelo es escaneado mediante un rayo láser, éste es transformado en un plano láser perpendicular al eje X, y el rayo reflejado es simultáneamente recibido por dos videocámaras CCD. Un motor paso a paso permite desplazar el modelo a escanear a lo largo del eje X.

Montserrat, C. y otros: "Sistema de reconstrucción 3D a partir de un escáner láser multivista". Universidad Politécnica de Valencia. Actas del X Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Tomo I, p. 372. La expresión gráfica: nuevas dimensiones. Edita: Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos. Universidad de Málaga. Junio 1998

<sup>188</sup> Empresa: Intecu. El modelo es colocado sobre una superficie giratoria. Ésta superficie permite realizar giros respecto del eje X o respecto del eje Y. El valor del ángulo de giro es escogido dependiendo de las características del modelo a escanear. Un vez colocado el modelo sobre la plataforma, el operario puede fácilmente ajustar el área de escaneo desde su ordenador. Una vez fijada, el aparato automáticamente captura la geometría del modelo.

<sup>189</sup> Un ejemplo lo ofrece la empresa Steinbichler con su sistema Comet. Para pasar a realizar una estereolitografía utiliza un programa específico denominado STRIM 100 de la casa Cisigraph. Medidas en las que trabaja: hasta 240 x 180 x 240 mm<sup>3</sup>. Precio: 20 000 000 PTA.

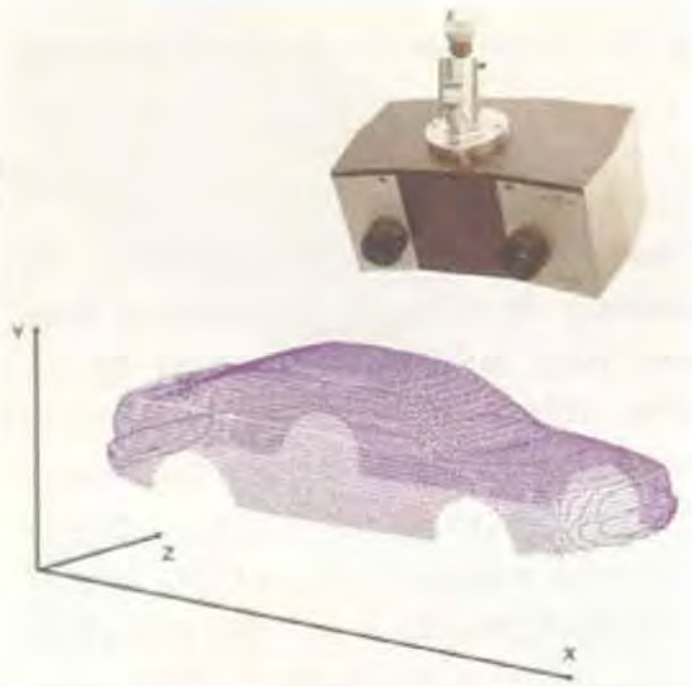


Imagen 175



Imagen 176



Imagen 177

El siguiente paso en el proceso y que se apuntó anteriormente es el correspondiente a la fabricación de los moldes para la reproducción de piezas, denominado Rápido Tooling. Siguiendo procesos parecidos a los de la realización de prototipos, con estas herramientas pueden generarse los moldes para tiradas cortas o preseries y a partir de estos moldes se pueden generar otros con materiales más duraderos para producciones mayores. Los materiales que se pueden posteriormente inyectar son muy amplios: ABS, Acrílicos, Nylon, Policarbonato, Polipropileno, Poliestireno, PVC, Elastómeros y otras resinas.<sup>190</sup>

<sup>190</sup> Mayor información en <http://www.albrightl.com/prototype>



Los sistemas más utilizados en Rápido Tooling son cinco:

- Vacuun System<sup>191</sup>
- Electroforming<sup>192</sup>
- Proyección metálica<sup>193</sup>
- Shell Moulding<sup>194</sup>
- DSPC<sup>195</sup>

<sup>191</sup> El Vacuum System es un sistema de reproducción de piezas que utiliza un molde de silicona, que se rellena de resinas de poliuretano por colada en una cámara de vacío para evitar la formación de burbujas de aire en la resina. El proceso empieza a partir de la pieza que se desea reproducir. Dicha pieza se puede obtener con cualquiera de los métodos antes descritos; es decir SLA, SLS, SGC, LOM, etc. Con ella se prepara un molde de silicona, siguiendo los pasos siguientes:

1° Delimitación de las líneas de separación sobre la pieza, montaje de la misma y montaje de la colada.

2° Instalación del modelo preparado en una caja de moldeo.

3° Rellenado de la caja de moldeo con silicona preparada en vacío.

4° Curado del molde en una estufa, separación del molde de silicona y extracción de la pieza original.

5° Preparación del molde e instalación en la cabina de vacío.

6° Dosificación de los componentes de poliuretano y mezclado en sistema de vacío

7° Colada de la resina previamente preparada en el molde de silicona, también en vacío, para evitar la formación de burbujas de aire.

8° Curado de la resina a temperatura controlada.

9° Apertura del molde y extracción de la pieza acabada.

<sup>192</sup> Consiste en hacer un molde partiendo de una pieza original, que se habrá obtenido por cualquiera de los sistemas anteriormente comentados. Sobre esta pieza, por electrodeposición, se forma una película metálica y, por colada de otros materiales, se acaba de completar el molde. El proceso es el siguiente:

1° A partir de una pieza original, se forma la superficie de partición y preparación del futuro sistema de inyección.

2° Deposición de una capa de níquel químico.

3° Electrodeposición de níquel electrolítico hasta alcanzar espesores de 0.5 a 1 mm.

4° Desmoldado y colocación en una caja delimitadora del molde, y, posteriormente, traslado al sistema de refrigeración.

5° Rellenado por colada del resto del molde, pudiéndose utilizar diversos materiales tales como cobre, latón, caya, resina epoxi con cargas metálicas, etc.

6° Repetición del proceso con la otra mitad del molde, siguiendo los mismos pasos descritos anteriormente.

<sup>193</sup> Consiste en proyectar sobre una pieza original material fundido como primera capa de la reconstrucción de un molde. El metal se funde a 2000°C y, al proyectarse mediante aire comprimido, se transforma en pequeñas partículas que son transportadas hasta la superficie de la pieza a recubrir. Ésta suele estar a una distancia de 20 cm. de la salida del eyector y las partículas llegan suficientemente calientes para soldarse entre sí. El proceso es el siguiente:

1° Se parte de una pieza original, obtenida por los procedimientos ya descritos: SLA, SLS, LOM, etc.

2° Se definen los planos de partición con yeso, resinas, etc.

3° Se proyecta con la pistola la primera capa metálica sobre la pieza y el partage.

4° Se coloca en un bastidor de acero y se acaba de llenar con metal fundido o bien con resina epoxi con carga metálica.

5° Se procede de igual manera con la otra mitad del molde.

<sup>194</sup> Consiste en formar una cáscara refractaria sobre una pieza igual a la que se desea obtener, pero de cera y que, posteriormente se eliminará. El proceso es el siguiente:

1° Se obtiene una pieza igual a la que queremos obtener en cera, por medio de SLS o por FDM antes descritos.

2° Se sumerge la pieza de cera en una solución de cerámica, varias veces hasta obtener el espesor deseado.

3° Se recubre con arena refractaria con aditivos ligantes, endurecibles por calor o por CO<sub>2</sub>.

4° Se funde la cera eliminándola del interior de la cáscara una vez solidificada.

5° Se procede a la fusión del metal deseado.

<sup>195</sup> Hace modelos por el procedimiento de la cera perdida. Realiza el modelo en cera (por capas). Utilizado en joyería.



Imagen 178

## **DEL 3D AL 4D**

---

### **LA DIMENSION TIEMPO**

Cuando se hace referencia al paso de la tercera dimensión a una cuarta dimensión, se quiere indicar la capacidad de animación o movimiento de aquello representado. Esta capacidad de movimiento puede observarse en muchos de los programas de diseño, en los más avanzados, en donde después de construir un objeto en tres dimensiones realizando movimientos de cámara o de punto de observación de usuario pueden descubrirse los objeto realizados desde distintos ángulos, pudiéndose incluso realizar el movimiento del objeto. En las estaciones de trabajo esto es normal. A este tipo de movimiento se le denomina en tiempo real.

El poder generar movimiento de los objetos realizados ofrece muchas ventajas al diseñador al poder ir observando con mayor claridad aquello que ha realizado. Otro aspecto diferente será el de la animación, ya que como concepto básico de ésta se encuentra la interrelación entre los objetos realizados y su entorno. La idea del espacio que ocupa y de los elementos que lo circundan hace que se establezca una clara diferencia entre movimiento y animación. Esta última viene siendo representada en entornos gráficos denominados virtuales, entrando a formar parte de lo que se denomina Realidad Virtual.



## Generación de animaciones

Con la llegada de las capacidades gráficas a los ordenadores personales también llegó la posibilidad de ver imágenes en movimiento. La animación con medios informáticos consiste simplemente en enlazar una serie de imágenes que van variando, de modo que al verlas seguidas se produzca el movimiento, pero en CAD, cada vez es más frecuente transformar las imágenes infográficas en vídeo para poder verlas en cualquier pantalla de televisión. El mayor problema de la animación, en especial en 3D es el elevadísimo volumen de cálculo que ha de realizar el ordenador.<sup>196</sup> En opinión de Harold Hullmann (1989):<sup>197</sup>

*“CAD, CAM y C... no son únicamente útiles para el diseñador, sino que modifican también el tiempo y el espacio”.*

En el campo de la animación 3D mediante la informática gráfica, se presentan animaciones más o menos realistas en tres dimensiones. Estas son en realidad como películas. Se ven, y siempre son iguales desde principio hasta el fin, o bien tienen unas posibilidades de interacción muy limitadas. En un momento dado el usuario puede tomar una decisión, y visualizar una animación u otra. Lo que al usuario se le está presentando son una serie de imágenes en rápidas sucesiones para dar sensación de movimiento, las cuales ya fueron generadas previamente; por lo tanto ya no son modificables. Una muy exacta analogía se puede encontrar en el cine. El cine es una sucesión de fotografías que puestas a suficiente velocidad (25 fotos por segundo), dan sensación de movimiento. Las fotografías fueron realizadas en el momento de la filmación. Por lo tanto, cuando se ve una película, los actores ya no están allí. Actuaron hace tiempo, y la película siempre discurrirá igual, y siempre acabará igual; salvo extraños experimentos de cine interactivo en los que en un momento dado se pide la opinión del público sobre por donde continuar el argumento (pero realmente las posibilidades ya están filmadas). De igual manera funciona la animación 3D. Las imágenes no son fotografías, sino que son imágenes que fueron generadas mediante complicados cálculos matemáticos que le dieron a los objetos creados por el ordenador aspecto sólido, iluminación... Estos cálculos pudieron costar horas o días para cada una de las imágenes; pero una vez generadas todas las imágenes, ya no se requiere repetir los cálculos, y se pueden mostrar sus resultados en rápida sucesión dándonos sensación de movimiento (cosa que obviamente no se puede conseguir a una imagen por hora, o peor). Pero una vez generadas ahí están, la animación siempre será igual, y todo lo más se puede permitir en determinados momentos que el usuario vea una u otra animación.<sup>198</sup>

De las formas básicas, un animador puede elegir para alterar formas específicas, para crear sus propios objetos. Estos pueden ser re-graduados, distorsionados, rotados, destruidos o alargados para satisfacer la imaginación del usuario.

<sup>196</sup> Sainz y Valderrama: op. cit., p. 120

<sup>197</sup> Burdek, Bernhard: op. cit., p. 330.

<sup>198</sup> Dept. de Diseño y Fabricación de la Universidad de Zaragoza: “Representación de entornos virtuales 3D en tiempo real”. Actas del X Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. La expresión gráfica: nuevas dimensiones. Edita: Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos. Universidad de Málaga. Junio 1998. Tomo II, p. 701

Otro software útil para los propósitos de la animación es el editor de extrusión y el torno. Las imágenes de otros archivos pueden ser trasladadas al archivo que el animador quiera utilizar. La línea que aparece alrededor de los bordes de la figura puede ser calcada para su uso en un nuevo archivo. El editor de extrusión se utiliza para hacer esto. El torno es utilizado para crear un objeto sólido tridimensional a partir del perfil, como si fuera rotado sobre su eje vertical.

Los personajes también pueden ser creados a partir de diferentes objetos o partes del cuerpo enlazadas. En la animación, las partes del personaje pueden girar flexiblemente, separadas unas de otras. El creador trabaja con los personajes en tres dimensiones y puede ver la imagen desde cualquier perspectiva. Combinando estas y otras opciones, el animador puede producir imágenes con un aspecto muy realista.

Secuencias animadas:

Los parámetros son almacenados en el ordenador para cada imagen creada. Estos pueden ser programados para producir cambios. La imagen puede ser rotada, aumentada, disminuida o trasladada a otra forma. El ritmo del cambio y el cronometraje son también controlados por el programa. Básicamente la animación funciona como una serie de cambios de parámetros dentro de un período ordenado de tiempo.

La animación es la última fase del procesamiento de imágenes. Para crear la ilusión de movimiento, el programa comienza con dos franjas de la secuencia visualizada, la primera (de la posición actual del objeto) y la última (de la posición deseada del objeto después del movimiento). La secuencia de las franjas intermedia es generada por un software específico. Después, el programa aplica a la primera una fórmula para el tipo de cambio y el ritmo del mismo. Es gradualmente cambiada, para reflejar el movimiento, y se genera una nueva franja. La fórmula es entonces aplicada a esta franja para producir la siguiente, y así sucesivamente hasta que la imagen concuerde con la última franja, la franja de destino. Así, el cambio del objeto de su posición de partida a su posición de destino crea movimiento. El creador no necesita dibujar cada franja, necesita proporcionar sólo las franjas clave. El mismo programa rellena los pasos intermedios y crea las franjas necesarias para la animación.

Básicamente, el mismo procedimiento es seguido en la metamorfosis de un objeto a otro. Como en las películas de cine, se toman dos instantáneas de dos objetos diferentes. Los incrementos de movimiento incluyen el cambio de forma y superficie del objeto inicial. Algunos cambios son realizados en cada franja, y la secuencia está formada por muchas franjas. Cuando la secuencia es ejecutada, parece que el objeto se ha transformado del primero al segundo.

De la misma forma, los entornos, los fondos y los efectos especiales (por ejemplo, luces y color) pueden parecer que cambian. Algunos programas incluyen una herramienta de gravedad o una herramienta para registrar trayectorias. Con la



herramienta de gravedad, el artista puede especificar la fuerza y dirección de un empujón. Una herramienta de registro de trayectorias permite al artista predeterminar las respuestas a ciertas acciones, como la reacción de un objeto al pegar en la pared. Lo realista del movimiento depende del número de franjas y el campo de movimientos, que son generalmente fijados por el programador.<sup>199</sup>

Los primeros sistemas eran normalmente lentos, de baja calidad y además las imágenes almacenadas ocupaban muchísimo espacio. El primer sistema de lo que se podría denominar vídeo para ordenador fue el formato FLI de Autodesk. Este formato en sus orígenes era una secuencia de imágenes GIF a 320x200 y 256 colores sin sonido. El sistema de compresión<sup>200</sup> usado era muy simple y consistía en a partir de la primera imagen (fotograma) almacenar solo las variaciones que existían en las siguientes. Con esto se conseguía un ratio de compresión de 1:2 aproximadamente. Este formato posteriormente evolucionó admitiendo distintas resoluciones y más profundidad de color, manteniendo el mismo sistema de compresión sin pérdida. APPLE desarrolló un nuevo sistema de vídeo para ordenador con sonido y lo llama QuickTime. Poco después Microsoft copia este sistema y lo llama "Vídeo para Windows" (se denominó AVI) por este motivo APPLE y Microsoft se enfrentaron en los tribunales. Este sistema AVI (Audio y Vídeo Entrelazado) utiliza diversos formatos dependiendo de los Codecs<sup>201</sup> MCI

<sup>199</sup> Casey Larjani, L.: *Realidad Virtual*. Madrid, Mc. Graw-Hill, 1994, p. 120

<sup>200</sup> Compresión es el proceso de eliminación o reestructuración de los datos para disminuir el tamaño de un archivo. Los archivos de vídeo digital son muy grandes, requiriendo gran velocidad de transferencia de datos en la lectura y reproducción.

<sup>201</sup> Un CODEC es un CODificador-DECodificador, es decir, un programa que es capaz de comprimir y codificar vídeo en su propio formato y también lo decodifica y descomprime permitiendo verlo. Los Codecs pueden ser software o hardware. La compresión hardware es más efectiva y rápida que el software. El CODEC elegido afectará a la calidad visual del vídeo y a la velocidad de reproducción. Utilizan básicamente dos sistemas para comprimir el vídeo: CODECs sin pérdida, los que conservan los datos originales. Usan normalmente el sistema RLE (Run Length Encoding), consistente en descartar bloques de similares colores entre imagen e imagen. Esta técnica funciona bien con imágenes generadas por ordenador donde existen áreas de color uniforme. Las técnicas de compresión sin pérdida no son, muy efectivas con el vídeo digital, ya que este tiene pocas áreas de color continuo y está formado por numerosas variaciones de color. CODECs con pérdidas, intentan eliminar información de las imágenes que sea lo más inapreciable posible por el espectador, información que no puede ser recuperada. La cantidad de información perdida depende del grado de compresión y es proporcional a la disminución de calidad. Dentro de los algoritmos de compresión con pérdida se pueden distinguir a su vez dos tipos: algoritmos de compresión espacial, que comprimen cada imagen independiente del vídeo, cada cuadro del mismo sin tener en cuenta el resto. Algoritmos de compresión temporal. Son parecidos al sistema RLE antes mencionado, ya que se basa en la variación entre un cuadro y el siguiente, pero con la diferencia de que esta variación no se almacena en su totalidad sino que se le aplica una compresión con pérdida. Los principales CODECs actuales son:

Microsoft Vídeo 1: compresor con pérdida que utiliza algoritmo de compresión espacial. Soporta profundidades de color de 8 bits (256 colores) y 16 bits (64000 colores).

Microsoft RLE: compresor espacial que permite ajustar la calidad hasta convertirse en compresión sin pérdida. Solo admite 256 colores.

Cinepak (compatible con Quicktime de Apple): compresor temporal de alta calidad. Está diseñado para producir mínimas pérdidas en la recompresión. Es altamente asimétrico, siendo muy rápido decodificando (reproducción) y lento codificando. Trabaja con 16 millones de colores.

Intel Indeo R3.2 (compatible con Quicktime de Apple): compresor similar al Cinepak que permite configuraciones más avanzadas.

Intel Indeo Raw: compresor sin pérdida que trabaja a 16 millones de colores.

(una especie de drivers) que se utilicen. Por tanto, el funcionamiento de Vídeo para Windows (VFW) es más o menos el siguiente: al arrancar un AVI el reproductor multimedia o el reproductor ActiveMovie (el nuevo sistema de VFW) lee el principio del fichero donde está almacenada la información sobre el CODEC necesario para reproducir este vídeo. Si el CODEC que se necesita está instalado el sistema lo ejecuta y se empieza a ver y escuchar el vídeo.

Entre los distintos problemas que se encuentran en las tareas de animación está la compresión de vídeo. La tecnología está mejorando, pero muchos programas no pueden leer pantallas completas de vídeo, o los ritmos de las representaciones no son compatibles entre el vídeo y los sistemas de exhibición por ordenador. Otro problema es la falta de habilidad para representar fácilmente animación dentro de la animación, por ejemplo, personajes animados viendo animación en una televisión. Actualmente, sólo se puede hacer si ambas animaciones están creadas y residen en el mismo archivo. La reproducción del movimiento de luces es difícil.

La velocidad también se sacrifica en la animación. El fotorrealismo digital es un lento proceso con concesiones. Para realzar la velocidad, se pueden reducir los estándares, por ejemplo, comprometer la alta resolución, obteniendo una resolución más baja y algo más de velocidad o ajustar el ritmo de sombreado de algunas partes de la imagen.

Otra área importante por mejorar se basa en representar textos o en la edición de textos a través de programas de edición de imágenes. Aunque la mayoría de los programas permiten la animación de textos, no permiten la edición de los mismos.<sup>202</sup>

### **Realidad Virtual y el entorno**

Realidad Virtual es un término muy utilizado últimamente. En éstos días en que todo es virtual, se observa mucha confusión en las personas expuestas de una u otra forma a los nuevos medios. En el nombre en sí hay una gran contradicción: Realidad Virtual (a partir de ahora RV). Algo que es, pero no es. Siguiendo el esquema de Liendo puede establecerse una serie o tipos de realidades diferentes: Mental, Fantástica, Religiosa, Emocional, Espiritual, Paranormal, Física, Virtual.<sup>203</sup>

---

Hasta aquí los sistemas más comunes de Vídeo que se pueden encontrar en PC y Apple. Existen otros sistemas como el MPEG y otros formatos de vídeo especialmente desarrollados para Internet

En: [Ferca.net/interdic](http://Ferca.net/interdic)

<sup>202</sup> Casey Larijani, L.: op. cit., p. 122

<sup>203</sup> Mental:

Es aquella donde habitan, por ejemplo, las suposiciones acerca del comportamiento de las personas, los animales, etc., el porqué suceden a veces las mismas cosas, etc. A esta realidad se tiene acceso a través de la razón.

Fantástica:

Es aquella donde habitan caracteres por ejemplo de personajes de ficción. A esta realidad se tiene acceso a través de la fantasía.

Religiosa:

A esta realidad se tiene acceso a través de la fe.

Emocional:

En donde habita el amor o el miedo. Se trata de algo al margen de lo racional.

Espiritual:



La realidad virtual es una representación de las cosas a través de medios electrónicos, que da la sensación de estar en una situación real en la que se puede interactuar con lo que nos rodea. Desde un punto de vista convencional, lo que se maneja conscientemente de dicha realidad no es otra cosa que su mera representación mental. De ahí que, sea cual fuere la naturaleza del estímulo que se reciba tanto del medio externo como del interno (luz, sonido, olor, sabor, temperatura, presión, vibración, dolor), estructuras bien diferenciadas; como la retina o las papilas; tendrán que traducir dichos estímulos, normalizándolos a señales electroquímicas codificadas.<sup>204</sup>

*“La realidad virtual es la manipulación de los sentidos humanos (siendo actualmente el tacto, la visión y la audición) por medio de entornos tridimensionales sintetizados por ordenador en el que uno o varios participantes acoplados de manera adecuada al sistema interactúan de manera rápida e intuitiva haciendo que el ordenador desaparezca de la mente del usuario dejando como real el entorno generado por la ordenador”<sup>205</sup>*

La tecnología permite crear un entorno y participar en un guión a libre elección. Uno se puede ver inmerso de la forma que desee. Imprimir una orden virtualmente posible como “Llévame volando hasta la Luna” y autodefinirse como parte de la escena, asignarse un tamaño tan pequeño como el de Alicia en el país de las maravillas, gravedad cero, o incluso aumentar la energía de forma acelerada. También se puede asignar a personas u objetos virtuales atributos lógicos como el peso, el aspecto físico, la gravedad y la movilidad. La realimentación electrónica basada en estas cualidades refuerza la experiencia llegando a convencer de que algo está ocurriendo realmente. Los entornos o escenarios de la RV pueden ser predefinidos o enfocados de tal manera que el usuario obtenga una destreza específica o una percepción clara, como si estuviese realmente en ellos.

Se puede definir la *Realidad Virtual* como un espacio en tres dimensiones (3D), creado con el ordenador y en donde los objetos son interactivos. Es decir, no se trata de una mera representación gráfica tridimensional estática, sino más bien de un escenario, donde el usuario puede adentrarse, rodear los objetos y examinarlos,

---

En donde la persona se percibe como parte de la misma energía universal que se plasma tanto en el resto como la propia persona. Se accede a través de mayores niveles de expansión de la conciencia. También está al margen de lo racional.

Paranormal:

En donde residen aquellos fenómenos cuya causalidad se le atribuye a fenómenos para los cuales las ciencias tradicionales no ofrecen una explicación.

Física:

Está representada por todo aquel medio (interno o externo) en el cual se está inmerso y al cual se accede a través de los órganos de los sentidos, entendidos éstos en su forma más amplia (sensibilidad al calor, dolor, presión, vibración, etc.).

Virtual:

Cuando se habla de Realidad Virtual típicamente es para contrastarla contra este otro tipo de realidad: la física.

<sup>204</sup> Liendo Chapellín, Pablo: <http://www.funredes.org/liendo/charlas/virtual>

<sup>205</sup> Herrera, Carlos. García, Víctor. Romero, Ramsés: <http://hobbes.fie.utp.ac.pa/FIE/JTE/IX/rvantec.htm>

cambiar la perspectiva e incluso interactuar con otros usuarios, representados bajo la forma de *avatares*.<sup>206</sup>

### *Características de un sistema RV*

Se toman como características básicas de un sistema de realidad virtual las siguientes:

#### Interacción:

Rasgos que permiten al usuario manipular el curso de la acción dentro de una aplicación de RV, permitiendo que el sistema responda a los estímulos de la persona que lo utiliza; creando interdependencia entre ellos. Existen dos aspectos únicos de interacción en un mundo virtual. El primero de ellos es la *navegación*, que es la habilidad del usuario para moverse independientemente alrededor del mundo. Las restricciones para este aspecto las coloca el desarrollador del software, que permite varios grados de libertad, si se puede volar o no, caminar, nadar, etc. El otro punto importante de la navegación es el *posicionamiento del punto de vista* del usuario. El usuario se puede mirar a sí mismo (a través de los ojos de alguien más), o puede moverse a través de cualquier aplicación observando desde varios puntos de vista. El otro aspecto de la interacción es la *dinámica del ambiente*, que no es más que las reglas de cómo los componentes del mundo virtual interactúan con el usuario para intercambiar energía o información.

#### Inmersión:

Esta palabra significa bloquear toda distracción y enfocarse selectivamente en la información u operación sobre la cual se trabaja. Posee dos atributos importantes, el primero de ellos es su habilidad para enfocar la atención del usuario, y el segundo es que convierte una base de datos en experiencias, estimulando de esta manera el sistema natural de aprendizaje humano (las experiencias personales).

#### *Tridimensionalidad:*

Esta es una característica básica para cualquier sistema llamado de RV y tiene que ver directamente con la manipulación de los sentidos del usuario, principalmente la visión, para dar forma al espacio virtual; los componentes del mundo virtual se muestran al usuario en las tres dimensiones del mundo real, en el sentido del espacio que ocupan, y los sonidos tienen efectos estereofónicos (direccionalidad).

Esta tecnología es cada vez más accesible para el usuario medio, debido a que los equipos a su alcance son cada vez más potentes y a que por fin se está desarrollando un completo estándar oficial de su lenguaje de programación. En los últimos años han proliferado compañías privadas que han hecho de la RV un negocio bien real. La compañía Straylight<sup>207</sup> ha puesto a la venta el Cybertron, que no es otra cosa que dos grandes aros de aluminio dentro de los cuales el usuario queda suspendido y experimenta la sensación de flotar y volar. Posee hasta seis grados de libertad y va acompañado por un HMD, o casco-visor con audio.

---

<sup>206</sup> Representaciones humanas

<sup>207</sup> <http://www.strayvr.com>



También existe el 3D-XTC, que es una plataforma portátil de RV, fácil de ensamblar y transportar. Tiene ambientes virtuales de 360 grados y promete inmersión en tiempo real. Puede accionarse también en grupos.

El Teatro Virtual permite que grupos de 4 a 40 personas experimenten aventuras estereoscópicas en completa inmersión tridimensional. Trae sus HMD's conectados en asientos que se mueven e impactan de acuerdo al programa.

PhotoVR es un software de fotografía virtual para PCs usado para crear y explorar ambientes tridimensionales bastante complejos. Usa diseños de Autodesk 3D Studio, escenas compuestas por cientos de miles de polígonos, texturas, reflejos o sombras que llegan a ser completamente "inmersivas".

Visionman<sup>208</sup> es el último grito en cuanto a HMD's portátiles. Desarrollado por Technology Systems Inc., este visor portátil permite que el usuario deambule por las más extravagantes mundos virtuales sin necesidad de cables, cabinas u objetos sofisticados.

El torno virtual<sup>209</sup> ha evolucionado a partir de una pieza de software utilizada con propósitos de animación. Un diseñador puede empezar la creación de un objeto tridimensional introduciendo un archivo y marcando los bordes del objeto con un editor de extrusión. Se utiliza entonces un método de "torno" para construir un nuevo objeto tridimensional a partir del perfil. Proporciona al usuario una visión única en la que el objeto esculpido flota enfrente de él, como un holograma en color, en lugar de aparecer en la pantalla. La visión y orientación del objeto están determinadas por los movimientos de la cabeza del usuario, que son rastreados por un sensor ultrasónico con diferentes grados de libertad. El usuario puede mirar alrededor del objeto, como lo haría en el mundo real, y la visualización va cambiando acordeamente.

Las aplicaciones de realidad virtual requieren que la información sea traducida de la forma digitalizada a otra forma que sea realista y comprensible. El ordenador utiliza fórmulas matemáticas para hacer cálculos en los datos y distribuir los pixels en la pantalla en imágenes que reflejen lo que está siendo comunicado. La reducción de los datos a un estado o interpretación pictórica a menudo ayuda a la comunicación, ya que las interpretaciones visuales se entienden más fácil y rápidamente que otras formas de representación.

Las visualizaciones son generalmente un paso preliminar en la creación de figuras animadas. Después de que la imagen ha sido creada, se le da dimensión, tonalidad y colorido. Luego un programa modelador de gráficos es utilizado para representarlo en tres dimensiones. Un modelador es software especial que permite al usuario crear formas de seres únicas o tomarlas de una colección. Otro software es normalmente utilizado para los fondos, alrededores u objetos.<sup>210</sup>

---

<sup>208</sup> <http://www.simworks.com>

<sup>209</sup> Casey Larjani, L. : op. cit., pp. 166-167.

<sup>210</sup> Casey Larjani, L.: Ibídem, p. 118

Si se quisiera permitir al usuario una completa interactividad, el usuario podría tomar decisiones varias veces por segundo. Es decir, si se quiere hacer un simulador de coche, el usuario moverá el volante de forma continua y rápida. No se puede hacer caso de dichos movimientos solo una vez cada hora, ni cada minuto, realmente ni cada segundo, y por supuesto no basta con obligar a que gire una cantidad fija a la izquierda y a la derecha. Puede girar de la forma que desee, acelerar, frenar, retroceder... Las posibilidades no son infinitas, pero casi. No se pueden tener generadas previamente cada una de las imágenes que pueden surgir en la simulación. Es inviable. Ante esto surge entonces como única solución el que se genere las imágenes en el mismo momento en que el usuario las solicita. Esto es el *tiempo real*. Las imágenes se generan en tiempo real, es decir, en el mismo instante es que son necesarias. El usuario decide girar su coche en una dirección, y el ordenador genera una imagen que corresponde con la decisión recién tomada por el conductor virtual.<sup>211</sup>

Aunque los ordenadores tradicionales funcionan con rapidez, ésta no es suficiente para desarrollar imágenes de alta calidad. Siempre hay una pérdida de tiempo o de esencia. Para crear mundos virtuales, cada una de las tecnologías involucradas debe alcanzar en cada fase una intensidad y unos recursos que puedan ser utilizados de manera efectiva junto con las demás. La convergencia debe dar como resultado lo siguiente:

- Percepción de autenticidad
- Interacción intuitiva y respuesta rápida
- Definición y enfoque, incluso como medio de entretenimiento
- Facilita la recopilación, percepción y análisis de datos.

De entre todos los sentidos del ser humano, la vista es la primera receptora de la información. Lo que se ve es recibido como una imagen en la retina, traducido a símbolos y enviado a la mente. Es ahí donde se reconstruye y sintetiza la información que se ha recibido en algo que ya se conoce. Invirtiendo el proceso, cuando se quiera transmitir una idea o una imagen desde la mente, se expresará en signos (palabras, dibujos, gestos...) que pueden ser entendidos por los demás, bien directa o indirectamente, por ejemplo, con la ayuda de ordenadores. De este modo los mensajes pasan de unas personas a otras. Los ordenadores colaboran en este proceso mediante el almacenamiento de información (que ha sido previamente traducido a símbolos) de manera que pueda ser expuesta, por ejemplo, mediante un dibujo en la pantalla.

Las tecnologías de presentación son los sistemas y programas que se necesitan para generar electrónicamente estos dibujos e imágenes por ordenador. De esta manera, una persona puede acceder a la información, descifrar mentalmente los símbolos y recrear la idea, en otras palabras, entenderla. El grado de eficiencia en la transmisión depende en gran medida de la exactitud con que la versión reproducida represente la idea original, y de la capacidad del receptor para captar esa idea original a través de lo que le es expuesto.

---

<sup>211</sup> Dept. de Diseño y Fabricación de la Universidad de Zaragoza: op. cit., Tomo II, p. 701



La realidad virtual tiene la posibilidad de convertirse en el medio de alcanzar un alto nivel de comunicación, mejor y más efectivo de lo que haya existido nunca. Las interfaces virtuales, sin influencias externas, pueden reducir el margen en la interpretación entre un usuario y otro. La RV explota todas las técnicas de reproducción de imágenes y las extiende, usándolas dentro de un entorno en el que el usuario puede examinar, manipular e interactuar con los objetos expuestos. De este modo, diseñadores y clientes son capaces de utilizar imágenes para transmitir, no sólo la información, sino también la capacidad de interpretarla.

Transformar datos en objetos visualizables que pueden ser manipulados se llama realización haciendo referencia a los objetos virtuales. La realización también se denomina virtualización. Ambos términos también se refieren a un mundo formado por dichos objetos; en otras palabras, el mundo virtual o el escenario o entorno virtual. La realización puede ser considerada una entrega de imágenes que se encuentran en un escalón más alto que la visualización. Una presentación de RV (una realización) intenta eliminar la barrera introduciendo al usuario en un papel activo y participativo en un mundo creado por la máquina.

#### *Formas de realidad virtual*

Se habla de mundos virtuales y de distintos tipos de realidades. Respecto a los primeros se puede decir que existen tres tipos básicos de mundos virtuales que pueden existir por separado como también mezclados entre sí:

**Mundo Muerto** : es aquel en el que no hay objetos en movimiento ni partes interactivas, por lo cual solamente se permite su exploración. Suele ser el que se ve en las animaciones tradicionales, en las cuales las imágenes están precalculadas y producen una experiencia pasiva.

**Mundo Real**: es aquel en el cual los elementos tienen sus atributos reales, de tal manera que si se mira un reloj, marca la hora. Si se pulsan las teclas de una calculadora, se visualizan las operaciones que ésta realiza y así sucesivamente.

**Mundo Fantástico**: es el que permite realizar tareas irreales, como volar o atravesar paredes. Es el típico entorno que se visualiza en los videojuegos, pero también proporcionan situaciones interesantes para aplicaciones serias, como puede ser observar un edificio volando a su alrededor o introducirse dentro de un volcán.<sup>212</sup>

En lo que concierne al segundo aspecto, la RV puede ser de dos tipos: *inmersiva* y *no inmersiva*.

Los métodos inmersivos de RV con frecuencia se ligan a un ambiente tridimensional creado por ordenador el cual se manipula a través de cascos, guantes u otros dispositivos que capturan la posición y rotación de diferentes partes del cuerpo humano. La RV inmersiva implica una experiencia tridimensional

<sup>212</sup> Herrera, Carlos. García, Víctor. Romero, Ramsés: op. cit.

inmersiva y dispositivos externos como cascos o guantes digitales para lograr capturar otros sentidos diferentes al oído y a la vista.

La realidad virtual no immersiva utiliza medios como el que actualmente ofrece Internet en el cual se puede interactuar a tiempo real con diferentes personas en espacios y ambientes que en realidad no existen sin la necesidad de dispositivos adicionales al ordenador. La RV no immersiva ofrece un nuevo mundo a través de una ventana de escritorio. Este enfoque no inmersivo tiene varias ventajas sobre el enfoque inmersivo como: bajo costo y fácil y rápida aceptación de los usuarios. Los dispositivos inmersivos son de alto costo y generalmente el usuario prefiere manipular el ambiente virtual por medio de dispositivos familiares como son el teclado y el ratón que por medio de cascos pesados o guantes.

Hay una variedad de diferentes concepciones y sistemas llamados entre ellos RV. Un sistema de RV debe tener las tres características básicas: interacción, inmersión y tridimensionalidad, no es suficiente si se tienen una o dos de ellas, deben estar las tres presentes. Tomando en cuenta las características básicas los tipos de RV existentes son:

*Cabina de simulación:* el ejemplo más común de este tipo de simulador es la cabina para el entrenamiento de aviadores. Generalmente la cabina recrea el interior del dispositivo o máquina que se desea simular (un carro, un avión, un tanque, etc.), las ventanas de la misma se reemplazan por pantallas de ordenadores de alta resolución, además existen bocinas estereofónicas que brindan el sonido ambiental y puede estar colocada fija o sobre ejes móviles. El programa está diseñado para responder en tiempo real a los estímulos que el usuario le envía por medio de los controles dentro de las cabinas.

*Realidad Proyectada:* en este tipo de RV una imagen en movimiento del usuario es proyectada junto con otras imágenes en una extensa pantalla donde el usuario puede verse a sí mismo como si estuviese en la escena. En esencia los usuarios se miran ellos mismos como proyectados hacia el mundo virtual. Los usuarios pueden pintar diseños de colores en el aire, o hacer cualquier movimiento ya que el sistema reacciona en tiempo real. Un ejemplo actual de este tipo de RV son los escenarios virtuales que se utilizan en ciertos programas de televisión.

*Realidad Aumentada:* se logra cuando una persona escoge fiarse del mundo real como línea de referencia, pero utiliza visores de cristal transparentes u otros medios inmersivos para aumentar la realidad, superponiendo esquemas, diagramas, textos, referencias, etc. Como ejemplo la Boeing está explorando la posibilidad de utilizar este sistema en la ingeniería de los aeroplanos, de tal suerte que sus técnicos e ingenieros no tengan que irse a ver un manual para resolver un problema, pues el sistema de realidad aumentada les mostraría los diagramas esquemáticos o las listas de las partes del aeroplano, sin que el operario tenga que moverse de su silla.



*Telepresencia*: término creado por Marvin Minsky<sup>213</sup> que significa presencia remota, es un medio que proporciona a la persona la sensación de estar físicamente en otro lugar por medio de una escena creada por ordenador. Es una experiencia psicológica que ocurre cuando la tecnología de simulación funciona lo suficientemente bien como para convencer al usuario de que está en un mundo virtual.

*Realidad Virtual de escritorio*: tablero de RV es una subinstalación del tradicional sistema de RV. En lugar de utilizar cascos para mostrar la información visual utiliza un monitor grande o un sistema de proyección. Algunos sistemas de este tipo permiten al usuario ver una imagen de tres dimensiones en sus monitores, pero utilizando lentes *crystal eyes* y pantalla de LCD o pantallas de cristal líquido.

*Ventanas acopladas visualmente*: esta es la clase de sistema de inmersión que se asocia más a menudo con RV. Este sistema se basa en colocar las muestras directamente en frente del usuario, y conectando los movimientos de la cabeza con la imagen mostrada. Para lograr mayor acople la inmersión se logra con un casco estereofónico, que posee sensores de posición y orientación que informan a la máquina la posición del usuario en todo momento, además de indicarle hacia donde está mirando. Un ejemplo de este tipo de RV son los juegos que hicieron popular esta técnica de computación los últimos años.

Actualmente Internet provee medios para reuniones con diferentes personas en el mismo espacio virtual. En este sentido Internet tiende a ser un mecanismo de telepresencia. Este medio ofrece espacios o realidades que físicamente no existen pero que sin embargo forman parte de nuestras formas de vida.

Es a través de Internet como nace VRML, que es un estándar para la creación de mundos virtuales no inmersivos. Técnicamente hablando, VRML no es un lenguaje para programar realidad virtual inmersiva ni tampoco un lenguaje de modelado. VRML no requiere o prevé una inmersión sensorial total.

VRML provee un conjunto básico de primitivas para el modelaje geométrico tridimensional y tiene la capacidad de dar comportamiento a los objetos y asignar diferentes animaciones que pueden ser activadas por eventos generados por diferentes usuarios.<sup>214</sup>

---

<sup>213</sup> Minsky, Marvin: *Robótica: la última frontera de la alta tecnología*. Barcelona. Editorial Planeta, 1986

<sup>214</sup> Figueroa Cruces, Edison : en [vrml@activamente.com.mx](mailto:vrml@activamente.com.mx). Octubre 1998.

## ENTORNOS GRÁFICOS EN LA RED

El incesante crecimiento de Internet ha obligado a los expertos a ponerse manos a la obra para facilitar el acceso de los usuarios a la red mundial, procurando entornos virtuales y atractivos e incorporando la tecnología multimedia. El lanzamiento en 1991 de la WWW (World Wide Web) como interfaz gráfico de Internet ha supuesto una auténtica revolución dentro de las Tecnologías de la Información que ha posibilitado el posterior desarrollo de tecnologías como VRML.

VRML es un acrónimo para Virtual Reality Modeling Language (Lenguaje para Modelado de Realidad Virtual). Aunque su nombre es similar al del HTML (Hyper Text Markup Language: lenguaje de marcado del hipertexto), la clave de la diferencia entre ambos está en el cambio de la palabra *marcado* por *modelado*.<sup>215</sup> En realidad, técnicamente hablando, VRML no es RV inmersiva ni un lenguaje de modelado; RV inmersiva implica una experiencia tridimensional inmersiva y dispositivos externos como cascos o guantes digitales para lograr capturar otros sentidos diferentes al oído y a la vista. VRML no requiere ni prevé una inmersión sensorial total. Pero VRML sí provee un conjunto básico de primitivas para el modelaje geométrico tridimensional y tiene la capacidad de dar comportamiento a los objetos y asignar diferentes animaciones que pueden ser activadas por acontecimientos generados por diferentes usuarios.<sup>216</sup>

*“Su independencia de la plataforma elegida, su elevada capacidad de extensión con nuevos procedimientos y su gran versatilidad de líneas con anchos de banda muy pequeños hacen de este lenguaje gráfico un sólido candidato para convertirse en el entorno gráfico por excelencia de la red”.*<sup>217</sup>

El lenguaje VRML constituye un entorno de programación que permite la recreación de *espacios virtuales* formados por objetos tridimensionales, al cual se dota de interactividad con el usuario y con el resto de la red. VRML es un lenguaje desarrollado para llevar el concepto de Realidad Virtual a millones de usuarios a través de Internet. VRML permite describir objetos 3D y combinarlos en escenas y mundos virtuales. VRML se puede utilizar para crear simulaciones interactivas que incorporen animaciones, contenidos multimedia y participación multiusuario en tiempo real. A estos mundos virtuales se puede acceder a través de la red, mediante un navegador dotado de un módulo (plug-in) que le dote de esta capacidad.

En la historia del VRML se puede ver grandes avances que ofrecen cada vez más y mejores herramientas para comunicar. Las herramientas van desde nuevas y mejores primitivas para representar objetos virtuales, hasta medios visuales y

<sup>215</sup> La palabra *modelado* hace referencia al carácter gráfico, y por lo tanto, bastante más complejo, de este lenguaje. Mientras que en el caso del HTML simplemente se marca o etiqueta el texto para formatearlo, en el caso del VRML se requiere una mayor planificación, así como una cierta habilidad para la programación.

<sup>216</sup> <http://www.wmaestro.com>

<sup>217</sup> <http://194.224.142.2/usuarios/villa/ind-vrml>



auditivos que permiten integrar los medios electrónicos tradicionales a las avanzadas características de la RV

En 1989, Rikk Carey y Paul Strauss de Silicon Graphics Inc., iniciaron un nuevo proyecto con el fin de diseñar y construir una infraestructura para aplicaciones interactivas con gráficos tridimensionales. Los dos objetivos originales eran:

- Construir un ambiente de desarrollo que permitiera la creación de una extensa variedad de aplicaciones interactivas con gráficos tridimensionales distribuidos.
- Utilizar este ambiente de desarrollo para construir una nueva interfaz de usuario tridimensional.

La primera fase del proyecto se concentraba en diseñar y construir la semántica y los mecanismos para la plataforma de trabajo. El tema de las aplicaciones distribuidas fue tomado en cuenta para el diseño del estándar aunque estuvo fuera del alcance de la primera implementación. En 1992 apareció el *Iris Inventor 3D toolkit*<sup>218</sup> que fue el primer producto de dichos esfuerzos. En 1994 surgió la segunda gran versión de Inventor llamada Open Inventor<sup>219</sup>.

En 1994, Mark Pesce y Brian Dehlendorf crearon el VRML mailing list o lista de discusión "WWW-VRML"<sup>220</sup> donde se hizo una llamada abierta a todo el público para dar propuestas para una especificación formal de 3D en la WWW<sup>221</sup>.

