



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 REVOLUCION DIGITAL

LA SUSTITUCION DEL ORIGINAL

Puede afirmarse que no existe el original cuando se trabaja en informática. Al utilizar el ordenador, mientras se dibuja la representación que se realice en el diseño deja de ser una labor artesanal para convertirse en un auténtico producto fabricado gracias a unas máquinas, siendo estas el ordenador y sus periféricos. En el dibujo tradicional el proceso consiste en hacer un solo original quedando la posibilidad de reproducirlo con diferentes suertes de calidad; en el caso del ordenador este original no es realmente un representación gráfica, en el sentido estricto del término, sino una serie de informaciones sobre soporte magnético y su facilidad de reproducción es tan grande que su carácter excepcional queda reducido al mínimo, pudiendo ser todas las copias realizadas con las mismas calidades que el supuesto original.

En el dibujo tradicional se puede diferenciar entre soporte, cubrientes, instrumentos de trazo, e instrumentos auxiliares. Si se intenta aplicar este esquema a la imagen electrónica, pronto se puede comprobar que no encaja exactamente. Si que es verdad que existen herramientas para introducir los datos (ratón, teclado, puntero, voz, etc.) y herramientas que ofrecen una copia del dibujo en papel, acetato, etc., pero no se puede hablar propiamente de soportes en sí, cubrientes, instrumentos de trazo... por tanto, al hablar de la técnica del dibujo por ordenador, se ha de hacer referencia primero a la imagen visual, y, después, a su reproducción gráfica.

El soporte en el dibujo tradicional puede ser muy diverso, papel, cartulina, planchas metálicas, cerámica, vidrio, etc., existiendo siempre una relación directa entre éste y la mano del dibujante. El propio soporte condicionará en muchas ocasiones la técnica del dibujante y los materiales a emplear, en cambio el soporte de la imagen electrónica es uno solo, la pantalla, ya sea esta extraplana, de cristal líquido o de proyección. No se puede hablar propiamente de materiales infográfico como de sustancias que se depositan sobre el soporte. Mientras que en el dibujo tradicional se puede cambiar de material fácilmente, ya sea por decisión propia del dibujante, ya sea por las características del soporte y además este es decisivo en el estilo que se quiere conseguir, cuando se usa un ordenador todas estas decisiones son fundamentalmente tecnológicas y se toman por anticipado, no para hacer cada uno de los dibujos, sino para toda un serie de años (Sainz y Valderrama, 1992)⁴²¹. Algo semejante ocurre con los instrumentos. Si se denominan instrumentos de trazo a aquellos con los que se define la imagen (el lápiz, el tiralíneas o el pincel), al utilizar el ordenador todo ello queda reducido a la introducción de datos, de órdenes, ya sea por medio del teclado, la voz, de un lápiz óptico, de un escáner, de un ratón,

⁴²¹ Sainz, Jorge y Valderrama, Fernando: *Infografía y arquitectura*. Madrid, Editorial Nerea, S.A., 1992, pp. 109-111

etc., de modo que en el caso del propio ratón sería el único instrumento auxiliar de la representación, papel que en el dibujo tradicional cumplían utensilios como la regla, la escuadra, el compás. Por tanto, pueden considerarse los medios de introducción de datos en el ordenador como sustitutos de los tradicionales cubrientes, instrumentos de trazo y auxiliares. En el caso de las reproducciones, como es el caso de los trazadores, se observa que es la versión de la informática que más próxima está al dibujo profesional tradicional (dibujo técnico, plotters).

Dado el carácter excepcional que tienen los originales en el dibujo tradicional, la mayor parte de los dibujos que se conocen son reproducciones de tales originales. Por tanto, el ordenador como medio de reproducción de imágenes, podría considerarse el último eslabón en la historia de estos métodos, que van desde la xilografía hasta la fotocopia. A partir de este momento, el original deja de tener valor ya que no habrá nadie que se aventure a diferenciar qué soporte magnético es el original, ya que esto no tiene sentido.

El dibujo para un diseñador es considerado un medio de comunicación con un único fin y éste consistiría en la buena realización del producto. En este sentido Munari (1968)⁴²² señala como estos dibujos son un mero trámite para alcanzar un buen diseño. Cabe entonces pensar la poca importancia que debería darse a los originales realizados por los diseñadores pues una vez que se ha avanzado en una fase del proyecto y se pasa a la siguiente lo anterior quedaría obsoleto. Aicher⁴²³ confirma esta opinión, considera que el dibujo original de un diseñador no es importante ya que no puede ser tomado como obra de arte debido a que es un medio para alcanzar un fin, este fin como se dijo anteriormente, será el producto.

El factor clave que define el diseño industrial vendría dado por la fabricación en serie de los productos, es decir, incluso el producto original en sí no existiría como pieza única, entonces ¿por qué habría de considerarse los dibujos del proyecto como piezas únicas con un valor excepcional?. Si como indicó Aicher estos dibujos no pueden ser considerados obras de arte lo mismo podría aplicarse al producto. En la esencia misma del diseño se da la consecuencia de un producto y es que se puede reproducir. No se puede hablar por tanto del objeto único como se podría señalar en arte. Son bastante clarificadoras las palabras de Aicher en este sentido:

“El diseño se hace para todos, no para unos pocos, y menos aún para un particular. El diseño quiere ser reproducido, multiplicado. El diseño aborrece el original y el valor mercantil establecido por una elite”.

Puede entonces considerarse el paralelismo que se establece entre el producto final y los dibujos del proyecto, más aún con el empleo de medios informáticos. Quedarán por tanto tan solo los dibujos creativos, los bocetos que sirvieron al diseñador para establecer las ideas o conceptos que dieron el posterior desarrollo del diseño. Estos dibujos creativos, casi con toda seguridad realizados con medios tradicionales, se puede afirmar que serán únicos, podrán reproducirse pero en su

⁴²² Munari, Bruno: *El arte como oficio*. op. cit., p. 38

⁴²³ Aicher, Otl: op. cit., p. 118

esencia se encontrará la idea, el concepto y su reproducción no tendrá ninguna influencia en el desarrollo del diseño. Serán en este caso piezas únicas, originales cuyo único valor podría ser el sentimental.

EL ESTILO GRÁFICO

¿Por qué diferentes épocas y diferentes naciones han representado el mundo visible de modos tan distintos?. La educación clásica se centraba en la capacidad de expresión y persuasión del estudiante. Los problemas de los modos expresivos se embrollan casi siempre con los de la variación en las habilidades técnicas. Así, lo que puede mirarse como un progreso desde el punto de vista del dominio de un vehículo puede mirarse también como una decadente caída en el hueco virtuosismo (Gombrich, 1961).⁴²⁴

Cuando se habla de estilo en diseño cabría diferenciar los dos aspectos que la expresión parece señalar. Por un lado se puede definir el estilo en diseño como la cualidad que define un producto, cualidad que puede ser debida a su aspecto formal, funcional, etc., y por otra parte puede entenderse por estilo en diseño los aspectos gráficos o formas de comunicar el diseñador sus ideas. Podría decirse por tanto que dentro de la comunicación que realiza el diseñador se podrían establecer estilos tanto en su forma de trabajar las ideas y representarlas como en el producto final.

Respecto al *estilo de los productos*, Aicher⁴²⁵ indica que la mayoría de los diseñadores tienen su propio estilo, pero entonces surge la pregunta: ¿Qué factores actúan contra un estilo?. El ser humano se encuentra en un mundo de signos, y utiliza objetos como portadores de signos. Lo que se compra se encuentra más determinado por la marca y su signo que por el valor de uso.

“La forma del producto, la marca, la apariencia es a menudo más determinante que la técnica, la utilidad y la eficacia de un objeto, cualidades que bajo la envoltura visual ya no pueden apreciarse sin un análisis especial. Adquirir un producto es hoy un acto de demostración, el producto nos distingue, nos identifica con una marca determinada. Esto refuerza la función representadora de los objetos y obliga a crear un estilo con carácter de signo”

Por lo tanto, Aicher⁴²⁶ deja claro que en el diseño la percepción de los objetos que se pueden comprar se derivan de signos, signos que crean un estilo.⁴²⁷

⁴²⁴ La palabra *estilo* deriva del *stilus*, el instrumento de escritura de los romanos, que hablaban de un “estilo excelente” más o menos como generaciones posteriores hablaban de “fluencia de pluma”. Gombrich, Ernst H.: *Arte e ilusión*. Barcelona. Editorial Gustavo Gili, S.A. 1979, pp. 19-24

⁴²⁵ *Ibidem*. p. 67

⁴²⁶ *Ibidem*. p. 85 y p. 137

⁴²⁷ Por ejemplo podría enumerarse los diferentes estilos habidos durante este siglo en el diseño de productos. El diseño de los años 20 tenía como meta dejar de lado todo estilo y ceñirse a la cosa. Aquello era formalismo. El cuadrado, el círculo y el triángulo se erigieron en valores estéticos fundamentales. Respecto al Bauhaus prevalecía un estilo geométrico derivado del arte; de ahí que influyera en el Art Decó más que la moderna producción industrial. El Bauhaus se asentó más en los museos que en la técnica y la economía actuales.

Respecto a la educación impartida en escuelas de diseño y refiriéndose en concreto a las enseñanzas de la escuela de Ulm y el posible estilo que se pudiera estar impartiendo, hace un breve comentario de Hans Gugelot y la preocupación de éste por el estilo:

“Hans Gugelot temía crear un estilo, tenía que demostrarse a sí mismo que era capaz de resistir la tentación de un estilo. En el estilo veía ya el inicio de la corrupción del diseño” ⁴²⁸

Muchos diseñadores temen quedar incluidos en un estilo de diseño. Si por estilo se entiende dar preferencia al aspecto formal anteponiéndolo a otros factores como pueden ser el valor de uso, la economía, el factor humano, etc. es de comprender esta postura; ahora bien, si estilo en diseño es crear en esos productos unos valores de signos claramente identificables, parece entenderse que tal preocupación no debiera existir.

Pasando al aspecto segundo del apartado, si cuando se habla de estilo se está haciendo referencia a la manera de representar sus ideas el diseñador, podría decirse que cada diseñador tiene el suyo propio. El enigma del *estilo gráfico* para Gombrich (1963)⁴²⁹ está envuelto de un emocionante misterio. Se da cuenta de la profunda ignorancia que se tiene en ese campo. Cree que si el estilo es intencional el problema aumenta. Sería más fácil pensar que el estilo viene dado por la habilidad más el proceso de aprendizaje que implica. Entonces podría incluso hacerse una división según el grado o nivel de habilidad en el dibujo que tuviera el diseñador e indicar un estilo profesional o de principiante. Esto quizás sea exagerado. Lo que si se puede afirmar es que todo dibujo (o diseño) está hecho de signos, como se dijo anteriormente. Se puede decir que es el signo el que sensibiliza el diseño. Se dispone de un signo para escribir y de un signo para dibujar. Se puede escribir con la pluma, con la máquina de escribir, o con el pincel, lo que cuenta en todo caso es la legibilidad de la palabra escrita. Para Munari (1967)⁴³⁰ todo diseñador se preocupa por sensibilizar este signo. Sensibilizar equivale a dar una característica gráfica visible por la cual el signo se desmaterializa, signo vulgar, común, y asume una personalidad propia.

Gombrich⁴³¹ indica la necesidad humana de transmitir en cada dibujo signos personales o señas de identidad. Opina que el ser humano tiende a proyectar vida y expresión en la imagen estática y añadir, a partir de su experiencia lo que falta en realidad. Munari (1973)⁴³² relaciona el estilo con la expresividad del trazo e indica que para conseguir esta expresividad el diseñador ha de realizar el trazo rápidamente, de esta manera se consigue reflejar fielmente la frescura de una idea:

⁴²⁸ Aicher, Otl: op. cit., p. 67

⁴²⁹ Gombrich, Ernst H.: *Meditaciones sobre un caballo de juguete*. op. cit., p. 152

⁴³⁰ Munari, Bruno: *Diseño y comunicación visual*. op. cit., p. 39. 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.

⁴³¹ Gombrich, E. H. en Hochberg, Julian & Gombrich, E. H.: “La máscara y la cara”. op. cit., p. 34

⁴³² Munari, Bruno: *Diseño y comunicación visual*. op. cit., p. 70

“Un producto hecho con rapidez conserva toda la vida que tenía en el momento de ser concebido. Observar largo tiempo, comprender profundamente y hacer en un instante; el cerebro y los músculos trabajan en las mejores condiciones: el producto es vivo”.

En la misma línea escribirá Laseau (1982) ⁴³³:

“En los procesos de pensamiento, los dibujos del pensamiento gráfico tienen que ser rápidos, flexibles y sin restricciones”.

De todas formas Munari⁴³⁴ indica refiriéndose al proceso de diseño de un producto, que el diseñador no ha de preocuparse por el estilo de sus dibujos ya que para él son un mero trámite para alcanzar un objetivo claro y éste es la consecución de un buen diseño: ⁴³⁵

“En el trabajo del diseñador no existe el estilo durante el proyecto de un elemento cualquiera (una lámpara, un electrodomésticos o un objeto experimentan). La única preocupación que debe tener es la de llegar a la solución del proyecto según le sugieran los elementos del propio objeto, su destino, etcétera. Por esto, diversos objetos, en este caso, pueden tener formas diversas, determinadas por usos, materiales y técnicas diversas”.

En el mismo sentido se encuentra la opinión de Aicher⁴³⁶:

“Un diseñador anónimo no se preocupa por su estilo, no tiene ninguno. Es como un artesano solitario en su taller. Le interesa lo que obtiene; sobre esta actitud reposa la cultura humana”.

Hará igualmente una referencia a la apariencia, relacionando por tanto el estilo (gráfico) con la apariencia física del dibujo:

“Desde el Renacimiento estamos habituados a contemplar el mundo de modo predominantemente perspectivista, como pura apariencia. Cuando un arquitecto dibuja los planos de una casa o un ingeniero los planos de un producto debe hacerlo geoméricamente, no de modo perspectivista. Debe hacerse cargo de la disposición interna y la construcción del objeto. La apariencia es algo derivado de todo eso, una consecuencia. La apariencia es resultado, y solo como resultado funda una perspectiva”. ⁴³⁷

Por ejemplo, la práctica arquitectónica hizo notar su presencia en la técnica y estilo de los dibujos a comienzos de la Revolución Industrial. Los dibujos de Boulton y

⁴³³ Laseau, Paul: op. cit., p. 169

⁴³⁴ Munari, Bruno: *El arte como oficio*. op. cit., p. 38

El libro es una recopilación de artículos que escribió para el diario Il Giorno.

⁴³⁵ Munari comenta de todas formas que hay dibujos de diseñadores que tienen un estilo muy personal.

⁴³⁶ Aicher, Otl: op. cit., p. 120

⁴³⁷ Aicher, Otl: *Ibidem*.p. 143

Watt de finales del XVIII (correspondientes a máquinas de vapor) recuerdan dibujos de arquitectura de la época. Para Pipes⁴³⁸ es evidente que a los ingenieros se les enseñaba el estilo de los órdenes arquitectónicos de las columnas dóricas y jónicas, para aplicarlos a las ménsulas con ornamentación vegetal, a fin de introducir estos modelos en el diseño de la maquinaria premoderna. Otro aspecto podría ser el de la personalidad. Si el estilo resultante de los dibujos puede darse como un reflejo de la personalidad del diseñador, podría incluso apreciarse la disposición del diseñador ante ciertos dibujos y de este modo conocer la toma de decisiones que siguió.

*“Las líneas imprecisas pueden indicar su disposición a permanecer abierto a nuevas ideas, en tanto que una delineación más precisa podría mostrar su preferencia por la definición y toma de decisiones”.*⁴³⁹

El estilo también se puede formar previsiblemente mediante la selección consecuente que hace el diseñador de lo que quiere mostrar y lo que quiere dejar fuera de sus bocetos. En el campo de la arquitectura Laseau comenta al respecto:

*“Sus elecciones suelen ser un reflejo de lo que considera importantes cuestiones de diseño en la mayoría de sus proyectos”.*⁴⁴⁰

Podría también definirse el estilo en base a los medios y técnicas utilizados en los dibujos. Cuando se dibuja y se quiere plasmar una idea el diseñador se ve sujeto a unos medios y unas técnicas propias para cada uno de estos materiales. Cada material tiene unas cualidades específicas que le hace seguir una técnica determinada. Esta técnica da como consecuencia un estilo gráfico, interviniendo en ello de igual manera la destreza del diseñador en la habilidad en esa técnica concreta, su estado de ánimo en esos momentos, y otros factores como puede ser por ejemplo el tamaño de la imagen dibujada. Si el tamaño es pequeño diferirá el trazo con respecto a una imagen de un tamaño mayor. Todos estos factores influyen en el *estilo gráfico*.

*“Suele existir una diferencia entre lo que intentamos dibujar y lo que realmente se dibuja. La habilidad del trazo, los materiales, nuestro humor, pueden ser fuentes de cambios. Igualmente la imagen esta sujeta a modificaciones. Las diferencias de ángulo e intensidad de la luz, el tamaño de la imagen y su distancia del ojo, el reflejo del papel y la transparencia de los medios abren nuevas posibilidades”.*⁴⁴¹

Si se acepta que el diseñador no necesita crear un estilo, que esto da igual, que ha de preocuparse del fin final que es el producto, también es verdad y conviene recordar las palabras de Gombrich anteriormente comentadas donde hacía referencia al estilo como una necesidad humana de transmitir signos personales (en la página 136). Surge entonces la pregunta, ¿estos signos son generados por los

⁴³⁸ Pipes, A.: op. cit., p. 12

⁴³⁹ Laseau, Paul: op. cit., p.152

⁴⁴⁰ Laseau, Paul: Ibidem. p.152

⁴⁴¹ Ibidem. p. 9

materiales y técnicas empleadas o por el propio trazo realizado por el diseñador?. En principio parece adivinarse como válidas ambas cuestiones. Los propios materiales utilizados en un dibujo generan trazos particulares, estos materiales además favorecen más unas técnicas que otras, podría afirmarse que un material genera técnicas diferentes de la utilización de otro, y estas técnicas generadas por estos materiales, el diseñador o dibujante los puede moldear a su manera, creando trazos diferentes, en ocasiones más expresivos que en otras, acentuando zonas de mayor interés o enfatizando aspectos que para él serán relevantes.

En estas cuatro imágenes se puede observar un mismo motivo realizado con técnicas diferentes. Podría decirse que se dan estilos diferentes.



Imagen 4, 5, 6, 7

Si se parte entonces del principio de que el estilo viene definido por los materiales empleados, las técnicas utilizadas, los estados de ánimo, el tamaño del dibujo, el soporte, etc., se puede pensar que en el dibujo con ordenador muchos de estos factores se unifican. Dado que los diseñadores manejan sin dificultad todo lo referente al dibujo que se podría denominar tradicional, la mejor manera de analizar las nuevas posibilidades del dibujo informático será ir trazando un paralelismo entre ellos. En diseño se puede decir que un dibujo consiste en una imagen realizada dentro de un determinado estilo gráfico y con una determinada finalidad. Según esta definición, las características específicas del dibujo de diseño realizado por ordenador afectarían fundamentalmente al estilo gráfico, es decir, al conjunto de cualidades formales y técnicas que definen una determinada representación.

Al menos, en el campo gráfico, parece razonable pensar que según aumenta la complejidad del instrumento también aumenta la convencionalidad del resultado. Esto quiere decir que cuando se utilizan instrumentos gráficos muy complejos o

especializados el dibujo tiende a perder personalidad para convertirse en algo convencional (Sainz y Valderrama, 1992)⁴⁴². Con un simple lápiz un diseñador ha dibujado siempre a su manera y se pueden reconocer las diversas manos en el propio trazo del dibujo. Lo mismo se puede decir de un pincel y una simple caja de acuarelas. Por el contrario, lo que se entiende como dibujo técnico está realizado con instrumentos mucho más perfeccionados (minas de diversa dureza, estilógrafos, trazadores de elipses, tecnígrafos, etc.) pero sus resultados tienden a ser convencionales. El estilo de estos dibujos no se suele encontrar en el trazo, sino en una serie de cualidades diversas como pueden ser las preferencias por uno u otro sistema de proyección o la mayor o menor textura gráfica de la representación.

Si se puede hablar del estilo gráfico de Loewy (Styling), también se podría hablar del nuevo estilo informático del siglo XXI. Previsiblemente el diseñador va a poder realizar imágenes en todos los sistemas de representación sin ningún esfuerzo adicional; va a poder elegir sus variables gráficas entre un catálogo prácticamente infinito de efectos, texturas, colores y sombras; y va a poder incluir en ellos todo tipo de rótulos y medidas con suma facilidad. Tiene ante sí innumerables posibilidades para definir el estilo de sus imágenes y representaciones. Sin embargo, el hecho de que todas ellas se deban escoger entre un catálogo dado (sobre todo si se usan las mismas bibliotecas, texturas, etc.) hará que se pierda ese toque personal que da la mano del dibujante. Si a esto se añade la componente convencional que tienen las imágenes electrónicas, el resultado podría ser que los dibujos por ordenador tenderán a parecerse mucho entre sí.⁴⁴³

Es evidente que las imágenes producidas en el ordenador son bastante semejantes entre sí, en lo que se refiere a su estilo gráfico. El ordenador probablemente está consiguiendo que todos los diseñadores dibujen igual. El tipo de imágenes que ofrecen los ordenadores al ser realizadas con los medios actuales ofrecen estos resultados convencionales, sin embargo, es posible pensar que todo esto es fruto del momento inicial en el que se encuentra esta tecnología, que probablemente cambie la manera de introducir los datos y esto genere un tipo de imagen menos convencional. De hecho aparecen actualmente medios diversos para la introducción de datos o lo que es lo mismo, medios diferentes de realización de imágenes: los lapiceros digitales, las pantallas táctiles, los escáneres con la posibilidad posterior del retoque de imágenes, los digitalizadores, los diversos elementos empleados en la Realidad Virtual y por supuesto el ratón.

Aún así, actualmente se dan pocos factores, pero sí algunos que pueden determinar un cierto estilo gráfico en la elaboración de imágenes por medio de ordenadores. El estilo en este caso vendría dado por la elección del punto de vista, por el tipo de iluminación empleada, por los fondos escogidos en la ambientación del objeto, por la propia ambientación, etc., es decir si se considera que estos valores pueden definir un estilo, serían pocos pero se podría afirmar que en cierta medida se da un estilo gráfico.

⁴⁴² Sainz, Jorge y Valderrama, Fernando: op. cit., pp. 67-70

⁴⁴³ *Ibidem.* p. 112

EL INTERFAZ EN SISTEMAS INFORMATICOS

En los años noventa comienza a extenderse un concepto acuñado una década atrás, aunque con distinto significado se habla de televisión y radio interactivas como sistemas de comunicación en dos direcciones.

El teletexto y la televisión a la carta (cadenas digitales) son otros ejemplos de ello.

Interacción proviene del latín y significa una influencia recíproca. Berlo(1990)⁴⁴⁴ hace una definición de este término aproximándola al campo de la comunicación y de las conductas recíprocas:

“El término interacción designa el proceso de la asunción de rol recíproca del desempeño mutuo de conductas empáticas. Si dos individuos hacen inferencias sobre sus propios roles y asumen al mismo tiempo el rol del otro y si su conducta comunicativa depende de la recíproca asunción de roles, en tal caso se están comunicando por medio de la interacción mutua”.

El diccionario⁴⁴⁵ define los términos interactivo e interacción de la siguiente manera:

Interactivo: dicese de los programas que permiten una interacción, a modo de diálogo, entre el computador y el usuario.

Interacción: acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, agentes, fuerzas, funciones, etc.

Para que haya interacción parece lógico pensar que es preciso que haya comunicación. La comunicación representa el intento de unificar dos organismos, de llenar la brecha entre dos individuos por medio de la emisión y recepción de mensajes que tengan un significado para ambos. En el mejor de los casos esta es una tarea posible. La comunicación interactiva se acerca a este ideal.

La interacción podría decirse que se distingue de la acción-reacción en que los actos de cada uno de los participantes de la comunicación se encuentran interrelacionados, en que influyen unos en otros a través del desarrollo de hipótesis sobre cual será el resultado de esos actos, en que se ajustan a los propósitos de la fuente y del receptor. Cuando se piensa en un ordenador como herramienta de comunicación se observa que los gráficos⁴⁴⁶ son de una gran utilidad a la hora de

⁴⁴⁴ Berlo, David. K.: op. cit., p. 75

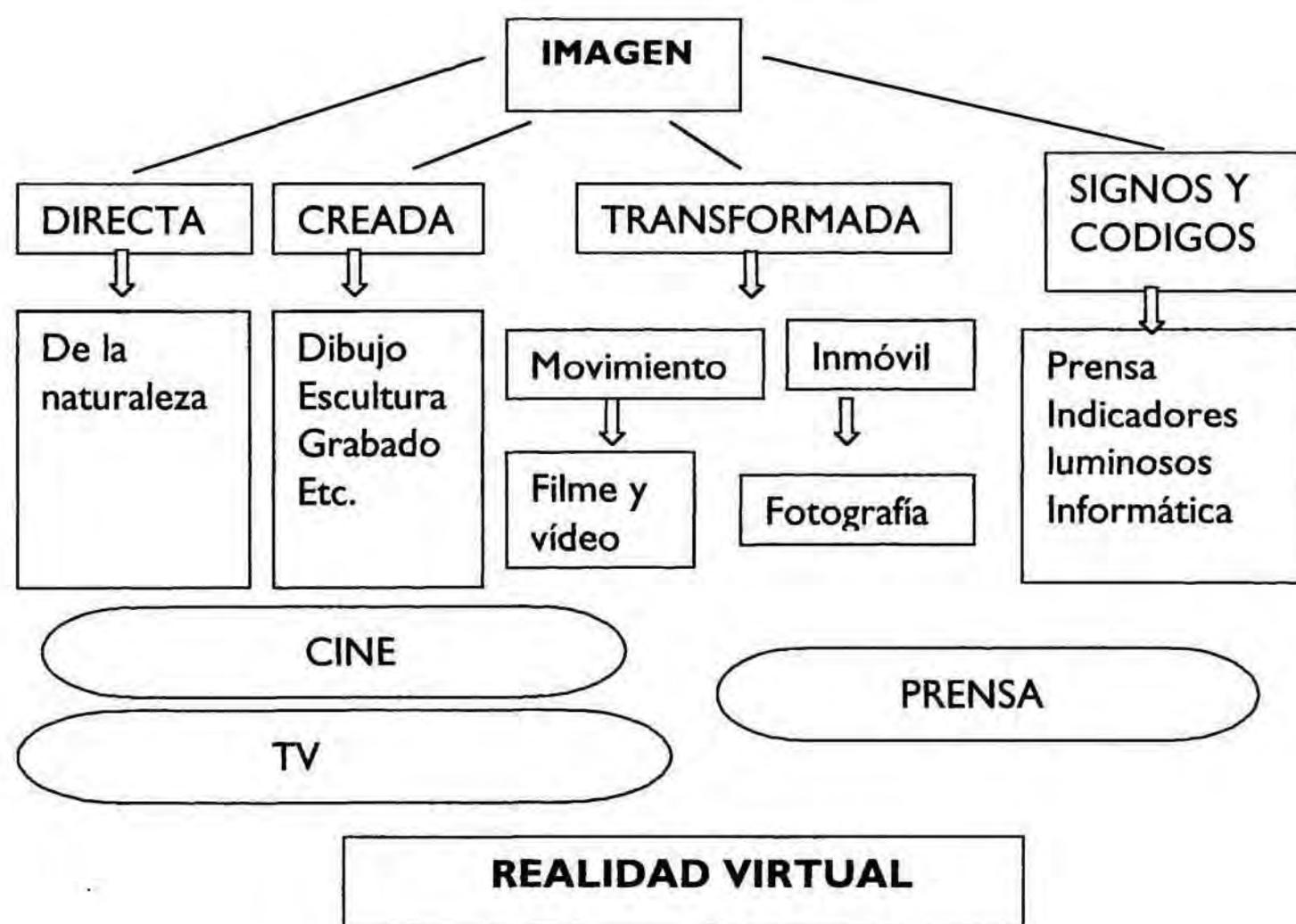
⁴⁴⁵ Diccionario de la lengua española. Real Academia Española. 21ª edición. Editorial Espasa Calpe. Madrid 1992.

⁴⁴⁶ Para procesar imágenes en el ordenador, éstas tendrán que estar almacenadas como archivos gráficos. Para ello, la imagen se guarda en función del formato del archivo en forma de una tabla de puntos gráficos (pixel). Una vez guardada la imagen puede ser sometida a todo tipo de manipulaciones. Las imágenes se guardan en un formato gráfico usual, distinguiendo dos tipos;

a- gráficos de mapas de bits o gráficos de tramas. Se representan mediante una serie de puntos.

b- gráficos vectoriales. Se almacenan en memoria con independencia de la resolución gráfica.

ofrecer información. Mediante la creación de imágenes que permitan explorar esta información de forma más intuitiva, el ordenador puede convertirse en el puente entre la información numérica en bruto y los seres humanos.⁴⁴⁷ Cuando dos personas interactúan, se colocan en el lugar del otro, tratan de percibir el mundo de la misma forma en que lo hace el otro, procuran prever de que manera habrá de responder aquél. La interacción implica asumir recíprocamente un papel, el empleo mutuo de habilidades comunes. El objeto de la interacción es obtener una perfecta combinación de sí mismo y del otro, una capacidad total de saber anticipar, predecir y conducirse de acuerdo con las mutuas necesidades de sí mismo y del otro. Los pueblos que se conocen como desarrollados padecen en su estructura cultural la sobrepresencia de los mensajes electrónicos. A continuación se establece un esquema que sobre la comunicación interactiva ha desarrollado J. Javier Muñoz⁴⁴⁸, destacando los pasos desde la imagen a lo que será el último avance en ésta que será la Realidad Virtual.



La comunicación interactiva auténtica sería en opinión de J.J. Muñoz (1993)⁴⁴⁹ la que garantizase igualdad en el acceso a la información y en la capacidad de emitirla, tanto por su diversidad de medios como por su disponibilidad técnica, económica y cultural.

Frater, Jaral y Paulissen, Dirk: *El gran libro de multimedia*. Barcelona, Editorial Marcombo, 1994. p. 252

⁴⁴⁷ Aukstakaluis, Steve & Blatner, David: *El Espejismo de silicio*. Editado por Stephen F. Roth, 1993. p. 44

⁴⁴⁸ Muñoz, José Javier: *Expresión artística y audiovisual. De los primeros signos a la realidad virtual*. Salamanca, Amarú Ediciones, 1993, p. 90.

⁴⁴⁹ Muñoz, José Javier: *Expresión artística y audiovisual. De los primeros signos a la realidad virtual*. Amarú Ediciones, Salamanca 1993, p. 91

¿Cuál sería el uso de la comunicación interactiva que la técnica está ya en condiciones de ofrecer?, se puede suponer aquella que garantice la igualdad entre emisor y receptor. Actualmente con Internet pueden observarse que este fenómeno se está produciendo. Internet permite comunicar y comunicarse con gran facilidad a costos muy bajos. La comunicación es la base de todos los negocios, siendo Internet el sistema más ágil, completo, más barato de comunicación y, además está en constante desarrollo.⁴⁵⁰

Escribirá Bill Gates:

*“Estamos al borde de otra revolución. Esta supondrá la capacidad de comunicarse a precios de una baratura sin precedentes”.*⁴⁵¹

*“Los usuarios que sientan curiosidad se verán hipnotizados por la abundancia de información”.*⁴⁵²

El establecimiento de redes de comunicación ha favorecido su desarrollo. (Sainz y Valderrama)⁴⁵³

La comunicación entre lo que se muestra y nosotros mismos, tiende a ser interactiva. Quiere esto decir, que la persona no se limita a ser un mero observador, sino que participa, pregunta, ejecuta sobre lo que ve, pudiendo cambiar el rumbo indicado. Para ello será importante crear herramientas que faciliten esta comunicación y el uso de la tecnología informática será en buena medida una ayuda importante en esta labor.

Retomando el término interacción y llevándolo al ordenador se podría definir diciendo que el usuario puede controlar activamente el programa. Para Frater y Paulissen(1994)⁴⁵⁴ interacción significa que el desarrollo de un programa depende de las entradas realizadas por el usuario, o lo que es lo mismo, que el usuario puede controlar el programa.

La idea de crear interfases mejores y más intuitivos no empieza con los ordenadores. Todas las herramientas de las que puede servirse una persona tienen un interfaz más o menos humano, y es que depende tanto de la habilidad del diseñador como de la complejidad del trabajo para la que se ha diseñado la herramienta. Por ejemplo, un martillo tiene un interfaz muy simple, pero es una

⁴⁵⁰ Suárez, Fermín, “Internet en el mundo empresarial”, *El Periódico*, 25-1-1997, p. 41.

⁴⁵¹ Gates, Bill: *Camino al Futuro*, Mc. Graw-Hill, Madrid. 1995, p. 3

⁴⁵² Gates, Bill: *Ibidem*. p. 86

⁴⁵³ Conectar varios ordenadores entre sí para que la información de cada uno sea accesible para todos los usuarios; esta conexión puede caracterizarse de la siguiente forma:

- Año 60: gran ordenador con terminales; la potencia se reparte entre todos los usuarios.
- Años 80: pequeños ordenadores independientes; cada uno usa la potencia de que dispone.
- Años 90: ordenadores de varios tipos conectados en redes; cada persona usa tanta potencia como necesite.

Sainz, Jorge y Valderrama, Fernando: *Infografía y arquitectura*. Madrid. Editorial Nerea, S.A., 1992, p. 41

⁴⁵⁴ Frater, Harald y Paulissen, Dirk: *El gran libro de Multimedia*. Barcelona, Editorial Marcombo, 1994, p.

herramienta muy limitada. Un peine es un objeto simple, sencillo, con un interfaz muy conseguido; se ha de pensar que muchos de los objetos que rodean al ser humano se han ido puliendo con el uso de generaciones y de esta forma por ejemplo un peine pasó de ser una prolongación de los dedos de la mano, a un esqueleto de un animal, a un objeto totalmente definido por el hombre. Si se observa el caso de una fotocopiadora con cincuenta botones se da uno cuenta de lo que es utilizar una herramienta compleja con un interfaz pobre. Cuanto más compleja es la herramienta, más difícil es diseñarle un interfaz bueno.

Para resolver problemas con ayuda de un ordenador, el usuario debe ser capaz de comunicarse fácilmente y de forma precisa con la máquina y controlar lo que debe ocurrir. Generalmente cuanto más permitan los rasgos de una interfaz introducir al usuario en el sistema, mayor será el consumo de recursos o la dificultad para manejarla; si es sencilla, normalmente está limitada y limita. Los usuarios de un ordenador se encuentran frecuentemente en apuros. El que sólo necesita un rápido byte se encuentra con una sobrecarga de opciones, un confuso y abultado menú de opciones. Otros usuarios forzados a interactuar a través de un menú limitado y muy simplificado, cuando necesitan mayor variedad quedan frustrados, ya que saben que hay mucho más en el sistema y que ellos no están teniendo acceso a él.⁴⁵⁵ Un inmenso campo de estudio se ha desarrollado en torno a los problemas de la interacción humana con máquinas complejas y es denominado alternativamente como ingeniería humana, análisis de factores humanos, tecnología de interfases humanas, interacción hombre - máquina, ergonomía, etc.

En el desarrollo de las aplicaciones informáticas se puede observar la potencia que cada día van adquiriendo los equipos informáticos, sobre todo en la generación de imágenes. Por otro lado se encuentra la elevada inteligencia y conocimiento del usuario; lo que no ha seguido el paso de los avances en la generación de imágenes informáticas y capacidad de computación es la forma en la que el usuario se comunica con la máquina. Entre el hombre y la máquina se dan los problemas reales.

Por otra parte, el impacto que produce cualquier experiencia en el ser humano es mucho mayor si hay una mayor implicación de los sentidos, por ejemplo las representaciones pictóricas son normalmente muy efectivas como medios de comunicación, pero es sabido que entorpecen lo que se recibe a través de otros sentidos. Se ha de subrayar la importancia de los otros sentidos en obtener y asimilar información, es decir, entender el cuerpo como un receptor y procesador de muchos y diferentes tipos de estimulación sensorial simultánea.

