

Prohibida la divulgación y/o
reproducción de este documento, así
como su contenido sin la autorización
expresa de la autora.
Valencia, 10 Junio 1996

Universidad Politécnica de Valencia
Facultad de Bellas Artes de San Carlos
Departamento de Dibujo

TESIS DOCTORAL

**"Síntesis gráficas computerizadas en la Industria del mueble.
Metodología y aplicaciones gráficas de síntesis de imágenes en el diseño
de mobiliario".**

TOMO I

Teresa Magal Royo

Director: Dr. D. Manuel Lecuona López.

Tutor: Dr. D. Carlos Plasencia Climent.

Tesis realizada con apoyo institucional de una beca concedida por el Ministerio de Educación y Ciencia, dentro del marco de acciones de formación de personal investigador, en el intercambio de personal investigador entre industrias y organismos públicos en su modalidad D.

Agradecimientos

Agradezco a AIDIMA, Instituto Tecnológico del Mueble y Afines por prestarme el equipamiento necesario para la realización de la tesis, así como a todo su personal por el apoyo que me han ofrecido durante estos años, a los cuales les debo muchas de las aportaciones que en el presente documento se reflejan a nivel técnico. Muy especialmente a sus máximos responsables, el director D. Mariano Pérez Campos y al subdirector, D. Jose Manuel Boronat por ofrecerme la oportunidad de trabajar en AIDIMA.

Al Ministerio de Educación y Ciencia el apoyo que durante 4 años recibí, a través de una ayuda para el intercambio de personal investigador entre industrias y organismos públicos, en su modalidad D, a través de la dirección general de Investigación Científica y Técnica.

Al Departamento de Informática y Automática dirigido por Miguel Borrás, y compuesto por Isabel Gresa, Fernando Pérez, Diego Pérez, María José Nuñez, José Chaparro y Amparo Roca de Togores.

Al Grupo de Gestión e Investigación del Diseño, IGD, de la Universidad Politécnica de Valencia, Gabriel Songel, Emilio Espí, Pedro Ayala, Manolo Martínez, Elisa March, Pepe Almenar, Rodrigo y Javi.

Al Departamento de Diseño de Muebles del Royal College of Arts. A su director, Floris Van DenProeske y al técnico informático Patrick Russell por sus aportaciones durante los meses que estuve investigando en sus aulas.

A las empresas del mueble con las que he trabajado durante estos años por sus aportaciones en los proyectos realizados así como en la cesión de las imágenes que ilustran esta tesis.

A mi director tesis por apoyarme en todo momento en la realización de ésta, así como por ser tan paciente y sacrificado a todas mis preguntas.

A mi madre las horas que ha estado esperando con la comida hecha, así como a mi padre que sin saber muy bien que es lo que hacía, me ha apoyado en todo momento.

A mis amigos por soportarme durante estos años hablando de lo mismo.

Índice

- Agradecimientos.....	1
- Introducción	5
1- La visión humana como elemento receptor de la imagen.....	9
1.1- Procesos y reacciones fisiológicas de la visión.....	12
<i>Glosario</i>	31
<i>Apéndice</i>	33
<i>Bibliografía comparada</i>	40
1.2- Elementos de la psicofísica perceptual que afectan a la visión.....	43
1.2.1- La luz.....	49
<i>Glosario</i>	69
<i>Apéndice</i>	72
<i>Bibliografía comparada</i>	73
1.2.2- El color.....	80
1.2.2.1- Definiciones básicas en la interpretación del color.....	95
1.2.2.2- Sistemas de representación del color.....	103
<i>Glosario</i>	145
<i>Apéndice</i>	147
<i>Bibliografía comparada</i>	152
1.2.3- La forma.....	161
1.2.3.1- La conceptualización.....	166
1.2.3.2- Factores de interpretación de la forma frente al entorno.....	174
1.2.3.3- Niveles de interpretación. La discriminación visual.....	182
1.2.3.4- La interpretación de la información visual. La composición.....	183
1.2.3.5- Los fenómenos oculares.....	185
<i>Glosario</i>	195
<i>Apéndice</i>	196
<i>Bibliografía comparada</i>	198

2- La comunicación visual.	204
2.1. Definición de los elementos básicos de la comunicación.	208
2.2- Teorías del procesamiento de la Información en la Comunicación.	217
2.3- Teorías computacionales.	224
2.4- El lenguaje en la comunicación hombre-máquina.	248
<i>Glosario</i>	249
<i>Apéndice</i>	251
<i>Bibliografía comparada</i>	259
3- La formalización del objeto.....	265
3.1- Factores que determinan la profundidad visual.	268
3.2- La organización del espacio.	302
3.3- El entorno de trabajo. El espacio creativo.	304
3.4- Generación de la profundidad visual. El concepto de proyección.....	313
3.5- Tipología de los elementos constructivos básicos.	323
3.6- Técnicas de creación del objeto por ordenador.....	342
<i>Glosario</i>	370
<i>Apéndice</i>	372
<i>Bibliografía comparada</i>	376
4- La generación del realismo visual por ordenador.	385
4.1- La aplicación de propiedades en el objeto tridimensional.	388
4.1.1- Propiedades de carácter externo.....	389
4.1.1.1- La iluminación. Factores de medición. Clasificación de luminarias.....	390
4.1.1.2- El fondo informático. Los fenómenos naturales.....	425
4.1.2- Propiedades de carácter interno.....	438
4.1.2.1- El concepto de sombreado informático.....	450
4.1.2.2- La textura.	461
<i>Tablas</i>	481
<i>Glosario</i>	493
<i>Apéndice</i>	495
<i>Apéndice informático</i>	508
<i>Bibliografía comparada</i>	518

5- Aspectos técnicos y metodológicos en la creación de imágenes.....	523
5.1- La evolución de las aplicaciones informáticas.....	525
5.2- La imagen sintética.....	533
5.2.1- Técnicas de pre-proceso.....	535
5.2.2- Técnicas de creación.	549
5.2.3- Técnicas de post-proceso.	572
5.3- Los instrumentos físicos de visualización. El monitor.	587
<i>Glosario</i>	613
<i>Apéndice</i>	619
<i>Apéndice informático</i>	625
<i>Bibliografía comparada</i>	630
6- Metodología y aplicaciones en el diseño proyectual de mobiliario.....	637
6.1- Fases de actuación en el proceso de diseño del mueble.	640
6.1.1- Aspectos metodológicos comparativos frente al diseño mobiliar.....	666
6.1.2- Ejemplos concretos de la actuación en el proceso de creación del mueble mediante la ayuda de herramientas informáticas.....	691
6.1.2.1- Efectos concretos utilizados en la generación de realismo visual a través de las imágenes sintéticas.....	718
<i>Glosario</i>	750
<i>Apéndice</i>	753
<i>Apéndice informático</i>	754
<i>Bibliografía comparada</i>	774
7- Conclusiones	786
Bibliografía general y temática.....	813

Introducción

Este documento ha sido desarrollado durante cuatro años, gracias al apoyo institucional de una beca concedida por el Ministerio de Educación y Ciencia, dentro del marco de acciones de formación de personal investigador en el intercambio de personal investigador entre industrias y organismos públicos de investigación en su modalidad D.

Las aportaciones que en todo momento han sido asumidas por el Instituto Tecnológico del Mueble, AIDIMA, tanto en recursos humanos como técnicos han supuesto para la doctoranda una ayuda inapreciable en el desarrollo de numerosos aspectos mostrados en el presente documento a través de los trabajos desarrollados para empresas del sector y que justifican totalmente las acciones de apoyo realizadas a nivel metodológico en la creación de las imágenes sintéticas de productos de cara a la implantación de dicha tecnología en el sector.

La permanencia en el departamento de Informática y Automática en el área de desarrollo de producto, junto a un equipo de informáticos e ingenieros ha enriquecido la base teórica de la doctoranda, en el conocimiento de las técnicas más avanzadas de DAO y FAO aplicado al sector del mueble en general, permitiendo conocer las necesidades de innovación tecnológica de la empresa del mueble y que han permitido enfocar convenientemente la problemática en el uso y mejora de las imágenes sintéticas virtuales.

La disponibilidad de un equipamiento de alto nivel ha permitido el avance significativo en los trabajos empíricos creados por la doctoranda, apoyados en todo momento por la necesidad de resolver el día a día de proyectos y acciones deficitarias en los gabinetes de diseño, departamentos técnicos, departamentos de creatividad relacionados directa o indirectamente con la industria del mueble y afines.

Las aportaciones teóricas en el campo del diseño y en los estudios sobre la psicología de la percepción y comunicación visual, fueron desarrolladas e investigadas de forma paralela durante estos años en la Facultad de Bellas Artes, con el Grupo de Investigación y Gestión de Diseño perteneciente al Departamento de Dibujo de la Universidad Politécnica de Valencia, mediante el estudio de

métodos didácticos y pedagógicos de uso de la imagen en el campo del diseño de producto, sin los cuales el presente documento sería considerado incompleto debido a la profunda implicación de los conceptos plásticos en los procesos creativos de la imagen sintética de simulación.

Dichas acciones fueron complementadas con una estancia de tres meses en el Royal College of Arts de Londres, en el departamento de Muebles, que permitieron profundizar y ampliar los conocimientos que sobre la problemática se estaban desarrollando a nivel internacional tanto en el campo del diseño, como el de la informática gráfica aplicada.

Todo ello ha supuesto la confirmación de que numerosos principios y conclusiones que afectan al ámbito de la ergonomía visual y plástica de los procesos creativos investigados por la doctoranda se han generado durante los últimos años, y que sin duda han creado una evolución paralela al desarrollo de implementaciones significativas en los programas DCAO de creación de imágenes sintéticas

En esencia, la presente tesis está dirigida a la comprensión y utilización de la imagen sintética generada por ordenador en el campo del diseño, se ha pretendido aunar los conocimientos que sobre la percepción visual en el ser humano y las implicaciones técnicas y metodológicas en la creación plástica de imágenes virtuales.

Dicha comprensión facilitará la búsqueda de aquellos parámetros que definen la problemática tanto en las fases creativas como en los procesos de percepción de la imagen que impliquen un conocimiento previo o cuanto menos aprehendido del lenguaje de comunicación que ofrece la imagen sintética y virtual.

Ello la convierten en una herramienta asequible dentro del ámbito industrial y en concreto en el sector del mueble como apoyo a la fases creativas involucradas en el desarrollo de productos.

La presente tesis, se halla desglosada en cinco áreas enfocadas al conocimiento de las áreas de actuación de la imagen sintética desde los estadios más básicos que implican el ámbito de la percepción humana hasta ahondar en problemáticas concretas derivada de la creación de la imagen virtual de carácter realista de mueble como apoyo y/o herramienta al diseño de producto. Todo ello se resume en:

- El estudio de la fisiología en los procesos perceptivos de la imagen, que junto a los factores psicológicos definen los límites perceptivos del ser humano.
- El estudio de la incidencia de la imagen sintética en el ámbito de la comunicación visual y en concreto en los procesos de reconocimiento como entidad visual de primer orden.
- El estudio metodológico de las fases creativas necesarias para la obtención de la imagen sintética.
- El conocimiento de los procesos técnicos implicados en la generación de la imagen sintética en el ordenador y en el dispositivo de visualización, el monitor.
- La aplicación metodológica de la imagen en el campo del diseño industrial, dentro de las diversas fases de desarrollo de un producto y concretamente en el sector del mueble y afines.

CAPITULO I



La luz

El color

La forma

1. La visión humana como elemento receptor de la imagen

Introducción

La visión es el instrumento que dispone el ser humano para percibir el entorno que nos rodea mediante la elaboración de imágenes subjetivas. Los procesos fisiológicos dentro del sistema de la visión presentan un proceso global en el que se realiza un procesamiento de los datos en forma de registro o estímulo, capaz de ser almacenado, recuperado y reutilizado, manteniendo una cohesión muy directa entre la información que llega al ojo en forma de mensajes eléctricos procedentes de la iluminación externa y la información codificada que sale hacia el cerebro.

A nivel teórico¹, mientras la fisiología y la anatomía² intentan comprender la composición de los órganos relacionados con la visión, como el ojo, la psicología de la percepción es la encargada de investigar los procesos de elaboración y efectos de nuestra inteligencia sobre los datos obtenidos.

En el presente capítulo describiremos los procesos fisiológicos involucrados en la percepción de la imagen por el ojo y que sin duda servirán de punto de referencia para entender la actuación del fenómeno de la visión en el campo informático.

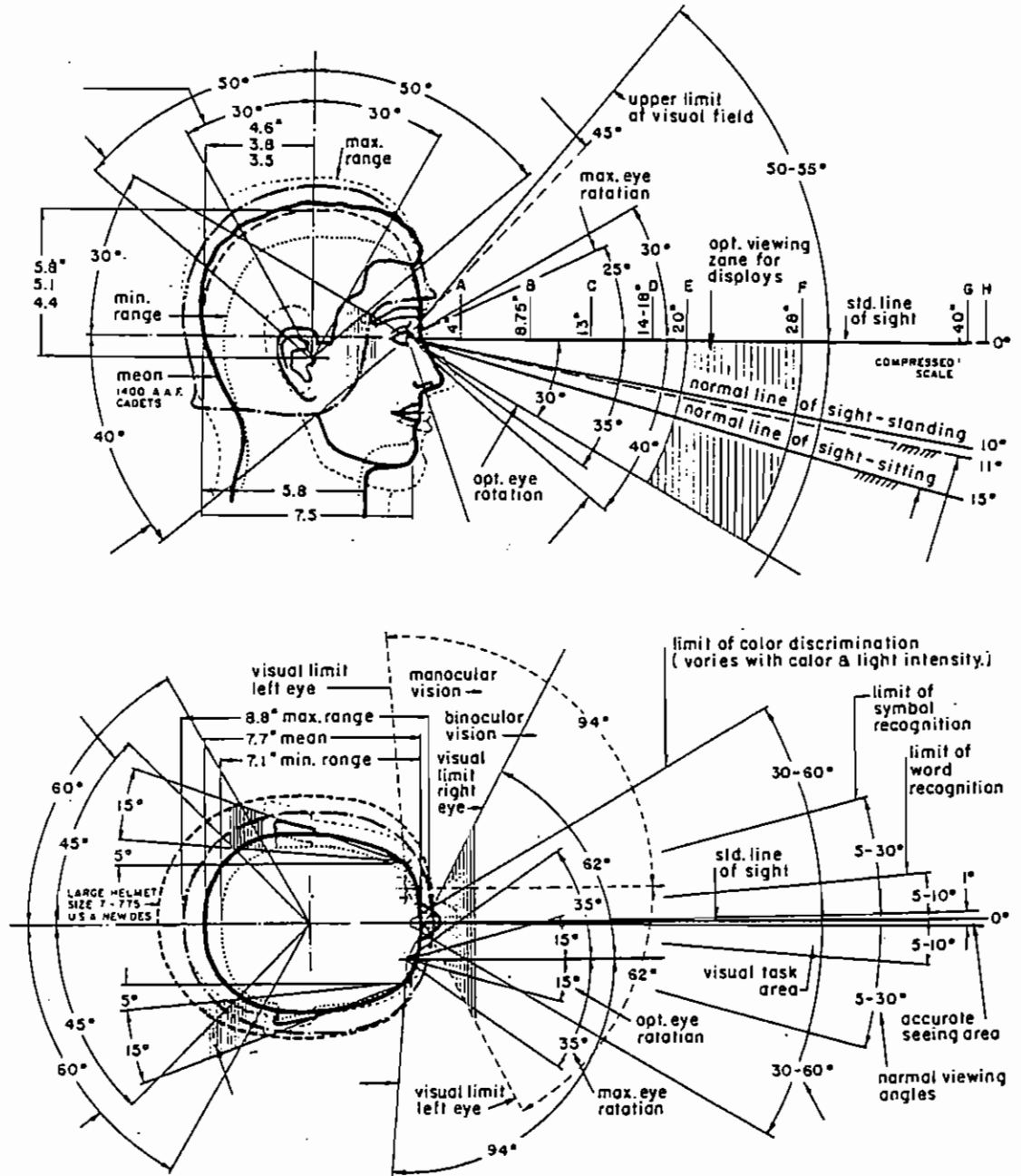
Tabla I

Sistemas perceptuales en el ser humano

Sistema	Modo general de actividad	Unidades receptoras	Estructura anatómica	Actividad típica del órgano	Estímulo	Información externa obtenida
Orientación básica	Postura, orientación general.	Mecanoreceptores gravitatorios	Órganos vestibulares	Equilibrio del cuerpo.	Fuerzas de la gravitación y de la aceleración	Dirección de la gravedad, que nos sujeta y empuja.
Audición	Escucha	Mecanoreceptores	Oído	Orientación de los sonidos	Vibraciones en el aire	Naturaleza y localización de fuentes vibratorias.
Háptico	Tocar	Mecanoreceptores, termorreceptores.	Piel, Músculos, tendones, ligamentos, receptores kinestésicos	Exploración realizada por extremidades, piel, lengua,...	Deformación por contacto, estímulos sobre las fibras musculares, estímulos térmicos de dolor,...	Contacto con superficies, tamaño de los objetos, estados del material, relacionados con la viscosidad y la solidez. Calor y frío
Olor-sabor	Oler	Quimio-receptores	Nariz	Esnifar	Composición química de vapores por inspiración	Olores naturales o artificiales
	Saborear	Quimio y fisio-receptores	Boca	Saborear	Composición química de sustancias ingeridas	Elementos nutritivos
Visual	Mirar	Foto-receptores	Ojos, músculos oculares	Acomodación, ajuste pupilar, fijación, convergencia, retículo binocular, movimiento,...	Luz	Tamaño, forma, distancia, color, textura, movimiento,...

Tabla comparada extraída del libro de A. H. Buss. "Psychology: man in perspective". Ed, John Wiley, New York, 1973, basada en los datos fuente de la obra de J.J. Gibson, "The Ecological Approach to Visual Perception". Ed. Houghton Mifflin, Boston, 1979.

Imagen 1



Imágenes extraídas del libro "Civiltà delle Machine" de Pierluigi Cerri. Editorial Fabbri.

Milán, 1990. Pag. 233 y pag. 235.

1.1- Los procesos y reacciones fisiológicas de la visión.

La visión es el proceso por el cual nuestro sistema visual responde a los estímulos exteriores. Su principal acción es la captación de las diferentes longitudes de onda que provienen de nuestro entorno visual. Los seres humanos, por tanto, reciben información estimular en forma de energía luminosa que penetra a través del ojo y es posteriormente transmitida al cerebro, mediante un proceso llamado transducción³.

El sistema receptivo del hombre es en realidad un compendio de evoluciones genéticas adaptadas a la convivencia del hombre con la naturaleza⁴. Esta adaptación es según numerosos científicos el centro de nuestras experiencias⁵ y percepciones en nuestro mundo real.

Durante siglos, la interpretación del mecanismo de la visión se ha interpretado en numerosas ocasiones bajo el concepto fotográfico de estimulación sensorial del ojo, siguiendo las investigaciones científicas acumuladas durante años, en base al descubrimiento de la existencia de un pigmento visual, conocido como la rodopsina⁶.

Hasta el presente siglo, la teoría del proceso fotográfico de la visión marcó la tendencia investigadora bajo el concepto de “realismo ingenuo⁷”, en el que los filósofos creían en la correspondencia directa entre el mundo percibido y el mundo real, independientemente de nuestra experiencia adquirida.

Esta premisa fué poco a poco superada con el desarrollo, por una parte, de las teorías neuronales descritas entre otros por Santiago Ramón y Cajal, por las teorías de la interpretación perceptiva de las formas que derivaron a las teorías de la Gestalt y por el desarrollo del microscopio electrónico que permitió el estudio profundo de la anatomía del ojo. El descubrimiento de las nuevas estructuras celulares y neuronales obligaron a modificar substancialmente la mayoría de las teorías que hasta el momento existían.

En conjunto, las teorías⁸ sobre los mecanismos fisiológicos de la percepción en el hombre se hallan en la actualidad divididas en dos áreas de conocimiento que engloban, por una parte las teorías más avanzadas sobre los mecanismos neuronales y por otra, por el conocimiento de las reacciones netamente eléctricas y químicas de las células receptoras de los impulsos luminosos externos.

En la actualidad la enorme cantidad de procesos de todo tipo que se hallan involucrados en el mecanismo de la visión ha supuesto el nacimiento, la fusión y resurgimiento de nuevos campos científicos cuyos límites y competencias se hallan cada vez más interrelacionados.

Por ello, en la presente tesis hemos intentado resumir aquellos aspectos que dominan de forma inicial los conceptos perceptivos de la visión con independencia de los campos científicos que lo han generado. No obstante, hemos encontrado que existe un punto inicial común que los reúne, manteniendo una conexión global en el proceso visual y que corresponde a los conceptos de estímulo y reacción.

La reacción ante un estímulo, es un hecho determinante en cualquier campo científico relacionado con los sistemas de captación y transmisión de datos. Es considerada como uno de los pilares sobre los que se asientan numerosas teorías científicas relacionadas con la comunicación y la Sociedad. Por tanto, la utilizaremos para realizar una breve descripción de los procesos que se hallan involucrados en la fisiología de la visión desglosados en las diferentes reacciones que se producen en el sistema perceptivo y entre las encontramos:

- **Las reacciones físicas de la visión.** Este tipo de reacciones se halla relacionadas con los estímulos que afectan de alguna manera al sistema neuronal y que producen una respuesta concreta sobre el organismo⁹, ya sea a través de los órganos visuales, producidas consciente o inconscientemente.

Entre ellos destacaremos, por ejemplo, ciertos fenómenos físicos como pueden ser las reacciones del ojo frente al deslumbramiento, el fenómeno de la agudeza visual, los procesos de enfoque de la imagen, etc...

- **Las reacciones fotoquímicas.** Se relacionan con aquellos estímulos desarrollados por los pigmentos visuales frente a la luz. Entre ellos destacaremos, por ejemplo, la respuesta de la rodopsina¹⁰ o pigmento visual situada en la retina, que es capaz de variar su estructura química cuando se ve afectada por la luz.

- **Las reacciones neuronales.** Comprenden los mecanismos de estimulación de las neuronas relacionadas con la visión en función de la respuestas recogidas a través de las células receptoras y transmitidas al cerebro. Entre ellos destacaremos los procesos de sinápsis neuronales que servirán para la interpretación perceptual de las imágenes.

- **Las reacciones eléctricas.** Emitidas por los receptores visuales, constituyen un tipo de estímulo de los datos primigenios provenientes del sistema nervioso. Gracias ellas se establecen los umbrales de la estimulación neuronal, que actúan como filtros iniciales de la información transmitida al cerebro.

- Las reacciones físicas de la visión.

El comportamiento físico de la visión se centra principalmente en las reacciones del globo ocular frente a la visión del campo visual.

La reacción física estimular de la luz, produce en el ojo, movimientos de ajuste sobre las imágenes captadas de forma involuntaria en forma de contracciones musculares sobre el interior y la periferia del globo ocular.

El ojo se mueve en un ángulo de cerca de 20 segundos de arco entre 30 y 70 veces por segundo, compensado por un segundo movimiento largo y oscilatorio junto con unas rápidas sacudidas con una amplitud de 5 minutos de arco corregidas a su vez por los movimientos lentos. La imagen que obtenemos, por tanto, se halla en constante movimiento¹¹ no solamente por los movimientos del ambiente, es decir, los producidos por la cabeza y el cuerpo, por ejemplo, sino también por un continuo temblor del ojo, que establecen pequeños movimientos brusco llamados "nystagmo" fisiológico. Pero este temblor no afecta a la coherencia de la imagen percibida ya que nuestra adaptación instantánea de los percibido produce un flujo constante de información asimilada de forma continua.

No obstante, existen otras reacciones internas dentro del globo ocular que si que son percibidas a simple vista, en función, principalmente, de la potencia de luminosidad que incide sobre el ojo y que se relacionan con el ajuste de las imágenes binoculares, la abertura o el cierre de la pupila frente a diversos grados de luminosidad, e incluso el estado de animo de la persona, en función de los movimientos de los músculos internos del ojo como el iris.

Entre las reacciones físicas externas destacaremos por ejemplo, los relacionados con el reconocimiento de las formas, el paralaje que realizan los globos oculares para calcular distancias, o la convergencia de la visión durante el enfoque de la imagen¹², etc... en función del movimiento involuntario de los músculos ciliares.

- Las reacciones fotoquímicas.

Las reacciones fotoquímicas, fueron una de las primeras propuestas teóricas de carácter empírico que se realizaron para descubrir el verdadero mecanismo de la percepción.

Los primeros intentos de descubrir las sustancias que afectaban a la interacción de la luz fueron registrados por Frank Boll en 1876. F. Boll descubrió que si extraía un ojo de un animal, lo dejaba en una habitación cerrada con una penetración de la luz por la ventana, un posterior examen de la retina de este ojo, presentaba una especie de imagen de los contornos de la fuente de luz sobreimpresionada sobre ella. En las zonas donde no había incidido la luz la retina aparecía ligeramente rosada, mientras que en la zona donde había incidido la luz aparecía transparente. Este efecto conocido como "optograma", fué la base de sus investigaciones que llegaron a concluir que la retina contenía una especie de sustancia rosada que se convertía en transparente al contacto con la luz.

Hasta 1894 no se produjo una identificación real de la rodopsina como pigmento del ser humano. El estudio de dicho pigmento llevado a cabo por Köning, vino determinado por el conocimiento de las limitaciones de dicho pigmento frente a diversos niveles de iluminación existentes en el espectro visual¹³.

La comparación real entre el espectro de la rodopsina y el espectro sensible humano en niveles básicos cuantificables mediante un espectrómetro venía definido por la posibilidad de direccionar un haz de luz espectral de cualquier longitud de onda sobre una preparación acuosa cuyo componente principal era la rodopsina y que permitía la medición de la cantidad de luz que la atraviesa determinando así la absorción de la misma¹⁴.

El espectro de absorción de la rodopsina, se estableció mediante la decoloración de la rodopsina y estudiando su comportamiento frente a la luz, permitiendo desarrollar fórmulas empíricas como son las del "test de las longitudes de onda" que se obtenía multiplicando las longitudes de onda λ y las intensidades de luz que pasan a través de la solución de rodopsina, antes y después de la pérdida de color, en función de los valores $I_1(\lambda)$ y $I_2(\lambda)$, respectivamente.

La cantidad de luz absorbida por la rodopsina, para cada longitud de onda se establece por la diferencia entre los dos valores expresados matemáticamente como:

$$I_1(\lambda) - I_2(\lambda)$$

Köning demostró que cualquier longitud de onda la cantidad de luz absorbida¹⁵ es proporcional a la intensidad de la luz incidente en base a una constante de proporcionalidad¹⁶ dado por el espectro de absorción de la rodopsina.

Las reacciones fotoquímicas del pigmento visual en presencia de la luz se producen cuando una serie de cambios en la estructura de la rodopsina la convierten en una sustancia denominada "retinene" cuyo componente principal es la vitamina A¹⁷.

En la actualidad se cree que este fotopigmento está constituido por una opsina, situada en la membrana de la célula y del retinal 11-cis, un aldehído de la vitamina A. El componente que absorbe la luz está situado en el interior de la estructura formada por la molécula de opsina. La respuesta a los estímulos luminosos del color depende, por tanto de la descarga eléctrica situada en la opsina¹⁸. Este desgaste del pigmento necesita ser regenerado constantemente para que pueda nuevamente captar y transformar la energía luminosa en impulsos nerviosos¹⁹.

El proceso descrito por Wald²⁰ en 1968, mantenía que los pigmentos visuales se decoloran al pasar de la obscuridad a la luz y se regeneran al pasar de la luz a la obscuridad. Como hemos comentado anteriormente, en el proceso de decoloración por la exposición de la luz por el ojo, las células pigmentadas, sufren una transformación química que produce el desgaste del componente sensible a la luz. Cuantas más moléculas de pigmento se decoloren más claros se vuelven los pigmentos en los receptores y por tanto, existirá un límite cuantificable donde se producirá una pérdida de sensibilización a la luz. Cuanta menos luz es absorbida por los pigmentos más aumenta la intensidad de la luz reflejada en el ojo²¹.

A nivel anatómico, en 1866, Max Schultz, describió dos tipos de receptores en la retina estableciendo definitivamente en 1896 una de las primeras teorías fisiológicas que tenían en cuenta los procesos y reacciones fotoquímicas en el ojo en base a la teoría de la duplicidad de la visión. En ella se describía que en la retina existían dos tipos de células receptoras, las cuales no sólo parecían diferentes visualmente sino que además poseían funciones y propiedades distintas, operando incluso bajo diferentes condiciones.

Debido a que en esencia, presentaban diferentes tipos de pigmentos y cuyas conexiones con las neuronas se efectuaban por separado²².

Cada ojo tiene aproximadamente unos 6 millones de conos y unos 120 millones de bastones, por lo que no existe una distribución uniforme de células receptoras de tipo bastón y cono. El área de actuación de los receptores se halla localizada principalmente en la fóvea y que se sitúa en la trayectoria de visión siempre que miramos directamente a un objeto, ya que su imagen se proyecta en

ella. Existe una pequeña zona de la retina denominada “Fóvea Centralis”, que contienen únicamente receptores de tipo cono²³. El resto de la retina que rodea a la fóvea se llaman comúnmente “Fóvea Periférica” y contiene indistintamente tanto receptores de tipo cono, como en receptores tipo bastón.

La forma de las células fotorreceptoras de tipo bastón²⁴ se describe como una especie de cilindro dividido en su interior por dos regiones conocidas como elipsoides y mioides. Las células de tipo cono, presenta una forma de carácter cónica menos alargadas que las de tipo bastón.

Estos fotorreceptores no son tampoco ópticamente homogéneos frente a la luz y es difícil asignar valores únicos para las propiedades de refractividad, absorción, dispersión a la luz, etc... Solamente existen algunos datos relacionados en el cálculo de los posibles coeficientes de refracción para cada una de las partes de las células fotorreceptoras, que han permitido dislumbrar la potencia de absorción de las longitudes de onda que reciben.

No obstante, las investigaciones llevadas en la actualidad, han permitido descubrir las áreas de actuación individual de cada uno, durante periodos de emisión de luz concretos. Los bastones, por ejemplo, actúan en iluminaciones de baja intensidad y son capaces de actuar en la detección de los bordes donde los cambios de luminosidad se consideran más bruscos. Mientras que los conos lo hacen en iluminaciones de alta intensidad y son sensibles principalmente al color.

Richard Young en 1967, fué el primero en demostrar realmente que existía un proceso de regeneración de los pigmentos visuales²⁵ en forma de emisión de discos, por parte de las células fotorreceptoras y que se generaban según las necesidades del ojo.

La técnica fué demostrada inicialmente en animales y se basaba en la inyección de aminoácidos sobre la retina, en ranas y ratas, estudiando las variaciones en la cantidad de pigmento cuantificado en función del tiempo. Demostró que una hora después de haber recibido la inyección la proteína radiactiva de los bastones se hallaba concentrada en el segmento interno del receptor y que posteriormente, la misma proteína se había desplazado hacia la base del segmento externo. Más tarde, con el paso de varios días, la banda que marcaba la proteína se situaba en la parte superior más alejado del segmento exterior. El desplazamiento en la banda de radiactividad indicaba que los principales componentes del pigmento visual, forman nuevos discos en la base del segmento externo y que estos discos se desplazan hacia el otro extremo del receptor.

La desaparición de la banda radiactiva después de alcanzar la punta del segmento exterior indicaba que los discos se desprendían finalmente sobre la capa

más externa que envolvía a la células receptora y en concreto en su epitelio pigmentado.

O'Day y Young confirmaron en 1978, que existía una diferencia temporal en los desprendimientos²⁶ de bastones y conos, demostrando que el desprendimiento de los discos en los bastones se produce sobre todo al final de las horas consideradas nocturnas ó en forma de una ausencia real de luz, mientras que en los conos se produce al final de las horas consideradas diurnas ó mediante la presencia de luz.

En la tabla II, se resumen los datos más importantes de las funciones de los receptores de tipo bastón y cono del ojo humano dentro del proceso de generación de los pigmentos visuales.

Tabla II

Propiedades de los fotorreceptores

Propiedades	Conos	Bastones
Forma del segmento externo	Forma de cono	Forma de bastón
Desprendimiento de discos	Al anochecer	Al amanecer
Número	6 millones en la retina	120 millones en la retina
Distribución	Fóvea y la periferia	En la periferia
Adaptación a la oscuridad	Rápida	Lenta
Sensibilidad espectral	Más sensible a partir de los 560 nm.	Más sensible a partir de los 500 nm.
Sensibilidad adaptada a la oscuridad	Baja	Elevada
Agudeza	Elevada	Baja

Extraído del libro "Color Matching and the Visual Pigments: Luminosity Functions for Photopic Vision". Capítulo 5°. Boynton R., Robert M. Edición Optical Society of America, OSA. USA, 1992. Pag. 153-154.

- Las reacciones neuronales.

Las reacciones neuronales son consideradas el punto clave en el proceso de la transformación de las señales lumínicas en nuestro cerebro, y se han convertido en la actualidad, en el centro de numerosas teorías que intentan unificar los criterios fisiológicos del cuerpo en base a las respuestas estimulares recogidas por los sentidos.

En el proceso general de captación de estímulos externos por el ojo, y en concreto en la zona conocida como retina, donde se sitúan los fotorreceptores, se halla el punto de partida de la red nerviosa que transmitirá las señales generadas en los receptores visuales hacia el cerebro.

Las señales que dejan la retina siguiendo el nervio óptico, se dirigen en primer lugar, al Núcleo Geniculado Lateral, conocido como NGL, situado en el tálamo, donde se produce la sinápsis entre neuronas.

Las investigaciones sobre el nervio óptico por Hartline²⁷ permitieron descubrir la existencia de tres tipos de fibras²⁸ en el nervio óptico que son:

- Las fibras de tipo "on", o "activas". Se activan cuando existe un estímulo luminoso, descargándose a una tasa inferior durante el tiempo que dura la estimulación. Dejan de descargarse cuando se apaga definitivamente la luz.
- Las fibras de tipo "on-off", o "activas-desactivas". Se activan cuando se enciende o apaga la luz pero no responden ante una iluminación constante.
- Las fibras "off", o "desactivas". No responden cuando se enciende la luz o ante una iluminación constante, pero responden cuando se apaga la luz.

Hartline, halló que a cada tipo de fibra le correspondían a un área específica de la retina, compuestas a su vez por un número elevado de receptores. Esta área independiente para cada categoría de fibra se denominó "área o campo receptivo" de la fibra nerviosa. Por tanto, el campo receptivo es la región de la retina que debe ser iluminada directamente para conseguir una respuesta definida sobre una determinada fibra nerviosa.

Stephen Kuffer en 1953, mejoró la teoría de Hartline, definiendo las áreas de estimulación mediante experimentos realizados con el nervio óptico del gato. Sus investigaciones determinaron la existencia complementaria de un área de estimulación del área central en cada campo, producida por la activación luminosa,

bajo una respuesta considerada como "on" y por un área de estimulación en la periferia que producía activación estimular cuando la luz se apagaba, es decir cuando aparecía la respuesta en "off".

Existía además, un área intermedia definida como "on-off", situada entre el área central y la periferia, donde la activación se producía en función del nivel de estimulación luminosa producida, con la posibilidad de generar una respuesta en "on" o una respuesta "off". El hecho de que áreas diferentes del campo receptivo puedan producir tipos diferentes de respuestas a la vez, toma importancia al considerar que éstas áreas pueden influir entre sí en función de niveles específicos de luminosidad del entorno de visualización.

El proceso interactivo entre los campos se denomina antagonismo "centro-periférico"²⁹ y permite a la célula receptora, realizar un análisis primitivo del estímulo luminoso aplicado bajo una fase de discriminación que posteriormente codificará de forma unitaria o individualmente. Existe una clara diferenciación entre los tipos de neuronas específicas para el reconocimiento de los estímulos luminosos y la detección de características o formas³⁰ estudiadas por Hubel y Wiesel en 1965.

Una explicación más detallada de la fisiología neuronal, es sin duda la existencia de una gran diversidad de células que actúan bajo parámetros específicos de estimulación orientativo. Por ejemplo, en el córtex visual, encontramos células que sólo responden a estímulos específicos y en concreto, destacaremos las células corticales simples, que son capaces de responder a una franja de luz con una orientación determinada en una posición exacta del estímulo de la retina³¹. Una célula simple sólo se activará cuando se presente la luz en el área denominada en "on" o se retire en el área denominada "off" de su campo receptivo. Hubel y Wiesel descubrieron que este tipo de células ofrece una respuesta óptima frente a franjas de luz orientadas verticalmente -y por tanto orientación 0- y responde con menor medida cuando la franja cambia de inclinación.

El sistema visual determina, por tanto, la especialización de los sistemas neuronales en la zona de las células corticales, capaces de detectar orientaciones específicas y donde la importancia del movimiento de la estimulación es fundamental, para ser captado periódicamente³². La célula compleja se activará cuando la franja de luz correctamente orientada se mueva a través de todo el campo receptivo. Las células hipercomplejas sólo se descargan en respuestas a franjas en movimiento de longitud específica o ante ángulo o esquinas en movimientos.

Hubel y Wiesel completaron su teoría confirmando, la disposición columnar de las células³³, mediante el descubrimiento de la orientación uniforme que presentaban todas las células- simples, complejas e hipercomplejas- en una trayectoria perpendicular a la superficie cortical, y que perfiló una teoría paralela a la inicialmente presentada conocida como “la teoría de la disposición columnar” de las células en el córtex.

Este hallazgo, obtenido mediante experimentos electrofísicos, estableció la teoría de que de la misma manera que las células simples se pueden construir a partir de cierto número de células con campos receptivos centro-periferia, las células complejas podían construirse a partir de cierto número de células simples en una orientación óptima y que a su vez partiendo de células complejas podemos llegar a simular las funciones de una célula hipercompleja. La suma de todas las reacciones establecen el reconocimiento de la mayor parte de la características de la imagen situada en nuestro campo de visión.

La tabla III, se describe los tipos de células neuronales relacionadas con el sistema visual existentes en el ser humano:

Tabla III

Tipos de células neuronales

Tipo de célula	Características
Fibra del nervio óptico. Célula ganglionar.	Campo receptivo centro-periférico. Presenta una respuesta óptima ante puntos pequeños, aunque también responde a otros estímulos.
Célula Geniculada Lateral.	Campo receptivo centro-periférico. Similar al de las fibras del nervio óptico.
Célula cortical simple.	Áreas “ON” y “OFF” con continuidades espaciales. Presenta una respuesta óptima ante franjas en una determinada orientación
Célula Cortical compleja.	No responde ante puntos pequeños. Respuesta óptima ante el movimiento de una franja con la orientación adecuada que se desplaza a través del campo receptivo
Célula cortical hipercompleja.	No responde ante puntos pequeños. Lo hace ante esquinas, ángulos o franjas de una longitud determinada moviéndose en una dirección concreta.

Extraído del libro “The encoding Color. The receptive field organization”. R. Boynton, M. Robert. Edición Optical Society of America, OSA.USA, 1992. Pag 239-241.

El área siguiente en la trayectoria del estímulo luminoso que atraviesa la retina y que llega a las fibras neuronales descritas es el Núcleo Geniculado Lateral o NGL³⁴. Se halla compuesto por seis capas y entre cada una de ellas, existen fibras nerviosas, capaces de codificar y clasificar estímulos diversos. Las capas actúan como registros de manera que cuando se ve un objeto, por ejemplo, la actividad neuronal que se produce en un ojo³⁵ se dirige a una región particular de una capa de las capas del NGL.

Las fibras que salen del NGL tienen campos receptivos casi idénticos a los encontrados en las fibras ganglionares de la retina. Por tanto, tienen una organización circular centro-periferia, de manera que transmite la información visual sin ninguna distorsión hacia el siguiente nivel. Después de la salida del NGL, el estímulo no se ve afectado por ningún tipo de filtro o umbral determinado hasta que llegue la información visual a las áreas receptoras corticales del cerebro.

En cada una de las áreas de recepción visual, las fibras de las regiones contiguas de la retina terminan en las partes adyacentes de los centros receptores corticales. Dos de las áreas reciben entradas directas del NGL y el conjunto de las tres áreas se hallan altamente interconectadas. Las fibras que salen de las áreas primarias de recepción visual van a los lóbulos temporales a los lados del cerebro, una área que se halla implicada en el aprendizaje y la retención de los hábitos.

La corteza visual, que se compone de cinco capas, presenta fibras de entrada en el NGL, que terminan principalmente en la cuarta y quinta capa situadas en su parte más profunda. El análisis del mensaje sensorial comienza, por tanto, en la cuarta y quinta capa y se elabora a través de sucesivas capas corticales hasta que la información sale finalmente a las áreas del cerebro conocidas como visuales y se relaciona indirectamente con otras partes del cerebro.

Los detectores de características no son exclusivos del sistema visual sino que podemos encontrarlos en otros sistemas sensitivos como el auditivo o el táctil como los detectores encontrados en la piel³⁶ de la espalda que presentan también una orientación columnar, capaz de interpretar mensajes sensitivos de formas y distancias.

- Las reacciones eléctricas de energía.

Las reacciones de tipo eléctrico, establecen la transmisión de señales estimulares a través del sistema nervioso, que llega al cerebro, y por tanto son consideradas el detonante final de cualquier estímulo proveniente de los sentidos. Como hemos visto, el sistema nervioso, las señales se transmiten a través de las neuronas que son capaces de transformar la energía generada por los receptores en impulsos eléctricos³⁷.

Recordemos que las neuronas del cerebro se disponen en capas que filtran la información inicial proveniente de las células fotorreceptoras, proporcionando la información de entrada al cerebro. Estas células se conectan a su vez con células de segundo orden que transmiten la información interactuando unas con otras antes de generar potenciales de acción que serán transmitidos a la siguiente capa. Y a su vez, son transmitidas a las neuronas motoras que serán capaces de estimular a los músculos de determinada zona de nuestro cuerpo.

En el sistema visual, las primeras reacciones eléctricas se establecen durante el proceso de la visión cuando la longitud de onda llega a la retina atravesando el ojo y llegando a los pigmentos visuales situados en los fotorreceptores. El espacio entre el nivel básico de energía y el nivel crítico de respuesta es usualmente bastante grande como para poder establecer el puente a niveles espectrales de longitud de onda larga del fotón.

Si el nivel básico de energía fuera constante, se establecería un corte repentino de espectro visible a cierta longitud de onda larga no percibida como es el caso de la visión infrarroja³⁸ que se sitúa en el ser humano en una longitud de onda de 1000 nm. Pero la aleatoriedad en la variación de la línea base, está causada por las fluctuaciones térmicas de la energía de un electrón, permite a cualquier fotón de longitud de onda larga a cambios en su estructura molecular. Por esta razón, luces de longitud de onda larga pueden ser vistas, si son lo bastante fuertes como para proveer de los fotones suficientes para neutralizar las altas disparidades ocurridas para cada uno de ellos. Para longitudes de onda de 660 nm. y superior, se ha observado que la sensibilidad varía con la longitud de onda de acuerdo con la función:

$$\text{Log } S_{\lambda} = K + \frac{a}{\lambda}$$

donde **S**, corresponde a la sensibilidad en la longitud de onda **l**, **K**, es la constante independiente de la longitud de onda **a**, es la constante de valor 14.600 si la longitud de onda es expresada en nm.

El resultado de la ecuación, en base a zonas en el espectro visual determinan que la sensibilidad en la parte del espectro que determina el color rojo³⁹, varía en función de un 7 % por nm. Esta función puede expresarse en función de la frecuencia de vibración f en vez de la longitud de onda:

$$\text{Log } S_{\lambda} = K + a' f$$

Esto significa que la frecuencia de vibración de un fotón se incrementa linealmente en base al logaritmo de la sensibilidad. Recientes investigaciones han determinado que desde el punto de vista físico el valor de la constante en a' , depende, en realidad de la temperatura del cuerpo.

Desde el punto de vista energético y durante el mecanismo de absorción⁴⁰ de los pigmentos visuales, cuando una molécula de la rodopsina, por ejemplo, absorbe un fotón, será efectivo para la visión si puede alterar la energía del sistema de electrones en la molécula, excediéndose al nivel crítico de respuesta.

A nivel anatómico, el centro de la transmisión del mensaje eléctrico proveniente del exterior en forma de longitudes de onda es la neurona. La neurona se divide en un cuerpo o núcleo celular, que recibe principalmente las señales eléctricas, una serie de ramificaciones cortas denominadas dendritas que lo rodean y una fibra nerviosa o prolongación conocida como axón, que transmite la señal.

Para que la señal llegue al cuerpo principal de transmisiones o núcleo celular, la señal eléctrica viajará través de los axones orientados paralelamente⁴¹ y por el área conocida como la sinápsis⁴² es decir, por el espacio⁴³ existente entre el final de la fibra nerviosa de una neurona y el cuerpo celular de la neurona siguiente. La señal cruza la sinápsis estimulando las vesículas sinápticas, que descargan un transmisor químico capaz de generar una nueva señal eléctrica en el cuerpo celular de la neurona siguiente⁴⁴. Este salto químico a través de la sinápsis hace posible que las señales viajen largas distancias a través de la compleja red neuronas que se distribuye por el cuerpo humano en una sola dirección. La respuesta eléctrica puede dividirse en sinápsis de excitación y de sinápsis de inhibición, en función del tipo de transmisor y de la naturaleza de la membrana del cuerpo celular. Si la respuesta es excitativa el interior del cuerpo se hace más positivo y se incrementa la tasa de descargas nerviosas, y si por el contrario, la respuesta es inhibitoria, el interior del cuerpo celular se hace más negativa y decrece la tasa de descarga nerviosa.

Los componentes químicos involucrados en la señal eléctrica de las células nerviosas, se produce gracias a dos elementos químicos como el sodio y el potasio que fluyen a través de la célula. El sodio circula hacia el interior de la fibra mientras que el potasio circula hacia el exterior. Este flujo de sodio y potasio afecta a la

carga eléctrica positiva y negativa de la célula que desemboca en los impulsos nerviosos por la bajada de potencial en reposo y la subida de potencial durante la transmisión.

El proceso de transmisión requiere por tanto, un proceso combinado de transducción y transmisión, es decir, un cambio de forma energético de las señales eléctricas en químicas⁴⁵, de una difusión de la sustancia química transmisora y de una nueva transducción en una señal eléctrica.

En general, cuando el estímulo ha sido absorbido por un receptor de tipo bastón, la señal es transmitida hacia la parte del cuerpo del bastón, concretamente en su cuerpo sináptico o esférula. La esférula contiene conexiones o sinápsis, entre el receptor de tipo bastón y otras células nerviosas situadas en la primera capa sináptica, además de la capa intermedia de neuronas. Por las sinápsis, las señales son transferidas a las células bipolares de tipo bastón, otras a las células horizontales y otras se hallan conectados directamente con el cuerpo sináptico y en concreto al pedicle que corresponde a los cuerpos neuronales de los receptores de tipo cono.

La transmisión más importante se sitúa en los que se relaciona directamente las células bipolares de tipo bastón, porque la señal emerge desde allí, y es transmitida a través del cuerpo sináptico en la segunda capa sinápticas hasta la célula ganglionar difusa. La señal definitiva se generará en la célula ganglionar en respuesta a la entrada de señales que se recibe y será transmitida a través de las fibras nerviosas ópticas del cerebro⁴⁶. La presencia de las células horizontales y sus interconexiones con la primera capa sinápticas sugieren que existe un proceso lateral en la capa retinal. Las células horizontales cubren largas distancias (del orden de 100 μ n.), lateralmente en la capa intermedia compuesta de neuronas⁴⁷.

Cuando los fotones son absorbidos en el segmento más externo de fotoreceptor de tipo cono. La transmisión y el procesado de la señal resultante son en general, similares a los observados en la generación de la señal en el mismo segmento por un receptor de bastón, pero hay detalles formales diferenciados, ya que el pedicle de los receptores tipo cono de esta zona son considerablemente más largos que la esférula del segmento exterior en las células de tipo bastón⁴⁸. A través la sinápsis, las señales son transferidas a una célula bipolar de tipo cono, siempre del mismo tipo y transferido a una célula bipolar. A su vez y por un proceso similar de sinápsis, la señal es transferida a una célula horizontal, centro del proceso lateral que tiene lugar en la retina.

Otro tipo de sinápsis se localiza en la porción plana de la base del pedicle de los receptores de tipo cono, y en concreto entre sus invaginaciones a través de una sinápsis de este tipo la señal es transferida a otra célula de tipo cono bipolar,

denominado bipolar de tipo plano, que generalmente recibe señales en los fotorreceptores de tipo cono entre las capas de la 7ª a la 12ª según la distribución de Polyak⁴⁹. Las señales procesadas en la zona más diminuta y plana bipolar procediendo a través de la segunda capa sinápticas se transfiere a través de la célula ganglionar. Las células bipolares parecen conectadas preferentemente de forma sináptica con la zona más pequeña de las células ganglionares, mientras que la sinápsis en las células bipolares planas se establece con las células ganglionares pequeñas de carácter difuso. En la capa intermedia compuesta de neuronas, las células amacrinas gobiernan los procesos laterales en la segunda capa sinápticas.

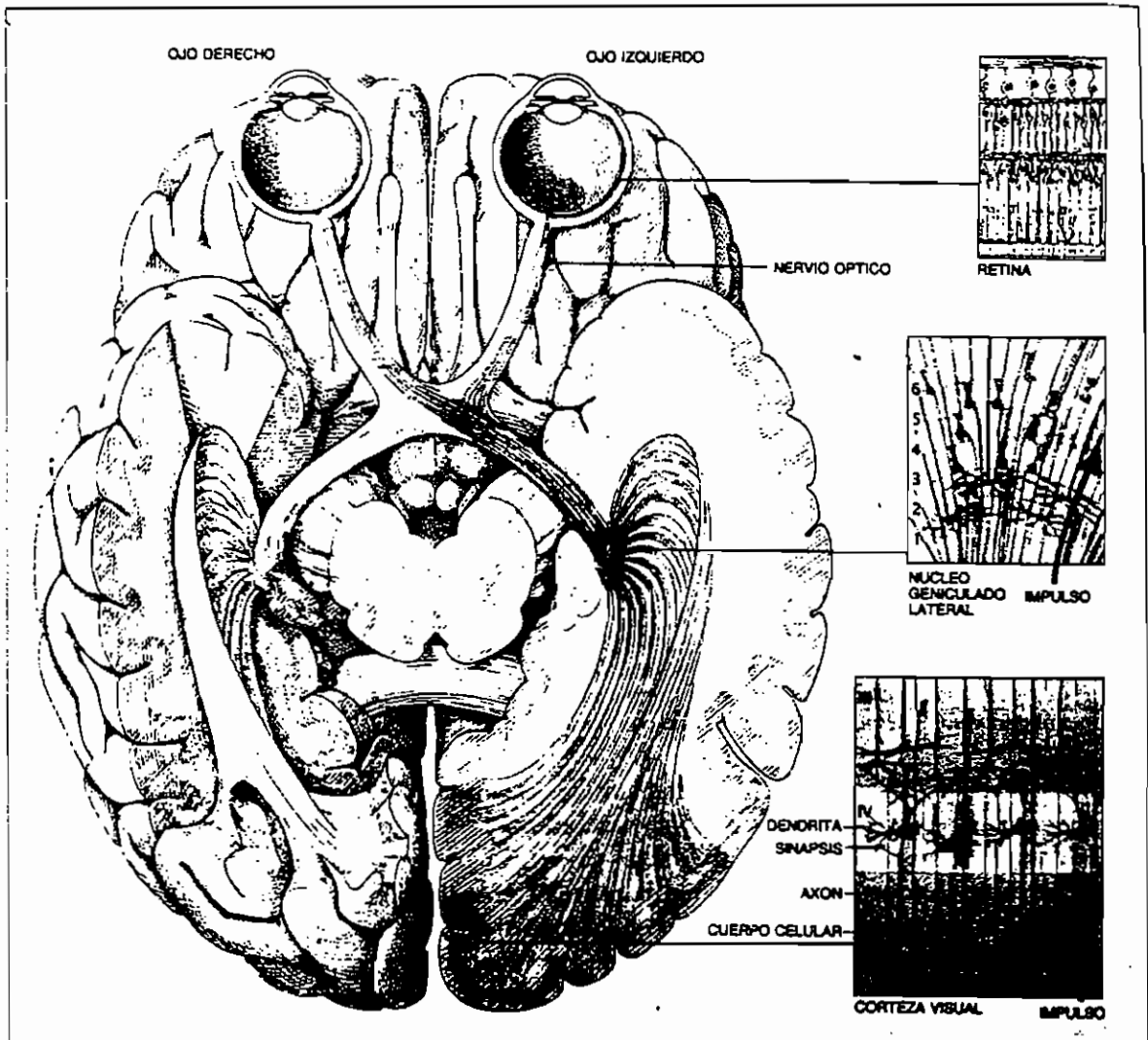
Este proceso corre paralelamente a los procesos laterales en la primera capa sinápticas, gobernado por las células horizontales. En general, el potencial de la interacción está indicado por la existencia de:

- Los contactos directos entre las esférulas de las células fotorreceptoras de tipo bastón y los pedicles de los conos.
- Los contactos indirectos entre conos y bastones a través de las células horizontales.
- Los contactos indirecto entre los células bipolares de tipo cono y de tipo bastón que llegan a las células ganglionares y amacrinas.

La señal finalmente viaja hasta el tálamo considerado como una “estación de relevo” para la distribución posterior de la señal a la parte del cerebro, el tálamo se halla compuesto de núcleos capaces de sinapsar y clasificar neuronas de todos los sentidos direccionando las sensaciones.

En la actualidad, las teorías y estudios sobre la importancia en la transmisión de los estímulos a través de las reacciones eléctricas, han permitido crear las primeras experiencias para simular el comportamiento del sistema visual humano sobre sistemas netamente artificiales. Se ha creado mecanismos artificiales, que transplantados en nuestro cerebro, son capaces de interpretar y generar la transmisión de señales eléctricas que el ojo necesita para poder estimular el córtex visual⁵⁰. William Dobelle⁵¹ y sus colaboradores han desarrollado en los últimos años una prótesis visual capaz de permitir la visión a los ciegos valiéndose de dicha transmisión. Se ha creado una cámara de televisión en miniatura que situada en el interior de un ojo de cristal, forma una imagen de la escena y la convierte en un patrón de señales que se transmiten a un pequeño ordenador situado en la gafas del sujeto. Tras el procesado por ordenador de las señales, éstas estimulan al conjunto de electrodos situados en el córtex visual⁵², lo que hace que el sujeto vea una imagen que guarda similitud formal con al percibida por la cámara de televisión⁵³.

Imagen 2



—Ruta de la visión en el cerebro humano, esquematizado y visto de abajo arriba. Sólo se indica el camino para las señales que proceden de un lado del campo visual. La luz llega a la retina y se convierte en impulsos nerviosos que viajan hasta el núcleo geniculado lateral (NGL); aquí, las señales procedentes de cada ojo se segregan en seis capas. Las señales se transmiten hacia la lámina IV de la corteza visual primaria, donde persisten segregadas en bandas correspondientes a un ojo o al otro. Los impulsos viajan después a otras capas de la corteza visual, donde se integran las señales procedentes de ambos ojos. En el recuadro (*abajo*) aparecen marcadas las partes de una neurona; nos manifiesta tres de las seis capas de una fracción pequeña de la corteza visual. Las fibras de los axones trasladan la señal desde el cuerpo celular hasta el terminal presináptico, liberando neurotransmisores químicos que se unen a los receptores en la dendrita de la neurona postsináptica. Los NGL y las células corticales se hallan en realidad mucho más densamente empaquetadas que lo que se ilustra aquí. [Tomado de Chiyo Aoki y Philip Siekevitz, «Plasticidad en el desarrollo cerebral», *Investigación y Ciencia*, febrero 1989, núm. 149, p. 24.]

Notas

¹ Ya desde tiempos remotos se había intentado explicar de una manera teórica las funciones cognitivas del ser humano. Las disciplinas científicas modernas, tal y como las hemos conocido desde los últimos siglos dieron lugar a los cuatro grandes grupos de ciencias de la astronomía, la física, la biología y por último la filosofía. Mientras la filosofía fue considerada a finales del siglo XIX como una ciencia que recogía las doctrinas más dispares sobre la naturaleza, la experiencia y el conocimiento, durante el principio del siglo XX, se reconvirtieron en áreas cada vez más específicas debido en parte al descubrimiento de numerosos aspectos de la fisiología del cuerpo humano y del ser vivo que hasta el momento no se habían sido estudiado y que en muchos casos no encajaban en las premisas iniciales de los ámbitos científicos creados.

² Boynton R., Robert M. "How colours are seen: Retinal Anatomy". Capítulo 1º. Edición Optical Society of America, OSA. USA, 1992. Pag. 10-19.

³ El proceso de la transducción en líneas generales comprende la transformación de la energía lumínica en energía eléctrica.

⁴ Carleton S. Coon. "Adaptaciones raciales. Un estudio de los orígenes, naturaleza y significado de las variaciones raciales en los humanos". Ediciones Labor Universitaria. Barcelona. 1984. Pag. 39-42.

⁵ Durante años, numerosos científicos y filósofos que estudiaron el pensamiento humano llegaron a la conclusión de que eran nuestras sensaciones y percepciones, las que manipulaban directamente nuestra conducta y por tanto, a nuestro comportamiento frente a la realidad.

⁶ Ver el apartado dedicado al color del presente capítulo relacionado con la descripción de los pigmentos visuales.

⁷ Irvin Rock. "La percepción". Editorial Labor. Barcelona, 1985. Pag. 3.

⁸ Entre ellas destacaremos "la teoría de la duplicidad" propuesta por Max Schultz en 1866 y "la teoría de la respuesta neuronal de las fibras del nervio óptico" de Hartline en 1953.

⁹ Ver apéndice del presente capítulo, donde se hace un breve resumen anatómico de los principales componentes del ojo.

¹⁰ Boynton R., Robert M. "Human Color Vision: Color Matching and the Visual Pigments: The rhodopsin". Capítulo 5º. Edición Optical Society of America, OSA. USA, 1992. Pag. 106-109.

¹¹ Las experiencias de Riggs, Ratliff, Cornsweet y Cornswet en 1952 determinaron que los movimientos del ojo proporcionan una información básica sobre la manera en que trabajan los receptores.

¹² Este aspecto que será tratado con más detenimiento en el 3º capítulo de la presente tesis sobre la creación de la tridimensionalidad basada en la percepción.

¹³ Los experimentos creados por Köning no fueron considerados fiables en su totalidad ya que el experimento inicial venía determinado por las longitudes de onda corta de la luz que se perdían en la visión, al ser absorbido por los lentes, antes de que fuera recogido por el pigmento visual. Köning estableció realmente el principio de proporcionalidad por medio de un error experimental. La sensibilidad espectral visual era proporcional al espectro de absorción de la rodopsina multiplicado por la transmisión espectral del ojo.

¹⁴ Utilizando retinas humanas, se extrajo la rodopsina experimentando diferentes longitudes de onda sobre la solución obteniendo de esta manera los valores medios del espectro visible, en función de la cantidad luz transmitida para cada longitud de onda.

¹⁵ Actualmente la variación en la fracción a través las trazas o estelas en el espectro de absorción, es decir, la cantidad de luz absorbida por la rodopsina, puede determinarse por la sensibilidad de las células fotoreceptoras de tipo cono.

¹⁶ Esta proporcionalidad depende de la probabilidad de que cada fotón individualmente pueda ser absorbido, y en función del número de fotones puedan haber.

¹⁷ El predominio de la vitamina A después de una exposición prologada a la luz, produce la aparición de una falta de color de la retina al perder color el pigmento.

¹⁸ La carga eléctrica global de esta molécula puede quedar modificada por sustituciones de aminoácidos de cargas diferentes.

¹⁹ Este proceso llamado de "regeneración de los pigmentos" es el responsable del aumento de la sensibilidad retiniana durante la adaptación del ojo a la oscuridad, por ejemplo.

²⁰ E. Bruce Goldstein. "Sensación y percepción". Editorial Debate. 1993. Pag. 76.

²¹ William Rushton en 1961, estableció el método conocido como "la densiometría retinal", para calcular el nivel de concentración del pigmento visual del ojo que es capaz de absorber. Ello le permitió establecer la medición de los pigmentos de conos y bastones durante la adaptación a la oscuridad.

²² Incluso en la actualidad se cree que existen dos sistemas de procesamiento independientes de la información en el ojo que se complementan entre sí.

²³ La densidad máxima registrada en la fovea se sitúa entre los valores relativos de 100.000 a 150.000 células de tipo cono por milímetro cuadrado.

²⁴ El pigmento visual más importante como es la rodopsina se encuentra en los extremos de los receptores visuales denominados bastones, cuya sensibilidad es 500 veces superior a la de los conos.

²⁵ Young mantuvo su teoría demostrando que tanto las células receptoras de tipo cono y bastón, generaban de forma intermitente una serie de discos cuyo principal componente era la rodopsina. Estos se generaban en las partes inferiores e intermedias de las células y posteriormente se desprendían por la parte superior. Por tanto, el proceso real de interacción del pigmento visual y los fotones de la luz inicialmente se sitúa en las zonas internas del receptor, el cual reacciona desprendiendo al exterior los componentes necesarios.

²⁶ El proceso de renovación causa el amontonamiento de los discos que ascienden gradualmente en los fotorreceptores. En la actualidad, se ha estimado que las pilas se mueven en la proporción de 10 un. por día.

²⁷ Hartline publicó en 1938, un artículo denominado "Respuesta de las fibras del nervio óptico del ojo de los vertebrados ante la iluminación de la retina", y que recogían las investigaciones llevadas a cabo inicialmente sobre ranas.

²⁸ Las fibras definidas bajo las siglas inglesas on y off, corresponden a la definición de activación o desactivación, respectivamente de la fibra frente a un estímulo dado.

²⁹ Las conexiones excitatorias e inhibitorias de las fibras que van desde los receptores a las neuronas de orden superior están dispuestas de forma que éstas últimas, respondan a características específicas de la estimulación presentada por la retina. Por ello, estas células de orden superior son a menudo denominadas "detectores de características" para estímulos luminosos concretos y son en realidad una célula "centro-periferia". El descubrimiento de los detectores de características, han servido para explicar diversas teorías de reconocimiento de formas que veremos en el presente capítulo en el apartado dedicado a la percepción de la forma.

³⁰ Su teoría establecía la existencia de neuronas con un tipo receptivo "centro-periferia", que realizaban la detección de características de tipo primario.

³¹ Ver apartado del presente capítulo dedicado a la percepción de la forma.

³² Ver capítulo 3º en el apartado dedicado a la imagen fija. En este apartado comprobaremos que es necesario la percepción de la imagen en movimiento por parte del ojo.

³³ Esta disposición columnar ha sido demostrada bajo las técnicas químicas de la desoxiglucosa-2, existente en las células corticales.

³⁴ Boynton R., Robert M. "How colours are seen: Lateral Geniculated Nucleus. LGN ". Capítulo 1º. Edición Optical Society of America, OSA. USA, 1992. Pag. 32-34.

³⁵ Mientras, la actividad en la región retiniana del otro ojo, se dirige a las regiones correspondientes de las capas del NGL situadas de forma simétrica a él.

³⁶ El mecanismo fue desarrollado por Paul Bach-y-Rita y sus colaboradores mediante diversos experimentos desarrollados entre 1969 a 1970 que permitieron la creación de un dispositivo conocido como "Sistema de sustitución mecánica". Gracias a este sistema, una persona ciega podía llegar a captar sensaciones de contornos y formas eran transmitidas mediante vibraciones de diversa intensidad, codificadas en función de la intensidad luminosa. Por ejemplo, las áreas luminosas de la escena que producían vibraciones más acusadas eran consideradas como oscuras, mientras que las claras producían variaciones más leves. De esta forma, el individuo era capaz de detectar incluso la diferencia entre profundidades de los objetos de una escena. Extraído del libro de E. Bruce Goldstein. "Sensación y percepción". Editorial Debate, 1993.

³⁷ Boynton R., Robert M. "Human Visual Electrophysiology ". The Encoding of Color. Edición Optical Society of America, OSA. USA, 1992. Pag. 217-219.

³⁸ Según los estudios de Griffin, Hubbard, y Wald en 1947.

³⁹ El valor de la longitud de onda para el color rojo se sitúa en aproximadamente 700 nm.

⁴⁰ A. Normann, Richard, Periman Ido, E. Hallett, Peter. " Cone Photoreceptor Physiology and Cone Contributions to color Vision ". Capítulo 9º. Pag. 146-153.

⁴¹ Los axones no son paralelos en sentido estricto, ya que existe la denominada convergencia y divergencia entre ellas, donde pueden existir grupos de axones que salten una o dos capas a la vez. Las proyecciones tambien pueden ir en dos direcciones proyectándose algunos axones hacia delante y otros hacia atrás. Ello queda reflejado en los estudios llevados a cabo por Pribram, sobre "la teoría de control eferente", existe una influencia muy marcada de capas más centrales sobre las más proximas a los extremos sensorial de la red neuronal.

⁴² Creada por Charles Sherrington en 1906 y completada posteriormente por su discipulo, John Eccles mediante el estudio de los mecanismos de transmisión sináptica.

⁴³ Conocidos en inglés como "Gap junctions", descritos entre otros, por Reese, Brightman, Bennet.

⁴⁴ Una vez generado el impulso nervioso al final de una célula neuronal, éste se desplaza a lo largo de toda su longitud sin cambiar de potencial, y sin garantizar por si misma ningún estímulo concreto, ya que, en realidad, es la suma de varios impulsos lo que crea diferencia de un tipo de sensación a otra.

⁴⁵ Cuando la información que se transmite, se representa mediante la concentración de un transmisor químico, puede ser modificado por el medio químico local. Las sinápsis químicas puede excitar e inhibir la transmisión en largas distancias.

⁴⁶ Se cree que algunos receptores de tipo cono vecinales dirigen sus señales a una célula bipolar común de tipo bastón.

⁴⁷ Estos realmente no se conexionan con otras células en la capa intermedia de neuronas ni con las neuronas en la capa intermedia de neuronas ni con las células ganglionares.

⁴⁸ Precisamente en el aumento en el número de invaginaciones, situado entre 15 y 30.

⁴⁹ Robert Boynton. "Human Color visión". Ed. Optical Society of America, OSA. USA, 1992. Pag. 90.

⁵⁰ Boynton R., Robert M. " How colours are seen: Striate Cortex. ". Capítulo 1º. Edición Optical Society of America, OSA. USA, 1992. Pag. 35-39.

⁵¹ Bruce Goldstein. " Sensación y percepción". Editorial Debate. Madrid, 1993. Pag. 58-59.

⁵² El sistema inicialmente, comprende una serie de cables de electrodos pasan a través de una pequeña abertura en el cráneo, atraviesan la parte posterior de la cabeza y se desplazan por debajo del cuero cabelludo haciendo un bucle en forma de S ántes de terminar en un conector fijado al cráneo mediante tornillos especiales.

⁵³ Las pruebas iniciales han indicado que la estimulación a través de los electrodos hace que los observadores perciban un fosfeno, es decir un pequeño punto difuso de la luz que parece localizarse a la distancia de un brazo. El problema de la actuación de los fosfenos aún debe ser estudiado con detenimiento ya que no siempre pueden verse en la orientación y posición de los electrodos, lo cual limita su actuación. E. Bruce Goldstein. " Sensación y percepción". Editorial Debate, 1993.

Glosario

- **Área de recepción cortical.** Es el área del córtex que recibe las señales eléctricas de un sentido.
- **Bastones.** Corresponden a los receptores visuales situados en la retina en forma de bastones, y que son unos de los receptores responsables de la visión en niveles bajos de iluminación. El sistema de bastones es extremadamente sensible en la obscuridad, pero no puede visualizar detalles finos del entorno.
- **Campo receptivo.** El campo receptivo de una célula del sistema visual es el área retiniana que al ser estimulada afecta a la actividad de tal célula en base a un comportamiento determinado.
- **Célula amacrina.** Es la neurona que transmite señales lateralmente a través de la retina. Las células amacrinas sinapsan con las células bipolares y ganglionares.
- **Célula bipolar.** Es la neurona que estimulada por los receptores visuales envía señales a las células ganglionares de la retina.
- **Célula cortical simple.** Es la neurona del córtex visual que responde óptimamente a las franjas en base a una determinada orientación.
- **Célula ganglionar.** Es la neurona de la retina que recibe las entradas de las células horizontales y las amacrinas. Los axones de las células ganglionares son las fibras que forman el nervio óptico.
- **Conos.** Corresponden a los receptores visuales situados en la retina en forma de conos, y que son unos de los receptores responsables de la visión en niveles altos de iluminación. El sistema de bastones es extremadamente sensible a la percepción del color, y puede visualizar detalles finos del entorno.
- **Córnea.** Es la estructura del ojo transparente ubicada en la parte frontal y cuya función es el de enfocar los objetos.
- **Cristalino.** Es el elemento ocular transparente de enfoque a través del cual pasa la luz después de atravesar la córnea y el humor acuoso.
- **Curva de sensibilidad espectral.** Es el gráfico que recoge la sensibilidad o estimulación lumínica en función de la longitud de onda. Entre las curvas de sensibilidad espectral más importantes nos encontramos las generadas por los conos y los bastones.
- **Densiómetro retinal.** Procedimiento empleado para medir la concentración de pigmento visual en un ojo.
- **Disco óptico.** Es el área en forma de disco situada en la parte posterior del ojo y en la que el nervio óptico abandona el ojo.
- **Efecto de Purkinje.** Corresponde al cambio de sensibilidad espectral de los conos hacia los bastones que tiene lugar durante la adaptación a la obscuridad.
- **Espectro de absorción de los pigmentos.** Es la función gráfica que relaciona la cantidad de luz absorbida por el pigmento visual con respecto a la longitud de onda de la luz.
- **Fagosomas.** Son estructuras del epitelio pigmentado que digieren los discos que se desprenden de los segmentos externos de los receptores, sea bastón o cono.
- **Fovea.** Es la pequeña área de la retina que contiene conos solamente.
- **Fibras nerviosas.** Corresponden a la porción neuronal que transmite los impulsos eléctricos de una zona a otra de nuestro cuerpo.
- **La inhibición lateral.** La inhibición por sí misma es el estado que reduce la posibilidad de que se generen impulsos nerviosos. La inhibición lateral que se extiende lateralmente a través del circuito nervioso, por las células horizontales y amacrinas de la retina.
- **Mácula.** Es el área rica en conos de 5 mm. de diámetro que rodea e incluye a la fovea.
- **Nervio óptico.** Está formado por una cantidad de fibras que abandonan el ojo en dirección al cerebro. La mayor parte de estas fibras sinapsan en el núcleo geniculado lateral NGL, situado en el tálamo.
- **Neurona.** Es la célula del sistema nervioso que genera y transmite los impulsos nerviosos.
- **Núcleo geniculado lateral. NGL.** Se sitúa en el núcleo del tálamo y es la zona que recibe las fibras nerviosas del nervio óptico y los envía al área de recepción cortical de la visión.
- **Pigmento visual.** Es la molécula contenida en los receptores visuales. La acción de esta molécula a la luz genera una respuesta eléctrica en el receptor.

- **Potencia de enfoque.** El grado en que refractan la luz estructuras como la córnea o el cristalino.
- **Punto cercano.** Distancia a partir de la cual la máxima acomodación del cristalino, no permite enfocar objetos cercanos.
- **Punto lejano.** La distancia más grande a la que puede ubicarse un estímulo, antes de proyectar una imagen desenfocada en la retina.
- **Punto ciego.** Es el lugar donde el nervio óptico deja el fondo del ojo, dando lugar a una pequeña área sin receptores visuales.
- **Retina.** Es el órgano principal de captación de la luz, compuesta de una compleja red de neuronas que cubre el interior del ojo y donde se sitúan las células relacionadas con el procesamiento y transmisión de las señales al cerebro.
- **Segmento externo del receptor.** Es la parte del receptor visual que contiene el pigmento visual sensible a la luz.
- **Segmento interno del receptor.** Es la parte del receptor visual situada debajo del segmento externo, que contiene mecanismos para el metabolismo de los receptores visuales.
- **Tálamo.** Es el núcleo central en el que, con excepción del olfato, sinapsan las neuronas de todos los sentidos.
- **Transducción.** Corresponde a la transformación de la energía ambiental captada por los sentidos en energía eléctrica que es capaz de ser transmitida al cerebro.

- **La estructura anatómica del ojo¹.**

1- Estructura interna del ojo.

El ojo interno se describe como una esfera de 25 mm de diámetro formado por tejido conjuntivo. En la parte delantera existe una capa transparente de nominada córnea siendo su parte interior al globo ocular opaca y que corresponde a la esclerótica, situada en una cavidad cónica ligeramente desplazada del plano central del cráneo, el cual se halla sujeto al cráneo por tres músculos intrínsecos y que mueven el ojo dentro de la cavidad craneana. Existen tres capas concéntricas en el ojo:

- La esclerótica.
- La úvea.
- La retina

- La esclerótica.

Se halla en la zona interna de la córnea corresponde al envoltorio de protección del ojo donde se insertan los músculos extrínsecos del ojo, que envuelven sobre sus órbitas. Aunque la esclerótica presenta vasos sanguíneos en su estructura tiene poca cantidad de receptores en general. Es una capa semirígida muy resistente que sirve de sostén y protección al contenido acular y que cubre las 5/6 partes del globo ocular. La parte delantera se halla abombada y es transparente denominada córnea.

-La córnea.

Es la capa más externa del ojo, sobre la cual el estímulo externo entra en el ojo. La córnea a través de la cual la luz entra en el ojo es transparente a pasar de su estructura lamelar. La córnea es un elemento que actúa como una superficie refractante ya que los índices de refracción² de otras partes del cuerpo se sitúan próximos al valor de la misma.

- La úvea.

Corresponde a la capa intermedia del ojo que se compone a su vez de:

- La coroides
- El cuerpo ciliar.
- El iris.

- La coroides.

Es la capa nutritiva del ojo, destaca por ser muy vasculada y por crear en el ojo el efecto de cámara oscura.

- El cuerpo ciliar.

Está situado en la parte anterior a la coroides y es la responsable del intercambio del humor acuoso. En su interior tiene el músculo ciliar que es el responsable de la acomodación junto con las fibras zonúlas que salen de él.

- El iris.

Se sitúa en la parte delantera de la úvea. Su función es controlar la entrada de luz dentro de el ojo.

Se halla formado por un disco muscular que presenta un orificio central denominado pupila que actúa como un diafragma para regular la entrada de luz. La variabilidad de la abertura dentro de ella, la cantidad de luz que puede pasar a través de la retina, sin alterar para ello el campo visual. El anillo del iris, que determina el color del ojo cuando es visto de frente.

Presenta el eje vertical más largo que el horizontal, sin embargo, su tamaño depende también de otros factores como por ejemplo:

- El tamaño de la región de la retina estimulada.
- Las características espectrales y temporales de la luz que inciden sobre ella.
- Las reacciones emocionales que no se relacionan necesariamente con la visión.

En general, la calidad de la imagen retinal depende del tamaño de la pupila, ya que la constricción de la pupila no es suficiente para mantener la iluminación constante de la retina.

Cuando la pupila es pequeña, la imagen se degrada por la difracción generada, si por el contrario es muy grande los efectos se establecen en las aberraciones cromáticas y esféricas, que son consideradas más problemáticas. La organización neuronal de la retina cambia en función de la iluminación retiniana y en base a los mecanismos de adaptación a la luz. La pupila parece, por tanto, más adecuado para una imagen nítida independientemente del proceso neuronal que pueda usar. Los bastones que son una de las células receptoras están organizadas en zonas de grandes campos receptivos.

Para niveles de bajos de iluminación externa, los pequeños detalles son aún perceptibles aunque exista un bajo porcentaje de fotones incidentes sobre la retina, ya que es suficiente una pequeña cantidad para excitar una zona de receptores de tipo bastón.

Cuando los fotones inciden más allá de un determinado grado (0.3 mm.) sobre la retina pueden llegar a afectar a la visión espacial. En el caso de luces sombrias o débiles se halla limitada por el espacio del campo receptivo y no puede ser modificado por los cambios en el tamaño de la pupila. Por el contrario, niveles altos de luminancia externa, las aberraciones ópticas son percibidas si el tamaño de la pupila es artificialmente agrandada. La resolución espacial del proceso neuronal es finalmente sintonizado por una iluminación alta, por tanto la aberración óptica introducida por un inadecuado engrandecimiento de la pupila son resueltas.

La respuesta del músculo del iris depende de la acción de la luz sobre los mismos receptores que median en la visión. Los fenómenos de apertura de la pupila se denominan "miosis" y al cierre "midriasis".

Algunas señales que derivan de allí son enviadas a la zona media del cerebro para ser procesadas y llevar la delantera de las señales que son directamente devueltas a la musculatura del iris.

Las pupilas de ambos ojos se mueven al mismo tiempo cuyo movimiento es conocido como la respuesta consensual del ojo, esto significa que ambas pupilas crecen o disminuyen por igual aunque solamente entre por un solo ojo. La respuesta de la pupila tiene un carácter incontrolado e independiente, causado por la cantidad de luz que entra en el ojo sin importarle la imagen captada.

A nivel experimental los efectos de la fluctuación de la pupila puede ser eliminado en la visión según el punto de vista de Maxwell³, creando un haz de luz que pase a través de la pupila siendo más pequeña que la pupila -sobre 2 mm. de diámetro-. Una importante ventaja de una pupila pequeña sobre una grande esta relacionado con la profundidad focal. El ojo se acomoda en función de la distancia, resultando en un círculo borroso en la retina. Si la pupila fuera pequeña, el conjunto de rayos que son mostrados convergiendo a través de un punto detrás de la retina se crearía pequeño. Reduciendo el tamaño de la pupila por lo tanto decrece el tamaño del círculo borroso en la retina.

- Las lentes.

Corresponde a una estructura biconvexa compuesta, de varias capas encerradas en una vaina, que se hallan está conectados el músculo ciliar, por medio de las fibras zonúlicas. El tamaño de las lentes cambia durante el proceso de la acomodación del ojo. Este proceso que permite percibir un objeto de entorno y adecuar el enfocamiento de la retina.

La mayoría de los cambios de tamaño durante la acomodación toman lugar en el interior de la superficie de las lentes, en las cuales se halla en contacto con el iris. Para la visualización el cambio de tamaño de las lentes durante la acomodación que ocurre generalmente en las superficies interiores que están en contacto con el iris

Cuando el ojo enfoca hacia un objeto en el infinito, las fibras zonúlicas se adosan a la vaina de las lentes, ejerciendo una fuerza máxima ejerciendo un máximo estiramiento y manteniendo las lentes en la posición más planas. Cuando el ojo enfoca a un objeto distante, las fibras zonúlicas, que mantienen las lentes tensa esforzando al máximo.

La contracción del músculo, que rodea como un anillo el ojo es capaz de liberar la tensión que de otra manera es tensada por las fibras zonúlicas, permitiendo desde la superficie frontal de la lente abombada. En esta posición, la córnea mantiene la mayor refracción necesaria para recoger los rayos paralelos y enfocarlos en la úvea.

Cuando el objeto visualizado se halla más cerca, el músculo ciliar, se contrae liberando tensión ejercida sobre las fibras zonúlicas lo cual produce un abombamiento en las superficies de la lente. La máxima acomodación se establece cuando el músculo ciliar es suficientemente contraído para reducir la tensión ejercida por las fibras zonúlicas, permitiendo a la lente asumir su máximo abultamiento.

- La retina.

La retina es una estructura vasculada y pigmentada compuesta de varias capas. La retina humana cubre una área dentro del ojo de 1100 mm cuadrados y su grueso aproximado es de 25 μ m. lo cual da un volumen de 27.5 mm. cúbicos. Dentro de este pequeño volumen existen aproximadamente 200 millones de células nerviosas de diferentes clases relacionadas directamente con los primeros procesos del estímulo visual. En ella se sitúan las células fotorreceptoras denominadas conos y bastones en la retina que fueron descritos por primera vez por Müller en 1851 y Shultze en 1866. Las principales características tipológicas de la retina son:

- El disco óptico. Es el agujero en la retina que ocupa el disco óptico, el cual no sensible a la luz y que corresponde a la mancha ciega en el campo visual del ojo. Este disco presenta una forma oval achatado en su diámetro horizontal. Las dimensiones aproximadas del centro a 4,8 mm desde el polo visual del lado nasal y a 0,47 mm encima del meridiano horizontal.

- La "Ora Serrata". Corresponde a un contorno abrupto de la retina, situado en la parte frontal del ojo. La visión no se puede estimular en este punto pero que aun no se ha investigado con profundidad.

- Úvea. Es la pequeña región sobre el polo visual donde la visión se agudiza. Es donde se produce la acuración visual mas intensa por parte del ojo. Se sitúa a nivel de las capas retinianas II/III y III del sistema de Stell y que correspondiente a las capas 7, 8,9 del sistema de Polyak. Es bastante fina en el centro mientras que el mismo tiempo en las capas 2,3,4 es mas gruesa. En el área plana central la depresión de la úvea, se sitúa en las capas 5,6, está casi ausente se denomina uveola, en la cual no existen vasos sanguíneos. Las principales capas de la retina presentan una serie de diferentes tipos de células y fibras que pueden clasificarse según el modelo descrito por S. L. Polyak en 1981.

1- La capa del epitelio pigmentado, corresponde a la capa de células mas externas que protegen las verdaderas células receptoras de los estímulos externos. Contiene pigmentos de melamina no fotosensible, que en la mayoría de los casos no se ve afectada directamente por la luz, ya que la traviesa para ser estimulada por otras células más específicas.

2- La capa está compuesta por dos tipos de células sensibles a la luz que son los conos y los bastones, que representan el pigmento visible de la visión. Esta capa presenta una orientación de una subcapa exterior que presenta los extremos más finos de los conos y los bastones y otras subcapa interior que alberga la parte bulbosa de las células receptoras.

3- La membrana de límite exterior que corresponde a una capa muy fina de fibras de las células nerviosas que mantiene la estructura de la retina denominadas fibras de Müller.

4- La capa exterior, compuesta de los cuerpos o núcleos de las células de tipo cono y bastón.

5- La capa plexiforme exterior, compuesto por las fibras interiores de los conos y bastones, donde se establece un contacto sináptico con las fibras mas exteriores expansionadas de las células de la capa nuclear interna contigua.

6- La capa nuclear interna, compuesta de las fibras de expansión de las células bipolares horizontales y amacrinas.

7- La capa plexiforme interna, compuesta de fibras de expansión de las células bipolares y las expansiones dentríticas de las células ganglionares de tipo general.

8- La capa de fibras ganglionares. El cuerpo citoplasmático de una célula ganglionar actúan a través de la retina, dejando el globo ocular hacia el disco óptico.

- 9- La capa de fibras nerviosas ópticas. Estas fibras provenientes de las células ganglionares, actúan a través de la retina, dejando el globo ocular hacia el dicho óptico.
- 10- La membrana interior delimitadora. Esta fina capa está construida de las terminaciones finales de las fibras de Müller.

Complementariamente y en una reciente revisión de las capas de la retina se realizó una revisión en la división de las capas propuestas por Polyak, desde el punto de vista de las propiedades funcionales de las capas dentro del proceso de la visión. La aportación más importante se debe a Stell que en 1972 propuso una división alternativa de carácter más general.

- I- La capa de células receptoras. Incluyen las capa que engloban la mayor parte de los segmentos exteriores de las células de tipo cono y bastón.
- I/II- La primera capa sinóptica. Correspondiente a la capa plexiforme exterior que interconecta los procesos de los fotoreceptores y la zona interna de los bastones y los conos con las neuronas intermedias.
- II- La capa de neuronas intermedias incluye las células bipolares, las células horizontales y las amacrinas.
- II/III- La segunda capa sinóptica. Corresponde a la capa plexiforme interna, que interconecta los procesos de las neuronas intermedias y las células ganglionares.
- IV- La capa se halla compuesta de las células ganglionares.

La anatomía de la depresión úveal tiene importantes implicaciones dentro de la resolución de los detalles visuales, esto es debido en parte a la gran densidad de fotoreceptores que presenta. Existen alrededor de 150000 conos por mm cuadrado en la úvea central, la mayor concentración existente en todo el ojo. Para obtener una imagen retinal de buena calidad óptica se sitúa en las células receptoras, necesitando previamente reducir la luz de choque en la retina tanto como se pueda. La mejora de la resolución espacial que resulta no es adecuada a expensas de la sensibilidad de la luz. Por el contrario, la úvea es la parte de la luz adaptada de la retina es la región de mayor sensibilidad. En adición a el mejoramiento de la imagen úveana la sensibilidad es probablemente también debido a la estructura de los conos úveales y el gran numero de caminos al cerebro que los conos úveales disfruta por la comparación con la persistencia de la retina.

- Úvea central

Existe dentro de la retina una parte característica de la misma denominada zona central de la úvea ó úvea centralis que comprende una zona basculada que invade el núcleo interno, en la zona plexiforme interna y en las capas de células ganglionares. Con la excepción de los vasos sanguíneos las otras capas retiniales son relativamente transparentes a la luz. Los vasos sanguíneos establecen sombras arrojadas en la capa de los receptores de la retina. Esas sombras normalmente no son vistas, por dos razones:

- El primer punto establece que no hay vasos sanguíneos en la úvea central, donde nosotros establecemos el límite crítico.
- En segundo lugar, los vasos ocupan un posición fija, enterrada dentro de la retina, por tanto sus sombras sobre los receptores son estacionales bajo condiciones normales de visión.

Esto constituye una forma natural de estabilización de la imagen retinal, lo cual previene la basculación retinal siendo vista excepto bajo condiciones inusuales.

La zona retinal en esta zona es más fina, por lo que se produce una depresión. A pesar de ello los segmentos exteriores de los receptores son más largos que en ninguna otra parte. Todos los además tejidos neuronales incluyendo los cuerpos celulares de los conos úveales están lateralmente desplazados.

Si se inserta un electrodo radial dentro de la retina en la zona de la "úvea centralis", para estimular el cuerpo central del ganglio localizado en ella, la aparente localización de la luz que pueda ser visto, diferencia desde la excitación fotónica de los receptores en el punto donde la retina estrecha los haces de los fotones en un punto.

El resultado de la estimulación eléctrica parecería como si cercanamente al punto de fijación porque la electricidad excita las células ganglionares es uno que normalmente sería excitado por el ataque de fotones cerca de la depresión de la úvea.

Es probable que los arcos azules⁴ son causados por la excitación creada por las neuronas en algún lugar entre las células receptoras y las células ganglionares, situadas cerca del camino de los axones de las células ganglionares cuyos orígenes se sitúan cerca de la úvea. Los arcos de estas fibras están anatómicamente situados, ya que los arcos percibidos son la exacta protección de esos recorridos

Complementariamente la paraúvea es la zona del ramo central de conos, número de algunos pocos cientos corresponde a la fijación visual. El contenido ocular comprende las zonas de:

- El humor acuoso. Corresponde al líquido transparente que se halla compuesto de agua y albúmina; este líquido llena la cámara anterior del ojo situada entre la córnea y el iris.
- El cristalino. Es una lente biconvexa, más abombada por detrás que por delante, con un índice de refracción superior al humor acuoso y vítreo. El cristalino está situado detrás del iris y no posee vasculación o terminaciones nerviosas. Se halla sujeto al cuerpo ciliar por medio de las fibras y filamentos suspensores que corresponde a las fibras zonúlas. Entre las lentes y la retina y sobre las dos terceras partes del volumen del ojo se halla el cuerpo vítreo, que consiste en una gelatina transparente entremezclada con las fibras.
- El humor vítreo. Corresponde a la cámara del ojo que se halla llena de humor acuoso. Es un líquido transparente de sustancia gelatinosa muy refrigerante que ocupa la cámara posterior del ojo situada entre el cristalino y la retina. Este líquido está continuamente generando y absorbiendo ya que controla la presión interocular⁵ Entre las lentes y la retina y sobre las dos terceras partes del volumen del ojo se halla el cuerpo vítreo, que consiste en una gelatina transparente entremezclada con las fibras.

2- Nivel externo del ojo.

Se halla formado por los llamados componentes de protección exterior al ojo y que se describen como:

- Las pestañas.
- Las cejas.
- Las glándulas lacrimales.
- Los músculos de los ojos.

- Las pestañas y las cejas.

Son elementos pilosos, que preservan al ojo de elementos extraños, como pueda ser el polvo o el sudor. Es particularmente importante las pestañas, ya que al situarse alrededor de los párpados, y gracias al movimiento continuo de los mismos, mantenemos limpio al ojo.

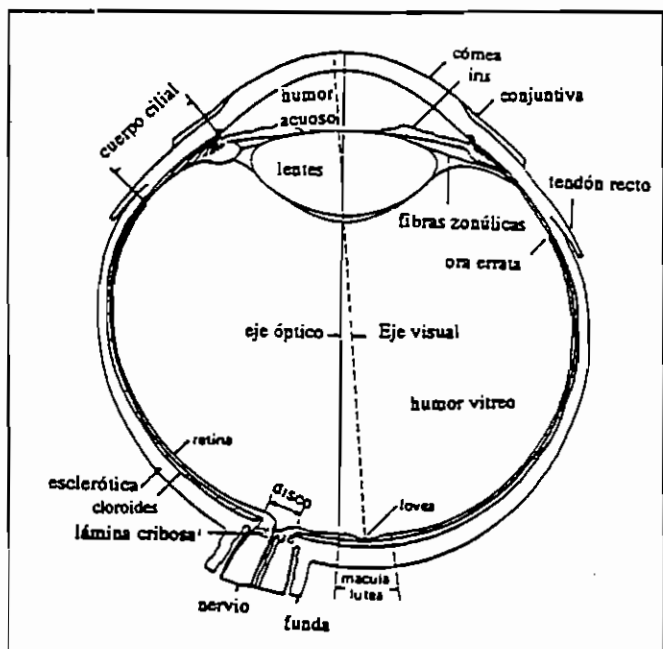
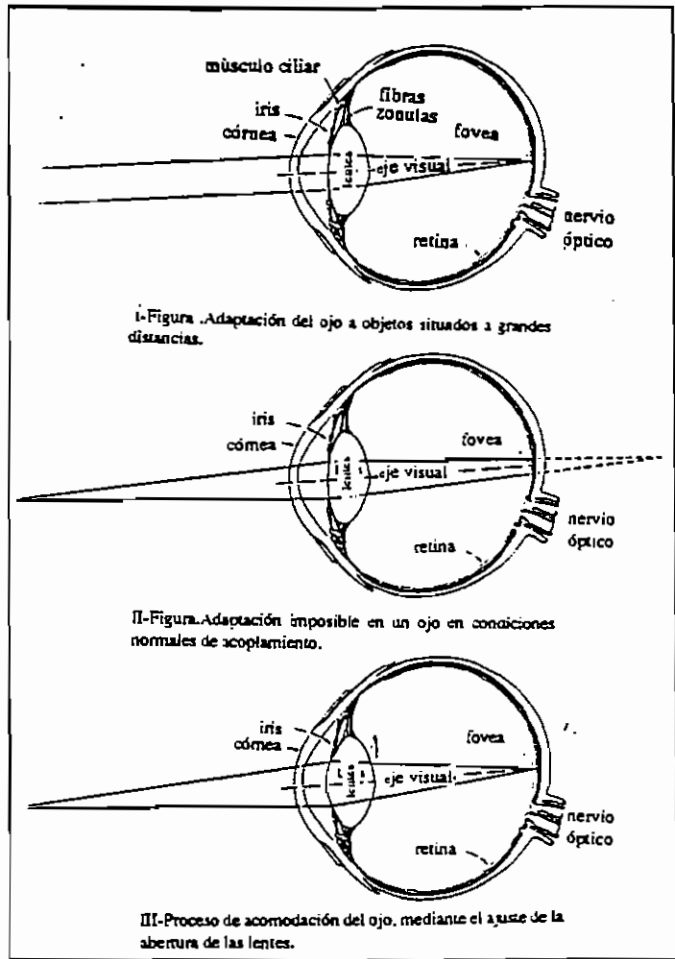
- Las glándulas lacrimales.

Las glándulas son necesarias para mantener el intercambio normal de oxígeno y controlar el balance acuoso dentro de la córnea, el cual de otra manera parecería nublado. El pestañeo ayuda a mantener la distribución de las lágrimas a través de la córnea manteniendo el intercambio de oxígeno y agua dentro de la córnea. Existen también receptores sensibles a dolor, se sitúan en la córnea junto a las pestañas protegiendo al ojo de posibles incursiones externas.

- Músculos del ojo.

Son los responsables de los movimientos del ojo. Existen seis en cada ojo de los cuales, cuatro son rectos y dos son oblicuos. Los músculos rectos interno y externo mueven el ojo en dirección horizontal y el resto hacen funciones secundarias, aunque todos los movimientos posibles del ojo se realizan por acciones combinadas de los distintos músculos.

Imagen 3



Esquema extraído del libro "The eye: The Structure of the Human Eye". Capítulo 2º. Boynton R., Robert M. Edición Optical Society of America, OSA. USA, 1992. Pag. 83-93.

¹ Boynton R. Robert M. " Human color visión. Retinal Anatomy ". Capitulo 4º. Edition of Optical Society of America. OSA. USA, 1992. Pag. 73-95.

² La ley de Snell establece la diferencia existente entre los índices de refracción ópticos respecto al aire y que se sitúan en:

- La córnea: 1. 37
- Humor acuoso: 1. 33
- Las lentes (al nivel del cortex visual): 1.38
- Las lentes (al nivel del núcleo): 1. 40
- Humor vitroso: 1. 33

³ La visión desde el punto de vista de Maxwell pone en tela de juicio los estudios en los que la cabeza es instruida para considerar un punto de fijación, y donde la luz es direccionada a través de la pupila.

⁴ Los arcos azules estudiados por Moreland en 1968, son vistos despues de apagar la luz normal 1 a 3 minutos en una habitación a obscuras, con la mirada fija directamente justamnet un poco a un lado de la luz roja. Puede ayudar la luz un poco un poco o interrumpirla.

⁵ Es más grande que la presión atmosférica y por tanto mantiene la integridad estructural del ojo.

Bibliografía

• Libros

- Psicología de la percepción.

- ARNHEIM, Rudolf. Arte y percepción visual. Alianza Forma. Ediciones Alianza Editorial, Madrid 1981. Pag. 366-371.

Extracto: Capítulo 2º. La forma: Estudio de la importancia de la fisiología de nuestro ojo para la comprensión y percepción de los objetos. Pag. 57-59. Capítulo 7º. El color: Descripción de los receptores más generales utilizados para obtener la percepción del color.

- BRIDGEMAN Bruce, Biología del comportamiento y de la mente. Alianza Psicología. Alianza editorial. Madrid, 1991. Pag. 203-235.

Extracto: Descripción del procesamiento de la visión. Anatomía del ojo. Descripción de los campos visuales. Procesamiento cortical de la información. Control eferente.

- DEMBER, William N., WARM Joel S. Psicología de la percepción. Alianza Psicología. Alianza editorial. Madrid, 1990. Pag. 38-66.

Extracto: Recoge aspectos generales de la psicofísica general. El método de los límites de los umbrales absolutos y relativos. Ley de Weber sobre la sensibilidad diferencial.

- DÍAZ JIMENEZ, Carmen. Alfabeto gráfico. Alfabetización visual. Proyecto Educativo Quirón. Ediciones de la Torre. Madrid, 1993. Pag. 87- 331.

Extracto: Material didáctico aplicado a la enseñanza de las imágenes visuales. Psicología cognitiva. Modelo estructural de la mente. Introducción a la percepción y su fisiología. Etapas gráficas del dibujo infantil.

- GIBSON, James J. Percepción del mundo visual. Ediciones Infinito. Buenos Aires, Argentina, 1974. Pag. 89-113.

Extracto: Capítulo 5º. Una teoría psicofísica de la percepción: El concepto de correspondencia psicofísica. Los gradientes retinianos. Concepto de estimulación ordinal.

- GOLDSTEIN, E. Bruce. Sensación y percepción. Versión castellana, Julio Pillo Jover, Editorial DEBATE, Madrid, 1993. Pag.28-68.

Extracto: Capítulo 2º. Bases fisiológicas de la percepción: El sistema nervioso. Las señales. Circuitos neuronales. Teorías de la detección de características. La inhibición lateral.

- LINDAY, Peter H., NORMAN, Donald A. Procesamiento de información humana. Percepción y reconocimiento de las formas. Editorial Tecnos. Madrid, 1976. Pag. 53-117.

Extracto: Capítulo 2º. Procesamiento de la información neural. Circuitos básicos neuronales. Clasificación de los receptores. Definición de sensibilidad. La inhibición lateral. Tipología de circuitos neuronales avanzados.

- ROCK, Irvin La percepción. Biblioteca Scientific American. Editorial Labor, Barcelona, 1985. Pag. 2- 13.

Extracto: Capítulo 1º. El mundo de la percepción: Breve explicación sobre las teorías más importantes desarrolladas en nuestro siglo sobre la percepción.

- Fisiología.

- BOYNTON R. , ROBERT M. How colours are seen. Editado por la Optical Society of America, OSA. USA, 1992.

Extracto: Capitulo 1º. Retinal Physiology. Pag. 19-29. Neural Transmitters in the retina. Pag. 29-31. Retinal Anatomy. Pag. 10-19. Optic Nerve and tract. Pag 31. Lateral Geniculated Nucleus. LGN. Pag 32-34. Striate Cortex. Pag 35-39. Prestriate Cortex. Pag. 39-40. Diversas descripciones sobre las partes más destacadas del ojo humano.

- BOYNTON R., ROBERT M. Color Matching and the Visual Pigments. Editado por la Optical Society of America, OSA. USA, 1992.

Extracto: Capitulo 5º. Spectral Absorption Curves of human cone pigments: Tablas gráficas sobre la absorción espectral de los fotoreceptores de tipo cono situados en la retina. Pag. 149-151. Luminosity Functions for Photopic Vision. Pag 152-159. Horizontal Cells. Pag 227-229. Stiles-Crawford effect. Pag. 424-429. Estudio del comportamiento del ojo frente a pantallas de ordenador mediante la medición en los diferentes tipos de actuación del ojo frente al monitor como son la medición del color, de la luminosidad, correcciones gamma, etc...

- BOYNTON R., ROBERT M. Human Color Vision. Editado por la Optical Society of America, OSA. USA, 1992

Extracto: Capitulo 3º. Physical concepts. Conceptos básicos sobre aspectos físicos de la visión. Pag. 43-46. Capitulo 4º. Retinal Anatomy. Underlying the Perception of Form and Color. Optical elements of the eye. Pag. 73-80. The retina. Pag. 80-95: Descripción anatómica del ojo basado en el estudio de la forma y el color. Elementos ópticos del ojo. Fotoreceptores, capas de la retina, estudio de la fovea, Tablas sobre la estimulación de las neuronas de la retina frente a los tipos de célula utilizada como receptores mediante el cambio de potenciales entre ellas.

- HOPKINSON, R. G. Architectural Physics: Lighting. Departamento de Investigación Científico e Industrial. Editado por Her Majesty Stationery Office. England, 1963.

Extracto: Capitulo 1º. Psychophysics. The human being and his environment: Definición de sensación y estímulo dentro del estudio del comportamiento humano frente a la proyectación en la arquitectura. Estudio sobre los estados del hombre sobre las sensaciones creadas por ambientes con diferentes tipos de iluminación medidos en cantidad de calor energético en Watios. Tablas. Niveles de adaptación humano a los estímulos de entorno en términos de adaptación psicológica al medio. Tests de razonamiento a los cambios de temperatura mediante la medición de las sensaciones creadas. Pag. 3 -7 y Pag. 14-16. Capitulo 9º. El deslumbramiento. Efectos de contraste producidos por la visualización de un rectángulo representado por una ventana como fuente de luz emisora que afecta a la visión y proporciones de la ventana debido al efecto de deslumbramiento producido por un exceso de brillo que se debe de contrarrestar con la iluminación interior de carácter más difuso. Factores que influyen en la desaparición de este fenómeno. Pag. 213-215.

- NORMAN. A., PERLMAN, Richard IDO, E. HALLETT, Peter. Cone Photoreceptor Physiology and Cone Contributions to color Vision. Editado por la Optical Society of America, OSA. USA, 1992. Pag. 146-153.

Extracto: Capitulo 9º. Fisiología de los fotoreceptores de tipo cono: Extensa descripción de la importancia de los fotoreceptores de tipo cono en la estructura de visualización de colores y formas por el ojo.

- WYSZECKI, Günter, STILES, W.S. Color Science. Concepts and Methods Quantitative. Data real formulae. Editado por John Wiley & Sons Inc.

Extracto: Capítulo 1°. Retinal Phisiology. Descripción anatómica de la retina en base a los estudios de Polack entre otros. Pag. 19-29. Capítulo 1°. Neural transmitters in the retina. Descripción de los componentes químicos relacionados existentes en los líquidos visuales de la retina y los fotoreceptores. Pag. 29-31. Capítulo 2°. The eye: The Structure of the Human Eye: Descripción anatómica del ojo. Estudio de las capas de la retina y de los fotoreceptores implicados en la visión. Tabla explicativa sobre la subdivisión retinal y de la distribución y Dimensiones de Conos y bastones en la misma. Pag. 83-93. Capítulo 2°. The eye: Main Topographical Features of the Retina: Descripción anatómica de las principales partes de la retina. Pag. 88-90. Capítulo 9°. The encoding color. Human Visual Electrophysiology. Pag. 217-219. Projections to the Brain. Pag. 229-231. Receptors. Pag. 219-226. Receptive Field organization. Pag. 239-241. Aspectos electrofisiológicos del comportamiento de los fotoreceptores.

- Informática.

- AMAT, Jose, CASALS, Alicia. La percepción sensorial en robótica. Diseño y fabricación por computador. Ediciones Marcombo. Boxareu Editores. Barcelona, 1986. Pag. 272-291.

Extracto: Descripción de las principales técnicas de aplicación de sensores controlados por ordenador aplicados a robots industriales de aplicaciones concretas. Aspectos de la percepción visual 2D. Obtención de contornos. Percepción visual tridimensional. Técnicas telemétricas. Tratamiento de imágenes. Coordinación final de la información sensorial.

• **Artículos**

- CHIP. 92. Junio " Ergonomía informática ". Revista CHIP informática. Pag. 50-58.

Extracto: Estudio sobre los factores determinantes en la adecuación de la visión al ordenador. Posiciones.

1.2. Elementos de la psicofisiología perceptual que afectan directamente a la visión.

Introducción

En el estudio de los factores que caracterizan y componen la imagen visual en general, existen numerosas teorías perceptuales de la visión, que intentan desde hace siglos buscar soluciones globales a los procesos de la visión. Pero en la actualidad, ha quedado patente que dichas teorías no han sido incapaces de explicar todos los aspectos de forma unitaria, aunque si que han resuelto en gran medida, aspectos metodológicos de la percepción humana desde el punto de vista de la ciencia, la psicología o la cognición.

El descubrimiento de nuevos conceptos ha supuesto una reestructuración e incluso la creación de campos asociados. Entre ellos destacaremos, la reestructuración de la psicología de la percepción y por otra de la ciencia de la fisiología asociada al mecanismo de la visión. Estas dos ciencias que en la actualidad conforman la ciencia de la psicología fisiológica¹, es uno de los pilares de la mayoría de las teorías propuestas por los científicos, que no se contentan con poder dar una explicación netamente hipotética del comportamiento subjetivo humano a través de la psicología, sino que pretender desvelar el comportamiento físico y químico asociado a ella.

Hasta finales del siglo XIX, la filosofía era la única ciencia que se había preocupado de los elementos más etéreos del conocimiento humano, como eran la naturaleza de la realidad, la experiencia y el comportamiento. Fué Wilhelm Wundt, que en 1879, creó el primer laboratorio de psicología, el investigador, que con sus teorías estableció la separación experimental de lo que en la actualidad llamado psicología.

Realizando los primeros experimentos basados en el método de la introspección, W. Wundt mantuvo la necesidad del estudio y descomposición de la propia experiencia cognitiva y la búsqueda de soluciones o explicaciones a los fenómenos que el hombre era capaz de crear y experimentar.

No es curioso que una de las primeras polémicas suscitadas fuera el estudio del pensamiento sin imágenes² que enfrentó a las escuelas recién formadas de Wundt y la escuela de Tichener, sin llegar a resolverse por entero por ninguna de las dos escuelas.

Por su parte, el estudio de la fisiología, se inicia en la mitad del siglo XIX como una rama proveniente de la medicina y en concreto de la neurofisiología, que recogían los aspectos más controvertidos de la mente humana, que en ese

momento no podía estudiarse en profundidad por falta de medios técnicos. La mayoría de las propuestas eran antetodo suposiciones, estudiadas bajo las premisas de la teorías psicológicas de primeros de siglo en base a estúdios singulares que ciertos científicos habían tratado anteriormente como enfermedades mentales.

Entre ellos destacaremos los trabajos de Charles Sherrington³ que en 1906, resumió los principales conocimientos de la época sobre los reflejos condicionados, que sirvieron para que Pavlov en 1927, expusiera su teoría sobre los mecanismos cerebrales del comportamiento desde un punto de vista fisiológico, basado esquemas de estímulo-respuesta.

Karl Lashley. se opuso a las teorías de Pavlov, indicando que en realidad, el cerebro no estaba organizado bajo un estímulo-respuesta, sino que el procesamiento de la información se ramificaba de una manera más compleja de lo que en un primer momento se había pensado. Para K. Lashley, el cerebro no consistía en concertar pasivamente los estímulos con sus consiguientes respuestas sino que existía una información sensorial basada en la experiencia y una predisposición genética que hasta el momento no había sido valorada.

En general, y después de la Segunda Guerra Mundial, con las bases de estos dos conceptos o teorías, se produjo el advenimiento de una tendencia hacia una sola disciplina capaz de combinar los aspectos relacionados con la psicología fisiológica y la neurofisiología para crear una nueva metodología de estudio del comportamiento de general de la mente.

A nivel teórico en 1913, John Watson introdujo el concepto conductivismo en la que se afirmaba que el contenido propio de la psicología no era la experiencia sino el comportamiento. Mantenía que el comportamiento podía medirse de una manera objetiva en base a la medición del estímulo-respuesta, aunque esta última no podía medirse en su totalidad debido a la incertidumbre.

Esta objetividad en el estudio de los procesos dominó el campo de esta nueva ciencia hasta los años 50, dejando de lado un aspecto fundamental de la experiencia misma como es su comprensión⁴.

En la actualidad, podemos afirmar que han existido tres tendencias teóricas dentro del campo de la psicología de la percepción, que han intentado resolver a su modo aquellos aspectos más cercanos al campo de la psicología del comportamiento del ser vivo, teniendo en cuenta de manera indirecta las diferentes problemáticas que sobre la percepción y la sensación de los sentidos se generan en el campo de la fisiología.

Dentro de las teorías perceptuales⁵ de la visión, las corrientes más significativas que dominaron los siglos XIX y XX han sido sin duda.

- La teoría de la inferencia.
- La teoría de la Gestalt.
- La teoría del estímulo.