La idea precursora de VRML fue puesta de manifiesto en la primera Conferencia Mundial de la WWW celebrada en Ginebra en la primavera de 1994<sup>222</sup>. Bautizado en un principio como Virtual Reality Markup Language, posteriormente la palabra *Markup* fue sustituida por *Modeling*, para reflejar de forma más evidente la naturaleza gráfica de VRML. Como tecnología que fuera a soportar el futuro lenguaje se escogió el formato ASCII Open Inventor de Silicon Graphics, Inc. que incluía descripciones de modelos tridimensionales sobre redes de polígonos renderizados así como descriptores de texturas, iluminación, materiales. Así, tomando como base un subconjunto de formato de fichero de Open Inventor se preparó un borrador de la especificación VRML 1.0 que se presentó en Octubre de 1994. A partir de este momento empiezan a aparecer los primeros navegadores que soportan este formato, entre ellos Webspacer Navigator de Silicon Graphics,

<sup>218</sup> Iris Inventor definía gran parte de la semántica que hoy en día conforma el VRML. Una parte importante del Iris Inventor era que el formato del archivo utilizado para guardar los objetos de la aplicación era de poco tamaño y fácil de utilizar.

<sup>219</sup> Herramienta de desarrollo de aplicaciones gráficas 3D de alto nivel desarrollada por Silicon Graphics. Esta se podía implantar en diferentes plataformas y estaba basada en OpenGL de Silicon Graphics. El manual de referencia que describe los objetos y el formato de archivo de Open Inventor fueron después utilizados por Gavin Bell para escribir la primer propuesta para la especificación de VRML 1.0.

<sup>220</sup> <http://vag.vrml.org/www-vrml>

<sup>221</sup> Dada la magnitud del trabajo se decidió avanzar por etapas y adoptar estándares existentes donde fuera posible. En este mismo año Mark Pesce y Tony Parisi crearon un prototipo de visor de 3D para el WWW.

<sup>222</sup> En los foros de discusión organizados por Tim Bernes-Lee y Dave Raggett se puso de manifiesto la necesidad de contar con un interfaz gráfico que permitiera la elaboración de entornos de trabajo virtuales multiusuario y multiplataforma. Todos los ponentes insistieron en que dicha estructura contase con el apoyo de un lenguaje de programación común para la definición de las escenas tridimensionales y de los vínculos con la World Wide Web.

que posteriormente se implementa en otras plataformas. Esta primera versión permite al usuario navegar a través de un mundo 3D mediante el empleo del ratón, de tal forma que es posible avanzar y explorar en el entorno 3D, de una forma análoga a la que se emplea en el mundo real. De esta manera nació VRML 1.0 que aunque solo era una solución parcial, era una muestra de lo que VRML podría llegar a ser.

A finales de 1995 el grupo de interés “VRML Architecture Group (V.A.G.)” empieza la discusión sobre la nueva versión de VRML. Para el año 1996 el VRML ya estaba completamente consolidado, pero se vio pronto la necesidad de evolucionar en un sentido de poder tener mayor interactividad con los objetos, es decir, pasar de un escenario tridimensional estático a otro en el que los objetos tuvieran comportamientos propios, y pudieran ser manipulados. Algunos pensaban que VRML necesitaba solo de un poco más de contenido, mientras que otros sentían la necesidad de una completa revisión del estándar. Se abandonó el proyecto de una actualización del estándar al 1.1, en favor de una completa revisión del mismo, que pasaría a llamarse el VRML 2.0<sup>223</sup> El segundo paso comenzó en Siggraph 95 y culminó en Siggraph 96. Se hizo una llamada a presentar propuestas públicamente y se estableció una página Web para votar. Hubo propuestas de más de 50 compañías como Silicon Graphics, Sony, Netscape, Apple, IBM, Microsoft, entre otras. En Marzo de 1996 el grupo VAG selecciona la propuesta de Silicon Graphics, denominada Moving Worlds, que concluye sus elaboraciones en Agosto de 1996<sup>224</sup>. El nuevo estándar consistió en permitir el movimiento de la geometría estática definida en VRML 1.0. Ganó la propuesta Moving Worlds de Silicon Graphics, Inc., Sony Corporation y Mitra<sup>225</sup>

En esta nueva versión se amplían las capacidades de la versión anterior que básicamente permitía la navegación a través de mundos virtuales estáticos, incorporando como principales novedades: interacción, animación, guiones y prototipos. Los guiones permiten mediante programación en Java o Javascript dotar de interactividad a la escena, mientras que los prototipos posibilitan la creación de nuevos nodos, elemento básico con los que se construye un mundo virtual. La navegación en este entorno 3D se realiza mediante movimientos de ratón, y empleando un reducido juego de iconos que permite modificar ciertos parámetros de navegación, modo de visualización, etc.

El lenguaje VRML se ha desarrollado con la intención de permitir generar objetos y espacios tridimensionales con capacidades interactivas para el potencial usuario, poniendo así a su disposición todos los recursos de la red en sus manos. De todos modos, y aún considerando la progresiva implantación de este lenguaje, en la actualidad HTML (Hiper Text Markup Language) continúa siendo el más común, debido especialmente a su gran sencillez de empleo. En cualquier caso, no parece

---

<sup>223</sup> [www.wmaestro.com](http://www.wmaestro.com)

<sup>224</sup> Pasando a ser el actual estándar oficial con el nombre de VRML 2.0, y venciendo a otras propuestas presentadas por compañías del calibre de Microsoft, Apple y Sun Microsystems.

<sup>225</sup> Silicon Graphics, Inc: <http://www.sgi.com>

Sony Corporation: <http://www.sony.com>

Mitra: <http://earth.path.net/mitra>



que uno de ambos adquiriera una posición relevante respecto al otro al menos a corto plazo. Más bien se produce una simbiosis entre los dos métodos, compartiendo las aspectos más sobresalientes de cada uno de ellos.

La especificación VRML define los elementos necesarios para crear mundos virtuales 3D, accesibles vía Internet, a través de los cuales es posible navegar con programas del tipo Netscape Navigator o Microsoft Explorer. La versión 2.0 de esta especificación corresponde a la norma ISO 14772. Con la versión 2.0 se pasa de una definición estática de un mundo 3D, a una especificación que contempla la interacción con el usuario, animación, programación y un entorno 3D más rico y elaborado. Existen en el mercado herramientas de autor que se ajustan a la especificación 2.0, así como módulos *plug-ins* para los navegadores de Netscape y Microsoft que permiten explorar esta nueva tecnología. En VRML 2.0 se agrega la posibilidad de interpolar o programar movimientos. Los lenguajes sugeridos son Java y JavaScript, aunque se piensa permitir otros lenguajes en el futuro<sup>226</sup>.

Que compañías tan importantes se hayan interesado por esta tecnología, es una confirmación de la opinión de muchos expertos de que se trata del paso lógico en la evolución del Web, es decir, la orientación hacia la existencia del Web en tres dimensiones.

Actualmente se está debatiendo sobre el próximo estándar, el VRML 3.0. El último paso está ya en preparación aunque VRML 2.0 hace poco que se ha terminado. Se trata de definir interfases para especificar interacción multiusuario. Es necesario definir protocolos para seguir y sincronizar los comportamientos de objetos programados y de usuarios interactuando en tiempo real en múltiples sistemas distribuidos. Hay estándares usados en otros dominios para simulación gráfica distribuida. En particular DIS (Distributed Interactive Simulation), un estándar usado en el área de simulación militar. Aunque DIS, por su origen militar no es directamente aplicable a VRML, contiene varios conceptos que seguramente acabarán por ser parte de VRML. Se trata de transformar VRML de una serie de ambientes aislados en un ciberespacio. Se discuten aspectos como dividir en regiones, implantar la física, representantes de los usuarios (avatares).<sup>227</sup> Se está debatiendo una propuesta de Silicon Graphics llamada Living Worlds (mundos vivientes) cuya principal característica es la creación de un entorno para múltiples usuarios, representados cada uno de ellos por su *avatar* (representación humana). Y también, para este 1999 está anunciado un simposium en Paderborn (Alemania), del que probablemente saldrán las bases de la nueva versión, denominada VRML 99.<sup>228</sup>

---

<sup>226</sup> En <http://www.activamente.com.mx/vrml>

<sup>227</sup> *Ibidem*.

<sup>228</sup> <http://www.wmaestro.com>

### *Características del lenguaje*

VRML permite la creación de escenarios tridimensionales virtuales mediante la incorporación de imagen y sonido<sup>229</sup> en cualquiera de los formatos convencionales (geometrías 3D, ficheros MIDI, imágenes, ...), al mismo tiempo que permite el enlace con otros nodos de la red, ya sean páginas VRML o diseñadas por medio de HTML<sup>230</sup>.

La información que define un mundo virtual modelado mediante VRML se transmite a través de Internet mediante archivos de texto que siguen la norma ISO 10646-1:1993 en la que se define el juego de caracteres UTF-8, y del cual el habitual código ASCII es un subconjunto.

La aparición de lenguajes de programación específicos para la red Internet, como JAVA, han permitido a los desarrolladores de VRML contar con herramientas más potentes para definir plataformas totalmente interactivas con el usuario. El fruto de este trabajo es la especificación 2.0<sup>231</sup>, presentada durante el segundo semestre de 1996 y aún no implementada en la mayoría de los visualizadores habituales.

### *Técnicas de animación*

Una de las novedades que introduce la versión 2.0<sup>232</sup> es la posibilidad de realizar animaciones. Esto es posible mediante el cambio de posición, orientación y escala de los sistemas de referencia locales asociados a grupos de objetos. Cada escena tridimensional dispone de una "cámara" que determina el punto de vista inicial y que viene determinada por el programador. Para efectuar movimientos en la escena, se disponen de una serie de controles de navegación que permiten desplazamientos y giros en todas las direcciones y sentidos del espacio, pudiendo ser manejados tanto con el teclado como con el ratón.

VRML 2.0 incorpora los principios de la animación anamórfica, según la cual la trayectoria de los objetos de la escena se alcanza mediante la interpelación realizada a partir de unas posiciones clave del nodo (interpolators). Aparte de conseguir una mejora sustancial en la calidad final, VRML 2.0 permite el establecimiento de animaciones predefinidas para los objetos de una escena.

### *Generación de nodos*

El conjunto de objetos que precisa VRML para definir un modelo virtual, sean del tipo que sean, se conocen con el nombre de *nodos*, los cuales se disponen en estructuras jerárquicas denominadas *escenas*. Un nodo es una abstracción de un

<sup>229</sup> Para dotar de mayor interactividad a la escena, permite la posibilidad de incluir sonidos en la misma.

<sup>230</sup> En la actualidad, existen plug-ins que permiten la visualización de los ficheros de formato VRML desde cualquiera de los navegadores WWW tradicionales (Mosaic, Netscape, Microsoft Explorer, etc.). El fichero enviado desde el servidor contiene un archivo del tipo "Content type" escrito en formato MIME (Multimedia Internet Mail Extension) que determina la naturaleza del elemento solicitado, lanzando el visualizador (browser) correspondiente.

<sup>231</sup> Esta nueva versión (el VRML 2.0), es mucho más sofisticada que la anterior: los objetos pueden tener comportamientos propios, especificados incluso con *scripts* en otros lenguajes distintos (JavaScript, Java, Visual Basic, etc.), lo que le confiere una enorme flexibilidad. Este estándar VRML 2.0, en su forma final, también recibe el nombre de VRML 97. <http://www.wmaestro.com>

<sup>232</sup> La especificación de VRML 2.0 puede encontrarse en <http://vrml.sgi.com/moving-worlds/index.html>



objeto o un concepto del mundo real. Ejemplos de nodos serían una esfera, un punto de luz, los atributos de un material, etc. Para canalizar la información de eventos de un nodo a otro existe una construcción que se denomina *ruta*, que permite relacionar dos nodos entre sí, de tal forma que es posible por ejemplo si el usuario pincha con el ratón sobre un objeto que simula un interruptor de la luz, hacer que como consecuencia de esta acción se encienda una luz en la habitación. Las escenas son, por tanto, un conjunto de nodos que mantienen relaciones de causalidad en función del orden de definición en el fichero. Estas relaciones pueden acotarse mediante el empleo de separadores que limitan su ámbito de actuación. La posibilidad de asignar un nombre a cada uno de los nodos de la escena tridimensional otorga una gran funcionalidad al programa, especialmente a la hora de realizar cualquier tipo de manipulación con el objeto. Para modelar la geometría y el aspecto visual de los objetos que constituyen la escena, se dispone de los nodos del tipo *shape*. Estos nodos corresponden a una serie de primitivas geométricas 3D, que van desde objetos sencillos como: esferas, conos, cilindros, paralelepípedos, a otros más sofisticados como sólidos de barrido, nubes de puntos, modelos alámbricos, modelos facetados, superficies topográficas e incluso textos tridimensionales. Estos objetos geométricos se pueden a su vez caracterizar mediante una serie de nodos que definen su apariencia visual por medio del color, material y textura. Además es posible iluminar la escena con diferentes tipos de luces.

La aparición de nuevos nodos de geometría (Elevation Grid) permite la elaboración de superficies irregulares poligonales y la aplicación de los métodos de construcción asociados a los programas profesionales de CAD<sup>233</sup> como el nodo Extrusión. Los avances experimentados en la definición de las texturas permiten recrear escenas con paisajes en la distancia u objetos sumergidos en la niebla (Fog) con el consiguiente incremento del realismo en la escena.

Con el empleo de scripts, se genera una nueva categoría de nodos que permite recoger la información de los sensores y generar acontecimientos basándose en sus resultados. Estos eventos vaciarán, a su vez, la configuración del escenario virtual presente. La conexión existente entre el nodo que ha generado el evento y el que los recibe es conocida como *route*.

Con la nueva versión de VRML se puede encapsular un grupo de nodos para reunirlos en un nuevo tipo de nodo, que se conoce con el nombre de prototipo. Para variar sus características tan sólo se tendrá que variar los valores de los distintos campos. Los prototipos, siguiendo en la misma coyuntura de aumento de la interactividad, pueden ser accesibles y compartidos por el resto de los usuarios.

---

<sup>233</sup> Cada vez es mayor el soporte que los diferentes fabricantes de software están dando a esta especificación en los sectores del CAD/CAM. En Agosto de 1996 se completó el proceso de elaboración de la versión 2.0 de este estándar. Las posibilidades que brinda esta tecnología son innumerables, por ejemplo puede ser utilizada como complemento a manuales de uso y mantenimiento de equipos industriales, donde se podría visualizar y simular condiciones de funcionamiento y las actividades de mantenimiento. <http://llvrmi.sgi.Com/Repository/SGI-Depot>

### *Aumento de la interactividad*

Otro aspecto importante de la versión 2.0 es que se ha potenciado la interactividad del usuario con el entorno: se pueden definir sensores (de posición, colisión, contacto, etc.) que informan de lo que está haciendo el usuario para que los objetos puedan actuar en consecuencia. Además, para añadir realismo a los escenarios tridimensionales, se pueden crear fondos gráficos, efectos de niebla, sonidos tridimensionales, etc.

La aparición de una nueva categoría de nodos, denominados sensores, permite tener en cuenta el tratamiento de acontecimientos sobre los objetos de la escena. Es posible por tanto asociar las acciones realizadas sobre el modelo por el usado en virtud del estado recogido por los sensores, con lo que se asegura una elevada interactividad. Estos nodos generan situaciones en función de factores como la proximidad, el contacto, la visibilidad, el tiempo transcurrido, etc.

### **Criterios de diseño y aplicaciones:**

Los criterios de diseño que configuran la definición VRML podrían resumirse en los siguientes apartados:

#### *Independencia de plataforma*

A diferencia de HTML, que basa su potencia en el empleo del texto, VRML emplea los gráficos como fuente de expresión, con los consiguientes problemas que trae consigo desde el punto de vista de la portabilidad entre los diversos sistemas informáticos. La adopción de una librería gráfica común para todas las plataformas en VRML solventa con éxito este problema.

#### *Extensibilidad del lenguaje*

Los lenguajes de arquitectura abierta permiten la elaboración ulterior de un sinnúmero de utilidades que potencian las capacidades de implantación básica. En este sentido, VRML admite la inclusión de nuevos elementos facilitando así su expansión y permitiendo la simultaneidad con versiones precedentes del lenguaje.

#### *Requerimientos de ancho de banda*

El principal escollo existente hoy en día para incrementar de forma exponencial el empleo de Internet es la lentitud asociada a las líneas telefónicas convencionales como método de comunicación. Es deseable que los nuevos elementos incorporados a la red sean capaces de trabajar en conexiones con muy bajo ancho de banda.

#### *Grado de integración*

VRML ha sido diseñado como un entorno eminentemente práctico, donde prima la sencillez de empleo frente a una implementación tediosa.

#### *Elevada funcionalidad*

VRML se compone de una serie de categorías elementales (nodos) que se interrelacionan entre sí para constituir el escenario tridimensional final. Cada uno de estos elementos puede ser tratado de forma independiente, y las relaciones que



entre ellos se establecen se encuentran perfectamente determinadas y estructuradas. Esta elevada funcionalidad permite el empleo de una estructuración modular de la escena, evitando así los conflictos y estableciendo una jerarquización entre los distintos objetos definidos.

Quizás el dato más significativo a tener en cuenta a la hora de describir VRML es su capacidad innata para permitir un soporte multiusuario.

Las últimas versiones de este lenguaje posibilitan la colaboración de varios participantes en un entorno virtual, abriendo así un abanico desconocido de situaciones. Este comportamiento amplía las limitaciones que en este campo presenta HTML, dando un enfoque más realista y dinámico a la comunicación entre usuarios.

En lo que concierne a las aplicaciones actuales en VRML cabe señalar el constante incremento de éstas. Aunque muchas aplicaciones VRML fueron en realidad las impulsoras de su desarrollo en base a necesidades, se han ido ampliando los horizontes de la comunicación al aparecer nuevas opciones que antes ni siquiera eran soñadas por los visionarios. Hoy en día pueden hacerse cosas que hace apenas algunos años los científicos tomaban por imposibles.

Se habla de VRML como la siguiente tecnología predominante en la Web y frecuentemente es visto como una herramienta para la construcción de ambientes totalmente inmersivos. Esta concepción de VRML es bastante limitada, porque existen miles de usos para esta poderosa tecnología. A medida que va madurando el lenguaje, se van desarrollando aplicaciones de utilidad real en los más diversos campos.

Algunas de las aplicaciones de VRML son:

- Demostración de productos<sup>234</sup>
- Anuncios publicitarios (banners)<sup>235</sup>

---

<sup>234</sup> En la actualidad la Web es comúnmente utilizada para desplegar catálogos con hojas de especificaciones y diferentes tipos de literatura publicitaria. A pesar de que éste es un muy buen uso de la tecnología Web, no está siendo explotada en su totalidad. Con la explosión del comercio electrónico, la Web se ha encontrado con nuevas aplicaciones, como por ejemplo la visualización física de productos ya sea para su venta en línea o para su demostración. A través del uso de VRML la demostración de productos en línea toma las siguientes características:

*Interactividad:* el usuario puede interactuar con el producto que desee adquirir, observarlo de diferentes ángulos y visualizar el producto removiendo y añadiendo componentes del mismo.

*Integración de Multimedia:* VRML provee la integración de otros tipos de multimedia tales como audio e imágenes. Por ejemplo, el lenguaje de programación Java puede ser utilizado para manipular objetos tridimensionales y dar detalles del producto a través de pistas de audio.

*Ancho de banda:* a través del uso eficiente de VRML y mundos optimizados, el tiempo de transmisión se puede incrementar enormemente, evitando que el usuario tenga que esperar mucho tiempo perdiendo el interés.

<sup>235</sup> Hasta ahora es muy común que las campañas de publicidad en la Web utilicen banners planos o imágenes animadas para atraer a los internautas a sus sitios. Estos banners entregan poca información y su transferencia puede llegar a ser muy lenta. Con VRML es posible generar animaciones de mayor impacto y de menor tamaño. Además el hecho de que la animación se realice en un ambiente

- Arquitectura<sup>236</sup>
- Visualización organizada de datos<sup>237</sup>
- Comercio electrónico<sup>238</sup>
- Simulaciones para la investigación (laboratorios virtuales y visualización científica)<sup>239</sup>
- Arte<sup>240</sup>
- Entretenimiento<sup>241</sup>

---

tridimensional provee de mucho mayor información al usuario, logrando esta técnica un mayor impacto publicitario.

<sup>236</sup> Desde hace tiempo la Web ha sido el nuevo medio aprovechado por arquitectos y agencias constructoras para mostrar sus proyectos e ideas a sus clientes. Hasta ahora la forma convencional de hacerlo ha sido a través de imágenes y planos que muestren sus proyectos como en los medios tradicionales. Desafortunadamente, el utilizar un medio bidimensional para visualizar un espacio tridimensional resulta la mayoría de las veces poco efectivo y no provee la oportunidad de verdaderamente experimentar con el espacio que se trata de modelar. Con el uso de VRML estos problemas se eliminan, permitiendo al usuario sentir que está dentro del edificio en demostración. Representaciones tridimensionales de proyectos, que se pueden recorrer libremente. Interacción mediante programación adicional permite al visitante modificar variables como colores, formas, texturas, luces o posiciones para visualizar al máximo los ambientes en construcción, incluso antes de colocar la primera piedra.

<sup>237</sup> Existen estructuras de datos muy difíciles de visualizar, sobretodo cuando se trata de muchas categorías de datos diferentes. Últimamente se ha complicado aun más este tema, desde que aparecieron nuevos tipos de datos como vídeo y audio, porque ahora no todos los datos caben en un archivo. De hecho, combinarlos no es una tarea fácil, incluso para el concepto de moda: multimedia. Cuando se trata de encontrar la información de manera sencilla, existen varios conceptos que hay que considerar, como quién, cuándo, cómo y dónde se puso la información. VRML ayuda a visualizar no sólo las estructuras de los diferentes tipos de información, sino además elimina casi totalmente algunos problemas del mundo real como la teletransportación, el almacenamiento masivo, la combinación de medios y la seguridad, poniendo fácilmente los datos al alcance de quien los debe tener.

<sup>238</sup> A través de centros comerciales virtuales, VRML provee de nuevas opciones para que el comerciante llegue a su público objetivo. Ahora millones de usuarios conectados en línea pueden acceder a centros comerciales ubicados en cualquier parte del mundo, pasear entre las tiendas, visualizar los productos para comprarlos o interactuar con otros compradores o vendedores. Se han traspasado las fronteras y el concepto de "entrega a tu domicilio" se ha complementado con "visita desde tu domicilio". Adicionalmente, gracias al intercambio digital de datos, podemos saber quién visita qué y cuándo. Además, qué necesita y cómo lo quiere, sin importar en qué parte del mundo se encuentra.

<sup>239</sup> Representaciones tridimensionales de diversos fenómenos, como es el caso de una cadena de ADN o de biomoléculas. VRML puede ser un medio sencillo y barato para simular muchos tipos de procesos, o para hacer demostraciones visuales muy variadas. Si se añade interacción con otros usuarios de cualquier parte del mundo, se puede tener un laboratorio virtual muy valioso y un excelente medio de comunicación para mostrar sus resultados.

<sup>240</sup> Para muchos, los ordenadores limitan la creatividad de los artistas, para muchos otros, los medios digitales son precisamente los que permiten a los artistas expandir su creatividad dándoles las herramientas para transmitir sus ideas comentado en el capítulo primero de la primera parte. VRML no es la excepción. Al contrario, la visualización tridimensional combinada con medios tradicionales como imágenes bidimensionales y sonidos es la que da la oportunidad a muchos artistas de comunicar conceptos que antes no podían, de explorar nuevos estilos y nuevos estímulos a nuestros complejos sentidos.

<sup>241</sup> Con el nacimiento de la Web, millones de usuarios pasan horas frente a un ordenador ya no sólo jugando los conocidos juegos de vídeo, sino ahora sobretodo interactuando con internautas de todo el Mundo, navegando sitios interesantes o entretenidos o conversando y discutiendo sobre temas diversos. VRML abre nuevas formas de entretenimiento, con juegos más apegados a la realidad y con centros de encuentro virtual, en los que los visitantes pueden interactuar con el resto de varias formas, incluyendo sus voces, acciones y apariencias.



Otros campos en los que la utilización del VRML es especialmente indicado es en la Astronomía, Arqueología, Turismo, etc.

#### *Requerimientos técnicos*

Los requerimientos técnicos para aprovechar la tecnología VRML son cada vez más sencillos, gracias no solamente al avance de sus desarrolladores, sino también a la evolución de sus usuarios y del equipo de cómputo que cada vez más personas utilizan en el mundo moderno.

Sin embargo los requerimientos psicológicos, (muchas veces olvidados,) son quizás de mayor importancia; ha sido muy difícil para la sociedad evolucionar a la velocidad de las nuevas tecnologías. La mayoría de las personas tienen grandes problemas para adaptarse a los complejos cambios en su forma de vida actual; mayores problemas aún cuando se les pide que emigren a tecnologías que, aunque para su uso no requieren de mayores conocimientos técnicos, sí representan un gran reto por tener un manejo muy distinto al de las tecnologías ya conocidas.

Gracias a que VRML fue desarrollado para que millones de personas puedan interactuar, casi cualquier usuario puede acceder a sitios producidos en VRML. Contrario a lo que se piensa, los mundos de RV se descargan muy rápidamente de la Web, reduciendo el tiempo de espera enormemente comparándolo con el HTML (Lenguaje utilizado para el desarrollo de páginas convencionales).

#### *Accesorios para navegar en VRML*

Hasta hoy, gran parte de los usuarios no utilizan navegadores actualizados, lo que les obliga a instalar un accesorio (o Plugin) para sus navegadores antiguos. Existen varios tipos de accesorios para la navegación en VRML e incluso hay algunos navegadores diseñados únicamente para navegar por mundos virtuales. Algunos navegadores actuales como Netscape 4.04 permiten la navegación de mundos virtuales sin la necesidad de accesorios adicionales.

#### *Conexión a Internet*

Muchos creen que la RV no es para ellos, porque no poseen una conexión muy buena a Internet. Sin embargo esto es falso, porque VRML fue diseñado precisamente para ser usado a través de Internet, usando el menor ancho de banda (conexión) posible y aprovechando al máximo los recursos del equipo cliente (del usuario). Esto quiere decir, que en realidad VRML puede desplegar más datos en menos tiempo, utilizando conexiones limitadas. Por eso una conexión telefónica con un módem de 14.4 Kbps es más que suficiente para visitar mundos VRML.

#### *Requerimientos del equipo visor*

Los ordenadores comerciales que se encuentran en la tienda de la esquina normalmente son suficientes para navegar por mundos hechos en VRML. Lógicamente un ordenador rápido permite una visualización más real y con mayor detalle.

También influye el diseño del Mundo Virtual tanto en el tiempo de carga como en la visualización en tiempo real. El número de polígonos utilizados en el modelaje de los objetos virtuales, y la cantidad de gráficas o sonidos que se empleen en dichos mundos son directamente proporcionales al tiempo de cálculo y de carga respectivamente.

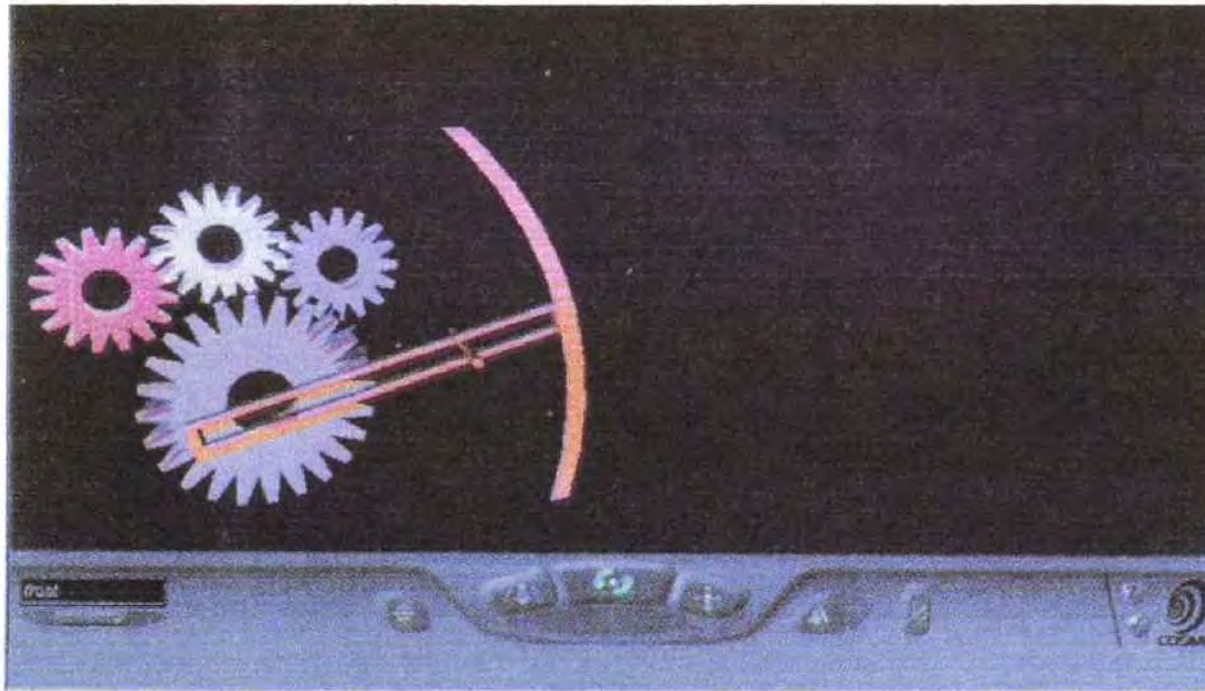


Imagen 179



## CAPITULO IV

# TECNICAS DE PRESENTACION

Cuando se realiza un proyecto de diseño, se necesitará mostrar las ideas a un cliente o a un compañero, por ello, estas ideas deben de estar representadas claramente, que no haya en ellas motivos de confusión; se requerirá que con un solo vistazo, el cliente o compañero entienda la idea que se quiere representar. Para ello se ha de pensar en una situación en la que el cliente verá esta idea sin que haya nadie presente, la cual, además de comunicar completamente lo que se pretende, ha de decirlo rápidamente. En ocasiones el mensaje habrá de ser eficazmente persuasivo, es decir, que altere el funcionamiento psicológico del individuo, de tal forma que responda con modos de conducta deseados o sugeridos por el diseñador (De Fleur y Ball-Rokeach, 1982).<sup>242</sup>

*“La clave para la persuasión efectiva reside en modificar la estructura psicológica interna del individuo, de modo que la relación psicodinámica entre los procesos internos latentes (motivación, actitudes, etc.) y la conducta manifiesta y explícita lleve a los actos deseados por el pensador”.*

La esencia es comunicar un mensaje a través de imágenes poderosas y facilitando información directa. Dar prioridad a los rasgos esenciales del concepto.<sup>243</sup>

Si el cliente tiene cierta práctica en cuestiones de diseño, es muy probable que entienda las interpretaciones gráficas iniciales.<sup>244</sup>

Sólo si aceptan las ideas propuestas, lo que suele ser resultado de las diferentes opciones que se ofrecen al cliente, puede darse comienzo a la elaboración del producto final. Sin embargo, lo cierto es que por más original y brillante que sea un diseño, siempre estará abocado al fracaso si no se presenta de una manera atractiva.<sup>245</sup>

Siempre que se inicia un proyecto de diseño, se hace imprescindible presentar las ideas o los resultados a un cliente o un colega. Quien sepa comunicar sus ideas de diseño a otras personas, sabrá igualmente comunicarlas a sí mismo. La calidad de la presentación se refleja en la del trabajo que la precede. Una presentación vulgar repercutirá muy negativamente en el trabajo de diseño realizado, y viceversa. Cuando varios diseñadores compiten con sus proyectos por un mismo encargo, las ideas mejor presentadas parten invariablemente con ventaja.<sup>246</sup>

<sup>242</sup> De Fleur M. L. Y Ball-Rokeach, S.: *Teorías de la comunicación de masas*. Barcelona, Ediciones Paidós, 1982, p. 192

<sup>243</sup> Sauvage, Brigitte: Estudio de diseño ADN. Entrevista realizada el 17-11-1998. En sus presentaciones a empresas ha comprobado como dan mejores resultados de comunicación con el cliente las imágenes con contrastes bien definidos, imágenes poderosas. Esta misma idea puede encontrarse igualmente en Swann, Alan : *La creación de bocetos gráficos*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1990, p. 72

<sup>244</sup> Swann, Alan : *Ibidem*, pp. 108-109

<sup>245</sup> Mulherin, Jenny: *op. cit.*, p.6

<sup>246</sup> Powell, Dick: *op. cit.*, p. 150.

Austen<sup>247</sup> destaca tres aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de presentar las imágenes:

- Ha de destacarse las características del diseño de la mejor forma posible.
- Se ha de facilitar ver las dimensiones del objeto.
- Ha de resultar atractivo.

## **ELECCION DE LA VISTA DEL OBJETO**

---

A la hora de presentar sus propuestas el diseñador se ve en la encrucijada de examinar y comprobar de qué forma comunicará mejor aquello que presenta. Entonces recurrirá a un tipo de técnica concreta (como se vio en el capítulo I de esta 3ª parte), pero habrá de hacerlo en función del punto de vista del futuro observador, es decir, debe examinar si las propuestas las presentará en función a vistas frontales o si por el contrario establecerá algún tipo de perspectiva que ayude a la hora de visualizar la tridimensionalidad del objeto. En un primer momento si el proyecto consiste en un trabajo de un solo plano como podría ser el diseño de una carátula de un aparato de sonido, lo hará en vista frontal, pues de esta manera ofrecerá la información suficiente para poder opinar el interlocutor sobre los aspectos formales y generales del proyecto. Por supuesto luego vendrán los planos técnicos donde se señalarán las medidas y soluciones técnicas de fabricación, montaje, etc. Por otra parte este tipo de presentación ofrece menos problema a la hora de la representación que si se atendiera a la tridimensionalidad del objeto.

Si por el contrario las propuestas han de señalar las relaciones de volumen de las diferentes caras del objeto el diseñador se verá en la obligación de hacer una representación tridimensional del objeto y si fuera necesario desde distintos puntos de vista. Deberá examinar cual será el ángulo que mejor comunica aquello que quiere señalar, y qué tipo de perspectiva aplicará. Para Van Dyke las cualidades tridimensionales de las imágenes en perspectiva permiten representar ideas de diseño con la mayor dosis de realismo espacial.<sup>248</sup>

## **REPRESENTACIÓN EN VISTA FRONTAL**

Arends<sup>249</sup> los denominará *rénderings* ortográficos. El problema del diseñador consiste ahora en representar el objeto de manera que esta representación informe de su verdadera forma y dimensiones, de los materiales con los que se fabricará, de la textura a aplicar a la superficie, etc. El problema de las medidas se puede conseguir dibujando un sistema de vistas del objeto en cuestión, introduciendo elementos de referencia que sirvan para comparar dimensiones, o haciendo una representación tridimensional del mismo. Respecto a los materiales y las texturas, se aplicarán las técnicas mencionadas en el capítulo primero de esta parte.

---

<sup>247</sup> Austen, Benedict: *Techniques of sketching*. London, Editorial The Design Council, 1986.

<sup>248</sup> Van Dyke, Scott : op. cit., p. 106.

<sup>249</sup> Arends, Mark: *Product rendering with markers*. New York, Editorial Van Nostrand Reinhold. 1985. p.34



El hecho de visualizar en dos dimensiones ayuda a la representación, tanto en cuanto elimina la complejidad que da la representación de la tercera dimensión. La aplicación de las diferentes vistas para describir los objetos, se basa en los principios de la proyección ortográfica. Para Ian Simpson<sup>250</sup> estas proyecciones se usan a menudo para explicar con precisión la forma externa, la silueta y / o un esquema cromático determinado del objeto. Así se puede definir la vista frontal o proyección ortográfica como un método de representación exacta de un objeto en una, dos o más vistas, que se obtienen trazando perpendiculares desde el objeto a los planos de proyección, generalmente normales entre sí.<sup>251</sup>

La diferencia entre el tipo de dibujo ortográfico en una presentación de conceptos y el correspondiente a unos planos técnicos reside en que, en el primer caso, no hace falta extraer medidas ni identificar procesos de producción.

Si se traslada el caso por ejemplo al trabajo de los ilustradores, este tipo de representación es muy frecuente, por ejemplo en las ediciones náuticas, aeronáuticas y militares, para demostrar las variaciones en los esquemas cromáticos entre barcos de la misma clase, o de las diferencias entre el mismo avión utilizado por distintas escuadrillas o países.<sup>252</sup> El diseñador utilizará sobre todo este tipo de representaciones en diseños cuyo valor fundamental a comunicar se encuentre en una de las caras. Igualmente muchos diseñadores recurren a este tipo de representación cuando aquello que quieren comunicar les es de difícil realización, y ante la problemática que ofrece en ocasiones una buena representación en perspectiva, recurren a las vistas frontales o vistas ortográficas (alzado, planta y perfil).



Imagen 180

<sup>250</sup> Simpson, Ian: op. cit.

<sup>251</sup> Ortho significa recto o de ángulos rectos y grafos ,escrito o dibujado. La palabra proyección viene del latín: pro, que significa hacia adelante y jacere, echar, tirar. Así, proyección ortográfica significa literalmente tirada hacia delante con ángulos rectos.

<sup>252</sup> French, Thomas y Svensen, Carl: op. cit., pp. 64-65.



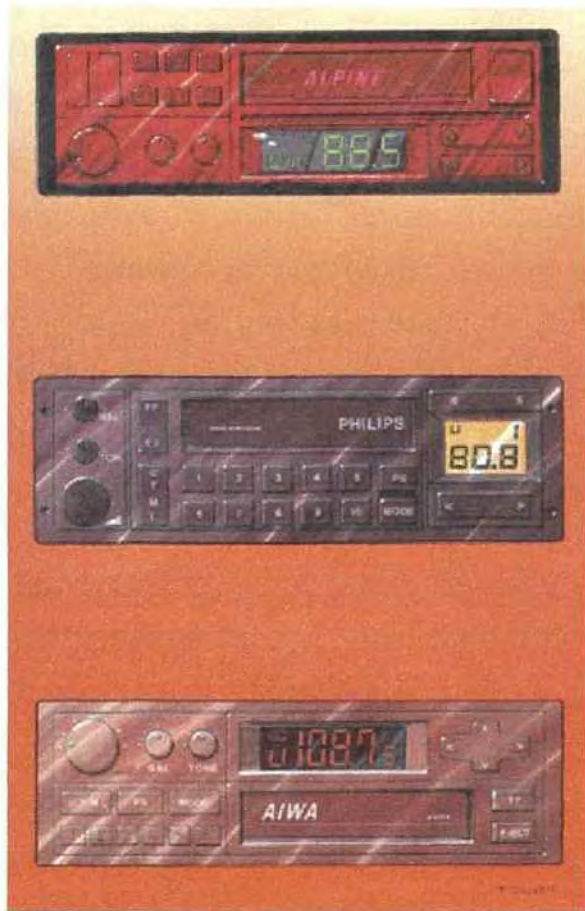


Imagen 181

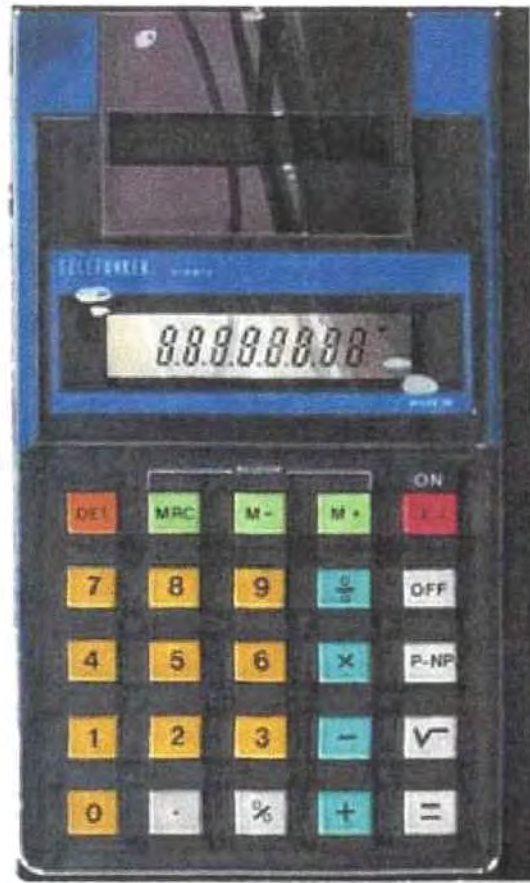


Imagen 182

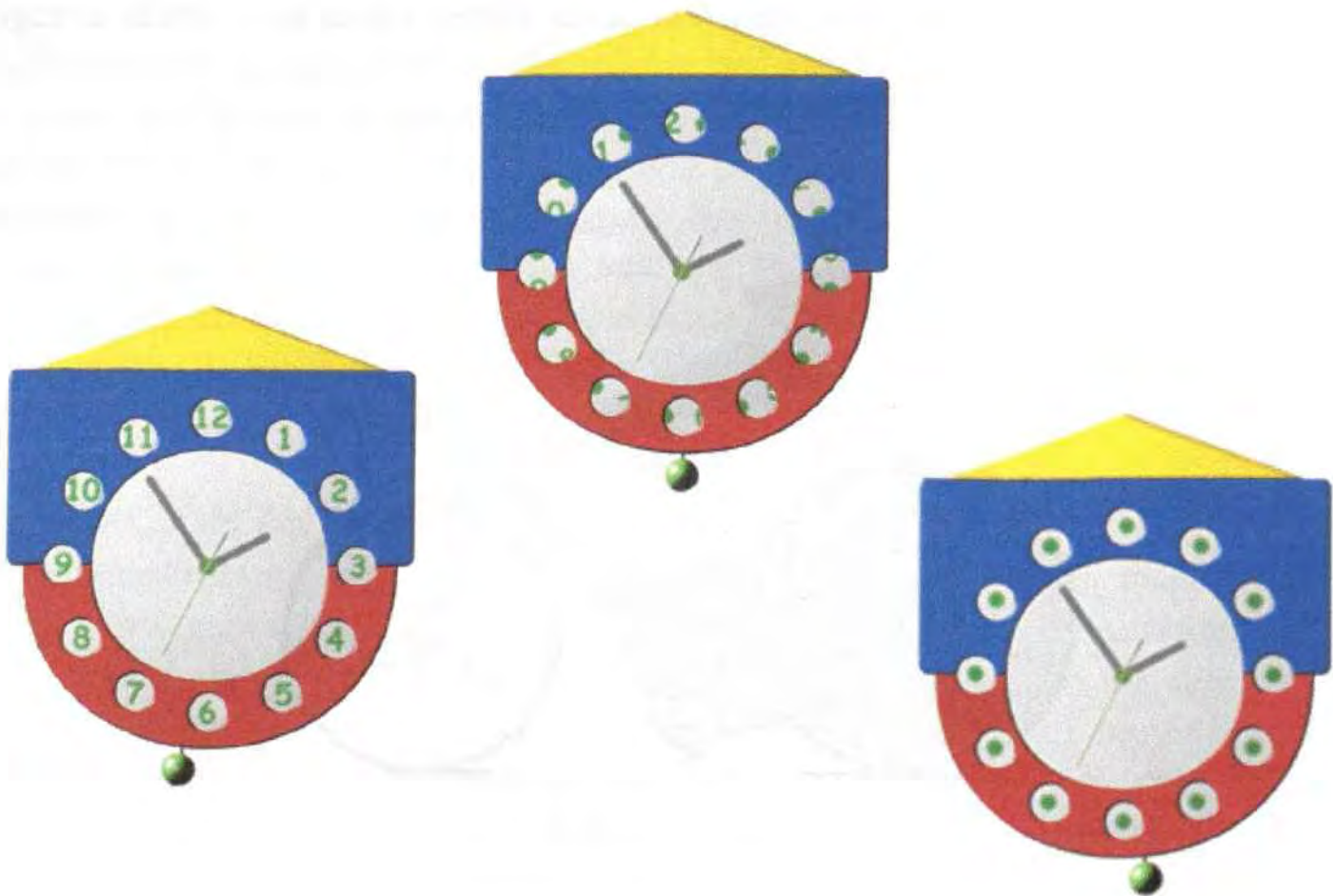


Imagen 183



## REPRESENTACIÓN EN PERSPECTIVA

El primer aspecto que atiende el diseñador a la hora de la presentación de sus conceptos es el ángulo de observación que realizará para mostrar de una manera más clara los aspectos más significativos de su diseño. Van Dyke<sup>253</sup> recomienda considerar qué ángulos de observación describen mejor sus intenciones. Una visión que obstruya la forma del diseño, no será tan eficaz como una que lo enmarque o enfatice. La forma en que se presente el concepto depende del punto de vista del diseñador, este punto según Parramón<sup>254</sup> es la base de la perspectiva. La elección de la vista se debe realizar en opinión de Powell<sup>255</sup>, con arreglo a tres factores:

1. En primer lugar, debe mostrar el diseño y sus características y detalles de la mejor forma posible.
2. En segundo lugar, debe facilitar la percepción de las dimensiones del objeto, lo que depende de la posición del nivel del ojo y de la línea del horizonte y del ángulo de convergencia de las paralelas. Se debe recordar que las cosas pequeñas suelen verse desde arriba y las grandes desde más abajo.
3. En tercer lugar, debe resultar atractivo, lo que obliga a prestar la debida atención a la composición del dibujo en la hoja.