Era difícil comunicarse con los primeros ordenadores porque la información tenía que traspasarse al ordenador por medio de interruptores y de tarjetas perforadas. Después, se diseñaron ordenadores con mejores interfases, los cuales permitían una comunicación basada en el texto. El problema de los sistemas basados en texto es que exigían del usuario la memorización de una gran cantidad de códigos y de sintaxis. Durante los años setenta se desarrollaron interfases gráficos de usuario

⁴⁵⁵ Casey Larijani, L.: op. cit., p. 10

(GUI) con el objeto de facilitar la comunicación entre los seres humanos y los ordenadores como el Macintosh (Apple) o el Windows (Microsoft). Es posible comunicarse con el ordenador mediante un lápiz o un ratón, haciendo clic y arrastrando iconos en una pantalla. La información puede transmitirse a través de iconos, de palabras o de sonidos. No sólo es más fácil trabajar con un sistema de este tipo, sino que es mucho más fácil recordar su funcionamiento, son los denominados sistemas amigables (Aukstakaluis y Blater).⁴⁵⁶

Casey Larijani⁴⁵⁷ propone que el diseño del interfaz debería ser realizado por personas con un alto nivel de conocimientos en varios dominios (psicológico, temático y técnico), con objeto de minimizar la pérdida de información o conocimientos y recoger el máximo partido del esfuerzo humano utilizado. Propone que la interfaz debería ahorrar al usuario la constante interrupción del entrenamiento de su pensamiento. Pensar en una interfaz que no distraiga y haga pensar constantemente al usuario, es un reto. Motte(1998)⁴⁵⁸ habla del problema que puede generar una mala interacción:

“Si el software hace que los usuarios se concentren en la herramienta en vez de en su trabajo, no será de gran ayuda”.

Todos estos interfases implican introducir información en el ordenador para recuperarla más tarde de una forma u otra. Como las interfases gráficas en dos y tres dimensiones han ayudado al usuario a comunicarse con las máquinas, se está empleando mucho tiempo y dinero para mejorarlas. Sistemas expertos están siendo encajados en interfases para ayudar a encontrar información a través de un gran número de recursos de investigación (Casey Larijani).⁴⁵⁹

Un nuevo giro se está produciendo en el interfaz con el ordenador: la realidad virtual. En un sistema de realidad virtual ya no se ven aparecer los datos en la pantalla de un ordenador, sino que uno se introduce dentro de los datos directamente. El interfase de la realidad virtual puede dirigirse no sólo al sentido de la vista, sino también al del oído y al del tacto. Se trata de un sistema informático plenamente interactivo que envuelve al usuario en un mundo tridimensional. La realidad virtual es una forma humana de visualizar, manipular e interactuar con ordenadores y con datos complejos. Por lo tanto es un salto cualitativo dentro de lo que se denomina interfaz de ordenador. Y esto es así porque la realidad virtual se dirige no solamente al sentido de la vista, sino también al auditivo y al táctil. Así, por ejemplo, mediante su uso un diseñador industrial puede visualizar un objeto virtual y mejorarlo de una manera simulada antes de pasar al diseño real. Provisto de casco visualizador y de guantes de datos puede manipularlo de una manera simulada, teniendo la oportunidad de modificar, sin apenas costo, ciertos aspectos del diseño.

⁴⁵⁶ Aukstakaluis, Steve & Blatner, David: *El Espejismo de silicio*. Editado por Stephen F. Roth, 1993, p. 7

⁴⁵⁷ Casey Larijani, L.: op. cit., p. 11

⁴⁵⁸ Motte, Susan: *Adobe Magazine* (Edición española). Nº 1. Enero 1998, p. 15. (Es asesora sobre utilidad, Breeze Design, Seattle, Washington).

⁴⁵⁹ Casey Larijani, L.: op. cit., p. 11.

*“No solo el interfaz de realidad virtual sirve durante el proceso de diseño, sino que éstas simulaciones de funcionamiento reducen la necesidad de construir modelos físicos”.*⁴⁶⁰

Las preguntas y las órdenes a modelos matemáticos son frecuentemente mejor transmitidos cogiendo, golpeando o empujando objetos virtuales. Debido a que las técnicas de visualización a menudo aclaran y ayudan en la interpretación de cantidades desordenadas de datos, el usuario puede ver rápidamente aspectos de la situación que de otra forma serían examinados o llevarían demasiado tiempo en ser analizados. Al eliminar la necesidad de entender como un ordenador almacena información para utilizarla, las interfases virtuales prometen liberar al usuario para enfocar que es lo que está almacenado, el conocimiento o la información. Pocos sistemas de hoy en día permiten totalmente una interacción libre o una modificación no premeditada del modelo por los usuarios.

La tecnología de las interfases neurales, en forma de biocontroladores puede eventualmente proporcionar un control positivo del usuario sobre los dispositivos electrónicos directamente desde las señales del sistema nervioso. Con todo, parece indicar que pasará cierto tiempo hasta que esta tecnología esté a nuestro alcance.⁴⁶¹

Por último señalar las palabras de James D. Foley (1987)⁴⁶²:

“El interfaz entre el usuario y el ordenador puede ser la última frontera en el diseño asistido por ordenador”.

Cabe pensar que este interfaz se va desarrollando cada día más hacia una interfaz más amigable, y no es descabellado pensar que dentro de poco tiempo se habrá cruzado esa frontera.

LA REALIDAD ALTERNATIVA

La realidad alternativa o simulación podría decirse que no es nada nuevo. En la literatura se observa un ejemplo de ello. Se podría argumentar que El Quijote de Miguel de Cervantes, es un ejemplo primitivo de realidad alternativa, ya que el lector experimenta otro mundo a través de los ojos del protagonista principal. Aunque lo que realmente ve cuando lee el libro es una colección de símbolos complejos, su imaginación le ayuda a experimentar los sentimientos e imágenes que lo obligan a continuar pasando las páginas. El cine es otro tipo de realidad alternativa, hace que las emociones se incorporen a la trama y a la dinámica del argumento, haciendo que el observador olvide frecuentemente que lo que está viendo no es nada más que una oscura pantalla iluminada esporádicamente por rayos luminosos. La imaginación, en la oscuridad del teatro, ocupa un lugar

⁴⁶⁰ Auskatalius, Steve: p.172

⁴⁶¹ Casey Larijani, L.: Ibídem. 12.

⁴⁶² Foley, James de. en Burdek, Bernhard E.; op cit., p. 338

secundario ya que las imágenes y emociones de la realidad alternativa se le suministran directamente. Todo lo que el cerebro necesita hacer en el teatro es mezclar la serie de imágenes estáticas en un movimiento continuo mientras se goza del espectáculo.

A diferencia de los medios de comunicación de masas que utilizan el papel y el celuloide, y que dependen de la trama y de los personajes para generar realidades alternativas, la realidad virtual pretende envolver en un mundo artificial que se siente como real, que responde a cada uno de sus movimientos como lo hace el mundo real. Es como si se hubiera convertido en uno de los personajes de una película, y toda la trama depende de su actuación.

“La imaginación ocupa un lugar secundario, donde el énfasis descansa en la simulación directa de los sentidos para crear las experiencias de otro mundo” (Lavroff, 1993) ⁴⁶³

Se debería pensar en el concepto de virtualidad como un engaño visual no sólo referido a los ojos; otros sentidos pueden ser igualmente engañados pudiendo obtener por tanto una simulación más precisa. Si se piensa solo en el concepto de virtualidad referido a los ojos se estaría con aspectos que a lo largo de la historia han querido simular una realidad, como por ejemplo todos los engaños a la vista proporcionados desde el S. XV por parte de la perspectiva. Podría por tanto pensarse como un espejo ofrece una simulación de lo real. La simulación que ofrece la realidad virtual es una simulación que intenta ir más allá, ahondar en otros sentidos.

Un sistema típico de realidad virtual consiste en uno o más dispositivos de entrada (sea un joystick, un volante o un arnés corporal), varias formas de salida (sea luz, sonido y presión), y un ordenador que manipule todos estos datos.

“Se ha dicho que la realidad virtual está llamada a cambiar el mundo. Lo que está fuera de dudas es que quienes tienen acceso a esta forma de reproducción ciberespacial pueden percibir las cosas de forma muy diferente de lo que hasta ahora se conocía”. ⁴⁶⁴

La *realidad virtual o ciberespacio*⁴⁶⁵ lleva a la realidad alternativa un paso más adelante, presentando al ordenador como mediador, o potenciador de la

⁴⁶³ Lavroff, Nicolas: *Mundos Virtuales. Realidad virtual y Ciberespacio*. Madrid, Editorial Anaya Multimedia, 1993.

⁴⁶⁴ Muñoz, José Javier: op. cit., p.93.

⁴⁶⁵ *Ciberespacio*: entorno informático que reúne múltiples ordenadores, múltiples usuarios y múltiples conjuntos de datos. Cada ordenador es como una ventana por la que asomarse a la información que define el ciberespacio. La palabra ciberespacio se utiliza también para describir varios servicios de boletines electrónicos (BBS) no virtuales que existen hoy en día.

Otras definiciones que complementan el significado de realidad virtual son:

Entorno: mundo que existe enteramente dentro de la memoria de un ordenador. Un mundo puede consistir en un modelo tridimensional de una casa, en la representación de un conjunto de datos complejos, o de lo que sea. Este mundo puede ser explorado mediante una serie de métodos, entre ellos los que proporciona la tecnología de la realidad virtual.

imaginación. El término *realidad virtual* fue acuñado en 1989 por Jaron Lanier, fundador de VPL Research.⁴⁶⁶ La realidad virtual es una forma humana de visualizar, manipular e interactuar con ordenadores y con datos complejos. Podría definirse como la simulación sensorial completa de un ambiente, con sus objetos, sonidos y hasta climas.

El diccionario define *virtual* como:

*“Que tiene existencia aparente y no real”*⁴⁶⁷

Y *realidad* como:

“Lo que es efectivo o tiene valor práctico, en contraposición con lo fantástico e ilusorio”.

En cualquier caso, tecnológicamente hablando, la *realidad virtual* ha sido definida de varias maneras específicas, por ejemplo, como una combinación de la potencia de una computadora sofisticada de alta velocidad, con imágenes, sonidos y otros efectos. Larijani⁴⁶⁸ define la realidad virtual de la siguiente manera:

“Un entorno en tres dimensiones sintetizado por computadora en el que varios participantes acoplados de forma adecuada pueden atraer y manipular elementos físicos simulados en el entorno y, de alguna manera, relacionarse con las representaciones de otras personas pasadas, presentes o ficticias o con criaturas inventadas”... “Un sistema interactivo computerizado tan rápido e intuitivo que la computadora desaparece de la mente del usuario, dejando como real el entorno generado por la computadora”... “Un mundo de animación en el que nos podemos adentrar”... “Entorno tridimensional e interactivo generado por un ordenador en el cual queda inmersa una persona”.

Si se creara una imagen estéreo en la pantalla de un ordenador, se podría animar y manipular los datos de una forma tridimensional. Esto es el principio de la realidad virtual. El método que hay detrás de la generación de imágenes estereoscópicas en una pantalla plana de ordenador es de una gran simplicidad. La imagen destinada al ojo izquierdo se muestra en primer lugar mostrándose posteriormente la imagen destinada al ojo derecho. El ordenador muestra esta alternancia de imágenes de forma muy rápida (a razón de sesenta veces por segundo). El resultado a simple vista es parecido a una foto con dos exposiciones. Para visualizar correctamente la imagen hay que ponerse unas gafas con visualizadores de cristal líquido (LCDs) que bloquean, en cada ojo y de forma alternativa, la visión no deseada. Es esencial la sincronía entre las gafas y las imágenes alternantes de la pantalla. Esto se logra a

Realidad artificial: entorno informático que responde a la manipulación humana.

⁴⁶⁶ Roy, Pura C.: "La realidad virtual y la ingeniería", *Técnica Industrial*, Enero-Febrero-Marzo, N° 216, p.11.

⁴⁶⁷ Diccionario de la lengua española. Madrid, Editorial Espasa Calpe. 1992, 21ª Edición.

⁴⁶⁸ Casey Larijani, L.: op. cit., Prólogo.

través de señales infrarrojas que se emiten desde el monitor y que recoge un sensor instalado en las gafas.⁴⁶⁹

Los ingenieros del Advanced Technology Center de Boeing Aircraft, en Seattle (EE.UU), fueron los primeros en desarrollar la primera aplicación industrial de la realidad virtual. Con un programa CAD de alto nivel pudieron hacer diversos prototipos de nuevos aviones en forma digital reduciendo la necesidad de construir modelos físicos. Las ventajas son enormes, porque no solo es usada para el diseño, sino que al poder ver el objeto mediante unas gafas especiales denominadas EyesPhones, puede tenerse la percepción del modelo como si se tratara de una maqueta real aparcada en uno de sus hangares.⁴⁷⁰

Aunque no existen reglas fijas y específicas sobre lo que deben o no incorporar los sistemas de realidad virtual los mejores sistemas utilizan tres elementos básicos: inmersión, navegación y manipulación.

1. Inmersión o pasivo

Cuando se está ante el televisor o se ve una película, cuando se va a un parque de atracciones, se lee un libro o se escucha la radio se está, por lo general, en una actitud pasiva. En la realidad virtual hay un estadio parecido a éste, en el que se puede ver, oír, y quizá también sentir lo que sucede en el entorno virtual. Sumergirse en un sistema de realidad virtual es sentir que está experimentando dentro una realidad alternativa, no simplemente verla a través de una ventana. La inmersión es función específica del hardware. En un ambiente de inmersión, puede uno sentarse en una cabina y volar o conducir utilizando un volante y pedales. La máquina de realidad virtual se apodera de los sentidos y los separa de la realidad verdadera (Aukstakalius y Blater)⁴⁷¹

La máquina *Sensorama* de Morton Heilig, diseñada en 1962 para estimular los sentidos de la vista, tacto, oído y olfato del usuario es un ejemplo de uno de los primeros sistemas de realidad virtual no computerizado que utiliza las técnicas de inmersión. El usuario se sentaba en un taburete frente a una pantalla de retroproyección y agarraba un par de palancas. *Viaje a las Estrellas*, es una de las atracciones que Disneylandia proporciona actualmente, siendo un ejemplo actual de inmersión. El público experimenta un recorrido escalofriante por el espacio mientras un robot piloto evita por los pelos las colisiones y los desastres.

La inmersión es la diferencia entre mirar una realidad alternativa a través de una ventana y mirar dicha realidad desde dentro, como un participante. La inmersión es el elemento unitario más importante de un sistema RV, y es lo que hace “virtual” a la realidad. Estos aspectos para un cliente pueden ser muy positivos, como por ejemplo en el caso de las presentaciones.

⁴⁶⁹ Aukstakalius, Steve & Blatner, David: op. cit., p. 65.

⁴⁷⁰ Roy, Pura C.: op.cit., p.15.

⁴⁷¹ Lavroff, Nicolas: op. cit., pp. 20, 21, 22.

2. *Navegación o exploratorio*

La navegación da la oportunidad de explorar una realidad alternativa. Puede definirse como la habilidad de desplazarse dentro del ciberespacio generado por el ordenador, explorarlo e interactuar con él a voluntad. Naturalmente, esto no significa que realmente vaya a alguna parte; es la sensación de que puede moverse dentro, lo que hace que un entorno sea virtual.

Los simuladores de vuelo y conducción de tipo industrial crean de manera satisfactoria un mundo virtual que es tan real como el mundo verdadero. Por ejemplo, el generador de conducción de camiones de la Mercedes Benz, es tan real que a un operador que se le indica que saque el camión de la carretera, normalmente es incapaz de hacerlo. Esto es verdadera realidad virtual.

3. *Manipulación*

La tercera variable que hace de la realidad virtual ser otra realidad, es la habilidad del usuario para manipular de alguna forma el entorno. La manipulación es simplemente la posibilidad de alcanzar y llamar a una puerta virtual, o disparar sobre un adversario virtual, y hacer que el mundo virtual responda de la manera apropiada.⁴⁷² Permite experimentar y explorar el entorno y, además, modificarlo.⁴⁷³ En algunos casos se puede crear el entorno, como es el caso de VRML, donde el usuario diseña qué elementos colocar, cómo se desplazarán, qué puertas se abrirán, etc.

Esto es lo que necesita el diseñador, para generar productos en un tiempo menor y con un interfaz que verdaderamente le permita crear aquello que tiene en mente y no aquello que le concedan sus herramientas de trabajo.

⁴⁷² *Ibidem*, pp. 24, 25.

⁴⁷³ Aukstakaluis, Steve: *op. cit.*, p. 21.

INDICE BIBLIOGRAFICO

PARTE I

- Aicher, Otl
El mundo como proyecto
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1994
- Alfonso Branco, Vasco
Interfaces en sistemas informáticos de ayuda al diseño
Experimenta, nº17, 1997
- Aracil, Javier
Lecturas sobre dinámica de sistemas
Madrid, Subsecretaría de Planificación. Presidencia del Gobierno. 1977
- 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
- Archer, L. B.
Método sistemático per progettisti
Venecia. Marsilio Editori, 1977
- Arnheim, Rudolf
Gestalt psychology and artistic form
- Arnheim, Rudolf
Arte y percepción visual
Madrid, Editorial Alianza Forma, 1995
- Asimov, Morris
Introducción al proyecto
México, Editorial Herrero Hermanos, S.A., 1970
- Aukstakaluis, Steve
El espejismo de silicio
Editado por Stephen F. Roth, 1993
- Ayesta, Juan
Ponencia: Color-Luz
Diputación Foral de Vizcaya, 1998
- Barceló, Carlos
¿Es usted lo suficientemente creativo?
Barcelona, Alta Dirección nº 113, 1984
- Baudrillard, Jean
El sistema de los objetos
México, Siglo XXI de México Editores, S.A., 1997
- Berlo, David K.
El proceso de la comunicación
Buenos Aires, El Ateneo Editorial, 1990

- Bernal, Jesus
Martinez, Arturo *Diseño Artístico (nº 3 Bachillerato)*
Madrid, Editorial SM, 1986
- Berry, Susan *Diseño y color*
Barcelona, Editorial Hermann Blume, 1994
- Bertalanffy, Ludwig von *Perspectivas en la teoría general de sistemas. Estudios científico-filosóficos.*
Madrid, Editorial Alianza, 1986
- Bochynall, Martín *El museo Amueblado*
Wolkenkratzer Art Journal nº 4, 1989
- Bono, Edward De *El pensamiento lateral*
Barcelona, Ediciones Paidós, 1991
- Bono, Edward De *El pensamiento creativo*
Barcelona, Ediciones Paidós, 1991
- Bonsiepe, Gui *El diseño de la periferia*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1985
- Bruner, Jerome *Actos de significado*
Madrid, Alianza Editorial, 1991
- Bürdek, Bernhard E. *Diseño: historia, teoría y práctica del diseño industrial*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1994
- Bürdek, Bernhard E. *Introducción a la metodología del diseño*
Buenos Aires, Editorial Nuevavisión, 1976
- Cabezas, Lino *Curso doctorado 1994-96*
Facultad de Bellas Artes. Barcelona
- Casey Larijani, L. *Realidad Virtual*
Madrid, Mc. Graw-Hill, 1994
- Cellini, Benvenuto *Tratados de orfebrería, escultura, dibujo y arquitectura*
Madrid, Ediciones Akal, S.A., 1989
- Cennini, Cennino *El libro del arte*
Madrid, Ediciones Akal, S.A., 1988
- Chistopher, Alexander *Tres aspectos de matemáticas y diseño*
Barcelona. Tusquet Editores, 1980

- Cross, N. *The Recent History of Post Industrial Design Methods*
Londres, Editado por Hamilton, N. The Design Council,
1980
- Csikszentmihalyi, Mihaly *Creatividad*
Barcelona, Editorial Paidós, 1998
- 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
- Daganzo, Juan Manuel *El misterio de la creación*
Quo. nº 6, Marzo 1996
- Daucher, Hans *Modos de Dibujar*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1987
- Demory, Bernard *Técnicas de creatividad*
Buenos Aires, Editorial Granica, 1991
- Díaz Carrera, Cesar *Cambio y creatividad empresariales*
Barcelona, ESADE, programas de Alta Dirección, 1991
- Dixon, R. Jhon *Diseño en Ingeniería*
México, Editorial Limusa, S.A., 1997
- Dorfles, Gillo *El diseño industrial y su estética*
Barcelona, Editorial Labor, S.A., 1977
- Epstein, Robert *El genio que todos llevamos dentro*
Magazine, La Vanguardia. 5-4-1998
- Espluga, Cesc *La informática limita la capacidad creativa*
Medicampus, nº 20, Diciembre 1995
- Fabris, S *Color*
Barcelona, Editorial Edebé, 1973
- Germani, R *Psicología del trabajo*
Biblioteca de manuales técnicos
- Ferrater Mora, José *Diccionario de Filosofía*
Madrid, Alianza Editorial, S.A, 1993

- Frater, Jaral
Paulissen, Dirk *El gran libro de multimedia*
Barcelona, Editorial Marcombo, 1994
- Gates, Bill *Camino al futuro*
Madrid, Mc. Graw-Hill, 1995
- Geyer, Erich *Organización del Desarrollo del Producto. Innovación y Diseño Industrial. UNTEC, Ventajas competitivas en el desarrollo de productos. Septiembre, 1993*
- Gillam Scott, Robert *Fundamentos del diseño*
México, Editorial Limusa, S.A. 1991
- Goldberg, Philip *The intuitive edge*
Reino Unido. Editorial Turustone Press, 1983
- Gombrich, Ernest H. *La imagen y el ojo*
Madrid, Alianza Editorial, S.A., 1991
- Gombrich, Ernest H. *Meditaciones sobre un caballo de juguete o las raíces de la forma artística*
Barcelona, Editorial Seix Barral, S.A, 1967
- Gombrich, Ernest H. *Arte e Ilusión*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A, 1979
- Gómez Molina, J.J. *De la dificultad de enseñar o el mito del eterno retorno*
Madrid, El Lápiz, nº 38. Diciembre 1986
- Gómez-Senent Martínez, Eliseo *Diseño Industrial*
Valencia, Universidad Politécnica de Valencia, 1986
- Goya, Francisco *El Libro de las Citas*
Muy Interesante, nº 131. Publicación G+J. España, 1992
- Guillam Scott, Robert *Fundamentos del Diseño*
México, Editorial Limusa, S.A., 1991
- Heskett, John *Breve historia del diseño industrial*
Barcelona, Ediciones del Serbal, S.A., 1985
- Hinzmann, Broch *The personal Factory*
MCB University Press. 1995.
- Hochberg, Julian *Arte, percepción y realidad*

- Buenos Aires, Ediciones Paidós, 1973
- Huisman, Denis *La estética industrial*
- Patricx, Georges Barcelona, Ediciones oikos-tau, S.A., 1971
- Itten, Johannes *El arte del color*
México, Noriega Editores (Editorial Limusa), 1994
- Jaoui, Hubert *La Communication pratique au service des entreprises*
Marie Pons, François Paris, ESF cop. 1992
- Jones, J. Christopher *Metodología del diseño arquitectónico*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1961
- Jones, J. Christopher *Métodos de diseño*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1985
- Jones, Ch *Conference on Design Methods*
Thornely, D Oxford, Pergamon Press, 1963
- Kandisky, Vasili *De lo espiritual en el arte*
Barcelona, Editorial Labor, S.A., 1992
- Küppers, Harald *Fundamentos de la teoría de los colores*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1992
- Laseau, Paul *La expresión gráfica para arquitectos y diseñadores*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1982
- Lavroff, Nicholas *Mundos Virtuales, Realidad Virtual y Ciberespacio*
Madrid, Editorial Anaya Multimedia., 1993
- Löbach, Bernd *Diseño Industrial*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1981
- Loonnis, Andrew *Dibujo de éxito*
Buenos Aires, Editorial Librería Hachete S.A., 1960
- 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

- Majaro, Simón *Cómo generar ideas para generar beneficios*
Buenos Aires, Editorial Granica, 1992
- Maldonado, Tomás *El diseño industrial reconsiderado*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1993
- Mañá, Jordi *El desarrollo de un diseño industrial*
Madrid, Edita el Instituto de la pequeña y la mediana empresa industrial. 1990
- Manzanares Japon, Jose Luis *3ª Jornadas de Informática aplicada a la Arquitectura.*
Sevilla, 1992. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla
- Marina, José Antonio *Teoría de la inteligencia creadora*
Barcelona, Editorial Anagrama, 1993
- Màrius, Carol *Cien años de diseño industrial en Cataluña*
Barcelona, Editado por ENHER, 1989
- Mayer, Norman *Psicología Industrial*
Biblioteca de manuales técnicos
- Montes Serrano, C. *El arte de describir la arquitectura*
Valladolid, Ministerio de Cultura. Dirección General de Bellas Artes y Archivos, 1998
- Montes Serrano, C. *Representación y análisis formal*
Valladolid, Universidad de Valladolid, 1992
- Motte, Susan *Adobe Magazine (Edición Española), nº 1, Enero 1998*
- Munari, Bruno *Diseño y comunicación visual*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1973
- 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
- Muñoz, José Javier *Expresión artística y audiovisual. De los primeros signos a la realidad virtual*
Salamanca, Amarú Ediciones, 1993

- Naylor, G. *The Bauhaus*
Londres, Estudio Vista, 1968
- Olea, O. *Análisis y diseño lógico*
México, Editorial Trillas, 1978
- González Lobo, C. *El Museo pictórico y escala óptica*
Madrid, Aguilar S.A. de Ediciones, Tres Tomos. 1988
- Palomino, Antonio *Mente y sociedad*
Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1995
- Pareto, Wilfredo *Técnica de expresión gráfico-plásticas*
Barcelona, Parramón Ediciones, S.A., 1988
- Paricio, Álvaro *El Gran libro de la Perspectiva*
Barcelona, Parramón Ediciones, S.A., 1988
- García, María Luisa *Información, lenguaje, comunicación*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1977
- Parramón, José M. *El Diseño Tridimensional. Del boceto a la pantalla*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1989
- Pignatari, Décio *Diseño Industrial*
Barcelona, Ediciones CEAC, S.A. 1992. Tomo I
- Pipes, Alan *Diseño Industrial*
Barcelona, Ediciones CEAC, S.A. 1992. Tomo II
- Quarante, Danielle *La Comunicación Global*
Barcelona, Edicions Gestió 2000, 1989
- Quarante, Danielle *Diccionario de las nobles artes para instrucción de los Aficionados y uso de los Profesores*
Segovia. Imprenta de D. Antonio Espinosa, Edición Facsímil. Consejería de Cultura y Educación. Murcia
- Regouby, Christian *Diseño ¿por qué?*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1982
- Rejón de Silva, Diego Antonio *Diseño y calidad de vida*
Barcelona
- Ricard, André

- Rickards, Tudor *La creatividad, análisis y solución de los problemas empresariales*
Bilbao, Editorial Deusto, S.A., 1977
- Rodríguez, Nora *Plena Creatividad*
Integral nº 225. Julio 1998
- Rodríguez M, Gerardo *Manual de Diseño Industrial*
México, Editorial Gustavo Gili, S.A.,
- Rodríguez Morales, Luis *Para una teoría del diseño*
México, Tilde Editores S.A., Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, 1989
- Roy, Pura C *La realidad virtual y la ingeniería*
Técnica Industrial. Enero-Febrero-Marzo 1995 nº 216
- Ruskin, John *Les tècniques del dibuix*
Barcelona, Glauco y Editorial Laertes, 1983
- Sainz, Jorge
Valderrama, Fernando *Infografía y arquitectura*
Madrid, Editorial Nerea, S.A., 1992
- Samaniego, F. *Bob Noorda*
El País Digital nº 683. 17 marzo 1998
- Sanchez Gallego, J.A. *Geometría Descriptiva. Sistemas de proyección cilíndrica*
Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, 1993
- Sausmarez, Maurice *Diseño Básico*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1995
- Sigmund, Freud *Der Psychische Apparat. Kreativität als Wechselwirkung von Logik und Phantasie*
- Simon, Herber A. *La nueva ciencia de la decisión gerencial*
Buenos Aires, Editorial El Ateneo, 1982
- Soria, Enric *Dibujos*
Escola Técnica Superior de Arquitectura, UPC, 1991
- Suárez, Fermin *Internet en el mundo empresarial*
El Periódico 25-1-1997

- Swann, Alan *La creación de bocetos gráficos*
Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1990
- Taboada, Emil *El diseño industrial*
Buenos Aires, Centro Editor de América Latina, S.A., 1977
- Napoli, Roberto
- Taylor, J. *Design and expresion. Ther visual arts.*
Nueva York, Editorial Dover, 1964
- Tudela, Fernado *Conocimiento y diseño*
México, Edita la Univerisdad Autónoma Metropolitana
Xochimilco, 1992
- Van Dyke, Scott *De la línea al diseño*
México, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1984
- Villar del Fresno, Ricardo *Las Palmas de Gran Canaria. Tercer congreso de
Expresión Gráfica en la Ingeniería. 1991*
- Vitrac, Jean Pierre *La estrategia de Producto y Diseño*
Barcelona, Editorial Gestión 2000, S.A., 1994
- Gaté, Jean Charles
- Von Oech, Roger *El despertar de la creatividad*
Madrid, Editorial Díaz de Santos, 1987
- Whitford, Frank *Le Bauhaus*
Paris, Editorial Thames & Hudson, S.A.R.L. 1989
- Wong, Wucios *Principios del diseño en color*
Barcelona, Editorial Edebé, 1973
- Wosmerbaumer, Bernd *Art Position, 1990*
- Young, James Webb *Una técnica para producir ideas*
Madrid, Ediciones Eresma, 1982
- Zabalbeascoa, Anaxu *Dominique Perrault*
Babelia. El Pais 24-2-1996

PARTE 2

ANTECEDENTES A LA APLICACIÓN DE LA INFORMATICA EN EL DISEÑO INDUSTRIAL

Capítulo I

Antecedentes del dibujo en la realización de objetos

1. Trabajo manual

- 1.1. El secreto de un conocimiento.
- 1.2. La expansión comercial.

2. Desarrollo industrial

- 2.1. Implicación del dibujo en los procesos industriales
- 2.2. Crítica a la industria.
- 2.3. Desarrollo y diseño en el S. XX.

Capítulo II

Herramientas gráficas de ayuda al dibujo

1. Antecedentes

2. Materiales gráficos en el dibujo de diseño

2.1. Los diferentes soportes

2.2. Medios de punta

- 2.2.1. Carboncillo
- 2.2.2. Lápiz
- 2.2.3. Lápiz de color
- 2.2.4. Bolígrafos
- 2.2.5. Plumas
- 2.2.6. Rotuladores

2.3. Cubrientes

- 2.3.1. La tinta
- 2.3.2. La acuarela
- 2.3.3. La témpera
- 2.3.4. La tiza de pastel
- 2.3.5. El rotulador
- 2.3.6. El aerógrafo

2.4. Instrumentos auxiliares

3. Ayudas ópticas al dibujo

4. Introducción de la informática en el proceso de diseño

- 4.1. Los ordenadores en el diseño industrial
- 4.2. Desarrollo de los gráficos por ordenador
- 4.3. El CAD en el proceso proyectual
- 4.4. Etapas del proceso productivo
- 4.5. Comienzos con la RV
 - 4.4.1. Las primeras experiencias
 - 4.4.2. Introducción de órdenes

Capítulo III

Estrategia empresarial

1. Innovación y producto

- 1.1. Estrategia de nuevos productos
 - 1.1.1. Diseño, desarrollo y producción
 - 1.1.2. Fabricación Lean
- 1.2. Tecnologías de la información
 - 1.2.1. Autopistas de la información
 - 1.2.2. Comercio electrónico
- 1.3. Simulación en la concepción de productos industriales
 - 1.3.1. Aplicaciones en el diseño
 - 1.3.2. Aplicaciones en el desarrollo
 - 1.3.3. Aplicaciones en fabricación
- 1.4. La creatividad dentro de los procesos de innovación

2. Calidad en los productos

- 2.1. Concepto de calidad
 - 2.1.1. Tratamiento tradicional de la calidad
 - 2.1.2. La percepción de la calidad
- 2.2. Metodologías de calidad
 - 2.2.1. Despliegue Funcional de la Calidad. QFD
 - 2.2.2. Diseño Estadístico de Experimentos. DEE
 - 2.2.3. Análisis Modal de Fallos y Efectos. AMFE
- 2.3. ISO 9000, un sistema de calidad
- 2.4. Gestión de la Calidad Total. TQM
 - 2.4.1. Quinta generación
 - 2.4.2. El Modelo Europeo

Capítulo IV

El dibujo como disciplina académica aplicada al proceso de diseño

1. Arquitectos, artesanos y artistas

- 1.1. Los gremios
- 1.2. Las academias de arte

2. Incidencia en el período industrial.

- 2.1. La codificación del dibujo
- 2.2. El dibujo pedagógico
- 2.3. Un ejemplo, la Escuela de dibujo de Girona
- 2.4. Las escuelas de diseño
 - 2.2.1. Primeras tentativas
 - 2.2.2. El Bauhaus
 - 2.2.3. La Hochschule fur Gestaltung
 - 2.2.4. Escuelas actuales

3. Aprender a dibujar

- 3.1. Expresarse por medio del dibujo
- 3.2. La imagen animada
- 3.3. Máquinas de enseñar

4. La tecnología informática en la educación

- 4.1 E.A.O. una ayuda en el aprendizaje
 - 4.1.1. Enseñanza programada
 - 4.1.2. Modos básicos de ser autor en E.A.O.
 - 4.1.3 . Tipos de aplicaciones
- 4.2 Multimedia y la integración de medios de información
- 4.3 Realidad Virtual en educación
- 4.4 La máquina frente al profesor

CAPITULO I

ANTECEDENTES DEL DIBUJO EN LA REALIZACION DE OBJETOS

TRABAJO MANUAL

Mientras el hombre iba realizando objetos, se desarrollaban a la vez técnicas específicas para su buena finalización. Durante muchos siglos estas técnicas fueron realizadas directamente por la mano del hombre, en un decurso de generación en generación, y transmitidas a modo de secreto profesional. A raíz del surgimiento de las máquinas, el concepto del buen hacer manual y el secreto de la profesión irán tomando un nuevo camino, hasta la actualidad, en donde se da el caso de productos fabricados en donde no ha habido el contacto táctil de la mano del hombre, ni en la concepción, ni en la fabricación.

EL SECRETO DE UN CONOCIMIENTO

Durante más de veinte mil años, el dibujo ha tenido una enorme importancia en la transmisión de ideas. Se supone que sus inicios se remontan a tiempos más lejanos, probablemente los antepasados explicaban sus ideas haciendo trazos en la arena. Pignatti¹ hace una reflexión a este respecto e indica que si una tribu de cazadores, aislada en la jungla del Africa Meridional o de Australia, privada desde siempre de todo trazo de civilización, se dedica todavía a dibujar, esto prueba que el dibujo ha existido siempre, desde que existe la humanidad. Por lo tanto, se puede decir sin caer en un grave error que los registros humanos más antiguos son gráficos y describen personas, ciervos, búfalos y otros animales de su época, sobre las paredes rocosas de las cuevas.

Los comienzos del dibujo técnico, por tanto, debieron dar su andadura en los tiempos primitivos pues los grandes monumentos de la Antigüedad se basaban ya en planos cuidadosamente trazados. Se pueden encontrar dibujos simbólicos o esquemáticos desde la Edad del Bronce: en Fontanalba existe una vista plana de un arado tirado por un buey que data del año 1500 a. C. y pueden verse esquemas equivalentes en pinturas egipcias². De todas formas no se consideran estos dibujos como dibujos para la industria, ya que ésta no existía, pero sí se podría aventurar a decir que son dibujos precursores de lo que se podría llamar primeros esquemas técnicos para la realización de objetos o utensilios. Una de las más antiguas representaciones muestra el uso de la rueda cerca del año 3200 a.C., en Mesopotamia. Así, también existe el dibujo de una fortaleza en un tipo de terreno plano, sobre una tablilla elaborada por el año 4000 a. C.

¹ Pignatti, Terisio: *El dibujo. De Altamira a Picasso*. Madrid, Ediciones Cátedra, S.A., 1981, p. 7

² Pipes, Alan: *El diseño tridimensional. Del boceto a la pantalla*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1989. p. 10

En palabras de Luzadder:³

“El dibujo se liberó gradualmente de su uso primitivo cuando se desarrolló la escritura y vino a ser usado como un medio para dar a conocer ideas sobre la construcción de edificios, carros de guerra, mecanismos sencillos útiles al hombre, etc.”