- La teoría de la inferencia.

Desde el punto de vista empírico, esta teoría establecía que la percepción se basaba en la experiencia sensible y a un proceso de asociación, determinado por la obtención de claves o indicios sobre los diferentes fenómenos perceptivos establecidos, como el color, la profundidad, o el movimiento. Helmholtz, a mediados del siglo XIX, sistematizó la mayoría de los procesos perceptivos como inconscientes, donde "*...las sensaciones de los sentidos son señales para nuestra conciencia, dejándosele a nuestra inteligencia el aprender a comprender su significado*".

- La teoría de la Gestalt.

Manténía que mientras las sensaciones se dan lógicamente separadas y sin relación entre sí, nuestras percepciones captan la forma global y unitaria de las cosas. La forma de un objeto, es el resultado de un proceso de organización que configura unos factores respecto a otros. Las percepciones son además, el resultado de interacciones cerebrales espontáneas originadas por la estimulación sensorial. El famoso lema de la Gestalt, "*El todo es cualitativamente diferente a la suma de las partes*", se estableció como premisa fundamental de esta teoría que explicaba parte de los procesos de percepción y la composición.

- La teoría del estímulo.

Recoge el enfoque psicofísico, que buscaba la correlación entre las sensaciones subjetivas con los estímulos físicos reales, en el que en cada tipo de percepción, sea de color, forma, o movimiento venía determinado por un único estímulo o tipo de información incitadora, cuyo proceso finalmente sería tamizado posteriormente por nuestro cerebro. El estímulo, por tanto, era una entrada y la percepción era en esencia una respuesta donde se debía descubrir cuáles eran las principales características del estímulo para cada tipo de percepción.

En los años 50, James J. Gibson⁶, y sus colaboradores empezaron a esbozar nuevas teorías sobre la correlatividad de los estímulos para explicar diversos fenómenos que la ciencia psicofísica no podía llegar. Este punto de vista denominado “ecologista” parte del supuesto de que en las leyes naturales subyacentes en cada organismo están las claves intelectivas de la percepción como mecanismos de supervivencia.

El organismo por tanto percibe aquello que puede aprender y le es necesario para sobrevivir. J. J. Gibson, define el término de gradiente como las propiedades visuales del entorno definidas como estímulos característicos como el gradiente del tamaño, para explicar la idea de la perspectiva o el gradiente de textura para dar una explicación coherente a la idea de distancia y profundidad visual, etc...

Todas ellas se mantienen en la actualidad vigentes como un aspecto fundamental para entender, desde el punto de vista óptico-receptivo ciertos aspectos relacionados con la visión del campo visual en general.

En la presente tesis se ha valorado esta postura en el capítulo 3º desde el punto de vista psicológico para dar explicación a las teorías que sobre la conceptualización del espacio y la tridimensionalidad del objeto en el ordenador, capaces de ayudarnos a comprender las pautas que el ser humano utiliza en la comprensión de la imagen retinal que percibe del campo visual limitado por la pantalla.

En la actualidad y posteriormente a todas estas teorías, las premisas teóricas que hasta el momento dominaban a la psicología perceptual recibieron dos impulsos destacados. Por una parte el avance en el conocimiento neurofisiológico del comportamiento de las sensaciones humanas y por otro los avances tecnológicos junto con la llegada de las Teorías de la información que produjeron una revolución de términos y acepciones en el campo de la percepción.

La aparición de nuevos modelos teóricos del procesamiento de la información aplicado a la creación de lenguajes hombre-máquina se han sostenido de manera paralela a las teorías de procesamiento de la información visual más generales de nuestro tiempo⁷. Como veremos mas adelante en el capítulo 2º de la presente tesis, sobre la comunicación visual las claves cognitivas planteadas sobre el ordenador y el hombre son ante todo mecanismos de procesamiento de información que intentan ser explicadas por la teorías cibernéticas, sistematizando y objetivando la conducta humana al plantearse al hombre como una máquina y estimar el comportamiento como el resultado de la interacción entre los componentes de un sistema, el cuerpo humano, con sus mecanismos internos físicos y químicos.

Finalmente diremos que en los siguientes apartados se pretende dar a conocer los aspectos psicofisiológicos básicos y fundamentales de la percepción de una imagen de manera independiente al tipo de proceso llevado a cabo para su generación, ya que en resumen, el comportamiento del ojo, las leyes físicas y psicológicas son similares en la mayoría de ellos. Los conceptos de luz, color y forma, capaces de delimitar los objetos en entornos conocidos son necesarios por tanto, para percibir los objetos como realidades. No obstante, se ha intentado desviar el interés de la presente tesis en los factores⁸ y experiencias llevadas a cabo durante los últimos años que han influido de una manera directa sobre ellos en relación con la imagen computacional.

Notas

¹ Bruce Bridgeman. " Biología del comportamiento y de la mente ". Alianza Psicología. Alianza Editorial. Pga. 19.

² El estudio del pensamiento de la imagen fué uno de los grandes problemas filosóficos de su tiempo, que marcó toda una generación de escepticos sobre el tema, pero marcando el interés sobre la problemática que ya en esos días producía los estudios de las imágenes y sus percepción.

³ Las investigaciones realizadas por Charles Sherrington se centraron sobretodo en el análisis en el comportamiento de pacientes con lesiones cerebrales.

⁴ Ello ha llevado en los últimos tiempos, al desarrollo de una ciencia paralela conocida como psicología cognitiva capaz de asimilar conceptos como procesos internos neurológicos, estrategias de la memoria.

⁵ Irvin Rock. " La percepción ". Editorial Labor, Prensa Científica, Biblioteca Scientific American. Barcelona, 1985.

⁶ James J.Gibson. " La percepción del mundo visual ". Ediciones Infinito. Buenos Aires. 1974. Pag. 29-46.

⁷ Carmen Díaz Jimenez. "Alfabeto gráfico. Alfabetización visual ". Ediciones de la Torre. Proyecto didáctico Quirón, nº-44. Madrid, 1993. Pag. 50-53.

⁸ Hemos querido dejar en un capítulo aparte. los aspectos que establecen la profundidad visual y la tridimensionalidad de los objetos por ser en realidad un cúmulo de propiedades que engloban a todos los elementos psicológicos generales estudiados y cuya interpretación requiere sin duda una organización del espacio.

1.2.1. La luz.

La luz como comentábamos en la introducción del presente capítulo, es fundamental para la interpretación del estímulo básico de la percepción¹. Por ello, debemos conocer cuales son los procesos que se relacionan directa o indirectamente con la emisión de la luz y de que manera afecta nuestra percepción en el entorno real.

El estudio de la luz como estímulo que actúa sobre nuestro sistema visual, es una parte importante de los mecanismos de la visión a la hora de captar información del entorno y en concreto sobre los objetos situados en él. A nivel informático, la luz se convierte en un mecanismo fundamental para la visualización de las imágenes a través del monitor, ya que sin él no podríamos percibir las imágenes.

En términos generales, la luz es un emisor lumínico compuesto a nivel físico, de fotones emitidos desde una fuente de luz² que se mueve instantáneamente a la velocidad de la luz³, en línea recta⁴ en una dirección determinada, más o menos aleatoria.

A nivel físico y para entender el proceso de emisión de la luz, debemos considerar la relación que se establece entre la velocidad de las partículas que componen la emisión o fotones, y la frecuencia de vibración que emiten, ya que la frecuencia de vibración es la propiedad básica de fotón que no varía aunque un fotón atraviese un medio cuyo índice de refracción sea alto. La frecuencia de vibración que actúa fuera del ojo presenta valores habituales de,

$$E = \frac{F}{A} = \frac{I \cdot W}{A} 4,6 \cdot 10^{14} \cdot s^{-1}$$

y en realidad se mantendrá en su interior.

A pesar del hecho de que la frecuencia es fácil de medir desde el punto de vista espectral, la medición más utilizada en términos científicos es el cálculo de las longitudes de onda a través del espectro de la luz. La luz vibra con una frecuencia f , en un plano perpendicular a su dirección de transmisión, y se mueve a una velocidad de la luz, c . Matemáticamente, la longitud de onda de la luz, se define como la distancia que debe viajar un ciclo de vibración, y por tanto, fórmula que define la longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia de vibración,

$$\lambda = c/f$$

- El estímulo.

Como hemos visto hasta ahora, la luz es un componente necesario para activar, a través de la estimulación nuestro sentido visual a través del ojo. El estímulo es sin duda, la base de cualquiera de los estudios sobre los umbrales o límites de la visión humana relacionada con la entrada y salida de la información perceptible.

Denominamos estímulo⁵, al efecto que se produce cuando ejercemos una causa sobre un elemento receptivo. En el caso del ojo, el estímulo de la luz en diferentes grados o niveles de intensidad, establece la potencia de estímulo que emitirá el órgano receptivo y que llegará codificado a nuestro cerebro en forma de señal⁶. Por tanto, uno de los aspectos fundamentales de la medición es sin duda la relación entre la intensidad de un estímulo y nuestra percepción real de su magnitud. La relación más fiable del comportamiento que podamos obtener de la imagen visual, es sin duda, la adaptación lumínica que el ojo hace de lo que observa, en función de los niveles de iluminación que es capaz de asimilar. gracias a los umbrales de iluminación absolutos que es capaz de captar.

En el ordenador, se desarrolla este concepto de estímulo cuando, durante la visualización de la imagen somos capaces de responder al estímulo global de la luz artificial emitida por la pantalla, que incide en nuestro ojo, y que somos capaces de asimilar conceptualmente como forma, contorno, color, etc... En el ordenador podemos encontrar que el estímulo proveniente de la luz emitida por la pantalla⁷, no es un flujo estable y continuo, como pueda tener la luz de día, por ejemplo. En realidad, existe un estímulo intermitente que nosotros captamos a través del ojo, debido a la frecuencia de emisión sobre la que se generan dichos cambios. y sólo cuando el ritmo de la pulsación es bajo, el observador percibe una sucesión de alteraciones de luz y oscuridad. Por otra parte, cuando el ritmo aumenta el resultado se convierte en un centelleo de la luz.

El ritmo de pulsación sobre el cual se hace perfectamente estable la luz a nuestros ojos se denomina punto de fusión⁸. El ritmo de pulsaciones en este punto recibe el nombre de "frecuencia crítica de centelleo" o f.c.c. Si el área de estímulo aumenta, se incrementa el valor de f.c.c. para la mayoría de las intensidades⁹, si por el contrario, el área se reduce el valor de f.c.c. disminuye.

Talbot, encontró que existía una pequeña relación de carácter fijo entre la idea de brillo que un observador percibía y la fracción del ciclo de intermitencia del pulso o ritmo. Mantuvo que la luz parecía tener la mitad de brillo de lo que hubiera tenido si la estimulación tuviera lugar con la misma intensidad y continuara a través de un determinado ciclo, es decir, cuando se produjera una estimulación continua.

Por ello emitió una hipótesis, conocida actualmente como la ley de Talbot que dice: *"...La percepción que se produce en la luz continua es tan brillante como la percibida, si la estimulación total se hubiera distribuido homogéneamente a través del ciclo... Si el estímulo, ocupa solamente una tercera parte del ciclo el brillo, será la tercera parte de lo que hubiera sido si el estímulo continuará a través de todo el ciclo"*.

La importancia de esta afirmación se resume a nivel perceptivo en base a que la luz percibida a través de una fuente de luz regulada, presenta unos niveles de actuación límite, que se hallan en función del tiempo de actuación del estímulo y no de la intensidad del mismo.

Por tanto, a nivel informático, encontramos que la visualización de la imagen sintética, en función de la emisión lumínica que conlleva, viene determinada por la capacidad del sistema en transmitir el flujo de luz necesaria para que los datos emitidos se vean de forma continua.

Los impulsos visuales que se hallan por debajo del punto de fusión en una fuente de luz intermitente fueron estudiadas posteriormente por Bartley, en base a las premisas de Talbot. En dichos estudios se llegó a la conclusión de que el proceso global del ritmo de las pulsaciones varía de forma significativa en estadios de oscuridad y luz percibibles¹⁰. En los ritmos de pulsaciones donde no se llega a producir una emisión perceptivamente continua, la efectividad de la estimulación intermitente varía cumpliendo la ley de Talbot. Pero existe un punto donde la estimulación continua y la intermitente puede llegar a presentar valores comunes.

La efectividad incrementada por la estimulación intermitente que sobrepasa la de la estimulación continua se denomina incremento de brillo o "efecto Bartley". Visualmente, un incremento en el brillo de un estadio diferente se produce por la radiación de pulsos aislados cortos. Si se comparan los efectos de un pulso corto, con los que produce la radiación continua de la misma intensidad se encontrara que el pulso es más brillante. La teoría expuesta por Bartley para explicar el incremento ha sido denominada "Teoría de la alteración de la respuesta", que demuestra que se produce una mayor estimulación por unidad de tiempo al realizarla durante un periodo de tiempo concreto que al distribuirla homogéneamente. Este efecto, puede percibirse por ejemplo, en la visión de una animación compuesta por fotogramas, en las que existen cambios significativos de luminosidad de los objetos representados y que produce un impacto visual mas importante que una imagen estática de cualquiera de los fotogramas emitidos y sobre los que la captación de la información puede desarrollarse en tiempos muy limitados.

- Los umbrales de iluminación.

La medición del estímulo, en general, se basa en el cálculo de los umbrales absolutos o relativos del mismo en función del canal emisor que lo realiza. A nivel de estimulación luminosa, y dependiendo de las intensidades de las señales lumínicas, el ojo es capaz de percibir variaciones significativas entre ellas, o no percibir las, en función de la capacidad y limitación del sistema visual. La medición de estas limitaciones es lo que conocemos como umbral o nivel límite de actuación y sobre el que se basa cualquier teoría científica relacionada con los sentidos captados por el hombre, ya sea la vista, el tacto, el oído o el gusto.

Los primeros planteamientos teóricos del concepto genérico de umbral, parte de los conocimientos de un filósofo alemán del siglo XIX, conocido como J. F. Herbart que sugirió que para ser experimentada un evento mental éste tenía que sobrepasar una cantidad o nivel crítico de respuesta para ser percibido.

La teoría clásica del umbral¹¹ de Gustav Fechner¹², establece las primeras pautas metodológicas en el estudio del estímulo como entidad psicofísica. Las teorías de G. Fechner, partían de la idea general de la existencia de un umbral absoluto en función de la percepción de una transición brusca entre un estado, en el que el observador no puede detectar el estímulo si la intensidad, es inferior al umbral, y otro en el que el observador puede detectarlo, si la intensidad es superior al umbral. La transición entre la detección y la no detección de un estímulo se consideraba gradual. Su representación se hallaba en función de la longitud de onda y el umbral relativo establecido previamente¹³.

En la actualidad el cálculo de los umbrales se establece por el sistema de medición conocido como “el método de ajuste” que es probablemente el más rápido de los que existen pero no el más fiable, debido a las posibles imprecisiones creadas por la falta de tiempo y rigurosidad en la toma de datos, que deben delimitar cada uno de los pasos o estímulos mostrados, conocido como intervalos de descanso y que en éste método no se producen¹⁴.

A nivel experimental, existen dos métodos tradicionales¹⁵ fundamentales cuando nos hallamos ante una serie de estímulos que deben ser analizados¹⁶ de forma restringida:

- El método de estímulos constantes.
- El método de los límites.

- El método de estímulos constantes.

Es conocido también como el “método de las diferencias de estímulos constantes”. En su fase inicial se utilizan de 5 a 9 estímulos, en los cuales el más intenso sobrepasa el umbral establecido y el más débil se halla por debajo de éste. Los estímulos comprendidos entre estos dos niveles son considerados intensidades de carácter intermedio de forma que son detectados en alguna de sus presentaciones, pero no en todas. Cada estímulo se presenta al observador, un cierto número de ocasiones siguiendo un orden aleatorio. Los resultados en general, indican que nunca se detecta la luz mas baja, que siempre se detecta la mas alta y que los estímulos intermedios se detectan en algunas ocasiones. Por ello el umbral se considera como aquella intensidad que es detectada por lo menos, en la mitad de sus presentaciones.

- El método de los límites.

Es conocido también como el método de cambio mínimo sobre una diferencia mínima perceptible. Se emplea para determinar umbrales absolutos y terminales. El experimentador presenta estímulos en pasos pequeños y con un orden ascendente o descendente, de forma que el individuo debe responder afirmativamente si es capaz de percibirlo o no. Si la frecuencia de estímulos ha sido descendente el procedimiento se dará por terminado cuando el individuo no sea capaz de percibir ninguna intensidad de luz, por lo que en ese punto se situará un valor considerado límite para el individuo. Posteriormente, el experimento se realiza en sentido ascendente de forma que el umbral se calcula con la medida de los puntos de cruce de cada serie.

No obstante muchas veces se ha puesto en tela de juicio que la medición de umbrales absolutos¹⁷ sea la respuesta definitiva a la medición empírica del estímulo ya que puede existir un criterio de respuesta que influye en los resultados finales de toda medición y que ha permitido a los investigadores el desarrollo entre otras de la llamada Teoría de detección de señales, basada en términos probabilísticos de las respuestas finales y la Teoría de la potencia, en función de la cantidad de estímulo percibido.

- La teoría de la detección de señales.

Esta teoría es considerada de carácter multiestado¹⁸, ya que presupone que cada ensayo presenta un cierto grado de interferencia o "ruido" que proviene de diversas fuentes, que influye sobre los datos obtenidos, como es el caso de la instrumentación utilizada, las descargas espontáneas del sistema nervioso, los cambios inherentes al medio, etc... Este ruido o fondo, se traduce realmente en un cambio de sensación mayor que cero, considerado el nivel de referencia de reposo y por tanto, debe tenerse en cuenta a la hora de realizar una medición del estímulo.

El proceso de obtención de las muestras de testeo para la medición, se establece mediante la utilización de la frecuencia del hecho por repetición. La respuesta se ve modificada por las características del entorno, basadas en un criterio condicionado inicialmente y reflejado en la representación de datos. La representación se determina en función del porcentaje de aciertos y con el porcentaje de falsa alarmas que crean "la curva operativa de respuesta", conocida bajo las siglas COR. Esta curva variará si modificamos las condiciones que influyen a las condiciones iniciales del experimento analizado, y no al estímulo que permanecerá constante.

Esta teoría no utiliza el concepto de umbral desde el punto de vista perceptivo, sino que se centra en el concepto de umbral de respuesta, en la que se deja al individuo decidir si la magnitud de la sensación que provoca el ensayo experimental concreto es suficiente para garantizar una decisión a favor de una respuesta positiva o percepción de la detección, o una respuesta negativa, percepción de la no-detección.

La ventaja de esta teoría frente a otras, es que permite separar la detectabilidad inherente a la señal de las variables de actitud y de motivación, que influyen en los criterios del observador que juzga el estímulo.

En la actualidad esta teoría ha buscado hechos empíricos que demuestren su utilidad en el campo de la percepción humana, aunque no ha sido apoyada unánimemente por la mayoría de los científicos. No obstante, ha sido aplicada en

estudios específicos de grupos étnicos como son las culturas oriental respecto a la occidental en la búsqueda de esquemas diferenciales entre razas, que permitan delimitar las posibles evoluciones perceptivas del individuo frente a estímulos iguales.

Entre los experimentos encontramos los realizados por Clark y Yang, en 1974, sobre la analgesia en la acupuntura y posteriormente los trabajos de Crawford Clark y Susana Bennett Clark, en 1980 en la búsqueda de umbrales estimulares al dolor de grupos de personas de diferentes razas. El experimento ha demostrado que existe una diferencia perceptible entre los sujetos de los dos grupos marcados por los de un mismo ambiente social respecto a otro en base a los criterios estimulares del individuo para soportar el dolor, y los diferentes grados de asimilación¹⁹.

- La teoría de la potencia de Stevens.

Otra de las teorías alternativas de medición frente a los cálculos basados en umbrales perceptivos es la teoría de la potencia. Si medimos la intensidad de la bombilla y la intensidad del cielo, nos encontraremos que el cielo tiene una intensidad mucho mayor que la bombilla, aunque nosotros percibamos la primera de forma mas intensa que la segunda. Esto se debe a que existe una conexión entre los términos de intensidad y brillo que muchas veces confundimos o asimilamos como iguales, y que ya vimos podía establecerse en función de la hipótesis marcada por Fechner.

Fechner, derivó una relación entre la intensidad estimular y la magnitud percibida a través de las leyes descritas por Talbot y en conjunción con las teorías de E. H. Weber, sobre la magnitud del umbral diferencial o conocida como "Diferencia Apenas Perceptible", DAP, en función del intensidad del estímulo creado. La definición de la mínima diferencia entre dos estímulos dados en función del valor del DAP, es una fracción constante de la magnitud del estímulo, se resuelve en la expresión matemática,

$$DAP = k \cdot S$$

donde k, es la constante denominada "Fracción de Weber" y S es el estímulo modelo.

Bajo éstas dos premisas, Fechner fué capaz de derivar la relación matemática entre la magnitud percibida y la intensidad del estímulo, conocida también como la “ley de Fechner²⁰”,

$$P = K \text{ Log } I$$

donde, P es la magnitud percibida, K es la constante, e I es el estímulo.

En 1957, Steven²¹ propuso una nueva modificación a la ecuación básica de Fechner, conocida como “la ley de la potencia de Stevens”, bajo la fórmula de,

$$P = K \cdot I^n$$

La técnica de la estimación de magnitud de la potencia creada por Steven, se establece cuando el investigador presenta un estímulo “modelo” al observador y le asigna un valor determinado en una escala. A continuación, se le presenta una serie de intensidades diferentes y se le pide al observador que asigne un número a cada una de ellas en función de su relación con el brillo de la luz modelo, en base a la puntuación marcada anteriormente. Si la luz aparece el doble de brillante que el modelo, se le puntuará con un 20, pero si por el contrario la intensidad es la mitad recibirá un valor de 5. Mediante dichos valores el investigador debe crear una serie de gráficas que muestran los valores de logaritmo de la estimación de la magnitud en función del logaritmo de la intensidad del estímulo, donde pueden quedar reflejadas tres tipos de curvas:

- Las curvas con pendiente decreciente. Se hallan relacionadas con la magnitud del brillo y también con la comprensión de la respuesta. La duplicación de la intensidad de la luz no llega a duplicar el brillo.
- Las curvas con pendiente creciente. Se hallan relacionadas con la expansión de la respuesta, donde la duplicación en la intensidad de la descarga consigue que la sensación se incremente mas del doble.
- Las curvas o líneas rectas²², con una pendiente próxima a 1. Demuestra que la magnitud de la respuesta refleja de forma perfecta los incrementos en el estímulo.

En general, podemos decir que todas estas teorías y mediciones sobre el estímulo básico, nos permiten descubrir la importancia de los límites existentes sobre los diversos sistemas sensoriales del ser humano.

Ello nos indica que en ocasiones no podemos realizar una medición absoluta y rigurosa del fenómeno de la estimulación externa que llega a los sentidos, sino que, debemos tener en cuenta los condicionantes internos y externos al individuo, que se hallan reflejadas principalmente en los estudios empíricos de las sensaciones.

A nivel perceptual hemos centrado nuestra recopilación de leyes y teorías en función de la problemática visual más directa y simple, reflejada en la captación lumínica de la intensidad del ojo y que en gran manera justifica los primeros estadios visuales de captación de la luz por parte del ser humano frente a una pantalla de ordenador.

- El proceso de interacción de la luz en el ojo.

Una vez estudiado las capacidades del estímulo en general, y los factores implicados en su medición, debemos hacer hincapié en el proceso fisiológico²³ de la visión desde la captación misma de la luz. El proceso, parte del flujo de fotones o rayos de luz que actúan mediante la actuación de la reflexión sobre los objetos o el entorno, que crean la fuente del estímulo externo visual y que serán absorbidos y filtrados por los pigmentos visuales.

En el ojo, la luz reflejada por las superficies del mundo real se introduce a través de la pupila. El cono de rayos de luz que pasa por la pupila forman la imagen en la retina, en función de las propiedades iniciales de los rayos de luz, como intensidad, color, etc..., y de las propiedades existentes en los diversas capas del ojo, como la refracción de los diferentes líquidos que componen la anatomía del ojo. El haz de luz converge gracias a unas membranas transparentes, que actúan como lentes en un sólo punto creando un haz de luz enfocado de forma centralizada en una parte concreta de la retina. El fotón que es absorbido a través de los pigmentos visuales, extrae la señal que desde los fotorreceptores desencadena un conjunto de acciones a través de la zona neuronal de la retina, culminando en señales neuronales codificadas, emergiendo desde las células ganglionares a las fibras ópticas nerviosas que transmiten finalmente esas señales al cerebro y donde a su vez son interpretadas como información visual.

Una vez estudiado el mecanismo de interacción básico de la luz en forma de estímulo neuronal, se debe tener en cuenta de qué manera afecta al aspecto psicológico de nuestra mente, es decir, la respuesta que se produce en el ojo a consecuencia de un cúmulo de actuaciones internas o externas a nosotros, capaces de variar o asimilar de diversas maneras la imagen percibida.

Según la mayoría de los estudios sobre la percepción²⁴, existe una evaluación física de la luz en función²⁵ de:

- La longitud de onda.
- La dirección de incidencia de la luz sobre el objeto.
- La dirección sobre la cual el objeto es visto.
- Los índices de refracción de los materiales.

- La adaptación lumínica del ojo.

Uno de los aspectos fundamentales del comportamiento del ojo frente a la iluminación es sin duda la adaptación que se produce a las diferencias de intensidad de la misma en nuestro entorno. Desde el punto de vista fisiológico, como ya vimos anteriormente, son los conos y los bastones, la cantidad de pigmento visual activado en cada fase de adaptación de los mismos, y un aumento de sensibilidad en cada uno de ellos, lo que determinan una adaptación mayor o menor a las condiciones impuestas por el medio transmisor del estímulo.

A nivel psicológico, estos factores se explican, en términos generales a través de los conceptos de la constancia de tono y de la intensidad lumínica apprehendidos de nuestro entorno. El sistema visual es más sensible a los cambios de intensidad o brillo que a una intensidad absoluta. La constancia de tono mantiene que somos capaces de asimilar diferentes tonos de luz dentro de unos márgenes muy estrechos²⁶. En el estímulo luminoso, las condiciones de luminosidad existentes en los objetos²⁷ aumenta con la intensidad del estímulo que la produce.

El juicio que un sujeto realice de la intensidad física de la radiación puede ser equivocada dependiendo de las condiciones a las que el ojo y el sujeto se hallan expuestos, como ya vimos durante la descripción de las mediciones de los umbrales de actuación de un estímulo dado. Si el cambio en la intensidad del estímulo no es lo suficientemente rápido existirá una variación lumínica fácilmente detectable. El ojo tiene tendencia a considerar el brillo²⁸ constante bajo diferentes intensidades de flujo. Si la tendencia fuera perfecta, todos los campos que tuvieran una iluminación particular parecerían iguales por lo que no existirían diferencias apreciables entre los diferentes materiales, o la percepción de los matices en un color.

Cuando el sujeto observa el brillo producido por una fuente constante, en condiciones restringidas, como pueda ser la emisión de una luz sin un entorno referente, la percepción de la luminosidad creada puede establecerse de forma equivocada, puesto que el sujeto no tiene con que guiarse excepto de su memoria referencial.

- El deslumbramiento.

Como hemos comprobado en la adaptación lumínica, obtendremos una respuesta distinta en base a los diferentes niveles de iluminación a los que el ojo se adapta, asimila y que es capaz de soportar. Sobre este último punto, es necesario entender que el ojo puede sufrir un deslumbramiento de luz que puede afectar a su comodidad frente una fuente luminosa y por tanto frente a un estímulo dado, y que en definitiva afecta a la percepción visual de lo que vemos.

A nivel informático, muchas veces las imágenes creadas por el ordenador aparecen de una manera mas nítidas y contrastada si disminuimos la luz del entorno, que dejando que el ordenador asuma totalmente la emisión de luz que llega a nuestros ojos. Esto que en un primer momento, nos parecerá conveniente para determinar las calidades de colores o grado de contraste entre formas, es inadecuado desde el punto de vista ergonómico del ojo debido a una adaptación forzada que creamos. La mayoría de los libros, sobre iluminación que tratan el problema del deslumbramiento²⁹ tanto desde las fuentes de luz, artificial como natural, recomiendan una nivelación de los mismos dependiendo del grado de atención necesario en cada trabajo visual. La mayoría de ellos establecen la necesidad de una nivelación lumínica entre el entorno funcional de trabajo y el entorno creado en el ordenador a nivel global.

La importancia fisiológica del deslumbramiento mantiene sus leyes en función de las capacidades físicas de los pigmentos visuales frente a un estímulo netamente lumínico. A través del estudio de los niveles o rangos de actuación de las longitudes de onda que es capaz de captar el hombre, encontramos que los fotorreceptores visuales se hallan claramente limitados no solamente por la absorción de determinadas franjas espectrales sino que existe un mecanismo neuronal capacitado para nivelar de forma uniforme la señal elaborada por ellos. Ello induce a que en ocasiones seamos capaces de soportar de forma gradual ciertos estados de deslumbramiento que llegamos a considerar normales o aceptables sin que seamos capaces de darnos cuenta de ello de forma consciente.

La problemática suscitada sobre los niveles de aceptación de un estímulo luminoso, bajo condiciones próximas al deslumbramiento, implicado en los medios de comunicación como la televisión o el ordenador, están siendo investigados en la actualidad para comprender hasta que punto existe una adaptación o una pérdida real de visión en condiciones forzadas y de que forma afecta a la visualización de las imágenes creadas o representadas³⁰.

- La constancia de la luminosidad.

Dentro de la existencia de un contraste tonal desde el inicio mismo del procesamiento de los datos obtenidos por el ojo, nos encontramos con el problema de considerar si existe o no una constancia de la luminosidad que pueda ser considerada absoluta o cuanto menos fiable, que a su vez nos sirva de referencia a la interpretación de los límites de la percepción tonal sobre la iluminación de un tono determinado. Cuando exista una determinada proporción entre los valores de luminancia procedentes de regiones vecinas de un mismo campo, solemos percibir un color particular dentro de los niveles de continuidad existentes entre las gamas de blanco-gris-negro que forman los colores acromáticos³⁴.

Diversas teorías han intentado explicar la posible existencia de los que podemos denominar la constancia de la luminosidad o la luminancia³⁵ en los objetos, en base a un baremo específico conocido como luminancia absoluta.

La información de la imagen retinal a través de la luminosidad se considera relativa ya que por definición la reflectancia física en una superficie blanca es aquella que refleja la mayor parte de luz que incide sobre ella y la superficie negra la que absorbe mas cantidad de luz. La luminancia varía con los emplazamientos y con los tiempos. Una zona negra que recibe una cantidad de luz muy potente de manera directa puede enviar al ojo una luz muchos mas intensa que una zona blanca poco iluminada. Ello determina que si se cumplieran las leyes estrictamente veríamos cada una de estas zonas en base a sus propiedades de base, pero en realidad la dominancia se establece en función de la constancia de la luminancia³⁶.

Según las teorías tradicionales como la propuesta por Hemholtz, en función de la teoría general de relación de estímulos que explicaba los diferentes tipos de constancias relacionadas con el tamaño y la percepción de la profundidad visual en términos de captación de la luz sobre los objetos frente al entorno. Para Hemholtz, el sistema perceptual es capaz de calcular el tono o matiz de la superficie tomando en cuenta la iluminación disponible en ese momento. Pero cuando disponemos de datos provenientes de los objetos y de una iluminación intensa proveniente del exterior, la luminosidad superficial que bajo mediciones podemos considerar determinada, puede percibirse reducida.

En la actualidad, la teoría de la relación entre estímulos ha sido revocada en parte debido a las nuevas investigaciones llevadas a cabo en relación con los conceptos de aprendizaje y de aprehensión de los datos de la luminosidad de una imagen visual a través de los indicios psicológicos. La utilización de los indicios aprendidos asume en cierta manera aquellos condicionantes que hacen que veamos un objeto u objetos bajo unas determinadas condiciones.

- Fenómenos y efectos de la luz en los objetos.

La incidencia de la luz sobre las superficies supone uno de los puntos claves de la generación de estímulos indirectos que llegan a nuestros ojos y que comprende a la mayor parte de las percepciones visuales de nuestro entorno más cercano. El concepto de medición que resume la emisión de esta luz por la reflexión corresponde a la luminancia y es este parámetro el que resume en ocasiones el elemento primario que captamos de un objeto.

Existen otros fenómenos³⁷ relacionados con la reemisión de la luz que incide sobre los objetos, y afectan a nuestra forma de percibir los objetos en general. Muchas de ellas se deben a las características determinadas que cumplen ciertos materiales al incidir sobre ellas la luz y sobre los que hablaremos más detalladamente en el capítulo 4º, dedicado a la generación de realismo visual en base a la simulación de dichos efectos por ordenador.

En general y según los factores establecidos por Hunter y Harold³⁸, existen diversos parámetros de medición utilizados para calcular y definir los fenómenos derivados de la incidencia sobre los objetos y que sirven para definirlos. Entre ellos destacaremos, por ejemplo, la reflexión especular de la primera superficie de un objeto, sobre la cual cae la luz, la dispersión del material, asociada con la reflexión difusa y la transmisión difusa de la luz, la absorción de la longitud de onda de la luz sobre el material, relacionada con el color o la transmitancia de la luz a través del objeto relacionada con el concepto de transparencia³⁹.

No obstante, nuestro planteamiento es describir de forma general aquellos fenómenos que nos serán útiles a la hora de realizar cálculos y mediciones sobre otros elementos perceptuales como son el color, la textura, las propiedades matéricas de los objetos, etc... para su posterior clasificación y definición.

Existen 4 tipos de procesos o fenómenos que se producen gracias a la luz sobre los objetos y que son:

- La difusión.
- La reflexión.
- La difracción.
- La refracción.

- La difusión ó dispersión.

Este fenómeno a nivel físico se produce en términos generales por la variación aleatoria de la trayectoria de los rayos incidentes durante el paso de un medio a otro⁴⁰. Los fotones del haz de luz que componen la trayectoria uniforme inicial, se degradan durante la transmisión debido a las propiedades difusas que presenta el nuevo medio a traspasar y que en consecuencia afecta a nivel microscópico a la desviación de las trayectorias a un nivel reducido, pero perceptible en su conjunto.

Cuando existe una posibilidad de dispersión las probabilidades relacionadas dependen de la longitud de onda del fotón y las propiedades de la molécula sobre la que incide. Desde el punto de vista del observador un grupo de fotones vienen del mismo lugar pueden ser captados por el ojo de varias formas.

- La reflexión.

En términos generales la reflexión comprende a numerosos fenómenos relacionados con la reemisión de las trayectorias lumínicas en función de las propiedades de los materiales. La mayoría de los objetos son percibidos gracias a que la luz se refleja en ellos. lo hace en función de diversos niveles o grados de interacción. Se asume, por tanto, que la luz incidente sobre la superficie se ve reflejada totalmente o en parte hacia el exterior a su vez, en forma de luz y que de esta manera, es capturada por el sistema visual, permitiéndonos hacer un juicio subjetivo⁴¹ pero fiable las características del material desde puntos de vista perceptivo como el brillo, la opacidad, etc... De esta manera dispondremos de uno de los métodos de medición científico más fiable de las propiedades de los materiales en función de las características perceptuales que podemos describir sobre los materiales. Por ejemplo, se utiliza para la medición del color en función de su reflectancia espectral y que se establece a través de la propiedad de un haz de luz que al ser reflejado sobre una superficie, puede variar su trayectoria en función de la longitud de onda del rayo incidente⁴². En general, las leyes físicas que cumplen la reflexión mantienen que:

- La reemisión implica que los rayos de luz reflejados desde un objeto no son considerados o los mismos que los que inciden sobre ellos, a excepción de los materiales fluorescentes. Las teorías físicas de estado sobre la longitud de onda de un fotón emergente es exactamente el mismo que el incidente.

- El número de fotones emergentes nunca será superior al número de fotones incidentes.

- La difracción.

Este fenómeno es utilizado generalmente en la medición y calibración de los procesos de desviación de trayectorias de la luz incidente sobre los materiales, en función de la densidad del mismo. Se utiliza, por ejemplo, en el estudio de la propiedades de lentes.

Este fenómeno estudiado por Huggens, durante el siglo XVII estableció que cuando un rayo de luz choca en un objeto opaco es decir, no transparente, es absorbido y reflejado cambiando su trayectoria de reemisión en función de las propiedades del material y en concreto su estado y densidad matérica. Huggens, realizó la mayoría de sus experiencias mediante lentes y cuerpos con diversas calidades de opacidad o transparencia. Con ellos demostró que ciertos materiales con una determinada densidad, modificaban su trayectoria en función de la zona del material sobre el que incidían⁴³. Por tanto, un medio transparente puede crear efectos difractivos sobre la luz ya que contiene átomos que pueden interaccionar con fotones o haces de luz emitidos. Por ejemplo, la trayectoria de un rayo de luz a través del agua⁴⁴ o del vidrio es capaz de modificar su dirección inicial en un tercio.

Este fenómeno llega a producirse incluso a nivel fisiológico del ojo, sobre la pupila, obteniéndose una imagen borrosa si existe una variación del ángulo de la difracción erróneo. Esto se debe al hecho de que a mayor abertura de la pupila, se permite que una pequeña porción de luz incidente sea procesada por el ojo, interaccionando con el contorno de la pupila.

- La refracción.

Se refiere al cambio en la dirección de la luz cuando pasa se un medio a otro. Se relaciona con el concepto de transmitancia que puede producirse por el paso total o parcial de los rayos de luz a través de un medio o medios. De la misma manera que encontrábamos durante la dispersión, éste fenómeno produce un cambio en la trayectoria de los rayos de luz en función de las propiedades del medio a atravesar y sobretodo en función de las densidades del mismo.

A nivel fisiológico, el efecto de refracción es uno de los fenómenos mas importantes dentro del sistema visual centralizado en el ojo, que nos permite formar imágenes debido entre otras cosas a la divergencia creada a través de los líquidos visuales del globo ocular que inciden de forma convergente sobre la retina. La refracción ha sido investigada y sistematizada durante siglos a través del estudio de las propiedades ópticas de materiales transparentes o semitransparentes. y entre los que destacamos los desarrollados por Keppler, durante el siglo XVIII, con lentes cóncavas y convexas.

Notas

¹ Robert Boynton. "Human Color visión". Ed. Optical Society of America, OSA. USA, 1992. Pag. 46-48.

² En el mundo real, debido a que las fuentes de luz no están distribuidas uniformemente y que sus recorridos al exterior varían de dirección, consideraremos la luz natural del sol como la fuente de luz uniforme ideal a la hora de interpretar nuestra mediciones. No obstante, en el capítulo 4º de la presente tesis realizaremos un breve resumen de los principales fuentes de iluminación existentes.

³ La velocidad de la luz en un medio de vacío perfecto es de 300.000 Km-sg.

⁴ La luz difiere de la mayoría de las partículas físicas por tener una masa en reposo de cero, las vibraciones emitidas se hallan siempre en un plano perpendicular a su camino primario.

⁵ William N. Dember. Joel S. Warm. " Psicología de la percepción ". Alianza Psicológica. Alianza Editorial. Madrid, 1990. Pag. 42.

⁶ Por ejemplo, existe una distinción entre el nivel físico del estímulo a través de la intensidad, y la magnitud percibida del estímulo en sí. Por ejemplo, mientras la medición de la intensidad se realiza a través de un fotómetro, donde el ojo humano puede percibirlo parcialmente o en su totalidad, magnitudes como los brillos, se miden a través del efecto que producen en el ser humano y su captación se realiza de forma empírica.

⁷ David Travis. " Efective color displays: Theory and Practice ". Ediciones Academic Press, Inglaterra, 1991. Pgs. 100-107.

⁸ Otros factores que influyen se sitúan en el área de la retina abierta y la posición de la imagen sobre la retina.

⁹ A nivel fisiológico, cuando las intensidades son bajas los fotoreceptores de tipo bastón se activan de forma independiente a los fotoreceptores de tipo cono, creando niveles de incertidumbre en el reconocimiento de las formas perceptivas más elevado. No obstante, y en general, el valor del f.c.c. no cambia de forma exagerada cuando variamos el rango de las intensidades, debido a la proporción entre los fotoreceptores de tipo bastón frente a los de tipo conos implicados en el proceso.

¹⁰ Cuando el ritmo de pulsación es bajo, el resultado es una alteración entre periodos de obscuridad y luz. A medida que aumenta el ritmo, la fase de obscuridad desaparece convirtiéndose sólo en un periodo menos brillante que el periodo original de luz. Si aumenta el ritmo, el resultado visual se describe como un campo luminoso compuesto de una luz continua y una luz fluctuante superpuesta. Si por el contrario el ritmo aumenta, el componente fluctuante se hace menos amplio, hasta desaparecer dejando paso un campo continuo.

¹¹ El concepto de umbral absoluto se define, según esta teoría, como la cantidad más pequeña de energía estimular necesaria para que un observador sea capaz de detectar la presencia de un estímulo determinado.

¹² Gustav Fechner. " Elementos de psicofísica ", 1860.

¹³ Otra forma de representación de los datos era creando un umbral de sensibilidad, mediante la relación $\text{sensibilidad} = 1/\text{umbral}$. Esto quiere decir que los umbrales bajos se convierten en sensibilidades altas, creándose la curva de sensibilidad espectral, donde se establece una diferencia de sensibilidad por parte del ojo a las diferentes longitudes de ondas establecidas para cada color, que determinan el espectro visible que puede ser percibido.

¹⁴ Hay que tener en cuenta que en todos los métodos utilizados para la medición de los umbrales, existen los efectos que pueden variar el cálculo de las mediciones como son por una parte el error de habituación al método, el error de anticipación, por el carácter ascendente y descendente predecible por el individuo, y el efecto de contexto o de adaptación que influye en la toma de decisiones.

¹⁵ William N. Dember, Joel S. Warm. "Psicología de la percepción ". Alianza Psicología. Alianza Editorial. Madrid, 1990. Pag. 43-45.

¹⁶ A nivel general, éstos dos métodos se usan para determinar en su conjunto valores de umbrales de carácter psicofísico en función de la sensibilidad del individuo, sin embargo utilizando uno y otro método, los valores finales no siempre coinciden.

¹⁷ En la actualidad, diversos autores han puesto en duda de la idea de umbral absoluto en las respuesta de muchos estímulos debido, entre otras cosas, a que la mayoría de dichos estímulos

pueden sobrepasar en condiciones extremas y en función de las capacidades individuales del ser humano, los niveles mínimos de intensidad creados previamente.

¹⁸ No haremos mención en este apartado las teorías de discriminación psicofísica de la hipótesis phi-gamma y la teoría neuronal cuántica por considerarse en realidad como teorías del procesamiento de la información de estados duales, es decir, un estado de detección en el estímulo estará presente y uno de no detección, cuando el estímulo no está presente. E. Bruce Goldstein." Sensación y percepción ". Editorial Debate. Madrid, 1992.

¹⁹ E. Bruce Goldstein." Sensación y percepción ". Editorial Debate. Madrid, 1992. Pag. 18-19.

²⁰ Esta ley ha sido cuestionada debido a que por una parte, solamente es válida para intensidades estimulares medias o altas, y por otra al basarse en la premisa de que la DAP como una unidad básica de medida, los valores no cumplen la proporción lineal de incremento de intensidades.

²¹ E. Bruce Goldstein. " Sensación y percepción". Versión castellana, Julio Pillo Jover. Editorial DEBATE. Madrid. 1993. Pag. 20-22.

²² Precisamente a estas últimas se las conoce como funciones potenciales y se describen bajo la ecuación general de la ley de la potencia de Fechner.

²³ Bruce Bridgeman. " Biología del comportamiento de la mente ". Alianza Psicología. Alianza Editorial. Pag. 64-67.

²⁴ James J. Gibson. " La percepción del mundo visual ". Ediciones infinito. Buenos Aires. Pag. 70-72.

²⁵ No obstante, en este apartado, enumeraremos solamente los conceptos generales del comportamiento de la luz en base a las propiedades perceptuales, a través de las mediciones de la longitud de onda y que afectan al ojo como órgano receptor de la imagen. Mientras que intentaremos ampliar las nociones generales en el capítulo 4º dedicado a las propiedades matéricas de los objetos.

²⁶ Irvin Rock. " La percepción ". Editorial Labor. Scientific American. Barcelona, 1985. Pag. 31-36.

²⁷ Si sólo existe en el campo visual una sola fuente de luz con ángulo visual restringido, la brillantez de la luz aumenta o disminuye a medida que la intensidad aumenta en cantidad, sin que cambie la distribución espectral de energía.

²⁸ El brillo absoluto no existe, excepto como un fenómeno conceptual de referencia. Un concepto de esta naturaleza es considerado indefinido. Richard S. Hunter, Richard W. Harold. " The measurements of appearance". Pag. 29.

²⁹ R.G. Hopkinson. " Arquitectural Physic: Lighting. Capítulo 9º: Glare and visual discomfort ". Departamento de Investigación Científico e Industrial. Ed. Her Majesty Stationery Office. England, 1963. Pag. 96-103.

³⁰ Ver apéndice sobre las patologías médicas causadas por las deficiencias lumínicas en el ojo humano por monitores. Boynton R., Robert M. "Human Color Vision: Color Matching and the Visual Pigments. The Principle of the Univariate". Capítulo 5º. Edición Optical Society of America, OSA. USA, 1992. Pag. 109-111.

³¹ Las definiciones tradicionales en el concepto de iluminación, y de luminancia, cobran un nuevo significado cuando percibimos un objeto, ya sea como propio o como reflejado, en base a la iluminación de nuestro entorno.

³² " Compaq Video Graphics Color monitor installation guide". Compaq Computer Corporation. Taiwan, 1990. Pag. 14-17.

³³ La mayoría de las pantallas disponen de botones independientes que modifican de forma global el brillo, el contraste, y la saturación, entre otros de los colores en pantalla.

³⁴ Existe una relación directa entre la percepción lumínica relacionada con el estímulo del tono de la luz y las tonalidades cromáticas de los colores del espectro visible.

³⁵ Denominamos luminancia a la intensidad de luz emitida por los objetos y que se halla relacionada con el concepto de color y los niveles de saturación existentes.

³⁶ Desde el punto de vista de la luminosidad la relación concreta se produce por las conexiones entre zonas de diferentes intensidades que influyen en las porciones más próximas. En general ante una iluminación predominante, se verá afectada la luminancia absoluta de cada superficie y no las porciones entre ellas.

³⁷ Human Color Vision. Capítulo 3º: Physical Concepts. Light phenomena ". Boynton R., Robert M. Edición Optical Society of America, OSA. USA, 1992. Pag. 54-58.

³⁸ Richard Hunter, Richard Harold. "The measurement of appearance". John Wiley & Sons. New York, 1987. Pag. 29-32.

³⁹ En el caso de que existiera un medio de transmisión perfecto, las trayectorias pueden pasar delante de nuestros ojos y no verlo.

⁴⁰ Este fenómeno se produce, por ejemplo, cuando la luz natural que percibimos a través del cielo penetra en un medio nuboso, y por tanto, es modificada pero visible gracias a la dispersión de la luz.

⁴¹ Richard Hunter, Richard Harold. "The measurement of appearance". John Wiley & Sons. New York, 1987. Pag. 7-9.

⁴² La distribución espectral de la luz, es decir, el número de fotones en función de su longitud de onda, puede verse alterado en el antes y después de la reflexión por las propiedades de transferencia creada por la posible pigmentación del medio.

⁴³ Huggens demostró que si un rayo de luz pasa a una distancia considerable de los bordes del objeto, la trayectoria no se verá modificada, pero si un rayo de luz pasa cerca de un contorno de la superficie, su vibración debido a su naturaleza aleatoria, creará una interacción con los contornos variando su trayectoria.

⁴⁴ A nivel matemático el índice de reflexión en el agua corresponde a la división entre la velocidad de la luz en un medio en el vacío multiplicado por la velocidad de la luz en un medio dado.

Glosario

- **Ángulo de incidencia.** Es el ángulo formado entre el eje de un rayo incidente y el de la superficie sobre la que incide.
- **Absorción.** Es el proceso por el cual, la luz o cualquier otra radiación electromagnética se convierte en calor o cualquier otra radiación cuando incide ó a través de un material.
- **Ángulo de concentración.** Corresponde a la intensidad de iluminación que alcanza a la mitad del valor máximo de emisión.
- **Ángulo de radiación (α).** Es el ángulo producido por un reflector que dirige la luz en una dirección determinada.
- **Brillo.** Es la propiedad de una superficie que se relaciona con la característica de la reflexión especular al incidir una luz sobre ella. Es la responsable de la apariencia de lustrosidad en una superficie.
- **Claridad.** Es la propiedad de los objetos relacionada con el porcentaje de la luz reflejada por él mismo. La claridad varía desde el negro para superficies que reflejan un pequeño porcentaje de luz, y el blanco para las superficies que reflejan un gran porcentaje de ésta.
- **Concentración espectral.** Es la cantidad de radiación emitida por una superficie que produce la percepción de un color y otro. Se mide con un espectrómetro.
- **Contraste(C).** Corresponde a la diferencia de luminancia, (brillo), relativa al objeto y su fondo. $C = \frac{(L_1 - L_2)}{L_1}$. Cuando el fondo tiene una luminancia de L_1 y el objeto una luminancia L_2 , donde $L_1 > L_2$. El contraste en términos generales es una magnitud carente de dimensiones que presenta valores entre 0 y 1.
- **Curva de reflectancia.** Es la función que relaciona el porcentaje de luz reflejada por un objeto respecto a su longitud de onda. Es utilizada para determinar la reflexión sobre distintas materiales reflectantes.
- **Espectro continuo.** Corresponde a la emisión de ondas de carácter continuo, sin interrupciones, ya que están presentes todas las radiaciones visibles. Entre los ejemplos más destacados de espectro continuo encontramos la luz solar y la luz incandescente, en las lámparas de sodio.
- **Espectro discontinuo.** Corresponde a la emisión de ondas de carácter discontinuo, con interrupciones en la emisión de luz. Entre ellas encontramos las radiaciones de lámparas de vapor, gas metálico ó de vapor de mercurio en cuyo proceso se producen descargas intermitentes.
- **Deslumbramiento.** Es el fenómeno que se produce en el ojo por un exceso de luminosidad que puede llegar a producir las llamadas postimágenes en la retina y que puede derivarse a una pérdida de la visibilidad temporal.
- **Factor de reflexión.** Es la relación entre el flujo luminoso reflejado y el flujo incidente.
- **Frecuencia de radiación.** Es la relación entre la velocidad de propagación (300.000Km/sg) y la longitud de onda, λ . La longitud de onda capaz de impresionar el ojo humano se sitúa entre los 380 y 780nm.
- **Fotón.** Conocido también como cuanto, es la partícula elemental de energía radiante de una frecuencia. Presenta un valor numérico derivado de la constante de Planck " h" y la frecuencia de radiación electromagnética.
- **Función de la eficiencia fotópica luminosa.** Es el estándar fotométrico del observador para la visión fotópica. La función de eficiencia luminosa de al radio del flujo radiante a una longitud de onda λ_m a la longitud de onda λ , cuando los dos flujos producen la misma sensación luminosa bajo condiciones fotométricas específicas se cambia al máximo de forma que el valor de este ratio que es unitario corresponde a $\lambda_m = 555$ nm. A menos que no se indique, los valores usados por la función de eficiencia luminosa relativa, relacionada con la visión fotópica por el standard fotométrico establecido por el CIE.
- **Función de eficiencia luminosa scotópica.** Standard fotométrico del observador por la visión scotópica. La función de eficiencia luminosa scotópica dado por el ratio del flujo radiante a una longitud de onda λ_m a la longitud de onda normal, cuando los dos flujos produce la misma sensación luminosa scotópica, bajo condiciones fotométricas específicas, λ_m se intercambia al máximo. El valor del ratio es unitario a $\lambda_m = 507$ nm.

- **Flujo luminoso o poder luminoso.** El flujo luminoso puede definirse como la cantidad de flujo emitido por un Lumen cuando una fuente de luz irradia uniformemente a una intensidad luminosa de 1 candela en la unidad de un ángulo sólido en proyección. Es la cantidad derivada desde el flujo radiante o poder radiante por medio de la evaluación de energía radiante de acuerdo con la acción selectiva del receptor. La sensibilidad espectral de ϕ la cual es definido por la función de eficiencia luminosa standard. Generalmente el flujo luminoso relacionado con la visión fotópica esta conectado con le flujo radiante adoptado en la formula:

$$P_v = K_m \int P_\lambda \cdot V(\lambda) d\lambda$$

donde P_λ y $d\lambda$ es el flujo radiante emitido en el intervalo de longitud de onda $d\lambda$ contenido en la longitud de onda λ y $V(\lambda)$ que es la función de eficiencia luminosa fotópica. El factor K_m es la eficacia luminosa máxima correspondiente a la longitud de onda donde $V(\lambda) = 1$. La unidad luminosa de flujo es el lumen Lm.

- **Intensidad luminosa (I).** Es la intensidad del flujo proyectado en una dirección determinada. Expresada en candelas (cd).

- **Intensidad radiante.** Es la intensidad de una fuente de luz, en una dirección dada como la cantidad de energía radiante emitida, por una fuente de luz sobre un elemento de tamaño infinitesimal de un ángulo sólido en una dirección dada por el elemento de un ángulo sólido.

- **Illuminancia (E).** Es el flujo luminoso que recibe una superficie determinada mediante la fórmula de ϕ/S , es decir flujo/superficie, situada a una cierta distancia de la fuente. Se determina por la relación entre la intensidad luminosa y la distancia al cuadrado I/d^2 . En la práctica, el nivel de iluminancia se expresa en Lux y se mide con un luxómetro. Entre los ejemplos que podemos encontrar se halan los resultados de 100.000 lux para un día soleado de verano, 10.000 lux para una iluminación a la sombra, 20.000 lux para una iluminación con el cielo cubierto y 0.2 lux para una iluminación en una noche de luna llena.

- **Luminancia (B).** La luminancia de una superficie sea de la propia fuente luminosa o de un objeto iluminado por ella es la que percibe nuestro ojo. La iluminancia de un punto de una superficie en una dirección dada es la cantidad de intensidad luminosa en una dirección dada de una zona infinitesimal de una superficie por el área de proyección ortogonal del elemento de la superficie, en un plano perpendicular a la dirección establecida. La unidad de la luminancia es $cd \cdot m^{-2}$. Con esta medida se puede calcular el deslumbramiento. Se mide tambien en Stilbs (sh) que es $cd \cdot cm^{-2}$.

- **Luminancia retinal.** Corresponde a la densidad de la luz incidente sobre la retina, y que se mide en TROLAND (Td), cuya definición más usual necesita el desarrollo de una formulación matemática apoyada por la fotometría. La ecuación general del numero de Td es:

$$N (Td) = \frac{8 \times 10^{-7}}{Q_\lambda^*} N (\text{fotones} \cdot s^{-1} \cdot \text{deg}^{-2})$$

Donde Q_λ^* es la medida de la sensibilidad del ojo que varia con la longitud de onda, por ejemplo este valor es de 1.0 para la longitud de onda de 555nm (donde cada fotón vibra a $5,4 \cdot 10^{14}$) veces cada segundo y tiene una energía de $3,58 \cdot 10^{-2}$ erg, y donde aproximadamente un millón de fotones por cada cuadrado en el grado del ángulo visual incidente sobre la retina y que requiere producir una iluminación de la retina de 1 Td. además, corresponde a la longitud de onda más alta sensible para la adaptación del ojo. Si el valor de Q_λ^* sea menor de 1 sobre todas los demás valores de longitud de onda la variación total de las longitudes de onda de los fotones visible es siempre menor a la 1/2.

- **Irradiación.** Respecto a un punto es la cantidad de energía radiante incidente en un elemento de la superficie de tamaño infinitesimal, contenido en un punto por el área de la superficie.

- **Longitud de onda λ .** Es la distancia entre dos puntos sucesivos de una onda periódica en la dirección de propagación en la cual la oscilación tienen la misma fase. La onda se propaga a una distancia igual a la longitud de onda de cada periodo. Por ello, el producto de la longitud de onda y la frecuencia es igual a la velocidad de propagación c de una onda electromagnética que es constante e independiente de la frecuencia y la amplitud. La velocidad decrece a c/n , cuando la onda se propaga a través de un medio diferente al vacío, y donde n es el índice de refracción de medio. El índice de refracción del aire, a los 15°C de $101.325 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ dentro de los parámetros de energía radiante de 1.00027 a 1.00029. El color de una luz en una radiación luminosa se determina por la longitud de onda que emite.
- **Luz.** Es una manifestación de la energía en forma de ondas o radiaciones electromagnéticas capaces de impresionar el ojo humano. Es capaz de transmitirse en el vacío a una velocidad de 300.000 Km/sg.
- **Periodo.** Es el tiempo transcurrido entre dos hechos sucesivos del mismo proceso.
- **Radiación.** Es el proceso de energía radiante transmitida o transferida emitida por un cuerpo en base a unas características especiales a las que se ve sometida, por ejemplo calor.
- **Radiación provocada o excitada.** Respecto a un punto de la superficie, es la cantidad de energía radiante emitida por un elemento de la superficie de tamaño infinitesimal, contenido en un punto por el área de la superficie.
- **Refractancia.** Porcentaje de luz reflejada por un objeto.
- **Reflexión difusa.** Es el proceso por el cual una luz incidente sobre una superficie es redireccionada en una amplia gama de rayos reflejados.
- **Resplandor, brillantez.** El resplandor en una dirección dada desde un punto de una fuente o un receptor a un punto en el camino de la trayectoria del rayo, es el cociente del poder de radiación emitido que pasa a través de un elemento de la superficie y en este punto es propagado en la dirección definida por un cono elemental que la contiene la fórmula compuesta por el producto del ángulo sólido del cono y el área de la proyección ortogonal de la superficie en un plano perpendicular a la dirección dada.

• Mediciones lumínicas. Aspectos generales.

- La luminancia o brillo.

Se llama brillo o luminancia, a la sensación luminosa que por efecto de la luz se produce en la retina del ojo y que tienen lugar en una superficie luminosa, que es capaz de emitir luz. como en una superficie iluminada que refleja luz. El brillo de una superficie en una dirección determinada, es la relación entre la intensidad luminosa en dicha dirección y la proyección de dicha superficie sobre un plano perpendicular a la dirección considerada.

El brillo será máximo cuando el ojo se encuentra en la perpendicular a las superficie que lo produce. Debido a que el ojo no ve iluminación sino brillo, esta magnitud se halla muy relacionado con el fenómeno del deslumbramiento.

- El deslumbramiento.

Se produce cuando la cantidad de luz que recibe la retina del ojo es muy superior, desensibilizándose momentáneamente y produciendo por ello, una ceguera parcial mientras dura este efecto.

Cuanto mayor sea la parte radiante de una lámpara, menor será su brillo, por distribuirse el flujo luminoso sobre mayor superficie.

- La medida de los umbrales del estímulo.

Existen relaciones entre la intensidad del objeto y la respuesta del observador. En este procedimiento se sitúan los umbrales de la percepción. En general, existen dos formas de obtención:

- Cuando un objetivo visual restringido se presenta en un fondo totalmente oscuro. Los objetivos ocupan pequeñas porciones del campo visual. El ángulo visual es el ángulo sólido que subtienen el objetivo del ojo. En este proceso que determina esta forma de umbral, la intensidad del objetivo se eleva desde cero hasta un punto que permita al observador ver algo. Cuando nos ocupamos del surgimiento de alguna característica visible de un centro visual cuyo fondo es absolutamente oscuro, tratamos con el denominado "umbral absoluto", que se refiere como si nos ocupamos de algo que surge de la nada, frecuentemente esta aparición se denomina surgimiento de una figura sobre fondo.

- El segundo tipo de umbral con el que frecuentemente se trata es el umbral diferencial. Este se mide por el valor del estímulo requerido para que cada figura surja de un fondo cuya intensidad es mayor que cero. Al describir el umbral absoluto hablamos de un fondo de intensidad cero y de una figura un poco mayor a cero. En el caso actual nos referimos a la diferencia entre dos valores por encima de cero.

Bibliografía

• Libros

- Psicología de la percepción.

- ARNHEIM, Rudolf. Arte y percepción visual. Alianza Forma. Ediciones Alianza Editorial, Madrid 1981.

Extracto: Capítulo 6°. La luz: Principales nociones sobre la luz y la iluminación, en la creación de espacios gracias al gradiente de luminosidad, las sombras y su interpretación. El contraste lumínico de las formas. Pag. 335-362.

- BOYNTON R., ROBERT M. Human Color Vision. Editado por la Optical Society of America, OSA. USA, 1992.

Extracto:

- Capítulo 3°. Physical Concepts. The light: Definición histórica de la luz. Proceso físico de la trayectoria del fotón. Longitud de onda. Distribución de la luz. Las interferencias. Sensibilidad del ojo hacia las longitudes de onda. Pag. 46-50.

- Capítulo 3°. Physical Concepts. Sources of light: Fuentes de luz. Clasificación de la luz artificial y natural. Distribución espectral. Pag. 50-54.

- Capítulo 3°. Physical Concepts. Light phenomena: Descripción de los diferentes fenómenos relacionados con la interferencia de la luz con los objetos y la respuesta estimular del ojo. La reflexión, la difracción, la refracción y la dispersión o difusión. Pag. 54-58.

- Capítulo 3°. The light. The fate of a photon: Trayectoria del fotón desde la fuente de luz solar y su paso por la atmósfera. Pag. 59-60.

- Capítulo 3°. The light. Importance of the direction. Wavelength, photon energy and retinal irradiation: Descripción de la importancia en la dirección de la luz y su interacción en el ojo. La longitud de onda, la energía fotónica que afectan al ojo, junto con la irradiación retinal. La dispersión y la aberración cromática. Pag. 60-64.

- BRIDGEMAN, Bruce, Biología del comportamiento y de la mente. Alianza Psicología. Alianza editorial. Madrid, 1991. Pag. 161-162.

Extracto: Adaptación a la luz y la oscuridad.

- DEMBER, William N., WARM Joel S. Psicología de la percepción. Alianza Psicología. Alianza editorial. Madrid, 1990. Pag. 182-203.

Extracto: Percepción del brillo. Medida de la constancia de claridad. Teoría clásica de la constancia y el contraste de la claridad.

- DONDIS, D. A. La sintaxis de la imagen. Introducción al alfabeto visual. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, 1976. Pag. 61-64.

Extracto: Descripción de tono bajo intensidad de luz de oscuro a claro en base a la reflexión de ésta sobre los objetos. La gradación tonal, el contraste y la tridimensionalidad del objetos frente a los niveles de iluminación.

- GOLDSTEIN, E. Bruce. Sensación y percepción. Versión castellana, Julio Pillo Jover, Editorial DEBATE, Madrid, 1993.

Extracto:

- Capítulo 1º. Comentario 2.1. Luz, cuantos y la visión: Trayectoria de los fotones en el espacio, basada en la teoría cuántica enfocada hacia la descripción del ojo, la retina y al pigmento visual. Pg. 30.

- Capítulo 2º. Longitud de onda: Historia sobre el descubrimiento del espectro de colores, distribución de la longitud de onda de la luz solar. Pag. 123- 129.

- Capítulo 3º. ¿Porqué el cielo es azul?: Explicación del fenómeno del color del cielo basado en la perspectiva atmosférica, por medio de la difracción de Rayleigh. Difracción de la luz en el espacio. Pg. 226.

- HOPKINSON, R.G. Architectural Physics: Lighting. Departamento de Investigación Científico e Industrial. Ed. Her Majesty Stationery Office. England, 1963.

Extracto:

- Capítulo 1º. Psychophysics. The human being and his environment: La sensación en la captación de la luz de un entorno y la característica del estímulo. Descripción de situaciones ideales del entorno y su iluminación. Adaptación del ser humano al ambiente de luz creado. Magnitud en las sensaciones perceptivas. Test de adecuación mental. Estimación directa de la magnitud del deslumbramiento. Pag. 3 -7 y Pag. 14-16.

- Capítulo 2º. Light and Design. Some basic principles of daylighting: Breve exposición de la intensidad lumínica de la luz diurna, que entra por la ventana y su distribución en las salas o habitaciones. Aspectos en la arquitectura y urbanismo con respecto a la orientación de edificios. Diagrama de Waldram. Cálculos basados en el Heliodon. Stándares de la luz solar. Pag 31-37.

- Capítulo 4º. Light and Design: Descripción del factor de luz diurna basada en stándares y recomendaciones para diferentes construcciones o edificios. Niveles de iluminación. Pag. 26-29.

- Capítulo 5º. The measurement of daylight and the use of models and artificial skies: Medición de la luz diurna y el uso de modelos de cielo artificial para el cálculo de intensidades. Factor de la luz diurna. Experimentos y resultados con la experimentación con una cúpula cerrada y luz artificial. Definición del cielo artificial de carácter reflexivo. " The mirror sky ". Pag. 38-42.

- Capítulo 6º. Calculations of lighting quantity. Daylight: Cálculo de la cantidad de iluminación en la luz diurna. El cielo y el sol. Los componentes y factores relevantes dentro del método tabular de cálculo de la luz diurna. El componente del cielo S.C. Tablas del B.S.R. simplificado. Pag. 50-55.

- Capítulo 7º: Daylight calculations. Elementary theory: Cálculos de la luz diurna. Teorías elementales. Iluminación y brillo del cielo. La ley del coseno de la iluminación. La intensidad. Características generales y componentes del brillo en cielos no uniformes. Principio del ángulo sólido de proyección. El principio del Flujo emitido por la luz reflejada. Pag. 85-88.

- Capítulo 8º. The calculations of levels of artificial lighting: Cálculos de los niveles de luz artificial. Distribución de la luz artificial. Iluminación directa e indirecta. Clasificación de las luces artificiales, para lámparas de filamento, fluorescentes, ect... Iluminación de fuentes de luz indirectas. Cálculo de la iluminación desde una agrupación simétrica de luces. Iluminación de grandes fuentes de luz. Pag. 89-95.

- Capítulo 9º. Glare and visual discomfort: Glare discomfort and pupil diameter: Procedimiento experimental en el cálculo del deslumbramiento de la luz en entornos específicos. Aparatos. Máximos y mínimos diámetros de la pupila. Relación entre el diámetro de la pupila y la luminancia y sensación de deslumbramiento. Pag. 96-103.

- Capítulo 9º. Glare and visual discomfort. The brightness of the environment and its influence on visual comfort and efficiency: Efecto del brillo ambiental sobre la acomodación al deslumbramiento. Efecto en el brillo de fondo no uniforme y la acomodación visual. Pag. 251-257.

- Capítulo 9º: Glare and visual discomfort: Effect of contrast grading between a source and its surround: Estudio de la influencia del brillo en fuentes de luz inmediatas, basadas en aperturas de ventanas. Pag 213-215.

- Capítulo 9º. Glare and visual discomfort. Descripción del deslumbramiento y su efecto en la visión. Fórmulas básicas en el cálculo del deslumbramiento. Reducción del deslumbramiento. Pag. 216- 221.

- HUNTER, Richard S., HAROLD, Richard W. The measurements of Appearance. Ediciones Willey & Sons Publications. 2ª Ed. New York, 1987. Pag. 3-41.

Extracto: Atributos geométricos y de la luz. La apariencia del color. Definiciones de los atributos relacionados con la luz. Brillo, Luminosidad. Tablas de reflectancias.

- ROCK, Irvin. La percepción. Biblioteca Scientific American. Editorial Labor, Barcelona, 1985. Pag. 115-132.

Extracto: La luz, la iluminación, el contraste lumínico, diversas experiencias sobre la constancia de la iluminación en los objetos, etc...

- Informática.

- BUMING, Brian. Hemispherical projection of a triangle. Art 6.8. Gems III. David Kirk. Academic Press Inc. Londres 1992.

Extracto: Descripción del método de proyección sólida en una hemiesfera de un triángulo asimilable a las propiedades de entorno informático de un elemento triangular como las facetas que forman un objeto.

- CYCHOSZ, Joseph M., WAGGENSPACK, Warren N. Intersecting a ray with a quadratic surface. Art. 6.2. Gems III. David Kirk. Academic Press Inc. Londres 1992.

Extracto: Cálculo de la trayectoria de un rayo que intersecciona sobre una superficie de tipo cuadrática, y los factores implicados como el ángulo de incidencia, que cae sobre él.

- FOLEY, James D., VAN DAM, Andrew. Fundamentals of Interactive Computer Graphics. Ediciones Addison Wesley Publishing Company.

Extracto:

- Capítulo 25°. Three dimensional graphics: Exposición de los aspectos más generales de la penetración de la luz de carácter difuso y especular en las superficies generadas por ordenador basadas en los aspectos comunes de la reflexión de la luz. Descripción de los procesos de interacción. Cálculo de los ángulos basados en las normales de superficies. Descripción de los modelos de matizaciones como poliédrico, Gourad, Phong, Lambert. Efecto de las Bandas Mach. Sombras. Pag. 390-409.

- GLASNNER, Andrew. Darklights. Art 7.7. Gems III. David Kirk. Academic Press Inc. Londres 1992.

Extracto: Este Extracto describe la posibilidad de generar sombras de tipo oscuro, si damos valores negativos a una luz, lo que nos permitirá obtener sombras sobre los objetos sin que la luz refleje y por tanto modifique la luminosidad de la superficie.

- GLASSNER Andrew S. 3-D Computer Graphics. User Guide for artist and Designers. Ediciones Design Press. Londres. Pag. 62-63.

Extracto: Definición de las diferentes cualidades de la luz en base a el color, la posición, la dirección, y el tipo de luz utilizada. Métodos de descripción de la radiación de la luz. Modelo de distribución radial de la intensidad y del color. Modelo de la luz de una dirección basado en un valor de intensidad. Modelo basado en la orientación en el espacio de la luz con diferente intensidad de luz. Descripción introductiva a los procesos de trazado de rayos y del efecto de radiosidad que se produce en la generación de imágenes de superficies y luces de carácter difuso y su posible modificación.

- KIRK, David. Raytracing and radiosity. Introduction. Gems III.. Academic Press Inc. Londres 1992.

Extracto: Introducción a las técnicas de trazado de rayos desde el punto de vista de la proyección de la luz.

- NEWMAN, William M. SPROULL, Robert F. Principles of Interactive Computer Graphics. Ediciones McGraw-Hill International Book Company. Pag. 575-590.

Extracto:

- Capítulo 16°. Shading models: Exposición de los aspectos más generales de la tipología de las luces basadas en la ley de Lambert para la luz difusa, la reflexión especular complementado con una descripción de las matizaciones como poliédricas, Gourad, Phong de carácter empírico, Lambert, Blinn y Torrance-Sparrow, este último basado en la experimentación del modelo físico de la iluminación. Efecto de las bandas Mach. Sombras. Luz transmitida a través de los objetos.

- SALMON, Rod, SLATER, Mel. Computer Graphics. Systems and Concepts. Ediciones Addison-Wesley Publishing Company, Londres 1989. Pag. 416-418.

Extracto: - Capítulo 13.6. Basic ideas of 3D Graphics. Conceptos básicos del sombreado basados en la ley de Lambert para la reflexión difusa, y su ampliación para explicar la reflexión especular. Luz ambiente. Tipología de las matizaciones. Phong.

- WANG, Changyaw. Physical correct direct lighting for distribution raytracing. Art 6.7 Gems III. David Kirk. Academic Press Inc. Londres 1992.

Extracto: Método computacional de corrección de la distribución en fuentes de luz triangulares y esféricas.

• Manuales.

- BLANCH, Juan A. La iluminación en la decoración moderna. Colección Nueva Decoración. Ediciones CEAC. Barcelona 1977.

Extracto: Libro perteneciente a la colección de temas de decoración que trata sobre la iluminación dentro de interiores y su mejor distribución en los diferentes lugares del hábitat humano. la casa, realizando una clasificación sobre los seis tipos de iluminación sobre la abertura a la intensidad de luz más comunes y las diferentes aplicaciones que puede realizarse a nivel artificial. Breve resumen de tendencias de diseño de lámparas de diferentes tipos.

- KAUFMAN, John E. IES lighting Handbook 1987. Editor Jack F. Christensen. Illuminating Engineering Society of North America Publisher. New York, 1987.

Extracto:

- Capítulo 1°. Lighting Design: Categorías de iluminación y tablas de valores. Consideraciones dentro del diseño de sistemas de luces. Descripción de los factores más importantes en el diseño de luces.

- Capítulo 2°. Lighting Systems Design Considerations: Descripción de los factores fundamentales en la descripción de la luz como el color, las sombras. Consideraciones físicas: Sistemas de iluminación. Clasificación según su localización. Clasificación según la CIE. Espacio de la amplitud de la iluminación. Consideraciones de tipo térmico. Las condiciones de la luz en base al aire acondicionado. Sistemas de iluminación basado en la amplitud térmica de la fuente de luz.

- Capítulo 3°. Lighting Control: Estrategias de control de la iluminación. Equipamiento. Depreciación del Lumen. Control de las lámparas incandescentes. Fluorescentes. Ballesta. Sensores de captación de la luminosidad. Técnicas de control de la iluminación: Encendido, apagado, control de la potencia.

- Capítulo 4°. Energy Management: Límites de la potencia de la iluminación. Determinación de UPD básico. Cálculo de la potencia lumínica. Tablas de los factores de las fuentes de luz..

- Capítulo 10°. Residential Lighting: Clasificación de las fuentes de luz eléctricas generales aplicadas en residencias. Distribución. Equipamiento. Características de montaje. Tipología de las luces más utilizadas.
- Capítulo 11°. Theatre, Television, Photographic Lighting: Sistemas de control, luces, lámparas para proyectores de diapositivas, tipos de pantallas.- Capítulo 19°. Non visual effects of radiant energy: Efectos sobre el ojo, la fotobiología, el metabolismo, ritmos biológicos, fototerapia, fotoquimioterapia.

• Artículos.

- BRANZI, Andrea. "Fare Luce". Annual Luce 94, Il progetto Inmateriale. Revista Abitare, Pag. 6-10.

Extracto: Nuevas demandas interpretativas del papel que juega el diseñador en la creación de espacios iluminados, en base a las nuevas tecnologías aplicadas al campo de la iluminación.

- CABRAL, Brian, MAX, Nelson, SPRINGMEYER, Rebeca. "Bidirectional reflection functions from surface Bump maps". ACM Computer Graphics, Vol-21, n-4, Julio 1987. Pag 273- 281.

Extracto: Basado en el estudio del modelo de matización de Torrance- Sparrow, este artículo amplía el conocimiento del factor de atenuación en el cálculo de la reflexión en función de la bidireccionalidad del mismo. Toma en cuenta las sombras y oclusiones en distribuciones hipotéticas para superficies rugosas. Se basa en el uso de tablas de medición se desarrolla los factores de atenuación para superficies dependiendo del tamaño de las lámparas artificiales. Métodos de cálculo basado en la Radiometría: La energía radiante. La energía luminosa. Iluminación del entorno. Modelos de reflexión bidireccional.

- CALATRONI, Sergio. "Spazio Sensibile". Annual Luce 94, Il progetto Inmateriale. Revista Abitare, Pag. 19-24.

Extracto: Aplicación de un nuevo concepto de espacio basado en el estudio de la iluminación utilizada en el entorno, aprovechando tanto los espacios creados por luz natural, como la estrategia de utilización de nuevas luminarias artificiales.

- CHIN, Norman, FEINER, Steven. "Fast Object-Precision shadow generation for area light sources using BSP Trees". Department of Computer Science. Columbia University, New York. ACM, Transaction on Graphics, 1992. Pag. 21-29.

Extracto: Descripción del algoritmo de generación de sombras por ambientes poligonales estáticos directamente iluminado por fuentes de luz convexas. La penumbra y la umbra son calculadas analíticamente y representadas por arboles de tipo BSP para cada fuente de luz.

- FOURNIER, Alain, POULIN, Pierre. "Lights from Highlights and Shadows". Department of Computer Science. University of British Columbia. ACM, Transaction on Graphics, 1992.

Extracto: Estudio del uso de luz directa basada en punto de luz y sombras en proceso de modelado y creación de render.

- GUIDI, Paola." E se andasse bene l'abat- jour ". Annual Luce 94, Il proyecto Inmateriale. Revista Abitare, Pag. 58-63.

Extracto: El estudio por parte de grandes empresas de luminotécnica por ofrecer nuevos puntos de vista sobre la aplicación de luminarias que afecten de forma psicológica al entorno creado por el arquitecto. La aplicación de una nueva ergonomía en la iluminación teniendo en cuenta el efecto en el ser humano. Cinco parámetros que determinan las pautas que definen un entorno iluminado.

- MACINTYRE, Blair, B. COWAN, William. "A practical approach to calculating luminance contrast on a CRT ". Universidad de Waterloo. ACM Transaction on Graphics, Vol-11, n-4, Octubre 1992. Pag 336-347.

Extracto: Estudio práctico del cálculo de contraste lumínico de las pantallas de tecnología CRT en las que se da un repaso a las principales técnicas de procesamiento y ofreciendo una solución mejorada al problema planteado mediante el uso del método más completo.

- NISHITA, Tomoyuki, NAKAMAE, Eihachiro. "Continuous tone representation of three-dimensional objects illuminated by sky light". ACM Transactions on Graphics. Vol-20, n-4, Agosto 1986. Pag. 125-131.

Extracto: Metodología computacional en la mejora en el cálculo de la iluminación natural considerando la luz directa solar y la reflexión de la luz causada por las nubes u otras formas de vapor de agua en el aire, en base a propiedades de la luz indirecta y que la atraviesa.

- REEVES, William. SALESIN, David, COOK, Robert. "Rendering antialiased shadows with depth maps". PIXAR, San Rafael. Computer Graphics. Vol 21 n°4 Julio 1987. Pag 283-291.

Extracto: Proceso basado en el algoritmo Z-buffer, para el desarrollo de sombras por medio del proceso "filtering closest percentage", de filtrado al porcentaje aproximado, en la generación de una imagen sintética, mejorando el efecto de "antialiasing" en la definición de la imagen para la creación de sombras de carácter suave, que crean el efecto de penumbra.

- RIEWOLDT, Otto. "Simulazione di Luce e spazio" Annual Luce 94, Il proyecto Inmateriale. Revista Abitare, Pag. 12-18.

Extracto: Aplicaciones informáticas en CAD para entornos creados por arquitectos en la búsqueda de un testeo previo a iluminaciones planteadas. Diversos ejemplos de actuación bajo simulaciones en 3D, mediante el COPHOS CAD específico para luminarias bajo entorno de estación de trabajo.

- SEGAL, Mark, KOROBKIN, Carl, WIDENFELT, Rolf Van, FORAN, Jim, HAEBERLI, Paul. "Fast shadows and lighting effects using texture mapping". ACM Computer Graphics, Vol-26, n-2, Julio 1992. Pag. 249-252.

Extracto: La proyección de texturas sobre superficies y su representación en la pantalla bidimensional del monitor. Corrección en la perspectiva en la visión de la textura aplicada. Breve descripción del comportamiento de la luz de mancha aplicada en el proceso.

- SILLION, Francois X., ARVO, James R., WESTIN, Stephen H., GREENBERG, Donald P. "A global illumination solution for general reflectance distribution". ACM Computer Graphics, Vol-25, n-4, Julio 1991. Pag. 187-196.

Extracto: Solución general algorítmica de la distribución de la reflectancia. El proceso deshecha la restricción de los ambientes ideales de carácter especular y difuso. Mejora del proceso de radiación producidas por las sombras arrojadas, "cast shadows". Proceso de Raycasting, aprovechable para distribuciones de intensidad no uniforme. La implementación se basa en la descomposición de una esfera armónica de forma codificada, creada con las funciones de distribución de la reflectancia bidireccional para materiales y de la distribución de la intensidad en las superficies.

- SILLION, Francois X., ARVO, Stephen H., GREENBERG, Donald P., XIAO D. He, TORRANCE, Kenneth E. "A comprehensive physical model for light reflection". ACM Computer Graphics, Vol-25, n-4, Julio 1991. Pag. 175-186.

Extracto: Descripción de un modelo general de reflectancia basado en los fenómenos ópticos de descripción especular y la reflexión difusa de una superficie, dependiendo de la longitud de onda, el ángulo de incidencia, los parámetros de rugosidad de la superficie y su índice de refracción.

- TELLER, Seth J. "Computing the antipenumbra of an area light source". University of California, Berkeley . ACM Computer Graphics, Vol-26, n-2, Julio 1992. Pag. 139-148.

Extracto: Definición y metodología computacional del concepto de penumbra y antipenumbra de una fuente de luz convexa a través de superficies tridimensionales con agujeros. Mejora del realismo visual. Coordenadas de Pücker.

- VOGLIAZZO, Maurizio. "La città illuminata". Annual Luce 94, Il progetto Inmateriale. Revista Abitare, Pag. 50-57.

Extracto: Crítica a la situación de la nueva arquitectura urbana, desprovista de una conciencia colectiva en la utilización de luminaria adecuada al entorno de la nueva ciudad. y la reestructuración de ciudades como Sevilla, Barcelona, basadas en esta nueva concepción.

- WALLACE, John. " Radiosidad ". Revista BINARY, Septiembre 1992. Pag 152-154. Extracto: Descripción del fenómeno de la Radiosidad dentro de las imágenes realizadas sintéticamente, las insuficiencias en los procesos de rastreo de rayos. Cálculo y aplicaciones.

- Y. GARDNER, Geoffrey. " Visual Simulation of clouds ". German Corporation. Corporate Research Center, Bethpage, New York. ACM, Transaction on Graphics. SIGGRAPH '85, San Francisco, Vol-19, n-3, Julio 1985. Pag. 297-303.

Extracto: Metodología computacional en la simulación visual de nubes usando superficies de caracter translúcido basado en una función matemática de texturizado. El proceso se lleva a cabo con la definición de un plano del cielo, las elipsoides 2D y 3D y las funciones generales de texturizado. Desarrollo del modelo bidimensional y tridimensional del mismo mediante varias definiciones de cielo específico basado en la clasificación clásica de las nubes en el cielo.

1.2.2. El color.

El color es considerado para la mayoría de los científicos, como una de las cualidades más sugerentes y subjetivas de la percepción que nos ayuda a describir e interpretar a los objetos. En la actualidad sabemos que es una cualidad especial que sólo se da en ciertos animales como el hombre y que ha sido la fuente de numerosas polémicas a nivel científico, debido a que aún no ha podido describirse el fenómeno de la percepción fisiológica del color en su totalidad.

Mariano Aguilar y Jose Maria Artigas, en su ponencia para el Ciencia del Color¹, mantiene que la idea de que el concepto filosófico de color, ha sufrido cambios históricos importantes de influencia a través de tres grandes pensadores. Isaac Newton (1642-1727) que planteó la física del color, Johan Goethe (1749-1830) que estudió la percepción del color y por último Arthur Schopenhauer (1788-1860) que escribió sobre la sensación del color. No obstante en los tres casos se planteaban el hecho de la percepción pudiera ser un proceso cuantificable tanto a nivel subjetivo y físico, lo cual en la actualidad ha servido para demostrar la importante relación que guardan las condiciones fisiológicas y psicológicas a la hora de estudiar y sistematizar la percepción del color como ciencia.

El color se convierte en uno de los elementos fundamentales que caracterizan la percepción humana y no sólo en aspectos tan rigurosos como los puramente científicos, sino en experimentos que han relacionado al color, con el estado de ánimo² ó de desarrollo cultural de una población determinada través del tiempo.

Un estudio característico sobre este aspecto es de que manera describimos los colores básicos³ de nuestro entorno. Brent Berlin y Paul Key, mediante investigaciones sobre la definición de colores planteados en diversos idiomas, demostraron que la nomenclatura básica sobre el color⁴ proviene sobretodo de la diferencia entre la claridad y oscuridad, es decir, del conocimiento de que la luz como efecto perceptivo que nos permite ver las superficies.

Desde el punto de vista racial, Carleton S. Coon⁵ expuso la década de los 80, que existía incluso un comportamiento desigual de la visión, capaz de establecer diferencias evolutivas de las adaptaciones al color de nuestro entorno. Junto a George Wald⁶, descubrió que las personas de ojos azules y grises ven con

más agudeza largas distancias que las personas con ojos castaños sobre las mismas distancias, y que el color de los ojos influían en las variaciones en la percepción innata de la forma y el color. Gracias a ello mantuvo que algunas personas de ojos oscuros son más conscientes del color y matices brillantes, que las de ojos claros, que lo son para las formas, existiendo una preferencia a la hora de seleccionar colores los matices más claros.

Estos y otros estudios de diversa índole, han marcado sin duda nuevos rumbos sobre la interpretación de los colores por el ser humano que aún en la actualidad mantiene una gran polémica debido a la necesidad de la búsqueda de estándar adecuados a numerosas ramas de la industria y de la ciencia que no han sido resueltas en su totalidad.

Los estudios más avanzados no obstante, indican que no existe una forma globalizada de interpretación del color, sino que nos valemos de la unificación de criterios subjetivos para dar un valor medianamente constante a ciertos colores que son considerados representativos, lo cual justifica la utilización de la calibración perceptual en el ámbito cotidiano a través de la referencia psicofisiológica de la percepción.

Según Rudolf Arnheim⁷, *"... nadie puede estar seguro de que su vecino vea determinado color exactamente igual que él. Lo único que podemos hacer es comparar relaciones cromáticas en base a gradaciones cromáticas generadas por el hombre mediante pruebas empíricas de captación"*.

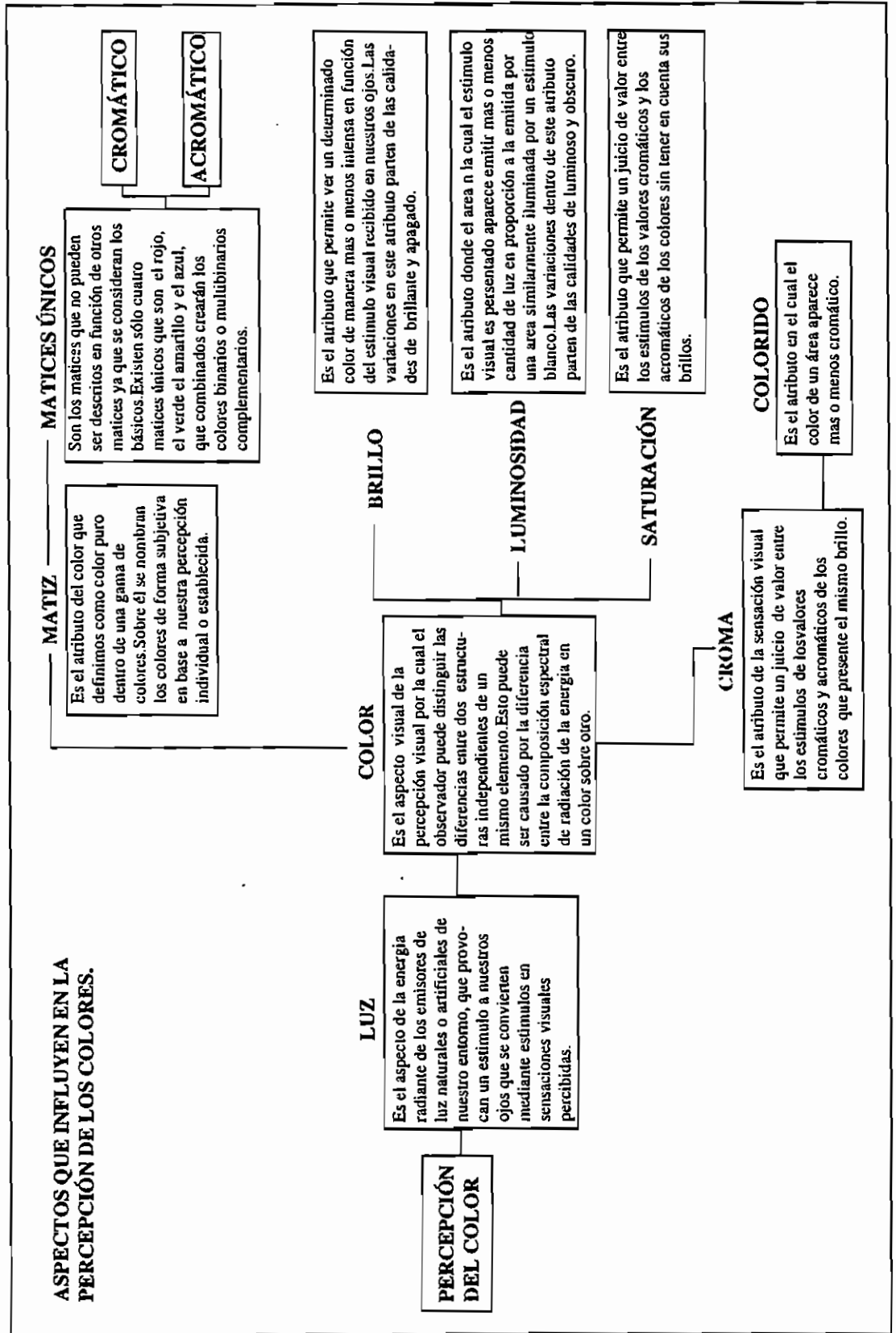
El Comité de Colorimetría de la OSA⁸, define los colores como *"...características de la luz, distintas de sus inhomogeneidades espaciales y temporales, siendo la luz el aspecto de la energía radiante que el observador humano es capaz de percibir por la estimulación que se produce en la retina"*.

A nivel fisiológico y aunque el ojo es un sensor receptor muy sensitivo y discriminatorio a la luz, no puede realizar mediciones cuantitativas de color, sino es a través de parámetros subjetivos. El ojo puede llegar a identificar⁹ de memoria alrededor de 3000 colores. Aunque en la actualidad y gracias a lo que llamamos las cartas de color se han llegado a catalogar entre 5 a 10 millones de colores diferentes.

Las posibles combinaciones que solemos identificar se relacionan con las variaciones de intensidad de un color base o en función de las mezclas entre colores en función de los niveles de saturación de los mismos¹⁰.

Como veremos más tarde, la diversificación de criterios no sólo en el campo de la ciencia sino a nivel psicológico ha producido en muchos casos a un mal entendimiento entre el conocimiento real y físico del color, debido a la variedad de criterios utilizados.

Esquema I



- Fisiología de la visión relacionada con la captación del color.

Las teorías fisiológicas sobre el color comenzaron a desarrollarse durante los años sesenta, partieron del estudio experimental del comportamiento sobre ciertos animales, el estudio de la anatomía de ojo a través del microscopio electrónico y los estudios empíricos relacionadas con la creación de las escalas de color aplicadas al campo industrial. De ellos derivaron las dos teorías más conocidas, que actualmente se hallan vigentes, y que son conocidas como la teoría tricromática de Young-Helmholtz y la teoría de los procesos oponentes de Hering.

- La teoría tricromática.

La teoría fué propuesta por Thomas Young en 1802, y reelaborada posteriormente por Hermann Von Helmholtz en 1852. Se sirvieron de experimentos psicofísicos de ajuste de color¹¹ para la determinación la existencia de los tres mecanismos receptores que actualmente sabemos se hallan descritos como los tres pigmentos visuales situados en los fotorreceptores del ojo¹². Las experiencias se realizaron mediante el ajuste de color entre diversos estímulos concretos sobre un determinado número de personas, de forma que se pretendía encontrar la semejanza de un color con el conjunto de tres longitudes de onda diferentes. Cuando se presenta al ojo una luz de una determinada longitud de onda, estos mecanismos se estimularían en grados diferentes, dependiendo del color percibido.

La teoría general mantiene que la percepción del color es el resultado de la acción conjunta de tres mecanismos receptores que poseen diferentes sensibilidades espectrales. Cada color sería codificado en el sistema nervioso mediante la actividad específica en la triada de mecanismo receptor. La teoría se resume en que: *"... dado una combinación de tres longitudes de onda puede parecer idéntica a una luz formada por una sola longitud de onda, el sistema visual no puede apreciar la diferencia entre dos estímulos físicamente diferentes"*.

A nivel fisiológico, los tres mecanismos descritos en la teoría vienen representados por la capacidad de los receptores de captar diferentes longitudes de onda repartidas en tres niveles, conocidas como onda larga, media y corta en función de la región espectral a la que son más sensibles. Estas a su vez se hallan representadas estadísticamente por las curvas de sensibilidad espectral establecida en los fotorreceptores de tipo cono que son capaces de captar cualquier longitud de onda visible por el ojo.

Por tanto esta teoría propone la existencia de tres tipos de conos, que actúan de forma asociativa a la hora de crear respuestas compuestas que justifiquen la diferencia entre un color a otro¹³.

- La teoría de los procesos oponentes.

Esta teoría¹⁴ propuesta por Ewald Hering en 1878, mantiene la existencia de tres mecanismos, cada uno de los cuales responden de manera opuesta a diferentes longitudes de onda o intensidades de luz. Los mecanismos¹⁵ se describen como:

- El mecanismo de captación de negro (-), blanco (+), responde positivamente a la luz blanca y negativamente a la ausencia de color.
- El mecanismo de captación de rojo(+), verde(-), que responde positivamente al rojo y negativamente al verde.
- El mecanismo de captación de azul(-), amarillo(+), que responde negativamente al azul y positivamente al amarillo.

A nivel fisiológico, las respuestas positivas y negativas se deben a la ruptura e integración de una sustancia química en la retina, que como vimos anteriormente corresponden a los pigmentos visuales¹⁶. El blanco, el amarillo, y el rojo dan lugar a una reacción química que tienen como resultado la integración de los pigmentos visuales, mientras que el negro, el azul, y el verde dan lugar a una reacción que tiene como resultado la ruptura de los mismos.

Fueron Leo Hurvich y Dorothea Jameson, en 1957, los que realizaron las primeras pruebas para la medición cuantitativa de los procesos de generación y desgaste de las sustancias relacionadas con la captación de los colores, que justificaron en gran parte la explicación científica de esta teoría, mediante la determinación de la intensidad y potencial de los componentes capaces de permitir la percepción de la gama de color en los azules, amarillos, rojos y verdes a través de las distintas longitudes de onda del espectro visible.

Gunnar Svaetichin en 1956 consiguió una prueba definitiva que apoyaba a la teoría general de Hering a través del estudio de la respuesta eléctrica lenta en las células de la retina del pez. Esta respuesta se llamó "potencial S", y tenía la propiedad de cumplir los procesos oponentes marcados por Hering. Este tipo de "potencial S" en las células del pez, eran capaces de responder positivamente a las radiaciones de un extremo del espectro y negativamente a las del otro.

En 1960, Russell De Valois, demostró que las células en los núcleos geniculados laterales, conocidos como NGL, cumplen las propiedades oponentes del color, en base a la inhibición o incremento de las descargas nerviosas de radiaciones espectrales definidas.

En general, estas dos teorías estuvieron compitiendo por la dominación absoluta de los criterios establecidos que llegaron a escindir a la comunidad científica sobre el fenómeno de la percepción visual del color. Durante los años 1930 Mueller intentó unificar dichas teorías proponiendo un tercer estado a la teorías propuestas por Young-Helmholtz y Hering. En ella se definía la existencia de tres tipos de fotorreceptores del color en la retina, que a su vez presentaban una respuesta final sobre dichos receptores mediante la conversión de la señal neuronal conjunta. Dicha señal activaba ciertas áreas en el nervio óptico, clasificadas según las áreas de color oponentes siguiendo las premisas creadas por Hering. En 1949, Donald Judd confirmó la teoría de Mueller, mediante los experimentos realizados a personas con pérdida parcial del color en algunos de los receptores visuales del ojo.

Actualmente, y como respuesta a la polémica suscitada sobre la veracidad de las dos teorías, se ha llegado a la conclusión de que las dos existen, y son complementarias en muchos procesos de captación del color y la luz. Se están

revisando los planteamientos teóricos de una y de otra teoría en base a los estudios de la percepción anómala del color por personas que presenten deficiencia en el sistema fisiológico y de qué manera el ojo humano es capaz de adaptarse a dicha problemática.

En 1964 George Wald y Paul Brown confirmaron mediante estudios llevados a cabo mediante la microespectrofotometría, de la existencia de tres tipos de pigmentos diferenciados en los fotorreceptores de tipo cono de la retina¹⁷, es decir en células fotoeléctricas fotorreceptoras¹⁸ sensibles a diversas longitudes de onda y por tanto a los colores.

En 1983 H. Dartnall¹⁹, Jim Bowmaker y John Mollon hallaron un pigmento rojo, un pigmento verde y un pigmento azul cuyas absorciones máximas se situaban en valores cercanos a los 565 nm. para el rojo, 530 nm. para el verde y 420 nm. para el azul.

El proceso fisiológico de la percepción del color, mantiene que las células retinianas que intervienen en la visión del color se centra principalmente en fotorreceptores de tipo cono²⁰. Los fotorreceptores de tipo bastón solamente permiten la visión nocturna y no intervienen en la visión de los colores.

Los tres tipos de conos absorben en cada caso una proporción diferente de luz del espectro, aunque existe una problemática suscitada que deriva de los niveles de actuación sobre las longitudes de onda captada no por su intensidad, sino por su valor en el espectro visible humano. En ocasiones no es capaz de diferenciar entre una luz de intensidad fija que presente una longitud de onda variable de otra que presente una intensidad variable y que a su vez presente una longitud de onda específica.

Ello se describe como el fenómeno de la Univarianza²¹, que fué estudiado por William Rushton y que explica entre otras cosas la necesidad de plantear una teoría conjunta que tenga en cuenta, no solamente la actuación aislada de los pigmentos visuales sino de las posibles acciones complementarias derivadas de ellas en relación con el nivel o umbrales de estimulación necesarios para la activación de los mismos.

Un ejemplo significativo se produce cuando ciertos conos reaccionan fuertemente a una luz de 560 nm. de longitud de onda, y son considerados por ello especializados en ajustarse a una banda del espectro de color rojo²², lo hacen débilmente ante una luz situada bajo una longitud de onda situada en el valor 500 nm. Sin embargo, en ocasiones, un cono sensible al color rojo no puede distinguirse por si mismo entre un estímulo situado entre los valores de 560 nm. y 540 nm. ya que la discriminación luminosa entre ellas mantienen perceptualmente la misma intensidad.

En la actualidad y con el avance de las técnicas genéticas²³ se cree que existen genes que codifican las proteínas específicas de los tres pigmentos visuales que permiten ver los colores no están situados en la misma posición en genoma. El gen del azul está situado en el cromosoma 7 y los genes rojos y verdes se sitúan en el cromosoma X. La localización de estos dos últimos genes en un cromosoma sexual hace que cualquier anomalía de estos genes se transmita de manera desigual entre hombres y mujeres. Debido a la colocación próxima entre los dos genes las regiones hacia uno y otro lado del gen del verde son muy similares de forma que los intercambio de material genético entre los cromosomas X paterno y materno en el momento de la formación de las células sexuales son más frecuentes que en el gen del azul.

- Los pigmentos visuales.

Uno de los primeros pigmentos estudiados en el campo de la visión del color, fué sin duda la rodopsina²⁴ por encontrarse en grandes cantidades en la retina, convirtiéndose durante años como la clave esencial para explicar la absorción espectral del color por el ojo. No obstante, hoy y gracias a los avances científicos de las últimas décadas sobre el conocimientos anatómico de la retina, y la composición química de los fotorreceptores han determinado la existencia de otros pigmentos complementarios involucrados en la percepción del estímulo luminoso y del color, dejando a la rodopsina, como un elemento fundamental en el estudio de la visión nocturna.

Este pigmento, se activa precisamente durante las horas nocturnas cuando no se dispone de luz directa sobre los objetos y por tanto se utiliza para adaptar la visión a las condiciones más pobres de luminosidad del ambiente, conocido científicamente como proceso de adaptación a la oscuridad. A nivel físico, cuando una molécula de rodopsina absorbe un fotón, será efectivo para la visión sólo en caso de que aumente la energía interna del sistema de electrones en la molécula y exceda el nivel crítico de base²⁵.

Gerry Jacobs junto a Jay y Maureen Neitz sugirieron a finales de 1980, la existencia de pigmentos visuales múltiples en el hombre²⁶. Realizaron sus experiencias mediante el test de Rayleigh que se utiliza normalmente para evaluar el daltonismo de verde y el rojo. Los resultados obtenidos sobre los sujetos, se repartían según la ley bimodal de Rayleigh en la existencia de varios tipos de pigmentos rojos en vez de uno solo.

Ello ha demostrado que el individuo es capaz de tener una proporción variable de la cantidad química de los diversos tipos de pigmentos y que debido a esta variación, el ser humano puede captar un color de determinada forma que otro.

En la actualidad las experiencias llevadas a cabo sobre los pigmentos visuales se han realizado a nivel genético. El primer estudio coherente sobre la localización y la naturaleza de los genes que codifican y crean los pigmentos visuales fué publicado por Jeremy Nathans y su equipo en 1986.

Investigaron los genes que catalogan uno de los componentes más destacados existentes en la mayoría de los pigmentos visuales, conocido como la opsina y compararon el gen hallado, con el de los sujetos con anomalías de la visión del color²⁷.

Dichas anomalías comprenden la pérdida total de uno de los pigmentos generalmente el rojo y el verde acarrea la ceguera al color correspondiente o dicromatía mientras que la alteración de un pigmento visual es la causa de la "tricromatía anormal". Los sujetos sujetos a este fenómeno último tienen dificultad para distinguir ciertos matices. La pérdida de dos pigmentos de color rojo y verde es conocido como monocromatía es muy rara y afecta a una persona entre cien mil provocando al ceguera total a los colores. La pérdida de los pigmentos de los conos azules²⁸ es conocido como tritanopia y es considerada poco frecuente una persona entre trece mil.

A nivel genético, los estudios más recientes han determinado que cierta distribución de los cromosomas en el ADN, humano determina la posibilidad de visión de los colores y que por tanto la posición de los genes es un factor fundamental para comprender las anomalías que puedan producirse en el campo de la percepción del color en un caso o en otro.

En la actualidad se cree por ejemplo, que las condiciones que determinan la percepción de los azules se hallan situados en los genes en la posición del cromosoma 7, que los genes del verde y el rojo se hallaban dispuestos en el cromosoma X, uno detrás del otro y que el principal pigmento de los receptores de tipo bastón se hallaba centrado en el cromosoma 3.

Un ejemplo significativo ha sido el estudio de ciertos fenómenos comunes como es el problema del daltonismo lque han llegado a plantear la existencia de dos hipótesis para explicar la pérdida simultánea de los pigmentos verdes y rojos, fenómeno denominado científicamente comomonocromatía y que supone en realidad una ceguera parcial del color en función de que:

- El gen del verde quedaba suprimido durante un intercambio de material genético.
- El gen del rojo se desactivaba mediante una mutación puntual.

De esta manera se vió que a lo largo de las generaciones pueden añadirse algunos genes adicionales concretos que regulan la percepción del verde. Por otra parte, observaron la presencia en ciertos sujetos, de genes híbridos en parte verdes en parte rojos además de una sustitución de un gen verde o de un gen rojo en algunos primates, incluido el hombre.

Estudiando detalladamente estos genes demostraron que en función de proporciones variables o intercambiadas entre el gen del rojo y el gen del verde, el gen híbrido podría hallarse inactivo o activo para el verde, activo en el rojo o bien crear un pigmento cuyo nivel de absorción estuviera desfasado respecto al rojo y el verde²⁹.

Como la absorción espectral de los pigmentos está determinada por la carga eléctrica global de la opsina, Gerry Jacobs, Jay y Maureen Netz supusieron que la sustitución de un componente de la proteína, y en concreto el de un aminoácido por otro de carga diferente, podía llegar a modificar la carga eléctrica total y por consiguiente el espectro de absorción del pigmento.

En 1991 demostraron que la simple sustitución de un aminoácido neutro o cargado positivamente, por una aminoácido cargado negativamente en una de las tres posiciones específicas de la opsina 180, 277, 285, es capaz de explicar la mayoría de las variaciones de la sensibilidad espectral de los pigmentos de los conos en la región rojo-verde, tanto en el hombre como en dos especies de simios.

El análisis de las secuencias de los genes de los fotopigmentos de otras especies de primates efectuado por Bowmaker y Mollon en 1992, indica que la absorción espectral de un pigmento también podía deberse a sustituciones de aminoácidos en por lo menos dos posiciones más.

Daniel Oprian construyó unos pigmentos visuales artificiales cambiando en cada uno de ellos, uno de los quince aminoácidos que distinguen los pigmentos verdes y rojos, observando que siete de estos aminoácidos intervienen en la posiciones espectral de los pigmentos visuales.

En 1992, Bowmaker, Mollon y Tové estudiaron las diferentes variaciones de los pigmentos en simios y posteriormente sobre humanos. Su estudios llegaron a la conclusión de que es posible que la mujer pueda tener un sistema tetracromático

o pentacromático y desde ese año han seguido las investigaciones desde 1992. John Mollon y Gabi Jordan, han comprobaron que la visión de los colores de la retina de treinta y un mujeres que tenían la visión distinta de la normal, podían presentar además de los genes normales del verde y del rojo diversos genes híbridos.

Los resultados finales creados por ellos han demostrado que al menos una de estas mujeres utilizaba un pigmento adicional en un sistema tetracromático funcional.

El estudio genético realizado por Nathans y sus colaboradores en 1986 habían observado ya que los genes del verde y del rojo tienen una semejanza sorprendente cercano a la homología del 97 % mientras que su parecido con el gen del azul es de sólo el 40%. Esta similitud parece indicar que provienen de la duplicación reciente de un gen ancestral común. Los trabajos efectuados sobre la visión de los colores en otras especies refuerzan esta hipótesis. Esta variación de los pigmentos visuales se produce sobre poblaciones determinadas e incluso puede llegar a percibirse de forma aislada sobre ciertos individuos lo que fortalece la certeza de que la visión del color es una percepción subjetiva y personalizada.

- El estímulo en la percepción del color.

La longitud de onda, como hemos visto, nos ayuda a determinar el matiz o color percibido por el ojo. La pureza espectral de una emisión, es en realidad, el factor que origina un matiz puro determinado pueda verse de forma plena. Los matices que se ven plenamente son los llamados colores saturados. La desaturación se produce cuando un color empieza a percibirse menos luminosos y por tanto se produce una pérdida real del color de referencia.

Los matices pueden producirse ante una longitud de onda bastante reducida, generalmente definida como si fuera una longitud de onda básica, aunque puede hallarse combinada por las tres longitudes de onda³⁰. La captación de determinados colores se produce cuando nos hallamos ante un espectro de longitudes de onda visibles para el ojo humano.

Si partimos desde longitudes de onda corta situadas en valores iniciales de aproximadamente 470 nm., percibiremos el color violeta o cercano al rojizo. Si la longitud de onda se incrementa, el componente rojizo disminuye desapareciendo totalmente y provocando una ganancia de color hacia el azul cuyo punto de inflexión visual es el denominado "azul único psicológico"³¹". Cuando la longitud de onda se incrementa aún más, el azul se convierte en un tono progresivo más verde. Un equilibrio de azul y verde se sitúa alrededor de los 490 nm. El componente gris predomina frente a otras tendencias de color alrededor de los valores de 500 a 515 nm. De forma intermedia el valor de 600 nm. se sitúa en el color ojo amarillento o naranja, mientras que "el amarillo único psicológico", se sitúa entre 575 nm. Finalmente, la longitud de onda más alta se percibirá en el valor del rojo puro.