Hay muchas ocasiones en que conviene prescindir de todas estas consideraciones, o al menos de algunas, sobre todo cuando se desea comunicar espectacularidad al dibujo con un punto de vista muy bajo o poco corriente. A veces se consigue el mismo resultado con sólo cambiar la posición del objeto dibujado en la hoja, pero a muchos diseñadores nobeles les cuesta aceptar que esa posición no tiene nada que ver con la perspectiva.

Desde el Renacimiento, en occidente se ha dependido casi exclusivamente de un método de organizar las indicaciones del espacio en un sistema coherente de ilusión de profundidad, es decir, la perspectiva es solamente uno de los tantos medios para lograr esta organización del espacio. Es necesario comprender que la interpretación que se da del espacio depende de las indicaciones mismas, y no del método particular que se usa para organizarlas. La representación de la perspectiva en Oriente, por ejemplo, es una actitud abierta que amplía el espacio. En China, la línea del horizonte, al contrario de la perspectiva occidental está colocada detrás del espectador. Este tipo de concepción gráfica engendra distintos hábitos de lectura y de aprehensión del espacio. En ocasiones se piensa que la perspectiva representa los objetos tal como se ven. Si se ha trabajado mucho con perspectivas mecánicas, se sabe lo deformadas que pueden ser si no se ubica el exacto punto de vista para el sujeto. Un dibujo parece igual al modelo si concuerda con nuestro concepto visual, pero no porque reproduzca el esquema visual real. Si se mira fijamente un punto con un ojo, el esquema visual puede ser reproducido por la perspectiva. Pero no es así como se ven las cosas, en opinión de G. Scott<sup>256</sup> se usan dos ojos y se desvía continuamente el centro de atención. La impresión de la

<sup>253</sup> Van Dyke, Scott : op. cit., p. 106.

<sup>254</sup> Parramón, J.M. : op. cit., pp. 36-37.

<sup>255</sup> Powell, Dick: op. cit., p. 27.

<sup>256</sup> Gillam Scott, Robert: op. cit., p. 120.

imagen es un concepto mental, la perspectiva es un modo tan arbitrario de enunciar este concepto mental como cualquier otro.

La perspectiva no ha existido siempre; la perspectiva es una de las construcciones de la mente humana para explicar o crear la realidad, en este caso la realidad de las tres dimensiones, que en otras culturas, e incluso en algunas épocas de nuestra propia cultura, no ha sido una necesidad fundamental.<sup>257</sup> Hasta el desarrollo de la perspectiva no hubo conflicto entre los medios usados para indicar profundidad. Con la perspectiva el plano tendió a desaparecer y el formato se transformó en una ventana que se abría en el espacio profundo. No había plano, salvo en el sentido físico. Se tiene conciencia de que aquí existe un problema debido a la renovada búsqueda de una base orgánica para la ilusión de profundidad (G. Scott)<sup>258</sup>. Sobre la perspectiva Cousin<sup>259</sup> hará una referencia sobre los aspectos a conocer a la hora de realizar una perspectiva y cómo éstos se encuentran dentro de la geometría:

*“Para entender el arte de la perspectiva, hace falta primero conocer los puntos, líneas, superficies y cuerpos, los cuales pertenecen a la geometría”.*

Para Jocelyn De Noblet<sup>260</sup> la perspectiva puede ser considerada como la aplicación de la representación de la imagen de dos hipótesis fundamentales sobre las cuales reposan todas las grandes generalizaciones científicas o leyes de la naturaleza, a saber: la homogeneidad del espacio y la uniformidad de la naturaleza. Desde el punto de vista del diseñador, muchos de los problemas de perspectiva tratados en los libros son irrelevantes. Gran parte de ellos se centran en el dibujo arquitectónico difícil de adaptar a las necesidades del diseñador, y la mayoría ofrecen métodos pesados aunque muy rigurosos.<sup>261</sup>

La buena interpretación de un objeto es inseparable de la perspectiva correcta. Sin perspectiva, el dibujo fallará y para poder hacer buenas perspectivas hay que saber dibujar. Este saber no es una habilidad manual, sino una operación cerebral que parte de la forma en que se ven las cosas. Los diseñadores que dibujan bien no sólo perciben en seguida si una perspectiva está bien o mal hecha, sino que son capaces de corregirla de la mejor forma posible y, sobre todo, se esfuerzan constantemente por desarrollar el talento visual y por afinar la sensibilidad tridimensional. Este dominio de la tridimensionalidad les permite visualizar y dibujar los objetos como si fuesen transparentes, y organizar rápidamente los componentes internos en la configuración óptima. Así, el diseñador que sabe dibujar es capaz por ejemplo de resolver más fácilmente problemas complejos de líneas de cierre de moldes.

Hay dos casos en que por mucha habilidad que se tenga para el dibujo a mano alzada, es imprescindible recurrir a un sistema de perspectiva. Uno es la elaboración de vistas terminadas a partir de croquis o bocetos a mano alzada. El

<sup>257</sup> Parramón, J.M. : op. cit., p. 8.

<sup>258</sup> Gillam Scott, Robert: op. cit., p. 133.

<sup>259</sup> Cousin, Jean : *Livre de perspective*. Paris, 1560. Edición facsímil, 1974. Los cinco cuerpos regulares de geometría serán según Cousin: Hexaedro, Tetraedro, Icosaedro, Octaedro, Dodecaedro.

<sup>260</sup> De Noblet, Jocelyn: *Design, le geste et le compas*. . París Editorial France-Loisirs. 1988, pp. 23-24.

<sup>261</sup> Powell, Dick: op. cit., p. 26



otro es cualquier situación que exija una precisión absoluta, en particular si se trabaja a partir de un plano general que define las dimensiones y la apariencia del objeto sin entrar en detalles (Powell).<sup>262</sup> La forma de representar los objetos tal como se ven en el espacio, ha ido evolucionando históricamente. Es a partir del Renacimiento que se intentó representar el mundo y los objetos tal como eran en realidad. La primera consecuencia de este intento por captar la realidad fue la construcción sistemática de la perspectiva, siendo en un primer momento la denominada central que sentó la base para representar el mundo de forma espacialmente correcta, tal como se aparece al observador. El afán por captar la imagen de los objetos tal y como se ven; la imagen real; llevó a artistas y científicos a diseñar un serie de instrumentos que se denominarían *máquinas de ver*. Posteriormente, al intentar hacer permanentemente el registro de la imagen transformaron estas máquinas en *máquinas de dibujar*. Después vendrían otros instrumentos cada vez más modernos que perseguían lo mismo, facilitar la representación de esta realidad. Sobre máquinas de ver y dibujar se hizo referencia en el capítulo dos de la segunda parte (p. 213). Sobre diferentes técnicas o trucos a emplear Leonardo<sup>263</sup> escribirá:

*“Toma un vidrio del tamaño de medio folio real y dispónlo con firmeza ante tus ojos, esto es, entre el ojo y la cosa que dibujar deseas. Sitúate luego a una distancia de 2/3 de braza del dicho vidrio y fija tu cabeza con un instrumento, de suerte que no puedas moverla un ápice. A continuación cierra o cubre un ojo, y con un pincel o un lápiz graso traza sobre el vidrio lo que allí aparece; cálcalo entonces sobre un papel y transpórtalo a otro papel mejor. Ahora puedes pintarlo, si te place, cuidando de observar la perspectiva aérea”.*

Sobre la utilización de medios de ayuda a la perspectiva Leonardo alaba a los que lo utilizan para no omitir detalle, pero que conocen los principios y saben aplicarlos y desecha a aquellos que lo utilizan porque no sabrían hacerlo de otro modo.<sup>264</sup> Hay varios atajos que evitan la pesadez de preparar una perspectiva desde cero. Uno es usar una fotografía de un objeto similar y ampliarla, si es necesario; esto puede hacerse con una cuadrícula, con un pantógrafo, con una ampliadora o con una fotocopidora. Otro método consiste en usar maquetas esquemática con las que se haya trabajado para robar ideas en tres dimensiones; las maquetas se fotografían o se dibujan del natural. Si no sirve ninguno de estos métodos no hay más remedio que construir un sistema de perspectiva.

<sup>262</sup> Powell, Dick: *Ibidem*.

<sup>263</sup> Da Vinci, Leonardo: *Tratado de Pintura*. Madrid. Ediciones Akal, S.A. Segunda Edición, 1993, p. 371.

<sup>264</sup> *“Muchos que no son sabios en este discurso de sombras y luces y perspectiva se vuelven a la naturaleza, y la copian, pues sólo así, sin necesidad de otra ciencia o discurso natural, sirven a su propósito. Entre éstos hay algunos que, a través de vidrios, papeles o velos transparentes, contemplan las obras de la naturaleza y las dibujan sobre esas superficies traslúcidas; las perfilan luego añadiendo aquí y allá según las leyes de la proporción, y las rellenan de claroscuro, señalando la posición, intensidad y forma de las sombras y luces. Todo esto habrá de ser alabado en quienes, sabiendo como representar los efectos de la naturaleza, por pura ficción, no se sirven de tales procedimientos sino para ahorrarse fatiga y no omitir detalle alguno en la verdadera imitación de aquella cosa que ha de ser representada con singular acierto. Pero una tal invención habrá de ser vituperada en aquellos que ni por sí mismos saben copiar, ni con su propio ingenio discurren, pues obrando así por pereza asolan su genio y nunca serán capaces de hacer una buena cosa sin esa treta”.*

*Ibidem*, p. 80.

Método del cubo: en opinión de Powell<sup>265</sup>, el método más simple y más flexible de establecer una perspectiva es dibujar un cubo con la orientación deseada, porque esa figura constituye el bloque estructural de cualquier dibujo, y sirve también como unidad de medida. De esta manera, las dimensiones se consideran por sus proporciones en lugar de por sus medidas reales; así, un objeto medirá el doble que otro, por ejemplo, o bien 2,5 cubos o unidades de longitud. Hay muchas formas de construir el cubo:

1. Construir un cubo y fotografiarlo desde todos los puntos de vista imaginables. Se dividen las caras en cuatro cuadrados menores, se añaden las diagonales.
2. Se usa una retícula de perspectiva de las que se venden en las papelerías.
3. Usar un cubo generado por ordenador.
4. Construirlo en parte a ojo y en parte con una plantilla de elipses.
5. Construirlo según el sistema tradicional de dibujo en perspectiva.

Respecto al tipo de perspectiva más utilizada por los diseñadores cabe decir que es la perspectiva cónica la más utilizada. Un dibujo en perspectiva cónica es un dibujo tridimensional que presenta un objeto tal y como el ojo humano lo ve desde un punto determinado. En la perspectiva cónica, las líneas paralelas son convergentes y, si se prolongan, se montarán en un punto llamado punto de fuga. Sin embargo, realizar un dibujo en cónica sin la ayuda de instrumentos auxiliares, requiere mucho tiempo, razón por la que raras veces se lleva a cabo en el dibujo técnico industrial y se acude a la representación de perspectivas axonométricas. El diseñador, ha de poder realizar estas perspectivas de forma rápida. Cuando se requiere precisión existen varios instrumentos que ayudan a tal fin.<sup>266</sup> Simpson 1990<sup>267</sup> se referirá a las cualidades necesarias del ilustrador con respecto al uso de la perspectiva, pudiéndose observar la similitud con parte del trabajo del diseñador.

<sup>265</sup> Powell, Dick: op. cit., p. 28.

<sup>266</sup> *Tablero Andersen*: es un instrumento de ayuda mecánica ampliamente utilizado en la ilustración en perspectiva cónica. Existen dos tipos: el de dos puntos y el de tres puntos. Los dibujos realizados con ayuda del tablero Andersen pueden efectuarse rápidamente y con exactitud casi fotográfica. Las escalas adecuadas y los ejes ya vienen determinados.

*Retículas realizadas por la industria*: varias compañías industriales diseñaron sus propios reticulados para dibujar en perspectiva, los cuales no son muy exactos, dando sólo medidas aproximadas. Estos reticulados se limitan a la vista específica de un objeto y en ellos no se pueden indicar escalas exactas.

*Retícula Andersen*: la retícula Andersen para perspectiva cónica de tres puntos se emplea de forma análoga al tablero. Contiene tres escalas de medida igual que el tablero, así como una retícula de líneas que convergen en puntos de fuga. Las líneas de la retícula funcionan de la misma manera que la escuadra en T del tablero.

*Tablero Klok*: es un valioso auxiliar que permite ahorrar mucho tiempo. En el la escuadra en T especial y las escalas del tablero permiten eliminar mucho del engorroso trabajo necesario.

<sup>267</sup> Simpson, Ian: op. cit., p. 126.

Para él se encontrará en primer lugar, la auto-disciplina; a continuación, la capacidad de observar, comprender y registrar un objeto y su entorno con la intención tanto de recuperar la información como de dibujarlo después con precisión. Inmediatamente después está la necesidad de interpretar fácilmente un dibujo ortográfico y convertirlo en una imagen tridimensional. Sin un profundo conocimiento y comprensión de la teoría de la perspectiva y sus aplicaciones, el ilustrador tendría dificultades para realizar ilustraciones tridimensionales convincentes. El conocimiento de la perspectiva y de los métodos de proyección le permiten interpretar el material de referencia con mayor precisión, además de permitirle adaptar una ilustración a ojo y así, en algunos casos, ahorrar mucho tiempo que siempre conviene reservar para la ilustración definitiva.



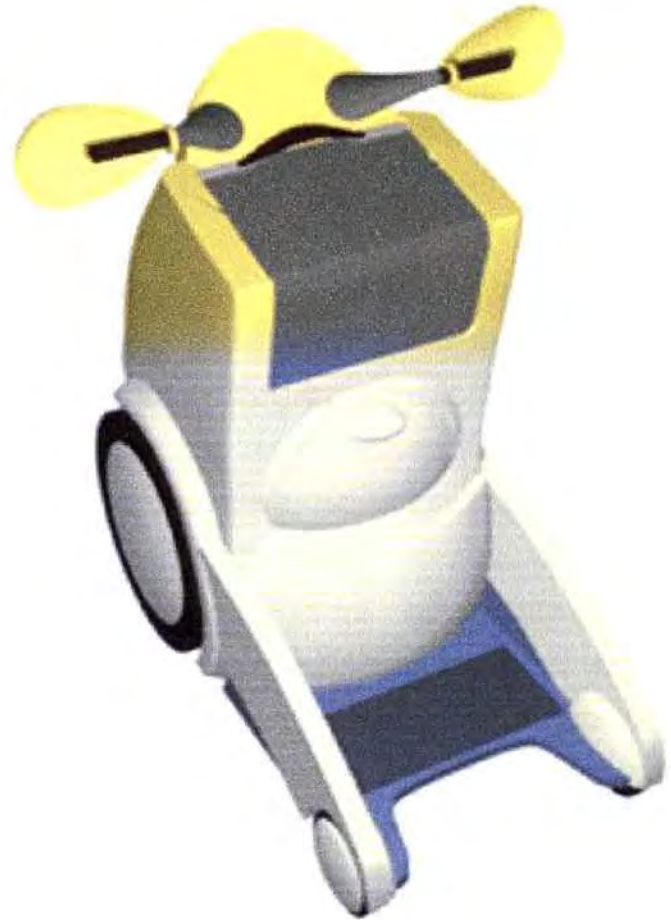


Imagen 184, 185

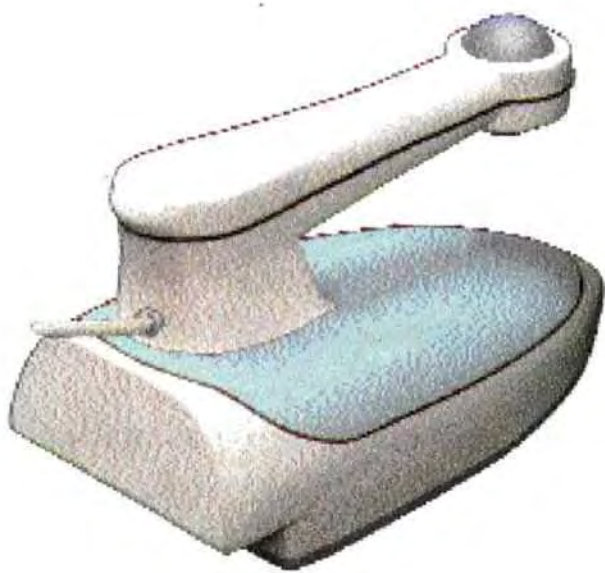


Imagen 186, 187

## MONTAJE DE LAS IMAGENES

### LA COMPOSICION DE PANELES

Organizar la imagen o las imágenes en la superficie del papel de modo que formen un conjunto equilibrado y armonioso es el aspecto más importante de la presentación.<sup>268</sup>

Por composición se entiende la organización total, incluyendo la figura y el fondo, de cualquier diseño. Todas las formas individuales y las partes de las formas tienen no sólo configuración y tamaño, sino posición en él. Pero es ya evidente que la composición significa también organización estructural y que ésta constituye el fundamento de las relaciones visuales.<sup>269</sup>

El esquema diseñado debe poseer la cualidad de entidad orgánica, completa y autocontenida. Tal entidad es lo que G. Scott<sup>270</sup> denomina composición.

Para Terence Dalley<sup>271</sup>, el término composición aplicado a la pintura y el dibujo, significa en realidad el diseño de la obra. En este caso se refiere a la composición de imágenes sobre un soporte con el fin de poder mostrar con claridad la mayor parte de los aspectos de los que se compone el diseño. Estos soportes servirán de gran ayuda a la exposición. Actualmente estos soportes suelen realizarse con el ordenador y luego son impresos en plotters o impresoras. Con los programas actuales la composición se realiza de forma inmediata (coger y soltar), viendo directamente el resultado, con la posibilidad de alterarlos inmediatamente si no nos acaba de agradar.

### Distribución de las imágenes

Montar un dibujo acabado en una base de cartón ayuda a la percepción del mismo. El cliente tiende a considerar los dibujos montados más definitivos que los sueltos. El cartón es más fácil de manipular y enseñar durante la presentación al cliente.

En la actualidad, una composición adecuada, unida a ideas acertadas, son cualidades fundamentales para una buena exposición. El cine (incluida la animación) y la fotografía, además, han proporcionado referencias e ideas con respecto a la composición y distribución sobre todo de la página ilustrada.

Así como para A. Loonis(1951)<sup>272</sup>, las características de un buen dibujo son: proporción, encuadre (composición en función de la línea), perspectiva, planos (luz, medios tonos, sombra) y ordenación o composición tonal (composición y ordenación en áreas tonales), las de unos paneles de ayuda a la presentación serían

<sup>268</sup> Powell, Dick: op. cit.

<sup>269</sup> Gillam Scott, Robert: op. cit., p. 19.

<sup>270</sup> Ibidem, pp.31-32.

<sup>271</sup> Dalley, Terence: *Ilustración y diseño*, Herman Blume Ediciones, 1992, Madrid, p. 28.

<sup>272</sup> Loonis Andrew: *Dibujo de éxito*. Buenos Aires, Editorial Librería Hachete, S.A., 1960.



el valor de atracción, la proporción de los dibujos y textos, la claridad de entendimiento del mensaje y la ordenación de las imágenes.

Maier<sup>273</sup>, en el curso de diseño que impartió en Basilea comenta refiriéndose a los aspectos gráficos:

*“Se analizan y resuelven los problemas de composición y las relaciones recíprocas entre magnitud, división y profundidad del espacio, primer plano, fondo, suposiciones, mayor o menor perspectiva superior, cuántos y cuáles objetos y en qué entorno o agotamiento, y las relaciones recíprocas entre contrastes tales como claro-oscuro, grande-pequeño, lineal-plano y los elementos formales horizontal-vertical-diagonal”.*

El primer problema al que se enfrenta el diseñador a la hora de componer los paneles es decidir entre varias disposiciones alternativas según el tamaño de los caracteres del texto que se introducirá y las imágenes de presentación. La consideración siguiente será la configuración que ofrezcan las letras y las imágenes. Recordar que al principio se crean composiciones esquemáticas para explorar la idea que se tiene en mente. Al principio se deberá insinuar tan solo un equilibrio de los tonos que aparecen en el diseño. Es el equilibrio entre dos elementos, tipografía y render.<sup>274</sup>

La manera en que se divide en áreas la imagen es una cuestión importante porque dependiendo de las proporciones se provocará un impacto u otro sobre el ojo. Es decir, el primer impacto. El estudio de las proporciones ha tenido un interés ininterrumpido durante la historia, en particular en el Renacimiento y el siglo XVII se usaron sistemas geométricos para establecer las divisiones armónicas del área de la pintura e incluso para determinar las proporciones del área de la pintura en sí misma. (Sausmarez)<sup>275</sup>.

Son muchos los que relacionan la teoría de las proporciones con las matemáticas<sup>276</sup>, por ejemplo, Panofsky<sup>277</sup>, quien entiende que una teoría de las proporciones es:

*“Un sistema que establece relaciones matemáticas entre los distintos miembros de un ser viviente, en particular de los seres humanos, en la medida en que estos seres se consideran como objetos de una representación artística”.*

Sobre esta relación de las proporciones con las matemáticas, escribirá.<sup>278</sup>

<sup>273</sup> Maier, Manfred : *Procesos elementales de proyectación y configuración*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A.. 1982, p. 11. vol.2.

<sup>274</sup> Swann, Alan : op. cit., p. 46.

<sup>275</sup> Sausmarez, Maurice: *Diseño Básico*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A. 1995

<sup>276</sup> Pacioli, Luca: *La divina proporción*. Madrid. Ediciones Akal, S.A. 1991, p. 38. Luca Pacioli indicará como disciplinas matemáticas: la aritmética, la geometría, la astronomía y la música.

<sup>277</sup> Panofsky, Erwin: *El significado en las Artes Visuales*. Madrid. Alianza Editorial, S.A. 1993, p. 78.

<sup>278</sup> *Ibíd.*, pp. 78-79.

“Las relaciones matemáticas podían expresarse por la división de un todo, o bien por la multiplicación de una unidad; el intento de determinar tales relaciones podía guiarse por un deseo de belleza, o por un interés por la norma, o en fin, por la necesidad de fijar un convencionalismo; y sobre todo, las proporciones podían estudiarse en función del objeto de la representación, o en relación a la representación del objeto”.

En Grecia, los pitagóricos relacionaban la teoría de las proporciones con la música. Como comentará Lino Cabezas<sup>279</sup> en el curso de doctorado, el sistema musical griego (la cuarta, la media, la octava), está en relación con unas proporciones numéricas. Ritmo, Armonía, etc.; existe un lenguaje estético que se comparte con la música. La idea de la belleza se encontrará íntimamente relacionada con la proporción.

Además de las proporciones que utilizaban números simples 3:2, 4:5, 5:8 y producían rectángulos estáticos, había proporciones que introducían números irracionales y producían rectangulares dinámicos  $\sqrt{2}$ ,  $\sqrt{3}$ ,  $\sqrt{15}$ , que permitían un tratamiento mucho más variado en la división de áreas interrelacionadas.

Una proporción conocida como la sección áurea<sup>280</sup> fue muy utilizada por los griegos y los artistas del renacimiento y se convirtió en un canon establecido de proporción en las últimas academias. Su característica particular radica en el hecho de que produce un número de áreas internamente relacionadas; su carácter es tal que la proporción entre la mayor y la menor cantidad mensurable es igual a la proporción entre la suma de las 2 y la mayor.<sup>281</sup>

Se dice que un segmento está dividido en sección áurea, cuando está dividido en dos partes, de modo que una de ellas (sección áurea) es la media proporcional entre todo el segmento y la parte restante (Fabris, Germani).<sup>282</sup>

En ocasiones el diseñador ha de buscar el lugar del panel donde colocar una imagen determinada o un texto. En ocasiones se recurre a este tipo de proporción.

Otro aspecto a tener en cuenta es el de la atracción y valor de atención provocado por la disposición de las imágenes. Toda percepción implica movimiento. El problema consiste más bien en organizar los movimientos perceptivos de modo que creen un circuito cerrado y autosuficiente. Los elementos horizontales se perciben como si tendieran a una condición estática. Los verticales son estables, pero están cargados de movimiento potencial. Al igual que

<sup>279</sup> Cabezas, Lino: Curso doctorado 1994-96. Facultad de Bellas Artes. Barcelona.

<sup>280</sup> Sección áurea: Proporción llamada sección áurea, dada por la relación de los lados de un rectángulo y que vale 1,618 o su inverso, es decir 0.618.

Quarante, Danielle: *Diseño Industrial I*. Ediciones CEAC S.A. Enciclopedia del diseño. Barcelona 1992, p. 117.

<sup>281</sup> Es decir, en una línea dividida de esta forma la longitud total dividida por la parte mayor es igual a la parte mayor dividida por la menor.

Fabris, Germani: *Fundamentos del proyecto gráfico*. Barcelona. Ediciones Don Bosco, p.41

<sup>282</sup> *Ibidem*. p.107



el ser humano, ellos deben mantener el equilibrio o caer. Las diagonales, ya sea en la superficie o moviéndose en profundidad, desarrollan la mayor actividad, como ya se indicó en el capítulo tercero de la primera parte.

*“El ojo, como la mano a tientas escudriña la página, y los mensajes o sugerencias que ofrece, los usa la mente interrogante para ir concentrando nuestras incertidumbres. Todo elemento de información que llegue por los sentidos, puede usarse así para responder a otra pregunta, eliminando otra duda”. (Gombrich 1963)<sup>283</sup>*

La condición dinámica del cerebro y del sistema nervioso se convierte en una parte subjetiva del campo visual y hace responder al campo objetivo como si éste contuviera fuerzas dinámicas. Se sienten como diferentes valores de atracción y distintos grados de interés o valor de atención.<sup>284</sup>

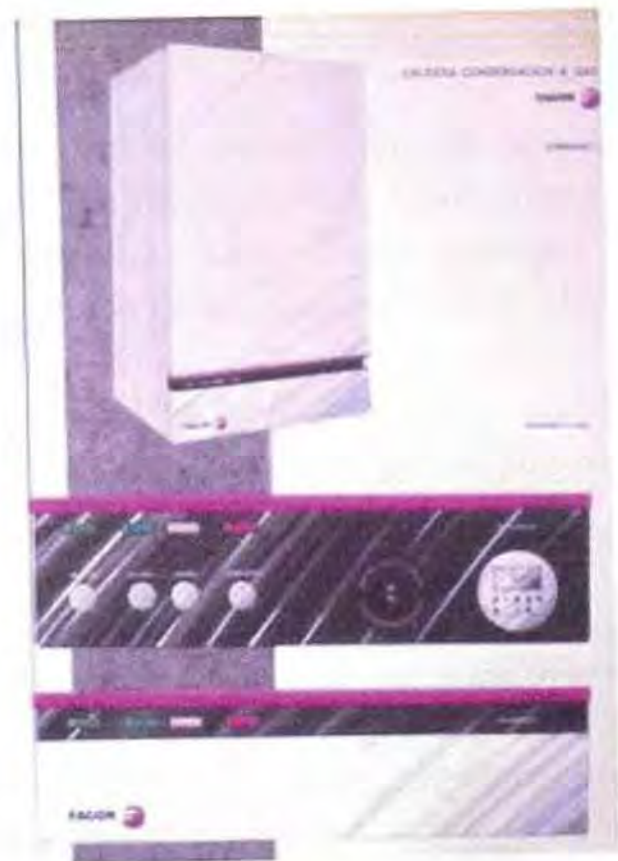


Imagen 188, 189

<sup>283</sup> Gombrich, Ernst H.: *Meditaciones sobre un caballo de juguete*. Barcelona. Editorial Seix Barral, S.A. 1967, p. 199

<sup>284</sup> Bernal, Jesús ; Martínez, Arturo : *Diseño Artístico*. Madrid, Editorial SM, 1986, p. 18.

### **Color en las imágenes**

En el uso del color en la presentación de conceptos de diseño se ha de tener presente la importancia de ser decidido y dar más color de lo que en un principio parezca. Es igualmente importante atraer la atención del receptor del mensaje. Para que un diseño realice su función correctamente, primero deberá captar la atención. El color resulta especialmente adecuado para conseguirlo. Para Susan Berry<sup>285</sup> el color, analizado desde el punto de vista gráfico, tiene cuatro funciones principales:

- Atraer la atención.
- Mantener la atención.
- Transmitir información.
- Hacer que la información se recuerde.

Aunque el ojo humano pueda abarcar un área amplia, la parte del campo de visión que está en el foco en un momento dado es sorprendentemente pequeña, apenas el tamaño de una moneda grande sostenida con el brazo estirado. La experiencia normal de verlo todo siempre enfocado es una ilusión creada por la movilidad del ojo, que rota hacia nuevas posiciones en un promedio de cuatro o cinco veces por segundo. A pesar de que se aprecia el color más o menos directamente en todo el campo de visión, sólo un área limitada en el centro de la mirada puede leer claramente una palabra o un símbolo formal.

El resultado es que cuando se examina un dibujo, normalmente lo primero que capta la vista es el color, seguido de las formas; después, cualquier símbolo formal, marca, logotipo, etc. El color, solo o combinado, se puede leer inmediatamente y desde una distancia mayor que cualquier forma, palabra o dibujo.

Respecto al color a aplicar en los dibujos de presentación Austen<sup>286</sup> recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Plasmar el propio color del objeto, es decir, hacer una propuesta de color que se aproxime lo más cerca al producto final.
- Tener en cuenta el color de la superficie sobre la que descansa el objeto.
- Prestar atención a la ubicación e intensidad de las fuentes luminosas.
- Recordar la reflectancia del objeto.
- Realizar la textura de la superficie del objeto.
- Tener presente el color y tono del entorno.

---

<sup>285</sup> Berry, Susan : *Diseño y color*, Barcelona, Editorial Blume. 1994, pp. 6-11.

<sup>286</sup> Austen, Benedict: *Techniques of sketching*. London. Editorial The Design Council, 1986.



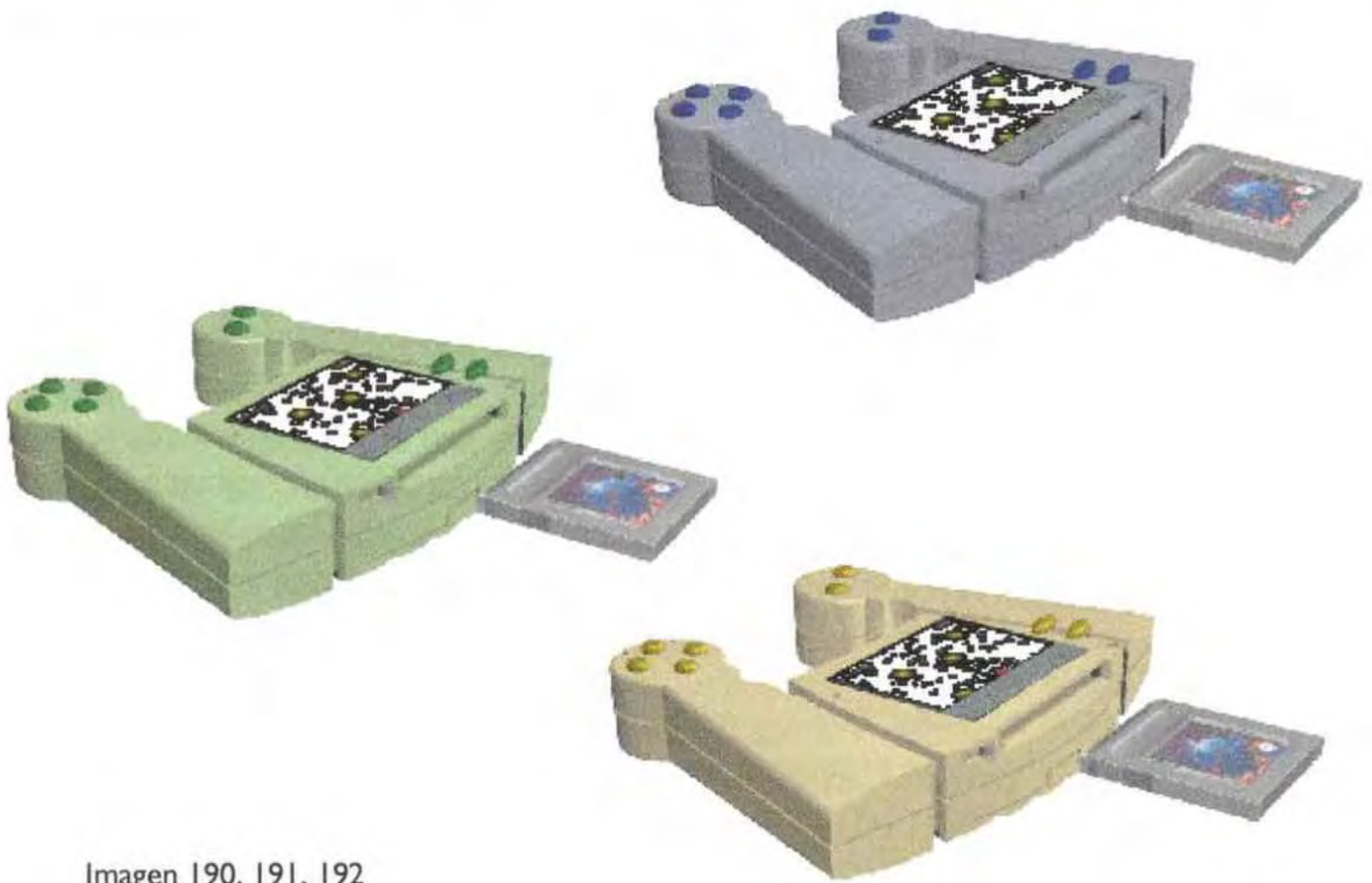


Imagen 190, 191, 192



Imagen 193, 194, 195

### Inclusión de textos

La utilización de texto realizado a mano alzada es una opción utilizada por los diseñadores pero genera el problema de una falta de acabado del trabajo. El rotulado a mano<sup>287</sup> es otra opción, menos frecuente en el diseñador industrial. Muy poco utilizado en la presentación de trabajos debido al coste de tiempo de su realización. Queda su elaboración en manos de diseñadores gráficos.

Una opción muy utilizada es la inclusión de textos transferibles. Los textos y títulos transferibles son una de las principales ayudas para la presentación de trabajos usada por los estudios de diseño de todo el mundo. Ofrecen al diseñador la oportunidad de manejar títulos con la calidad de la composición tipográfica, son relativamente económicos, aunque tampoco puede decirse que sean baratos, y abarcan una sorprendente variedad de familias y tamaños de tipos en diversos colores<sup>288</sup>.

Las plantilla transferible en seco, que permite pintar el interior de la letra, es de especial utilidad para trabajos de presentación. Una vez pintada la letra se levanta el perfil y el resultado es perfecto. Otros productos transferibles de gran ayuda en el diseño son textos instantáneos, símbolos técnicos, esquinas, orlas, filetes y líneas de puntos. Actualmente la mayor parte de los estudios de diseño utilizan el ordenador a la hora de confeccionar texto, con la ventaja de poder elegir entre decenas de tipografías. La introducción de textos se realiza de forma sencilla con la posibilidad inmediata de poder cambiar la tipografía, el tamaño o el color de la letra.

Un aspecto al que el diseñador deberá prestar gran importancia es al de la legibilidad del texto que incluya. En tipografía, por ejemplo, la legibilidad depende de prestar atención no sólo a las letras, sino también a los espacios en blanco que existen entre éstas y a su alrededor. Ello implica realizar una cuidadosa selección del tipo de letras, tamaño y color, y tener en cuenta la textura general de un área del texto a fin de no hacerlo excesivamente difícil de leer. Cuando se estudia la legibilidad de la letra colocada sobre un panel o dibujo de presentación, los contrastes de luz sobre oscuridad suelen ser más importantes que los de la identidad del color o tono y del colorido o saturación. En opinión de S. Berry<sup>289</sup> el texto se lee con mucha más rapidez y facilidad cuando hay una marcada diferencia de tono, más que de tonalidad y saturación, entre las letras y su fondo. Una combinación de color estridente puede parecer, en principio, más atrayente que

---

<sup>287</sup> El rotulado a mano, o creación de formas de letra, es un arte casi olvidado para algunos. Pero esta opinión carece de sentido si se tiene en cuenta la demanda constante de logotipos y rótulos imaginativos, sobre todo porque muchos de ellos no pueden realizarse por medios mecánicos, dado que no están incluidos en la gama de estilos de tipos disponibles. El rotulado es básicamente un arte especializado que el diseñador confía a un profesional experimentado, una vez ha realizado el boceto del tipo o estilo de rótulo que necesita. Encargar un rótulo a mano siempre resulta caro, pero puede ser esencial para la presentación de muchos diseños.

Mulherin, Jenny: op. cit., pp. 20-23

<sup>288</sup> Los principales fabricantes de tipos transferibles como Letraset o Mecanorma, producen la gama más popular e interesante de rótulos instantáneos: alrededor de 500 familias de tipos en unos 25 tamaños diferentes, además de diversos estilos de caracteres griegos, cirílicos, árabes y hebreos, así como números romanos y no romanos.

<sup>289</sup> Berry, Susan : op. cit., p. 7



otra más suave, pero existe el peligro de que el que mira se canse con mucha mayor rapidez.

En principio resulta lógico asumir que la combinación de color con el mayor contraste y viveza es lo más visible. Esto no tiene que ser necesariamente así. La combinación de colores de gran contraste, como el amarillo y el violeta, el rojo y el azul, el verde y el púrpura, puede hacer que un color elimine al otro ópticamente y que incluso llegue a molestar en lugar de atraer. Como norma general, el fuerte contraste de colores claros sobre fondo muy oscuro en un diseño de bordes bien diferenciados tiene unas características más atrayentes y su tipografía es más legible. A la luz del día, la apreciación del color es más sensible a la luz amarilla. Esta es la razón por la que el amarillo aparece como el color más claro y brillante del arco iris. La combinación de amarillo y negro es la que se ve más; no es por casualidad que los insectos con aguijón hayan adoptado estos colores para ahuyentar a sus depredadores. Otras combinaciones fácilmente elegibles, por orden de mayor a menor impacto, son las letras blancas sobre un fondo azul, blanco sobre verde, negro sobre naranja, negro sobre amarillo, negro sobre blanco, blanco sobre rojo, rojo sobre amarillo, verde sobre blanco y letras de color rojo oscuro sobre un fondo verde pálido.

Cuando la viveza del color es la responsable de la rápida fatiga visual por lo general se considera una desventaja. En su opinión un diseño que presente fuertes diferencias de tono se leerá mejor y atraerá mucho antes que aquél cuyas diferencias tonales sean más suaves.

En la utilización de texto con letras pequeñas la mayor legibilidad corresponde a texto oscuro sobre fondo claro:

*“Una solución conocida cuando se utilizan letras pequeñas es colocar letras de color oscuro contra un fondo claro, neutro o metálico. Para bloques de textos, la combinación más legible es negro sobre blanco, después negro sobre amarillo, amarillo sobre negro, verde sobre blanco y rojo sobre blanco. Alternativamente, las combinaciones menos preferibles son rojo sobre azul, naranja sobre azul, amarillo sobre naranja y verde sobre naranja, ya que su similitud de tono normalmente da la impresión de deslumbrar”.*<sup>290</sup>

Respecto al uso de mayúsculas o minúsculas se recomienda el uso de las primeras para títulos eligiéndose las tipografías del tipo palo por su mejor percepción.

Otro aspecto ha tener en cuenta es el uso de etiquetas. Todo trabajo para la presentación ha de ir debidamente etiquetado. Se dan dos razones para ello, la primera es la posibilidad de que compita con los trabajos de otros diseñadores y la

<sup>290</sup> *Ibidem*, p. 8. Cuando se limitan a líneas finas, los colores también pueden cambiar su identidad. En la distancia, el amarillo tiende a parecer blanco; el naranja parece rojo; el verde, azul y el azul parece negro. Si se colocan letras rojas con un fondo verde o azul, tiene lugar una confusión óptica en la que los colores se elimina la identidad unos a otros y aparecen grises o neutralizados. El texto en sí mismo sale del enfoque, igual que sucede cuando se imprimen letras amarillas en un fondo blanco o letras azules en un fondo negro.

segunda que una vez transcurrido cierto tiempo puede ser interesante que la empresa recuerde el nombre de quien realizó aquel trabajo. Estas etiquetas pueden ser atractivas, a la par que funcionales, y muchos diseñadores consideran que vale la pena imprimir en ellas el logotipo del estudio de diseño en el tamaño y color más adecuado. Cada etiqueta suele incluir el nombre de la empresa de diseño, el nombre del cliente, el nombre o descripción del proyecto y el tipo de pieza que se presenta.<sup>291</sup>

Si se hace referencia a los dibujos en un informe, tendrían que ser numerados. El nombre del diseñador o el de la firma para la que trabaja deberían de figurar siempre en todos los dibujos, porque nunca se sabe quien va a fijarse en ellos.<sup>292</sup>

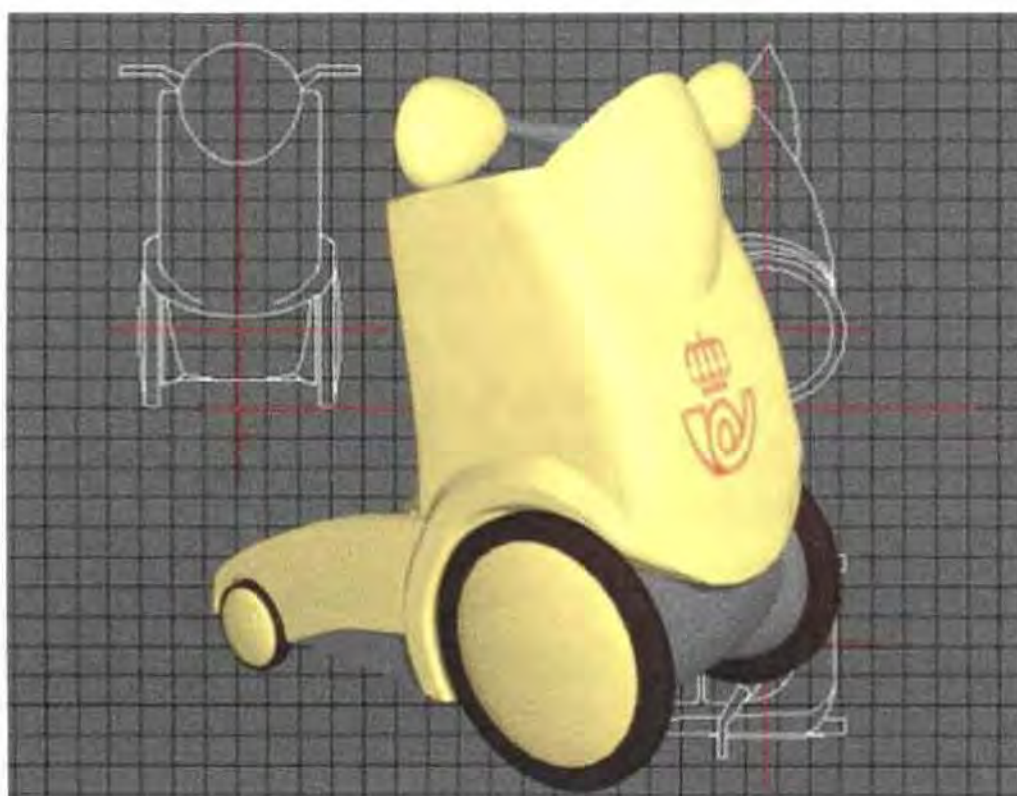


Imagen 196

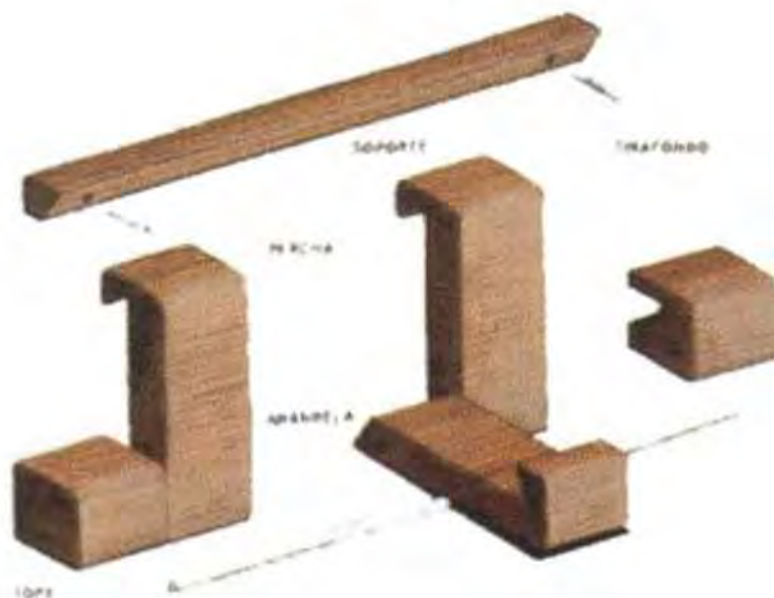


Imagen 197

<sup>291</sup> Mulherin, Jenny: op. cit., pp 115-116

<sup>292</sup> Powell, Dick: op. cit., p. 150



## El soporte

Cuando se presentan a los clientes los layouts o paneles, dibujos originales, etc., hay la posibilidad de fijar los trabajos sobre un cartón de montaje o sobre planchas Kapa-line (cartón-pluma). Cuando se presentan varias ideas o conceptos entorno a un mismo tema o varias opciones para un mismo producto, se hace aconsejable mantener la coherencia. Powell<sup>293</sup> recomienda, siempre que sea posible, elegir y mantener un formato único, normalmente de la serie DIN A, siendo los más utilizados los DIN A2 y DIN A3. Aconseja también respetar la disposición horizontal o vertical.