A lo largo de la historia y desde la antigüedad se han ido guardando los secretos que proporcionaba el conocimiento del dibujo. Aún en el período Babilonio, en lo referente a la construcción de templos y edificios, se suponía que los reyes guardaban el secreto de las medidas y ellos mismos establecían las dimensiones del templo e iniciaban la construcción, (Kostof, 1977).⁴

Los mesopotámicos, en el año 2200 a. C., ya usaban materiales específicos para el dibujo, de ello harán referencia French y Svensen⁵, indicando como la estatua de uno de sus reyes, Gudea de Lagos (se encuentra actualmente en el Louvre), lo presenta con el dibujo de un edificio, un zigurat (templo de configuración escalonada) esculpido sobre un tablero de dibujo, acompañado de los utensilios utilizados para dibujarlo. En Tell Asmar (Irak) 2000 a. C., ciudad del norte de Mesopotamia, salieron a la luz los planos idealizados de una casa, dibujados en una tableta de arcilla. Pueden haber sido muestras que daban los arquitectos a sus futuros clientes de lo que era posible.

En Egipto, el campo donde más datos se puede encontrar del uso del dibujo en la realización de proyectos se encuentra en las obras de arquitectos y pintores. Sobre como trabajaba el arquitecto egipcio, Kostof escribe:⁶

“El arquitecto egipcio basándose en un módulo de serie y una combinación de dos o más figuras geométricas básicas, preparaba un plano y una serie de esbozos de alzado de todas las partes del edificio en cuestión”.

Las perspectivas, tal como se entiende hoy en día, no existían. Respecto a cómo serían las imágenes, Kostof las relaciona con el arte pictórico:

*“El aspecto que tendría el edificio en su totalidad era, probablemente, transmitido por medio de imágenes como las representaciones de la arquitectura en el arte pictórico. Estas eran compuestas de un modo ideal, más que óptico, e intentaban registrar la realidad conceptual, más que física, del edificio. Así, en la vista frontal de un palacio de Amarna, lo que está detrás se muestra más arriba. El objetivo es mostrar todos los aspectos importantes del edificio juntos, uno al lado de otro, del mismo modo que los edificios reales estaban hechos por piezas, añadidas al centro inicial, en el curso del tiempo, a lo largo del mismo eje longitudinal”.*⁷

³ Luzadder, Warren J.: *Ibidem.* p. 1

⁴ Kostof, Spiro: *El arquitecto. Historia de una profesión*, Madrid, Ediciones Cátedra, 1984, pp. 17-18

⁵ French, Thomas y Svensen, Carl: *Dibujo Técnico*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1975, p. 2

⁶ Kostof, Spiro: *op. cit.*, p. 18.

⁷ *Ibidem.* p. 18.

En la pintura, los pintores egipcios usaban el dibujo con fines preparatorios, realizando sus esbozos sobre tablas calizas denominadas "ostraka".⁸

En Grecia, el número de datos que se tienen en cuanto al uso de representaciones gráficas en la realización de proyectos es mayor, pero casi siempre en relación con la arquitectura. El dibujo aquí empleado parece que no varió mucho posteriormente si se atiende a la referencia que sobre esto hecho hace Haselberger:⁹

"El lado técnico y práctico del diseño a gran escala en la arquitectura griega difería poco de lo que era una práctica común dos mil años antes en Egipto y 1500 años más tarde en Europa Central".

Sobre este modo similar de trabajar, Haselberger¹⁰ señala los descubrimientos del Templo de Apolo en Dídyma en donde se pueden observar modos de trabajar parecidos a los utilizados en la Edad Media:

"Se han encontrado planos de construcción grabados en las superficies de las paredes y de los suelos de muchas iglesias góticas ; y líneas de medida y de guía, pintadas o grabadas se han observado en monumentos primitivos egipcios que pueden considerarse ahora, a la luz de los dibujos de Dídyma, como planos de construcción".

Se puede afirmar que los griegos dieron a la geometría un carácter científico; Platón llegó a decir: "que no entre nadie aquí (refiriéndose a su academia) que no sepa geometría". Puede llegar a decirse que la geometría es el eslabón entre el humanismo y el arte (Lino Cabezas)¹¹

El maestro constructor, responsable del diseño, se dejaba guiar, pero no atar por las estrictas obligaciones que le imponía la composición geométrica. No obstante, estas reglas que se imponía a si mismo, se las saltaba cuando la estética lo exigía (Kostof)¹². Para algunos como Bundgaard¹³, el ejercicio de la arquitectura en Grecia no tenía necesidad de ayudas gráficas. En cambio hay pruebas que contradicen lo dicho anteriormente. En un texto en un pórtico monumental para el Telesterion de Eleusis se puede leer: " se harán tres capiteles de mármol Pentélico, de acuerdo con los *anagrapheis* que proporcione el arquitecto". De cualquier modo, que aparezcan ante nosotros los templos griegos con esa sutileza, sería muy difícil de conseguir sin unos dibujos a escala previos.¹⁴

⁸ Pignatti, Terisio: op. cit., p. 9.

⁹ Haselberger, Lothar: "Planos del templo de Apolo en Dídyma". *Historia y Ciencia*, pp. 94-103

¹⁰ *Ibidem.*, pp. 94-103

¹¹ Cabezas, Lino: Curso doctorado, 1995.

¹² Kostof, Spiro: op. cit.,

¹³ Bandgaard en Kostof, Spiro: op. cit., p. 21.

¹⁴ La palabra *anagrapheis*, usada varias veces en el texto, puede significar tanto dibujos, como descripciones.

La misma normalización de la forma¹⁵ fue un proceso en el que participaron los arquitectos; parece improbable que las soluciones que proponían y los tratados que algunos de ellos escribieron sobre estas soluciones estuvieran totalmente sin ilustraciones. Se puede pensar en la importancia que tendría entonces el dibujo. Un edificio fechado en el 400 a.C. habla de la puerta del templo de Atenea Niké en la Acrópolis; invita a la gente a hacer sugerencias y pide que:

*“Cualquiera que lo desee haga un dibujo (grapsai) y lo exhiba de no menos de un codo (a lo largo o a lo ancho)”.*¹⁶

El carácter de los proyectos con que los griegos construían sus templos se había perdido para los arqueólogos. Un descubrimiento reciente, los planos del templo de Apolo en Dídyma, demuestra que estaban trazados sobre la superficie del templo que ellos representaban. Los bocetos de la pared eran proyectos cuyas versiones definitivas se ejecutaban de inmediato. Las partes individuales del edificio fueron trazadas en las superficies de las paredes a tamaño natural (a escala 1:1) y con la misma precisión. Según escribirá Lothar Haselberger¹⁷ refiriéndose al Templo de Apolo en Dídyma (Turquía):

“Las líneas en cuestión dibujan una serie de edificios correspondientes al templo. Los diseños incisos tienen una extensión de varios centenares de metros cuadrados y constituyen el conjunto más completo de planos que se conoce de toda la arquitectura antigua”.

Por el contrario, respecto al uso del dibujo en otras actividades no hay demasiada información, existen pocos documentos relacionados con las actividades parejas a la construcción de utensilios. En el siglo III, Pappus de Alejandría en su obra *Synagoge* señalará:

*“A los mechanikos de la escuela de Herón dicen que la mecánica puede dividirse en una parte teórica y otra manual. La primera está compuesta de geometría, astronomía y física; la manual por los trabajos de metal, construcción, carpintería y arte de la pintura, y la ejecución práctica de estos asuntos”.*¹⁸

Es sobre todo en la arquitectura donde se puede obtener una mayor información respecto al uso del dibujo en un proyecto. En Roma sucederá lo mismo que en Grecia, además si se piensa que la mayoría de los arquitectos eran de procedencia griega se puede imaginar que los procesos de trabajo y el dibujo seguirían el mismo camino. En Roma, Vitruvio hablará de tres maneras, tres especies de disposición en arquitectura que los griegos llamarán *ideas*. Esas tres maneras de pensar serán:

¹⁵ Respecto a los diferentes órdenes arquitectónicos como eran el dórico, jónico y corintio y a la manera de cómo construir los templos, parece acertado pensar en una normalización.

¹⁶ En Kostof, Spiro: op. cit., p. 21.

¹⁷ Haselberger, Lothar: “Planos del templo de Apolo en Dídyma”. *Historia y Ciencia*, pp. 94-103

¹⁸ Ruiz de la Rosa, José A.: “Geometría Fabrorum o la antítesis de las teorías sofisticadas”, E.T.S. de arquitectura de Sevilla, *Boletín académico* n° 7, Octubre 1987.

- la *icnografía*.¹⁹
- la *ortografía*.²⁰
- la *escenografía*.²¹

El pensamiento científico tenderá a unificar. La tradición posterior establecerá:

- planta.
- alzado.
- perspectiva.

De la traducción que hace Ortiz y Sanz de Vitrubio²², se observa la siguiente interpretación:

“Las especies de disposición que en griego se llaman ideas son, Icnografía, Ortografía y Scenografía. La Icnografía es un dibujo en pequeño, formado con la regla y el compás, del cual se toman las dimensiones, para demarcar en el terreno del área el vestigio o planta del edificio. Ortografía es una representación en pequeño de la frente del edificio futuro, y de su figura por elevación, con todas sus dimensiones. Y la Scenografía es el dibujo sombreado de la frente y lados del edificio, que se alejan, concurriendo todas las líneas a un punto”.

Sobre el trabajo del arquitecto y la importancia de la geometría dirá:

*“Será diestro en el dibujo, hábil en la geometría... conviene que el arquitecto sea dibujante, para trazar con elegancia las obras que se le ofrecieran. La geometría auxilia mucho a la arquitectura, principalmente por el uso de la regla y el compás, con lo cual más fácilmente se describen las plantas de los edificios en los planos, se forman escuadras, se tiran nivelaciones y otras líneas”.*²³

En cuanto a la realización de planos por parte del arquitecto tampoco hay mucha información. Parece que el realizar la planta sobre la obra era una práctica corriente, lo que entra en duda es saber si se realizaban planos de trabajo o planos de proyecto. Sobre la existencia o no de planos en la realización de templos, por ejemplo, escribe Kostof²⁴ indicando que no solía ser muy habitual el trabajar con ellos y de haberlos estarían realizados en materiales efímeros, por lo cual no han llegado a ser descubiertos:

¹⁹ El problema surge al interpretar los libros de Vitrubio ya que no existen imágenes. Según las diferentes traducciones que de sus escritos se han realizado, este término puede interpretarse como: icno=huella; grafos=escritura, dibujo; Descripción de la pisada.

²⁰ Orto=perpendicular, vertical.

²¹ Representación de las sombras, de lo tridimensional, bocetar, interpretar.

²² Vitruvio Polión, Marco: *Los Diez Libros de Arquitectura*. (Tr. española de José Ortiz y Sanz, 1787, Madrid, Ed. Akal, S.A., 1992, Libro 1º, Cap. 1º)

²³ Vitruvio Polión, Marco: op. cit., p. 3

²⁴ Mac Donald, William: *Los arquitectos romanos*, en Spiro Kostof, *El arquitecto. Historia de una profesión*, Madrid, Ed. Cátedra, 1984, p. 38.

“Los planos arquitectónicos son raros, pero existen, aunque probablemente la mayoría no son planos de trabajo, que habrían sido hechos en materiales efímeros”.

A raíz de un hallazgo arqueológico en Roma, se puede saber o adivinar como trabajaban los planos por aquél entonces. Lothar Haselberger escribirá:²⁵

“En 1964 el Servicio Romano de Antigüedades observó que, cincelados en el pavimento, se hallaban los planos arquitectónicos, a tamaño natural, de un frontón y un capitel invertido. El patio había servido de taller para un antiguo trabajo de edificación. Empleada a modo de tablero de dibujo, en la superficie aparecían inscritos dibujos de nuevos monumentos; los planos no presentan, pues, un orden discernible... el tamaño verdadero de los dibujos evidencia que fueron trazados a escala natural. Los obreros los emplearían para edificar las estructuras que representaban, midiendo los bloques de mármol, contrastándolos directamente con las líneas”.

LA EXPANSION COMERCIAL

En la Edad Media los dibujos daban más importancia (según parece a nuestra mirada moderna) a las características mecánicas y atributos de una máquina que a la representación de la realidad física. Un ejemplo de ello puede observarse en la obra de la abadesa Herrada de Landsperg, quien en su Hortus Deliciarum²⁶ (Jardín de las Delicias) del año 1160, sacrificó las verdades geométricas, las dimensiones comparativas y posiciones de los componentes, en favor de describir, según las convenciones de la época, como funcionaba realmente el molino de aspas o lo que estuviese representando. Sus dibujos son tan difíciles de leer como para el profano de hoy en día interpretar los dibujos ortográficos (planta y alzado) de un ingeniero.

En Francia, Villard de Honnecourt reúne cientos de apuntes en un cuaderno de dibujo (bloc de apuntes se diría hoy) alternando planos de construcciones con estudios de figura, de animales, de máquinas de guerra, etc. Este cuaderno es un claro ejemplo de lo que probablemente fue el tipo de representación de objetos y edificaciones en aquella época. Igualmente se observa una mayor predisposición a dar importancia a los atributos mecánicos frente a una representación realista de la máquina.

La expansión del comercio en la Edad Media marcó una etapa de importancia fundamental en la tendencia a la especialización. En las ciudades más florecientes de Europa Occidental, como Florencia, Venecia, Nuremberg y Brujas, se crearon grandes talleres para satisfacer los refinados gustos de las cortes reales, las iglesias y los ricos mercaderes. Aparecieron nuevos objetos, otros se sofisticaron. Aunque

²⁵ Haselberger, Lothar: “Descifrando un plano romano”. *Investigación y Ciencia* 227, Agosto 1995, pp. 51-52. El plano se empleó para construir la fachada del Panteón encargado por Trajano o por su sucesor, Adriano, quien lo terminó en torno al 120 d.C.

²⁶ En Mac Donald, W.: op. cit., p. 43.

predominaron los oficios y técnicas tradicionales, éstos se tornaron más especializados. Se elaboraban muchos objetos de un mismo tipo, aunque el método empleado para su manufactura continuaba siendo fundamentalmente la copia por medios artesanales de un patrón ya existente. Una gran parte de las obras producidas por estos artesanos y artistas de los núcleos urbanos era de un alto nivel de calidad manual y artística. Los límites precisos entre artesanos y artistas eran bastante flexibles y dependían más de un diferente grado de maestría fundado en un mismo aprendizaje y una misma técnica, que de diferencias en el tipo de actividades que unos y otros realizaban (Heskett).²⁷

En arquitectura la complejidad creciente de los edificios góticos dará una preponderancia cada vez mayor a los métodos de la *geometría fabrorum*, capaces de coordinar a través de una serie de fórmulas basadas en construcciones geométricas sencillas la totalidad de los elementos y detalles de la construcción. La *geometría fabrorum* será el instrumento de control más importante en el gótico. En la Edad Media, puede decirse que existirá un distanciamiento entre la ciencia teórica y la de los oficios, apoyándose éstos en ciertos rudimentos de la geometría euclídea y en procedimientos empíricos largamente elaborados (Lino Cabezas).²⁸

Respecto a la realización de planos, y al uso de alzados y plantas en la edificación, Lino Cabezas escribirá :²⁹

“En arquitectura los alzados son un número absolutamente desproporcionado en relación al de las plantas; para definir la planta sólo se precisaba una traza equivalente a una idea o plan general, que no necesitaba la definición de unos detalles constructivos. No obstante, la falta de un proyecto gráfico, previo y total, no se ha de confundir con la idea actual de improvisación, si no con la confianza en unos conocimientos de oficio muy extensos y en un dominio técnico que aseguraba e imponía una calidad en las obras. Antes de Brunelleschi, sabemos que la comunicación con los operarios a través de la palabra, y no con dibujos, había sido una práctica habitual durante toda la Edad Media. El oficio de la construcción, igual que cualquier otro oficio medieval, tenía en la transmisión oral de sus conocimientos uno de sus componentes básicos”.

Posteriormente, ya en el Renacimiento, Leonardo ofrece una gran documentación sobre la manera de trabajar de los artistas; considerará la pintura como un ciencia del conocimiento y el dibujo como un método de investigación. Muchos son los que ven a Leonardo da Vinci como el primer diseñador. Además de sus ingenios y numerosos estudios científicos sobre anatomía y óptica, está considerado como el precursor de una mecánica elemental. Sin embargo, sus objetos prácticos, sus

²⁷ Heskett, John: *Breve historia del diseño industrial*, Barcelona, Ediciones del Serbal, S.A., 1985, p. 11

²⁸ Ruiz de la Rosa, José A.: op. cit. Que las reglas del oficio, los fundamentos de la *geometría fabrorum* fueran simples, no quiere decir que su aplicación creadora fuera fácil. De hecho, el aprendizaje gremial era largo y penoso, y sólo algunos alcanzaban el grado de maestro.

²⁹ Cabezas Gelabert, Lino: “Iconografía. La fundación de la arquitectura”. (EGA)

ingenios y mecanismos hablan más de un técnico que de un diseñador preocupado por la creación formal.³⁰

A mediados del siglo XV, los comentarios de Ghiberti y los tratados sistemáticos de Alberti extendieron a la escultura y la arquitectura la teoría básica y la práctica del dibujo, que así se convirtió en el principio unificador común de estas tres importantes artes visuales. La idea del dibujo como pensamiento gráfico que ya se trató en la Parte I cap. I (página 60), ya se observa en esta época. Al respecto Giorgio Vasari manifestará:³¹

“El dibujo no es otra cosa que la expresión visual del concepto en que pensamos”.

En la Italia y la Alemania de principios del XVI, los artesano-artistas comenzaron a satisfacer la demanda de objetos en esta época en una búsqueda por la innovación, de encontrar un rasgo característico que pudiera individualizar el producto para atraer el interés de los compradores dando lugar a la aparición de los *libros de patrones*.³²

En la construcción naval puede igualmente observarse el tratamiento que se daba al dibujo en el proyecto de diseño de una nave. Prácticamente alzado, planta, perfil y secciones eran la resultante de cada proyecto, quizás debido a la experiencia de los constructores o a la dificultad de representación de superficies complejas. Los métodos de representación de éstas superficies complejas (con frecuencia de doble curvatura) se inspiran principalmente en la construcción naval. En las postrimerías del siglo XVI, los diseños de buques se dibujaban, convencionalmente, con tres vistas: arrufo (lateral), de calado (frontal) y de casco (planta). Las cuadernas se dibujaban a tamaño natural en el suelo del taller y se utilizaban como plantillas para la fabricación de las auténticas cuadernas de madera. A finales del siglo XVII y en el diseño de barcos, los dibujos se habían vuelto más estilizados. Se simplificaron secciones y cuadernas representando únicamente las curvas exteriores. Y como las cuadernas eran simétricas alrededor de una línea que bajaba por el centro del buque, sólo se dibujaba la mitad de cada costado: de popa al centro del buque a la izquierda de una línea central; de proa al centro del buque, a la derecha (Pipes).³³ Con el paso del tiempo se resumieron en planos imaginarios que por sí solos podían emplearse para definir la figura del casco: curvas en la vista en planta y líneas rectas en los alzados. A partir de entonces se utilizó un conjunto de estos contornos como método alternativo para definir cualquier cuerpo sólido de forma aerodinámica. No obstante, en general, se trataban como un método adicional, como una serie de secciones que acompañaban a un conjunto convencional de dibujo, de tres vistas. Dicho sea de paso, los mapas de contorno ya habían sido inventados, pero el cerrojo de los gremios de la Edad Media impedía la infiltración de ideas entre las diversas ramas.

³⁰ De este modo confeccionó un libro de ejemplos de elementos de las máquinas, donde puede incluso adivinarse su forma de trabajar y los problemas que intentaba solucionar.

³¹ En Pipes, A.: op. cit., p. 20.

³² Heskett, J.: op. cit., p. 11

³³ Pipes, A.: op. cit., p. 12.

Volviendo a la arquitectura Juan Bautista Villalpando, el comentarista más lúcido de su tiempo, (haciendo clara referencia a Vitruvio) indica como ha de representar un proyecto el arquitecto:³⁴

“Estudia primero a la perspectiva (Scenographia), después a los alzados (Orthographia) y en tercer y significativo último lugar a las plantas (Ichnographia). Perspectivas primero, alzados después y plantas al final; es el nuevo orden en la realización de las representaciones en la arquitectura”.

A partir del siglo XVII empieza a proliferar una literatura que presenta las máquinas como instrumentos capaces de asegurar a los hombres la felicidad en la tierra, y quizá también fuera de la tierra. Las representaciones visuales están llenas de artefactos. Sobre este tipo de literatura Tomás Maldonado escribirá³⁵:

“El sueño de una vida mejor, es aquí un sueño de artefactos. La construcción utópica aparece saturada de imágenes técnicas. Las utopías científicas y técnicas son expresión directa o indirecta de la gran revolución intelectual que se produjo en el siglo XV, que prosiguió en el siglo XVI y que se consolidó en el siglo XVII”.

En las representaciones visuales de las máquinas en los siglos XVI - XVIII se advierte la necesidad de ambientar las figuras en un contexto culturalmente familiar. Por lo general, la finalidad de dichas imágenes era esencialmente didáctica; se trataba de explicar el funcionamiento, la instalación y la utilización de las dotaciones técnicas de una industria todavía en sus albores. Comentaré Maldonado:³⁶

“Aunque no eran más que instrucciones de uso, la máquina estaba representada en ellas no abstractamente aislada (como ocurre hoy en día), sino integrada en un ambiente, es decir, con una escenografía adecuada, se les llamaban teatros de máquinas”.

DESARROLLO INDUSTRIAL

IMPLICACION DEL DIBUJO EN LOS PROCESOS INDUSTRIALES

En el siglo XVIII se produce un importante fenómeno y es la aparición de la mecanización en la realización de productos. En su libro *La Estética Industrial*, Huisman y Patrix³⁷ indican como la palabra *industria* no data más que del siglo XVIII (Dauzat precisa que el epíteto industrial se remonta a 1777) mientras que el

³⁴ En Cabezas Gelabert, L.: op. cit.

³⁵ Maldonado, Tomás: *El diseño industrial reconsiderado*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1993, p. 19

³⁶ Entre las obras precursoras de estos teatros de máquinas aparecen los primeros grandes manuales técnicos, como el *De re metallica* (1556) de G. Agrícola, y *Le diverse e artificiose macchine* (1558) de A. Ramelli. También hay que situar en la tradición de los teatros de máquinas y de los manuales técnicos los doce volúmenes del *Recueil de planches sur les sciences, les arts libéraux et les arts mécaniques* de la Encyclopédie de D'Alembert y Diderot (1751-1772).

³⁷ Huisman, Denis y Patrix, Georges: *La Estética Industrial*. Ediciones oikos-tau, S.A., Barcelona. 1971. 1ª ed 1965. p. 10

término Revolución Industrial, propiamente dicho, no se remonta más que a mediados del siglo XIX.

Étienne Souriau³⁸ relaciona el nacimiento de la industria moderna con cuatro factores:

- El enorme predominio del trabajo mecanizado sobre el trabajo manual.
- La estandarización y el uniformismo del objeto fabricado.
- La abolición de la iniciativa personal en el obrero ejecutante.
- La influencia masiva del trabajo así organizado sobre las formas, los cuadros, y los aspectos concretos, materiales y sociales, del ámbito humano donde se ejerce este trabajo.

En Inglaterra, Matthew Boulton empezó a fabricar por vez primera productos mediante una producción basada en métodos de manufactura mecanizados; se incrementó la producción y llegó a emplear a más de seiscientos operarios. En *los libros de patrones* recopilados se recogían formas de las más diversa procedencia; frecuentemente Boulton pedía a sus amigos y conocidos que le prestaran obras para hacer moldes y dibujos a partir de ellas. Es poco lo que se sabe de los delineantes y trabajadores especializados empleados por Boulton, parece que la mayor parte de sus diseños los elaboraban ellos, por lo general utilizando formas y modelos procedentes de otras fuentes, como por ejemplo los anteriormente mencionados libros de patrones (Heskett).³⁹

Contemporáneo e íntimo amigo de Boulton fue Josiah Wedgwood, quien fundó una importante empresa de cerámicas en donde se recopilaron *libros de patrones* que contenían diseños para orlas, motivos decorativos, y libros de formas con dibujos y especificaciones de tamaños.

La Revolución industrial no solamente transformó la artesanía tradicional sino que, al acelerarse el ritmo de las innovaciones técnicas, originó también muchas industrias nuevas que aplicaban procesos mecánicos a la producción de multitud de nuevas formas.⁴⁰ Adam Smith, ya en el 1776 había observado como la producción seriada parecía que era debida originariamente a la división del trabajo. En opinión de Bürdek⁴¹ que a causa de la división del trabajo, el proyecto y la ejecución del producto ya no serán responsabilidad de una única persona; esta especialización se ha desarrollado de una forma tan extrema con el paso del tiempo que actualmente al diseñador, en muchas de las grandes empresas, sólo le incumbe el diseño formal de algunas de las piezas que componen un producto.

Al caer el sistema de gobierno absolutista bajo el impacto de la Revolución Francesa, las antiguas manufacturas reales que sobrevivieron hubieron de adaptarse a la competencia comercial. Fue un período abundante en *libros de patrones*.

³⁸ Citado en Huisman, Denis y Patrice, Georges: *La Estética Industrial*. Ediciones oikos-tau, S.A., Barcelona. 1971. 1ª ed 1965. P. 10. (L'Avenir de l'Esthétique, PUF París, 1929)

³⁹ Heskett, John: op. cit., p. 14

⁴⁰ Camp i Valls, Isabel: *Iniciació a la historia del disseny industrial*, Barcelona, Edicions 62, S.A., 1987, p. 23.

⁴¹ Bürdek, Bernhard E.: *Diseño: historia, teoría y práctica del diseño industrial*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1994, p. 19

Para Alan Pipes⁴², sin duda los artesanos hacían dibujos, aunque probablemente los marcaban en pizarra, los trazaban con tiza en un encerado o los inscribían en el material a tratar.

En los primeros tiempos de la Revolución Industrial, a menudo era suficiente un solo dibujo denominado "Plano General". El dibujo de una bomba o un motor a vapor de Boulton y Watt, por ejemplo, incorporaba las dimensiones básicas de montaje, pero nada relativo a su fabricación. Como casi siempre, se trataba de producciones de un solo ejemplar y la confección de las piezas quedaba en manos de artesanos hábiles.⁴³ Aunque hubo algún producto fabricado en serie entre principios y mediados del siglo XIX (botones, alfileres y agujas), casi toda la técnica se basaba todavía en la artesanía. Si había que hacer algo, se informaba a un artesano de lo que se quería y en algunos casos se le proporcionaban unos pocos bocetos toscos; luego se le dejaba actuar según su criterio. A medida que se fue normalizando la maquinaria fueron necesarios más dibujos, y se delegó su realización a delineantes y trazadores. La práctica arquitectónica hizo notar su presencia en la técnica a comienzos de la Revolución Industrial. Los dibujos de Boulton y Watt de finales del XVIII (correspondientes a máquinas de vapor) recuerdan dibujos de arquitectura de la época. A los proyectistas se les enseñaba a dibujar el estilo de los órdenes arquitectónicos para aplicarlos en los diseños de maquinaria premoderna.

Con la llegada de la producción comercial a gran escala podían fabricarse sin dificultad objetos y utensilios con materiales nuevos como el hierro colado, el cartón piedra y la gutapercha, y mediante el uso de las nuevas técnicas de estampado, moldeo, chapeado y revestimiento, imitar tanto la calidad de los materiales preciosos como la destreza normal del artesano.

Gaspar Monge realizará una aportación decisiva a la representación de los objetos mediante la Geometría Descriptiva, que tanto ha influido en el desarrollo de la Revolución Industrial y sin la cual resultaría difícil explicar como se habría transmitido la información contenida en la ingente cantidad de documentos en los que se aplican los estudios que desarrolló. Descubrirá los principios a partir de los cuales avanzó el sistema que hoy en día se aplica. Durante algún tiempo sus métodos fueron considerados como secreto militar. Vagnetti⁴⁴ afirmará que a partir de la obra de Monge queda definitivamente diferenciado el dibujo propiamente dicho de la ciencia del dibujo.

A mediados del siglo XIX, la fabricación mundial se realizaba en talleres a destajo, en donde las máquinas herramienta se colocaban junto a las ventanas y el montaje se llevaba a cabo en el pasillo central; las cadenas de producción llegaron mucho después. Entonces los dibujos contenían medidas básicas, complementadas por

⁴² Pipes, Alan: op. cit., p. 12.

⁴³ *Ibidem.* p. 126.

⁴⁴ En Fadón Salazar, F.: "Gaspar Monge", Acta del VII Congreso Internacional de Expresión Gráfica en la Ingeniería, Vigo 1995, Tomo 2.

tolerancias descriptivas tales como *encaje deslizante*, *encaje corredizo* o *encaje a presión*. Casi todos los productos salían por unidades, de modo que eran los artesanos quienes posteriormente los hacían encajar.

Hacia finales del siglo XIX, los libros sobre *dibujo de máquinas* comenzaban a asumir un fondo de conocimientos acerca de los métodos de proyección ortogonal y se concentraban, en cambio, en la capacidad del diseñador para resolver problemas técnicos, planteando ejercicios con la intención de inculcar al diseñador/artesano un sentido intuitivo de la exactitud, en términos de forma y proporción.⁴⁵

La expansión del ferrocarril por todos los países y continentes desempeñó un papel más importante que ningún otro factor en la transformación de la vida y el trabajo en el siglo XIX. Surgieron nuevas y grandes industrias para construir las locomotoras, el material móvil y la enorme diversidad de aparatos y accesorios necesarios para su funcionamiento. A finales del siglo XIX el diseño de las locomotoras no sólo había alcanzado un alto nivel de rendimiento y eficacia sino que buscaba al mismo tiempo una perfección estética que sirviera de anuncio móvil para la compañía. Los dibujos de cada una de las piezas que componían el tren eran ya una realidad. Se ha de pensar que un tren está compuesto por varios miles de piezas diferentes. Por cada pieza se ha de hacer un dibujo. Sería casi imposible construir el tren sin tales dibujos.

La Revolución Industrial iniciada a finales del siglo XVIII trajo consigo una doble consecuencia: por una parte, el uso creciente de la maquinaria y de objetos producidos por la industria, que contaba con materiales nuevos; por otro lado, la formación de una nueva estructura de clases, como consecuencia del enorme éxodo de población que acudía desde las zonas rurales a las ciudades para establecerse en torno a las fábricas. La Revolución Industrial cambió considerablemente el mundo del trabajo. Los obreros, en condiciones a menudo precarias, participaban en una parte cada vez menor del proceso de fabricación, el cual se automatizaba de forma progresiva, al tiempo que se distanciaba profundamente de las tradicionales prácticas artesanales. Transformó la artesanía tradicional. Se aplicaron procesos mecánicos a la producción, haciendo que el desarrollo de un producto trajera consigo cambios; como ya se indicó en el capítulo I de la primera parte (página 25).

Un ejemplo de aplicación de la funcionalidad a los productos, podría igualmente decirse de diseño a los objetos se encuentra en esta época en comunidades como la de los Shakers⁴⁶. Anticipándose a L.Sullivan y a su famosa fórmula "*la forma sigue a la función*", los shakers habían escrito que "*toda fuerza engendra una forma*". Cada objeto debe simplemente cumplir con su función, y es la utilidad de esta función la

⁴⁵ Pipes, A.: op. cit., pág. 12.

⁴⁶ Secta religiosa de origen cristiano fundada en Estados Unidos, que surge como respuesta o reacción frente a las deplorables condiciones de vida de las clases desfavorecidas al principio de la era industrial. No rechazaban las innovaciones tecnológicas cuando las consideraban útiles. Quarante, Danielle: *Diseño Industrial I*. Ediciones CEAC S. A.. Enciclopedia del diseño. Barcelona 1992. Tomo I. p. 66

que debe ser juzgada. De forma dogmática, anuncian el funcionalismo en el diseño industrial.

La Revolución Industrial exigió que los diseñadores emplearan, como ya se dijo anteriormente, nuevas convenciones gráficas para comunicar sus ideas a los medios de producción, con una gran claridad sin precedentes, utilizando códigos de comprensión universal. El modo de representar, por ejemplo, de William Binns en 1857, basado en el método de Durero de 1525, es famoso por su ambigüedad. Se han desarrollado cientos de convenciones con el fin de extraerle sentido, describiendo qué debe verse y qué está oculto pero debe indicarse mediante una línea de puntos. Así, es necesario tener experiencia y cierta pericia para interpretar estos dibujos.

El ingeniero alemán Ferdinand Redtenbacher escribió en 1852 que un dibujo era una representación ideal de una máquina, de bajo coste y más fácil de manipular que el hierro y el acero. Redtenbacher había reconocido que un dibujo es susceptible de considerarse un instrumento de diseño, imitando objetos reales en el papel, de manera que fuera posible evaluar o juzgar cualquier fallo y evitar incompatibilidades mediante modificaciones en el dibujo, antes de fabricar un prototipo costoso. Además agregó, el dibujo también era un medio de comunicación que posibilitaría la distribución del trabajo entre diversos operarios o subcontratistas.⁴⁷

No obstante, otros industriales menos inflexibles que Hoole comprendieron que la educación y adiestramiento del personal era un medio para mejorar la calidad del diseño. La empresa Elkingtons de Birmingham autorizó a cincuenta de sus ayudantes para que asistieran a clases de dibujo y diseño en el Midland Institute de aquella ciudad, mientras que Henry Doulton, tras emplear a algunos estudiantes, a título experimental en su fábrica de cerámica, fundó el Lambeth Studio, donde llegó a emplear a más de doscientos, y sirviendo de modelo para los estudios de diseño de otras empresas.

⁴⁷ Heskett, J.: op. cit., p. 24. Un excepcional ejemplo de las posibilidades de conciliar los valores comerciales y estéticos lo proporcionó Christopher Dresser, quien empezó su carrera como profesor de botánica, después de cursar estudios en la School of Design de Londres. Hacia el año 1860, tras recibir propuestas de varios fabricantes, Dresser abandonó la botánica para consagrarse al diseño, y hasta su muerte, en 1904, estuvo plenamente dedicado al trabajo en este terreno, tanto en dos como en tres dimensiones. La colaboración entre los artistas y la industria no era fácil de lograr y muchos industriales como Hoole se negaban incluso a que los obreros fueran: Alfred Stevens, un escultor que recibió encargos de varias empresas y que tenía una profunda fe en que los obreros podían contribuir creativamente, con su habilidad y destreza, a aumentar el nivel de calidad del producto, en cierta ocasión se dispuso a enseñar a los operarios del taller de fundición de Hoole una nueva técnica que juzgaba imprescindible para la realización de uno de sus diseños. Al enterarse de ello, Henry Hoole, le rogó que abandonara el taller diciéndole con aspereza que no le había contratado para educar a la mano de obra.

CRITICA A LA INDUSTRIA

Durante el siglo XIX era frecuente que los escritores y artistas adoptaran una posición de crítica e incluso de oposición a la maquinaria (Maldonado, 1977)⁴⁸. Goethe planteó una crítica meramente estética y bastante autosuficiente, dejando de lado el enorme rendimiento productivo y comercial que había detrás de aquellas exportaciones inglesas, y comparando simplemente los productos industriales con los artesanales. Otros casos son los de E. A. Poe (1809-1849), Ch. Dickens (1812-1870), H. Melville (1819-1891), Ch. Baudelaire (1821-1867), S. Butler (1835-1902), E. Zola (1840-1902).

Pero, la crítica que tuvo una influencia más profunda fue la de John Ruskin (1819-1900) y William Morris (1834-1895), contemporáneos de la Revolución Industrial, quienes están considerados además los verdaderos padres del diseño. Se revelaron contra la decoración superficial e impuesta de los objetos industriales producidos en aquel tiempo. Compartían la admiración hacia la sociedad y el arte medieval aunque ampliando su equiparación de los valores éticos y estéticos en una radical condena de la industria y sus productos, señalando el alto costo y sacrificio humano que suponía un sistema social basado en la demanda y la producción de artículos de fabricación en serie. Ruskin detestó la arquitectura del Palacio de Cristal (construido en Londres para albergar la Exposición Internacional de 1851), y mantuvo su apoyo a la concepción artesana del trabajo. Llegó a decir⁴⁹:

“El trabajo diario endulzado por la creación cotidiana de arte”.