Pero no todas las partes del espectro producen colores de manera tan efectiva y controlada, ya que el ser humano a nivel personal, no percibe con la misma sensibilidad todas las longitudes de ondas que son capaces de afectar a las células fotorreceptoras y a sus pigmentos visuales. Esta efectividad viene determinada por la curva de luminosidad, donde se establecen los niveles altos y bajos de radiación.

La efectividad máxima para las curvas de nivel alto, conocidas como fotópticas, se encuentran en la región de los 550 nm. a 560 nm, mientras que el valor máximo para la curva baja, conocido como escotópticas se sitúan en 510 nm.

Finalmente remarcaremos que el estudio de los niveles de percepción de los colores en función de la longitud de onda, nos ayudan a establecer las pautas generales en la creación de escalas de color³². En términos generales una escala puede crearse mediante la percepción de las diferencias percibidas que establecen los intervalos o pautas diferenciales³³.

Hay evidencias experimentales de que cuando el umbral de diferencia percibida se determina por un número de estímulos que difiere generalmente de los umbrales marcados por nuestra percepción sensorial, como es el caso de la propiedad de brillo³⁴.

1.2.2.1. Definiciones básicas en la interpretación del color.

Como hemos comentado anteriormente, muchas veces estamos acostumbrados a valorar un color por sus propiedades perceptuales, definiéndolo de forma simbólica³⁵.

A nivel psicológico, el color comprende, como hemos visto un aspecto importante en la percepción de los objetos en función de criterios subjetivos, capaces de describir y diferenciar colores de nuestro entorno siguiendo en ocasiones pautas de convención social, junto aquellos aspectos puramente psicológicos como la constancia del color, las postimágenes, los efectos de contraste cromático, etc... relacionados con la percepción global de la imagen obtenida a través del campo visual y almacenada en nuestra memoria.

Desde el punto de vista científico, el estudio del color, se realiza generalmente, mediante el análisis espectro visible de las longitudes de onda de la luz³⁶ y el uso de condiciones de tipo estándar sobre superficies pigmentadas, que nos permitirá una valoración cualitativa de los datos obtenidos en función de la reflexión obtenida sobre éstos.

Mientras en el campo de la ciencia los términos han sido acuñados desde los estudios científicos de las escalas de color comprenden la definición del matiz o croma, la saturación y el brillo, en el uso directo y plástico del color como en el campo de la pintura, han perdurado los significados relacionados con el punto de vista más psicológico o perceptivo bajo los términos de claridad, la saturación y el tono respectivamente³⁷.

En la vida diaria, ha perdurado por tanto, los aspectos más perceptivos sobre los considerados más científicos, utilizados por los instrumentos de precisión o en el estudio de escalas de color. Ello ha supuesto que en la actualidad se busque una complementariedad a nivel funcional de los términos creados en cada campo para poder crear escalas de color convincentes a la hora de ser utilizadas por ejemplo en el campo informático.

En la presente tesis, por tanto describiremos los aspectos relacionados con la percepción visual de imágenes a nivel científico que más se aproximen al conocimiento perceptual del color, dejando referenciados en el documento los considerados puramente fisiológicos o de experimentación, así como en las teorías sobre los sistemas de representación que así lo utilicen.

Las definiciones básicas que utilizaremos dentro de nuestro estudio del color para definir sus propiedades serán:

- La claridad, que se refiere a la cantidad de luz o luminancia capaz de reflejar una superficie pigmentada capaz de producir un cambio en la proporción de blanco emitido por la misma en función de la fuente de luz utilizada.
- El tono, que corresponde al atributo por el cual podemos diferenciar un color determinado sobre otro. En el aspecto físico lo relacionamos con la longitud de onda de una luz de un espectro continuo o longitud de onda dominante.
- La saturación, que determina la pureza de un color frente a posibles variaciones de luminancia del mismo.

- Elementos psicológicos perceptuales que influyen en el color.

Los elementos psicológicos que influyen en la captación del color, corresponden a fenómenos concretos que afectan durante el proceso de percepción visual a la comprensión de un color sobre otro y que nos servirán para comprender numerosos aspectos relacionados con la medición aplicados sobre ellos.

Entre ellos destacaremos los cuatro procesos de actuación generales que comprenden antetodo:

- La adaptación del color.
- La asimilación.
- El contraste cromático.
- La agudeza visual.
- El fenómeno de la postimagen.

- La adaptación del color.

La adaptación del color comienza cuando, durante el proceso de percepción visual general se fija la mirada en una área determinada de color estableciéndose rápidamente la adaptación del ojo al área y sus alrededores. La asimilación cromática y por tanto, la adaptación al color o colores de una imagen se establece a través de los cambios lumínicos que actúan sobre ellos y que pueden llegar a modificar nuestra "constancia del color" percibido.

Según Bruce Goldstein, el efecto puede apreciarse más claramente si modificamos la iluminación de nuestro entorno, con lo cual modificaremos las características en la longitud de onda emitida por los objetos y que afectará a nuestra percepción del color³⁸.

B. Goldstein realizó el experimento creando dos fotografías en base a diferentes características lumínicas utilizando el mismo tipo de película de sensibilidad diurna para las dos. La primera fotografía estaba hecha con luz diurna general y se percibía los colores como nuestro ojo está acostumbrado a percibir su

entorno en condiciones normales de luz. Mientras la misma fotografía, realizada en condiciones de luz artificial de luz de tungsteno, cuyas longitudes de onda se consideran largas, produce una disminución de la sensibilidad del ojo a los amarillos y rojos, creándo una pérdida de brillo de los tonos y claramente compensado por una mayor cantidad de luz amarilla y roja en la fotografía. Por tanto, en esta última fotografía tratada con una película diurna, no puede adaptarse al exceso de longitudes de onda larga del tungsteno y por ello la imagen parecerá rojiza.

Aunque en general existe un nivel de adaptación de ojo frente a cada determinado color, parece existir un punto en el campo de las intensidades inferiores por debajo del cual todas las demás intensidades parecerán al ojo oscuras o marcadamente negras. Cuando la superficie del objeto en la escena es coloreada puede dar el caso de que si actúa una intensidad muy baja el color pueda percibirse como negro o próximo al negro³⁹. En cada nivel de adaptación existe una intensidad por debajo de la cual, todos los estímulos parecen oscuros, tendiendo a negros, sin importar las cualidades matizadas que pueda presentar en condiciones normales.

Este fenómeno fué denominado por Evans⁴⁰, y es conocido como el umbral perceptivo o "punto negro", sobre el que existe un nivel de adaptación que se eleva o desciende de forma natural sin guardar relación directa con las intensidades que evocan las posible iluminación o claridad del objeto.

A nivel informático, este umbral de adaptación se ajuste consecuentemente a la percepción visual de la imagen sintética, ya que, por ejemplo, cuando modificamos la graduación del brillo de la pantalla, en términos globales, estamos afectando a la visión de los colores, creándo un desajuste con las propiedades reales de la imagen y la percepción de la misma⁴¹.

La adaptación al medio informático cuando percibimos una imagen en pantalla, se convierte en un elemento ergonómico fundamental para poder realizar un calibración cuanto menos del color de la imagen. En este caso, la fijación de la imagen y las condiciones de luminosidad constante ayudan a la adaptación final en un tiempo determinado, sin el cual no podríamos obtener los datos suficientes para

interpretar otros aspectos dominantes como la forma o la profundidad, por ejemplo.

El proceso de fijación sobre la imagen en nuestra mente a través de la adaptación, utiliza un tiempo más elevado cuando nos hallamos ante condiciones de iluminación bajas y por el contrario, la adaptación puede llegar a producirse de forma rápida, pero errónea a través de un aumento significativo de la luminosidad, que puede derivar a un deslumbramiento⁴² y por tanto a la formación del fenómeno de la postimagen.

- La asimilación.

La asimilación, está estrechamente ligada a la percepción de un color o colores⁴³ específicos en función del entorno sobre el que se halla. Cuando los matices contiguos son similares o semejantes en una imagen, los colores tienden a aproximarse entre sí, fusionándose o cuanto menos influenciando sobre la misma en vez de crear un contraste. Es considerado por tanto, como el efecto contrario al contraste simultáneo que se establece por ejemplo, entre dos colores generalmente opuestos.

Desde el punto de vista fisiológico, cuando las áreas estimulares de color son muy grandes es decir, cuando existe una discriminación muy alta entre colores por el ojo, no se percibirá la posible mezcla aditiva entre los mismos. No obstante, si el tamaño se reduce, el proceso de asimilación aparece, creando el fenómeno de difusión conocido como "efecto Bezold", en el que los campos estrechos tendrán, en el inicio del proceso, suficiente capacidad de discriminación para diferenciar las áreas de diversos colores y de este modo se producirá una reducción en la diferencia de luminosidad y color que las separa a través de una interacción aditiva.

- El contraste cromático.

Se produce cuando se establece cuando existe una interacción perceptible entre colores, y que es capaz de modificar nuestra apreciación de los mismos en un entorno definido. En el siglo XIX, fué cuando Michel E. Chevreul, definió por primera vez el fenómeno del contraste simultáneo, cuando comentó que *"... se ven al mismo tiempo dos zonas de diferente luminosidad pero del mismo matiz, o de la misma luminosidad pero diferente matiz, en yuxtaposición, el ojo observará modificaciones que en primer caso afectan a la intensidad del color y en el segundo a la composición óptica de los colores yuxtapuestos"*.

Desde el punto de vista fisiológico, el contraste simultáneo, actúa de forma complementaria a los fenómenos de constancia del color y se halla relacionado por la inhibición lateral que encontramos durante el proceso neuronal en la transmisión del estímulo a través de las neuronas⁴⁴. Complementariamente y según B. Goldstein⁴⁵, existe además un conjunto de factores, como son la longitud de onda, el estado de adaptación del observador, y el área circundante global donde se sitúan los colores, que afectan en su conjunto a la apreciación de los colores.

Esto se conoce como "adaptación selectiva" y tiene una explicación en base al funcionamiento fisiológico de los receptores conos y bastones establecidos por George Wald en 1964, en base a las curvas de sensibilidad espectral de los pigmentos.

A nivel informático, cuando creamos un objeto o superficie en nuestra pantalla, el efecto de contraste de color puede llegar a variar nuestra percepción visual del mismo en función del color del fondo, por ejemplo. Si creamos una esfera azul, y utilizamos un fondo amarillo que el resto de la pantalla o escena, descubriremos que el color inicialmente aplicado sobre el elemento mediante una escala de color, sufre una variación perceptible durante la percepción de la imagen final sobre el monitor, que deriva a un color de mezcla levemente dirigido hacia el verde.

El ojo debe crear una doble adaptación simultánea entre la asimilación progresiva del ojo a la iluminación de la habitación donde se sitúe el ordenador y a la percepción del color en la pantalla bajo dichas condiciones⁴⁶.

E incluso, cuando delimitamos una zona de la imagen, donde se puede observar el límite entre la forma y el fondo, podemos comprobar que dicha zona que en su inicio puede percibirse como contrastada, puede llegar a producir una fusión en los contornos de la forma, debido al carácter lumínico de la luz emitida por el ordenador. Ello se debe en parte a la tecnología de emisión del monitor basado en la representación por pixels de color iluminados⁴⁷.

- La agudeza visual.

La agudeza visual es uno de los fenómenos más significativos de la percepción visual de la imagen y que nos permite detectar elementos perceptivos de primer orden como son las formas y los colores en el conjunto de la imagen. Sobre éstos últimos, la agudeza visual es capaz de afectar a nuestro entorno perceptivo, de forma más marcada en unos colores que en otros.

Los estudios de K. Koffka⁴⁸ y M. Harrower publicados en 1932, demostraron que la agudeza visual desde el punto de vista espectral del color, establece una clara diferencia perceptiva entre los colores rojo, blanco o amarillos aplicados a objetos, en contraste con los mismos aplicados al fondo por ejemplo. Una figura creada en base a dichos colores permiten obtener una imagen perceptual más marcada significativamente a la hora del reconocimiento de las formas, por ejemplo, que si estuviera creada con colores más apagados o neutros.

A nivel informático, la agudeza visual que se produce inconscientemente durante la visión de una imagen sintética, puede servirnos para mejorar significativamente ciertos objetos o formas sobre otros, durante el proceso de creación. Este efecto será posteriormente tratado durante el capítulo 3º, de la presente tesis, en el apartado de los factores psicológicos que determinan la generación de la profundidad visual.

- El fenómeno de la postimagen del color.

El fenómeno de la postimagen aplicada a la ciencia del color se produce cuando el ojo se fija durante cierto tiempo⁴⁹ en un área de color, de forma que la estimulación sufre un desgaste perceptivo de dicho color, que es perceptible cuando desviamos la mirada sobre otra zona. La sensibilidad cromática producida por la primera área determinará la aparición de una imagen o postimagen que corresponde a la forma y al color opuesto⁵⁰ al inicial, superpuesto perceptualmente en la visión sobre la segunda área.

A nivel fisiológico, esta adaptación del color se explica en base a que los tres tipos de fotorreceptores situados en el ojo que permiten captar los colores básicos como el rojo el verde y el azul. Cuando existe un estímulo verde, proveniente de una figura o forma, por ejemplo, se induce al receptor correspondiente a que se adapte al estímulo disminuyendo por tanto el rasgo de sensibilidad que existe sobre dicho color, por desgaste. Puesto que el área de la figura no refleja ni el azul ni el rojo, los receptores de estos colores se hacen más sensibles al verde produciendo una adaptación cromática no sólo del color sino de la forma frente al entorno. Si se cambia la mirada hacia una zona con un tono de color menos saturado o neutro por ejemplo, el gris, el efecto sobre los receptores rojo y azul sobrepasa al proceso de adaptación creado hacia los receptores verdes, ya que el gris envía al ojo una cantidad igual de estimulación para los tres colores. La figura por tanto se creará a través de la fusión de los otros dos tipos de receptores, que no se hallan virtualmente desgastados.

1.2.2.2. Los sistemas de representación del color.

Los sistemas de representación, como sabemos, nos permiten disponer de una representación simbólica dentro de una gama de colores establecidos, para ser utilizados en cualquier ámbito de la ciencia o la industria como patrón referencial.

La creación de estas escalas se han basado, durante siglos, en particularidades específicas de la percepción de color mediante la toma de datos visuales empíricos, creando fórmulas de tipo matemático⁵¹ capaces de ser utilizados para crear los colores generativos de los llamados colores básicos fundamentales.

La precisión en la discriminación por comparación directa y el ajuste por medio de la memoria de color es limitada debido a que ciertos colores puede tener la misma apariencia visual y no somos capaces de encontrar diferencia perceptible⁵². Por ello, durante las últimas décadas, dichas referencias se realizan mediante métodos sofisticados de medición que tienen en cuenta las propiedades físicas del comportamiento de la luz, en base al espectro visible de la luz blanca compuesta por todos los colores. Entre ellos destacaremos:

- Las condiciones espectrales de la luz empleada. Se establecen como medio standarificado de las propiedades de la luz y su incidencia en los objetos, entre ellos las condiciones específicas del iluminante patrón⁵³. El efecto de la fuente de luz en la apariencia del color de un objeto cuando se compara a la apariencia del color del objeto bajo condiciones estándar se denomina "color interpretado".
- Las condiciones de orientación de la luz. Se halla relacionado con las condiciones de observación es decir la dirección de la iluminación y la vista. Por ejemplo, en inclinaciones estándar de 0°, 45°, o 90°.
- La intensidad de luz. Muy importante en la discriminación entre dos colores diferentes, ya que es recomendable utilizar una iluminación de 100 candelas/ft. para colores claros y de 300 candelas/ft. para colores oscuros.

- El iluminante patrón.

Como ya hemos dicho durante la descripción de los métodos de medición del color, los iluminantes referenciales son fundamentales para la correcta captación de los colores por los instrumentos de precisión. Fueron establecidos por la Comisión Internacional de la Iluminación, CIE y representan los denominados iluminantes estándar utilizados como base para la obtención de la composición espectral de los colores. Ello es debido a que cuando presentamos una superficie de un color y colocamos una luz coloreada, este afecta sobre la representación de la superficie, por tanto, el color de un determinado cuerpo depende de la composición espectral de la luz, con que se ilumine, ya que sino podría considerarse que la medición es antetodo ilusoria, si no se especifica el tipo de luz con que se va a iluminar la muestra o material. En base a este acuerdo internacional, existen cuatro iluminantes patrón denominados, A, B, C, D y E y cuyas características más destacadas son:

- Iluminante A. Corresponde a la luz de una lámpara de incandescencia de filamento de Wolframio. Su temperatura de color⁵⁴ es de 2856 K°.
- Iluminante B. Representa a un valor aproximado a la luz del sol directo al medio día con un cielo claro. La temperatura de color se sitúa en 4.874 K°.
- Iluminante C. Representa un valor aproximado de la luz del cielo, proveniente del norte, es decir una luz indirecta. La temperatura de color se sitúa en 6.774 K°.
- Iluminante D65⁵⁵. Representa la luz de día correspondiente a la temperatura de color 6.504K°. Se utilizaba para la evaluación de materiales brillantes en base a sus propiedades fluorescentes. Aunque este iluminante no sirve para los materiales fluorescentes se ha estado utilizando gracias a la utilización de filtros para la valoración de fuentes de luz incandescentes⁵⁶.
- Iluminante E. Representa una luz de espectro equienergético teórico y puede obtenerse aproximadamente filtrado a la luz A y presenta a una temperatura de color de unos 5.500K°.

Imagen 4

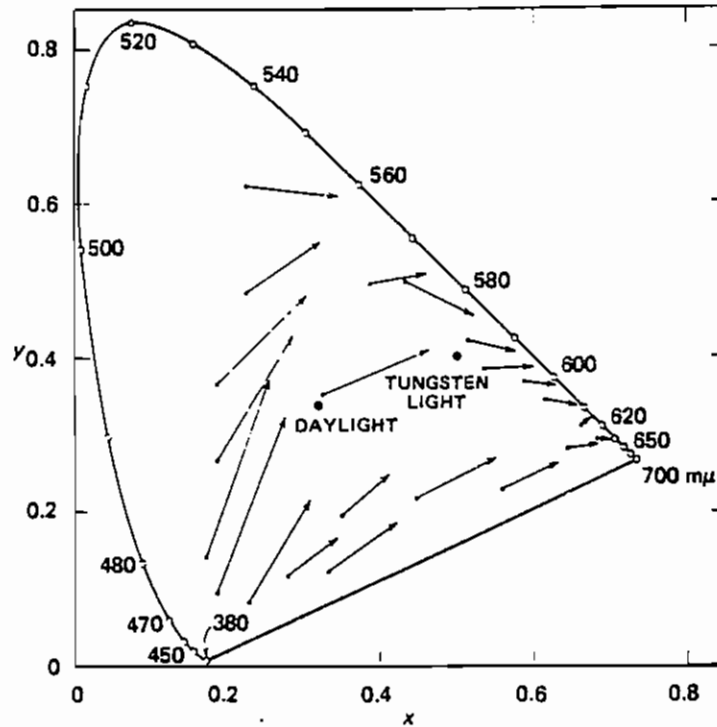


Diagrama Cromático C.I.E. en x, y , donde se muestran las localizaciones de los iluminantes A, B, C, D65, E. La cromacidad de cada mezcla creada en base al iluminante C y del color espectral de longitud de onda 520 puede conectarse con una línea recta en el diagrama. Extraído del libro "The measurements of appearance". Richard S. Hunter, Richard W. Harold. Willey & Sons Publications. 2ª Edición New York, 1987. Pag. 108.

- La representación gráfica del color.

La representación gráfica más significativa es el diagrama cromático en función de los valores cartesianos en x e y , bajo condiciones standar, fué propuesto por la Comisión Internacional de la Iluminación, CIE, que en 1931 se impuso a nivel internacional en el mundo científico⁵⁷. Dicha representación recoge en su medición ciertos condicionantes iniciales que marcan las pautas de la toma de datos que abarcan desde las propiedades de iluminación concretas⁵⁸, la actuación sobre ciertos materiales o los cambios de temperatura durante la verificación.

Los sistemas propuestos por el CIE, no tienen por objeto la identificación del color de los objetos ya que se designan a través de un ajuste global, es decir, al estímulo de color en todas sus formas posibles, los iluminantes, los materiales, los objetos, etc...

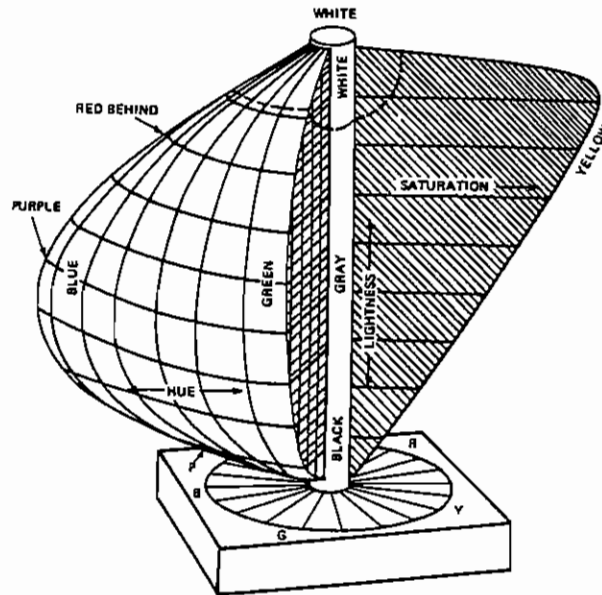
Los diagramas cromáticos se utilizan para determinar la adaptación⁵⁹ de los colores de los objetos en función de diversos iluminantes. Por ejemplo, las cromacidades de objetos neutros⁶⁰ establecen sus valores próximos a los situados en el diagrama cromático en x , y . Las cromacidades de un objeto coloreado varían en función de la luz en una misma dirección como lo hace los valores en X , Y del iluminante⁶¹, por lo que la adaptación CIE al color de los objetos utilizan generalmente como referencia de la cromacidad un iluminante neutral.

En 1935, el diagrama cromático propuesto por el CIE sufrió diversas modificaciones cuando Mac Adam, estableció que no existía una sola función⁶² y representación del color sino que podían existir varias funciones y representaciones teniendo en cuenta las características del iluminante sobre el que se actuaba.

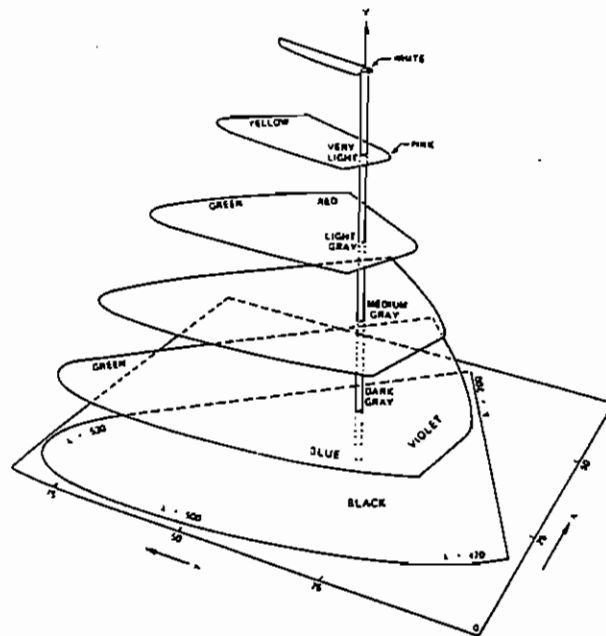
Mac Adam calculó los valores triestímulos de la respuesta humana y los situó en el diagrama CIE en x , e y , y definiendo los límites de la eficiencia visual máxima a ciertos niveles de luminosidad. También demostró que la mayoría de los colores que podemos percibir simultáneamente, pueden ser presentados por una curva espectrofotometría común.

En 1942, Mac Adam⁶³ publica los resultados obtenidos en la medición en el diagrama cromático de las desviaciones generadas mediante 25.000 pruebas en observadores distintos, que variaban significativamente la cromacidad tomada

Imagen 5



Representación gráfica de un color sólido en base a su luminosidad frente al valor tonal del color mismo.



Representación del color sólido x,y,z según el modelo C.I.E. Representación de los límites de MacAdam en la representación del color de cualquier objeto existente.

inicialmente como referencial, llegando a producir un cambio evidente de la diferencia de color en más de 25 puntos claves. Gracias ellas, reprodujo una serie de elipses que representan los valores de color equi-luminosos para el mayor número de observadores que marcaban las diferencias perceptibles de 25 colores standar en el centro de las elipses.

Durante años, los datos obtenidos por Mac Adam fueron usados solamente para el análisis de las diferencias de color y no para una medición real del color. Solamente en la última década la medición de Mac Adam se ha asociado a las escalas de color continuo.

Finalmente comentaremos que en la actualidad los sistemas de representación del color parten de un sistema cartesiano tridimensional, que ha supuesto la utilización de las tres principales características del color⁶⁴ como base para su representación gráfica en los ejes cartesianos en x, y, z, bajo parámetros numéricos, conocido globalmente como el color sólido.

Jacobsen en 1948, fué el primero en considerar la posibilidad de que el gráfico bidimensional de la función CIE propuesto bajo los valores en x e y, podía complementarse con la función en el valor en z, creándo las permisias de lo que en la actualidad denominamos la representación sólida o tridimensional del color.

Se puede definir los valores cromáticos de un material de forma normalizada en función del tipo de iluminante aplicado y de el valor de luminancia obtenido. La suma de los valores obtenidos para cada color en función de los valores triestímulos definidós para cada color debe de ser 1.

La Comisión CIE, propuso que existieran los llamados “coeficientes cromáticos”, derivados delas coordenadas de la cromacidad en x, y, z, definidos como:

$$x = \frac{x}{x+y+z}, \frac{y}{x+y+z} \frac{z}{x+y+z}$$

donde,

$$x + y + z = 1$$

La representación gráfica en valores x, y, de los colores en los que se presentan los coeficientes tricromáticos de los colores del espectro, viene definido por el diagrama cromático, que ya conocemos.

En la actualidad, la mayoría de las representaciones del color basados en los diferentes iluminantes standar creados, parten de la 10ª propuesta de diagrama cromático creada por el CIE, creada en 1960 cuya función fué finalmente adoptada en 1964.

A nivel informático el diagrama cromático CIE, también se considera el estándar universal para la representación de los colores en el ordenador y su exportación a otro tipo de sistemas de visualización. Se utiliza actualmente en la medida de la longitud de onda dominante en el monitor, además de poder medir la pureza de cualquier color en base a la mezcla de color RGB, basado en los diagramas CIE de los tres colores primarios. No obstante, el problema actualmente no se halla totalmente resuelto debido a la gran diversidad de sistemas de representación del color y los tipos de mecanismos que utilizan para representarlos⁶⁵.

Imagen 6

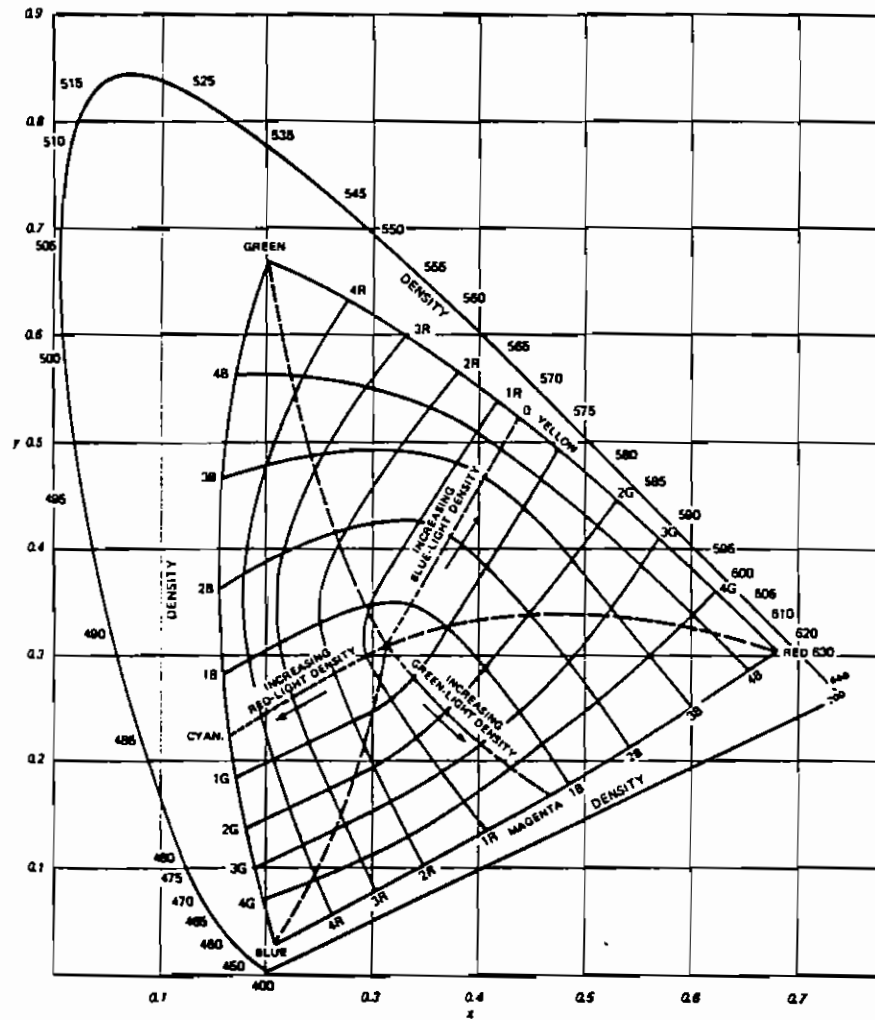


Diagrama cromático CIE, en x, y, 1931, que representa los valores de mezcla sustractiva de colores primarios. Las densidades se miden desde la densidad de los niveles de gris. Según el libro "The measurements of appearance". Richard S. Hunter, Richard W. Harold. Wiley & Sons Publications. 2ª Edición New York, 1987. Pag. 223.

Imagen 7

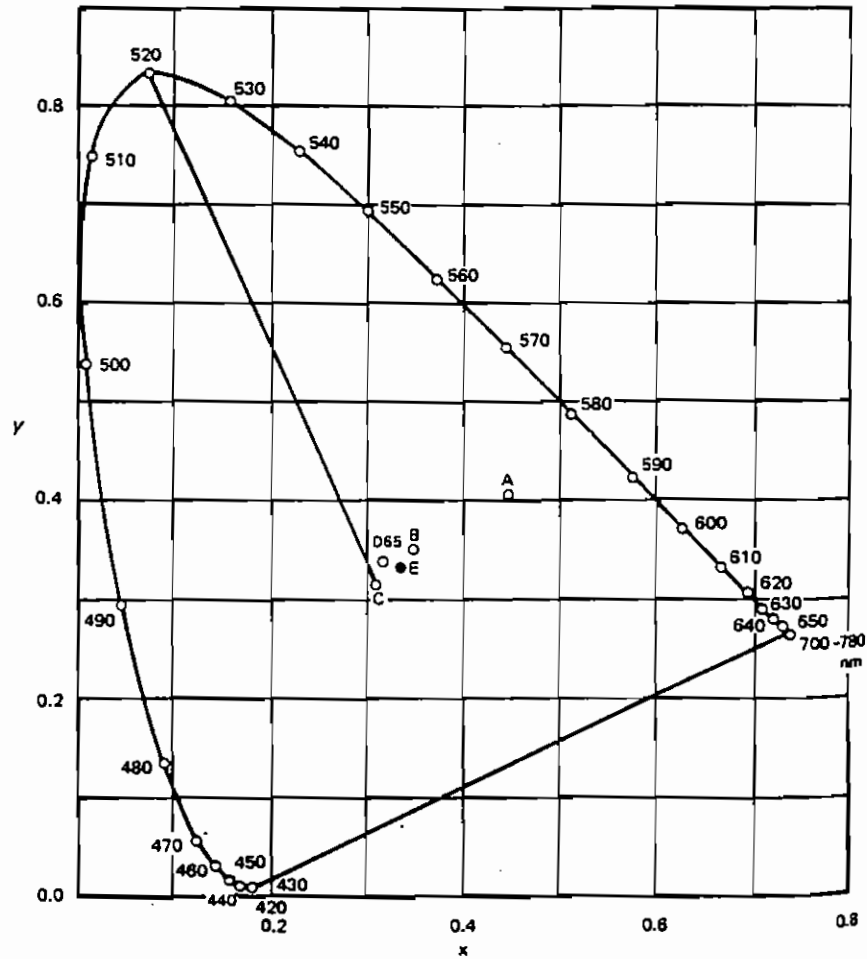
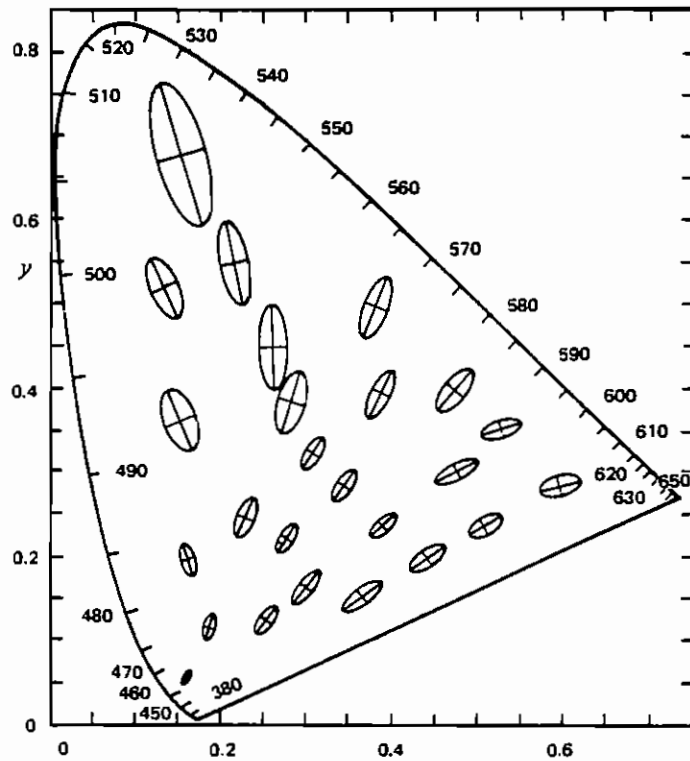


Diagrama que representa los cambios cromáticos en objetos por variación de los tipos de iluminante patrón de la A a la D. Cada vector muestra el cambio en la cromacidad que se necesita para mantener una visión acertada entre dos mitades de un triestímulo dado. Cuando una parte de la área central de la retina se adapta a la luz diurna y cuando la otra parte de la misma retina se adapta a una luz de tungsteno. Extraído del libro " The measurements of appearance ". Richard S. Hunter, Richard W. Harold. Willey & Sons Publications. 2º Edición New York, 1987. Pag. 110.

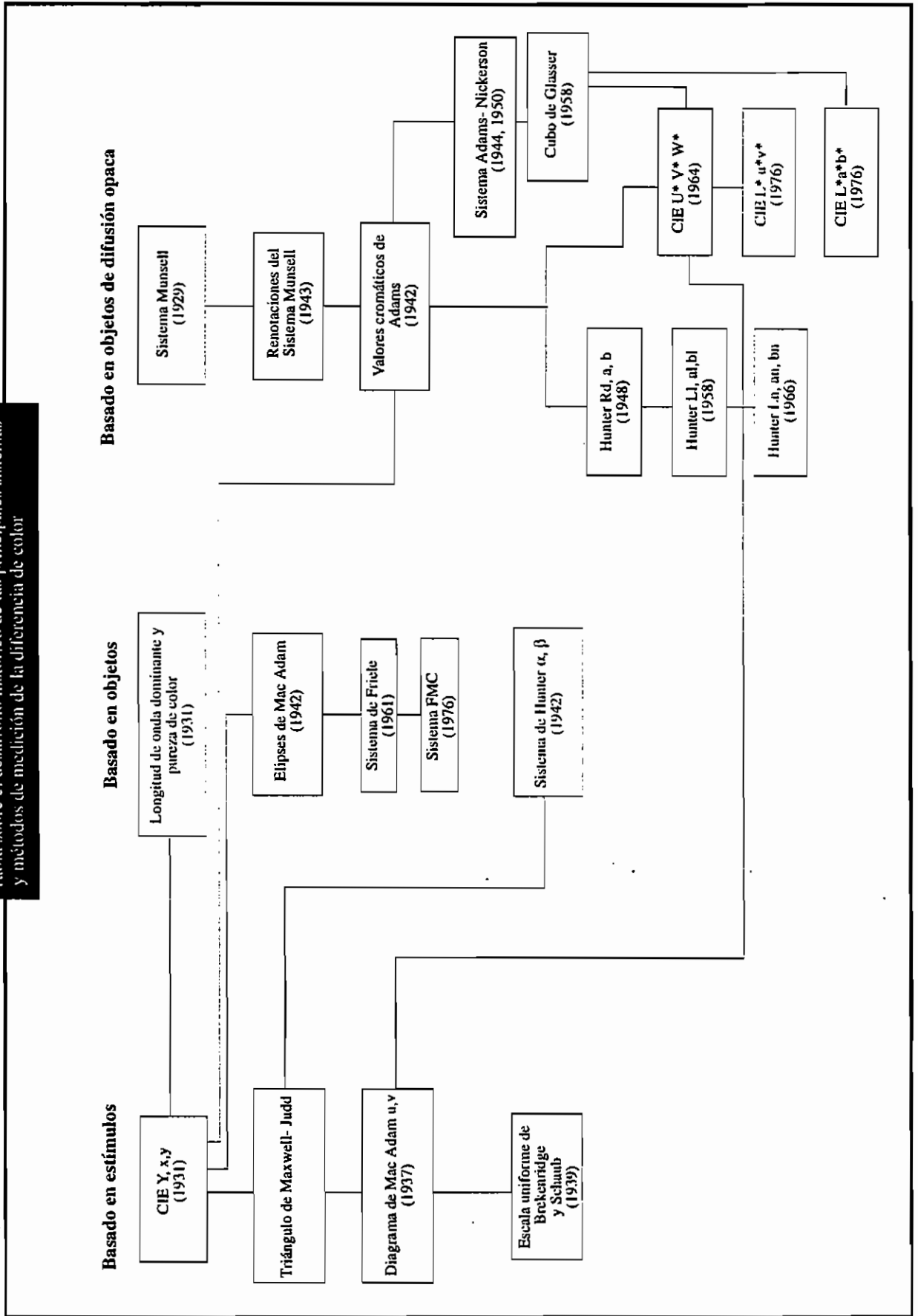
Imagen 8



Representación de las Elipses de MacAdam, basadas en la representación de las diferencias cromáticas equitativas. El observador es capaz de percibir 25 colores standard en el centro de las elipses. Las elipses se hallan magnificadas diez veces. La contracción de las elipses en la esquina inferior izquierda, indica que el ojo es mas sensitivo a los cambios en x , y de la región de los violetas que en la región de los verdes. Extraído del libro "The measurements of appearance". Richard S. Hunter, Richard W. Harold. Wiley & Sons Publications. 2ª Edición New York, 1987. Pag. 154.

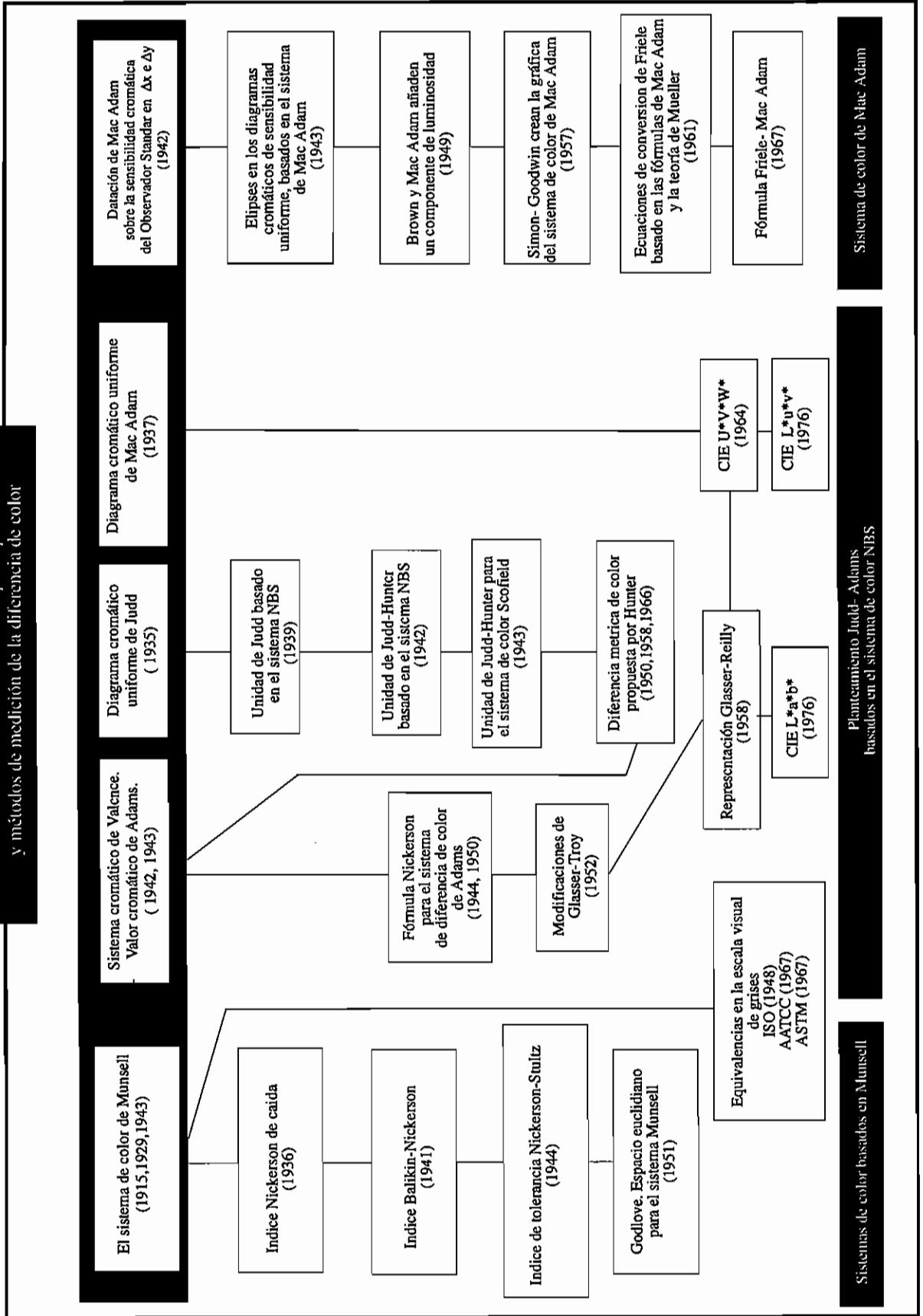
Esquema II

Tabla sobre el desarrollo histórico de los principales sistemas y métodos de medición de la diferencia de color



Esquema III

Tabla sobre el desarrollo histórico de las principales sistemas y métodos de medición de la diferencia de color



- Los procesos generales de creación de los colores por combinación.

En general, la obtención de colores más simple corresponde a la mezcla de los llamados colores básicos en diversa proporción. Estos colores básicos se definen de diferente manera según las leyes físicas que los crean, ya sea a través de la óptica, fisiología o psicología de los colores.

Por ello, Rudolf Arnheim⁶⁶ defiende la existencia de dos tipos de colores básicos, que son los primarios generativos y los primarios fundamentales. *"...por los primarios generativos entendemos los colores que se necesitan para producir una gama de colores amplia, física o fisiológicamente; mientras los primarios fundamentales son los colores puros básicos sobre los cuales el sentido de la vista construye perceptualmente la organización de esquemas cromáticos. Por tanto, los primarios generativos hacen referencia a los procesos mediante los cuales se producen los colores, y los primarios fundamentales son los elementos de lo que vemos una vez que el campo visual aparecen colores"*. Arnheim hace referencia más tarde a los primarios fundamentales dentro de la creación de colores compositivos de una escala de color, mientras que los primarios generativos los utiliza para explicar las diferentes teorías cromáticas relacionadas con las teorías científicas de Helmholtz y Young entre otros, que establecieron los colores de azul, rojo, amarillo.

De una manera general, podemos decir que los colores se pueden combinar para obtener así, los colores de segunda generación mediante dos procesos conocidos como método subtractivo y método aditivo.

Una combinación aditiva de colores, se produce por la combinación de dos o tres colores básicos generados por algún dispositivo de iluminación, y cuya suma aditiva tiende a generar un color más claro. Cuando se produce la suma de los tres valores máximos producen el color blanco. Por tanto, la apariencia de los colores generados mediante la mezcla aditiva, puede ser precedida en función de los atributos de color extraídos de la luz. Las combinaciones de color se hallan resumidas según las leyes de Grassman⁶⁷ creadas en 1853, y donde establecían las reglas que dominaban la mezcla de luces de color, representadas por la variación en el valor espectral de las mismas como A, B, C, D.

La regla principal se basaba en que si el color de la luz A es igual al color de la luz B, aún cuando ambas tengan diferente composición espectral y el color de la luz C es igual al color de la luz D aunque éstas entre si tengan distinta composición espectral, la mezcla de las luces entre A y C será capaz de igualar los colores de la mezcla obtenida por B y D por lo que podemos decir que luces de igual color producen los mismos efectos en las mezclas.

Este tipo de creación de colores por mezcla aditiva, permite ser analizada y transferida a un sistema gráfico de representación de color como es el diagrama cromático CIE y es la que se genera en el ordenador debido a la tecnología de la emisión de luz por los rayos catódicos.

Una representación subtractiva de una gama de colores supone que su formación se realiza mediante la utilización de colores-pigmento, y donde el resultado de la suma de los colores tiende a colores oscuros. La mezcla de los tres colores básicos dan como resultado el color negro.

La mezcla sustractiva se realiza cuando sustancias coloreadas son mezcladas de forma que se produce una absorción de la luz, como es el caso de los pigmentos utilizados en pintura. Cada componente absorbe luz de forma que en las mezclas subtractivas van siempre de claro a oscuro. Sólo un análisis espectral que realice una absorción de la luz, puede determinar o predecir un color generado por la combinación subtractiva de dos o más colores.

El comportamiento general de estos dos tipos de construcción generativa de los colores obligan al uso metodológico diferencial del color según nos hallemos ante un sistema u otro. Mientras un artista debe tener en cuenta los conceptos de saturación subtractiva del color en un cuadro, ya que una excesiva carga de material o por el tipo de pigmento utilizado, que puede producir un oscurecimiento excesivo de las mezclas generadas, el artista infográfico que utiliza el sistema de representación de los colores-luz en su ordenador, debe asumir que existirá una pérdida de saturación de color hacia el blanco cuando incremente los valores de intensidad luminica en las mezclas de color.

En la actualidad, y a nivel informático, se está intentando aproximar dos aspectos, es decir, los conocimientos de tipo pictórico basados los conceptos del color subtractivo y aditivo.

Dicha simulación de color por pigmentos sigue las formulaciones clásicas propuestas por la teoría de Kubelka-Munk⁶⁸, que ya habían sido utilizadas en la industria de la pintura para predecir, mediante formulación empírica, la reflectancia de varios pigmentos cuando son mezclados⁶⁹.

En general, esta teoría mantiene que el conocimiento del color debe hacerse por el cálculo en la absorción de luz por la superficie, junto al ángulo de salida que toma para hacer el cálculo de distribución final.

Esta implementación teórica sobre un sistema informático, que se halla en fase de investigación, será sin duda el inicio teórico de un sistema de representación de color en el ordenador, capaz de explicar muchos de los aspectos pictóricos extrapolados al color, las calidades superficiales y matéricas sobre un ordenador⁷⁰.

- La clasificación de escala de colores.

Dentro de las llamadas escalas de color utilizadas en el campo científico e industrial existen diferentes tipos en función del ámbito de uso. Su representación viene marcada por la llamada carta de colores, o atlas de color, que nos ayudan a disponer y valorar un color o gamma de colores sobre otros.

Un sistema de clasificación de color en realidad es un método racional que sigue un orden determinado, y que sirve para ordenar metodológicamente los colores generados por dicho método. La mayoría de los sistemas se dividen en tres grupos fundamentales:

- Los que se basan en los principios de la percepción de color, donde existe unas condiciones estándar constantes de saturación, tono. y croma, cada cual espaciados uniformemente de acuerdo con las percepciones del observador normal. Entre ellos destacamos los sistemas de Munsell, DIN, el sistema Suizo o NCS, o el sistema propuesto por el OSA⁷¹.
- Los que se basan en los principios de mezcla aditiva del color estimular. Entre ellas destacaremos el disco de Maxwell, el sistema de color de Ostwal y el sistema Ridgway⁷².
- Los que se basan en la mezcla de colorantes desarrollado a través de pigmentos. Entre ellas destacan el diccionario de color de Maerz y Paul.

- Los sistemas basados en los principios de la percepción de color.

- El sistema de Munsell.

El sistema Munsell fue concebido por A. H. Munsell a principios de siglo⁷³, que culminaron con la publicación del libro "The Munsell book of color" entre otros. Este sistema permitía crear una buena parte de los colores de la gama perceptible por el hombre, por el croma y que fueron plasmados en uno de los primeros atlas de referencia del color existentes hasta el momento. El sistema de Munsell no se ajustaba teóricamente a todos los colores concebibles pero sí cubría la mayor parte de ellos.

Este sistema se consideraba, en líneas generales, como un espacio perceptual, donde los valores de color, matiz, luminosidad y saturación podían reflejarse de forma espacial numérica y espacial. Por tanto, el sistema Munsell identifica los colores en términos de tres atributos de tono, claridad y saturación o croma. Estos tres atributos se hallan distribuidos en escalas ordenadas⁷⁴ de pasos iguales.

La principal ventaja de este sistema es la facilidad de uso, aunque presenta la desventaja del entendimiento y confusión de los valores de luminosidad y saturación íntimamente ligados a las propiedades de los objetos por la luz.

La designación completa del color bajo el sistema Munsell se ofrecía bajo el valor compartido de la saturación/cromas. Inicialmente el sistema Munsell presentaba 5 matices primarios descritos bajo los colores de rojo, amarillo, verde, azul y púrpura, junto a 5 matices intermedios, ampliables a 14. El valor que definía la luminosidad de un color y por tanto, el nivel de saturación del croma establecía la primera escala de representación que partía desde el valor 0 que representaba el color negro y el valor 1 que representaba el valor 1.

En líneas generales, la representación espacial del sistema corresponde a un cilindro compuesto de capas de color. El eje de revolución representa en un intervalo de colores a los valores iniciales de saturación. Las capas o círculos perpendiculares al eje que representan a cada color, interseccionan con éste, creando los tonos de color en función de su situación cercana o alejada del eje principal y que corresponden a los valores de tono y a la claridad de los mismos.

El croma o intensidad de la saturación, se mide por la distancia perpendicular desde cada punto al eje vertical, siguiendo una progresión⁷⁵ perceptual establecida. Esto permite construir un sólido en el que cada plano, que contiene el color que le corresponde una sola saturación. La superficie de cada cilindro concéntrico respecto a su eje contienen colores con igual cromatismo. Cada punto en esta figura de representación tridimensional, le corresponde un color y por tanto podemos decir que el color se halla representado en tres dimensiones. El croma indica el grado de separación entre un tono dado y un gris de la misma claridad. La escala de croma se extiende desde el 0 para un gris hasta 1/10, 1/12, 1/14 dependiendo de los saturado que sea el color a evaluar.

El tono indica su posición en una escala visual de 100 tonos, que se desglosa a su vez en 10 tonos fundamentales, 5 principales y 5 intermedios igualmente espaciados. La notación de los tonos⁷⁶ esta compuesta por los nombres sencillos y compuestos como puedan ser el rojo, amarillo-rojizo, amarillo, amarillo-verdoso, verde, verde-azulado, azul, violeta, purpura-azulado, púrpura. La claridad denota lo luminoso u oscuro que es un color, respecto de una escala de grises que se extiende desde el negro absoluto 0, al blanco absoluto 10. Por ejemplo, el símbolo 1/5 indica un gris medio.

La principal desventaja del sistema Munsell, es que se basa en un sistema adecuado principalmente para la creación de color por pigmentos. Por tanto sus propiedades se verán modificadas por las condiciones de iluminación⁷⁷ sobre las que se perciben sus colores, que en otros sistemas como el CIE se hallan más controlados. Por tanto, el sistema Munsell⁷⁸ ha sido investigado frecuentemente para encontrar aquellos puntos referenciales que permitieran su conversión con otros sistemas. Entre ellas destacaremos las realizadas por Newhall, Nickerson y Judd⁷⁹ para la OSA en los que se establecía la compatibilización del sistema con el sistema basado en el diagrama cromático propuesto por el CIE de 1933, en base a coordenadas en x e y para cada color Munsell, mediante su reproducción gracias al iluminante patrón C. Posteriormente, en 1943, los valores fueron nuevamente investigados por Kelly, gracias al espectrómetro, determinando nuevas las especificaciones cromáticas perceptuales sobre diagramas cromáticos basadas en la especificaciones CIE⁸⁰.

- El sistema de color DIN.

Este sistema desarrollado por Manfred Richter fué usado inicialmente en Europa se basa en las normas alemanas DIN 6164 creadas en 1953. Este sistema se basa en las especificaciones e interpretaciones visuales diferenciales entre colores de igual saturación⁸¹ y de longitud de onda constante y dominante.

El sistema DIN se define en términos parecidos a los propuestos por las recomendaciones del CIE en función de longitudes de onda dominante y de la pureza de color con una especificación cromática. Pero hasta la actualidad han habido problemas a la hora de encontrar una fórmula capaz de realizar una transformación simple entre éste sistema con otros.

Las coordenadas básicas de medición del sistema DIN son la saturación, el matiz y la oscuridad del color. Tanto el matiz como la saturación no varían con el cambio de nivel de iluminación, pero si que existe una relación entre los valores x e y de un color frente a otro en base a valores crecientes o decrecientes sobre valores situados entre 0 a 10.

Su datación espacial se organiza en términos de matiz F , saturación S y luminosidad D . La anotación completa del sistema, se establece por tanto bajo los parámetros de F, S, D , que tiene su correspondencia con el sistema CIE, de 1931 basado en las coordenadas x, y, z , y según el iluminante patrón C .

Imagen 9

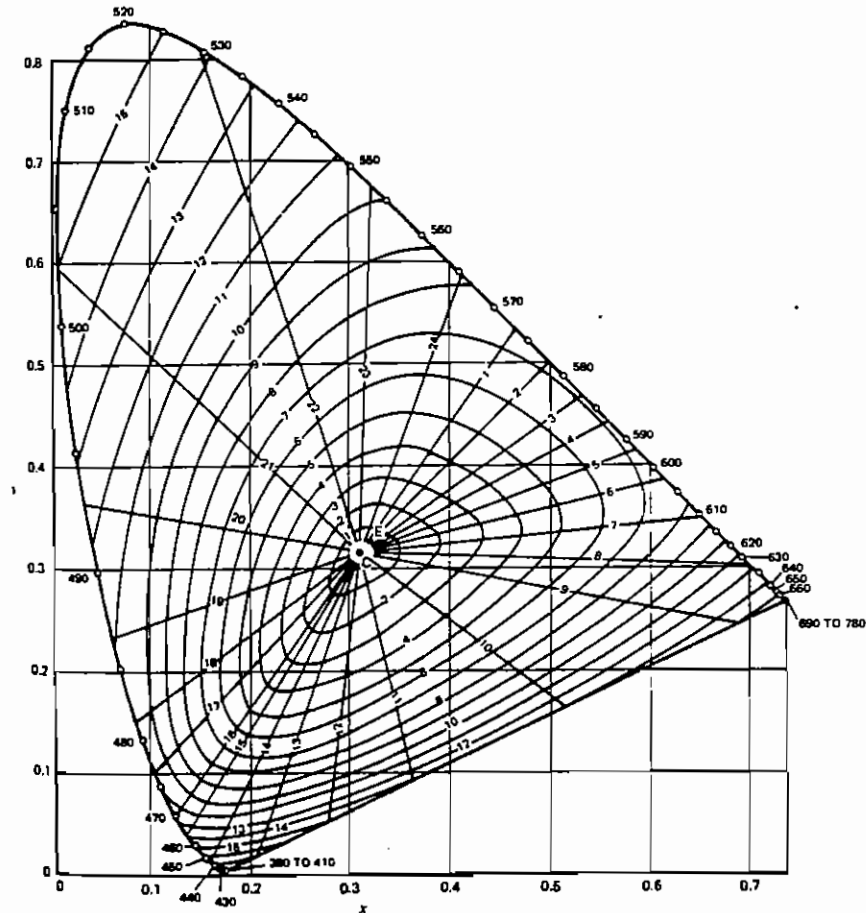


Diagrama cromático que representan las líneas rectas de un color de matiz constante, bajo el sistema de color DIN. Las 24 líneas radiantes que parten del punto C hacia las localizaciones de los valores del espectro definen los valores constantes del matiz de color. Las representaciones ovales determinan la localización del color de los objetos de la misma saturación y cromatismo, en base a un incremento de la saturación en función del incremento de la distancia del iluminante C. La designación del matiz es similar a la longitud de onda y la pureza del color. Extraído del libro "Color and Business". Science and Industry. D.B. Judd y G. Wyszecki. Editorial John Wiley & Sons, USA, 1963.

- El sistema de color suizo o NCS.

Este sistema es también llamado Sistema natural del color, es un ejemplo significativo de una clasificación de los colores basada en su apariencia perceptual. Este modelo fué defendido por el psicólogo alemán Ewald Hering en base a los conocimientos sobre la percepción del color de la teoría de los colores oponentes establecidos por él mismo y bajo los estudios realizados por el psicólogo suizo Tryggve Johansson.

Uno sus principales objetivos corresponde a la búsqueda de una descripción cualitativa en la percepción del color, que para ellos es incompleta como es el caso del sistema Munsell. Por tanto, proponen que los atributos cualitativos apropiados en la percepción del color se centran en la percepción psicológica de los colores como el blanco, el negro, el rojo, el verde, el amarillo y el azul.

La percepción de un color bajo estas premisas, puede ser especificado por el juicio aproximativo a los colores denominados elementales. La aproximación se realiza en base a diferentes grados de blancuez, negrez, amarillez, etc...sobre los mismos.

La especificaciones básicas del sistema NCS se establecen en el término de color contenido en cada uno de los colores oponentes. El contenido total de cada color es el 100% de varios componentes, donde una combinación cualquiera descrita bajo los parámetros de amarillo y20, rojo r20, azul v25 y saturación s35, por ejemplo. Este color puede también especificarse en términos de matiz, croma, oscuridad⁸² como g50 r/40-35, donde el valor de 40 representa la cromacidad total del componente, el valor de 50 es el % de rojo, y el valor de 35% corresponde a la oscuridad.

Este sistema se halla aún en fase de experimentación, buscando siempre la complementariedad con otros sistemas como el de Munsell o el CIE de 1933 a nivel formulativo. En la actualidad, el Centro del Color Suizo, bajo la dirección de Hård ha pretendido aunar los conocimientos de éstos dos científicos Hering y Johansson, sistematizando las ideas sobre la percepción del color en base a un atlas del color, creado por primera vez en 1966.

- Los sistemas basados en mezclas aditivas de color.

- Los triángulos de Maxwell.

Se basa en la utilización de un triángulo equilátero en cuyos vértices se sitúan los colores primarios R, G, B. El diagrama triangular tiene la propiedad especial de que crea una representación ideal de la proporción de los colores. El lado del triángulo correspondiente a los valores de azul y rojo o B, R está posicionado horizontalmente y por tanto tiene la apariencia del eje X en las coordenadas cartesianas. El eje Y se halla representado por la distancia perpendicular que partiéndolo del eje formado por B y R, se dirige a el vértice superior que representa al verde o G.

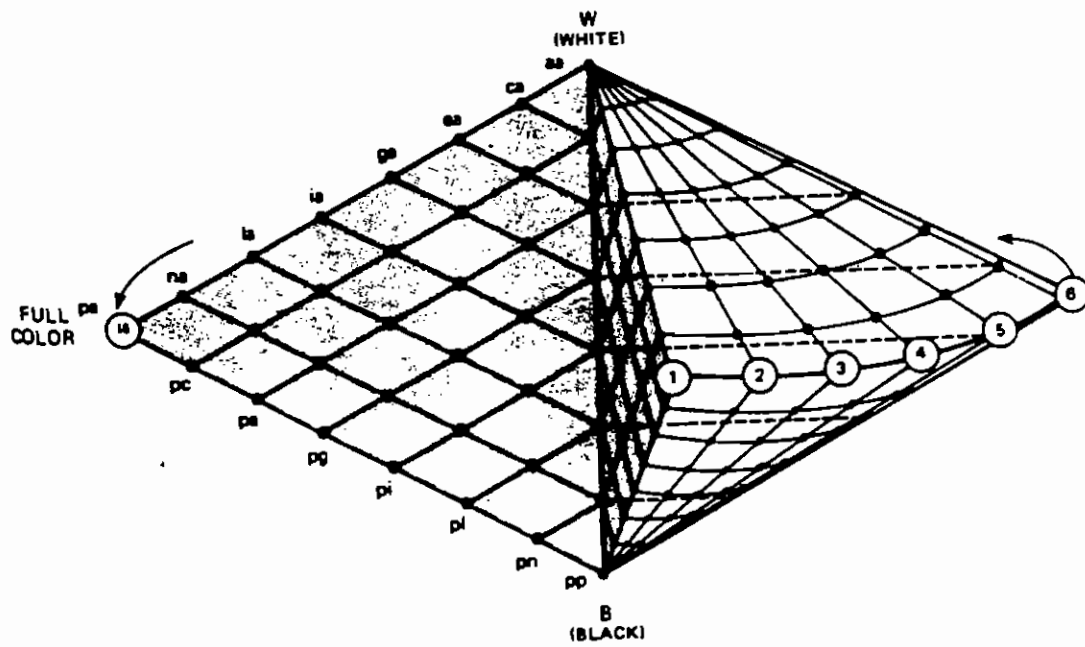
Teniendo en cuenta que en un triángulo equilátero la suma de las distancias de un punto situado en su interior siempre es igual, podremos definir un color determinado, en función de la suma de los tres valores de las distancias a los lados. La cantidad final de dicha suma corresponderá al valor unitario de la altura expresado como 1. Finalmente diremos que este diagrama mide la cantidad de mezcla de cada componente entre ellos y no sus intensidades absolutos.

- El sistema de color de Ostwald⁸³.

Se halla representado por un círculo de color, donde se circunscriben diversos triángulos que unen tres tonos diferentes. En el triángulo original de Ostwald la cantidad de blanco y negro que debía ser mezclado con un color mediante el ajuste aditivo.

En las especificaciones del modelo de Ostwald⁸⁴, el número de matices de color saturado y su contenido en blanco y negro varían en función de la escala utilizada que varía desde el color saturado al máximo hacia el blanco y el mismo color saturado hacia el negro. El círculo de matices de colores saturados, posicionados en el círculo periférico de representación se situán en función de un intervalo equitativo, y por tanto, podemos realizar combinaciones por los tres tipos de color primarios, que a su vez presente una saturación que deriven hacia lo obscuro o hacia lo claro.

Imagen 10



Representación gráfica del sistema de color de Ostwald. En él, podemos ver que los matices se sitúan alrededor del eje indicado por las flechas. Los valores tonales extremos se sitúan en los apéndices del rombo dados desde el blanco al negro, mientras que los extremos de derecha e izquierda se sitúan los valores de saturación de un color más elevados.

- Los sistemas basados en la mezcla a través de pigmentos.

- El diccionario de color de Paul y Maerz.

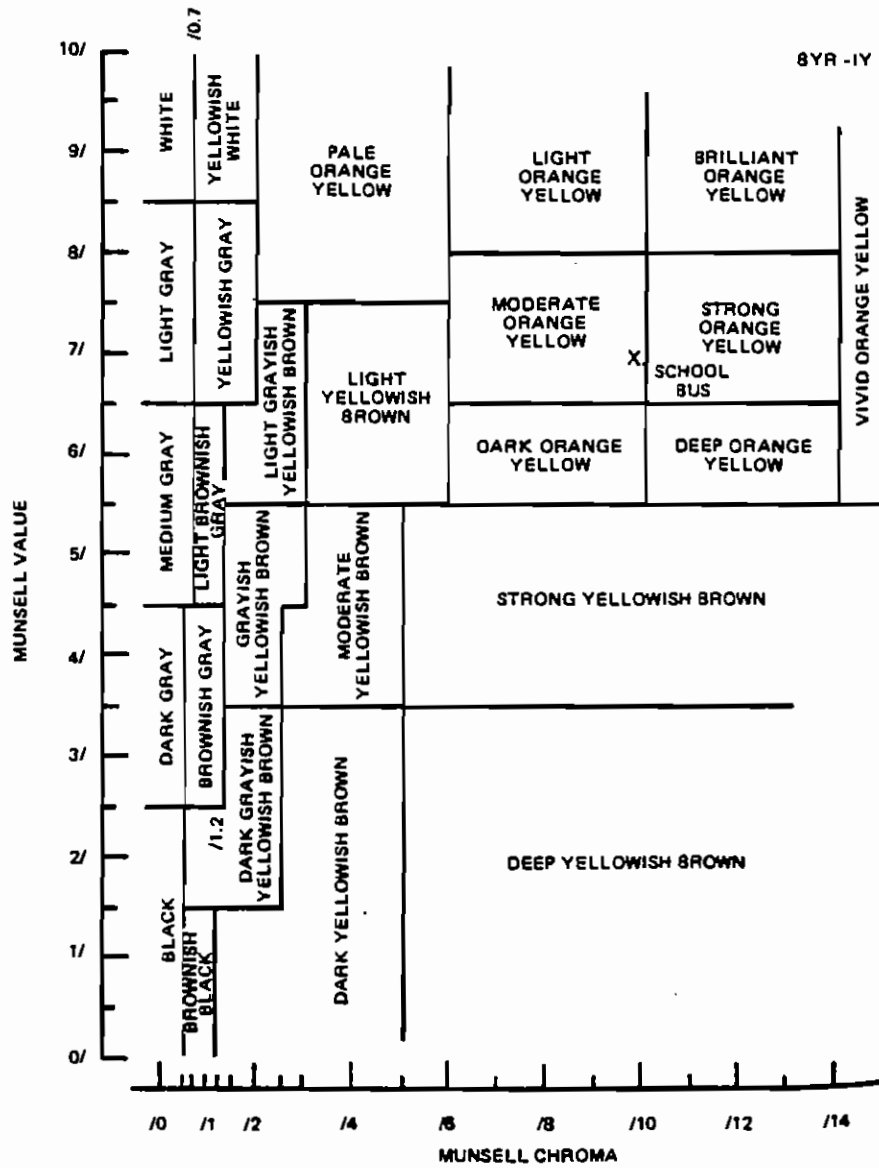
Es el diccionario más extenso de nombres de color existente hasta la actualidad. Fue propuesto en 1930 y presenta más de 7056 colores reunidos en 7 matices de grupo. Se sigue utilizando en la actualidad en el campo del arte y en la industria para la identificación de los colores por su nombre. En la actualidad se ha intentado complementar con otros sistemas más cuantificables como el sistema Munsell entre otros⁸⁵.

- ISCC-NBS. El sistema de color por nombres.

Este sistema fue desarrollado por Kelly y Judd, en 1955, especialmente para aplicar ciertos nombres de color sobre los colores extraídos por el sistema de color Munsell y por tanto, corresponde a la designación verbal estándar del color.

Existen 267 designaciones estándar sobre el sistema base. Cada valor es identificado por un nombre de color descriptivo capaces de generar a su vez nuevas series de colores por derivación cromática. Kelly y Judd publicaron ese mismo año su método, en el libro bajo el nombre de "El método de designación de colores en el NBS Circular 553", que incluía una sección que unificaba las designaciones de color con otros sistemas aplicados sobre diversos campos industriales en Estados Unidos como las Textiles Color Card, o la Association U.S. Army Color Card.

Imagen 11



Representación del método de designación de colores ISCC-NBS

Esquema extraído del libro "The measurements of appearance". Richard Hunter, Richard Harold. Ed. Wiley & Sons Publications. 2ª Edición New York, 1987.

Tabla IV

Sistemas de representación en el espacio del color

Campo de utilización	Representación en el espacio de color	Atributos
Diseñadores, artistas y coloristas. Sistema Munsell	<p>The diagram shows a vertical axis labeled 'WHITE' at the top and 'BLACK' at the bottom, with 'LIGHTNESS' written below. A horizontal axis is labeled 'SATURATION' and has 'YELLOW' on the left and 'RED' on the right. A curved line represents the color spectrum, with 'GREEN' and 'BLUE' also marked.</p>	Matiz, Saturación, Valor por sus luminancia
Formulaciones de color, química del color, creación de productos en tintes, pinturas, etc... Sistema Ostwald, Sistema Suizo	<p>The diagram shows a vertical axis labeled 'WHITE' at the top and 'BLACK' at the bottom, with 'DEPTH' written to the right. A horizontal axis is labeled 'VIVIDNESS' and has 'YELLOW' on the left and 'RED' on the right. A curved line represents the color spectrum.</p>	Matiz, Profundidad, Intensidad de color, viveza, etc...
Aplicación en las artes gráficas, industria textil. Teoría de los colores oponentes. Sistema Hunter L,a,b, Sistema CIE 1976, L*, a*,b*	<p>The diagram shows a 3D coordinate system with a vertical axis labeled 'WHITE' at the top and 'BLACK' at the bottom. A horizontal axis is labeled 'GRAY' in the middle. Other axes are labeled 'YELLOW', 'GREEN', 'RED', and 'BLUE'.</p>	Amarillo-azulado rojizo-verdoso claro-oscuro

Tabla de representación de los sistemas de color más generales, según el libro "The measurements of appearance". Richard S. Hunter, Richard W. Harold. Ediciones Wiley & Sons. 2° De. New York, 1987. Pag.149

- Los sistemas de procesamiento del color en el monitor.

En la representación del color en un monitor, debemos tener en cuenta, como hemos visto anteriormente en el apartado dedicado a los procesos generales de creación de colores por combinación, en el carácter aditivo del mismo.

Ello se debe por una parte a las características físicas del instrumento utilizado y por otra al sistema de representación de color que gestiona el programa. Este último punto es fundamental para adecuar nuestra percepción del color a la representación visual de la imagen y consecuentemente, al tipo de salida en la que vamos a observar o materializar nuestro trabajo.

El proceso de representación visual del color parte de la tecnología que podemos asociar a la representación de una imagen en pantalla⁸⁶. Esta tecnología parte de la utilización de una zona de almacenamiento o memoria específica para los datos provenientes del sistema de color utilizado y que se conoce bajo el nombre inglés de "frame buffer". Con este dispositivo, cada pixel de representación en pantalla de una imagen se halla asociado a un número determinado de bits de información. El número de bits que emplee cada punto de color se hallará en función del sistema de procesamiento gráfico que disponga y de la tecnología del monitor empleado. La repartición de los bits de cada color parte de la utilización de potencias de 3 ya que el sistema de reproducción de color se basa en la tecnología RGB.

En general, el un número de bits empleados puede ser de 8, 16, o 32. Por ejemplo, si cada color emplea 8 bits por cada pixel de color en pantalla, nos permitirá obtener 256 colores diferentes combinaciones de números, que pueden ser representados y por tanto asignados a un rango entre el 0 y el 255.

Si utilizamos 24 bits por pixel, se distribuirá en tres grupos de zonas de almacenamiento o memoria con 8 bits cada uno. Cada zona se situará solapándose uno detrás de otro, representando las intensidades de cada uno de los colores RGB utilizados, de forma que el color podrá ser representado por la intensidad de rojo en 8 bits, la intensidad de verde en 8 bits y la intensidad de azul en 8 bits.

La combinación de colores creados aumentará exponencialmente hasta 250.000 colores posibles en pantalla de una sola vez⁸⁷.

Finalmente diremos que de esta forma podemos llegar hasta los 16,7 millones de colores que ciertos dispositivos pueden gestionar, gracias a tarjetas gráficas de gran potencia, y que nos permiten trabajar imágenes de gran calidad no sólo a la hora de visualización sino a la hora de poder trabajar con ellas en las fases de creación sintética de la imagen realista.

En una computadora los colores generalmente se controlan gracias a una paleta de color interactiva, que nos permite modificar los valores básicos⁸⁸, el proceso que utiliza este sistema en la reconstrucción de colores RGB, usando complementariamente el sistema HLS. En la representación de una escala de color, en pantalla no existe un comportamiento lineal sobre la gradación de los colores, ya que cuando tenemos dos colores de una misma gama representados un color en base a los valores (50,50,50), y otro con los valores(100,100,100) se pueden considerar incrementados progresivamente de una forma lineal⁸⁹. Esto se puede corregir, creando una carta de color especial, que aumente o disminuya la intensidad de los colores.

Estas características, son usadas como datos de entrada en base a una ecuación matemática, que convierte los resultados en un valor denominado gamma⁹⁰. Desde los valores de gamma de cada monitor se pueden crear una nueva carta de color denominado la carta de colores en base a la corrección gamma⁹¹ denominado también proceso de "linearización del monitor".

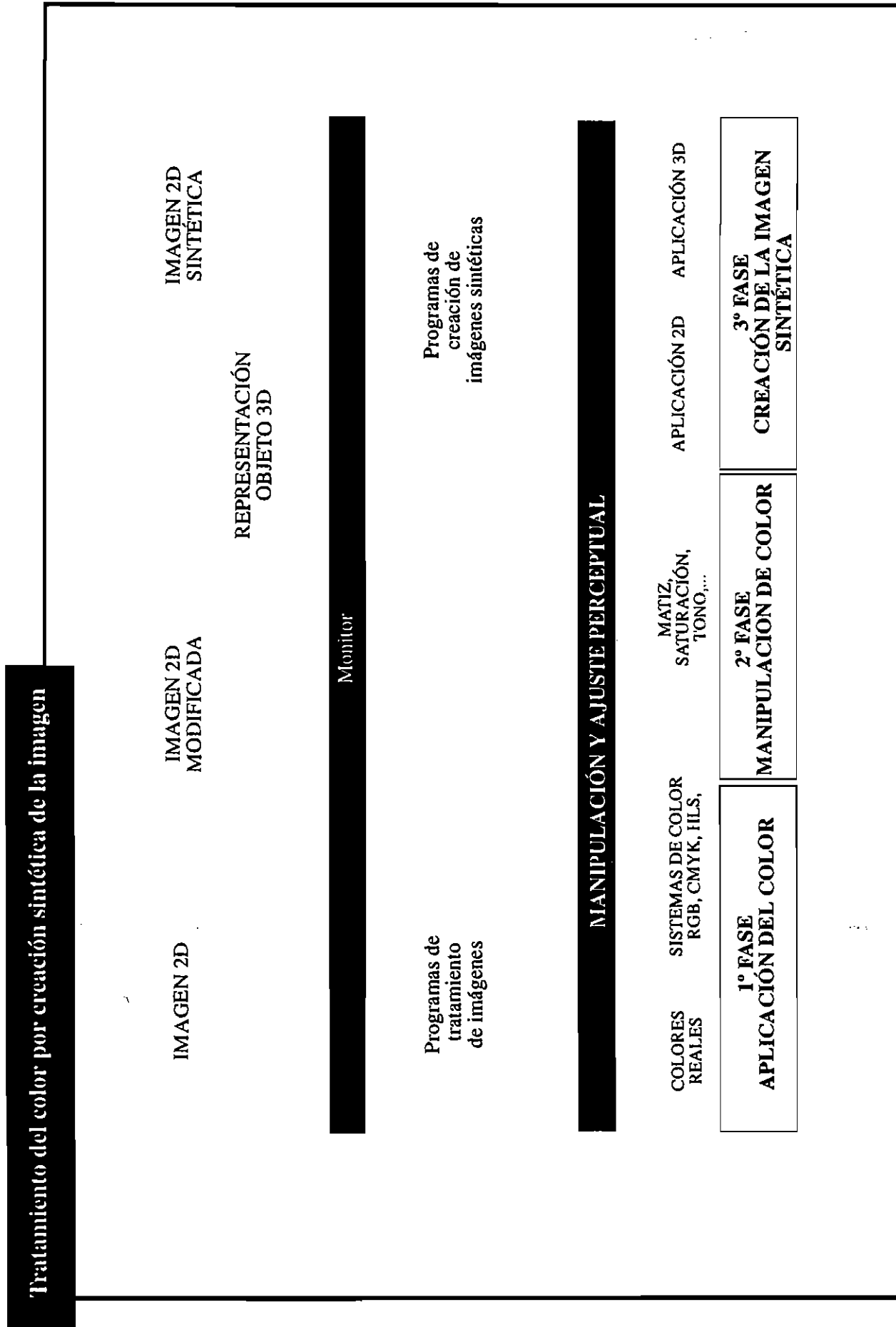
En general, y gracias al avance significativo de las aplicaciones netamente plásticas del ordenador mediante programas específicos de autoedición y de CAD los programas están intentando mejorar las características visuales de los monitores a través de la representación del color. La capacidad del sistema de representación del color se relaciona con el grado de acuración en base a las condiciones del medio interno y externo, la creación de colores con su posterior almacenamiento, y la compatibilidad con otros sistemas ó periféricos en la reproducción fiel de los colores. No obstante el aspecto más importante es sin duda la calibración o ajuste del monitor⁹², como uno de los aspectos fundamentales para la comprensión adecuada del color desde el momento mismo de su visualización y que veremos más tarde.

Según James K. Kasson y Will Plouffe⁹³, los sistemas de reproducción de color presentan dos problemas muy marcados, como son por una parte la reproducción del color que se realiza desde el mundo real, donde los colores reproducidos son definidos por los colores de la escena misma⁹⁴, y por otra cuando la escena es generada íntegramente en el ordenador, y entonces la representación del color puede presentar dos aspectos referenciales:

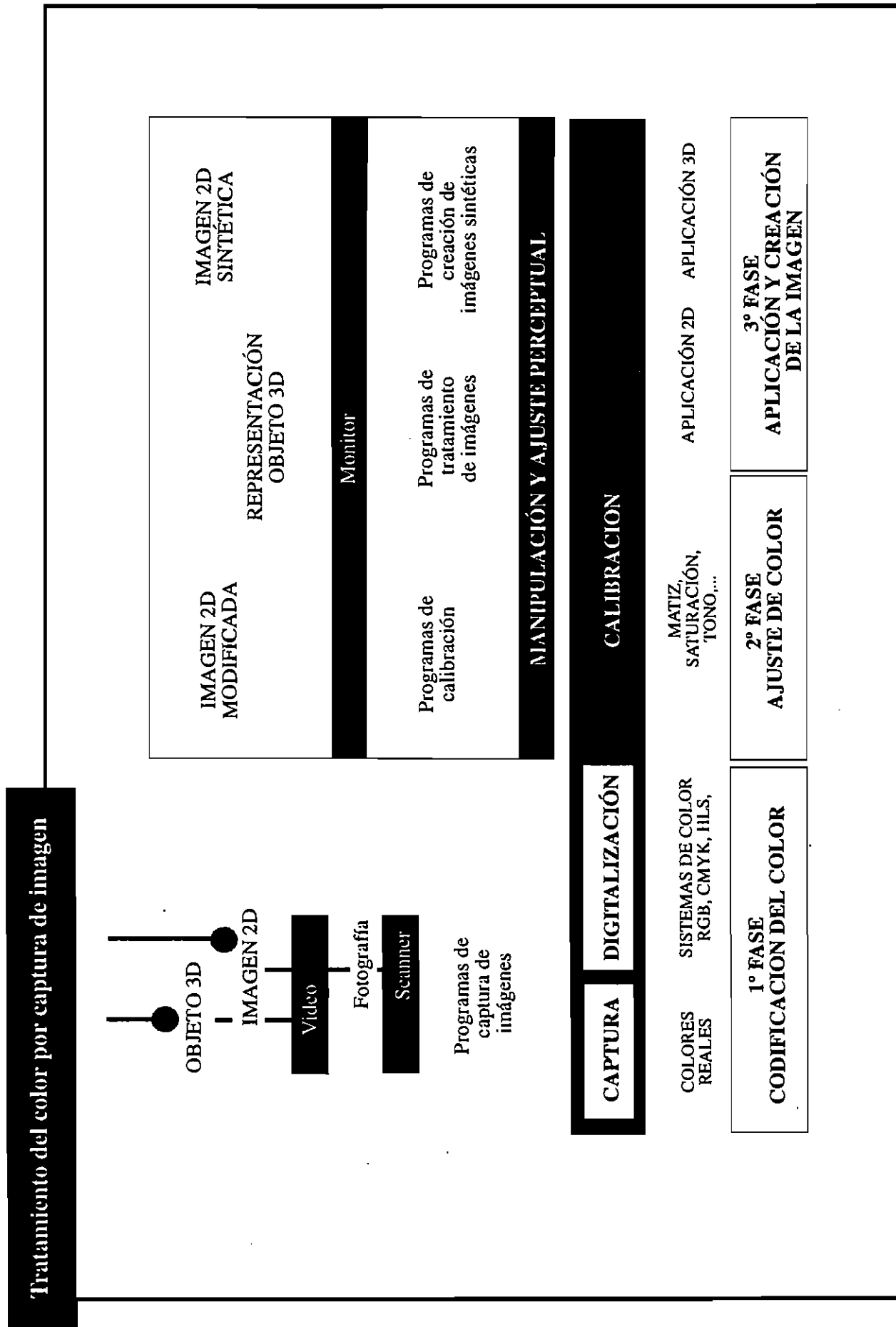
- Si la simulación se trabaja desde un sistema propio de color del sistema o programa, por lo que utilizaremos los que creamos apropiados en base a nuestros criterios.
- Si la simulación del color, es ajustada previamente por el usuario mediante la calibración del monitor, lo cual nos permite mantener un control global de la percepción del color antes de realizar cualquier acción.

No olvidemos que el ojo humano es el receptor final de los colores ajustados o no y que nuestra percepción visual está determinado por el umbral de captación cromática definida como contraste cromático que nos permitirá observar una variación de un color a otro.

Esquema V



Esquema IV



Aunque nuestro ordenador se capaz de procesar hasta 16, 5 millones de colores, el ojo percibe un espectro más reducido⁹⁵, y donde muchas veces la variación de un color a otro en valores de RGB por ejemplo, son tan mínimos que no somos capaces de distinguirlos. No obstante, los sistemas de procesado del color en el ordenador, nos permitirán obtener los resultados más aproximativos a los que nosotros deseamos, mediante un proceso de calibración, fase muy importante a la hora de trabajar el color.

De la misma manera que nuestro reconocimiento de color se sitúa en una franja de espectro cromático visible. El monitor como dispositivo es capaz de generar un espectro cromático visible conocido como “gamut” que variará según la tecnología empleada.

El ajuste o calibración significa adecuar los colores obtenidos por un dispositivo a nuestra propias necesidades visuales para una mejor percepción del elemento y que además puede variar entre personas. Entre los métodos de asimilación entre “gamuts” encontramos:

- El método utilizando el colorímetro que consiste en alterar sólo los colores del dispositivo del primero que no existe en el segundo. La mayoría de los colores permanecerán sin cambios aunque los colores modificados se mezclaran con los no modificados destruyendo el original y modificando así el espectro cromático abarcado.
- El método perceptual que consiste en desplazar todos los colores del dispositivo inicial de manera que no pierdan su posición relativa al pasar al dispositivo final. Con este proceso se varía totalmente los colores originales.
- El método de ajuste de brillo en el que se produce una variación del brillo o la luminosidad manteniendo la saturación. Se emplea para modificar imágenes realizadas por ordenador en base al histograma de la imagen.

Aunque nuestro ordenador se capaz de procesar hasta 16, 5 millones de colores, el ojo percibe un espectro más reducido⁹⁵, y donde muchas veces la variación de un color a otro en valores de RGB por ejemplo, son tan mínimos que no somos capaces de distinguirlos. No obstante, los sistemas de procesado del color en el ordenador, nos permitirán obtener los resultados más aproximativos a los que nosotros deseamos, mediante un proceso de calibración, fase muy importante a la hora de trabajar el color.

De la misma manera que nuestro reconocimiento de color se sitúa en una franja de espectro cromático visible. El monitor como dispositivo es capaz de generar un espectro cromático visible conocido como "gamut" que variará según la tecnología empleada.

El ajuste o calibración significa adecuar los colores obtenidos por un dispositivo a nuestra propias necesidades visuales para una mejor percepción del elemento y que además puede variar entre personas. Entre los métodos de asimilación entre "gamuts" encontramos:

- El método utilizando el colorímetro que consiste en alterar sólo los colores del dispositivo del primero que no existe en el segundo. La mayoría de los colores permanecerán sin cambios aunque los colores modificados se mezclaran con los no modificados destruyendo el original y modificando así el espectro cromático abarcado.
- El método perceptual que consiste en desplazar todos los colores del dispositivo inicial de manera que no pierdan su posición relativa al pasar al dispositivo final. Con este proceso se varía totalmente los colores originales.
- El método de ajuste de brillo en el que se produce una variación del brillo o la luminosidad manteniendo la saturación. Se emplea para modificar imágenes realizadas por ordenador en base al histograma de la imagen.

En la actualidad la mayoría de los monitores utilizan el color como elemento perceptivo fundamental en la representación de elementos en el ordenador, ya sea a través de los interfaces de programa o mediante su utilización plástica en ciertos programas. Esta utilización artística se vuelve más acusada a medida que nos hallamos ante la problemática de simular objetos o elementos que se hallen relacionados con el mundo real.

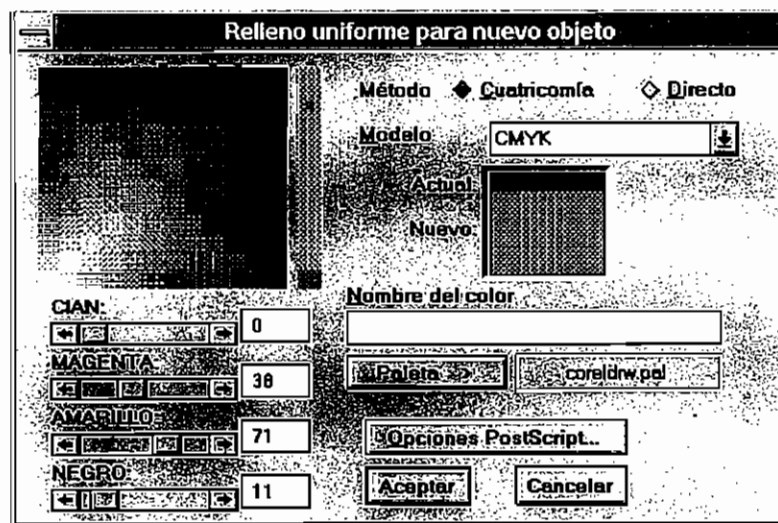
Los programas de creación de imágenes sintéticas es una de ellas, ya que a medida que utilicemos un sistema de aplicación y reproducción de color más completo, desde el punto de vista perceptivo mejor podremos simular ciertos efectos asociados a la representación del color como son las texturas o las formas. Los modelos de representación de color utilizados en los monitores son:

- El modelo basado en RGB.

La aplicación de este modelo se halla en la mayoría de los monitores de TV y ordenador. Este modelo se basa en la utilización de los colores básicos el rojo, el verde y el azul, conocidos bajo las siglas RGB. Se considera de carácter aditivo, ya que la unión de los colores básicos en proporciones iguales genera la saturación del color en base al blanco.

La representación gráfica simbólica de la gama de colores, se basa en el uso del sistema de coordenadas cartesianas x,y,z en el espacio tridimensional de un cubo, capaz de asumir valores numéricos de los colores que serán posteriormente interpretados en el monitor. En dicho cubo sitúan los colores básicos en los vértices del mismo de forma que cada color se halla representado por un valor en los ejes que no sobrepasa a la unidad. De esta forma la representación del color negro se establece en el origen de coordenadas $0,0,0$ mientras que el color blanco se sitúa en el vértice opuesto que representa el valor $1,1,1$. La diagonal principal que parte del color negro al blanco definirá los niveles de gris basados en una cantidad equitativa de cada color primario.

Imagen 12



- El modelo basado en CMYK.

Este modelo se basa en los colores de carácter sustractivo Cyan, Magenta, Amarillo y que se consideran una variación especial del sistema RGB del rojo, verde y azul para sistemas de autoedición.

El espacio de representación es el mismo que el del RGB para la colocación de los colores en los vértices pero la situación del color blanco corresponde al centro de coordenadas, mientras que el negro se sitúa en el vértice opuesto de la diagonal. El conocimiento del CMY es importante dentro de las artes gráficas, ya que numerosas imprentas utilizan esta combinación de colores para reproducir imágenes, por sus máquinas. En la actualidad el sistema se halla complementado con el negro que lo define como el sistema CMYK y que mejora notablemente las representaciones finales sobre papel.

- El modelo basado en YIQ.

Este modelo se usa en la televisión comercial en color y se halla relacionado con el color que puede generarse a través de los gráficos de representación que utilizan las técnicas de rastreo⁹⁶. Este modelo se creó para mejorar las propiedades de nuestro sistema visual, el cual es más sensible a los cambios en la intensidad de la luminosidad que a los cambios de los matices ó saturación. Por ello se considera muy útil dentro de la percepción visual de la televisión y en el ajuste de onda de la información transmitida.

El sistema YIQ, puede asimilar los valores del sistema RGB y además hacerlos compatibles con los valores de una pantalla en blanco y negro. Los valores en este sistema también se relacionan con los obtenidos bajo el diagrama cromático del CIE, ya que los valores tienen una correspondencia con la distribución de energía espectral.

El espacio de representación simbólico tridimensional de este sistema se basa en un subespacio de un poliedro convexo que se superpone al cubo tradicional, y que se genera a través del sistema de RGB.

- El modelo basado en HSV.

Se basa en las investigaciones desarrolladas por D. H. Simth en base a la calidad de matiz y saturación, junto a un valor numérico valor del color, con la intención de servir de forma intuitiva a los artistas acostumbrados a trabajar en base a tintas y matices.

La representación espacial simbólica del sistema corresponde a una pirámide hexagonal invertida en cuya parte superior y concretamente en el centro de la base del cono, se sitúa el valor máximo de la intensidad de los colores en $V=1$ para la coordenada $(1,0)$. Los colores⁹⁷ se disponen en los vértices de la base del cono siendo el vértice de la pirámide el valor del negro para la coordenada $(0,0)$. Los colores complementarios se sitúan de forma opuesta entre ellos con un ángulo de 180 grados medido por el valor del matiz H. El valor de la saturación es la proporción o rango, que partiendo del valor 1 -centro del eje V- llega al borde a 0.

- El modelo de color HLS.

Este sistema fué creado por la empresa Tektronics, en basándose en las teorías de Ostwald que simulaban los valores de brillo, matiz y saturación.

La representación espacial simbólica del sistema se halla formando por una doble pirámide hexagonal con la base coincidente, donde los valores se sitúan en los vértices de la base común. El color blanco se sitúa en la coordenada del vértice $V=(1,0)$ y para el negro $V=(0,0)$. De la misma manera que el modelo de HSV la diagonal principal representarán los valores de gris en base a la saturación de cualquier color, la cual es constante.

Notas

- ¹ Mariano Aguilar, Jose Maria Artigas. "¿Qué es el color ?".UIMP. Valencia. 12-16 de Septiembre 1994.
- ²John E. Kaufman, Jack F. " IES lighting Handbook 1987. Application Volumen " Christensen Editors. Illuminating Engeniering Society of North America Publisher. New York, 1987. Pag. 17-19.
- ³ E. Bruce Goldstein. " Sensación y percepción ". Editorial Debate. Madrid, 1990. Pag.122.
- ⁴ Por ejemplo, la descripción del color rojo es considerado uno de los factores perceptuales que es comunmente interpretado en la mayoría de las civilizaciones. Junto a él, se hallan los tonos relacionados como el color anaranjado, rosado, amarillo, ó morado.
- ⁵ Carlenton S. Coon. "Adaptaciones raciales. Estudio de los orígenes, naturaleza y significado de las variaciones raciales en los humanos ". Ed. Labor Universitaria. Barcelona, 1984
- ⁶ Wald George, "Human Vision and Spectrum". Science, 101. 1945. Pag 635-658.
- ⁷Rudolf Arheim. " Arte y percepción Visual ". Alianza Forma. Pag. 363-407.
- ⁸Comité de Colorimetria de la Optical Society of America.
- ⁹ Mediante experimentos empíricos de carácter científico, se ha llegado a la conclusión que el ojo humano es capaz de diferenciar hasta 150 colores posibles de manera fiable, en base a las longitudes de onda entre 380 y 750 nm.
- ¹⁰ Mac Adam, experto en el estudio de umbrales diferenciales cromáticos, presentó en su día un diagrama de 400 tonos diferentes 250 colores extraídos del espectro visible, 150 variaciones de color badados en los púrpuras y 50 variaciones de un mismo color en base a los valores tonales de saturaciones perceptualmente independientes, lo que dió lugar a $400 \times 50 = 20.000$ colores visibles por ser humano. Dicha cifra que se convierte en insignificante si la comparamos el numero de colores establecidos Donald Judd situado alrededor de los 10 millones de colores, teniendo en cuenta no solo la saturación y el tono de los colores sino su luminosidad o claridad.
- ¹¹ Esta teoría no pudo ser estudiada a fondo durante la época en que fué planteada, debido a que no existía instrumentos de precisión que pudieran confirmar su autenticidad inicial, ya que sólo se disponían de pruebas directas sobre los resultados de sus teorías.
- ¹² Boynton R., Robert M. "Human Color Vision: Color Matching and the Visual Pigments. The Principle of the Univariance". Capítulo 5°. Edición Optical Society of America, OSA. USA, 1992. Pag. 109-111.
- ¹³ Esta teoría de la visión nos capacita también para predecir colores que obtendremos con la combinación de luces de diferentes colores, ya que las experiencias fueron llevadas a cabo desde el inicio, en base a la emisión de fuentes de luz coloreadas.
- ¹⁴ Al igual que en el caso de la teoría tricromática, esta teoría no fué experimentada con rigor hasta los años sesenta en base a la polémica suscitada en el descubrimiento de nuevas pruebas físicas en el campo de la visión en general, y en concreto en relación con las teorías neuronales.
- ¹⁵ Debemos hacer mención que el primer mecanismo de captación se halla más relacionado con la percepción de los colores acromáticos, blanco y negro y los otros dos a los colores propiamente cromáticos, que engloban al resto de matices posibles.
- ¹⁶ Ver apartado de introducción del capítulo dedicado al proceso fisiológico de la percepción y a las reacciones implicadas.
- ¹⁷ Este resultado fué confirmado gracias al descubrimiento por parte de Darntnall, Bowmaker y Mollon mediante las técnicas de microespectrofotómetros en 1983, de la existencia de dos tipos de pigmentos de cono rojo en un grupos de individuos normales. Posteriormente, y durante el años 1993-1994, Neitz y sus colaboradores descubrieron tres pigmentos visuales mas complejos y especializados, que se distribufan en una posición determinada en la célula fotoreceptora.
- ¹⁸ Boynton R., Robert M. "Luminosity Functions for Photopic Vision". Color Matching and the Visual Pigments. Capítulo5°.Edición Optical Society of America, OSA. USA, 1992. Pag. 153-154.
- ¹⁹ Boynton R., Robert M. " Dartnall's Standard Shape ". Color matchins and the visual Pigments. Capítulo 5°. Edición Optical Society of America, OSA. USA, 1992. Pag. 150-151.

²⁰ Recordemos el papel de los componentes de la rodopsina y de la opsina dentro de la captación y transformación de los estímulos luminosos sobre los fotorreceptores y la transmisión mediante descarga eléctrica sobre las neuronas.

²¹ Estudios realizados por W. Rushton dentro de los niveles cuantificables de absorción en la rodopsina. Boynton R., Robert M. "Human Color Vision: Color Matching and the Visual Pigments. The Principle of the Univariate ". Capítulo 5º. Edición Optical Society of America, OSA.USA, 1992. Pag. 109-111.

²² De igual modo, los conos sensibles a la gama de verdes y los conos sensibles a los azules, reaccionan al máximo frente a espectros de luz visibles situados entre los valores de 540 nm. y 420 nm.

²³ Martin James Toveé . "Los genes de la vision de los colores". Mundo científico nº 155 volumen 15. Pag. 208-215.

²⁴ Ver la introducción del presente capítulo en la descripción de las reacciones fotoquímicas implicadas en la percepción de la visión.

²⁵ Este fenómeno estudiado por Arthur Köning en 1894, mantuvo que la cantidad de luz absorbida por la rodopsina es proporcional a la intensidad de luz incidente en base a una constante de proporcionalidad dada por el espectro de absorción de la misma.

²⁶ Estas investigaciones se habían realizado en una población de hombres caucasianos tricromatos normales.

²⁷ La pérdida o alteración de los pigmentos visuales suele ser de origen genético aunque también puede ser producida por enfermedades específicas de la retina.

²⁸ Destacaremos que los pigmentos azules son extremadamente sensibles a las intensidades de luminosidad fuerte o a la falta de oxígeno. H. G. Sperling demostró en 1991 que las intensidades luminosas fuertes tienen en los simios efectos destructores irreversibles sobre los conos azules, y que posiblemente que para personas que trabajan con intensidades luminosas fuertes, como el ordenador pueden llegar a sufrir daños irreparables.

²⁹ Esta modificación en las secuencias genéticas podían explicar las diferencias espectrales de los genes híbridos.

³⁰ Recordemos que este planteamiento domina la mayoría de las teorías tricromáticas sobre la percepción del color.

³¹ Boynton R., Robert M. "How colours are seen". Edición Optical Society of America, OSA.USA, 1992. Pga. 4-10.

³² Cuando se define una escala debemos tener en cuenta el índice subjetivo de confusión sobre el procedimiento sobre el cual el observador establece una discriminación entre los estímulos de color y las diferencias leves de la visualización sensorial que es capaz de percibir. Este índice o umbral de la confusión del estímulo, se define por la diferencia percibida con el valor numérico de la probabilidad de confusión o el índice de discriminación adoptado de un nivel a otro.

³³ Un ejemplo sería el intervalo en la escala de la iluminación, en la cual un estímulo se acopla a una radiación espectral relativa, siendo arbitrariamente ajustada a la luminancia x , y estableciendo un punto en la escala a definir. Para intervalos de escalas creadas de esta manera, es necesario remarcar que la escala se mantiene invariable dentro de una transformación lineal dada por la ecuación:

$$y = f(x) = mx + y_0$$

³⁴ Las propiedades relacionadas con la reflexión de la luz sobre los objetos, como la medición física de las unidades psicofísicas, como la radiación o luminancia, depende de la magnitud de estímulo creado.

³⁵ Recordemos que percibimos el color de las cosas, gracias a la iluminación incidente que refleja sobre él y llega a nuestros ojos, dependiendo de las características reflectantes de ésta, definidas por la luminancia.

³⁶ El instrumento para la medición del color es el espectrometro que mide la cantidad de luz emitida por un objeto desglosado por las longitudes de onda emitidas para cada color primario de como se halla compuesto el color del objeto.

³⁷ Esta confusión se ha incrementado con la incursión de dichos términos de forma indiscriminada en el campo puramente fisiológico.

³⁸ Por ejemplo, no es lo mismo percibir un color de un elemento situado en una habitación iluminada con luz diurna natural, que percibirla en la misma habitación con la luz artificial de unos focos.

³⁹ Un caso especial, es el nivel de adaptación del ojo sobre el color negro, ya que en realidad se está creando una adaptación a la oscuridad de los objetos o el entorno total.

⁴⁰R. M. Evans, "An Introduction to color", Wiley, 1848.

⁴¹ Este punto se explica más detalladamente en el capítulo 5º, en relación con la definición del concepto de gamma existente sobre los periféricos de emisión de la imagen, como es el monitor o la impresora.

⁴² Recordemos el apartado dedicado a explicar el efecto de deslumbramiento producido por una fuente de luz sobre el ojo.

⁴³ Este fenómeno se destaca por ejemplo en la descripción de los colores de tipo aditivo en la formación de una escala de color.

⁴⁴ Este proceso de inhibición lateral explica entre otras cosas, la percepción del movimiento de la imagen y su constancia formal.

⁴⁵Bruce Goldstein, "Sensación y percepción". Ed. Debate. Madrid. 1993. Pag.129.

⁴⁶ El efecto de contraste en general, quedará más marcado si nos aislamos del entorno de la habitación mediante la colocación de una tela negra que nos aisle del exterior, de forma que solo percibamos lo que la pantalla emita.

⁴⁷ El ejemplo es igualmente significativo cuando un acotamos una zona de pixels reducida, que presente un fondo se halla representado por un color amarillo, y un objeto, como la esfera, en azul, los contornos de la imagen final pueden llegar a ser percibidos como verdes por aproximación o asimilación, en función de la adición lumínica del color.

⁴⁸ K. Koffka y M. Harrower. "The Color and their Organization". Simth College Studies and Psychology, 1932.

⁴⁹ En general, este fenómeno depende sobretodo de la cantidad de tiempo que se mantiene la fijación previa, la intensidad de la estimulación, el área de la superficie observada.

⁵⁰ El color opuesto será tratado en el apartado dedicado a las escalas aditivas y substractivas del color, en el presente capítulo.

⁵¹ Ver apéndice del presente apartado dedicado a la construcción de escalas generales aplicados al color.

⁵² Este fenómeno conocido como metamerismo se establece cuando dos colores parecen ser el mismo en apariencia presentan diferentes curvas espectrales Richard S. Hunter, Richard W. Harold. "The measurement of the appearance". Ed. Willey & Sons. New York, 1987. Pag.106.

⁵³ Ver en el presente apartado el punto dedicado al iluminante patrón.

⁵⁴ La temperatura de color será nuevamente referenciada en la presente tesis como una de las características que definen un tipo de luz sobre otro. Ver capítulo 4º, sobre la generación del realismo visual, en el punto que definen las propiedades externas de un entorno.

⁵⁵ Fué una de las ultimas propuestas de iluminante patrón aprobada en 1966 por la Comisión Internacional de la Iluminación.

⁵⁶ La razón para ello es que los agente de la fluorescencia blanquecina en el colorímetro, presenta un factor que determina esta características que es el ratio de energía en el rango de mayor absorción de la brillantez de 350 a 400 nm.hacia la energía en el rango máximo de emisión de 400 a 450 nm.

⁵⁷ En los años siguientes al desarrollo y aceptación de 1931 de las escalas de color por el CIE, aparecieron también las primeras escalas especiales denominadas "escalas uniformes de color" o UCS, que aunque no existían en el mundo real han servido para la standarificación de los sistemas de color de carácter continuo.

⁵⁸ Una propiedad del diagrama cromático es que las cromacidades de todos los colores pueden crearse de la mezcla aditiva de 2 luces con diferente longitud de onda de emisión y por tanto, se hallan coloreadas.

⁵⁹ Existen dos tipos de adaptación generales que se establecen, por una parte, en función de la especificación perceptual en X, Y, Z compensadas por el ajuste cromático de algún iluminante perfecto, descritos bajo los valores en X%, Y%, Z%, y por otra en función de la longitud de onda dominante y la pureza de la excitación. Estas últimas utilizadas en la creación de escalas adaptadas que especifican la cromacidad del objeto en términos de la posición relativa del iluminante. Este sistema es uno de los primeros métodos que sirven para especificar la

cromacidad de los objetos bajo los valores de x y y . El sistema se basa en la mezcla aditiva del color. La longitud de onda dominante es la longitud de onda necesaria para ser mezclada con el iluminante que se ajuste al color requerido. Se le identifica como el matiz de objeto coloreado. La pureza de excitación es el porcentaje de contribución de una longitud dominante de la mezcla. Por tanto, el valor 1 corresponde a la pureza espectral de todos los colores, mientras que el valor de 0 corresponde a la pureza del iluminante.

⁶⁰ La constancia del color de un observador resulta constante en objetos coloreados de forma neutra en la apariencia del color cuando cambia la iluminación.

⁶¹ El fenómeno de Bezold-Brücke establece que la mayoría de los colores obtenidos por estimulación tricromática cambian su intensidad y luminancia, excepto entre los valores establecidos según el sistema CIE para valores situados entre el Y10 de saturación, y los matices situados entre 5P y 7.5P, ya que en ellos se mantienen su valor inicial, en cualquier nivel del diagrama cromático.

⁶² Judd 1949, demostró que no podía existir un modelo único de observador standar sino que existían diferentes observadores pueden tener diferentes respuestas bastante diferenciadas a la respuesta de la longitud de onda corta.

⁶³ A nivel fisiológico, Friele en la década de los 60, utilizó el sistema de Mac Adam de los intervalos o elipses, como guía en la función de respuesta de los triestímulos, planteadas según la teoría de la percepción del color por Mueller sobre los colores oponentes. Friele planteó la hipótesis de que la función de respuesta de la luminosidad L es el resultado de la estimulación en la zona de los fotoreceptores que estimulan el rojo y verde de forma aditiva ($R+G$). A su vez, la función de la respuesta del verde y rojo se creaba por la diferencia entre las dos señales ($R-G$). La función de respuesta del amarillo y azul, conocido como B , correspondía a la sustracción de la señal del receptor azul desde el promedio dado entre el rojo+verde. La fórmula final será representada como:

$$L = \frac{R+G}{2} - B$$

⁶⁴ En general, y como veremos más tarde al describir los sistemas de representación del color, los valores cromáticos pueden representarse, utilizando los valores en Z para el valor de la luminosidad, mientras que X , Y presentan una correlación con diversos tipos de atributos de apariencia del color como el matiz y la saturación, la vivacidad, la tonalidad de color.

⁶⁵ No obstante, la mayoría de los equipos informáticos de visualización, disponen de sistemas de procesado de color, que tienen en cuenta la tecnología aplicada, y los métodos de cuantificación en base a escalas de color numéricas

⁶⁶ Rudolf Arheim. "Arte y Percepción Visual". Alianza Forma. Alianza Editorial. Madrid, 1981. Pag. 373.

⁶⁷ No obstante esta ley no se cumple cuando la suma de luces puede producir deslumbramiento o se opera a nivel escotópico, pierden su validez

⁶⁸ Chest S. Haase, Gary W. Meyer. " Modeling pigmented materials for realistic image synthesis ". ACM Transactions on Graphics, Vol-11, nº-4, Octubre 1992. Pag 305- 335.

⁶⁹ Richard S. Hunter, Richard W. Harold. " The measurements of appearance ". Willey & Sons Publications. 2ª Edición New York, 1987. Pag. 348-349.

⁷⁰ Ver capítulo 4º, dedicado a la creación del realismo visual.

⁷¹ El sistema fue desarrollado por el Comité on Uniform Scales of the Optical Society of América entre los años de 1947 a 1974 y se halla resumido en un Atlas de color conocido bajo el mismo nombre.