Un soporte muy utilizado es el denominado cartón celular o pluma, muy ligero y rígido y revestido por ambos lados de papel suave y blando. Este material es muy fácil de cortar, se le puede conferir cualquier forma y también se emplea en modelismo. Es importante cortar bien el panel, para lo cual conviene cortar todas las capas al mismo tiempo. A menos que se utilice cartón celular (que se corta con un cuchilla o bisturí) será necesario disponer de un instrumento de corte adecuado, como una cortadora o una guillotina, si bien también puede usarse un cuchillo stanley y un regla de metal cuando no se tiene otra cosa a mano. Hay instrumentos de corte especiales que producen cortes rectos o biselados.

La elección y el color del papel se basan en consideraciones estéticas y es preciso pensar dónde se van a incluir las anotaciones, si la hubiere, si bien enmarcar o componer una imagen sencilla no presenta grandes dificultades, enmarcar imágenes múltiples sobre cartón es un problema de diseño más complicado, sobre todo cuando las imágenes presentan diferentes formas y tamaños.<sup>294</sup>

A menos que se definan con meticulosidad las relaciones espaciales y la composición de los elementos de diseño, el resultado será pobre y poco profesional.

<sup>293</sup> *Ibidem*, p. 150 y p. 27

Dick Powell señala que en su oficina han decidido normalizar las presentaciones en tamaños DIN-A (con excepción hecha de las reproducciones a tamaño natural de objetos grandes). El tamaño elegido dependerá, en parte, del que tenga el producto. El dibujo deberá tener unas dimensiones tan próximas al objeto real como sea posible, pero siempre sin dominar la hoja. De todas maneras comenta que este tratamiento es poco práctico para cualquier objeto mayor que una máquina de escribir, en esos casos propone reducir el dibujo todo lo necesario para que no haya confusión posible en cuanto a la escala.

<sup>294</sup> Los enmarcadores disponen de un amplio surtido de papel para montar dibujos o imágenes, y sin duda conseguirán un acabado altamente profesional, aunque esto tiene su precio. Sin embargo montar las propias imágenes no es difícil y sin duda es mucho más barato. El método más sencillo consiste en usar un marco de papel grueso de colores o cartón para enmarcar. Se trata de un cartón grueso revestido por ambos lados con un papel suave, que se fabrica principalmente en negro, blanco o gris, ya que éstos son los colores que mejor realzan las imágenes. Lo primero que hay que recordar a la hora de enmarcar una imagen es que un original situado en el centro del marco parece estar en posición inferior a la que realmente ocupa.

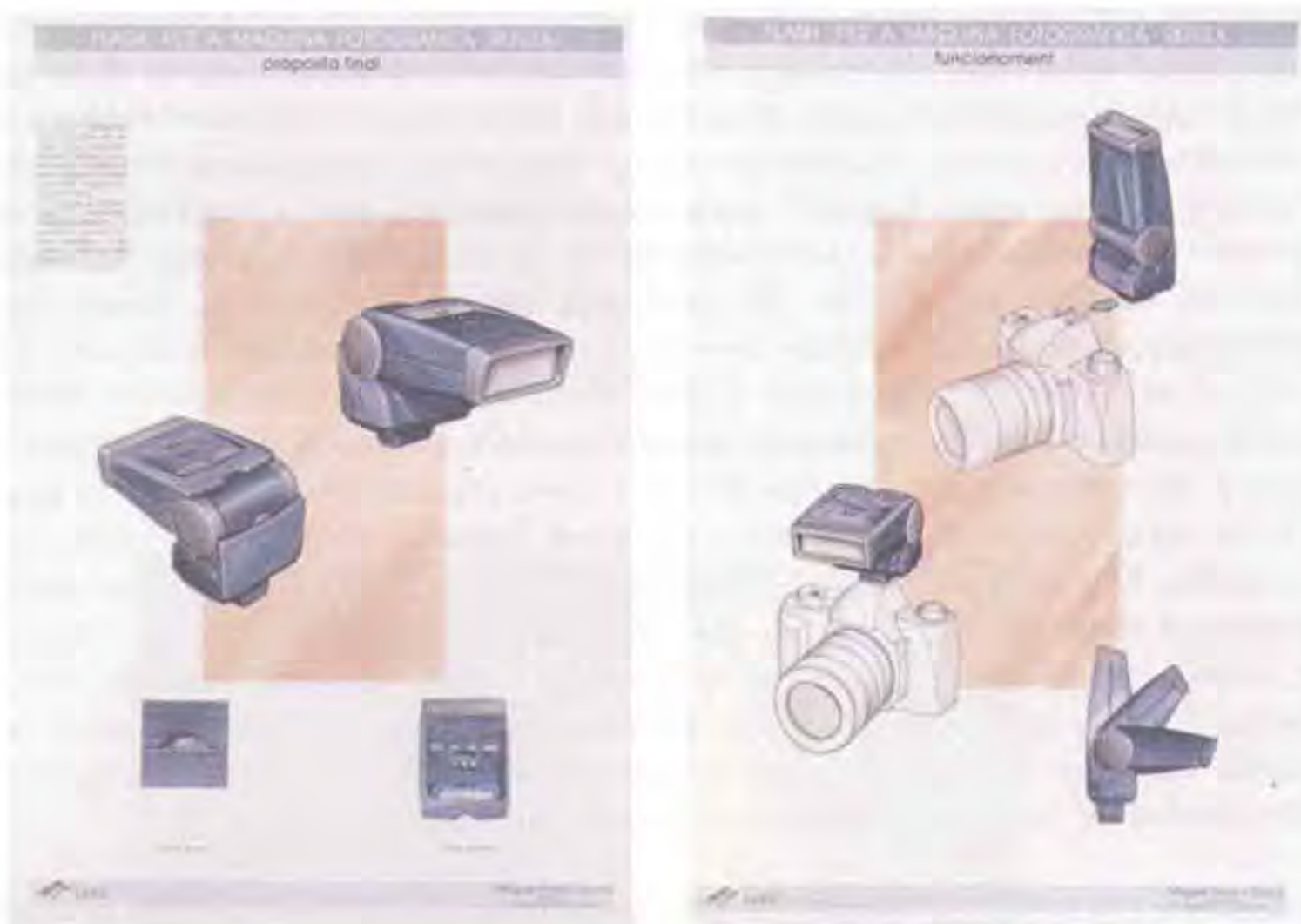


Imagen 189, 190

### El adhesivo

La fijación puede efectuarse con adhesivo de rociado, que puede servir tanto para uniones permanentes como para las que se separan de nuevo. Los trabajos montados de este modo tienen la ventaja de ofrecer siempre un aspecto liso y arreglado, y para su apreciación pueden dejarse verticales sin tener que buscar algún lugar de la pared donde colocarlos.<sup>295</sup>

El adhesivo más utilizado para pegar las imágenes es el que viene en aerosol, ya que es fácil de usar, sobre todo cuando se trabaja con imágenes de forma irregular. Pero las partículas de pegamento se inhalan fácilmente, y cuando se utiliza este tipo de adhesivo con regularidad conviene usar una máscara especial que impida el paso de estas partículas a los pulmones. En lugar de este adhesivo, pueden emplearse otros a base de caucho y cera, productos ambos que, al igual que el pegamento en spray permiten despegar el trabajo.<sup>296</sup>

<sup>295</sup> Günter, Hugo Magnus: op. cit., p. 273.

<sup>296</sup> Mulherin, Jenny: op. cit., p. 115



## AMBIENTACION DE LAS IMÁGENES

La presentación de una imagen es tan importante como la propia imagen, ya que el tipo de marco, cartón o papel que se utiliza, así como la superficie protectora, pueden realzar o estropear el trabajo. Lo importante será comunicar de forma correcta aquello que se pretende, pero esta comunicación puede ser realizada con más o menos gracia. Suele decirse que un buen concepto mal presentado puede quedar en el olvido. En ocasiones presentar los objetos con una sombra en la superficie sobre la cual se posan ofrece al receptor del mensaje una mayor comprensión del objeto que se presenta y favorece su lectura. El hecho de colocar objetos de tamaño conocido al costado de la propuesta que se presenta ayuda en el mismo sentido, es decir, clarifica el mensaje, en este caso por ejemplo el receptor no tiene que hacer un gran esfuerzo para imaginarse el tamaño de aquello que se le presenta. Para ello el diseñador tiene en cuenta la ambientación de sus imágenes en la presentación de los conceptos.

Con la incorporación de los ordenadores en los estudios de diseño, los diseñadores pueden probar multitud de variantes en un tiempo relativamente corto. Los objetos podrán colocarse sobre multitud de fondos, se pueden crear diversos escenarios e incluso existe la posibilidad de colocar el objeto en su lugar de utilización.

### Creación de fondos

La luz que reflejan los objetos llega a la retina con una trama de diferentes cualidades y cantidades. Dicha trama inicia la respuesta nerviosa correspondiente, que el cerebro registra como esquema de energía. Para G. Scott<sup>297</sup> esta energía constituye la base de la percepción. Posee forma porque el contraste crea una estructura en el esquema. Las partes de baja energía o contraste débil se funden y constituyen lo que los psicólogos llaman fondo. El contraste figura-fondo se hace continuamente necesario para poder ver las formas.

Un dibujo solo, por ejemplo, puede resultar poco atractivo a menos que se coloque sobre un fondo que realce su diseño. Una forma sencilla (una línea o un bloque de color) dispuesta tras la imagen separa ésta del papel, y además suaviza el choque entre el contorno irregular del objeto representado y el regular del soporte. Se intenta realzar el contraste entre el objeto y el fondo. Respecto a la importancia del contraste y a la utilización de fondos Powell<sup>298</sup> escribe:

<sup>297</sup> Gillam Scott, Robert: op. cit., p. 15 Las partes de energía más alta y mayor contraste se organizan en lo que se denomina figura. Esta última constituye el interés central, pero el fondo es igualmente importante porque ambos elementos son necesarios para la percepción de la forma.

El fondo es más grande que la figura y, por lo común, más simple. La figura se percibe habitualmente en la parte superior o delante del fondo. El fondo puede percibirse como una superficie o como un espacio. Pensamos naturalmente en la forma de la figura. Las áreas de fondo también tienen forma, si bien se trata de la forma negativa del espacio no ocupado. Tanto la forma positiva como la negativa tienen importancia en el diseño

<sup>298</sup> Powell, Dick: op. cit.

*“El contenido de los diseños y los diseños mismos no serán bien entendidos a no ser que aparezcan en contraste con un fondo de diferente tonalidad”.*<sup>299</sup>

En la colocación de fondos en dibujos de presentación de alternativas Powell<sup>300</sup> considera se ha de procurar siempre sea el mismo para evitar distinciones y sean elegidas algunas opciones por su mayor o menor agrado en la ambientación. Una vez elegido el formato, hay que decidir si va a montarse el dibujo sobre algún fondo especial. En muchas ocasiones los diseñadores prefieren presentar el dibujo en un papel blanco, aunque casi siempre mejora mucho la imagen si se asienta en el papel en el que se ha dibujado. Un fondo digno siempre ayuda a la composición. También se suele respetar la disposición horizontal o vertical. Cuando la presentación incluye muchas imágenes diversas, el fondo puede actuar como nexo de unión entre todas. Como recursos para crear fondos pueden establecerse tres tipos:

**Marco de la imagen:**

No es más que una línea dibujada por el interior del contorno del papel. Actúa como un marco, mantiene la vista y sujeta el dibujo. Es otra forma de dar unidad. El análisis metódico de los breves movimientos que realiza el ojo cuando examina una imagen, revela que la vista se dirige primero al perímetro, y luego pasa a concentrarse en el detalle. Por tanto, el marco actúa arreglando el contorno de la imagen y centrando la atención sobre ella. Por la misma razón, si una presentación se hace sobre una hoja en blanco, la vista no tiene más remedio que recorrer la línea caprichosa del contorno.

**Superficies:**

Realizadas con diferentes materiales: pastel, rotulador, papel, ordenador, etc. Será importante que este fondo no distraiga el mensaje, y este debe ser la imagen o imágenes del objeto diseñado.



Imagen 200

<sup>299</sup> Da Vinci, Leonardo: Cuaderno de Notas. (Tr. española de José Luis Velaz. Madrid. M. E. Editores, S.L. 1993, p. 30).

<sup>300</sup> Powell, Dick: op. cit.



### Aprovechamiento de ilustraciones ajenas:

Pueden aprovecharse fotografías relacionadas con el tema del diseño. Un buen fondo contribuye decisivamente al dinamismo de un producto. Facilita al observador la comprensión del objeto al situarlo en un contexto que ilustra el medio en el que debe funcionar. En ocasiones este fondo suele tamizarse con un papel vegetal; con el uso de ordenadores se procedería a bajar la intensidad o saturación del color o colocándolo en tonos grises con el fin de no restar importancia a lo que verdaderamente se quiere mostrar, y esto es la propuesta de diseño.



Imagen 201



Imagen 202

Otra forma de aprovechamiento de ilustraciones ajenas son el collage y el frotage.<sup>301</sup>

El collage puede resultar interesante al añadir interés a un dibujo o a un réndering o dibujo de conformación general. La forma más sencilla consiste en pegar recortes de papel sobre colores uniformes o texturas instantáneas. Si la imagen pictórica es sencilla, los recortes de papel de colores o cualquier otro material pueden crear la imagen completa. El collage es especialmente adecuado cuando el diseñador se propone representar en su trabajo los efectos tangibles de determinada textura, como la rugosidad del lienzo o la suavidad de una hoja de metal, o cuando se desea aprovechar la espontaneidad del collage para causar una sensación de frescura y vitalidad. En diseño industrial el collage no es muy utilizado por los diseñadores.

El frotage se encuentra más extendido. Con fotografías de revistas y periódicos también se consiguen buenos resultados en algunos diseños. Por ejemplo, el diseño de una nueva máquina cortacésped o del mobiliario de jardín se podría superponer una hoja de revista que ilustre un jardín. También es posible usar una fotografía en un diseño preliminar para dar una idea de cuál será el efecto final sin correr con el riesgo que implica la producción de una imagen final. Se puede utilizar trozos de ilustraciones de revistas. Para ello se humedece la ilustración con un disolvente.

<sup>301</sup> Mulherin, Jenny: op. cit.



Cuando la tinta se diluye se frota sobre el papel colocado debajo. El papel no debe estar demasiado mojado y no todos los productos de impresión se pueden frotar igualmente bien.<sup>302</sup> Como se indicó anteriormente, con el uso de programas informáticos de retoques de imágenes se pueden conseguir los mismos efectos.



Imagen 203, 204

### Tratamiento de la superficie

Muchas veces es mejor apoyar el objeto en una superficie que dejarlo flotando en el vacío. Para ello se puede dibujar una superficie (dibujar el reflejo, por ejemplo, la cafetera) o, simplemente, proyectar una sombra bajo el objeto representado.

#### Reflejo:

Al crear el diseñador un reflejo sobre la superficie en la cual descansa el objeto consigue dar al diseño una sensación bastante acrecentada de calidad. Los objetos así presentados ofrecen unos aspectos de pulcritud, y de buena realización.



Imagen 205



Imagen 206

<sup>302</sup> Daucher, Hans: *Modos de dibujar 6*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A, 1987, pp. 79-89





Imagen 207

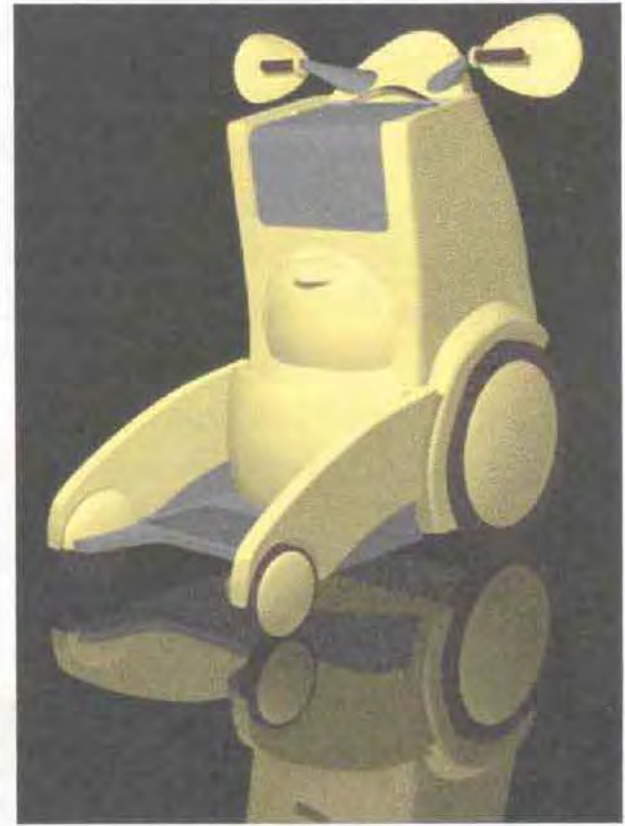


Imagen 208

**Sombra:**

El fondo, al empujar la imagen hacia delante o al prestarle una base sobre la que descansar, proporciona al dibujo una sensación muy acusada de tridimensionalidad. Además de esta sensación interesante se sugiere la idea de posición del objeto, es decir, para un diseño de un producto que no fuera ubicado sobre una superficie, ésta sería una mala utilización



Imagen 209



Imagen 210



### Elementos del entorno

La utilización de imágenes de apoyo se hace necesaria en el caso de objetos en donde uno de los parámetros importantes de diseño sea el tamaño. Si el receptor del mensaje tiene que preguntar sobre las dimensiones del objeto querrá decir que el mensaje no se envió adecuadamente. Van Dyke<sup>303</sup> señala como aspectos importantes en la utilización de imágenes de apoyo estos dos:

- Da un sentido de escala a los dibujos; una referencia de tamaño.
- Proporciona definición adicional a los usos y propósitos del diseño.

El producto puede presentarse en un contexto realista y detallado. Frecuentemente basta con sugerir los elementos del entorno más sencillos de construir.

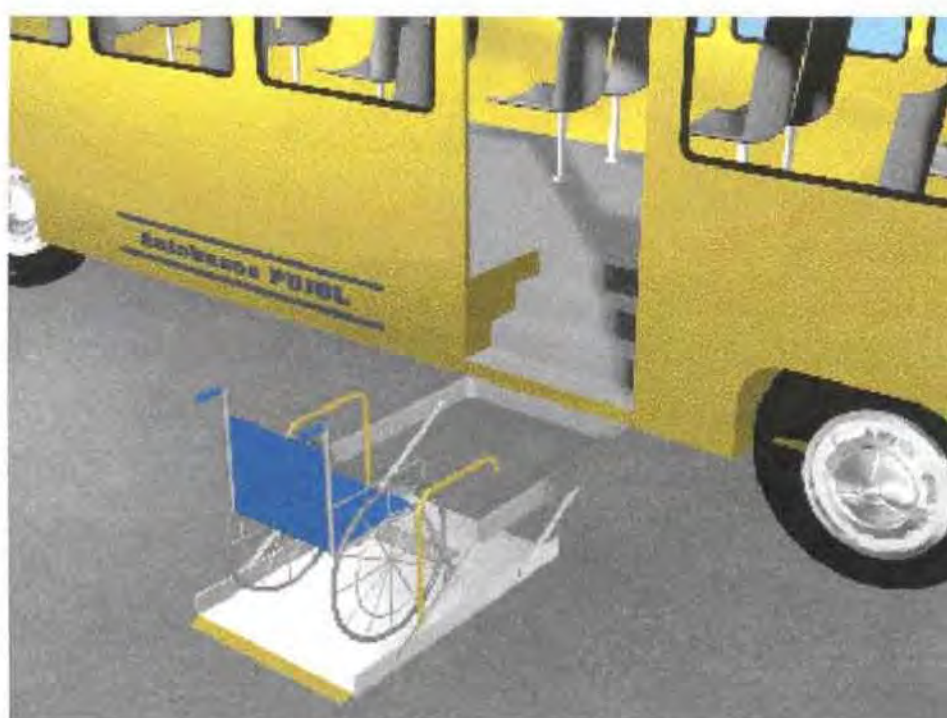


Imagen 211



Imagen 212

<sup>303</sup> Van Dyke, Scott : op. cit., p. 116.



## LA PROTECCIÓN DE LAS IMAGENES

La mayoría de los trabajos para la presentación deben soportar una manipulación considerable, y si no se ha cubierto el original con algún material plástico, será preciso protegerlo de algún otro modo. Los dibujos de presentación pueden montarse sobre cartón, cubrir con una hoja protectora y enmarcar o no, para luego guardarse en carpetas o carteras o sellarse de varias maneras. Para ello existen ciertas técnicas convencionales y un buen número de productos que facilitan mucho la tarea.

### El fijado

Los trabajos realizados a lápiz o pastel (medios inmensamente populares en otro tiempo, hoy superados por los rotuladores) necesitan ser fijados para evitar el emborronamiento. Lo mejor en este caso son los fijadores en aerosol que se aplican uniforme y cuidadosamente sobre los dibujos, cubriéndolos de un polvillo muy fino. Una aplicación excesiva saturaría en exceso la ilustración, ensuciando los colores y oscureciendo el tono. La mayoría de los diseñadores tiene en el estudio un fijador corriente que resulta muy práctico para proteger tanto imágenes como materiales transferibles de la suciedad, la grasa y el deterioro.

### Recubrimientos exteriores

La hoja de papel:

La protección más simple para un original es una hoja de papel, blanco o de color, pegada con cola o cinta adhesiva al dorso del cartón y doblada sobre éste; pero cuando el trabajo va a ser muy manipulado deben considerarse otros sistemas para su protección.

La plastificación:

Es una de las mejores opciones para proteger un original. Este proceso, que realizará una casa especializada a precio razonable, consiste en encerrar el trabajo entre dos láminas de plástico flexible y transparente. El reverso del original puede usarse, llegado el caso, para mostrar texto o imágenes complementarias. Si el trabajo va a cubrirse tan sólo por uno de sus lados, no debe emplearse cartón grueso que la máquina de plastificar no aceptaría, sino un papel blanco o de color bastante fino. Una vez sellado, el trabajo queda protegido contra el aire y el polvo y no parece que a luz ultravioleta le afecte de manera negativa. Un original plastificado pueden limpiarse, ofrece un aspecto pulcro y profesional para la presentación y permite realizar anotaciones provisionales sobre la superficie (con lápices de cera). Pero la plastificación sólo es adecuada para presentaciones finales, ya que una vez plastificado el original no puede volver a tocarse.

Película transparente adhesiva:

Otra posibilidad para proteger un trabajo es la de utilizar una película transparente adhesiva. La película de vinilo suave y transparente, con escaso poder adhesivo, constituye una cubierta provisional excelente para trabajos que habrán de ser corregidos o modificados después de la presentación. Se corta a la medida y se coloca sobre el original, pero se despega fácilmente de él sin estropear su

superficie. La película de bajo poder adhesivo tiende a apagar los colores de la imagen, pero éste es un inconveniente que bien puede autorizarse cuando se trata de primeras presentaciones. La película transparente adhesiva imita el efecto del plastificado y, si bien ofrece una buena protección contra la grasas y el desgaste en general, es más o menos permanente y resulta muy difícil de despegarla sin estropear el original.

**El acetato:**

Otra cubierta protectora reposicionable es el *acetato* que se adhiere ligeramente sobre la superficie del original. Conviene escoger una lámina bastante gruesa, y no un rollo, cortada a la medida del original. El inconveniente del acetato es que se desgasta fácilmente, por lo que este tipo de protección no resultará muy duradero. Sin embargo, el acetato presenta la ventaja (sobre la película autoadhesiva) de que es completamente transparente y da profundidad a los colores. Además, su aspecto es de gran profesionalidad y puede retirarse con facilidad cuando es preciso realizar alguna corrección en el trabajo.

**El termosellado:**

Es otro procedimiento que se puede utilizar para proteger un original de manera definitiva. Se trata de un proceso similar al de plastificado, en cuanto que consiste en aplicar una película plástica a la superficie de un original, lo que se consigue mediante la presión y el calor que proporciona la prensa de montaje en seco. El termosellado no es adecuado para determinadas tintas de impresión, fotocopias o cualquier otro tipo de dibujo al que le afecte el calor. Los rotuladores también se alteran en ocasiones con este proceso; así pues, hay que probarlo antes de decidir su utilización.

### **Las carpetas de presentación**

Los establecimientos de material artístico ofrecen un amplio surtido de carpetas convencionales, y la mayor parte de los diseñadores tiene, por lo menos, una de estas carpetas. Para trabajos de presentación, pueden elegirse tres tipos de carpetas:

1. Las carpetas más adecuadas son las rígidas, de cuero o cuero sintético, con unas anillas en las que introducen las hojas de plástico que protegen los originales. Este tipo de carpetas suele tener una cremallera que las rodea por completo y permite que queden perfectamente planas para mostrar el trabajo.
2. Otras variantes más sofisticadas son las carpetas para presentación verticales que, además de abrirse como las anteriores, pueden ponerse de pie, como un caballete (lo que resulta muy práctico para presentaciones en grupo).
3. Existe un amplio surtido de archivadores, carpetas y libros, en diferentes colores y materiales, como las tradicionales carpetas de cartón con cordones. Esta últimas son un modelo fácil de construir a medida para una presentación en particular, por supuesto empleando los mismos colores del papel o el cartón utilizado en el montaje de las imágenes.

Las carpetas plegables son especialmente útiles cuando el diseñador debe dejar parte del material al cliente.<sup>304</sup>

<sup>304</sup> Mulherin, Jenny: op. cit., pp. 120-124



## AYUDAS VISUALES A LA EXPOSICIÓN

No basta con tener ideas imaginativas y originales, es imprescindible presentarlas con la mayor claridad y precisión que sea posible. (Vitrac y Gaté, 1993)<sup>305</sup>.

Las ayudas visuales a la exposición se emplean para mostrar claramente el concepto del diseño desarrollado o para explicar y explorar los procesos prácticos y creativos por los que ha pasado el trabajo. Con frecuencia ambos elementos se combinan. El objetivo es “comunicar” al cliente el análisis que el diseñador ha hecho del problema de diseño y explorar los procesos creativos empleados para su resolución.

Esta exposición del *concepto del diseño* no sólo induce al cliente a meditar sobre la idea, sino que fomenta la confianza entre el cliente y el diseñador en cuanto a que uno y otro están de acuerdo y van por el buen camino. El tipo de apoyo visual que escoja es cuestión de gustos personales, pero hay que tener en cuenta que no hay dos presentaciones iguales.

Mulherin recomienda que cada presentación debe adaptarse a un cliente determinado o a un producto determinado. Así pues, el diseñador ha de estar preparado para variar el estilo de la presentación y, en consecuencia, sus ayudas visuales. El diseñador debe estar dispuesto a adoptar una actitud flexible durante la presentación.

Otro factor que se debe considerar con atención es qué apoyo visual será el más adecuado para la presentación.

Muchos clientes son incapaces de definir claramente lo que desean, aunque sí sepan cuáles son sus gustos. En tal caso, en la primera presentación debe ofrecerse una selección de bocetos destinados a calibrar la respuesta del cliente ante determinados estilos. Ayudar al cliente a aclarar sus ideas es el primer paso hacia una relación laboral satisfactoria.

Durante las fases iniciales del trabajo el diseñador realiza bocetos. Con frecuencia esto implica la experimentación con diferentes ideas para el diseño antes de elegir una definitiva, que acto seguido se convierte en un borrador a mostrar al cliente. Cuando éste desea seguir muy de cerca la evolución del trabajo, estos borradores son el tema de conversaciones informales con el diseñador, el cual explica al cliente cómo y por qué ha llegado a tomar tal decisión

Mulherin(1987)<sup>306</sup> indica que no vale la pena realizar trabajos muy elaborados en esta fase, que incluso puede resultar contraproducente, porque el cliente podría entender que se está abordando la tarea desde una perspectiva muy rígida. Es conveniente anotar todos los comentarios del cliente y modificar el diseño en consonancia.

<sup>305</sup> Vitrac, Jean Pierre y Gaté, Jean Charles: 1993. *La estrategia de Producto y Diseño*. Barcelona, Ediciones Gestión 2000, S.A. 1994, p. 176.

<sup>306</sup> Mulherin, Jenny: *Ibidem*, pp.7-12.

Si por alguna razón se tuvieran que rechazar algunas de sus sugerencias, recomienda decirlo y estar preparados para ofrecer nuestra propia opinión con los bocetos adecuados, si fuera necesarios dibujar allí mismo.

Algunos de los diseños más brillantes se han dibujado apresuradamente un cualquier soporte, en el transcurso de un conversación. Estos dibujos pueden usarse en una presentación siempre que transmitan nuestras ideas mejor que los bocetos a gran escala, pero antes conviene asegurarse de que el cliente aceptará esta forma de presentación inicial.

Con frecuencia, estos dibujos se emplean para desarrollar las ideas y limitar el número de diseños del diseñador antes de realizar los primeros bocetos para la presentación. Sin embargo, este sistema es muy útil para tomar notas o para ampliar las ideas sobre la marcha mientras se discute con el cliente.

El diseñador, además de cierta habilidad, necesita confianza para realizar con éxito cualquier presentación. Es importante que los puntos se expongan de manera clara y convincente. En el plano material, el diseñador debe estar seguro de que su equipo (pantallas, proyectores o tableros, por ejemplo) está colocado en un lugar correcto respecto del público, y debe comprobar antes de la presentación que los aparatos eléctricos o mecánicos no sólo funcionan correctamente, sino que son compatibles con la instalación eléctrica del cliente.

La comunicación visual es en algunos casos un medio imprescindible para pasar informaciones de un emisor a un receptor, pero la condición esencial para su funcionamiento es la exactitud de las informaciones, la objetividad de las señales, la codificación unitaria, la ausencia de falsas interpretaciones. Todas estas condiciones se pueden alcanzar solamente si las dos partes que participan en la comunicación tienen un conocimiento instrumental del fenómeno.

Toda información tiene su soporte óptimo, incluso cuando puede ser transmitida por medio de varios soportes.<sup>307</sup> Si la imagen utilizada para un mensaje determinado no es objetiva, tiene muchas menos posibilidades de comunicación visual: es preciso que la imagen utilizada sea legible por y para todos y de la misma manera, ya que en otro caso no hay comunicación visual, sino confusión visual. Munari<sup>308</sup>

---

<sup>307</sup> Munari, Bruno: *Diseño y comunicación visual*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A. 1973, p.73

<sup>308</sup> *Ibídem* p. 19.

Este libro se basa en un conjunto de 50 lecciones sobre Comunicación Visual que dio en el Carpenter Center for the Visual Arts de Cambridge, Massachussets, en 1967 por encargo de la Harvard University.



## PIZARRAS

Dentro de este apartado cabe destacar las pizarras clásicas sobre las que se trabaja con tizas y las denominadas blancas. Pueden denominarse pizarras blancas a los blocs de papel situados sobre caballetes o a las pizarras de material plástico. Los blocs de papel se han ido sustituyendo por las pizarras plásticas.<sup>309</sup> Las pizarras, de un material plástico, pueden ser de diferentes tamaños. Las más pequeñas se colocan en un caballete o en estantes, mientras que las más grandes suelen colgarse en la pared en la sala de conferencias.

Los rotuladores de base acuosa, que se borran con facilidad, son ideales para escribir sobre la superficie ligeramente brillante de estas pizarras, y resultan muy directos e informales al exponer las ideas ante otros miembros de la empresa o ante los clientes.

También pueden hacerse bosquejos a mano alzada y bocetos preliminares en colaboración con otros colegas. Este mismo enfoque informal puede emplearse en una presentación al cliente para ayudar a éste a pensar en el diseño. Sin embargo, y a pesar de que semejante proceso producirá una sensación de proximidad, la presentación al cliente debería prepararse de antemano.

Para dibujar los sencillos diagramas e ilustraciones que se presentan en esta fase, el diseñador no requiere una habilidad artística especial, pero sí debe tener un estilo fluido y saber utilizar la línea y el color, del mismo modo que su caligrafía debe ser relajada y legible.

Muchos diseñadores utilizan las pizarras blancas como alternativa a los papeles, preparando las ideas con anterioridad y exponiéndolas en serie sobre la pizarra. Se trata de un enfoque sencillo en el que las ideas se presentan de manera ordenada pero informal y sin demasiados ornamentos. En realidad es como un gran cuaderno de notas o de dibujo en el que el diseñador y sus colegas elaboran las ideas de manera informal; también puede ser muy eficaz para una presentación individual al cliente o para otras presentaciones en grupo más preparadas.

Por otra parte, teniendo en cuenta la facilidad con que se borra, es posible desarrollar *in situ* determinadas ideas sobre el diseño.

<sup>309</sup>Quizás la influencia hacia los aspectos ecológicos y con ello el menor consumo de papel hallan influido en ello, aunque se pueda discutir sobre el supuesto valor ecológico de estas pizarras plásticas. Los precios de estas pizarras oscilan entre las 3500 ptas que cuesta un pizarra laminada de 400 x 600 mm hasta las 74000 ptas de una pizarra vitrificada de 1200 x 4000 mm. Fuente: lista de precios de la empresa COMENSA. Sant Feliu de Llobregat Tel. 93 666 43 01 Fax. 93 685 42 96.

## **PANELES O GRAFICOS SOBRE PAPEL**

Es el sistema tradicional de presentar el concepto del diseño ante el cliente. Los gráficos pueden consistir, sencillamente, en una serie de cartones o tableros que se sujetan con la mano o se colocan en un expositor; también pueden ir encuadrados en espiral, o bien en pliegos de papel sueltos que se van mostrando en su momento a lo largo de la presentación.

Dado que no es posible borrar sobre la marcha, conviene dejar un espacio considerable en torno a las palabras, diagramas o ilustraciones para incluir otras notas o bocetos alternativos.

Al igual que en las pizarras, lo mejor es emplear letras mayúsculas que se realizan de manera más fácil y rápida, en gran tamaño.

Una de sus principales ventajas es que es posible añadir a la presentación bocetos preliminares o trabajos más elaborados. De hecho, la belleza de este sistema de presentación reside en que no se limita a exponer y desarrollar su enfoque del problema de diseño, sino que además muestra el diseño mismo.

## **RETROPROYECCION**

En condiciones de mucha intensidad de luz se llega a ver de forma aceptable. Los retroproyectores aceptan imágenes sobre acetato o película. Las transparencias se colocan sobre el cuerpo del retroproyector, que lleva un cristal en su parte superior, y la imagen es proyectada sobre una pantalla vertical.

Los retroproyectores son aparatos compactos, existen modelos portátiles que ofrecen imágenes definidas y claras a partir de transparencias bien hechas. Se da una amplia variedad de materiales para la retroproyección que facilitan enormemente la presentación mediante este sistema. Entre ellos se incluyen los transferibles, números, símbolos gráficos, formas geométricas y pictogramas; la película transparente autoadhesiva en un amplio surtido de colores y texturas, para crear zonas de color o tono; hojas impresas con cuadros para planos y cuadrículas y ejes para gráficos, diagramas y mapas.

Por otra parte, algunos programas de ordenador son capaces de ofrecer diagramas y mapas de apariencia profesional que pueden pasarse a un película de retroproyección mediante una impresora. Existen también pantallas de cristal líquido que colocadas sobre el proyector ofrecen imágenes obtenidas directamente de un ordenador o un vídeo.<sup>310</sup>

En general es demasiado formal para una presentación corriente en la que suelen estar pocas personas. Este sistema es útil cuando se trata de un trabajo complejo y de envergadura, se deben explicar procedimientos técnicos, estrategias de

<sup>310</sup> El precio de los retroproyectores oscila entre las 40000 ptas del modelo 4405 de 3M y las 280000 ptas del 9850 de la misma casa. Para las pantallas de cristal líquido, el modelo 6050 VGA de 3M cuesta 215000 ptas y el más alto de la gama 960000 con la referencia 6750 XGA de la misma casa. Fuente: lista de precios de la empresa COMENSA. Sant Feliu de Llobregat Tel. 93 666 43 01 Fax. 93 685 42 96.



mercado, etc. Otro de sus inconvenientes es que, a diferencia de la pizarras blancas y la presentación en hojas de papel, la retroproyección no permite incluir primeros bocetos del trabajo.

## **DIAPPOSITIVAS**

Ésta es una de la técnicas de presentación favoritas de los diseñadores, pues es económica y son muchas sus posibilidades. El diseñador emplea básicamente diapositivas de 35 mm, en color, para acompañar al cliente en su análisis paso a paso del concepto del diseño, utilizando a veces ejemplos de proyectos similares, imágenes con texto, en las que se indican los objetivos básicos de la idea del diseño y, llegado el caso, el diseño propuesto.

El atractivo de este tipo de presentación reside en su adaptabilidad. Por ejemplo, se emplea para mostrar al cliente la carpeta con todos los trabajos realizados sobre el diseño, o para narrar a un posible cliente la historia de un buen proyector de diseño, desde las instrucciones escritas, pasando por el concepto del diseño, primeros bocetos y bocetos más elaborados, hasta el producto final.

El proyector de carrusel es práctico, compacto y portátil, aunque cuenta con un peso importante. Una vez cargado puede establecerse de antemano incluso el intervalo de tiempo entre cada diapositiva, con el fin de hacer hincapié en determinadas imágenes clave, con lo que el diseñador se limita sólo a comentar la presentación. Muchos diseñadores utilizan hoy día diapositivas de 35 mm como archivo o material de referencia de todo su trabajo de diseño, y ahí guardan su proyectos desde la fase de presentación hasta el trabajo final.

Entre los problemas de este tipo de presentación destacan: los generados por la elevada intensidad de luz de algunas estancias que no tienen la posibilidad de disminuirla; los carruseles y los de tira son los dos tipos de soportes lo que obliga al diseñador a elegir por uno de ellos y casi con seguridad a llevar su propio proyector; el ruido generado por la ventilación que en una presentación un poco larga se hace molesto; los aparatos son pesados; la necesidad de disponer de una pantalla; el problema general si no se lleva el aparato de diapositivas es que no haya proyector; conviene llevar igualmente una lámpara de repuesto.

## **VIDEO Y ANIMACIÓN**

El vídeo no es un medio adecuado para aclarar el concepto del diseño o para trabajar sobre determinadas ideas, porque todo está pregrabado y, una vez sobre la cinta, es inalterable. No obstante, se trata de un recurso muy valioso para recoger y mostrar información básica que es importante para el trabajo.

La animación puede usarse, por supuesto, para dar vida a la presentación de un proyecto de diseño. Al trabajar sobre una maqueta o un original plano, la cámara de vídeo puede simular el efecto del movimiento en el objeto y alrededor del mismo, lo que crea la ilusión de que las personas y los objetos están en movimiento, cuando en realidad se trata de una imagen estática. Los diseñadores

emplean ayudas audiovisuales sobre todo para presentar diferentes ideas sobre un mismo diseño.<sup>311</sup>

Con los actuales medios informáticos y la cada vez mayor utilización por parte de los diseñadores de éstos, surgen nuevas formas de animación, es decir, aquellas generadas por medio del ordenador.

La posibilidad de tener el modelo dentro del ordenador y poderlo mover en tiempo real, ofrece al diseñador la posibilidad de señalar más claramente las características de su diseño. Por medio de un videoprojector conectado a un ordenador, se podrán ofrecer presentaciones que de otro modo serían imposibles de conseguir.

Actualmente los precios de los videoprojectores siguen siendo caros pero la tendencia es que baje, incluso se habla de sustituir las pantallas tradicionales de ordenador y televisores por estos videoprojectores.<sup>312</sup>

### **LA PRESENTACION INFORMATIZADA**

Hasta ahora se ha hablado de las ayudas tradicionales visuales a la presentación. Con la ayuda que ofrecen los medios informáticos las presentaciones a los clientes por parte de los diseñadores están dando un cambio rotundo. Incluso se están presentando trabajos sin la presencia real del diseñador. Esto hace que los estudios de diseño estén incorporando cada día con más auge estas ayudas que ofrece la informática.

El papel que habitualmente representaba el dibujo como lenguaje intermedio, a mitad de camino entre la lengua y el diseño, está ahora en manos de sistemas audiovisuales que cada vez integran más recursos de comunicación.

A parte de imitar la producción de dibujos tradicionales a línea, se están viendo afectadas ya las posibilidades gráficas y comunicativas de los ordenadores en el modo de presentar los proyectos. Sus efectos más llamativos son la imagen fotorrealista, la visualización interactiva, la animación, los sistemas multimedia y el Rápido Prototyping.<sup>313</sup>

El diseñador cuenta con tres tipos posibles de imagen, las primeras serían las imágenes estáticas, éstas son las que más se aproximan a lo que anteriormente se vio dentro del apartado de ayudas visuales. La ayuda puede ser la que más se aproxime al funcionamiento de los aparatos de diapositivas y a los paneles o

---

<sup>311</sup> Mulherin, Jenny: op. cit., pp. 134-135

<sup>312</sup> En el precio de los videoprojectores incide el volumen de éstos, el peso, y la cantidad de luz. Por ejemplo eligiendo un modelo estándar de 600 lúmenes, la casa 3M ofrece el modelo MP-8625, con un peso de 4,9 kg a un precio de 925000ptas. La casa Philips ofrece el modelo Hopper SV10 con un peso de 4,5 kg a un precio de 850000 ptas, y la casa Sony el modelo VPL-X600E de 5,8 kg a un precio de 1200000 ptas. Fuente: lista de precios de la empresa COMENSA. Sant Feliu de Llobregat Tel. 93 666 43 01 Fax. 93 685 42 96.

<sup>313</sup> Sainz y Valderrama: op. cit., p. 113



representaciones gráficas. Para ello existen programas específicos en donde el diseñador puede crear las imágenes, puede retocarlas, puede generar éstas y posteriormente componerlas. Simplemente el diseñador irá pasando imagen tras imagen o composición tras composición al igual que lo haría con un medio tradicional.

Otro tipo de imágenes que se pueden presentar son las denominadas semi-estáticas, es decir, imágenes fijas que incluyen movimiento de los textos. Igualmente quedarían enclavados dentro de este apartado las posibles soluciones a aplicar entre transición de imágenes. En este caso se puede dictar el tiempo de exposición de cada imagen, al igual que en un proyector de diapositivas, y además indicar cuándo debe aparecer el texto, donde y a qué velocidad. Otra posibilidad es la introducción de sonido.

El tercer tipo de imágenes a presentar son las imágenes en movimiento. Estas son las más importantes, debido a la mejor comprensión que ofrecen al poder visionar todos los ángulos del objeto.

Algo parecido sucede con el vídeo pero con la diferencia de que en este caso se puede actuar sobre la imagen, incluso además, es verdad, con un poco de trabajo, cambiar y modificar el movimiento deseado. Se pueden ofrecer igualmente recorridos por el objeto, simulados, es decir, sin haber realizado todavía un prototipo.

Otro tipo de imágenes que se pueden presentar son las denominadas semi-estáticas, es decir, imágenes fijas que incluyen movimiento de los textos. Igualmente quedarían enclavados dentro de este apartado las posibles soluciones a aplicar entre transición de imágenes. En este caso se puede dictar el tiempo de exposición de cada imagen, al igual que en un proyector de diapositivas, y además indicar cuándo debe aparecer el texto, donde y a qué velocidad.