Habló de la crueldad del dibujo geométrico. Intentó revitalizar en Inglaterra las formas de producción medievales. Según Ruskin⁵⁰, la producción manufacturada debía posibilitar unas mejores condiciones de vida para los trabajadores y debía además representar un contrapeso para el, estéticamente, empobrecido mundo de la máquina.

La industrialización había traído consigo la superproducción, la deshumanización de las relaciones entre productos y consumidor y el descenso de la calidad estética del objeto.

William Morris, diseñador, artesano, poeta, teórico y político, se propuso como meta mejorar el entorno social e intentó contrarrestar el efecto negativo sobre la mente de los trabajadores que originaba la producción masiva. En 1861 formará el movimiento artesanal ARTS & CRAFTS. Contra el bajo nivel artístico, contra la separación del diseño y la realización, exige arte para todos. Verá en las máquinas y la industrialización las causantes del hundimiento cultural. Forma su propia empresa, la Morris Marshall, Faulkner and Co. Observó en la Revolución Industrial y la nueva producción mecanizada, una causa directa de la decadencia artística en

⁴⁸ Maldonado, Tomás: op. cit., p. 27

⁴⁹ En Mañá, Jordi: *El diseño Industrial*, Biblioteca Salvat de grandes temas, Barcelona, Salvat Editores, S.A., 1973, p. 42.

⁵⁰ En Búrdek, B.: op. cit., p. 22.

las artes aplicadas, y su influencia en ellas fue decisiva al marcar una tendencia a dotar de significación artística a los objetos de la vida cotidiana, sin imitar estilos históricos. Exigirá la vuelta a la artesanía.

Morris quería convertir la producción industrial en un sistema artesanal, inspirado en las prácticas medievales, y mejorar la estética del entorno humano. Sin embargo, al prescindir de las máquinas, la producción de objetos se reducía, estos se encarecían y sólo podían llegar a un reducido grupo, lo que entraba en contradicción con el propósito inicial.⁵¹ Fue uno de los primeros que quisieron reintroducir el elemento estético en el campo de la producción en serie. Una de las mayores cualidades del hombre consistía precisamente en su facultad de fabricar con las manos y sin recurrir a la intervención mecánica. El británico Charles Robert Ashbee intentó superar estas contradicciones y ofreció en 1901 a la industria una serie de diseños, pero su intento fracasó.⁵²

Morris, sin saberlo, manejaba conceptos casi opuestos, pues la vuelta al artesanado no podía conducir a la mejora formal de los entornos, pero, según Alexandre Cirici⁵³, implantó dos nociones de gran valor: la igualdad en dignidad de todos los objetos de uso y la idea de que la calidad no procede de la decoración, sino de la justa correspondencia entre materiales, procedimientos y usos.

Finalmente, el grupo cae en una contradicción total entre sus propósitos político-sociales y su ornamentación medieval. Paralelamente, se empezarán a vislumbrar formas estéticas realizadas con procesos industriales. Morris influyó decisivamente en la aparición del diseño industrial. La estética del movimiento ARTS & CRAFTS influyó directamente en el *Art Nouveau* o *Modernismo*, que, en su mayor parte, intentaba producir artesanalmente sus objetos.

Haciendo referencia a la influencia del ARTS & CRAFTS en Cataluña, escribirá M. Carol:⁵⁴

“El movimiento ARTS & CRAFTS llegará con evidente retraso y se superpondrá con el Modernismo”.

Volviendo al desarrollo establecido por la crítica a la incesante industrialización de fin de siglo, el estilo Art Nouveau (1890-1910)⁵⁵ se motrará problemático para la industria. H. Van de Velde se mantendrá enraizado en la tradición artesanal. En

⁵¹ Enciclopedia Hispánica. Enciclopedia Británica Publishers, Inc., Kentucky, EE.UU., 1990, Volumen 5, p. 192.

⁵² Dorflès, Gillo: *El diseño Industrial y su estética*. Barcelona, Editorial Labor, S.A., 1977, p.124

⁵³ En Carol, Màrius: *Cien años de diseño industrial en Cataluña*, Barcelona, Enher, 1989, p. 13.

⁵⁴ Carol, Màrius: *Gen años de diseño industrial en Cataluña*, Barcelona, Enher, 1989, p. 19.

⁵⁵ Con diferentes denominaciones: Alemania: Jugendstil; Italia: Floreale; Austria: Secession; Inglaterra: Liberty; España: Modernismo; Francia: Art 1900; Bélgica: Art Nouveau.

palabras de H. Van de Velde puede leerse todo el sentimiento que aportaba el modernismo:⁵⁶

“El adorno completa la forma. Es su prolongación, y reconocemos el sentido y la justificación del adorno en su función. Esta función consiste en estructurar la forma, y no en decorar.”

En Rusia, después de 1917, surgió un movimiento artístico de vanguardia que tenía como objetivo prioritario la renovación de las formas en el espacio al servicio de un nuevo modo de vida, el ideal del socialismo. En contra del ornamento surgirá el constructivismo(1917-1927). Diseños en esta línea serán los muebles de Charles Rennie Mackintosh. Adolf Loos, desde 1985 escribirá en contra del ornamento, al que califica de despilfarro de trabajo e incompatible con la moral y con la vida de la nueva sociedad. Tanto el arte como la arquitectura tenían que desprenderse de todo academicismo. El Manifiesto realista, publicado en Moscú en 1920 por A. Pevsner y N. Gabo, da fe de las nuevas ideas liberadoras.⁵⁷

“ Negamos el volumen como expresión espacial. El espacio puede ser medido por un volumen de igual modo que un líquido puede ser medido por un metro lineal. La profundidad es la única forma de expresión del espacio. Rechazamos la masa (física) como elemento de la plástica... anunciamos que los elementos del arte tienen su base en la rítmica dinámica”.

Hoy en día sigue habiendo corrientes críticas a la industria, y sobre todo a la tecnificación de los objetos. Para Norman (1993)⁵⁸ la tecnología tiende a deshumanizar.

“Esto no necesariamente tiene que ocurrir, pero inexorablemente la tecnología nos irá invadiendo. Los tecnólogos tienden a crear todo aquello que la tecnología hace posible sin tener en cuenta las consecuencias que puede deparar a la sociedad humana. Además, los tecnólogos son expertos en la mecánica de su tecnología pero frecuentemente ignoran y en ocasiones incluso no se interesan por los asuntos sociales”.

En cuanto a la relación hombre-máquina hace referencia implícita al control que el ser humano ejerce sobre ella:⁵⁹

“Es fácil encontrar argumentos a favor de la sinergia entre el ser humano y la máquina, cada uno haciendo lo que sabe hacer mejor, complementando las habilidades del otro. Los problemas surgen cuando la máquina asume el control

⁵⁶ En Quarante, Danielle: *Diseño Industrial I*. Ediciones CEAC S.A. Enciclopedia del diseño. Barcelona 1992. Tomo I. Es profesora de Diseño Industrial y Concepción de Productos, Universidad de Tecnología de Compiègne.

⁵⁷ *Ibidem*

⁵⁸ Norman, Donald A.: *Ordenadores, electrodomésticos y otras tribulaciones*, Barcelona, Plaza y Janés editores, S.A., 1993, p. 12.

⁵⁹ *Ibidem*. p. 100.

sobre el ser humano, quitándole toda iniciativa y obligándolo a ser un esclavo al servicio de la máquina”.

Este es uno de los problemas que se alegan por parte de los detractores del uso masivo de ordenadores, por ejemplo, en educación. Por contra, los partidarios aluden lo contrario, es decir, es el ser humano el que asume el control sobre la máquina.

DESARROLLO Y DISEÑO EN EL SIGLO XX

En su sentido moderno (que no se limita ya al de boceto) el término diseño hace referencia a la planificación y proyección de formas y objetos que suponen una modificación del entorno humano. ¿Cuándo puede situarse el origen del diseño industrial?. Previsiblemente solo con el advenimiento de los medios de producción mecánica. Sus comienzos pueden establecerse junto a los comienzos de la Revolución Industrial. En palabras de Gillo Dorfles:⁶⁰

“Debemos hacer coincidir los comienzos del diseño industrial con la llegada de la máquina a la producción de objetos proyectados por el hombre. Esto quiere decir que no se puede hablar de diseño industrial con referencia a épocas anteriores a la revolución industrial, aunque ya desde la antigüedad hubo algunos objetos realizados en serie y con parcial intervención de maquinaria, como el torno, la rueda de alfarero, y las prensas a mano de los hornos de ladrillos”.

Para Bruno Munari,⁶¹ mucho antes de que se empezase a utilizar el término diseño para referirse a una correcta producción de objetos que responden a funciones necesarias, dichos objetos ya se fabricaban y siguen fabricándose, y cada vez son mejorados a partir de los materiales y las tecnologías empleadas.

Haciendo una visión histórica sobre los tipos de productos y sus procesos de fabricación, se observa cómo a finales del siglo XIX, principios del siglo XX los productos se fabricaban en un reducido número de piezas, pero con gran variedad de modelos, de forma muy artesanal. La producción masiva de productos en serie iniciada por Ford redujo radicalmente la cantidad de modelos en beneficio del incremento del número de unidades fabricadas y de la simplificación del proceso productivo. La característica productiva fundamental era la división minuciosa del proceso productivo en pasos y tareas muy simples y repetitivas, con el objetivo de mejorar la productividad y limitar las posibilidades de error de los operarios. Paralelamente en Alemania se hacían intentos de establecer la producción industrial sobre bases más artísticas. Fue el alemán Germann Muthesius quien influido por Ruskin y Morris recuperó la idea de Ashbee (ARTS & CRAFTS) y preparó el nuevo estilo alemán denominado Maschinenstil que dio lugar en 1907 a la creación del Deutscher Werkbund (asociación gremial alemana, Munich, 1907-1934), movimiento que estableció la producción industrial sobre bases artísticas y produjo a su vez cambios fundamentales en la enseñanza del arte. Será una asociación que

⁶⁰ Dorfles, Gillo: *El diseño Industrial y su estética*. Barcelona, Ediciones Labor, S.A., 1977, p. 121

⁶¹ Munari, Bruno: *¿Cómo nacen los objetos?*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1983, p.111

agrupa por igual a artistas y empresas de producción industrial y artesanal, y favorecerá la fundación de talleres de creación industrial. Muthesius, Behrens y Van de Velde entre otros crean el Werkbund, con el propósito de ennoblecer el trabajo industrial, uniendo el arte, la industria y la artesanía. Quieren reforzar la forma práctica y así dar base a una estética de la tecnología. Se crean una serie de fundaciones en Austria(1910), Suecia (1910), Inglaterra (1915), apareciendo lo que en un principio se llamó objetivismo y posteriormente funcionalismo. La finalidad de esta asociación era el ennoblecimiento del trabajo industrial mediante la interrelación del arte, la industria y la artesanía, para lo que propugnaba una racionalización y reducción de los elementos decorativos. Una de sus características más importantes fue la promulgación de normas:

*“Sólo la normalización comprendida como el resultado de una sana concertación, pueden permitir el hallazgo de un gusto seguro y compartido por todos”.*⁶²

La finalidad era a la vez moral (ennoblecer el trabajo profesional gracias a la cooperación entre el arte, la industria y el trabajo manual) y económica (incrementar la calidad de la industria alemana y, en consecuencia, su capacidad de exportación). Pronto aparecieron claras divergencias entre Muthesius que sostenía la necesidad de la estandarización y H. Van de Velde, que defendía el individuo y el arte. El Werkbund introduce realmente el concepto de creación industrial y, a través de él, el de diseñador industrial.

El oficio de diseñador industrial no tiene una extensa tradición profesional. Antes del desarrollo industrial eran los trabajadores manuales quienes configuraban el producto de uso utilizado diariamente, como ya se apuntó anteriormente. En los inicios del desarrollo industrial y aún algún tiempo después del 1900, la atención se dirigía más a otros problemas que a la configuración del producto(Löbach).⁶³ Hoy en día esa configuración será fundamental para el éxito del producto. Según la revista especializada *Transfert & Innovation Technologiques*⁶⁴ la calidad de la concepción es esencial en el éxito de nuevos productos. Señala como muchas empresas continúan prestando más atención a los procesos de producción que al concepto de producto, y esto pretende no ser lo adecuado.

El diseño industrial centra su labor específica en sintetizar información, visualizar los conceptos en forma de propuestas basadas en los datos y especificaciones, siempre orientadas hacia las metas fijadas por la empresa para el proyecto. Los conceptos visualizados son plataformas de diálogo ideales para el trabajo interdisciplinario en un equipo de desarrollo.

Quizás pueda considerarse al alemán Peter Behrens como el primer diseñador industrial, tal como se concibe hoy en día. Miembro desde su fundación de la Deutscher Werkbund y en opinión de muchos corresponde la verdadera prioridad

⁶² Quarante, Danielle: *Diseño Industrial*, Tomo I. p.72

⁶³ Löbach, Bernd: *Diseño Industrial*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, p. 117

⁶⁴ *Transfert & Innovation Technologiques*. Septiembre 1998. Nº 5. Publicación de la Comisión Europea. P. 10

del diseño industrial⁶⁵. Se le asignó el proyecto total de diseño de la fábrica Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft AEG de Berlín en 1907, desde los embalajes y los electrodomésticos hasta los locales y la publicidad. Responsable para: arquitectura, diseño de productos, propaganda. Fue ésta la primera experiencia de diseño global y de imagen corporativa.

La euforia tecnológica recibirá un primer golpe, sobre todo en Alemania, a raíz de la primera Guerra Mundial. El Titánic, un símbolo de la técnica, barco inundible, se hunde. De otra parte se piensa que la técnica ha contribuido a los horrores de la guerra, que los ha hecho posibles. A pesar de todo, en los años 20 se produce un restablecimiento (los dorados 20) de la técnica y la ciencia, que finaliza con el viernes negro de 1929 en New York.

El proceso de diferenciación de los productos es iniciado por General Motors en los años veinte, se incrementa y consolida ya en los años cincuenta con productos claramente orientados a tipos muy diferentes de consumidores: mejores técnicas de producción, más modelos, menos unidades vendidas por modelo.

Causa directa de la Primera Guerra Mundial en arte será el movimiento Expresionista. La vuelta a ideas de principios de siglo, hasta las de William Morris incluso en personajes de vanguardia, tales como Walter Gropius que creará el llamado Bauhaus (1919-1932), cuyo principio era la unificación de todas las artes en la obra arquitectónica. Se dio el paso decisivo hacia la máxima pureza y racionalidad industrial del diseño en los planteamientos del Bauhaus. Se quería liberar al objeto de cierto sometimiento a la estética presente todavía en la Werkbund y destacar como característica específica su funcionalidad. Sus tres objetivos claramente definidos en el *Manifiesto y Programa del Bauhaus del Estado de Weimar*, redactados en 1919 por Walter Gropius, eran los siguientes:⁶⁶

- El primero era salvar todas las artes de su aislamiento.
- El segundo elevar el status del artesano al nivel del de Bellas Artes.
- El tercero, el contacto constante con los dirigentes de oficios manuales y las industrias del país.

Dicho de otra manera: eliminar la separación entre diseño y realización. Los arquitectos, los pintores y los escultores, debían estar unidos. Gropius verá en la estructura maestro-oficial-aprendiz el orden apropiado para sus fines pedagógicos.

El postulado de Walter Gropius, *Arte y Técnica, una nueva unidad*, trajo consigo un perfil profesional nuevo para la industria, que debía dominar la técnica moderna y su lenguaje correspondiente de igual forma. Así Gropius sentó las bases del cambio en la práctica profesional, del tradicional artesano al diseñador industrial tal como se entiende hoy en día.

⁶⁵ Löbach, Bernd: op. cit., p. 79. Pether Behrens trabajaba en Düsseldorf. La firma de Pianos Ibach encargó a Peter Behrens desarrollar un piano de concierto para la Feria de Artes y Oficios de Dresde de 1906, que acto seguido debía fabricarse en una pequeña serie.

⁶⁶ Whitford, Frank: *Le Bauhaus*, London, 1984. (Tr. francesa de Catherine Ter-Sarkissian, París, Editions Thames & Hudson S.A.R.L., 1989, p. 12)

Después de la revolución rusa, se intenta definir el nuevo sentimiento técnico y ponerlo al servicio de la nueva sociedad contra todo lo anterior. Surge el movimiento constructivista del cual ya se habló en el apartado precedente. La construcción les parece la encarnación de la nueva época. Bajo estas influencias, el Bauhaus se transforma de un concepto romántico expresionista a un concepto constructivo. Un cuerpo debe mostrar todas las piezas de que se compone, cuyos únicos elementos deben ser cuerpos euclídeos (cubo, cilindro, esfera y sus segmentos). No debe haber elemento de unión entre las partes. Los diseños de esta época (1924) exteriorizan la construcción y en realidad, son contrarios a toda teoría funcional. Al llevar estos conceptos al extremo, vuelve a aparecer lo que se pretendía eliminar: el ornamento. Los objetos se convierten al ornamento lo cual abocaría en el estilo denominado Art-Deco y tuvo sobre todo repercusión en el diseño textil y artesanal. Existieron otros grupos como De Stijl (Holanda) compuesto por arquitectos, pintores, diseñadores alrededor de Theo Van Doesburg en la estela de los cubistas, que estaban influenciados por la arquitectura tradicional japonesa. La construcción necesaria se resaltaré artísticamente.

Los nacionalsocialistas cerraron el Bauhaus bajo la acusación de contribuir a la internacionalización del bolchevismo cultural. La pequeña burguesía también quedó tranquila al verse libre de aquellos *radicales* con sus extraños diseños. La emigración condicionada por problemas políticos de estudiantes y profesores del Bauhaus condujo a un posterior desarrollo a nivel mundial de la investigación, la enseñanza y la práctica de este concepto guía (Bürdek).⁶⁷

Característico del desarrollo del diseño industrial como oficio es el hecho de que precisamente en una época de depresión, en los comienzos de la crisis económica mundial de 1929, Raimond Loewy y algunos otros⁶⁸ empezaron en Estados Unidos la tarea de mejorar productos industriales existentes, labor que desarrollaron en amplias proporciones. Los fabricantes de productos de uso, aunque técnicamente todavía poco maduros, comprendieron rápidamente el efecto promocionador de ventas de una configuración consciente. Así, las pequeñas oficinas de consulta se convirtieron en grandes oficinas de asesoría en configuración de productos, contratadas por importantes empresas.⁶⁹ El Styling o la estética industrial nace de imperativos económicos. Para mantener una renovación rápida de la producción, el primer objetivo consistió en perfilar las formas exteriores. Loewy llegará a decir:

*“La belleza por la Función y la Simplificación”*⁷⁰

El cometido principal del styling para Gillo Dorfles (1977)⁷¹ consistía en estudiar la mejor manera de hacer deseables o atractivos los productos ya castigados por el uso. Bruno Munari (1968) escribirá:⁷²

⁶⁷ Bürdek, B.: op. cit., p. 37.

⁶⁸ Walter Dorwin, Henry Dreyfuss y Raymond Loewy. 1930-35

⁶⁹ Löbach, Bernd: op. cit., p. 119

⁷⁰ En Quarante, Danielle: *Diseño Industrial I.* op. cit., 1992. p. 82

⁷¹ Dorfles, Gillo: *El diseño Industrial y su estética.* Barcelona, Editorial Labor, S.A., 1977, pp. 53 y 59

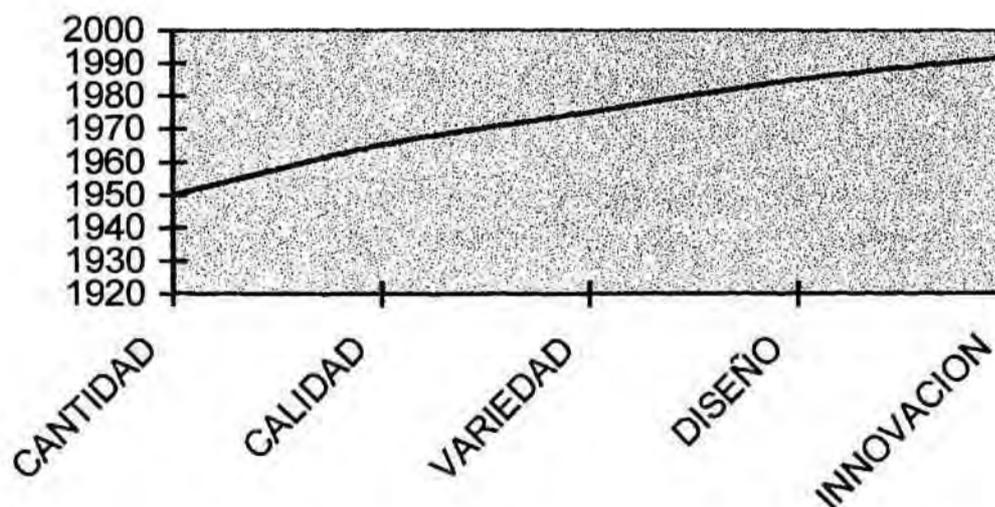
⁷² Munari, Bruno: *El arte como oficio.* Barcelona, Editorial Labor, S.A., 1968. p. 37. El libro es una recopilación de artículos que escribió para el diario Il Giorno.

“El styling es un tipo de proyecto industrial, de diseño, el más efímero y superficial”.

Por regla general, la implantación del diseño industrial en las empresas industriales no sucedió hasta después de 1945, tras el paréntesis de la Segunda Guerra Mundial. Alemania volvió a preocuparse por el diseño industrial a través de la Hochschule für Gestaltung, escuela instalada en Ulm y dirigida por el arquitecto suizo Max Bill, que había sido discípulo del Bauhaus. Se continuará la tradición del Bauhaus y se establecerá la meta de crear *la nueva cultura de la belleza funcional*. La influencia de la Escuela de Ulm se hace patente sobre todo fuera de Alemania:⁷³

- En los años 60, algunos ex-miembros organizan la Escola Superior de Desenho (ESDI) en Río de Janeiro.
- En los 70, en Chile, se intentó el desarrollo de productos para las necesidades básicas. Participaron ex-alumnos de Ulm.
- En la India incluso se ve el paralelismo con el National Institute of Design en Ahmedabad y en el Industrial Design Center en Bombay.
- Lo mismo se puede decir de la evolución de la Oficina Nacional de Diseño Industrial (ONDI), en Cuba; del curso de posgrado para diseñadores en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) en Méjico; así como del Laboratorio Asociado en Florianópolis, Brasil.

Italia, desarrolló un diseño de enorme calidad derivado también del racionalismo e impulsado gracias a las Trienales de Milán. Los primeros resultados se vieron en la industria del automóvil y en los aparatos de radio, y pronto sobresalieron diseños de motocicletas o de máquinas de escribir. Se crearon escuelas de diseño, las más importantes en Milán: el Instituto Europeo de Design; la DOMUS academi; la Politécnica, etc. La demanda de productos muy diferenciados en la actualidad es cada vez mayor, los medios productivos flexibles permiten una respuesta adecuada. Si la tendencia se mantiene ya se prevé una diversificación y diferenciación de productos individualizados casi total. Esquema demanda de productos por fechas:



⁷³ Bürdek, B.: op. cit., pp. 47-48.

CAPITULO II

HERRAMIENTAS GRAFICAS DE AYUDA AL DIBUJO

ANTECEDENTES

En el Paleolítico, hace 20000 años el ser humano realizaba sus dibujos a gran tamaño, elegían paredes rocosas en las que grababan el perfil del animal con buriles de sílex; dibujaban los contornos con carbón vegetal y pintaban las superficies con tierras, ocre, rojos y pardos; aglutinaban los colores con sangre, grasas animales y resinas vegetales.

Los mesopotámicos, en el año 2200 a. C., usaban diferentes materiales para el dibujo. La estatua de uno de sus reyes, Gudea de Lagos (se encuentra actualmente en el Louvre), lo presenta con el dibujo de un edificio, un zigurat (templo de configuración escalonada) esculpido sobre un tablero de dibujo, acompañado de los utensilios utilizados para dibujarlo.

Los pintores egipcios usaban el dibujo con fines preparatorios, realizando sus esbozos sobre tablas calizas (ostraka). Los egipcios trazaban los planos de sus monumentos sobre papiros, tablas de arcilla y algunas veces sobre madera. Debieron usar grandes escuadras en T, de 2,5 a 3 metros para trazar sus rectas sobre el terreno en las primeras hiladas de los enormes bloques de piedra (French y Svensen).⁷⁴

El artista egipcio dibujaba el tema utilizando un pincel fino hecho de caña machacada en uno de sus extremos y color rojo constituido por óxido de hierro, aglutinado con goma arábiga y clara de huevo.⁷⁵

En Grecia, ciertos aspectos del proyecto en arquitectura eran laboriosamente grabados en tabletas de piedra y expuestos como monumentos públicos (Kostof).⁷⁶

El historiador romano Plinio (en su Historia Natural, volumen XXXV en el que trata del Arte Antiguo) recuerda el uso de tablillas de madera preparadas con un fondo blanco (de polvo de hueso) y pergaminos sobre los que se dibujaba con puntas metálicas suaves, de plata o de plomo; de esta manera, los alumnos de Parrasio aprendían las técnicas básicas.⁷⁷

Curiosamente el mismo procedimiento explicado por Cennino Cennini⁷⁸ varios siglos después. Menciona la punta metálica llamada también “estilo”, y explica la

⁷⁴ French, Thomas y Svensen, Carl: op. cit.: p. 2.

⁷⁵ Parramón, José M.: op. cit.: p.12.

⁷⁶ Kostof, Spiro: op. cit., p. 24

⁷⁷ Plinio, en Pignatti, Terisio: op. cit., p. 10

⁷⁸ Cennini, Cennino: *El libro del arte*. Madrid. Ediciones Akal, S.A. 1988

preparación de la superficie con polvos de hueso y saliva, por lo que puede suponerse que ya era usada en los siglos XV y XVI por la mayoría de artistas de Italia, Holanda y Alemania.

Plinio, en su Historia Natural, escribirá:⁷⁹

“Los comienzos fueron los de circunscribir por la línea de sombra a un hombre. Este fue el primer estadio. En el segundo, se emplea un solo color, procedimiento llamado monocromo. Mas tarde serian descubiertos procedimientos mas complicados; la pintura monocroma aun sigue en uso. La invención del dibujo de trazo, esta atribuida a Filocles de Egipto, o a Cleontes de Corinto. Los primeros que lo practicaron fueron Ardices de Corinto y Telephanes de Sicyone: estos artistas sin servirse aun de ningún color, realizaban trazos en el interior del contorno”.

El concepto de dibujo propuesto por Plinio responde a una idea muy general que se podría llamar física del acto de dibujar:

*“Dibujar es trazar líneas, ya sean de contorno, o con trazos interiores a modo de sombreado, completando dicho contorno”.*⁸⁰

Estas teorías fueron recogidas por numerosos tratadistas y estudiosos: San Isidoro de Sevilla, Carducho, Palomino, Pacheco, Leonardo da Vinci, Vasari, Zuccaro, Cennini y Cellini entre otros.

Lothar Haselberger⁸¹ escribirá refiriéndose a los planos del templo de Apolo en Dídyma:

“...las rectas y las curvas se trazaron minuciosamente con un fino punzón metálico y con ayuda de una regla larga, en el primer caso y de compases en el segundo. La superficie a dibujar se coloreó originariamente de tiza roja, para que resaltasen los diagramas. La tiza debió de ser aplicada antes de que los dibujos se hiciesen, de modo que las líneas incisas se verían blancas sobre un fondo rojo oscuro, produciendo así perfiles de precisión muy nítida. Además de eso, con solo aplicar mas tiza era fácil borrar y corregir”; continua diciendo “antes de llegar a la fase final los planos del edificio debieron haber pasado por varios trazados. Parece probable que el papiro, el pergamino, tablillas blanqueadas, o incluso piedras lisas se han utilizado como materiales de dibujo para los diseños preliminares”.

Los términos encerado y pizarra que hoy en día se utilizan se deben a la utilización que hicieron los griegos de este material. Según se referirá Lino Cabezas⁸², los griegos dibujaban sobre tablillas de marfil que enceraban con cera negra y luego dibujaban con un punzón. Igualmente dibujaban sobre una piedra de pizarra.

⁷⁹ González, Joaquín: *Técnicas y materiales de dibujo en España. Noticias sobre el concepto y la práctica del dibujo en los tratados españoles*. Madrid. Editorial de la Universidad Complutense, 1989, p. 24.

⁸⁰ *Ibidem*, p. 25.

⁸¹ Haselberger, Lothar: “Planos del templo de Apolo en Dídyma”. *Historia y Ciencia*, pp. 94-103

⁸² Cabezas, Lino: Curso doctorado 1994-96. Facultad de Bellas Artes. Barcelona.

Parramón⁸³ comenta que Plinio, habla de los alumnos de Parrasio, de cómo aprendían a dibujar utilizando puntas metálicas de plata o de plomo, sobre pergamino o sobre tablillas de madera preparadas con polvo de hueso.

El arte romano, ¿fue desde su origen un reflejo del arte griego. Al principio de la era moderna, los arquitectos romanos eran capaces de elaborar dibujos de los edificios que construirían; utilizaban reglas y compases para trazar las vistas en elevación y en planta.⁸⁴

Ya en la Edad Media y en Francia, un arquitecto llamado Villard de Honnecourt reunirá cientos de apuntes en un cuaderno de dibujos, en donde aparecerán diseños de máquinas de guerra, estudios de figura, etc. la mayoría de los mas antiguos dibujos que aun existen se hicieron en pergamino, que era un material bastante duradero. Después, durante el siglo XII el papel se desarrolló en Europa y empezó a ser de uso general en dibujos (Luzadder).⁸⁵

Los dibujos que han llegado hasta nuestros días son de una naturaleza muy ilustrativa y existen como relieves y pinturas sobre paredes de estructuras o bien fueron tejidos en tapicería. Aparecerán los transportadores y las escuadras inspiradas en las herramientas de albañilería. De Villard de Honnecourt se conserva su álbum de croquis con 1230 bocetos, conteniendo imaginativos dibujos.⁸⁶ En la India, en la época medieval, se dibujaba sobre hojas de palmera obligando al dibujante a un formato largo y estrecho. Se dibujaba trazando en seco con una punta metálica, esparciendo y frotando encima con polvo de tierra azul oscuro y aventando el polvo, con lo que quedaba impreso el dibujo.

En el S.XIV, procedente de Persia llegó a la India el papel facilitando la realización de dibujos y miniaturas que, a partir de entonces, eran pintadas con acuarela y colores opacos (gouache).

En oriente los chinos empleaban para escribir los mismos materiales que para dibujar o pintar: seda o papel, tinta y un pincel. Según ellos, en la tinta tenían todos los colores, aunque cuando realmente pintan lo hacen con colores a la acuarela.

Como señalará Lino Cabezas⁸⁷, hasta aquí el uso de la geometría euclidiana solo exigía compases y una regla.

En el Renacimiento se dibujaba ya con prácticamente todos los medios: papel blanco y de colores, punta metálica (equivalente al lápiz de plomo), carboncillo, sanguina, pluma, pincel, aguada, acuarela, gouache...⁸⁸

⁸³ Parramón. José M.: *El Gran Libro del Dibujo*, Barcelona, Parramón Ediciones, S.A., 1988, P. 14

⁸⁴ Kostof, Spiro: op. cit.: p. 46.

⁸⁵ Luzadder, Warren J.: *Fundamentos de dibujo en ingeniería*, Mexico Prentice-Hall. Hispanoamericana S.A., 1988, p. 1

⁸⁶ Pipes, Alan: op. cit., p. 12

⁸⁷ Cabezas, Lino: op. cit.

⁸⁸ Parramón. José M.: op. cit.: p. 23. 19.

El proceso de diseño del pintor renacentista, según lo describe Jean Leymarie⁸⁹, tiene una sorprendente similitud con los métodos de trabajo en un taller de diseño contemporáneo. Después de recibir un encargo e instrucciones del mecenas, el artista apunta la primera idea con un rápido bosquejo, generalmente en lápiz y tinta o tiza roja (boceto conceptual). A esto le siguen una serie de dibujos preparatorios que llevan a una sola composición. A continuación estudia en detalle todas las partes individuales de la composición. Una vez satisfecho con todo el proceso, produce un dibujo completo y acertado, una versión a pequeña escala del trabajo propuesto, ejecutado con medios semejantes a la pintura propuesta e indicando los valores tonales, que somete a la aprobación del mecenas (cliente). La última etapa es el cartón, producido a tamaño natural, encuadrando el modelo. Las líneas se picaban y estarcían (transferían) en la pared o el lienzo con polvo de tiza.

Leonardo⁹⁰ en su *Tratado de la Pintura* habla de como confeccionar puntas para colorear en seco: del grafito, del papel para dibujar en negro con saliva...

Palomino⁹¹ escribirá:

“algunos piensan, en viendo un dibujo bien plumeado, o esfumado de lápiz, que el que lo hizo, era un gran dibujante, aunque en lo principal esté defectuoso, y estropeado; sin advertir, que el dibujo consiste en la firmeza, y verdad de los contornos, con buena simetría, y mancha firme, y verdadera de claro, y obscuro; y si esto le falta, aunque esté grandemente manejado, estará mal dibujado, y por el contrario, aunque esté hecho con borrones, chafarrinadas, o tachones; si guarda las referidas leyes del Dibujo, estará bien dibujado”.

Diego Antonio Rejón (1788)⁹² en su *Diccionario de las Nobles Artes* hablará (siempre citando a Palomino) de distintos tipos de dibujo y los definirá de la siguiente manera :

- Dibuxo de lápiz: “El que está executado con lápiz negro, o colorado, gastado, esfumado o plumeado”.
- Dibuxo de carbón: “El que está executado con carbón”.
- Dibuxo de pluma: “ El que está executado con pluma y tinta”.
- Dibuxo de aguada: “El que está executado con aguadas de tinta u otro color”.
- Dibuxo de pastel: “ El que está executado con clarioncillos de diferentes pastas de colores, que parece colorido”.

Ya a finales del siglo XVIII y principios del XIX, el sombreado pintado a mano en los dibujos dio paso al taquigrafismo de la línea sombreada (en las líneas verticales en planta, y en sombra se hacían los trazos mas pesados), y desaparecieron las

⁸⁹ Leymarie, Jean en Pipes, A.: op. cit., pp. 16-18.

⁹⁰ Da Vinci, Leonardo: *Tratado de Pintura*, Madrid, Ediciones Akal, S.A., 1993, p. 425.

⁹¹ Palomino, Antonio: *El Museo pictórico y escala óptica*. Madrid. Aguilar, S.A. de Ediciones. Tres Tomos, 1988, p. 73.

⁹² Rejón de Silva, Diego Antonio: *Diccionario de las nobles artes para instrucción de los Aficionados, y uso de los Profesores*. Segovia. Imprenta de Don Antonio Espinosa, 1788. Edición Facsímil. Consejería de Cultura y Educación. Murcia., 1985, p. 81.

aguadas de color cuando aparecieron los cianotipos a principios del siglo XX. Hasta entonces se había difundido una idea indicativa del material manufacturado según los colores empleados por los artistas: gris de Payne para el hierro fundido, morado para el hierro forjado, gutagamba (un pigmento amarillo) para el latón, y así sucesivamente.⁹³

En 1868 el inglés A.W. Cunningham decía que sin duda los artesanos hacían dibujos, aunque probablemente los marcaban en pizarra, los trataban con tiza en un encerado o los inscribían en el material a tratar. Pronto fue habitual enviar al taller un calco en tinta, en lugar del original.

La Primera Guerra Mundial y la llegada de métodos de copia reprográfica significaron el fin de los *códigos de colores*, que fueron reemplazados por tintes mecánicos o imágenes más legibles. Para producir dibujos de calidad, el dibujante tenía que tener mucha habilidad en el uso del tiralíneas y el manejo de las acuarelas (Simpson).⁹⁴

Un ejemplo del dibujo arquitectónico y mecánico que se impartía en los años veinte en las escuelas de los Estados Unidos lo ofrece J. Esherick⁹⁵, escribiendo sobre la University of Pennsylvania:

“Primero trabajábamos con lápiz, sobre papel milimetrado amarillo, empezando desde el principio, aprendiendo a sacar punta a los lápices (en aquellos días no se podían conseguir más que lápices de madera que tenían que afiliarse con cuchillas), aprendiendo a dominar las líneas, qué clase de borrador había que usar, en cada caso, como conservar limpia una hoja cubriéndola o clavando unas tiras de papel para que los instrumentos se mantuvieran por encima de la superficie, como deslizar el lápiz por las escuadras y cartabones y como conseguir el ángulo correcto, de modo que el borde del instrumento permaneciera limpio, evitando que el polvillo del lápiz se esparciera al dibujar las líneas, y así sucesivamente”.