La representación del color, bajo este sistema representa de forma bastante fiel al comportamiento perceptual de los colores frente a la luz diurna. Este tipo de representación del color establece una gama de color complementaria de cada color de 12 colores, distribuidos equidistantemente. En general, el sistema de color OSA, toma las condiciones de reflectancia sobre un color y por tanto, los valores descritos solamente son válidos para una superficie con 30% de reflectancia base.

Los colores del OSA pueden correlacionarse en base a las formulaciones especificadas por el diagrama cromático propuesto por el CIE de 1964, en base a las coordenadas x, y, z .

⁷² El standard de Color Ridway, comprende las llamadas tablas de Ridway, y que fueron uno de los 1º sistemas de ordenación desarrollado en 1886 y posteriormente modificado en 1912. Este sistema se basa en la mezcla de colorantes con el blanco y presenta tablas de más de 1115 colores divididos en 34 matices.

⁷³Históricamente en 1900, Munsell había experimentado con diversas tablas de color basadas en los estudios del disco de representación de Maxwell, que posteriormente en 1905, presentando el libro "A color notation. The Munsell book of color". Mas tarde publicó en 1915, el libro "The atlas of the Munsell Color System", en el que se presentaban una serie de gráficos de color en base a los valores de saturación, tono y croma. Este fué el primer paso para establecer el grado visual respecto a valores de longitud y latitud espacial. En 1929, y con nuevas revisiones se editó el libro más conocido y definitivo de Munsell, conocido como " The book of color".

⁷⁴ Las escalas bajo este sistema, son usadas como dimensiones o parámetros para descripción y especificación precisa de un color bajo condiciones de iluminación y visión normalizadas.

⁷⁵ La progresión se basa en la ley de Weber-Fechner.

⁷⁶ Estos tonos se distribuyen equidistantes en un círculo el cual se divide en 40 zonas de tono constante que son utilizadas para la especificación numérica ya que la escala de 100 tonos solo se usa para cuestiones estadísticas o en programación.

⁷⁷ Actualmente el sistema renovado de Munsell para el CIE, plantea la fórmula general que depende del factor de luminancia Y, y donde el valor se determina en función de:

$$Y = \text{Luz reflejada} / \text{luz incidente}$$

⁷⁸ Las nuevas ediciones del libro se realizan por la Compañía de Munsell Color y el Instituto de Investigación sobre el color en Japón, en base a las modificaciones definitivas de 1943.

⁷⁹ Newhall, Nickerson, Judd. "Final report of the OSA Subcommittee on the spacing of the Munsell Color". Optical Society of América, Washington, 1943.

⁸⁰ Al mismo tiempo los estudios de Newhall, Nickerson y Judd, 1943, establecieron nuevas recomendaciones que mejoraban la uniformidad visual de los espacios de color representados en el sistema Munsell y que permitían adecuarlos a las formulaciones matemáticas de conversión con otros sistemas de color.

⁸¹ En este sistema para establecer una apariencia de balance psicológico de la saturación, se utiliza el concepto de brillo relativo en función del tipo de luz que actúa sobre los colores. El factor de brillo es definido como una función logarítmica del brillo relativo:

$$h = \frac{Y}{Y_0}$$

donde, Y es el factor de luminancia de la muestra e Y_0 , es el factor de luminancia de un estímulo óptimo de color, que da como resultado la misma cromacidad o matiz que el ejemplo. La iluminación constante relativa h, establece la función,

$$D = 10 - 6.1723 \text{Log}(40.7h + 1)$$

⁸² En términos de contenido de color blanco y negro se relaciona con el sistema de Ostwald.

⁸³ Los trabajos de Ostwald fueron sintetizados por Jacobsen en 1942 en el libro denominado "Color Harmony Manual".

⁸⁴ Los colores se fabrican mediante la mezcla de cada color con el blanco y el negro a diferencia del sistema de Munsell, donde los colores podían situarse en el espacio tridimensional.

⁸⁵ Las nuevas experiencias fueron recogidas en un libro publicado por Nickerson en 1947.

⁸⁶ Este mecanismo será explicado con detalle en el capítulo 5º de la presente tesis.

⁸⁷ Una de las desventajas de este tipo de proceso será el tiempo que tarda en completar la zona de almacenamiento del dibujo en pantalla, ya que se multiplicará por tres el tiempo de ejecución.

⁸⁸ En los primitivos programas generados por Macintosh, la paleta de color se controlaba en base al tanto por cien de los diferentes colores básicos, actualmente dispone de un círculo cromático limitado donde los colores se generan en base a un valor numérico para cada uno de ellos. Manual de Stratavisión. Appel Co.

⁸⁹ En realidad esto no ocurre, ya que otros factores intervienen en la creación del color se relacionan también con la intensidad y proporción del color cuyos valores no se consideran lineales.

⁹⁰ El término gamma, que veremos en el capítulo 5º con detenimiento, es un valor que establece la intensidad de rango medio de una imagen en cualquier dispositivo de salida o periférico

(pantalla, impresora, escáner, ...), y que produce una variación de luminosidad en una imagen. El gamma afecta a cualquier área del programa, incluyendo materiales, fondos, gradientes, color sólido y bitmaps.

⁹¹ Los valores gamma normalmente se sitúan entre 2 y 0. Si estos son elevados la imagen aparecerá más brillante de lo normal tendiendo a producir contrastes. Si por el contrario el valor de gamma es pequeño la imagen aparecerá oscurecida.

⁹² Si no adecuamos este aspecto a nuestras necesidades, el ojo tiende a acomodarse al defecto asumiéndolo dentro de los límites del estímulo perceptivo.

⁹³ James K. Kasson, Will Plouffe. "An analysis of selected computer interchange color spaces". ACM. Transaction on Graphics. Vol.11, nº4. 1992.

⁹⁴ Este proceso puede realizarse de forma directa mediante la captación de la escena mediante una cámara de vídeo con tecnología CCD, ó mediante la toma fotográfica de la misma, que posteriormente será digitalizada, mediante el escáner, para su introducción en el ordenador.

⁹⁵ Ver introducción del apartado dedicado al color.

⁹⁶ La tecnología de la representación por rastreo se describe más detalladamente en el capítulo 5º dedicado a los sistemas de visualización de la imagen.

⁹⁷ Si observamos la pirámide invertida desde la diagonal principal nos encontraremos con la imagen de la proyección de un cubo tridimensional cuya posición de los colores nos recuerda a la representación del modelo RGB.

Glosario

- **Atributo.** Es la característica que distingue una sensación de otra mediante la percepción o modo de apariencia. Corresponde a la distinción creada entre los aspectos cromáticos y de forma perceptiva.
- **Adición de colores.** Es el resultado de la unión de los tres colores primarios que dan como resultado el color blanco.
- **Area de alcance del color.** Determina que algunos colores se perciban en áreas como expansivos en áreas iguales de determinados colores. Por ejemplo las áreas coloreadas de rojo o amarillo parecen más pequeñas que las pintadas en azul o verde.
- **Brillo.** Es una medición aparente mediante una sensación visual que el observador establece como diferencias de luminancia. Corresponde al valor de las gradaciones tonales, donde la ausencia y presencia del color no afecta al tono que es constante.
- **Centelleo.** Tipo de experiencia que depende de la estimulación intermitente.
- **CIE.** Corresponde a las siglas de la Comisión Internationale de L'Eclairage, la Comisión Internacional de la Luz, que se dedica principalmente al estudio de los problemas del color y la luz.
- **Coordenadas cromáticas.** Son los coeficientes tricromáticos definidos por el CIE correspondientes a los ratios de cada uno de los valores del triestímulo de un color, designados por los valores X, Y, Z.
- **Claridad.** Es la cantidad de luz que es observada en un color determinado. Es la característica de la intensidad que varía en un color de claro a oscuro.
- **Cromacidad.** Es un valor bidimensional y específico descrito por valores numéricos basados en la longitud de onda dominante y la pureza de un color.
- **Color.** Según el Comité de Colorimetría de la Optical Society de America, consiste en las características de la luz a distintas inhomogeneidades espaciales y temporales, siendo la luz el aspecto de la energía radiante que el observador humano es capaz de percibir por la estimulación que produce en su retina.
- **Color percibido.** La sensación visual que se produce por la luz a diferentes longitudes de onda a través de una región visible del espectro.
- **Colores metaméricos.** Se producen cuando dos estímulos diferentes en su distribución de longitud de onda, son idénticos a nivel perceptivo.
- **Colorímetro.** Es el instrumento que nos permite medir de forma directa de un color. Es también denominado reflectómetro.
- **Contraste simultáneo.** Corresponde al área de un color que al situarse alrededor de otro produce un cambio perceptivo de color.
- **Contraste de brillo.** El brillo asociado entre las superficies de diferente contraste en áreas adyacentes de un objeto. El valor se incrementa cuando aumenta el ratio entre la luz reflejada y la dirección especular.
- **Color cromático.** Es el color que posee matiz.
- **Color acromático.** Color sin matiz. Los colores acromáticos son el blanco, el negro y el gris.
- **Dicromático.** Es el ojo parcialmente ciego al color, ya que es capaz de percibir sólo dos colores.
- **Espacio de color CIE L*a*b.** Creado en 1976, utiliza la fórmula de Adams-Nickerson usado para la medición de las diferencias pequeñas de color.
- **Espacio de color CIE Standard Observer.** Corresponde a los valores en condiciones hipotéticas de un observador basado en la mezcla de colores de la triestimulación recomendado en 1931.
- **Espacio de color de Hunter.** Corresponde a la escala basada en la teoría de visión de los colores oponentes propuesta por Hering descrita en 1958.
- **Fuerza.** La capacidad que tenga para sobresalir, por ejemplo el blanco y el negro.
- **Ley de Emmert.** Afirma que el tamaño de una postimagen depende de la distancia aparente a la superficie donde parece ubicarse.
- **Longitud de onda.** Es la distancia entre dos ondas lumínicas. La distribución de la longitud de onda es la cantidad de energía que tiene un estímulo luminoso en cada longitud de onda del espectro.

- **Matiz.** Es considerado el color mismo o croma. Cada matiz tiene características propias y existen unos 100 diferentes. Existen tres matices primarios elementales que son el amarillo, rojo y azul la representación de los mismos y los de sus combinaciones se representa en el círculo cromático.
- **Monocromático, el ojo .** Es el ojo que es completamente ciego al color, ya que percibe los colores como blanco, negro y escala de grises. Es capaz de igualar cualquier color del espectro ajustando la intensidad de otra longitud de onda cualquiera.
- **Postimagen.** Es la imagen generada por el deslumbramiento de la retina que afecta a las células receptoras de la luminosidad y el color.
- **Radiación cromática.** Es la energía radiante de frecuencia simple. En la práctica incluye a la energía radiante de un rango de frecuencia o longitud de onda pequeña, que puede ser descrita por una frecuencia estática simple.
- **Temperatura de color.** Se utiliza para indicar el color de una fuente de luz por comparación con el "cuerpo negro" de radiación ideal de Planck. El cuerpo negro se considera ideal, ya que teóricamente radia toda la energía que recibe, éste cambia de color al variar su temperatura desde una escala de 0° a 273°C, expresados en grados Kelvin. Al expresar que una lámpara incandescente tiene una temperatura de color de 3.000 K, quiere decir que en sus mismas condiciones un cuerpo negro igualará el color emitido por la lámpara.
- **Teoría de los colores oponentes.** Definido por Hering establece la existencia de seis dimensiones de color independiente que son percibidos en base a sistemas de color oponentes que son blanco-negro, rojo-verde y azul-amarillo.
- **Tono.** Es el atributo por el cual podemos definir un color sobre otro. Se relaciona con la longitud de onda que se transmite. También se define como la inversa a la proporción de blanco que podemos encontrar en un objeto.
- **Transparencia.** La capacidad de revelar y ocultar lo que esta detrás de una superficie. Es posible que esta propiedad pertenezca al estímulo más que al matiz percibido.
- **Tricromático.** Es el ojo con visión normal capaz de mezclar las tres longitudes de onda necesarias para igualar cualquier longitud de onda del espectro visible.
- **Viveza.** Es la cualidad en cierto modo térmica en la que el rojo y el amarillo se dice que son cálidos, mientras que el azul y el verde son fríos.
- **Saturación.** Es la pureza y la intensidad de un color respecto al gris. El color saturado es simple. Los colores menos saturados son los que se acercan a la neutralidad cromática o acromatismo.

• El contraste Métrico aplicado al color.

Usando una relación del termino medio de adjunción y el valor óptimo ϵ a un valor métrico de contraste lumínico que puede ser determinado por los valores de:

$$L_{max} = \max (L'd_f, L'd_o)$$

$$L_{mi} = \min (L'd_f, L'd_o)$$

Donde $L'd_f$ corresponde a la luminosidad del fondo y $L'd_o$ corresponde a la luminosidad de la figura u objeto. En la practica el valor métrico puede utilizarse de dos maneras:

- Dando dos colores y alguna información sobre cómo debe ser usado, para llevar a cabo esto, primero se debe transformar los colores en el espacio del color CIE XYZ y después usar las coordenadas y de lo valores triples de XYZ como los valores de $L'd$ como base para la determinación del contraste entre dos colores:

$$L_{db} = Y_d + B \cdot L_{wd}$$

- La determinación dando un color y un umbral deseado de contraste entre al valor máximo ó mínimo de $L'd$. Es necesario utilizar un segundo color de forma que, cuando se usen en conjunto excedan el umbral especificado. Esto permite utilizar las ecuaciones $L'd_f$ y $L'd_o$ como base.

- El contraste lumínico.

El contraste lumínico es una medición de la percepción de la diferencia o claridad y luminosidad entre dos colores. Esto es importante cuando hablamos de la percepción de detalles más finos. Esta legibilidad fué expuesta mediante la formulación de Michelson:

$$C = \frac{L_{mx} - L_{mn}}{L_{mx} + L_{mn}}$$

donde, L_{mx} y L_{mn} son los porcentajes máximos y mínimos de un color de fondo un de objeto y C se sitúa entre 0 y 0.1.

El contraste es importante en sistemas que automatizan la selección del color. Generalmente los sistemas que definen los colores dentro de los computadores presentan un límite de compresión o "scope" que asegura su legibilidad o se usan la intuición y conocimiento heurístico de los mismos y que son comprendidos por el diseñador. En principio se parte de un determinado algoritmo para mantener el contraste en la calibración¹ de la pantalla. Desgraciadamente la calibración detallada es cara y necesita mas investigación además que los efectos de interacción entre pixels puede ser muy grande, lo cual tiene poco efecto en un área grande de calibración, pero que es muy importante en representaciones detalladas de un material como texto donde el contraste el importante. Para evitar esa impracticable calibración debemos basarnos en la aplicación de los instrumentos en pantalla para conseguir monitores sin no-linearidad interpixel.

• Las escalas interpretativas del color.

Las clasificaciones del color más comunes, se basan en los conceptos, por una parte de las escalas de tipo psicológico, complementariamente a ello, los atributos fisiológicos relacionados con el proceso de captación de los datos por el ojo humano.

A nivel estimular, una escala de color es una serie de niveles representados generalmente por números ordenados que representan una gradación observable basándose en unas características predeterminadas y que en realidad son una combinación de atributos de color.

En general, un valor grande en la magnitud de un estímulo, tiene su correspondiente valor elevado en el tamaño del umbral de diferencia perceptible que pueda darse, y que se describe por la fórmula matemática de Weber,

$$K = \frac{\Delta x}{x + x_0}$$

donde, Δx es el incremento que deben ser añadidos a la magnitud de x de un estímulo dado para ser percibido de acuerdo con algún valor específico del índice de discriminación. La cuantificación de x es constante, independientemente del valor específico del índice de discriminación y que es frecuentemente interpretado como un "ruido interno del mecanismo visual". La constante de proporcionalidad K es denominada la "fracción de Weber".

Los tipos generales de escalas aplicadas al color, se hallan en función dichas reglas preestablecidas o valores de ratio interpretadas previamente, que nos permitirá mantener una coherencia a la hora de establecer los valores numéricamente bajo tablas.

Según Tirgenson, existen cuatro tipo de escalas que pueden usarse para describir atributos en una dimensión única.

- Escala ordinal.
- Escala ordinal con origen natural, basado en colores.
- Escala de intervalos.
- Escala de ratio.

- Escala ordinal.

Con este tipo de escalas, los valores numéricos en Y son asignados en base a los atributos de las magnitudes en X . Una escala de este tipo se presenta como una función monótonica en donde,

$$y = f(x)$$

,ó en cualquier otra función que se utilice los valores

$$y = \theta(x)$$

Puede ser utilizada cualquier otra función que tenga una constante θ de proporcionalidad que es el que preserva el orden de las transformaciones.

Con valores apropiados establecidos de un color, las escalas ordinales pueden establecerse como atributos perceptuales de la luminosidad y el colorido.

- Escalas ordinales de color.

La característica relacionada con este tipo de escala corresponde al atributo de la saturación² considerado desde el punto de vista de la percepción el más prominente. El atributo de la percepción de la saturación por el observador cuando se percibe el estímulo de color, no presenta dificultad conceptual, a la hora de percibir la saturación. Existen magnitudes ordenadas en función de los cuatro atributos que definen la saturación de un color: rojo, el amarillento, el verdoso, y el azulado. Estos cuatro atributos se asocian directamente con las saturaciones únicas o consideradas básicas como son el rojo, el amarillo, el verde y el azul.

Las escalas ordinales de tipo general, no presentan un origen natural propiamente dicho, el atributo más común a la percepción es de todas maneras de origen natural, esto es, existe un punto en la escala sobre el cual corresponde al número cero que se le asigna cuando la magnitud de atributo se considera percibido como nulo.

Las características generales del color como luminosidad, brillo, saturación, croma, puede presentar diferentes interpretaciones independientemente de la escala ordinal con origen natural que pueda tener en realidad. La propiedad básica de una escala ordinal es su carácter monotónico, que mantiene en la escala un orden único, que preserva las transformaciones que se incluyen en un nivel determinado y que a su vez, mantengan una preservación respecto al origen natural.

- Escala de intervalos.

Corresponde en primera instancia a una escala ordinal y como tal que cumple todas las condiciones expuestas, aunque necesita dos requerimientos adicionales que corresponden a:

- Diferencias entre dos magnitudes diferentes pueden ser determinadas.

- Los números pueden ser asignados a las diferencias entre magnitudes y por lo tanto, la diferencia numérica caracteriza el tamaño de las magnitudes y la diferencia entre atributos observados.

En una escala de atributos psicológicos, es útil el uso de la noción de distancia entre dos valores, que identifica la diferencia de la magnitud observada de un atributo por la distancia (intervalo), denominada X para valores en Y. El número de Y crece y decrece en proporción directa a la distancia X observada desde el punto de vista incremental.

$$y = f(x) = mx + y_0$$

donde m es cualquier valor positivo, e y_0 es cualquier número finito considerado.

- Escala en base a un ratio.

Pertenece al tipo de escala que presenta un intervalo conocido como ratio, que presenta un origen natural dentro de la representación en el espacio, el origen natural parte de unos valores sin cambios. Las características invariables de una escala de esta forma se basa en la ecuación:

$$y = f(x) = m \cdot x_1$$

Ambas escalas, de intervalo y de ratio son las escalas más útiles que determinan una cuantificación de los atributos en la percepción del color. En el caso particular de los intervalos adyacentes de x, para valores dados en $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, los cuales asignan un mismo número en y, para valores dados en $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$, a través del dominio del atributo. Gracias a ello se dispondrá de una escala en intervalos de igual espaciado que se establecerá como una escala uniforme de color.

- Escala de estimación directa. Escala de una dimensión.

Existen cuatro tipos de técnicas usadas en la medición empírica de los estímulos por parte del observador que determinan los intervalos de definición dentro de una escala y que sirven al vidente a la hora de establecer los niveles dentro de una misma gama o escala de color:

- El ratio de producción es conocido como la fracción, donde el observador ajusta unos estímulos variables mientras tiene en cuenta estímulos referenciales.
- El ratio de estimación. El observador estima la magnitud del ratio entre el test o la prueba y el estímulo referenciado, pero donde no existe un ajuste por parte del observador de los test o de los estímulos referenciales.
- La magnitud de estimación. Es la magnitud de estimación la más usada en los estudios de la percepción del color, ya que el observador crea estimaciones directas de las magnitudes percibidas de un estímulo dado y le asigna nuevos apropiados a dichas estimaciones.
- La magnitud producida. El observador ajusta un estímulo variable para producir una magnitud percibida, las cuales presentan un valor numérico que parece ajustarse a la magnitud de los estímulos dados.

Los métodos de estimación directa de una magnitud de un atributo perceptual dado, puede ser agrupado como una escala de partición o ratio de escala, es decir bajo una constante de proporcionalidad en escala. La escala de partición produce una escala de intervalos equidistantes de un atributo perceptual con límites identificables por un estímulo específico.

En el método de "equisección", el observador necesita escoger entre un gran número de estímulos representando al atributo perceptual sobre un cierto rango de magnitudes, estos estímulos que resultan de un número de diferencias perceptuales equitativas.

En el método de los intervalos aparentemente iguales una forma común de escala categórica, el observador es requerido para asignar todos los estímulos de un gran variedad de estímulos se establece, dando a dichos estímulos un número específico de categorías. En esta técnica se asume que el observador es capaz de aguardar los intervalos entre los límites de una categoría perceptual equitativa, como estímulo y que se le asignan varias categorías.

La escala basada en un ratio produce una escala de intervalos equitativos del atributo perceptual el cual incluye un origen natural, que produce la escala de ratios. Las técnicas específicas usadas en la obtención de este tipo de escala es frecuentemente referido como de estimación o magnitud de producción, en cada caso, el observador es requerido para juzgar entre dos magnitudes de atributo perceptual escogido.

- Escalas multidimensionales.

Una escala multidimensional es un método indirecto para la determinación del número de componentes de los atributos que serán evocados dado una serie de valores establecidos para la estimación del color. Esto también ofrece la posibilidad de extracción de una estructura interna, dado unos datos observados que pueden ofrecer percepciones útiles en los mecanismos visuales por si mismos.

El método de la "medición aproximativa", establecido por Shepard, es la más utilizada ya que para cada par de estímulos en base a la aproximación en la medición, uno de ellos se establece puntualmente en el espacio euclidiano, mediante un punto que corresponde a la magnitud observada del atributo asociada con cada estímulo tal que el ordenamiento de las proximidades en las magnitudes entre los puntos correspondientes. La pretensión es de generar una producción del orden aproximado en base a unas dimensiones del espacio euclidiano restringido y acotado.

• El cálculo de la iluminación en una pantalla CRT.

Mediante la ecuación de Michelson podemos obtener resultados bastante aceptables de la diferencia entre dos colores. Hay tres tipos distintos de luminancia que deben ser considerados correspondiendo a diferentes suposiciones sobre el modelo de CRT y el vidente.

- 1- La iluminación directa L_d , la cual se calcula como la suma de peso de la corrección gamma de los colores de RGB y que puede ser controlada fácilmente. Corresponde al modelo que asume que una imagen visualizada que se adecua al modelo exacto e ignora los efectos del interpixelado.
- 2- La iluminación emitida L_e , la cual corresponde a la luz emitida desde la pantalla, y donde el modelo asume un ambiente idealizado.
- 3- La iluminación percibida L_p , la cual corresponde a la iluminación total de la luz que entra por los ojos.

En resumen podemos decir que, L_p es la cantidad de luz que se establece cuando se calcula el contraste. L_d es fácil de controlar desde el control de aplicación. L_e Requiere una calibración cuidadosa ya que requiere la atención del ambiente visual y el status del vidente.

Cuando L_p funciona con una calidad destacada, no es posible calcularla en la práctica, ya que las condiciones de luz en el área del monitor afecta significativamente a la luminancia percibida y dan lugar a ambientes típicos de carácter artificial.

La mayoría de los monitores están equipados con dos controladores correspondientes a un control de brillo y control de contraste, los cuales afectan enormemente al valor de L_e (y por lo tanto a L_p). Estos controladores están intencionadamente para ser usado en la adecuación del monitor a las condiciones visuales del área.

Incrementando la luz ambiental de la iluminación en todos los colores mostrados en pantalla, es decir, la cantidad de luz no reflexionada del monitor. El resultado es un decrecimiento en el contraste desde donde el blanco y el negro se incrementan por igual. Sin embargo, cuando las condiciones de luz cambian, el vidente necesita reajustar los controles de brillo y contraste así como mantener en el monitor las características perceptuales en las cuales los valores de brillo y contraste se basan.

¹ La calibración es el proceso de ajuste de superficies mostradas en un determinado estado. Esto supone una calibración exacta en base a un estándar colorimétrico.

² Atributos complementarios como el colorido identificado por primera vez por Hunt en 1977, considerado básico para contabilizar la variación en la percepción del color, no puede ser descrito como variación de la luminosidad o de la saturación.

Bibliografía

• Libros

- **Psicología de la percepción.**

- ARNHEIM, Rudolf. Arte y percepción visual. Alianza Forma. Ediciones Alianza Editorial, Madrid 1981.

Extracto: - Capítulo 7º. El color. Descripción de las ideas fundamentales de la percepción como la interacción de la luz y el color. Como se producen los colores. Descripción de los colores primarios y complementarios. colores aditivos y subtractivos. La armonía del color. Escalas de color. Asimilación del color. Sensación del color. Pag. 363-409.

- BRIDGEMAN, Bruce. Biología del comportamiento y de la mente. Alianza Psicología. Alianza editorial. Madrid, 1991. Pag. 156-157.

Extracto: Descripción de los receptores visuales. La bioquímica de la transducción.

- BRIDGEMAN, Bruce. Biología del comportamiento y de la mente. Alianza Psicología. Alianza Editorial. Madrid, 1991.

Extracto: Resumen de los aspectos fisiológicos y biológicos relacionados con los aspectos perceptivos del ser humano y el comportamiento de la mente frente a los fenómenos exteriores. Capítulo 4º. Los sistemas sensoriales. La transducción: Descripción entre otros, de la visión frente al reconocimiento de los colores.

- DEMBER, William N. WARM, Joel S. Psicología de la percepción. Alianza Psicología. Alianza Editorial. Madrid, 1990.

Extracto: Resumen de las últimas tendencias sobre las investigaciones llevadas a cabo en el campo de la psicología perceptual sobre hechos tan importantes como la psicofísica, la percepción de la forma, el color, el espacio o el movimiento. Capítulo 9º. Influencias cognitivas en la percepción: Recoge aquellos aspectos relacionados con la predisposición y percepción del color en base a los juicios de color. Pag. 362- 369.

- DEMBER, William N., WARM Joel S. Psicología de la percepción. Alianza Psicología. Alianza editorial. Madrid, 1990.

Extracto: Lenguaje y codificación del color. La hipótesis de Whorf. Los experimentos de Brown y Lenneberg. Los juicios del color frente a reacciones de dominancia. Pag. 362-364.

- DONDIS, D. A. La sintaxis de la imagen. Introducción al alfabeto visual. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, 1976.

Extracto: Capítulo 3º. Elementos básicos de la comunicación visual. El color. Pag. 64-69. Capítulo 5º. Dinámica del contraste. Contraste del color. Pag. 118-119. Capítulo 8º. Las artes visuales: función y mensaje. Diseño Industrial y la fotografía. Pag. 191-196.

- GIBSON, James J. Percepción del mundo visual. Ediciones Infinito. Buenos Aires, Argentina, 1974.

Extracto:- El color como estímulo. Pag. 26. Claves para la distancia como gradientes de estímulos. Pag. 106. Constancia de los objetos percibidos en lo relativo al color. Pag. 229.

- GOLDSTEIN, E. Bruce. Sensación y percepción. Versión castellana, Julio Pillo Jover, Editorial DEBATE, Madrid, 1993.

Extracto: Capítulo 5º. La percepción del color: Definición del color. Factores determinantes en la percepción del color. Niveles de adaptación. Contraste del color. Constancia del color. Memoria del color. Teorías del color: Teoría tricromática y teoría de los procesos oponentes. Defectos de la visión en relación con el color. Pag. 121-132.

- HUNTER, Richard S., HAROLD, Richard. W. The measurements of Appearance. Willey & Sons Publications. 2ª Ed. New York, 1987. Pag. 51-68, 95, 237.

Extracto: Definición de los diferentes métodos de calibración del color mediante instrumentos y su comparación con el ajuste cromático visual del ojo. Descripción de las escalas y sistemas de color. Interpretación del color. Fisiología aplicada a la percepción del color. Capítulo 8º. Escalas uniformes de color: Creación de las escalas de color de carácter uniforme. Escalas de Munsell, Judd, Hunter, CIE. Niveles comparativos entre escalas de color. Capítulo 9º. Escalas de medición de la diferencia de color: Conceptos básicos. Desarrollo histórico. Recomendaciones CIE. Factores que afectan directamente o indirectamente a la percepción visual del color. Índices de metamerismo entre colores. Capítulo 10º. Escalas especiales de color. Valores referenciales al blanco: Escalas basadas en los valores de la reflectancia y luminosidad del blanco, azul, amarillo. Capítulo 11º. Otras escalas identificativas del color: Medición de escalas específicas para líquidos y resinas, para alimentos, para tinturas. Sistemas de color Munsell, Ostwald, DIN. Natural, Ridgway, Diccionario de Maerz y Paul.

- LINDAY Peter H., NORMAN Donald A. Procesamiento de información humana. Percepción y reconocimiento de las formas. Editorial Tecnos. Madrid, 1976.

Extracto: Capítulo 1º. Percepción humana: Post-efectos del color en movimiento. Pag. 42-43. Adaptación orientada hacia un color específico. Efecto McCollough, Pag. 44-46. Capítulo 5º. Las dimensiones del color: El disco de los colores. La sensibilidad fisiológica del color. Tablas explicativas, Pag. 205-221. Contraste inducido, Pag. 222-223. Visión del color, Pag. 225-226a,b,c,d.

- MARCOLLI, Attilio. Teoría de campo. Curso de Educación visual. Xarait Ediciones y Alberto Corazon Editores. Madrid, 1978.

Extracto: Capítulo 1º. El campo geométrico intuitivo. Apartado 5. El color como signo: Escalas de color. Colores secundarios y primarios. Pag. 55-63. Capítulo 2º. El campo gestaltico. Apartado 3. Interacción objeto-campo. Apartado 5. El color como significado. Pag. 134-143. Capítulo 3º. Campo topológico. Apartado 5. El color como significante. Pag. 228-235. Capítulo 4º. Campo Fenomenológico. Apartado 3. El color como significación. Pag. 374-386.

- ROCK, Irvin. La percepción. Biblioteca Scientific American. Editorial Labor, Barcelona, 1985.

Extracto: Capítulo 4º. La constancia. Contraste cromático. La constancia del color. Pag. 34-36. Capítulo 3º. Ilusiones Geométricas. Asimilación del color. Pag. 159.

- **Fisiología**

- BOYNTON R., ROBERT M. How colours are seen. Edición Optical Society of America, OSA.USA, 1992.

Extracto: Capítulo 1º. Descripción fisiológica del mecanismo de la recepción de la luz y el color en el ojo. Descripción de los estímulos centrados en la visión. El nervio óptico. El cortex visual. Anatomía retiniana. Tipología de los receptores. Fisiología retiniana. Las inhibiciones en la retina. Respuesta de las células ganglionares de oponentes en el rojo-verde, y el oponente azul-amarillo. Pag. 4-10. Capítulo 5º. Color Matching and the Visual Pigments: The rhodopsin. Mecanismos de absorción de la rodopsina, pigmento relacionado con la visión del color. El principio de Univariación. Aspectos fisiológicos de la visión del color. Anatomía retiniana. Tipología celular. Respuesta celular y neuronal. Mecanismos del color asociado a la sensación. Pag. 106-109. Color Matching and the Visual Pigments. The Principle of the Univariance. Descripción detallada del fenómeno de Univariación en la estimulación de los fotorreceptores bajo cierto grado de luminosidad y siguiendo los experimentos de Köning. Pag. 109-111. Darnall's Standard Shape. Color matchins and the visual Pigments: Descripción de la ley de Darnall en la que se plantea la posibilidad de igualdad en el tamaño de los fotopigmentos que presentan la misma longitud de onda espectral. Es una teoría de carácter empírica basada en las curvas de sensibilidad espectral realizadas por el H. J. A.Darnall en 1953. Pag. 150-151.

- BOYNTON R., ROBERT M. Human Color Vision. Edición Optical Society of America, OSA.USA, 1992.

Extracto: Capítulo 3º. Physical Concepts. Wavelength, photon energy, and retinal irradiation: Descripción de los conceptos básicos en el mecanismo de la visión y en concreto en el estudio de las longitudes de onda que afectan a nuestra visión y que permiten la captación del color y la intensidad luminosa. Pag. 64. Capítulo 6º. Descripción de los términos básicos del color y la luz. Tipología de los tipos de escalas empleadas basada en las repuestas ordinales, de intervalo o de ratio. Escalas de brillo y luminosidad. Escalas de color de luminosidad constante. Escalas tridimensionales, Munsell, DIN, Swedish Color System, OSA. Pag. 486-513.

- NORMAN. A., PERLMAN, Richard IDO, E. HALLETT, Peter. Cone Photoreceptor Physiology and Cone Contributions to color Vision. Editado por la Optical Society of America, OSA. USA, 1992.

Extracto: Capítulo 9º. Descripción de la fisiología en la distribución de los receptores de tipo cono en la retina fundamentales para la percepción luminosa del color. Pag. 146-153.

- WYSZECKI,Günter, STILES, W.S. John. Color Science: Concepts and Methods. Editado por Wiley & son, Inc.USA, 1982 .2º Edición.

Extracto: Physical Data. Descripción de las teorías más destacadas sobre el proceso de la visión del color en base a datos estadísticos de carácter físico. Pag. 1-11 y Pag. 59- 63. Physical Data, reflecting materials. Tablas explicativas sobre las cualidades físicas de los materiales en base a sus propiedades de carácter reflexivo y las longitudes de onda emitidas para cada material. Pag. 51- 58. Chromatic Adaptation. Visual Equivalence and Visual matching: Estudio sobre las experiencias llevadas a cabo en los últimos años sobre la adaptación cromática del ojo frente al mundo real mediante trabajos realizados mediante pantallas de ordenador y su influencia en nuestra percepción del color y la forma. Pag. 429- 451. Quantitative Data and Formulæ Color-order Systems. Descripción del sistema de Munsell y su representación en base a los valores de X, Y, Z. Descripción del Sistema DIN. Descripción del sistema Suizo basado en las experiencias psicológicas de la percepción de seis colores base. Descripción del Sistema OSA. Pag. 507-511.- Appendix of extended tables and ilustrations. Tablas e ilustraciones de descripción sobre la representación espectral de la luz y el color. Pag. 690- 792.

• Manuales y cursillos

- AIDO. Curso de Reciclaje Profesional. Tecnología Digital de imágenes. AIDO. Instituto Tecnológico de Optica. Parque Tecnológico. Valencia, Octubre 1993.

Extracto: Tema: Captura de imágenes: Clasificación de las paletas mas comunes de uso por el ordenador para procesar la imagen en pantalla. Pag. 5. Corrección de color en la captura por scanner. Pag. 9. Tema: La corrección de color: La aplicación de color en la industria de la impresión. Pag. 2-5. Principios de la corrección de colores. Pag. 6-11. Tema: Fotometría: Conceptos de separación y corrección de color en la industria de la artes gráficas. Didáctica de la separación. El sistema CMYK. Equilibrios de color. Reducción del contraste neutro. Pag. 14-29. Equipos digitales para la reproducción y tratamiento de las imágenes: Equipos opticos de la separación de color: Scanner. Pag. 30-35.

- ALDUS. Aldus Photostyler. Manual de usuario. v.2. Aldus Co. Whashington, 1993.

Extracto: Capítulo 1º. Procedimientos básicos. Pag. 9-10. Capítulo 2º. Trabajar con Photostyler. Ajustar el equilibrio de color. Pag. 28-30. Capítulo 4º. Impresion y otra salidas. Terminología de la impresión: La cuatricromia. El espectro. Pag. 68-69. Capítulo 5º. KODAK Precisión Color management System. Pag. 99-120.

- ALIAS RESEARCH. Alias v.3.2. Manual Programing. Rendering with Alias. Alias Research Inc. Pag. 209-212.

Extracto: Capitulo 14º: Explicación del uso del comando color en el programa ALIAS v.3.2. Comandos RGB, HLV de interpretación de color.

- ALMAGRO , Jose Luis. Autodesk. 3DSTUDIO. Ediciones RAMA. Madrid 1993.

Extracto: Descripción de los comandos generales utilizados en el programa 3DSTUDIO V. 2, relacionados con el color. Pag. 212-213.

- APPEL COMPUTER España. El color: Manual de Appel. Appel Computer España. 1991. Extracto: Breve descripción de los métodos de procesado de colores en artes gráficas e imprentas en general. Pag. 23-27.

- AUTODESK. 3DSTUDIO v. 3: Manual Reference. Autodesk Co.

Extracto: Capítulo 7º. 3DEditor: Descripción de comando del 3DEditor para el cambio de color de los objetos. Pag. 111-112. Capítulo 9º. Uso del editor de materiales: Modificación de color en el 3D material para la creación de colores y texturas. El control de color. Pag. 136.

- AUTODESK. 3DSTUDIO v.2: Manual Reference. Autodesk Co.

Extracto: 3DEditor. Descripción del comando del 3DEditor para el cambio de colores. La niebla. El fondo. Pag. 196-198.

- D. FOLEY, James, VAN DAM. Andrew. Fundamentals of Interactive Computer Graphics. Ediciones Addison-Wesley Publishing Company. New York, 1980.

Extracto: Capítulo 17º. Intensidad y color: El color como valor acromático basado en la intensidad. La corrección gamma del color. Las técnicas de medio tono. El color cromático. El color desde el punto de vista de la fisica ty la fisiología. El diagrama cromática CIE. Representación de los modelos con las técnicas de raster. El color RGB, CMY, YIQ, HSV, HLS. Espacios interpolados de color. La armonia de color. Pag. 593-622.

- LÓPEZ FERNANDEZ, Javier, TAJADURA ZAPIRAIN, Jose Antonio. AutoCAD avanzado, versión 11. Editado por MacGraw-Hill. Madrid, 1992.

Extracto: Descripción de los comandos generales utilizados en el programa AutoCAD v.11 relacionados con el color.

- NEWMAN, William M., SPROULL Robert F. Principles of Interactive Computer Graphics. Ediciones McGraw-Hill International Book Company.
Extracto: Capítulo 3°. Principios de diseño de sistemas gráficos independientes. Pag. 54-56.
Capítulo 14°. Algunos aspectos del interface hombre-máquina. La interface visual del color y la visión del color. Pag. 486-487. Constancia del color. Modelos de color. Usos del color en el ordenador. Pag. 488-499. Capítulo 15°. Sistemas electrónicos. El color en los CRT. Pag. 515-530.

- SALMON, Rod, SLATER Mel. Computer Graphics. Systems and Concepts. Editado por Addison-Wesley Publishing Company, Londres 1989.
Extracto: Representación del color en un ordenador bajo el calidades superficiales de las superficies. Pag. 390-391.

- TEKTRONIKS. Ideas brillantes. Guía de impresores de color para gráficos profesionales ". Tektroniks Inc. 1993.
Extracto: Conceptos básicos de la impresión en color por medio del ordenador. Elección de una tecnología de color en función de las necesidades de impresión en copia papel . Tipología.

• Artículos

- ACM. " Editorial: Special issue on color ". ACM Transactions on Graphics, Vol-11 n-4, Octubre 1992. Pag. 300- 304.
Extracto: Breve introducción a las técnicas infográficas aplicadas a conocimiento del color en las imágenes sintéticas, se describen las principales tendencias en artículos relacionados con la generación de colores teniendo en cuenta las características de color como pigmento. los nuevos desarrollos en los tipos de formato especiales, desarrollo de programas de ajuste de color basado en las escalas CIE, en RGB, CMYK.

- AIDO. " Espacios de color ". AIDO. Instituto Tecnológico de Optica. Paterna, Valencia, 1990.
Extracto: Descripción de los principales sistemas de representación del color y las escalas de color.

- ARTIGAS J. M., FELIPE A" On the variation of the CIELAB coordinates with luminance ". Journal of Optics. Vol.18, nº 2. Departamento de Óptica. Facultad de Fisicas, Universidad de Valencia. Paris, 1987. Pag. 81-84.
Extracto: Valoración sobre las coordenadas de cromacidad del CIELAB, en las que se describe las variaciones de luminancia que se producen en su utilización en el control de la generación de mezclas de colores primarios.

- ARTIGAS J. M., GIL J. C., FELIPE A." El espacio uniforme de color CIELAB.Utilización ". Revista Agroquímica,Tecnología y Alimentación. Vol.25 Departamento de Óptica. Facultad de Fisicas, Universidad de Valencia.Valencia, 1985. Pag. 316-320.
Extracto: Descripción en el uso del sistema del espacio uniforme de color CIELAB.

- DELICADO, Javier. " El color digital". Revista Visual 94. Pag. 81-86.
Extracto: Breve resumen sobre la importancia del color en los sistemas informáticos actuales y su desarrollo en la actualidad en base a la gestión del color de diversos programas.

- EVANS, Brian. " Temporal Coherence with Digital Color ". Leonardo, Digital Image-Digital Cinema Supplemental Issue. Ediciones Pergamon Press plc. Japan, 1990. Pag.43- 49.

Extracto: La aplicación de las nuevas tecnologías informáticas han evolucionado en la búsqueda de instrumentos que sean capaces de asimilar la interpretación del color frente al desgaste de los dispositivos más usuales como son el monitor.

- FELIPE, A., ARTIGAS J. M." Limitaciones, anomalías y particularidades del espacio uniforme de color CIELAB ". Óptica Pura aplicada.Vol. 19 Departamento de Óptica. Facultad de Físicas, Universidad de Valencia.Valencia, 1986. Pag. 173-178.

Extracto: Descripción de las deficiencias en los métodos de actuación tradicionales en el cálculo de los colores tomando como base al sistema de color CIELAB efectuando modificaciones en el proceso de cálculo en base a las variaciones cromáticas más recientes.

- HAASE, Chest S., MEYER, Gary W. " Modeling pigmented materials for realistic image synthesis ". ACM Transactions on Graphics, Vol-11, n-4, Octubre 1992. Pag. 305- 335.

Extracto: Este artículo recoge las últimas tendencias sobre la representación de la pigmentación del color mediante los sistemas informáticos aplicados a las imágenes sintéticas, siguiendo las teorías de Kubelka-Munk, las teorías de mezcla subtractivas de color, la representación RGB y los valores triestímulo que deriva en un programa generado por los autores en base a las teorías de representación real del color determinando sus reflectancias.

- M. KESSON, Plouffe, WILL, James " An analysis of selected computer interchange color spaces ". ACM Transactions on Graphics, Vol-11, n-4, Octubre 1992. Pag. 373-405.

Extracto: Descripción de los sistemas de color más importantes junto a su representación y fórmulas a través del ordenador. Descripción de las interacciones relacionadas con la visión de los objetos y su representación en la pantalla de ordenador y la visión de objetos generados en el ordenador y su concepción en la mente. Fórmulas de representación y las conversiones relacionadas con cada uno de los sistemas, bajo coordenadas XYZ en base a CIE 1931, CIELAB, CIELUV, RGB, YES, SMPTE.

- MARTIN JAMES, Tové "Los genes de la visión de los colores ". Mundo Científico. nº-155 Vol. 15. Pag. 208-215.

Extracto: Artículo sobre las investigaciones más recientes sobre la visión humana del color. Estudio de los pigmentos visuales que se dan en el hombre y los animales estableciendo comparaciones de rango frente al estudio de los genes de la visión en los cromosomas. Estudio de los tipos de deficiencia y exceso en la visión en el número de pigmentos visuales reconocibles. Estudio de mujeres con vista tetracromática, pentacromática, etc.. en base a las investigaciones más recientes llevadas a cabo.

- STOKES, Mike, D. FAIRCHILD, Mark, S. BERNS, Roy " Precision Requirements for Digital Color Reproduction ". Rochester Institute of Technology, Munsell Color Science Laboratory. ACM, Transactions on Graphics, Vol.-11, n-4, Octubre 1992. Pag. 406-422.

Extracto: Experimentos realizados por los autores en base a la experimentación en la reproducción de colores en la pantalla de CRT bajo sistemas de color CIELAB. Manipulación de imágenes., tablas estadísticas.

- THOMPSON Tom. " Colores deslumbrantes. Hardware a prueba ". Revista BINARY, Abril 1992. Pag. 94-96.

Extracto: Breve repaso sobre las tecnologías más actuales existentes en el mercado con aplicación directa en ordenadores personales. Clasificación.

- TRAVIS, David. "Color spaces. Efective color displays: Theory and Practice". Ediciones Academic Press, Inglaterra, 1991. Pag. 100-107.

Extracto: Descripción de sistemas de representación del color teniendo en cuenta las características de la actividad de las células conos de tipo S, M, L.

- TURKOWSKI, Kenneth "Antialiasing in Topological Color Spaces". CIMLINC, Inc. Menlo Park, CA. ACM Transactions on Graphics, Vol-20, n- 4, Agosto 1986. Pag. 307-311.

Extracto: Descripción de un método de filtrado que permite la conversión óptima entre sistemas de color más generales.

- VAUGHN, Frank " La tercera madurez del VAQUA -va a quedar así- en color ". Revista Binary, Mayo 1991.

Extracto: Exposición de la idea de VAQUA en el proceso de obtención de color correcta implicando a los periféricos de salida más destacados que reproducen la imagen digital mediante gestores de color avanzados. Estado del arte de las principales tendencias del mercado al respecto.

- XIAOLIN, Xu. "Color Quantization by Dinamic Programing and Principal Analysis". University of Western Ontario. ACM, Transactions on Graphics. Vol.- 11, n- 4, Octubre 1992. Pag. 348-372.

Extracto: Descripción de un programa que permite la gestión "in situ" de las modificaciones necesarias para realizar un ajuste de color real analizando previamente sistemas y mecanismos habituales de actuación.

• Ponencias

- AGUILAR, Mariano. ¿Qué es el color ?. Ciencia del color. Tomo II . Universidad Internacional Menendez Pelayo. Palacio de Pineda. 12-16 Septiembre. Valencia, 1994. Pag. 1-19.

Extracto: Ponencia sobre el significado del color en la sociedad. Definiciones. Punto de vista histórico. Número de colores. La visión del color desde el punto de vista fisiológico y psicológico. Resumen de encuesta a alumnos de Facultades. Citas breves sobre casos en la literatura. El color en los ciegos.

- ARTIGAS VERDE, Jose M^a. Medida del color. Ciencia del color. Tomo II . Universidad Internacional Menendez Pelayo. Palacio de Pineda. 12-16 Septiembre. Valencia, 1994. Pag. 20-39.

Extracto: Métodos de clasificación y medida del color. Métodos visuales. Atlas colorimétricos. Colorímetros visuales aditivos y substractivos. Medida del color por coordenadas cromáticas. Espectroradiómetros. Funcionamiento. Comparaciones entre instrumentos.

- CRUZ, Antonio. Color e iluminación. Ciencia del color. Tomo II . Universidad Internacional Menendez Pelayo. Palacio de Pineda. 12-16 Septiembre. Valencia, 1994. Pag. 65-89.

Extracto: Conceptos sobre la temperatura de color, temperatura de color correlacionada, rendimiento del color, medida del color de fuentes luminosas. Método de Judd, método de Kelly., método de Mori-Sugiyama-Kambe. Método Robertson. Método Schanda-Meszáros-Czibula. Método de cruz. Rendimiento de color. Iluminante D. Recomendaciones CIE para muestras de color. CIE 1960. CIE 1964. Efectos psicológicos del color de la luz.

- FERREIRA, Carlos, GARCIA, Javier. Reconocimiento de objetos policromos. Ciencia del color. Tomo II. Universidad Internacional Menendez Pelayo. Palacio de Pineda. 12-16 Septiembre. Valencia, 1994. Pag. 204-255.

Extracto: Breve explicación sobre los dispositivos de reconocimiento de objetos. Bases científicas para explicar un nuevo dispositivo de reconocimiento de objetos o modelos policromados en base a filtros armónicos bajo las frecuencias de color por canales.

- HITA VALVERDE, Enrique. Discriminación cromática. Ciencia del color. Tomo II . Universidad Internacional Menendez Pelayo. Palacio de Pineda. 12-16 Septiembre. Valencia, 1994. Pag. 40-63.

Extracto: Estudio sobre las características de color físicos y el método colorimétrico basado en los estímulos visuales y los experimentos de la psicofísica. La ecuación cromática. Umbrales diferenciales de color. datos experimentales de Mac Adam, Wright, Brown, Siegel, Hita. Condiciones psicológicas del observador. Umbrales diferenciales del color y su representación. La métrica del espacio de color. Apéndice complementario sobre el cálculo de las diferencias de color.

- ITURRALDE, Jose M^a. Luz y color en el arte contemporáneo. Ciencia del color. Tomo II . Universidad Internacional Menendez Pelayo. Palacio de Pineda. 12-16 Septiembre. Valencia, 1994. Pag. 197-204.

Extracto: Comentario sobre la representación del color en el arte plástico contemporáneo bajo una reflexión de las principales tendencias artísticas del presente siglo.

- OBERASCHER, Leonhard. Environmental colour planning. Ciencia del color. Tomo II . Universidad Internacional Menendez Pelayo. Palacio de Pineda. 12-16 Septiembre. Valencia, 1994. Pag. 130-145.

Extracto: El ambiente de color, el color bajo las funciones de indicación, simbolismo, y el punto de vista estético. El color en el lenguaje cultural. La pérdida del significado simbólico. Introducción al nuevo significado del color dentro de la arquitectura, diseño. Aspectos funcionales del color como tendencia o moda.

- RONCHI, Lucia R. Chromatic adaptation. Ciencia del color. Tomo II. Universidad Internacional Menendez Pelayo. Palacio de Pineda. 12-16 Septiembre. Valencia, 1994. Pag. 146-180.

Extracto: Adaptación cromática del ojo frente a la iluminación del entorno. El efecto de Aguilar-Stiles. Predicciones de los efectos de la adaptación cromática. Aplicaciones prácticas. Apéndice Curvas de emisión espectral del fósforo en pantallas.

- SABORIT, José. Color y arte. Ciencia del color. Tomo II. Universidad Internacional Menendez Pelayo. Palacio de Pineda. 12-16 Septiembre. Valencia, 1994. Pag. 181-196.

Extracto: La representación del color desde el punto de vista del arte , bajo cuatro aspectos: la representativa, la expresiva, la simbólica, y la retórica. Diferentes ejemplos de representación.

- TONNQUIST, Gunnar. Colour Systematization. Ciencia del color. Tomo II . Universidad Internacional Menendez Pelayo. Palacio de Pineda. 12-16 Septiembre. Valencia, 1994. Pag. 90-109.

Extracto: Definición de los conceptos de color y el porqué de la búsqueda de los sistemas de representación del color basado en el atlas de color. Descripción de los principios básicos de los sistemas de representación de color entre los que encontramos las mezclas de color basadas en la estimulación aditiva de Grassman y Maxwell. El sistema de los colorantes basado en los principios artísticos del color. Especificación de sistemas standard como el CIE. Breve historia del concepto de color en los tiempos. Munsell, DIN, OSA-UCS, NCS. Colores y atributos elementales. Variables como son la saturación, croma, etc... Puntos referenciales de carácter

perceptivo, estimular. Métodos de medición basado en espacios equidistantes, leyes psicofísicas, umbrales de percepción. escala psicométrica.

- VIENOT, Françoise. Colour perception. Ciencia del color. Tomo II . Universidad Internacional Menendez Pelayo. Palacio de Pineda. 12-16 Septiembre. Valencia, 1994. Pag. 110-129.

Extracto: Descripción de los estádios de procesamineto del color en basea la colorimetria. Codigo Post-receptor y señal de los conos. La discriminación del color. La organizacion del color. La idenficacion por proceso paralelo en las áreas corticales. La percepción como tarea real. El brillo frente a la luminancia. Sensibilidad cromática contrastada.

1.2.3. La forma.

El concepto de la forma dentro de la interpretación perceptual de la imagen, es fundamental para la comprensión y reconocimiento de los objetos en nuestro entorno de manera visual. Con los descubrimientos desarrollados en el campo de la neurofisiología y la psicología se ha llegado a comprender por una parte, que la forma puede ser adquirida mediante un conjunto de estímulos perceptualmente agrupados provenientes del instrumento receptor, y por otra, que desde el punto de vista neuronal, estos estímulos eran capaces de realizar una serie de operaciones de correlación independientemente de la interpretación final.

Estos dos conceptos que fueron siempre tratados como teorías opuestas, fueron descritas por Rudolph Arnhem en base a las teorías de la Gestalt¹ creadas por Max Wertheimer en sus leyes de Organización y por otra, los últimos experimentos sobre el desarrollo evolutivo del niño.

Rudolph Arnhem² establecía que nuestra actitud visual de la forma física de los objetos se basaba por un lado, en la interpretación que hacemos de ellos a través de nuestra percepción de sus límites frente al entorno, de los límites de otros objetos en la escena que actúan como indicios, y de la intensificación de la misma mediante el movimiento y la orientación en el espacio³.

Históricamente y durante siglos para los psicólogos empíricos, la percepción de los objetos sólidos se explicaba a través de las teorías que estudiaban las formas planas y de las teorías capaces de simular las interpretaciones visuales a través de la idea de proyección de la forma tridimensional y por tanto, de la profundidad visual.

En general, los psicólogos pensaban que la percepción de la forma se construía a partir de sensaciones elementales que se unían para generar estadios complejos de las múltiples sensaciones producidas por un objeto, que actuaban desde el inicio mismo de la vida en el ser humano⁴.

Durante el presente siglo, dicho planteamiento ha sido revocado gracias a los estudios sobre el desarrollo del ser humano, las investigaciones fisiológicas sobre los mecanismos de la percepción y el avance de las teorías neuronales, que han permitido descubrir la existencia de una evolución estimular conjunta de los sistemas perceptivos, capaces de sufrir una adaptación al entorno⁵.

Las formas generadas por el ordenador al ser percibidas como imágenes bidimensionales sufren de los factores y leyes enumerados en las recientes teorías de la percepción y que recogen en general, aquellos aspectos más significativos de los conceptos gestálticos del reconocimiento de las formas.

- La fisiología en el reconocimiento de los contornos en una imagen.

Como veíamos en el capítulo inicial de la presente tesis sobre la fisiología de la percepción, las imágenes visuales necesitan que el ojo realice un reconocimiento consciente o inconsciente de la forma, mediante una clasificación previa de los estímulos obtenidos por los receptores neuronales, y una posterior interpretación final de la misma.

Desde el punto de vista fisiológico, la extracción de contornos y por tanto, del concepto final de la forma, se relaciona con el procesamiento de la información lumínica básica obtenida del objeto, mediante la adquisición estimular de diferentes de las longitudes de onda que llegan a la retina. Según Peter H. Lindsay y Donald A. Norman⁶, la extracción de contornos se establece gracias a un sistema capaz de captar las señales del ambiente y que pueda retener la estructura energética de la señal externa.

Inicialmente las células fotorreceptoras de la retina, se consideran bastante específicas en su respuesta, ya que se registran una pequeña región de la retina, correspondiente al campo receptor y a no ser que una potencia luminosa suficientemente potente incida dentro de este campo, no se produce ninguna respuesta en la célula ganglionar.

No obstante, existen numerosos elementos receptores agrupados o combinados, donde la energía luminosa que incide sobre el ojo, se distribuye para conseguir un sistema más sensible⁷. Cualquier punto resplandeciente de luz que definen una línea, incrementará la respuesta de la células detectoras que estén preparadas para ello, pero a su vez preparará a otras para que disminuya su intensidad frente a ella. De esta forma, podemos decir que existirán campos paralelos receptivos, que asuman la función de inhibidor y de excitador en un mismo estímulo⁸, activados constantemente por nuevas acciones inhibitoras y excitatorias del sistema. El sistema actuará en función de un sistema nervioso considerado inicialmente como simétrico, donde se produce una organización de campos inhibidor-excitador-inhibidor.

El proceso general que subyace de la detección de la forma, se establece a medida que existe un desplazamiento hacia una orientación considerada óptima que actúa sobre los centros considerados excitadores. Cuando se establece un segundo nivel de procesamiento cortical más complejo, se recogen de manera específica comportamientos definidos⁹ a través de los tipos básicos de la forma como son los bordes, líneas, aberturas, o líneas en movimiento.

Por tanto, la composición de una célula compuesta¹⁰ comprende en realidad a un conjunto de células simples orientadas que reúnen sus esfuerzos en el

reconocimiento de la forma bajo ciertas premisas de agrupación asociativa y por tanto se caracterizan por tener un mayor campo de acción que las anteriores. Su comportamiento asociativo establece que si alguna de las células que la componen falla, fracasará la actuación global de la misma.

Las células hipercomplejas, por su parte, última categoría de este tipo de detectores de la forma, se hallan formadas por células complejas¹¹ de la misma manera que éstas se componen de células simples. Son capaces de realizar operaciones avanzadas en la detección de contornos como es la característica específica que debe cumplir un borde y línea de finalizar adecuadamente, obteniendo con ello la máxima respuesta o la capacidad de detectar una línea en movimiento o la máxima respuesta se establece cuando se mueve hacia abajo¹².

Uno de los fenómenos más destacados del procesamiento de la información sensorial y en concreto de la extracción de contornos es sin duda, el proceso de la inhibición lateral¹³, durante el cual, la actividad de una célula cualquiera, modifica su comportamiento debido a la actividad de otras cercanas¹⁴.

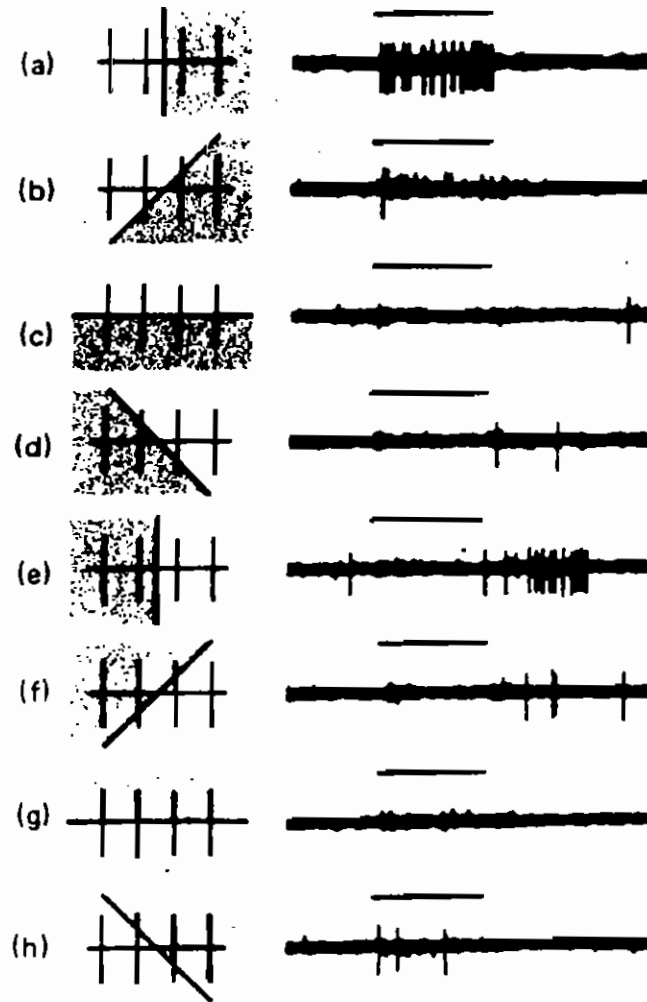
En la actualidad y en función de las investigaciones desarrolladas durante los años 70 por Attneave, Hochberg y McAllister, se ha llegado a afirmar que el estímulo que recibimos de los objetos del campo visual suele ser en muchos casos redundante. Existen partes del campo que al ser repetitivas son capaces de ayudar a predecir otras, logrando con ello una economía en la descripción de la forma mediante la abstracción de rasgos de elevado valor formativo como líneas, ángulos, puntos de intersección, etc..

El análisis psicofísico de la forma provocado por el enfoque de las teorías de la información más recientes establece la existencia de una relación directa entre las características físicas de las formas a la hora de ser percibidas, y es posible encontrar dificultades para especificar de manera coherente unidades físicas significativa que sirva de generalización sobre los resultados finales.

Para ello los investigadores como Arnoult desarrollaron el uso de formas sintéticas o algorítmicas generadas a través del ordenador de acuerdo a un conjunto de reglas de construcción formales que permitieran descubrir los niveles de percepción mínimos que afectan a la visualización de las formas.

La ventaja de este tipo de formas es que representan materiales de estimulación muy controlados cuyos resultados se podían duplicar y repetir. Tomando como un todo el conjunto de reglas que define el grupo de estímulos seleccionado para un experimento concreto identificó varios elementos estructurales que se relacionan con las características perceptivas de la forma entre las que encontramos la complejidad y a la discriminabilidad.

Imagen 13



Respuesta de una célula compleja. La línea por encima de cada registro indica la presentación del estímulo, según las investigaciones realizadas por Hubel y Wiesel en 1962.

(a)- respuesta a un borde vertical.

(b-h)- respuestas a otras orientaciones.

Extraído del libro "Psicología de la percepción". Alianza Psicológica. William N. Dember. Joel S. Warm. Madrid. 1990.

- La importancia de la imagen en movimiento sobre la imagen fija.

Uno de los factores determinantes en la captación de la forma a nivel fisiológico es sin duda, el movimiento de ésta frente a los objetos en función del movimiento continuo de la imagen retiniana en nuestro ojo. Este movimiento de carácter involuntario, sirve para obtener una información estimular de los fotoreceptores del ojo sobre la imagen visual, permite actuar sobre niveles críticos la persistencia de la imagen y finalmente responde del reconocimiento final de las formas visuales.

A nivel fisiológico la respuesta de los circuitos neuronales no sufren una respuesta concreta sobre dicho movimiento, sino que debido a su estructura compleja se produce un proceso de activación que permanece subyacente a todo acto de estimulación inicial. Por tanto, el detector complejo continúa respondiendo cuando momentáneamente fijamos la vista sobre un objeto, pero si este se paraliza de forma física sobre ciertos niveles críticos los fotoreceptores suspenden sus respuestas hasta el límite de no recibir ninguna respuesta¹⁵.

Un hallazgo importante sobre las experiencias realizadas sobre la problemática de las imágenes fijas es que la complejidad de la imagen que determina el grado de desaparición¹⁶. Las imágenes complejas, es decir, las que tiene un mayor de elementos o imágenes con significado, se mantienen visibles más tiempo que las sencillas. Además, las imágenes complejas no se desintegran de modo aleatorio sino que tienden a hacerlo en unidades organizadas¹⁷.

Las experiencias llevadas a cabo por McKinney en 1963, han descrito efectos similares a los encontrados con imágenes fijas, mediante técnicas especializadas que empobrecen la entrada sensorial de dibujos luminosos bajo condiciones luminosas restringidas. Al igual que en el caso de las imágenes fijas, las figuras complejas se mantenían intactas más tiempo que las sencillas y la desaparición no se producía de manera aleatoria sino por unidades perceptivas como líneas enteras¹⁸.

Otro tipo de experiencia de restricción del campo de estímulos en la actualidad, que nos permite descubrir la importancia del movimiento ocular de la imagen en la toma de datos de la forma, es la utilización de campos visuales de brillo uniformes, denominado campo homogéneo¹⁹ o "ganzfeld". Dicha utilización provoca en el mundo real una pérdida de visión temporal debido a la incapacidad de acomodar la visión correctamente²⁰. La observación temporal²¹ de un ganzfeld puede conducir a una pérdida temporal de la visión en la que los observadores son incapaces de reconocer objetos familiares.

1.2.3.1- La conceptualización.

La conceptualización de la forma desde el desarrollo evolutivo del recién nacido ha influido intensamente en las nuevas concepciones sobre la interpretación y percepción de la forma. Uno de los primeros temas tratados bajo esta óptica fueron los estudios que mantenían la posibilidad de que la visión del recién nacido no tenía porque ser igual que la nuestra y que en realidad, existía un periodo de adaptación y compenetración en el reconocimiento de las formas que partía de las primeras captaciones de la forma global²².

De hecho, anatómicamente se descubrió que el córtex visual se hallaba parcialmente desarrollado en el nacimiento y que existía un desarrollo acelerado durante el intervalo situado entre los tres y seis meses²³.

Robert Fantz y sus colaboradores en 1962, utilizaron la técnica de las preferencias²⁴ para medir la agudeza visual del niño en diversas edades. El experimento consistía en colocar delante del bebé, dos tarjetas, una con franjas alternantes blancas y negras, y otra de color gris, siendo la capacidad luminosa de esta última un promedio de la existente en la primera.

Finalmente se realizaba un cálculo matemático del tiempo que dedicaba el recién nacido en la visualización de la tarjeta junto a un registro de la posición de los ojos. Hallaron que niños de un mes de edad, eran capaces de responder diferencialmente ante las franjas orientadas en grados a 40 minutos²⁵ de ángulo visual²⁶, y que además que los límites de la agudeza visual eran capaces de llegar a un nivel de 5 a 7 grados de ángulo visual en niños de seis meses de edad.

Esta experiencia demostraba que la agudeza visual medida gracias a la utilización de estímulos de blanco y negro de alto contraste nos indicaba la capacidad del sistema visual para resolver detalles finos en condiciones óptimas. Por tanto, el cálculo complementario de la determinación de la sensibilidad al contraste por parte del recién nacido determinará los niveles de contraste a los cuales se va adaptando poco a poco²⁷. De esta manera se demostró que durante su primer mes, el bebé es incapaz de apreciar detalles finos y sólo puede ver objetos relativamente grandes y de contraste elevado²⁸, pero que no obstante, la percepción del contraste de las formas en niños con tres meses de edad ya era capaz de percibir rasgos generales de una cara y darse cuenta de la diferencia existente entre las diversas expresiones de la cara²⁹.

El incremento en la edad brinda por tanto, mayores capacidades de percepción sobre la forma, ya que con sólo seis meses de edad son capaces de reconocer la cara de una persona y además pueden generalizar de una pose a otra. El que los niños sea capaces de reconocer las diferentes poses de una misma cara

indica que pueden llegar a reconocer el efecto de invarianza³⁰ a través de las sucesivas transformaciones estímulares de las imágenes retinianas.

En general las formas y contornos, percibidas por el recién nacido establece pautas discriminatorias³¹ de atención en base a unos recorridos visuales definidos desde muy temprana edad.

Philip Salapatek, registró la exploración visual de niños comprendidos entre uno a dos años filmándolos cuando éstos contemplaban figuras geométricas determinadas. Los resultados establecieron que los niños de un mes de edad tienden a ver un sólo vértice de un triángulo, de la misma manera que cuando los niños miran hacia una cara. Los niños de dos meses por el contrario, miran con más detenimiento la cara y por tanto, dedican más tiempo a una exploración detallada de forma que son capaces de explorar el patrón de una forma más globalizada.

No obstante, ello no nos demuestra que el recién nacido perciba la forma como un todo, como, pudiera aplicarse siguiendo las premisas de la teoría de la Gestalt, ya que cuando se le presentaba dos imágenes similares pero diferentes este utilizaba el mismo tiempo de observación en las dos caras. Sin embargo, los resultados más recientes apoyan la idea de que el incremento en la edad hace que los niños tiendan a responder a las formas como totalidades.

Para contribuir a esta afirmación, Mark Strauss y Lynne Curtis en 1983, utilizaron el procedimiento de habituación a las formas para determinar hasta que punto los niños podían distinguir entre distintas organizaciones de puntos, en función de la visión de ciertas figuras que habían sido clasificadas por adultos como buenas intermedias y malas, siguiendo las teorías gestálticas de la organización. Calcularon el tiempo que utilizaba el niño durante la observación y captación de la forma, repitiéndolo sucesivamente hasta que dicha observación se limitaba a la mitad del tiempo empleado en los ensayos. Tras este periodo previo de adaptación, se sustituyó la forma utilizada inicialmente por otra del mismo grupo y se midió la cantidad de tiempo que los niños miraban esta nueva forma.

Los resultados finales indicaron que en niños de tres meses incrementaban su tiempo de contemplación de una nueva forma, lo que indicaba que eran capaces de distinguir entre dos formas de este tipo, los niños de cuatro meses, podían distinguir dos formas buenas o intermedias pero no así entre dos formas malas y que los niños de cinco meses de edad mantenían la diferencia entre cualquier tipo de formas, independientemente de su nivel de captación según las leyes gestálticas.

En los trabajos sobre el desarrollo perceptivo más avanzados no se han desvelado ninguna de las incógnitas fundamentales en el desarrollo de las funciones perceptivas del ser humano, ya que se desconoce si el incremento de estas

capacidades del recién nacido se debe a un desarrollo genético o por el contrario, se debe a la experimentación por parte del individuo frente al ambiente. Esta dos posibilidades son conocidas actualmente como la polémica “herencia-medio”.

Sobre ellas se han ido sucediendo nuevas investigaciones que llegan a cubrir ciertos estadios conciliadores entre las dos polémicas³², desarrollados sobretudo, bajo los experimentos denominados de “deprivación”, en los que el efecto de las variables estimulares se determina suprimiendo a un ser humano o animal del contacto con la estimulación ambiental.

Esta técnica fué desarrollada en sus comienzos por Austin Riesen en 1947, cuando intentaba explicar la importancia del papel que asumía el aprendizaje en el desarrollo de la percepción, en general. Para ello utilizó dos grupos de animales, uno criado en condiciones normales de iluminación y otro en un sitio cerrado donde no pudieran recibir un estímulo exterior de ninguna clase, manteniendo la hipótesis de que existiría una diferencia en el aprendizaje posterior de los animales frente a estímulos iguales.

Posteriormente este experimento fué llevado a cabo por otros científicos, cuando dos chimpancés fueron criados en la obscuridad desde su nacimiento hasta los dieciséis meses. Los resultados fueron espectaculares ya que, aunque los chimpancés tratados podían mover las cabezas en dirección hacia una fuente lumínica, se comportaban realmente como animales ciegos, mientras que los chimpancés criados en entornos normales e iluminados podían ver normalmente. Este fenómeno afectó tan profundamente a la visión de los chimpancés privados de las condiciones normales de visión que recortó el proceso evolutivo normal del animal, dañando irremediamente su sistema visual³³.

Los efectos más espectaculares sobre la profunda transformación de la anatomía del ojo³⁴ durante la deprivación de la visión se deben a los investigadores Colin Blakemore y Donald Mitchell que en 1973, experimentaron con gatos recién nacidos situándolos en el interior de un cilindro cuyas paredes representaban franjas en un sentido determinado³⁵.

Posteriormente, y realizando la deprivación típica afirmaron que existía una relación directa entre la respuesta de un cierto número de células del córtex visual y la orientación estimular. Los gráficos creados establecían que muchas células del gato criado en el entorno de franjas horizontales respondían óptimamente a los estímulos de dicha orientación, aunque no respondieran de la misma forma sobre los estímulos verticales.

Por otra parte, las células del gato criado en un entorno de rayas verticales respondían óptimamente a los estímulos de dicha orientación aunque ninguna lo hacía a los estímulos horizontales. Por tanto, todo ello indica una correspondencia

entre la selectividad direccional de las neuronas corticales y la capacidad del gato para percibir estímulos en orientaciones diferentes.

En la actualidad, estas experimentaciones han permitido realizar estudio real de la pérdida parcial de la vista en animales creando nuevas pautas de comprensión sobre la agudeza visual frente a la visión de un ojo o de los dos³⁶. Se ha demostrado que cuanto mayor sea la privación monocular o binocular más se daña la agudeza visual del animal que puede quedarse virtualmente ciego.

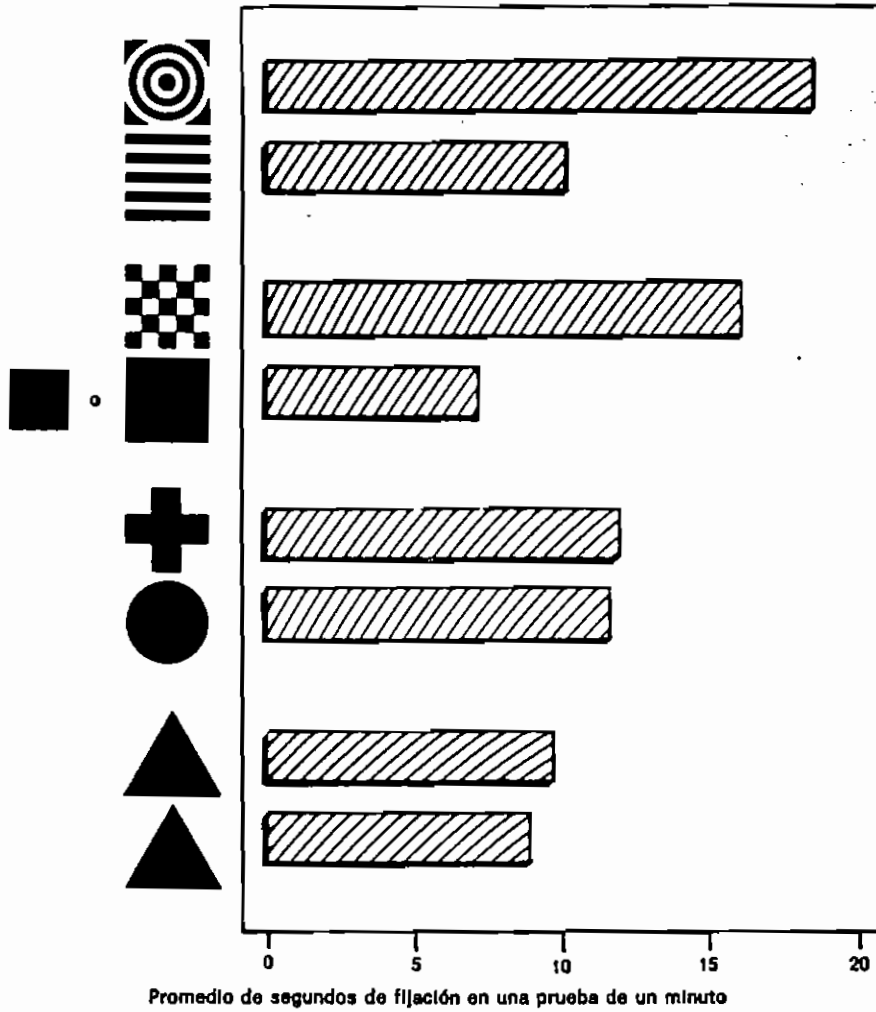
Se cree que existe realmente un periodo crítico durante la evolución del animal e incluso humano, situado en sólo tres días entre la cuarta y quinta semanas de vida capaces de llegar a producir cambios notables en los histogramas de las células fotorreceptoras estimulables que determinan la dominancia ocular³⁷ que puede existir durante la percepción de las formas a través de la agudeza visual.

En general, la descripción de todas estas experiencias nos lleva a comprender que en realidad existen patrones de estimulación definidos y desarrollados a través del aprendizaje en nuestro ojo, y que gracias a ellos podemos percibir instantáneamente formas básicas, que son capaces de ayudarnos en nuestra visión formal de las cosas.

Las dos teorías que han perdurado hasta nuestros días asumen de diferente manera esta realidad, ya que mantienen que la intencionalidad de la conceptualización de la forma en función de leyes de organización simple o en función de unos patrones de reconocimiento fijos.

En el primer caso las teorías tradicionales gestálticas intentan adecuar las respuestas estimulables desde un punto de vista netamente perceptivo y en función de las actuaciones finales de la mente, en función de las leyes de organización³⁸, que como veremos más tarde, nos ayuda a comprender ciertos aspectos de la composición de la imagen visual final. Mientras, las teorías sobre el reconocimiento de las formas, en función de un reconocimiento de patrones, toman en cuenta las posibles interrelaciones existentes desde la evolución fisiológica del individuo y su afianzamiento dentro del sistema perceptivo global, mediante un modelo comparativo³⁹. Esta comparación bajo un patrón o modelo definido previamente, es considerado el más simple de todos los esquemas posibles de clasificación y reconocimiento de formas, utilizado por nuestra visión, ya que según este sistema, debe existir una representación, modelo o patrón para cada una de las formas que tienen que reconocerse y que se consigue comparando el signo o forma externa con el modelo interno.

Imagen 14



Patrones visuales empleados para evaluar la capacidad de los bebés para discriminar las formas. Los resultados muestran la preferencias por los patrones mas complejos, ya que existe una mayor duración de la fijación.

Extraído del libro "Psicología de la percepción". Alianza Psicológica. William N. Dember. Joel S. Warm, Madrid, 1990. Pag. 204

- Los modelos de análisis de características en el reconocimiento.

El primero de los modelos de análisis de características en el reconocimiento de patrones fué descrito por O. G. Selfridge en 1959, en función del concepto de patrón fundamental para el análisis de características basadas en el proceso de Pandemónium⁴⁰. Esta teoría mantenía que existía una serie de células neuronales, conocidas curiosamente como “demonios”, que realizaban tareas específicas de reconocimiento de la forma en base a los datos extraídos de nuestra primera impresión luminosa sobre la retina. Este modelo fué modificado por Peter Lindsay y Donald Norman⁴¹, en función de las investigaciones posteriores sobre la existencia de diversas fases de reconocimiento. Sobre ellas aplicaron el mismo planteamiento inicial de Selfridge creando una clasificación significativa de los “demonios” en base a las capacidades básicas de reconocimiento de la visión sobre la forma. Dichas categorías mantienen una clara diferencia en función de los diversos estadios o fases posibles durante el reconocimiento visual y que son:

- 1º fase. “El demonio de la imagen”. Registra la imagen global de cualquier estímulo presentado. Esta función es comparada con la que se produce fisiológicamente en los fotorreceptores y en el que la imagen formada gracias a ellos producen señales eléctricas consideradas brutas, que pueden enviarse directamente al cerebro, sin ninguna categorización previa.
- 2º fase. “El demonio de las características”. Descompone o desglosa la imagen percibida inicialmente en una serie de partes denominadas características. Estos “demonios” toman las señales eléctricas generadas por los demonios de la imagen en el estadio de la primera fase y las analizan en busca de características específicas⁴². Por ello, existirán diversas categorías o tipos de “demonios de características”, que representen al mayor número de patrones posibles que el ser humano es capaz de interpretar.
- 3ª Fase. “El demonio cognitivo”. Busca patrones complejos organizados en función de las características básicas tratadas inicialmente, y sirven por tanto, para determinar las agrupaciones de características definidas como complejas. Este tipo de demonio sólo se activará por la aparición de cierta característica que define una forma única y concreta como una letra, una estrella, el contorno de una casa, etc...

- 4ª Fase. "El demonio de la decisión". Este demonio utiliza la información proporcionada por los demonios cognitivos para decidir cuál de ellos representará de la manera más completa y óptima la forma percibida y que será finalmente transmitido al cerebro, como un elemento perceptual.

En realidad el Pandemónium como teoría, establece un reconocimiento jerárquico de las formas en función de las características que es capaz de reconocer en ella, pero no nos dice cuáles son las características que están recogiendo realmente de la información sensorial de la entrada de datos. Es decir, describe la secuencia de acontecimientos que se necesitan para analizar las características de las formas, a diferencia de la teoría inicial del esquema patrón, en que se registra primero la imagen mediante un conjunto de características en lugar de realizar una comparación directa contra una réplica o representación interna⁴³.

Otras teorías derivadas, han sido descritas por investigadores como E. Gibson, Selfridge, y Sutherland en función de las relaciones existentes entre el reconocimiento de patrones y la posible acción de la memoria durante dicho proceso y que es conocida como "La hipótesis de rasgos distintivos". Esta teoría mantiene que el proceso de captación de la forma parte del análisis inicial de rasgos determinantes y que luego son reconocidos a través de la comparación en función de las posibles combinaciones de dichos rasgos con atributos que definen los elementos almacenados en la memoria⁴⁴.

El proceso de emparejamiento de los patrones captados y memorizados, son codificados en la memoria como abstracciones que son capaces de representar a las formas básicas como tales o ciertas tendencias básicas sobre la orientación, el tamaño, el color, etc...de la misma.

Un ejemplo, aclaratorio sobre las tendencias formales pueden describirse en el proceso perceptual de "rotación mental", y es utilizada para comprender la espacialidad de un objeto tridimensional, cuando partimos de su proyección en función de una representación visual plana.

Shepard y Metzler en 1971, realizaron diversas experiencias sobre este proceso, mediante la utilización de dibujos bidimensionales lineales de objetos sencillos que diferían formalmente entre sí o por diversas rotaciones y reflexiones combinadas de un misma figura. Intentaban descubrir si existía una variación cuantitativa en los tiempos de reconocimiento, entre un dibujo girado simplemente y un dibujo girado y a la vez reflejado, en función de un modelo de base. Comprobaron que el tiempo empleado dependía del ángulo de rotación 3-D aplicado, basado a su vez en el tiempo que utilizaba la mente para crear la

correspondencia entre los tres objetos identificando las posibles variaciones de giro y de reflexión existentes. Se produce por tanto, una especie de rotación mental de la forma percibida a través de una descripción mental, que ajusta la figura modelo sobre la figura girada o reflexionada.

Una investigación más profunda sobre éste fenómeno ha llevado a determinar que en el proceso no solamente se produce un reconocimiento a través de un modelo o patrón inicial sino que intervienen el análisis de rasgos que definen la orientación, por lo que se deduce que el ser humano es capaz de utilizar en combinación diferentes juicios de valor en la resolución de un problema de análisis estructural de la forma.

1.2.3.2. Factores de interpretación de la forma frente al entorno.

La interpretación del mensaje sensorial de la forma se desarrolla en base a las aptitudes visuales del individuo y las condiciones del entorno durante la percepción. Irvin Rock⁴⁵, establece que todo proceso establecido mediante la percepción como es el caso de la forma, se halla constituido por el contenido de una descripción inconsciente que hacemos de los objetos frente al entorno que lo engloba⁴⁶. La organización mental de las formas se establece en función de dos campos muy marcados conocidos como:

- Las organizaciones en competencia.
- Las organizaciones sin significado.

Las organizaciones en competencia se crean cuando, en una imagen se establece una prioridad entre los datos relevantes y los irrelevantes. Este fenómeno podemos encontrarlo por ejemplo, en las figuras conocidas como reversibles⁴⁷ y que permiten percibir dos interpretaciones de una misma imagen compatibles, siendo difícil percibir las dos simultáneamente.

Las organizaciones sin significado, establecen que ante una imagen cualquiera uniforme o no de elementos, tratamos siempre de buscar figuras, formas o intervalos similares que sirvan en el reconocimiento final de la forma global⁴⁸, de manera que el ser humano ha desarrollado una serie de reglas que le permitan entender una forma en base a los conocimientos de entorno y la experiencia pasada⁴⁹.

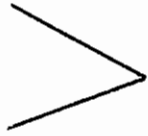







Entre los trabajos más destacados realizados sobre este aspecto se deben a Guzman, un científico de las computadoras, que en los años 70, partiendo de cierto número de imágenes con formas geométricas tridimensionales superpuestas, estableció la hipótesis de que existía una conceptualización de las formas a través de la idea de superposición unión y conexión de contornos de figuras, que proveía inicialmente de la consideración de las intersecciones creadas entre las mismas, creando con ello, una serie de figuras codificadas que permitían el establecimiento de patrones de reconocimiento adquirido.

Existiría por tanto, dos fuente de información distintas, que comprenderían la información específica del dibujo obtenida mediante un análisis de las líneas que interseccionan primeramente, y la interpretación del significado transmitido por esas intersecciones por otras.

Como podemos ver en la tabla V, las experiencias de Guzman sirvieron entre otras cosas, para determinar indicios que permitieran definir actitudes y orientaciones concretas sobre los contornos de formas o superficies superpuestas, unidas o ensambladas. Entre ellas destacaremos por ejemplo, las que pueden generarse durante la visualización de un canto recto de una figura en forma de L y que es probable que corresponda a un tipo de representación de una superficie definida como a situada a la izquierda y que a su vez, pertenezca a un cuerpo distinto en función de una superficie de tipo b, situado a la derecha. Con la representación de una horquilla, podemos estar ante tres superficies pertenecen al mismo cuerpo d, e, f, por ejemplo. La representación de una flecha casi siempre significa la existencia de dos cuerpos, uno que contiene la superficie h, y el otro la superficie j. La representación en base a la intersección llamada T, es la que con frecuencia proporciona los indicios más importantes para la construcción de una distribución espacial que indica cuando un cuerpo se halla frente a otro de manera que existan dos superficies k y l, y que a su vez pertenecen a un cuerpo que atraviesa el cuerpo m.

Tabla V

Tabla de reglas de Guzman

	
-L- Vértice donde se encuentran dos líneas	-Horquilla- Tres líneas, formando ángulos menores a 180°
	
-Flecha- Tres líneas que se encuentran en un punto, siendo uno de los ángulos superior a 180°	-T- Tres líneas concurrentes, dos de ellas en línea recta.
	
-K- Dos vértices están en línea recta con el centro y los otros dos caen en el mismo lado de la línea	-X- Dos de los vértices están en líneas recta con el centro y los otros dos caen en lados opuestos a tal línea.
	
"Pico" Formado por cuatro líneas o más cuando el vértice central es la parte más alta de la intersección.	"Multi-vértices" Formados por cuatro líneas o más y que no pertenecen a ninguno de los tipos anteriores.

Extraído del libro "Procesamiento de la información humana. Una introducción a la psicología". Peter Lindsay y Donald Norman, Editorial Tecnos. Pag. 18.

No obstante, todas estas leyes tienen aplicación directa sobretodo cuando las situaciones perceptivas a nivel interno, es decir en el ojo o en el tacto⁵⁰, como externo, es decir en el ambiente, son extremas, ya que el individuo tiene una tendencia innata a imponer reglas que utilizará para recomponer los datos estimulares básicos que generan la idea o concepto perceptivo del elemento o figura⁵¹.

La teoría de la Gestalt recoge sin duda alguna, el estudio más exhaustivo sobre este tema, ya que durante años ha desarrollado numerosas hipótesis que intentan descubrir las leyes básicas⁵² que lo generan e incluso muchas de ellas, han sido aplicadas como explicación empírica de fenómenos de la psicología frente a la percepción en todo tipo de imágenes visuales⁵³. El postulado esencial de que *“el todo es diferente a las partes”*, se halla consecuentemente interpretado junto con la discriminación formal de los elementos bajo ciertas limitaciones físicas del ojo relacionadas con la agudeza visual⁵⁴. Las cuatro leyes de la organización, propuestas por la gestalt se describen como:

- “La ley de la Pregnancia⁵⁵. Ley de la buena figura o de la simplicidad”. Con esta ley, todo patrón estimular ha de verse de manera que la estructura resultante sea lo más simple posible.
- “La ley de la similaridad”. Los elementos similares ya sean de color, tono o tamaño tienden agruparse.
- “La ley de la buena continuación”. Los puntos que al conectarse den lugar a líneas rectas o a una curvatura suave tienden a agruparse perceptivamente. Las líneas tienden a verse de forma que sigan el recorrido más suave. Existe una tendencia al cierre de los elementos sin que varíe el resto.
- “La ley de la proximidad o cercanía”. Los elementos próximos entre sí tienden a agruparse.

No obstante, las críticas que se han desarrollado durante los últimos años sobre esta Escuela de pensamiento, han ido dirigidas sobretodo a la comprensión del mundo tridimensional, ya que mientras estas reglas se adaptan perfectamente a la mayoría de los fenómenos relacionado con la visualización de una imagen bidimensional, no ocurre lo mismo cuando no enfrentamos a la tercera dimensión donde el fenómeno se amplía en el espacio que nos rodea, y ello es debido sin duda, a que nuestra percepción visual depende de imágenes planas pueden extrapolarse en ciertos casos, para comprender tendencias visuales como la composición pictórica e incluso las imágenes sintéticas por ordenador⁵⁶.

La idea máxima de la teoría de la Gestalt extrapolable a los conceptos básicos de las imágenes sintéticas por ordenador, se resume sin duda, bajo la idea de que “... *los estímulos, tienden a un sólo significado o se consideran familiares, cuando se perciben agrupados*“ lo que explica, por ejemplo, el primer estadio de interpretación de una imagen generada a través de un patrón común como es el pixel agrupado por colores y por tonalidades de luz, capaces de hacernos percibir formas, texturas y profundidades.

La interpretación de las formas y contornos visuales creados por ordenador en las objetos tridimensionales mediante una representación alambrica por ejemplo, y visualizadas a través de una estructura proyectiva bidimensional del elemento, adolecen en cierta manera de la problemática que las figuras tradicionales de la gestalt. Y que en muchos casos se debe a la conceptualización formal que se realiza a través del estudio de la línea⁵⁷ como elemento contorneador de la forma.

Pero, en realidad mas que la línea como elemento definitorio de una forma debemos tener en cuenta la importancia que supone dicha línea sobre un fondo, o lo que es lo mismo la problemática suscitada a través de la indivisibilidad de la forma del entorno donde se halla representada.

En general, algunos estudios han demostrado que en comparación con el fondo exterior, el área encerrada por el contorno, ofrece mayor resistencia a la aparición de un objeto visual proyectado sobre ella con intensidad gradualmente creciente o cuanto menos controlada⁵⁸.

La influencia del contorno sobre la superficie interna inducida varía con la distancia. Cuanto mayor sea el área encerrada más débil será la influencia del límite y el efecto disminuye hacia el centro con la mayor distancia del contorno⁵⁹.

La organización que la mente que se genera a través de la figura y el fondo fué desarrollada por Edgar Rubin en los años 30. E. Rubin estableció que sobre ciertos patrones simples tratados formalmente, mantenían reglas de prioridad que producían una percepción preferencial dominante de una parte de la figura sobre la otra y que la mete de alguna manera obligaba a entenderla siempre como dos componentes inseparables que determinaban la figura y el fondo. La mayoría de las figuras era imágenes tratadas acromáticamente, es decir, en blanco y negro, que presentaban alguna simetría preferente, que obligaba a que dichas figuras fueran tratadas independientemente por su color pero asimilables perceptualmente como una sola forma compuesta⁶⁰.

Los estudios realizados por Howard y Templeton en 1966, han señalado que si los patrones o figuras que hay que discriminar, tienen ejes horizontales y verticales reconocibles, existirá una orientación absoluta sobreentendida que establece una diferencia considerable a la hora de analizar y discriminar ciertos objetos frente a otros.

Incluso, los patrones visuales que están orientados sobre el eje vertical se discriminan⁶⁴ con más facilidad que los que están orientados sobre un eje horizontal.

La razones de este fenómeno no han sido determinados en su totalidad pero se cree que es debido a la actividad de los detectores neurológicos de rasgos que son sensibles a estímulos de orientación vertical sobre los horizontales justificando su desarrollo a la prioridad existente en nuestro entorno natural de objetos, como arboles y personas⁶⁵.

La orientación relativa o diferencial de las formas, disminuye la eficacia en la discriminación de patrones o formas referenciales que en el caso anterior se producía de una manera controlada⁶⁶.

Estas figuras conocidas también como reversibles, establecen un proceso por el cual, el fondo negro tiende a verse como fondo y el área blanca como figura, y que en función de la dirección y orientación visual podemos invertir este proceso. Un ejemplo famoso es el de las figuras y la copa creado por Edgar Rubin.

Experimentos⁶¹ posteriores sobre el fenómeno de las figuras reversibles han permitido establecer una serie de conclusiones básicas⁶² extrapolables a nuestro conocimientos visual de las figuras representadas sobre un entorno entre las que destacamos:

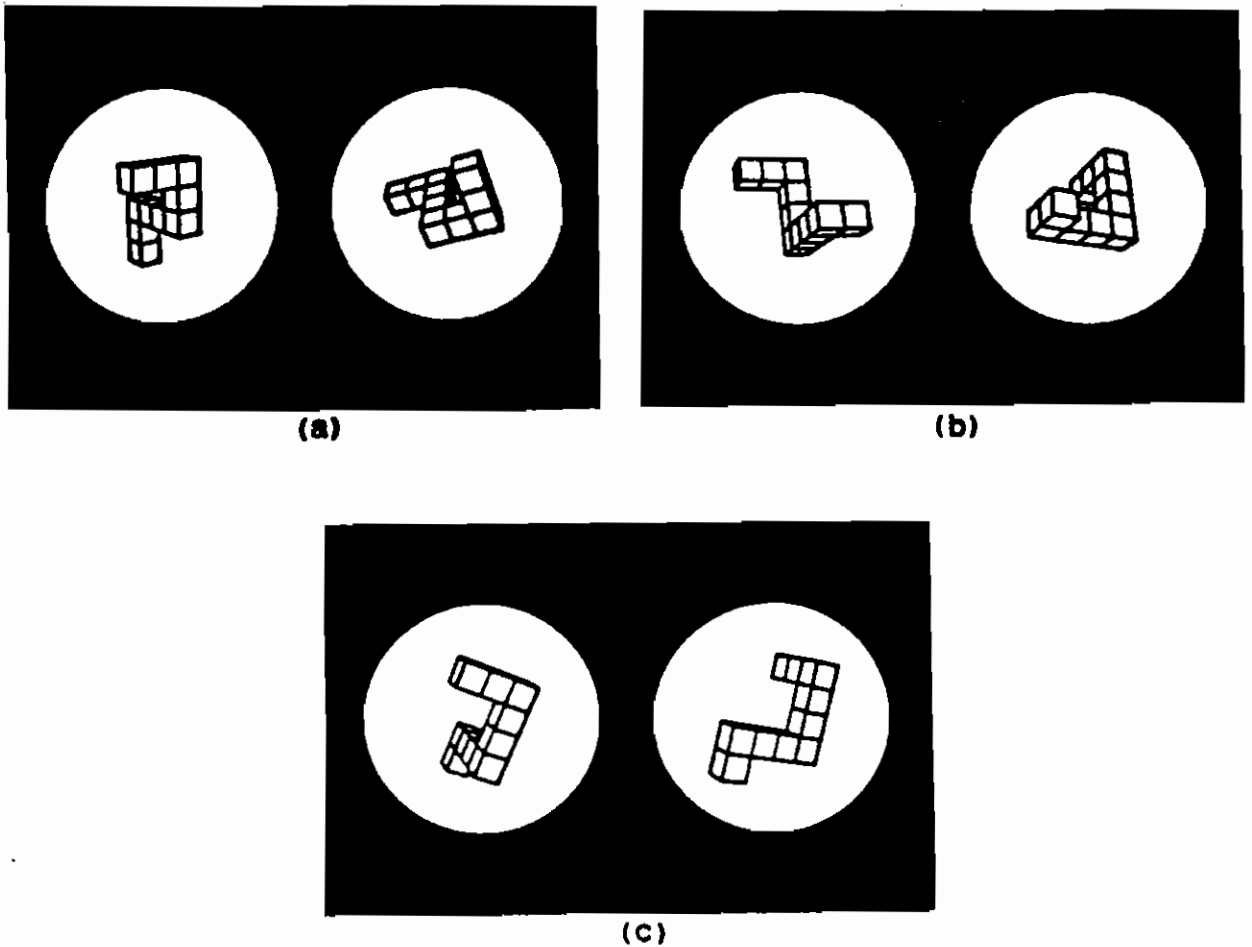
- La figura tiene más apariencia de cosa y tiende a ser más recordada que el fondo.
- La figura se ve situada delante del fondo.
- El fondo se ve como material sin forma y parece que se extienda detrás de la figura.
- Existe un factor de simetría donde las áreas simétricas tienden a verse como figuras.
- Las áreas convexas es decir, curvadas hacia fuera, tienden a verse como figura, pudiendo anular algunas veces la convexidad y por tanto, los efectos de la simetría.
- Los estímulos cuyas áreas son relativamente pequeñas tienden a verse como figuras.
- Las orientaciones verticales y horizontales favorecen la percepción de la figura sobre el fondo.

De entre todos ellos la orientación, es uno de los más controvertidos a la hora de entender una figura tridimensional en el espacio.

En el caso de las imágenes sintéticas por ordenador basadas en líneas, la percepción esquemática de la proyección de una figura puede ser entendida como tridimensional, ya que el fenómeno de la orientación es fundamental para crear y mover figuras en el espacio virtual del ordenador como punto de referencia obligado en nuestro proceso de creación y ordenación de las formas.

Por ejemplo, si observamos una imagen alámbrica de un cubo generado por ordenador y lo representamos mediante una proyección de tipo isométrico, es posible que percibamos la ambigüedad de la figura a la hora de determinar la posición más cercana y más lejana del vértice saliente de la figura⁶³. Este fenómeno conocido como inversión perceptual recoge sin duda uno de los problemas más importantes a la hora de situarnos espacialmente ante un entorno no conocido y actuar sobre objetos específicos de una manera creativa.

Imagen 15



Ejemplos de pares de dibujos de perspectiva lineal empleados para estudiar la influencia de la orientación espacial diferencial en la percepción de las formas. Según investigaciones llevadas a cabo por Shepard y Metzler en 1971.

Ilustración a. Dos dibujos físicamente idénticos, pero que difieren en una rotación de 80° sobre el plano del dibujo.

Ilustración b. Dos dibujos físicamente idénticos pero que difieren en una rotación de profundidad de 80° .

Ilustración c. Dos dibujos que no pueden igualarse por ninguna rotación.

Extraído del libro "Psicología de la percepción". Alianza Psicológica. William N. Dember, Joel S. Warm, Madrid, 1990.

1.2.3.3. Los niveles de interpretación. La discriminación visual.

Siguiendo las teorías de la información más recientes, la existencia de niveles de interpretación de la imagen se han convertido en uno de los pilares teóricos sobre la conceptualización de las formas.

Dicha organización mantiene que existe una discriminación visual física⁶⁷, que limita la calidad de los datos extraídos a través de los estímulos en detrimento de fenómenos perceptuales relacionados con la constancia formal de las cosas, la adaptación durante el reconocimiento, la memoria visual y sobretodo la interpretación simbólica del mensaje transmitido que podemos realizar cuando intentamos descubrir en la forma o formas elementos referenciales familiares.

La discriminación visual parte de la premisa de que, aunque nuestro ojo recoge las percepciones de una imagen o forma de manera minuciosa, en realidad se está produciendo desde el inicio mismo de la captación, una discriminación tanto, desde el punto de fisiológico como psicológico que nos lleva muchas veces a admitir elementos ilusorios en una imagen⁶⁸.

Los niveles de interpretación de la imagen por un lado, se tratarán en función de los filtros iniciales durante el proceso de la percepción de los cuales no nos podemos desligar, y por otra de las leyes que rigen nuestra forma de interpretar una imagen final que conocemos a través del arte como composición.

La composición comprenden en realidad, la base teórica de la estructura del mensaje visual⁶⁹ existente en una imagen que nos permite almacenar información que posteriormente utilizaremos para reconocer elementos de nuestro entorno e incluso reconstruirlos con diversos medios.

Dentro de este mensaje no sólo se encuentran todos aquellos aspectos que influyen directamente o indirectamente en la comprensión de una imagen sino que establecen los niveles básicos⁷⁰ de actuación como:

- El nivel de la representación. Es la imagen que vemos y reconocemos a través de nuestro entorno y que se almacena en la memoria a través de la experiencia.
- El nivel de abstracción. Es la cualidad cinestésica que puede generar hecho visual remoto, reducido a sus componentes visuales y elementales básicos. Es por tanto, una simplificación que tiende a buscar el significado estimular más intenso y perdurable.
- El nivel simbólico. Es un tipo especial abstracción que recoge el concepto de símbolo o modelo ideal de lo representado y que mantiene sobre todo, la premisa genérica de lo percibido y almacenado a través de la experiencia.

1.2.3.4- La interpretación de la imagen. La composición.

La mayoría de los factores han sido estudiados en el presente capítulo como elementos de la psicología perceptual en el reconocimiento de formas no se perciben singularmente, sino que la mente utiliza esquemas compositivos que permiten al individuo interpretar la imagen en su conjunto. Dichos esquemas entendidos como estructuras compositivas⁷¹, son tratadas de manera consciente o inconsciente cuando nos hallamos ante una imagen visual de cualquier tipo, ya sea cuando nos encontramos ante un objeto real o ante una representación elaborada de ese objeto.

En muchos casos la idea de composición es inevitable desde el punto de vista plástico aún cuando situemos un simple punto o recta en una hoja de papel, ya que la percepción, de manera inconsciente, no toma la idea de punto como tal sino que establece una relación entre el punto y su colocación sobre el papel.

A nivel teórico, somos capaces de analizar uno a uno de los componentes que forman un determinado aspecto perceptual desde el punto de vista fisiológico o neuronal pero entendemos que es necesario la interrelación causativa del todo frente a las partes en aspecto relacionados con las imágenes elaboradas de todo tipo ya que son éstos constructos mentales, los que recogen en muchos casos puntos de vista subjetivos del creador, y no aspectos llamados naturales, que consideramos como normales.

La mayoría de estos planteamientos son considerados de una manera inconsciente por la visión y nuestro cerebro y es precisamente cuando realizamos una acción fuera de las premisa generales y constante en nuestra percepción, cuando percibimos que dicho elemento pueda estar “fuera de lugar” lo cual no quiere decir mal colocado, sino que nos produce extrañeza por lo que prestamos más atención sobre ella.

La composición es en muchos casos, considerado un aspecto externo e interpretativo de la imagen en su conjunto, donde existe un fuerte componente plástico y subjetivo de los elementos o formas representadas, pero en realidad es la idea mantenida durante el presente capítulo de que, no podemos desglosar los diferentes elementos perceptuales sin tener en cuenta las nociones de entorno frente a cada uno de ellos, lo que nos acerca cada vez más a las viejas teorías de globalidad de la forma de la Gestalt.

Para muchos la noción de composición no se halla relacionado, en realidad con la creación que podamos plantear durante el análisis de la forma y el color, pero sin duda hemos dejados claro que en muchas ocasiones durante las fase de creación la mente sufre un momento de ordenación visual de los componentes que

va a intentar crear y representar y que como veremos más tarde en el apartado de la formalización de la tridimensionalidad es fundamental para que ciertas formas nos resulten cuanto menos familiares a la realidad a la que estamos acostumbrados a vivir.

No debemos olvidar que los criterios subjetivos que se realizan por medio de la imagen ya creada y que en muchos casos han sido utilizados en el campo de las artes visuales como medio de sistematización subjetiva de las formas en las que se hallan involucradas desde los elementos más sencillos de la percepción a los más complicados desde el punto de vista perceptivo. Entre ellos destacaremos el diseño gráfico, la fotografía, o el cine.

En general, entre los elementos fundamentales de la composición y los límites de la forma, existe una atracción dominante como es la gravedad física, que mantiene al ser humano como centro dinámico⁷² de su entorno.

R. Arnheim⁷³ en su libro "El poder del centro", mantiene la importancia, no sólo de la composición de las formas en un entorno específico, capaz de mantener un centro de equilibrio constante entre las partes, sino que manifiesta la complementariedad de los límites de una imagen que influyen directamente en la creación y percepción de la misma. Existe además, un sistema de referencia vertical y horizontal, que mantiene los puntos referenciales reales de la posición y peso de los objetos del todo frente a las partes.

El peso visual no vinculado exclusivamente a la atracción gravitatoria, sino a las propiedades inherentes a los objetos representados bidimensionalmente, mantiene los llamados puntos de anclaje visual en el que se intenta contrarrestar los pesos entre elementos bajo las premisas relacionadas con la percepción de las distancia y por tanto la influencia del entorno frente ellos.

Respecto a los límites, ya sean fijos como perceptuales⁷⁴, son obvios en cualquier imagen bidimensional debido a las limitaciones del campo visual de nuestros ojos como la soporte donde se sitúa la misma, ya sea un cuadro una fotografía o un monitor. El marco⁷⁵, por tanto, se convierte también en una pieza clave para R. Arnheim⁷⁶, en cuanto que marca la condición de la representación del mundo real.

1.2.3.5- Los fenómenos oculares.

Llamamos fenómenos oculares al conjunto de experiencias e investigaciones observadas a través de la percepción en condiciones determinadas y que producen efectos inesperados de lo que consideraríamos tradicionalmente una visión predecible. A nivel informático, la percepción de éstos efectos se cumple en ocasiones debido a la gran similitud existente entre la imagen visual, obtenida del mundo real proyectada sobre nuestra retina, y la generada por medios informáticos a través de similares conceptos de proyección.

Los fenómenos oculares o visuales han sido durante mucho tiempo la justificación de numerosas teorías de la percepción que buscan la explicación de porqué existe una desigualdad entre lo que realmente captura el ojo y lo que finalmente percibimos e interpretamos de él, ya que sabemos que dicha percepción final es capaz de engañarnos sistemáticamente y en ocasiones conscientemente.

Dichos fenómenos obligan sin duda al investigador a plantearse cual es la mejor respuesta teórica que pueda darse en cada caso, ya sea desde un punto de vista neuronal, o meramente psicológica. Over en 1968, delimitó los tres grandes grupos de clasificación en función del nivel de actuación preferente sobre el mecanismo de la percepción:

- Grupo de fenómenos que afectan directamente a la estimulación obtenida. Entre ellas destacaremos la teoría del movimiento ocular basada en el estudio de la observación por parte del ojo de posibles patrones y configuraciones.
- Grupo de fenómenos que afectan a los mecanismos del sistema perceptivo a nivel fisiológico. Entre ellas destacaremos la teoría de la inhibición neuronal que actúa durante el reconocimiento de las formas y los contornos.
- Grupo de fenómenos que actúa sobre el nivel cognitivo del fenómeno. Destacaremos los efectos de una constancia formal mal aplicada en la medición perceptual de la profundidad.

Esta clasificación permite la integración teóricas sobre ciertas experiencias que suelen ser explicadas en función de los factores relacionales que le afectan directa o indirectamente.

Entre ellas destacaremos tres conocidas como la teoría del movimiento ocular, la teoría de la inhibición lateral y la teoría del procesamiento de la profundidad y constancia mal aplicada.

- La teoría del movimiento ocular.

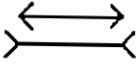



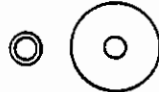

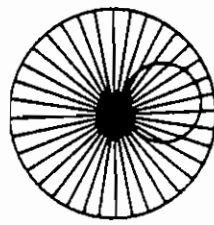


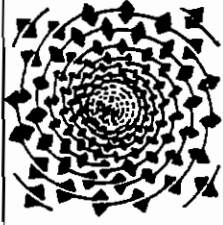
Esta teoría se basa en el estudio de los movimientos oculares ilusorios durante la observación de formas o figuras. Esta teoría sostiene que se producen errores en la percepción en figuras ilusorias que presenten una orientación determinada, por ejemplo, ante una discriminación en el cálculo de las dimensiones de una figura en cuyo entorno domine la verticalidad o la horizontalidad. Ello se produce una modificación de la extensión y dirección de los movimientos oculares al observar partes concretas de las figuras, como ocurre en el fenómeno de Müller-Lyer.

Este fenómeno se produce cuando visualizamos una imagen que representa dos líneas acabadas en puntas de flechas, que señalen hacia fuera y hacia dentro, y donde la dimensión del segmento interior parece variar de dimensión siendo que en realidad lo son. Según esta teoría, las puntas de flecha hacia fuera provocan movimientos de observación de los extremos que son más amplios que los que provocan las puntas de flecha hacia dentro de las puntas y que esta diferencia origina una disparidad en la longitud percibida del tramos con la orientación hacia fuera⁷⁷.