Otra posibilidad es la introducción de sonido. Para realizar esto el diseñador ha de contar con unos medios. Partiendo de estos medios tiene diferentes posibilidades de presentación. La primera consistiría en llevar toda la información en un soporte informático del tipo diskette, zip, etc. haría servir los ordenadores de la empresa y sobre uno de estos ordenadores o pantalla de televisión enchufada al ordenador haría una presentación personal. El problema reside en la limitada capacidad de almacenamiento de los soportes informáticos y en la dudosa imagen dada al utilizar ordenadores propios de la empresa.

Otra posibilidad es la de llevar el diseñador su propio ordenador, pudiendo ser éste un ordenador tipo maletín. Dentro de este ordenador puede haber toda la presentación pudiendo como en el caso anterior realizarla enchufando el ordenador a un monitor de televisión grande o incluso llevando el propio diseñador un cañón de vídeo.

Actualmente pueden encontrarse en el mercado aparatos ligeros que trabajan muy bien en condiciones de alta iluminación, siendo el problema habitual el coste de estos aparatos.

Por último cabe una tercera posibilidad y es la no presencia del diseñador en la presentación, presencia relativa. Un modo consistiría en enviar los datos vía Internet y la propia empresa los recibiría en sus ordenadores. Este es un tipo de presentación válido en las primeras fases pero tiene el inconveniente de la nula intervención de opiniones.

Discutir o intercambiar impresiones, son aspectos fundamentales en una presentación para el buen logro del objetivo, y éste sería un buen diseño. Ante esto le queda al diseñador un último caso y es el de enviar los datos vía Internet y comunicarse por medio de vídeo conferencia.

Cuando las distancias son grandes parece darse aquí un evidente avance. Es cierto, que en muchas ocasiones la presencia real de diseñador y el intercambio de opiniones delante de un lápiz y un papel se hace fundamental.



# INDICE BIBLIOGRAFICO

---

## PARTE 3

- Adams, Lee *Programación avanzada de gráficos interactivos*  
Madrid, Ediciones Anaya Multimedia, 1991
- Arbonies, Angel Luis *Nuevos enfoques en la innovación de productos para la empresa industrial*  
Bilbao, Departamento Foral de Promoción y Desarrollo Económico. Diputación Foral de Bizkaia, 1990
- Arends, Mark *Product rendering with markers*  
New York, Editorial Van Nostrand Reinhold, 1985
- Austen, Benedict *Techniques of sketching*  
London, Editorial The Desing Council, 1986
- Bernal, Jesus  
Martinez, Arturo *Diseño Artístico (nº 3 Bachillerato)*  
Madrid, Editorial SM, 1986
- Berry, Susan *Diseño y color*  
Barcelona, Editorial Hermann Blume, 1994
- Bürdek, Bernhard E. *Diseño: historia, teoría y práctica del diseño industrial*  
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1994
- Cabezas, Lino *Curso doctorado 1994-96*  
Facultad de Bellas Artes. Barcelona
- Casey Larijani, L. *Realidad Virtual*  
Madrid, Mc. Graw-Hill, 1994
- Chevalier, A. *Dibujo Industrial*  
México, Editorial Noriega, 1992
- Corbellá, David *Elementos de normalización*  
Madrid, Corbellá, 1970
- Cousin, Jean *Livre de perspective*  
Paris, Edición facsímil, 1974
- Da Vinci, Leonardo *Cuaderno de Notas*  
Madrid, M.E. Editores, S.L., 1993
- Da Vinci, Leonardo *Tratado de Pintura*  
Madrid, Ediciones Akal, S.A., 1993
- Dalley, Terence *Ilustración y diseño*  
Madrid, Herman Blume Ediciones, 1992



- Daucher, Hans *Modos de Dibujar*  
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1987
- Daucher, Hans *Conceptos fundamentales en la Historia del Arte*  
Madrid, Editorial Espasa-Calpe, S.A., 1985
- De fleur, M.L  
Ball-Rokearch, S *Teorías de la comunicación de masas*  
Barcelona, Ediciones Paidós, 1982
- De Noblet, Jocelyn *Desing, le geste et le compas*  
Paris, Editions France-Loisirs, 1988
- Departamento de Diseño y  
Fabricación.,Universidad  
de Zaragoza *Representación de entornos virtuales 3D en tiempo real.*  
Universidad de Sevilla. Actas del X Congreso  
Internacional de Ingeniería Gráfica, Málaga, 1998
- Doncel Monje, Miguel A. *El futuro será virtual*  
Experimenta-Infoma nº15
- Dyke Van, Scott *De la línea al diseño*  
México, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1984
- Fabris, S  
Germani, R *Fundamentos del proyecto gráfico*  
Barcelona, Ediciones Don Bosco
- Félez, Jesús  
Martínez, María Luisa *Dibujo Industrial*  
Madrid, Editorial Síntesis, 1996
- Figuroa Cruces, Edison *vml@activamente.com.mx*  
Octubre, 1998
- French, Thomas  
Svensen, Carl *Dibujo Técnico*  
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1975
- Gillam Scott, Robert *Fundamentos del diseño*  
México, Editorial Limusa, S.A. 1991
- Gombrich, Ernest H. *Meditaciones sobre un caballo de juguete o las raíces de la  
forma artística*  
Barcelona, Editorial Seix Barra, S.A, 1967
- Günter,Hugo Magnus *Manual Para dibujantes e ilustradores*  
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1992
- Hernández Matías, Juan Carlos *Estereolitografía, producción rápida de prototipos CAD*  
Revista de CAD nº 10, 1991
- Herrera, Carlos  
y otros <http://hobbes.fie.utp.ac.pa/FIE/JTE/IX/rvantec.htm>
- Hinzmann, Broch *The personal Factory*  
MCB University Press. 1995.



- Immer, Christian  
*El gran libro del 3D studio, versión 4*  
Barcelona, Marcombo Editoriales, 1995
- Jackson, Albert  
Day, David  
*Manual de Modelismo*  
Madrid, Editorial Hermann Blume, 1990
- Kostof, Spiro  
*El arquitecto. Historia de una profesión*  
Madrid, Editorial Cátedra, 1984
- Laseau, Paul  
*La expresión gráfica para arquitectos y diseñadores*  
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1982
- Liendo Chapellin, Pablo  
<http://www.funredes.org/liendo/charlas/virtual>
- Loonnis, Andrew  
*Dibujo de éxito*  
Buenos Aires, Editorial Librería Hachete S.A., 1960
- López Gordillo, Miguel  
*Los sistemas de representación y nuevas tecnologías*  
Universidad de Sevilla. Actas del X Congreso  
Internacional de Ingeniería Gráfica, Málaga, 1998
- Luzadder, Warren J.  
*Fundamentos de dibujo en ingeniería*  
México, Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., 1988
- Maier, Manfred  
*Procesos elementales de proyectación y configuración*  
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1982
- Maldonado, Tomás  
*El diseño industrial reconsiderado*  
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1993
- Mañá, Jordi  
Balmaseda, Santiago  
*El desarrollo de un diseño industrial*  
Madrid, Edita el Instituto de la pequeña y la mediana  
empresa industrial. 1990
- Mata, Julián  
y otros  
*Dibujo mecánica 2*  
Barcelona, Editorial Edebé, 1981
- Minsky, Marvin  
*La última frontera de la alta tecnología*  
Barcelona, Editorial Planeta, 1998
- Mitra,  
<http://earth.path.net/mitra>
- Moreno Vargas, F.  
y otros  
*Variables creativas en la presentación de proyectos*  
IX Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica.  
Geometría y Diseño en la era Internet. Bilbao Jun'97.  
Universidad de País Vasco
- Mulherin, Jenny  
*Técnicas de presentación para el artista gráfico*  
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1990

- Munari, Bruno *El arte como oficio*  
Barcelona, Editorial Labor, S.A., 1968
- Munari, Bruno *¿Cómo nacen los objetos?*  
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1983
- Munari, Bruno *Diseño y comunicación visual*  
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1973
- Noblet, Jocelyn de *DESIGN, Le geste e le compas*  
Paris, Editions du Club France-Loisirs, 1988
- Pacioli, Luca *La divina proporción*  
Madrid, Ediciones Akal, S.A., 1991
- Palomino, Antonio *El Museo pictórico y escala óptica*  
Madrid, Aguilar S.A. de Ediciones, Tres Tomos. 1988
- Panofsky, Erwin *El significado de las artes visuales*  
Madrid, Alizanza Editorial, S.A., 1993
- Paricio, Álvaro  
García, María Luisa *Técnica de expresión gráfico-plásticas*  
Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1995
- Parramón, José M. *El Gran libro de la Perspectiva*  
Barcelona, Parramón Ediciones, S.A., 1988
- Pazos, Jesús A. *Introducción al diseño asistido por computador*  
Madrid, Mc. Graw-Hill, 1995
- Pérez Sánchez, Alfonso *Historia del dibujo en España, de la Edad Media a Goya*  
Madrid, Ediciones Cátedra, S.A., 1986
- Pipes, Alan *El Diseño Tridimensional. Del boceto a la pantalla*  
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1989
- Powell, Dick *Técnicas de Presentación*  
Madrid, Editorial Hermann Blume, 1986
- Quarante, Danielle *Diseño Industrial*  
Barcelona, Ediciones CEAC, S.A. 1992. Tomo I
- Rodríguez, M, Gerardo *Manual de Diseño Industrial*  
México, Editorial Gustavo Gili, S.A.,
- Sainz, Jorge *Infografía y arquitectura*  
Madrid, Editorial Nerea, S.A., 1992
- Valderrama, Fernando *Diseño Básico*  
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1995



- Shimizu, Yoshiharu  
*Marker works from Japan*  
Tokyo, 1990
- Silicon Graphics,  
<http://www.sig.com>
- Simpson, Ian  
*La nueva guía de la ilustración*  
Barcelona, Editorial Hermann Blume, 1993
- Sony Corporation,  
<http://www.sony.com>
- Swann, Alan  
*La creación de bocetos gráficos*  
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1990
- Taboada, Emil  
*El diseño industrial*
- Napoli, Roberto  
Buenos Aires, Centro Editor de América Latina, S.A.,  
1977
- Van Dyke, Scott  
*De la línea al diseño*  
México, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1984
- Vasco Branco, Alfonso  
*Interfaces en sistemas informáticos de ayuda al diseño*  
Experimenta nº 17
- Villanueva, Gerardo  
*Calidad en diseño*  
Master en Disseny Industrial i Desenvolupament de  
Producte. Universitat de Girona, 1992
- Vitrac, Jean Pierre  
Gaté, Jean Charles  
*La estrategia de Producto y Diseño*  
Barcelona, Editorial Gestión 2000, S.A., 1994
- Zelevnik, Robert  
*SKETCH: Un interfaz para dibujar en 3D*  
<http://www.cs.brown>
- Cibercultura y nuevas tecnologías*  
Nueva Epoca nº12, 21-3-1998
- <http://www.simworks.com>  
<http://www.strayvr.com>  
<http://www.3dsystems.com>  
<http://www.albrightl.com/prototype>  
<http://www.wmaestro.com>  
<http://194.224.142.2/usuarios/villa/ind-vrml>  
<http://vag.vrml.org/www-vrml>  
<http://stress.mech.utha.edu/home/novac/rapid.html>  
<http://vrmi.sgi.com/reposito/SGI-depot>

## **Capítulo I**

### **Aplicaciones de la informática gráfica en la industria**

#### **1. Creación del nuevo producto**

##### **1.1. Camino de la integración**

##### **1.2. La concepción de nuevos productos**

###### **1.2.1. El desarrollo conceptual**

###### **1.2.2. La representación de superficies complejas**

###### **1.2.3. Animación informática**

##### **1.3. Las fases de desarrollo**

###### **1.3.1. Recorte en los procesos**

###### **1.3.2. Diseño Asistido por Ordenador**

###### **1.3.3. Realidad Virtual y procesos de simulación**

###### **1.3.4. La tecnología Rápido Prototyping**

###### **1.3.5. El factor industrialización**

#### **2. La empresa frente a las tecnologías de la información y la comunicación**

##### **2.1. Desarrollo de actividades fuera de los límites de las empresas**

###### **2.1.1. Internet, vehículo de comunicación**

###### **2.1.2. Corporaciones virtuales**

###### **2.1.3. Obtención de información**

###### **2.1.4. Nuevos canales de distribución**

##### **2.2. La inteligencia colectiva**

###### **2.2.1. Interconexión entre ordenadores**

###### **2.2.2. El intercambio de datos**

##### **2.3. La conexión humana**



## Capítulo II

### Aplicaciones de la informática gráfica en la docencia del diseño industrial

#### **I. Intervenciones en docencia**

1.1. Ubicación de las enseñanzas de diseño

1.2. Formación del diseñador

#### **2. Enseñanza a distancia**

2.1. Internet expande sus aulas

2.2. El aula inteligente

2.3. El profesor virtual

2.4. Formación continua

#### **3. La enseñanza CAD**

3.1. Cuestiones fundamentales

3.2. Metodologías en la enseñanza CAD

#### **4. El factor de movimiento como medio didáctico**

4.1. Animación asistida por ordenador

4.1.1. Animación en 2D

4.1.2. Animación en 3D

4.2. VRML como complemento en la docencia

# CAPÍTULO I

## APLICACIONES DE LA INFORMATICA GRAFICA EN LA INDUSTRIA

### CREACION DEL NUEVO PRODUCTO

En todos los aspectos que competen a la creación o realización de nuevos productos industriales, la introducción de la informática gráfica ha dado un vuelco a las maneras de trabajar tradicionales. Actualmente la creación de productos y su ubicación en los mercados, ha llevado a las empresas a una optimización del tiempo, necesidad que está siendo satisfecha por las aplicaciones informáticas. Estas aceleran los procesos; en muy poco tiempo se puede disponer de visualizaciones y prototipos virtuales de los productos objeto de realización. El propio diseñador pasa a ingeniería un producto prácticamente listo para producción. Hoy en día los ciclos de vida y de comercialización son tan cortos que reducir el coste del diseño es un factor estratégico.

La creación de nuevos productos, apoyada por la informática gráfica está dando como resultado una normalización del trabajo. Hablar actualmente de creación como fase inicial de un proyecto, no sería más que una errónea apreciación de algo más complejo como es el proyecto general de un producto. Actualmente cuando se habla de creación de productos industriales, debe referirse a todo un proceso de elaboración en donde las primeras fases, las más creativas, las de definición de conceptos no son más que la cabeza visible de todo un entramado de fases, en donde la metodología a aplicar demostrará como quedan integradas en un proceso global. Aspectos posteriores a la fase conceptual son los comprendidos en el desarrollo del producto, fases que anteriormente estaban vinculadas más a la ingeniería y que hoy en día son compartidas igualmente por los diseñadores. Las últimas fases correspondientes a fabricación se habrán de tener en cuenta ya en las primeras fases creativas, evitándose de este modo graves errores posteriores. Los cambios, como indicó Henry Ford, han de ser realizados en el tablero de dibujo y no en producción. Hoy en día quedará sustituido el tablero por la pantalla de ordenador.

*“La competitividad, la disminución de los ciclos de vida de los productos requieren que estos se desarrollen de forma más rápida y eficaz. Para evitar retrasos, costes y situaciones problemáticas, las modificaciones a un diseño deben realizarse durante su fase de desarrollo, y no cuando se han comenzado a definir los procesos de producción”.*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pavon Fuentes, Javier: “El presente de la ingeniería mecánica asistida por ordenador”. CAD STARS. N° 32. Marzo 1992.



## CAMINO DE LA INTEGRACION

La tecnología informática ha supuesto, desde su entrada, una auténtica revolución que ha permitido realizar tareas hasta hace poco insospechadas. La incorporación al diseño es una realidad, y a la vez una necesidad que se está imponiendo día a día. El diseñador dispone, gracias a la informática, de una herramienta de trabajo mucho más potente que el tradicional tablero de dibujo, que le permite realizar perfectamente su diseño, hasta el más mínimo detalle, sin necesidad de fabricar excesivos prototipos.

Actualmente el mundo industrial es tan dinámico que exige cada vez soluciones más creativas realizadas en un tiempo menor. Las empresas exigen cada vez más a los estudios de diseño cubrir un mayor número de etapas de las que está envuelta el producto: la creación, el desarrollo, fabricación y producción. En este ambiente global se necesita crear un mayor número de alternativas para productos cuyo ciclo de vida será menor. Para ello la informática gráfica es una ayuda de primer orden. Con las herramientas actuales, el diseñador podrá realizar sus bocetos con los medios tradicionales para posteriormente escanearlos y por medio de programas específicos introducirlos en el ordenador; otra posibilidad es la realización de bocetos en 2D con diferentes tipos de programas, desde los que permiten una cierta libertad de expresión (Alias Studio Paint<sup>2</sup>, Pro/Engineer<sup>3</sup>, etc.) hasta aquellos que exigen un mayor detalle (CAD). Los primeros programas tienden a acercarse cada vez más al tipo de trabajo con herramientas tradicionales, es decir, utilizan útiles tipo pinceles, lápices, aerógrafos, etc. La ventaja respecto a los medios tradicionales es la facilidad con la que se puede cambiar o modificar un concepto.

Una vez definidos los bocetos en 2D surge la necesidad de una visión en conjunto del objeto, para ello estos dibujos serán exportados a programas de modelado 3D, a partir de aquí se podrán crear múltiples versiones de un simple modelo y posteriormente se podrán aplicar texturas escaneadas o dibujadas, consiguiendo una apariencia más real del objeto, pudiendo realizar los cambios necesarios con una relativa sencillez. La fase siguiente consistiría en realizar el rénder del modelo permitiendo con ello la visualización más realista del producto; esto hará que el grupo de decisión pueda opinar con mayor facilidad sobre la viabilidad o no del proyecto.

Las presentaciones se realizarán de forma más rápida al no tener que interpretar de forma exagerada lo presentado por el equipo de diseño. Si fuera necesario se podría generar el movimiento en pantalla del producto, e incluso colocarlo en su ambiente

---

<sup>2</sup> <http://www.sgi.com>

<sup>3</sup> Programa de Parametric Technology; permite a través de sus diversos módulos que los proyectistas ensayen diversas propuestas, comparen alternativas de planteamiento y desarrollo, generen animaciones reales y las graven en vídeo, relacionen productos con personas, distribuyan cableados, ensamblajes y accesorios, estudien la generación de moldes para la fabricación de las piezas, evalúen y planifiquen las distintas fases de la producción. Se pueden crear modelos tridimensionales a partir de bocetos, fotografías o cualquier imagen en dos dimensiones.

de utilización, pudiendo ser utilizado en esta fase para acciones de marketing como el caso de Renault (página 248).

Difícilmente se pasará a la fase de desarrollo avanzado o fabricación sin un modelo 3D real, es decir, un modelo probablemente funcional. Si bien es verdad que en muchos proyectos pueden ser sustituidas las maquetas por modelos infográficos en fases más avanzadas, casi con toda seguridad, se requieren estos modelos reales. Para ello se podrán elegir dos vías, una de ellas será la de mecanizar el modelo en cuestión y otra de ellas será la construcción de éste mediante la tecnología Rapid Prototyping. Lo normal suele ser realizar el primero de los modelos mediante mecanizado. Para ello están previstos los programas de mecanizado, programas que importan las imágenes ya realizadas por el estudio de diseño. Estos modelos se suelen mecanizar sobre materiales blandos como por ejemplo resinas. Actualmente a las máquinas empleadas para el mecanizado se las denomina plóppers 3D, siendo en realidad fresadoras de tres ejes, cuatro o incluso cinco. Una vez pasada esta fase y aprobado el diseño se procede a comprobar el montaje de todas las piezas de que se compone el producto. Es en esta fase donde se suele realizar el modelo (por lo general funcional) mediante Rapid Prototyping. Si el proyecto queda aprobado se procederá a fabricar los moldes. En el caso de moldes de inyección de plástico el programa Tebis 3D WOP de Silicon Graphics es un ejemplo de como a partir de la geometría de la pieza diseñada se puede desarrollar el molde. Con este programa se definen igualmente las líneas de partición del molde y las correspondientes superficies de la partición. Posteriormente terminado el molde se procederá a calcular los programas de mecanizado preacabado y acabado del molde. Una vez terminado el molde se habrá de controlar si la geometría diseñada es idéntica a la producida. Se habrán de tener en cuenta las deformaciones del plástico al inyectarse y enfriarse, siendo necesario realizar un control dimensional de la pieza producida. Para controlar esta geometría se procederá a un escaneado 3D.

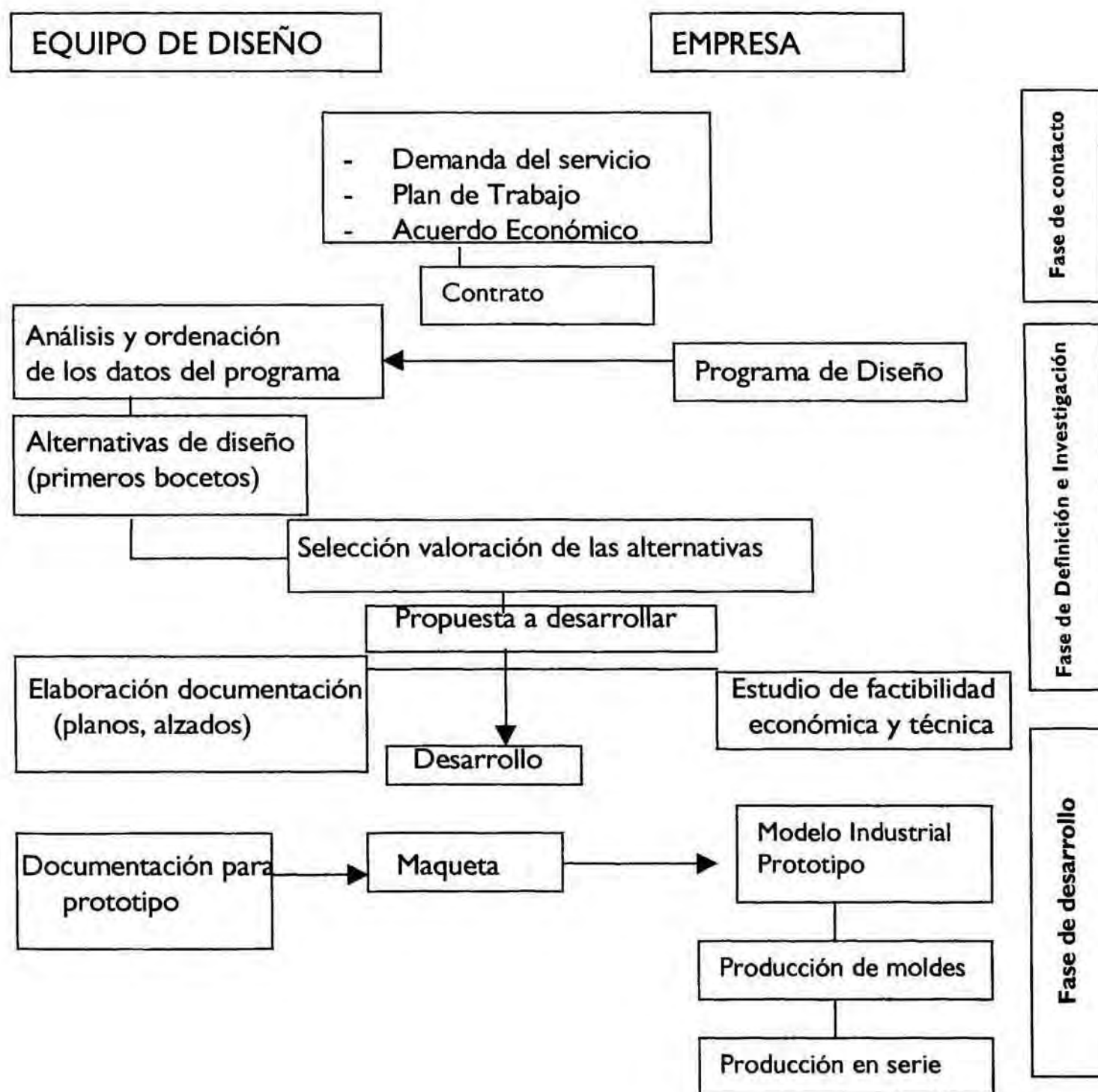
Actualmente todas estas fases son controladas por el equipo de diseño, que por supuesto se encuentra comunicado con el resto de departamentos de la empresa, interviniendo, con ello, más personas en el proceso. Hoy en día no se puede hablar de diseño como una labor conceptual aislada, sino como un proceso más amplio que engloba, como se dijo al principio: la creación, el desarrollo y en cierta medida la fabricación y producción. No faltan autores que tienden a considerar como auténtico meramente el esbozo, el proyecto gráfico, o a lo sumo el primer modelo manual debido al diseñador, y que consideran todas las fases sucesivas como no vinculadas necesariamente al momento de la invención; pero es obvio y apoyando la idea de Dorfles<sup>4</sup> que, aún admitiendo la pureza de este momento del diseño, seguirá dándose el hecho indiscutible de que sólo una vez ultimada la fabricación, podrá concebirse como existente el objeto de que se trate. Por tanto no debe considerarse al diseño sólo como momentos de invención, sino más bien como una sucesión de fases con un único fin: el producto.

---

<sup>4</sup> Dorfles, Gillo: *El diseño Industrial y su estética*. Barcelona. Editorial Labor, S.A., 1977, p. 84



En ocasiones el problema respecto a la función del diseño y a las fases en que debe entrar reside en la falta de comunicación entre los diseñadores y la empresa. Cuando el equipo de diseño pertenece a un departamento de la empresa el problema no es tan grave como si el equipo de diseño proviene de un gabinete exterior. En este caso conviene dejar bien definidas las fases en el proceso de trabajo. Un ejemplo de ello es el cuadro indicado por Mañá<sup>5</sup> respecto a estas fases, centrándolas en los aspectos de creación, investigación y desarrollo, dejando los temas de fabricación y producción en este caso, en manos de la empresa pero con un seguimiento por parte del equipo de diseño. Por tanto, pueden establecerse las siguientes fases en el proceso de trabajo en la creación de un nuevo producto respecto al equipo de diseño y la empresa.



Estas fases, si bien difieren un poco dependiendo del tipo de producto, están siendo actualmente replanteadas debido a la influencia que están ejerciendo las últimas

<sup>5</sup> Mañá, Jordi y Balmaseda, Santiago: *El desarrollo de un diseño industrial*. Instituto de la pequeña y mediana empresa industrial. Madrid, 1990, p. 15

tecnologías informáticas. Éstas están haciendo que los equipos de diseño y los departamentos responsables de la empresa trabajen cada vez de forma más unida, dando lugar a evaluaciones continuas del proyecto y ofreciendo información continua. Las bibliotecas de datos de rapidísimo acceso, los programas que permiten trabajar y hacer modificaciones en un menor tiempo, programas 2D y 3D, la posibilidad de sustituir modelos reales por modelos virtuales con la posibilidad de ejecutar movimientos, las nuevas vías de comunicación debidas a las tecnologías de la información y comunicación que hacen que por medio de redes (Internet), en ocasiones internas (Intranet), los equipos de diseño y la empresa puedan estar comunicados en todo momento, enviándose por tanto los dibujos necesarios, en ocasiones corregidos, hacen que se crea un nuevo esquema. A partir de este momento las aplicaciones de la informática gráfica en este nuevo entramado no se podrán dividir en fases claramente definidas, ya que se solaparán las fases de concepción con las de desarrollo y fabricación, quedando implicado en el proyecto un mayor número de personas, con responsabilidades propias, acercándose de este modo aún más a ese ideal que pretende la aplicación de la "Calidad Total"<sup>6</sup> a toda la empresa, y que en definitiva no persigue más que el cero defectos.

Empresas como Renault y otras empresas automovilísticas y aeronáuticas europeas están desarrollando el proyecto AIT<sup>7</sup>. Este proyecto se centra en el estudio y el desarrollo de productos y métodos informáticos utilizables en los procesos de concepción y fabricación, entendiendo el proceso de concepción como creación y desarrollo, es decir, un proceso global. Entre estos procesos destacan aquellos basados en aspectos gráficos:<sup>8</sup>

- Maquetas numéricas. Consistente en sustituir progresivamente las maquetas físicas por maquetas numéricas realizadas en CAD, a partir de los parámetros geométricos del producto objeto de concepción. La ventaja de los modelos numéricos consiste en permitir la introducción de modificaciones, en ensamblar virtualmente piezas, en estudiar su compatibilidad, en ensayar diferentes soluciones técnicas. Así se reduce sensiblemente el número de prototipos necesarios.
- Bases de datos. La implantación de bases de datos sobre productos permitirá el intercambio de imágenes entre las empresas que posean sistemas heterogéneos. A tal fin, estas bases utilizarán una norma sobre intercambios.

Otros procesos de estudio consisten en:

- Plataforma de integración técnica. Consistente en asegurar la compatibilidad entre los diferentes sistemas informáticos mediante la creación de plataformas de integración comunes.
- Interfaz bancos de ensayo/electrónica de abordaje. Consistente en definir una interfaz para la comunicación entre los bancos de ensayo y la electrónica de abordaje.

<sup>6</sup> Como ya se indicó en la parte segunda, página 263.

<sup>7</sup> Advanced Information Technology. Iniciativa industrial apoyada por la UE.

<sup>8</sup> Renault: "Investigación y desarrollo". Edición Renault communication. Dirección de comunicación, Madrid. 1998



- Ingeniería de los procesos de estampación. Creación de una plataforma de ayuda a la ingeniería del proceso de estampación y de los útiles de prensa.

Las técnicas de búsqueda de necesidades constituyen un nuevo dominio de investigación industrial en la UE. La investigación debe integrar las tecnologías unidas al diseño conceptual, a los materiales, a los productos y a la producción. Estefano Marzano, director de Philips Design:<sup>9</sup>

*“Necesitaremos conocerlo tan bien que descubriremos sus necesidades antes que ellos mismos las conozcan”.*

Concebir los productos más rápidamente, utilizando tecnologías, y materiales más apropiados y de fabricarlos de mejor manera. Estas cuestiones están unidas a la concepción, que está en el origen de más de la mitad de los problemas de calidad. Diversas tecnologías de concepción han sido puestas a punto desde el cuadro de Brite-Euram: CFAO (Concepción y Fabricación Asistidas por Ordenador). Intervenir desde el primer momento: la palabra clave es la integración. Los procesos de fabricación asociados a los productos deben ser concebidos al mismo tiempo que los productos mismos; y los proveedores, los fabricantes, y los consumidores deben intervenir desde el principio en los procesos de concepción. Muchos son los que ven en la ingeniería simultánea (IS) una solución a este problema. Estas informaciones son todavía transmitidas, en gran parte bajo la forma de dossiers en papel, favoreciendo los procesos secuenciales más que los simultáneos. El programa europeo CONCUR<sup>10</sup> está a punto de poner un ambiente electrónico integrando las actividades de cada partener.

La integración de las distintas fases del proceso proyectual, de métodos y de personas, está dando origen a la consecución de un objetivo: diseñar a la vez el objeto y su proceso de fabricación (Tremosa, 1998)<sup>11</sup>. En este sentido la industria automovilística no se cansa de dar ejemplo a la mayor parte de los sectores productivos. En este sector la mejora de sus procesos de fabricación se aplica en las etapas previas de creación y desarrollo del modelo. Según el director adjunto de Renault, Phillippe Gras<sup>12</sup>, Renault ahorra unos 25000 millones de pesetas por el diseño de cada automóvil al unir departamentos y crear lo que han denominado “dirección por proyectos”. Según Gras, las anteriores direcciones de estudios y métodos se han fusionado en direcciones de ingeniería que se responsabilizan del producto y del proceso de fabricación, y comienzan en las etapas de creación.

<sup>9</sup> Marzano, Estéfano: En Innovation.Transfert & Innovation Technologiques. Vol.1/98. Enero 1998.

<sup>10</sup> Sin autor. “La Fábrica del futuro”. (artículo): En Innovation.Transfert & Innovation Technologiques. Vol.1/98. Enero 1998, p. 18

<sup>11</sup> Tremosa, Laura: <http://www.ascad.es>. 1998

<sup>12</sup> Gras, Phillippe. En R.C.: “Renault ahorra en los dibujos”. *Negocios. El País*. 7-6-1998, p. 12

De la necesidad de hacer confluir las diversas competencias nace el trabajo en equipo, con personas dedicadas exclusivamente a la sincronización y la armonización del equipo, al modo de un jefe de orquesta. Esta dirección por proyectos se está llevando a cabo en el Tecnocentro de Guyancourt, las nuevas instalaciones de Renault para el diseño de automóviles y motores, que han reemplazado las ya obsoletas de Villancourt. El centro ha permitido reducir a 24 meses el desarrollo de un motor nuevo.

En el campo del diseño no hay duda que en este momento se ofrecen muchas herramientas complementarias no sólo para que el diseñador pueda contemplar el aspecto real de la pieza u objeto que diseña, sino que además los técnicos pueden realizar múltiples estudios gracias a la posibilidad del ensamblaje virtual, el análisis de elementos finitos (FEM), los estudios de materiales plásticos, etc. Además, en este momento existe la posibilidad de construcción de prototipos rápidos, lo que acorta notablemente los tiempos de proyecto.

Los suministradores de sistemas CAD/CAM son conscientes de que, al igual que en otras aplicaciones de la informática, los usuarios demandarán cada vez una mayor flexibilidad y manejabilidad de los sistemas. Prueba de ello es que la oferta de sistemas sobre Windows NT es cada vez mayor, lo que permite interfases hombre-máquina menos rígidos que los que han existido hasta ahora. Por otra parte, los desarrollos de sistemas CAD/CAM tienden cada vez más a basarse en sistemas orientados al objeto con toda la flexibilidad y las posibilidades de mantenimiento del software que ello ofrece.

Por otra parte, estos planteamientos abren la posibilidad de poder disponer de herramientas capaces de concebir a la vez la pieza y el proceso de fabricación o el taller de fabricación y su sistema de control. Ante este panorama surgen problemas y mientras los diseñadores van integrando sus procesos de trabajo aparecen las dificultades en el uso de las herramientas. Se piden programas que cubran un abanico más amplio dentro del proceso de creación de los productos, pero que a la vez ofrezcan una interacción más humana.

*“Mientras los procesos de desarrollo se dirigen hacia la tecnología de prototipos digitales, los diseñadores requieren una mayor interacción entre sus modelos de CAD y análisis. Las demandas de los usuarios se dirigen hacia una estrecha integración entre los procesos de modelado, simulación y análisis”.*<sup>13</sup>

Otros campos donde se está dando igualmente esta integración son los de la arquitectura, la ingeniería, la ilustración<sup>14</sup>, etc.

---

<sup>13</sup> Akeley, Kurt: cofundador y vicepresidente de ingeniería de la División de Sistemas Escalables de Silicon Graphics. <http://www.sgi.com>

<sup>14</sup> Ha habido quien ante el avance de las nuevas tecnologías pensaba que la ilustración clásica desaparecería. La fotografía y unos métodos buenos y económicos de reproducción en color, sumados al fenómeno de la televisión, parecían apuntar hacia una inevitable desaparición de la ilustración popular. Estos observadores (para Ian Simpson) habían pasado por alto o subestimado la permanente y creciente necesidad de la ilustración en todo tipo de comercio, las limitaciones de la cámara y la imagen fotográfica, y los costes de contratar a un ilustrador y a un fotógrafo. Puede que las nuevas tecnologías, en el campo de la ilustración, creen las imágenes que en otra época se dibujaban o pintaban a mano. Pero si la historia tiene algo que enseñar, el ilustrador que trabaja con pluma o pincel, lienzo, papel cartridge o película, no sólo va a seguir trabajando paralelamente a la nueva tecnología, sino que también la va a aplicar.

Simpson, Ian: *La nueva guía de la ilustración*, Barcelona, Editorial Blume, 1993, p. 14



## LA CONCEPCION DE NUEVOS PRODUCTOS

En la concepción de productos industriales se han implantado tanto en los estudios de diseño como en los departamentos y oficinas técnicas de las empresas los sistemas de diseño asistido por ordenador. Actualmente están emergiendo una serie de sectores donde están entrando estos sistemas que hace años no se concebían, como son la simulación para diseño conceptual, para robótica, el uso de herramientas PDM que establecen nexos de unión entre el proceso de ingeniería y el de gestión, en general, la introducción de tecnología multimedia en todas las áreas de CAD/CAM/CAE para un tratamiento integral de la información (sea de datos, palabras, imagen de síntesis, vídeo real o audio) a lo largo del ciclo de vida de los productos.<sup>15</sup>

### El desarrollo conceptual

Si se hace una reflexión sobre la relación existente entre la concepción en el proceso de proyectación y las herramientas empleadas en éste, puede constatarse que solamente es posible esta reflexión a través de la diversificación y el desarrollo de estas herramientas. A las herramientas clásicas de la creación en el diseño esencialmente el lápiz y el papel, aunque también otras múltiples técnicas de dibujo y de representación en dos y tres dimensiones, ya mencionadas en la parte tercera, (página 190) se ha añadido en los últimos tiempos una generación nueva, basada en los ordenadores. La cuestión que puede surgir es ver como han de intervenir tales herramientas en la evolución del diseño. Y no solamente en la evaluación en la organización y la forma de trabajo de los estudios profesionales y en las empresas, sino fundamentalmente en lo que respecta al desarrollo en el pensamiento de nuevos diseños.

El ordenador, para muchos es considerado una herramienta de creación. Desde los albores de la civilización, el hombre siempre ha buscado formas para dar rienda suelta a todo su potencial. Por ello, siempre ha buscado los recursos disponibles en su entorno. Y lo que en principio eran simples piedras, pronto evolucionaron hacia herramientas elaboradas a partir de las cuales emergieron las civilizaciones. Hoy día, los ordenadores son los nuevos recursos de los profesionales, son una poderosa herramienta que permite dar rienda suelta a todo su potencial. No obstante, incluso

<sup>15</sup> Las instalaciones anuales por unidades se estiman en quince mil, unos trece mil en PC's y unos dos mil quinientos en estaciones de trabajo. La evolución del sector informático ha hecho que la tecnología Unix/RISC (estación de trabajo) ha llegado a abarcar todos los segmentos por encima del PC, de la estación de uso individual hasta los superordenadores de cálculo intensivo (con tecnologías de paralelismo). Toda la informática técnica se hace hoy con esta tecnología. A la vez, el entorno PC (ejemplificado por el binomio Microsoft/Intel) ha demostrado una gran vitalidad, permitiendo el desarrollo de soluciones cada vez más avanzadas. En ambos casos la tecnología multimedia está añadiendo una serie de prestaciones realmente importantes. En los últimos meses se vislumbra una tercera componente y es la anunciada generación de "network computers" (o NC, en contrapartida a los PC's), terminales o ventanas Internet que permiten el acceso y la interacción con toda la información disponible en servidores Internet (sean de uso público o privado en redes privadas "Intranet"). El Ministerio de Industria considera fundamental la implantación de sistemas de CAD/CAM/CAE para mejorar la competitividad y la calidad de los productos españoles. La incorporación de mayor potencia a todos los niveles, de tecnologías multimedia y el aprovechamiento de soluciones Internet, aseguran una aportación adicional importante en el corto y medio plazo. En Rubio, Alfonso: <http://www.ascad.es>. Presidente de ASCAD.1998

el propio ordenador no puede expresar todo el potencial del usuario sin la ayuda de dispositivos de salida y de entrada. Sólo podrá comunicar sus ideas el diseñador cuando éstas tengan una forma concreta.

El ordenador se ha introducido en el área del diseño hasta tal punto que está cambiando las formas, hábitos y procesos de trabajo de los diseñadores, como ya se comentó en el apartado anterior. Se ha sustituido el convencional tablero de dibujo por un nuevo elemento, el PC o la estación de trabajo. En el estado actual de la aplicación de la tecnología, puede decirse que no existe el diseño por ordenador, sólo existe el diseño por el hombre asistido por ordenador, que simplifica las tareas rutinarias, le permite analizar y estudiar más soluciones, en una palabra, le permite obtener un diseño mejor, más económico y en menos tiempo.

Algunas opiniones son contrarias al uso del ordenador en las primeras fases, las conceptuales, las denominadas de creación<sup>16</sup>, señalan que las herramientas informáticas gráficas son un importante apoyo en la productividad de las fases de depuración y documentación de los proyectos, pero son todavía torpes en las etapas de concepción, en las que la potencialidad inmensa y fuerza que se desprende de la descripción difusa de un croquis no ha sido aún emulada pese a que existen algunos de los medios técnicos precisos para intentarlo. Programas como Alias Studio o Pro/Engineer vienen en parte a anular esta idea. Si bien es cierto que en arquitectura el ordenador se utiliza más en las fases iniciales del proyecto y no tanto en las fases finales, Sainz y Valderrama<sup>17</sup> indican que habría que aplicarla a todo el proceso de la construcción del edificio, desde su concepción gráfica hasta su realización física. Por lo general en el diseño industrial este proceso se produce a la inversa, se aplica más en fases intermedias y finales que en las iniciales, aunque esto va cambiando hacia un proceso integral. La evolución de la tecnología digital permite introducir nuevas herramientas que hasta el momento se utilizaban en otros sectores. Un ejemplo es el uso de técnicas de diseño a mano alzada para la búsqueda de nuevas formas en productos de todo tipo, desde objetos de uso doméstico a carrocerías de automóviles. Estas herramientas tienen un uso muy intuitivo, parecidas a las habituales de dibujo y modelado, pero a la vez, definen automáticamente los ficheros que permiten un tratamiento riguroso de diseño CAD e ingeniería subsiguiente. A estos prototipos se les puede dotar de animación e interactuar en entornos reales con la técnicas digitales provenientes del sector audiovisual. Otro ejemplo es el uso de técnicas de simulación en tiempo real, tales como la RV para estudios ergonómicos o análisis de dinámica de fluidos (Rubio, 1998).<sup>18</sup>

Ante este panorama se vislumbra un campo amplio de ayuda a la concepción del producto, que no es más que una ayuda a la creatividad, parecida a la que ofrecen los medios tradicionales. Ya se ha indicado la posibilidad de bocetar con lápiz y papel

<sup>16</sup> Contrariamente al nuevo concepto que sobre innovación están aplicando cada día más frecuentemente las empresas. Indica como el factor de creatividad o bien factor de calidad (diseño industrial) se va desarrollando cada vez más como factor de integración y coordinación, y por tanto, ha de integrarse cuanto antes, incluidas las primeras fases del proyecto. Ya tratado en la parte segunda, página 251.

<sup>17</sup> Sainz, Jorge y Valderrama, Fernando: *Infografía y arquitectura*. Madrid. Editorial Nerea, S.A., 1992, p. 30

<sup>18</sup> Rubio, Alfonso: op. cit.



para pasar posteriormente a digitalizar el dibujo y conseguir un modelo 3D en relativamente poco tiempo. Además surgen los programas de dibujo con un interfaz cada vez con mayores mejoras, que hacen pensar que cada vez sean más los profesionales que se decidan a utilizar desde un principio el ordenador como medio de concepción inicial. En este sentido se encuentran algunas opiniones para quienes parece una tontería trabajar primero en papel y después pasarlo al ordenador:

*“No tiene sentido realizar los proyectos fuera del ordenador para introducirlos posteriormente de una sentada, una vez terminado, sino que lo normal es ir trabajando con ellos en el ordenador, desde una etapa relativamente temprana, y, por tanto, no existe un tiempo de introducción como tal, sino que se diluye en el tiempo general dedicado al proyecto y a todas sus modificaciones”.*<sup>19</sup>

Existen opiniones que si bien no desechan esta idea sí que proponen al diseñador saber dibujar en el tablero, es decir, conocer los métodos tradicionales antes de enfrentarse con el ordenador:

*“Antes de que el diseñador sea capaz de producir con el ordenador un trabajo que tenga una cierta calidad visual, es fundamental que adquiera la habilidad necesaria con el tablero de dibujo. La calidad de la imagen producida por ordenador depende de la habilidad del operador, no del ordenador, aunque tenga ciertas limitaciones intrínsecas, desde el punto de vista del dibujo. Es conveniente poseer unas bases sólidas, unidas a la experiencia práctica en los métodos tradicionales”.*<sup>20</sup>

Estando de acuerdo con la opinión de que antes de sentarse en el ordenador se tiene que llevar la mente clara, con una idea de lo que se quiere conseguir y con unos conocimientos básicos claramente desarrollados, se puede pensar entonces que el resultado será válido. Pero conviene recordar que el ordenador por sí solo no diseña, no dibuja a menos que se le guíe. Con un conocimiento suficiente, un sistema completo de diseño y dibujo asistidos por ordenador que incluya los elementos necesarios de hardware y software, permite diseñar y preparar los dibujos necesarios de un proyecto. Esto ha venido produciéndose desde mediados de los años sesenta. Cabe entonces la pregunta, ¿qué puede hacer por sí solo el ordenador en el campo del dibujo?. En opinión de Luzadder<sup>21</sup> no puede hacer nada a menos que se le apoye con equipo auxiliar y sea dirigido paso a paso por una persona conocedora de la teoría de la proyección, que entienda los conceptos del diseño y tenga experiencia en dibujo ordinario. El sistema facilita el proceso global de dibujo al preparar los dibujos originales necesarios y, a continuación, al revisarlos, corregirlos y almacenarlos en forma de datos digitales.