Posteriormente, y ya volviendo a los dibujos que puede entender un cliente para el que la lectura de unos planos técnicos resultan ser una gran barrera, cabría decir que se utilizó durante muchos años la pintura aplicada a pincel.

A principios de siglo se emplearán los lapiceros de colores sobre fondos de papel neutro, tipo Cançon, y el uso de pasteles adquirirá una gran aceptación.

En las décadas de 1950 y 1960 fundamentalmente y de manera significativa para el futuro, el predominio de la línea gráfica (dibujos hechos a lápiz y con pluma y tintas y bocetos lineales rellenos de color) se tambaleó ante el método pictórico de los innovadores.⁹⁶

⁹³ Pipes, A.: op. cit., p. 13.

⁹⁴ Simpson, Ian: *La nueva guía de la ilustración*, Barcelona, Editorial Blume, 1993, p. 125.

⁹⁵ Esherick, Joseph: *La enseñanza de la arquitectura en los años 30 y 70*, en Spiro Kostof, *El arquitecto. Historia de una profesión*, Madrid, Ediciones Cátedra, 1984, p. 234

⁹⁶ Simpson, Ian: op. cit.: p.12.

Es en los años cuarenta que el uso del aerógrafo obtendrá una gran popularidad y prácticamente ejercerá su reinado hasta finales de los años sesenta, en donde hace su aparición el rotulador. Gracias a su rapidez y limpieza, es aún hoy día el medio más empleado para la realización de dibujos de presentación o como medio para poder desarrollar las ideas. El diseñador no sólo crea el concepto, sino que a menudo desarrolla el trabajo en todas sus etapas. Su destreza debe abarcar tanto las ideas como las técnicas con las que se representen. Los medios utilizados son variados, y no sólo el uso del rotulador. Por ejemplo, se podría decir que un determinado trabajo es más idóneo si se realizara con pasteles o papeles de color, de esta manera comunicará de una forma más clara aquello que se desea mostrar.⁹⁷

Las técnicas utilizadas en el diseño y en la arquitectura han ido (desde finales del siglo pasado) muy unidas. Se ha de tener en cuenta que muchos de los diseñadores eran a la vez arquitectos (Gropius, etc.).

La ilustración técnica también ha ido pareja en algunos momentos a las representaciones hechas por diseñadores. Entre las distintas técnicas y medios se incluyen los lápices, la tinta, las témperas, los acrílicos, el aerógrafo y todos los demás auxiliares que se utilizan en algún momento.⁹⁸ Hoy en día aparecerán en el diseño una serie de técnicas gráficas propias que formarán parte del amplio conjunto de las técnicas artísticas.

Un aspecto a tener en cuenta es el tamaño al igual que el medio escogido. Así, el rotulador es poco apropiado para dibujos muy pequeños, mientras que los lapiceros de colores se adaptan mejor a ellos que a los grandes.⁹⁹

El abaratamiento de los ordenadores y el enorme incremento de su potencia y su capacidad de almacenamiento podrá quizás acabar con los métodos de representación tradicionales. Este hecho no significa que vaya a desaparecer la necesidad de saber dibujar, ya que sea cual sea el instrumento utilizado estará siempre bajo el control del talento y la capacidad de visualización del dibujante. Es posible que cada diseñador se encuentre más cómodo con unas determinadas herramientas y empleará éstas en lugar de otras. Paul Lasseau¹⁰⁰ se centra en esta idea:

“Cada diseñador debe descubrir los materiales y los instrumentos que le resulten más cómodos. Vale la pena experimentar con los diferentes instrumentos, que deben ser fáciles de usar y mantener, además de portátiles”.

⁹⁷ Swann, Alan : *La creación de bocetos gráficos*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1990, p. 70.

⁹⁸ Simpson, Ian: op. cit., p. 126.

⁹⁹ Powell, Dick: *Técnicas de presentación*, Madrid, Editorial Hermann Blume, 1986, p. 27

¹⁰⁰ Laseau, Paul: *La expresión gráfica para arquitectos y diseñadores*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1982, p. 174

MATERIALES GRAFICOS EN EL DIBUJO DE DISEÑO

La diversidad de materiales utilizados en el dibujo aplicado a la realización de productos es muy variada; por consiguiente éstos quedarán divididos en:

- Soportes
- Instrumentos de trazo
- Cubrientes
- Instrumentos auxiliares

LOS DIFERENTES SOPORTES

Se entiende como soportes aquellos materiales sobre los que queda plasmada la imagen. Los primeros soportes utilizados para las representaciones adolecían de una extremada fragilidad (como el papiro egipcio), o bien de una excesiva falta de manejabilidad. Solo con la utilización de los diversos tipos de pieles de animales comenzaron los dibujos a poder ser trasladados de un lugar a otro sin miedo a su deterioro.

En la Edad Media el pergamino y la vitela eran tan caros que se utilizaban varias veces, borrando cada dibujo cuando ya no era necesario. ¹⁰¹

El período renacentista asistió a la sustitución gradual de las pieles de animales por el papel.

Hacia el año 105 de nuestra era, en la China de la dinastía Han, T'sai Lun, ministro de Agricultura, inventó la fabricación del papel. Los primeros papeles se hacían de fibras vegetales reducidas a una pasta con agua y se cree, comentará T. Dalley¹⁰², que el proceso consistía en extender la pasta sobre una tela y dejarla secar. Nadie en occidente tuvo noticias de este invento hasta el año 751 en que los árabes del Islam derrotaron a los chinos en la batalla de Talos, capturando algunos chinos expertos en la fabricación de papel e instalando fábricas en Oriente Próximo, norte de Africa y Europa; primero en la Península Ibérica, Córdoba (1040), después en Játiva y Cataluña (1150). Posteriormente se abrieron fábricas en Italia (1250), Francia (1348), Alemania (1389), etc. ¹⁰³

Este papel, hecho con pasta de trapos era mucho mas manejable que el pergamino, pero era un artículo bastante escaso y caro. Este tipo de soporte fue el mas utilizado hasta la fabricación de un nuevo papel de pasta de madera que se podía producir industrialmente en pliegos más grandes.

En 1390, Cennino Cennini¹⁰⁴ escribe *Il libro dell Arte* en el que se estudian las técnicas del dibujo artístico y se citan los utensilios y materiales para dibujar, desde la punta metálica hasta los papeles de colores.

¹⁰¹ Sainz, Jorge: *El dibujo de arquitectura*, Madrid, Editorial Nerea, S.A., 1990, p. 181.

¹⁰² Dalley, Terence: *Ilustración y diseño*, Madrid, Herman Blume Ediciones, 1992, p. 16

¹⁰³ Parramón. José M.: op. cit.: p.21.

¹⁰⁴ Cennini, Cennino: op. cit.

Hacia 1740, el inglés James Whatman fabrica el primer papel para pintar a la acuarela; cien años después, en Francia, Etienne Cançon descubre un método especial de encolado creando el papel de dibujo Cançon. El paso siguiente fue la producción de papel de calco, transparente, vegetal o de croquis, que tuvo lugar hacia 1800. Este papel permitía copiar los planos con mínimos errores para conseguir así series iguales de un mismo documento. Asimismo, la utilización del papel cuadriculado, pautado o milimetrado, contribuyó a la elaboración de un lenguaje normativo. El desarrollo en el campo de las artes gráficas ha permitido la fabricación de soportes prácticamente indeformables, exigidos por las tecnologías de alta precisión.

El Papel es un producto compuesto por fibras que se mantienen unidas por sus propias fuerzas moleculares. La textura superficial y la absorción del papel están en función de la cantidad de relleno agregado, en general arcilla, y del grado de presión que se ejerce a través de rodillos. El prensado en caliente es el mas liso y el mejor para trabajos lineales. El áspero y el prensado en frío son mas aptos Para la pintura a la acuarela. El papel que ha de recibir acuarela o gouache debe extenderse antes, sumergiéndolo en agua y pegándolo a una superficie ligeramente absorbente.

El peso del papel se mide en g/m² (gramos por metro cuadrado). El papel de bocetar se gradúa alrededor de 50-70 g/m²; el papel de carrete para dibujar en 96-150 g/m²; el papel para acuarela en 285-535 g/m². Los tamaños de papel han sido normalizados y los de nombres pintorescos como octavo, orejas de burro, imperial y doble elefante fueron sustituidos por los homologados DIN . Estos se basan en la hoja A0, nominalmente de un metro cuadrado de superficie, con los lados en razón 1:712 Cada tamaño menor sucesivo tiene la mitad de la superficie, con el lado más largo igual al lado mas corto del tamaño anterior; el lado más largo de A4, por ejemplo, es igual al lado más corto de A3.¹⁰⁵

A0	841 x 1189mm
A1	594 x 841 mm
A2	420 x 594 mm
A3	297 x 420 mm
A4	210 x 297mm
A5	148 x 210mm
A6	105 x 148mm
A7	74 x 105mm
A8	52 x 74 mm
A9	37 x 52mm
A10	26 x 37mm

Existen infinidad de papeles y con el tiempo cada uno termina por trabajar con aquellos en los que se encuentra mas a gusto, dependiendo del material que se utilice sobre él. Se encontrarán igualmente papeles de diferentes cualidades.

¹⁰⁵Pipes, A.: op. cit., p. 36.

Para el uso del rotulador es recomendable un papel Layout por sus características de absorción. Se suele utilizar como indica Powell¹⁰⁶ uno de 45 g/m² para elaborar ideas y uno de 60 g/m² mas grueso, para presentación. Otro papel de presentación válido sería el papel Bristol. Si la elección es un papel de color, se recomienda el papel Ingres, ya que acepta muy bien tanto el rotulador, como el pastel, como los lápices de color y se comercializa en una gama muy amplia de colores. Igualmente es interesante el papel Cançon (cartulina), posee una gama muy amplia de grises.

MEDIOS DE PUNTA

Entre los materiales más utilizados en el dibujo hay que citar primero aquellos que se depositan sobre el papel por simple razonamiento, como los carbones o los lápices.

Seguramente uno de los materiales más antiguos sea la pluma de ave, utilizada hasta hace relativamente poco para escribir y dibujar con tinta. Sin embargo, la pluma no permite una gran precisión, y en seguida aparecieron otros materiales como la punta de plata o la punta de plomo. Con pequeñas diferencias, todos ellos se pueden considerar antecedentes del lápiz de grafito, un material que por simple rozamiento puede lograr un alto grado de exactitud.

El carboncillo

Más utilizado por artistas que por diseñadores. Las barras normales de carboncillo se presentan en distintos grosores y grados de dureza. Las barritas se afilan con un cuchillo o con papel de lija fino, pero es mucho mejor aprender a producir líneas finas dibujando con el borde de la barrita, haciéndola girar a medida que el extremo se redondea. Las barritas de carbón comprimido no se rompen con tanta facilidad como las barras normales, pero resulta más difícil desprender el polvillo del papel. Los lápices de carboncillo son como los lápices comunes, pero en lugar de grafito contienen carbón comprimido. También se presentan con una capa de papel enrollado. Son más fáciles de afilar y de usar que las barritas y se hacen en una gama que va desde HB hasta 6B.¹⁰⁷

Sobre el uso del carboncillo se puede observar los comentarios de personajes como Benvenuto Cellini¹⁰⁸ quien alaba el uso del carbón y la sanguina:

“Este modo de dibujar es bellissimo, útil sobremanera y mejor que ningún otro. De él se sirven los buenos dibujantes para retratar del natural porque, para conseguir el buen juicio que se necesita cuando se ha trazado un brazo, una pierna, la cabeza u otros miembros y después, para dar más gracia a la figura, hay que moverlo hacia arriba, hacia abajo, adelante o hacia atrás, este lápiz se borra fácilmente con un poco de miga de pan, de modo que su utilidad queda

¹⁰⁶ Powell, Dick: *Técnicas de presentación*, op. cit., p. 13

¹⁰⁷ Günter, Hugo Magnus: *Manual para dibujantes e ilustradores*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1992, p. 92. El carboncillo se obtiene de la combustión incompleta y detenida de la madera. Actualmente la madera más empleada es la de vid o sauce.

¹⁰⁸ Cellini, Benvenuto: *Tratados de orfebrería, escultura, dibujo y arquitectura*. Madrid. Ediciones Akal, S.A., 1989, p. 204.

confirmada. Los buenos maestros que quieren dibujar con aplicación afirman que éste es el mejor método de todos”.

Siguiendo con el uso del carbón Cennini ¹⁰⁹ escribirá:

“Toma carbón fino y afíllalo igual que una pluma o un estilo... si al principio no te sale proporcionada la figura, toma una pluma de gallina o de oca y, con sus barbas, restriega y esparce el carboncillo con el que has dibujado, así borrarás el dibujo”.

Comentará Cellini: ¹¹⁰

“Otro procedimiento se emplea sobre hojas teñidas de todos los colores y usando ciertas piedras negras llamadas lápices. Con éstas se dibuja, dando después blanco de plomo para las luces de este modo. Unas veces se hacen barras del grosor de una pluma de escribir, con blanco de plomo y un poco de goma arábica. También se dibuja con una piedra roja y negra que viene de Occidente”.

Esta piedra roja de la que habla Cellini bien podría ser la sanguina.

La técnica al carboncillo es complicada de usar y a menudo ofrece una imagen negra poderosa (aunque frágil). Produce fácilmente tanto línea como tono. Para lograr el tono a veces se frota una cantidad abundante de carboncillo sobre el papel y se extiende con un trozo de papel enrollado o con los dedos. Con una gomas de borrar, se elimina el polvo de algunas zonas para que queden más claras y para crear blancos de realce. Como las imágenes se emborronan en seguida, casi siempre hace falta fijar el trabajo en etapas intermedias, a medida que se va haciendo. Es un material que actualmente apenas se usa en diseño.

Respecto al soporte, el mejor papel para carboncillo es el que tiene textura, que aprovecha su intensidad. Queda muy bien sobre papeles de colores. El soporte ha de tener algo de grano para que arranque el carbón al dibujar, permitiendo de esta manera cubrir grandes zonas en mancha con gran rapidez, tanto directamente como difuminándolo. De esta manera se pueden crear texturas con una gran cantidad de matices.

Como borrado, el carboncillo en mancha a menudo se elimina pasando encima un paño suave, aunque cuando las imágenes son muy oscuras o cuando se utiliza carbón comprimido, se emplean los mismos métodos que para borrar el lápiz.

Es fundamental fijar el dibujo; esto se hace igual que con los dibujos a lápiz. Por lo general los fijadores se presentan en aerosoles. Aunque su agarre al soporte es bueno, no deja de ser un polvillo que puede desprenderse con los golpes.

¹⁰⁹ Cennini, Cennino: *El libro del arte*. Madrid. Ediciones Akal, S.A. 1988, pp. 57-58.

¹¹⁰ Cellini, Benvenuto: *op. cit.*, p. 203.

Variantes de carboncillo, y a su vez complementarios son una serie de materiales con características parecidas pero cambiantes: lápices compuestos, lápices carbón, barras compuestas. Unos están endurecidos naturalmente y otros aglomerados con un aglutinante, barras grasas de pigmento artificial, muy duras o más blandas. Si se amplía con ciertos tonos grises o de colores, se obtendrán técnicas mixtas: como con barras sanguinas, sepias, tizas coloreadas, crayones Conté, etc., pudiendo llevar ceras, arcillas, carbonatos y pigmentos de todas clases. Su utilización puede ser exenta o combinada, con carbón u otros materiales, unas veces con matices de línea o texturas, otras por gradación de grises mediante difuminado, sobre todo con lápiz compuesto que permite insistir sobre sí mismo y lograr una rica variedad tonal, o mediante el plumeado. Pueden borrarse con facilidad los materiales con aglutinantes no muy grasos, mediante trapo o goma blanda o miga de pan blanda, hasta soplando, pero si son grasos será más difícil debido a que manchan el papel soporte.¹¹¹

El Lápiz

El lapicero es el más usado de los instrumentos de dibujo. Es flexible, versátil y fácil de borrar, y se fabrica en infinidad de versiones adaptadas a cualquier necesidad. No necesita otra preparación que la de sacarle punta. Es un recurso indispensable para el dibujo, por ser rápido y sin complicaciones.¹¹²

El lápiz es el instrumento original de dibujo, desechable, económico y eficaz. Los lápices son controlables y versátiles produciendo una infinita gama tonal que es al mismo tiempo permanente y adaptable. Antes de que se inventaran los lápices para dibujar se usaban delgadas varillas de plata, cinc o plomo, que se conocían con el nombre colectivo de punta de plata. Posteriormente se descubriría el grafito (carbón negro puro) en Borrowdale (Cumberland) 1564.¹¹³

En el siglo XVII, el carpintero alemán Steadler empleó azufre y antimonio para ligar el grafito triturado y convertirlo en barritas utilizables. La mina de nuestros días contiene grafito menos puro (proveniente en su mayor parte de México) y arcilla, cocida como porcelana en un horno. El proceso fue concebido en 1795 por Conté (un oficial del ejército napoleónico). Durante las guerras napoleónicas Inglaterra cortó el suministro de grafito al continente. Napoleón encargó a Conté (1755-1805) que buscara un sustituto para los lápices importados. En 1795 patentó su proceso.¹¹⁴ Por vez primera pudieron graduarse los lápices, de duros a blandos, variando las proporciones relativas de grafismo y arcilla.

En 1662 se fabricó en Alemania el primer lápiz de composición de grafito. Kaspar Faber empleaba una parte de azufre por dos de grafito. La empresa Faber se establecería en Nuremberg en 1761, y hacia 1840 estaba produciendo el conocido

¹¹¹ Paricio, Álvaro y García, M^a Luisa: *Técnicas de expresión gráfico – plásticas*. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid. 1995, p. 19

¹¹² Günter, Hugo Magnus: op. cit., p. 41.

¹¹³ Dalley, Terence: op. cit., p. 28. El grafito es un mineral escaso que se fabrica actualmente de manera artificial.

¹¹⁴ *Ibidem*, p. 28.

lápiz hexagonal en su tamaño y grados de dureza corrientes. Una clasificación de la época adjudicaba:

- HH a los ingenieros
- H a los arquitectos
- F para dibujar
- B para sombrear.

No se fabricaron lápices en Estados Unidos hasta la década de 1850, cuando Alfred Berol fundó la Eagle Pencil Company.

Cuanta más arcilla lleva, más dura es la mina. El HB (que significa duro “hard” y negro “black”) tiene el punto medio de dureza y es el que cumple más funciones. Los lápices más suaves y más negros van desde grados B a 6B. Alan Pipes¹¹⁵ indicará que estos lápices son preferidos por algunos diseñadores, para dibujar a pulso y para presentaciones. En el otro extremo de la escala se encuentran los lápices de grados H a 9 H, usados principalmente para dibujos técnicos, utilizándose los más duros para trabajos de albañilería y acería. Entre los grados menos comunes está el F (que significa firme), entre HB y H, empleado para taquigrafía, y los sumamente blandos EB y EE.

El tradicional lápiz de madera lleva la mina; que ahora también contiene algo de cera para darle suavidad; rodeada de tablillas de aromático cedro maduro de California.

Un lápiz de buena calidad tiene una mina revestida, en general pasada por ácido, que no se romperá en el interior de la madera si cae el lápiz, ni se deslizará hacia afuera con el uso. El corte transversal hexagonal del diseño de un lápiz es una forma ingeniosa de evitar que ruede y se caiga del tablero de dibujo.

Existen lápices con minas de grafito solubles en agua. Las minas de base polímera para dibujar sobre película translúcida fueron presentadas en la década de 1980. La arcilla aglutinante del lápiz tradicional es reemplazada por una combinación de aceite y una resina polímera, así se produce una mina más fuerte, densa y con menor desgaste que la convencional; no obstante, para corregir cualquier error se necesita una goma de borrar con disolvente.

Los primeros lápices de mordiente aparecieron en la primera década del siglo XX. Tienen mordazas de resorte y son activadas por un botón pulsador que también alberga el sacapuntas. Se utilizaron para hacer croquis, pero se usan también para hacer borradores. Tienen las desventajas en cuanto al lapicero en una menor sensibilidad y ligereza.

Los lápices estilográficos o portaminas con botón pulsador están reemplazando al lápiz de mordiente. Vienen con minas lo bastante finas como para no tener que afiliarse (0,3-0,5-0,7-0,9).

¹¹⁵ Pipes, A.: op. cit., p. 28.

La técnica puede ser lineal o de relleno de superficies. El dibujo en línea es el procedimiento más utilizado, al ser muy directo y sin grandes problemas técnicos, también es el más comprometido, pues requiere un trazo de grafismo firme y seguro, completándose con valores tonales difuminados, punteados, sombreados, texturados.¹¹⁶ Las líneas pueden ser muy expresivas, según la presión y la velocidad de la mano que traza el dibujo y el grado de dureza del lápiz.

En el relleno de superficies, para producir el tono, se puede frotar, sombrear o rayar, o hacer puntos o trazos cortos. Para lograr textura, se puede apoyar el papel sobre una superficie rugosa y frotar con el lápiz por encima. Una manera de aprovechar el medio consiste en utilizar lápices de distintas durezas.¹¹⁷ Para realizar sombreados se mantiene el lápiz más horizontal que en el dibujado. Deben aplicarse en primer lugar los tonos claros, hacerlos más oscuros lentamente y sólo al final poner las sombras más intensas; las partes más claras se dejan libres. Para sombrear superficies enteras se coloca el lápiz sobre el papel formando un ángulo muy agudo y se deslizará suavemente de un lado a otro. Para crear zonas despejadas pueden producirse posteriormente con la goma de borrar.¹¹⁸

En diseño puede utilizarse como una técnica en sí misma, sobre todo en la realización de bocetos. Otro empleo frecuente es como método de preparación y construcción de una imagen que luego será terminada con otra técnica.¹¹⁹

Se han de destacar las marcas que dejan los tres principales tipos de lápiz; estas son diferentes.

- Un lápiz de plomo o compuesto de grafito produce marcas grises y brillantes. Cuanto más blando la marca será más oscura.
- Un lápiz de carbón (carbono) hace marcas negras y mates.
- El lápiz Conté hace marcas negras y mates con una apariencia grasa.

Los tres tipos presentan diferente grado de dureza. Un lápiz 6 B, por ejemplo no mantendrá la punta afilada mucho tiempo, mientras que un lápiz 8 H no resulta adecuado para zonas amplias de sombreado gradual.

La mayoría de los lápices, debido al rozamiento, dejará alguna marca en casi todas las superficies normales empleadas para dibujar y pintar. Este aspecto puede ser interesante si lo que se pretende es marcar en otro papel y realizar una técnica con solo relleno de superficies. Para Powell¹²⁰, los lapiceros son muy indicados para la realización de bocetos. Los de madera proporcionarán una gran sensibilidad y flexibilidad de línea. Tienen el problema de que han de ser afilados continuamente.

Los portaminas gruesos son desaconsejables ya que no poseen la sensibilidad de los de madera y tienen los mismos problemas. Los portaminas finos con minas de 0,3 a

¹¹⁶ Paricio, Álvaro y García, M^a Luisa: op. cit., p. 19

¹¹⁷ Simpson, Ian: op. cit., p. 26.

¹¹⁸ Günter, Hugo Magnus: op. cit., pp. 44-46.

¹¹⁹ Sainz, Jorge: op. cit., p. 184.

¹²⁰ Powell, Dick: *Técnicas de presentación*. op. cit., 1986.

0,9 mm tienen la ventaja de no tener la necesidad de ser afilados; como se indicó anteriormente; son fundamentales para la realización de croquis.

Como soporte, el lápiz se puede usar con buen efecto tanto sobre papel blanco como sobre papel de color, ya sea que se compre matizado o que se le aplique el color mediante un lavado con acuarelas. Los papeles lisos y la cartulina suelen ser adecuados para lápices blandos; el papel texturado es mejor para los de mayor dureza. El cartón Bristol, el marfil y el papel liso dan buenos resultados con lápices blandos. El papel Ingres, el texturado, el de acuarela y el papel Cartridge áspero se adaptan mejor a lápices duros. Utilizando una base de estructura diferente y papel de dibujo no demasiado grueso se consiguen también efectos especiales.¹²¹

Para el borrado lo más efectivo son las gomas de borrar de plástico, las gomas de modelar, además que se puede dar la forma que uno quiera, van muy bien para crear puntos de realce o cuando hace falta mucha precisión. Por lo general, las marcas fuertes a lápiz y la mayoría de las marcas hechas con lápices de colores sólo se borran bien con una hoja de afilar, o la cuchilla de un bisturí.

Se fija bien al soporte aunque puede desprenderse con el simple roce de la mano al dibujar, sobre todo en el caso de los lápices más blandos. Los fijadores a menudo se presentan en aerosoles.

Lápices de color

El lápiz empezó siendo una especie de funda para cubrir el material de tipo carbón o grafito, hasta que se integraron en una sola pieza, tal como se conocen hoy en día y que anteriormente se indicó. Cambiando simplemente el grafito por una sustancia semejante al pastel se consiguieron los actuales lápices de colores. Se fabrican a partir de una mezcla de caolín blanco, ceras, pigmentos y aglutinantes agresivos, pero no se cuecen. Si bien la mayoría de los lápices de color son bastante blandos y difíciles de borrar, hay una pequeña gama de ellos que se borran normalmente con una goma de borrar. Con un afilalápices, un cúter o la cuchilla de un bisturí, se obtiene una punta fina para dibujar.

Se dan dos tipos de lápices de color dependiendo de su dureza: blandos y duros. Los lápices blandos se utilizan para obtener una gradación tonal suave cuando se manejan oblicuamente al papel. Son apropiados para el sombreado. Los lápices duros se usan para trazar líneas nítidas sin que se parta la mina cuando se usan perpendicularmente a la superficie. Es aconsejable una gama amplia. El grado de dureza no se encuentra indicado. Se pueden representar detalles sutiles, ya que se afilan con más finura (los duros). Son apropiados para el dibujado y rayado.

Los lápices de color son útiles para corregir bordes irregulares, por ejemplo en dibujos con rellenos de superficies realizados con rotulador o pastel, y añadir valores tonales. Powell¹²² recomienda unos lapiceros de color blandos para obtener

¹²¹ Daucher, Hans: *Modos de dibujar-6*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili. S.A., 1987, p. 69

¹²² Powell, Dick & Patricia Monahan : *Técnicas avanzadas de rotulador*, Madrid, Hermann Blume Ediciones, 1993, p. 21.

una gradación tonal suave y suficientemente duros para trazar líneas nítidas. Son poco recomendables los de cera, que se corren y no pueden recubrirse con pintura. Es aconsejable decidirse por una marca que ofrezca una gama amplia de colores.

La técnica será análoga al lápiz de grafito, se suele utilizar tanto en el trazado como en el relleno de superficies.¹²³ En el trazado primero se aplican con suavidad los colores más claros sobre la hoja; a las superficies que después serán más oscuras se les puede dar también un poco de color. Es importante evitar desde el principio tonos demasiado oscuros, puesto que estos lápices se borran mal. Conviene recordar como característica fundamental la luminosidad que ofrecen al emplear el soporte blanco. La aplicación del color se repite hasta que se han alcanzado los tonos oscuros más intensos. Los contrastes entre los sombreados favorecen la impresión de conjunto de la imagen. La variedad de colores es muy grande, permitiendo su utilización de un modo directo y no como paleta de mezclas. Será la retina la encargada de efectuar la visualización cromática. La superposición de tonos y colores será básica, recomendándose no ejercer mucha presión sobre el soporte para no dañar la textura propia del grano del papel. Se puede difuminar; el esfumato permite gamas de tonos muy amplias. Algunos lápices son acuarelables, pudiéndose modificar su naturaleza aumentando la riqueza expresiva de la imagen representada; los trazos lineales pueden desaparecer extendiéndose el color con un sentido de mancha.

El borrado no será recomendable al haberse engrasado el soporte base.

El soporte, cuanto más áspero sea un papel tanto más se traslucen los poros y el dibujo resulta por tanto poco firme. El coloreado más intenso se consigue trabajando sobre papel tipo (Durex, Layout...).

Lápices grasos

También denominados encaustos. Apenas son utilizados en diseño. Se emplean normalmente como complemento de otras técnicas pudiéndose emplear para apuntes directos supliendo en alguna ocasión al grafito. Son lápices o barras cuyos pigmentos están aglutinados con materias grasas en lugar de magras, compuestos con cera, barniz dammar, aceite de linaza y pigmentos, lo cual les confiere una consistencia más blanda y pegajosa. Los colores no tienen mucha luminosidad sin embargo son susceptibles de ser empastados y mezclados entre sí. Al ser grasos no permiten el borrado, permitiendo ser raspados y utilizarlos superponiendo capas. Podrán difuminarse en cierta medida, pero solo superficialmente al ser muy opacos. Por el mismo motivo pueden disolverse con un diluyente como trementina o tricloroetileno que no manche el papel, pero no serán del todo transparentes. Puede darse un acabado final con barnices especiales o bien con cera diluida con algo de cola plástica.¹²⁴ El soporte puede ser cualquiera que tenga algo de cuerpo, desde papel a lienzo.

¹²³ Sainz, Jorge: op. cit., p. 184.

¹²⁴ Paricio, Álvaro y García, M^a Luisa: op. cit., p.20. Es tan antigua su manipulación que en papiros egipcios del 1300 a. C. ya se utilizaba, o en los mascarones de proa de los barcos.

Bolígrafos

Los hay de bolita rodante, puntas de fieltro, de pincel y de fibra, y la tinta que usa cada uno varía de la solubles al agua a la indeleble y permanente. Cada una tiene un lugar en el estudio de diseño.

El bolígrafo común inventado en 1938 por Lászlo Biró, húngaro emigrado a Argentina, y popularizado por el francés Marcel Bich, puede utilizarse para crear bordes precisos en los dibujos de presentación. El Fisher accionado a nitrógeno, desarrollado por la NASA, inscribirá en cualquier ángulo, incluso apuntando hacia arriba, bajo el agua y a diez grados por debajo del punto de congelación. Tiene una duración de conservación de cien años y escribirá más de cinco kilómetros sin que se le agote la tinta.¹²⁵

Se aconseja utilizar los que mejor se presten a la forma de trabajar de cada diseñador. Se ha de tener cuidado con los de tinta solubles, porque el agua disuelve la tinta y mancha la pintura.

Plumas

Se pueden distinguir dos tipos de pluma: la pluma técnica y la de bocetaje. La pluma técnica se desarrolla dentro de los dibujos que podrían denominarse técnicos. En la realización de planos tradicionalmente se dibujaba con pluma de ave¹²⁶ o con tiralíneas. Para una mayor precisión era necesario un objeto más perfeccionado que la pluma de ave, y así surgió el tiralíneas, con dos puntas de metal o marfil, cuya separación se podía regular a voluntad. La gota de tinta se mantenía en su lugar mediante un sistema de tensión superficial. Este instrumento dejó paso a las actuales plumas estilográficas de dibujo que permiten líneas casi mecánicamente uniformes a costa de no tener anchura variable.¹²⁷ Los Rotring Rapidograph se lanzaron al mercado en 1952, son estilográficas tubulares con una plumilla cilíndrica, regulada por un filamento de alambre disponible en diferentes anchuras.

La pluma de bocetaje se ha utilizado además como técnica de acabado con la que se podían conseguir dibujos duraderos pudiéndose destacar dos técnicas básicas: lineal o puntos, con los cuales se podían modelar infinidad de trazos. Cada artista solía desarrollar su propio método, que así se convertía en atributo característico de su estilo. A este respecto se pueden señalar los comentarios que sobre el uso de la pluma hace Benvenuto Cellini¹²⁸:

“Otro modo de dibujar consiste en trazar los contornos con la pluma y utilizar después los pinceles como pintores, haciendo la tinta blanca con agua y añadiéndole poco a poco el color hasta que en su profundidad, es decir, en las partes más oscuras, se utilice la propia tinta pura”.

¹²⁵ Dalley, Terence: op. cit., p. 21.

¹²⁶ O de otras aves como cisne o cuervo, se empleaban en el siglo VII hasta la introducción de las metálicas en el siglo pasado.

¹²⁷ Dalley, Terence: op. cit., p. 23.

¹²⁸ Cellini, Benvenuto: op. cit., p. 203.

De este procedimiento también hará referencia Cennino Cennini¹²⁹ cuando escribe :

“Dibuja con la pluma los claros, medios claros y oscuros insistiendo más o menos en los trazos. Y, si deseas que tus dibujos queden más definidos, dales una ligera aguada con pincel grueso”.

El tratamiento de la aguada será comentado en el apartado de cubrientes. Continúa indicando que dibujando con pluma puede convertir en experto al que lo practique y de esta manera poder concebir buenos dibujos.

*“Habiendo dibujado con estilo, marca con tinta los sitios extremos y necesarios. Después, da sombras con aguada de tinta, para lo cual mezcla la cantidad de agua que cabe en una cáscara de nuez con dos gotas de tinta; sombrea con un pincel de cola de ardilla grueso y casi siempre seco; y así, según la intensidad de los tonos oscuros, irás oscureciendo más o menos la aguada con nuevas gotas de tinta”.*¹³⁰

Insistiendo en la técnica, se puede desarrollar igualmente la de las tintas chinas de colores y las acuarelas. Todas ellas producen capas transparentes que se superponen visualmente, obteniéndose el color resultante de la sustracción de los dos superpuestos.

Las plumas metálicas permiten una gradación de la presión al abrir más o menos el corte del metal, además de cargar más tinta que las de ave. Su utilización es muy directa y expresiva; es tan expresiva la plumilla como el lápiz, pero de visualización más acabada.

Günter¹³¹ recomienda que debe hallarse una pluma que se adapte a la propia mano y al fin para el que se emplea. Se puede usar una amplia variedad de plumas, entre las que se incluyen las plumas de caña, las plumillas, las plumas fuente. Para dibujar con firmeza o rapidez le hará falta al dibujante una pluma del tipo Steno o de escribir grande, que discurren sin esfuerzo por el papel y cuyas líneas pueden ensancharse fácilmente con una mayor presión. Para representaciones más sutiles se elegirán plumas de dibujo finas y duras, que tienen que ser conducidas cuidadosamente sobre el papel, porque la punta se clava con facilidad y la tinta china salpica. Si se quiere acuarelar después el dibujo, es preferible utilizar tinta china (no se descompone con la aplicación de la acuarela).

En el borrado para corregir los dibujos a pluma, con la hoja de una navaja o una goma de borrar de fibra de vidrio se eliminan manchas pequeñas, cuando están secas, siempre y cuando se haga con suavidad.

¹²⁹ Cennini, Cennino: *El libro del arte*. Madrid. Ediciones Akal, S.A. 1988, p. 44.

¹³⁰ *Ibidem*, p. 42.

¹³¹ Günter, Hugo Magnus: *op. cit.*, p. 54.

Como soporte requiere papeles bastante satinados y no absorbentes. Se recomienda usar papel Cartridge de la mejor calidad, y lo ideal es que tenga una superficie dura. Si se piensa usar un lavado con tinta, Simpson recomienda no olvidar tensar antes el papel. La cartulina rascada produce una imagen que se encuentra a mitad de camino entre un dibujo hecho con pluma y tinta y un grabado sobre madera. Se utiliza una cartulina preparada, que puede ser blanca, en cuyo caso se pintan encima las partes negras con tinta china. Por lo general, tiene una superficie negra y, después de calcar el dibujo con mucho cuidado, para no estropear la superficie de la cartulina, se crean zonas blancas cortando la superficie negra con un cuchillo afilado o un bisturí. Se utiliza una punta afilada para hacer hendiduras o crear efectos mellados o punteados.¹³²

CUBRIENTES

Se podrían dividir los cubrientes en dos tipos dependiendo de si la técnica para cubrir ha de mezclar el material con agua o no, por ello la clasificación podría ser la de: las técnicas al agua y las técnicas sólidas.