- La teoría de la inhibición lateral.

Esta teoría intenta dar una explicación de las ilusiones geométricas a través de la neurofisiología, que ya vimos al principio del capítulo cuando enumerábamos las estructuras funcionales de las células detectoras de los contornos. En ella se propone, inicialmente que los procesos de inhibición lateral a nivel de la retina son capaces de modificar la actividad de las células estimuladas por las formas en general. De este modo podemos sufrir cambios perceptuales incontrolables que se producen a través de la influencia indirecta entre formas o fondos. Los cambios en la distribución de la excitación estimular durante la captación de la forma se reflejan por ejemplo, en las posibles variaciones de tamaño, la estimación errónea de las distancias e incluso de la pérdida de profundidad perceptual a través de la proyección.

Tabla VI

Extensión	 (a)	 (b)	 (c)	 (d)	 (e)
Forma y dirección	 (f)	 (g)	 (h)	 (i)	 (j)

Descripción de las ilusiones geométricas más estudiadas, clasificadas como ilusiones de extensión y las ilusiones de forma y dirección. Entre ellas encontramos:

- Ilusiones de extensión.

- a- Ilusión de Müller-Lyer.
- b- Ilusión de Ponzo.
- c- Ilusión de la vertical-horizontal.
- d- Ilusión de Jastrow.
- e- Ilusión de Delboef.

- Ilusiones de forma y dirección.

- f- Ilusión de Ehrnstein
- g- Ilusión de Orbison.
- h- Ilusión de Zollner
- i- Ilusión de Wundt.
- j- Ilusión de la cuerda enrollada.

Esquema extraído del libro "Psicología de la percepción" de William N. Dember, Joel S. Warm. Ediciones Alianza Psicológica. Madrid, 1990.

- El procesamiento de la profundidad y constancia mal aplicada.

Propuesta por Thiéry en 1896 y popularizada posteriormente por investigadores como Day y Gregory en los años 70, esta teoría afirma que las ilusiones de tamaño se producen cuando se sobrepasa ciertos índices de profundidad o tridimensionalidad que suelen permitir al observador mantener la constancia del tamaño, aunque las imágenes retinianas no varían realmente de tamaño. Es decir, los mecanismos que en condiciones normales ayudan a mantener la estabilidad perceptiva, originan distorsiones al ser aplicados de modo inadecuado.

Entre los fenómenos oculares que cumplen esta teoría encontramos, por ejemplo, a la ilusión de Ponzo en donde, partiendo de la representación en la imagen de un índice de distancia como es la perspectiva lineal inducido a través de líneas convergentes, un objeto situado en la parte superior de la imagen tenderá a percibirse más pequeño que uno situado en la parte inferior.

También la ilusión de Müller-Lyer puede ser explicada bajo esta teoría debido a que el tramo de recta con los dos puntas de flecha hacia fuera parece más larga a una disposición tridimensional, mientras que el tramos con las puntas interiores se percibe como la esquina inferior y por tanto, más cercana a la disposición tridimensional.

En concreto destacaremos que Gregory en 1968, observó que cuando las figuras de Müller-Lyer se pintaban con pintura luminosa y se observan en total oscuridad, tendían a verse como esquinas, por lo que en una recta con las puntas direccionadas hacia dentro se crea la sensación de una esquina externa cercana y por tanto se percibía más corta, mientras que en caso contrario, se ve más larga debido a la tendencia a percibir una esquina interna lejana.

Imagen 16

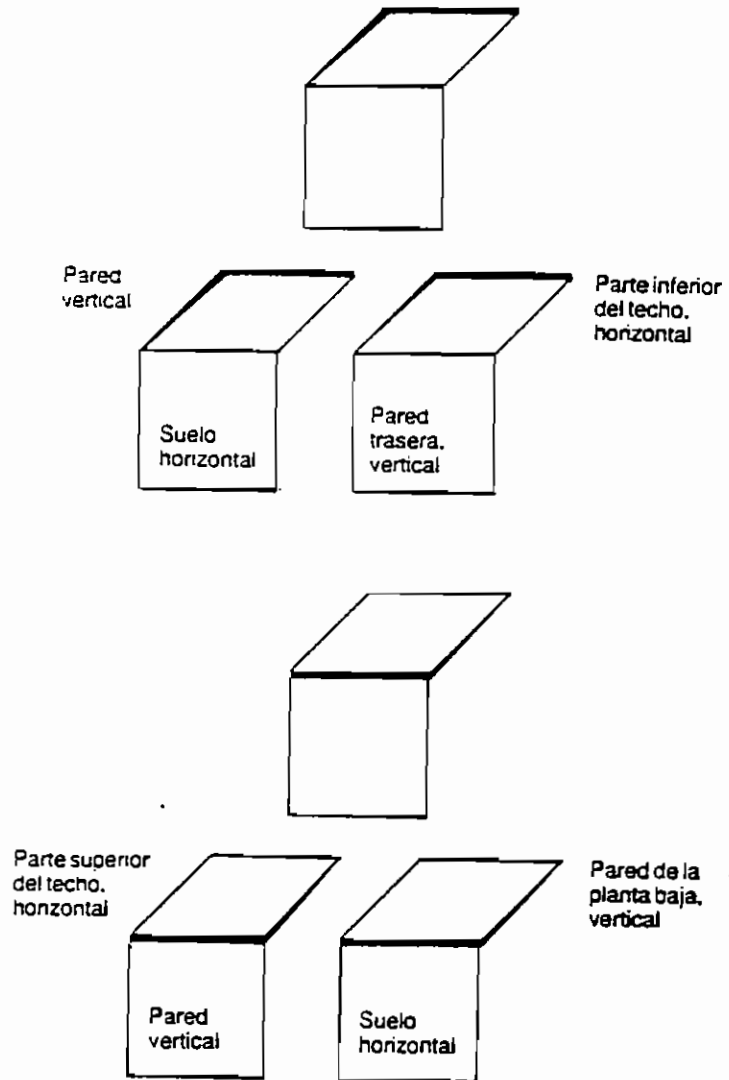


Imagen extraída del libro "El espejo mágico de M.C. Escher", de Bruno Ernst Editorial Taschen. Colonia, 1994. Pag. 81.

Notas

¹ Gracias a los estudios sobre la percepción del movimiento que planteó la psicología de la Gestalt considerando al estímulo desde un punto de vista global. La Gestalt negó la idea de que las percepciones se componían de sensaciones elementales mientras que propuso la idea de los contornos subjetivos que son generados por nuestra mente siguiendo cuatro leyes básicas de organización.

² Rudolph Arheim. "Arte y Percepción visual". Alianza Editorial. Madrid, 1981. Pag. 62-62.

³ Por otra parte, y a nivel fisiológico, R. Arnheim llega a la conclusión de que la forma perceptual es también el resultado de un juego recíproco entre la percepción del objeto material, el medio luminoso que actúa de transmisor de la información y las condiciones reinantes en el sistema nervioso del observador.

⁴ E. Bruce Goldstein. "Sensación y percepción". Editorial Labor. Madrid, 1993. Pag. 182.

⁵ De esta manera seremos capaces de adaptarnos visualmente, desde los estadios posteriores a nuestro nacimiento, a la forma de los objetos y por tanto, a nuestro entorno, comenzando por unos pocos rasgos salientes o indicios, que poco a poco determinarán la identidad de un objeto percibido, sino que además hace que nos parezca como un esquema completo e integrado.

⁶ Peter H. Lindsay, Donald A. Norman. "Procesamiento de la información humana". Editorial Tecnos. Madrid, 1976. Pag. 67-90.

⁷ Recordemos que a nivel neuronal, la combinación de grupos diferenciados de células receptoras permiten mejorar las posibilidades de recepción del estímulo, estableciendo una conexión y dirección única sobre el siguiente nivel celular del sistema, y en concreto a las células ganglionares, de forma que la respuesta de cierta cantidad de receptores sea única.

⁸ Según las experiencias de Hubel y Wiesel mediante experimentos electrofísicos sobre el córtex visual, existe una configuración de campos excitadores e inhibidores, que proporciona un complejo sistema de detección de bordes. En él, existirán células que responderán al máximo ante un borde de luz alineado perfectamente con el eje de los campos, y otras que serán capaces de actuar como detectoras de aberturas de forma que la respuesta máxima se produce por la variación estimular entre una línea brillante rodeada por dos líneas oscuras, etc...E. Bruce Goldstein. "Sensación y percepción". Editorial Labor. Madrid, 1993. Pag. 52.

⁹ En las células de tipo simple capaces de detectar contornos simples como la línea, por ejemplo, responde principalmente cuando la línea está colocada en una posición u orientación precisa en la retina. A un nivel superior, es decir cuando existe una combinación de dichas células con otras de su misma categoría e incluso más complejas, la línea no debe presentar en principio ninguna orientación crítica, ya que abarca una región más amplia de la retina.

¹⁰ Al igual que en las células simples, los detectores complejos no se ven afectados por la extensión del estímulo más allá del campo receptor que lo engloba. La información en cambio, es considerada más abstracta que la de los niveles inferiores y por tanto, determinarán la orientación de los contornos compuestos dentro de un campo visual.

¹¹ La combinación celular en la formación de las células hipercomplejas, se realiza mediante las conexiones de por lo menos tres células complejas bajo una orientación muy definida en las que se orientan las salidas de inhibición.

¹² No obstante, la diferencia más notable que la clasifica como célula hipercompleja sobre otros tipos de células detectoras de la forma es la posibilidad de mostrar especificidad de respuestas ante movimientos en dos direcciones.

¹³ En realidad, existen tres tipos de mecanismos excitador-inhibidor conocidos como: lateral, proactivo y de retroalimentación. La inhibición lateral actúa sobre contornos pronunciados, respondiendo selectivamente a las variaciones en la forma espacial de la iluminación. La inhibición proactiva y la retroalimentación actúa en respuestas neuronales pronunciadas ante cambios temporales de iluminación.

¹⁴ En la extracción de contornos necesitamos tener una actividad de respuesta relativamente pequeña cuando las luces tienen una intensidad constante y una gran cantidad de actividad cuando se producen cambios de iluminación.

¹⁵ La influencia que las imágenes visuales en movimiento fueron determinadas durante los años 50 gracias al desarrollo de las técnicas de producción imágenes fijas en nuestro ojo. Las

experiencias más destacadas sobre este tema se deben a los investigadores Riggs, Ratliff, Cornsweet en 1952. Partían de la utilización de espejos que colocados sobre el ojo repetían la imagen en el ojo, de forma que éste no perdiera la imagen en ningún momento. Ello producía un desvanecimiento de la imagen visual, de manera que gradualmente no quedaba nada salvo un campo visual blanco y homogéneo.

La imagen podía también sufrir la pérdida de trozos significativos de las formas representadas, comenzando por los segmentos completos y permaneciendo visibles otras zonas, de manera que la imagen que en realidad se presenta más difícilmente reconocible conscientemente es la que subsiste durante más tiempo.

¹⁶ Entre las pruebas experimentales destacaremos las que permiten variar la posición de la imagen u objeto visual, dependiendo de la posición que tome el ojo. Una forma de hacerlo es pegar un pequeño espejo a unas lentes de contacto sobre el ojo del sujeto. El estímulo del objeto percibido se dirige al espejo y mediante un sistema óptico la imagen retiniana se dirige sobre la pantalla, por lo que, lo que percibe el sujeto es la imagen de pantalla. Ahora bien, cuando el sujeto mueve los ojos, el espejo que esté en la trayectoria ocular también lo hace, lo cual a su vez hace que la imagen del estímulo de la pantalla se mueva en función del movimiento de la imagen en la retina.

El sistema óptico está dispuesto de tal modo que la extensión absoluta del movimiento retiniano del ojo compensa exactamente con el movimiento de la imagen retiniana. En general, y una vez comenzado el experimento en la visualización de una figura que se ha estabilizado en la retina, la imagen desaparece de modo gradual y no queda nada salvo un campo visual homogéneo. Si este campo se oscurece, el resultado es la pérdida completa de la sensación. Si hay colores en el campo visual se desvanecen dejando un campo acromático de claridad diferente que a su vez desaparece tras un corto espacio de tiempo. Figuras sencillas creadas con finas líneas desaparecen también aunque puede llegar a verse fragmentos que pueden verse apareciendo y desapareciendo de modo periódico.

¹⁷ Los estudios electrofisiológicos de Granit en 1955, en función de ciertas restricciones aplicadas al campo de estímulos, han mantenido que la mayor parte de los receptores retinianos no responden a la luz de forma constante y que las respuestas más acusadas se producen ante los cambios de iluminación. Esta teoría no resuelve de manera total la desaparición de la imagen retiniana bajo estas condiciones, ya que existen pruebas de que ciertos elementos del sistema central toman parte en la desaparición de las imágenes fijas en experiencias llevadas a cabo con la visión de imágenes consecutivas en uno y otro ojo aumenta el estímulo de visualización de la imagen no ocurriendo así cuando la visión se realiza la experiencia con un sólo ojo.

¹⁸ En dichas experiencias los dibujos o formas eran presentados con una capa de pintura luminosa sobre una cartulina morada en una habitación totalmente oscura. Los individuos observaban inicialmente una fragmentación de las figuras alrededor de los tres segundos y posteriormente se producía una intermitencia que favorecía la aparición y desaparición de las formas de manera aleatoria y cada vez más escasa desde el punto de vista de la información de la figura inicial.

¹⁹ El primer ganzfeld fue creado por Metzger en 1930 mediante una pared curva e iluminada de forma homogénea.

²⁰ A veces se produce en la naturaleza en vuelos de reacción muy elevados cuando el campo visible fuera del avión no contiene detalles notables situación, situación que provoca un estado denominado miopía del campo vacío en el que el piloto pierde de modo temporal la capacidad de acomodar los ojos correctamente y se vuelve miope o corto de vista. Es un estado peligroso en potencia ya que limita la capacidad del piloto para localizar los objetos que aparezcan de repente en el espacio aéreo circundante.

²¹ En experimentos artificiales con un "ganzfeld", la primera experiencia es de estar viendo una bruma difusa o un "mar de luz" capaz de crear la sensación de distancias indeterminadas, donde la persona es incapaz de donde fijan la mirada o donde han mirado previamente deteriorando así la capacidad de localizar o juzgar el movimiento de los objetos, desapareciendo incluso el color en el mismo.

²² Este aspecto se relaciona con el fenómeno de fijación de la forma mediante el proceso de la agudeza visual frente a las distancias. Ver capítulo 3º dedicado a la formalización del objeto tridimensional.

²³ Precisamente durante este periodo, se apreciaba un avance significativo en el desarrollo de la agudeza visual y la profundidad.

²⁴ Estudios posteriores han sido desarrollados por Harris en 1976. Salapatek y Banks. en 1978 y Dobson y Teller, en 1978.

²⁵ 60 minutos de ángulo visual es igual a un grado.

²⁶ En comparación con los adultos la agudeza es de un minuto de ángulo visual.

²⁷ Esto ha llevado a los investigadores a creer que el sistema visual del niño en desarrollo sólo es sensible a un patrón reducido de la información disponible para el adulto.

²⁸ Sobre este tema, Ginsburg en 1983, experimentó con imágenes simuladas que podían resumir la percepción visual de la forma por parte del recién nacido y en sus meses posteriores mediante un procedimiento matemático que aplica las funciones de sensibilidad al contraste en una fotografía.

²⁹ Experimentos desarrollados por Young-Browne en 1977.

³⁰ Según los trabajos de DeLoache, Strauss. Maynard en 1979. Boynton R., Robert M. "Human Color Vision: Color Matching and the Visual Pigments. The Principle of the Univariate". Capítulo 5º. Edición Optical Society of America, OSA. USA. 1992. Pag. 109-111.

³¹ Fantz y colaboradores en 1975, determinaron que cuando a un niño se le presentaba diversas formas, éste elegía la formas curvas sobre las rectas.

³² Entre ellos destacaremos los estudios e investigaciones llevadas a cabo por Richard Aslin en 1981, en un intento de aunar las dos propuestas bajo un baremo intermedio en las que describe la existencia de una combinación de factores genéticos y ambientales que actúan de forma común en el avance evolutivo del niño.

³³ Numerosos estudios han determinado que la privación de la luz en un ser humano durante las primeras cuatro a seis semanas, retarda el desarrollo normal de la visión por lo que, estados más prolongados pueden llegar a destruir e incluso modificar nuestro sistema visual con daños irreparables.

³⁴ Los experimentos llevado a cabo por Colin Blakemore y Donald Mitchell (1973) han demostrado que una sola hora de exposición al cilindro con franjas es suficiente para cambiar la estructura de las células del córtex.

³⁵ Dichas experiencias fueron completadas por Helmut Hirsch y D. N. Spinelli colocando a los gatos una gafas que presentaban franjas verticales en un ojo y horizontales en el otro, para influenciar la visión sobre una orientación marcada.

³⁶ Ello implica la pérdida de todos los procesos relacionados con la visión binocular en relación con la determinación de las distancias entre objetos, la profundidad visual, etc...

³⁷ Hubel y Wiesel en sus estudios más famosos sobre gatos recién nacidos, descubrieron que existían anomalías en los histogramas de dominancia ocular se hacían mayores con el incremento en el tiempo en que los gatos están privados monocularmente. Fisiológicamente, los experimentos se desarrollaban mediante histogramas de dominancia ocular se establecen mediante el registro de la actividad de un número determinado de células y la evaluación de la capacidad de cada célula para responder tanto a la estimulación del ojo contralateral-situado en el lado de la cabeza opuesto al ocupado por la célula- como en el ojo ipsilateral- el que está en el mismo lado que la célula-.

³⁸ Estas leyes de organización de la forma serán descritas más tarde, en la interpretación de la forma frente al entorno visual.

³⁹ En realidad, en la actualidad se cree que esta teoría no llega a adaptarse adecuadamente a la problemática de las características fisiológicas de la visión en su totalidad. No obstante, ayuda a la comprensión de la existencia de una serie de células que responde a orientaciones y formas determinadas que pueden definirse inicialmente como patrones base que permita el reconocimiento de una figura. A nivel informático estas técnicas han sido asumidas por los programas de reconocimiento de caracteres conocidos bajo las siglas de OCR.

⁴⁰ La traducción de la palabra Pandemoniún se relaciona con el concepto de caos en el ámbito religioso del cristianismo sobre el infierno.

⁴¹ Peter Lindsay y Donald Norman. "Procesamiento de la información humana. Una introducción a la psicología". Editorial Tecnos. Pag. 119-154.

⁴² Por ejemplo, frente a una figura o forma recogida por los demonios de la imagen, las señales se envían a los demonios de las características activándose sólo los que se hallan en relación de similitud con la forma tratada.

⁴³ No obstante se asemeja a ésta en la duración empleada en el reconocimiento de las características, ya que las dos emplean el mismo proceso de asimilación global.

⁴⁴ La presencia de partes o rasgos concretos será por tanto, decisiva para determinar la respuesta del reconocimiento. Las pruebas psicofísicas se apoyan en la presencia en el sistema nervioso de células que están especializadas en extraer rasgos específicos de los estímulos y los datos que indican que las medidas de los rasgos se relacionan con la discriminación de la forma, junto con los movimientos oculares registrados al observar dichas formas.

⁴⁵ Irvin Rock. "La percepción". Editorial Labor. Barcelona, 1985. Pag. 127.

⁴⁶ Esta descripción dependerá de la geometría del objeto, su orientación percibida, el entorno donde se halla emplazado, etc...

⁴⁷ Las figuras reversibles han sido estudiadas intensamente durante el presente siglo por M. Escher desde un punto de vista sistemático. Bruno Ernst. "El espejo mágico de M.C. Escher". Editorial Taschen. Colonia, 1994.

⁴⁸ Puede no obstante, haber una inducción en el proceso mental gracias al cual un rasgo puede aparecer en una imagen visual sin tener presencia retiniana. Rudolph Arheim. "El poder del Centro". Alianza Forma. Alianza Editorial. Madrid, 1984. Pag. 17.

⁴⁹ Por ejemplo, las reglas de interpretación de proyecciones tridimensionales que han sido las más estudiadas y recogen sin duda, un aspecto de reorganización de la mente frente objetos en el espacio.

⁵⁰ El hecho de que las formas se perciban como objetos simples o complejos se halla relacionado con el número de lados o vértices independientes que contienen. La relación entre complejidad y número de lados parece ser independiente de la modalidad sensorial usada en la presentación del estímulo.

Científicos como Brown, Brumaghim y Owen realizaron experimentos entre 1966 y 1968, que demostraron que esta relación se mantiene en polígonos aleatorios visuales y en sus análogos táctiles. La coincidencia de resultados entre la visión y el tacto indica que la relación psicofísica entre los juicios de complejidad y el número de lados de la forma es una característica perceptiva general justificando así los factores que se encuentran en la simetría, el grado de variabilidad del tamaño de los ángulos y la razón entre el perímetro y el área.

⁵¹ Recordemos una vez más las leyes de la Gestalt.

⁵² Ello ha supuesto un reconocimiento en la organización perceptiva de las respuestas neuronales en el córtex visual y se han visto complementadas posteriormente con diversas leyes sobre la constancia de la forma, el color y la profundidad.

⁵³ Pero en ciertos casos, la información que desencadenan un estímulo puede llevar a casos de ambigüedad formal en las que percibimos algo que no se ajusta con la realidad, o que se halla bajo términos cualitativamente distintos. Ello es debido a que en ocasiones el sistema perceptual es capaz de realizar una selección de una sobre otras dependiendo de los principios de organización y de agrupación, que componen las leyes de la Gestalt.

⁵⁴ Ver apartado del capítulo dedicado a los niveles de interpretación visual en función de la discriminación visual.

⁵⁵ Proveniente de la palabra alemana Prägnanz debe traducirse correctamente como la búsqueda de una estructura perceptual lo más definida posible, y no como la más simple.

⁵⁶ Dicha utilización a modo de análisis sobre la imagen sintética es necesaria para comprender las interpretaciones formales que podemos hallar, independientemente de la posibilidad de que esta imiten de alguna manera nuestra percepción real del ambiente que nos rodea.

⁵⁷ Según R. Arheim la línea se manifiesta en una imagen visual bajo los tres conceptos o actuaciones diferenciadas conocidas como la línea objetual, la línea de sombreado y la línea de contorno.

La línea objetual se establece en la percepción sobre formas o figuras unidimensionales, las línea de sombreado se generan cuando se agrupan una serie de líneas para crear un patrón de sombreado, por ejemplo en los grabados del siglo XIX, donde las línea de contorno que establece la separación de un forma cerrada o abierta en un entorno, se tiende a ver por tanto los espacios relacionados con ellas. Las líneas de contorno comprenden aquellas líneas que se crean como líneas objetuales independientes y se transforman en una línea más entre las existentes en una figura compuesta. Rudolf Arheim. "La percepción". Editorial Labor. Barcelona, 1985. Pag. 246.

⁵⁸ Ello nos lleva a comprender la necesidad de que exista, durante la captación de la forma una diferencia suficiente entre las intensidades percibidas de un contorno definido y que por tanto, necesitamos del fondo como base fija a los cambios de luminosidad.

⁵⁹ Entre ellos destacaremos sin duda dos experiencias o fenómenos extrapolables a las imágenes generadas por ordenado que son el fenómenos de la figura-fondo desarrollada por Edgar Rubin y las figuras reversibles desarrolladas por psicólogos y artistas como Necker, Josef Albers. y otros.

⁶⁰ A parte de las figuras iniciales de E. Rubin, podemos encontrar como claro exponente pictórico las realizadas por M. Escher, gracias al uso modular de una figura o figuras entrelazadas.

⁶¹ Estudios más avanzados sobre el tema de las figuras reversibles desde el punto de vista de la orientación y la simetría fueron generadas por Oyama en 1960, Künnapas en 1967, Hochberg en 1971 y Kanizsa en 1979.

⁶² E. Bruce Goldstein. "Sensación y percepción". Editorial Debate. Madrid, 1993. Pag. 188-189.

⁶³ Esta figura reversible es conocida como el cubo de Necker.

⁶⁴ Irvin Rock ha mantenido en los últimos años que el marco ambiental tiene prioridad sobre el marco retiniano en la determinación de los efectos de orientación espacial en el reconocimiento de la formas.

⁶⁵ Este hecho se confirma con los estudios llevados a cabo por Gibson para explicar la profundidad visual y constancia de los objetos en el espacio cuando perdemos los elementos referenciales mínimos.

⁶⁶ Recordemos el fenómeno estudiado anteriormente de la "rotación mental" existente durante el proceso de reconocimiento de la forma por características.

⁶⁷ Esta discriminación funcional es fundamental para que muchas imágenes sintéticas que nos han sido estudiadas sean analizadas de la misma manera que las obtenidas por un cámara una televisión o mediante la utilización de pinturas, todas ellas en cuanto intentamos imitar la realidad pasan por filtros parecidos de construcción e interpretación que las hace similares.

⁶⁸ Ver apartado dedicado a los fenómenos oculares.

⁶⁹ D.A. Dondis, " La sintaxis de la imagen. Introducción al alfabeto visual". Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 1990. Pag. 21.

⁷⁰ A nivel informático estas categorías fundamentan los aspectos que dominan a la imagen sintética y su interpretación final, como ocurre en otras manifestaciones o actuaciones visuales de nuestro tiempo, durante el proceso creativo y plástico o simplemente a través de su visualización.

⁷¹ Entre los elementos descritos por Dondis y que se hallan comparadas con los elementos que podemos generar en el ordenador encontramos al punto, la línea, el contorno, el tono, el color, la textura, La dimensión real y la percibida, la proyección, y el movimiento. D. A. Dondis, " La sintaxis de la imagen. Introducción al alfabeto visual". Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 1990. Pag. 43-54.

⁷² Este centro dinámico se halla reforzado por la idea de verticalidad de los objetos frente a la horizontalidad del suelo. Este punto será explicado más tarde en el capítulo 3º, sobre la formalización del objeto tridimensional.

⁷³ Rudolph Arnheim. " El poder del centro". Alianza Forma. Alianza Editorial. Madrid, 1984. Pag. 14-17.

⁷⁴ Nos referimos a límites perceptuales al campo de visión de los ojos. Ver capítulo 1º dedicado a la fisiología de la percepción.

⁷⁵ Cuando se pierde la sensación de tridimensionalidad, se produce una acentuación clara de la ideas que relacionan a la imagen con los fenómenos perceptivos de la forma, como son entre otros, la superposición, la constancia de la forma y con ello la composición y distribución de los elementos en la escena. Rudolph Arheim. " El cine como arte". Ediciones infinito. Buenos Aires, 1971. Pag. 18

⁷⁶ Rudolph Arheim. " El cine como arte". Ediciones infinito. Buenos Aires, 1971.

⁷⁷ No obstante esta teoría ha sido refutada en su mayor parte debido a las experiencia llevadas a cabo por Over, Schiffman y Thompson que demuestran que dichas ilusiones se produce aun cuando no existen movimientos perceptible del ojo, debido a que la imagen una vez estabilizada en nuestra retina es capaz de crear el mismo efecto ilusorio.

- **Acomodación.** Proceso que actúa durante la focalización de los objetos por el ojo, cuando éstos se hallan a distancia. Sirve para proporcionar información respecto a la magnitud de la distancia sujeto-objeto.
- **Ángulo visual.** Es el ángulo de un objeto es el formado por las dos líneas imaginarias que se extienden desde el ojo del observador los dos extremos del objeto.
- **Ángulo visual, ley del.** La percepción del tamaño de un objeto sólo depende de la magnitud de su ángulo visual.
- **Cúpula celeste, la.** Concepto referido al hecho de que puede verse el cielo como si fuera una superficie esférica. La mayor parte de las observaciones se perciben como si fuese una semiesfera aplastada en su parte superior o cenit y que por lo tanto parece más próxima que el horizonte.
- **Invariantes.** Propiedades del ambiente que permanecen constante cuando el observador se desplaza. Según la teoría de los Gradientes de Gibson. En el espacio existente en las proyecciones de un gradiente de textura no cambia con los movimientos del observador sobre el gradiente. La proyección de una textura es por tanto un invariante.
- **Regresión fenomenológica al objeto real.** Es la teoría que muestra que la percepción de un objeto tiende a ser más próxima a su forma física que ala que posea la imagen retiniana.
- **Convergencia.** Sensaciones musculares que se producen cuando los ojos giran hacia dentro convergiendo y hacia fuera divergen para contemplar objetos situados a distancias diferentes
- **Disparidad binocular.** Se produce cuando las imágenes retinianas de un objeto se proyectan en un punto no equivalentes de ambas retinas.
- **Estereograma de puntos aleatorios.** Corresponde a los estímulos de dos imágenes semejante de puntos aleatorios. Una de ellas tiene su estructura desplazada ligeramente en una dirección de forma que esta desviación crea la disparidad que produce la sensación de profundidad..
- **Estereoscopio.** Dispositivo que presenta imágenes en ambos ojos de forma que se reproduce la disparidad binocular que se experimenta en una situación real.
- **Horóptero.** Superficie imaginaria que pasa a través de un punto de fijación. Los objetos ubicados en esta superficie tienen imágenes retinianas que se proyectan en puntos equivalentes de las dos retinas.
- **Patrón de flujo.** La forma en que fluyen las proyecciones de los objetos debido a los movimientos del observador.
- **Perspectiva aérea.** Es el fenómeno perceptual en la que los objetos mas lejanos se perciben mas difuminados y con una apariencia azulada que los situados más próximos debido a la variaciones en la densidad del aire frente a la distancia del observador.
- **Perspectiva lineal.** Método de representación del espacio tridimensional en un espacio bidimensional mediante el uso de las proyecciones que sitúan el objeto representado en una superficie llamado plano de cuadro.
- **Superposición.** Se produce cuando un objeto es cubierto parcialmente por otro desde un punto de vista perceptual y que el ojo considera en diferentes planos de visión desde su punto de vista.
- **Tamaño relativo.** Se produce cuando los objetos que ocupan una porción pequeña del campo visual se perciben como más alejados que aquellos que ocupan una porción grande en el mismo campo visual.
- **Ventana de Alberti, la.** Técnica utilizada durante el Renacimiento para confeccionar un dibujo o pintura en perspectiva mediante la utilización de una superficie transparente en la que el artista traza la escena que contempla a través de la propia superficie.

- **Construcción informática de elementos geométricos simples.**

- **La representación de círculos¹.**

En la definición de un círculo, por una serie de puntos es necesario establecer los incrementos de X respecto a Y en función de R. Entre los procesos de representación más generalizados encontramos:

- El algoritmo de "eight way symmetry".

Esta técnica se basa en la utilización de la idea de simetría en un círculo. Si se utiliza la ecuación para computar los valores intermedios entre X e Y entre 0 y $R/\sqrt{2}$, donde $(x = y)$, bajo 7 puntos adicionales en base a la creación de un segmento del círculo que forma los 45°.

- El algoritmo de Bresenham² del círculo basado en su simetría.

Bresenham desarrolló un generador incremental de círculos más eficiente creado para su utilización en plotter, donde el algoritmo genera todos los puntos de un círculo. De la misma manera que el algoritmo de Bresenham para líneas utilizaba la selección de los puntos más cercanos usando los valores de las variables de incremento mediante las operaciones sencillas de sustracción, adición y movimiento.

- **Representación de curvas.**

Las técnicas más usuales de desarrollo de curvas, incluyendo círculos, se debe a los trabajos desarrollados por M. Doros³, N.I. Badler⁴, B.K.P.Horn⁵ y Suenaga⁶, Kane y Kobayaski entre otros. Entre ellos destacamos los siguientes.

- Mediante 8 conexiones entre regiones.

Estos algoritmos de estos pueden actuar y trabajar en los cuatro conexiones, pero no al revés. En este caso todos los pixels de una región pueden ser extendida desde todos los contornos por una secuencia de cualquiera de los 8 pixels individuales en movimientos vertical, horizontal y diagonal, mostrando el interior definido por regiones de 8 pixels en base a pixels negros o de diferente color⁷.

- Algoritmos de repetición simple.

Se establecen para una región definida por 4 conexiones que se crea mediante la determinación en que los valores del pixel en X e Y, se hallan en la parte de la región que no ha sido tocada y por tanto tiene un valor antiguo, por tanto si el valor cambia los cuatro pixels vecinos podrán ser examinados.

Otros procesos desarrollados para el relleno de regiones han sido desarrollados por investigadores como Lieberman⁸, Smith⁹, o Paulidis¹⁰.

- **Representación de una región rellena.**

Teóricamente una región es un grupo de pixels adyacentes y conectadas. Las regiones pueden ser creadas y definidas por:

- Asignación de un valor específico a todos los pixels contenidos en la región.

- Asignación de un valor específico a los pixels de los bordes de la región que lo delimitan respecto al entorno.

- La creación de regiones mediante poligonos.

Pueden hallarse definidas por:

- Su interior en el que todos los pixels de una region tienen un valor denominado valor antiguo. Los algoritmos operan en dichas regiones estableciendo un nuevo valor sobre ellos denominado algoritmos de relleno por inundación¹¹.

Definidos por sus límites presentan un valor de los límites de los contornos, mientras que los valores en la región interior tienen otro valor determinado por un nuevo valor y por tanto se denominan algoritmos de relleno o límites de contornos.

Tipos de conexión de pixels adyacentes.

Los tipos más importantes de conexión se dividen en 4 conexiones y 8 conexiones.

-Regiones conectadas por 4 pueden ser extendidas desde uno u otro por una secuencia de uno de los cuatro pixels de conexión: arriba, abajo, derecha, e izquierda. Existen la posibilidad de realizar rellenos permisibles que permiten realizar agujeros en las superficies. rellenos se guarda en una zona de almacenamiento, que es la zona interior de los contornos de una zona.

El algoritmo procede de la siguiente manera:

La trayectoria horizontal de los pixels que contienen al primer punto de comienzo es relleno. Entonces la fila siguiente es examinada desde la derecha o la izquierda y encontrará el pixel más concreto para realizar su trayectoria y ese pixel será direccionado y será almacenado. Lo mismo ocurriría con la siguiente línea cuando la trayectoria ha sido procesada de esta manera, el pixel se direcciona a la parte del almacenador es usado como nuevo punto de comienzo. Cuando la zona de almacenamiento está vacía el algoritmo termina.

-Relleno de una region basado en la conversión por poligonos.

Existe una diferencia muy importante entre la region de relleno y la conversión escaneada de poligonos. En el primer caso la region es definida por valores de pixels en un buffer de refresco, en el segundo caso la región es definida por los vertices de un poligono y no se crean superposiciones sobre qué valores iniciales están en el buffer de refresco.

El buffer de refresco se inicia en base a los valores antiguos y posteriormente podemos convertir escaneadamente

¹ Extraído del libro *Fundamentals of Interactive Computer Graphics* de James D. Foley, Andres Van Dam. Ediciones Addison Wesley Publishing Company.

² Bresenham J.E. "A linear algorithm for Incremental Digital Display of Circular Arcs." *Communications of ACM*. Febrero 1977, pag.100-106.

³ Doros M., "Algorithms for Generation of Discrete circles". *Computer Graphics and Image Processing*. Agosto 1979 pag. 366-371.

⁴ Badler, N.I. "Disk Generation for a raster display device". *Computer Graphics and Image Processing*. December 1977.

⁵ Horn, B.K.P. "Circle generation for display device". *Computer Graphics and Image processing*. 1976 pag. 280-288

⁶ Suenaga, Kamae, y Kobayaski. "A high speed algorithm for the generation of straight lines and circular arcs". *IEEE Transactions on Computer Graphics*. October 1979.

⁷ El relleno en 4 será en cuatro direcciones y el relleno de 8 será de 8 direcciones.

⁸ Lieberman "How to color un a coloring book". *SIGGRAPH*. Agosto 1978 pag. 111-116.

⁹ Smith A.R. "Tint fill". *SIGGRAPH*. Agosto 1979 pag. 276-283.

¹⁰ Pavlidis T. "Contour filling in Raster Graphics". *SIGGRAPH*. Agosto 1981 pag. 29-36.

¹¹ Conocidos también bajo el nombre de "flood-fill algorithms"

Bibliografía

• Libros

- Psicología de la percepción.

- ARNHEIM, RUDOLF. Arte y percepción visual. Alianza Forma. Ediciones Alianza Editorial, Madrid 1981.

Extracto: Capítulo 2º y 3º: "La forma". Los conceptos perceptuales de la forma en el reconocimiento visual. Pag. 60- 70. La simplicidad, la nivelación y la agudización, la semejanza y la diferencia. Pag. 70- 106. La forma y su orientación espacial. Pag. 117- 122. El escorzo. Pag. 136- 141. El traslapo. Pag. 147-148. Los niveles de abstracción de la forma. Pag. 166- 174. Capítulo 3: "El desarrollo". El desarrollo perceptual en la captación de la forma. Los conceptos representacionales. pag. 192- 195. La verticalidad y la horizontalidad. Pag. 207- 212. La interpretación bidimensional de lo tridimensional en el niño. Pag. 225- 229. Capítulo 4: "El espacio". La forma a través del contorno y la línea. Pag. 246-254. La figura y el fondo. Pag. 255- 263.

- ARNHEIM, Rudolph. El cine como arte. Ediciones Infinito. Buenos Aires, Argentina, 1971.

Extracto: Capítulo 1º: "Selecciones adaptadas de Film". La proyección de sólidos sobre una imagen plana. Pag. 16. La destrucción de la impresión de tridimensionalidad. Pag. 17- 19. El caso artístico de las proyecciones sobre una superficie plana. Pag. 36-45. El marco y los límites de la imagen filmica. Pag. 63- 71. Los factores que determinan un montaje a través de la orientación, el contraste, la ampliación concentración, el detalle de las formas. Pag. 78- 83.

- ARNHEIM, Rudolph. El poder del centro. Alianza Forma. Alianza Editorial. Madrid, 1984.

Extracto: Capítulo 3º. Límites y marcos: Descripción de la importancia de las fronteras o límites en las imágenes visuales a través de las formas. El centro como elemento compositivo inherente en el ser humano. Pag. 23-48.

- BRIDGEMAN, Bruce. Biología del comportamiento y de la mente. Alianza Psicología. Alianza editorial. Madrid, 1991.

Extracto: Influencias ambientales del desarrollo visual en la captación de la forma. Desarrollo de los campos receptores a través del comportamiento periférico y central del estímulo. Los fenómenos psicológicos de reconocimiento de la forma. Teorías de interpretación de las formas ilusorias y los fenómenos perceptivos. Pag. 258-267.

- COON, Carleton S. Adaptaciones raciales. Un estudio de los orígenes, naturaleza y significado de las variaciones raciales en los humanos. Ediciones Labor Universitaria. Barcelona, 1984.

Extracto: Capítulo 4º: "Tamaños, formas y olores corporales". Adaptaciones raciales a la percepción de las formas y su conceptualización. Pag. 105- 131.

- DEMBER, William N., WARM, Joel S. Psicología de la percepción. Alianza Psicología. Alianza editorial. Madrid, 1990.

Extracto: Factores que determinan la organización de la forma en base a las claves psicofísicas. Las teorías neuronales. La inhibición lateral. Las teorías de reconocimiento formal a través de las células fotorreceptoras. Descripción de los principales experimentos realizados durante el siglo XX. Pag. 289-323.

- DONDIS, D. A. La sintáxis de la imagen. Introducción al alfabeto visual. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, 1976.

Extracto: Capítulo 2º: "La composición. Los fundamentos sintácticos de la alfabetidad visual". El equilibrio, la tensión, la nivelación, la preferencia visual frente a la imagen. Principios de la Gestalt. Pag. 33-52. Capítulo 3º: "Elementos visuales referenciales". El punto, la línea, el contorno, la dirección. Pag. 53-81. Capítulo 4º: "La anatomía del mensaje visual". Niveles de representación de la imagen. Pag. 83-101.

- ERNST, Bruno. El espejo mágico de M.C. Escher. Editorial Taschen. Colonia, 1994.

Extracto: Capítulo 1º: "Dibujar es un engaño". La estructura del espacio y la superficie. Pag. 20. Capítulo 2º: "Mundos imposibles". Elementos comparativos con la obra de Magritte. Pag. 65-67. La problemática formal de lo cóncavo y lo convexo. Las figuras imposibles. Los tribares y las escaleras infinitas. Las figuras de Penrose. Pag. 80- 92.

- GARCIA-ALBEA, Jose Eugenio Garcia-Albea. Percepción y computación. Ediciones Piramide S.A., Madrid, 1986.

Extracto: Compendio de artículos de los principales estudiosos de la percepción bajo el concepto del proceso de comunicación e interpretación de la información por el hombre. Teorías de la forma y su significado a través de David Marr, Z. W. Pylyshyn, José Eugenio Garcia-Albea, S.M. Kosslyn, J.R. Pomeraz, entre otros.

- GIBSON, James J. Percepción del mundo visual. Ediciones Infinito. Buenos Aires, Argentina, 1974.

Extracto: Capítulo 3º: "El campo visual y el mundo visual". Los efectos de los movimientos de los ojos y la cabeza. Los límites de la imagen visual. El tamaño y forma aparente de los objetos. Los efectos de superposición de las formas como símbolo de profundidad inducida. Pag. 47-69. Capítulo 8º: "El problema del mundo visual estable e ilimitado". El mundo visual estable a través del ojo en el tiempo. El mundo visual erecto. La pauta retiniana como elemento referencial del movimiento de la imagen. La secuencia y la escena. Pag. 201-225. Capítulo 9º: "Los tamaños y formas constantes de las cosas". La constancia de los objetos percibidos a través de la forma. La rigidez de las dimensiones visuales. Experimentos sobre las distancias percibidas. Pag. 225-267. Capítulo 10º: "El espacio geométrico y la forma". La geometría inducida en el espacio. El problema de la forma visual. La dirección y orientación. Pag. 255-266.

- GOLDSTEIN, E. Bruce. Sensación y percepción. Versión castellana, Julio Pillo Jover, Editorial DEBATE, Madrid, 1993.

Extracto: Capítulo 7º: "Organización, reconocimiento y atención". La organización perceptiva. La Gestalt. Las leyes gestálticas de la organización. Teorías sobre el análisis de las características. El Pandemonium. Determinantes de la agudeza visual y la atención. Pag. 177-219. Capítulo 9º: "Las constancias perceptivas". La constancia del tamaño. Los invariantes. La ilusiones del tamaño. La constancia de la forma. Pag. 251-283. Capítulo 10º: "La percepción del contraste". El contraste simultáneo. Los contornos. La estabilización de la imagen. La orientación de las formas. La agudeza visual. Pag. 284-311. Capítulo 12º: "El desarrollo perceptivo". El desarrollo perceptual de las formas. La percepción de detalles. Los efectos de privación visual en animales y seres humanos. Pag. 344- 378.

- MARCONI, Attilio. Teoría de campo. Curso de Educación visual. Xarait Ediciones y Alberto Corazon Editores. Madrid, 1978.

Extracto: Introducción. Sobre la definición de los campos geométricos, gestálticos, topológico y fenomenológico. Pag. 6-7. Capítulo 1º: "Campo geométrico-intuitivo". La estructura portadora, la estructura modular, la estructura de proyección". Pag. 18. La composición estructural de los objetos a través de las formas. Pag. 23-35. La tensión y el movimiento en la forma. Pag. 36-41. Capítulo 2º: "Campo gestáltico". La imagen del espacio. El espacio cartesiano. Pag. 75- 76. La observación inherente a la relación de objetos- espacio de Poncaré. Pag. 88. El espacio de la imagen. Pag. 91-95. Fenómenos visuales. Pag. 96-101. Leyes de la Gestalt. Pag. 102- 104. El

fenómeno de la figura y el fondo. Pag. 114-119. Capítulo 3º: "El campo topológico". El concepto espacial de la topología. La región. Pag. 146-149. La estructura de campo a través de la forma. Pag. 169-172. Capítulo 4º: "El campo fenomenológico". El concepto de módulo. La retículas. Pag. 240. La simetría. El equilibrio, la orientación, y la dirección. Pag. 268- 273. Los nudos constructivos planos. Pag. 302- 304.

- PIAGET, Jean. La construcción de lo real en el niño. Editorial Critica. Grupo Editorial Grjalbo. Barcelona, 1985.

Extracto: Descripción sobre el aprendizaje del niño en base a la teoría de los grupos de conducta y los esquemas de asimilación evolutivos frente a las percepciones formales frente al entorno. Estadios de reconocimiento formal y atención sobre las formas. Pag. 67-84.

- RIEDL, Rupert. Biología del conocimiento. Los fundamentos filogenéticos de la razón. Ediciones Labor Universitaria. Barcelona, 1983.

Extracto: Diversos estudios sobre la evolución del ser humano. El entorno y la forma como componentes determinantes en el proceso de evolución adaptada en función de una orientación. La verticalidad de la formas, frente a la horizontalidad del medio. Pag. 97-102.

- ROCK, Irvin. La percepción. Biblioteca Scientific American. Editorial Labor, Barcelona, 1985.

Extracto: Capítulo 5º: "La forma y la organización". La diferencia entre figura y fondo. Los principios de la Gestalt. La agrupación. La inversión perceptual. La orientación y la forma. El principio de discriminación formal. El desarrollo perceptual de la forma en el niño. Pag. 113-151. Capítulo 6º: "Las ilusiones geométricas". La ilusión de Ponzo. La ilusión de Poggendorff. El efecto de Müller-Lyer. La ilusión del pasillo. Pag. 153- 175.

- **Fisiología.**

- HERST, R. REINER, J., PAOLITTO, D. El crecimiento moral de Piaget a Kohlberg. Editorial Narcea, Madrid, 1979.

Extracto: Capítulo 2º: "Una introducción conceptual a Kohlberg. Piaget". Teorías sobre la inteligencia como adaptación al entorno. El desarrollo de las estructuras psicológicas. Estadios de desarrollo cognitivo en la infancia. Las operaciones formales. Pag. 26-43.

- LINDAY, Peter H. NORMAN, Donald A. Procesamiento de información humana. Percepción y reconocimiento de las formas. Editorial Tecnos. Madrid, 1976.

Extracto: Capítulo 1º: "La percepción humana". El reconocimiento de las formas. La organización. Pag. 8-12. El post-efecto de la imagen. Pag. 40. La visión y reconocimiento de las formas a través de la piel. Pag. 47. Capítulo 2º: "El procesamiento de la información neuronal". La extracción de contornos. La inhibición lateral. Pag. 66-68. La extracción de contornos a través de la fisiología. Campos centrales y periféricos de la células neuronales. Pag. 71-87. La extracción de las características. La células complejas e hipercomplejas. Pag 98- 116. Capítulo 3º: "Las teorías del reconocimiento de las formas". El Pandemonium. Los detectores de características. Pag. 119- 134.

- WENTWORTH THOMPSON, D'Arcy. Sobre el crecimiento y la forma. Herman Blume Ediciones. Madrid, 1980.

Extracto: Capítulo 1º: "Introducción". La importancia del desarrollo formal en los seres vivos determina un aspecto poco relacionado entre la biónica y la búsqueda formal de elementos estructurales por parte del ser humano en los objetos naturales. Teorías filosóficas sobre la geometría de los elementos. Los términos de crecimiento y forma. Pag. 5-6. Capítulo 2º: "La magnitud". El principio de similitud. El número y la magnitud relativa. Pag. 15- 18. La gravedad y otros factores que delimitan el tamaño. Pag. 31- 34.

- Informática.

- DEKEN, Joseph. The Computer images. State of the Art. Ediciones Thames and Hudson. Londres, 1983.

Extracto: Capítulo 2º: "Un nuevo mundo de sensaciones". Diversas imágenes desarrolladas en los inicios de la infografía digital. Los sentidos humanos y los sentidos del ordenador. Pag. 47-49. Capítulo 4º: "La visualización y la comunicación". La imagen y las formas infográficas como megapalabra. Pag. 105- 107. La construcción de la imagen y la extracción de la imagen. Pag. 123- 130.

- FOLEY, James D., VAN DAM Andrew. Fundamentals of Interactive Computer Graphics. Ediciones Addison Wesley Publishing Company.

Extracto: Capítulo 11º: "Algoritmos de rastreo y aplicaciones sobre programas informáticos". Creación de líneas, caracteres, círculo. Llenado de regiones. Creación de polígonos. Pag. 431-456. Definición de subrutinas e implementaciones complejas. Pag. 463- 470.

- JANKEL, NORTON, Creative Computer Graphics. Ediciones Cambridge University Press, Cambridge USA, 1982.

Extracto: Retrospectiva de las imágenes infográficas desarrolladas durante la década de los 70 y 80, en los diversos campos de la Ciencia, la televisión y la publicidad.

- NEWMAN, William M. SPROULL, Robert F. Principles of Interactive Computer Graphics. Ediciones McGraw-Hill International Book Company.

Extracto: Capítulo 2º: "Técnicas de creación de formas por pixelado". Algoritmos de dibujo de líneas y círculos. Pag. 20-27. Capítulo 5º: "Recorte y visualización". Algoritmos avanzados de representación de las formas mediante recorte y visualización de las mismas. Pag. 63- 69. Capítulo 6º: "Fundamentos de la representación de gráficos". Primitivas gráficas. Pag. 82- 83. Capítulo 7º: "Representación de segmentos". Definición y creación de un segmento. Pag. 91- 93. Capítulo 16º: "Representación de áreas sólidas". Las áreas y su representación informática a través de las técnicas de rastreo. Pag. 229-232. Prioridades entre áreas. Pag. 239- 242. Capítulo 21: "Curvas y superficies". Requerimientos descriptivos de la forma. Pag. 309.

- PRUEITT, Melvin L. El arte y la Computadora. Ediciones McGraw-Hill, USA, 1984.

Extracto: Diversas imágenes informáticas que recogen las primeras experiencias informáticas sobre la problemática perceptual de la perspectiva a través de las imágenes de líneas bidimensionales. Desarrolladas en el programa GRAFIC, en 1983. Estudio de las formas a través de la simetría, la asimetría, las formas topológicas. La geometría fractal. Pag. 68- 97.

- RENIKOFF, Howard. The illusion of the reality. Ediciones Springer Verlag, Cambridge. USA, 1983.

Extracto: Retrospectiva de las imágenes infográficas en diversos campos científicos. Estudio de los factores que determinan la figura en la imagen informática a través de los elementos fundamentales del dibujo tradicional.

- SALMON, Rod, SLATER, Mel. Computer Graphics. Systems and Concepts Addison-Wesley Publishing Company, Londres 1989.

Extracto:-Capítulo 2º: "El área de trabajo de los gráficos informáticos". Los elementos básicos de una imagen. La línea, el polígono, el círculo, la curva, Pag. 39- 44. Capítulo 4º: "Algoritmos básicos fundamentales sobre GSK". Transformaciones de figuras a través de la deformación. El uso de los planos de recorte en la visualización de formas y contornos. Pag. 83-116. Capítulo 7º: "Creación de segmentos". Definición y representación informática de un segmento. Definición de un segmento bajo lenguaje de GSK. Pag. 189-198. Capítulo 8º: "Modelo de representación GSK". Modificaciones dinámica de las formas. Pag. 227-255. Capítulo 10º: "Modelos gráficos

avanzados ". Descripción de un objeto gráfico. Pag. 280- 288. El modelo gráfico de PHIGS. Sistema gráfico interactivo basado en programación jerárquica. según ISO, 1986. Pag. 304- 325. Capítulo 11º: " Gráficos de mapa de bits y sus aplicaciones". Las formas informáticas mediante la utilización de bitmaps. La definición de contornos a través de la suma, resta intersección diferencia y adición de bitmaps. La técnica de la goma de borrar. La técnica de delante-detrás entre formas y límites. El llenado de los contornos. Pag. 331- 360.

- SUTCHIFFE, Aliastar. Human Computer Interface Design. Ediciones MacMillan Educación. Londres,1989.

Extracto: Principales teorías relacionadas con la ergonomía del interface informático en programas. Estudio del comportamiento psicológico del ser humano en el reconocimiento de las formas elementales. Teorías de la información y del signo.

• Artículos

- GISH, Walter, TANNER, Allen Terabit. "Hardware antialiasing of lines and polygons". Computer Engineering. ACM Transactions on Graphics, 1992. Pag. 75-85.

Extracto: Implementación informática de mejora en la representación de líneas y polígonos a través de la utilización de filtros aplicados a través de operaciones matemáticas directas sobre el ordenador.

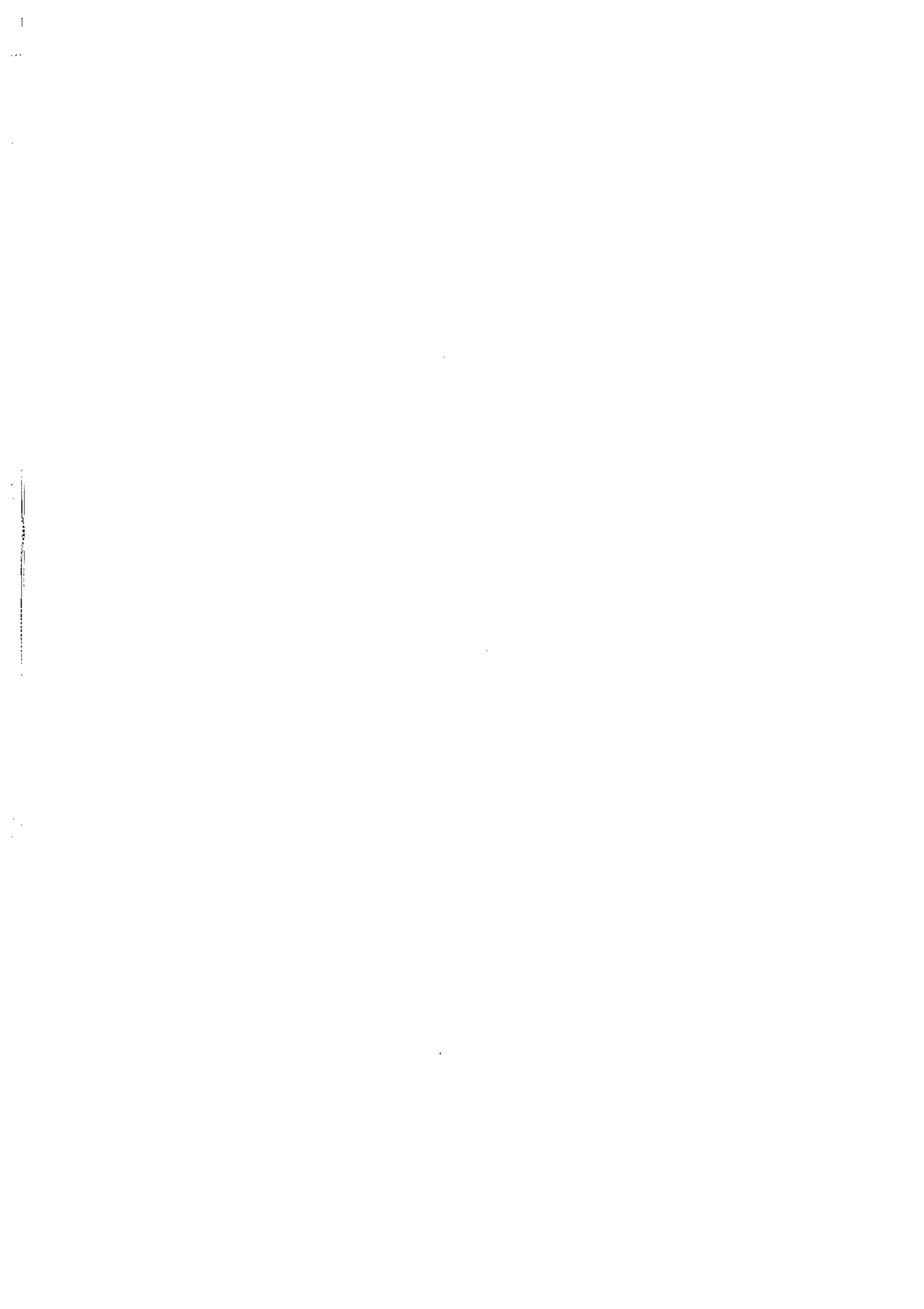
- VILAYANUR, Ramachandran S. "Percepción de la forma a partir del Sombreado". Universidad de California, San Diego. Investigación y Ciencia, Scientific American, Octubre 1988. Pag. 68-78.

Extracto: Artículo sobre la percepción de las formas bidimensionales y tridimensionales a través del comportamiento de las sombras. Efectos aplicados sobre imágenes sintéticas generadas por ordenador.

• Extractos

- BOYNTON R., Robert. Human Color Vision. M. Edicion Optical Society of America, OSA. USA, 1992.

Extracto: Capítulo 4º. Descripción sobre la fisiología de las células implicadas en el reconocimientos de formas y contornos orientados. La teoría de la Inhibición neuronal. Diversos experimentos a través del contraste formal. Pag. 73-80.



2. La comunicación visual de la imagen

- Introducción

La imagen ha sido durante siglos el vehículo de comunicación que ha tenido la civilización para interpretar los aspectos perceptuales y plásticos creados por el ser humano. Establecer el carácter simbólico de representación ha permitido reflejar las diferentes tendencias y pensamientos del individuo y su manera de percibir las cosas.

La imagen en la comunicación como tal, no se había planteado hasta este siglo influyendo en la Sociedad por medio de las nuevas tecnologías. Anteriormente dicha comunicación se establecía desde un nivel iconográfico donde los artistas jugaban un papel importante a través de su visión de la realidad desarrollándola y creándola.

Hasta ahora, hemos considerado la imagen como un constructo mental proveniente de los que somos capaces de percibir del mundo visual a través de los sentidos, pero la imagen supone la representación que desde cualquier medio plástico o visual podemos hacer de una idea o pensamiento. La imagen presenta ante todo una estructura intemporal¹, es decir sus elementos se dan al mismo tiempo.

La percepción de imágenes, en general², constituyen parte de la actividad cotidiana, creadas en diferentes soportes y con diferentes instrumentos, en forma de fotografías, imágenes televisivas, los dibujos, las pinturas,...

Las diferencias en la interpretación de las mismas en un individuo, en una sociedad o en una cultura, es capaz de establecer estadios diferenciales en los procesos de la mente en la percepción de una imagen. La variación de estímulos sensoriales considerados idénticos pueden sufrir cambios importantes de interpretación, en la mayoría de los estímulos vistos hasta ahora, relacionados con el color, la forma. Es incluso capaz de afectar directamente desde el punto de vista constructivo, a la percepción de la forma tridimensional y sus niveles de representación³.

La importancia del adiestramiento por medio del aprendizaje establecerá la conexión necesaria para comprender, cual es nuestra actitud en la interpretación visual de una imagen. Cuando la persona es adiestrada para percibir los símbolos visuales ordinarios de carácter pictórico, como los cuadros cubistas, no aplicará los mismos conceptos que utiliza para ver y comprender una fotografía. Necesitará, por tanto, un adiestramiento cognitivo para cada forma de interpretación creada.

Históricamente la imagen, como imitación de lo que llamamos mundo real y palpable, recoge la preocupación del ser humano por describir y reconstruir los datos percibidos. Hasta bien entrado el siglo XVIII, dicha interpretación fué realizada por personas con actitudes plásticas diversas, llamado artista, creador de ilusiones a nivel bidimensional, mediante la pintura o tridimensional, mediante la escultura, entre otros muchos tipos de expresión.

Existe una anécdota del pintor griego Zeuxis, relatado por Plinio el Viejo que en su Historia Natural que describe la virtuosidad en el arte de la ilusión desarrollado por este artista en la creación de un mural que representaba entre otras cosas unas uvas, sobre las que los pájaros se precipitaban en busca de alimento creyendo que eran reales.

Esta admiración sin duda fué capaz de influir en numerosos artistas posteriores que pretendieron imitar la realidad como refinamiento sumo de las técnicas pictóricas. Mientras dichos planteamientos quedaron en segundo lugar durante el Medievo, con la llegada del Renacimiento cuando se producen las corrientes pictóricas que influirían en la representación ilusionista del mundo desde el punto de vista de recomposición espacial del mundo que ha perdura hasta nuestros días.

La imagen, desde un punto de vista social, mantiene la reconstrucción de la realidad desde un punto de vista simbólico que afecta al mensaje percibido e interpretado. Por ejemplo, la reproducción minuciosa de los objetos, fué un rasgo que distinguió a una parte muy importante de la pintura holandesa y francesa del siglo XV, y que derivó a la llamada pintura de costumbres y de naturalezas muertas.

El estudio obsesivo y detallista del objeto desde las calidades matéricas, la representación de la luz o los efectos derivados de la misma, permite crear una pintura que aunque en el fondo denote una imitación singular de la realidad⁴, produce, un simbolismo latente⁵ que llega hasta los denominados emblemas de la Ilustración, en numerosas composiciones creadas mediante la presentación de frutas, flores u objetos que dominará hasta el siglo XVIII a través de la pintura de estudio.

La creación de este tipo de pinturas, lejos de ser un mero alarde pictórico de la época, se convierte en un documento gráfico sobre una cultura y una mentalidad que la convierten en las primeras imágenes de representación objetual con carácter propio. En muchas de ellas el simbolismo religioso da paso sin duda a actitudes sociales que de otra manera quedan velados en las composiciones de gran tamaño alegóricos de todos tiempos de pintores llamados consagrados, más preocupados por el simbolismo puro de las alegorías de sus obras.

Aspectos tan superfluos para el arte llamado mayor, en las escenas costumbristas de mercados o cocinas en forma de pinturas costumbristas, bodegones o naturalezas muertas, ofrecen sin embargo, una pauta de necesidades que sin duda en la actualidad no llamarían tanto la atención⁶.

La centralización de criterios estéticos sobre en la imitación de la realidad y la falta de simbolismo, ha derivado en nuestros días en la mayoría de las obras de este tipo a un nulo desarrollo conceptual y simbólico de lo representado.

2.1. Definición de los elementos básicos la comunicación.

A nivel teórico, la información se centra realmente en la misión de la comunicación entre el emisor y el receptor. Los medios de comunicación han tenido que adaptarse al individuo y sus necesidades en la búsqueda de un mayor entendimientos social y a la democratización de los conocimientos que ha obligado a manejar el concepto de cultura de masas como la información formativa de los medios de comunicación⁷.

La Fundación para el Desarrollo de la Función Social de la Comunicación, FUNDESCO, definió las tecnologías de la información y de la comunicación⁸ como “... *el concepto que engloba aquellas acciones tecnológicas que permiten la adquisición, producción, almacenamiento, tratamiento, comunicación, registro y representación de datos e informaciones obtenidas en señales acústicas, óptica o electromagnética*”.

Históricamente, con anterioridad a 1948, los psicólogos y sociólogos mantenían que el papel de los medios de comunicación reducían los gustos culturales del publico y contribuía a un deterioro moral general, excluyendo sin duda el medio escrito.

En los años 60, el ataque a los medios de masas se volvió cada vez más unánime desde los estratos más intelectuales de la sociedad, previniendo la destrucción de la personalidad del hombre como ser pensante en detrimento a la seducción de los medios la televisión, la radio, el cine, o el ordenador. Pero fué en los años 70 cuando ciertos pensadores empezaron a tomar de una manera discreta, la problemática asumiéndola desde diversos puntos de vista sociales, como consecuencia inevitable sobre el futuro más próximo.

Umberto Ecco⁹, fué sin duda uno de los pioneros en la comprensión de la evolución de los medios frente a la sociedad, que hasta el momento sufría el acoso de los intelectuales. Ecco, que su obra “Apocalípticos e Integrados“, describe a los defensores de la cultura tradicional, denominados “apocalípticos”, para quienes los medios de comunicación son los responsables de la existencia de una sociedad de conciencias manipuladas y dirigidas. Las imágenes envilecen la capacidad de asimilación del hombre debido a su carácter directo y poco profundo, capaz de sustituir al lenguaje humano empobreciendo nuestra intelectualidad y cognición.

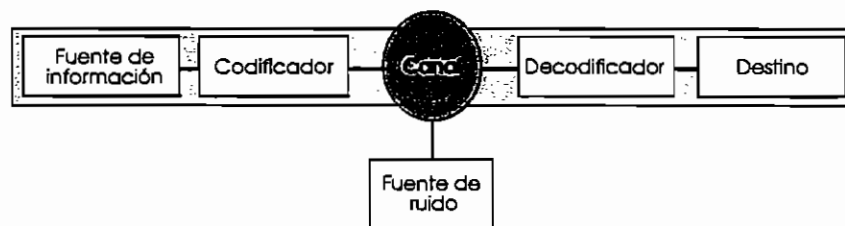
Por otra parte se hallaban los denominados “integrados”, mantenían la opinión de que la cultura de masas marca el advenimiento de una sociedad de hombres cultos, bien informados, con abundante tiempo libre.

El carácter democrático y abierto de esta raza de hombres, permitiría la asimilación necesaria para justificar las relaciones existentes y posibles con la

cultura de masas y entre las que podemos incluir el uso de las nuevas tecnologías de comunicación como es el caso del ordenador.

En la actualidad numerosos autores mantienen que la información expresa sin lugar a dudas la máxima expresión de comunicación social, considerada como un modo de perfeccionamiento de la sociedad reflejando por ellos un valor y una utilidad, que para bien o para mal, establece de manera universal una comunicación o libertad de comunicación entre los individuos, y es precisamente dentro de esta información cuando se establecen la diversificación de la misma bajo criterios tan dispares como la educación, la distracción, la persuasión, la actualidad, etc...

Esquema VI



Entre los factores fundamentales que encontramos en la comunicación destacaremos:

- La formación.
- La emisión.
- La transmisión.
- La recepción.

- La formación.

Establece el nivel de acontecimientos que posee el emisor en relación con el tema del mensaje. En cierta modo, el individuo debe conocer o por lo menos reconocer el sistema sobre el cual se está actuando para poder establecer la comunicación de una manera plena.

El concepto de formación presupone por tanto, que el individuo será capaz de aprender en algún estadio de su vida los elementos que serán fundamentales para la comunicación con otros seres y que conocemos de una manera global como lenguaje, en un sentido amplio. Mientras en ciertos sistemas como el escrito o el leído, es necesario el conocimiento y aprendizaje de ciertos símbolos o caracteres de una manera consciente, los sistemas como el visual, no ha sido considerado como un sistema con lenguaje propio¹⁰.

Los sistemas visuales al recoger acciones y hechos aprehendidos de manera inconsciente como parte de nuestra evolución y supervivencia como ser humano, no fueron considerados, hasta hace poco, como una comunicación real en si misma.

Fué con las investigaciones desarrolladas en el campo de la psico-fisiología, cuando numerosos científicos y pensadores descubrieron que numerosos aspectos de la comunicación real se establecía en base a nuestros conocimientos primigenios de la imagen visual.

Ello permitió dar explicación coherentes de la percepción de los estímulos elaborados no sólo en el campo de la escritura o la lectura, como meras imágenes de alta contenido comunicativo, sino que abrieron las puertas al conocimientos de los campos netamente visuales, que dominan en nuestra sociedad.

- La emisión.

La transmisión de un mensaje exige la conversión con unos códigos objetivos ya sean de carácter lingüístico, icónico o acústico que hacen posible la comunicación a través del espacio y tiempo de un receptor que debe poseer cierta afinidad a nivel intelectual con el emisor, o por lo menos conocer los códigos de comunicación.

A nivel humano, uno de los sistemas más conocidos y estudiados, es sin duda el lenguaje, en que existe un conocimiento, por parte, tanto del emisor como del receptor, de los códigos necesarios para la emisión y la comprensión del mensaje. En la comunicación por imágenes influye sin duda el medio sobre el que se transmite el mensaje. A nivel informático, las imágenes virtuales sufren las propiedades de un emisor como es la pantalla y el procesamiento de los datos introducidos en nuestro ordenador.

- La transmisión.

La transmisión realizada por el canal o medio comprende el hecho físico de la transmisión de datos. El carácter variable del medio, es considerado uno de los grandes problemas de nuestro tiempo, donde el concepto de asimilación se produce por parte del individuo sobre canales múltiples. A nivel informático, la gran variedad de transmisión de datos producidos y manejados de carácter pasivo, han obligado al usuario a establecer prioridades comunicativas, que determinan una selección de estímulos reales, definidas por la atención y comprensión de los datos.

- La recepción.

Es la fase de descodificación del mensaje en la que es necesario un criterio único a la hora de establecer la comunicación real. La recepción recoge sin duda aquellos aspectos relacionados con la aprehensión de los datos o estímulos por parte del receptor en donde cada mecanismo sufre de actividades y procesos comunes.

Los mecanismos individuales significativos hacen que un mensaje sea recibido y descodificado de una manera o de otra. Un claro ejemplo lo comprobamos en la presente tesis con el estudio de los diferentes receptores que influyen directa o indirectamente en la visión. Por ejemplo, la visión en la que la toma de datos estimular, sufren a nivel cognitivo, de las experiencias aprehendidas o niveles neuropsicológicos de comprensión de los datos visuales percibidos.

Con estos cuatro términos generales se resumen las claves más significativas de la comunicación, comunes a la mayoría de los sistemas y que asientan los principios de la Semiótica y de la Lingüística. El avance tecnológico de las ciencias y la comunicación se empezaron a buscar nuevas definiciones que suplieran la falta de términos adecuados para expresar las interacciones más comunes entre el hombre y las máquinas en general. Esta necesidad sirvió para recoger términos técnicos y científicos que se iban descubriendo en uno u otro campo y que eran extrapolados a las ciencias de la comunicación cuyas fuentes se centraban en preceptos sociológicos. Entre ellos destacamos:

- El descubrimiento del concepto de señal.

La señal, como el elemento físico de la comunicación descrito en 1948, por C. Elwood Shannon¹¹. Su teoría, independientemente de la calidad o significado de la misma trata solamente de la cantidad de información cuantificado y calibrado a través de la incertidumbre creada sobre el mensaje final. Shannon también estableció el concepto de bit como unidad elemental en función de la cantidad de información de carácter binario.

- La importancia del canal como medio de transmisión con entidad propia.

Con el avance de los nuevos medios de comunicación, las teorías que en su día reflejaron la importancia de la recepción y comprensión del mensaje sufrieron un cambio significativo al comprender que cada medio sufre de limitaciones y ventajas sobre otros.

Existe una constancia comunicativa de información comprendida bajo los conceptos de probabilidad e incertidumbre, donde el estímulo inicial es

medido en base a la capacidad de recepción limitada del ser humano. La teoría inicial de Shannon sobre la importancia de la transmisión se ha convertido en la actualidad en un estudio de la auto-selectividad en los mensajes que el ser humano recibe en función de las capacidades de los campos receptivos de que dispone.

- La aparición del concepto de ruido en cualquier punto del sistema de comunicación creado. El ruido es ante todo una fuente de error o distorsión que se produce en cualquier mensaje. Este concepto recogido de las teorías de la transmisión de ondas electromagnéticas, es sin duda uno de los claros exponentes de los conceptos de “limitación no impuesta”, sino aleatoria, de los medios que en muchos casos sirve de manipulación directa o indirecta de los medios de comunicación.

- La incertidumbre como método de medición de la información.

En la actualidad, como hemos comentado en el anterior apartado, la incertidumbre se considera un factor determinante dentro de las teorías de la señal de Shannon, base de la mayoría de las hipótesis que intentaban relacionar los mecanismos netamente humanos con los mecanismos creados por el hombre. El factor de la incertidumbre es fundamental para entender la precisión¹² que se produce en el reconocimiento de un estímulo.

La incertidumbre es en realidad una falta de conocimientos, por lo que la cantidad de información obtenida se determina por la cantidad de incertidumbre que se produce. El grado de incertidumbre de una situación aumenta al hacerlo las alternativas posibles que se pueden determinar.

La medida de la incertidumbre o de la información se basa, en el plano técnico en el sistema de cálculo binario con respecto al número de alternativas de una situación. Por ejemplo, la unidad de medida utilizada en el ordenador más representativo es sin duda el bit o dígito binario y representa la potencia a la que hay que elevar el número 2 para obtener el número de alternativas posibles. La ecuación para medir la cantidad de información es $A = 2^H$ en la que A es el número de alternativas posibles entre las que se lleva a cabo la elección y H la cantidad de incertidumbre o información expresada en bits. Esto equivale a decir que el número de bits es igual al algoritmo de base 2 del número de alternativas¹³ como:

$$H = \log_2 A$$

Investigaciones posteriores llevada a cabo por Pollack determinaron que la incertidumbre influye en la actuación en una tarea de reconocimiento, durante la fase de selección de respuesta de la secuencia de procesamiento de la información en vez de en la fase de codificación del estímulo. Pollack mantiene que es posible que el sistema perceptivo debido a que su capacidad de manejar informaciones limitada, almacene de modo temporal la información que le llega para procesarla de modo más selectivo posteriormente. Sostienen que la incertidumbre influye directamente en las actividades que tienen lugar después de que la información se retire de este almacén temporal.

Por tanto, la capacidad del canal de codificar un mensaje esta determinado por la cantidad de estímulos que es capaz de asimilar sin pérdida excesiva de datos del mensaje global.

Los experimentos iniciales fueron llevados a cabo en base al estudio de los juicios absolutos en las que se pretendía medir la capacidad de discriminación de estímulos que se encuentran en una sola dimensión sensorial como el brillo, el tono, la duración.

Si las respuestas del observador indicaban que se habían discriminado dos elementos sin equivocarse quería decir que se había transmitido un bit de información, si por el contrario, se discriminaban cuatro elementos sin equivocarse la transmisión era de dos bits de información, y así sucesivamente. Empleando esta técnica los investigadores determinaron la capacidad del canal frente a diversas modalidades sensoriales en juicios absolutos como podemos ver en la tabla siguiente:

Tabla VII

Tipo de estimulación	Capacidad del canal de bits	Número aproximado de estímulos discriminados
Brillo	1,7	3
Duración	2,8	7
Color	3,6	12
Tono	2,5	6
Posición de una línea	3,2	9

Extraído del libro *Psicología de la percepción*. William N. Dember, Joel S. Warm. Alianza Psicología. Alianza Editorial. Madrid. 1990. Pag. 128.

Los factores que producen nuestra limitada capacidad perceptiva para los juicios absolutos son muy complejos. Es evidente que las condiciones que hacen que los estímulos sean menos distintos desde el punto de vista perceptivo generen problemas de codificación o de introducir el estímulos en el organismo disminuyendo la precisión de los juicios absolutos. Este aspecto es uno de los problemas más antiguos de la psicología debido a sus implicaciones con la adaptación del medio.

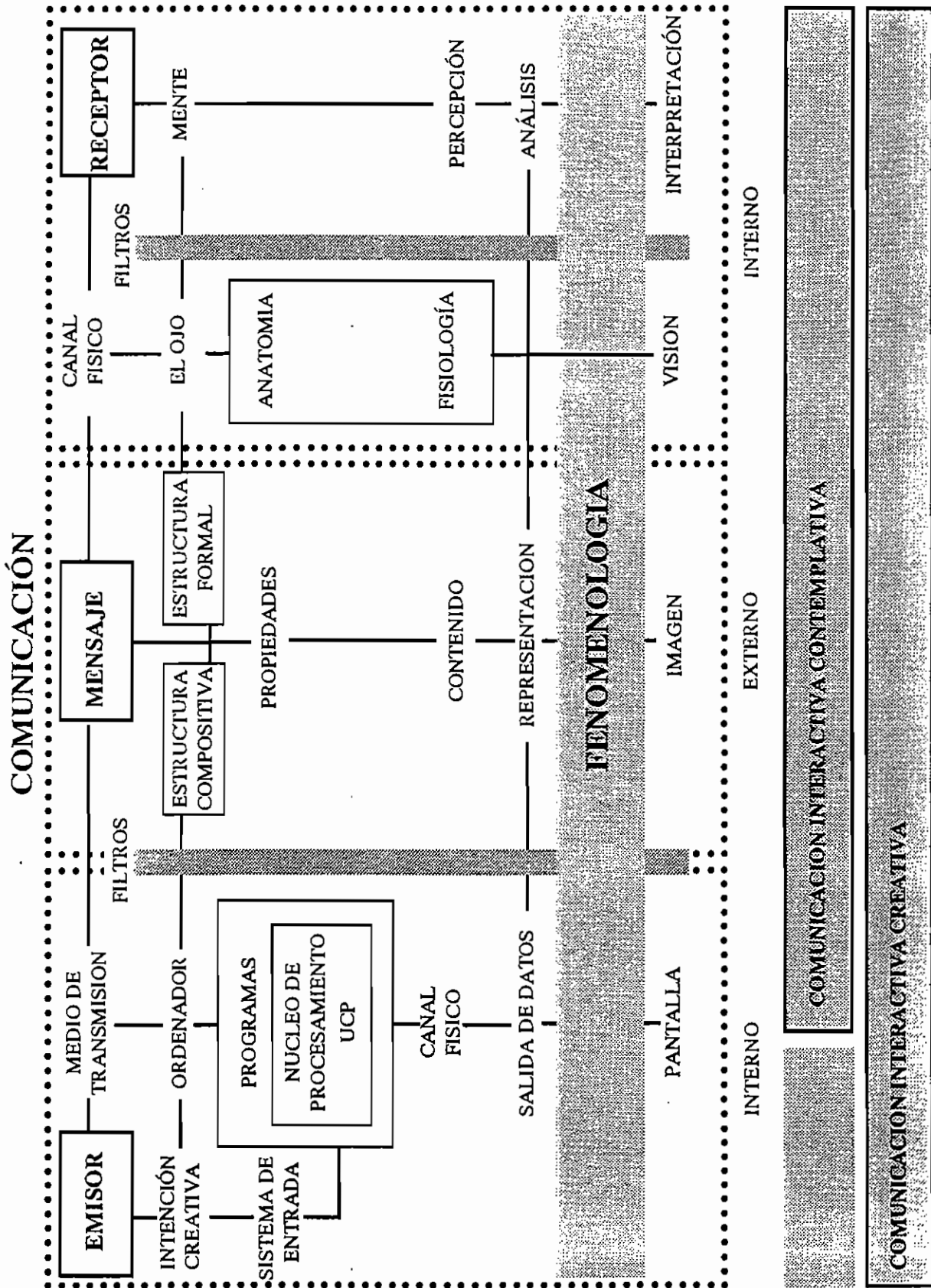
Varios experimentos indican que en parte, el problema, se debe a la inexactitud de la memoria al comparar un estímulos con los datos previamente almacenados sobre la naturaleza y rango de estímulos del que proviene. Las respuestas del observador indican el número total de elementos discriminados, en función de la acción global de los mismos y por tanto podremos conocer las posibilidades de acciones en la transmisión en multicanal.

Por ello los experimentos relacionados con el tiempo de reacción se pueden clasificar en tres tipos de efectos:

- Tipo A. Conocido también como “tiempo de reacción simple”, establece que para cada estímulo existe un sola respuesta.
- Tipo B. Conocido como “tiempo de reacción disyuntivo o de elección”, en el que el sujeto tienen varias respuestas a cada una de las señales o estímulos posibles.
- Tipo C. En este tipo se presentan diferentes estímulos pero sólo hay que responder a uno sólo.

En los tres casos existen factores que determinan la variación de cambio en los tiempos de reacción en función de las condiciones en que son emitidas y que por tanto necesitan de un tiempo para que se active el órgano sensorial elegido. Para que los impulsos neuronales lleguen al cerebro también es necesario un tiempo para que los procesos centrales identifiquen la naturaleza del estímulo e inicien un respuesta, donde finalmente se producirá una activación del sistema muscular para que ejecute dicha respuesta.

Esquema VII



2.2. Teorías del procesamiento de la información.

Dentro de las teorías de procesamiento y como veíamos en el apartado de la conceptualización de la forma, existen diversas tendencias sobre el método de procesado de la información humana generada por la visión de nuestro entorno. Todo ello se resume ante todo en un cúmulo de experiencias que el cerebro organiza de una manera concreta. Es sin duda, con el avance de las nuevas tecnologías desde la época de postguerra hasta nuestros días, cuando se produce el arranque más significativo de los pensamientos relacionados con las teorías de procesamiento artificial.

Dentro del significado global de la psicología cognitiva encontramos que con el paso de los años se han ido acercando posturas, a las teorías denominadas de la información que pretenden dar cabida a lo aspecto más problemáticos surgido con el avance tecnológico de las computadoras. Se ha intentado asimilar las dos grandes líneas de investigación marcadas por la psicología de la mente y la cognición definidas, por una parte por el asociacionismo basadas en las propuestas psicólogos americanos y los argumentos planteados por los constructivistas provenientes de Europa. Estas dos formas distintas de entender la psicología de la mente surgen, en realidad, de dos culturas científicas distintas que desde la Ilustración se habían mantenido como opuestas.

Con motivo del II Simposio sobre la Teoría de la información, celebrado en el M.I.T, el 11 de Septiembre de 1956, con la asistencia de científicos y psicólogos como Chomsky, Newell, Simon, Gardner¹⁴ y G. A. Miller, se empezó a hablar sobre las nuevas teorías de procesamiento humano a nivel cognitivo dentro de las teorías de la información.

Entre los trabajos más destacados de esa época fué sin duda el artículo de G. A. Miller¹⁵ "El mágico número siete más o menos dos. Algunos límites de nuestra capacidad para procesar la información". En él y basándose en la Teoría de la Comunicación de Shannon¹⁶, sostenía que lo seres humanos tenemos una capacidad como canal de información limitada a siete formas simultáneas. En ese mismo año Bruner¹⁷, Goodnow, Austin en 1956 publicaron "A study of Thinking", obra capital en la psicología del pensamiento y la solución de problemas, que pretendía explicar las teorías de Miller desde un punto de vista procesual.

Según Riviére¹⁸ "... lo más general y común que podemos decir de la psicología cognitiva es que refiere la explicación de la conducta a entidades mentales, a estados, procesos o disposiciones de la naturaleza mental, para los que reclama un nivel de discurso propio."

Para Lachman y Butterfield¹⁹ (1979), el procesamiento de la información, en términos generales, era considerado como "*...un conjunto de operaciones simbólicas relativamente básicas, tales como codificar, comparara, localizar, almacenar, etc.. que pueden en último extremo, dar cuenta de la inteligencia humana y la capacidad para crear conocimientos innovaciones...*".

La concepción del ser humano como procesador de información sirvió de modelo para la analogía entre la mente humana y el funcionamiento del computador. Se empiezan a adoptar programas del computador como metáfora del funcionamiento cognitivo humano²⁰.

Esta analogía esta en cierto modo basada en sus inicios, a los planteamientos que llevaron a realización teórica del Test de Turing, según el cual si la ejecución de dos sistemas de procesamiento en una determinada tarea alcanza tal semejanza que no pueden distinguirse uno de otro, ambos sistemas se consideran idénticos.

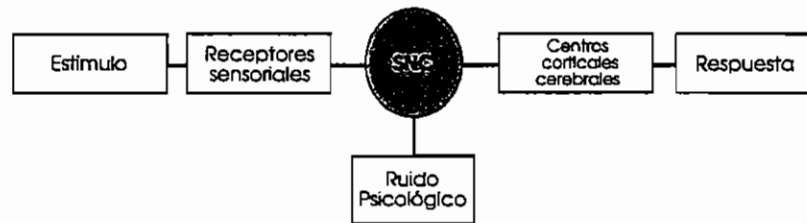
Durante la década de los 80, el psicólogo De Vega²¹, mantuvo que podía llegar a interpretarse dos versiones de este planteamiento que sin duda revolucionó los conceptos que hasta el momento se tenían sobre las posibles equivalencias que podían darse entre el hombre y la máquina a nivel cognitivo.

La versión considerada más estricta admite una equivalencia funcional radical entre ambos sistemas, bajo los términos de la igualdad de términos entre la inteligencia artificial y la ciencia cognitiva, mientras que la versión más comprensiva se limita a aceptar parte del vocabulario y de los conceptos de la informática, sin llegar a afirmar su equivalencia, ni definir el procesamiento de la información de manera explícita como equivalente real de la mente.

El planteamiento radical de la propuesta explica que el hombre y el computadora son dos sistemas de procesamiento de propósito general, funcionalmente equivalentes, que intercambian información con sus entorno mediante la manipulación de símbolos. Según esta concepción, tanto el ser humano como la computadora son verdaderos "informivoros"²², ya que su alimento es la información.

En la comunicación con imágenes, el planteamiento original queda modificado, ya que son los mecanismos sensoriales de recepción, los que establecen la limitación física en el reconocimiento de imágenes. Se añaden, también los conceptos de relacionados con la fisiología del sistema y el llamado "ruido psicológico", factor que influye, y actúa como filtro en la captación de la imagen final:

Esquema VIII



Entre las teorías más importantes generales psicofísicas del comportamiento humano encontramos, por una parte el conductivismo, y por otro el procesamiento de la información. Cada una de ellas mantienen sus premisas desde un área de influencia diferente, ya que mientras el conductivismo se centra en el estudio del aprendizaje con las teorías basadas en el análisis del estímulo y la respuesta, la teoría sobre el procesamiento de la información, busca la semejanza de los sistemas comunicativos de tipo general para obtener una respuesta cognitiva a las condiciones que la dominan.

El supuesto fundamental del procesamiento de la información, es la llamada "descomposición recursiva de los procesos cognitivos"²³ por la que *"... cualquier hecho informativo unitario puede describirse de modo más completo en un nivel específico o inferior descomponiéndolo en sus hechos informativos simples"*.

Cualquier proceso o ejecución cognitiva puede ser comprendido reduciéndolo a las unidades mínimas en que se compone. Esas unidades se unen entre si hasta construir un programa. El procesamiento de la información defiende por tanto, la interacción en función de las variables del sujeto. Las reglas de unión establecen propiedades significativas en las que las distintas partes o sub-procesos en que puede descomponerse un programa o proceso consumen tiempo de un modo serial y aditivo.

Este postulado de linealidad y aditividad en el procesamiento de información descansa además en el supuesto de la independencia entre las distintas partes o segmentos del proceso. El uso de la cronometría mental o medición de los tiempos de reacción, es por tanto uno de los métodos más eficaces para el estudio del procesamiento de la información humano.

De todos estos postulados podemos resumir que el núcleo conceptual de procesamiento de información a nivel de comparación entre los programas de computador y el funcionamiento cognitivo humano están definidos por leyes exclusivamente sintácticas, es decir que se ocupan en determinar reglas mediante las que dichas unidades se agregan hasta constituir procesos complejos. El ser humano como la computadora están concebidos como sistemas lógicos o matemáticos de procesamiento de información constituidos exclusivamente por procedimientos formales.

Esta afirmación que parece trivial en la computación es fundamental en el área de la psicología ya que considera la insuficiencia o la incoherencia lógica como criterio rector del procesamiento.

Durante la década de los 80 el resurgimiento de esta teoría en base a la interpretación de los estados mentales propuestos por Searle²⁴, estableció la definición de los cuatro rasgos a tener en cuenta en el procesamiento real de los datos generados por la información:

- La existencia y el funcionamiento de la conciencia.
- La intencionalidad de los estados mentales.
- La subjetividad de los estados mentales.
- La existencia de una causación mental.
- La existencia de la consciencia.

Según revela un reciente análisis de contenido en los manuales de psicología cognitiva realizado por Carretero²⁵ en 1986, la conciencia es uno de los temas cognitivos que con menos frecuencia se incorporan.

La conciencia no responde a una concepción pasiva y mecánica de la conciencia, no se limita a ser un espejo que refleja lo que sucede en nuestra mente sino que como los espejos mágicos se modifica lo que se refleja. Es decir existe una cualidad de aspecto constructivo de la conciencia desde el punto de vista del aprendizaje y en general.

Las teorías actuales establecen que los sistemas de procesamiento no tienen propósitos ni intenciones únicamente la satisfacción de ciertas condiciones que establecen la búsqueda de ciertas metas o fines. En este sentido, la semejanza entre los sistemas de producción -pares de "condición-acción"- habitualmente utilizados por la ciencia cognitiva y las asociaciones de "estímulo-respuesta" del conductivismo tradicional.

Por tanto, al no admitirse el concepto de la intencionalidad en el estado mental del conocimiento, difícilmente se puede admitir la subjetividad dentro de la

teoría del procesamiento de la información y en concreto en la asunción de la subjetividad de los estados mentales.

Esta subjetividad hace alusión a la existencia de "contenidos cualitativos" en la conciencia. Tales contenidos son intratables por el procesamiento de la información como se ha demostrado en el ejemplo del "espectro invertido" de Fodor²⁶. Dos personas que perciben un determinado estímulo de dos colores distintos, pero que se comportan ante el de la misma manera, y que serían considerados equivalentes, no podrían ser distinguido en un procesamiento de información que como recordamos, ocurría en un sistema que siguiera las pautas tradicionales del Test de Turing.

La teoría el procesamiento de la información, por tanto, se caracteriza por remitir la explicación de las acciones y representaciones del sistema de entidades mentales tales como la memoria a largo plazo, filtros de atención, capacidades de procesamiento limitadas, que influyen en la percepción de la imagen sintética.

- Los sistemas de comunicación no lingüísticos²⁷.

Los sistemas de comunicación basados exclusivamente en las imágenes, fueron considerados un estudio secundario conocido durante años como los sistemas de comunicación “no-lingüísticos”. Los primeros planteamientos teóricos fueron realizados en 1952 por Ullman, que mantuvo la idea general de que nuestro lenguaje actual tanto ordinario o científico, había acabado por encerrarnos en un universo lingüístico modelando la terminología inconscientemente impidiendo observar otros tipos de comunicación en general. Posteriormente Eric Buysens, intentó clasificar los procedimientos de comunicación no lingüísticos de acuerdo a cinco criterios:

- El procedimiento de señalización directa. Se sitúa entre el sentido del mensaje y los signos que los transmiten.
- Los procedimientos de señalización sistemáticos. Cuando los mensajes se componen en signos estables y constantes, como son la señalización de tráfico basados en rectángulos, círculos, triángulos,...
- Los procedimientos asistemáticos. Corresponden al caso inverso al anterior, se utiliza cuando una forma, color, etc.. con el que pretendemos llamar la atención sobre un elemento en concreto, no directamente. Por ejemplo un cartel publicitario.
- El procedimiento de señalización intrínsecos. Se sitúan entre el sentido de la señal y su forma, por ejemplo señalización en tiendas por medio de rótulos concretos.
- El procedimiento de señalización extrínsecos, considerado arbitrario o convencional. Como la cruz verde que señala una farmacia.

Dentro de los grupos de procedimientos de comunicación “sistemáticos” encontramos el concepto de ideograma, como el más representativo, ya que para cada individuo, el ideograma no tienen autonomía real con respecto a la palabra correspondiente a la lengua hablada de dicho individuo, por ejemplo, cinco, cinq, five,... El lector concibe el concepto de forma independientemente a la forma fónica que pueda tener o establecerse²⁸.

El grupo de procedimientos de comunicación “asistemáticos”, está compuesto de sistemas en el que los signos y los trazados se traducen de una manera estable y constante en unidades de sentido. Esos mismos signos se pueden combinar de acuerdo con reglas de relación expresadas por convenciones gráficas.

Los símbolos se leen y perciben globalmente, desde el primer vistazo es un análisis de elementos en un espacio gráfico.

La lingüística estructural evidencia la importancia del hecho de que el lenguaje sea una sucesión de signos leídos en el tiempo. Eso era lo que según Saussure definía como "cadenas habladas, cadena acústica de carácter lineal del significante". La consecuencia de este hecho es que el funcionamiento del lenguaje va indisolublemente ligado al tiempo, que la emisión y audición de un mensaje, la lectura de un texto sólo puede hacerse en el curso del tiempo.

El grupo de procedimientos de señalización intrínsecos, exige la misma observación que las anteriores en cuanto a su carácter lingüístico, pero al contrario que las anteriores, ilustra el procedimiento de comunicación asistemático²⁹, donde *"... los mensajes no se pueden descomponer en signos estables, constantes en los mensajes del mismo tipo, ya que son realmente pictogramas y son leídos no en el curso del tiempo, sino en el espacio, es decir, en un orden determinado por la posición de los detalles en el espacio tipográfico y no siguiendo el orden inexistentes de su enunciado en el tiempo"*.

No obstante, Saussure, por su parte, se oponía claramente a las lenguas de los sistemas de comunicación visuales que pudieran ofrecer acepciones simultáneas. El Diseño Industrial, por ejemplo, constituye un sistema de comunicación, universal con su léxico, unidades simbólicas explícitas en las "leyendas" del diseño y su sintaxis, las reglas de construcción geométrica de todo el dibujo. Pero éstas reglas corresponden a una sintaxis que se despliega en el espacio y no en el tiempo. Saussure mantiene el carácter discreto de los signos del lenguaje unidos al carácter lineal del signo enunciado.

El trazo azul que simboliza el curso de un río sobre un mapa da una simbolización de la idea correspondiente. La representación de una superficie real por una superficie simbólica proporcional a la primera, es decir "a escala", se basa en una utilización de unidades de tamaño continua.

Todos los análisis semiológicos de las artes plásticas podrán adquirir un carácter científico, cuando haya revelado la existencia o no de unidades significantes sean arbitrarias o simbólicas, lineales o no, discretas o no, etc... y la aptitud de estas unidades para dar una cuenta del funcionamiento de dichos medios o sistemas de comunicación.

2.3. Las teorías computacionales.

Como hemos visto las teorías de la información basadas en las nuevas tecnologías generadas sintéticamente por el hombre y los conceptos creados a través del estudio de la mente humana permitieron, durante la década de los 60 desarrollar los primeros intentos de crear programas informáticos experimentales capaces de justificar las nuevas teorías cognitivas del ser humano, de carácter estructuralista.

Los primeros modelos informáticos creados en base al procesamiento de información, como por ejemplo el " Solucionador General de Problemas" de Newell³⁰ y Simon (1972), partían de sistemas informáticos de procesamiento dotados de una gran capacidad sintáctica general que les permitía supuestamente enfrentarse a cualquier tarea sin necesidad de conocimientos específicos. Pero este supuesto resultó erróneo. Además de una capacidad sintáctica, los sistemas de procesamiento sean artificiales o humanos, necesitan una cierta cantidad de conocimientos específicos para enfrentarse a un problema complejo, "semánticamente rico".

En 1977, Marr y Poggio aplicaron teóricamente los niveles interpretativos de la comunicación de una manera mecanicista en las que podemos recoger aquellos estadios que por analogía estableceríamos con un ordenador.

- Nivel inferior. Análisis de componentes y circuitos básicos del sistema como transistores (neuronas) o díodos (sinápsis).
- Nivel segundo. Estudio de los mecanismos concretos: sumadores y multiplicadores, memorias que son elementos agrupados de segundo orden.
- Nivel tercero. Algoritmo, que establece un esquema de computación.
- Nivel cuarto. Contiene la teoría de la computación basada en la teoría matemática de expresión de la imagen bajo frecuencias de la transformación de Fourier³¹, que comprende una secuencia de operaciones matemáticas y el algoritmo espacial, operación única y global que se basa en los mecanismos de la óptica del rayo láser, por ejemplo.

Actualmente buena parte de los esfuerzos de la Inteligencia Artificial, están dirigidos al diseño de sistemas expertos y en concreto al estudio de la ciencia difusa capaz de dar explicación lógica a numerosos aspectos que hasta el momento eran considerados causales del estímulo, creado de manera espontáneo por la mente.

El hecho de tener que cargar de contenidos semánticos a esos sistemas plantean la necesidad no sólo teórica sino técnica. De esta forma, el aprendizaje se constituye en un problema relevante para la ciencia cognitiva.

A nivel teórico, es necesario postular mecanismos que expliquen la adquisición de conocimientos por los sistemas humanos de procesamiento, mientras que a nivel técnico, si no se quiere seguir toda la vida dándoles el conocimiento poco a poco, es necesario dotar a los computadores de la capacidad de adquirir por si mismos conocimientos complejos incluidos los conceptos.

En los últimos años se han realizado numerosos esfuerzos para proporcionar a los sistemas de procesamiento humanos y artificiales de poder de automodificación. Estos esfuerzos han desencadenado en las teorías computacionales del aprendizaje, de forma que se intenta dotar a las teorías de una causalidad psicológica, proponiendo un procesamiento en paralelo en vez de serial, teniendo en cuenta la limitación de la capacidad de trabajo y el estudio del aprendizaje en tiempo real consecuente.

Las líneas de investigación que han dominado los últimos años intentan explicar los datos psicológicos relevantes a nivel del aprendizaje perceptivo como son los trabajos de Rumelhart y Zipser³² o mediante el estudio de los conceptos básicos que los definen como los trabajos llevados a cabo por Anderson³³, Kline, Beasley, 1979, Elio³⁴ y Anderson o sobre aspectos concretos de la neurofisiología humana relacional realizados por McClelland, Rumelhart, y el grupo PDP.

En la presente tesis hemos querido, recoger aquellas teorías computacionales centradas en el conocimientos psicológico y perceptivo de la visión en los procesos relacionados con el aprendizaje. Algunos aspectos de las teorías más tradicionales se hallan explicadas en el apéndice de este capítulo donde se analizaran los aspectos fundamentales en las teorías psicológicas de la cognición relacionados con éste concepto.

Dentro de las teorías de aprendizaje computaciones psicológicamente relevantes que se ocupan de la adquisición de conceptos se hallan:

- La teoría de los esquemas de Rumelhart³⁵ y Norman, propuesta en 1978.
- La teoría de ACT, siglas inglesas de Adaptive Control of thought, Control adaptativo del pensamiento descrito por Anderson³⁵, creada y revisada hasta la actualidad desde su creación en 1982.
- La teoría computacional desde un enfoque perceptivo de la visión propuesto por el grupo del Laboratorio de Inteligencia Artificial del M.I.T.

- Teoría de los esquemas.

Según Rumelhart, la teoría de los esquemas se ocupa de manera genérica de cómo se representa el conocimiento y cuál es el proceso de almacenamiento. La unidad básica del procesamiento se crean en base a los llamados "esquemas", consistentes en paquetes de información sobre conceptos genéricos. A diferencia de otros tipos de representación, los esquemas son unidades molares relativamente complejas, "*... un esquema contienen como parte de su especificación, la red de interrelaciones que se cree normalmente que existe entre los constituyentes del concepto en cuestión*". En este sentido esquema es un concepto de un objeto, persona o situación cuyos rasgos constituyentes se corresponden con los atributos del concepto.

- La teoría ACT de Anderson.

En realidad, el ACT no es una teoría sino una familia de teorías, a partir de las teorías de memoria asociativa inicial, desarrollada por Anderson y Bower en 1973. Posteriormente fué durante la década de los 80, cuando se convirtió en la teoría más ambiciosa y completa estableciéndose como una teoría psicológica general unitaria bajo supuestos computacionales de la ciencia cognitiva. La versión de la teoría ACT, de 1983 al igual que sus precedentes fué implementada y traducida a un programa³⁷ de computacional, incorporando nuevos aspectos basados en una teoría del aprendizaje. El ACT parte de la idea básica de que "*... todos los procesos cognitivos superiores como la memoria, lenguaje, solución de problemas, imágenes, deducciones, inducciones son manifestaciones diferentes de un mismo sistema subyacente*".

ACT es un sistema computacional de procesamiento capaz de presentar tres memorias relacionadas, compuestas por una memoria declarativa, una memoria de producciones y una memoria de trabajo. El ACT es capaz de gestionar los diferentes procesos de codificación, actuación, emparejamiento, ejecución que de manera complementaria requieren el uso de una memoria de trabajo adicional.

Actualmente, el planteamiento básico del sistema, que le diferencia de otras teorías computacionales, es no obstante, la existencia de dos tipos de memoria a largo plazo: una memoria declarativa, que contiene conocimiento descriptivo sobre el mundo, y una memoria procedural o de producciones, que contienen información para la ejecución de las destrezas que posee el sistema. Por tanto, esas dos memorias almacenan dos tipos distintos de conocimiento que se corresponden respectivamente con la distinción filosófica entre el "saber qué" declarativo de Ryle³⁸, 1949 y el "saber cómo" procedural.

El conocimiento declarativo consiste en información sobre como está organizado el mundo y lo que en él sucede. El conocimiento es estable y normalmente activo. Sólo los nodos que se hallan activados en la memoria de trabajo tendrán influencia sobre el conocimiento procedual. Por ello el concepto de activación es primordial en el ACT.

La memoria declarativa está organizada en forma de red jerárquica compuesta de unidades cognitivas o nodos. El conocimiento declarativo nunca desencadena acciones sobre el mundo directamente sino que, como veremos puede llegar a activar el conocimiento procedual responsable de esas acciones.

La activación puede proceder bien de los estímulos externos o bien del propio sistema, como consecuencia de la ejecución de una acción como proceso continuo. Los nodos que accederán a la memoria de trabajo podrán tener influencia sobre el procesamiento serán aquellos que tengan una mayor fuerza de activación. La activación de un nodo depende de la frecuencia con que se use de su emparejamiento o correspondencia con la información contenida en la memoria de trabajo. Cada nodo tendría una fuerza asociada que sería básicamente función de su frecuencia de uso. Al ser limitado la memoria de trabajo, no admitiendo más de 10, los nodos³⁹ más fuertes son los que más probabilidad de estar activos.

- La teoría computacional desde el punto de vista de la percepción visual.

Propuesta por el grupo del Laboratorio de Inteligencia Artificial del M.I.T. mantiene una relación directa con la visión e interpretación de la imagen como elemento comunicador, capaz de transmitir una información.

La teoría afirma que la primera operación con una imagen es transformarla en una descripción primitiva pero rica de la forma en que cambian sus intensidades a lo largo del campo visual, en posición a una descripción de sus valores concretos de intensidad en y por si mismos. Esto da lugar a una descripción del tamaño considerablemente reducido que sigue conservando los aspectos necesarios para ser analizada como imagen.

En una imagen real, se tiende a simplificar la información óptica, en el llamado "el esbozo primario", que no necesita incluir un conjunto de valores para cada punto de la imagen. En cambio, tal como se almacenan en un ordenador, constituiría una matriz con números que representan direcciones, magnitudes, extensiones espaciales de los cambios de intensidad asignados a ciertos puntos específicos de una imagen. Los puntos tienden a ser lugares de intensidad localmente baja o alta, la posición de éstos puntos y especialmente su distribución, en relación con sus vecinos inmediatos, deben quedar explícitas en el esbozo inicial.

Los aspectos fundamentales capaces de actuar sobre una imagen o imágenes bidimensionales se establecen bajo esta teoría se describen como:

Tabla VIII

Plano referencial de la información de la forma a partir de imágenes*

Imagen (es)	Descripción
Esbozo primario	Establece los cambios de intensidad presentes en una imagen.
Esbozo 2 1/2D	Representa los contornos de discontinuidad superficial. La profundidad y la orientación de elementos superficiales visibles en un marco de coordenadas está centrada en el sujeto que ve.
Representación 3D	Describe la forma que incluye elementos primitivos volumétricos de varios tamaños. Las posiciones se determinan utilizando su sistema de coordenadas centrado en el objeto.

Extraído del libro de Jose Eugenio Gracia- Albea. "Percepción y computación". Ediciones Pirámide S.A. Madrid, 1986.

El proceso computacional del "esbozo primario" ha sido llevado a cabo de una manera empírica mediante el uso de filtros, que actúan en la imagen como reconocedores selectivos de las formas y que son capaces de organizarse de manera selectiva para ser descifradas posteriormente⁴⁰. Este proceso se resume en:

1°- La abstracción del "esbozo primario en bruto" que en su día propusieron Marr y Hildreth en 1979, que implica la detección y representación de los cambios de intensidades en la imagen. Ello se lleva a cabo mediante un filtrado⁴¹ de carácter Gaussiano, G ó Laplaciano, V_2 .

2°- Manteniendo el supuesto de coincidencia espacial de Marr y Hildreth, que afirma que "... Si hay un valor cero en un conjunto de canales V_2 -G independientemente, en una gama continua de tamaño, tiene la misma posición y orientación en cada canal, entonces se puede considerar que el conjunto de tales puntos cero indican la presencia de un cambio de intensidad en la imagen, que se debe a un sólo fenómeno físico, es decir, cambio de reflectancia, iluminación, profundidad y orientación de la superficie... ". Esta suposición permite combinar los puntos cero de los diferentes canales en descriptores de segmentos de borde, las manchas, etc...que constituyen el "esbozo primario en bruto".

3°- Para obtener el esbozo primario completo, estos elementos primitivos se agrupan jerárquicamente formando las "marcas de lugar" o "place-tokens", que asocian propiedades como longitud, brillo, anchura con las posiciones de la imagen propuesta por Marr en 1976. Entonces se pueden utilizar las líneas virtuales para representar la geometría local de estas marcas de lugar definitivos.

A nivel práctico estas ideas han sido llevadas a cabo en el reconocimiento de formas y objetos. Frenner 1975 utilizó el enfoque semejante para identificar un martillo en una escena simple, y Tenenham y Barrow, en 1976 aplicaron el conocimiento de varios tipos de escena a la segmentación de imágenes de paisajes como una oficina, una habitación y un compresor.

Si el planteamiento es correcto, significaría que el problema fundamental para la visión es conseguir una adecuada implementación de las teorías de reconocimiento formal mediante el uso de filtros, capaces de sustituir al concepto tradicional segmentación de la imagen realizada por nuestra mente.

2.4. El lenguaje de la comunicación hombre-máquina.

- Niveles de lenguaje de comunicación.

El término "diálogo" aplicado entre el usuario y el ordenador son términos empleados en la actualidad para definir aquellos elementos netamente gráficos que permiten realizar operaciones específicas entre ellos. Hasta hace poco, la presentación visual de los programas era diseñado por el hombre tomando en cuenta los aspectos técnicos de la programación y dejando en segundo plano los posibles efectos psicológicos que afectan a directamente la percepción, modo de uso y pedagogía en la utilización de un programa, por el hombre.

Durante la década de los 70 a nivel social se produjo un cambio de actitudes artísticas relacionadas con las nuevas tendencias de geometrismo puro, y abstracción. Estas acciones se vieron respaldadas por las ideas e investigaciones revolucionarias que sobre el fenómeno de la comunicación y el movimiento de masas. El nuevo cambio de mentalidad que sobrevino con la aparición de la nueva era tecnológica, produjo una inversión de valores cuya mentalidad se llegó a denominar cultura de consumismo, entre cuyas premisas se situaba la tendencia a lo innovador y futurístico.

A nivel tecnológico el desarrollo de los ordenadores se dirigió principalmente al tratamiento, procesado y gestión de datos desde un punto de vista técnico y científico buscando una salida gráfica de cualquier tipo, a los datos generados en el ordenador mediante la utilización de plotters y que posteriormente se extendió al desarrollo de las pantallas de rayos catódicos. El punto de vista plástico era tratado como un simple acto anecdótico sobre el cual no se ponía muchos interés. Uno de las primeras acciones medianamente estéticas, es decir, basadas en un representación simulada de un espacio real fué, por una parte, los primeros programas de simulación de vuelos para uso logístico y de entrenamiento, y los primeros videojuegos.

No obstante, a nivel teórico se realizaron los primeros estudios sobre la aplicación de las posibilidades técnicas entre los que destacamos los trabajos e investigaciones pioneros realizados por Ivan Sutherland⁴². basado en un estudio sobre las comunicaciones gráficas en las computadoras o con la publicación del libro de W. K. D .C. Englebart y M. L. Berman sobre las técnicas sobre la manipulación técnica de los textos.