<sup>19</sup> Sainz, Jorge y Valderrama, Fernando: op. cit., p. 137

<sup>20</sup> Simpson, Ian: op. cit., p. 131

<sup>21</sup> Luzadder, Warren J.: *Fundamentos de dibujo en ingeniería*, México PrenticeHall Hispanoamericana S.A., 1988, prefacio.

*“El ordenador es una herramienta más de diseño y la eficacia en su uso dependerá, al igual que con las herramientas tradicionales, de la buena formación teórica y práctica del diseñador”.*

Escribirá Papert (1980):<sup>22</sup>

*“La verdadera capacidad para manipular ordenadores, es decir, la auténtica computer literacy no sólo significa saber cómo se pueden utilizar el ordenador y las ideas informáticas, sino saber cuándo es oportuna esta utilización”.*

Por tanto sería erróneo confiar en la todopoderosa presencia del ordenador y sus programas para suplir las carencias de conocimiento del usuario, o como escribirá Cervera (1992)<sup>23</sup>:

*“Aceptar las consecuencias niveladoras implícitas en el empleo de unas pocas bases de datos prefabricadas.”*

Cada diseñador deberá usar aquellas herramientas con las que se encuentre más cómodo, y esto pasa por el lápiz o el ordenador. En aquellos aspectos concernientes a las primeras fases del proyecto podrá elegir la herramienta que más le convenga, pero lo que a partir de aquí queda claro es la necesidad de introducirse en las fases posteriores con las nuevas herramientas, pues son las mismas que utilizará la empresa y el diseñador, y por consiguiente necesitan hablar el mismo lenguaje. Este lenguaje pasa en las primeras fases de concepción por imágenes, dibujos que han de ser lo suficientemente descriptivos como para no producir ambigüedades en el proceso. Un ejemplo de ello lo ofrece la manera como trabaja con la empresa el estudio de Vitrac<sup>24</sup>:

*“Las proposiciones salidas de la investigación creativa se someten al grupo de dirección. Cada concepto de producto creado estaba presente bajo la forma de “dibujos básicos”. Así se evitan los riesgos de confusión o de incomprensión de una palabra. Un croquis siempre expresa más que una palabra. Si usted dice: un cubo, no todo el mundo imaginará forzosamente el mismo producto. Algunos pensarán en un cubo de hielo, otros en una caja, etc. Con un dibujo, por el contrario, todos los que intervendrán actuarán sobre la misma base. La expresión del concepto, es una señal visual. Esta señal puede ser reinterpretada pero la base conceptual es lo bastante clara, evidente y perceptible por todo el mundo para ser comprendida. Evidentemente, la percepción será variable, según los individuos, en función del carácter producido por tal o cual forma, de la talla, de la manejabilidad o del material imaginado”.*

<sup>22</sup> Papert en Bürdek: *Diseño: historia, teoría y práctica del diseño industrial*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1994. p. 333

<sup>23</sup> Cervera Bravo, Jaime: ha escrito este prólogo(p. 12) al libro de: Sainz, Jorge y Valderrama, Fernando: *Infografía y arquitectura*. Madrid. Editorial Nerea, S.A., 1992.

<sup>24</sup> Vitrac, Jean Pierre y Gaté, Jean Charles: *La estrategia de Producto y Diseño*. Barcelona, Ediciones Gestión 2000, S.A., 1993, p.176.



La importancia de los dibujos es vital, pero no solo los dibujos de concepto (descriptivo) de los que hablaba Gombrich (página 106), sino de esos otros dibujos igualmente conceptuales que pueden denominarse dibujos técnicos. ¿Cómo pueden discutirse ciertos aspectos del proyecto sin unos planos del objeto, con sus cotas y anotaciones técnicas?. Hoy en día parece impensable realizar unos planos con los medios tradicionales: estilógrafos, cuchillas, tinta, etc. Daría vergüenza presentar unos planos realizados con estos medios, además se estaría obligando a realizar, por parte de la empresa, una posterior realización de éstos ya que toda la maquinaria, desde las máquinas denominadas plotter 3D para la realización de los modelos, pasando por las de CN, las de RP, y las de producción requieren el uso de ordenadores, incluso cualquier modificación que se quisiera realizar sería muy laboriosa y la pérdida de tiempo no se permite.

Ante este panorama puede señalarse que la creación de imágenes sintéticas en 3D está modificando sustancialmente el diseño industrial, otros campos están siendo igualmente afectados, tales como el cine y la televisión. Películas como “El cortador de césped”, “Hércules”, spots televisivos, fundamentan parte de su éxito en la utilización de programas de software en 3D para animación y efectos especiales. El gran inconveniente de estos programas, además del coste de las herramientas, es el infinito tiempo de trabajo que exigen. Actualmente se están desarrollando programas cada vez más económicos y cuya interfaz hace que el trabajo con ellos sea más sencillo. Un ejemplo de ello lo ofrece el programa Maya<sup>25</sup>. En opinión de Doncel<sup>26</sup>, Maya permite a los animadores y creadores de contenidos concentrarse en las tareas creativas y olvidarse de los detalles técnicos y las funciones repetitivas. Aumenta por tanto la productividad y la potencia, permite analizar los resultados en tiempos reducidos, y resulta fácil de manejar con un mínimo aprendizaje. Con este programa se pueden construir modelos de la misma manera que se trabaja con arcilla o plastilina. Ello no quiere decir que Maya sea el fin de las maquetas. En opinión de Doncel la maqueta y el mundo 3D son complementarios.<sup>27</sup> Si bien es verdad que una maqueta ofrece por lo general más información, también es cierto que incluso utilizando máquinas RP su construcción lleva más tiempo<sup>28</sup>.

Los aspectos de estilo en este caso no interesan. Como ya se hizo referencia en la parte primera (página 135), es posible que se genere un cierto estilo al trabajar con ordenadores, que este estilo sea más difícil de distinguir respecto a la persona que ha realizado la imagen, pero esto son aspectos que a la industria no le interesa pues el objetivo final es la consecución del producto. Con estos programas de creación de

<sup>25</sup> Programa desarrollado por Alias Wavefront, empresa del grupo Silicon Graphics. La primera versión requiere un estación de trabajo Silicon Graphics, pero pronto habrá una versión para NT.

<sup>26</sup> Doncel, Miguel Angel: director general de Soluciones Gráficas por Ordenador (SGO). “El futuro será virtual”. *Experimenta* nº 15.

<sup>27</sup> Reales, Lluís: “El nuevo software Maya revoluciona la creación de imágenes sintéticas”. *Suplemento La Revista, La Vanguardia*. 22-03-1998 p.18

<sup>28</sup> Así como los dibujos muchas veces transforman la información en percepción mejor que en palabras, también se puede hacer mediante la manipulación de objetos una mejor transmisión de intereses que más adelante pueden ser trasladados a un modelo. La posibilidad de abarcar y manipular imágenes de conceptos que antes no se podían representar visualmente podría proporcionar buenas ideas mejoradas gráficamente con la ayuda de un ordenador.

imágenes sintéticas, o 3D, se está llegando a unas definiciones que hacen difícil poder distinguir una imagen real de una infográfica. Se corre el riesgo de caer en el barroquismo<sup>29</sup> y ofrecer demasiada información, tanta que la empresa tenga dificultades para concentrarse en el concepto presentado. Las aplicaciones 3D ofrecen al diseñador la posibilidad de mostrar al cliente el concepto de diseño desde cualquier ángulo, simplemente cambiando de posición el modelo. Esto dará la posibilidad a ambos de deliberar respecto al concepto presentado de una manera más ágil. Además ofrecerá la posibilidad de observar los posibles acabados del producto, desde los colores a utilizar, el uso de diferentes materiales y tratamiento de texturas. Esto mismo con un modelo tridimensional sería mucho más complicado y es de entender que en las primeras fases esto se hace recomendable.

### **La representación de superficies complejas**

El paradigma en que se basan los programas infográficos les permite manipular y organizar con cierta facilidad colecciones más o menos complicadas de objetos que representan otros objetos materiales, y tal vez lo hacen mejor cuanto más material contengan los objetos representados. Sin embargo, fallan estrepitosamente en la descripción y la manipulación de la ambigüedad geométrica y material, característica de las primeras etapas de la concepción (Sainz y Valderrama)<sup>30</sup>.

El problema surge cuando se trabaja con superficies complejas. Los programas actuales tienen problemas para definir claramente ciertos parámetros. Por ejemplo el estudio de diseño ADN<sup>31</sup> que tiene entre sus clientes la empresa Ufesa, tuvo muchos problemas a la hora de elegir el software específico para estaciones de trabajo que pudiera resolver todos los problemas de superficie que tenían en el diseño de una nueva plancha. Después de analizar los programas más habituales del mercado, solamente encontraron uno que se adecuaba a estos requisitos. El resto de programas, analizados por las personas responsables de cada casa de software, tuvieron que admitir que sus programas no funcionaban bien con el tipo de superficies que generaba la plancha.

Ante esta situación, un grupo de empresas está desarrollando un software específico que solucione estos problemas. Dentro del marco Brite Euram<sup>32</sup>, este programa

<sup>29</sup> En opinión de Timothy Murray, director de los estudios de postgrado en cine y vídeo de la Universidad Neoyorkina de Ithaca existe un gran paralelismo entre las maneras de entender el espacio y el tiempo en el barroco y en el arte multimedia. Artistas que trabajan con estas técnicas han hecho alguna obra basada en el Renacimiento o en el Barroco. Se tiende a barroquizar las imágenes con el tiempo. [www.labart.univ-paris8.fr](http://www.labart.univ-paris8.fr)

<sup>30</sup> Sainz, Jorge y Valderrama, Fernando: op. cit., p. 11

<sup>31</sup> Entrevista personal con Brigitte Sauvage, miembro fundador. 21-10-1998.

<sup>32</sup> Proyecto europeo de investigación sobre la innovación. N° BE 96-3579

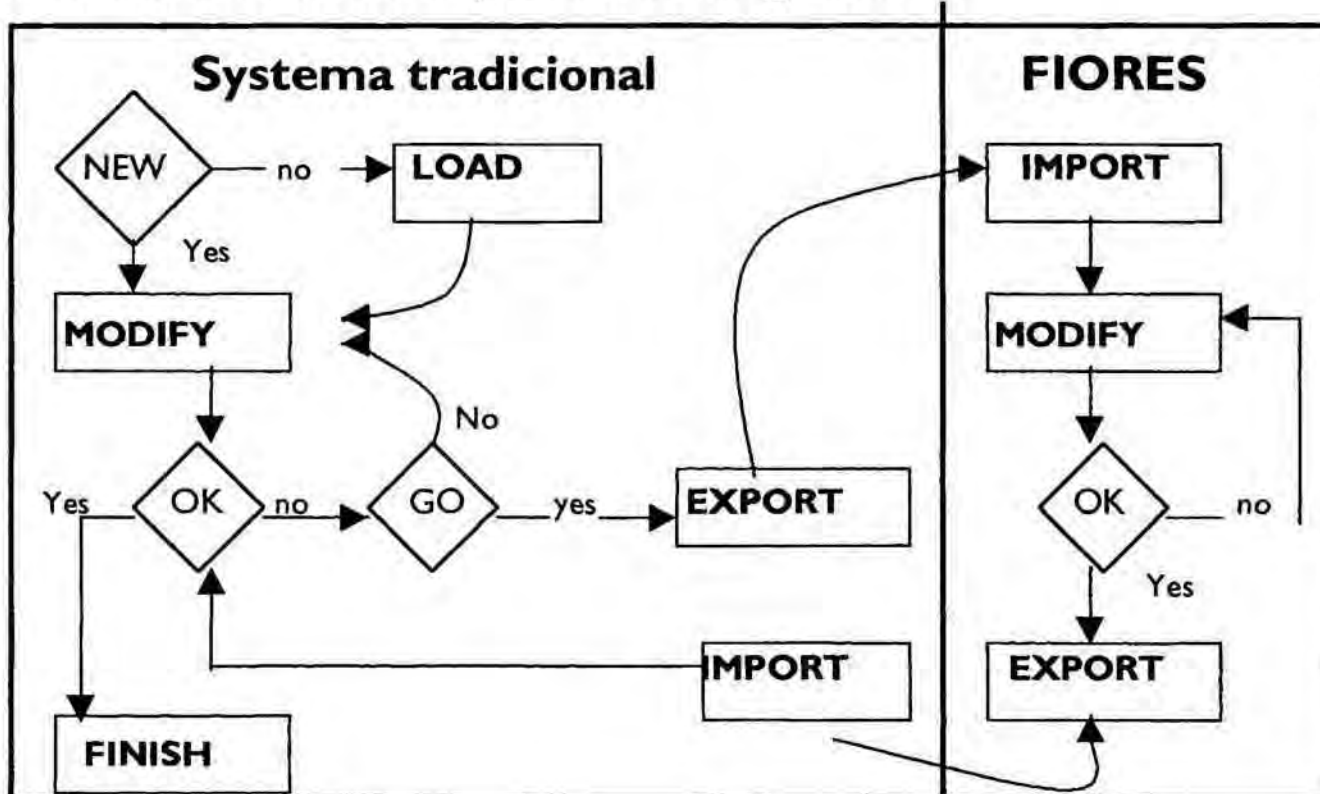
Dentro del I° Programa Marco, destacan los programas Brite (Tecnologías Industriales) y Euram (Materiales Avanzados). En el II Programa Marco (1987-1991) se fusionarían convirtiéndose en uno de los programas comunitarios más asequibles adaptados al tejido industrial. Los procesos industriales, la robótica, la fabricación flexible, la incorporación del ordenador a todas las fases del diseño y fabricación y los nuevos materiales constituían los objetivos de Brite/Euram.

III Programa Marco (1990-1994). Sus objetivos son estimular la innovación tecnológica incluyendo la modernización de la industria tradicional y abordar con un enfoque integrado todo el ciclo de vida del producto, reduciendo el tiempo desde el diseño a la fabricación y mejorando los procesos productivos.



europeo reúne a empresas como Pininfarina, Saab, BMW o la barcelonesa Eiger<sup>33</sup>, en donde bajo el nombre de FIORES<sup>34</sup> se intenta crear un software para tratamiento de superficies complejas en donde trabajando con modelos virtuales, es decir 3D, se puedan sacar posteriormente los planos para su desarrollo o lo que es lo mismo, poder pasar a fabricación. Hasta hace poco el proceso se realizaba a la inversa y el trabajar en el ordenador con modelos 3D en ocasiones generaba los problemas de las anteriormente mencionadas superficies complejas.

El escenario de la futura aplicación es el siguiente:<sup>35</sup>



IV Programa Marco, período 1994-98. La fábrica del futuro es el fin último del IV Programa Marco. 12.000 millones de euros. La investigación se concentrará en tecnologías ligadas a los estadios críticos de los sistemas de producción de los que depende la competitividad europea. Los contenidos temáticos son: nuevos métodos de diseño para productos y procesos, aplicación de tecnologías ayudadas por ordenador, prototipos rápidos, nuevas técnicas de fabricación, etc.

Desarrollo Tecnológico. N° 6. Enero 1994. I+D comunitaria: p.15-16

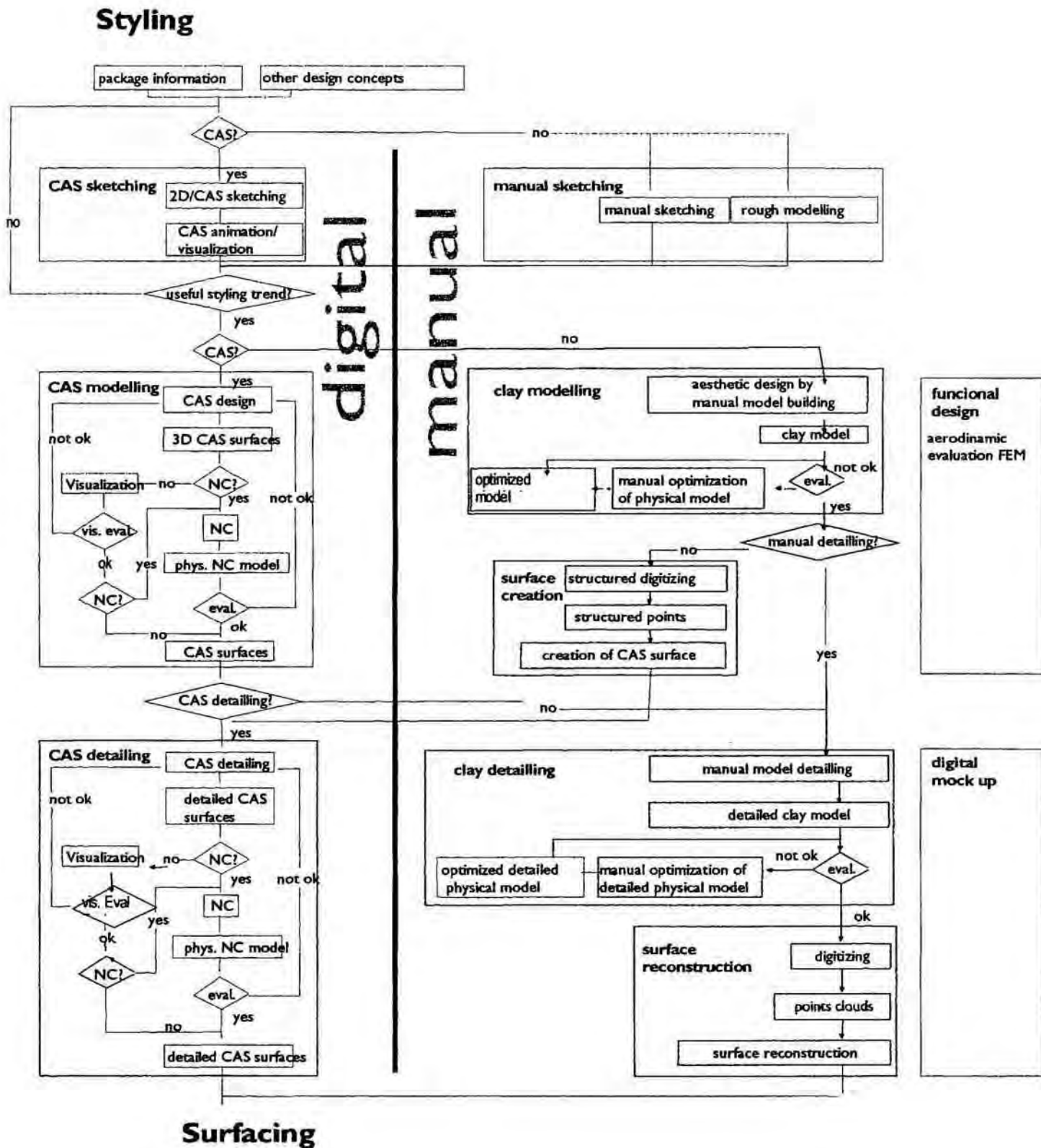
- <sup>33</sup> Participantes:
- |   |            |
|---|------------|
| Universität Kaiserslautern                    | (Alemania) |
| Bayerische Motorenwerke AG                    | (Alemania) |
| Instituto per la Matematica Applicata del CNR | (Italia)   |
| Pininfarina Studi e Ricerche                  | (Italia)   |
| Matra Datavision                              | (Francia)  |
| Samtech S.A.                                  | (Bélgica)  |
| Centro Internacional de Métodos Numéricos     | (España)   |
| Eiger S.L                                     | (España)   |
| Electrodomésticos Taurus                      | (España)   |
| Formtech AB                                   | (Suecia)   |
| Saab Automobile AB                            | (Suecia)   |
| UDK Utveckling                                | (Suecia)   |

<sup>34</sup> FIORES (Formalization and Integration of an Optimized Reverse Engineering Styling Workflow). Formación e integración de la mayor optimización del estilo en ingeniería en el proceso de trabajo. FIORES es un módulo para acoplar a programas de ordenador en la creación de superficies de forma compleja en CAD.

<sup>35</sup> Realizado por: FORMTECH AB Design Modell Teknik.

El proceso de trabajo que se propone en FIORES, difiere claramente de los procesos anteriores, éstos con un claro carácter manual. En FIORES se propone el trabajo de creación con herramientas informáticas, del tipo Alias, y el resto de fases serían extensiones de esta primera. Como proceso de trabajo en el diseño de un producto y atendiendo a los problemas que generan las superficies complejas, se potencia el uso de estas herramientas frente a las técnicas tradicionales, augurando por supuesto la superación de estos problemas<sup>36</sup>:

**FIORES – Scenario of Workflows**



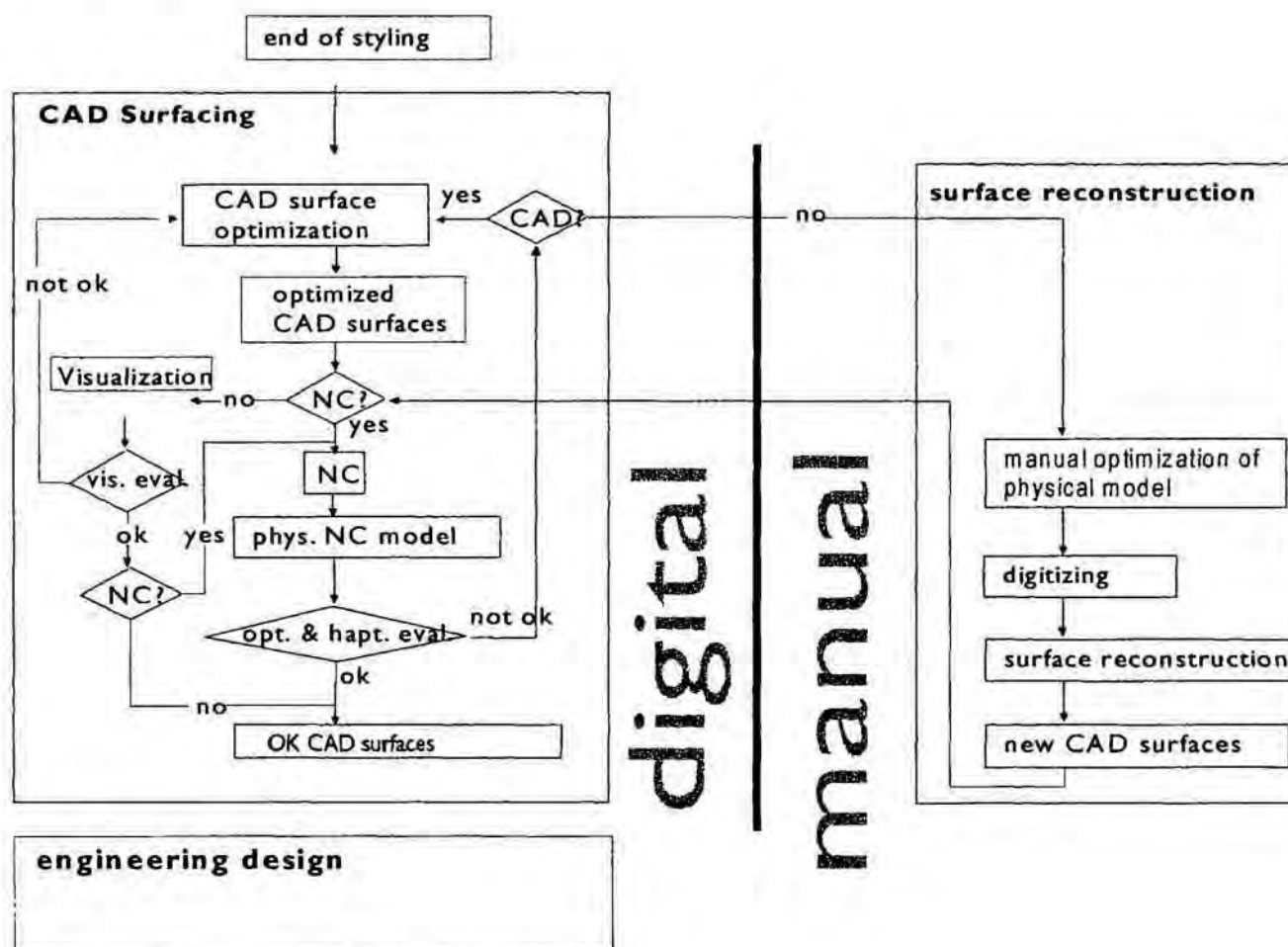
<sup>36</sup> Fuentes Eiger. C/ Caspe, 114. Barcelona. Mayo 1998



En este primer apartado se puede comprobar como se proponen desde un primer momento técnicas de bocetado con ordenador (CAS). Curiosamente el proceso de trabajo se compone de un número mayor de fases, pero con una mayor interrelación entre ellas, originando por tanto un proceso de trabajo muy ágil. En el segundo esquema se propone la creación de modelos virtuales y modelos reales, eliminando el clay, material que en el desarrollo del diseño de automoción ha sido hasta este momento imprescindible.

## FIORES – Scenario of Workflows

### Surfacing

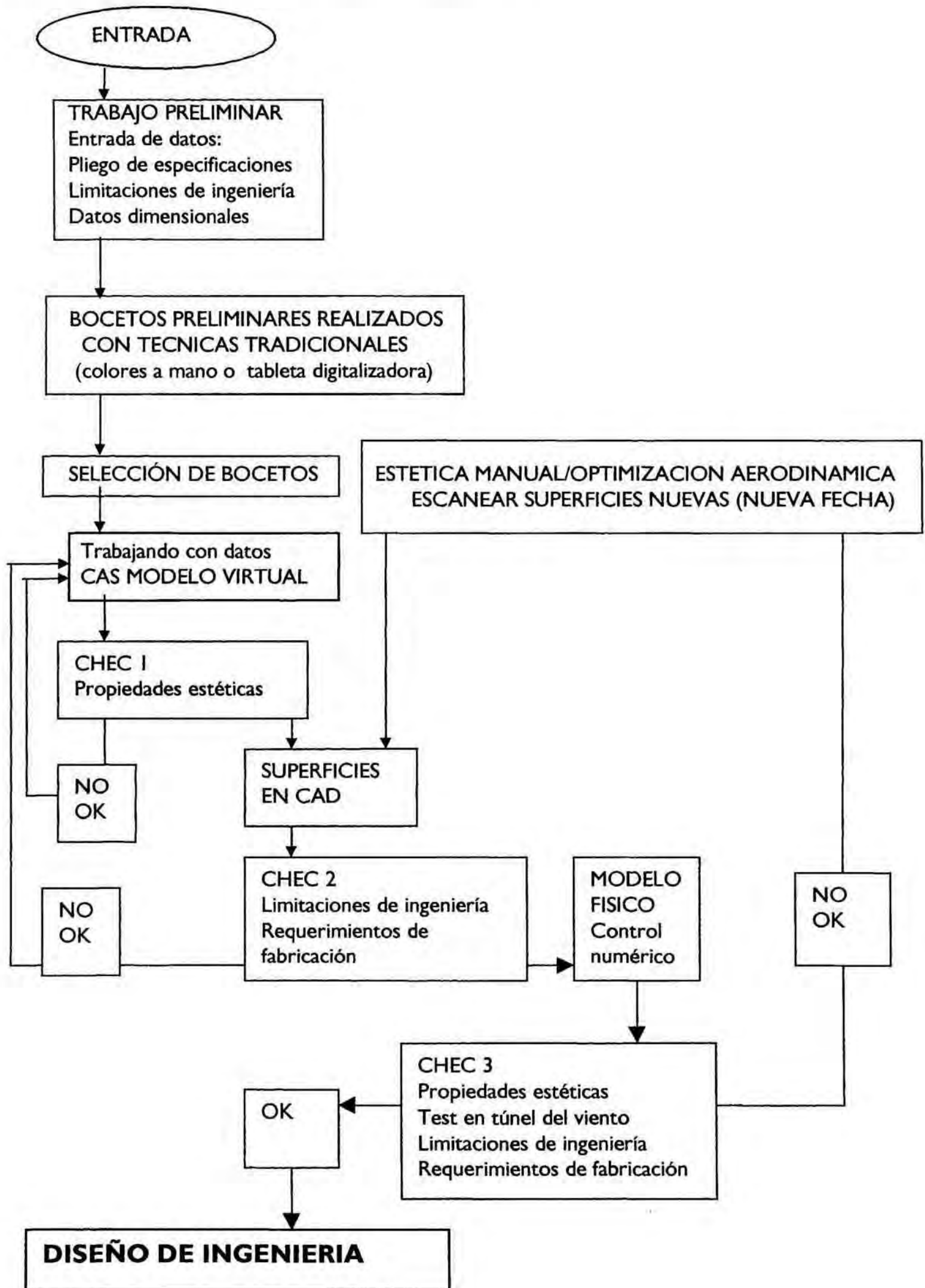


Estudios de diseño como Pininfarina trabajan en este proyecto. Actualmente este estudio especializado en el diseño de automóviles trabaja con sistemas CAS, es decir, desde un primer momento trabajan las primeras fases con ordenador, incluso realizan los primeros bocetos con el programa Alias Studio. En el caso de realizar algún boceto con técnicas tradicionales, posteriormente lo digitalizan y lo trabajan con este programa. BMW sigue un esquema parecido. Es el mismo caso de Peugeot,<sup>37</sup> donde sus diseñadores trabajan las fases creativas con este programa. El proceso de diseño que sigue Pininfarina es el siguiente:<sup>38</sup>

<sup>37</sup> Entrevista personal realizada a Dominique Leonard, diseñador de interiores de Peugeot, 24-11-1998

<sup>38</sup> Fuentes Eiger. op. cit.

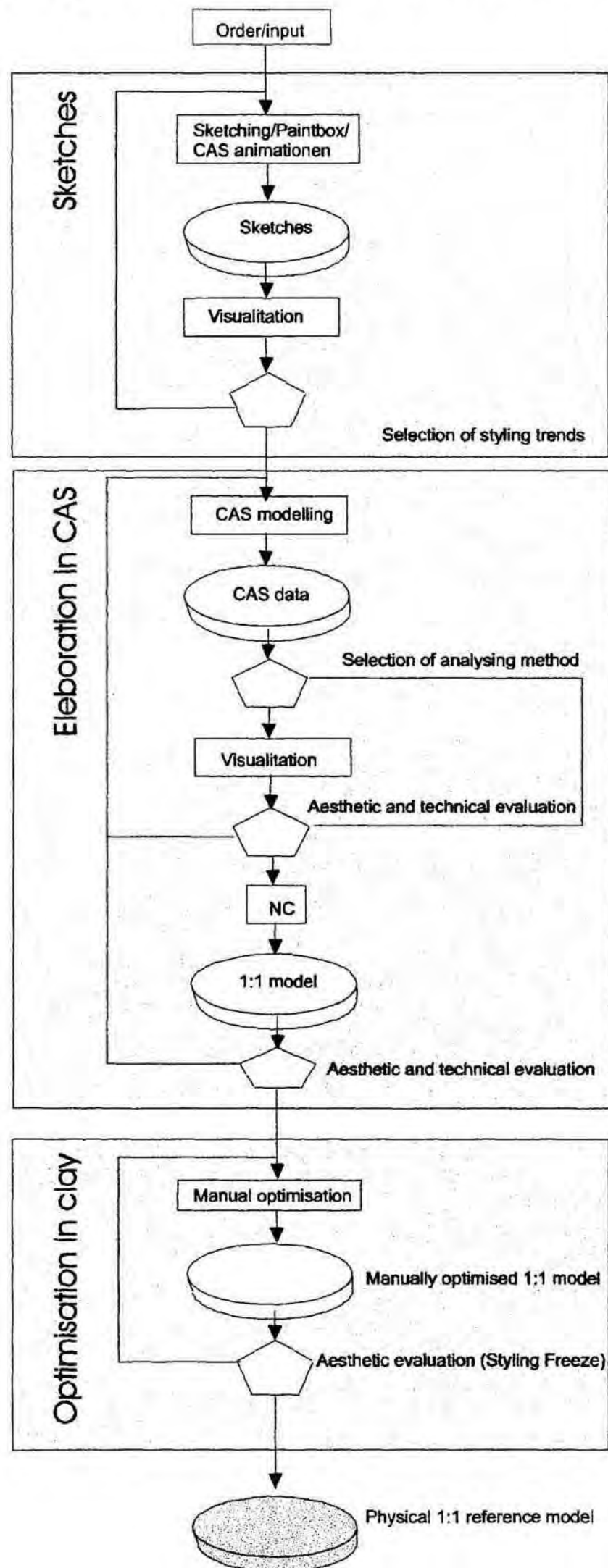
# PININFARINA WORK FLOW PROCESS



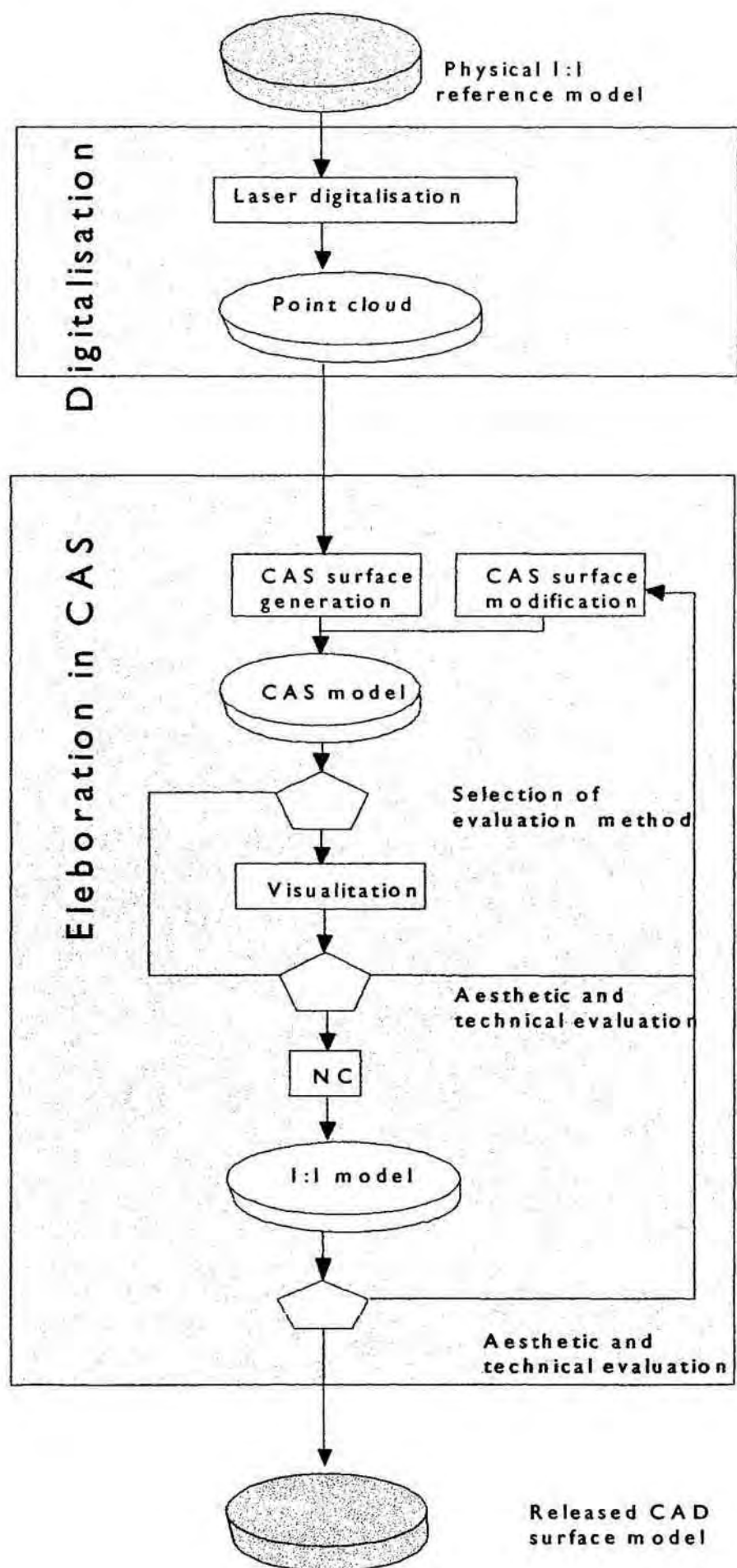


El proceso que sigue BMW en el diseño de estilo de superficies de automóviles es el siguiente:

## Styling Process Chain of BMW



# Styling Process Chain of BMW





Los primeros bocetos se realizan directamente por medio de paletas gráficas. Se desarrollan cuerpos básicos y bocetos animados basados en CAS (Computer Aided Styling). Con la ayuda de programas de simulación se visualizan las alternativas y se discuten. Posteriormente se pasa a una selección de las tendencias de estilo de los modelos. Se estudian los detalles en CAS incluyendo animaciones a escala 1:1 de los modelos. BMW encuentra que con las visualizaciones técnicas disponibles actualmente no pueden tomar ninguna decisión respecto a las formas 3D. Sin embargo la simulación es muy útil para discutir innumerables temas. Paralelamente para encontrar la forma conceptual y los aspectos técnicos se ha de elaborar un modelo real tridimensional. Las modificaciones se realizarán sobre los modelos seleccionados que serán modelados en una arcilla especial (Clay). Para BMW la fase de modelo en arcilla es todavía de importancia decisiva debido en parte a la facilidad con que se pueden modificar ciertos detalles del automóvil, detalles que con las herramientas de visualización por ordenador existentes actualmente no se encuentran y sí en cambio se dan en el modelado tradicional (Noviembre 1997). Una vez realizadas las modificaciones pertinentes se pasa a la evaluación final del modelo denominado "Styling Freeze" que quiere decir el modelo final, realizado por medio de una fresadora (generalmente de 5 ejes).

Una vez que han realizado el modelo "Styling Freeze" pasan a la siguiente fase consistente en un primer momento en la digitalización del modelo para posteriormente trabajarlo con CAD. En fases posteriores, los controles de calidad y las soluciones alternativas son discutidas con la ayuda de la simulación y visualización, es decir, por medio de programas de RV. BMW indica que las técnicas de visualización actuales existentes no garantizan un proceso seguro en la evaluación de formas 3D y es por esta razón que aún realizan los modelos en clay.

### **Animación Informática**

Aparentemente al concepto animación en informática podrían dárseles dos significados: el primero sería el concerniente a la posibilidad de movimiento del objeto que se está diseñando en pantalla, entendiendo por movimiento: giros, rotaciones, desplazamiento de partes. El segundo correspondería a un acercamiento mayor a la realidad del objeto, es decir, poder observar el objeto ya sea en rotación, giro, desplazamiento, incluso en un ambiente, con una alta calidad en cuanto al realismo de la escena, pudiendo transformar la iluminación del objeto, los colores, las posturas, los materiales, las sombras, reflexiones y transparencias.

El primero de los significados anteriormente mencionados corresponde más al campo de la creación 3D. La posibilidad de rotar y girar el objeto que se está creando en pantalla se hace necesaria dada la dificultad que presentan ciertas superficies y la ayuda que ofrecen en todos los sentidos al diseñador. La diferencia se encuentra principalmente en conseguir que este movimiento se realice de forma inmediata a los requerimientos del proyectista. Este tipo de movimiento es lo que anteriormente se denominó tiempo real (página 442). Actualmente son las estaciones de trabajo las que ofrecen esta posibilidad de modelar objetos 3D y poder observar

todos sus ángulos al tiempo que se realizan los cambios pertinentes. Cuando las plataformas de trabajo no son lo suficientemente potentes el diseñador se ve en la obligación de trabajar más lentamente. Cuando la posibilidad del movimiento en tiempo real no existe el diseño se hace más laborioso y pesado. Las dificultades aumentan. Actualmente los programas de diseño 3D que ofrecen la posibilidad de trabajar en tiempo real tienen también dificultades en generar estos movimientos cuando las superficies del objeto se encuentran tratadas con texturas especiales, sombras, transparencias, etc. Este problema no existe cuando las máquinas empleadas son potentes; programas del tipo Solid Designer de HP, etc.

La otra posibilidad es entender la animación como un proceso aparte de la concepción del producto, entendiendo este proceso como una fase de evaluación. La animación puede emplearse en aquellas presentaciones en donde sea verdaderamente una ayuda el poder observar el producto desde innumerables ángulos, y sirva para decidir seguir una línea de trabajo.<sup>39</sup>

En el segundo de los significados se denominará animación informática a las infografías, imágenes estáticas de alta calidad tratadas con técnicas de iluminación, colores, texturas, emulación de materiales, sombras propias y arrojadas, reflexiones y transparencias que pueden ser visualizadas en movimiento. Dichas técnicas permiten emular la realidad tal como lo hacen el ojo humano o la lente de cualquier cámara, y jugar visualmente con imágenes transformadas y conseguir visualizaciones imposibles, atravesando paredes con la cámara, o dotando de vida a objetos inanimados y dando a la visualización otro atractivo.

La animación informática tiene su origen en el campo del cine y la televisión. En el pasado, los gráficos por ordenador y la producción de películas evolucionaron por caminos separados. La esperanza de que los mundos generados por ordenador se acercaran al fotorealismo de las películas era muy pequeña, sin embargo, la tecnología de los ordenadores encontró su camino hacia Hollywood. Ahora, las señas de creatividad y técnicas de animación de Hollywood están siendo adoptadas en el mundo de las aplicaciones con ordenador. Entre los caminos, antes divergentes, de las películas y los gráficos por ordenador, se están llevando a cabo numerosas colaboraciones y negocios. En opinión de Casey Larijani (1994)<sup>40</sup>:

*“El arte y las tecnologías están convergiendo”.*

Como suelen decir en animación, *“un ordenador no es más que un lápiz muy caro y sigue siendo necesaria la mano de un artista tras la máquina para conseguir el resultado*

<sup>39</sup> Desde 1988 el diseño Renault recurre al ordenador para la creación de maquetas. Es en 1988 cuando se constituyó un equipo especializado en imágenes de síntesis. Para Renault la imagen de síntesis es en primer lugar una herramienta al servicio de la concepción. Este equipo ha hecho diversas películas entre las que cabe mencionar “Los ciudadanos” que pone en escena vehículos eléctricos e híbridos del mañana en auténticos decorados poblados de automovilistas y de peatones de hoy, logrando una integración muy buena entre lo real y lo virtual.

Renault: “Investigación y desarrollo”. op. cit.,

<sup>40</sup> Casey Larijani, L.: *Realidad Virtual*. Madrid, Mc. Graw-Hill, 1994, p. 113



*adecuado*". Sin embargo, la invasión que llega de películas generadas en su totalidad por ordenador, como *Antz*, o la fascinación existente por las texturas de estas imágenes, capaces de crear una sensación mucho más real de tridimensionalidad, hace pensar si no se estará presenciando los últimos días del lápiz, sus últimas visitas al sacapuntas.<sup>41</sup>

El uso de los ordenadores en el cine está cambiando la economía de esta industria. Es una fuerza imparable. Económicamente, el coste de estas películas está por debajo de la animación tradicional, un 30% más baratas, aunque esta es una cifra discutida entre ambos bandos, y sus resultados pueden ser igual de impresionantes, como demostró el éxito de *Toy Story*.

*"No es más que una técnica diferente que no reemplazará nada. Mucha gente pensó que la fotografía significaría el fin de la pintura y el tiempo ha demostrado lo contrario"*<sup>42</sup>

Tranquiliza John Lasseter, director de *Bug's life*, a sus rivales. Amante de la animación tradicional, en su opinión, trabajos como el de *Mudito*, uno de los de "Blancanieves y los siete enanitos", o la fuerza de los dibujos de Glen Keane en *Tarzán* nunca podrán ser sustituidos por un ordenador. Además siempre cabe la posibilidad de la simbiosis, como muestra *Mulan* en el ondear de las banderas o en el ataque de los hunos.<sup>43</sup>

Lo cierto es que la animación por ordenador avanza de manera espectacular. Pero cabe entonces la pregunta: ¿con qué herramientas se consiguen todas estas maravillas?. Se debe contar con lo que técnicos de Hardware llaman una máquina 3D, que no es, ni más ni menos que una estación de trabajo, de altas prestaciones, gran capacidad de RAM, mucha velocidad de proceso, una tarjeta gráfica potente, la posibilidad de entender y almacenar modelos para ser visualizados y moverlos sin intervención del software. Estas máquinas permiten ver modelos de hilos o sólidos, y hasta sus sombras casi instantáneamente. Actualmente con la potencia que están alcanzando los últimos PCs la posibilidad de animación se está extendiendo al gran público.

También será necesario un buen programa de animación. Casi todos, están compuestos por cuatro módulos:<sup>44</sup>

I- *El modelador*, generador de objetos que se van a visualizar.