Los materiales que utilizan las técnicas al agua englobarían: la tinta, la acuarela, la témpera y el aerógrafo. Las técnicas al agua son procedimientos fáciles de ejecución, requieren pigmentos muy finos y fijos a la luz, generalmente sobre soportes de papel. Cuando son transparentes como las acuarelas, requerirán mucho agua como diluyente, pigmentos sin cuerpo, papeles con mucha fibra y ejecución mediante superposiciones. Cuando son opacas como las témperas, permitirán al empastar, tapar el color inferior, necesitando cartulinas de buen gramaje como soporte. Con el aerógrafo se lograrán tonalidades a través del punto pulverizado con una considerable cantidad de posibilidades técnicas y de materiales.¹³³

Los materiales propios de las técnicas sólidas abarcarían: el óleo, las pinturas acrílicas y el pastel. Dentro de éstas técnicas se tratará solamente el pastel debido a que los otros materiales no suelen ser utilizados por los diseñadores en sus proyectos. Respecto a las técnicas sólidas cabe señalar que los instrumentos de trazo a los que se hizo referencia anteriormente pueden ser utilizados igualmente como cubrientes.

La Tinta

Utilizada con pluma correspondería, como se ha visto anteriormente, a los instrumentos o medios de trazo; utilizada con pincel formará parte de los cubrientes.¹³⁴

Mucho antes de la aparición del lápiz de grafito ya se utilizaba la tinta como material gráfico de primer orden. La tinta puede estar hecha de negro de humo, o bien de sustancias animales como la propia tinta del calamar. De hecho, una variedad muy

¹³² Simpson, Ian: op. cit., p. 29

¹³³ Paricio, Álvaro y García, M^a Luisa: op. cit., p.45

¹³⁴ Todos los pueblos han utilizado las tintas: China (2700 a.C.), India, Mesopotamia, Egipto, Roma, etc.

utilizada, de tono tostado, se llama sepia precisamente por el origen del pigmento.¹³⁵ Estas tintas se pueden utilizar densas, para trazar con pluma, o bien disueltas en agua en forma de lavado. Ya en el siglo XVIII se utilizaban tintas de colores, y Buchotte¹³⁶, en su libro “Les règles du dessin et du lavis” (1722) enumera diez variedades de uso común :

“ *Encre de la Chine (la cual venía de China), carmine, ultramarine (lapislázuli), gamboge, verd de gris liquide (sulfato de cobre), bistre (marrón), l’Inde fin (índigo), verd de vessie, verd d’iris y vermillion*”.

La tinta de dibujo, a veces llamada tinta china, se presenta en una variedad de colores, aunque los que más se utilizan son el negro y el castaño. Entre los efectos que pueden generarse se puede señalar el de las aguadas, manchas producidas por la disolución de tinta y agua. Se consiguen diferentes tonalidades superponiendo o eliminando cargas y agua. Otro procedimiento es el de lavado, muy similar al anterior, consistente en diluir la tinta en diferentes tonos y lavar con agua continuamente.

Sobre los pinceles aún se considera aconsejable adquirir pinceles de marta de la mejor calidad y por supuesto, se tendrá que saber cuidarlos. Deben lavarse y aclararse inmediatamente después de su uso (nunca deben quedar hundidos en un recipiente con agua), y guardarse con la punta hacia arriba. Powell¹³⁷ recomienda para su uso en diseño los muy finos, tamaños 00, 1, 3 y uno un poco grueso del 10.

Los soportes fundamentales para tinta son papel, tela, cartón, pergamino y madera. Influirán en los resultados muchos factores, tales como: el grosor con el respectivo gramaje, la calidad superficial del grano, desde el más satinado al más saturado, el encolado más o menos fuerte para que sea poroso o absorbente, etc.

La acuarela

Los colores se encuentran en pastillas y en tubo, pero siempre aglutinados con goma arábiga, glicerina y agua azucarada. Los pinceles utilizados serán de pelo muy fino y redondos para obtener mayor carga de agua y color. También se pueden emplear esponjas para extender, rodillos y trapos. La técnica de pintura a la acuarela se basa en los efectos de transparencia sobre un soporte blanco, su resultado es luminoso debido al fondo generalmente claro que proporciona el papel. No se emplea el blanco, por tanto, aprovechando el color y la luminosidad del fondo. Los pigmentos colorantes se aclaran con simple agua.

Las acuarelas son muy utilizadas en ilustración. En diseño su uso más generalizado se da en el diseño de moda estando hoy en día en situación de cambio viéndose en

¹³⁵ La tinta china se compone de negro de humo disuelto, siendo su aglutinante el agua destilada gomosa. La tinta sepia o negro sepia, se obtiene de este cefalópodo, existiendo varios tonos dependiendo de los mares en que viva el animal. La tinta de ácido tánico de color marrón se extrae de las encinas, fijadas con goma arábiga y agua. La tinta bistre es hollín de maderas menos quemadas. Otras tintas son colorantes con ciertos espesantes que les dan una mayor viveza y viscosidad.

¹³⁶ En Sainz, Jorge: op. cit., p. 182.

¹³⁷ Pipes, A.: op. cit., p. 33 & Powell, Dick: op. cit., p. 20

muchos casos sustituida la técnica a la acuarela por el rotulador. En el diseño de productos su uso es escaso.¹³⁸

El soporte de papel puede ser de celulosa, de fibra de lino o de algodón, tiene una superficie lisa, áspera o semi áspera; el peso del papel es importante para evitar su ondulación, puede mojarse previamente y tensarse posteriormente.¹³⁹

Témperas

También se las denomina gouache o colores a la gouacha. Los colores son opacos y han de mezclarse antes de depositados en el papel. Este material se utilizó con frecuencia en los movimientos de vanguardia artística y arquitectónica de la década de 1920. La témpera tiene como base el agua, que se prepara con pigmentos molidos menos finos que los de las acuarelas, ligados con goma arábiga, a los que se añade pigmento blanco para darles opacidad. Tiene menos luminosidad que las acuarelas y se puede modificar y elaborar por encima sin que parezca demasiado trabajado. Los colores se presentan tanto en tubos como en frascos. Los pinceles son los mismos que para la acuarela. Al secarse aclara bastante más que la acuarela. Los repintados se pueden realizar por la opacidad del material. Se puede igualmente hacer punteados, rascados, aumentar el brillo dándole una mano ligera de goma arábiga. Se elimina un color mediante superposición de otro, por dilución con agua o rascando con cuchilla, lavando y secando con papel secante.

Las témperas son imprescindibles para crear reflejos y para delimitar detalles minuciosos, en los que la opacidad es esencial. No conviene usarlo muy diluido ni imitando la pintura al óleo. Presentan zonas de color planas y espesas, para lograrlo hay que aplicar la pintura con una consistencia uniforme.¹⁴⁰ Permite zonas planas intensas de color y limpias, fáciles de reproducir en imprenta. En los años veinte y treinta fueron muy utilizados en diseño, actualmente su uso se encuentra en declive.

Como soporte, todos los papeles adecuados para acuarelas sirven también para las témperas. Este medio va bien con papeles de tonos oscuros, cartulinas ásperas y papel de estraza.

El pastel

Desde el siglo XVII se ha utilizado pigmento mezclado débilmente para colorear dibujos, técnica recuperada en el siglo XIX por el impresionista Edgar Degás. Las tizas de pastel son colores fijos que el mercado presenta en lápices redondos o cuadrados sin revestimiento de madera. Los lápices se rompen muy fácilmente, pero, puesto que no hay dificultad en trabajar también con fragmentos pequeños, esta circunstancia no representa problema alguno. Con las tizas de pastel puede trabajarse tanto en líneas como en superficies y, al ser los colores muy intensos y de gran poder cubriente, pueden lograrse sorprendentes efectos. Con la ayuda de

¹³⁸ Paricio, Álvaro y García, M^a Luisa: op. cit., p.45

¹³⁹ *Ibidem*

¹⁴⁰ En Simpson p.38 y Paricio, Álvaro y García, M^a Luisa: op. cit., p. 45

difuminos pueden esfumarse transiciones sutiles, extendiendo y frotando a la vez el color sobre el papel. La punta de los difuminos hace posible una manera de trabajar muy precisa. Se borra facilmente.

Los pasteles pueden usarse directamente o raspándolos con un cutter para pulverizarlos y aplicarlos con algodón. Para Powell¹⁴¹ son preferibles los de tiza a los de óleo. Que sean blandos pero no excesivamente frágiles. Los redondos tienen el problema de que ruedan y caen fácilmente al suelo.

Los pasteles se hacen con pigmento seco en polvo, mezclado con un medio aglutinante para formar una pasta (de ahí se deriva la palabra pastel). Los lápices al pastel están envueltos en goma o resina para evitar que se deshagan. Son más blandos que las tizas (en las que el pigmento se liga con aceite o cera) y muy efectivos, sobre todo para crear transiciones suaves y delicadas de tono y color. Sin embargo, se borran con dificultad y no es fácil introducir cambios.

Las barras se clasifican en blandas, medias o duras, según la cantidad de aglutinante incorporada a la pasta si se aumenta la proporción para hacer la barra más dura, disminuye el brillo del pastel.¹⁴² Los pasteles blandos se hacen con pigmento pulverizado, mezclado en goma, normalmente contienen un fungicida. Hay más de 550 matices, pero bastarán con 36. La variedad de marcas que se hagan depende de la blandura del pastel, la superficie del papel y la presión de la mano. Por lo general, no conviene frotar demasiado porque esto produce una superficie de una lisura desagradable. Para aprovechar el medio, es mejor que se note la textura del papel y el trazo del pastel.¹⁴³

Los pasteles dan los mejores resultados cuando no se les trabaja en exceso. El mejor modo de variar colores y tonos es aplicar trazos o zonas de color, unos junto a otros. Así se va elaborando, de manera gradual el efecto deseado. Las correcciones y los sombreados hay que hacerlos con mucho cuidado. Si se frota demasiado se puede destruir la superficie y obtener un acabado lustroso. Los errores se pueden cepillar con un pincel de pelo de cerdo o borrar con cuidado con goma, pero hay que hacerlo con mucha delicadeza, de lo contrario la superficie puede perder su grano y su capacidad de retener las partículas de color.

Los pasteles son usados para ampliar la gama de tonos y lograr un efecto similar al del aerógrafo.¹⁴⁴ Se puede combinar con otras técnicas como la acuarela o el rotulador. Rebajado con trementina u otro disolvente se pueden generar grandes superficies con efectos muy interesantes. En el dibujo en el diseño de productos, es un material muy empleado.

Respecto al soporte, con pasteles se puede trabajar sobre lienzo o papel, pero la superficie tiene que tener una buena textura para retener las partículas finales del

¹⁴¹ Powell, Dick: op. Cit., p. 18 y en Günter, Hugo Magnus: op. cit., p. 92.

¹⁴² Günter, Hugo Magnus: op. cit., p. 92 & Pipes, A.: op. cit., p. 30.

¹⁴³ Simpson, Ian: op. cit., p. 30.

¹⁴⁴ Powell, Dick & Patricia Monahan: *Técnicas avanzadas de rotulador*. op. cit., pp. 20-21

pigmento. Se fabrican papeles especiales, sobre todo de colores. Los hay de tipo Ingres, en una vasta gama de colores y texturas. A menudo se pinta con suavidad para dejar traslucir la textura del papel. Incluso se puede usar un papel de lija ordinario, de un color adecuado ya que mantiene bien el pigmento. Los papeles del tipo Ingres son muy adecuados para el pastel.¹⁴⁵

Como fijación, igual que para el lápiz. No obstante existen diferentes opiniones con respecto a la fijación. Es posible que el diseñador no tenga alternativa porque, si el dibujo va a ser manipulado por varias personas antes de la reproducción, es necesario fijarlo. No obstante, la fijación altera la imagen. Las tizas se encuentran sobre la superficie del papel casi exclusivamente en forma de polvo y se emborronan muy fácilmente. Por ese motivo deben fijarse, pero sin demasiada fuerza, pues lamentablemente la viveza del color de las tizas de pastel es aceptada por el fijado. El acto de fijar los pasteles puede oscurecer los colores, lo que debe recordarse y tomarse en consideración.¹⁴⁶ Hay que aplicar el fijado con cuidado, ya que puede cambiar la apariencia de un pastel, especialmente si la pintura está muy saturada. En tal caso, el color tiende a perder brillo y a oscurecerse. Además, el pastel puede hacerse más espeso y pesado, debido a que las partículas de color se aglutinan al absorber el fijado.¹⁴⁷ El color pierde brillo y se suele oscurecer el tono. Hay imágenes que se manejan con cuidado y no se fijan. Algunos diseñadores fijan etapas intermedias del dibujo y dejan intacta la capa superior del pastel. Los pasteles se pueden modelar para crear efectos de impasto añadiendo capas y más capas de pastel y fijándolas después. También se consigue una cierta fijación si se cubre el dibujo con una hoja de papel liso, se coloca un cartón encima y se presiona con firmeza.¹⁴⁸

El rotulador

El rotulador casi ha sustituido al aerógrafo como medio de rigor en las presentaciones de diseño. Los rotuladores con punta de fieltro al alcohol son rápidos, aunque el resultado suele ser efímero (los colores son fugaces y se destiñen por la influencia de la luz ultravioleta).¹⁴⁹

Los primeros rotuladores, hechos de bambú con una punta de fieltro, aparecieron en Japón hace muchos años. Sin embargo el primer rotulador comercial no se lanzó al mercado hasta los años sesenta. Ofrecía dos ventajas que ningún otro medio de la época podía igualar: secado rápido y comodidad de uso. El secado rápido permite superponer colores inmediatamente. Funcionan muy bien en papeles ligeros y semitransparentes, lo que permite la superposición de hojas sin tener que tensar el papel y calcar. *“Se familiariza con una marca y uno adquiere una memoria para los colores que le permite seleccionarlos y usarlos con más rapidez y facilidad”*.¹⁵⁰

¹⁴⁵ Dalley, Terence: op. cit., p. 21.

¹⁴⁶ Günter, Hugo Magnus: op. Cit., p. 92 & Pipes, Alan: op. Cit., p. 30.

¹⁴⁷ Dalley, Terence: op. cit., p. 24.

¹⁴⁸ Simpson, Ian: op. cit., p. 31.

¹⁴⁹ Pipes, Alan: op. Cit., p. 32

¹⁵⁰ Powell, Dick & Patricia Monahan : *Técnicas avanzadas de rotulador*. op. cit., pp. 6-7

Los aspectos a tener en cuenta a la hora de seleccionar una marca serían:

Gama de colores: completa que incluya varios tonos de grises cálidos y fríos.

La continuidad: la continuidad del color es su capacidad de mantenerse igual durante toda la vida del rotulador. Al cubrir una superficie grande no deben producirse cambios de color.

La constancia de color: cuando se agote un rotulador y se cambie por otro, no debe producirse ninguna variación apreciable de color.¹⁵¹

Otros factores serían:

Facilidad de manejo: será mejor cuanto más se parezca a una pluma. El nombre del color ha de verse fácilmente.

Posibilidad de apertura: para añadir disolvente o recargarlo con más tinta.

Mantenimiento: siempre deben taparse después de usarse pues los disolventes son muy volátiles.

Sobre las puntas se puede decir que existe una gran variedad. Con tamaños de punta que van desde 0,1 mm hasta 40 mm, en una gama de colores en constante crecimiento. Hoy se usa la fibra acrílica y el poliéster en lugar de fieltro. Se están introduciendo igualmente en el mercado tintas más sanas, sin xileno, el olor de las tintas de antaño podía implicar adicción.

Hay rotuladores con puntas intercambiables recargables y con plumas de recambio, algunos son de punta doble y otros pueden adaptarse a la manera de un artilugio aerográfico barato. Es posible utilizar plumas mezcladoras neutras para combinar colores, ampliando eficazmente la gama de tonos disponible e incrementando la versatilidad del medio.

La forma más corriente es la punta biselada que ofrece la mayor flexibilidad al permitir tres grosores de línea, según la cara que se use. Son de fieltro o de fibras sintéticas (permite un mejor control de flujo de tinta). Cuanto más dura, mejor definidas quedarán las líneas. Cuanto más blanda, más fácil resultará aplicar zonas de color plano. Lo ideal es una punta a medio camino entre los dos extremos. Existen cuatro tipos de plumas de punta porosa:

- rotuladores de estudio de punta biselada
- rotuladores con punta en forma de bala
- rotuladores de línea fina
- marcadores-pinceles

El rotulador más versátil será el de punta biselada pues permite trazar dos o tres líneas diferentes. Para Alan Swann¹⁵² la manera más rápida de realizar apuntes es con rotulador. Se utilizan bastante los rotuladores porque la gama de tonos de color es muy amplia y, porque su uso con disolventes origina una cierta técnica

¹⁵¹ Ibidem, pp. 13-14 & 14-21

¹⁵² Swann, Alan : *La creación de bocetos gráficos*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1990, p. 50.

realista. El inconveniente es que los colores palidecen cuando se les expone a la luz del sol.

Como los rotuladores se encuentran siempre en condiciones de ser utilizados, su empleo no depende de complicados preparativos. Respecto al soporte debe utilizarse un papel que impida que la tinta quede embebida. El soporte, cuanto más blanco sea el papel, más brillantes quedarán los colores. Cuanto más oscuro sea el papel más difícil será calcar bocetos. Para acabados informales, un papel ligero, se hace necesario, donde la tinta se extenderá más. Para dibujos limpios y precisos será necesario un papel algo más pesado, más blanco y revestido por el dorso para evitar que la tinta se corra a la hoja de debajo.¹⁵³

El proceso de trabajo es diverso. Una composición que consta de fondo y primer plano, se tinta por separado el primer plano, se le recorta y se le pega sobre el fondo. Esto es más sencillo que trazar el fondo en torno a los objetos, ya que de esta última forma no pueden evitarse interrupciones y zonas de unión visibles.

No es preciso indica Günter¹⁵⁴ que se dejen en blanco los claros y los detalles blancos más pequeños; basta con ponerlos con pincel y blanco opaco sobre el trabajo acabado. Sobre el papel Layout los colores del rotulador alcanzan el máximo brillo. Esto se debe a su condición de translúcido.

Por sí solos los rotuladores no suelen bastar para producir imágenes completas. Pinturas, pinceles, lapiceros de color y pasteles se hacen necesarios.¹⁵⁵ Para usar el rotulador con eficacia se necesita un estilo directo y decidido.¹⁵⁶

Respecto a los colores, es muy importante saber utilizar con eficacia éstos para modelar objetos tridimensionales. El mundo es tridimensional y prácticamente todo lo que se puede querer dibujar tiene una forma que refleja la luz y proyecta sombras. A veces se trata de objetos duros, con formas bien definidas, en cuyo caso los fuertes contrastes entre superficies no quedarán mal sino que suelen ser deseables. Otras veces se trata de superficies orgánicas y blandas, que fluyen y se funden en suaves transiciones tonales. En el primer caso no importa que el color se seque antes de aplicar la tonalidad adyacente, pero en el segundo caso hay que trabajar de prisa, para mantener húmedos los colores y poderlos fundir con los que se apliquen a continuación. En ambos casos, el secreto está en saber qué colores pueden combinarse para obtener suficiente contraste de tonos y a la vez poderlos fundir en las transiciones tonales.

El método habitual para crear dos tonos del mismo color es la superposición de capas; se aplica el color, se dejaba secar y se aplica una segunda capa. La variación tonal que así se obtiene suele ser insuficiente para muchos modelados, y se necesitará un segundo color, más oscuro. El principiante suele caer en la tentación

¹⁵³ Powell, Dick & Patricia Monahan: op. cit., p. 21

¹⁵⁴ Günter, Hugo Magnus: op. cit., p. 80.

¹⁵⁵ Powell, Dick & Patricia Monahan: op. cit., p. 20.

¹⁵⁶ *Ibidem*, p. 22

de emplear grises calientes o fríos como tonos de sombras, pero esto siempre enturbia el color. Para que el color se mantenga claro y brillante es esencial escoger un nuevo tono, del que se pueden aplicar varias capas para obtener un tono más oscuro. Para producir los tonos aún más oscuros suele necesitarse un tercer color. Puede llegar a producir una transición de seis tonos (Powell).¹⁵⁷

El Aerógrafo

El aerógrafo que hoy se conoce es muy posiblemente el instrumento más perfecto y sofisticado para esparcir y pulverizar el color con gran precisión. La técnica de soplar aire y pigmento para crear imágenes probablemente fue utilizada por los artistas de las cavernas hace más de 35000 años. Los pintores cavernícolas empleaban huesos huecos. En las pinturas rupestres de Lascaux (Francia) es posible localizar abundantes pruebas de ello (Ferrón).¹⁵⁸

Tal como se concibe hoy en día, se le atribuye el invento a Charles Burdik, pintor acuarelista, quien en 1893 realizó el primer aerógrafo, resolviendo con mayor perfección los grisados y degradados.¹⁵⁹

El aerógrafo se usará sobre todo en ilustración técnica, por su capacidad para lograr suaves gradaciones de tono con forma tridimensional sutilmente modelada, y por dar un acabado más uniforme que el pincelado ordinario. Su acabado mecánico, también es ideal por la naturaleza tecnológica de los objetos que se describen.

Atendiendo a su funcionamiento se distinguen tres tipos básicos de aerógrafo:

- el de acción única
- el de prestación doble fija y
- el de doble acción independiente

I. El aerógrafo de una sola prestación tiene un botón de control que se presiona para permitir la salida de gas. La proporción pintura-gas no puede controlarse y tampoco modelarse la dispersión.

¹⁵⁷ *Ibidem.* p. 12

¹⁵⁸ Ferrón, Miquel : *Así se pinta con aerógrafo*. Barcelona, Parramón Ediciones, S.A. 1992, p. 11 & Simpson, Ian: *Op. Cit.*: p. 40 & Pipes, A.: *op. cit.*, p. 34.

¹⁵⁹ El principio fundamental de la operación de un aerógrafo se basa en que cuando se proyecta un chorro de gas a través de un orificio estrecho pierde presión. Si un tubo que se alimenta de una reserva de líquido (pintura) se sitúa donde fluye más velozmente el gas, la caída de presión para que el líquido se vea atraído hacia un chorro de gas y atomizado en un fino vapor uniforme. A principios de este siglo, el uso del aerógrafo se reducía casi exclusivamente al retoque de fotografías, acentuando en éstas la definición, el contraste y realzando, en general, los efectos de luz y sombra. En los años treinta aparecen las primeras obras al aerógrafo de importancia: anuncios, ilustraciones en revistas y carteles por los pioneros especialistas en esa técnica; nombres como Bayer, Masseur, McNight Kauffer, Cassandre, Brodovitch, etc. Será en los años cuarenta, durante la Segunda Guerra Mundial, cuando la expresión genuina del aerógrafo alcanza una creciente pujanza. Inexplicablemente, cuando acaba la guerra decrece el uso y la popularidad del aerógrafo, pasando este a convertirse de nuevo en una herramienta limitada al retoque fotográfico y a un medio auxiliar para la realización de portadas de libros y estuches de discos. El aerógrafo se utilizará cada vez más en las producciones cinematográficas de dibujos animados y de ciencia-ficción. El resurgimiento del aerógrafo tiene lugar a mediados de los años sesenta cuando cambia todo el contexto cultural y las letras, la música, la moda y las costumbres, en general, buscan y adoptan nuevas fórmulas. La comunicación gráfica necesita también un nuevo método de expresión y el aerógrafo viene en ayuda de esas incipientes inquietudes artísticas.

2. Un aerógrafo de doble acción fija tiene una palanca que controla el flujo de pintura y de gas, pero no la relación entre ambas.
3. Aerógrafo de doble acción independiente son los que proporcionan mayor control al diseñador. Se presiona hacia abajo la palanca para el flujo de gas y se echa hacia atrás para variar la provisión de pintura.

Para que pueda funcionar el aerógrafo es necesario un caudal de aire y éste lo proporciona el compresor que se acciona con un motor eléctrico. Los modelos más complejos cuentan con un tanque de almacenamiento que actúa como depósito para eliminar las fluctuaciones de presión. Algunos autores como Powell¹⁶⁰ indican:

“Es un instrumento caro, conviene pensar antes de comprarlo si hará falta o no. Cuidar siempre su limpieza después de usarlo será imprescindible. Es recomendable procurarse un compresor de aire silencioso”.

Silencioso porque muchas veces el diseñador trabaja de noche y los ruidos son molestos y la conveniencia de limpiarlo por el mismo motivo que el resto de materiales, una mayor duración y mejor precisión en el trabajo.

Puede emplearse con una gran variedad de pinturas. La acuarela debe diluirse con agua destilada; las témperas y acrílicos tienen que tener la consistencia de la leche. Algunas tintas pueden depositar sedimentos difíciles de limpiar en el interior del aerógrafo; si se dejan secar habrá que utilizar disolventes especiales para eliminar la capa de pintura. Algunos pigmentos, como el amarillo de cadmio, son tóxicos si se inhala la pintura vaporizada. Las pinturas más habituales son las témperas, las acuarelas concentradas y los tintes fotográficos.¹⁶¹

Como soporte pueden utilizarse todos los papeles y demás superficies que sean adecuados para un medio en particular cuando se usa de forma convencional, con pincel o pluma, por ejemplo, se pueden usar también cuando este medio se aplica mediante un aerógrafo.

El aerógrafo es excelente para generar ilustraciones técnicas, pero el procedimiento resulta extremadamente laborioso. La principal desventaja consiste en que debe limpiarse a fondo el instrumento cada vez que se cambia de color, y se necesita una gran dosis de paciencia antes de cortar los estarcidos y cubiertas protectoras. Dalley escribirá:¹⁶²

“Con práctica se puede producir una notable variedad de luces, sombras y tonos, que se funden unos con otros con una precisión comparable a la de una foto”

Para trabajar con el aerógrafo hacen falta habilidad y práctica. El ángulo en que se sujete en relación con el papel determina el efecto que produce. El uso de este

¹⁶⁰ Powell, Dick: op. cit.,

¹⁶¹ Pipes, A.: op. cit., pp. 34 y 35.

¹⁶² Dalley, Terence: op. cit., p. 96

instrumento también requiere buena memoria para los tonos y colores ya que, por lo general sólo se ve la pequeña parte que se va a rociar, mientras que el resto de la ilustración queda oculto. El diseñador ha de ser capaz de visualizar con toda claridad la parte oculta de la imagen.¹⁶³

Günter establece diversos modos de trabajo:¹⁶⁴

- confección del marcado y preparación del cartón
- corte de las plantillas
- preparación del lugar de trabajo
- mezcla del color
- colocación de las plantillas y pulverizado
- limpieza de la pistola.

Casi todos los trabajos de pulverizado se realizan con ayuda de plantillas, esto es, se cubren con plantillas y así las superficies pulverizarlos conservan, más o menos, los límites bien marcados.¹⁶⁵

La forma más simple de cubierta es una regla o plantilla para curvas. Más cubiertas sueltas de papel o películas de acetato transparente, recortadas y aplicadas con pesas o monedas, dan un borde ligeramente desdibujado, que en ciertas circunstancias es deseable. Se logran aspectos borrosos más suaves utilizando algodón en rama. Las cubiertas líquidas (que emplean un compuesto de caucho que se pinta y despegar una vez seca la pintura) pueden arrancar la pintura, además de que resulta farragoso limpiar el pincel utilizado. Los bordes duros se suelen hacer con cinta para enmascarar, un plástico adhesivo transparente. Para los bordes más complejos se suelen recortar máscaras de cartulina o de tela.¹⁶⁶

También, como se indicó anteriormente, se usa líquido enmascarador, sobre todo cuando hay formas complejas y cuando hacen falta líneas o puntos. Para ello, se pinta una zona con líquido enmascarador y, cuando se seca, se marcan líneas o puntos sobre la superficie, antes de rociarlo. Se pueden adquirir muchas plantillas de curvas o de otras formas, y se utilizan todo tipo de materiales cuando se necesitan formas suaves e irregulares.¹⁶⁷

Casi todos los diseñadores usan una combinación de película y cintas protectoras. Las dos cubiertas producidas (una es el negativo de la otra) garantizan, de este modo, que encajarán exactamente entre sí. Para grandes superficies quizá resulte más económico cubrir la mayor parte con papel corriente, reservando la película para los bordes críticos. Se emplea cubierta de cinta para bordes rectos y para curvas de barrido suave.

¹⁶³ Simpson, Ian: op. cit., pp. 40-41. Suele ser necesario enmascarar partes del dibujo a menos que se lo utilice simplemente para cubrir una superficie extensa. Hará falta delimitar la zona que se va a rociar, cubriendo las demás partes que se deseen proteger.

¹⁶⁴ Günter, Hugo Magnus: op. cit., p. 141.

¹⁶⁵ *Ibidem*, p. 138.

¹⁶⁶ Simpson, Ian: op. cit., pp. 40-41.

¹⁶⁷ *Ibidem*, pp. 40-41.

El aerógrafo por ordenador (muchos programas cuentan con ello) nunca tiene dificultades en la combinación de colores para retocar, no se ha de limpiar y cumple tareas que serían imposible hacer mecánicamente, por ejemplo, estarcidos cortados y empastados con un borde suave en viñeta.

Una alternativa barata y desechable para efectos de salpicadura es un cepillo de dientes viejo, mojado en pintura y golpeado con el reverso de una regla.

INSTRUMENTOS AUXILIARES

Los instrumentos auxiliares son aquellos que permiten conseguir mayor precisión y corrección geométrica en la figura representada. Actualmente la lista es interminable, pero tradicionalmente se han limitado a tres: la regla, la escuadra y el compás. Estos ya eran conocidos por los romanos que los denominaban pes (regla de un pie de largo y graduada para dibujar a escala), norma (escuadra de diversos tipos análogos a los actuales), y circinis (compás de charnela).

La regla fue generando otros instrumentos más sofisticados: la regla en T, que permite hacer paralelas de un modo muy sencillo; el paralex, que tiene la misma misión, pero a base de cuerdas tensas ajustadas al tablero y, finalmente, aparatos más complejos como el tecnógrafo. Como elemento de medida, derivó hacia los escalímetros o reglas graduadas de gran precisión.

La escuadra, originalmente en ángulo recto, derivó hacia triángulos con diversas aberturas fijas, o bien hacia dispositivos dotados de una pieza móvil que permitía obtener ángulos variables. Para medir precisamente los ángulos se utiliza el transportador.

Las múltiples variedades del compás van desde el más sencillo para trazar simples círculos hasta los actuales de precisión, pasando por los de puntas o los de proporción, dotados estos últimos de una escala móvil que permite dividir segmentos en partes iguales.

El simple tablero de dibujo rectangular con regla T se conoce desde la primera década del siglo XVIII, aunque el predecesor del modelo actual fue concebido por Brunel (padre) y desarrollado por Stanley alrededor de 1870. Los tableros convencionales de dibujo incluyen tiralíneas empotrados con movimiento paralelo y dispositivos combinados transportador - escuadra (llamados máquinas para dibujar o tecnógrafos) con topes convenientes en los ángulos que se usan con más frecuencia: 15, 30, 60 y 90 grados.¹⁶⁸

Para la realización de curvas simples y curvas variables se emplean plantillas. El PVC transparente es también un material perfecto para realizar plantillas de curvas de radio fijo o variable. La flexibilidad es una cualidad muy apreciable.

¹⁶⁸ Pipes, Alan: op. cit., p. 37.

Las plantillas de elipses y círculos son necesarias a la hora de ahorrar tiempo y si se piensa en una buena calidad del dibujo, se hacen necesarias.

Como instrumentos auxiliares y de trazo, podemos citar también la goma, la cuchilla y la esponja, que permiten eliminar el material gráfico depositado sobre el soporte. Escribirá Pipes¹⁶⁹ respecto al uso de la goma:

“La goma también puede ser un instrumento creativo”

Tan importante como el aporte de material será la consciente eliminación de éste. Durante muchos siglos se empleó la miga de pan para borrar. En 1752 el francés Magellán propuso el uso del caucho para borrar las marcas de lápiz. Hasta hace poco los borradores se hacían con una mezcla de aceite vegetal vulcanizado, piedra pómez fina y azufre, aglutinados con goma; en la actualidad se usa mucho el plástico.¹⁷⁰ Pueden cortarse y moldearse para hacer un borde nítido. Las gomas de masilla o amasables que pueden moldearse en punta son útiles para resaltar toques de luz en los dibujos de presentación. Las tintas y lápices de base polímera necesitan gomas de vinilo, no abrasivas que pueden utilizarse junto con una cubierta borradora de acero inoxidable a fin de limitar el borrado a la superficie que es necesaria.

Powell¹⁷¹ recomienda una goma blanda de plástico, fácil de cortar para obtener un canto recto y limpio. Aconseja otra de plástico duro que conserva la forma durante más tiempo cuando se corta en forma de punta alargada.

Otro tipo de instrumentos auxiliares serán los instrumentos de corte. El primero de ellos será las tijeras aunque ésta tenga sus inconvenientes, para Günter¹⁷² las tijeras grandes de papel son inmanejables, poco prácticas e inexactas; recomienda usar cuchilla. En cuanto a éstas hay una enorme variedad. Powell utiliza bisturíes prácticamente para todo. Igualmente se puede utilizar los cutters en multitud de variantes, desde los más pequeños y precisos hasta los de mayor tamaño pasando por los de círculos.

Los adhesivos serán igualmente necesarios en el trabajo del diseñador. Se recomienda un pegamento en aerosol, excelente para trabajos delicados, sobre todo para montar recortes de papel pequeños y de formas complicadas. Se utilizará mucho en las imágenes de presentación finales.

Para preservar partes del dibujo Powell¹⁷³ señala que la cinta adhesiva más usada es la de enmascarar, pudiéndose utilizar en algunas ocasiones la cinta adhesiva utilizada para pintar paredes.

¹⁶⁹ *Ibidem.* p. 31.

¹⁷⁰ Dalley, Terence: *op. cit.*, p. 18.

¹⁷¹ Powell, Dick: *op. cit.*, p. 13.

¹⁷² Günter, Hugo Magnus: *op. cit.*, p. 197.

¹⁷³ Powell, Dick: *op. cit.*, p. 23.

Otra herramienta auxiliar que se podría considerar es la referente a los medios transferibles. Se adhieren por presión: líneas, puntos, texturas, letras, formas, degradaciones y dibujos para todo tipo de proyectos. Se usan recortando la trama con el acetato protector, superponiendo, presionando y quitando la protección; otras se trasladan sin recortar. Pueden superponerse las tramas e incluso ser raspadas.

AYUDAS OPTICAS AL DIBUJO

La manera de ver y representar los objetos tal como aparecen en el espacio, es decir, en tres dimensiones, ha ido evolucionando históricamente. Se puede decir que los primeros ensayos de representación espacial con un criterio que se podría definir como integral data de la Grecia clásica y su fundamento es el de la convergencia de líneas en la profundidad y en el uso del color, utilizando los colores cálidos en primer término y los colores fríos para la lejanía.¹⁷⁴ A este desarrollo se le denominó *óptica*, término que más tarde sería sustituido por el término latino de *perspectiva*.

El final de la Antigüedad trajo la vuelta de criterios que habían estado en vigor antes del siglo VI a.C., desprendiéndose de los factores anteriormente mencionados, los nuevos criterios apostaban por ejemplo por el tamaño de las figuras según su importancia jerárquica y no tanto por su proximidad al observador. El proceso vuelve a comenzar al final de Medievo y culmina con los trabajos de Brunelleschi, Alberti, Piero della Francesca y Leonardo da Vinci en Italia y de Dürero en Alemania.

Es a partir del Renacimiento que se intentó representar el mundo y los objetos tal como eran en realidad. La atención de pintores y dibujantes se centró en la representación espacial de los objetos y del ser humano. La primera consecuencia de todo esto fue la construcción sistemática de la perspectiva central. Esta sentó la base técnico-científica para representar el mundo de forma espacialmente correcta, tal como se aparece al observador. Los artistas, frecuentemente científicos, técnicos y matemáticos, emplearon ayudas técnicas para reproducir fielmente la naturaleza.

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, instrumentos que se denominarían *máquinas de ver*. Posteriormente, al intentar hacer permanentemente el registro de la imagen transformaron estas máquinas en *máquinas de dibujar*.