Una vez superados relativamente los problemas de espacio de memoria y el tiempo de computación, el estudio de los ordenadores se volcó sobre las incompatibilidades físicas entre los diferentes programas y lenguajes, que dieron

lugar a la búsqueda de una reglamentación o unidad conocidos como standard gráficos, que hasta el momento sólo eran planteados de una manera local y sobre cada familia de ordenadores. En general, las interacciones que se establecen dos niveles de comunicación:

- Cuando el usuario se comunica con la computadora.
- Cuando la computadora se comunica con el usuario.

El primer nivel, que corresponde al término diálogo entre el usuario y el ordenador representados por los llamados sistemas interactivos. Cuando diseña un programa gráfico interactivo el diálogo debe tener en cuenta en primer lugar la filosofía de acercamiento al usuario debiendo sistematizar el tipo de diálogo que quiere establecer y en base a ello crear una serie de condiciones que puedan ser direccionados o no, a nivel de conexiones de diagrama de flujos que se presentan para cada caso.

Entre los más desarrollados actualmente encontramos dos campos diferenciados que corresponden al lenguaje basado en una iconografía gráfica específica, que describe los procesos o funciones en base a iconos, y el lenguaje escrito de comandos donde el aspecto semántico repercute sobre nuestro razonamiento cognoscitivo de el significado de las palabras.

- Los niveles de lenguaje interactivo.

Se tiende ha establecer una serie de ideas básicas sobre la creación de un lenguaje de conversación entre el usuario y el ordenador, que debe cumplir un lenguaje de comunicación elemental:

- Eficiente. Mediante comandos sencillos y efectivos.
- Completo. Expresando cualquier idea de las posibilidades y naturaleza del programa de forma gramaticalmente sencilla.
- Extensible. Completando un lenguaje eficientemente de forma que sirva para añadir nuevos términos que ayuden a completar los ya existentes. En los sistemas operativos se utiliza en base procedimientos de catalogación, comandos de archivos guiones de escritura. En los lenguajes programables se utiliza en la creación de macros.

A su vez el sistema debe presentar un nivel conceptual, un nivel semántico y un lenguaje de comandos basados en:

- La utilización de ordenes escritas e iconos standard definidos en base a unas reglas de interpretación.
- En el caso de las ordenes escritas utilizando un standard gráfico específico.
- En el caso de los iconos la reglamentación define el tamaño, color o forma aproximada, etc.. que determinan aspectos generales de los mismos. Por ejemplo, la configuración gráfica que presentan sistemas como Windows, Unix, etc...
- La colocación de los mensajes situados y mostrados de forma lógica en el sitio específico, preferentemente invariable en sus inicios. Por ejemplo, la aparición de una ventana invocada en el sistema Unix, que puede ser trasladarse a través del espacio gráfico disponible, y que en sus inicios, puede presentar un punto de inserción centrado, situado a la izquierda o a la derecha, etc...
- Elementos del Menú situados en la misma posición relativa dentro de un menú.
- Caracteres en el teclado, como puede ser la barra de espacio, la tecla de "return", las teclas de función, etc... que corresponden a acciones concretas standarificadas en la mayoría de los teclados o programas.
- Existencia de comandos globales de ayuda como "help", "status", "cancel" que pueden ser invocadas en cualquier momento.
- Palabras claves o caracteres orientativos del lenguaje que permite abreviar ordenes largas de escribir. Por ejemplo, en los programas de diseño asistido por ordenador para las ordenes de aplicación de ciertos elementos geométricos.

- Niveles de lenguaje.

Al crear un sistema, el programador tiene en cuenta cada uno de los niveles pre-establecidos de que dispone el ser humano para comunicarse con otros usuarios, ya que el modelo a generar será más sencillo si es tomado del lenguaje escrito o hablado como base de interpretación de las funciones o rutinas previamente creadas en el ordenador, por considerarse más directo. El principio básico parte de la idea simple de que a cada acción le corresponde una reacción dentro del mutuo diálogo entre dos elementos con capacidad de comunicación. En términos de la teoría formal del lenguaje, algunos de éstos se consideran "regulares", ya que pueden presentar estados de transición que se generan siempre que se produce un mensaje. Los pasos o estadios que establece la acción son:

- El estado neutral o estado inicial.
- El estado de espera.
- El estado de introducción de datos.
- El estado de verificación.
- El estado de rejección.
- El estado de verificación.
- El estado neutral previo.

Una acción se realiza, por tanto, cuando se completa una secuencia o frase de carácter sintáctico reconocida por el programa, utilizando el lenguaje o las reglas semánticas impuestas por el programa. Entre los lenguajes dentro de la comunicación computacional encontramos:

- El lenguaje conceptual.

Es la definición del concepto mediante una "llave" que será la clave que el usuario es capaz de emitir. Este concepto define objetos o clases de objetos, relaciones entre clases de objetos y las operaciones que podemos establecer entre ellos, por ejemplo, el de un sistema editor de texto en los que los objetos representados son letras y ficheros. Las operaciones entre los objetos pueden ser insertados, borrados, movidos, etc... mientras que en la operaciones de un fichero pueden ser creados, borrados o insertados, etc...

El lenguaje conceptual en las computadoras por si mismo, presenta poca relación con la comunicación habitual del hombre y sobre la que nos expresamos entre nosotros, pero mantiene una lógica de planteamientos relacionados con los estados primarios generales de la comunicación social.

- El lenguaje semántico.

El diseño semántico define las maneras para realizar una operación y no las secuencias necesarias para realizarlo. Por ejemplo, la acción que determina, cuando se ha acabado de hacer una operación es una de las cualidades más útiles dentro de un programa.

Las acciones generales cuando la complejidad de la semántica del programa necesita varios segundos en generar una respuesta normalmente se utilizará una indicación simbólica. Por ejemplo, los relojes que aparecen en la pantalla extrapolados a la realización de lo que se va realizando, con tiempo de espera sobre otros procesos.

Existen tipos de reacciones semánticas complementarias que se consideran un sustituto de acciones completas que sirven para establecer niveles rápidos de acción de ciertas ordenes. Por ejemplo, la utilización de la tecla "shift", para establecer los caracteres de las letras mayúsculas en un procesador de textos.

- El lenguaje sintáctico.

Define la secuencia de entrada y salida de datos, mediante las reglas necesarias para crear el mandato, en cualquier tipo de lenguaje. Generalmente se define como comandos, órdenes, valores numéricos o coordenadas, etc...

En un lenguaje de señales o signos, el lenguaje sintáctico lo forman las unidades significadas que no pueden dividirse sin perder su significado.

La salida de datos representa la noción de la secuencia en base a factores especiales o temporales. La sintáctica de los datos de salida, no solamente incluye la organización en 2-D y 3-D de representación de los mismos, sino que también implica una variación temporal de la forma. Las señales que están frecuentemente expresadas gráficamente como símbolos y dibujos, mas que como secuencias de caracteres, presentan significados si se dividen en líneas individuales o en caracteres aislados.

Por ejemplo, el símbolo de un cubo, en algunos programas DAO, establecen en la mayoría de los programas de modelado en tres dimensiones, la conversión de un objeto bidimensional en otro tridimensional por medio de la extrusión de la forma en el eje Z, pero si cogemos las líneas que representan este cubo de forma aislada, ya no expresaran lo mismo o es posible que no expresen nada.

- El lenguaje lexical.

De forma global se considera el nivel lexical como el más elemental, donde cada acción lexical en el lenguaje de entrada, puede tener una respuesta lexical en el lenguaje de salida. En el lenguaje de tipo lexical, la acción de entrada de datos se establece cuando, cada unidad (palabra) del lenguaje de entrada (comando, posición mediante ratón, selección del objeto..) y es aceptado por el sistema. Una acción se realiza cuando se completa una secuencia o frase sintáctica en el lenguaje utilizado que entra como dato y si esta bien construido produce la acción contenida.

Determina como las señales de entrada y salida están formadas desde las primitivas disponibles en el hardware o también denominados lexemas. Los lexemas de entrada de datos pueden ser cualquiera de las señales disponibles de entrada de datos por los periféricos de la computadora, como el escáner, por ejemplo. Los lexemas de salida de datos son las formas (líneas, caracteres, formas...) y sus atributos (color, fuentes de letras...) que se pueden visualizar en la pantalla o presentan una salida por impresora.

El diseño lexical de salida es la combinación de las primitivas de salida en base a sus atributos para formar las unidades de significado de salida o señales, es decir, representa la unión de las capacidades del hardware con las señales independientes del hardware del lenguaje de entrada y salida.

- La utilización de signos en la computadora.

La utilización de signos iconográficos han supuesto para la mayoría de los programas un avance notable de comunicación, en la que la importancia en la comprensión de la acción se determina por la acción misma asociada a dicha representación icónica. Numerosos programas dentro del campo informático general, como sistemas operativos, programas de autoedición o programas de tratamiento de textos o de ingeniería han optado, como parte fundamental en sus estructuras de comunicación con el usuario, en la creación de una serie de símbolos que nos ayuda a entender de manera rápida y sencilla órdenes y operaciones relacionadas.

Es interesante remarcar el hecho de que existe una gran confusión de términos, cuando tenemos que describir un elemento pictórico, que representa de manera asociada un hecho cognitivo de reconocimiento. La clasificación creada por Pierce⁴³ mantiene la distinción entre el indicio, icono, símbolo, definiéndolos de la siguiente manera:

- Los indicios. Expresan continuidad entre la expresión misma y el contenido. Por ejemplo, el cursor en el momento que los objetos se hallan debajo de él.
- Los iconos. Usadas en la mayoría de los interfaces parte de la idea de expresar y contener un orden o acción. Un aspecto dominante en los iconos es su legibilidad y por tanto su tamaño relacionado con la capitación del ojo humano y la discriminación que realiza frente a su significado. Por ejemplo, en el sistema Machintosh, el tamaño puede establecer una jerarquía de importancia, así el tamaño de los iconos que presentan el inicio de un programa será de un tamaño más grande que los más pequeños que representarán al símbolo de expansión y contracción de una ventana en el programa.
- Los símbolos. Se considera una mera convención del lenguaje, en general y en el que se intenta asumir ciertos valores de una manera global. El símbolo puede cambiar su tamaño, posición y forma en la pantalla e influir a otros signos, pero que no pueden ser modificados por el usuario directamente pero si adaptarse a sus condiciones de acuerdo con las manipulaciones del usuario. Complementariamente existen los denominados "signos de control" que corresponden a los signos que controlan otros signos sin que estos pueden afectar al primero. La acción es indirecta o influenciada por el comportamiento de otros signos y que a su vez no cambian.

Imagen 17

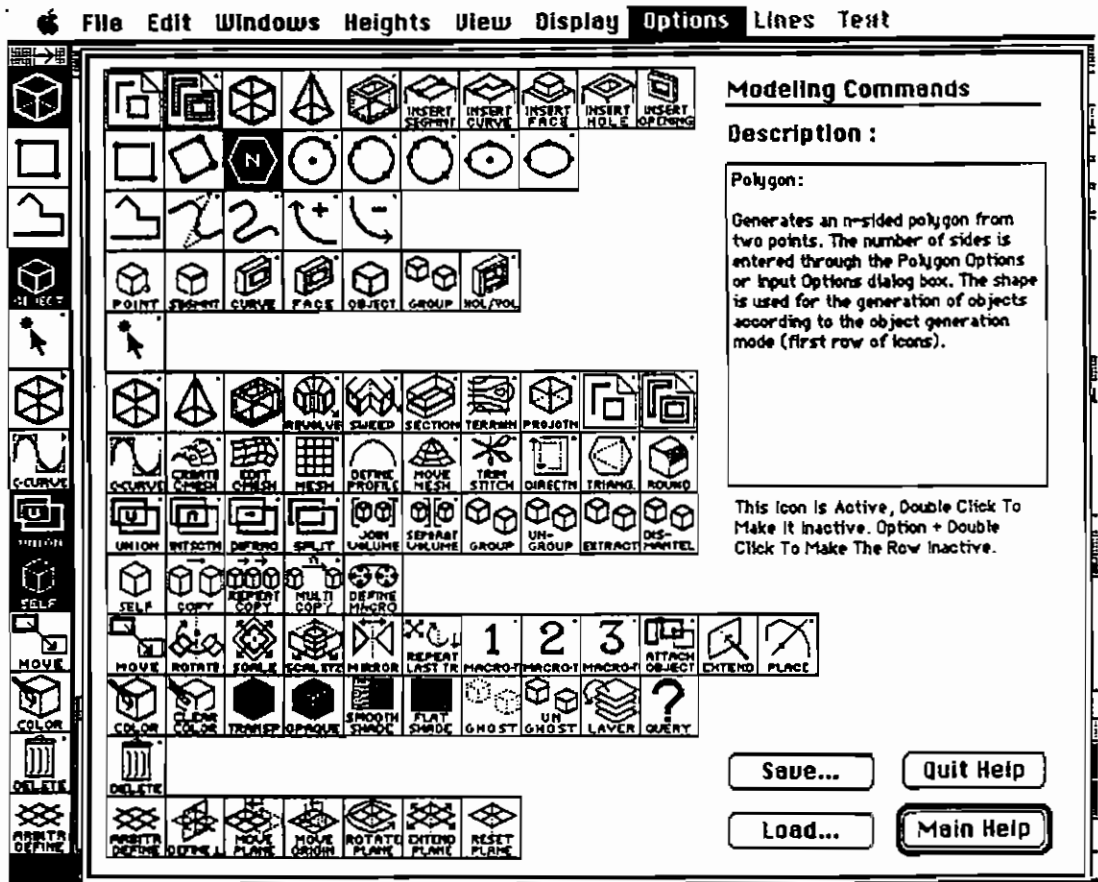


Imagen extraída del programa de Diseño asistido por ordenador para Macintosh, FORMZ, donde se pueden ver los diferentes tipos de iconos de manipulación y creación de geometría.

- Las interfaces de control en el diálogo en una computadora.

- El diálogo de control directo.

El objetivo de la comunicación del hombre con la máquina es la de establecer de la manera más fácil y completa el acceso a las posibilidades del programa. Todos los programas tienen, por una parte, un tipo de control de conexión entre el sistema y el programa y por otro la comunicación entre el programa y el usuario conocido como interface. Tanto uno como otro reciben respuestas en base a acciones o mensajes a la acción realizada.

Este diálogo general debe cumplir la regla general del usuario de no ser manipulado directamente, es decir forzado por la máquina a seguir diferentes caminos sino que debe ser el que decida la ruta o las rutas a seguir en este caso debe cumplir:

- La utilización de órdenes explícitas y acciones explícitas entre el usuario y la computadora.
- Comunicarse con el usuario dando reacciones o mensajes de estado de la orden.
- Diálogo en el que el usuario tome la iniciativa.
- Diálogo basado en un modelo integrado en favor del usuario, si es posible.
- Creación de comandos simples para cada función específica.

El sistema básico más utilizado como respuesta a los mensajes entre el ordenador y la máquina son las palabras SI o NO capaces de asumir la mayoría de las preguntas formuladas por el ordenador de forma rápida y concisa.

Este tipo de modelo se ve complementado con las opciones añadidas en los menús gráficos o ventanas, que convierten el diálogo en un elemento más acorde con las necesidades de expresión de un SI o No ambiguo. En este caso debe cumplir:

- Realizar la cuestión de forma que pueda ser asimilado rápidamente por la memoria corta del usuario aunque pueden completarse con otras cuestiones y respuestas en conexión con la principal.
- Conexión de respuestas, mostrando la respuesta anterior. De otra manera podría afectar a la memoria corta del usuario.
- Mantener las secuencias con el documento o fichero del modelo y creado por el usuario.

- El Menú.

La mayoría de los menús trabajan mostrando mediante palabras, las opciones disponibles en el programa y en ocasiones se halla complementado con otro tipo de interfaces como pueda ser el teclado de una orden, iconos, etc... Existen diversos tipos de menús que mantienen una jerarquía aplicada desde un menú principal de palabras clave a otros sub-menús derivados, dispuestos en forma de persiana, manteniéndose la idea de una jerarquía global desglosada. Generalmente, los sub-menús no se presentan visibles sino que se activan una vez tocamos la opción general principal, en forma de menús de persianas.

Una desventaja de este sistema es que pueden ocupar bastante espacio en la pantalla de forma que no dejen ver la zona de trabajo en pantalla.

-Tipos de manipulación conjunta. Manipulación directa. WIMP.

El término WIMP⁴⁴, creado por Shneiderman en 1983, se refiere a programas que utilicen interfaces que acogen el sistema de Control descrito compuesto de las opciones asociadas en el uso de ventanas, iconos y menús desplegables. que de manera conjunta.

La idea central parte de la asignación mediante ratón de actuaciones específicas capaces de activarse interactivamente entre los diferentes tipos de manipulación que es muy común en sistemas operativos como Windows o en programas tanto a nivel de Machintosh o PC para ingeniería. Las principales características de una manipulación directa son:

- Las acciones explícitas. El usuario puede manipular los objetos en la pantalla.
- Las acciones inmediatas. Este término considerado muchas veces como relativo, establece la importancia en las comunicaciones con el sistema de acción que ejecuta la orden y los diferentes sistemas de manipulación. En muchos casos es sistema más directo cognitivamente, es sin duda el reconocimiento por iconos de una orden previamente conocida, pero a nivel técnico, es la escritura del comando en el sistema⁴⁵ operativo la actuación más directa sobre las acciones del programa.
- Los efectos incrementales. Como por ejemplo, cuando movemos un icono o una línea donde se establece un movimiento incremental continuo.
- Las interacciones intuitivas. Este tipo de interacción se relaciona con el modelo conceptual del usuario y como el sistema operativo y la pantalla muestra dibujos y objetos familiares, aprendiendo en base a las "capas de conocimiento", que corresponde a un sistema complejo que es gradualmente

entendido y asimilado en base a niveles en las que el usuario explora las facilidades del sistema.

- Las acciones reversibles. Toda acción puede ser revocada, mediante el efecto de reversibilidad de la manipulación de las secuencias.

- La pre-validación. Solamente las interacciones válidas y correctas tiene efecto si el usuario señala la orden, en base a las características previas sobre las que parte y posteriormente valida la orden final.

- Las ventanas.

Las ventanas es un sistema que nos permite visualizar o actuar sobre diferentes tareas impuestas. Este sistema es uno de los más utilizados en la actualidad, con el avance de sistemas gráficos para usuario medio-alto como es el caso de Windows o Unix.

En cada caso la importancia en el uso de ventanas permite una mejora visual de los datos simultáneamente representados que mejora estado de nuestras acciones. A nivel de creación de las tres dimensiones el uso de ventanas, nos permiten disponer de diferentes punto de vista basadas en proyecciones sobre el objeto capaz de asimilar la espacialidad del objeto representado. En general, las ventanas subdividen el espacio de la pantalla en operaciones diferentes que pueden tomar espacio en la pantalla al mismo tiempo. Las ventanas pueden dividirse en dos tipos:

- Ventanas mosaico. La pantalla se divide de una manera regular en sub-ventanas que no se superponen.

- Ventanas solapadas. Corresponden a ventanas que pueden colocarse por encima de otra creando el efecto de profundidad mediante un solapado parcial o puede incluso desaparecer mediante un solapado total de forma que las ventanas con la señalización de las mismas puede desaparecer, colocarse en primer término, situarse detrás de forma dinámica.

El uso de las ventanas tiene varias aplicaciones ya que permite establecer diferentes operaciones en diferentes ventanas estableciendo un proceso de multiuso o multitarea. Esto se utiliza para establecer el estado de la máquina gracias a la generación de una segunda ventana complementaria.

Permite establecer niveles de comprensión independientes en cuanto a la manipulación y generación de cosas en ella y que establecen comunicaciones interactivas con otras ventanas.

Imagen 18

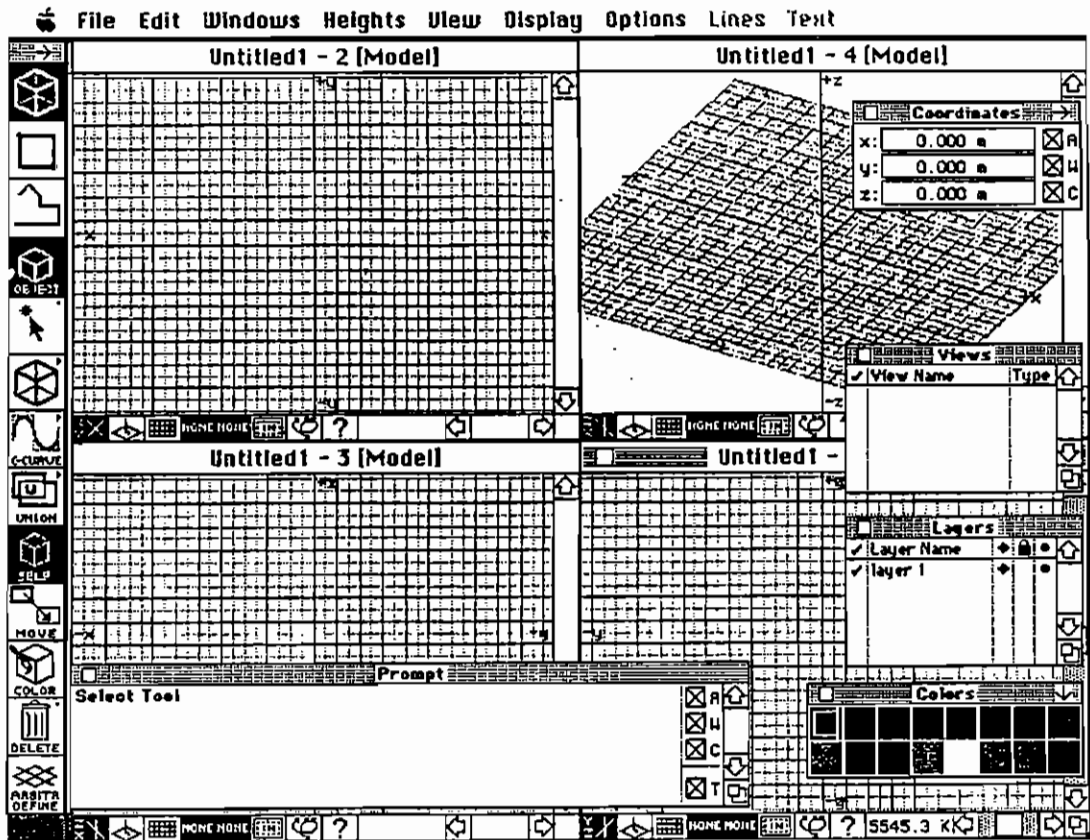


Imagen extraída del programa de Diseño asistido por ordenador para Macintosh, FORMZ, donde se pueden ver el entorno de trabajo del programa a través de ventanas de trabajo, ventanas de funciones, ventanas de información y ventanas de estado.

La desventaja más grande es que demasiadas ventanas creadas en pantalla crean errores en la fijación y la comprensión de lo que verdaderamente está pasando en el ordenador. El uso de las ventanas permite entre otras cosas:

- Utilizar ventanas mosaico para no crear errores que puedan establecerse en las ventanas de solapamientos.
- Utilizar de ventanas para el intercambio de tareas estableciendo una misma calidad de multitarea.
- Permitir frecuentemente el intercambio de una imagen en la ventana que no se este trabajando en ella.
- La búsqueda de una uniformidad del sistema de ventanas, ya que una imagen cambiante puede distraer el ojo y la atención sobre la tarea que se esté realizando.
- Borrar viejas ventanas que no se consideren importantes que se hallen en la tarea que se este realizando en ese momento. Ventanas de este estilo pueden inducir a error.

- El lenguaje de comandos.

Los comandos de lenguaje se consideran como los interfaces de comunicación más directos y potentes que existen dentro de un programa, pero son difíciles de aprender.

La mayor ventaja, por el contrario es la economía de espacio de la pantalla, ya que comunicación directa de función bajo nombre, y por tanto la necesidad proveer un acceso de jerarquía, desaparece y crea una flexibilidad de funciones del sistema en las cuales existe un comando que los relaciona. Todos los lenguajes basados en comandos tienen un grupo o colección de palabras denominado léxico y unas reglas en las cuales el estado de como las palabras pueden ser combinadas denominado gramática.

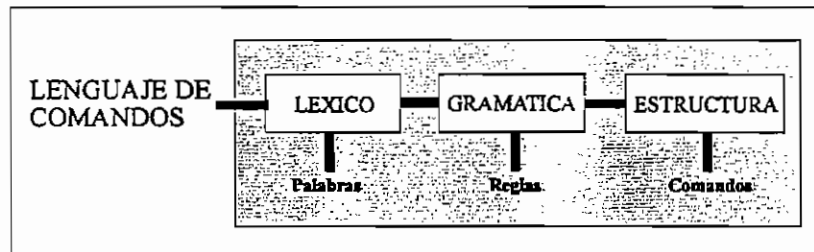
La estructura lexical de un comando es el método de codificación de significados de los palabras utilizados como comandos y que ayuda al reconocimiento y el recuerdo de los comandos. El léxico en el lenguaje de comandos deben cumplir la característica principal de poder identificar palabras con objeto y operaciones. Los objetos se describen generalmente como nombres.

Las operaciones como verbos, ambos grupos de palabras deben tener el mayor significado posible sobre el objeto o función descritas sin embargo uno de los objetivos de los lenguajes de comandos, es la brevedad de los datos de entrada, por lo tanto la codificación de identificadores es necesario como elemento complementario.

El lenguaje más utilizado es el que se establece como "Tareas de control del lenguaje" ó Job Control Lenguaje, JCL, donde un mensaje almacenado en el ordenador previamente es activado por el usuario, cuando se conecta con alguna clave de iniciación, como ocurre con el sistema operativo MSDOS.

Para ello necesita de una sintaxis que permite establecer una serie de reglas aplicadas a las funciones y tareas basadas en comandos. Esto supone un gran esfuerzo por parte del programados para crear un lenguaje comprensible basado en una sintaxis directa y clave, implicando, por tanto, un conocimiento previo de la semántica en la construcción sintáctica del lenguaje basada en un protocolo standard.

Esquema IX



- Los estilos de lenguajes basados en comandos.

Dentro del concepto de comando debemos tener en cuenta que es necesario entender, no sólo la relación existente entre la idea abstracta de representación de un comando sino el método procesal que se produce una vez hemos activado la acción misma.

Este proceso se mantiene cuando un comando cualquiera definido mediante palabras, letras o iconos, necesita de una secuencia determinada para realizar la acción. Esto debe estar realizarse, antes o después de la operación. Por ejemplo, las acciones de selección y de-selección podrán ser tratadas como operaciones diferenciadas. Si la selección se crea después es menos ambiguo, la especificación de la operación de borrar, que pueden definir que clase de objetos pueden ser borrados.

Posteriormente deben haber comandos que abortan un proceso sencillo o compuesto, es decir, formado por uno o varios comandos de forma que en todo momento podamos controlar la operación, sirviéndonos de un comando o acción de escape que ofrezca una flexibilidad al programa frente al usuario.

Por tanto, los estilos se hallan definidos en su mayoría bajo estas premisas de adaptabilidad al usuario, vías de modificación, corrección, y aborte de acciones entre lo que es importante establecer el tipo de diálogo:

- El diálogo basado en simple funcionamiento de teclado. En el más conocido se parte del diálogo limitado que se establece entre el ordenador y el hombre partiendo de preguntas que el ordenador va realizando y a los cuales el usuario utiliza los vocablos o iniciales de SI o NO de un teclado o las teclas de "return" o "intro".

- El diálogo basado en comandos completos escritos en teclado de letras, acción parte de la introducción de valores alfanuméricos, signos que en su conjunto crearon los cuatro elementos básicos en que se basan los comandos:

- El verbo. Establece la acción a realizar.

- Los operandos. Generalmente números que corresponden a cantidades o cualidades a aplicar.

- Los modificadores. Indican cómo interpretar los operandos mediante restricciones u opciones de complemento.

- Los delimitadores. Teclas de espacio o de finalización de proceso como "return" que permite situarse entre el inicio y la finalización de un proceso separando entre dos acciones consecutivas o no.

- Los sistemas gráficos independientes.

Aunque hasta ahora hemos visto aquellos tipos de lenguaje de carácter general que podemos hallar en cualquier programa de ordenador, sea de tratamiento de texto, creación de tablas, o fichas, etc... pero existen programas que trabajan con importantes cantidades de información, como es el caso de los programas de DAO. Las numerosas variaciones que podemos encontrar en los métodos constructivos de una pieza, por ejemplo, requiere en muchos casos la aplicación y conocimientos de numerosos conceptos geométricos, que en un programas sencillo de tratamiento de texto se resumiría, en un número reducido de conceptos como crear, editar, modificar o borrar. Por ello durante mucho tiempo se optó por crear aplicaciones gráficas específicas capaces de amoldarse a las actuaciones concretas. Pero a medida que se creaban aplicaciones informáticas de carácter restringido fué necesario la creación de estándares gráficos que permitieran componer órdenes y comandos bajo unas premisas comunes.

Los sistema de gráficos independientes establece cinco categorías de actuación complementaria que son:

- Las primitivas gráficas. Un conjunto de funciones primitivas sencillas que permiten crear puntos vectores, líneas, arcos, círculos, caracteres de texto, etc... Cada función presenta la posibilidad de controlar la visualización por ejemplo, en una línea su intensidad, color, grosor, etc... Generalmente existen funciones diferenciadas para la representación en dos y tres dimensiones.
- Las funciones abarcan acciones de representación como la creación de ventanas; que definen las vistas de trabajo, o la representación de imágenes
- Las funciones de manipulación de los segmentos o partes de un dibujo, mediante abertura, cerrado, direccionamiento, etc...
- Las funciones de entrada y salida de datos. Sirven para implementar la importación y exportación de datos, generalmente geometría que nos permite el almacenamiento y la creación de bibliotecas asociadas o no con otros programas o sistemas.
- Las funciones de control. Permite la personalización de parámetros de una salida de imagen pudiendo modificarse los parámetros de la vista de trabajo, selección de los instrumentos de salida y entrada de datos.

Tabla IX

Tipología de las interfaces de comunicación por ordenador

Interface	Descripción	Ventajas	Desventajas
Cuestión y pregunta	<ul style="list-style-type: none"> - Mecanismo de pregunta y respuesta mediante mensajes sencillos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil de usar, aprender y programar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es lento de usar. - No permite una comunicación compleja.
Menú	<ul style="list-style-type: none"> - Es necesario el uso de un dispositivo señalador, como el ratón para activar las órdenes. - Es el mecanismo de acceso más frecuente en los programas actuales. - Fácil de programar bajo con ciertas reglas 	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil de usar y memorizar las órdenes visualmente. - Fácil de aprender y de programar desde fuera y dentro del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lento de usar en grandes sistemas. - Limitado la selección en menú o sub-menús. - Es considerado un tipo de comunicación de alto rango.
Iconos	<ul style="list-style-type: none"> - Se usa para representar funciones que sustituyen al menú. - La representación bajo iconos motiva al usuario a utilizar las funciones y entenderlas rápidamente. - La limitación proviene de las interpretaciones del usuario a las imágenes gráficas creadas y utilizadas para definir una función. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil de aprender y usar. - Presentan un lenguaje independiente. - Permite al usuario la configuración de sus menús y la creación de nuevos iconos asociados a órdenes específicas. - Utilizado en programas de carácter sencillo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesitan de un texto complementario. - Ocupan gran cantidad de espacio. - Requieren un sistema gráfico en el hardware. - Necesita un software específico para la creación de iconos.
Hojas de relleno	<ul style="list-style-type: none"> - Se utilizan en programas tipo específico que necesitan cambiar los parámetros o variables de una manera regular como son las bases de datos, por ejemplo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Considerado eficiente para la delimitación de un trabajo. - Es utilizado como complemento a las órdenes expresadas mediante comandos, por ejemplo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de conocer los parámetros previamente para su correcta manipulación. - Se utiliza solamente para la entrada de datos. - No se considera un lenguaje sofisticado.
Lenguajes de comandos.	<ul style="list-style-type: none"> - Basado en un sistema complejo de lenguaje. - Los comandos creados que invocan las operaciones que el sistema requiere. Debido a que la información mostrada es muy económica y utiliza poco espacio, se considera un interface de gran flexibilidad. - Existen funciones combinadas se utilizan para crear la gramática una vez ha sido creada. Se utilizan las oraciones o niveles de conversación basados en comandos considerados sub-rutinas, que identifican función o funciones 	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil de usar. - Niveles de sofisticación alto. - Extensible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Complicado de aprender, debido a la necesidad de aprendizaje. - Difícil de usar sin conocimiento base. - Difícil de programar.
Lenguaje natural	<ul style="list-style-type: none"> - Es considerado el estado ideal de comunicación entre el ordenador y la computadora. Uno de los problemas es el entendimiento del lenguaje y su significado en base a la generación de diferentes niveles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comunicación natural. - No necesita aprendizaje. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad de programar. - Necesita un conocimiento base sobre las palabras de entrada. - Puede ser ambiguo.

Datos extraídos del libro " Human Computer Interface Design ". Aliastar Sutcliffe. Ediciones MacMillan Educación. Londres,1989.

Notas

- ¹ Aurora Martín Martín, Soledad Guardia González. "Comunicación audiovisual y educación". Temas monográficos de Educación. Ediciones Anaya, 1973. Pag. 21.
- ² Knobler, Nathan. "El diálogo visual. Introducción a la apreciación del arte". Ediciones Aguilar. Madrid, 1970. Pag. 14-19.
- ³ Nobert Schneider. "Naturaleza muerta". Ediciones Taschen. Alemania, 1992. Pag. 10.
- ⁴ Sobre ello destacaremos sin duda ciertas tendencias pictóricas como el claroscuro o el tenebrismo desarrollado entre otros por Caravaggio.
- ⁵ Definido por Erwin Panofsky en sus estudios sobre el arte medieval.
- ⁶ Un ejemplo destacado de este fenómeno se produjo durante el siglo XVI, en Holanda. debido al crecimiento de la población mundial que supuso un aumento de la demanda de comestibles, desarrollando en gran manera la economía agrícola de aquella época y en éste país. La expansión de bienes de consumo agrícolas estableció una nueva iconografía para celebrar esta mejora de las condiciones del mercado, que dieron paso a artistas consagrados en la creación de escenas de la sociedad como mercados, o interiores de casa como Pieter Aertsen, o Joachim Beuckelaer.
- ⁷ Ignacio H. de la Mota. "Función social de la información". Editorial Paraninfo. Madrid, 1988. Pag. 73.
- ⁸ Rogelio Medina Rubi, Teófilo Rodríguez Neira. "Fundamentación antropológica de la comunicación interpersonal". Universidad de Oviedo. J. Sarramona Editor. Colección Educación y Enseñanza. Ediciones CEAC. Barcelona, 1988. Pag. 31.
- ⁹ Umberto Eco. "Apocalípticos e integrados ante la cultura de masas". Editorial Lumen. Barcelona, 1973.
- ¹⁰ Granger en su libro "Hommage a Gaston Bachelard", comentaba que " ... se dice usualmente que el arte es un lenguaje abusivamente, pues no hay duda de que es un medio de comunicación, pero no lenguaje en la medida en que no apunta únicamente a construir secuencias lineales discretas que transmitan informaciones".
- ¹¹ Claude Elwood Shannon. "The mathematical Theory of communication". Universidad de Illinois Press. USA, 1948.
- ¹² Según Garner, el reconocimiento de un estímulo está en relación inversa al número de estímulos alternativos seleccionados. Numerosos experimentos se han venido realizando hasta la actualidad sobre el nivel de reconocimiento de las palabras o por similitud, las imágenes.
- ¹³ Esta formulación fue descrita por Attave. Datos extraídos del libro, William N. Dember, Joel S. Warm. "Psicología de la percepción". Alianza Psicología. Alianza Editorial. Madrid, 1990. Pag. 121.
- ¹⁴ Gardner H. "La nueva ciencia de la mente". Editorial Paidós. Barcelona, 1988.
- ¹⁵ Miller G. A. "The magical number seven, plus o minus two: some limits on our capacity for processing information". Psychological Review nº-63, Pag. 81-97. Traducción española M. V. Sebastián. Lecturas de psicología de la memoria. Alianza Ed. Madrid, 1983.
- ¹⁶ Shannon, C. "A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal nº-28. Pag. 379- 432. Traducción española en extracto "Lenguaje y psiquiatría". Fundamentos. Madrid, 1973
- ¹⁷ Bruner J. S. Goodnow, J. Austin G. A. "A study of thinking". Trad. Esp. J. Vegas " El proceso mental en el aprendizaje". Editorial Narcea. Madrid, 1978.
- ¹⁸ Riviére A. "El sujeto de la psicología cognitiva". Alianza Editorial. Madrid, 1987.
- ¹⁹ Lachman R. Butterfield. "Cognitive psychology and information processing". Hillsdale, N. J. Erlbaum. 1979.
- ²⁰ Newell A., Shaw J. C., Simon H. A. "Elements of a theory of human problem solving". Psychological Review, nº-65. Pag. 151- 166.
- ²¹ De Vega M. " La metáfora del ordenador: implicaciones y límites". Editorial Pirámide, Madrid. 1982.
- ²² Pylyshyn Z. " The computation and cognition". Bradford Books, Cambridge, 1984. Traducción española, Editorial Debate, Madrid, 1988.
- ²³ Plamer S. E. Kimchi R. "The information processing approach to cognition. T. J. Knapp L.C. Robertson Ed. 1986.

-
- ²⁴ Searle. J. "Minds, brains, and Science". Trad. Esp. L. Valdés Mentas, cerebros y ciencia" Ed. Catedra. Madrid, 1985
- ²⁵ Carretero M. " La concepción del desarrollo en Vygotski". Cuadernos de Pedagogía, 1341. Pag. 12-15.
- ²⁶ Fodor J. A. "The mind -body problem". Scientific American n°-244. Pag. 124-132.
- ²⁷ Georges Mounin ."introducción a la Semiología". Editorial Anagrama. Madrid, 1985.
- ²⁸ Por ello se ha necesitado de una nueva ciencia como es la semiología para entender los nuevos planteamientos de comunicación que han aparecido apartándola de la lingüística.
- ²⁹ Georges Mounin ."introducción a la Semiología". Editorial Anagrama. Madrid, 1985.
- ³⁰ Newell A. Simon H. A. "Human problem solving". Englewood Cliffs, N. J. Ediciones Prentice-Hall. 1972.
- ³¹ Este concepto será estudiado posteriormente en el capítulo 5º, en tratamiento y manipulación de la imagen sintética.
- ³² Rumelhart D. E. y Zipser D. "Feature discovery by competitive learning". Cognitive Science n°-9, Pag. 75-112. 1985.
- ³³ Anderson J. R. , Kline P. J., Beasley C. M. " A general learning theory and its application to schema abstraction". The Psychology of learning and motivation. Ed. Academic Press. Vol 13. New York, 1979.
- ³⁴ Elio R. y Anderson J. R. " Effects of category generalizations and instance similarity on schema abstraction". Journal of Experimental Psychology: Human Learning and memory. n°-7. Pag. 397-417.
- ³⁵ Rumelhart D. E., Norman D. A. "Acuration, tuning and restructuring: three modes of learning. Semantic factors in cognition. Ed. Hillsdale N. J. Erlbaum.
- ³⁶ Anderson J.R. "Acquisition of cognitive skill". Psychological Review n°-89. Pag. 369-406.
- ³⁷ Con anterioridad a la propuesta de la teoría creada en 1983, se habían realizado pruebas bajo programas computacionales experimentales, pero con el avance de los sistemas informáticos se pudo llegar a una implementación real capaz de manejar los datos de manera consecuente.
- ³⁸ Ryle, G. "The concept of mind". New York. Penguin Books. USA, 1949.
- ³⁹ Los nodos más fuertes al estar conectados entre si, se propagarán a través de una red jerárquica. Cuando más fuerte sea un nodo más fuerza de propagación tendrá.
- ⁴⁰ El concepto de desciframiento del esbozo primario en una imagen es importante para el procesamiento visual final. El enfoque tradicional presupone que la esencia del desciframiento es un proceso denominado "segmentación", cuyo objetivo es dividir el "esbozo primario" o una imagen en regiones, que sean significativas.
- ⁴¹ La imagen se filtra a través de un conjunto de operadores de paso de banda, medios de relación a la segunda derivada, combinando una operación Laplaciana V2 y una distribución Gaussiana G: Esta representación de los cambios de intensidad es completa en el conjunto de V2-G. Estos conceptos serán descritos de forma general en el capítulo 5º de la presente tesis, cuando hablemos de la manipulación de la imagen.
- ⁴² Fue desarrollada en la Universidad de Cambridge, Massachussets y expuesta en 1962, se basa en el estudio de comunicación gráfica interactiva y que sirvió para el desarrollo del programa Sketchpad. Se considera precursor de la conceptualización de creación de programas posteriores.
- ⁴³ Aliastar Sutcliffe. " Human Computer Interface Design ". Ediciones MacMillan Educación. Londres, 1989.
- ⁴⁴ Siglas inglesas de Windows, Icons, Mouse, Pop-up menu.

- **Bloques.** Es el área del ordenador capaz de almacenar y contener registros. El bloque es la información que lee o graba el Sistema Operativo en una sola operación de E/S física. Es necesario reservarse un espacio de la memoria principal para tal efecto.
- **Canal.** Se considera como un medio de transmisión unidireccional constituido por un múltiplex por división de frecuencia o de tiempo. Es la parte del sistema dentro de la teoría de la comunicación que conecta la fuente de mensajes con el receptor de mensajes. De acuerdo con la teoría de información de Shannon, el canal puede caracterizarse por el conjunto de probabilidades condicionales de aparición de todos los mensajes recibidos en el receptor de mensajes cuando un emisor de mensajes cuando un emisor de mensajes envía uno determinado.
- **Canal, capacidad.** Es la medida que posee un canal de terminado sujeto a condiciones específicas para transmitir mensajes desde una fuente dada, expresado por el valor máximo posible de transformación medida por carácter o por el valor máximo posible del porcentaje de la tasa de información que puede lograrse con una probabilidad arbitraria mínima de errores utilizando un código apropiado.
- **Carácter.** Es un elemento de un conjunto utilizado para la representación, la organización o control de la información. Entre los tipos de carácter informático podemos encontrar dos grandes grupos. por una parte el carácter gráfico que engloba el dígito, la letra el ideograma, y el caracteres especial y los caracteres de control entre los que encontramos, el carácter de control de transmisión, el carácter de formato, el carácter de extensión de código ó el carácter de control de dispositivo.
- **Carácter gráfico.** Es un carácter que sin ser de control tiene un representación visual normalmente escrita, impresa o de imagen.
- **Dato.** Llamado también campo, es el conjunto de posiciones de memoria (ya sea externa o interna), destinadas a contener una información unitaria o independiente. Para cada variable de información debemos disponer de un campo o espacio físico de soporte, donde representar el valor actual de dicha variable. En una tarjeta será un intervalo de columnas, en una impresora será un conjunto de posiciones de impresión, en un disco un espacio contiguo dentro de una pista, etc...Existen campos definidos para el tipo de datos a almacenar como los campos alfabéticos, los campos numéricos, los campos de control o los campos de bits.
- **Digital, representación.** Es la representación discreta del valor cuantificado de una variable es decir la representación de un número mediante dígitos, caracteres especiales, y el carácter de espacio.
- **Entropía.** Medida de la medida de la información dada por la ocurrencia de un suceso cualquiera de un conjunto finito y exhaustivo de sucesos mutuamente excluyentes con probabilidades condicionales definidas
- **Modulador.** Es la unidad funcional que transforma una señal en otra modulada apta para ser transmitida. Modulación, velocidad. Es la duración del intervalo nominal menor entre dos instantes significativos sucesivos de la señal modulada.
- **Modem.** Es la unidad funcional que modula y desmodula una señal.
- **Multiplexor.** Dispositivo que recibe varias señales de entrada y las combina en una sola señal de salida con un formato que posteriormente permita recuperar cada una de ellas.
- **Multiplexación.** En la transmisión de datos es una función que permite a varias fuentes de datos compartir un medio de transmisión común de forma que cada fuente de datos tenga su propio canal.
- **Protocolo.** Conjunto de reglas semánticas y sintácticas que rigen el comportamiento de las unidades funcionales en las comunicaciones.
- **Reconocimiento, tiempo de.** Tiempo transcurrido entre el cambio en el valor de una señal de entrada digital y su reconocimiento por una dispositivo de entrada digital.
- **Redundancia.** Dentro de la teoría de la información, es la medida de disminución de la longitud media de los mensajes, realizada por medio de la codificación. También y de forma simbólica es representado por R en la que la cantidad de decisión H_0 excede la entropía H , bajo la notación matemática, $R=H_0-H$.

- **Registro.** Es el conjunto de datos que son leídos o grabados en una sola instrucción del programa y que constituye un mismo ente de información a efectos de proceso. Es por tanto una secuencia física consecutiva de campos sea cual sea la estructura lógica de datos que los relaciona entre sí. La longitud de un registro es teóricamente indefinida pero en la práctica muchos sistemas establecen un límite de 32768 caracteres máximos. Entre los tipos más importantes de registros encontramos los registros literales, de cantidades, identificativos, indicadores, de códigos o punteros.
- **Shannon, unidad de.** Es la unidad binaria de cantidad de información. Es la unidad logarítmica de medida de la información igual a la cantidad de información de un conjunto de dos sucesos mutuamente excluyentes expresado como un logaritmo en base 2.
- **Transmisor isocrono.** Es el proceso de transmisión de datos en que siempre hay un número entero de intervalos entre dos instantes significativos cualesquiera.
- **Transmisión asincrona.** Es el proceso de transmisión de datos en el que siempre hay un número entero de intervalos entre dos instantes significativos cualesquiera del mismo grupo (bloque o carácter). Entre dos instantes significativos de grupos distintos no siempre hay un número entero de intervalos. En la transmisión asincrona la transmisión de datos en la que el comienzo de cada carácter o bloque de caracteres sucede en un instante arbitrario, pero una vez comenzado el momento de aparición de cada elemento de señal de un carácter o un bloque de caracteres guarda relación de fase constante con los instantes significativos de una base de tiempos fija.
- **Transmisión sincrona.** Es la transmisión de datos en la que el momento de aparición de cada señal que representa un dígito binario está definido por una base de tiempos fija.
- **Transinformación.** Es la cantidad de información mutua. La diferencia entre la cantidad de información aportada por la ocurrencia de un suceso y la cantidad de información condicional dada por la ocurrencia del mismo suceso dada la ocurrencia de otro suceso.

• Teorías del aprendizaje¹

- La formación de conceptos naturales.

La idea de que los conceptos no tienen una estructura determinística asimilable a una lógica de clases no es nueva en psicología. En estudios de Posner² o otros, se comprobó que cuando se representaban a los sujetos estímulos como los de la representación de un grupo de puntos que formaban un triángulo, consistentes en las distorsiones de una figura original o prototipo, los sujetos los clasificaban dentro de la misma categoría, aunque nunca hubiesen visto el prototipo. Además sin haber llegado a verlo, en tareas de reconocimiento identificaban erróneamente pero significativamente el prototipo como uno de los estímulos presentados con anterioridad. Esto parecía mostrar la existencia de un mecanismo automático de categorización de estímulos basado en prototipos en lugar de en clases lógicamente definidas.

Pero la aportación más clara a este tema en defensa de la concepción probabilística se debe a Wittgenstein³ sobre la estructura de los conceptos. Tras rechazar la concepción clásica de que todos los ejemplares de un concepto tienen una serie de atributos comunes, propuso que lo que unía a estos ejemplares dentro de un mismo concepto era un cierto parecido "familiar", basado en una semejanza no transitiva entre los miembros de la categoría. Esta idea será retomada por Rosch (1978), en sus estudios sobre formación de conceptos naturales, que serán punto de partida de un nuevo enfoque en el aprendizaje de conceptos.

Según la concepción probabilística, la mayoría de los conceptos carecen de atributos comunes suficientes, no todos los ejemplares son representativos de la categoría a definir y sus fronteras son borrosas, pudiendo atribuirse una misma instancia a más de una categoría en función del contexto. Pero, aunque todos los modelos de formación de conceptos naturales elaborados desde esta concepción comparten estas creencias con respecto a los conceptos, el parecido "familiar" entre dos modelos parecidos no se define claramente.

- La teoría del prototipo de Rosch.

Rosch⁴ considera que a diferencia de lo que sucedía con los conceptos artificiales analizados, el mundo percibido no contiene atributos o rasgos independientes entre sí, sino que está estructurado según tres principios:

- En el mundo real, los atributos no ocurren por separado. De modo parecido a Gibson, Rosch cree que el mundo posee en sí mismo una "estructura correlacional" que es la base de las categorías naturales. No necesitamos delimitar nuestras categorías sobre la realidad, nos basta con limitarnos a detectar un conjunto de rasgos que hay en ella. Esta estructuración no solo alcanza a las relaciones entre rasgos, sino también a la existencia de niveles de abstracción o de inclusión jerárquica igualmente estructurados.

- Rosch cree en la existencia de niveles de abstracción, en el que la economía cognitiva en la categorización es óptima. En ese nivel existirá un nivel jerárquico intermedio y estaría compuesto de objetos del mundo perceptivo.

- Aunque la estructura correlacional del mundo no es perfecta, siendo de hecho un continuo estimular, la estructura de las categorías se ve completada mediante la representación en forma de prototipos, que además de preservar esa estructura correlacional, permiten fragmentar el continuo estimular en unidades discretas.

¹ Juan Ignacio Pozo. "Teorías cognitivas del aprendizaje". Editorial Morata S.L. Madrid, 1993.

² Posner M. I. "Abstraction and the process recognition". Ed. G. Bower y J. T. Spence, *The psychology of learning* n-77. 1969. Pag. 353 -363.

³ Wittgenstein, L. "Philosophical investigations. Ed. MacMillan, New York, 1953.

⁴ Rosch, E. *Natural Categories*. *Cognitive Psychology*, 4 1973. Pag 328-350.

Según estos tres principios los conceptos poseen una doble estructura. En primer lugar tienen una estructura vertical, según la cual todo concepto está incluido en una jerarquía de niveles de abstracción que comprende tres niveles:

Supra-ordinario / básico / subordinado
Mueble / silla / silla plegable

Una estructura horizontal por la que dentro de un mismo nivel jerárquico habría ejemplos más o menos prototípicos. La existencia de una estructura horizontal rompe con el criterio de homogeneidad dentro de una clase de concepción clásica. Postulaba la existencia de efectos de "tipicidad", por los que todos los ejemplos de una categoría serían igualmente representativos de ella. Las categorías no son homogéneas, sino que tienen un centro que representa al objeto tipo o prototipo y una periferia con ejemplos nuevos representativos:

Un mueble / silla, mejor que cuadro o alfombra

Por tanto los prototipos serían como las medidas de tendencia central de la categoría. La adquisición de conceptos se resume en la validez de una clase dada X como predictora de una categoría Y bajo la probabilidad condicionada de X/, que se incrementa a medida que aumenta la frecuencia con la que la clave X se asocia a la clase Y disminuye a medida que aumenta la frecuencia con la que la clave X se asocia a otras categorías distintas de Y". Rosch⁵ La validez de claves de toda la categoría vendrá dada por la suma de la validez de todos sus atributos.

Tversky⁶ en 1977, desarrolla un concepto parecido a partir de sus heurístico de representatividad, desarrollando la idea de que una categoría, se forma a partir de la suma ponderada de las medidas de todos los atributos comunes de la categoría, menos el producto de la suma de todos los atributos no comunes.

Rosch considera que los conceptos no solo están organizados internamente sino también entre sí. Los conceptos constituyen categorías organizadas por jerarquías en forma de taxonomías de tal manera que las categorías situadas en niveles inferiores se hallan incluidas en las categorías de nivel superior. Se distinguen tres niveles de jerarquías.

- Nivel supra-ordinario. Corresponde a conceptos muy abstractos e inclusivos. Por ejemplo, mamíferos.
- Nivel básico. Corresponde a conceptos de abstracción media. Por ejemplo gato.
- Nivel sub-ordinado. Conceptos específicos. Por ejemplo, gato siamés.

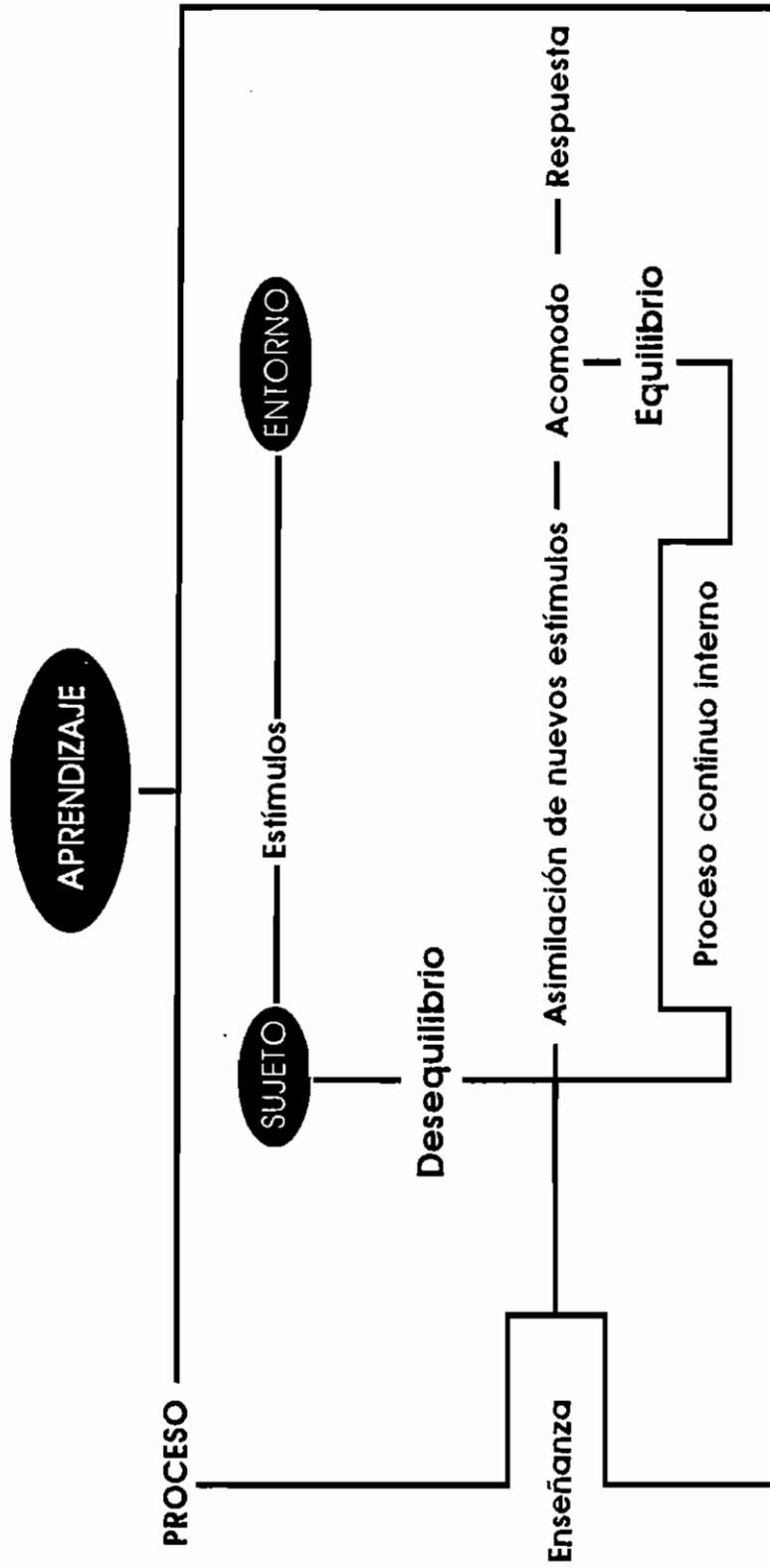
Según Rosch la economía cognitiva que rige el sistema de procesamiento humano determina que sean los conceptos de nivel básico los que tengan mayor utilidad al categorizar el mundo, ya que en este nivel se sitúan objetos del mundo real.

Uno de los problemas de esta teoría es el término ambiguo de prototipo que en sus escritos describe como "... por prototipos de categorías entendemos en general las cosas más claras de pertenencia a la categoría de definidas operacionalmente por los juicios de la gente con respecto a la bondad de pertenencia a la categoría. En primer lugar, la noción de prototipo ha tenido a reafirmarse como si hiciera referencia a un miembro específico de la categoría o estructura elemental y en segundo lugar, se ha confundido los hallazgos empíricos con teorías de procesamiento...". Rosch niega ambos supuestos y estima que el concepto de prototipo debe entenderse como una "ficción gramatical", que no supone ninguna teoría de representación de procesamiento de concepto.

⁵ Rosch, E. Classification of real-world objects: origins and representations in cognition. Cambridge University Press. 1977.

⁶ Tversky, A. y Kahneman. "Judgment under uncertainty: heuristics and biases". Science, 1974 n- 185. Pag 1124-1131. Trad. esp. J.I. Pozo, M. Carretero, J. A. Madruga. Lecturas de la psicología del pensamiento. Ed. Alianza Psicología, 1984.

Esquema X



- La formación de conceptos artificiales. El aprendizaje por asociación.

En contra de toda una tradición científica y sobretodo del mas mínimo sentido común. Piaget⁷ demostró en 1936, que los recién nacidos no creen en la existencia permanente de los objetos o que incluso tienen dificultades para percibir un objeto situado en distintas posiciones como el mismo objeto.

Los niños a edad avanzada, siguen teniendo problemas para comprender que los cambios perceptivos aparentes no modifican la naturaleza ni la cantidad de las cosas o que el tiempo se "conserva" por encima de las mismas apariencias y la diferencia entre dos hermanos que seguirá siendo la misma durante toda la vida aunque su aspecto físico cambie.

Todas estas investigaciones desvelan hasta que punto el mundo en que vivimos dista de ser un mero producto de nuestras impresiones sensoriales. Si nos dejáramos guiar por esas impresiones, bastaría con desplazarnos levemente para que todo el mundo perceptivo que nos rodea cambiara y dejara de ser el mismo.

Como señala Flavell⁸ un mundo en el que nadie creyera en invariantes tales como la constancia del tamaño o la permanencia de un objeto sería una autentica pesadilla. Lo asombroso de las teorías Piagetianas de la conservación es mostrara en contra de nuestra mas firmes intuiciones que algunas de las categorías fundamentales de la realidad no están en realidad sino es en nuestras mentes. Pero al mismo tiempo descubre el carácter necesario de esas mismas categorías, ya que si no creyéramos en ellas, sino percibiéramos el mundo a través de sus filtros viviríamos en una permanente confusión.

No podríamos vivir sin categorizar el mundo porque cada hecho, cada estimulo, sería completamente nuevo para nosotros. De la permanecía del objeto al concepto hay una serie de aspectos a tener en cuenta sobre todo el valor funcional común. Según Bruner, Goodnow y Austin, los conceptos sirven básicamente para:

- Reducir la complejidad del entorno.
- Identificar los objetos que hay en el mundo.
- Reducir la necesidad de un aprendizaje constante.
- Proporcionar una dirección a la actividad instrumental.
- Ordenar y relacionar clases de hechos.

Los conceptos por tanto presentan dos funciones principales que son la organización del mundo o entorno y a predicción de lo hechos que se mueven alrededor de ciertos hechos.

Ambas funciones de organización y predicción se hayan muy ligadas, es lo que nos permite generar escenarios, modelos mentales, o teorías implícitas y explícitas de las situaciones a las que nos enfrentamos.

Pero la función de esos modelos interpretativos aplicados a la realidad no es solo identificarla o describirla, su principal función es la de predecir y en su caso explicar lo que sucederá a continuación. Aquellos modelos o hechos no previstos conocidos como modelos anómalos se reducen a acomodarlos a hechos ya utilizados o generar nuevos conceptos.

La definición de concepto es uno de los rasgos relevantes de toda teoría de conceptualización. Ya en 1892, Frege distinguía entre referencia y sentido del concepto. La referencia del concepto son los hechos y los objetos del mundo que se designa, mientras que su sentido viene dado por la relación con otros conceptos. En 1976 Miller y Johnson-Laird⁹ recuperaron esta distinción al diferenciar el procedimiento de identificación de un concepto y su núcleo.

Existe una estructura o teoría extensa sobre el hecho de que los conceptos presentan una estructura interna basada en dos concepciones fundamentales de la estructura interna de los conceptos, basadas en la concepción clásica de que un concepto está constituido por una serie de atributos necesarios y suficientes de tal modo que todos los ejemplos del concepto tienen atributos comunes y ningún "no-ejemplo" del concepto posee esos atributos. Es decir los conceptos tenían una estructura lógica definida por,

$$C = R(x, y, \dots)$$

⁷ Piaget J. "El nacimiento de la inteligencia en el niño". Ed. Aguilar Madrid, 1972.

⁸ Flavell J. H. "Cognitive Development". Ed. Prentice-Hall. 1977. Trad. Esp. J. L. Pozo. &El desarrollo cognitivo. Ed. Visor, Madrid, 1984.

⁹ Miller, G. A. , Johnson-Laird P. N. "Lenguaje and perception ". Cambridge University Press. Cambridge, 1976.

donde C sería el concepto, x e y sus atributos y R la relación existente entre atributos. Los conceptos científicos suelen tener esta estructura.

Sin embargo los conceptos llamados cotidianos se adecuan a una concepción probabilística, según la cual los conceptos tienen una estructura difusa, donde no existen atributos necesarios ni suficientes que los definan. Esta concepción resulta ser la dominante en la psicología actual del aprendizaje de conceptos.

Existen otras distinciones que hacen referencia a estas dos formas de definir un concepto como son la definición intencional y la extensional del concepto y su significado, propuestas por Wickel¹⁰, las cuales se resumen en una concepción de la definición de concepto "desde abajo", a partir de sus atributos y una definición "desde arriba", según su relación con el resto de los conceptos que componen la red semántica o la teoría.

• La teorías sobre la formación de los conceptos.

Durante bastantes años la investigación psicológica de la formación de conceptos se ha basado en situaciones de laboratorio en las que los sujetos animales o humanos debían aprender o identificar conceptos artificiales. La razón de usar ese tipo de tareas era evitar la interferencia de aprendizaje previos del sujeto que escaparan al control del experimentador, junto con los naturales. lo que facilitaba el estudio de los procesos mediante los que se formaban. En este tipo de trabajos, los conceptos suelen tener dos o tres dimensiones inmediatas como la forma, el tamaño, o el color, y cada uno de ellos presentaba uno o mas valores.

A su vez las diversas dimensiones pueden relacionarse entre si según diversas reglas como relaciones condicionales, disyunciones, conjunciones. Así, un concepto posible en estos trabajos es el de el "triángulo verde" basado en una regla conjuntiva o el "triángulo o verde" basado en una regla disyuntiva. Existen diversos procedimientos experimentales de manipulación dependiendo del problema a tratar.

Una teoría interesante propuesta en 1920 por Hunt¹¹ explicaba la forma en que los sujetos aprendían en una situación de aprendizaje bajo la adquisición de conceptos bajo el proceso de recepción. Los conceptos se adquirían por discriminación entre los diversos elementos que componen el estímulo. Por este procedimiento, el sujeto llega a abstraer un elemento común a diversos estímulos asociados a la misma respuesta.

Ese elemento común constituye el concepto de forma que la respuesta se generalizara a todos aquellos estímulos que posean eses elemento. Por ejemplo según Hunt los niños podían adquirir el concepto de perro abstrayendo los rasgos comunes a los perros que les diferencian de los de otros animales. Posteriormente y en 1936 Spencer amplió esta teoría creando lazos mas complejos sobre el aspecto general de Hunt que consistía en que el aprendizaje de conceptos consistiría en la adquisición gradual de potenciales excitatorios o inhibitorios. Al elemento del estímulo tendría su propio potencial, como consecuencia de su asociación con un esfuerzo.

La respuesta del sujeto frente a un estímulo depende de la suma total de los potenciales excitatorios o inhibitorios de los elementos que lo componen. En el caso de perro estímulos excitatorios serían el ladrido del perro y los estímulos de potencial nulo el color del perro o inhibitorio el volar con las características del perro. La teoría determina también el aprendizaje y adquisición de los conceptos de forma progresiva y gradual.

Skinner¹² propone un aprendizaje discriminatorio, donde la mayoría de las respuestas operantes se producen en presencia de ciertas claves estímulos ambientales. Cuando un operante emitido en esas condiciones es reforzado, todos los elementos estimulantes presentes adquieren control sobre la emisión de la respuesta. El control puede extenderse a otras situaciones estimulantes que contengan algunos estímulos comunes.

Ello establece según Skinner "... un moldeamiento de la conducta por las contingencias de tal forma que los estímulos que poseen la propiedad evoquen la respuesta mientras que otros estímulos o no. La inducción o generalización no es una actividad del organismo, es simplemente un termino que describe el hecho de que el control adquirido por el estímulo es compartido por otros estímulos como propiedades comunes, es decir el control es compartido

¹⁰ Wickelgren W. A. "Human learning and memory". Annual Review of Psychology, n-32. 1981. Pag 21- 52.

¹¹ Hunt M. "The universe within: A new science explores the human mind". Simon & Schuster. New York, 1982.

¹² Skinner B. F. "Science and Human behavior". Mac Millan. New York. Trad Esp. M. J. Gallofre. "Ciencia y conducta humana". Fontanella, 1986. Barcelona.

por todas las propiedades del estímulo tomadas por separado." Esta última idea constituye el núcleo de las teorías conductista de la adquisición de conceptos, basadas en asociaciones entre estímulos y respuestas presentes también en otros modelos como la teoría del aprendizaje discriminatorio de Gibson¹³, en relación con tareas de aprendizaje de pares asociados.

Según estas teorías, el aprendizaje de conceptos se basa en procesos asociativos de discriminación y generalización por lo que en realidad no existiría diferencias en los mecanismos básicos del aprendizaje de conceptos entre animales y humanos. Las diferencias se sitúan en la complejidad del ambiente. Aunque esta teoría ha sufrido varias críticas generales expresadas bajo el concepto de aprendizaje limitado fisiológicamente entre el ser humano y los animales.

• Las teorías de comprobación por hipótesis.

Estas teorías surgieron dentro del propio conductismo bajo la forma de "procesos selectivos". Lashley¹⁴, en 1929 observó que en tareas de simple condicionamiento, las ratas antes de aprender la asociación correcta o reforzada, intentan mostrar diversas "soluciones intentadas", como situarse en ciertos lugares o bajo determinadas posiciones. Estas ideas fueron retomadas por Krechevsky en 1932, quien denominó esos intentos "hipótesis". La idea de que estos animales realizaran movimientos fuera de lo normal bajo la realización de intentos o hipótesis sobre el resultado final chocaba frontalmente con las teorías del conductivismo clásico.

Habría que esperar a Harlow¹⁵ que en 1949, expuso sus teorías sobre la "disposición al aprendizaje", en monos consistentes en tareas discriminativas binarias sencillas. Observó la aparición de factores de error muy persistentes que interfirieran en la solución correcta. Ello supuso la recuperación de la teoría de las hipótesis, que se vio reforzada por los modelos matemáticos del aprendizaje desarrollado durante ese periodo por Estes¹⁶ y Restle¹⁷, quienes a partir de "la teoría del muestreo de estímulos" acabaron por delimitar los modelos cognitivos basados en la existencia de procesos selectivos en el aprendizaje discriminatorio. La teoría se vio reforzada posteriormente con descubrimientos de carácter empírico, tanto en aprendizaje animal, como en la formación de conceptos humanos, resumidos por Bourne¹⁸ en 1966.

La teoría de las hipótesis presenta varios puntos de vista dependiendo de los diversos estudios realizados durante los últimos años, pero todas ellas se resumen en posiciones similares definidos en los siguientes puntos:

- 1º- El sujeto dispone de un "banco" de hipótesis potenciales al comienzo del problema.
- 2º- En cada ensayo la persona realiza un muestreo una o más hipótesis de entre las disponibles y responde sobre esa base.
- 3º- Si la hipótesis elegida lleva una clasificación correcta al estímulo, se mantiene. Sino, la rechaza y es sustituida por otra u otras del conjunto.

Las teorías difieren en su conjunto en cuanto a los procesos mediante los cuales los sujetos seleccionan y eliminan hipótesis. El trabajo más influyente fuera el "Study of Thinking" de Bruner, Goodnow y Austin en 1956. Las experiencias más destacadas sobre estas teorías y que mayores repercusiones ha tenido sobre trabajos posteriores se basaba en la utilización de 81 estímulos básicos, creados con todas las combinaciones posibles de cuatro dimensiones o atributos. Cada uno de los cuales tienen tres valores diferentes, las figuras variaban la forma entre una cruz un círculo, un cuadrado, el color blanco, negro, rayado, y el número de figuras y márgenes una, dos o tres.

Con estas figuras se pueden formar conceptos, de tal forma que unos estímulos sean ejemplos positivos del concepto y otros negativos. Los conceptos que pueden formarse varían según su complejidad.

¹³ Gibson E. J. "A systematic application of the concepts of generalization and differentiation to verbal learning". *Psychological Review*, n-47. Pag. 196- 229.

¹⁴ Lashley K. S. "The brain mechanisms and intelligence". University of Chicago Press. Chicago. 1929.

¹⁵ Harlow, H. F. "The formation of learning sets". *Psychological Review*, n-51. Pag 51- 65.

¹⁶ Estes W. K. "The statistical approach to learning theory". Ediciones McGraw- Hill. Nueva York, 1956.

¹⁷ Restle F. "A theory of discrimination learning". *Psychological Review*. n-62. 1959Pag. 11-19.

¹⁸ Bourne L. E. "Human conceptual behavior". Ed. Allyn y Bacon. Boston, 1966.

Todos estos tipos de conceptos se caracterizan por las investigaciones sobre formación de conceptos artificiales, adoptando la concepción clásica según la cual un concepto queda definido por un conjunto de caracteres necesarios y suficientes:

- El concepto sencillo. Sobre el cual el concepto contendría un sólo atributo.
- El concepto conjuntivo. Corresponde al que puede formar conceptos mediante la concurrencia de varios valores para aceptar un estímulo.
- El concepto disyuntivo. Corresponde a la definición de pertenecía a un grupo o clase en base a la similitud de uno, dos o mas valores posibles. No es necesario que concurren los dos atributos para aceptar un estímulo.
- El concepto relacional. Corresponde a la relación existente entre los valores y no la mera presencia de éstos. Dentro de este apartado estarían los conceptos condicionales en los que es necesario la presencia de un valor en un atributo es condición suficiente pero no necesaria para la presencia de otro valor.

Bruner, Goodnow y Austin utilizaron dos métodos experimentales distintos que conducían al uso de estrategias diferentes por parte de los sujetos. Por un lado utilizaron el "método de recepción", usado habitualmente por Hull y que corresponde al proceso del sujeto por encontrar la solución correcta mediante la realización de errores y admitiendo un pronóstico que conllevará a descubrir el concepto y "el método de selección", en el que el sujeto elige los estímulos para su análisis. En ambos casos Bruner, Goodnow y Austin comprobaron que los sujetos adultos no realizaban una búsqueda aleatoria, sino que estaban guiados por verdaderas hipótesis, produciéndose una variación en función del método experimental denominados por los investigadores "búsqueda de estrategias o regularidades presentes en la toma de decisiones". Dentro de la tipología de las estrategias de tipo receptivo encontramos:

- La estrategia total. El sujeto toma como atributos definitorios del concepto todos los valores del primer caso positivo. A partir de esa hipótesis inicial va eliminando los valores ausentes en otros ejemplos hasta descubrir el concepto adecuado. Este proceso conlleva a un proceso de comprobación sistemática, mediante la eliminación progresiva de atributos.
- La estrategia parcial. El sujeto toma como hipótesis alguno o algunos de los valores presentes en el primer caso positivo y mantiene la hipótesis hasta que encuentra casos positivos o negativos que la deroguen. En este caso la sustituye por otra congruente con los casos pasados que es capaz de recordar. La estrategia parcial presenta problemas cuando hay que abandonar una hipótesis y sustituirla por otra, ya que el sujeto ha de confiar en su memoria de casos pasados y buscar una nueva hipótesis.

Como resultado final diremos que mediante un test de estas características realizado con estudiantes universitarios se llegó a la conclusión que quienes usaban la estrategia total descubrirían el concepto con mayor rapidez y eficacia que quienes usaban la estrategia parcial. Esto se hacía más patente a medida que la dificultad era mayor, ya sea por limitación de tiempo o por la adición de nuevos atributos.

En el caso del método de selección las estrategias más relevantes se dividían en:

- La estrategia de enfoque. Al igual que la estrategia total el sujeto toma todos los atributos del ejemplo positivo representado por el experimentador como rasgos de concepto. De esta forma el primer caso positivo sirve como foco en el proceso de comprobación. A partir de esa hipótesis va seleccionando estímulos que le permitan ir eliminando atributos. Aparecen dos tipos de enfoque, el conservador y el arriesgado.
- La estrategia de examen. Al igual que la estrategia parcial con el método receptivo, el sujeto adopta alguno o algunos rasgos del primer caso positivo como hipótesis. A veces el sujeto hace un examen simultáneo de todas las hipótesis posibles sobre el primer caso positivo. En otros se limita a hacer un examen sucesivo de las hipótesis tomándolas una a una.

Como resultado las estrategias de enfoque resultaron más eficaces que las de examen y fueron usadas por los sujetos de Bruner, Goodnow y Austin. Nuevamente parece que las estrategias basadas en usar el primer caso positivo como foco o modelo del concepto. Igualmente la superioridad del problema es aún mayor cuando el problema se complica.

Cuando se analizó la eficacia de las diferentes estrategias, los investigadores comprobaron que en términos generales, los sujetos tendían a optimizar sus capacidades de memoria y atención en la comprobación de hipótesis. Pero además encontraron también algunos otros resultados de interés para su teoría de aprendizaje como que los conceptos disyuntivos resultan mas difíciles de adquirir que los conceptos conjuntivos.

Sin embargo los sujetos seguían utilizando tendencias conjuntivas en la adquisición de conceptos disyuntivos. La razón por la que los conceptos disyuntivos resultan mas difíciles de descubrir es que en este caso la información negativa es mas relevante que la positiva. Es decir, que las hipótesis deben eliminarse en presencia de ejemplos negativos del concepto. Existían no obstante, una preferencia que mostraba los sujetos por la información positiva en detrimento de la negativa, que ha sido definida como una cualidad característica del funcionamiento cognitivo humano. La estrategia mas eficaz es partir de un modelo o ejemplo inicial del concepto desde el cual ir modificando progresivamente los rasgos que definen al concepto.

Un nuevo trabajo esclarecedor sobre el tema se realizó posteriormente para determinar la situación de categorización a partir de los indicios probables. El ejemplo se basaba en anteriores trabajos realizados por R. Goodnow y que consistía en la identificación de un avión de combate en calidad de aliado o de enemigo. Los aviones del enemigo difieren con certeza de los propios en uno de los tres rasgos posibles (ala, cola, colector de aire). En los otros rasgos las diferencias eran sólo probables ya que algunos aviones propios y enemigos los comparten. En ninguno de los ejemplos disponibles para el sujeto pueden verse los tres rasgos a la vez, sino solo uno o como máximo dos. A veces, entre los rasgos disponibles se halla el indicio discriminativo seguro, pero otras veces está ausente. En este caso, el sujeto ha de hacer un juicio basado únicamente en indicios probabilísticos. La tarea se aplica por el método de recepción. Los resultados obtenidos por R. Goodnow resumidos por Bruner, Goodnow y Austin muestran que los sujetos tendían a sobreestimar los indicios probables y a subestimar el indicio seguro.

Bibliografía

• Libros

- Artes.

- ARNHEIM, Rudolph. El cine como arte. Ediciones Infinito. Buenos Aires, Argentina, 1971.

Extracto: Estudio del cine como elemento destacado en las teorías aplicadas de la percepción visual de la forma y la profundidad. El cine y la realidad visual. La composición cinematográfica. Delimitación de la imagen por el marco. Métodos y principios del montaje. Técnicas cinematográficas.

- BENITO, Angel. Información y nuevas tecnologías. Fundación Universitaria San Pablo CEU, Valencia, 1987.

Extracto: Breve resumen de los principales términos relacionados con la ciencia de la información y la comunicación a través de diversos medios.

- DONDIS, D. A. La sintaxis de la imagen. Introducción al alfabeto visual. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, 1976.

Extracto: Capítulo 1º: "Caracter y contenido de la alfabetidad visual". Pag. 13-33. Capítulo 3º: "Las artes visuales: función y mensaje". Pag. 167-204.

- FERNANDEZ, Christian. Diseño, Comunicación y Nuevas tecnologías. ARAM Ediciones. Barcelona, 1989.

Extracto: Libro editado a finales de la década de los años 80, y recoge diversas investigaciones llevadas a cabo sobre las nuevas tecnologías en el campo de la comunicación publicitaria, el video, la televisión. Arte y comunicación visual del siglo XXI. Pag. 81-95.

- FONTANELLA, Lee. La historia de la fotografía en España, desde sus orígenes hasta 1900. Ministerio de Cultura. Dirección General del Libro y Bibliotecas. Ediciones el Viso. Madrid, 1981.

Extracto: Historia de la fotografía en España desde sus orígenes hasta 1900. Antecedentes fotográficos. Dioramas iluminados. El daguerrotipo. La fotografía en la historia. Catalogación de fotografías del siglo XIX.

- GARCIA-ALBEA, Jose Eugenio. Percepción y computación. Ediciones Pirámide S.A., Madrid, 1986.

Extracto: Capítulo: "El proceso de la información". D. Marr. Estructura y creación de las representaciones visuales. Pag. 112-134. Capítulo: "Imágenes versus proposiciones". Jose E. Garcia-Albea.

- H. DE LA MOTA, Ignacio. Función social de la información. Ediciones Paraninfo. Madrid, 1988.

Extracto: Punto de vista social y político del avance de las tecnologías y la comunicación en nuestra sociedad a través de la democratización de los medios. Breve repaso a las principales vías de comunicación y el estudio del impacto social en nuestra época.

- INOSE, Hiroshi, PIERCE, John R. Tecnología de la información y civilización. Editorial Labor. Barcelona, 1985.

Extracto: Libro editado con motivo de las conferencias sobre tecnología y medios de comunicación en el siglo XX. Recoge opiniones centradas en el impacto de las nuevas tecnologías en la sociedad y en el entorno humano.

- KURTZ, Gerardo F., ORTEGA Isabel 150 años de fotografía en la Biblioteca Nacional. Ministerio de Cultura. Dirección General del Libro y Bibliotecas. Ediciones el Viso. Madrid, 1989.

Extracto: Extenso recorrido sobre las bases documentales de fotografías de los dos últimos siglos en España. Incluye catalogación de los fondos de la Biblioteca Nacional. Introducción a cargo de Lee Fontanella. Diferentes técnicas fotográficas de todos los tiempos.

- MARCONI, Attilio. Teoría de campo. Curso de Educación visual. Xarait Ediciones. Alberto Corazon Editores. Madrid, 1978.

Extracto: Capítulo 3: "El campo topológico". Introducción. Pag. 146. Capítulo 5: "El campo fenomenológico". La composición de los objetos. Pag. 301.

- MARCHÁN FIZ, Simón. La estética en la cultura moderna Alianza Forma, n-64. Alianza Editorial. Madrid, 1987.

Extracto: El concepto de la estética en el transcurso histórico de la filosofía. Definiciones. Propuestas dentro de los nuevos campos del diseño, la industria y sociedad.

- MEISEL, Louis K. Photorealism. Editado por Abradale Press. Harry N. Abrams, Inc. Publishers, New York, 1980.

Extracto: Extensa descripción del movimiento americano de fotorealismo de los años 60. Introducción teórica sobre el movimiento. Principales artistas y su obra.

- MOUNIN, Georges. Introducción a la Semiología. Editorial Anagrama. Barcelona.

Extracto: Resumen de las principales influencias de la ciencia de la semiología como modo de interpretar las imágenes. Enfoque de los años 70, donde se recoge las teorías fundamentales de base que permiten definir los términos esenciales de la semiología.

- POZO, Juan Ignacio. Teorías cognitivas del aprendizaje. Editorial Morata S. L. Madrid, 1993.

Extracto: Capítulo: "Teorías de la reestructuración". El aprendizaje. Pag. 165-170. La Gestalt. Pag. 171-174. La experiencia previa. Pag. 174-176. La teoría de equilibración de Piaget. Pag. 177-182.

- SARRAMONA, J. Comunicación y Educación. Colección Educación y Enseñanza. Ediciones CEAC. Teoría de la Comunicación. Barcelona, 1988.

Extracto: Capítulo 1: "La fundamentación antropológica de la comunicación interpersonal". 1.5 El binomio emisor-receptor en interacción. Pag. 26-28. Apto. 1.6 La información y la comunicación. Pag. 31-34. Capítulo 2º: "Comunicación y construcción humana". Apto. 2.4 Estilos comunicativos y construcción personal. Pag. 53-56.

- SCHNEIDER, Norbert. Naturaleza muerta. Ed. Taschen, Alemania, 1992.

Extracto: Estudio de la historia de la naturaleza muerta como elemento de representación con vínculos sociales. La representación de los objetos en el entorno. Simbología. Iconografía.

- VV.AA. Informática y Comunicación. Generalitat Valenciana. Valencia, 1985.

Extracto: Libro editado por la Generalitat Valenciana y recoge diversas opiniones sobre el avance tecnológico en la comunidad valenciana en relación al campo de la informática.

- Informática.

- DEKEN, Joseph. Imágenes por ordenador. Fundación BCD. Editorial ICARIA. Barcelona, 1986.

Extracto: Capítulo 4º. La visualización y comunicación. El espectador entra en la imagen. Pag. 108-123. Construcción de la imagen y extracción de la imagen. Pag. 123-124. Mejora y análisis de la imagen. Pag. 125-130. Capítulo 8º. Evolución de las imágenes. Pag. 195-205.

- FAUS BELAU, Angel. La información televisiva y su tecnología. Editado por la Universidad de Navarra, Pamplona, 1980.

Extracto: Capítulo 2º. La carrera de las imágenes. Pag. 108-111. La conservación y reproducción de las imágenes. Pag. 207-211. Capítulo 3º. Industrialización y comercialización del subsistema de elaboración narrativa de la imagen. Pag. 297.

- MERRIT, Douglas. El grafismo electrónico. Ediciones Gustavo Gili, Barcelona, 1987.

Extracto: Libro sobre el avance de la tecnología informática en el campo de la televisión y el grafismo. Ejemplos prácticos en el campo de la publicidad, broadcast, y programas de televisión, que marcaron un hito en la utilización de dicha tecnología.

• Artículos

- BERENGUER, Xabier. "Del ordenador al Goya". Extra : Imagina y la Infografía. El PAIS, Enero 1988. Pag. 2.

Extracto: Breve estudio de la cronología de los primeros precursores de los efectos especiales como el fotógrafo Segundo Chomón, fotógrafo de principios de siglo. El curso de 1968-1967 en el Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid. Los avances en el software realizados en España en la Universidad de Cataluña.

- BINKLEY, Timothy. "Digital Dilema". Leonardo, Digital Image-Digital Cinema Supplemental Issue. Edición Pergamon Press plc. Japan, 1990. Pag. 13-19.

Extracto: Definición del concepto de imagen digital. Proceso de generación de la imagen digital desde el punto de vista técnico. Paradoja de la imagen de Russell. Interface de comunicación basada en la configuración ideal para el tratamiento y procesado de la imagen.

- CALVO SERRALLER, Francisco. "Imágenes escritas y símbolos pintados". El PAIS, Noviembre, 1987.

Extracto: Comentario al libro Iconografía de Cesare Ripa sobre la problemática de las imágenes a través de los tiempos y de la recuperación de los diccionarios simbólicos de gran influencia durante los siglos XVII y XVIII.

- El PAIS. "La infografía italiana. Un panorama audiovisual confuso". Extra : Imagina y la Infografía. El PAIS, Enero 1988. Pag 8.

Extracto: Desarrollo de las técnicas infograficas gracias al boom de las televisiones locales entre 1976-1979. Empresas como Tesak junto a la RAI comienzan a utilizar gráficos en la televisión. Creación de Sociedades de aplicaciones informaticas como TTV, TecnoTeleVideo, UVC Universal Video Corporation, VideoTime, etc...

- ESTER, Michael. "Image Quality and Viewer Perception". Leonardo, Digital Image-Digital Cinema Supplemental Issue. Edición Pergamon Press plc. Japan, 1990. Pag. 51-53.

Extracto: Estudio sobre la selección de la calidad en la imagen ha sido poco investigada en detrimento de otras problemáticas relacionadas con cuestiones de tipo técnico. Gráficos sobre las respuestas de 56 personas sobre las calidades de ciertas imágenes. Resultados de la visualización en diferentes soportes.

- J. RUEFF, Sylvie. "Pictures, Poseurs, and Posers". Computer graphics review. Vol-26, nº-3 Agosto 1992. Pag. 202-204.

Extracto: Estudio artístico sobre la importancia del concepto de imagen a través de los medios de comunicación del siglo XX, como la fotografía, la pintura, el cine, el video o la televisión. Aspectos psicológicos de la actuación humana frente a las imágenes.

- LEONARDO SUPPLEMENTAL ISSUE. "Computer Graphics: Effects of Origins". Leonardo, Digital Image-Digital Cinema Supplemental Issue. Edición Pergamon Press plc. Japan, 1990. Pag. 21-29.

Extracto: Extensa cronología sobre el uso de los gráficos por computadora en nuestra sociedad. Fondo Conceptual. Hechos recientes.

- LEONARDO SUPPLEMENTAL ISSUE. " Film Theory for the Digital World: Connecting the Masters to the New Digital Cinema ". Leonardo, Digital Image-Digital Cinema Supplemental Issue. Edición Pergamon Press plc. Japan, 1990. Pag.5-11.

Extracto: Elementos comparativos de los orígenes de la historia del cine y la informática gráfica. Vachel Lindsay pionero de los ensayos sobre el cine con su libro " The Art of the Moving". George Méliés. Lev Kuleshov. André Bazi. Rudolph Arheim.

- LEVASSEUR, Lionel. "Por una Europa Infográfica". Extra : Imagina y la Infografía. El PAIS, Enero 1988. Pag. 3.

Extracto: Estudio sobre los avances realizados en Europa en materia infografica en contraposición a la tecnología americana. Estudio del mercado informático de aplicaciones y oferta del mercado de los últimos tiempos.

- MALINA, Roger F. "Digital Image- Digital Cinema: The work of Art in the Age of Post-Mechanical Reproduction". Leonardo, Digital Image-Digital Cinema Supplemental Issue. Edición Pergamon Press plc. Japan, 1990. Pag.33-38.

Extracto: Impacto de las computadoras en las artes y en el cine que han permitido el desarrollo de nuevas formas de artes vinculadas a la informática capaces de ayudar al artista a desarrollar sus ideas en nuevos soportes. Breves escritos de Michel Foucault, Christopher Langton. Descripción de las nuevas técnicas de aplicación general.

- MARCUS, Aaron. ACM Transactions on Graphics. "Computer-asissted chart making from the graphics designer's perspective". Department of Computer Science and Applied Mathematics. Berkeley Laboratory. Berkeley, California 94720. ACM Transactions on Graphics, 1980. Pag. 247-253.

Extracto: Primeros tratados sobre la necesidad de la conjunción entre los valores visuales creados para los diseñadores y los creados por medio del ordenador. Descripción de las teorías aproximativas de la Gestalt y en concreto de Wertheimer basados en la psicología de la forma.

- MAYO, Jose A. "El museo electrónico". Babelia. El PAIS. 23 de Octubre 1993.

Extracto: Breve resumen sobre las tendencias en los trabajos presentados en Art Futura expuestos en el Museo Reina Sofia en 1990.

- MULLER, Jens Theo, SPRUNG, Roland. "Ardua gestación en la RFA". Extra : Imagina y la Infografía. El PAIS, Enero 1988. Pag. 6-7.

Extracto: Estudio de los avances de las técnicas infográficas en la RFA mediante el desarrollo de la tecnología Black Trinitron. Trabajos para la televisión en materia de broadcast. Pioneros como Steiner Films, Bibotv, Voss und Partner.

- OHLENSCHLAGER, Karin. "La liberación de la imagen". La Artes. El PAIS, Octubre 1988. Pag. 2.

Extracto: Resumen sobre la polémica suscitada por la incorporación de métodos computacionales en la creación de ambientes escénicos en el Festival de Ars Electronica Linz, 1988. Peter Weibel describe la ruptura del arte tradicional con la aparición del cubismo, dadaísmo, futurismo, etc... y la aparición de la fotografía y el film.

- PERLIN, Ken "An image Synthesizer". Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University. ACM Transactions on Graphics. SIGGRAPH'85, San Francisco, Vol- 19, nº-3, Julio 1985. Pag 287-296.

Extracto: Descripción del concepto de Lenguaje de Pixel Stream (PSE) utilizado para la obtención de imágenes realistas combinado con geometría sólida. El PSE es un filtro que convierte imágenes de entrada en imágenes de salida para cada pixel del mismo. Descripción de algunas funciones que implican efectos reales basados en la implementación de ruidos en las funciones de inicio para conseguir marmoles, fuego, agua o nubes.

- SAINZ, Jorge. "El dibujo, del tablero al ordenador". Las Artes. El PAIS, Mayo 1988. Pag. 2.

Extracto: Texto sobre el futuro del uso de la imagen digital en contrapartida al dibujo tradicional en base a la transformación del dibujo analógico al digital.

- SWAIN, Bob. "Londres, capital de la infografía". Extra : Imagina y la Infografía. El PAIS, Enero 1988. Pag. 4-5.

Extracto: Resumen de las acciones llevadas a cabo en materia informática aplicada a los canales de televisión pioneros en Europa en este tema. Presentación de la cabecera del Canal 4. La empresa Electronics Arts y su actuación en el campo de la publicidad televisiva.

- VERNE, Morland. "Computer-Generated stereograms. A new Dimension for the graphics Arts". Computer Image Systems and Services. General Electric Company. Syracuse, New York.

Extracto: Descripción del Sistema de Diseño Genographics pionero en la creación de imágenes en estereo por ordenador. Problemática de la profundidad del gradiente continuo en la representación por ordenador en base a las experiencias realizadas sobre la orientación de un cubo. Descripción de los sistemas estereoscópicos más comunes.

- WRIGHT, Richard. "Computer graphics as Allegorical knowledge. Electronic Imaginery in the Sciences". Leonardo, Digital Image-Digital Cinema Supplemental Issue. Ediciones Pergamon Press plc. Japan, 1990. Pag.65-73.

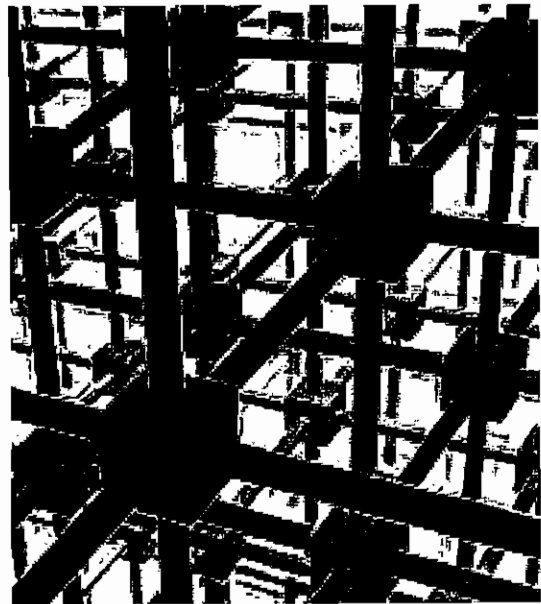
Extracto: Breve estudio sobre las aplicaciones científicas de la imagen electrónica en el mundo real. Visualización de los estudios científicos de nuestro tiempo. Estudio de la imagen como objeto, su representación y visualización. Utilización de los modelos de simulación para uso científico a gran escala.

- YARES, Evan. "Fotorealismo". Revista BINARY, Septiembre 1992. Pag. 147-150.

Extracto: Resumen de las principales técnicas de realización de imágenes sintéticas aplicadas inicialmente en la animación. Programas claves y utilidades generales.



CAPITULO III



La profundidad visual

El espacio

El objeto informático

3- La formalización del objeto tridimensional

- Introducción.

El concepto de tridimensionalidad desde el punto de vista de la percepción es un factor dominante en la comprensión del objeto en el espacio. En muchos casos percibimos el espacio por los objetos que vemos en él, ya que existe una interrelación entre el concepto de espacio que conocemos y experimentamos, y el espacio que percibimos.

Desde el punto de vista fisiológico, la comprensión de la tridimensionalidad se basa en la combinación de dos imágenes retinianas básicamente planas capaz de proporcionar información sobre la forma, la dirección, la orientación, etc... de los objetos en el espacio. No obstante, una particularidad de la percepción y conocimiento de la tridimensionalidad como es la profundidad no se produce de manera inmediata por la imágenes retinianas de los objetos en nuestro entorno visual limitado, es necesario buscar otras características o índices metodológicos como los fenómenos la constancia de los objetos o las condiciones aprendidas durante nuestra niñez, mediante el aprendizaje empírico, para obtener un constructo lo suficientemente consciente para percibirla.

Los conceptos ópticos sobre la profundidad, conocidos por la primeras civilizaciones arcaicas, se basaban en el estudio de las correcciones ópticas de la curvatura de las imágenes retinianas y de los estudios relacionados con la binocularidad. Todas ellas destacaremos las desarrolladas por los griegos, a través de las leyes creadas por Euclides. Dichas leyes o teoremas se basaban en las relaciones angulares capaces de superar las limitaciones reales en la medición de distancias entre los objetos, ya que presuponían las mediciones espaciales al conocimiento óptico y fisiológico del ojo humano.

Estudios posteriores realizados sobre la representación e interpretación de la profundidad por Brunelleschi, Leon Batista Alberti, entre otros, comenzaron a desarrollarse de una manera científica y metodológica, a través de numerosos tratados sobre la perspectiva. Se introducen por primera vez el concepto de aberraciones marginales¹, planteadas como un abandono del plano curvo de proyección, en los que se habían basado la mayoría de las mediciones hasta el momento.

Para resolver el problema se impusieron las bases de lo que en la actualidad llamaremos la perspectiva clásica, que convertía la representación del espacio y la tridimensionalidad en algo verdaderamente plano y artificial.

Posteriormente y siguiendo los estudios planteados por los geómetras del Renacimiento, Desargues, convierte el término perspectiva en lo que actualmente llamamos “geometría proyectiva”, neutralizando entre otros términos el concepto de la dirección o punto de vista centralizado, que había sido considerado teóricamente la clave fundamental para la creación formal del espacio.

Con el desarrollo de la psicología perceptual, junto a los nuevos descubrimientos la fisiología de la percepción, se ampliaron los conocimientos sobre nuevas teorías basadas en la sistematización de los procesos de visión desde un punto de vista funcional y empírico. Estas teorías propuestas en sus inicios por el obispo Berkeley en 1709 en su libro “Nueva teoría de la visión”, mantenían, no sin razón, que la visión del espacio es un cúmulo de experiencias y hechos que dependen de la exploración y manipulación por los sentidos del medio ambiente. La aparición del concepto de las acciones psicomotrices² combinadas o unidas a las constancias perceptuales permiten generar la asimilación necesaria para establecer uno de los factores fundamentales de la percepción espacial que es su homogeneidad.

Finalmente, y durante el presente siglo, las experiencias realizadas por James Gibson y sus colaboradores en los años 50, determinaron un cambio radical en las teorías que hasta el momento se habían planteado. James Gibson en su libro “The perception of the visual World” expresaba que “... *la profundidad no se forma únicamente por las sensaciones sino que se establece por si misma como una de las dimensiones de la experiencia visual*”.

La idea central, partían, entonces, de las premisas anteriormente investigadas por científicos y médicos, desde el punto de vista fisiológico, de que las sensaciones visuales de la distancia y la profundidad iban mas allá de las leyes de la perspectiva tradicional, imponiéndose por el contrario las ideas basadas en el concepto de intencionalidad aplicada.

La intencionalidad, se basa en la importancia fisiológica de las referencias perceptuales en el espacio y la profundidad, elaborada por el ser humano cuando se desplaza en el entorno. Ello derivó a que Gibson estudiara dichas referencias perceptuales, estableciendo trece claves como variables de estímulo³, definidos en su conjunto bajo el concepto de gradiente.

En el presente capítulo hemos querido plantear los factores más importantes que determinan la profundidad visual real y su importancia a la hora de poder utilizarlos en el ámbito de la informática gráfica. La necesidad que plantea la organización espacial y la interpretación visual tridimensional marca los conocimientos que necesitamos a nivel informático.

3.1- Factores que determinan la profundidad visual.

- El desarrollo perceptual.

Desde el punto de vista evolutivo, el estudio de la percepción de la profundidad es uno de los estudios más polémicos dentro del campo de la psicología.

La profundidad ha marcado siempre el punto crítico de numerosas teorías que relacionan la interpretación de los objetos en su contexto real o ambiental. La idea de que la noción de profundidad sea o no asimilada y percibida desde estadios muy tempranos de la vida han marcado la mayoría de la teorías psicológicas halladas hasta el momento. Durante el presente siglo se suscitó la polémica sobre si el niño era capaz de percibir de una manera innata el conocimiento de la profundidad o por si el contrario eran el cúmulo de experiencias relacionadas con la constancia de la forma y la distancia lo que determinaba dicha percepción.

Numerosos psicólogos de la percepción han trabajado desde principios de siglo para justificar, de alguna manera, una de las dos hipótesis. Lashley y Russell, en 1934, llevaron a cabo una de las primeras investigaciones experimentales sobre el aprendizaje perceptivo de la distancia y la profundidad que se vieron completadas gracias a los estudios más famosos de Eleanor Gibson y Richard Walk, en 1960, en la Universidad de Cornell.

Dichos experimentos relacionaban la constancia perceptual con la percepción de la altura. Para ello crearon un sistema que pretendía justificar los planteamientos aprehendidos e innatos del niño desde edades tempranas, creando el denominado un "despeñadero visual", que consistía la colocación de una pared gruesa, que delimitaba una superficie con un motivo ajedrezado formado por cuadrado blancos y negros y sobre el cual, se había colocado un cristal, abarcando toda la zona superficial del pavimento. El tamaño de los cuadros variaba en cada uno de los lados, en función de la necesidad de crear una zona perceptiblemente más alejada y por tanto definida por cuadros más pequeños y otra con los cuadros más grandes que simulaba de forma aparente una distancia al suelo más próxima visualmente.

Cuando se colocaba al niño en el pilar central, éste tendía a gatear sobre la zona considerada de cuadros representados más próxima, evitando en todo momento la zona que se hallaba representada por los cuadros más pequeños. En base al estudio de diferentes edades, se determinó que en niños de alrededor de seis meses la percepción de la profundidad se hallaba lo suficientemente desarrollada como para percibir diferencias entre las distancias percibidas.

De esa manera determinaron que el niño sería capaz de disponer de un cúmulo de experiencias iniciales que le permitieran moverse en el espacio, y adquirir información suficiente de los objetos en función de otros objetos.

Posteriormente las investigaciones fueron confirmadas por Piaget durante los años setenta, mediante el estudio de la evolución de los procesos cognitivos confirmaron la importancia del desarrollo perceptual desde edades muy tempranas.

Dichas teorías reconocidas como "La Teoría de grupos", y las teorías provenientes de las teorías del psicoanálisis de S. Freud establecieron la llamada perspectiva biológica, cuyas premisas iniciales determinan que el niño realiza una asimilación del entorno en base a dos "funciones invariantes" como son la organización y la adaptación. La organización según Piaget⁵ es la tendencia del organismo a sistematizar sus procesos en sistemas coherentes, mientras que la adaptación permite al ser humano la asimilación de los conceptos aprendidos.

La teoría clásica de Piaget⁶ sobre el estudio del espacio y la profundidad visual en base a la "búsqueda del objeto", ha sido reconocido como uno de los más importantes apoyos al desarrollo de las teorías perceptivas de los últimos años. Para Piaget la verdadera naturaleza del espacio y la profundidad no reside en el carácter más o menos extenso de las sensaciones sino en la inteligencia que vincula unas sensaciones con otras. El espacio es considerado como una actividad misma de la inteligencia resultado de un proceso intelectual junto al concepto físico de espacio como tal.

El reconocimiento de los objetos y las experiencias que ejercemos sobre ellos durante el periodo evolutivo del niño, crean poco a poco el concepto de espacio, que posteriormente se verá complementado con la noción de los objetos estables en base a la relación entre ellos y el entorno. El niño en los primeros meses al no ser consciente de su situación en el espacio y no concebir la existencia de una relatividad entre movimientos del mundo exterior y los suyos, no sabrá construir y emplazar objetos ya que considera las alteraciones de la imagen perceptual del mundo como reales.

La utilización por el niño de los llamados "grupos" de conducta⁷, le permiten conocer y adaptarse al medio mediante la experiencia de una manera asimilativa. Este "esquema de asimilación" que engloba los datos de la percepción exterior así como las impresiones internas de la naturaleza afectiva, como la cinestésia, el equilibrio, son necesarios para la comprensión física del espacio.

Es precisamente al final del primer año de vida, cuando se extiende el desarrollo de las relaciones espaciales. El niño aprende a tener en cuenta los sucesivos desplazamientos percibidos en el campo visual, en base al último desplazamiento visible, implicando, por tanto, el nacimiento de un racionalismo

geométrico, que dominará su forma de concebir y crear los objetos a cualquier nivel plástico, por ejemplo.

Por tanto, el espacio se constituye desde el nacimiento, en una conjunción de estímulos provenientes de las percepciones de los objetos, en la que la percepción de formas, tamaños, distancias se elabora paulatinamente al mismo tiempo que se toma conciencia de la existencia de los objetos.

El niño es capaz de establecer una serie de "cuadros sensoriales" que determinan "espacios", como el espacio gustativo, táctil o visual. Estos espacios se hallan mas o menos relacionados en función del grado de coordinación de los esquemas sensomotrices que los engendran. Una vez que la presión se coordina con la visión, el espacio "táctil-cinestésico", el espacio visual y el espacio bucal comienzan a constituir un todo en el que se insertan las otras formas de acomodación espacial más complejas.

La acomodación de la mirada a los movimientos de translación perpendiculares a él proporcionan un segundo indicio de afianzamiento de la idea espacial del entorno.

La coordinación con otros aspectos psicomotores, proporcionan la conciencia de profundidad en las que durante el final del primer años permite crear en el niño las nociones de espacio próximo, accesible a la construcción de elementos.

Ello nos permitirán percibir la profundidad del entorno cercano mediante los planos de profundidad que se ordenan en función de la acción. La existencia de un "espacio lejano", recoge también la conducta creada en los primeros estadios de vida en base a la percepción del espacio primitivo en el que el concepto de fondo es capaz de generar los primeros vínculos en la existencia de planos visuales.

Con el tiempo, la asimilación de estos dos espacios, permiten al niño suprimir esta diferencia gracias al desarrollo de las experiencias objetuales y de cálculo de distancias reales.

Finalmente diremos que la profundidad es, por tanto, un conjunto de hechos relacionados desde el punto de vista físico y psicológico, que desde el nacimiento se desarrolla hasta establecer un sistema representacional propio que perdura durante toda la vida y que nos hace ver los objetos desde una perspectiva determinada que ha sido alimentada mediante la experiencia y el aprendizaje. Los fenómenos perceptuales se convierten en la única manera de comprender nuestro entorno de una manera empírica y asimilativa de los datos exteriores a nosotros y que son tratados por nuestra mente en base a ciertas reglas del procesamiento mental.

Tabla X

DISTANCIA

metros	0	0.5	1	1.5	2.0	2.5	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	+9.0
Visión	Borrosa y deformada	Detalles agrandados de iris, globo ocular, pehillos del rostro y poros	Detalles del rostro de tamaño normal	Se pierden los vasos sanguíneos de los ojos. Se percibe el desgaste de la ropa. Se ve el cabello	Los rasgos más finos del rostro se desvanecen. Resultan los más profundos. Se ve el movimiento de los labios.	Se capta todo el contorno de la cara	Se funden los rasgos más acusados. No se distingue el color de los ojos.	Norma de Snellen para la visión de lejos.					
Visión periférica		Cabeza sobre un fondo Cabeza con hombros	Captación de los movimientos del cuerpo. Manos visibles	Todo el cuerpo	Se ve si hay otras personas					Las demás personas empiezan a adquirir importancia			
Sensación visual	Sensación de estar bizco							Gene y objetos vistos redondeados hasta 3.5 hasta 4.5 m.					La convergencia acomodativa termina pasados los 4.5 m. Las personas y objetos empiezan a verse planos

DISTANCIA

metros	0	0.5	1	1.5	2.0	2.5	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
CLASIFICACIÓN INFORMAL DE LAS DISTANCIA													
	CERCA	NO CERCA	CERCA	NO CERCA	CERCA	NO CERCA	CERCA	NO CERCA	CERCA	NO CERCA	CERCA	NO CERCA	NO CERCA
			PERSONAL		SOCIAL Y CONSULTIVA					PÚBLICA			

- El campo visual y el mundo visual.

Como hemos visto, existe una clara diferencia entre el campo visual que corresponde a nuestra imagen que la retina ofrece y el mundo visual que corresponde a lo que realmente percibe el hombre. Mientras el mundo visual se considera ilimitado debido al desconocimiento de sus límites físicos, independientemente de la capacidad visual del ojo.

El campo visual se establece por la amplitud de nuestro sistema perceptivo³, que contiene formas proyectadas y que es variable en función del tipo de visión establecido, sea monocular o binocular.

Según James Gibson⁹ el campo visualización en el espacio presenta un límite visual determinado por la fisiología del ojo en las que se sabe que la visión es poco nítida en las regiones excéntricas al ojo. Ello establece un límite¹⁰ marcado sobre nuestras percepciones si delimitan el nivel de atención y la agudeza de lo que estamos contemplando.

Para Gibson, el concepto de campo visual, y la importancia de las claves o indicios nos permiten asimilar los aspectos reales sobre los meramente perceptivos. La importancia de dichos indicios se considera fundamental, como veremos más tarde en la percepción del espacio, y sobretodo en la ubicación de objetos en el espacio real o informático de una manera asimilativa a lo que hallamos familiarizado, en base a nuestro entorno visual terrestre.