<sup>41</sup> A. R.: "Lápices contra ordenadores". *El País*, 22-11-1998, p. 13

<sup>42</sup> Lasseter, Jhon: En "Lápices contra ordenadores". op. cit., p. 13. "El mejor ejemplo es que siempre dejamos para el final las escenas más complicadas, que en ese momento no podemos hacer, y para el final de la película ya tenemos la tecnología necesaria".

<sup>43</sup> Los animadores tradicionales proporcionan ejemplos de movimientos de los caballos en la nieve a los encargados de las imágenes por ordenador, que, siguiendo esta línea, pudieron crear una escena que en animación tradicional hubiera perdido fuerza y volumen.

<sup>44</sup> Giaroli Dumois, Daniel Aldo: "Animación y arquitectura". Sevilla. Terceras jornadas de informática aplicada a la arquitectura, 1992, p. 47. Giaroli es arquitecto y trabajó en el Departamento de CAD de EXPO'92.

- 2- *Un editor de materiales*, herramienta que permite dotar de colores, texturas, brillos y propiedades a los materiales de los objetos.
- 3- *Un generador de visualizaciones*, que deja encadenar imágenes, enlazando los veinticinco frames (25 cuadros), que componen un segundo de animación.
- 4- Finalmente, una herramienta para realizar *renders* y *volcados* de éstos a un magnetoscopio.

#### *Modelador:*

Los mejores programas de animación han sido creados para prestar servicio a diseñadores y realizadores de televisión o cine. Fundamentalmente se crean efectos jugando con objetos relativamente simples, y con un cuota muy alta de creatividad se consiguen imágenes sorprendentes, pero éstas, no requieren gran precisión en la escala o en su posicionamiento en el espacio. Es por esto, que las herramientas con que se modela tienen muchas posibilidades a la hora de gestar la precisión que se aplique en el diseño, como un atributo esencial. Los diseñadores se encuentran normalmente más cómodos generando los modelos con los tradicionales sistemas de CAD. Una vez creados, pueden ser trasladados a los formatos requeridos por los programas de animación. Pese a estos, debe tenerse en cuenta que dichos modeladores permiten:

- *Deslizamientos*. Generación de sólidos a partir de una forma poligonal que se desliza a lo largo de curvas arbitrarias en el espacio.
- *Barridos*. Barrido de polígonos en una sola dirección del espacio.
- *Revoluciones*. Giro de una curva abierta o cerrada alrededor de un eje.
- *Superficies regladas*. Partiendo de dos polígonos cualesquiera en distintas cotas, asociación explícita de puntos de ambas curvas.
- *Superficies en planos distintos*. Dadas a cuatro líneas, que configuran el borde la superficie resultante; son conectadas por planos diferenciales, cuadrados o triangulares.
- *Secciones variables*. Generación de un sólido dando distintas secciones a distintas cotas.
- *Formas primitivas*: conos, prismas regulares, esferas, toros, etc.
- *Inserciones*. Cualesquiera de los modelos previamente definidos, pueden insertarse en cualquier posición y orientación, pasando a formar parte del nuevo modelo que se está creando. Esto permite manejar una biblioteca de modelos (página 565).

Se puede observar como el modelo resultante es la suma de varios modelos. Operaciones booleanas:

- *Adición*. Cualquiera de las partes de un dibujo puede ser añadida a otra u otras para formar un cuerpo único.
- *Sustracción*. El modelo a crear puede ser el resultado de sustraer un sólido a otro o cortarlo por medio de otro cuerpo ya creado en una cierta zona.
- *Intersección*. El modelo se crea como la parte única común de dos o más sólidos que se interceptan.



- *Por coordenadas.* Se genera la superficie por puntos (x, y, z) interpolando dichas superficies

#### *Editor de materiales:*

Estas herramientas permiten generar luces, dar determinado brillo o intensidad; ofrecer una dirección determinada o un cono de acción. También pueden generarse atmósferas, nieblas de luz, etc. Se puede elegir y componer colores teniendo en cuenta la descomposición de tales colores mediante RGB, combinación de distintas cantidades de rojo, verde y azul; o composición por elección de color, saturación y brillo (HSV). Se permite además crear y emplear texturas emulando porosidades, rugosidades, superficies pulidas, reflectantes, etc. Las superficies adquieren entonces características y propiedades de respuesta ante distintos estímulos lumínicos. Todo esto puede ser almacenado en un biblioteca de materiales y texturas empleables en el futuro.

#### *Generador de visualizaciones:*

Una vez que se tienen los modelos, y con estos la composición de sus materiales, las luces y atmósferas con que se va a trabajar, ya se puede visualizar y recrear distintas situaciones. Las cámaras de que se dispone para filmar, tienen la posibilidad de ajustar las lentes que se necesiten, emulándolas, ya sean reales o imposibles. Tanto las cámaras, como los objetos pueden moverse, desplazarse, escalarse, deformarse, etc. Se puede fijar la cámara a un recorrido predefinido por un línea cualquiera en el espacio o componer tras múltiples visualizaciones con los consiguientes cambios de plano. Los objetos pueden moverse relativamente siguiendo los movimientos de otro objeto: hacer andar un robot, mover su mano, su antebrazo, su brazo, el tronco, etc. Todo coordinado y a un tiempo. Emular los movimientos de traslación y rotación de un sistema planetario con sus satélites, etc. Al definir los movimientos del objeto "padre" los que están supeditados a él, le seguirán.

Para deformar los objetos, escalarlos, moverlos sinusoidalmente en un sentido y no en otro, etc. se cuenta con canales de movimiento que dejan no solo trasladar, rotar, deformar, transformar, descomponer, hacer un objeto invisible un instante y visible más tarde, incluso cambiar el color o el material de un objeto en el tiempo, lo que da la posibilidad de recrear por ejemplo, el desarrollo de un objeto, desde sus fases iniciales, el primer concepto, hasta la alternativa final.

#### *Rénders y volcado de imágenes:*

Una vez elegidos todos los planos e imágenes y encadenada toda la visualización, se deberá trasladarla a una cinta de vídeo procesable por un magnetoscopio. Se debe tener en cuenta, que generar un solo segundo (1") de animación, requiere veinticinco imágenes finales; es decir, cada cuatro con el rénder final, con todo el tratamiento y composición por superposición o suma de imágenes. Se puede almacenar todas estas imágenes previamente en un soporte físico, como un disco y volcarlos mediante una herramienta que controlará el magnetoscopio desde el ordenador; es decir avanzará y posicionará la cinta en el cuadro adecuado y plasmará sobre ella la imagen que le corresponde; o podrá hacer este proceso a la vez que genera la imagen (el rénder

adecuado).<sup>45</sup> A todo este proceso, se debe sumar posteriormente la adaptación, postproducción, montaje de sonido, etc. Para esto también se cuenta con herramientas que permiten ajustar sonidos en un período de tiempo determinado; es decir que pueden establecerse puntos precisos en los que se desee un sonido determinado y el ordenador comprime o extiende silencios de forma imperceptible para que el ajuste sea perfecto.

Otra herramienta muy potente que puede emplearse en este medio, es la *paleta de animación*. Este es un sistema que permite almacenar cuadros de una película determinada; se puede dibujar y manipular las imágenes ya filmadas, establecer una imagen inicial, y una final: *la paleta* procesará la información y generará toda la información intermedia. La película *Terminator II* es un buen ejemplo de modelado, animación y tratamiento con paleta.

Mediante la animación, uno puede ser espectador de un hecho que aún no existe, como si ya fuera tangible, en esto, y en el atractivo que supone la visualización de *síntesis de imagen*, reside el éxito de estos novedosos tratamientos de informática gráfica. No se requieren modelos muy complejos, ni definiciones excesivas para conseguir animaciones amenas e impactantes, como en los buenos proyectos, la cuota de definición debe ser la exacta, y la metodología a emplear para mostrar un producto o un conjunto de productos, la adecuada para no caer en monótonos sobrevuelos. No todos los proyectos que se gestan, merecen ser animados o tratados infográficamente, pero se debería ser consciente de que esta tecnología está aquí al alcance de cualquier persona y los diseños de productos no solamente deben ser los mejores en calidad, sino ser presentados como los mejores.

No se deben olvidar los problemas que surgen cuando se trabaja en animación. En ocasiones, los trabajos presentados por los diseñadores, trabajos de gran complejidad en donde se presentan animaciones, quedan muy pobres de contenido. Lógicamente hay una disociación entre el experto que controla programas complicados y el diseñador que simplemente explica sus intenciones. En opinión de Escrig (1992)<sup>46</sup>, mientras no se facilite la tarea de modo que el diseñador y el animador sean la misma persona o el mismo equipo, los resultados serán decepcionantes.

---

<sup>45</sup> Silicon Graphics, Inc., ofrece una solución de nueva generación para el servicio de secuencias de vídeo y contenido multimedia, denominada WebFORCE MediaBase 2.0 que proporciona una plataforma completa para aplicaciones de servicio de secuencias de vídeo y contenido multimedia para Internet e Intranet.

<sup>46</sup> Escrig Pallarés, Félix: "Un escenario nuevo para la informática aplicada". Sevilla. Terceras jornadas de informática aplicada a la arquitectura, 1992, p. 55.



## LAS FASES DE DESARROLLO

Ya se ha dicho anteriormente que la introducción de la informática gráfica ha supuesto la integración de todas las fases propias del diseño industrial, pero donde más destacará esta integración en la creación de un nuevo producto, será en el desarrollo de éste.

Una vez testada la primera fase conceptual llega la correspondiente al propio desarrollo de la alternativa seleccionada. Para que este desarrollo se lleve a cabo con normalidad son requeridos procesos exactos y rápidos que proporcionen una gran seguridad en lo que se está realizando y estos procesos pasan por las tecnologías informáticas:

*“Las tecnologías de la información hacen que la información esté disponible y accesible para preferentes funciones y departamentos de la empresa. Las herramientas de información, sistemas informáticos en general, aceleran el proceso de desarrollo reduciendo el número de modelos y prototipos, ofreciendo grandes posibilidades de testeo y simulación de la producción con un considerable ahorro de tiempo”<sup>47</sup>.*

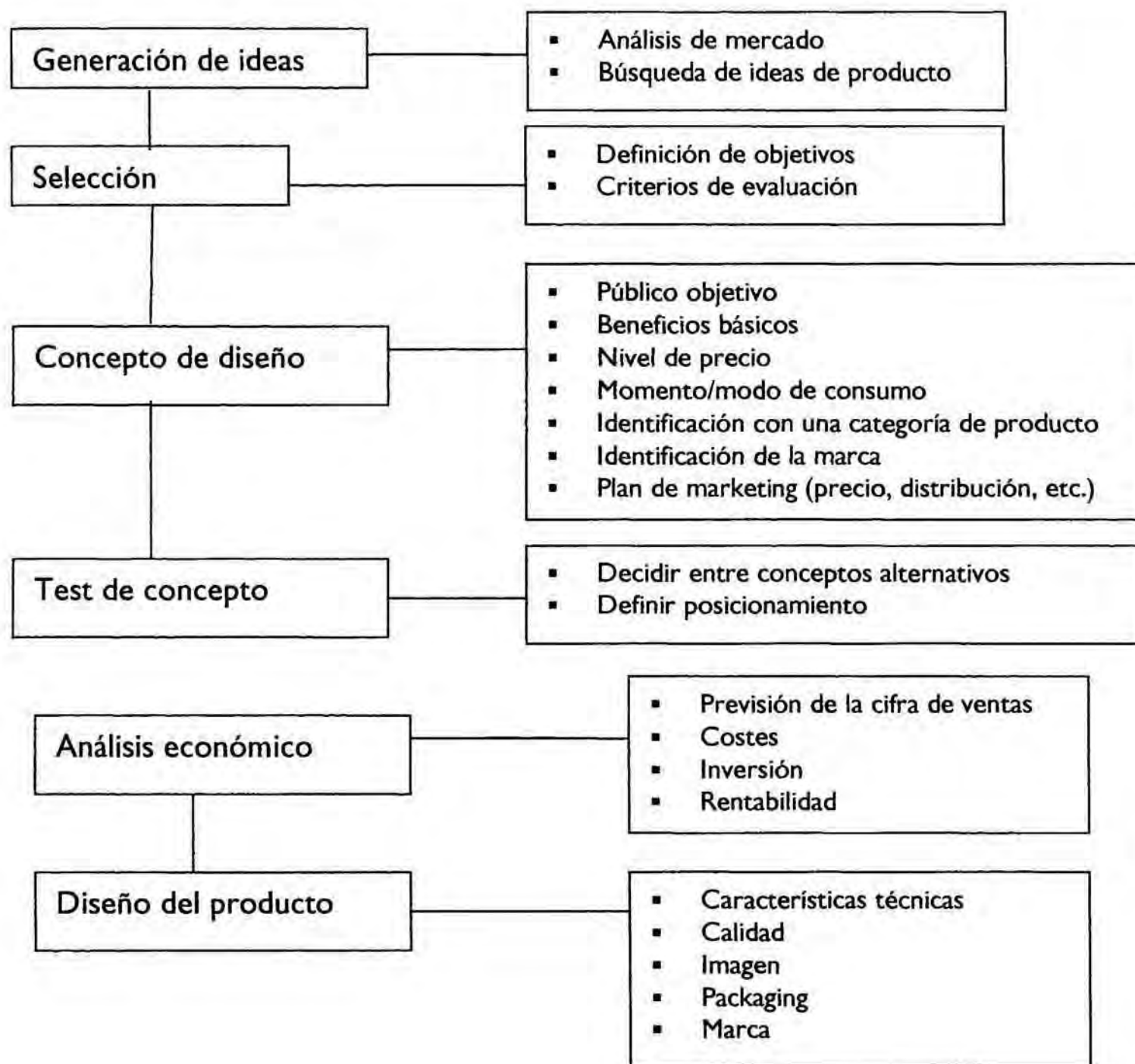
Si bien se pueden hacer muchas y muy diversas clasificaciones correspondientes a las fases que comporta un proyecto de diseño, se hará especial hincapié en aquellas que implican tanto a la empresa como al equipo de diseño. Por ejemplo, las fases del proyecto de un producto según Vitrac(1993)<sup>48</sup> se centran más en aspectos genéricos, en fases que pueden adecuarse mejor a un gran número de proyectos; en cambio parece más indicado centrarse en aquellas más vinculadas al diseño de productos industriales, tal como lo expone Mañá (1990)<sup>49</sup>. Por tanto, el proceso de desarrollo de nuevos productos sería el que sigue:

<sup>47</sup> Arbonés, Ángel Luis: *Nuevos enfoques en la innovación de productos para la empresa industrial*. Bilbao, Departamento Foral de Promoción y Desarrollo Económico. Diputación Foral de Bizkaia, 1990, p. 115

<sup>48</sup> Vitrac, Jean Pierre y Gaté, Jean Charles: *La estrategia de Producto y Diseño*. Barcelona, Ediciones Gestión 2000, S.A., 1993, p.181. Es de 1993 el original.

- Representación de vías creativas por el diseñador en el acatamiento del nuevo pliego de condiciones
- Presentación al grupo de dirección
- Evolución de las primeras elecciones concretas
- Realización de los primeros volúmenes
- Validación técnica y estudios de industrialización
- Prototipos
- Lanzamiento y control de presentes
- Variaciones eventuales al lado de grupos de consumidores o de prescriptores
- Estudios sobre el color y los materiales
- Condicionamiento
- Documentos de presentación. Esta fase debe ser entendida como la entrada en un sistema de producción creativa. El diseñador debe poder intervenir en cualquier momento.

<sup>49</sup> Mañá, Jordi y Balmaseda, Santiago: op. cit., p. 35



En este cuadro se debe tener en cuenta que los recuadros de la izquierda corresponde a las fases en sí, fases en las que queda directamente implicado el equipo de diseño, correspondiendo los recuadros de la derecha a las aportaciones que ha de realizar directamente la empresa. Por consiguiente, es de destacar como muchas de estas sub-fases, por no decir todas, requieren del uso de la informática gráfica. Lo que se está intentando es que al implicar en tantas fases a los equipos de diseño y a los departamentos de la empresa, el proyecto se agilice.

**Recorte en los procesos**

Como se indicó al comienzo de esta parte cuarta, se tiende a acortar cada vez más los procesos de concepción y desarrollo en los productos industriales. La aplicación de la informática gráfica ha contribuido a ello. Un ejemplo lo ofrece la casa Ford<sup>50</sup> en el diseño de su modelo Puma, el cual ha sido diseñado en tan solo 135 días, menos

<sup>50</sup> Ford ha diseñado un nuevo modelo, el Puma, que se ha hecho realidad en tan sólo 135 días. En 1993, se pidió a los diseñadores de Ford que diseñaran un cupé a partir de la base del Ford Fiesta “con un estilo deportivo”. Al poco tiempo se contaba ya con unos 50 modelos, de los que se eligieron seis como posibles conceptos para el nuevo coche.



de la mitad de tiempo que le lleva a cualquier compañía del sector hacer de una idea un producto real. La configuración del modelo se realizó trabajando sobre seis modelos con la ayuda del sistema CAID<sup>51</sup> (Computer Aided Industrial Design) de Ford. De los seis diseños iniciales sólo dos pasaron a la siguiente fase del proyecto cada uno de ellos con un código de color “rojo” y “azul” que simplemente se ajustaba al color que los diseñadores habían utilizado en cada uno de los proyectos. A partir del dibujo bidimensional de ambos diseños, el sistema tridimensional CAID creó las mallas tridimensionales para casar el diseño con las piezas fundamentales del coche. Con este sistema podían además reformar la estructura para perfeccionar la línea y el diseño del coche, dejando plena libertad a los diseñadores en la configuración del diseño final.

Es en esta etapa tridimensional cuando se introdujeron las piezas de ingeniería propias del coche así como el interior del mismo (hasta ese momento los diseños no eran más que simples croquis del aspecto exterior del vehículo) ya que, obviamente, la complejidad reside en el equipamiento del coche. Una vez completada la estructura básica, se procedió a dar una forma más real a esa malla añadiéndole texturas poligonales que le conferían un aspecto más sólido. El software permitía también situar el coche en un medio real (como puede ser un concesionario) para dar una idea del aspecto del vehículo en ambientes familiares.<sup>52</sup>

Por otra parte, la iluminación de los dibujos es también un factor importante a la hora de reflejar fielmente la realidad: en el dibujo los cristales eran transparentes, se eliminaron los reflejos de luz de las partes brillantes y se controló la posición de las sombras. Esto que es común a todos los paquetes de software de tres dimensiones no lo es tanto en paquetes de CAD que habitualmente utilizan las compañías. Con ello Ford consiguió una imagen absolutamente realista del modelo sin que para ello el observador tuviera que hacer un esfuerzo de imaginación a fin de visualizar el resultado final.

No hay nada como ver en primer plano y a escala real el modelo del coche propuesto. Ford cuenta con dos máquinas que, conectadas al sistema CAD, reproducen sin margen de error los parámetros definidos por los diseñadores e ingenieros para crear una maqueta de arcilla, por medio de plotters 3D o lo que es

---

<sup>51</sup> Un proceso de diseño que ha dejado atrás el viejo método del papel y el lápiz tradicionales. Se recrean las ilustraciones a gran tamaño de los nuevos modelos. Este sistema se sirve de un lápiz y de un bloc electrónicos que permiten crear imágenes bidimensionales y corregir errores sobre la marcha sin necesidad de gastar toneladas de papel.

<sup>52</sup> Como complemento a los dibujos y a los modelos de arcilla, Ford también creó una serie de simulaciones del Puma combinando modelos digitales con vidrios. La edición digital permitió colocar el coche sobre la carretera y presentarlo así en el mundo virtual. Los efectos especiales (gente andando alrededor del coche, etc.) ayudaron a incrementar esa sensación de realismo. Esa labor permitió ahorrar la construcción de varios prototipos antes de que se hubiese acordado el diseño definitivo. Sólo una vez que se hubo completado el diseño se pasó a la construcción de los prototipos con el objeto de desarrollar las prestaciones de conducción del coche. Se eligió el diseño azul. Se comenzó la fabricación de los prototipos y el período de pruebas en la carretera, fase que ningún ordenador puede simular con igual garantía. En: Lobo, Claude: “El salto del tigre”, T3. N° 8. 30 Octubre 1997, p. 45

lo mismo, fresadoras hasta de cinco ejes. De acuerdo con Claude Lobo<sup>53</sup>, directivo de Ford:

*“Las ventajas prioritarias de estas máquinas residen en su capacidad para reproducir rápida y fielmente los modelos físicos a partir de la información que genera el ordenador”.*

Esta máquina-herramienta puede cambiar continuamente de orientación en cinco direcciones y cuenta con dos portadoras que pueden laminar ambos lados del vehículo a la vez, ganando así tiempo en la reconstrucción del modelo<sup>54</sup>. Este tipo de máquinas eran junto a las de RP las estrellas en el salón de Frankfort de modelos y prototipos. Empresas como Mercedes, BMW, etc. trabajan con este tipo de máquinas.

Cuando se comienza de cero, se necesita al menos un equipo de doce personas que trabajen durante doce meses para convertir el diseño básico en un modelo a escala, unas 5760 horas de trabajo. Gracias a los ordenadores, esta misma labor, junto con las filmaciones y los efectos especiales, se realiza en tan sólo tres semanas con el trabajo de una sola persona, es decir, con 120 horas de trabajo.

Por ejemplo la casa Roland DG<sup>55</sup> ha sacado al mercado PCToolBox, un concepto que incluye un escáner digitalizador 3D, denominado PICZA<sup>56</sup> (210.000 PTA) y un plotter

<sup>53</sup> Lobo, Claude: en “El salto del tigre”, op. cit., p. 45

<sup>54</sup> Las cabezas de la máquina se mueven a veinte metros por minuto con un nivel de precisión de +/-0,075 m. Funciona como una impresora tridimensional y puede manejarse desde cualquiera de los siete centros de diseño que Ford posee en todo el mundo. Es necesario un equipo de cinco operadores por máquina para supervisar todo el proceso.

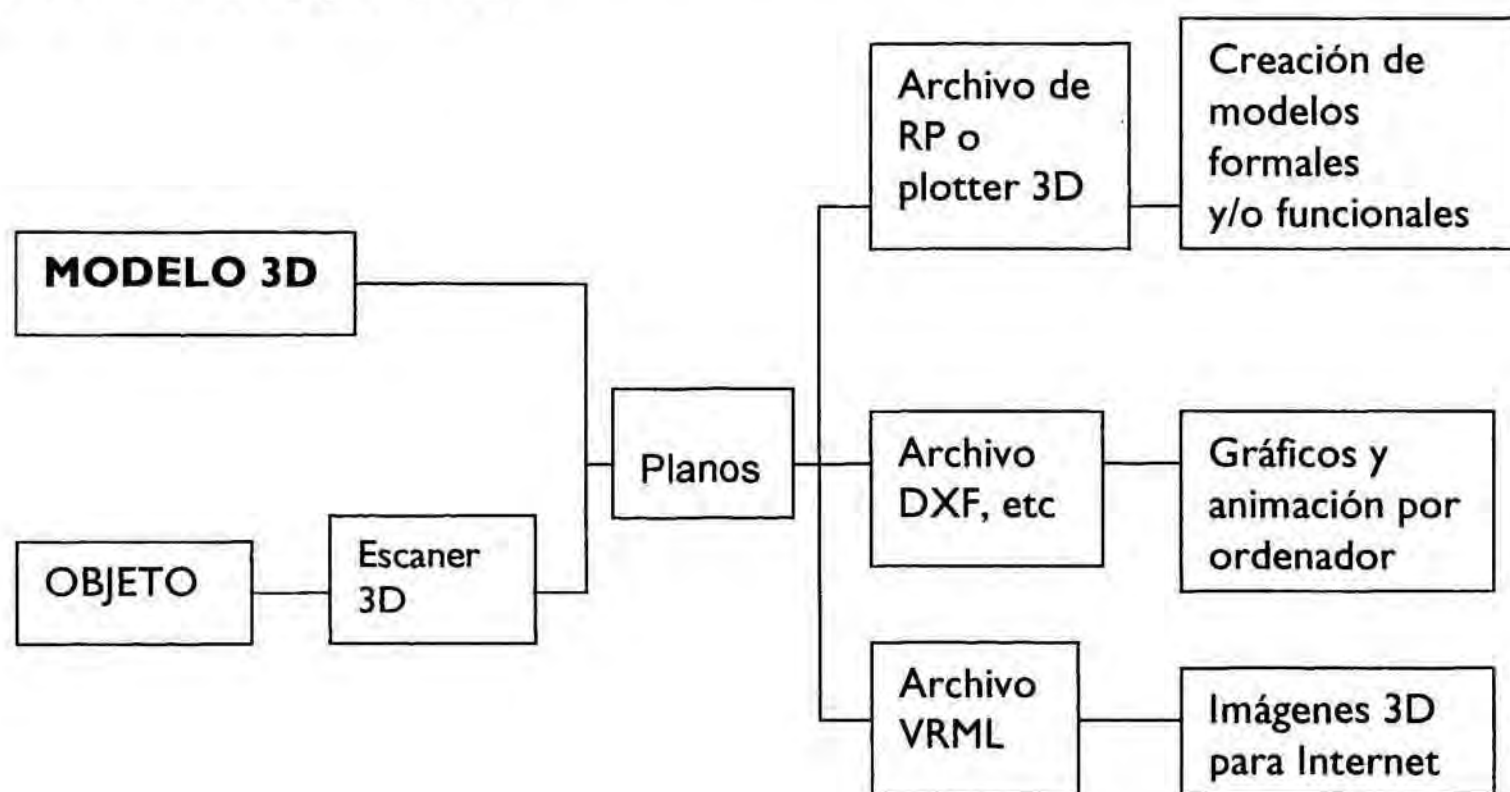
<sup>55</sup> <http://www.Roland.es>. Roland Corporation, grupo de alta tecnología electrónica al que pertenece Roland DG Corporation, es la compañía número 21 en el ránking anual de empresas japonesas de acuerdo a su nivel de “excelencia” empresarial, y su compromiso con todos los niveles de calidad, internas y externas, según la revista de negocios NIKKEI JAPAN. En 1980 Roland DG Corporation desarrolló sus primeros plotters trazadores para registrar las ondas de sonido producidas por su línea de sintetizadores musicales. Esta tecnología encontró una gran aceptación entre los profesionales técnicos en el inicio de la revolución CAD/CAM sobre plataformas PC. A mediados de los 80, la popularidad de los plotters trazadores de sobremesa se había extendido. En 1985 Roland DG presentó la primera máquina de modelado 3D CAMM-3. Este periférico de salida, proporcionó a los ingenieros la capacidad de fabricar prototipos de piezas con precisión, rapidez y seguridad desde sistemas CAD/CAM basados en plataformas PC.

<sup>56</sup> Precios Febrero 1998 sin IVA. PICZA es un escáner compacto 3D. Los escáneres 3D se han convertido en componentes esenciales en los estudios de efectos especiales de Hollywood así como en los talleres de gráficos por ordenador. Con este tipo de escáneres se puede explorar cualquier objeto para crear una imagen digital en 3D, la cual se puede editar y procesar en un PC, ampliando de forma fantástica el potencial para el diseño en 3D. Incluso aquellos que no tengan mucha experiencia en dibujo, podrán crear gráficos y animaciones asistidos por ordenador de calidad profesional gracias a la simple operación de explorar las figuras y modelos. Algunos de estos escáneres pueden explorar los datos con una precisión de un cabello, recoger incluso las más mínimas variaciones de una forma. El volumen de exploración en el caso de PICZA es de 150 mm en el eje X, 100 mm en el eje Y y de 40mm en el eje Z. Puesto que se trata de un escáner de tipo contacto, puede explorar vidrio y otros materiales transparentes. Además, acepta figuras de barro, frutas y otros objetos blandos con una gran precisión. Aunque no sea demasiado frecuente para el diseño 3D CAD, podrá explorar formas de barro para conseguir diseños por ordenador de calidad profesional para la producción de artesanía. Las exploraciones de PICZA se pueden guardar en



de modelado 3D de sobremesa MODELA<sup>57</sup> (150.000 PTA). Estos dispositivos, prometen el acercamiento del modelado 3D asistido por ordenador al usuario no profesional. El primero realiza un escaneado piezo-eléctrico que ofrece la posibilidad de trabajar con cualquier artículo 3D y exportarlo posteriormente a ficheros con formato VRML o DXF en 3D. Hecho esto, el software que acompaña al plotter, (en este caso Modela Player) es capaz de manipular estos archivos para ser reescalados y reproducidos en diferentes materiales como cera, plásticos, etc. Otras casa como por ejemplo Sanders<sup>58</sup> cuentan con plotters 3D igualmente destinados para estudios de diseño, pequeña empresa o particulares.

En el siguiente esquema se señalan las posibilidades que ofrecen un sistema completo de escáner 3D y plotter 3D.



Como se indicó anteriormente (en la página 513), la industria de la automoción arrastra a los demás. En esta competitiva industria, de la automoción,

formato DXF y VRML, de manera que puede utiliza esos archivos en una amplia gama de aplicaciones. Al combinarse con MODELA, la máquina de modelado PC Tool Box 3D, PICZA puede gestionar una amplia variedad de tareas creativas. Puede crear los objetos 3D con MODELA directamente de los datos de exploración, o editarlos primero con software para gráficos de ordenador y luego procesarlo con MODELA para conseguir un modelado más avanzado.

<sup>57</sup> MODELA es una combinación de hardware y software que permite diseñar y producir objetos tridimensionales (3D) directamente desde la pantalla del ordenador. Los modelos 3D pueden diseñarse con facilidad por medio del software que permite realizar y aplicar cambios continuos con los únicos límites de su imaginación. MODELA cuenta con tres componentes de software "MODELA 3D DESIGN", "MODELA 3D TEXT" y "MODELA PLAYER" desarrollados por Roland DG Corporation específicamente para este equipo. La utilización de un ratón y del software interactivo permiten la creación dinámica de diseños 3D en pantalla y su mecanización. Modelos, réplicas, miniaturas, joyas, juguetes, placas con nombres, símbolos para puertas, cebos para pesca, las posibilidades son infinitas. MODELA se trata de un equipo de mecanización con tres ejes. La tecnología de control 3D se concentra en un único y compacto cuerpo. El área de trabajo del MODELA es de 152.4 mm (eje-X) por 101.6 mm (eje-Y) por 40.65 mm (eje-Z). Incluye drivers para Windows 95 así como software para diseño en 3D.

<sup>58</sup> El modelo MMD con unos valores de: x=30,5; y=15,2; z=23. <http://www.sanders-prototype.com>

cualquier forma de trabajo que permita convertir las ideas de los diseñadores o ingenieros en realidad en el mínimo espacio de tiempo significa:

- Ahorrar muchas horas de trabajo y su coste subsiguiente.
- Llegar al mercado y lanzar nuevos modelos mucho antes que los competidores.

Al igual que en muchos otros campos, los ordenadores están haciéndose con el control de los procesos de diseño, pero esta es una idea que no todo el mundo comparte; así, Jhon Barber<sup>59</sup>, supervisor de la división donde se encuentran las máquina-herramientas, Ford afirma que los ordenadores complementan el diseño tradicional:

*“Los ordenadores no reemplazan el proceso de diseño tradicional sino que lo complementan. Existen todavía muchas cosas que ni siquiera la tecnología más avanzada puede reemplazar: la experiencia, la creatividad del hombre o sus emociones, y aunque no lo parezca, estos tres elementos son fundamentales a la hora de dar vida a un nuevo coche”.*

Lo que es evidente es que el diseño de coches por ordenador resulta mucho más rápido y sencillo y evita muchos errores. El software informa al ingeniero de las posibilidades reales del modelo y, en caso de que no sea posible fabricar el proyecto propuesto, el sistema CAD ofrece alternativas al diseño. En el pasado, era necesario presentar varios diseños a los ingenieros de fabricación para que pudieran hacer sus cálculos y comprobar si dicho proyecto era realizable. Estas pruebas duraban horas y horas de trabajo. Los ordenadores eliminan por completo este ir y venir de proyectos entre diseñadores e ingenieros, facilitando todo el proceso. Lo que se hace en la industria del automóvil luego llega al resto de los productos; la industria del automóvil marca la pauta.

### **Diseño Asistido por Ordenador**

Para el desarrollo del diseño de un producto es necesario el uso de herramientas CAD. La tecnología CAD es hoy de uso normal en oficinas de diseño y en los departamentos de las grandes y medianas empresas de todo el mundo<sup>60</sup>. Es frecuente que las pequeñas y medianas empresas, subcontratistas de las grandes, reciban información, gráfica y no gráfica, a través de cintas o diskettes, sin soporte de papel, con geometrías tridimensionales o superficies complejas que sólo pueden ser tratadas si se dispone de equipos de CAD. Prácticamente, todos los estudios de diseño, oficinas técnicas, ingenierías y los departamentos de diseño de las grandes y medianas empresas trabajan actualmente con CAD, en mayor o menor grado de implantación, y esta evolución ha continuado hasta hacer del ordenador, junto con el equipo informático adecuado, el instrumento más usual como medio de expresión gráfica. Esta época se caracteriza por una gran evolución tecnológica, con una rápida

<sup>59</sup> Barber, Jhon: en “El salto del tigre”, op. cit., p. 48

<sup>60</sup> Ya desde la época de los sesenta se empieza a utilizar software para gráficos, pero sólo los grandes ordenadores tenían la capacidad necesaria para soportar diseños gráficos. Es en los años 80 cuando se ofrecen sistemas de diseño basados en ordenadores personales, microordenadores de elevada velocidad de cálculo y memoria central de gran capacidad a precios asequibles, que si no pueden facilitar todas las funciones gráficas avanzadas y complejas de los grandes sistemas, permiten que el CAD entre de lleno en el mundo industrial, aportando una potente herramienta de trabajo a unos costos reducidos.



obsolescencia de los productos industriales y con un tiempo de respuesta cada vez más corto. Los ordenadores agilizan y flexibilizan todas las etapas del ciclo de un producto. En los últimos años, a medida que los costes han sido más asequibles, se han incorporado a esta tecnología empresas pequeñas e incluso profesionales independientes, consiguiendo grandes mejoras en plazos y en productividad, aunque se han cosechado también grandes fracasos, éstos últimos en general, se han presentado en aquellas aplicaciones que han olvidado que, en diseño, continúa el hombre siendo el proyectista, el elemento fundamental; el ordenador no es más que una herramienta, muy potente, pero herramienta al fin y al cabo, y como tal, supeditada al hombre.

Con la necesidad de la implantación del CAD en las empresas, se redactó el informe técnico<sup>61</sup> ISO/TR 10127 sobre *Técnica del Diseño Asistido por Computador*. En él se remarcan las diferencias entre el Dibujo Tradicional y el CAD, intentando regular la aplicación de estas nuevas herramientas. Las partes fundamentales del informe se referían a:

- Desarrollar la técnica CAD para que se reflejaran en ella las normas internacionales.
- Poner de relieve las ventajas e inconvenientes del CAD con relación al sistema tradicional.
- Clarificar la función del organismo ISO en cuanto a la normalización de la técnica de CAD.

El término CAD/CAM se asocia con una herramienta potente y fiable, pero sobre todo, con un método para aumentar la eficacia de las técnicas de diseño y fabricación, creciendo de modo paralelo su velocidad y exactitud. Así, la aplicación del CAD/CAM a la empresa puede esquematizarse de la forma siguiente, comparándola con los procesos tradicionales:

PROCESO TRADICIONAL

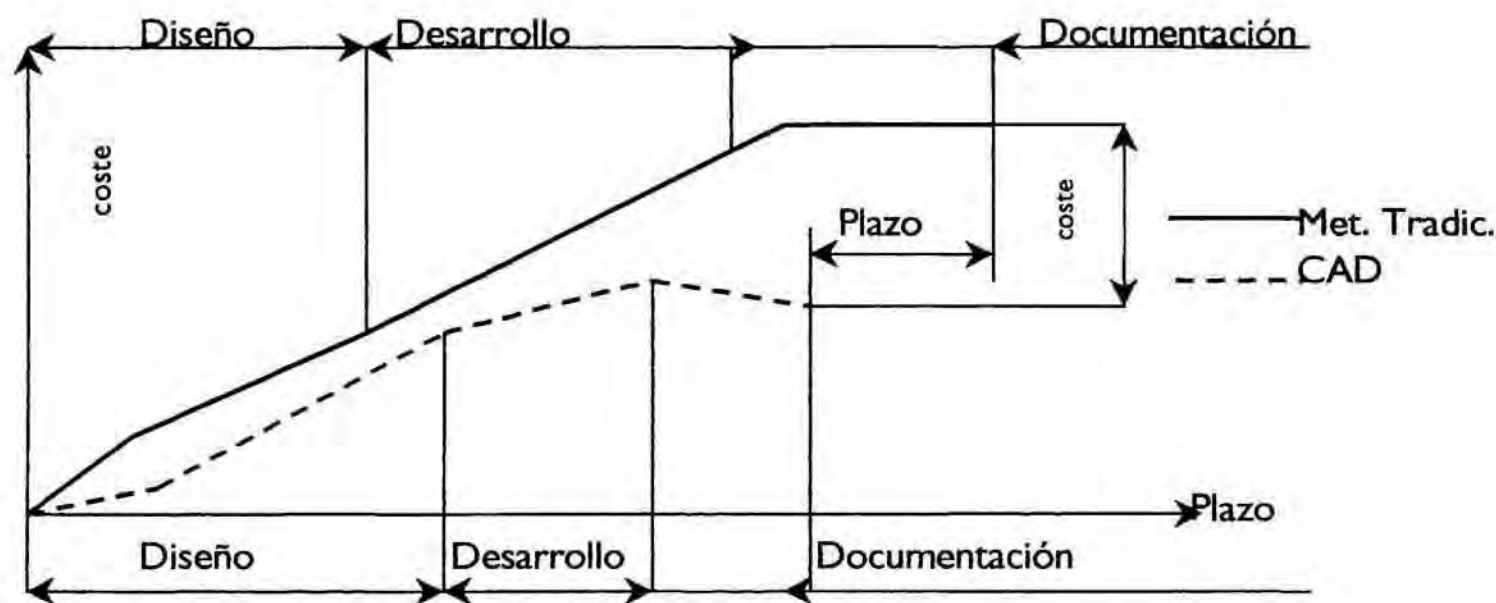


PROCESO ASISTIDO CON CAD



<sup>61</sup> <http://www.iso.org>

La siguiente figura compara las ventajas de reducción de costos y de plazo al realizar un proyecto utilizando métodos tradicionales y utilizando CAD. El tiempo dedicado al diseño es ligeramente mayor en CAD, pero por el contrario el tiempo de desarrollo y documentación se reduce notablemente (Ferré)<sup>62</sup>.



Se puede aprovechar la gran capacidad de los sistemas actuales obteniendo mejoras importantes, modificando los procedimientos de diseño, potenciando los métodos de creación y optimización de modelos, tanto por cálculo, en especial por elementos finitos, como por simulación teórica o en bancos de ensayo, limitando la prueba real de prototipos a una comprobación de resultados. Por último, y como software de aplicación, se incluyen postprocesadores para control numérico. Es cierto que los paquetes gráficos básicos incluyen funciones que generan el mecanizado de la pieza, y producen los ficheros correspondientes, pero hay que recurrir a postprocesadores para garantizar la compatibilidad con la máquina herramienta, en particular, de que se dispone. Para la interacción hombre-máquina dispondrá de un software operativo que permita el manejo de todo el sistema por un proyectista sin conocimientos y utilizando un lenguaje y método operativo sencillo, mediante la adaptación de dispositivos de entrada y salida de datos interactivos. Actualmente serán extensiones DXF, IGES, STL, etc., las que se utilizarán para obtener los modelos tridimensionales.

Dibujar mediante un programa de CAD es sólo cuestión de tiempo y estudio del programa que se haya elegido para realizar el diseño. Otro asunto será utilizar ese programa con su máximo rendimiento. Para esto, los programas llevan incorporados una serie de utilidades, accesorios, etc., que facilitan enormemente determinadas tareas. La ventaja del CAD es que proporciona determinadas opciones que no son posibles desde el dibujo en el tablero. De todo ello y resumiendo se puede destacar como principales ventajas del CAD/CAM, pensando en su aplicación al diseño y desarrollo de productos, las siguientes:

- Reduce el ciclo de diseño.
- Reduce tiempo y esfuerzo en el proceso del dibujo.

<sup>62</sup> Ferré Masip, R.: *Diseño Industrial por Computador*. Editorial Marcombo Boixareu.



- Posibilita simulaciones dinámicas.
- Permite visualizar cualquier vista o sección en detalle con mucha rapidez.
- Ofrece visualizaciones en color muy similares a la realidad.
- Permite evaluar más alternativas de un mismo producto.
- Elimina muchos prototipos.
- Incremento la calidad del producto.
- Es posible realizar librerías que faciliten la repetición de detalles o símbolos. Se debe conocer qué elementos se repiten en los planos o en los dibujos (el cuadro de rotulación es un ejemplo típico).
- Es posible crear librerías paramétricas. Para ello hay que tener un conocimiento previo de qué elementos se pueden parametrizar (por ejemplo, los tornillos).
- La edición y reproducción de los planos se convierte en un trabajo sencillo y más breve que por el método tradicional.
- Es posible encapsular ficheros de dibujo dentro de otro fichero de tal forma que las correcciones en uno queden automáticamente actualizadas en los otros.
- El trabajo en tres dimensiones es posible, e incluso se puede visualizar el objeto sombreado y con apariencia real.
- Se pueden incorporar unos dibujos dentro de otros de tal forma que planos como los de conjunto o perspectivas explosionadas se construyen de forma más sencilla, pudiendo comprobar encajes e interferencias en menor tiempo.

Sin embargo, para su correcta aplicación hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Son convenientes unos conocimientos básicos de informática.
- Hay que conocer un programa informática de CAD y familiarizarse con su entorno.
- A veces la creación de librerías, macros, etc., requiere ayuda externa especializada.
- No todos los programas informáticos de CAD crean ficheros compatibles con el resto de los sistemas CAD.
- Existe una enorme diversidad de productos CAD en el mercado por lo que el riesgo de comprar una aplicación informática que no sea la conveniente también es alto.

A partir de 1984 se han desarrollado aplicaciones de paquetes de software en ordenadores personales, siendo capaces de resolver gran parte de los programas de dibujo de CAD, quedando fuera de estos sistemas los programas que requieren una elevada capacidad de proceso o de memoria, como son el modelado sólido en tiempo real y sistemas de simulación y cálculo. Hoy en día con el avance en la potencia de los PCs esto se va reduciendo. Por tanto, la aplicación correcta del CAD permite obtener incrementos en la productividad, mayor calidad de diseño en menor tiempo. Los años transcurridos desde las primeras instalaciones, unos 25 años, permiten hablar de realidades industriales y no de resultados más o menos brillantes de experiencias piloto. De todo lo expuesto se deduce la importancia de esta herramienta, recomendando su implantación en todo tipo de empresa, por muy pequeña que sea. Es garantía de alto rendimiento en el trabajo, imprescindible en

ocasiones, y de uso obligado. Introducir el CAD en una empresa no sólo supone reducir los costos de diseño, sino diseñar mejor para producir mejor, más barato y, por tanto, mejorar la competitividad.<sup>63</sup>

La oferta económica es muy amplia y, en sus límites inferiores, accesible a todo el mundo. Pero para una posible aplicación hay que considerar también el aspecto técnico. El personal de la empresa que debe utilizar el sistema ha de conocer sus posibilidades. Es necesario que en la planificación previa a la adquisición del sistema se considere el factor humano y su preparación técnica como base para una aplicación con éxito de esta tecnología, y sobre todo, tener presente que a pesar de que la publicidad comercial nos induce a creerlo, no pensar que al adquirir un sistema se va a disponer, sin más, de un producto diseñado por un ordenador, y por tanto, inmejorable. El diseñador, el creador, continuará siendo la persona que dispondrá de una herramienta que le va a resultar de gran utilidad, pero que, por sí sola, no es capaz de nada (página 515). Es por tanto claro, que para dibujar con el ordenador es necesario saber dibujar. Para obtener las máximas posibilidades serán necesarios unos conocimientos profundos de geometría y de las variables gráficas ya comentadas en otro capítulo.

Respecto al software, es decir, aquellos programas dedicados en entornos CAD, hay que señalar que son muy numerosos (ver anexos). En sus inicios, cada fabricante de equipos informáticos preparaba los programas que cupieran en su hardware. Hoy día, no sólo se han desarrollado programas compatibles con cualquier hardware, sino que incluso se están comercializando hasta los programas que inicialmente se concibieron como hechos a medida del usuario, proporcionando una amplia biblioteca de los mismos.