En las portadas de muchos de los tratados sobre geometría y perspectiva pueden observarse los útiles más modestos del dibujo en perspectiva; regla, escuadra,

¹⁷⁴ Como se indicó en el capítulo tercero de la parte primera, página 126, perceptivamente los colores fríos alejan y los colores cálidos acercan visualmente los objetos.

compases de medir y de trazar, el tablero tablilla, etc. Algunas máquinas de dibujar se servirán de estos útiles en su funcionamiento (Navarro de Zuillaga, 1996).¹⁷⁵

La cámara oscura

Conocida ya en la Antigüedad es el más antiguo de los dispositivos visuales; origen de otras máquinas de ver y de dibujar; ya la describió Aristóteles para la observación del sol. Por un orificio del tamaño de una pupila practicado en una habitación o en una caja completamente cerradas, entra la luz exterior, que se proyecta sobre la pared de enfrente o sobre cualquier superficie interpuesta. Originariamente tenía las dimensiones de una habitación o tienda de campaña. Las mejoras técnicas, tales como la incorporación de lentes y la introducción de espejos para enderezar de nuevo las imágenes invertidas, hicieron que las cámaras se volvieran cada vez más pequeñas y manejables (Daucher)¹⁷⁶. La evolución de la cámara oscura dará lugar en el siglo IX al desarrollo de la *cámara lúcida* que permite ver y dibujar a la luz. Está considerada como la precursora de la máquina fotográfica. Fue inventada por William Hyde Wollaston en 1807 mediante un prisma de cuatro caras y una lente; permite proyectar la imagen sobre un tablero de dibujo, la cual se ve a través de un visor (Navarro de Zuillaga, 1996).¹⁷⁷

La linterna mágica

Es una aplicación de la cámara oscura. Su invención se atribuye a Athanasius Kircher. Los modernos proyectores de diapositivas son una versión sofisticada de esta linterna mágica. Una lámpara reflejada en un espejo cóncavo sustituye a la luz del sol; el objeto es ahora una transparencia y se puede interponer entre ésta y la pantalla de proyección una lente para enfocar la figura y variar su tamaño.

El espejo

El espejo plano es la máquina de ver por derecho propio, pero también como indicó Ptolomeo¹⁷⁸, es una estupenda máquina de dibujar. Este enseña en su *Óptica* a marcar sobre el espejo los puntos significativos del objeto en el reflejado, y comenta que se deberán ir tapando según estén señalados y al descubrirlos aparecerán todos los puntos y con ellos la forma del objeto según la dirección de los rayos visuales en el momento de marcarlos. El espejo ha sido un instrumento fundamental a lo largo de la historia y podría decirse que cuando más ha sido un máquina de dibujar es cuando se utilizó con su superficie reticulada. Tiene el inconveniente que la retícula se deforma en posiciones oblicuas. El espejo pasará a formar parte de otras máquinas de ver y de dibujar.

¹⁷⁵ Navarro de Zuillaga, Javier: *Imágenes de la perspectiva*. Madrid, Ediciones Siruela, S. 1996, pp 67-71. Algunos de estos tratados serán:

Sebastiano Serlio: *Il secondo libro di prospettiva* (1618)

Lorenz Stoer: *Geometría et perspectiva* (1567)

Wentzel Jamnitzer: *Perspectiva corporum regularium* (1568)

Lorenzo Sirigati: *La practica di prospettiva* (1596)

Salomon de Cans: *La perspective avec la raison...* (1612)

Antonio de Torreblanca: *Los dos libros de geometría y perspectiva...* (1616)

¹⁷⁶ Daucher, Hans: *Modos de dibujar-6*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A, 1987 p.67

¹⁷⁷ Navarro de Zuillaga, Javier: op. cit., p. 541

¹⁷⁸ Ptolomeo En Navarro de Zuillaga, Javier: op. cit., p. 68

Los espejos cilíndricos y cónicos, en cuanto que se utilizan para rectificar anamorfosis y, por tanto, para descubrirlos a la vista, y las máquinas de Nicéron y Dubrenil son consideradas también máquinas de ver.

Los gabinetes perspectivos

La caja perspectiva al igual que la cámara oscura, actúan como lo haría un ojo humano, pero si en la cámara oscura se contempla desde dentro las vistas exteriores, en las cajas perspectivas sucede al contrario, se ve por un orificio lo que hay pintado en su interior. A la caja perspectiva se le denomina también cámara óptica. Sobre este término existe una cierta confusión ya que también se designa con estos términos a una cámara oscura con lente. En el siglo XVII aparecen los gabinetes anamórficos. A finales de este siglo, los gabinetes perspectivos se hicieron muy populares en algunos países de Europa.

El velo o cuadrícula

En su libro segundo (De Pictura) Alberti¹⁷⁹ habla de un ingenio que él descubrió para la reducción de escala del natural al dibujo por medio de una cuadrícula interpuesta formada por hilos gruesos en un tejido tan fino como una gasa. La cuadrícula de hilos gruesos es un sistema de coordenadas que permite situar los contornos del objeto visto a través de él. El fundamento geométrico es el mismo que el de la perspectiva: la intersección del haz de rayos de luz reflejados por el objeto con el plano de representación. Recibirá el nombre de *velo albertiano*. Se le conoce igualmente con otras definiciones tales como: portillo, telar, cuadrícula.

La ventana o cristal

Es probable que la perspectiva surgiera por deducción de fenómeno que se produce cuando alguien, con el ojo fijo en un punto de mira, señaló con un pincel sobre un cristal el contorno de lo que veía a través. La ventana de Leonardo probablemente se denomina así porque fue él quien la descubrió por primera vez:

*“La perspectiva no es más que la visión de un lugar a través de un cristal liso y completamente transparente, sobre cuya superficie quedan grabadas todas las cosas que están detrás de aquél. Los objetos llegan al punto del ojo en forma de pirámides y éstas se entrecortan en el plano del cristal”*¹⁸⁰

Sin embargo, más adelante Leonardo advierte que este aparato se debe tomar como una ayuda cuando se trata de algo que ha de ser copiado con exactitud y no como solución para todo.

“Hay algunos que miran a los objetos de la naturaleza a través de un vidrio, un papel transparente o de un velo, haciendo marcas sobre la superficie transparente y a continuación ajustan sus bocetos reformándolos aquí y allá... Estas técnicas pueden ser dignas de alabanza en aquél que sabe como representar los efectos de la naturaleza por medio de su imaginación y solamente acude a ellas para evitar

¹⁷⁹ En Navarro de Zuvillaga, Javier: op. cit., p. 70

¹⁸⁰ Da Vinci, Leonardo: *Cuaderno de notas*. Madrid, M. E. Editores, S.L. 1993, p. 21

*equivocaciones...por el contrario, deben ser criticadas en aquel que no puede hacer retratos sin ellas ni puede analizar con criterio...”*¹⁸¹

La ventana tiene el mismo fundamento geométrico que el velo albertiano, pero el plano de la gasa se sustituye por uno de cristal. En el caso de la ventana, el cristal es la superficie sobre la que se dibuja. La intersección con el cristal de los rayos de luz es lo que señala el dibujante sobre la superficie de vidrio, según observa el objeto por la mirilla. Existen versiones de: Durero, Dubereuil, Troili.

El perspectógrafo

Es una máquina de dibujar, no es una máquina de ver, o en todo caso es una máquina de ver contornos aparentes. El primer tratado que lo incluye es el de Bettini en 1942¹⁸². Se basa en la semejanza geométrica entre el contorno del modelo; su proyección en el plano del dibujo; y la figura dibujada, que se consigue mediante las varillas articuladas en forma de paralelogramo para mantener las proporciones. En el siglo XVIII se generaliza el uso de este instrumento con diversas variantes.

Cuando posteriormente, en la segunda mitad del siglo XIX, la fotografía hubo madurado técnicamente, la cámara oscura o mejor, la máquina fotográfica, se convirtió en un verdadero truco de taller. La mayoría de pintores y dibujantes consideraban rechazable el empleo de fotos como modelos para sus obras y mantenían en el mayor secreto posible su utilización (Daucher)¹⁸³. Además de la cámara oscura existían otros medios auxiliares para el dibujo como el tablero de luz.

La mesa o tablero de luz

Es un instrumento muy utilizado desde hace años, por ejemplo para montar textos, siendo también muy útil al dibujante. Un cristal esmerilado se ilumina desde abajo mediante un tubo fluorescente y un reflector, el papel o incluso la cartulina que se coloque encima se vuelven transparentes. Para el dibujante significa que puede desarrollar un dibujo a partir del precedente, de modo que quitando el inferior y colocando encima una nueva hoja de papel se crea un nuevo dibujo, calcando las partes que gusten y sustituyendo las otras. La mesa de luz sirve también para utilizar líneas auxiliares, tales como las del papel milimétrico, las de fuga, para perspectivas que no aparecerán en el dibujo pero servirán de ayuda durante su elaboración. También le servirá al diseñador para observar diapositivas.

Aparatos modernos

En este siglo, los dibujantes, artistas, arquitectos, diseñadores, se han servido de otros medios técnicos que les han ayudado en su trabajo en la siempre difícil tarea de representar los objetos, guardando las leyes de la proporción y la perspectiva. Aparatos como los retroproyectores, proyectores de diapositivas y la fotografía en sus múltiples usos han servido a este fin. Si se parte que el trabajo del diseñador no

¹⁸¹ *Ibidem*, pp. 125-126

¹⁸² En Navarro de Zuvillaga, Javier: *op. cit.*, p. 71

¹⁸³ Daucher, Hans: *op. cit.*, p.67

ha de tomarse como una obra de arte sino más como fin para alcanzar una meta, siendo ésta el buen diseño del objeto en cuestión, cabría pensar en la libre elección de herramientas en su trabajo. El diseñador debería poder elegir aquellas herramientas que mejor sirvan a sus fines. En este sentido se encuentra la opinión de Munari¹⁸⁴ sobre los instrumentos de trabajo del diseñador:

“El diseñador ha de elegir el instrumento que le permita el máximo resultado con el menor esfuerzo... si se admite que desde que el hombre de las cavernas pintaba con los dedos, hasta hoy, se ha producido una evolución de la técnica, ¿por qué hemos de oponernos a que esta evolución continúe?”

Desde hace ya unos años el paso que se ha seguido en este sentido es la utilización del ordenador para resolver todo tipo de representación. Su uso se ha generalizado en los estudios de diseño y es raro encontrar alguno que no lo utilice habitualmente. Pero; aunque cada vez menos; todavía hay quien plantea el uso de ordenadores en las tareas propias del diseño. Quizás sean clarificadoras las palabras de Munari anteriormente descritas cuando habla de no oponerse a la evolución técnica. Siempre que ha habido un avance tecnológico han existido detractores. Probablemente la medida justa se encuentre en la libertad de elección. Así como en siglos anteriores se podían elegir una serie de instrumentos que ayudaban al dibujante en su tarea (caja oscura, el velo, el espejo, etc) y que éste podía elegir a voluntad, igual puede suceder hoy en día y el diseñador que prefiera ayudarse del ordenador podrá hacerlo y elegir los momentos que piense que le será de verdadera ayuda.

Ahora bien, pueden surgir preguntas en el uso del ordenador que probablemente surgieron siglos atrás cuando aparecieron las máquinas de ver y de dibujar anteriormente citadas. Estas preguntas podrían ser: ¿puede surgir un nuevo diseño, un estilo con el uso de ordenadores en el desarrollo de proyectos de diseño?. ¿Las nuevas herramientas tendrán una influencia decisiva en la propia creación, o bien se limitarán a mejorar o simplemente a modificar las condiciones de trabajo de los estudios?. Para Sainz y Valderrama¹⁸⁵ no parece que el ordenador por sí solo mejore o disminuya la capacidad de diseño. Si se supera una fase inicial en la que el ordenador impone una cierta rigidez o estimula el abuso de ciertos recursos, no parece que el diseño informatizado vaya a dar lugar a un diseño especial. Hay quien piensa que el ordenador permite una mayor libertad formal debido a la variedad de herramientas para definir la geometría, para otros como Oriol Bohigas¹⁸⁶, ha sugerido que, por ejemplo en el campo de la arquitectura, es ésta misma repetitiva y modular, la que resulta más beneficiada por el uso del ordenador. Es evidente que el ordenador se adapta mejor a la arquitectura moderna que a la geometría del período barroco.

¹⁸⁴ Munari, Bruno: *Diseño y comunicación visual*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1973, p. 71

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.

¹⁸⁵ Sainz, Jorge y Valderrama, Fernando: *Infografía y arquitectura*. Madrid. Editorial Nerea, S.A., 1992, p. 174

¹⁸⁶ *Ibidem*, p. 174

INTRODUCCION DE LA INFORMATICA EN EL PROCESO DE DISEÑO

LOS ORDENADORES EN EL DISEÑO INDUSTRIAL

A las herramientas tradicionales utilizadas en el proyecto de diseño se han unido una serie de herramientas nuevas basadas en la Informática Gráfica. Maldonado¹⁸⁷ refiriéndose al cambio que se ha producido con la introducción de la microelectrónica en el diseño y producción de objetos escribirá:

“Los problemas que el diseñador industrial debe actualmente abordar aparecen fuertemente condicionados por la radical transformación del contexto tecnológico que está en la base de la actual producción industrial. En particular, nos referimos a la influencia de la microelectrónica, que ha revolucionando el parque de los objetos de nuestra civilización”.

La microelectrónica y con ella la informática han cambiado los objetos cotidianos y han influido de forma decisiva en el hacer diario del diseñador. Puede decirse que la revolución digital producida ha cambiado la manera de representar gráfica del diseñador.

El sistema digital no reproduce la onda electromagnética de la luz (reproducción analógica), divide la escena en cuadrados muy pequeños e inicia una labor de asignación que exige millones de operaciones, pero las realiza con velocidad y precisión. Analiza cada cuadro y mira cual es el color dominante, a continuación busca en una tabla de colores (millones de colores) y le asigna uno. Esto ofrece las siguientes posibilidades¹⁸⁸:

- Se pueden hacer copias sin pérdida de la calidad de la primera digitalización.
- Se puede corregir cualquier zona de la imagen.
- Se puede procesar la imagen (escalar, rotar, deformar, etc.).
- Se puede reducir el número de colores utilizados.
- Se puede duplicar, multiplicar, mezclarla con diferentes fondos u objetos.

Parece, por tanto, adivinarse claras ventajas en la utilización del ordenador en el proceso de diseño. En la misma definición que puede darse del ordenador se intuyen de hecho esas ventajas o características. Por ejemplo L. Guilera (1983)¹⁸⁹ hace una definición basada en la capacidad y el automatismo de su funcionamiento.

“Un ordenador puede definirse como la máquina capaz de tener almacenada en su memoria un algoritmo de resolución de un cierto tipo de problema (programa), captar los datos del problema por medio de una entrada, obtener la resolución del

¹⁸⁷ Maldonado, Tomás: *El diseño industrial reconsiderado*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1993, p. 69

¹⁸⁸ Bou, Guillem: "Tecnología actual de l'ensenyament assistit per ordinador", Laboratorio de aplicaciones informáticas en Educación, Departamento de Pedagogía aplicada, UAB, 1993-1994.

¹⁸⁹ Clotet, Montserrat: "Característiques del ordinador desde l'àmbit escolar", Laboratorio de aplicaciones informáticas en Educación, Departamento de Pedagogía aplicada, UAB, 1993-1994.

mismo de forma automática y dar los resultados por medio de una salida también automática”.

Delval (1991) ¹⁹⁰ por su parte hace una definición más orientada al tratamiento de la información:

“Máquina que elabora la información, es decir, que recibe información, la transforma y la presenta de una forma diferente, siendo la característica más adecuada que la diferencia de otras máquinas el poder realizar muchas operaciones simples en poco tiempo, hecho que le permite realizar operaciones complejas y sirve para manipular grandes cantidades de información”.

En un proyecto de diseño de un producto, el diseñador se verá en la necesidad de mostrar una gran cantidad de información con el motivo de explicar y desarrollar su proyecto. Esta información se presentará en diversas etapas del proyecto, siendo en cada una de ellas donde el diseñador ha de mostrar sus conocimientos. En un primer momento serán los informes previos, los pliegos de condiciones y especificaciones, estudios de mercado, etc. Como se indicó anteriormente, la informática será una gran ayuda en la elaboración de estos informes. Pero habrá una necesidad importante y será en las siguientes fases en donde el diseñador deberá, sobre todo con imágenes, presentar sus estudios y conclusiones. Aspectos tales como el análisis de uso del producto, estudios ergonómicos y antropométricos serán fundamentales; hoy en día igualmente la informática proporcionará una gran ayuda por medio de programas en donde los datos y maniqués establecidos ahorrarán gran tiempo en cuanto a los esquemas de representación.

La visión tridimensional del producto por medio de programas específicos ayudan a visualizar el producto final pudiendo, con un ahorro de tiempo considerable, probar diferentes opciones tanto de color, como de material y texturas. Igualmente se pueden cambiar las formas con relativa facilidad.

Por medio de la opción zoom, puede un diseñador acercarse a partes que le interesen del objeto, pudiendo sobre estas partes trabajar con mayor detalle e incluso discutir sobre alguno de sus aspectos, por ejemplo de uso, técnicos, estéticos, etc.

Los planos técnicos ya no se conciben si no han sido realizados con un ordenador, facilitando éste la tarea y la posibilidad de corregirlos fácilmente. El paso siguiente será pasar al desarrollo y posteriormente a producción, partiendo de los planos realizados por el diseñador y revisados por el personal de la empresa.

La posibilidad de visualizar el producto en tres dimensiones y de trabajarlo directamente en estas tres dimensiones, abren aún más las posibilidades de estas herramientas. Puede decirse, que estas supuestas ayudas o ventajas servirán al diseñador, sin embargo el avance en estas herramientas está siendo vertiginoso y

¹⁹⁰ *Ibidem.*

son muchos los profesionales que quedan aturridos surgiendo aquí las preguntas: ¿verdaderamente es una ayuda importante?; ¿debe el diseñador cambiar radicalmente de herramientas?; ¿pueden cohabitar los medios tradicionales y los informáticos?.

Respecto a la velocidad con que está avanzando esta herramienta, Sebastián Dormido (1995)¹⁹¹ señala que esta misma velocidad impide percibir la trascendencia de este cambio:

“Los ordenadores, la última gran revolución del milenio, están transformando nuestras vidas con tanta rapidez, que el vértigo nos impide percibir la magnitud y trascendencia del cambio”

La introducción del ordenador personal al principio de los años ochenta le dio una nueva dimensión al debate sobre la aplicación de los ordenadores en la industria. Dibujar o representar sólo supone un pequeño campo de aplicación del ordenador en el diseño. La introducción del ordenador personal abrió el debate sobre la aplicación de los ordenadores en el diseño industrial. En 1984 se formó un grupo de trabajo CAD en la Escuela Superior de Diseño de Offenbach para tener en cuenta este desarrollo que ahora vuelve a darse también en la enseñanza del diseño¹⁹². Rápidamente se puso de manifiesto que dibujar o representar sólo suponía uno de los campos de aplicación del ordenador en el diseño.

Algunas de las posibilidades de empleo de los ordenadores en el diseño de productos, siguiendo la clasificación propuesta por Burdek pueden quedar representadas en los siguientes puntos¹⁹³:

- Procesamiento de textos, documentos, publicaciones, autoedición¹⁹⁴.
- Gráficos por ordenador.
- Simulación por ordenador.¹⁹⁵
- Construcción.¹⁹⁶

¹⁹¹ Dormido, Sebastián: "La revolución del conocimiento", *Muy Especial*. 20, Enero 1995, pp. 20 y 98.

¹⁹²Tras vastas investigaciones, se publicó una primera visión de las posibles aplicaciones de los ordenadores personales en el diseño de los productos. El objeto de este estudio fue el tratamiento de textos, contabilidad financiera y sistemas de datos, el empleo de los programas de dibujo a nivel bidimensional y tridimensional. Además se mostraron los primeros ejemplos con los así llamados sistemas de CAD de bajo coste. De modo paralelo a la organización y el desarrollo de un laboratorio de CAD para la docencia, se efectuó un análisis exacto de las posibilidades de utilización del CAD.

Burdek, B.: op. cit., pp. 323

¹⁹³ Burdek, Bernhard E.: *Diseño: historia, teoría y práctica del diseño industrial*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1994, p. 325

¹⁹⁴ Otra posibilidad de utilización de ordenadores en el diseño es la autoedición. Relacionado con una impresora, el ordenador se convierte en un imprenta casera en la que se pueden confeccionar pequeñas tiradas de publicaciones como si fueran editadas. En la práctica del diseño se pueden realizar aplicaciones bien diversas de la autoedición, en particular en la transición del diseño industrial al diseño gráfico. Sin duda la autoedición será especialmente importante en el sector del diseño corporativo, o sea, en la edición corporativa.

¹⁹⁵ La simulación se ha difundido hoy en día en muchos sectores industriales. La industria del automóvil simula en macroordenadores la actitud en la conducción, la aerodinámica, o la reacción en el hecho, o sea experimentos ideados que transcurren ante la mirada atenta del experto para investigar las leyes del mundo. La simulación por ordenador es el instrumento idóneo para esto.

- Representación de las variantes formales y del color del producto.
- Animación por ordenador.
- Diseños técnicos y de esquemas.
- Procesamiento electrónico de imágenes.¹⁹⁷
- Acceso a bancos de datos.
- Comunicación con otros departamentos o empresas.
- Realización de maquetas de diseño o de cortas series de productos con tecnología CNC.

Otro caso de aplicación que en ocasiones guarda una cierta similitud con algunos aspectos del proyecto en diseño, es el que concierne a la ilustración técnica, en donde la introducción de los ordenadores ha generado igualmente profundos cambios¹⁹⁸.

A mediados de los años 80 el diseño se enfrentó nuevamente a tareas que hasta el momento eran completamente desconocidas. Por un lado está la visualización de la microelectrónica, por otro lado el campo del diseño de software. Se ha pasado de una metodología del diseño mecanicista a una postmecanicista. La tarea del diseñador cambia de forma dramática desde el momento que, mediante el empleo de las nuevas tecnologías, en particular del CAD/CAM, se establece una relación directa entre proyecto y producción.

DESARROLLO DE LOS GRAFICOS POR ORDENADOR

En la actualidad el panorama de las técnicas de representación gráfica se encuentra particularmente influenciado por la informática. Se habla de cuatro generaciones en el desarrollo de los gráficos generados por ordenador. Dentro de la primera generación se considera a John von Newman como la persona que implantó realmente el uso del sistema binario, diseñando una arquitectura que sería la utilizada por la industria durante muchísimo tiempo y que es conocida como arquitectura de von Newman. Así, solo dos años más tarde de que se ultimase el MARK I, apareció otra máquina, el ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator) en 1.947(se diseñó para que resolviese determinados problemas relacionados con trayectorias de proyectiles), y que es considerado el primer ordenador o computador.

¹⁹⁶ Se tiene de distinguir el empleo del ordenador en el proceso proyectual, como medio de representación (3D) y medio de construcción-producción (2D). Actualmente se están uniendo.

¹⁹⁷ Además de ofrecer un alto grado de precisión, los ordenadores permiten almacenar el trabajo en distintas etapas, con lo cual el diseñador puede explorar una serie de variaciones de una imagen determinada antes de tomar una decisión con respecto al tratamiento más adecuado. Dependerá mucho del tipo de programa que se utilice. Con un escáner, se pueden combinar y manipular imágenes procedentes de distintas fuentes (como fotografías o impresos) en lo que respecta al tamaño y el color. Bürdek, Bernhard E.: op. cit., p. 326

¹⁹⁸ La introducción del procesamiento de la documentación y los sistemas de dibujo mecánico ha revolucionado las industrias de las publicaciones técnicas, y de las editoriales. Las publicaciones que deben ajustarse a estándares internacionales se producen con mucha mayor rapidez si se utilizan ordenadores. En algunos casos, como la producción de descripciones técnicas y manuales sencillos con instrucciones, los ordenadores son tan efectivos y rápidos para producir las ilustraciones como otros métodos más tradicionales. Simpson, Ian: op. cit., p. 131

En 1949, Eckert y Mauchly desarrollaron el BINAC, (para la Northrop Aviation), ordenador de diseño secuencial que introducía la novedad de utilizar cinta magnética para almacenar la información. Su siguiente proyecto supone un hito importante en la historia de la informática pues constituye el primer ordenador fabricado en serie con el objetivo de venderlo a civiles (empresas), y no solamente a organismos estatales o paraestatales. El producto desarrollado era el UNIVAC I, (Universal Automatic Calculator) que es el prototipo de la primera generación de ordenadores.

El nacimiento de una nueva herramienta para dibujar estaba ya muy próximo, aunque aún habría de transcurrir la década de los cincuenta, en la que fundamentalmente, en lo que a sistemas gráficos se refiere, se mejorarían los dispositivos de representación de información elaborada por los ordenadores. Así, el *Whirwind* del Massachusetts Institute of Technology, MIT, se convertía en el primer ordenador que contaba con un sistema de representación visual autocontrolado. El *Whirwind* podía generar dibujos sencillos, tarea para la que utilizaba un Tubo de Rayos Catódicos, CRT, aunque el tiempo que empleaba en realizar los cálculos necesarios y representados impedía cualquier tipo de operación recíproca con el sistema, actuando por tanto la pantalla como mero dispositivo de salida y no como interfaz, superficie de contacto, entre usuario y ordenador.

El análisis histórico de cómo llegaron a generarse imágenes gráficas a través de un CRT lleva a distinguir entre dos tecnologías completamente distintas:

1. La primera que se desarrolló fue el Direct View Storage Tube o DVST (Tubo Adaptador de Visión Directa), también conocido como tubo de almacenamiento o tubo de memoria, en el que la información gráfica se envía de una sola vez y se muestra permanentemente en pantalla, siendo la imagen enviada de tipo vectorial.¹⁹⁹ Fue abandonado rápidamente debido a las numerosas insuficiencias que representaban, entre las que se encuentran su alto coste, la imposibilidad de borrar elementos aislados del dibujo, el no permitir la visualización de animaciones ni de imágenes de color, así como su ineficacia en el relleno de un área de dibujo.
2. Para lograr realizar estas tareas que no permitían realizar los DVST, se desarrollaron los tubos de refresco, en los que se regenera la imagen cada determinada fracción de segundo, (siempre en un tiempo inferior al nivel de persistencia de la visión), bajo el control de la CPU, permitiendo así que se borren exclusivamente las partes seleccionadas de un dibujo o la realización de secuencias animadas.²⁰⁰

¹⁹⁹ De escritura por golpe, caligráfico o Stroke Writing, es decir, dibujando vectores continuos en línea recta entre dos puntos de la pantalla o VDU, (Visual Display Unit). Este tipo de representaciones se caracterizaron por la excelente calidad gráfica de sus líneas.

²⁰⁰ Las imágenes que generaban los primeros tubos de refresco seguían utilizando representaciones vectoriales que todavía daban dificultades a la hora de crear áreas de dibujo rellenas, teniendo por otro lado tendencia a parpadear, es decir, a producir sensación visual de discontinuidad en la representación de la imagen, por lo que en la actualidad se ha impuesto como estándar el tubo de refresco que utiliza

El lanzamiento del primer satélite artificial de la Tierra, el Sputnik, por la Unión Soviética sirvió de acicate a la investigación en los Estados Unidos. Ese mismo año, investigadores de los Laboratorios Lincoln del MIT desarrollaron los ordenadores TX-0 y el TX-2, que poseían el doble de cantidad de memoria que cualquier otro computador de su época. Equipado con teclado, monitor de tubo de rayos catódicos capaz de representar gráficos formados por puntos luminosos (pixels) y lápiz óptico, el TX-2 se puede considerar como el *primer ordenador diseñado para facilitar la interacción entre el hombre y la máquina*. Este computador introdujo uno de los requisitos imprescindibles para el desarrollo de los gráficos informatizados: la interacción, hecho que se sitúa hacia el final de la Segunda Generación de gráficos.²⁰¹

La atmósfera de libertad académica existente en el MIT en aquellos años, permitió que tuviera lugar una actividad investigadora poco tradicional. Los estudiantes graduados comenzaron a jugar a la *Guerra Espacial*, el primer juego de computador del que se tiene noticias, y que a la sazón se había programado en el TX-2. Parece ser que el juego impresionó especialmente a uno de los estudiantes debido a que dejaba al descubierto las grandes posibilidades de interacción, en tiempo real, del computador. El estudiante se llamaba Ivan E. Sutherland, y utilizó el TX-2 para poner de manifiesto todos los elementos que juntos darían lugar a la tecnología actual del Dibujo Asistido por Ordenador, CAD, en su Tesis Doctoral titulada: "Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System". Era el año 1.962.

Aún más significativa era la estructura de datos utilizada por Sutherland en el TX-2, diferente de todo lo que se había hecho hasta entonces. Estaba basada en la tipología del objeto que iba a representar, es decir, describía con toda exactitud las relaciones entre las diferentes partes que lo componían, introduciendo así lo que hoy se conoce como *Programación Orientada a Objetos*. Antes de esto, las representaciones visuales de un objeto realizadas en el ordenador se habían basado en un dibujo y no en el objeto en sí mismo. Con el sistema de Sutherland, llamado Sketchpad²⁰² por su autor, se trazaba una clara distinción entre el modelo representado en la estructura de datos y el dibujo que uno veía en la pantalla.

una trama o *raster* como soporte para generar imágenes. En él, la pantalla se divide en miles, o millones de pequeños Pixels, Picture Element, que son iluminados o no en cada barrido de la imagen siguiendo la información enviada por la CPU. En las VDU de tipo raster, la calidad de la línea depende evidentemente del número de pixels por unidad de superficie, produciéndose en mayor o menor medida, pero siempre, un efecto de escalonado, de las líneas oblicuas representadas. Sin embargo, dada su gran versatilidad ya que soluciona las limitaciones anteriormente expuestas de los sistemas vectoriales, así como el alto grado de resolución que alcanzan hoy en día, unido a su bajo coste, los han hecho prácticamente el único sistema utilizado.

²⁰¹ La segunda generación comienza con el descubrimiento en 1.947 del transistor que tendría consecuencias transcendentales en la industria de la informática. Los transistores eran más seguros, disipaban mucho menos calor y ocupaban muchísimo menos espacio que las válvulas de vacío, suponiendo su sustitución por transistores, toda una revolución en el campo de la electrónica. El cambio que originó en la arquitectura de los ordenadores el uso de los transistores fue tan radical que supuso el nacimiento de una nueva generación. Así, los ordenadores provistos de transistores en vez de válvulas de vacío fueron llamados ordenadores de segunda generación.

²⁰² El sistema Sketchpad, introducido en 1.963, causó gran expectación en las universidades, pero además Sutherland es conocido y venerado mundialmente como padre del Diseño Asistido por Ordenador probablemente porque con gran visión hizo un documental sobre el nuevo sistema y envió una copia del

En el desarrollo de las técnicas gráficas pasivas anteriores al trabajo de Sutherland, el problema de la calidad gráfica de la imagen generada por las VDU anteriormente expuestas, llevó a la invención de otros mecanismos periféricos. Éstos se fueron desarrollando en la década de 1.960 a 1.970, destacando los trazadores (Plotters), y las tabletas digitalizadoras. El trazador es un instrumento de dibujo que traza líneas desplazando sobre el papel una plumilla de una coordenada a otra del dibujo. Aquí, la superficie de representación, es el papel en vez de un CRT. Las tabletas digitalizadoras son en cierto modo parecidas a un tablero de dibujo. Constan de una superficie magnética en la que puede registrarse cualquier coordenada al presionar un puntero en el lugar deseado.

La Tercera Generación de ordenadores viene dada por la aparición de los Chips (Circuitos Integrados de Estado Sólido), que sustituyeron a los circuitos formados por componentes individuales. Con esta Tercera Generación, que se desarrollará en la década de los sesenta, se dio un gran paso adelante en el proceso de miniaturización de la máquinas. Los más recientes y significativos logros en la técnica de los gráficos asistidos por ordenador se deben, aparte de a los avances en el hardware, a los habidos en el campo del software y de sus fundamentos teóricos. Los estudios pioneros de Steven Coons (1.966) y Pierre Bezier (1.972) sobre líneas y superficies curvas, han abierto el camino a la generación de gráficos tridimensionales que emulan la apariencia real de los objetos.

Con la Cuarta Generación, que se inicia a comienzos de los setenta, la Informática entra plenamente en la era moderna. Ciertos mini y microordenadores, como el PDPO I de Digital Equipment Corporation, pasaron a ser el instrumento ideal para las nuevas aplicaciones gráficas. Los microprocesadores, pequeño ordenador construido en un chip, permitieron la fabricación de ordenadores personales, microordenadores, a precios realmente bajos.

A finales de 1.979, IBM lanzó su terminal en color 3279. Nueve meses más tarde había recibido más de 10.000 pedidos, dos tercios de los cuales iban destinados a personas o entidades que utilizaban por primera vez el ordenador para la realización de tareas gráficas. El año decisivo para los sistemas gráficos informatizados fue 1980. A partir de entonces los sistemas gráficos, que hasta ahora habían sido del dominio exclusivo de científicos, matemáticos e ingenieros, comenzaron a ser usados en retransmisiones televisivas y estudios de animación, produciéndose un espectacular avance en las ventas de estos equipos. Para que llegase este año decisivo, fueron necesarias grandes inversiones en investigación y desarrollo, sufragadas en su mayor parte por empresas aeroespaciales, automovilísticas y armamentísticas. Así, la General Motors fue la primera empresa

mismo a todos los centros de informática de Estados Unidos. La película mostraba unas técnicas con las que empezarían a familiarizarse millones de usuarios y que todavía hoy siguen utilizándose. Pero quizá lo más interesante de todo era la demostración de que el ordenador podía calcular qué líneas eran las que definían la parte vista del objeto al tiempo que borraba de la pantalla el resto. Las líneas ocultas permanecían en la memoria del ordenador, en la base de datos, y volvían a aparecer cada vez que se colocaba el cuerpo en una posición distinta respecto del observador. Las limitaciones de la técnica de Sketchpad estaban más en el ordenador que en el concepto como tal.

que utilizó un sofisticado sistema gráfico puesto a punto por la IBM. Su nombre era DAC-I, del inglés Design Augmented by Computer.

El DAC-I fue el pionero de toda una serie de sistemas CAD construidos con un fin específico que a finales de los setenta fueron utilizados de una forma masiva en el diseño de vehículos, siendo este tipo de industrias las responsables iniciales de que en los equipos de diseño asistido por ordenador fuesen haciéndose cada vez más versátiles, y por tanto, pudiesen ser utilizados por un número cada vez mayor de usuarios.

El 12 de agosto de 1981, IBM anunció el inicio de la comercialización de su primer ordenador personal, llamado sencillamente Personal Computer (PC), transformando un nombre común en propio. Se trataba de una máquina, poco avanzada para la época, basada en el microprocesador Intel 8088, de 8 bits. El éxito alcanzado por el PC de IBM marcó el comienzo de una nueva era en la informática y fue posible gracias a la estrategia de la empresa consistente en apoyarse en fuentes ajenas para la fabricación de los equipos.

De la misma manera, este éxito de los sistemas gráficos, se pone de manifiesto a través de la creación de asociaciones y la celebración de congresos. Así, la ACM (Association for Computing Machinery), que era la asociación oficial americana que promovía y, hasta cierto punto, regulaba la industria informática, creó lo que se denominaría Grupo de Interés Especial en Aplicaciones Gráficas. En 1976, este grupo, conocido por sus siglas SIGGRAPH, permitiría por primera vez que acudieran expositores a su congreso anual. En 1983, al congreso anual de otro grupo, el NCGA (National Computer Graphics Association), asistieron más de 35.000 visitantes de todo el mundo. No obstante, los congresos anuales del SIGGRAPH siguieron siendo el foro académico más importante en este tema, repartiéndose en ellos más de 14 cursos simultáneos y siendo la asistencia tan elevada como en el caso de la NCGA. En España se viene desarrollando durante años el CEIG (Congreso Español de Informática Gráfica)²⁰³; el objetivo principal del CEIG ha sido proporcionar un foro para la presentación, discusión e intercambio de conocimientos recientes relacionados con la Informática Gráfica.

La otra gran rama de los gráficos por ordenador, la Informática aplicada a la creación de imágenes, tendría sus orígenes en la modesta Universidad de Utah, que se convertiría en el primer centro de investigación en esta materia cuando el director del Departamento de Informática de esta universidad, David Evans, tras visionar el documental de Sutherland, decidió concentrar todos los recursos con que contaba su departamento en una sola área: la creación de imágenes por

²⁰³ www.upv.es/ceig96 y en "Cibercultura y nuevas tecnologías". *Nueva Epoca*, N.º.12 / Martes 24 de marzo, 1998 .