Las hipótesis propuestas inicialmente sobre la teoría terrestre sobre la percepción espacial para Gibson fueron:

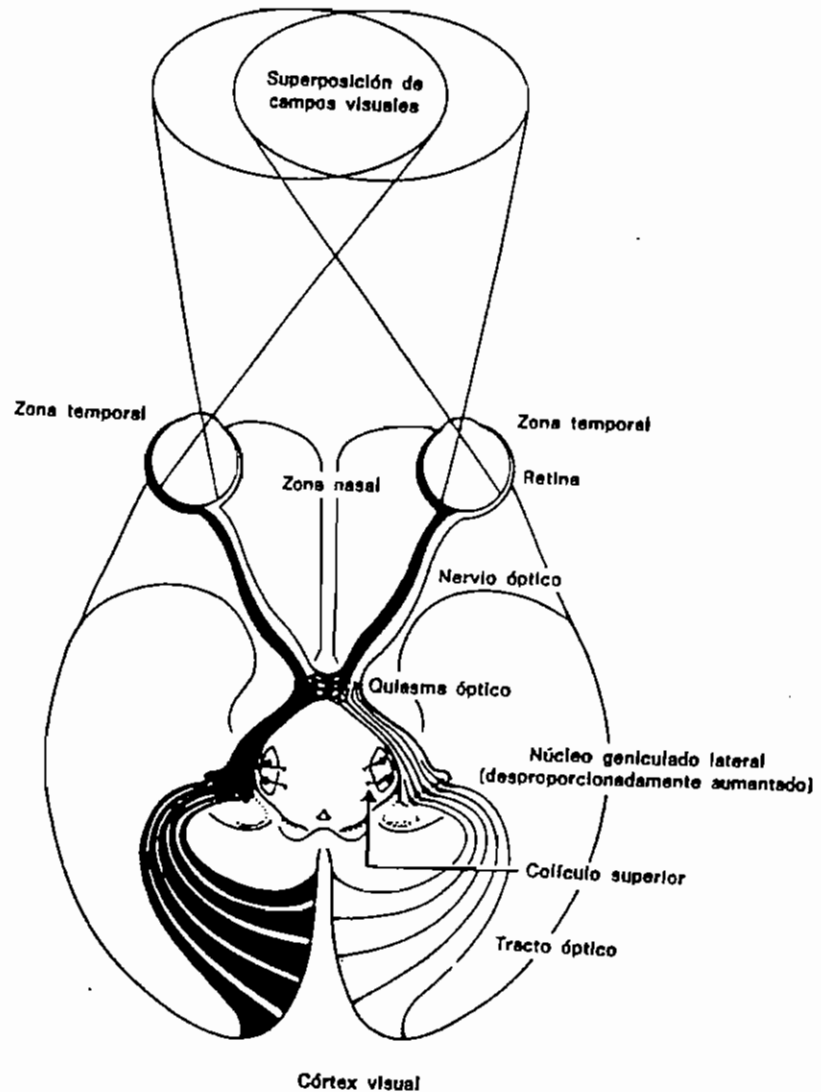
- 1- Las impresiones elementales de un modo visual, corresponde a los establecidos por las superficies y por los bordes. Por ejemplo, la impresión de una superficie texturada continúa explica que un espacio visual sea concebido en muchas ocasiones como fondo, mientras que una variación de la densidad texturada de la misma superficie, nos permite inducir un cambio real a nivel de profundidad del mismo.
- 2- Existe siempre una variable en el estímulo que corresponde a alguna de las propiedades a nivel espacial. Esto sugiere que puede existir un "estímulo" directo para la percepción de superficies, en forma de patrón.

3- La variable del estímulo dentro de la imagen retiniana corresponde a una propiedad y no a una copia virtual de ella.

4- Las inhomogeneidades de la imagen retiniana pueden ser analizadas por métodos geométricos, reduciéndolos a una serie de variables análogas a las variables reales. Cualidades como solidez y profundidad pueden ser correlatos de la imagen bidimensional pero carecen de réplica en la imagen retiniana.

5- El problema de cómo percibimos el mundo visual puede ser dividido en dos aspectos: La percepción del mundo sustancial y espacial, y la percepción del mundo de cosas útiles y significativas que, por lo común, prestamos más atención.

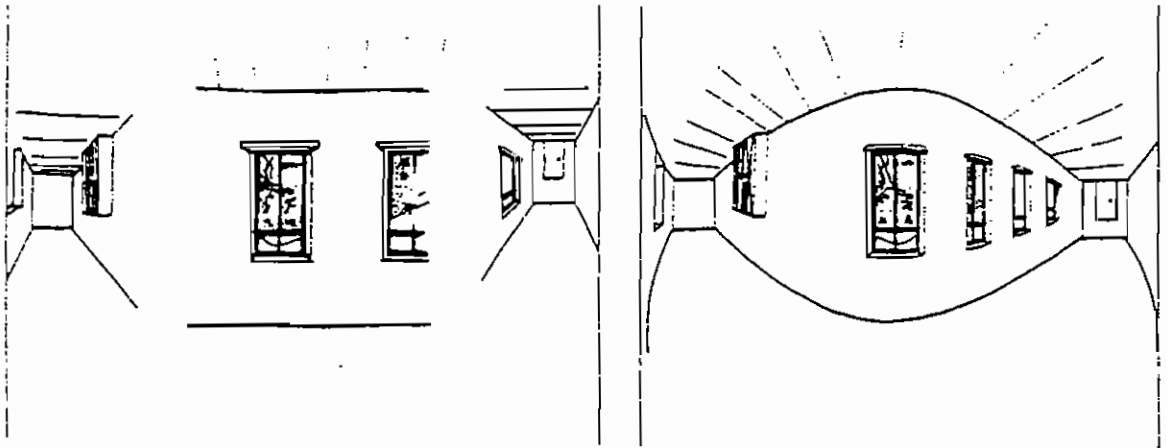
Imagen 19



Esquema de la parte inferior del cerebro humano, en la que se muestra las etapas principales de las vías neuronales entre el ojo y el córtex visual.

En el proceso, las fibras de las células glanglionares de la retina llegan al quiasma óptico. Allí, las que provienen de las zonas nasales de los ojos cruzan al lado opuesto del cerebro y se unen con las fibras de la zona temporal del ojo contralateral. De este modo, ambos ojos están representados de modo bilateral en los dos centros superiores. Después del quiasma, la mayor parte de las fibras continúan hasta el córtex visual. Algunas fibras dejan el tracto óptico principal y establecen conexiones sinápticas en un centro del cerebro medio, donde se sitúa el colículo superior. Este centro interviene en el control de los movimientos oculares y del reflejo del pestañeo ante un objeto que aparece de repente en el campo visual. Extraído del libro " Psicología del comportamiento y de la mente". Alianza Psicológica. Bruce Bridgeman. Madrid, 1991.

Imagen 20



Representaciones de la realidad retiniana.

Si en un corredor miramos de un extremo al otro, no vemos la perspectiva tal y como se forma en la retina. Esto se halla representado en la imagen de la izquierda. El dibujo de la derecha, interpreta nuestra expectativa de las tres dimensiones espaciales. Extraído del libro "Biología del conocimiento. Los fundamentos filogenéticos de la razón". Rupert Riedl. Ediciones Labor Universitaria. Barcelona, 1983. Pag. 57.

- La profundidad visual como constructo mental.

La concepto de que la profundidad visual es un fenómeno exclusivo de la interpretación psicológica del espacio por nuestra mente.

El sistema visual humano utiliza para distinguir la posición relativa de los objetos en un escenario tridimensional en la combinación de mecanismos relacionados, entre las características propias de nuestro sistema visual y nuestra posterior organización mental.

Aunque la escena representada en la retina es bidimensional y además se halla ante nosotros deformada por el carácter curvado del ojo", existe una tendencia a uniformizar criterios perceptivos capaces de obtener gran cantidad de información correlacionada con el concepto de profundidad de una escena. En ocasiones, la organización de la imagen como hemos visto, parte de la conceptualización y factores de interpretación sobre las formas, íntimamente ligado al concepto de fondo y figura.

La búsqueda de la tridimensionalidad a través de las formas plásticas, ha sido ampliamente tratado por artistas y estudiosos de la percepción mediante una serie de mecanismos relacionados con los hechos reales o perceptuales que dominan nuestra mente a la hora de sentir la profundidad.

Dichos mecanismos o factores son generalmente aditivos, es decir, cuantos más factores existan, más fácil resultará averiguar las relaciones de profundidad existentes dentro de una escena, ya sea bidimensional o tridimensional. Dependiendo de los procesos implicados, las áreas de conocimiento general se establecen en función de categorías:

- Fisiológicos.
- Psicológicos.

• Los mecanismos fisiológicos

Estos mecanismos se relacionan con las propiedades que limitan nuestro sistema visual, centrados en las características específicas del ojo y los índices cinéticos que provienen, por una parte, del movimiento del observador y los objetos, que influyen directamente en la percepción del espacio y la profundidad. La mayoría de ellos actúan en combinación creándose sistemas de asociativos de sensaciones visuales, táctiles o auditivos que influyen en un sentido global en dicha percepción. Entre ellos encontramos:

- El movimiento ocular.

Los movimientos oculares son, sin duda, uno de los aspectos que permiten a nuestra visión la percepción de cualquier tipo de imagen, así como disponer de un conocimiento amplio de nuestro entorno, mediante la relación existente entre las sucesivas imágenes obtenidas por nuestros ojos¹².

El movimiento se centra por una parte en los desplazamientos de la esfera ocular, y por otra en la coordinación¹³ existente entre el ojo y otras partes del cuerpo, como la cabeza. Si los cambios de fijación son vastos, la cabeza también se mueve en la misma dirección que los ojos.

El movimiento de la cabeza y el cuerpo también puede variar estableciendo nuevos puntos de referencia general aunque existe una verticalidad física de la gravedad que se mantiene estableciendo una dirección de "arriba" en el mundo visual y que afecta fisiológicamente al oído interno y a la sensación muscular. Este movimiento produce una deformación del campo visual que no es perceptible por nuestra vista debido a la acomodación del ojo a ciertas pautas de comportamiento que establece la imagen retiniana como constante.

La necesidad de movimiento ocular del ojo al captar la forma fue estudiado en sus inicios en base a las experiencias desarrolladas bajo los efectos autocinéticos y que se producen por fluctuaciones parciales en la localización de la retina de la imagen producidas por movimientos periféricos de los ojos.

Martin y Mac Kinnon, en 1964, emplearon técnicas de imágenes fijas para eliminar los movimientos horizontales de los ojos y compararon la autocinésis observada en estas condiciones con la que se observa normalmente. La eliminación de los movimientos horizontales de los ojos redujo considerablemente el número de respuestas autocinéticas en general de los observadores.

Tabla XI

	Sujeto GEM ¹	Sujeto LM
Normal	<p>• Resp. = 501 Bloque de respuestas</p>	<p>• Resp. = 500 Bloque de respuestas</p>
Estabilizado	<p>• Resp. = 500</p>	<p>• Resp. = 500</p>
Normal	<p>• Resp. = 500 Bloque de respuestas (al azar)</p>	<p>• Resp. = 450 Bloque de respuestas</p>
Estabilizado	<p>• Resp. = 500</p>	<p>• Resp. = 450</p>

Movimientos oculares y efecto autocinético.

Comparación de las frecuencias de los movimientos autocinéticos en una dirección determinada, en condiciones normales de visión con las obtenidas cuando se eliminaron los movimientos oculares horizontales por medio de la técnica de imágenes fijas. Los números de las circunferencias indican la frecuencia del movimientos autocinético visto en una dirección determinada durante un periodo de observación de mas de un minuto. Los números del centro de los circulo indican la frecuencia de fracasos a la hora de informar sobre el movimiento en cualquier dirección. Extraído del libro "Psicología de la percepción". Alianza Psicológica. William N. Dember, Joel S. Warm, Madrid, 1990. Pag. 337.

Tabla XII**Aspectos fisiológicos de la visión**

Movimientos retinianos	Situación física	Percepción del movimiento objetivo de una secuencia	Percepción estática de la imagen	Percepción de la profundidad
Movimiento rígido de la imagen total	Movimiento sacádico de los ojos en medio ambiente estacionario	Ninguna	Si	No
Movimiento rígido de una imagen delimitada	Ojos inmóviles y objetos que se mueven frontalmente	Objeto que se mueve frontalmente en un mundo estable	Si	No
Movimiento rígido de la imagen excepto en una parte delimitada	Movimiento de seguimiento de los ojos con objeto que se mueve frontalmente	Movimiento de la persona en el mundo estable	Si	No
Deformación de la imagen total	Movimiento de la cabeza en un medio estacionario	Movimiento de la persona en el mundo estable	Si	No
Deformación de una imagen delimitada	Ojos estacionarios con objeto que se mueve en profundidad	Objeto que se mueve en profundidad en el mundo estable	Si	Si

Según los datos extraídos del libro Según James J. Gibson. "La percepción del mundo visual". Pag. 185

Según Gregory una explicación de dicho fenómeno es el de sugerir que, al mantener la fijación en un objeto, los músculos del ojo se fatigan y se produce el movimiento autocinético como resultado de las ordenes correctoras emitidas por el cerebro, compensando los efectos de fatiga y la pérdida de capacidad de calibración del sistema visual.

- La acomodación y la convergencia¹⁴.

Consiste en la modificación de la longitud focal de la lente ocular a medida que enfocamos la vista sobre los diferentes planos de profundidad de una escena tridimensional.

El fenómeno de la acomodación produce un aumento en el espesor del cristalino, cuando se enfoca un objeto situado en un lugar cercano y disminuye la visión objetos lejanos. De manera complementaria, la convergencia se produce la fijación de los dos ojos sobre un punto específico de la escena¹⁵ o del objeto o de la imagen, mediante los músculos ciliares. La divergencia, por el contrario, produce un cambio de ángulo entre los ojos cambian la fijación de un objeto cercano a uno lejano, controlados por los músculos rectos y oblicuos externos del ojo.

La función general de la convergencia es la de evitar que se produzcan imágenes dobles¹⁶ ya que, para producir una sola imagen de entrada al cerebro, es necesario que la estimulación de los dos ojos incida en los llamados puntos retinianos.

Existe una correspondencia geométrica con una correspondencia anatómica de convergencia en la obtención de estos punto geométricos que permitirán informar a la misma región del córtex.

El investigador Leboiwtz¹⁷ relacionó “el principio de reaferencia” en base a la iniciación de los movimientos de acomodación y convergencia asociados a la expectativa de que esta acción estuviera acompañada de una alteración del tamaño de la imagen retiniana. El organismos anticipando este cambio, realiza el ajuste y mantiene la percepción en el fenómeno de la constancia del tamaño de los objetos.

El nivel de acomodación y la convergencia respecto a una distancia corta, establecen un paralelismo reflejado en la imagen retiniana. Según el “principio de la reaferencia”, el ajuste apropiado para mantener la constancia del tamaño sería reducir el tamaño de la imagen.

Los experimentos realizados por Leibowitz y Moore en 1966, establecieron que el tamaño se representa como una función de la "distancia equivalente", donde a una distancia de 100 cm. el tamaño juzgado se corresponde con las predicciones

del principio de reaferencia, pero que cuando se sobrepasa el límite de los 100 cm. el tamaño percibido, sigue en realidad el tamaño retinal.

No obstante podemos decir que aunque las experiencias llevadas a cabo demuestran su utilidad en la comprensión de la tridimensionalidad las pruebas empíricas llevadas a cabo por investigadores como Ogle y Woodworth, demostraron que la acomodación era una ayuda poco referencial de la percepción de la profundidad debido a que el ser humano no podía juzgar con precisión ciertas distancias entre objetos en condiciones determinadas.

Mientras, la convergencia adquiere mayor protagonismo dentro del proceso debido a que existe una "dominancia de índices", estudiada por Ritter, en las que al crear conflictos entre los dos procesos, de convergencia y acomodación, se mantiene como valores contradictorios en la percepción de la distancia de observación.

En estas condiciones se halló que los juicios directos de la profundidad se basaban en el valor de la distancia a las que se fijaba la convergencia, mientras que en la acomodación aunque se fije a una distancia diferente no influye en la distancia percibida.

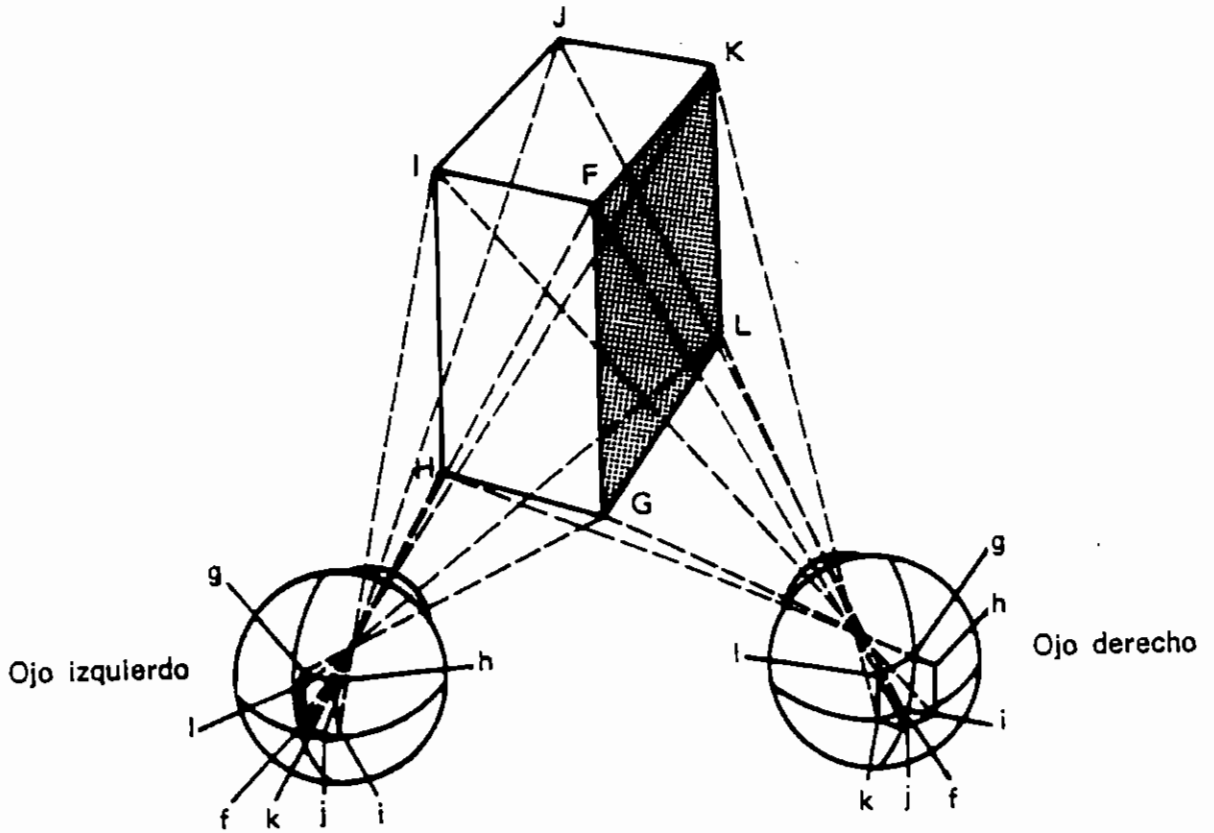
- La disparidad binocular.

La disparidad retiniana binocular, es la diferencia existente entre las imágenes visuales formadas por el ojo derecho frente al izquierdo, debido a la separación entre los ojos en el plano horizontal de aproximadamente 65 mm. entre pupilas, que nos permite disponer de una sensación tridimensional del entorno. El sistema perceptivo integra las imágenes dispares de cada ojo en un precepto tridimensional, cuya naturaleza depende del tipo de disparidad, sea cruzada o no.

La disparidad cruzada, se traduce en la visión de un punto de fijación cercano, mientras que la disparidad no cruzada tiene como resultado la localización de un punto de fijación lejano. El sistema ocular hace uso de esta peculiaridad para obtener la sensación de estereoscopia o profundidad. No obstante los factores de interposición son más potentes que pueden llevar a infravalorar el proceso de disparidad binocular, dando como una percepción anormal del objeto.

La integración y obtención del precepto final de profundidad sobre una escena, partiendo de imágenes visuales, se debe producir en ciertas condiciones de brillo, tamaño y contorno por igual en cada una de las imágenes. En caso contrario tiene lugar la "rivalidad retiniana" que se produce cuando ciertos elementos intentan dominar sobre otros de una manera prioritaria y cuyas experiencia se

Imagen 21



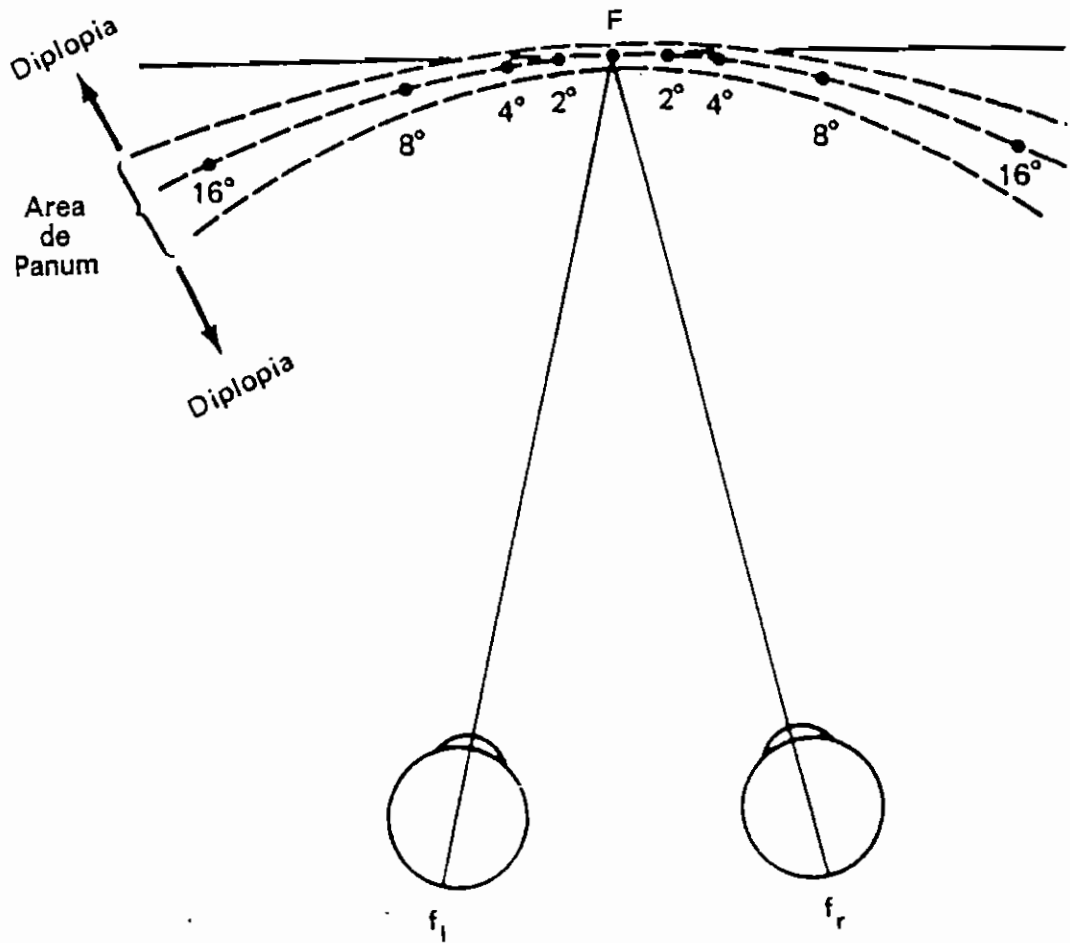
Representación geométrica de la disparidad binocular.

Un objeto sólido, colocado en el plano medio de la cabeza, produce imágenes ligeramente distintas o dispareas en cada ojo. El ojo derecho ve algo más de la superficie de la izquierda del objeto y el ojo izquierdo ve algo más de la superficie derecha.

Las representaciones tridimensionales de las imágenes de cada ojo sirven para remarcar las diferencias de las proyecciones retinianas, aunque dichas proyecciones sean en realidad planas.

Extraído del libro "Psicología de la percepción". Alianza Psicológica. William N. Dember, Joel S. Warm, Madrid, 1990. Pag. 204

Imagen 22



Efecto Horóptero y área de Panum.

Los ojos convergen en un punto en el plano objetivo frontal y paralelo a nuestros ojos. El horóptero es una superficie que atraviesa F de modo que todos los puntos situados en ella presentan una imagen retiniana correspondiente y se perciben como imágenes sencillas. La forma real del objeto depende de la distancia del objetivo. Los puntos situados fuera del horóptero no presentan la misma distancia del objetivo.

Los puntos situados fuera del horóptero producen distorsiones, excepto los que inciden en una estrecha franja horizontal denominada área de Panum.

Extraído del libro "Psicología de la percepción". Alianza Psicológica. William N. Dember, Joel S. Warm, Madrid, 1990. Pag. 204.

deducen del estudio de la imagen fija sobre la retina, como vimos en la convergencia y fijación de la imagen.

Cuando los ojos convergen en un punto del espacio se puede determinar una superficie que pasa a través del punto de fijación de modo que todas las localizaciones espaciales a lo largo de la superficie estimulan áreas retinianas determinadas.

Esta superficie es denominada "horóptero"¹⁸ y se define como el "locus" de todos los puntos del espacio cuyas imágenes inciden en áreas retinianas correspondientes a un grado determinado de convergencia. Los puntos a lo largo del horóptero originan imágenes únicas, mientras que los que están fuera del horóptero estimulan áreas dispares. Si la disparidad es en este caso muy grande se puede llegar a producir imágenes dobles. Sin embargo si los puntos están situados en una banda estrecha alrededor del horóptero¹⁹, la estimulación de áreas retinianas dispares tiene como resultado una impresión visual única de profundidad.

El proceso de combinación o integración de las imágenes²⁰ obtenidas a través de la disparidad binocular determina la visión estereoscópica.

- El paralaje del movimiento.

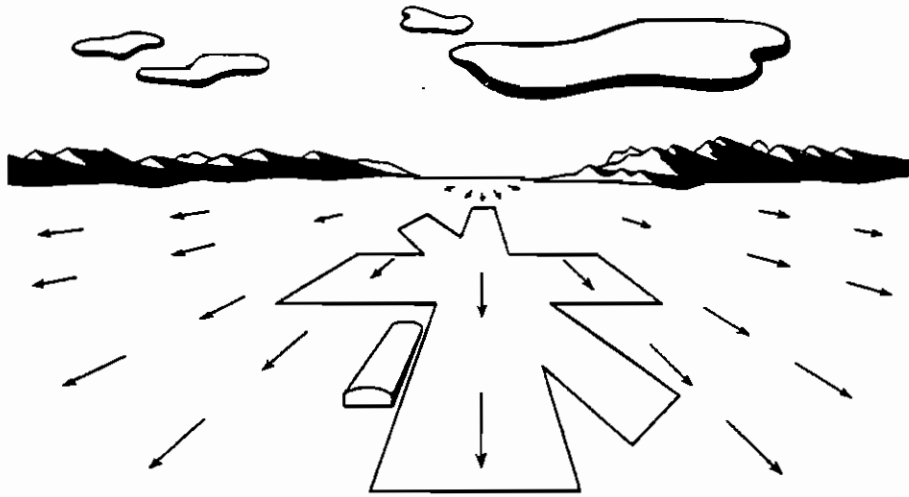
Se denomina paralaje a la diferencia en la velocidad de movimiento entre los objetos cercanos y lejanos, que nos permite calibrar una distancia o profundidad entre objetos. Esta clave se utiliza a partir de la rapidez con la que éstos parecen desplazarse cuando nos movemos, ya que los objetos lejanos parecen moverse lentamente y los cercanos rápidamente.

Podemos tener indicios de profundidad entre dos puntos, observando el desplazamiento relativo de uno respecto a otro. Al desplazar la cabeza izquierda a derecha o de arriba a abajo, los puntos más cercanos al observador ofrecen la sensación de que se mueven más deprisa que los puntos situados más lejos.

Gibson²¹ sugirió que el paralaje del movimiento forma parte fundamental dentro de la información general que disponemos sobre las distancias y que denominó como "la perspectiva del movimiento". Para Gibson cuando un observador está en movimiento, las proyecciones retinianas de los objetos experimentan cambios y transformaciones de carácter regular que pueden ser comprobadas mediante preceptos y leyes como son captación visual de continuidad y fluidez de la escena que se sitúa ante nosotros.

Dicho flujo disminuye en la parte superior del campo visual y desaparece en el horizonte o que la velocidad de flujo de un elemento es inversamente proporcional a su distancia física con respecto al observado.

Imagen 23



Perspectiva del movimiento.

Flujo óptico del campo visual cuando el observador avanza. La dirección del movimiento aparente en el terreno se indica mediante la dirección de las flechas. La velocidad del movimiento aparente se indica mediante la longitud de estas. Extraído del libro " Percepción del mundo visual ". James J. Gibson. Ediciones Infinito. Buenos Aires, Argentina, 1974.

- El efecto de profundidad cinética.

Como vimos en el factor que determinaba el movimiento ocular, este efecto se desarrolla por el movimiento de los objetos creando sensaciones de profundidad con dos estímulos bidimensionales en movimiento.

Wallach y sus colaboradores desarrollaron diferentes técnicas que justificaran esta variación en función de la proyección de la sombra de un objeto giratorio sobre una pantalla translúcida. La sombra era proyectada por un punto de luz lejos del objeto que a su vez se encontraba detrás y muy cerca de la pantalla.

La sombra obtenida por tanto era una proyección no distorsionada e isométrica del objeto. Por ello los sujetos veían la sombra a través de la pantalla y siempre que los objetos que la proyectaban tuvieran la forma adecuada afirmando que veían objetos giratorio en tres dimensiones, en las que las sombras se describían en función de como fueran los objetos.

Por tanto los objetos de forma apropiada para producir este efecto cinético eran los que al girar proyectaban sombras que sufrieran transformaciones de longitud y dirección en general.

Entre las figuras que podía ser utilizadas para las experiencia podía incluirse no sólo de apariencia sólida sino que podían ser figuras hechas en alambre en tres dimensiones. De hecho las experiencia no sólo percibían sombras de dichas figuras como tridimensionales sino que también eran capaces de reproducir las figuras de alámbricas con bastante exactitud viendo sus sombras giratorias²².

Tabla XIII

Mecanismos fisiológicos de la percepción de la profundidad

Señales oculomotoras	Definición	Aplicación	Categoría de las claves de la profundidad de Gibson*	Fenómenos
Acomodación	Modificación de la longitud focal de la lente ocular para ajustar el enfoque de los objetos en el espacio.	Visualización nítida del objeto por enfoque de la imagen.	Claves primarias de la distancia	
Convergencia	Es la fusión de las trayectorias de los ojos sobre un objeto a cierta distancia.	Visualización nítida del objeto a una distancia determinada.		
Disparidad Binocular	Es la diferencia existente entre las imagen del ojo derecho frente al ojo izquierdo capaz de crear la imagen estereoscópica	Permite obtener la sensación de profundidad.		- Gradiente de estímulo.
Paralaje del movimiento	Es la diferencia en la velocidad de movimiento entre los objetos cercanos y lejanos.	Permite percibir las distancias y profundidades de los objetos	Clave secundaria	- Efecto estereocinético. - Efecto de profundidad cinética

Extraído del libro "La percepción del mundo visual". James J. Gibson. Ediciones Infinito. Buenos Aires.

- **Los mecanismos psicológicos**

Se definen como aquellos fenómenos que en realidad, organiza la mente en base a los estímulos capturados por el ojo. Entre ellos incluiremos las llamadas “claves pictóricas” relacionadas con el mundo plástico y que nos permitirán relacionar los efectos creados con la interpretación de cualquier imagen. Entre ellos encontramos.

- La constancia del tamaño.

Es la tendencia de los objetos percibidos a mantener relativamente invariables a medida que cambia la distancia que nos separa de ellos. La teoría tradicional se debe a las experiencias desarrolladas por Helmholtz bajo el concepto de inferencia inconsciente. La hipótesis dice que los observadores aprenden con la experiencia que el tamaño físico de un objeto se mantiene constante aunque su tamaño retiniano varíe con la distancia.

El sistema perceptivo registra el tamaño de la imagen retiniana y modifica o ajusta el registro en base a la información disponible sobre la distancia para realizar juicios sobre el tamaño del objeto. Helmholtz sostenía que el tamaño del objeto era igual al tamaño de la imagen retinal por la distancia donde se hallara y que es conocida como “la hipótesis de tamaño-distancia” y que posteriormente fué ampliado por Epstein, Park y Casey en “la teoría de la Invarianza tamaño-distancia” en la que se deduce que el tamaño retiniano especifica una relación única y constante entre el tamaño percibido y la distancia percibida.

- El tamaño relativo.

Se establece cuando ciertos elementos ocupan una menor proporción de campo visual que los más próximos. El termino “exaferencia”²³, es el cambio de la imagen retiniana producidos por el movimientos del objeto externo, mientras que el de “reaferencia” establecen los cambios producidos por los movimientos del perceptor.

Dentro del tamaño relativo podemos encontrar, también, el principio de la proporcionalidad contextual basada en el concepto de proporción entre el tamaño de la imagen retiniana y el de un objeto próximo pueda servir de marco de referencia²⁴ para establecer una constancia de tamaño de forma similar la realizada por Wallach en 1948, sobre la relación de estímulo creado por la constancia de la claridad.

Dicha teoría afirma que la claridad percibida de una superficie se basa en la proporción entre la luminancia de la superficie y su entorno. Gibson, en 1966 propuso que uno de los mecanismos para determinar el tamaño de los objetos que descansa sobre una superficie, vienen dados por el gradiente de textura aplicado sobre ella y que el objeto cubre o intercepta²⁵.

El tamaño retiniano de un objeto suele variar en relación directa al tamaño retiniano de los elementos de la textura del terreno de modo que aunque disminuya el tamaño retiniano de un objeto con la distancia, el número relativo de elementos de textura que lo cubre permanece constante e invariable. Este efecto es conocido como índice de escala de tamaño según la textura propuesta inicialmente por Hochberg y complementado con "la teoría de gradiente de textura" de Gibson.

Adelbert Ames demostró experimentalmente como la influencia de esta clave en nuestra percepción mediante una investigación en la que se pidió a un grupo de observadores que contemplase balones iluminados situados en un cuarto oscuro. Cuando el investigador incrementó el tamaño de los balones los sujetos indicaron que el balón parecía aproximarse.

El tamaño conocido es otro factor fundamental para la comprensión del tamaño de la imagen retiniana. Bolles y Bailey en 1956 demostraron de modo experimental que el tamaño conocido o familiar desempeñan un papel destacado en la constancia del tamaño, agudizado en condiciones extremas en las que no exista marco de referencia o de comparación para determinar el tamaño real del objeto.

- El tamaño familiar.

En ciertas condiciones nuestro conocimiento sobre el tamaño de un objeto puede influir en la percepción de la distancia a la que el objeto se encuentra. Cuando se utilizan ambos ojos el tamaño familiar apenas surte efecto, ya que la contemplación binocular permite utilizar información relacionada, permite que la mayoría de los sujetos superen el efectos del tamaño familiar y juzguen correctamente las distancias en su forma magnificada o reducida.

El fenómeno del tamaño familiar o del tamaño asumido estudiado por Epstein demuestra que la distancia percibida depende del tamaño familiar cuando los juicios de distancia se obtienen sin emplear objetos de comparación.

Desde el punto de vista de la imagen, como la fotografía o las imágenes sintéticas, el tamaño familiar determina la relación de los objetos existentes en la escena, buscando de una manera inconsciente los parámetros de proporcionalidad necesarios para interpretar las distancias.

La necesidad de un aprendizaje o conocimiento previo en base a la constancia de la forma de los objetos que nos son familiares, reafirma esta la organización y calibración final.

El tamaño familiar se vuelve imprescindible cuando intentamos generar objetos sin referencias externas apreciables como ocurre en ocasiones en nuestro ordenador. Por ello debemos disponer de elementos referenciales como ejes, gradientes, rejillas o planos de construcción que permitan situar los elementos en base a la proporción establecida.

Como vemos en las dos imágenes siguientes que representan una silla, podemos percibir la importancia del entorno y de los elementos que la componen frente a la ambigüedad que pueda presentar la medición visual de un objeto en su dimensión real o a escala.

- La altura relativa en el campo visual.

Los objetos situado a mayor altura en el campo visual suele verse como distantes. Esta regla es válida para los objetos cuya base se sitúa por debajo de la línea del horizonte ya que parecerán tanto más próximo cuanto más debajo está del campo visual.

Existe una relación entre el gradiente de textura sugerido por J. J. Gibson y la altura relativa de los objetos ya que dos objetos en el campo visual, el situado más alto en el campo visual tiende a parecer más lejano. Esta relación, mantiene que la comparación de objetos situados en zonas bajas del campo visual que son bajos en el campo de visión, frente a los que parecen más altos, suelen ser adyacentes a las zonas más densas del gradiente óptico de textura y por tanto, se asocian a las zonas más distantes desde un punto de vista perceptivo de la superficie de fondo y en consecuencia, los objetos más altos parecen estar más lejos.

Este fenómeno conocido desde la antigüedad en el mundo artístico, cobra importancia en la interpretación de la imagen sintética en función de la necesidad de referencias visuales desde el punto de vista de la cámara, que va a permitir simular la importancia que tiene en la perspectiva convencional la posición de la línea del horizonte.

- El sombreado y las sombras.

El sombreado es una de las propiedades más importantes de la iluminación que permiten apreciar la forma y la profundidad de los objetos de acuerdo con su posición respecto a las fuentes de iluminación²⁶. Los objetos suelen estar iluminados de manera que la distribución de la luz sobre su superficie no sea uniforme, ya que esta falta de uniformidad es consecuencia de la tridimensionalidad de los objetos.

La forma resultante de la combinación de la luz y la sombra sirve de índice complementario a la distancia relativa de los objetos o de la distancia entre objetos y superficies, dando la posibilidad de crear impresión de relieve en la textura de una superficie.

El papel del sombreado y la sombra en la apariencia de la textura de los objetos se debe en muchos casos a la orientación de la luz que hace que veamos como protuberancia o como indentación superficies, junto con la experiencia evolutiva del hombre frente a este hecho²⁷.

El cambio gradual de tonalidad de la sombra en el objeto sirve para percibir el elemento con volumen. Estos cambios son capaces de hacernos interpretar sobre una imagen, una forma o textura de manera saliente o por el contrario hundido, lo cual se nos puede presentar de forma subjetiva en función de la posición de la luz²⁸.

Entre los tipos de sombras que podemos hallar en un objeto real encontramos, la penumbra, la semisombra o transición gradual de la luz a la obscuridad en los límites existentes entre una sombra propia y una sombra arrojada. Todas ellas combinadas crean la percepción de tridimensionalidad en los objetos produciendo por una parte la sensación de asentamiento del objeto en nuestro entorno, el volumen del mismo frente a otros elementos y el establecimiento de una orientación de los mismos mediante la idea de cóncavo y convexo²⁹.

Una de las primeras investigaciones realizadas a nivel informático por V. S. Ramachandran³⁰ y sus colaboradores establecieron que los mecanismos visuales y del cerebro son capaces de explicar la percepción de la profundidad en función de las sombras creadas y su orientación en función de la situación del punto de vista.

Mediante el ordenador se crearon una serie de muestras de tipo circular computerizadas en las que la impresión de profundidad se producía tan sólo por variaciones leves del sombreado en las muestras, pero cuando se modificaba uno sólo de los objetos de la serie influenciaba directamente en la percepción de la serie en su conjunto.

Esto llevó a dos conclusiones en las que, por una parte, la derivación de la forma a partir del sombreado no se considera una operación estrictamente local,

sino que se establece como un proceso global que implique el campo visual entero y por otra que el sistema visual parece dar por supuesto que sólo una fuente de luz que ilumina la forma cerrada y entera³¹ lo hace desde una orientación determinada como es que dicha luz provenga de arriba o desde abajo produciendo una convincente creación de la profundidad y que además ayude al agrupamiento de las formas de orientación similar.

Cuando la forma es abierta o presente un contorno no muy definido el carácter de profundidad se ve atenuado por las características propias de la luz en general sin que llegue a producir un contorno definido que delimite la forma y por tanto remarque la tensión del paso de luz a sombra en un elemento fundamental para la percepción clara de dicha profundidad.

Los experimentos de Ramachandran establecieron que los cambios de luminosidad producían la sensación no solo de la profundidad en los objetos sino que también eran capaces de percibirse los contornos de la forma independientemente del color en el mismo y que la “umbroinformación” se extrae en un momento precoz del proceso visual implicando a canales neuronales³² específicos.

- La transparencia.

Este factor psicológico netamente pictórico se relaciona con las ideas de creación espacial, en función de la visualización de diferentes planos de profundidad establecidos por la propiedad de transparencia de ciertos materiales utilizados. Por ejemplo, en un cuadro cubista o matérico, los elementos físicos representados adquieren toda su fuerza tridimensional a través de la creación de planos de profundidad matérico superpuestos en un espacio bidimensional³³.

La idea por tanto se relaciona sin duda con la interposición de materiales, uniendo una cualidad intrínseca al material transparente como es la propiedad de ver a “través de”, lo cual intensifica de alguna manera los conceptos de interacción del espacio interior del cuadro.

Este concepto que ha sido utilizado no solamente en el entorno artístico, sino en ámbitos tan interesantes como la arquitectura mediante el descubrimiento de las estructuras espaciales del vidrio, metal o sustancias con propiedades reflexivas, que eran capaces de generar “espacios perceptuales intuitivos” dentro del espacio global.

- El ángulo visual.

Se relaciona con la medición del tamaño relativo de los objetos por el ojo³⁴, donde el ángulo visual de un objeto en la retina tiende a ser inversamente proporcional a la distancia entre éste y el observador.

De esta manera el ser humano dispone de una información adicional, que le permite calibrar de una manera empírica las distancia entre diferentes objetos. No obstante, esta medición puede sufrir variaciones erróneas, cuando nos encontramos objetos de diversas dimensiones colocados en diferentes profundidades, capaces de hacernos codificar un objeto en una distancia errónea.

Este efecto erróneo, intensificado cuando nos encontramos ante una imagen plana, donde no podemos variar nuestro punto de vista, es difícil de percibir, ya que existe la influencia de los otros elementos representados.

- La perspectiva aérea.

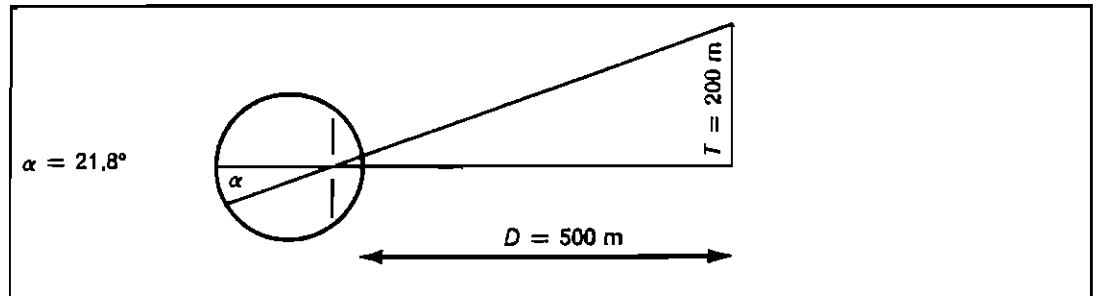
La perspectiva aérea fue utilizada por los pintores del siglo XV y XVI para crear efectos de profundidad en paisajes. Es un efecto espacial de la distancia de los objetos frente al ojo, donde los objetos más lejanos tiene una apariencia menos nítida y más borrosa. Ello se produce debido a que existen partículas suspendidas en el aire en la distancia existente entre nosotros y el objeto. Cuanto más lejos esté un objeto más partículas podrán hallarse en el espacio intermedio y por tanto el efecto se agudizará.

La ausencia de partículas en el aire puede inducir a errores en la consideración de juzgar distancias lejanas como más cercanas de lo normal, por ejemplo, cuando consideramos la posible distancia a la que puede hallarse una montaña lejana en un día despejado, por ejemplo.

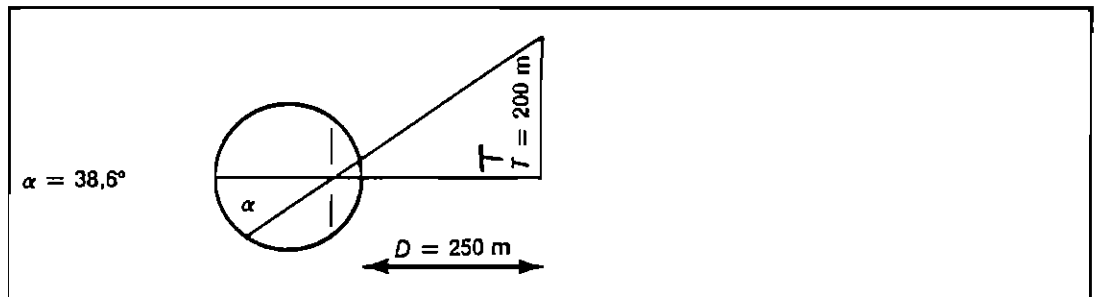
A nivel informático, esta propiedad fue una de las primeras en ser utilizadas para mejorar los efectos de profundidad en escenas virtuales, creadas por los primeros programas de generación de imágenes sintéticas y animaciones por ordenador.

Como veremos en el capítulo 4º, se utiliza principalmente cuando nos hallamos ante una simulación de un ambiente real de carácter atmosférico, donde las distancias, al ser más grandes determinan los efectos de una manera más exagerada, que si consideramos unos objetos situados en un punto cercano de la cámara.

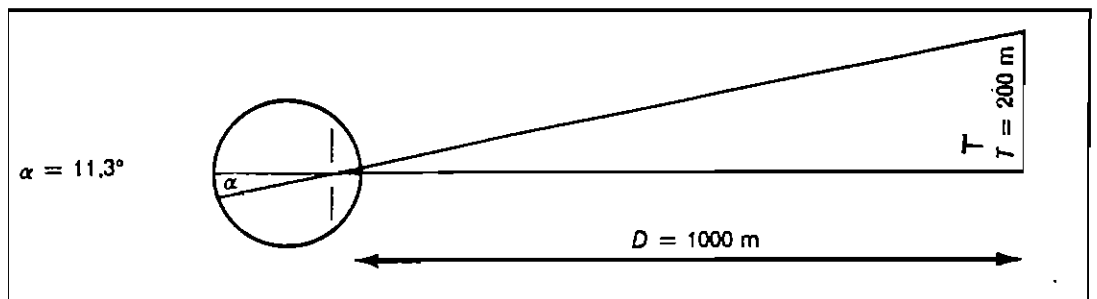
Imagen 24



(a)



(b)



(c)

Representación del ángulo visual α en base al tamaño de la imagen en la retina por un objeto constante a diversas distancias. El objeto se halla a una altura de 200 metros y se observa a distancias de :

- a- 500 metros.
- b- 250 metros.
- c- 1.000 metros.

Extraído del libro "Psicología de la percepción". Alianza Psicológica. William N. Dember, Joel S. Warm, Madrid, 1990. Pag. 204.

- La interposición u oclusión.

Se produce cuando un objeto se esconde o se superpone uno frente de otro. Se asume que el objeto escondido se halla por detrás, y por tanto se halla más alejado, mientras que el otro situado por encima se halla más próximo a nosotros. El tamaño retiniano de la imagen y el conocimiento propio del mundo junto con el tamaño de los objetos que nos rodea constituye una ayuda a la hora de determinar la profundidad de la escena.

Los investigadores Dember y Jenkins han señalado que se puede manipular la interposición no solo para producir una impresión verídica de la profundidad sino también para invertir las relaciones de distancia aparente, haciendo que el más cercano de dos objetos aparezca más lejano.

Esta anulación se puede producir por medio de los índices de tamaño como los de la familiaridad de la percepción de la distancia, mediante la visión monocular de las formas y siendo los únicos objetos iluminados en la zona de investigación.

El uso de la interposición de formas en el campo visual ha estado muy extendido sobretodo en el artes visuales para generar la sensación de profundidad de espacios en soportes eminentemente planos.

Arnheim³⁸ comenta refiriéndose a la importancia de la pérdida de tridimensionalidad de las imágenes en el cine que dicha destrucción tiene como consecuencia un refuerzo de la idea de superposición y la desaparición de las constancias de tamaño y forma.

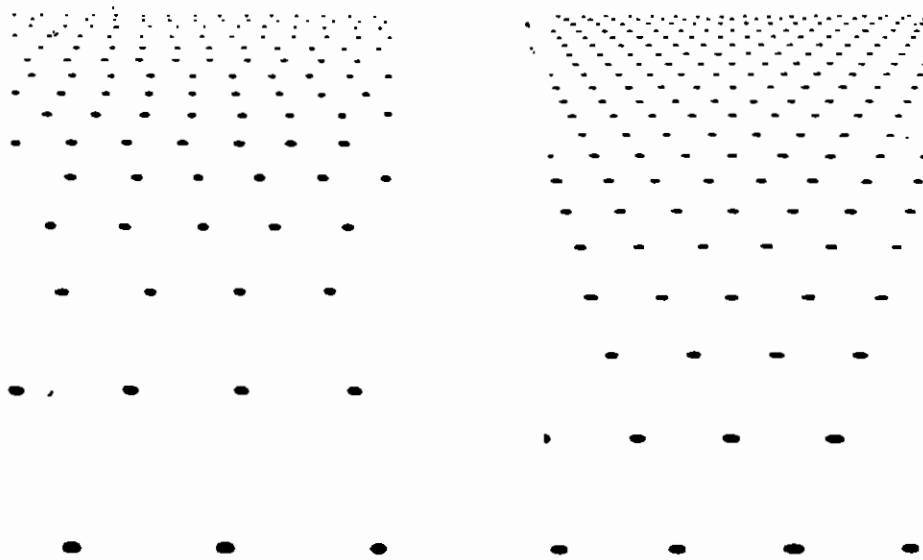
En la imagen infográfica de carácter estático la pérdida se acentúa debido por una parte al campo referencial de la pantalla capaz de limitarla y por otra a la falta de elementos referenciales.

- El gradiente de la textura.

Propuesto por J. J. Gibson, se halla resumido en sus experiencias sobre la densidad textural de los objetos en función de la distancia en que se encuentren del individuo. La densidad de textura de una superficie del objeto que la percepción de la profundidad de las cosas por el detalle que se percibe en ellos a diferentes distancias y en diferentes inclinaciones.

Cuando una superficie es perpendicular a la línea de visión sus partes superiores e inferior son equidistantes al observador, pero a medida que se van inclinando el plano o superficie la parte superior se ve como más alejada respecto a la más cercana.

Imagen 25



Densidad del gradiente de profundidad

Distribución de manchas, que crean un efecto de profundidad
Extraído del libro " Percepción del mundo visual ". James J. Gibson. Ediciones
Infinito. Buenos Aires, Argentina, 1974.

Tabla XIV

Claves de la distancia como gradientes de estímulo

Primarios	Disparidad de las imágenes binoculares del objeto, profundidad y disparidad relativa.
	Grado de convergencia de objetos en un objeto fijado.
	Grado de ajuste del cristalino que define la nitidez de una imagen.
	Perspectiva lineal.
	Tamaño aparente de los objetos cuyo tamaño real es conocido.
Secundarios	El movimiento aparente relativo de los objetos. Paralaje del movimiento. Movimiento estroboscópico.
	Traslapo. Ocultación de un objeto próximo de otro más lejano.
	Cambio de color de objetos distantes. Pérdida de contorno y detalles. Perspectiva aérea.
	Grado de ubicación angular hacia arriba del objeto en el campo visual respecto al fondo del suelo y la línea del horizonte.
	Relación entre zonas iluminadas y sombreadas de un objeto. Las sombras.
	Brillo relativo del objeto.

Extraído del libro "La percepción del mundo visual". James J. Gibson. Ediciones Infinito. Buenos Aires.

Tabla XV

Claves de la teoría de Gibson sobre la percepción de la distancia frente a la visualización de la imagen en el monitor

	Claves	Aplicación en el mundo informático
P R I	La disparidad cruzada o no en las imágenes binoculares de un objeto, como claves de profundidad relativa.	Imágenes estereoscópicas generadas por ordenador pueden ser vistas gracias a unas gafas especiales. Las imágenes deben tener un punto de vista que tenga en cuenta la separación visual de los ojos
	M A R I A S	El grado de convergencia de los ojos en un objeto fijado, estando la convergencia en relación inversa a su distancia.
S E C U N D A R I A S	El grado de ajuste del cristalino de un objeto fijado, que permite la máxima definición de un objeto	Grado de visualización de un objeto en 1º plano y en un plano lejano varía según el grado de enfocamiento.
	La perspectiva lineal	Proyección de los objetos sobre un plano visual delimitado por la pantalla del monitor.
	El tamaño aparente de los objetos.	Aspectos relacionados con el entorno definido por la línea del horizonte.
I A S	El movimiento relativo aparente de los objetos a medida que el observador mueve su cabeza. El paralaje del movimiento	Imágenes de realidad virtual. Percepción constante de la imagen. Cálculo de las distancias aparentes de los objetos.
	La ocultación de un objeto más lejano por un objeto más cercano. El traslapo pictórico	Montaje de ambientación sobre fondo de objetos tridimensionales situados a diferentes profundidades. Aplicación de las técnicas de creación de imágenes por trazado de rayos.
I A S	El cambio de color de los objetos distantes, junto con la pérdida de contorno y detalles nitidos. Perspectiva aérea	Se realiza mediante la definición del plano de recorte de la profundidad visual. Efectos de niebla. La pixelación de las formas pequeñas situadas o no en un plano lejano de la cámara. Aplicación de filtros de enfoque en las propiedades de visualización de la profundidad.
	El grado de ubicación angular del objeto en el campo visual implícito definido por el suelo y la línea del horizonte	Creación de un ambiente teniendo en cuenta los parámetros de suelo y tierra establecido intrínsecamente por la percepción humana y que determinan el asentamiento de la imagen gracias a la simulación de un entorno real.
I A S	El color relativo de los objetos.	Técnicas y aplicación de los algoritmos que definen las leyes de la difusión, specularidad, y la reflexión sobre los objetos que definen las propiedades de los materiales visualizados
	La relación entre las zonas iluminadas y sombreadas de un objeto.	Creación de las sombras arrojadas y las técnicas de trazado de rayos.

Para Gibson, la percepción del grado de inclinación de una superficie depende en ausencia de otros índices de la tasa de cambio de densidad de textura que la superficie proyecta en la retina³⁶. Cuanto más lejano del observador se halle un conjunto de elementos menor será la distancia entre los elementos en la retina y por tanto sufrirá de una mayor densidad.

La inclinación suele ser infravalorada cuando la textura es el único índice disponible, ya que son necesarias ciertas combinaciones de tamaño de elementos y la existencia de una separación entre ellos para poder estimar consecuentemente la inclinación o que la prominencia de los gradientes de textura como índices de distancia.

- El color.

Constituye una ayuda compositiva a la hora de generar la profundidad a través de las condiciones o factores psicológicas del individuo frente a los colores y el estímulo que se recibe de ellos. Cuando consideramos los objetos creados bajo colores brillantes se hallan perceptivamente situados más cerca que los contruídos con colores oscuros o neutros, ya que se consideran más alejados.

- El movimiento.

Existe una relación entre el aumento y disminución de tamaño retiniano frente a la distancia en que se encuentre el objeto. La relación geométrica existente demuestran que la disminución del tamaño retiniano de un objeto al aumentar la distancia de este respecto al observador también determinan que la distancia retiniana recorrida por un objeto en movimiento disminuya a medida que aumenta la distancia entre el objeto y el observador.

Esta relación nos hace suponer que la velocidad de percepción de los objetos cercanos será mayor que la de los objetos lejanos. Este papel de los índices de distancia en la constancia del movimiento fue demostrado por Rock, Hill y Fineman, en 1968 mediante un experimento en el que los observadores compararon velocidades de dos círculos luminosos que se movían en una habitación oscura.

Cuando los observadores disponían de índices de distancia en forma de acomodación y convergencia demostraban un alto grado de constancia al equiparar la velocidad del disco de comparación con la del modelo.

Al eliminar los índices de distancia, haciendo que los observadores vieran los estímulos con visión monocular a través de una pequeña abertura, la constancia se perdía y la velocidad se juzgaba basándose en el ángulo visual.

En este caso la velocidad física del círculo de comparación tenía que ser cuatro veces mayor que la del modelo para que parecieran iguales.

El investigador Day en 1966 señaló que la relación entre la velocidad retiniana de un objeto, su tamaño retiniano y la distancia respecto al observador lleva a la hipótesis de la Invarianza entre el tamaño y la distancia, cuya implicación supone la reciprocidad de la relación entre el movimiento y la distancia. es decir que los índices de distancia contribuyen a la percepción del movimiento y que los cambios de velocidad sirven de índices de la distancia.

La hipótesis de la Invarianza entre el tamaño y la distancia sostiene que el tamaño aparente es igual al producto del tamaño retiniano por la distancia percibida, por tanto la disminución de la distancia percibida producida por un incremento de la velocidad del objeto disminuye el producto del tamaño retiniano por la distancia percibida y por lo tanto se traduce en una reducción del tamaño aparente del objeto. Esto se denomina "efecto Ansbecher" descrito por Ansbacher en 1944.

Complementariamente al estudio del movimiento real capaz de servirnos de ayuda para la interpretación de las formas y las distancias existen fenómenos ilusorios capaces de crear movimiento aparente de las formas ante nuestros ojos.

Entre todos los fenómenos destacaremos el movimiento estroboscópico en las que se producen las imágenes en movimientos de la televisión y el cine, mediante el paso sucesivo de imágenes estáticas a una velocidad determinada capaces de generar movimiento.

La aparición del movimiento estroboscópico depende de varios parámetros determinados entre los que se encuentran la luminancia, la distancia entre la visión de las imágenes y el tiempo de visualización de las mismas. Korte, en 1915 fue quien determinó las relaciones entre estos parámetros conocidas como las reglas de Korte en las que se afirma que:

- Si el intervalo de tiempo entre los estímulos es constante, la distancia óptima del movimiento aparente varía directamente en función de la intensidad del estímulo
- Si la distancia entre estímulos es constante, el valor óptimo de intensidad de los estímulos necesarios para producir movimiento aparente es inversamente proporcional al intervalo de tiempo entre luces o imágenes iluminadas.
- Si la intensidad se mantiene constante, el valor óptimo de la distancia entre estímulos es directamente proporcional al intervalo de tiempo entre ellos.

Tabla XVI

Mecanismos psicológicos de la percepción de la profundidad

Proceso	Definición	Aplicación principal	Gibson*	Fenómenos
Perspectiva lineal	Es la responsable de que el tamaño de una imagen en la retina varíe en proporción inversa a la distancia entre el objeto y el ojo. Puede generarse cuando líneas paralelas intersectan en el horizonte.	Visualización de la imagen tridimensional	Clave secundaria	- Proyección
Perspectiva de detalle	Es la propiedad por la cual los objetos más lejanos tienen una apariencia menos nítida y más borrosa	Visualización de la imagen tridimensional	Clave secundaria	- Agudeza visual
Perspectiva aérea	Es la propiedad por la cual los objetos más alejados tienen un color azulado	Visualización de un entorno	Clave secundaria	- Pintura
La interposición	Se produce cuando un objeto se esconde o se superpone uno frente a otro	Permite obtener la sensación de profundidad por oclusión.	Clave pictórica	- Traslapo
Sombreado y oscurecimiento	Establece la profundidad de los objetos mediante el oscurecimiento de ciertas zonas de un elemento.	Permite percibir profundidad por la aparición de sombras.	Clave pictórica	- Trompe de L'oeil
Altura relativa	Los objetos situados a mayor altura en el campo visual suelen percibirse como más distantes	Un objeto puede parecer a cierta distancia frente a un entorno delimitado por el horizonte más pequeño en la parte superior.	Clave secundaria	- Teoría del procesamiento de la profundidad
Grado de textura	Los objetos se perciben más lejanos dependiendo de la nitidez en la percepción de la textura que lo forman.	Percepción de la profundidad de un objeto respecto a la textura.	Gradiente de densidad textural	- Los gradientes de la textura.
Tamaño familiar	En ciertas condiciones nuestro conocimiento sobre el tamaño de un objeto influye en la percepción de la distancia a la que el objeto se encuentra	Percepción de tamaño de las cosas en función de la distancia.	Clave secundaria	- Constancia del tamaño - Ilusión de Ponzo
Tamaño relativo	Se establece cuando percibimos que ciertos objetos ocupan una menor proporción de campo visual que los más próximos.	Percepción del tamaño relativo de las cosas.	Clave secundaria	Teoría de la comparación incorrecta. - Fenómeno de Müller-Lyer
El color	Los objetos de colores vivos se hallan perceptivamente más cerca que los colores oscuros y neutros	Percepción de la profundidad por el color.	Clave secundaria	Clave pictórica

Extraído del libro "La percepción del mundo visual". James J. Gibson. Ediciones Infinito. Buenos Aires.

3.2 La organización del espacio.

La organización del espacio es necesario para comprender la tridimensionalidad de los objetos, no podremos interpretar o crear en entornos en los que no podamos establecer aún inconscientemente ciertas claves o indicios que nos permitan descubrirla.

El aspecto sociológico³⁷ que envuelve al concepto de espacio, como en otras muchas cosas se acentúa por el significado cultural. La manera en que nos relacionamos, determina las distancias y por tanto el espacio que inconscientemente aplicamos en nuestra sociedad y a nosotros mismos, ya que el hombre necesita de ellos para relacionarse, cohabitar, y sobretodo servirle de modelo en su comprensión del espacio y dimensiones de donde vive y se mueve.

Durante años, en la cultura occidental, subsistieron dos tipos generales de interpretación del espacio empírico y científico, que recogía, por una parte, las teorías de carácter matemático bajo el concepto cartesiano de espacio tridimensional basado en la abstracción y por otra el concepto pictórico de perspectiva bajo un espacio pseudo-naturalista. Se intentaba por tanto imitar la representación espacial de los objetos de una manera artificial³⁸ mediante la asimilación de los indicios percibidos capaces de ser imitados en un espacio representacional.

Con la llegada de los nuevos medios de expresión y comunicación³⁹ convertidos en nuevos soportes de representación, unido a las nuevas teorías sobre la interpretación percepción de nuestro entorno, produjo una crisis del espacio sobre la identificación entre el objeto y el espacio tradicional y cartesiano, que llega a producir una negación mismo del espacio.

En informática y debido al carácter matemático del sistema, la organización del espacio se ha establecido bajo pautas eminentemente cartesianas siendo variable la representación visual en el tipo de proyección utilizada.

El avance tecnológico de los sistemas informáticas permitieron la mejora, no sólo, de los dispositivos de introducción de datos, sino de los algoritmos de representación estableciendo nuevos y variados métodos de creación que han permitido una especialización del medio visual del ordenador en dos frentes generalizados, la científica y la artística. En cualquiera de los dos casos la representación se considera en todo momento conceptual, es decir, basada en las necesidades del visualización utilizadas para comprender el objeto en el espacio.

Mientras la tendencia científico o técnica se ha volcado a un tipo de representación basada en la proyección de tipo ortogonal o cilíndrica siguiendo los preceptos impuestos por el ordenador, que nos permite disponer de una

visualización óptima, según los métodos tradicionales. Los métodos artísticos utilizan la creación intuitiva en el espacio basada en la negación restrictiva del concepto de proyección, tendiendo a una multiplicidad de visiones para cualquier tipo de representación. El espacio informático necesita de una total construcción sintética por nuestra parte con los medios disponibles. Debemos crearlo, asumiendo las propiedades o restricciones existentes en base a nuestro conocimiento físico de las cosas.

Los factores externos relacionados con la capacidad en el tipo de visualización de un entorno delimitarán nuestra actuación. No será lo mismo el disponer de un monitor que simplemente presentará una visión restringida del mundo real, ya que nos encontramos con un campo visual que se halla reducido a los límites del marco de la pantalla y por tanto a un tercio del ángulo visual real, situado entre los 240° . La imagen sintética sobre el monitor asemejará más una fotografía que una imagen visual real completa, a no ser que dispongamos de pantallas de LCD colocadas sobre cada uno de nuestros ojos, ajustados a nuestra percepción estereoscópica.

Por ello, cuando nos hallamos ante un campo de visión restringido, cuando creamos o visualizamos una imagen, tendemos a distribuir nuestro espacio en función de dos ejes de dirección fundamentales en el que la primacía de la posición vertical del eje en la orientación de los objetos en el entorno es fundamental para situar de una manera natural los objetos en el espacio, aunque no tengamos referencia alguna sobre el plano horizontal, independientemente del ángulo visual respecto al suelo utilizado por la cámara. Este efecto tan importante viene determinado, a su vez por la orientación totalmente referencial del espacio en función de nuestro cuerpo, que se convierte en el eje central de nuestra mediciones.

Este fenómeno estudiado por H. A. Witkin, en 1949, intentó explicar el predominio en la información visual de la orientación gravitatoria, respecto a la orientación del cuerpo humano, mediante la utilización de una cámara que simulaba una habitación y donde se pretendía ajustar la orientación del observador cambiando la inclinación misma de la habitación. S. Asch, estableció una variación importante en el planteamiento del experimento inicial, mediante el uso de un marco de referencia reducido y una fuente luminosa de tipo lineal.

Desde el punto de vista del monitor, este experimento se ajusta en gran manera a los resultados que podemos obtener en la aplicación de la orientación del objeto respecto a un suelo virtual, ya que se descubrió que existía un error mínimo de apreciación en la orientación descubierto por Walter Gogel y R. E. Newton. y que se mitigó cuando se utilizó un marco de referencia más amplio que asemejará de alguna manera el campo visual del ojo⁴⁰.

3.3- El entorno de trabajo. El espacio creativo.

Existe una diferencia entre los aspectos que delimitan aquellos soportes de actuación que influyen en la creación y comprensión de la tridimensionalidad del espacio informático en relación con la formalización de los objetos, ya sean reales o sintéticos. Ello determina la comprensión de por lo menos tres tipos de espacios:

- El espacio del objeto.
- El espacio de la imagen.
- El espacio de la pantalla.

- El espacio del objeto.

El espacio del objeto corresponde al entorno espacial real, donde se halla situado nuestro mundo. El concepto de espacio tridimensional independientemente de los sistemas de representación utilizados para su interpretación mediante la proyección, se establece bajo el filtro de nuestra capacidad visual de captar el entorno.

Sin duda el concepto de observación inherente de objetos en el espacio, más famosa sea la propuesta por H. J. Poncaré durante el siglo XX, que marcó un punto y aparte en el concepto de espacio real, al dejarlo en segundo plano frente al concepto referencial de los objetos. Su teoría consideraba que existían dos tipos de alteraciones entre los objetos físicos, que nos permiten descubrir el espacio real, en función de los cambios de posición, capaces de crear la sensación espacial y por otro, los cambios de estado, inherentes al objeto, que determinaban una necesidad espacial.

Dicha teoría ha influido hasta nuestros días en numerosos teóricos de la percepción que creen en la importancia no sólo de los objetos como referencias determinantes a la hora de asumir un espacio visual frente a nosotros, sino en la relación existente entre ellos y el entorno.

Como vimos en la introducción sobre la organización del espacio en nuestro mundo real existen, puntos referenciales en el mundo real lo que de alguna manera, generalmente innata o aprehendida, establecen esa percepción del entorno en relación con las referencias visuales objetuales, entre ellos:

- La verticalidad de los objetos frente al entorno y teniendo el suelo como referencia.
- La horizontalidad del suelo, teniendo la verticalidad de los objetos como referencia.
- La gravedad como eje imaginario de la orientación de los objetos.
- La existencia de límites del campo de visión en función de la agudeza visual.
- La posición de nuestro cuerpo frente al entorno en función de las sensaciones transmitidas a través de los sentidos y en concreto a los cambios de equilibrio.
- Las líneas visuales de referencia que crea la mente para interpretar el posicionamiento de los objetos tridimensionales frente al entorno.

La mayoría de las teorías recogen, por tanto, que nuestro sentido de la percepción del espacio de los objetos se resume a un compendio de sensaciones, incluyendo los aspectos sonoros o táctiles capaces de hacernos entender que disponemos de una cierta expansión a nuestro alrededor, cuando nos falta la sensación visual pertinente o nos hallamos ante una pérdida de movimiento físico real.

Irvin Rock⁴¹, mantiene que existe un cúmulo de información física que incluye al sistema visual, mediante la orientación de los ojos, al sistema auditivo mediante el ajuste del equilibrio, en el oído, y a la presión muscular creada por el cuerpo a la hora de mantener la posición erecta, junto con la constancia de la forma y el equilibrio percibido por nuestros ojos.

Finalmente diremos que todos estos factores que determinan el espacio objetual, influirán directamente en los diferentes tipos de espacio creados por el hombre, ya sea por medio de la imagen a nivel general, como a través del espacio de la pantalla, centralizado en la imagen informática, que veremos más tarde.

- El espacio de la imagen.

El espacio de la imagen es ante todo, un espacio considerado bidimensional, que reúne tanto las percepciones y experiencias previas que hemos captado en nuestro entorno real, como las que podemos interpretar por nosotros mismos a nivel psicológico.

Entre las teorías más importantes sobre la consideración de que el espacio de la imagen domina sobre el espacio de los objetos, encontramos la teoría de Gibson en la que se dice que el espacio percibido parte de la imagen retiniana y de las condiciones del ambiente sobre el concepto de los llamados gradientes retinianos⁴². La imagen, como proyección final, es una agrupación de luz enfocada sobre una superficie física en dos dimensiones específicas, capaz de captar la luz provenientes de los objetos tridimensionales, obteniendo un correlato. La impresión de profundidad estará en función del cambio gradual de tamaño y densidad en la misma a medida que los objetos y elementos se alejan del observador.

Desde el punto de vista psicológico, el espacio de la imagen se halla recogido en las teorías centradas en el estudio de la forma y los elementos compositivos, capaces de recrear el espacio real dentro de unos límites físicos en función de un soporte.

Estos estudios, iniciados por Wertheimer dieron lugar a la Teoría de la Gestalt, que profundizó en el comportamiento y psicología de la forma a nivel teórico, observando inicialmente, los efectos del movimiento aparente y las imágenes presentadas secuencialmente.

La importancia de la orientación, las distancias relativas, las constancias de tamaño, etc... unidos a las leyes de la Gestalt sobre la agrupación, la similitud, etc.. permitieron determinar que la mente era capaz de analizar la percepción de una imagen, obteniendo una organización mental de la tridimensionalidad suficiente para poder disponer de ella a nivel bidimensional.

A nivel informático y por comparación, cuando nosotros creamos un entorno de objetos en el ordenador estamos recibiendo en realidad una estimulación de un conjunto de puntos luminosos de diferente grado de intensidad, que comprenden en realidad una imagen plana.

En esta imagen, obtenemos el mismo sentido de profundidad que podemos encontrar en la toma de una fotografía o una secuencia de cine, donde en muchos casos la limitación perceptible viene definida por los siguientes efectos, ya conocidos en el campo de la percepción retiniana:

- La planez que nos ofrecen las imágenes estáticas es semejante a la problemática de la fotografía como mero captador de la luz en una emulsión en papel.
- El campo de visión limitado que se produce por el formato del plano del cuadro informático. Podemos tener una fotografía de grandes dimensiones pero el ojo humano no será capaz de percibirla por entero si no se halla a cierta distancia de forma que la convergencia de la visión binocular sea por entero en detrimento de la agudeza visual y la percepción de las formas. Este fenómeno es perceptible en el cine cuando nos hallamos muy cerca de la pantalla de proyección⁴³. En el ordenador la estimulación completa de la imagen estática se produce por el tamaño de la imagen plana que sin duda puede ser abarcada la mayoría de las veces por el ojo humano en un solo golpe de vista.
- Los fenómenos de aberración visual que pueden darse en la imagen sintética debido a la utilización de las proyecciones de tipo matemático que se producen consecuentemente en el ordenador por el tipo de estructura computacional. Normalmente mitigados con la aplicación de factores claramente pictóricos que influyen directamente en la percepción del conjunto.
- El carácter curvado de la imagen retiniana en contraposición a la imagen sintética se halla compensado con la constancia de las formas y la calibración de las distancias de los objetos. Como ocurre en las teoría de gradientes de Gibson.

En resumen, diremos que el espacio de la imagen permite crear e interpretar nuestro mundo real en función de las limitaciones bidimensionales de nuestro campo de representación. Esta limitación obliga al ser humano a interpretar mediante claves de profundidad simbólica la mayor parte de los objetos representados en la imagen, junto a los factores compositivos que nos permitirán analizarla. A nivel informático, la imagen se convertirá en un conjunto de percepciones simbólicas, extrapoladas del mundo visual perceptual de nuestra mente en base a las posibilidades compositivas existentes en nuestro programa y en función de los soportes existentes.

- El espacio de la pantalla

El espacio de la pantalla, como soporte fundamental en el ámbito de creación y visualización de la imagen informática, parte de la simulación del concepto de espacio real un entorno visualmente bidimensional. El entorno de visión de la pantalla, se halla limitado en función de su tamaño y la versatilidad que presenta el sistema en el proceso de aplicar un punto de vista o la cámara que nos permiten encuadrar, enfocar, y delimitar una zona de datos bi o tridimensionales.

El espacio de la pantalla, es limitado por el usuario en función del área de creación y el área de visualización. La diferencia estriba en que, mientras el primero puede tener una dimensión ilimitada, en función de las capacidades del programa, el segundo nos permite disponer de un área de visión, variable, que en su conjunto nos ofrece una información global de nuestro entorno o de nuestra área de creación delimitada⁴⁴. Una escena u objeto puede ser visualizado en diferentes tamaños visuales, en base a la magnificación o la reducción del objeto respecto a su entorno global.

A nivel constructivo existe, por una parte, la necesidad de obtener unos puntos referenciales que se hallan innatos en el espacio real y que se extrapolan a los límites propios del ordenador y por otra, la visualización de la geometría en base a diferentes tipos de proyección que nos permitirá el ordenador. Este último aspecto, supone admitir el concepto de proyección sobre un plano dado, conocido tradicionalmente como plano de cuadro.

La imagen bidimensional, recoge la información de las proyecciones que parten del objeto y que transforman el concepto de objeto tridimensional en forma en profundidad⁴⁵.

En general la imagen obtenida en la pantalla estará en función de:

- La limitación física del espacio en la pantalla.
- El sistema de coordenadas.
- El centro de proyección.
- El plano de proyección.
- El concepto de ventana en el plano de proyección.
- El alcance de la imagen. La distancia entre el observador y la cámara.

- La limitación del espacio en la pantalla.

El concepto de límite o marco establece una frontera en el campo visual necesario para centralizar los aspectos primordiales de la orientación y el peso competitivo.

La limitación física caracterizada por la forma misma del monitor, que cumple la función de la marco delimitador de las imágenes. La limitación técnica, recoge el aspecto puramente visual creado por el programa, mediante, por ejemplo, la creación de planos delimitadores virtuales que posicionen el objeto en función de una porción de espacio o entorno marcado⁴⁸.

En la mayoría de los programas de DAO se dispone del concepto de "pirámide visual"⁴⁷, que engloba el aspecto de límites visuales, que técnicamente podemos crear en nuestro ordenador y que se divide en:

- Una pantalla visual corresponde al plano donde recogeremos la información visual del entorno y que será nuestra pantalla de visión de la imagen.
- Los planos de delimitación lateral del entorno, denominados planos de recorte que determinan el límite del mismo.
- El plano frontal más alejado de nuestra vista que delimita la profundidad del espacio.
- El plano frontal que se considera el más cercano al ojo humano y que se halla en la misma disposición que el plano de la pantalla.

- El sistema de coordenadas.

Es uno de los elementos fundamentales de carácter simbólico en la creación de los objetos en el espacio informático, es la necesidad de crear un punto o direcciones de referencia a la hora de colocar los valores paramétricos aplicados. El más conocido sin duda, es el cartesiano que, según Marconi⁴⁸ mantiene su carácter de abstracción y simbolismo de la realidad llevada al plano bidimensional, capaz de reconstruir de una manera interpretativa el espacio delimitándolo.

Las propiedades generales del sistema de coordenadas que utiliza el ordenador, difiere de las propiedades de un sistema de coordenadas basado en el ojo humano en que mientras el ojo humano utiliza un sistema referencial basado en la intuición posicional de los elementos en el entorno, el punto de vista de un sistema de coordenadas de la pantalla necesita no sólo de dicha intuición sino de un punto de arranque capaz de crear y posicionar los elementos, en función de punto

neutral en el espacio, por ejemplo, el punto 0,0,0 de un sistema de coordenadas X,Y,Z.

A nivel gráfico y partiendo de un objeto creado, la proyección utiliza un sistema de coordenadas para cada punto final de las líneas que forman los límites del modelo.

Usando para ello, una ecuación que permita obtener las coordenadas de cada punto de la pantalla. Un generador de vectores basado en un algoritmo, genera las líneas proyectivas que representan la información dichos puntos. Esto refleja la independencia del sistema de coordenadas visual de un punto establecido, desde el sistema de coordenadas de la pantalla. Los cambios de valor en los parámetros de la vista de trabajo son mostrados en el sistema de coordenadas de la pantalla usada en la localización en pantalla.

En cambio los valores de las coordenadas de los puntos en base a su visual, pueden ser completamente diferentes debido a las posibles proporciones dimensionales establecidas en la ecuación de conversión de las coordenadas en la pantalla, que incluye la localización de la vista de trabajo en la que la imagen se muestre.

- El centro de proyección.

Otro de los aspectos espaciales que debemos tener en cuenta es sin duda es la orientación espacial centralizado, que de una manera inconsciente se halla establecido por el individuo cuando se sienta frente al ordenador. Recordemos, que el ser humano, en su tendencia de medir el espacio, utilizará, su cuerpo, para estabilizar de una manera consecuente el centro de su atención. Con ello crearemos al principio una organización visual alrededor del objeto creado que cumpla una neutralidad y estabilidad⁹ ante cualquier desviación de peso compositivo.

A nivel informático, el centro de proyección o proyecciones se complementa desde el punto de vista técnico en generar la imagen en base a trazado de rayos que nos permitirá visualizar los objetos situados en nuestro espacio virtual del ordenador de la misma manera que realizamos un dibujo en perspectiva sobre un papel.

- El concepto de ventana con el plano de proyección.

Establece, como hemos dicho anteriormente, la idea de proyección frente a la recepción en un plano, en este caso la pantalla recogiendo la información generada por los algoritmos que realizan la operación de trazado de rayos en sus diferentes variaciones, resumidas generalmente por la ocultación de líneas en base al punto de vista del observador.

La ventana puede ser múltiple, abarcando parcial o totalmente nuestro plano de proyección. Numerosos sistemas de creación informática de objetos por ordenador utilizan durante la creación de objetos tridimensionales de estas ventanas con diferentes puntos de vista de la pieza. En muchas ocasiones nos valdremos de ellas para disponer de una multiplicidad de visión de los objetos en su entorno y para su creación.

La zona o lugar de trabajo es una porción de dimensión arbitraria que corresponde a la región del SCW llamada también ventana en la cual el contenido de la misma se superpone a la pantalla y que se puede trabajar sobre ella de forma interactiva.

Un programa DAO⁵⁰, dispone generalmente de por lo menos una vista de trabajo que puede ocupar toda la pantalla y que presenta una orientación cartesiana específica por la dirección de los ejes X e Y, quedando representada la profundidad por el eje Z.

Actualmente y debido a la necesidad de disponer la mayor cantidad de información tridimensional simultánea, durante la creación de un objeto o escena se tiende a dividir el espacio de la pantalla en múltiples ventanas, que nos permite disponer de la información en cualquier tipo de proyección o representación que necesitemos. Estas ventanas de trabajo presentaran unos límites o zonas de recorte propio⁵¹ que permite la visualización total o parcial del objeto.

En la mayoría de los programas DAO, como es el caso del programa AutoCAD, el objeto se crea en un sistema de coordenadas del entorno generalmente conocido como SCW⁵² y que puede ser intercambiable a nuestro propio sistema de coordenadas o SCP⁵³, que afectará a la orientación de las piezas y al modo de construcción a partir de ese momento.

En la actualidad las tendencias han ido mas dirigidas al comportamiento natural del objeto mismo y sin importar la posición previa, bajo coordenadas del sistema, como es el caso de programas como el PRO-INGENIER, que sin duda acercará más a la comprensión y centralización de los aspectos constructivos centralizados a través del objeto y sus componentes más que en el entorno mismo que pasa a un segundo plano de importancia.

- El alcance de la imagen. La distancia entre el observador y la pantalla.

También hemos comprobado que el alcance de la imagen en pantalla está en relación con la distancia creada entre la cámara y el plano de visualización, la posibilidad de giros de orientación y las dimensiones del objeto. Mediante estos mecanismos dinámicos que suplen de alguna manera el comportamiento ocular, podremos aumentar no sólo el conocimiento intrínseco del espacio disponible, sino la posibilidad de establecer movimientos capaces de darnos múltiples visiones del objeto.

Un objeto situado parcialmente dentro o fuera de la pantalla, puede necesitar un ajuste de mayor o menor grado en las propiedades variables en la abertura de la lente asignada a la cámara, para disponer de una vista compositiva más amplia del conjunto o ambientación realizada, lo cual mantiene psicológicamente la idea de amplitud espacial del espacio disponible en nuestro universo informático.

3.4- Generación de la profundidad visual.

- Introducción

El concepto de generación de la profundidad visual recoge por una parte aquellos aspectos metodológicos que han servido al hombre para crear representaciones desde el punto de vista proyectivo o pictórico y por otra la creación de los objetos capaces de simular puntos de vista familiares.

La proyección⁵⁴ es la clave fundamental para entender de una manera sencilla como el ser humano es capaz de imitar e interpretar el proceso que realiza el ojo para recoger los datos del entorno de una manera simple, codificando todos los elementos que hemos visto con anterioridad desde el punto de vista fisiológico y psicológico para transformarlos a nivel bidimensional.

Recordemos que a nivel geométrico⁵⁵ la proyección de un punto o figura sobre un plano se establece como *"...la intersección del plano, de la línea proyectante, que pasa por dicho punto...si proyectamos una figura o cuerpo en el espacio en un plano consiste en trazar líneas rectas que, partiendo de todos los puntos que definen la figura o cuerpo interseccionan con el plano que recoge la proyección, conocido también como plano de cuadro"*.

A nivel informático el concepto de proyección, es sin duda la base para la visualización de los objetos generados a través de algoritmos especializados en la conversión de datos numéricos de carácter matemático en puntos de luz, que son capaces de generar en la pantalla del ordenador una construcción de dicha proyección.

- El concepto de la perspectiva a través del tiempo.

La interpretación del concepto de perspectiva, ha sufrido diversas involuciones sociales desde el concepto mismo de la proyección basado en la toma de decisiones reales o sintéticas predeterminadas hasta la generación de teorías funcionales capaces de crear un universo propio.

La idea de la perspectiva⁵⁶ es sin duda propio de la cultura occidental, que ha mantenido un concepto “naturalista” de las formas más marcado que en otras culturas, donde el espacio se ha considerado de una manera topológica⁵⁷.

Históricamente podemos hablar de tres épocas que definen la concepción de la perspectiva en base al punto de vista perceptivo e intelectual del ser humano:

- La perspectiva natural que recoge la época antigua de la humanidad, desde la época griega e incluso anterior hasta la edad media.
- La perspectiva artificial, que recoge la época que parte desde el renacimiento hasta nuestro días.
- La perspectiva descompuesta y múltiple, que abarca ante todo las teorías que desde el conocimiento fisiológico de la visión, las tendencias artísticas, y las nuevas formas de generación visual relacionados con la comunicación que dominan el presente siglo.

El concepto de perspectiva para los antiguos fué sin duda, el comportamiento estructurado sobre un eje de fuga, ya que como vimos, consideraban que el hombre disponía de una visión curva y binocular. Esta interpretación mantenían que las dimensiones visuales no estaban determinadas por la distancia existentes entre los objetos y el ojo sino exclusivamente por la medida del ángulo visual y los objetos, expresadas en los teoremas VII y VIII de Euclides⁵⁸.

La interpretación final del concepto de perspectiva se basaba en la proyección por la cual cortaban el haz de rayos visuales partían del ojo al objeto por medio de un plano curvo, tanto en planta como en alzado. Los puntos de intersección entre este plano curvo y el como de los rayos visuales que se llevan sobre el plano del dibujo perspectivo no convergen necesariamente en un punto sino en varios puntos alineados largo de un eje vertical. Estos puntos se acercan progresivamente uno a otro cuanto más cerca están del horizonte.

Mientras en la mitad del siglo XV, durante Renacimiento, aunque los geómetras⁵⁹ eran conscientes de que la visión curva era más real, y más natural prefirieron adoptar un concepto más plano, liso y por tanto más artificial, porque se dieron cuenta de que era posible superar ciertas aproximaciones constructivas de manera matemática y rigurosamente científica que hasta ahora, habían sido puramente perceptual.

Los primeros instrumentos desarrollados para la sistematización del proceso de imitación de la realidad, tuvieron su auge mediante la creación de sistemas tan ingeniosos como la ventana de Alberti⁶⁰ o Durero⁶¹, utilizado por los geómetras para la copia del entorno, y demostrando con ello los principios de la perspectiva.

Del concepto de eje de fuga central de la época arcaica, se pasa al concepto de eje de fuga vertical que se cruza perpendicularmente con el horizonte hacia uno o más puntos de fuga situados en algún punto del mismo.

El cono óptico que une al ojo con todos los puntos característicos de la llamada “caja óptica” se corta en la planta y en el alzado por un plano denominado “de cuadro” sobre el que se proyecta los volúmenes creados sobre la “caja óptica” y que se reconstruye bidimensionalmente sobre el plano de cuadro que recoge la información de las proyecciones.

Yá durante el presente siglo y con la llegada por una parte de las vanguardias artísticas, la idea de la proyección academista basada en un determinado punto de vista se ve aplastada por el concepto de la multiplicidad y la relatividad de los puntos de visión que se produce con la llegada de las nuevas tendencias artísticas de principios de siglo, capaces de obligar a replantear a científicos y estudiosos de la percepción que la visión, en el ser humano, no podía basarse en una simple interpretación lineal del objeto.

Sobre ello destacaremos la obra de investigación llevada a cabo por Escher, con sus figuras imposibles, en las que intentó asumir los nuevos conceptos de relatividad creando audaces visiones de la perspectiva figurativa reconstruida.

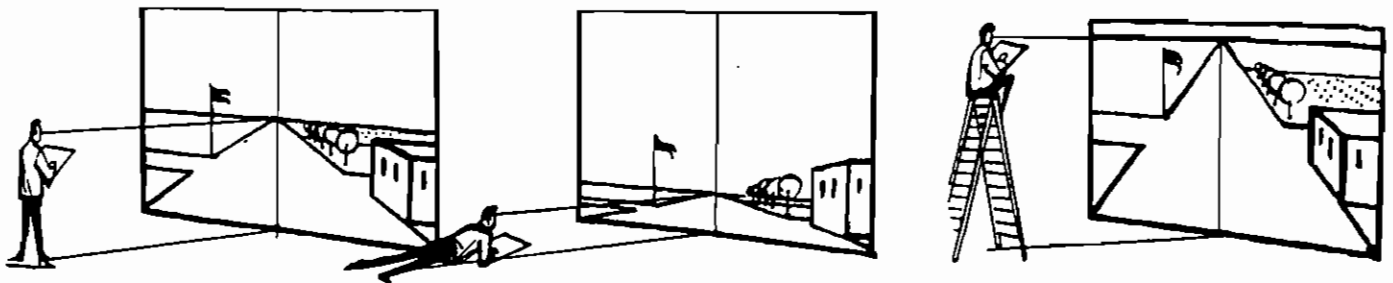
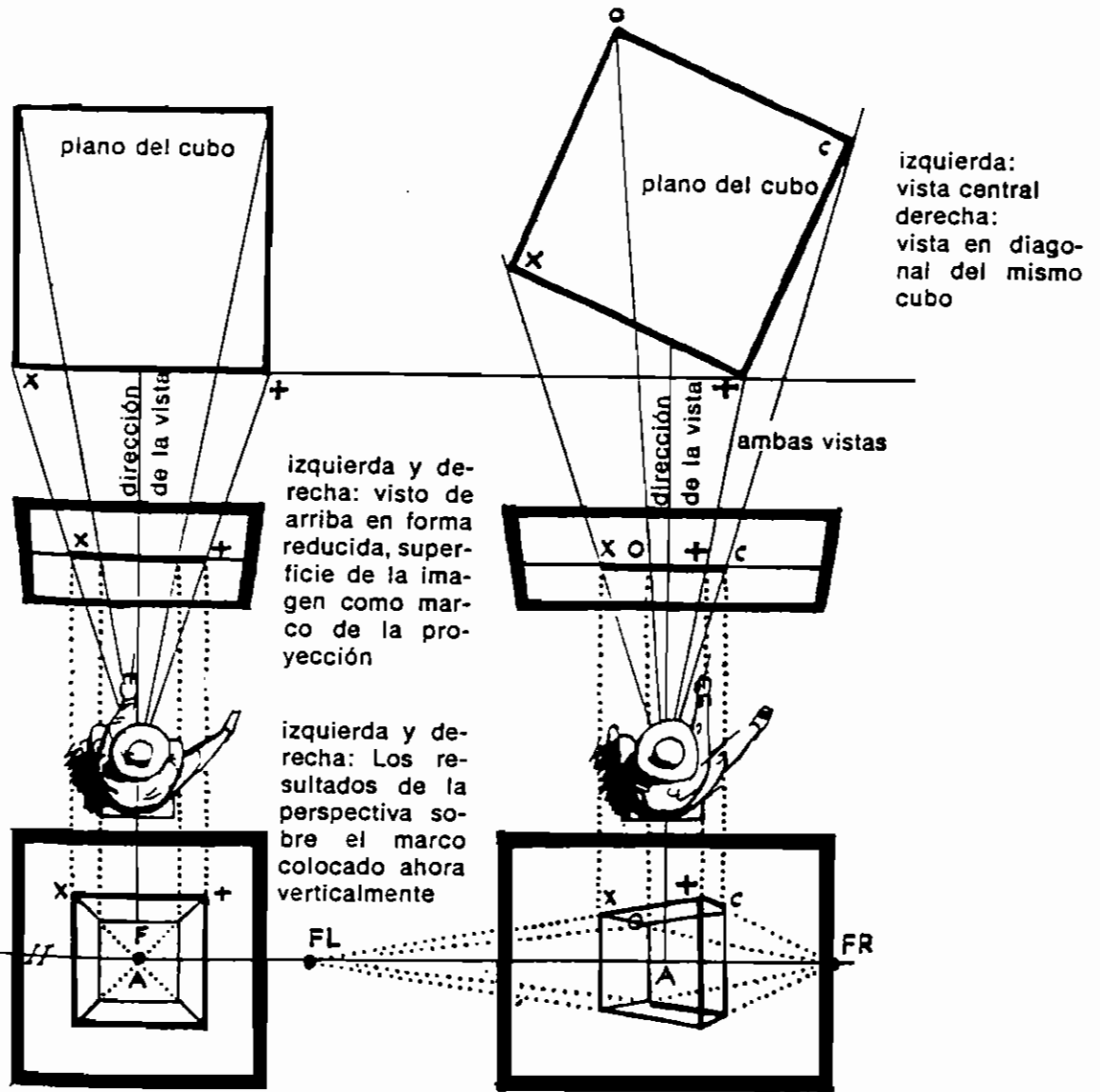
Finalmente y durante las década de los 50, Erwin Panofsky puso de manifiesto en su libro “ La perspectiva como forma simbólica⁶²”, el concepto de la perspectiva era una forma simbólica del espacio capaz de servirnos para interpretar la forma pero no el contenido.

Su estudio marca las diferencias entre la llamada perspectiva plana convencional y el concepto más fisiológico de la visión de las imágenes retinianas verdadero reflejo del comportamiento real de las formas interpretadas como tridimensionales.

A nivel computacional, y debido al carácter matemático en que se basa el concepto de proyección, partimos de similares premisas a las desarrolladas en el campo tradicional de la perspectiva. Partiendo de algoritmos⁶³ especialmente desarrollados, se produce un cálculo de las trayectorias que partiendo de los objetos o superficies, se dirigen hacia nosotros impresionados en nuestra pantalla en forma de puntos de color.

La representación sobre la ventana de nuestro monitor formará la imagen final que visualizaremos gracias a las características luminosas de nuestra pantalla. Ello nos lleva a entender que ciertos enfoques que se establecen en la percepción de la imagen sintética se sitúan dentro del campo de las aberraciones marginales, las claves pictóricas y los conocimientos aprehendidos de la misma manera que encontramos otros sistemas de presentación visual como la fotografía o el cine y que por tanto, no nos parecen extraños sino que incluso nos atraen por la semejanza entre las forma de representación.

Imagen 26



- Tipos convencionales de proyección.

Los tipos convencionales de proyección recogen aquellos sistemas que habitualmente conocemos dentro del campo geométrico del dibujo. La sistematización de los métodos de creación proyectiva utilizados en el campo del dibujo, la pintura, la arquitectura o la ingeniería, han sido utilizados durante siglos el modo general de representar los objetos reales.

Los procesos generales, en base a funciones matemáticas, han permitido simular dichos modos de proyección a nivel informático, agilizando los tiempos de representación. La multiplicidad de vistas, una vez se dispone del modelo tridimensional introducido en el ordenador, nos ayuda a ordenar y completar nuestro conocimiento del elemento frente a un entorno tridimensional, conocido como espacio virtual, establecido por el sistema.

La importancia de las diferentes visualizaciones en función del tipo de proyección influye de manera significativa en la representación simbólica que pretendemos obtener del modelo. No es lo mismo generar una proyección de carácter ortogonal, que nos ofrezca una visión limitada de alguno de los perfiles del elemento, por ejemplo, que generar una proyección de carácter isométrico, cuya pretensión es disponer de la mayor información posible del modelo, mediante una visión igualitaria de las formas del objeto bajo una inclinación determinada. Ante ello la descripción de los sistemas generales de proyección se resumen en tres grandes categorías:

- La proyección cilíndrica ortogonal.

La proyección se efectúa teniendo en cuenta un punto de vista en el infinito, por tanto, las líneas de proyección que llegan al objeto a representar se hallan paralelas unas de otras, generando una representación orientada bajo ángulo de proyección recto. El sistema más conocido es el sistema diédrico, base de la geometría descriptiva, que permite obtener vistas del objeto sobre planos de proyección ortogonales.

Informaticamente, nos permitirá disponer de los puntos de vista conocidos como alzado, planta y perfiles del modelo utilizados en la creación de documentación técnica, como planos de construcción, acotaciones, etc... utilizados en la mayoría de los sistemas DAO.

Debido al carácter paralelo de la proyección, las medidas no se hallan distorsionadas como ocurre con otros sistemas de representación, permitiendo disponer de una medida, cuanto menos proporcional del modelo.

La desventaja que presenta este tipo de proyección es la necesidad de disponer de diferentes ventanas de representación simultáneas o no, en el ordenador, que nos permita relaciona de forma espacial el modelo en su conjunto. Generalmente se complementa con otros sistemas de proyección que permiten una visualización más compleja de información tridimensional.

- La proyección cilíndrica oblicua.

Este tipo de proyección se basa en la simulación de trazado de rayos, inclinados en base a un ángulo determinado. Existen diversos tipos de inclinación en función de los sistemas de coordenadas empleados, como es el caso de la perspectiva caballera, y la perspectiva métrica.

La perspectiva caballera asume, una inclinación variable en el eje de la Z, en la representación de un modelo, al que se le aplica un coeficiente de reducción en las medidas afectadas en este eje. Con ello obtenemos un modelo dominado por las medidas proporcionales en los otros dos ejes, dejando en segundo término los relacionados con el eje de profundidad.

Existen diversas representaciones de tipo caballera en función del grado de inclinación aplicado al eje Z. A nivel informático, no es utilizado debido a las distorsiones que a nivel de profundidad pueden afectar al modelo.

La perspectiva métrica, nos permite variar el ángulo de cualquiera de los ejes tridimensionales disponibles en X,Y,Z. Cuando las inclinaciones son iguales en cualquiera de los ejes, estamos ante un modelo de perspectiva isométrica, que sufre también de un coeficiente de reducción en todas sus direcciones variando proporcionalmente las medidas iniciales del modelo en detrimento de una visión tridimensional del modelo. Podemos variar los ángulos respecto a los ejes, de manera independiente, aplicando también diferentes coeficientes, obteniendo diversos tipos de perspectiva métrica de carácter dimétrico ó trimétrico.

La utilización del sistema isométrico, es uno de los más utilizados en los sistemas DAO, a la hora de representar un modelo de forma tradicional, ya que nos permite disponer de datos igualitarios y proporcionales de nuestro modelo.

La combinación de este sistema con las proyecciones obtenidas a nivel ortogonal, nos permite disponer de datos suficientes a nivel técnico para manipular el modelo. La única desventaja que presenta es la posible ambigüedad generada, cuando, por ejemplo, se halla en un sistema de visualización de tipo alámbrico sin líneas ocultas, ya que induce a una tendencia de reversibilidad de la figura a nivel tridimensional⁶⁴.

- La proyección por puntos de fuga.

Conocida como perspectiva cónica, corresponde al sistema tradicional de perspectiva que intenta simular al ojo humano. La diversificación más conocida se halla en las proyecciones de un punto de fuga y las de dos o más puntos de fuga. La perspectiva de un punto de fuga es el método más antiguo dentro de esta clasificación, que establece un punto central, situado en algún punto de la línea del horizonte y sobre el que llegan todas las líneas de proyección que parten desde el objeto. La existencia de un plano de cuadro que recoge dicha información es la base de este tipo de representación, que distorsiona el modelo en función de la posición de éste sobre el plano de tierra.

Cuando un elemento se sitúa muy cercano al plano de cuadro se produce una distorsión visual del modelo representado de la misma manera que ocurre en el ojo, cuando percibimos los objetos situados a diferentes profundidades, como por ejemplo unos rieles de tren. A nivel informático podemos obtener dicho efecto forzando el ángulo de visión.

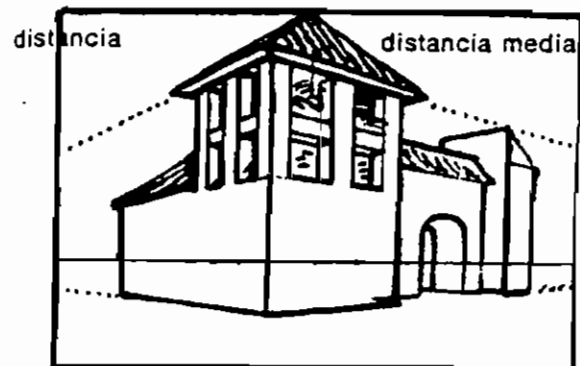
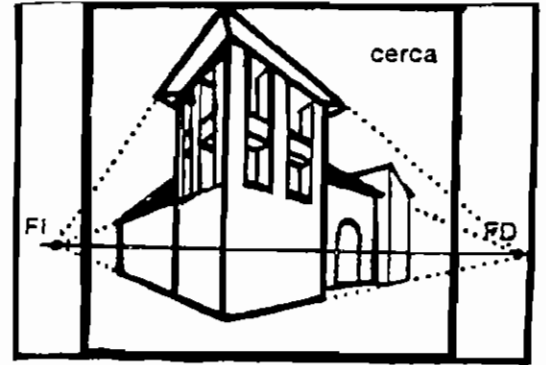
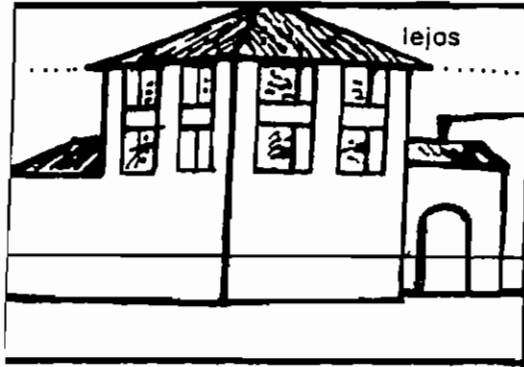
La perspectiva de dos o más puntos de fuga, establece la existencia de una variación de ángulo del objeto o el punto de vista, no paralelo a un solo eje de fuga. La existencia de dos puntos de fuga situados a diferentes distancias del centro óptico, permite la visualización tridimensional del objeto en ,por lo menos, dos de sus caras laterales.

Dependiendo de la posición de la línea del horizonte dispondremos de mayor información visual del modelo, en su parte superior o inferior. La aplicación de más de dos puntos de fuga, puede convertir la representación final en algo ambiguo y artificial, ya que dificulta una visión proporcional del mismo.

A nivel informático, este tipo de representación se utiliza bajo las propiedades específicas de una cámara, es decir, bajo los parámetros de variación del ángulo de abertura, amplitud de distancia focal, distancia del objeto, etc... en la creación de representaciones más artísticas y humanas, ya que, aunque, pueden deformaciones exageradas, permite una visión más acorde con nuestra tradición visual de las imágenes provenientes de la pintura, la fotografía, el cine o la televisión, que pretendemos simular en el campo infográfico.

En el siguiente cuadro realizamos la descripción de las perspectivas más utilizadas en el campo del dibujo, y que pueden ser simuladas en el ordenador:

Imagen 26



En un conjunto de edificios colocados oblicuamente al plano de la imagen, un lado aparece tanto más estrecho cuanto más ancho se presenta el otro. Pero cuanto más estrecha aparece la superficie, tanto más cercano debe quedar el punto de referencia y viceversa. Con nuestro edificio de ejemplo sólo deberíamos pasar imaginariamente poco a poco de la izquierda a la derecha, así cambiaría la proporción de estrecho a ancho poco a poco

Tabla XVII

Sistemas de proyección

Tipología	Características generales	Sistema de representación
La proyección cilíndrica ortogonal	En esta perspectiva considera un punto de observación impropio, es decir, situado en el infinito. Los rayos proyectantes se hallan paralelos entre sí, y perpendiculares al plano de cuadro.	Sistema diédrico
La proyección cilíndrica oblicua.	Los rayos proyectantes no se hallan perpendiculares al plano de cuadro, sino que se forman oblicuamente en base a un ángulo. Es necesario conocer la dirección de proyección para determinar la incidencia en el plano de cuadro. Se aplica un coeficiente de reducción a las medidas existentes.	Sistema cabellera e isométrico
La proyección por puntos de fuga.	Los puntos situados en el espacio son visualizados desde un punto de observación definido como "el ojo del observador". Los rayos de proyección trazados desde el punto de observación pasan por los puntos y se representan en el plano de cuadro. La perspectiva por punto de fuga presenta tres espacios conocidos como: <ul style="list-style-type: none"> - El espacio real. Situado detrás del plano del cuadro, y recoge la zona donde se sitúa el objeto real. - El espacio intermedio. Es la zona situada entre el observador y el plano de cuadro, que recoge los rayos de proyección. - El espacio virtual. Situado detrás del plano de desvanecimiento, corresponde al plano que pasa por el punto de vista del observador y es perpendicular al plano geometral. 	Perspectiva cónica central o a dos puntos de fuga.

3.5- Tipología de los elementos constructivos básicos.

Introducción

Hasta ahora, hemos descrito las leyes naturales y simbólicas que definen las leyes de interpretación visual y proyectiva de los elementos creados, siguiendo un concepto fisiológico, teórico, matemático, y visual. Pero dentro de los que podemos llamar la formalización del objeto tridimensional no debemos eludir el aspecto constructivo necesario para generar el elemento de una manera espacial en nuestro entorno o en un entorno virtual. La necesidad de describir y sistematizar aquellos elementos que existen en el mundo real cuando nos hallamos en un proceso creativo parte de la organización mental del espacio necesaria para representar los objetos.

Dicha organización, como hemos estudiado con anterioridad se basa en la racionalización del sistema en base a un sistema cartesiano, utilizado en la mayoría de las representaciones visuales que implique la introducción de datos reales o proporcionales cuando nos hallamos simulando un elemento. Nuestra imagen sintética virtual del objeto y su entorno necesitará de medidas aplicadas para tal fin, bajo las premisas de proporcionalidad visual o real.

En los sistemas informáticos, la utilización de elementos constructivos basados en fórmulas matemáticas de representación, son la base para la aplicación de diversas metodologías constructivas que existen en la actualidad en los programas DAO, más conocidos.

Una de las primeras aproximaciones filosóficas del concepto de creación geométrica del universo, que puede considerarse bajo las premisas que en la actualidad llamaríamos constructivas, se debe a la Escuela pitagórica.

La teoría de los números”, una de las primeras teorías geométricas racionales que establecía la formación del Universo⁵⁵ a través de elementos matemáticos. Pitágoras nos descubre en su “Teoría de los números y los cuerpos”, que *“...el cuerpo está limitado por superficies, éstas por líneas y las líneas por puntos,... pero no es la simple reunión de superficies lo que forma el cuerpo, ni las líneas que forma la superficie, ni la de los puntos la que forma las líneas, sino que en su conjunto son necesarios para construir un todo...”*.

Mientras la mayoría de las filosofías que siguieron a esta escuela establecieron la importancia del mundo de las sensaciones como reflejo de la existencia humana y su cognición. La “Teoría de los números” fué recogida por los geómetras del Renacimiento convirtiéndose en una disciplina aparte del conocimiento humano y relacionada con las ciencias matemáticas.

- Elementos geométricos básicos.

Los elementos básicos a nivel bidimensional o tridimensional son considerados como una forma simbólica de representación que nos permite crear un universo particular de elementos en un espacio sistematizado.

Los elementos geométricos bidimensionales conocidos las formas geométricas, corresponden a la representación de figuras regulares o irregulares como el círculo, el cuadrado, el polígono, etc.. Mientras que los elementos geométricos tridimensionales conocidos como figuras geométricas corresponden a los modelos de icosaedro, esfera, cilindro, etc... Cualquiera de ellos sufren en sus estructuras las restricciones espaciales de interpretación impuestas por el hombre y que han llevado a la sistematización por parte de la geometría de elementos o estructuras básicas capaces de generar todo tipo de objetos en el mundo plástico.

La estructura⁶⁸ es por tanto uno de los conceptos básicos que se deben tener en cuenta de manera consciente o inconsciente cuando creamos un objeto a nivel tridimensional. La existencia teórica de las llamadas "estructura portadora" y "la estructura modular".

La estructura portadora es capaz de mantener la unicidad del elemento de una manera compositiva entre las formas que los componen, por ejemplo, un cuadrado, mediante cuatro líneas o un cubo compuesto de 6 caras.

La estructura modular es aquella que nos permite crear el objeto en base a algún tipo de relación utilizando un elemento común, capaz de sufrir variaciones de tipo proyectual o en progresión en el espacio bajo una dirección común, por ejemplo, cuando creamos un cuadrado sombreado mediante un conjunto de puntos agrupados en un sentido común o un cubo mediante la apilación de diferentes capas o planos.

En cualquiera de los dos casos expuestos, los elementos constructivos básicos se convierte en una necesidad en la organización y creación del objeto común a todos ellos y que por tanto deben de ser tratados de manera independiente de su forma de tratamiento final. Por ello, hemos querido realizar, desde un punto eminentemente práctico una recopilación de los elementos geométricos y racionales que pueden ser generados por el ordenador.

Hemos realizado para tal efecto una ordenación jerárquica de las formas desde sus estadios más simples a los más complejos, teniendo en cuenta por una parte la posible formulación matemática general del cual parte, los tipos de clasificación que pueden derivarse, y la aplicación global unitaria en los procesos de creación complejos.