Como se mencionó en el apartado de integración, no se concibe hoy en día una aplicación CAD sin el CAM. Ambos conceptos van de la misma mano. Entre las áreas de aplicación del mercado CAD/CAM destaca el diseño mecánico, con un 35 % del total del mercado a pesar de que para este diseño se requiere un software más completo y de gran precisión, por la complejidad de cálculos y simulaciones para optimizar los diseños al trabajar en modelos 3D. Le sigue el sector electrónico, con un 27% del mercado, diseño más fácil de automatizar al utilizar una gran cantidad de símbolos y elementos repetitivos. Por último, tiene gran aplicación en el diseño civil,

---

<sup>63</sup> Numerosos estudios han demostrado que si en el coste final de un producto el diseño apenas alcanza el 10 % de su coste, el 70 % está determinado por la forma en que ha sido concebido éste. Fuentes DZ (Centro de Diseño) Bilbao. Diversas encuestas llevadas a cabo en medios industriales de diversos países dan como resultado que el 60% del tiempo de trabajo en las oficinas técnicas está dedicado a preparar la documentación de fabricación a partir de planos ya existentes y se copian nuevamente; el 30% del tiempo se ocupa en el trazado de nuevos planos y solamente el 10% del tiempo corresponde al trabajo realmente creativo. Consecuentemente, se tienen dos maneras de mejorar el rendimiento en diseño. Por una parte disminuir el tiempo consagrado por el proyectista a las tareas no creativas, con la introducción de herramientas apropiadas, y por otro, la mejora del trabajo de creación por los métodos apropiados. Si bien esta segunda opción no es hoy día la más seguida, a largo plazo es la más eficaz. Esta necesidad ha sido contrastada por las opiniones y comunicaciones de los Congresos anuales de Expresión Gráfica celebrados anualmente en distintas ciudades del país: Málaga 1998, Bilbao 1997, etc.



representando un 20 %. El nivel de implementación de CAD/CAM es bajo<sup>64</sup>, mucho más bajo de lo que cabría esperar después de más de veinte años desde que se hicieran las primeras propuestas en este sentido. Una primera razón pudiera ser técnica y de características similares a los problemas descritos relativos al intercambio de datos entre el sistema de diseño y el de fabricación; sin embargo, esto puede resolverse disponiendo de un sistema integrado. Pero en este caso, parece que la razón fundamental no se deriva de problemas técnicos, sino más bien conceptuales y culturales, que podrían resumirse en la constatación de que no todo lo que se puede diseñar con un sistema CAD es posible fabricarlo y de este hecho se ha derivado un cierto conflicto entre los técnicos de la oficina técnica y los responsables de fabricación.

Afortunadamente, los planteamientos de la llamada ingeniería concurrente vienen a atacar este problema en su raíz. Una buena implementación de procedimientos de ingeniería concurrente introduce un mismo lenguaje y base de datos en todos los departamentos de la empresa y permiten establecer un proceso dialéctico entre diseño y fabricación hasta llegara al prototipo óptimo. No es arriesgado afirmar que ésta es la vía del futuro (remitirse al apartado “camino de la integración”, página 509).

### **Realidad Virtual y procesos de simulación**

Si el ojo sólo reacciona a la luz y el color, ¿de dónde viene el conocimiento de la tercera dimensión?. Berkeley (1709)<sup>65</sup> exploró el terreno y llegó a la conclusión de que todo el conocimiento del espacio y de los cuerpos sólidos tiene que haberse adquirido a través de los sentidos del tacto y del movimiento. Es lógico pensar entonces que el ideal para trabajar cuerpos sólidos sería aquel que ofreciera la posibilidad de usar estos sentidos, es decir, el poder tocar estos objetos y de esta manera manipularlos. Esto ya lo conocen bien los escultores, alfareros, etc., gentes que desde los primeros tiempos utilizaban sus manos para crear objetos. Resulta cuanto menos curioso observar como el diseñador se tiene que enfrentar a la creación de sus productos sin un tacto directo con el objeto. En ocasiones será el click de un ratón o de una tableta digitalizadora el que ofrezca ese conocimiento del espacio y los cuerpos sólidos de que hablaba Berkeley. Es por esto que la posibilidad de utilizar otras nuevas herramientas, como será la Realidad Virtual, hace que el diseño de productos se acerque más a ese ideal de trabajo que ya se venía haciendo desde la antigüedad.

El terreno de lo virtual y el de la unión entre lo real y lo virtual ya es hoy, uno de los principales sectores de la actividad industrial. Potentes herramientas, tanto de software como de hardware, están contribuyendo a que el diseñador pueda realizar un estudio previo de posibilidades reales, una experimentación virtual previa incluso al inicio de la producción del prototipo. El ensayo de una opción que antes suponía

<sup>64</sup> Alfonso Rubio, presidente de ASCAD (Asociación para la Promoción y Difusión de las Tecnologías CAD/CAM/CAE) indica que debe haber ya en nuestro país un número superior a los cincuenta mil puestos de trabajo en CAD/CAM/CAE. Rubio, Alfonso: <http://www.ascad.es>.

<sup>65</sup> Berkeley en Gombrich: *La imagen y el ojo*. Madrid. Alianza Editorial, S.A., 1991

un importante gasto de dinero y tiempo, ahora se simplifica hasta el punto de poder ver la plasmación de la idea e incluso de comprobar su comportamiento. Como escribirá Olivares(1996)<sup>66</sup>, se trata de una proyección de las ideas fuera del cerebro, de una visualización.

Se podrá emplear la tecnología de la RV para transitar por entornos tridimensionales que representen con precisión datos y conceptos extremadamente complejos, y tocar y modificar estas representaciones con las manos. El giro que supone el hecho de cambiar los datos alfanuméricos por la representación tridimensional de estos mismos datos puede alterar de manera drástica tanto la forma en que se trabaja con los ordenadores como la productividad y satisfacción en el trabajo informático.

Es posible que puedan trazarse paralelismos entre la RV y uno de sus predecesores: el cine. Se cuenta que, durante las primeras proyecciones, cuando todavía la audiencia no estaba familiarizada con el medio, al aparecer un tren en la pantalla, las personas huían del cine pensando que el tren era de verdad. Sin embargo, cuando el público se acostumbró al cine, fue trazando una línea entre lo que era real y lo que aparecía en la pantalla. Se puede ver que la imagen de la pantalla no es interactiva, no es tridimensional y no se estará inmerso en ella; por ello se sabe que no es real. Sin embargo, la RV manipula esos elementos y una vez más, se tiende a intentar ser espectadores – participantes (Austakaluis).<sup>67</sup>

Ha sido necesario bastante tiempo y mucho esfuerzo para que la tecnología de los ordenadores haya desarrollado realidades virtuales útiles desde una perspectiva de coste-beneficio (Vince, 1995) <sup>68</sup>. La primera generación de plataformas de RV, realmente inmersivas, se ha limitado a importantes industrias y centros de investigación en los que el alto coste del desarrollo del *hardware* y *software* necesarios está fácilmente justificado: el mundo espacial, el mundo del diseño, el mundo de la construcción, etc. Todavía queda un cierto camino por recorrer hasta que esta tecnología esté al alcance de todo el mundo. Pero, como ha ocurrido con los ordenadores, en la medida en que los desarrollos tecnológicos avancen y los costes disminuyan, en muy poco tiempo estarán disponibles estaciones de RV en el trabajo, en el hogar, etc. Sin ninguna duda, la RV jugará un importante papel en la futura interacción hombre-ordenador.

Esta RV no es sólo exploratoria sino también interactiva. El diseñador puede coger y tocar objetos del entorno virtual como manejar controles o cambiar las posiciones de las diferentes partes del objeto. Al tiempo que realiza las oportunas modificaciones el ordenador analiza los cambios que serán reflejados casi en tiempo real por el ordenador (Roy)<sup>69</sup>. La posibilidad de abarcar y manipular imágenes de conceptos que antes no se podía representar visualmente, podría proporcionar ideas geniales mejoradas gráficamente con la ayuda de un ordenador.

<sup>66</sup> Olivares, Pablo: "Empezó siendo sólo un juego". *Experimenta*, n° 10, 1996, p. 40

<sup>67</sup> Aukstakaluis, Steve: *El espejismo de silicio*. Editado por Stephen F. Roth, 1993, p. 20.

<sup>68</sup> Vince, J.: *Virtual reality systems*. Cambridge: ACM Press. 1995

<sup>69</sup> Roy, Pura C. : "La realidad virtual", *Técnica Industrial*, n° 216, p. 11.



La RV es, a la vez, inmersiva e interactiva. Inmersiva porque a través de dispositivos especiales se consigue que el usuario tenga la sensación de encontrarse físicamente presente en el mundo cibernético (MC) modelado en el sistema. Interactiva porque la RV no supone una visualización pasiva del MC, sino que el usuario puede interactuar con él (por ejemplo tocar y/o mover objetos), y lo que es más importante, el MC responde en tiempo real a tales acciones. Interacción e Inmersión constituyen las dos palabras más importantes de la RV. Sin embargo, existe una tercera palabra que define la RV a la que se le da menos importancia de la que realmente tiene, dicha palabra se refiere al término “Imaginación” y responde al hecho de que la RV no es solamente una buena interfaz, sino que presenta aplicaciones que suponen soluciones de problemas reales en campos tan dispares como el diseño, la arquitectura, la ingeniería, medicina, psicología, etc. (Alcañiz, 1998)<sup>70</sup>

La tecnología que subyace bajo el término RV, tecnología informática entre otras, proporciona una nueva forma de interacción entre el usuario y el ordenador en la cual el primero ya no es un simple observador externo de las imágenes generadas por el ordenador visualizadas a través del monitor (sistema tradicional) sino que se convierte en un participante activo al encontrarse dentro de esas imágenes en tres dimensiones (3D) que constituyen lo que se denomina “Entorno” o “Escenario Virtual” y al poder interactuar con los objetos existentes en dicho entorno. Tecnológicamente, esa participación activa del usuario dentro del “Entorno Virtual”, esa sensación de inmersión o presencia en dicho entorno, se consigue gracias a dos factores:

1. La integración de técnicas informáticas (algoritmos) orientadas a la obtención de imágenes de alto nivel de realismo visual: RAY-TRACING, Radiosidad, aplicación de texturas, etc... Algunas de estas técnicas están incluidas en las prestaciones ofrecidas por los programas estándar de RV - SENSE8, DIVISION, SUPERSCAPE, ... con los que se desarrollan o diseñan los “Entornos Virtuales”, otras no están incluidas pero pueden implementarse.
2. La integración de una serie de dispositivos *hardware* (dispositivos físicos) resultantes de la aplicación de tecnología de alto nivel: tecnología visual (cascos de RV, HMD (*Head Mounted Display*); tecnología sensorial (sensores de posicionamiento y seguimiento del cuerpo; sensores de fuerza; sistemas hápticos...); tecnología mecánica (sistemas de transmisión de movimiento, plataformas móviles, etc.).

Solamente aquellos “Entornos Virtuales” que tengan integrado al menos uno de estos dispositivos puede considerarse realmente un “Sistema de Realidad Virtual”.

<sup>70</sup> Alcañiz M. Rey A. y otros: “Sistema de realidad virtual de alto realismo en entornos PC”. Actas del X Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, pp. 342-343. Tomo I. La expresión gráfica: nuevas dimensiones. Edita: Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos. Universidad de Málaga. Junio 1998.

La RV es una poderosa herramienta para la simulación y el diseño asistido por ordenador. El objetivo fundamental de la mayoría de las aplicaciones actuales es proporcionar al usuario la sensación de que se encuentra en un entorno real, centrándose principalmente en la visualización y navegación. Sin embargo la dificultad de tocar objetos y de detectar colisiones entre ellos, hace que la integración usuario-entorno sea más difícil. En los laboratorios de Labein, actualmente están trabajando en ello.<sup>71</sup>

Las maquetas físicas están siendo progresivamente sustituidas por las maquetas electrónicas. Para que este proceso concluya satisfactoriamente, es necesario dotar a las maquetas electrónicas de la misma funcionalidad que actualmente proporcionan las maquetas físicas. Dentro de esta funcionalidad se da la posibilidad de interactuar físicamente con los modelos en varias direcciones:

- Modelaje (creación conceptual).
- Montaje (varios componentes).
- Calibración y comprobación (uso, ergonomía, etc.).
- Ambientación (moverse alrededor de él).

#### *Modelaje:*

La posibilidad de construir el modelo en el ciberespacio parece concluirse como la alternativa ideal a la creación conceptual. Por medio de guantes y gafas, entrar en este ciberespacio y poder tocar diferentes materias-objetos, pudiendo modificarlas, en definitiva ir creando el producto. Una posibilidad consistiría en modelar el objeto, es decir, tratarlo como si de una masa de arcilla se tratase. La posibilidad de estirar esta forma de apretar con las manos y conseguir deformarla sería el paso más cercano a la labor creativa tradicional y una de las primeras realizadas por el ser humano, como es el modelaje al crear objetos en barro. La diferencia consistiría en que posteriormente se podrían elegir los materiales para cada una de las formas y observar su comportamiento frente al resto de componentes del producto.

Otra situación sería aquella más relacionada con los medios de transformación tradicionales. Consistiría en entrar en un taller virtual, donde habría herramientas tipo tornos, fresadoras, plegadoras, máquinas de corte, taladradoras, etc., estas herramientas no necesariamente han de poseer las formas de trabajo actuales, es decir, podría haber una herramienta virtual general que según las órdenes que se le diera fuera desarrollando las diversas fases de mecanizado anteriormente comentadas.

---

<sup>71</sup> Estudian la integración entre DATum, Modelizador Geométrico Variacional No-manifold desarrollado en los laboratorios de LBEIN (Bilbao), y PHANTOM (Personal Haptic iNterface Mechanism), interfaz de interacción táctil que permite proporcionar al usuario la sensación de tocar y coger objetos. Los objetos que el usuario quiera manipular pueden ser diseñados con DATum o simplemente cargados en él leyendo un fichero STEP, si previamente han sido definidos en otro sistema de CAD. A continuación DATum se puede conectar con el Interface Háptico PHANTOM, permitiendo tocar los objetos, moverlos por el espacio detectando si colisionan con algún otro objeto o con las paredes de un recinto definido previamente y realizar simulaciones de operaciones de ensamblado y mantenimiento de subconjuntos mecánicos.



Las posibilidades de creación que ofrecería esta herramienta son innumerables. La interacción, curiosamente frente al término virtual, sería lo más cercana al ser humano. Si bien es cierto que actualmente la tecnología está en sus primeras fases cabe suponer que con la progresión actual en la potencia de cómputo de los ordenadores y los avances en software específico para RV (como el desarrollado por LABEIN, en donde como se comentó anteriormente trabajan en conseguir un tacto más adecuado con los objetos: peso, roces, etc.) el diseño de productos no tardará en acercarse a los estudios de diseño con esta herramienta.

#### *Montaje:*

El diseño CAD 3D de un conjunto da una idea global del tamaño total y de los componentes que lo forman, pero a partir de esta información no se puede deducir inmediatamente la secuencia de montaje o desmontaje. Es en este punto donde la RV puede jugar un papel muy importante, permitiendo al usuario adentrarse en un "mundo virtual", mediante el uso de gafas o cascos y guantes o mandos especiales, y poder simular ciertas operaciones tales como acceder a sitios, coger objetos, trabajar con herramientas, montar y desmontar elementos con restricciones ergonómicas y sensaciones de fuerza. Todo esto supondría una gran ayuda para el personal de diseño, montaje y mantenimiento, ya que podrían realizar operaciones de montaje y mantenimiento virtuales, lo que les proporcionaría una información y entrenamiento que sería de gran ayuda a la hora de realizar las operaciones reales.<sup>72</sup>

#### *Calibración y comprobación:*

Las maquetas físicas ofrecen un importante banco de ensayos preferentemente respecto de los aspectos concernientes al uso del producto, y por consiguiente, ayudan en la labor pluridisciplinar con que cuenta la ergonomía. La posibilidad de coger el objeto y observar peso, dimensiones, texturas, etc., es fundamental en el desarrollo final de los productos industriales. Por medio de la RV podrían ser sustituidas estas maquetas físicas por maquetas electrónicas. Este proceso se introducirá en los departamentos de diseño cuando la herramienta se encuentre verdaderamente optimizada, es decir, cuando lleve menos tiempo y sea más barato producir una maqueta electrónica con posibilidad de testeo en las mismas condiciones que una maqueta física, y a un coste menor. Debe pensarse que las herramientas verdaderamente quedan consolidadas cuando ciertamente ofrecen una mejor ayuda con respecto a anteriores herramientas, quiere esto decir, una realización en un menor tiempo, una evaluación del material con seguridad de los resultados, y si es posible un coste menor, teniendo en cuenta que si la herramienta es rápida el resultado final suele ser menos caro.

<sup>72</sup> Barbero Arribas J.I.; Gutiérrez Seco T.; Eguidazu Ruiz de Azua A.: "Manipulación de objetos en un entorno de realidad virtual". IX Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Geometría y diseño en la era Internet. Bilbao, Junio 1997. Universidad del País Vasco, p. 5. Volumen I. Departamento de Mecánica y CAD/CAM de LABEIN

*Ambientación:*

La posibilidad de introducirse en el ciberespacio y poderse desplazar alrededor del producto es una ventaja inestimable, situación que sería compleja para productos de dimensiones considerables; construir un modelo físico de un avión lleva tiempo y dinero, si como es el caso, es sustituido este modelo físico por un modelo virtual en donde el diseñador y todas las personas del equipo pueden entrar, abrir puertas, sentarse en los asientos, observar todos los ángulos de éste. Es lógico pensar que las ventajas quedan demostradas. Otra posibilidad es ubicar el producto en su ambiente, y observar su apariencia respecto del entorno. Un ejemplo lo demuestra Renault con sus modelos virtuales (página 248).

Se pueden, por consiguiente, igualmente simular todas las operaciones. El ordenador se está convirtiendo en un extraordinario medio de simulación y validación. Se trabaja más con ellos que sin ellos y resultan objetos de mucha mayor precisión. Después de haber reemplazado los tableros de dibujo en los que todos los detalles del diseño se reproducían en tamaño real, la informática ha permitido la simulación del comportamiento de los materiales. Por ejemplo en el caso del diseño de vehículos ya no solo existe una descripción en tres dimensiones, si no que también se puede calcular su funcionamiento. Fenómenos tan complejos como la combustión, la circulación de los gases en el escape, y las deformaciones de las estructuras en los crash-tests se pueden simular y visualizar en una pantalla. La simulación permite anticipar si es factible o no una pieza en la etapa de diseño, se simula el estampado de una chapa, la fundición de una pieza de metal o de plástico para determinar su resistencia. Un software especializado analiza el comportamiento ante el choque de las piezas. La capacidad de anticipación es tal que actualmente se puede calcular el coste de utilización de un modelo desde las primeras etapas de su diseño.

Las herramientas CAE y más específicamente MCAE (Mechanical Computer Aided Engineering) permiten el análisis del producto mediante la simulación de su comportamiento dentro de su entorno operativo, permitiendo así modificar el diseño hasta validarlo en las primeras etapas de desarrollo (Pavón)<sup>73</sup>. La técnica de cálculo más difundida en los productos MCAE es la del Modelado de Elementos Finitos (FEM)<sup>74</sup>. Este método, basado en la sustitución del modelo sólido real de infinitos grados de libertad por un modelo con un número de libertad finito, presenta las ventajas fundamentales de su facilidad de computación, y su posibilidad de adaptación a cualquier geometría, por complicado que sea su contorno.

---

<sup>73</sup> Pavon Fuentes, Javier: op. cit., pp. 44-45

<sup>74</sup> El proceso de análisis por elementos finitos se compone de las siguientes etapas:

- Creación de la geometría de partida.
- Generación de la malla de elementos finitos.
- Chequeo del modelo.
- Planteamiento de las condiciones de contorno y datos del problema a resolver.
- Resolución del problema.
- Comprobación de resultados.



Un ejemplo de simulación con una cantidad enorme de cálculos lo ofrece como se dijo anteriormente la visualización en imágenes virtuales de un “Crash-Test”, como el desarrollado por Renault (Transparence). Es una herramienta que puede ayudar a la adopción de decisiones. Las imágenes se ofrecen en transparencia, resultando posible visualizar perfectamente los elementos mecánicos, habitualmente ocultos por la chapa, y analizar así en detalle todas sus deformaciones.

Esta técnica permite, simular en ordenador los ensayos de las piezas de un coche. La imagen de síntesis complementaria de la CFAO, permite a diversos profesionales dialogar mejor y con mayor rapidez<sup>75</sup>.

La posibilidad de aplicar transparencias no sólo al diseño de automóviles, sino también al de cualquier producto industrial genera una serie de ayudas añadidas como pueden ser la visualización de componentes internos estudiando su colocación, movimientos y reacciones ante el uso. Los sistemas actuales de maquetas electrónicas permiten simular todas estas operaciones, pero en ellas las personas son sujetos pasivos que pueden ver pero no intervenir en la simulación.

La aplicación de RV pretende cubrir esta laguna de los sistemas de maquetas electrónicas, para que el diseñador pueda involucrarse en la simulación no sólo como mero espectador sino como actor principal interactuando mediante el tacto con los componentes virtuales. El sistema aquí descrito se podría utilizar tanto en las etapas previas de diseño como en las etapas posteriores.

La RV se propone como una importante herramienta de trabajo para el diseño de productos. Actualmente surgen opiniones como la de Liendo (1997)<sup>76</sup> para quien se está corriendo el riesgo de virtualizar enormemente la realidad, indicando que esto puede generar problemas. Propone una serie de recomendaciones<sup>77</sup>, pero hay que pensar que siempre que surge una nueva tecnología existe el miedo a su aplicación y a los problemas que generará, problemas que en la mayoría de los casos son olvidados una vez demostrada la ayuda que puede ofrecer esta tecnología.

<sup>75</sup> Renault: “Investigación y desarrollo”. op. cit., 1998. El ordenador Tritón (utilizado por Ford) es capaz de efectuar los cálculos involucrados en un test de impacto frontal en unos quince minutos; haciéndolo con lápiz y papel, una persona tardaría unos 68 millones de años en hacer los mismos cálculos. Con una calculadora, tardaría 67.000 años.

<sup>76</sup> Liendo-Chapellín, Pablo: “La Virtualización de la Realidad”. 1997  
<http://www.funredes.org/liendo/charlas/virtual/virtual3.htm>

- Hay toda una gama de realidades y de virtualidades.
- La Realidad Virtual se genera por diseño.
- La Virtualización de la Realidad es un proceso principalmente inadvertido.
- La Realidad Virtual puede atentar contra la salud del individuo.
- La Virtualización de la Realidad (si se da en gran escala) atenta contra la salud del colectivo.

<sup>77</sup> Recomendaciones en la aplicación de la Realidad Virtual. Liendo-Chapellín, Pablo: op. cit.

- La aplicación de la Realidad Virtual debe hacerse en forma selectiva.
- Se debe dosificar su utilización, sobre todo en los niños.
- Se debe velar porque (en lo posible) lo virtual mantenga su contraparte física.
- Debe realizarse una monitorización del impacto que ejerce la Virtualización de la Realidad, sobre todo en los países en desarrollo.

### La tecnología Rapid Prototyping

Una parte importante de la investigación en materia de desarrollo llevará a la explotación de las tecnologías de la información y comunicaciones: la realidad virtual, la simulación o la modelación así como la CFAO y la ingeniería simultánea pero muchas son también las técnicas basadas sobre otros tipos de tecnologías. Este es el caso del Rapid Prototyping que permite a los fabricantes testar una concepción rápidamente y a bajo coste.

Tradicionalmente, la fabricación de un prototipo se obtiene tallando en un bloque de materia sólida, ya sea con una fresadora mecánica o con herramientas de mano. A la inversa sucede con la tecnología RP, la cual elabora el prototipo partiendo del interior, construyéndolo por superposición de capas sucesivas de materia. Esta construcción, de la cual existen varias variantes de diferentes procesos, ha sido posible gracias a los datos aportados por la imagen informática 3D, que son transportados en los procesos de colocación de capas de materia. La fabricación de un prototipo por esta técnica lleva algunas horas.<sup>78</sup>

El siguiente esquema pretende representar los diferentes campos donde se están aplicando actualmente máquinas RP<sup>79</sup> y los pasos previos a la obtención del modelo, eligiendo para ello el sistema RP que más convenga:

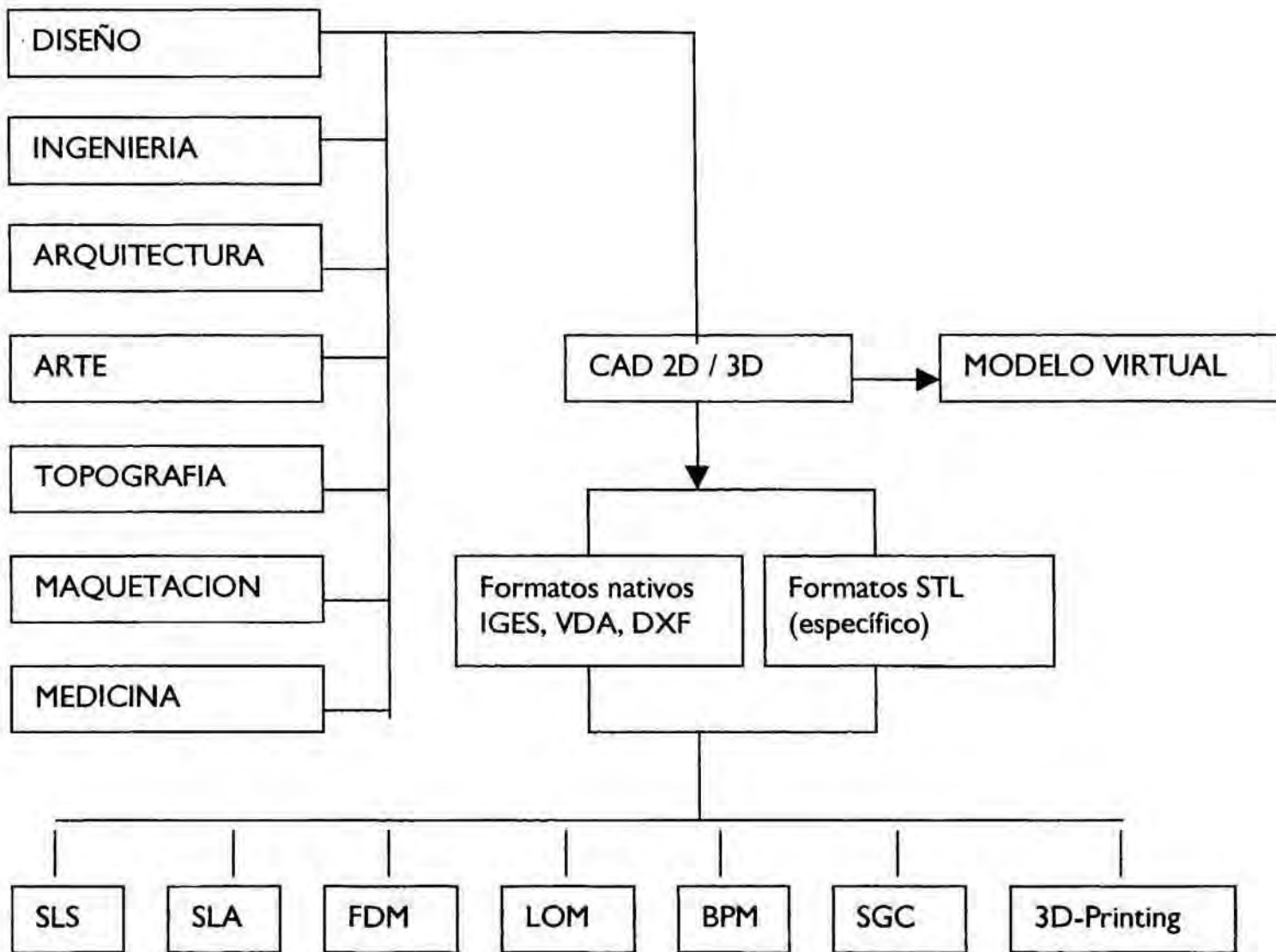
---

<sup>78</sup> Wouters, Kris: "Chirurgie: de l'imagerie 3D au prototypage solide". *Transfert & Innovation Technologiques*. Publicación de la Comisión Europea, programa de innovación. Julio 1997, p. 21

<sup>79</sup> Por ejemplo en campos como el arte puede ser aplicado a escultura, cerámica, grabado. En medicina se emplea en tomografía computerizada mediante dos procesos: por medio de la estereolitografía para la realización de piezas translúcidas y con máquinas de sinterización por láser para piezas opacas. Según fuentes <http://www.3dsystem.com> la reducción de la operación de un tumor cerebral puede reducirse hasta un un 30% menos, gracias al RP. Otra posibilidad es la diseñar prótesis a medida, pudiéndose por tanto darse una adaptación perfecta al paciente. Actualmente se está desarrollando el proyecto europeo PHIDIAS dentro del marco de los proyectos europeos de innovación BRITE-EURAM, en el estudio de prótesis desarrolladas mediante RP. Comenzó en 1993 y están involucrados Siemens Medical Systems (el mayor productor de escáneres para uso médico de Europa, Zeneca (proveedor de resinas a escala mundial) y el grupo de investigación médica de la Katholieke Universiteit Leuven (KUL), de Bélgica. En: Wouters, Kris: "Chirurgie: de l'imagerie 3D au prototypage solide". *Transfert & Innovation Technologiques*", Julio 1997, p. 21.

En maquetación se puede aplicar a medios de transporte, belenes, elementos provenientes del cine, etc.





Son cada día más las empresas que utilizan este tipo de máquinas en el desarrollo de sus productos. Si bien es cierto que las primeras fases, aquellas denominadas conceptuales, “creativas”, los estudios formales se siguen realizando con los métodos tradicionales, es decir, se utilizan materiales baratos y rápidos de trabajar, materiales que puedan ser cortados con cuchilla y se dejen lijar fácilmente, éste es el caso del poliestireno expandido, poliuretanos, etc., materiales y técnicas ya comentadas en la parte tercera, capítulo segundo (página 386). La ventaja de estos medios tradicionales respecto a las herramientas Rapid Prototyping es la inmediatez del resultado, en muy poco tiempo puede verse el aspecto formal del producto en cuestión, en cambio con estas máquinas se necesita trabajar el modelo primeramente en 3D para posteriormente pasar el fichero a la máquina. Todavía el proceso lleva cierto tiempo, más que una visualización rápida manual. Además, otra de las ventajas que ofrecen en este caso los métodos tradicionales en estas primeras fases es el contacto directo del material con las manos, esto ofrece al diseñador la posibilidad inmediata de ejecutar aquello que ve y que decide ha de ser modificado.

Si bien parece quedar claro que en las muy tempranas fases conceptuales los medios tradicionales parecen decantarse como los medios más útiles en la labor proyectual, se adivina como medio fundamental en el resto de fases, es decir, aquellas propias del desarrollo del producto las máquinas Rapid Prototyping. Como ya se comentó anteriormente, cada vez es más temprana la utilización del ordenador en el proyecto, por tanto, cuanto antes se tengan realizadas las imágenes desde, maquetas virtuales, antes se podrá pasar a la realización de prototipos rápidos, puesto que las imágenes

ya se encontraban dentro del ordenador, pudiendo realizar los cambios sobre estas imágenes. Entendiendo que el proyecto se encuentra en una fase avanzada este tipo de máquinas ofrecen la posibilidad de contar con un modelo real teniendo en cuenta que las proporciones y medidas serán las que previamente se habrán revisado al ser introducidas. Esto ofrece innumerables ventajas respecto a los modelos tradicionales, ya que en estos modelos conseguir en ciertos casos simetría, resulta complejo.

Estos modelos reales pueden ser testados, es decir, pueden realizárseles cambios añadiendo o eliminando material. Al tener los datos introducidos en el ordenador, puede ser escaneado el modelo de tal forma que puedan conservarse y sobre todo medirse los cambios realizados. Estos cambios serían modificados y podría realizarse otro modelo insertando nuevos datos y las medidas serían exactamente las modificadas. Este proceso que por ejemplo en el diseño de un teléfono puede llevarle a la máquina unas ocho horas, si tuviera que hacerse manualmente el tiempo se dispararía siendo además muy difícil estar seguro que los datos son totalmente exactos. El proceso de digitalización, o lo que es lo mismo, escaneado 3D, ya se comentó en la parte tercera, (página 438).

En fases posteriores, sobre todo aquellas en las que se necesita la realización de un modelo funcional, estas máquinas se hacen casi imprescindibles. La posibilidad incluso de utilizar el mismo material con el que se fabricará el producto es algo que hasta entonces en algunos casos era impensable. Otra posibilidad que se ofrece es la utilización de materiales alternativos, quiere esto decir, la posibilidad de utilizar materiales que ofrezcan una cierta transparencia de manera que puedan verse todos los componentes internos que se desearan. Anteriormente ya se mencionó como con la realización de modelos 3D cabría la posibilidad de simular este tipo de situaciones. Si bien esto ofrece una gran ayuda, se ha de considerar como inestimable el poderlo ver realmente. Por tanto, en estas fases, sistemas de Rapid Prototyping que hasta hace poco eran utilizados por empresas importantes como por ejemplo Mercedes en el diseño de llantas de automóvil como es el caso del sistema LOM<sup>80</sup>, están siendo abandonados debido a la imposibilidad de este sistema por ejemplo de realizar el modelo en los materiales con que se fabricará el producto, y están siendo sustituidas por sistemas de estereolitografía<sup>81</sup> o sinterización por láser<sup>82</sup> (ver anexos).

---

<sup>80</sup> El proceso está basado en la adhesión de láminas de papel una sobre otra, que son recortadas individualmente y a la profundidad precisa mediante un rayo láser, teniendo un grosor de décimas de milímetro. El recortado se realiza siguiendo las trayectorias formadas por las secciones sucesivas obtenidas. El papel es autoadhesivo. La capa de papel es pegada a la anterior con la ayuda de un rodillo calentado a una temperatura predeterminada. Seguidamente, un láser que se desplaza en los ejes x, y, recorta el papel con la sección correspondiente. El papel sobrante es recortado en cuadrículas de forma que permita su posterior eliminación. Una precisa focalización del láser evita que éste penetre más allá del espesor de capa requerido, evitando así que la sección anterior quede dañada.

<sup>81</sup> Proceso empleado en el desarrollo de productos realizados en plástico. El láser actúa sobre la resina (fotosensible) solidificándola. La pieza es construida sobre una plataforma original sumergida en una resina líquida. La solidificación se produce punto por punto, por la fotopolimerización resultante de la incidencia de un rayo láser sobre la superficie, el cual, la recorre "dibujando" una serie de celdillas que conforman la sección 2D correspondiente al corte realizado en el modelo CAD 3D a esta altura. Las secciones de la pieza son parcialmente solidificadas. La solidificación del líquido contenido en las zonas solidificadas se efectúa después de que todas las capas estén formadas. Ello se realiza en un proceso de post-curado que tiene lugar, normalmente, en un horno dispuesto a tal efecto.



Las aplicaciones van más allá que la realización de modelos funcionales, incluso se pueden realizar moldes<sup>83</sup> para pequeñas tiradas. Estas pre-series son muy utilizadas sobre todo en el caso de evaluaciones o testeos. Empresas como Fagor recurren habitualmente a este tipo de evaluaciones. Esto sólo se puede realizar con los llamados prototipos (ya comentados en la parte III, capítulo 3), ofreciendo estas máquinas la posibilidad de realización en tiempos cortos. Además, la posibilidad de poder analizar los moldes, ofrecen una seguridad posterior a la hora de la realización final de éstos.

### El factor industrialización

La competitividad de una empresa está directamente relacionada con su capacidad de producir nuevos productos, adaptándose en todo momento a las necesidades del mercado, junto con un aumento en la relación calidad precio. La importancia de aumentar la calidad y reducir los costes de fabricación es vital para la supervivencia de cualquier empresa en la actualidad. La reducción de los costes implica una revisión constante de los principios y métodos de diseño y fabricación. Diseño y fabricación están cada día más relacionados (Brusola y otros)<sup>84</sup>. La frase: “aquello que está bien proyectado es fácil de fabricar”, se hace cada día más patente. Sin embargo, la creciente especialización en todas las áreas hace que cada día, el diseñador conozca menos detalladamente los métodos de producción que se van a utilizar posteriormente, con lo que el riesgo de encarecer el producto aumenta.

La introducción del ordenador dentro del proceso productivo ha contribuido a mejorar la fase del diseño. Se han reducido costos y tiempos de diseño y el tiempo de respuesta ante los cambios de producción ha disminuido. Manejar un sistema CAD no es tan sólo dominar un conjunto de instrucciones de un programa informático, sino que exige también un conocimiento del proceso de diseño y de todos los procesos que conlleva el mismo. Si la concepción del diseño por parte del diseñador es mala, la utilización de un sistema CAD no contribuirá a mejorarlo, aunque sí es probable que los errores del diseño sean detectados antes (Félez y Martínez)<sup>85</sup>. En cualquier caso es difícil desvincular el CAD de la *Fabricación Asistida por Ordenador*, abreviada por las siglas CAM (*Computer Aided Manufacturing*), de tal forma que hoy es frecuente hablar de CAD/CAM, vinculando así el diseño y la fabricación dentro del mismo proceso (ya comentado en la página 509).

<sup>82</sup> Consistente en un láser que recorre una superficie de metal en forma de polvo, solidificando sucesivamente diferentes capas de material. La sinterización tiene lugar cuando la viscosidad del grano disminuye con la temperatura, causando lesiones superficiales que, sin llegar a fusionarse, generan una unión interfacial de los granos. Los granos de polvo que no son sobrecalentados permanecen sin adherirse, de forma que actúan como soporte de las capas sucesivas y de posibles partes colgantes de la pieza. El polvo sobrante, no solidificado, es retirado posteriormente al terminar el proceso de fabricación.

<sup>83</sup> Denominados sistemas de reproducción de pieza. Algunos de estos sistemas son: Vacuum system, Electroforming, Proyección Metálica, Shell Moulding o DSPC (Direct Shell Production Casting) ya comentados en la parte tercera capítulo tercero, página 436.

<sup>84</sup> Brusola, F.; Calandin, E.; Baixauli, J.; Hernandis, B.: *Acotación funcional*, Madrid, Editorial Tebar Flores, 1986, Prólogo. Profesores del Departamento de Expresión Gráfica en la Ingeniería de la Universidad Politécnica de Valencia.

<sup>85</sup> Félez, Jesús y Martínez, M<sup>a</sup> Luisa: *Dibujo Industrial*. Madrid. Editorial Síntesis, S.A., 1996, p. 51

El ordenador se incorpora en la fase de fabricación y montaje. Las máquinas se equipan de un procesador que controla el proceso. Gracias al control numérico o CNC es posible controlar las máquinas, herramientas, sistemas de transporte o robots. El diseño de la pieza está interconectado con su fabricación mediante software especializado. El ordenador conectado a máquinas RP hace que la concepción del diseño, el desarrollo y la fabricación estén aún más relacionados. También el ordenador está presente en las etapas de verificación de la calidad, controlando las máquinas de medición.

El conjunto de todas estas técnicas informatizadas se denomina CIM. En ella existe un conjunto de ordenadores interconectados que controlan todas las etapas del diseño y la construcción de las piezas. Todo esto a su vez queda integrado en un concepto más amplio todavía, que es el CAE que busca la integración de todas estas técnicas para la buena ejecución del proyecto. De esta manera podría establecerse que esta relación entre diseño, desarrollo y fabricación la ofrecen las herramientas gráficas informáticas que podrían denominarse según las siglas: CAD/CAM/CIM/CAE.

Esta unión entre diseño y fabricación, es decir, esta previsión que ha de realizarse en las primeras fases está llegando a valores cada vez más sorprendentes. Actualmente Renault está estudiando la integración en el automóvil de una memoria informática que representa una especie de carta genética. El proyecto denominado "Monolin", se concreta en el desarrollo y la integración de etiquetas electrónicas en los vehículos tanto con la finalidad de controlar el proceso de fabricación como para mejorar el seguimiento del coche durante toda su existencia. Con este tipo de aplicación se podrá ordenar y controlar las diferentes fases de fabricación.<sup>86</sup>

El concepto básico de la producción industrial radica en su elaboración en serie; debe, pues, fabricarse el producto con una rígida organización y un completo control, que permita una constante igualdad entre objetos de una misma serie, sin que tenga en cuenta en absoluto el volumen de la serie (Bernal y Martínez)<sup>87</sup>. Por tanto fabricar será sinónimo de "serie" e irá vinculada desde un primer momento al diseño del producto. Actualmente se está desarrollando un nuevo concepto de fábricas que fabrican muy pocos artículos. Según Gary Acres<sup>88</sup> de la sociedad Johnson Matthey:

*"Las fábricas tradicionales no desaparecerán de hoy a mañana, pero comenzamos ya a ver aparecer una nueva generación de fábricas más propias. Se trata de fábricas más pequeñas que no fabrican más que un solo producto especializado"*

Incluso se empieza a sugerir la aparición en un futuro no muy lejano del concepto de *fábrica personal*, asociado a máquinas RP y escáneres 3D. Aparte del uso puramente

<sup>86</sup> Renault: "Investigación y desarrollo". op. cit.

<sup>87</sup> Bernal, Jesús y Martínez, Arturo : *Diseño Artístico (Nº3 Bachillerato)*, Madrid, Editorial SM, 1986, p. 138

<sup>88</sup> Acres, Gary: En *Innovation.Transfert & Innovation Technologiques*. Vol.1/98. Enero 1998, p. 10



empresarial que se le puede dar a las máquinas de RP se pueden pensar igualmente otros usos:

- Existe una teoría que indica que en un futuro el uso de tales máquinas en el hogar harán de éste una fábrica personal. Una fábrica es capaz de producir productos totalmente funcionales, no componentes simplemente estructurales y esto es posible en un futuro (Hinzmann)<sup>89</sup>.
- Realización de réplicas de esculturas para museos, el medio urbano, la casa.
- Creación de caretas o bustos de uno mismo.
- Se puede usar igualmente la máquina como una máquina tridimensional de creación facsímil, a fin de enviar y recibir modelos a colaboradores.

En el futuro, con un bajo coste de las máquinas (en diez años se espera pasar a cien mil pesetas por máquina) la facilidad de uso y las infraestructuras harán que el consumidor sea capaz de afrontar una máquina para uso doméstico y decir esto significa que el usuario podrá fabricar pequeñas cantidades de aquello que esté decidido a realizar.

Un campo de aplicación que ofrece una amplitud de utilización, es el relacionado con aquellos objetos en donde el uso, o dicho de otra manera, el agarre es fundamental en la interacción con el usuario. Por ejemplo los artículos de cocina, herramientas y cualquier tipo de artefacto podrían ser más fáciles de usar gracias a estas máquinas ya que facilitan el estudio ergonómico en cuanto a tamaños, empuñaduras y otros ajustes que podrían personalizarse.

La idea de poder tener en el hogar este tipo de máquinas y de alguna manera “fabricar” objetos ha sido bautizado por Hinzmann (referencia anterior) como la “fábrica personal”. Respecto a las personas que podrían utilizar este tipo de máquinas se puede hacer una clasificación de potenciales usuarios de la “fábrica personal”, clasificación que podría corresponder a potenciales usuarios de cualquier tecnología nueva que apareciera en el mercado:

1. Los que buscan tecnología, contando por lo general con un alto poder adquisitivo.
2. Los que buscan tecnología pero esperan a ver si ésta se consolida.
3. Los que se hacen todo ellos. Reparar el vehículo, crean sus propias ropas, usuarios por lo general con un menor poder adquisitivo.

Uno de los problemas ante los que se encontrarán los posibles usuarios de este tipo de máquinas es la poca facilidad de uso de estas máquinas. Muchas de las máquinas actualmente de RP disponibles requieren un operador diestro, comprender la óptica espacial, conocimiento de los materiales a utilizar y conocimiento igualmente del software para ajustar las inexactitudes entre el CAD y el modelo físico. Se puede afirmar que para la creación de la fábrica personal será necesario la facilidad de uso. Respecto a los materiales a utilizar se habrá de pensar que los materiales para la “fábrica personal” deberán ser más baratos. Los fotopolímeros para estereolitografía de máquinas Rápido Prototyping pueden ser caros a causa de los aditivos que requiere

<sup>89</sup> Hinzmann, Brock: “The Personal Factory”. En: <http://stress.mech.utah.edu/home/novac/rapid.html>

para que se solidifiquen en presencia de la luz guardando sus propiedades. Algunas máquinas RP ofrecen materiales alternativos tales como el papel (LOM), son menos caros, pero no son adecuados para muchas de las aplicaciones deseadas, donde la exposición al agua o los fluidos corrosivos es probable. Los materiales para el uso en el hogar deben también ser seguros para el contacto con la piel o posible ingestión en el cuerpo humano. La toxicidad de muchos materiales utilizados en RP es todavía poco conocida.

Para muchas aplicaciones, un explorador láser u otro explorador óptico, será deseable. El objeto principal es duplicar los objetos en una máquina de RP.