Durante los días 26, 27 y 28 de Junio de 1996 se celebró el VI Congreso Español de Informática Gráfica (CEIG'96) en la ciudad de Valencia. El evento fue organizado conjuntamente por la Asociación de Técnicos en Informática (ATI), la sección española de EUROGRAPHICS y la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), recibiendo soporte de las principales compañías del sector infográfico y organismos oficiales. Las ediciones anteriores del CEIG se celebraron en Madrid (1991), San Sebastián (1992), Granada (1993), Zaragoza (1994) y Palma de Mallorca (1995).

ordenador. Esto incluía el estudio de las leyes de la perspectiva, de la naturaleza de la luz y de la ciencia del color, así como de la Geometría, que 350 años después de que René Descartes la hubiese reducido a Álgebra, podía reintegrarse ahora a las líneas de investigación académica. En esta época dorada que vivió la Universidad de Utah, cabe citar entre otros a E. Catmuli, que posteriormente llegaría a ser director del equipo de investigación gráfica de Lucasfilm, cuyas investigaciones en 1.975 se centraron en la generación de imágenes de superficies curvas generales, es decir, sin ecuación matemática; a James Blinn, que abordó las técnicas del modelado de superficies, Surface Modeling, a través del método de ir añadiendo bloques de color compacto a un dibujo tridimensional que imitaba una estructura de alambre, Wireframe, y que posteriormente recubría con ciertas texturas para darles apariencia de realidad (1.976); y como no, a B.T. Phong quien incluyó el algoritmo que lleva su nombre y que representa una de las posibles soluciones, aunque parcial, para el tratamiento de la iluminación realista de las imágenes de objetos generadas por ordenador.

En contraposición con el campo más difundido hasta entonces del diseño asistido por ordenador, la investigación se centraba ahora en el estudio de los aspectos puramente gráficos de la generación de imágenes por ordenador, es decir, la imagen como fin en sí mismo. En la actualidad, las investigaciones siguen dos líneas fundamentales:

1. Por un lado, en el contexto de los gráficos interactivos y del CAD, las investigaciones se centran en conseguir entornos amigables, User Friendly, es decir, sistemas diseñados para que una persona sin experiencia pueda operarlos. Si lo que se desea es poner al alcance de todos los diseñadores, animadores e ilustradores la gama completa de técnicas existentes, en este caso, toda la atención que se dedique a la creación de tales sistemas será poca. La combinación de potencia e interacción era una demanda cada vez más acusada por la comunidad científica y técnica y la respuesta a ella fue el concepto de estación de trabajo. Este concepto descansa en tres elementos cuya integración debe ser lo más completa posible: una unidad central potente para cada usuario, una capacidad gráfica avanzada y una red local de buen rendimiento.

En este sentido, se ha desarrollado un conjunto de utilidades inicialmente asociado al sistema operativo UNIX que utiliza una filosofía conocida como WIMP, (ventanas, iconos, ratón, puntero). Las utilidades WIMP proporcionan un servicio de menú de pantalla desplegable, que hoy en día ha sustituido a los menús de tablero y a otros tipos de menú de pantalla, incorporando unas franjas de celdas rectangulares que se muestran alrededor del perímetro de la pantalla y en las que cada celda se muestra una opción de menú pictórica denominada icono, que puede ser seleccionada a través de un dispositivo señalador, el más frecuente y extendido es el ratón o mouse.

2. La otra línea básica de investigación actual la constituye lo que se conoce como Realidad Virtual, es decir, la creación de mundos a través de los cuales el operador puede moverse, teniendo una experiencia visual, auditiva, y táctil

reales. Sin embargo, obtener esta sensación de visión real, tridimensional, supone, en el mejor de los casos, sobreimpresionar alternativamente un par estereoscópico de imágenes, al menos doce veces por segundo. Hacer esto, en tiempo real, de manera interactiva y además con un nivel de calidad fotográfica de la imagen plantea graves problemas.

La Realidad Virtual es hoy en día una disciplina en la que la relación resultados satisfactorios y expectación creada es ínfima. Así pues, la investigación actual está aún dividida por dos líneas que discurren paralelamente pero sin confluir hasta el momento:

- La necesidad de obtención de imágenes realistas sin importar el tiempo en obtenerlas.
- La necesidad de obtención de imágenes interactivas en tiempo real sin importar la calidad de dicha imagen.²⁰⁴

A principios de los años ochenta, Tumer Whitted desarrolló una técnica de representación denominada de *rastreo de rayos* (Ray Tracing). Whitted mostró que el rastreo de rayos modelaba con eficacia la refracción de la luz por un prisma y podía mostrar objetos encajados en otros. Sus imágenes tardaban horas en calcularse, pero sirvieron para afianzar la técnica del fotorealismo.

El siguiente avance técnico surgió como un método de modelado basado en fractales (objetos matemáticos de dimensión no entera). Un paso más importante en la emergencia del fotorrealismo se produjo a mediados de los ochenta, como consecuencia de los trabajos de un equipo de la Universidad de Comett, dirigido por Don Greemberg. Greemberg y su equipo tomaron prestado de la termotecnia un algoritmo de irradiancia (también denominado de radiosidad o, en inglés, radiosity), con el que modelaron los efectos que el entorno ejerce sobre la iluminación. El algoritmo requiere la solución, simultánea, de un gran número de ecuaciones, ya que se trata, básicamente, de aplicar el método de los Elementos Finitos a los efectos de la difusión de la luz. Es el método de representación fotorrealista que más tiempo de cálculo requiere de los desarrollados hasta ahora, cuyos resultados son magníficos, especialmente en la representación de entornos arquitectónicos. La técnica Ray Tracing no tiene en cuenta los efectos difusos de la iluminación, mientras que la Radiosity no aborda los efectos especularas. Para solucionar y aminorar estas carencias se han desarrollado en cada caso unos modelos de iluminación denominados Técnicas Híbridas para incluir los efectos difusos en el Ray Tracing y los efectos especularas en la Radiosidad. Estas investigaciones tienen lugar iniciada ya la década de los 90.

Finalmente, no puede dejarse de mencionar un nuevo desarrollo tecnológico, la televisión digital de alta definición (HDTV), que contribuirá, sin duda, a la expansión de los gráficos informáticos ya que sus requerimientos coinciden en gran medida con los de éstos. Para terminar con los orígenes y desarrollo de los gráficos por

²⁰⁴ Salguero Andújar, F.J.: "Orígenes y desarrollo histórico de los gráficos por ordenador". Actas del VII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Vigo, 1995, Tomo I, p. 160.

ordenador, es interesante dejar constancia de una frase de Ivan Sutherland, el padre indiscutible de los gráficos informáticos:

“ Imagino las imágenes del computador como una ventana abierta al mundo de Alicia, al país de las maravillas, el programador tanto puede representar objetos que obedezcan las leyes de la naturaleza como otros que sigan leyes definidas por el programa. Las imágenes generadas por computador me han permitido aterrizar sobre la cubierta de un portaaviones, observar un choque de partículas nucleares contra un pozo de potencial, pilotar un cohete casi a la velocidad de la luz e introducirme en el funcionamiento de los más recónditos circuitos de un computador”.

EL CAD EN EL PROCESO PROYECTUAL

Los tableros tradicionales de dibujo están siendo sustituidos por pantallas de ordenador. El diseño asistido por ordenador consiste en utilizar técnicas informáticas para la ejecución de un diseño. No sólo se trata de sustituir el tablero de dibujo por un ordenador que tiene un soporte informático que permite dibujar, sino que va más allá tratando de crear un entorno integral de diseño donde además del dibujo existen programas de apoyo que contribuyen a la buena realización del diseño. Estos programas dependen de las necesidades del diseñador y de la empresa en donde se realice el diseño, pero abarcan desde la integración de elementos tipo plantilla (librerías de elementos), que facilitan la ejecución de labores de dibujo repetitivas, pasando por la integración de bases de datos para el control del inventario del taller hasta, la fabricación de la pieza dirigida desde el ordenador en todos sus aspectos.

Así, en la primera etapa del ciclo, la del *diseño del producto*, el ordenador se incorpora a través de un software gráfico que permite crear, manipular y representar productos en dos y tres dimensiones (2D, 3D), naciendo la tecnología CAD (Computer Aided Design) o en castellano DAO (Diseño Asistido por Ordenador). También se habla de CADD (Computer Aided Desing and Documentation - Dibujo y Documentación Asistida por Ordenador), y del CAT (Computer Aided Testing - Pruebas Asistidas por Ordenador), así como de CAE (Computer Aided Engineering - Ingeniería Asistida por Ordenador), el cual incluye otros aspectos del diseño, como cálculos, especialmente por elementos finitos, etc. La segunda etapa del ciclo es la *ingeniería del proceso*, que una vez definido el producto, estudia y establece los medios-máquinas, herramientas, utillajes, métodos y tiempos de fabricación. El ordenador, apoyado en software de simulación de mecanizado, es una herramienta potente en manos del técnico, creando lo que se conoce como CAM (Computer Aided Manufacturing) o en castellano FAO (Fabricación Asistida por Ordenador), tecnología que incluye también la aplicación del ordenador al taller. No se puede dejar de mencionar en este apartado el Control Numérico, al que es aplicable en toda su extensión el término CAM.

La aportación del CAD/CAM a la fabricación mediante máquinas herramientas de Control Numérico es, probablemente, la más espectacular y, desde luego, la más

rentable económicamente hablando, pues su utilización supone para una empresa una mejora importante para la calidad del producto acabado, una disminución extraordinaria de los plazos de terminación de los productos y de fabricación, lo que se traduce en un incremento en la productividad. Hoy en día no se puede hablar de CAD y CAM por separado, ya que se utiliza el CAD/CAM como única tecnología, creando un único equipo de trabajo que incorpora la ingeniería del producto y la del proceso.

Hardware

El hardware es el soporte físico necesario para que funcionen programas informáticos. Los programas de CAD requieren equipos potentes, ya que realizan muchos cálculos en cada una de las operaciones que el usuario les demanda. Los programas CAD funcionan sobre dos tipos de plataformas: los ordenadores personales (PC, *Personal Computer*) y las estaciones de trabajo (WS, *workstation*). Las estaciones de trabajo incorporan un tipo de microprocesador denominado RISC (computación con conjunto reducido de instrucciones), que se basa en la utilización de instrucciones simples y por lo tanto más rápidas de cómputo. Las estaciones de trabajo son el hardware más idóneo para el diseño asistido por ordenador, estando presente en la mayoría de las empresas cuyas oficinas técnicas tienen un gran volumen de diseño asistido por ordenador, tanto en complejidad de diseño como en horas dedicadas al mismo.²⁰⁵

Dispositivos de entrada de datos

Permiten la introducción de datos al ordenador por parte del usuario. Los principales son:

- Controladores del cursor y digitalizadores
- Teclados alfanuméricos y de teclas especiales.
- Scáneres.

Los dos primeros permiten la entrada de datos de una forma visual. Existe un elemento dirigido por la mano del diseñador que tiene una correspondencia con un cursor de la pantalla, y dependiendo de los movimientos realizados, el cursor se mueve en la pantalla, pudiendo seleccionar botones, introducir puntos, etc. Los controladores del cursor y digitalizadores más conocidos son:

- *Ratón (mouse)*: los hay con dos o tres botones, y realizan entre otras, las funciones de confirmación y cancelación de comandos. Su funcionamiento es por medio del arrastre de una bola metálica que lleva en su parte inferior y que a su vez produce un movimiento en unos rodillos interiores. Es el dispositivo más extendido. Su uso es fácil pero no son aptos para los trazados de una curva.
- *Joystick*: dispositivo de entrada muy utilizado en programas de juegos. Su funcionamiento se debe al movimiento en todas las direcciones de una palanca. Pueden existir botones adicionales. Es muy poco utilizado en las aplicaciones de diseño.
- *Lápiz óptico (light pen)*: es un lápiz electrónico que señala directamente sobre la pantalla del ordenador, seleccionando las diferentes opciones.

²⁰⁵ Félez, Jesús y Martínez, María Luisa: *Dibujo Industrial*. Madrid, Editorial Síntesis, 1996. p. 47

- *Tableta digitalizadora*: es especialmente útil cuando se tiene un plano original. Este plano se apoya sobre la tableta y por medio de un digitalizador especial se van señalando los puntos sobre el plano. Existen tamaños desde A4 hasta AO.
- *Trackball*: es similar al ratón. El cursor se mueve al girar la bola que existe en su parte superior.

El teclado permite la introducción de códigos alfanuméricos que se reproducen en la pantalla del ordenador.

Los *scáneres* permiten la reproducción de planos, imágenes, textos, etc., en un formato de mapa de bits. Si el ordenador dispone del software necesario es posible reproducirlo e incluso diferenciar entre sus distintos elementos gráficos.

Dispositivos de salida

Los dispositivos de salida permiten la visualización y reproducción de datos. Los hay de diferentes tipos y se pueden clasificar en:

- Pantallas.
- Impresoras.
- Plotters.
- Volcadores de pantalla.

Un elemento imprescindible en la configuración del ordenador es la *pantalla* de visualización. A través de ella, se observan los datos introducidos, las correcciones y los resultados. Normalmente, las pantallas son en color, y tienen diversas resoluciones y tamaños, que pueden oscilar entre las 12 pulgadas (el tamaño se refiere a la longitud de la diagonal de la zona acristalada de la pantalla) y las 30 pulgadas. Para el proyectista es fundamental, ya que permite, gracias a los dispositivos de entrada generar de una forma interactiva la geometría del diseño y poder visualizar en ese momento lo que él está haciendo. La gran mayoría de las pantallas usan la tecnología TRC (tubos de rayos catódicos), aunque también existen pantallas de cuarzo líquido. La casi totalidad de las pantallas se ajustan a los estándares gráficos más usuales, que son:

- **VGA**: tiene una definición máxima de 640 x 480 con 16 colores elegidos entre 262144 posibilidades o de 320 x 200 con 256 colores de entre los 262.144.
- **8514**: Este procesador permite manejar 256 colores con definiciones que van desde 640 x 480 a 1.024 x 768,
- **SVGA**: se denominan así las pantallas gráficas que en general superan las prestaciones de las pantallas VGA. Su resolución de trabajo es de 800 x 640 con 256 colores.
- **VESA**: es el último estándar gráfico del mercado.

Estas capacidades dependen de la tarjeta gráfica que tenga instalada el ordenador. Sus prestaciones pueden mejorarse por medio de *aceleradores de pantalla*, que además incorporan una memoria adicional, *memoria de vídeo*, que permiten trabajar con más colores o más resolución.

La función de las *impresoras* que están continuamente incorporando nuevas tecnologías es la reproducción de textos y gráficos sobre papel. Los tamaños de reproducción son A4 y A3. En general las impresoras se clasifican en:

Impresoras de impacto: existe un mecanismo que golpea el papel. Entre el percutor y el papel hay una cinta, impregnada en tinta, que deja el rastro del golpe en el papel. Están incluidas en este grupo las impresoras matriciales, las de cadena, y las de margarita. No son aptas para la reproducción de gráficos de alta calidad. Son muy rápidas y baratas.

Impresoras sin impacto: no existen elementos que impacten sobre el papel. Son las impresoras de inyección de tinta, térmicas y láser. Son silenciosas y permiten la ejecución de gráficos de calidad. Las impresoras láser son especialmente rápidas, pudiendo llegar a la impresión de 25 páginas por minuto. Su resolución alcanza los 600 x 600 puntos por pulgada. Actualmente existen impresoras láser en color.

Los plóteres o trazadores permiten la reproducción de planos de grandes dimensiones. En general ofrecen más calidad y rapidez que las impresoras. Pueden ser de los siguientes tipos:

- *De plumillas:* consiste en un tambor que transporta unas plumillas que pueden ser de determinados grosores o colores. Éstas se deslizan por la hoja reproduciendo el dibujo.
- *Electrostáticos:* existen unos electrodos que retienen la tinta, reproduciendo el dibujo. Necesitan convertir el plano a un formato secuencial. Son muy rápidos y caros.
- *Inyección de tinta o impresoras de gran formato:* son los más modernos. Funcionan con una tecnología muy similar a la de las impresoras de inyección de tinta. Permiten la reproducción de colores. Son además silenciosos y rápidos.

El CAD (Computer Aided Design), es una disciplina que abarca el desarrollo de proyectos de diseño técnico, su gestión y su interacción con las demás fases del proceso productivo, todo ello a través del uso del ordenador como herramienta integradora. El CAD y el CAM, considerados en conjunto o bien tomados por separado, se refieren al empleo de los ordenadores para integrar los procesos de diseño y fabricación. Los datos obtenidos a partir de una base de datos CAD/CAM podrán utilizarse en el planteamiento de la producción con ayuda del ordenador, la programación de partes y aún para programar robots y coordinar las operaciones de una planta.

En un primer momento se aplicó a los campos de la aeronáutica y la tecnología aeroespacial, y se extendió después a otras áreas de la industria y la ingeniería. El CAD/CAM permite abordar complejos proyectos sobre la pantalla del ordenador sirviéndose de numerosos lenguajes de descripción de componentes y lenguajes de programación.

Los sistemas CAD evolucionan a un ritmo increíble, sobre todo en cuanto a su aplicación al cine y la televisión, y en la actualidad son una parte reconocida y aceptada de los requerimientos industriales.

Un sistema CAD; como indicará Luzzader; no pretende reemplazar a los delineantes técnicos. Su empleo permite más bien, tanto en diseño como en dibujo que los profesionales saturados de trabajo pero conocedores de la proyección ortogonal, de las prácticas corrientes y de las normas de dibujo puedan realizar sus tareas en menos tiempo y con mayor precisión de la que pueden obtener trabajando a mano. El estudio de diseño seguirá dependiendo de las aptitudes de dibujo de su personal.²⁰⁶

COMIENZOS CON LA RV

Para algunos la Realidad Virtual tiene que ver con la simulación de ambientes. Por ejemplo en la definición de Neira esta idea queda reflejada:

“RV se refiere a ambientes generados tridimensionalmente por computadoras, centrados en un visor, multisensoriales, interactivos e inmersivos, y la combinación de tecnologías que se requieren para hacer esos ambientes.”²⁰⁷

En el diseño de productos esto no sería del todo exacto. Podría entenderse mejor la definición que sobre Realidad Virtual hace Rheingold:²⁰⁸

“Una experiencia en la cual una persona es rodeada por una representación tridimensional generada por una computadora, en la que puede moverse alrededor del mundo virtual y verlo desde diferentes ángulos, meterse en él, agarrarlo y rehacerlo.”

O igualmente la de Bricken:²⁰⁹

“RV es el cuerpo de técnicas que aplican computación para la generación de realidades experimentalmente válidas.”

Es de hacer notar que la naturaleza de eso que comúnmente llamamos *la realidad*, y más específicamente aquella que está vinculada con el mundo físico-sensorial en el cual el ser humano está inmerso, ha sido tema de profundas consideraciones de orden filosófico. Una posición extrema estaría representada por los Solipsistas²¹⁰, quienes sostienen que “no existe tal cosa como ese mundo físico-sensorial” y que

²⁰⁶ Luzadder, Warren J.: *Fundamentos de dibujo en ingeniería*, México PrenticeHall Hispanoamericana S.A., 1988, prefacio

²⁰⁷ Neira, Carolina Cruz: “Cibercultura y nuevas tecnologías”. *Nueva Epoca*, N°.12 / Martes 24 de marzo, 1998

²⁰⁸ Rheingold, Howard: “Cibercultura y nuevas tecnologías”. *Nueva Epoca*, N°.12 / Martes 24 de marzo, 1998

²⁰⁹ Bricken, William: “Cibercultura y nuevas tecnologías”. *Nueva Epoca*, N°.12 / Martes 24 de marzo, 1998

²¹⁰ Teoría desarrollada por Harry Palmer y conocida como “Avatar” (ver la opción “FAQ” en la Página Web de la empresa Star's Edge International).

por más sorprendente que parezca “todo estaría en la mente”. Liendo²¹¹ comparte esta teoría y define la Realidad Virtual:

“La Realidad Virtual consistiría en el efecto de aplicar deliberadamente toda una serie de desarrollos tecnológicos, con el fin expreso de inducir en un sujeto consciente una serie de sensaciones, las cuales han de asemejarse (más no necesariamente igualarse) a aquellas con las cuales dicho sujeto está familiarizado como resultado de su interacción con la realidad físico-sensorial en la cual está inmerso. Basta con suministrarle al cerebro un estímulo semejante al que hubiese recibido proveniente del mundo físico”.

Primeras experiencias y limitaciones

A través de la historia se han hecho intentos de capturar la esencia de una experiencia y destilarla para así permitir la disponibilidad al público para disfrutar y analizar. Por medio de la experiencia directa del teatro, música y pintura, la gente ha sido capaz de percibir tanto las experiencias reales e imaginarias de otros mundos, otras épocas, nuevas ideas y nuevas perspectivas de antiguas ideas. El ordenador y la RV son los primeros esquemas para cambiar la forma de cómo la gente observa, debate y relaciona el conocimiento.

El antecedente más remoto de la RV puede ubicarse en 1960, cuando Morton Heling crea Sensorama, un prototipo de juego-instalación donde, en un ambiente multisensorial, el participante podía ver, oír, oler y sentir varias experiencias pregrabadas.

En 1962 Ivan Sutherland con el programa SKETCHPAD demostró el uso de la iluminación al dibujar imágenes sobre la pantalla del ordenador siendo el precursor del CAD. En 1965 surge el concepto de Realidad Virtual, cuando Ivan Sutherland (hoy miembro de Sun Microsystems Laboratories) publicó un artículo titulado “The Ultimate Display”. En 1966 Sutherland creó el primer casco visor de Realidad Virtual al montar tubos de rayos catódicos en un armazón de alambre. Este instrumento fue llamado “Espada de Damocles”, debido a que el aparato requería de un sistema de apoyo molesto que pendía del techo. En 1967 Sutherland²¹² publica su tesis presentando imágenes infográficas muy reales. Ivan Sutherland propone el profético “Representador Final” (Ultimate Display).²¹³ Para demostrar sus estudios Sutherland construyó el primer antecedente de casco de RV o “Head Mounted Display” (HMD), en 1968²¹⁴. Se trataba de una especie de armatoste con

²¹¹ Liendo Chapellín, Pablo: www.funredes.org/liendo/charlas/virtual

²¹² En Lapuente, Chema: *Explora*, primavera 1997. Madrid. pp 9-10

²¹³ “Un representador conectado a una computadora digital nos da oportunidad de ganar familiaridad con conceptos no realizables en el mundo físico... La pantalla es una ventana a través de la cual uno ve un mundo virtual. El reto es hacer que ese mundo parezca real, actúe real, suene real, se sienta real”. *Cibercultura y nuevas tecnologías. Nueva Epoca*, N°.12 / Martes 24 de marzo, 1998

²¹⁴ En 1968 Ivan Sutherland y David Evans crean el primer generador de escenarios con imágenes tridimensionales, datos almacenados y aceleradores. En este año se funda también la sociedad Evans & Sutherland. Su sistema final consistió en muchos aceleradores de hardware para improvisar el funcionamiento del sistema gráfico y la generación de imágenes estereoscópicas en vez de monoscópicas.

visión estereoscópica que funcionaba unido al techo por unos cables y permitía introducirse en los rudimentarios gráficos de los ordenadores de entonces.

En 1975 Myron Krueger exhibe Videoplace (Videolugar), un ambiente conceptual con existencia no física, donde una cámara capturaba la imagen del cuerpo del participante en tanto su silueta era proyectada en una gran pantalla de vídeo. Los participantes podían interactuar con cada uno de ellos, mientras Krueger se divertía usando técnicas de procesamiento de imágenes para determinar sus posiciones en el espacio bidimensional de la imagen de vídeo. Posteriormente la NASA crearía simuladores de vuelo para preparar a sus pilotos combinando programas avanzados con cabinas de simulación, sentando entonces las bases de lo que hoy se conoce como realidad virtual.

A principio de los 80 la Realidad Virtual es reconocida como una tecnología viable. Jaron Lanier, uno de los pioneros generadores de aparatos de interfaz sensorial, acuñó la expresión “Realidad Artificial”, también colaboró en el desarrollo de aparatos de interfaces VR, como guantes y visores.

En 1981 Tom Furness desarrolló la “Cabina Virtual”. En 1982 ocurre uno de los acontecimientos históricos en el desarrollo de los simuladores de vuelo, cuando Thomas Furness presentó el simulador más avanzado, contenido en su totalidad en un casco parecido al del personaje Darth Vader y creado para la U.S. Army AirForce. Thomas Zimmerman patentó un guante para introducir datos basado en sensores ópticos de modo que la refracción interna puede ser correlacionada con la flexión y extensión de un dedo.

En 1984 William Gibson publica su novela de ciencia ficción, *Neuromancer*²¹⁵ en el que se utiliza por primera vez el término Ciberespacio²¹⁶ refiriéndose a un mundo alternativo al de los ordenadores; con lo que algunos aficionados empiezan a utilizarlo para referirse a la Realidad Virtual. Mike Mc Greevy y Jim Humphries desarrollaron el sistema “Vived” (Representación de un ambiente Virtual, Virtual Visual Environment Display) para los futuros astronautas en la NASA.

Un año más tarde convierten en AMES VIEW (Virtual Interface Environment Workstation), un reproductor de cabeza gran angular con un sistema de reproducción estereoscópica controlada por la posición del operador, cuya voz y gestos podían usarse como interface ambiental de múltiples propósitos. Sin embargo, la revolución definitiva llegó con un curioso accesorio diseñado por Jarol Lanier en 1987, el ciberguante de datos. Recibiría posteriormente encargos de la NASA, BOEING, ATT. En 1989 Autodesk presenta el primer sistema de RV para

²¹⁵ Gibson, William: *Neuromancer*. Barcelona. Editorial Minotauro, 1989.

²¹⁶ Ciberespacio: Es un espacio tridimensional creado virtualmente por un ordenador, al que se puede entrar y en el que se puede actuar mediante una serie de dispositivos que transmiten información directamente hacia y desde los cinco sentidos. Se crea pues, una realidad virtual que existe solo en la memoria del procesador y en nuestra imaginación, pero que se puede experimentar personalmente. Su origen tecnológico son los simuladores de vuelo, especialmente militares. No es de extrañar, por tanto, que los pioneros del desarrollo hayan sido la NASA, las fuerzas aéreas norteamericanas e instituciones como el Massachusetts Institute of Technology.

PC mientras que la Universidad de Washington funda el Laboratorio de Tecnología de Interfase Humana con la idea de establecer una base nacional de conocimientos orientada a la ergonomía, tecnología y aplicación de interfases virtuales.

En 1987 La NASA utilizando algunos productos comerciales perfecciona la primera realidad sintetizada por ordenador mediante la combinación de imágenes estero, sonido 3-D, guantes, etc. En 1989 las empresas VPL, y después Autodesk, hacen demostraciones de sus completos sistemas RV. El de VPL es muy caro (225000 dólares), mientras que el de Autodesk no lo es tanto. (25000).²¹⁷

En 1990 surge la primera compañía comercial de software RV, Sense 8, fundada por Pat Gelband. Ofrece las primeras herramientas de software para RV. Richard Holmes asignado por Industrias W, patentó un guante de retroalimentación tangible. Gore, vicepresidente de USA y promotor de RV realizó seminarios sobre la importancia de esta tecnología para la competitividad norteamericana.

Actualmente la realidad virtual puede decirse que resulta incluso rentable comercialmente: en 1995 el mercado mundial de las aplicaciones virtuales rondaba los 13.000 millones de pesetas, estimándose que en 1999 alcanzará los 775.000 millones (La puente)²¹⁸. Hoy en día, para conseguir resultados espectaculares se tiene que acudir a equipos de gama alta, ordenadores potentísimos cuyos precios oscilan entre los 25 y 50 millones de pesetas. Un paso intermedio para aplicaciones de diseño industrial son las estaciones de trabajo de IBM, HEWLETT PACKARD, SUN o INTERGRAPH, que se pueden encontrar en el mercado entre las 700.000 y los 4 millones de pesetas.

Es muy fácil llevarse por la fantasía e imaginar las múltiples posibilidades que en el futuro abrirá la utilización de la realidad virtual. Pero por ahora en el mundo del diseño se están dando los primeros pasos. Un ejemplo puede verse en lo que se ha dado en llamar *metamorfosis*, consistente en digitalizar fotos de una persona real, tomadas desde muchos ángulos, mientras se modela los movimientos necesarios para la historia. Las imágenes de acciones musculares son digitalizadas, introducidas en un ordenador, estudiadas y luego manipuladas en una imagen gráfica fotorrealista (un cyborg). La metamorfosis no sólo está siendo utilizada para los anuncios de productos en televisión, sino que también está siendo adoptada como una efectiva herramienta de trabajo, sobre todo en los aspectos concernientes a los estudios de uso y ergonomía en el diseño de productos industriales. Respecto a la fabricación industrial, si se incorpora la capacidad de metamorfosis en el proceso de diseño, se pueden realizar nuevos componentes virtuales para ajustar o revisar los diseños existentes (Casey)²¹⁹.

²¹⁷ Autodesk, Inc. hizo una demostración de su PC basada en un sistema CAD de realidad Virtual, Ciberespacio, en SIGGRAPH '89.

²¹⁸ Lapuente, Chema: *Explora*, primavera 1997. Madrid. pp 9-10

²¹⁹ Casey Larijani, L.: *Realidad Virtual*. Mc. Graw-Hill, Madrid 1994. p. 114.

Con respecto a las unidades de visualización RV, hay muchos problemas por solucionar. Pueden citarse como limitaciones actuales de las unidades RV de visualización las siguientes:

- Baja calidad de imagen de pequeños LCDs.
- Coste y disponibilidad de pequeños sistemas de CRTs.
- Eliminación del retraso entre el movimiento del usuario y la respuesta del sistema.
- Amplio campo de visión en estéreo que está sobrepuesto a la visión del mundo real.
- Superposición de objetos virtuales en el mundo real de tal manera que tenga sentido para el sistema visual humano.
- Lucha entre confort e incomodidad de los aparatos que el usuario de la RV lleva en la cabeza y en el cuerpo.
- Ejecución de los sistemas operativos en tiempo no real.
- Habilidad para modelar mundos virtuales.
- Generación de imágenes para escenas complejas.

Dependiendo de la aplicación, cualquiera de estos puntos puede reducir de forma incierta o frustrar completamente los esfuerzos por el desarrollo.

Actualmente las imágenes de la realidad virtual son todavía toscas y rudimentarias. El problema reside en los polígonos. Los objetos de un entorno virtual están formados por polígonos, su reunión hace posible las imágenes tridimensionales. Por ejemplo, un cubo está formado por seis cuadrados, cada uno de estos cuadrados es un polígono. Cuantos más polígonos tiene una imagen su aparición es mejor, pero se necesita más tiempo para realizarla (Roy)²²⁰.

Introducción de órdenes

Para penetrar en estos mundos sintéticos se necesitan dispositivos de entrada, es decir, accesorios con los que enviar órdenes al ordenador. Los ratones y teclados tradicionales son sustituidos por electroguantes, Joysticks con seis grados de libertad, trackballs (ratones 3D) o mandos específicos para cada aplicación concreta.

“Un sistema eficiente de realidad virtual necesita una correspondencia íntima entre la entrada (los datos suministrados al ordenador) y la salida (los datos que salen de él).”²²¹

El diseñador tiene varias maneras de desplazarse dentro de la RV:

- La primera es andar en la dirección deseada. Los sensores magnéticos de posición siguen al diseñador en su paseo, y las imágenes de su casco visualizador van variando según su posición.
- Otra opción es hacer ciertos signos con la mano, que son recogidos por el guante. Mientras está sentado o de pie, el diseñador solo tiene que ajustarse

²²⁰ Roy, Pura C.: "La realidad virtual y la ingeniería", *Técnica Industrial*, Enero-Febrero-Marzo N° 216, p.14

²²¹ Lavroff, Nicholas: p.27

éste guante y señalar con el dedo hacia la dirección en la que se quiere desplazar (Auskatalius).²²²

Guantes

El uso de guantes de realidad virtual actualmente se centra en aplicaciones científicas o artísticas. Cuando se está inmerso en un mundo imaginario se encuentran objetos que pueden tocarse, puertas que pueden abrirse y cerrar... Al levantar la mano enfundada en un electroguante y poniéndola en un ángulo determinado de visión, puede verse perfectamente como cada dedo virtual se mueve cuando uno lo hace.²²³

El Joystick

Cuentan con seis grados de libertad. Ofrecen otra forma de introducir los datos.²²⁴ En aplicaciones profesionales, la alternativa es utilizar ratones de 3 dimensiones (Aeropoint) o mecanismos en forma de esfera (Spaceball) que ofrecen movimientos en todas direcciones.

Gafas estereoscópicas o cascos²²⁵

Para reconocer los movimientos de la cabeza y poder transmitir la información al ordenador, los cascos de inmersión o visiocascos utilizan distintos sistemas de posicionamiento. Dependiendo del tipo de mecanismo utilizado, pueden ser:

- *Electromagnéticos:* dentro del casco hay tres bobinas dispuestas perpendicularmente entre sí recubriendo un electroimán. Un dispositivo externo emite un campo magnético cuyas ondas interfieren con el generado por las bobinas, las cuales representan los tres ejes espaciales X, Y, Z. Con el movimiento de la cabeza, cambia el patrón de las interferencias, información que aprovecha el ordenador para saber donde se está mirando. Este es el sistema más utilizado.
- *Mecánicos:* el casco está sujeto al techo por varios muelles de alambre. Con un sistema parecido al de una marioneta, cuando se mueve la cabeza, los hilos se estiran y encogen. La tensión mecánica que soportan los muelles se traduce en una señal eléctrica que, una vez codificada, pasa al ordenador. Este tipo de

²²² Auskatalius: P.173

²²³ En el mercado pueden encontrarse guantes de juguete como los PowerGlove, Nintendo, Mattel, a partir de las 35.000 pesetas, pero para entrar en otros niveles de profundidad cibernética existen guantes como los 5TH Glove.

²²⁴ Existen algunos mandos 3D en el mercado como el SideWinder, 3D Pro de Microsoft o el Cyberman que incluso permiten un retorno táctil en forma de vibración.

²²⁵ Dependiendo del tipo de aplicación hay distintas clases de visores portátiles. Los parques de ocio más avanzados emplean cascos cerrados como el Virtuality. Para aplicaciones industriales y de investigación se pueden encontrar artículos desde las 700.000 pesetas (Virtual Liquid Image MRG2), pasando por los VR4 (1,5 millones de pesetas) hasta los N- Vision (10 millones de pesetas). El mercado doméstico también se está abriendo a la realidad virtual; se pueden encontrar varios modelos como el Forte VFXI de Reality System (150.000 pesetas) o Cybermax (120.000 pesetas). El más extendido es el modelo i-glasses de la firma I-O (50.000 pesetas). Lógicamente, estos dispositivos no ofrecen las prestaciones tan avanzadas como los profesionales.

En la feria Sonimag de Barcelona (1998) la casa Sony presentó las gafas portátiles Glasstron, las cuales conectadas a un vídeo, un DVD, o incluso al ordenador, muestra imágenes de calidad. También incluyen auriculares con lo que se ha dado en llamar sonido envolvente virtual.

cascos son muy fiables, pero también muy aparatosos y no tienen un margen de movimiento demasiado grande.

- *Ópticos*: son muy difíciles de construir. En el techo se coloca una alfombra de células receptoras de rayos infrarrojos y en el casco unos emisores de ese mismo tipo de rayos que se proyectan sobre la matriz del techo. Dependiendo del área de receptores que acusen la señal, el ordenador interpretará que la cabeza está situada en una u otra posición.
- *Por ultrasonidos*: es un sistema muy parecido al posicionamiento óptico. El casco emite varios haces de ultrasonidos y una matriz de receptores colocados en el techo detectan la posición de la cabeza. Este tipo de tecnología es más asequible que la infrarroja del sistema óptico.

Cabina de proyección

El último dispositivo de inmersión total es la cabina de proyección CAVE²²⁶. La idea de este artefacto consiste en una habitación de tres metros de lado que tienen pantallas en lugar de paredes y techos. Las ventajas son una mayor libertad, sensación más natural y se evitan los agobios y mareos; otra ventaja es que la experiencia puede realizarse de forma colectiva.

²²⁶ Lapuente, Chema: op. cit., pp 9-10. El proyecto ha sido realizado por Thomas de Fanti, Dan Sandin y Carolina Cruz-Neira.