- El punto.

Teóricamente el punto es la forma geométrica representable más pequeña, indivisible y con entidad propia creada. A nivel informático es la unidad mínima referencial capaz de definir a otros elementos así como definir y emplazar los límites espaciales o nodos estructurales de manera simbólica en elementos más complejos ya sea bi o tridimensional. Los nodos estructurales son piezas claves en la conceptualización, orientación, posicionamiento, etc... del objeto, que nos permiten manejar un objeto mediante referencias. Mantienen además, la cohesión bajo límites referenciales de intersecciones e uniones entre otros componentes, como líneas o curvas y sobretodo cuando se plantea su uso en retículas⁵⁷. La introducción de puntos en el ordenador se definen mediante:

- La introducción de valores numéricos de las coordenadas en X, Y, Z.

- La digitalización de puntos mediante una tableta digitalizadora.

- Mediante la posición del cursor o ratón en algún punto en la pantalla "in situ", mediante el lápiz óptico sobre la misma o siguiendo las referencia creadas visualmente en el ordenador transmitidas por la dirección y marcada del ratón en horizontal.

- En base a la extracción de punto referenciales de la geometría creada, ya sean rectas, curvas o superficies. En este caso encontramos por ejemplo, la posibilidad de extraer puntos por la intersección entre líneas, por distancia a otro punto, como origen o final de una línea, la intersección entre una línea y una superficie, etc...

- La línea.

El concepto general de línea es la sucesión de puntos en una dirección común. A nivel informático La línea o segmento parte de la creación de una función capaz de crear puntos sucesivos, orientados bajo una misma dirección y cuyo límite lo forman los puntos inicial y final de la misma. Es considerada la primera representación visual con coherencia orientativa de una forma compleja. A través de ella se asume los conceptos de vector de tensión, dirección o peso, etc...

La línea es el elemento compositivo por excelencia ya que por si misma, es capaz de organizar el espacio a su alrededor y crear los límites sobre él, en interacción directa con el campo visual del monitor, en este caso.

Las líneas, pueden comprender un sólo segmento o un conjunto de ellos denominados polilíneas de carácter abierto o cerrado. Las fórmulas matemáticas que definen a la línea o a la polilínea necesitan de puntos iniciales y finales

referenciales que lo delimiten. Esta delimitación o constricción se mantiene en base al grado de la ecuación o función, así como del grado de continuidad⁶⁸ en valores situados entre 0 y en 1.

A nivel práctico, los métodos más usuales de formación de líneas se establece mediante:

- A nivel general, mediante la introducción sucesiva de valores numéricos en base a las coordenadas X, Y, Z referenciales, que generan segmentos de manera automática mediante cálculos matemáticos de las trayectorias entre los puntos iniciales y finales.
- La digitalización de puntos o segmentos consecutivos, que generarán una línea o curva de unión entre ellos, mediante el cursor o lápiz óptico sobre datos físicos reales dados en planos o en piezas. Existen sistemas especiales basados en la digitalización a nivel tridimensional a través de nubes de puntos o segmentos que definen la topología que veremos más tarde en los procesos de creación de superficies.
- La creación de rectas mediante la aplicación de nociones de proyección de elementos establecidos en la geometría descriptiva como, por ejemplo, la recta resultante de la intersección entre superficies.
- En base a rectas ya creadas, que establecen la posibilidad de generar otras por paralelismo, perpendicularidad, o tangencias entre ellas.
- La extracción de líneas de geometría más avanzada como, por ejemplo, mediante la duplicación de líneas isoparamétricas de una superficie reglada.

Las líneas permiten generar formas geométricas de carácter regular de formas poligonales de diversos lados, como el pentágono, el hexágono, etc... así como formas irregulares que nos permiten simular de una manera simbólica objetos mediante esquemas.

- Las curvas.

Las curvas⁶⁹ son consideradas las formas más complejas dentro del género bidimensional, ya sea desde el punto de vista matemático como de generación, y se consideran elementos diferenciados de las rectas debido a su formulación matemática.

Matemáticamente y de forma general se utilizan polinomios de tercer grado para la generación de curvas ya que, ninguna representación de orden menor asegura la continuidad de la curva en los valores situados en los extremos. Recordemos, cuando hablamos de la continuidad de las rectas, cuyos valores se situaban entre 0 y 1, no importaba la variación o modificación posicional de los puntos intermedios, ya que no existía más que una dirección única. En las curvas los cambios en el grado de inflexión que podemos dar a una curva determina diferentes grados de continuidad en función de un valor superior a 1, capaz de crear variaciones en los valores intermedios que la definen.

Por tanto, entre los factores⁷⁰ o propiedades más importantes que definen una curva se hallan el concepto de dirección, curvatura y su continuidad.

La dirección viene dada desde el momento de la creación por dos tipos de vectores que la definen visualmente. El vector de dirección que se crean en cada punto en forma de vector tangente y que determina la dirección global a la que apunta. El vector normal, creado a partir de las dos dimensiones y perpendicular al vector tangente.

El plano normal al punto definido por los dos vectores anteriores, puede plantearse a nivel tridimensional en base a las propiedades de los vectores anteriormente citados.

El grado de curvatura, expresado por valores situados entre 2 y superior, determina no sólo la distribución de los puntos intermedios de la curva sino que asume una serie de restricciones en el momento de ser creada. Así, una curva con un grado de curvatura cero, será en realidad un tramo recto, y su continuidad será solamente posicional, ya que no existe un ángulo de creación que la defina. Si una curva presenta una formulación de valores preestablecidos y constantes nos hallaremos ante una figura de continuidad tangencial como un arco o un círculo.

Por último si la continuidad es variable en función de un grado específico, como el valor 2, podemos variar la tensión aplicada de forma global o parcial, variando de forma geométrica o paramétrica.

Podemos clasificar de las formas curvas en:

- Los círculos. Definidos entre otros por su centro y radio, el centro y un punto incluido en la forma, que pase por tres puntos, que sea tangente a tres rectas como círculo circunscrito, con un radio y tangente a dos líneas, que pase por dos puntos diametrales, etc..
- Los arcos. Se define de igual manera que un círculo pero controlando la amplitud de su arco definido por un punto inicial y un punto final del arco creado junto con un punto referencial de centro, la definición de un punto central y un ángulo. Un caso especial dentro de este apartado serán los arcos de chaflán o de unión, que permiten conectar curvas y rectas en un mismo plano mediante un arco tangente a las mismas en función de un radio dado.
- Las formas de representación como elipses, parábolas, hipérbolas, que necesitan de la definición de propiedades específicas que las delimiten, por ejemplo, la definición de como mínimo 5 puntos de referencia, la creación de los ejes mayor y menor, la dirección, etc...
- Las formas libres de curvas compuestas definidas por un grado de continuidad variable en función de los puntos de control o los puntos editables que la forman.

En general, y una vez se han posicionado los puntos sobre los que van a pasar la trayectoria y se ha generado visualmente la misma, podremos variar su forma mediante la unión con otros tramos de similares características, la modificación de la misma por los puntos de control o editables, o cambiando la formulación base que define el grado de continuidad entre los puntos.

Existen dos tipos de modificación de la curva una vez generada y que son, por una parte la variación global de la forma cuando variamos de posición algún punto definitorio de la misma, o mediante la variación local de la forma cuando variamos una zona determinada de acción o influencia del punto.

Desde el punto de vista tridimensional, la representación de curvas en el espacio se basa en el posicionamiento de valores en X, Y, Z, a partir de las funciones creadas para cada eje y que define un valor determinado en el sistema de coordenadas establecido. Las pendientes son calculadas en función de los cocientes de los componentes de los vectores tangentes.

Entre los tipos de curvas que pueden ser representadas en el ordenador encontramos:

- Formas Hermíticas.
- Formas de Bezier.
- Formas basadas en Splines cúbicas.
- Formas basadas en B-Spline.
- Formas basadas en NURBS

- Las curvas de forma Hermítica.

Las condiciones de contorno necesarias para determinar los coeficientes se dan en base a las coordenadas de dos puntos extremos y los vectores tangentes. Los puntos extremos corresponderán a los valores $t=0$ y $t=1$, en base a la fórmula matricial:

$$x(t) = [t^3 \cdot t^2 + 1] C_x = T \cdot C_x$$

donde podemos expresar las condiciones de contorno en base a los valores de $t=0$ y $t=1$ en,

$$x(0) = P_{1x} = [0,0,0,1] C_x$$

$$x(1) = P_{4x} = [1,1,1,1] C_x$$

Finalmente derivando estas fórmula respecto a T en la función $x(t)$, las condiciones de contorno para los vectores tangentes, serán expuestas en una matriz de ecuaciones de cuatro incógnitas cuya solución queda definida como,

$$P(t)=T \cdot M_h \cdot G_h$$

donde M_h es la matriz de Hermite y G_h es el vector geométrico de Hermite.

Como conclusión, los puntos P_1 y P_4 , considerados puntos extremos, junto a los valores de los vectores tangentes en esos puntos, es posible calcular cualquier punto de la curva.

- Las curvas de Bezier.

La forma desarrollada por Bezier para definir una forma curvada, es similar a la vista anteriormente como Hermítica, distinguiéndose en la manera de definir los vectores tangentes sobre las condiciones de contorno. Se basan en polinomios de grado $n-1$, definidos a partir de n puntos introducidos.

En la curva de Bezier establece la fijación de las condiciones mediante la definición de cuatro puntos llamados de control. Los puntos de inicio y final conocidos como $P1$ y $P4$ definirán los extremos, mientras que los puntos $F2$ y $F3$ sirven para determinar los puntos intermedios de la curva y definen los vectores tangentes de los extremos. De esta manera la dirección del vector tangente en $R1$ viene dada en realidad por el vector $P2-P1$ y la $R4$ por el vector $P4-P3$. La fórmula será:

$$R1=3(P2-P1)=P'0$$

$$R4=3(P4-P3)=P'1$$

y por tanto, la fórmula final será,

$$x(t)=T \cdot Mb \cdot Gbx$$

Las facilidad de representación basada en este tipo de ecuaciones, han convertido a las curvas Bezier como las más utilizadas en los programas DAO de prestaciones medias, gracias a la matriz geométrica basada en cuatro puntos de control, que hace que sea mucho más sencillo de modelar la curva.

Un punto de control de la curva Bezier puede influir directamente sobre el resto de la curva por entero y su representación se halla complementada por unas líneas de tensión, denominadas en inglés como "hullⁿ" que determinan la interpolación gráfica de los puntos de control.

La concatenación de segmentos o polilíneas curvos de carácter Bezier es sencilla, ya que sólo es necesario considerar como puntos de partida de la curva siguiente, el punto $P4$ de la anterior como punto inicial y los $P3$ y $P4$ para definir la dirección de tangencia.

En general, las propiedades más destacadas de este tipo de curvas encontramos:

- La curva de tipo Bezier siempre pasa al menos por el primer y último generado.
- La tangente en el primer punto es la recta definida por los puntos primero y segundo. La tangente en el último punto viene definida por los puntos penúltimo y último.
- La curva Bezier es un método que define la forma de la curva, que queda inscrita dentro de una línea referencial de control que definen las tangencias y las direcciones y grado de tensión situados en posición intermedia.
- Podemos realizar modificaciones globales o parciales de la curva, pero en su representación final variará todo el conjunto afectando de manera global.

- Las curvas Splines cúbicas.

Las curvas Splines cúbicas no se presentan bajo una función de un polinomio de grado $n+1$ sino que cada dos puntos contiguos puede unirse mediante un polinomio distinto de grado 2 o 3. Entre sus ventajas encontramos por una parte, la seguridad en la continuidad de la curva en los puntos de enlace, la continuidad de la derivada que implica la no existencia de discontinuidades formales en los puntos de enlace, creando continuidad real entre las curvas o segmentos.

Las curvas basadas en Splines cúbicas pueden tener un control local o global de la forma.

En el caso de control local, al modificar un punto de la curva se modifica sólo la zona de curva comprendida entre el entorno de este punto y los dos contiguos. En el caso del control global se obtiene la continuidad en cada uno de los puntos de la curva desde el punto de vista de la tangencia y el radio de curvatura cuando se ha realizado una variación sistemática de algún punto de la curva.

- Las curvas B-Spline.

Este tipo de curva presenta una representación más armoniosa y suave que las de Bezier y las de Hermite en los puntos de conexión ya que el orden de continuidad es mayor. La curva B-Spline viene definida como en el caso anterior, por polinomios que influyen en trozos de la curva o en tramos que la forman. Cada tramo es un polinomio de tercer grado enmarcado en los valores del parámetro $t=0$ a $t=1$ correspondientes a los puntos P_i y P_{i+1} . Cada polinomio de este tipo es generado por la ecuación:

$$x(t)=T \cdot M_s \cdot G_s x$$

Los puntos primero y último son generados por el ordenador para poder trazar la primera y última curva así como para establecer las condiciones de contorno.

- Las curvas de tipo NURBS⁷².

Son curvas de representación más utilizadas la mayoría de los en los programas DAO de última generación, capaces de permitir una plasticidad interactiva, así como una variación en los grados de continuidad y peso muy completas.

Permiten la asignación de un peso distinto en cada punto de control de la curva, lo que asegura un ajuste más preciso especialmente en las curvas definidas por puntos no uniformemente distribuidos.

Mientras las B-Splines generales son invariables en una transformación lineal, es decir en todos sus puntos por igual y las NURBS lo presentan una transformación proyectiva, que permiten una mayor individualidad a cada punto que forma la curva, en todas sus propiedades.

- Las superficies.

La superficie es la entidad más representativa a nivel tridimensional, capaz de generar por sí sola un campo topológico. La superficie se define como una región o malla compuesta por puntos distribuidos uniformemente o no-uniformemente definiendo una retícula. Los puntos contenidos en el interior de la superficie se hallan descritos bajo la matriz de distribución de puntos $m \times n$. El número de puntos de control sobre U , se define bajo las siglas m , mientras que los situados respecto V son los n .

La superficie presenta dos direcciones de creación, conocidas como U y V , donde los puntos de la malla se hallan referenciados a las coordenadas en U y V que definen las curvas de contorno que la forman⁷³. Las curvas internas del mallado, se denominan curvas isoparamétrica, y definen la trayectoria y dirección de una serie de puntos alineados

La superficie presenta dos componentes fundamentales para su visibilidad, como son la llamada normal y tangente de la superficie.

La normal se define como un vector simbólico, perpendicular a la superficie, mientras que la tangencial, presenta una dirección en función de la curvatura de la malla creada. Este factor, nos permite disponer de un punto de referencia en la creación de superficies complejas mediante uniones o intersecciones de las mismas por los límites existentes, ya que es necesario que las dos superficies tengan la orientación de la normal superficial en la misma dirección, para poder ser unidas.

A nivel representacional y durante la aplicación de propiedades matéricas en los objetos, es importante la orientación de la normal de la superficie, ya que las direcciones pueden establecerse bajo una orientación interna o externa respecto a la iluminación global existente. Ello determinará finalmente la visibilidad de las mismas desde el punto de vista del observador, cuando nos hallemos ante un algoritmo de representación⁷⁴.

Entre los métodos más conocidos de formalización y creación de superficies existentes en la mayoría de los sistemas DAO, encontramos aquellos procesos que nos permiten partir de diversos elementos en el entorno informático entre los que destacamos:

- Creación de superficies a través de una nube de puntos.
- Creación de superficies a través de superficies poligonales o caras.
- Creación de superficies mediante curvas de contorno.
- Creación de superficies basadas en primitivas.
- Creación de superficies a través de elementos finitos.

- Creación de superficies a través de una nube de puntos.

Este proceso recoge la posibilidad de crear una superficie por interpolación de un número determinado de elementos mínimos, como son puntos situados en el espacio. La coherencia de este tipo de superficies se halla en función del tipo de ecuación aplicada, de la interpolación de datos asumiendo tipos de continuidad en los valores medios y del nivel de representación que el sistema puede asumir y tratar.

En general, y una vez obtenida dicha superficie dispondremos de unos datos de base, que pueden ser transferidos a cualquier sistema que permita la exportación bajo filtros genéricos.

En general, este tipo de manipulaciones son llevadas a cabo por programas especializados⁷⁵ en la transformación de datos capaces de generar la primera superficie bajo parámetros genéricos que puede ser transferida posteriormente a otros programas más convencionales. a nivel general, se necesita un segundo proceso de transformación adecuar las manipulación de los datos a nivel superficial transferibles a otros sistemas convencionales.

- Creación de superficies a través de superficies poligonales o caras.

Corresponden a una de los primeros procesos conocidos de creación de superficies aplicadas en los sistemas DAO. Son en realidad superficies generadas por poligonización, en base a $n+2$ lados concatenados, es decir situados sobre un mismo plano. Se utilizan para crear superficies en un contorno cerrado, basado en rectas o curvas, simples o compuestas.

Es necesario definir los límites que forman el contorno cerrado, de forma manual, es decir punto a punto, arista a arista o lado a lado, ello implica la necesidad de comprobar la dirección de creación de los lados elegidos, que permitan orientar la normal generada de forma que sea visible. Por ejemplo, en el programa para PC, AutoCAD v.11, podemos generar los límites de nuestra formas, en base a elementos geométricos básicos, como rectas o curvas, que posteriormente serán completados mediante la generación de caras⁷⁶, bajo el método descrito anteriormente.

Ciertos programas permiten generar automáticamente superficies con caras o facetas definidas en base a curvas de contorno y unas curvas de dirección. Por ejemplo, en el caso del programa para PC, 3DSTUDIO, la geometría se basa en la construcción de geometría tridimensional compuesta por facetas.

La mejora en los tipos de representación a nivel formal, implicará un aumento en el número de facetas, y por tanto una necesidad de cálculo mayor. Los casos más complejos se desarrollan en la creación de caras poligonales en contornos formados por curvas complejas, cuyos puntos se sitúan en un plano dado. El proceso la digitalización de datos a partir de una imagen o "bit-map", que se aplica sobre un plano visual paralelo a nuestra visión y que nos permite reconstruir la forma mediante un cursor, o un lápiz óptico. Una vez cerrado, podemos aplicar un proceso de poligonización⁷⁷.

- Creación de superficies a través de curvas topológicas⁷⁸.

Este proceso se considera especial de un tipo de superficies, generadas en curvas de nivel o topológicas 2D o 3D capaces de crear una superficie mediante interpolación, como encontrábamos en el caso de la nube de puntos.

Los datos iniciales pueden ser tomados mediante mecanismos especiales de digitalización⁷⁹, ya sea 2D, como el tecnógrafo, el cursor o el lápiz óptico sobre tableta o en 3D, como el digitalizador láser, o el palpador 3D, que generan segmentos o contornos, que una vez reconstruidos, serán la base de la superficie final. Las aplicaciones más importantes, se centran en el campo de la topografía, la ingeniería naval o aeronáutica.

No obstante, en la actualidad el campo de actuación se ha diversificado permitiendo su utilización en la ingeniería de producto, en la creación de piezas bajo contornos basados en datos físicos reales, que pueden ser manipulados directa o indirectamente.

Directamente supone la utilización de programas complejos que permitan generar la superficie final a partir de un conjunto de contornos que delimitan al pieza, o indirecta mediante la creación de superficies de carácter general basados en contornos.

- Creación de superficies mediante curvas de contorno.

Utilizan límites o contornos generadas que definen las formas de nuestro objeto en el espacio. Los contornos pueden desarrollados mediante los procesos anteriormente citados de introducción de datos en la categoría de puntos, rectas o curvas. La importancia de este tipo de superficie es la diversidad de elementos que podemos desarrollar a partir de ellas, que definen tanto entidades cerradas como abiertas.

Existen una clasificación de superficies en función del método constructivo, conocido como superficies de barrido y superficies de proyección.

La creación de superficies de barrido es la que nos permite generar un área mediante la translación matemática de los datos a través del espacio, siguiendo una orientación o trayectoria específico. Entre ellas encontramos:

- Superficies de barrido entre dos o más contornos. Son las creadas a través de los límites formados entre los contornos que la definen. Cuando nos hallamos ante dos contornos, la superficie generada se halla restringida a los valores más próximos de la trayectoria optimizada. Entre ellas encontramos las superficies regladas. Cuando nos hallamos ante más de dos curvas, la superficie generada, puede sufrir variaciones en las fórmulas intermedias de la trayectoria superficial final, generada entre los tramos que delimitan cada dos de ellas.
- Superficies por extrusión. Se obtienen mediante el desplazamiento o barrido de los datos expresado mediante uno contorno o varios contornos abiertos o cerrados, en una dirección definida por una o dos curvas de trayectoria. La importancia de las curvas guías determinan la interpolación y orientación de los datos intermedios, que en el caso de las superficies de barrido de dos o mas curvas se halla optimizado generalmente en el trayecto más corto.
- Superficies de revolución. Son la que se generan por medio de un barrido por rotación, de un contorno, en cualquiera de los ejes definidos en el espacio o en base a una línea guía establecida como eje de giro. La superficie puede ser cerrada o abierta dependiendo de los grados de rotación establecidos.
- Superficies supladadas. Este tipo de superficies se generan mediante la combinación de tres o mas contornos, unidos por sus extremos. Se crea una superficie por interpolación, teniendo en cuenta las características espaciales de las curvas en el espacio y la selección de las mismas en una dirección determinada.

La creación de superficies de proyección es la que nos permite generar un área mediante la proyección de los datos a través del espacio. Entre ellas encontramos:

- Superficies de proyección a través de un eje espacial.

Este tipo de superficie necesita de la información de un contorno, de una dirección y un valor numérico que se aplicará sobre la trayectoria del eje establecida. En la mayoría de los programas DAO, utilizan la creación de un contorno en función de los ejes situados paralelos al plano visual frontal definido por los ejes X e Y, la orientación de un valor numérico específico en la profundidad definido por el eje Z.

- Superficies de proyección con entidad propia.

Son superficies que presentan un tipo de ecuación propia, es decir, que se generan a través de la introducción de datos de manera semejante que las superficies de proyección a través de un eje espacial. Definen en general un objeto geométrico por si mismos conocidos como primitivas, recogiendo la mayoría de las figuras desarrolladas geométrica como proyección, por ejemplo, cilindros, cubos o paralelepípedos, que pueden hallarse cerrados o abiertos, mediante la combinación de varias superficies.

- Superficies de recorte, delimitadas por un contorno en proyección o intersección.

Este tipo de superficie, en realidad, parte del concepto de manipulación secundaria de una superficie ya generada previamente y que deseamos modificar mediante un proceso de recorte.

La tipología derivada, definirá un nuevo tipo de superficie compleja, que es utilizada por los programas más avanzados a nivel gráfico, bajo el modelo de representación denominado de fronteras. Las superficies por proyección de contorno sobre una superficie, se establecen mediante un límite de la forma a recortar y un vector de dirección definido mediante valores de inicio y final a nivel 3D. La superficie final una vez recortada, varía en función de la dirección en el espacio del vector.

Las superficies de recorte generadas por intersección establece la necesidad de que exista una topología de contacto entre las dos superficies⁸⁰, de forma que se establezca el recorte o separación entre las superficies resultantes.

- Definición matemática de las superficies.

Entre los tipos de superficie, encontramos que la mayoría de ellas, presentan la misma tipología de formulación básica que encontrábamos en la creación de rectas y curvas, y que por tanto, cumplirán muchas de las propiedades que ya encontrábamos en ellas.

- Superficies de tipo Hermítico.

Su planteamiento es parecido a la creación basada en la formulación de las curvas hermíticas. Las funciones $P1x(t)$ y $P4x(t)$ definen las componentes de partida y de llegada de los puntos de las curvas en s . Para cada valor de t se definen dos puntos específicos de partida y de llegada de una curva s . De la misma manera $R1x(t)$ y $R4x(t)$ definen vectores tangentes en los extremos de cada curva s . Si las curvas $R1$ y $R4$ resultan ser rectas las superficies se consideran regladas.

A cada una de las superficie creadas se les suele llamar parche o "patch". Un objeto definido bajo un modelo de fronteras se halla formado por tanto, por superficies o parches. La condición necesaria para poder unir superficies o parches de superficies, es que el lado común sea una curva incluida dentro de ella y que los vectores tangentes a lo largo del borde tengan la misma dirección. Si no se cumpliera esta última condición, la unión se efectuaría de manera defectuosa dejando a la vista cantos vivos.

- Superficies de tipo Bezier.

La ecuaciones de las superficies Bezier se derivan de las ecuaciones de tipo Bezier vistas con anterioridad. La diferencia estriba en la forma de controlar la superficie resultante. La superficie se controla por un conjunto de puntos llamados de control que forman un malla espacial. La superficie resultante pasará por los 4 vértices de los extremos de la malla y su curvatura dependerá de la disposición de los 12 puntos creados en base a las condiciones de contorno definido por 4 puntos de paso de la superficie y 12 vectores direccionales.

La continuidad en la unión de los parches de las superficie Bezier se asegura mediante la definición de una polilínea de unión común, que cada uno de los puntos de la malla de la polilínea contigua a la de unión de la primera malla es colineal con cada punto respectivo de la polilínea contigua a la unión de la segunda malla.

- Superficies de tipo de B-Spline.

Siguen la formulación de las ecuaciones de las curvas de B-Spline por lo que entre otras características utiliza puntos de control en la malla creada y su representación es más suave en las tangencias formadas. Son muy utilizadas dentro de los programas de creación de geometría de tipo standard, y bajo equipos informáticos de calidad media y alta, que permiten la manipulación global o parcial de elementos que la componen, como puntos de control de la superficie, por ejemplo.

- Superficies de tipo de NURBS.

Son superficies muy manejables creadas, a través de las formulaciones básicas de las curvas de NURBS. Son muy utilizadas en programas de creación de geometría avanzados que permitan una gran capacidad de datos a la hora de gestionarlos gráficamente. Entre sus características más destacadas se hallan la suave interpolación de las curvas y superficies generadas, llegando a valores de 3, 5 y 7 valores de control en un tramos de curva.

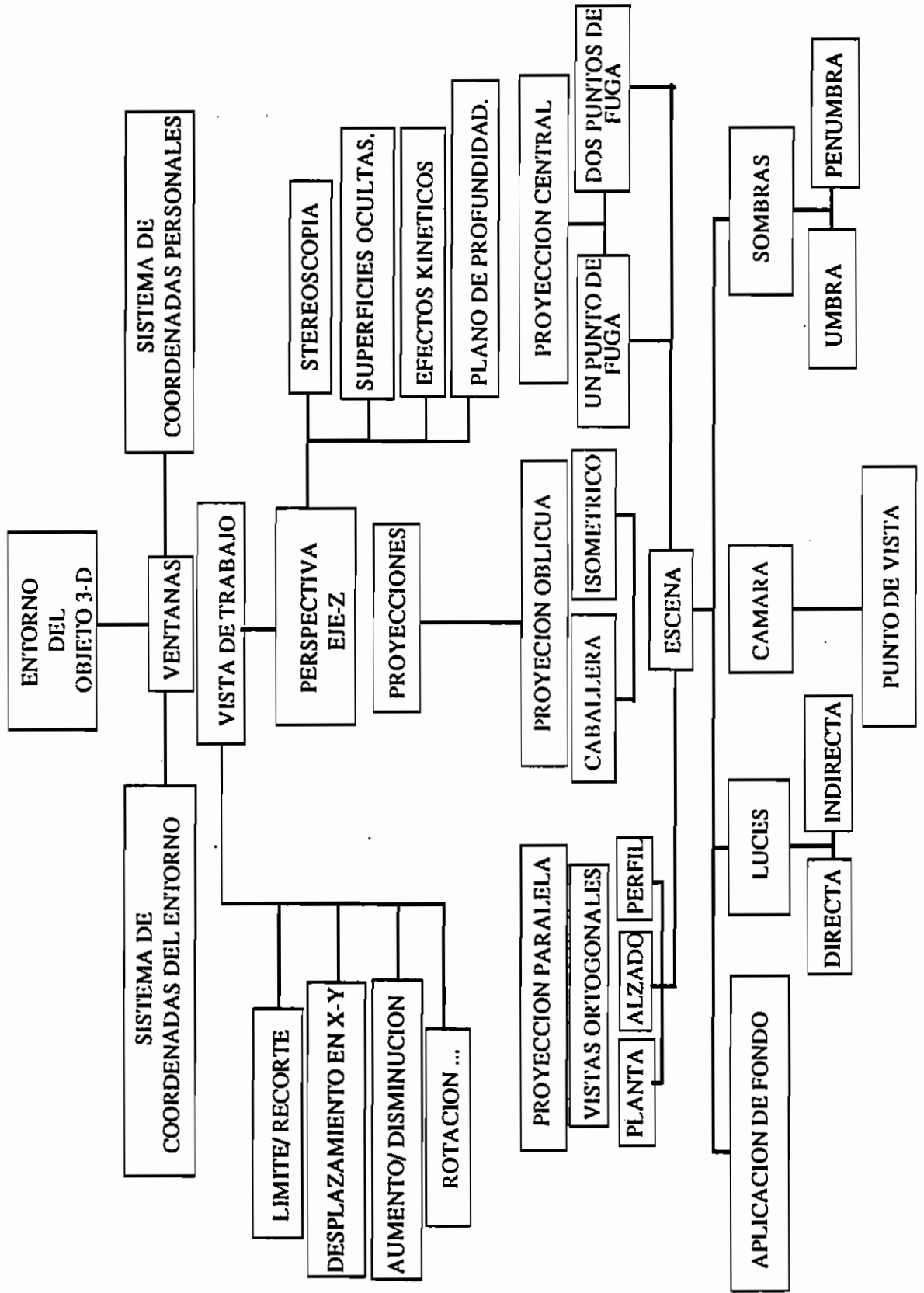
Permite trabajar con los llamados puntos de control o los puntos editables de manera global o parcial, la diferencia estriba en que el control local de un punto de control actúa de forma aislada en la zona cercana a la modificación, mientras que la variación de un punto editables, supone en ocasiones, la variación total de la superficie original. Son utilizadas en los sistemas de representación de modelo de fronteras debido a su ductibilidad en el manejo de superficies de tipo avanzado.

Tabla XVIII

Tipología de elementos constructivos

Elemento	Geometría descriptiva	Definición informática	Clasificación	Aplicaciones informáticas
El punto	Se define como el elemento más pequeño referencial existente. Puede generarse mediante la intersección de una recta con un plano, entre dos rectas,	Es el elemento referencial del espacio informático, ya sea en 2D (X, Y) o 3D. Nos ayuda a posicionarnos el objeto y permite su utilización en la creación de otras figuras geométricas más complejas, como las rectas.	En función de la forma, tamaño, color, etc., representacional y simbólica que se utilice	En la creación base de rectas, polilíneas, curvas, curvas complejas, y superficies
La recta	Se define como un conjunto de puntos orientados en una dirección común. Puede generarse en base a dos puntos, uno inicial y otro final o a través de la intersección de los planos.	Se crea a través de una función matemática basada en un binomio de 1º grado y de continuidad 0 o 1. Necesita como mínimo un punto inicial y un punto final que lo delimita en el espacio.	- Líneas simples o segmentos. - Líneas compuestas o polilíneas. - Elementos geométricos basados en nº- lados. - Curvas simples abiertas, como arcos. - Curvas simples cerradas. Entidades como círculos, elipses, parábolas.	- Se utiliza para crear formas bidimensionales complejas. - Se utiliza para generar superficies simples entre contornos de grado 0 o 1.
La curva	Se define como un conjunto de puntos que siguen una trayectoria en común. Necesita de un punto inicial y final que la delimita. Permite generar formas complejas basadas en la intersección por proyección de elementos.	- Se crea a través de una función matemática basada en un binomio de 2º grado y de continuidad de 2 a 5. Necesita como mínimo de un punto inicial, un punto final y puntos intermedios según el grado de continuidad, cumpliendo la ley de nº de puntos según el grado +1. - Curvas compuestas creadas de forma libre o mediante otras formas.	- Curvas hermiéticas. - Curvas de Bezier. - Curvas basadas en Splines cúbicas - Curvas basadas en B-Spline. - Curvas basadas en β -Spline. - Curvas basadas en NURBS. - Superficies de tipo poligonal	- Se utiliza para crear formas bidimensionales complejas. - Se utiliza para generar superficies de grado 2º, Bezier, B-splines, y NURBS. - Podemos extraer curvas de una superficie en base a las isoparamétricas que los forman.
La superficie	Se define como una entidad general de los cuerpos creados por proyecciones. Pueden ser abiertas o cerradas, según su forma consecutiva. Presenta unos límites físicos en el espacio delimitado por el contorno.	- Se crean mediante la creación de contornos cerrados, situados en un mismo plano. - Se crea matemáticamente a través de una función compuesta basada en las mismas características formales que las curvas "patches". - Necesitamos de contornos que lo delimitan mediante una orientación en U/V o de determinadas isoparamétricas que delimitan las regiones de la superficie de forma visual. - Superficies formadas por componentes que creamos matemáticamente objetos geométricos conocidos como primitivas. - Superficies de tipo cerrado. Operaciones booleanas asociadas a su creación y modificación	- Curvas poligonales. - Caras con agujeros o "faces". - Superficie de barrido mediante: - Una curva y un eje. - Tres curvas. - Cuatro curvas - Una curva y una trayectoria - Dos curvas y dos trayectorias. - Superficies analíticas	- Se utiliza para crear objetos con superficies abiertas o cerradas. - Crea entidades propias. - Permite crear otras superficies mediante la intersección, unión, diferencia, proyección que definen las superficies de rectas o "TIGM"
			- Sólidos	- Permite la conversión a superficies generales por multibody.

Esquema XI



3.6- Técnicas de creación del objeto por ordenador.

- Introducción

Como último apartado a considerar dentro de la formalización del objeto tridimensional, hemos querido recoger los principales aspectos relacionados con la tipología de programas especializados en el campo informático de la ingeniería de producto, más conocidos genéricamente como programas DAO.

La importancia del aspecto técnico de capacidades y aplicaciones, generan las limitaciones de los programas, y éstos a su vez, influyen decisivamente en el uso de los recursos cognitivos que somos capaces de manejar.

Una vez dispongamos del programa adecuado, el desarrollo de nuestro intelecto sobre la geometría espacial necesaria para generar figuras y objetos complejos, nos permitirá, como hemos visto a través de este capítulo, no sólo, tener una representación mental y visual del modelo, sino que podrá soportar la aplicación de las diferentes propiedades de carácter interno y externo que vamos a inferirle posteriormente, durante la creación final de la imagen sintética.

- Aplicaciones y módulos generales que definen un programa DAO.

El programa, conjunto de rutinas y aplicaciones creadas para un fin determinado, se halla definido por módulos de aplicación. Gracias a ello, dispondremos de una metodología inicial para poder crear y gestionar los datos, que será común a la mayoría de ellos.

En concreto los programas que definen los módulos de aplicaciones específicas, para la obtención de imágenes realistas aplicadas al campo del diseño industrial, presentan en sus módulos principales aquellos que propiamente definen los sistemas DAO generales.

En la mayoría de los programas de diseño asistido por ordenador, se mantiene el concepto de modularidad asociada o modularidad independiente, aplicable a cada una de las fases necesarias en creación y análisis de objetos.

La modularidad asociada comprende aquellos programas que en su conjunto, presentan diferentes módulos interrelacionados que lo engloban. Un ejemplo de este tipo, puede ser el programa DAO, para ordenador personal, AutoCAD que presenta, una serie de módulos asociados al programa como es el caso del módulo AME, o el RENDERMAN,

La modularidad independiente se plantea, en realidad, como diferentes programas que en su conjunto se utilizan para resolver un problema determinado. La desventaja que presenta este proceso se produce en la necesidad de transferencia de datos entre los módulos o programas independientes, que suponen un riesgo de pérdida de datos, por ejemplo. Un caso típico se genera, cuando utilizamos el programa AutoCAD en combinación, con el programa 3DSTUDIO para la generación de imágenes sintéticas.

En un caso u en otro, los procesos de creación⁸¹ se verán afectados levemente en los procesos llamados plásticos y creativos ya que en realidad solamente plantea limitaciones de contenido y no de forma. De ahí que podamos definir de una manera global los módulos⁸² o niveles más importantes:

- El módulo de creación de elementos geométricos.
- El módulo de visualización gráfica.
- El módulo de cálculo, análisis y simulación estructural.

- **El módulo de creación de elementos geométricos.**

Este módulo es uno de los más desarrollados en el campo del DAO, ya que permite la generación de datos geométricos de carácter bidimensional o tridimensional, que serán manipulados posteriormente en otros módulos.

En la actualidad numerosos programas tradicionales están cambiando sus estructuras de manejo y niveles de actuación, que como veremos más tarde implica un cambio radical en la gestión de datos. Ello implica, que los modelos pueden seguir el método tradicional de creación a través del tratamiento independiente de formas geométricas simples, que se unen o agrupan para formalizar el objeto o mediante los sistemas que crean el modelo en su conjunto desde el primer momento y que por tanto su creación implica una variación global o asociada entre las partes.

Entre los aspectos de evolución más destacados de los nuevos programas DAO a nivel conceptual encontramos:

- El uso de concepto del boceto infográfico. Ello implica la posibilidad de trabajar un modelo bidimensional través de un plano de construcción que será posteriormente tratado automáticamente a nivel tridimensional, y por tanto transferible a otros niveles³³. Se convierte por tanto en un sustituto plástico del dibujo conceptual a mano alzada, ampliando las posibilidades interactivas del modelo.
- El avance de los sistemas de representación, que facilita la comprensión volumétrica del objeto³⁴, como es el caso de la generación de modelos interactivos o en tiempo real, que ciertos sistemas ofrecen ya de manera simulada.
- El avance de nuevos tipos de gestión de datos. Como es el caso de los programas paramétricos variacionales, o programas variacionales.
- La standarificación de los filtros de intercambio a nivel 2D y 3D, entre sistemas informáticos.
- La mejora de los interfaces de comunicación con el usuario, mediante la representación iconográfica de los menús, así como su personalización.

Los programas suelen dividirse en tres niveles³⁵ generales de manipulación de datos y que en la mayoría de los casos los sistemas de DAO permiten trabajar indistintamente. Entre los niveles constructivos generales encontramos:

- Nivel en 2-D.

Son aquellos programas que permiten trabajar bidimensionalmente la forma de un objeto mediante la definición de puntos en coordenadas de X,Y.

Este nivel es utilizado por la mayoría de programas de aplicación en las artes gráficas, debido al carácter de geometría plana que implica. En el campo del diseño industrial, nos permitirá generar la documentación técnica bidimensional del proyecto, como planos constructivos, distribuciones, acotaciones, etc...En este apartado se puede simular la tridimensionalidad en base a la reconstrucción pictórica de la forma del objeto, aunque en ningún momento dispongamos de datos reales en el espacio. Este nivel es considerado básico no solamente para el almacenamiento de datos bidimensionales del objeto a crear, sino que puede convertirse en el punto de partida de un proceso más complejo que nos permitirá generar la tridimensionalidad del objeto gracias a la proyección de las formas, por ejemplo.

- Nivel en 2-D y medio.

Como hemos comentado algunos sistemas permiten trabajar los datos bidimensionales que serán posteriormente proyectados en el espacio. Son capaces de crear la tridimensionalidad mediante formas planas creadas en base a dos sistemas de coordenadas base, por ejemplo X,Y y una proyección única definida en el eje Z. Este tipo de nivel es utilizado por programas cuyas necesidades se limitan a crear profundidad bajo una orientación o sentido, por ejemplo, un programa de simulación topográfica en 3D.

- Nivel en 3-D.

Los modelos generados bajo este nivel permite definir puntos en base a las tres coordenadas de X,Y,Z. La mayoría de los sistemas capaces de procesar los datos en tres dimensiones permiten trabajar en los dos estadios anteriores partiendo de éstos para crear y manipular los objetos finales. Como en el primer nivel podemos establecer una entrada de datos, generalmente, puntos de geometría en 2-D que posteriormente serán transformados en superficies tipo malla, o por el contrario partir de elementos definidos desde la entrada de datos tridimensional de la pieza como pueda ser los modelos sólidos.

- **El módulo de visualización gráfica.**

Este modulo se permite visualizar gráficamente los datos creados en el módulo de creación en cualquiera de sus niveles y que es conocido como modelos informáticos de representación del objeto que veremos mas adelante. La importancia de este módulo define una de las características que definen a los llamados paquetes gráficos⁶⁶, ya que se convierten en una parte fundamental en el tratamiento de la imagen y por tanto del diseño puramente conceptual del producto.

El hecho mismo de la representación en pantalla influye en los métodos constructivos así como en la conceptualización del modelo en nuestra mente para comprender que el modelo representado pueda ser bi o tridimensional. Dentro de este apartado podemos enmarcar aquellos algoritmos fundamentales para la creación de la imagen en pantalla⁶⁷, en base al grado de calidad y gestión necesario para manipular los datos.

- **El módulo de cálculo, análisis y simulación estructural.**

Este módulo permite analizar y simular el comportamiento de piezas o prototipos en función de las propiedades aplicadas numéricamente en el ordenador, como la densidad, los componentes estructurales, áreas, volúmenes, etc., sometiendo a las piezas a procesos de inyección, simulaciones de laboratorio, pruebas físicas de comportamiento, cálculos de tensiones, simulación de recorridos de herramientas.

Los procesos de cálculo en muchas ocasiones se consideran de tipo numérico, mientras que los procesos de simulación utilizan una representación gráfica coherente de los objetos creados con resultados visuales referenciales o simbólicos.

Los resultados son analizados en el ordenador en base a cálculos de las reflectancias de color en la búsqueda de defectos de piezas, la simulación mediante imágenes animadas del recorrido de la herramienta, el vaciado de un determinado material para generar el objeto deseado en pantalla, etc...

En el cuadro adjunto podemos resumir muchas de las funciones trabajadas en base a los tipos de estudios y cálculos estructurales marcados:

Tabla XIX

Aplicaciones y procesos de simulación sobre objetos

Definición del campo de estudio	Aplicaciones
Estudios matemáticos	<ul style="list-style-type: none"> - Representación gráfica de datos matemáticos como curvas de nivel, intervalos, - Representación gráfica volumétrica de superficies, o formas en general.
Estudios geométricos	<ul style="list-style-type: none"> - Areas, volúmenes y pesos. - Centros de gravedad de secciones y cuerpos. - Momentos de inercia. - Radio de giro. - Cálculo de distancias entre objetos. - Cálculo de distancias mínimas entre objetos. - Análisis de interferencias entre cuerpos. - Distribución de volúmenes.
Estudios cinemáticos	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de velocidades y aceleraciones en mecanismos simples o compuestos. - Movimientos aparentes de los mecanismos o articulaciones. - Estudio del posicionamiento matemático de piezas en fases. - Obtención de valores de velocidades, aceleraciones, centros de rotación, etc..
Estudios estructurales	<ul style="list-style-type: none"> - Comportamiento de un modelo a un sistema de fuerzas o cargas exteriores. - Tensiones y deformaciones. - Estudio de cambios estructurales sobre elementos finitos, contornos cerrados y abiertos, bajo nodos estructurales. - Cargas estáticas y dinámicas. - Estudio del comportamiento de material bajo diferentes tipos procesos en condiciones específicas de temperatura y tensión controlada. - Cálculo de tensiones en estructuras, sobre diferentes materiales. - Estudio de cambios estructurales específicos, bajo condiciones matéricas como el módulo de Young, módulo de rigidez, Coeficiente de Poisson, densidad, límites elásticos, coeficientes de dilatación, conductividad, resistividad, calor específico, ect...

Datos extraídos del libro "Diseño Industrial por computador", Rafael Ferré Masip. Ediciones Marcombo, Boxareu Editores. Pag. 79-85.

- Tipología de la gestión de datos en sistemas DAO.

Los métodos de construcción dependen ante todo, de la arquitectura y gestión de los datos creados en base al programa de aplicación. Como hemos dicho anteriormente, las base de datos⁸⁸, son uno de los pilares de la integración de proceso de datos informativo en los sistemas DAO genéricos.

Los datos de geometría desde el punto de vista constructivo los programas DAO se hallan en la actualidad dominados por dos tipos de filosofías. el diseño paramétrico y el diseño variacional.

- El sistema de diseño paramétrico.

El diseño paramétrico es una metodología de diseño que utiliza soluciones técnicas geométricas bajo dimensiones establecidas ajustadas a las órdenes y restricciones predefinidas. El usuario selecciona órdenes o rutinas predeterminadas por el sistema que presentan variaciones geométricas limitadas de los que puede hacer uso ilimitado el usuario.

El diseño paramétrico solamente determina las posiciones de elementos geométricos mediante combinaciones predefinidas. Sin embargo, no puede solucionar de manera interactiva y relacional ecuaciones en base a incógnitas variacionales de las partes sobre el todo.

Podemos no obstante, podemos crear rutinas o sub-programas, basados en lenguaje de programación específico como los creadas bajo lenguaje C o mediante Autolisp⁸⁸, que definen una modalidad específica de procesos, que aún siendo paramétricos, puede considerarse en cierta manera variacionales, ya que permiten crear operaciones semiautomáticas o automáticas. Existen dos tipos de sistemas paramétricos:

- El sistema paramétrico tradicional. que se halla limitado como hemos dichos por la restricciones impuestas por la geometría misma.
- El sistema paramétrico variacional que permite relacionar ciertas operaciones geométricas controladas, capaces de dimensionar o modificar posiciones del modelo de una manera restringida mediante ecuaciones sencillas. En realidad dichas modificaciones se procesan separadamente de las restricciones geométricas y sus dimensionales en base a los elementos creados y no de forma global.

- El Sistema de diseño variacional.

El diseño variacional es una metodología de creación que utiliza de teoría fundamental de los gráficos en base a técnicas avanzadas de solución numérica, sobre el modelo. Presenta la posibilidad de realizar restricciones variacionales sobre aspectos geométricos y de ingeniería por medio de ecuaciones.

En los sistemas de diseño variacionales⁹⁰, el usuario especifica de manera previa las restricciones geométricas del dibujo en base a aspectos generales de paralelismo, perpendicularidad, tangencia, etc... junto a las restricciones de ingeniería como pueda ser el peso, consideraciones estructurales, propiedades físicas y materiales, etc.. Los sistemas satisfacen, de esa manera, la representación del modelo, no sólo por la posición de la geometría, sino por la coherencia del modelo en su conjunto⁹¹.

El sistema variacional puede incluso, resolver un problema formal y estructural de diseño aunque no se halle totalmente dimensionado.

Casi todas las funciones del sistema depende del contenido y la estructura de clasificación de los datos³², así como, un almacenamiento optimizado. Debido al gran número y variables manejadas en un sistema informático, cuando hablamos de estructuras tridimensionales medianamente complejas y la diversidad de procesos asociados que podemos utilizar existen tres tipos de categorías que describen la base de un sistema informático DAO de gestión de datos geométricos bi-tridimensionales:

- Gestión de datos jerárquico.
 - Gestión de datos en red o de forma asociativa.
 - Gestión de datos relacional o variacional.
- Gestión de datos jerárquico.

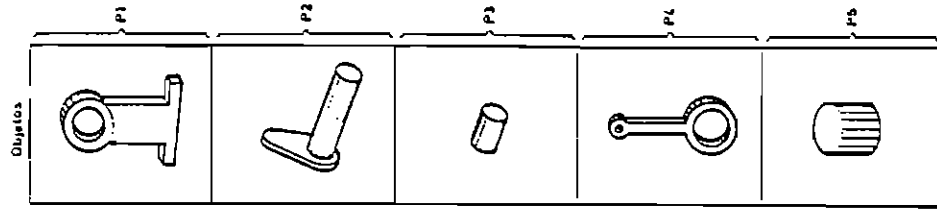
Parte de una jerarquía constructiva que comprende todos los niveles de geometría básica desde el punto hasta la superficie. Ello implica que un nivel puede representarse mediante varios subniveles enlazados, y a su vez comunicados con un nivel superior. Este proceso es uno de los más comunes en los programas DAO, que plantean la necesidad de crear los objetos a partir de elementos geométricos sencillos, para llegar a acceder a los más complejos. La relación jerárquica deriva de la dependencia de las formas simples sobre las compuestas.

Dentro de este apartado podemos encontrar programas como el AutoCAD, que establece la realización jerárquica de la geometría compleja, mediante la creación de bloques³³ y atributos que componen la biblioteca de objetos. El programa permite disponer de una biblioteca de formas 2D o 3D, que pueden ser llamadas y referenciadas en todo momento, formando parte de un conjunto de datos más complejo.

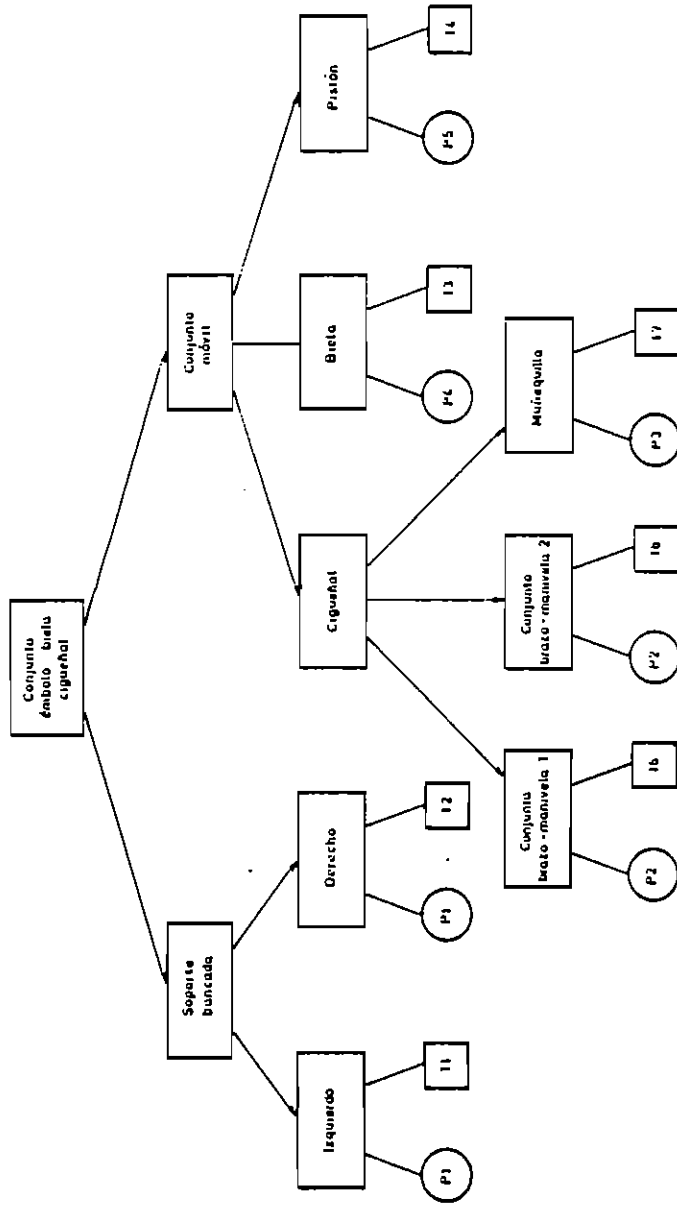
El método jerárquico puede limitarse a una agrupación de datos, de carácter igualitario a cualquier nivel de geometría o por el contrario, establecerse mediante la relación “padres e hijos”, donde existe una vinculación directa o indirecta.

Por tanto, el planteamiento jerárquico se mantienen según el nivel de dependencia que exista entre las partes, permitiendo cambios sobre los elementos de forma global o sobre sus partes.

Esquema XII



b)



a)

— Relaciones
 - - - - - Objetos y transformaciones asociadas

- Gestión de datos asociativo.

El nivel asociativo mantiene que los datos puede estar enlazados bajo un número de determinado de restricciones, tanto a nivel superior como inferior. Los valores de las entidades asociados varían, si se modifican los anteriores, ya que existen vínculos que han sido establecidos cuando fueron creados. Por ejemplo, cuando creamos copias de elementos sobre un elemento común, y sobre el que queremos que actúen los elementos en su conjunto. Es lo que se denominamos la creación de instancia sobre un elemento común o lo que encontrábamos ya, en el nivel jerárquico en la relación “padres e hijos”.

Este tipo de relación se hallan en algunos programas específicos de ingeniería, en la que podemos realizar operaciones concretas y después asociarlas o disociarlas para crear elementos complejos fuertemente vinculados.

- Gestión de datos relacional o variacional.

La gestión variacional de los datos se halla relacionado con el modelo de estructura planteada dentro de los programas paramétricos variacionales, que como veremos en el siguiente apartado definen un nueva generación de programas capaces de crear relaciones interactivas entre los datos ya creados.

El concepto inicial establece la posibilidad de modificar la geometría en base a variables personalizadas que se va a generar o que se ha generado previamente, mediante formulaciones restrictivas.

El método de gestión mantiene que cuando se realiza una variación específica relacionada, automáticamente varían, todas las medidas de la pieza en función de las restricciones generadas.

- Los modelos informáticos de representación.

Los modelos de representación a nivel informático, es uno de los puntos claves de los sistemas DAO en la actualidad. La mejora en la representación de los datos, ha permitido vincular de manera más estrecha al diseñador y no al técnico informático, sobre las posibilidades plásticas de los sistemas, como una aplicación directa sobre los métodos proyectuales de un diseño. Existen cuatro tipos de modelos conocidos:

- El modelo alámbrico.
- El modelo de fronteras.
- El modelo basados en OCTREES.
- El modelo basado en construcciones de sólidos o CSG.

- El modelo alámbrico.

Este modelo se basa en la representación de los datos mediante algoritmos que consideran un trazado lineal de los límites y contornos de las formas creadas en el espacio. Este modelo es uno de los más utilizados en los sistemas DAO debido a la representación esquemática de la geometría, que es capaz de realizar.

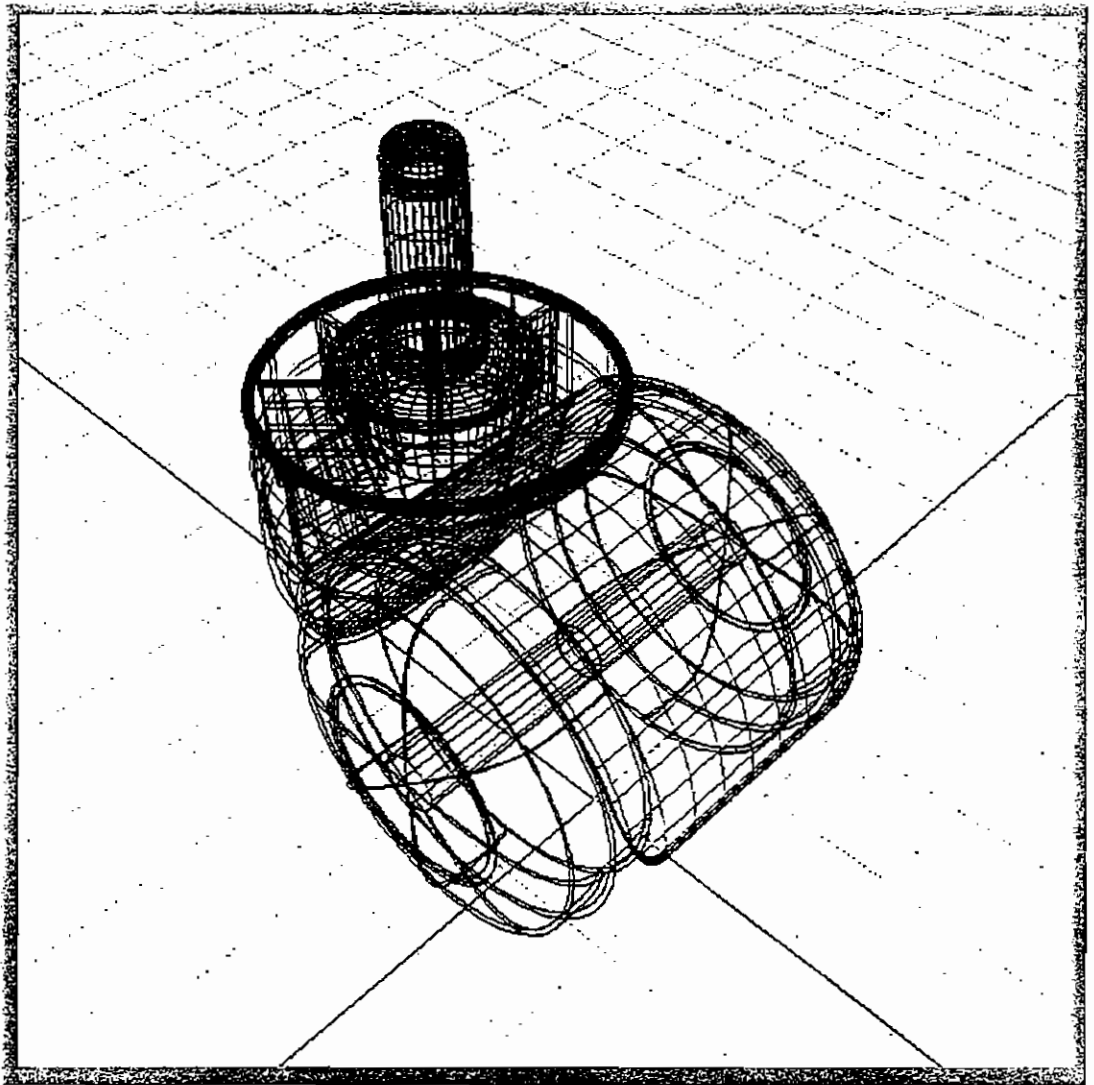
La visualización puede realizarse con todas las líneas visibles u ocultando las líneas situadas por detrás de las líneas más próximas al observador. Los objetos representados mediante líneas, implica ciertos problemas de tipo visual característicos de este tipo de presentación en función de la organización mental de la forma y que se ve más acusada sobre las formas tridimensionales. Por ejemplo, cuando nos hallamos ante un modelo tridimensional cuya proyección se halla definida de forma isométrica, podemos sufrir cambios apreciativos de orientación, bajo el fenómeno de reversibilidad.

La orientación de la pieza en el ámbito informático es uno de los factores claves que definen tanto la transformación como el ensamblaje de unas piezas con otras y por tanto, se intenta suplir mediante la complementariedad de otros algoritmos que permitan reducir este tipo de problemas, como es el caso de la representación en líneas ocultas o mediante un sombreado de los elementos.

Los métodos constructivos utilizados para obtener un modelo alámbrico es recogida por la mayoría de los sistemas DAO, de dos maneras diferentes:

- Mediante la generación de un modelo alámbrico real basado en elementos constructivos de tipo lineal o basado en curvas, que formalicen los límites y los contornos de la forma a nivel bidimensional o tridimensional, cuya función es meramente simbólica y cuya representación a otros modelos de representación avanzado necesitan de la creación de superficies o caras.
- Mediante la generación de un modelo alámbrico, procesado mediante algoritmos de trazado de líneas, que permiten representar de forma esquemática un modelo de fronteras, o sólidos por ejemplo, y cuyas propiedades superficiales se hallan relegadas en un segundo término, por la importancia de los límites de la forma.

Imagen 29



- El modelo de fronteras.

Conocido también como modelo de fronteras B-REP, dispone los datos mediante una representación creada en base a caras o polígonos, que definen las superficies.

Este modelo puede partir inicialmente a través de un modelo alámbrico, del que disponemos de suficiente información para generar las superficies o caras necesarias para modelar nuestro modelo a nivel tridimensional. Se utiliza, por tanto, para ampliar la información dimensional basada en contornos, mediante algoritmos capaces de tratar y representar elementos con coherencia visual .

La creación y manipulación de objetos bajo este modelo se realiza mediante diversos procesos implicados en el desarrollo de superficies abiertas o cerradas, como vimos en el apartado dedicado a la definición de las categorías constructivas más usuales. La manipulación se realiza, por tanto, teniendo en cuenta las uniones, por diferentes tipos de redondeo, el recorte por proyección, o el ensamblaje, etc...

Este modelo es asumido por la mayoría de los sistemas DAO, en oposición a aquellos programas que solamente permiten generar piezas de tipo sólido o de elementos finitos. No obstante, es posible su transformación a otros modelos de representación como el sólido siempre y cuando éstos sean entidades cerradas*.

Esquema XIII

CREACIÓN BASADO EN EL MODELO DE FRONTERAS

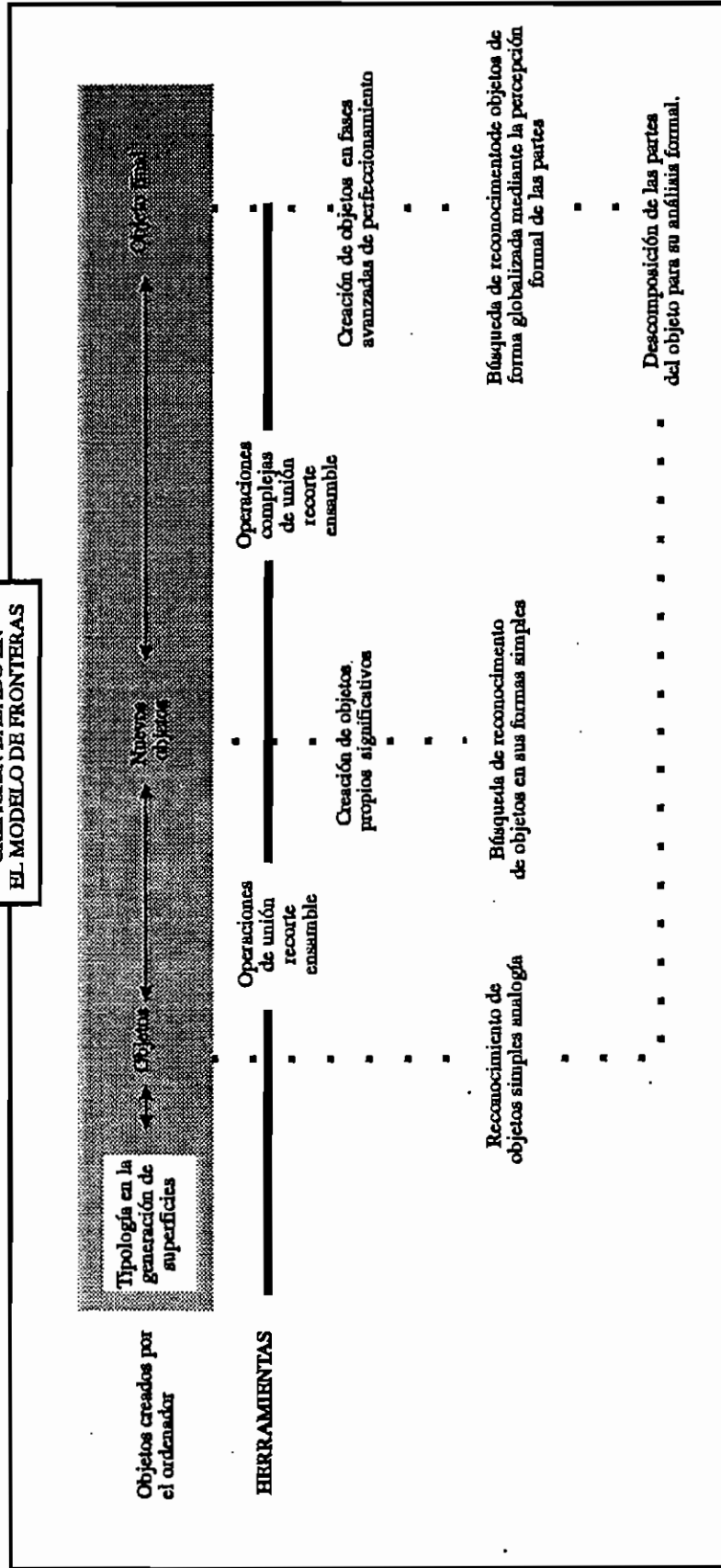
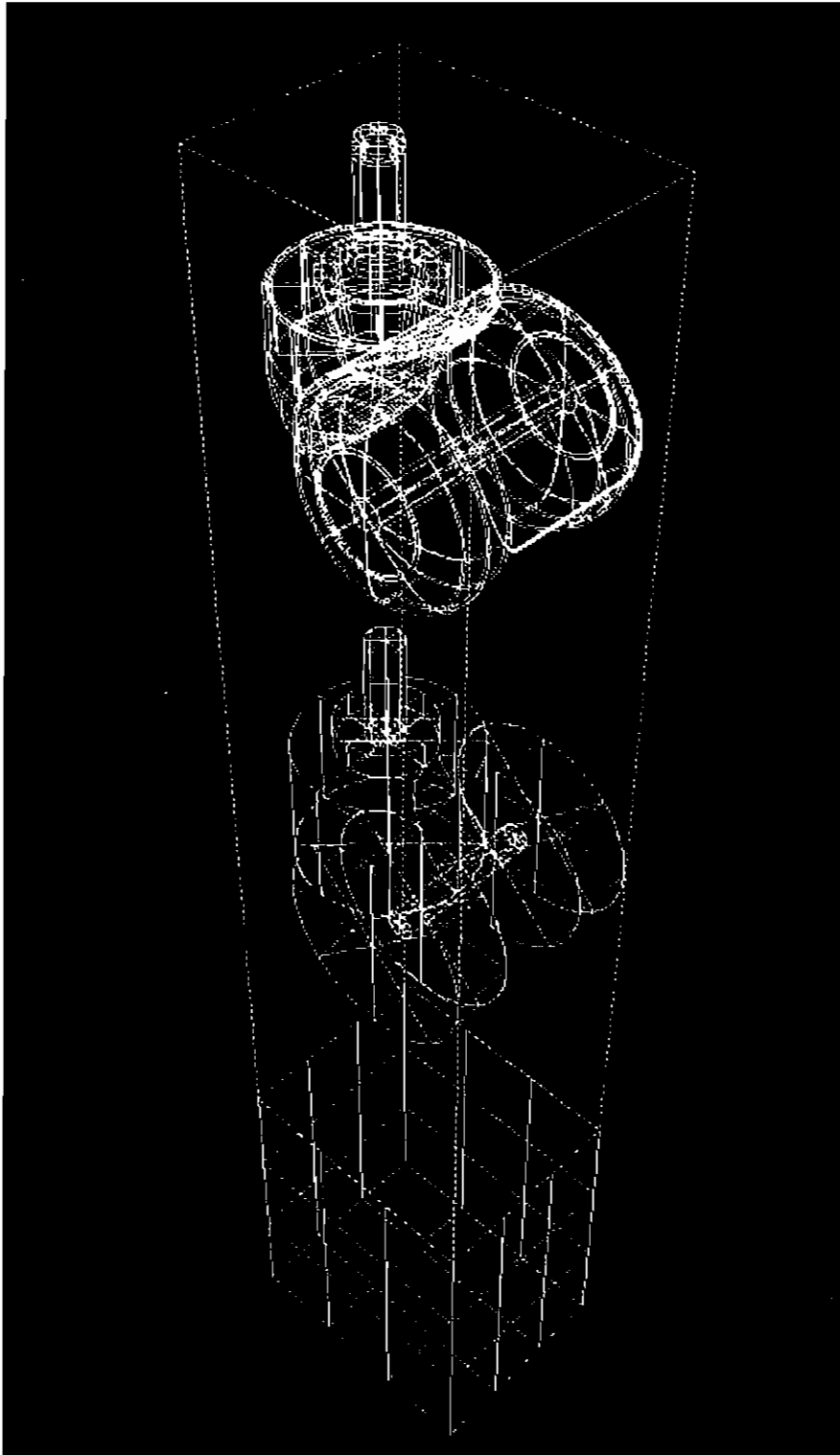


Imagen 30



- El modelo basado en sólidos o CSG.

El modelo sólido es un tipo de entidad cerrada que puede simularse, como en los dos casos anteriores bajo diversos algoritmos de carácter sencillo, como es el modelo alámbrico, o mediante algoritmos avanzados como los que permiten tratar las entidades mediante sombreado. Las características base que debe cumplir los sólidos son los de dominio grado de unicidad, coherencia de representación, memoria reducida, facilidad de creación de objetos.

En este modelo generar volúmenes a partir de superficies o caras, ya que el usuario dispone de mecanismos matemáticos que generan la entidad de una manera coherente desde sus inicios. Esta coherencia define los sólidos elementales o primitivas mediante fórmulas matemáticas de elementos simples tridimensionales, como el cubo, la esfera, el cono, etc...

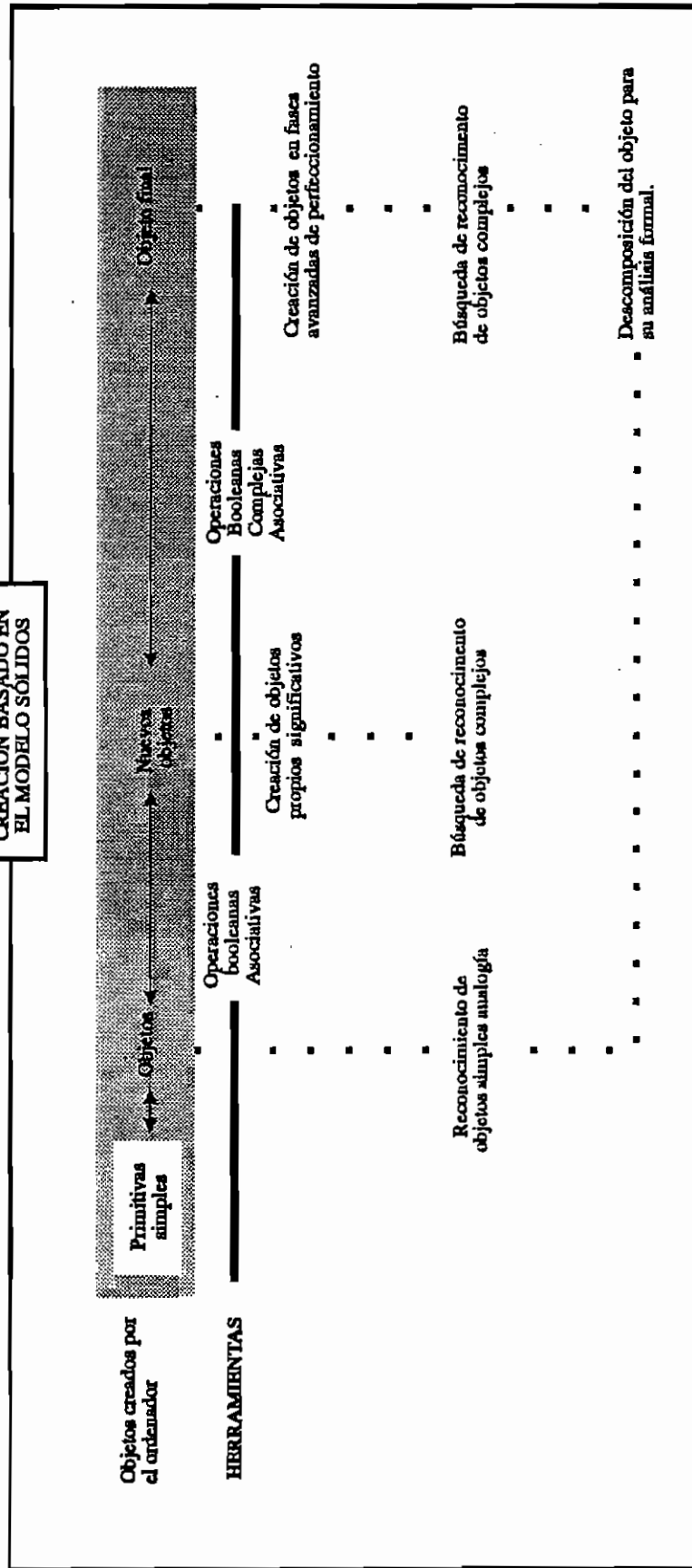
La combinación de estos sólidos elementales definidos, por las operaciones de unión, intersección, e interferencia que permiten la creación de geometría más compleja. Es posible su transformación a otros modelos de representación a nivel visual, como el alámbrico, y a nivel funcional como el modelo alámbrico.

Imagen 31



Esquema XIV

CREACIÓN BASADO EN EL MODELO SÓLIDOS



- El modelo basado en elementos finitos.

Es también llamado modelo de descomposición celular, modelo de OCTRESS. El concepto inicial de los elementos finitos parten de la composición del elemento o entidad en el espacio tridimensional de elementos regulares³⁶, mediante una malla cúbica, por ejemplo, implica un control total de la forma tanto a nivel interno como externo del espacio disponible y que por tanto, permiten un control directo a nivel posicional y de propiedades de los puntos o áreas, en cualquier dirección.

El proceso implica que cada porción de espacio que define al objeto se divide en N divisiones en base a los ejes tridimensionales en el espacio, obteniendo N particiones elevado a la tercera potencia, mediante cubos, equivalentes a un total de N elevado a la tercera potencia de bits.

Este sistema asegura la unicidad de los objetos modelados, pero ocupa gran cantidad de memoria. Una mejora dentro de la reducción de memoria de este sistema ha sido la creación de una codificación mediante arboles octales u OCTTREES, donde el espacio se divide en cubos regulares, de forma que se deja a la mínima división la periferia del objeto.

A nivel visual, el modelo de elementos finitos, necesita de una gran capacidad de cálculo, debido a que, para una representación medianamente coherente, necesita de un gran número de divisiones o componentes finitos.

Cuando nos hallamos ante un objeto con formas curvas o inclinadas, la estructura de los elementos finitos pueden deformar la imagen, debido a que estamos ante una estructura formada por cubos, presentando los bordes de forma escalonada.

En general, este modelo es no es utilizado como representación de objetos de una manera general, ya que se utiliza solamente en los casos especiales de creación de elementos finitos, como un tipo de representación propia. No obstante, es adecuado para el cálculo matemático y estadístico de estructuras tridimensionales, cuya importancia domina en los campos de ingeniería de producto en base a los cambios en las características físicas de un objeto-masa, volumen, tensiones, etc...

Es posible la transformación a otros modelos de representación tanto a nivel visual, como de construcción siempre y cuando estos cumplan determinadas características, relacionadas con los parámetros matemáticos que la definan.

Tabla XX

Modelos informáticos de representación del objeto

Modelo	Métodos de creación	Características
Modelo alámbrico	<ul style="list-style-type: none"> - Se crean a través de geometría simple, como líneas o curvas, mediante la introducción de datos bi o tridimensionales en el espacio. - El método de representación visual se basa en algoritmos de Z-Buffer o líneas ocultas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesita poca memoria para su representación, ya que se basa en elementos formales de contorno. - Tiende a ser un modelo de representación ambiguo a la hora de una interpretación visual tridimensional. - Es un modelo con coherencia visual primario. - Puede ser utilizado por otros tipos de modelos para una representación rápida basada en sus límites.
Modelo de fronteras	<ul style="list-style-type: none"> - El objeto se basa en superficies abiertas o cerradas en combinación. - Las superficies pueden crearse a partir de contornos que los delimitan. - Los procesos de creación se realizan mediante la unión o ensamble de piezas, así como la posibilidad de generar superficies complejas a través de uniones o recortes. - Permite la creación de superficies analíticas. - Permite la aplicación de sombreados y texturas sobre ellos y por tanto, mejorar la calidad visual inicial. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es la técnica más utilizada en los sistemas de modelado geométrico para la creación y visualización de superficies. - Presenta una representación compacta y unificada. - Necesita tener una memoria de procesado que cubra visualmente la cantidad de información generada. - La estructura visual de los objetos creados tiene en cuenta la orientación de la normal de la superficie.
Modelo de elementos finitos	<ul style="list-style-type: none"> - Se basa en estructuras de elementos regulares cerradas controladas por nodos. - Dividen al objeto en porciones de espacio bajo un número controlable de divisiones, capaces de controlarse de manera global o individual. - Es posible realizar operaciones de unión, intersección y diferencia entre superficies de una manera controlada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es un sistema visual específico de los elementos finitos. - Permite cálculos estructurales y análisis de control de todo tipo. - Permite su paso a otros sistemas de visualización como el alámbrico. - Permite la transformación de datos a nivel de sólidos. - Ocupa gran cantidad de memoria.
Modelo de Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> - Se basa en una estructura cerrada, y coherente, capaz de representar entidades geométricas sencillas tridimensionales, conocidas como primitivas. - Utiliza operaciones booleanas de unión, intersección y diferencia para generar de objetos complejos. - Permite su conversión a modelo de fronteras, por mallado y a elementos finitos por poligonización. 	<ul style="list-style-type: none"> - Presentan una coherencia en la representación de los datos interiores y exteriores. - Establecen operaciones booleanas sencillas de creación. - Necesitan gran cantidad de memoria para su procesado visual y matemático. - Permite la visualización en otros tipos de modelos como el alámbrico, líneas ocultas, etc...

Datos extraídos del artículo "Diseño geométrico asistido por ordenador" de Pere Brunet i Crosa. Serie: Mundo electrónico. Ediciones Marcombo, Boixareu Editores. Pag. 73-83.

Notas

- ¹ Attilio Marcolli. "Teoría del campo". Xarait Ediciones. Alberto Corazón Editor. Madrid, 1978. Pag. 85.
- ² Edward T. Hall. "La dimensión oculta". Siglo Veintiuno Editores. México, 1982. Pag. 56-57.
- ³ J. J. Gibson. "La percepción del mundo visual". Ediciones Infinito. Buenos Aires, 1974. Pag. 105-107.
- ⁴ Irvin Rock. "La percepción". Editorial Labor, Barcelona, 1985. Pag. 84-85.
- ⁵ R. Herst, J. Reiner, D. Paolitto. "El crecimiento moral de Piaget a Kholberg". Editorial Narcea, Madrid, 1979. Pag. 26-43.
- ⁶ Jean Piaget. "La construcción de lo real en el niño". Editorial Critica. Ediciones Grijalbo. Barcelona, 1985. Pag. 65-69.
- ⁷ Estas conductas desarrolladas por Piaget se dividen en 5 aspectos conocidos como "La teoría de la búsqueda del objeto". Entre las características más destacadas de esta teoría se hallan los conceptos de:
- La acomodación visual de los movimientos rápidos.
 - La presión interrumpida.
 - La reacción circular diferida.
 - La reconstrucción de un todo invisible a partir de fragmentos visibles.
 - La supresión de obstáculos que impiden la percepción.
- ⁸ J. J. Gibson dice que existe una extensión lateral de izquierda a derecha de 180 grados y unos 150 grados de la parte superior a la inferior. Si se cierra un ojo desaparece una tercera parte del campo en el lado correspondiente. J. J. Gibson "La percepción del mundo visual". Editorial Infinito. Buenos Aires, 1975. Pag. 48.
- ⁹ J. J. Gibson. "La percepción del mundo visual". Ediciones Infinito. Buenos Aires, 1974. Pag. 47-68.
- ¹⁰ Esta limitación se establece, si se cierra un ojo, ya que se observará que, una tercera parte del campo desaparece y así como el límite que corresponde al contorno de la nariz.
- ¹¹ Rupert Riedl. "Biología del conocimiento". Editorial Labor Universitaria. Barcelona, 1983. Pag. 126-130.
- ¹² Los movimientos de ojeada de este tipo se llaman también oculares sacádicos.
- ¹³ Esta coordinación es conocida como "la covariación del movimiento visual y muscular", que implica una relación entre algunas acciones que necesitan una calibración directa, y que nos permite percibir el espacio y la profundidad de una manera empírica. Por ejemplo, cuando cogemos un objeto situado a cierta distancia.
- ¹⁴ Si la representación de una imagen induce a los ojos a diverger, mas allá de la posición paralela normal para observar una vista, y que es conocido a nivel fisiológico como estrabismo.
- ¹⁵ Cuando los objetos se ven a más de 54 metros, las líneas de visión se presentarán paralelas, y los punto retinianos considerados al ver una imagen se sitúan sobre un mismo punto. Si, por el contrario, el observador desplaza la mirada a un objeto menor a dicho valor, los ojos tienden a converger situando las imágenes en punto retinianos levemente separados.
- ¹⁶ Efecto conocido como dioplía, que se produce por el hecho de que los ojos ven el mundo desde distintas posiciones de la cabeza.
- ¹⁷ William N. Dember, Joel S. Warm. "Psicología de la percepción". Alianza Psicología. Alianza Editorial. Madrid, 1990. Pag. 205.
- ¹⁸ E. Bruce Goldstein. "Sensación y percepción". Editorial DEBATE, Madrid, 1993. Pag. 233.
- ¹⁹ La región alrededor del horóptero que produce imágenes únicas se denomina "Área de fusión de Panúm".
- ²⁰ Un ejemplo destacado que ha cobrado gran popularidad en la actualidad son las imágenes conocidas como estereogramas de puntos distribuidos al azar. Fueron investigados por Bela Julesz en 1959, quien de una manera muy rudimentaria creó pares de imágenes formadas por distribuciones de puntos que parecían hallarse de forma aleatoria. Cuando se examinaban monocularmente no existía ningún vínculo entre ellas, pero se fusionaban cuando se enfocaban cada imagen a un ojo de forma simultánea, dando un precepto de formas y superficies con

estructura tridimensional. Es evidente que estos preceptos son causados por la disparidad estereoscópica entre los elementos correspondientes de las imágenes representadas en cada ojo.

²¹ J. J. Gibson. "La percepción en el mundo visual". Ediciones Infinito. Buenos Aires, Argentina. 1975. Pag. 166-187.

²² Recordemos que este efecto se puede percibir cuando movemos rotacionalmente un objeto visualizado en el ordenador mediante estructura alámbrica, donde sufriremos cambios de variación de tamaño perceptible.

²³ Término creado por Von Holst y Mittelstädt en 1950.

²⁴ Experimentos realizados por Irvin Rock y Ebenholtz en 1959.

²⁵ Los objetos que cubren más superficie del fondo de su entorno inmediato que los pequeños.

²⁶ Este aspecto será retomado posteriormente en el capítulo 4º, en el apartado sobre luminarias.

²⁷ Vilayanur S. Ramachandran. "Percepción de la forma a partir del sombreado". Scientific American. Octubre, 1988. Pag. 68-77.

²⁸ Si la zona que hemos considerado como sombra se remarca se pierde el efecto creándose una interpretación discontinua de la superficie. William N. Dember, Joel S. Warm. "Psicología de la percepción". Alianza Psicológica. Madrid, 1990. Pag. 189.

²⁹ Un ejemplo a nivel informático a este concepto, es sin duda, la simulación de texturaciones a nivel visual de protuberancias e indentaciones conocida en inglés como efecto de "bump-mapping".

³⁰ V. S. Ramachandran. "La percepción de la forma a partir del sombreado". Scientific American. Investigación y Ciencia. Octubre 1988. Pag. 68-80.

³¹ Este hecho podría relacionarse con la idea de que, en un ambiente natural exista solamente una fuente de luz dominante omnidireccional, como es el sol.

³² Sobre este hecho, los investigadores mantienen que existen tres capas de células dentro de nuestra red neuronal que recogen la entrada, la salida y la ocultación de la iluminación de forma. Al estudiar diferentes tipos de células receptoras de la visión hallaron que existía una variación en las estimulaciones en función de las figuras percibidas por el ojo, como por ejemplo, barras de diferentes longitudes, anchuras y orientaciones. Ello se asemeja a las células detectoras de los límites de los contornos que fueron descritas anteriormente en el capítulo 1º.

³³ Colin Rowe, Robert Slutzky. "Transparencia literal y fenomenológica". Revista Arquitectura. Colegio de Arquitectos de Madrid, nº- 210. Septiembre- Octubre. Madrid, 1978. Pag. 34- 43.

³⁴ A nivel fisiológico, el cálculo de un tamaño proximal del objeto se realiza en función del ángulo visual, cuya fórmula es:

$$\text{Tan } \alpha = \text{Tamaño/Distancia.}$$

donde α es el ángulo visual creado, T es el tamaño constante del objeto a una distancia D específica.

³⁵ Rudolph Arnheim. "El cine como arte". Ediciones Infinito. Buenos Aires, Argentina. 1971. Pag. 18.

³⁶ Las condiciones de la visión en el ser humano dan menos importancia a los gradiente de textura con visión binocular que con visión monocular.

³⁷ Edward T. Hall. "La dimensión oculta". Ediciones siglo Veintiuno. México, 1982. Pag. 6- 29.

³⁸ Goretti Pomé. "Aspectos técnicos de la realidad virtual". AutoCAD, nº 34. Diciembre 1994- Enero 1995. Pag. 72-79.

³⁹ El desarrollo industrial, el aumento del concepto de consumo y el incremento de las actividades productivas, han producido un cambio radical que afecta a las nuevas tendencias artísticas que, desde principios de siglo, se ha traducido en la búsqueda de nuevas configuraciones del espacio.

⁴⁰ Las teorías más desarrolladas hasta el momento sobre este fenómeno se deben a Joseph Di Lorenzo y Irvin Rock, que propusieron una teoría que explicaba el fenómeno de la siguiente manera: "...una gran estructura con coordenadas rectangulares tiende a convertirse en sustituto del sistema de coordenadas vertical y horizontal del espacio abarcando un gran ángulo de su campo visual. Si el observador esta fuera de la estructura, la solución es de compromiso ya que existe un conflicto entre la información visual del entorno y la información procedente de la gravedad y la estructura visual". Irvin Rock. "La percepción". Editorial Labor, Barcelona, 1985

⁴¹ Irvin Rock. "La percepción". Editorial Labor, Barcelona, 1985. Pag 204.

⁴² J. J. Gibson. "La percepción del mundo visual". Ediciones infinito. Buenos Aires. Pag. 16.

⁴³ Rudolph Arnheim. "El cine como arte". Ediciones Infinito. Buenos Aires, 1971. Pag. 19-22.

⁴⁴ Puede existir una pérdida de visualización del objeto total o parcial cuando realizamos una ampliación o reducción del entorno. Para ello nuestra mente es capaz de construir mentalmente y en base a la reglas de la Gestalt, las zonas que faltan visualizar.

⁴⁵ J. J Gibson. "La percepción en el mundo visual". Editorial Infinito. Buenos Aires. 1975. Pag. 57.

⁴⁶ El tamaño del entorno respecto a los planos laterales de recorte pueden no hallarse explícitamente.

El usuario necesita por lo menos, determinar la profundidad entre el plano más cercano a la pantalla y el más alejado a lo largo del eje Z, que determinado como convencionalidad de la profundidad del objeto y del entorno. Complementariamente se podrá especificar el medio ángulo, que existe entre una pared lateral y la línea que parte del centro de la pantalla visual, desde el ojo.

⁴⁷ Andrew S. Glassner. "3-D Computer Graphics. User Guide for artist and Designers ". Ediciones Design Press. Londres. Pag. 57.

⁴⁸ Attilio Marconi. "Teoría de Campo". Xarait Ediciones, Madrid, 1978. Pag. 82.

⁴⁹ Rudolph Arnheim. "El poder del centro". Alianza Forma. Alianza Editorial. Madrid, 1984. Pag. 81-85.

⁵⁰ Desde el punto de vista de creación en un programa gráfico será necesario disponer de un punto inicial y un punto final dentro de la definición de límites de su visualización bidimensional en pantalla, por tanto, debemos definir un sistema de coordenadas lógico, denominado Sistema de Coordenadas Normalizado, conocido como NCD. Debe hallarse representado en la pantalla de forma independiente los límites de la misma. Recordemos el marco de las ventanas de trabajo donde se sitúan los diferentes iconos interactivos con los valores referenciales en X e Y.

⁵¹ Si el objeto está situado fuera de estos contornos, no podrá ser visto en el entorno visible de la ventana. Si las coordenadas de posición del objeto no se hallan en el campo de visualización, es decir, dentro de nuestra ventana de visión, necesitarán un ajuste en la "apertura" ó límite de la misma. Esto también ocurre cuando el objeto se crea fuera del espacio o límites del SCW disponible, el cual también dispone de un valor de recorte, que hace más patente la idea de límite de la profundidad.

⁵² SCW, correspondientes a las siglas System Coordinates of Word. Extraído del libro de James D. Foley, Andres Van Dam "Fundamentals of Interactive Computer Graphics ". Ediciones Addison Wesley Publishing Company.

⁵³ SCP, Corresponde a las siglas inglesas de System Coordinates Personal.

⁵⁴ Alejandro Hidalgo de Caviedes y Gómez. "Dibujo Técnico Industrial ". Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Valencia.

⁵⁵ J. Campos Asenjo. "Sistemas de representación ". Ediciones Campos. Madrid, 1975.

⁵⁶ Attilio Marconi. "Teoría del campo". Xarait Ediciones. Alberto Corazón Editor. Madrid, 1971. Pag. 83.

⁵⁷ Esto se produce en las culturas primitivas como en la antigua China ó egipcia, o en tribus de la Amazonía. Edward T. Hall. "La dimensión oculta". Ediciones siglo Veintiuno. México, 1982.

⁵⁸ El Teorema VII de Euclides dice: "Tamaños desiguales alineados deben ser vistos como iguales sin son iguales los ángulos que los comprenden". El teorema VIII de Euclides dice: "Los tamaños iguales colocados a distancias desiguales no deben ser vistos en proporción a esos intervalos, sino a los ángulos que los comprenden". Erwin Panofsky. "La perspectiva como forma simbólica". Tusquets Editores. Barcelona, 1980

⁵⁹ Vitubrio en su libro en uno de sus 10 libros dedicado a la arquitectura mantiene que la "escenografía" es la representación de la perspectiva de una imagen tridimensional sobre el plano se fundamenta en la perspectiva central de un punto de vista único". Erwin Panofsky. "La perspectiva como forma simbólica". Tusquets Editores. Barcelona, 1980

⁶⁰ E. Bruce Goldstein. "Sensación y percepción". Editorial Debate. Madrid, 1992. Pag. 228-229.

⁶¹ Bruno Ernst. "El espejo mágico de Escher". Editorial Taschen. Alemania, 1994. Pag. 42.

⁶² Erwin Panofsky. "La perspectiva como forma simbólica". Tusquets Editores. Barcelona, 1980.

⁶³ Estos algoritmos serán descritos en el capítulo 5º dentro de los aspectos técnicos y metodológicos en la formalización de imágenes sintéticas.

⁶⁴ Es necesario por tanto, disponer de un sistema de representación más avanzado que permita el sombreado o la ocultación de líneas de las formas lejanas sobre las más próximas.

⁶⁵ Esta visión del mundo, es considerada como una de las primeras clasificaciones de los elementos en base a figuras geométricas estructurales, simples donde la tierra era representada por un cubo, el fuego por un tetraedro, el aire por un octaedro, el agua por un icosaedro.

⁶⁶ Attilio Marconi. "Teoría del campo". Xarait Ediciones. Alberto Corazón. Ed. Madrid, 1971. Pag. 11-20.

⁶⁷ Esto ocurre significativamente, cuando utilizamos la representación de una rejilla en el espacio disponible en el ordenador para la creación de puntos referenciales en dimensión y orientación.

⁶⁸ El grado de continuidad creado se relaciona, en general, con el grado de interpolación de la línea sobre los puntos sobre los que pasa. En este caso no existen puntos referenciales de interpolación anexos, como ocurre en las curvas y por tanto, los valores se sitúan entre 0 y 1.

⁶⁹ Pere Brunet i Crosa. "Diseño geométrico asistido por ordenador. Modelado de curvas". Serie: Mundo electrónico. Ediciones Marcombo, Boixareu Editores. Pag. 73-83.

⁷⁰ SURFACER. Manual de referencia. Surfacer Corporation, 1994. Apéndice A.

⁷¹ ALIAS. Manual de referencia. Alias Research. Toronto. 1994.

⁷² Siglas inglesas de Non uniform rational B-Spline, traducido como B- Splines no uniformes racionalizadas.

⁷³ Un caso especial sobre las direcciones de creación U y V de una superficie, son las superficies creadas a través de recortes, llamadas también "superficies de recorte".

⁷⁴ En la creación de imágenes sintéticas, podemos modificar la dirección de la normal de las superficies, comprobando que, en algunas ocasiones, una superficie que se halle representada en su modo alámbrico, "desaparece" o se vuelve invisible. Ello se debe a que la dirección de la normal no se hallan mirando, "hacia afuera", hacia el observador y por tanto, el algoritmo no puede tratarlo, convenientemente. Manual Alias v.3. Alias Research, Toronto, 1993.

⁷⁵ Entre ellos destacaremos el programa SURFACER, bajo entorno de estación de trabajo, que permite generar superficies a través de nubes de puntos obtenidas mediante un digitalizador láser tridimensional. Posteriormente la superficie creada bajo este programa se puede exportar a sistemas convencionales via ficheros de intercambio de geometría 3D, como IGES, VDA. DXF, sobre plataformas PC o WST, en programas como AutoCAD, MicroCAD, 3DSTUDIO, ALIAS, WIREFRONT, SOFTIMAGE, etc...

⁷⁶ Este sistema es utilizado en AutoCAD, para generar superficies en los modelos creados en alambre. Javier López Fernández, José Antonio Tajadura Zapirain " AutoCAD avanzado, versión 11 ". MacGraw-Hill. Madrid, 1992

⁷⁷ Este tipo de construcción es utilizada por ciertos programas avanzados cuando se desea crear un contorno complejo, como un silueteado de una forma concreta representada en una fotografía, por ejemplo. Una vez generada la cara compleja podremos aplicar una textura, motivo o imagen deseada. Manual referencia. Alias v.5. Alias Research. Toronto, 1994.

⁷⁸ Xavier Pueyo, Alfredo Guitard. " Técnicas gráficas para el postproceso". Serie: Mundo electrónico. Ediciones Marcombo, Boixareu Editores. Pag. 84-91.

⁷⁹ Este proceso será mostrado mas detalladamente en el capítulo 6º, en relación con casos concretos de creación digital aplicada a la Industria y al Diseño de Producto.

⁸⁰ En geometría descriptiva la definición proyectiva de dos superficies en contacto es una recta o curva en función de las propiedades iniciales de las cuales se parte.

⁸¹ Esta problemática se desarrollará más ampliamente en el capítulo 6º, durante las descripciones metodológicas planteadas por la doctoranda, y en concreto, en el desarrollo del diseño proyectual en el sector del mueble.

⁸² Pere Brunet i Crosa. "Diseño geométrico asistido por ordenador". Serie: Mundo electrónico. Ediciones Marcombo, Boixareu Editores. Pag. 73-83.

⁸³ AutoCAD v. 12. Manual de referencia. Autodesk Co.

⁸⁴ 3DSTUDIO v. 4. Manual de referencia. Autodesk Co.

⁸⁵ Como veremos mas adelante, es el tipo de nivel el que nos determinará la metodología básica para la creación de elementos. Nos permitirá diferenciar también, la potencia de los programas y la manera en que resuelven conceptualmente los objetos en el espacio del ordenador

⁸⁶ Francisco J. Perales y Ricard Vilata. " Diseño actual: paquetes gráficos y CAD". Informática Test. nº-34. Agosto-Septiembre. 1986. Pag. 27-29.

⁸⁷ Este aspecto se verá mas detenidamente en el capítulo 5º, dedicado a los aspectos tecnológicos de creación y visualización en pantalla.

⁸⁸ Nahum Gershon, Jeff Dozier. "El problema de los datos".Revista BINARY, Junio 1993. Pag.102- 105.

⁸⁹ Manual AutoCAD v.12 . AutoDesk Co.

⁹⁰ J. C. H. Chung, M. D. Schussell. Structural Dynamics Research Co. Midford, USA. Revista CFAO de Infografía. Vol. 4 n°-4. Pag. 81-101.

⁹¹ Recordemos la importancia de la coherencia del objeto tridimensional en el espacio de la pantalla.

⁹² Rafel Ferré Masip. " Diseño Industrial por computador ". Editorial Marcombo. Boixareu editores. Barcelona. 1987. Pag. 46-50.

⁹³ Eni Zimbarq. " Las ventajas de usar bloques en AutoCAD ". AutoCAD Magazine. Pag. 84-88.

⁹⁴ El proceso, generalmente se produce, una vez cerrado por la conversión a triángulo o cuadrados de la geometría conocido como poligonización del modelo. Este, podrá convertirse de esta manera, en un modelo sólido, para su posterior tratamiento por elementos finitos, en programas o módulos de cálculo estructural o en la creación de mecanizados y prototipos por SLA, estereolitografía.

⁹⁵ Entre los más usuales encontramos las superficies triangulares de 3,6 y 9 nodos, las superficies rectangulares de 4,8, 12 nodos, los cubos de 8,20,32 nodos, etc...

Glosario

- **Acomodación.** Proceso que actúa durante la focalización de los objetos por el ojo, cuando éstos se hallan a distancia. Sirve para proporcionar información respecto a la magnitud de la distancia sujeto-objeto.
- **Ángulo visual.** Es el ángulo de un objeto es el formado por las dos líneas imaginarias que se extienden desde el ojo del observador los dos extremos del objeto.
- **Ángulo visual, ley del.** La percepción del tamaño de un objeto sólo depende de la magnitud de su ángulo visual.
- **Coordenadas cartesianas.** Sistema de referencia de dos ejes en la superficie plana de tres en el espacio tridimensional. Coincidentes en el centro o eje y perpendiculares entre si, las coordenadas pueden servir de marco de referencia para situar objetos en la composición visual. Dinámicamente éstos ejes se cortan en el centro de equilibrio de la composición sirven según Arnheim de base para las fuerzas visuales.
- **Constancia.** Según Arnheim es la medida en que los objetos del mundo físico parecen poseer la misma forma y el mismo tamaño que tienen físicamente. El espacio objetivo tiene un cien por cien de constancia en tanto que el espacio proyectivo carece de ella. Las experiencias visuales reales poseen un grado de constancia intermedio.
- **Cúpula celeste.** Concepto referido al hecho de que puede verse el cielo como si fuera una superficie esférica. La mayor parte de las observaciones se perciben como si fuese una semiesfera aplastada en su parte superior o cenit y que por lo tanto parece más próxima que el horizonte.
- **Espacio.** Medio constituido por la totalidad de las relaciones de forma color y movimiento en las que participan dos o tres dimensiones del espacio. La percepción de los planos es el escaso límite en que la profundidad, la tercera dimensión alcanza un mínimo. El espacio pictórico posee un grado de profundidad que la proyección aporta
- **Estructura.** Configuración de fuerzas o esquema de formas desprovista en si misma de dinamismo.
- **Formato.** Forma y orientación espacial de una cuadro o escena enmarcado especialmente en cuanto a la diferencia entre un rectángulo vertical y otro horizontal.
- **Invariantes.** Propiedades del ambiente que permanecen constante cuando el observador se desplaza. Según la teoría de los Gradientes de Gibson. En el espacio existente en las proyecciones de un gradiente de textura no cambia con los movimientos del observador sobre el gradiente. La proyección de una textura es por tanto un invariante.
- **Regresión fenomenológica al objeto real.** Es la teoría que muestra que la percepción de un objeto tiende a ser más próxima a su forma física que a la que posea la imagen retiniana.
- **Convergencia.** Sensaciones musculares que se producen cuando los ojos giran hacia dentro convergiendo y hacia fuera divergen para contemplar objetos situados a distancias diferentes
- **Disparidad binocular.** Se produce cuando las imágenes retinianas de un objeto se proyectan en un punto no equivalentes de ambas retinas.
- **Esterograma de puntos aleatorios.** Corresponde a los estímulos de dos imágenes semejante de puntos aleatorios. Una de ellas tiene su estructura desplazada ligeramente en una dirección de forma que esta desviación crea la disparidad que produce la sensación de profundidad..
- **Estereoscopio.** Dispositivo que presenta imágenes en ambos ojos de forma que se reproduce la disparidad binocular que se experimenta en una situación real.
- **Horóptero.** Superficie imaginaria que pasa a través de un punto de fijación. Los objetos ubicados en esta superficie tienen imágenes retinianas que se proyectan en puntos equivalentes de las dos retinas.
- **Patrón de flujo.** La forma en que fluyen las proyecciones de los objetos debido a los movimientos del observador.

- **Perspectiva, la.** Medio de representar proyectivamente en una superficie plana objetos tridimensionales. La perspectiva crea, en general, profundidad visual modificando la forma y la interrelación espacial de los objetos mediante la superposición, la deformación, el cambio de tamaño, etc..

Entre los tipos de perspectiva mas comunes encontramos la perspectiva central que imita algunos de los atributos de la proyección óptica mediante un constructo geométrico en virtud del cual algunos sistemas de aristas o líneas objetivamente paralelas convergen en puntos de fuga. En la perspectiva unipuntual se utiliza un único punto de fuga, mientras que en la bipuntual existen dos puntos sobre los que convergen líneas en el espacio pictórico.

- **Perspectiva aérea, la.** Es el fenómeno perceptual en la que los objetos mas lejanos se perciben mas difuminados y con una apariencia azulada que los situados más próximos debido a la variaciones en la densidad del aire frente a la distancia del observador.

- **Perspectiva lineal., la** Método de representación del espacio tridimensional en un espacio bidimensional mediante el uso de las proyecciones que sitúan el objeto representado en una superficie llamado plano de cuadro.

- **Proyección, la.** Imagen óptica creada en una superficie por los rayos de luz reflejados por un conjunto de objetos situados en el espacio tridimensional. El espacio proyectivo es el caso teóricos en que tal conjunto visual aparecería totalmente plano, es decir en completo acuerdo con su proyección óptica.

- **Tamaño relativo, el** Se produce cuando los objetos que ocupan una porción pequeña del campo visual se perciben como más alejados que aquellos que ocupan una porción grande en el mismo campo visual.

- **Ventana de Alberti, la.** Técnica utilizada durante el renacimiento para confeccionar un dibujo o pintura en perspectiva mediante la utilización de una superficie transparente en la que el artista traza la escena que contempla a través de la propia superficie.

• Tipos mecanismos de visualización tridimensional¹

El estudio de la tridimensionalidad siempre ha supuesto un reto para el hombre e su búsqueda de la interpretación de la imagen y su profundidad. Desde los primeros estudios de las imágenes estereoscopias realizadas por medio de las fotografía a los últimos estudios sobre la realidad virtual estos mecanismos ha tenido sus fuentes en el estudio de la percepción desde el punto de vista fisiológico que sirviera como imitación de la percepción obtenida por nuestros ojos. A nivel computacional la creación de la profundidad visual tridimensional fue estudiada por primera vez en la NASA, en 1948 para conseguir un casco para la aplicación es la telerrobótica². Ivan Sutherland, en 1968 que desarrolló el primer casco visualizador que permitían ver objetos sencillos delante del usuario. No obstante han sido desarrolladas numerosas técnicas que permiten crear entornos virtuales capaces de simular visualmente la visión tridimensional. La mayoría de las visualizaciones en 3-D pueden incluirse en tres amplias categorías:

- La holografía.
- Las visiones multiplanares.

• La holografía

Un holograma consiste en la plasmación gráfica de dos fuentes de luz que al transferirse generan una imagen de apariencia tridimensional, con lo cual la sensación de corporeidad de los representado. El efecto se refuerza por el hecho de que un cambio en el ángulo de visión del holograma ofrece una nueva perspectiva de la figura, en suma una percepción total. La riqueza de contenido de información visual de un holograma es probablemente la mayor que se puede conseguir después de la visión real propiamente dicha. La repercusión cultural de esta técnica no ha pasado percibida y constituye para muchos un importante punto de reflexión para el ser humano.

En el proceso de creación de imágenes holográficas basadas en la tecnología láser, también llamadas hologramas de transmisión, donde una fuente de luz coherente, el láser, se divide en dos rayos haciéndolo pasar a través de un espejo transparente. Ambos rayos recorren prácticamente el mismo espacio, aunque siguen trayectorias diferentes. Uno de ellos se dirige a iluminar el objeto que se va a holografar, previamente ha pasado por una lente dispersora y ha sido reflejado en un espejo.

La luz que llega al objeto es a su vez reflejada por éste y se recoge finalmente en una placa con emulsión sensible. Este rayo se denomina "haz del objeto". El segundo rayo que se obtiene en el separador de haces pasa también a través de una lente dispersora y es reflejado por otro espejo, pero este rayo, que corresponde al haz de referencia, ya no se dirige al objeto sino sólo y directamente a la placa fotográfica.

Al interferir ambos rayos en la película se crea una franja microscópica que se registra fotográficamente apareciendo en la placa una pauta de tonos grisáceos que conforman una imagen borrosa diferente a un negativo tradicional. Hay que revelar esta placa aparentemente no enfocada para poder obtener a partir de él la imagen holográfica. El holograma final se consigue iluminando esta placa nuevamente con un haz de referencia a mas propiamente con un rayo o haz de luz idéntico en frecuencia e intensidad al que se utilizó para impresionar la placa.

Al atravesar los distintos puntos que constituyen la imagen de interferencia, esta malla actúa como una red de difracción y los rayos son transmitidos o absorbidos selectivamente creando en el haz emergente una componente que duplica las ondas luminosas originales. El frente de ondas resultantes es captado por la retina del ojo humano y es percibido como si fuera la imagen original.

Los hologramas de reflexión de volumen con paralaje total visibles con luz blanca. Este tipo de hologramas utiliza el fenómeno de reflexión, los haces de referencia, y del objeto llegan a la placa por caras opuestas, el haz de luz de reconstrucción proviene del mismo lado en el que se halla el espectador y puede ser de luz blanca. La única diferencia es que hay que cubrir con una pintura negra-mate la parte posterior de la placa con lo que la imagen reconstruida tiene un fondo oscuro. Cuando se ilumina el objeto con una fuente de luz igual a la de referencia, el holograma aparece ante el observador detrás de la placa de idéntica forma a como se holografía la imagen real sólo que ahora se trata de una imagen virtual.

Para hacer aparecer el holograma delante de la placa en el mismo lado en que se encuentra el observador, la fuente de luz ha de provenir desde atrás, generándose de esta forma el fenómeno de la pseudocopia. El relieve aparece así con un efecto de transposición, donde la parte frontal del objeto aparece en el fondo de la imagen y el fondo pasa a ocupar el primer plano como un bajorrelieve hueco. Para corregir este efecto es preciso realizar un segundo holograma partir de éste. La imagen resultante denominada imagen ortoscópica.

En general las visualizaciones holográficas y multiplanares producen imágenes "reales" o "sólidas" consideradas virtuales tridimensionales, en las que para los mecanismos fisiológicos resultan consistentes.

La característica fundamental del holograma es sin duda que contiene la información completa de lo representado y puede ser interpretado como una imagen compuesta de diferentes imágenes. Si dividimos una imagen holográfica en partes más pequeñas no habría tantas imágenes distintas como secciones sino que cada una de estas partes podría reconstruir la imagen tridimensional completa con la única limitación del encuadre concreto en el que se haya captado el holograma. Para visualizar estas imágenes no se necesita emplear dispositivos especiales y por esta razón se las denomina también autoestereoscópicas, ya que pueden ser vistas en el entorno real. Los hologramas constituyen una forma familiar de visualización tridimensional. Para crear el holograma, se deben grabar sobre un soporte fotográfico de alta resolución los patrones resultantes de la interferencia de dos rayos láser procedentes de un mismo foco. Uno de los rayos incide directamente sobre el medio de grabación mientras que el otro se refleja sobre los objetos de una escena e interfiere con el rayo de referencia.

El patrón resultante de dicha interferencia permite reconstruir la escena original sobre una placa emulsionada. Sin embargo, no se ha encontrado una verdadera implementación entre la creación directa e interactiva de hologramas de la misma manera que en otros casos se ha producido con la representación estereoscópica general, esta tecnología tampoco ha avanzado hasta alcanzar la manipulación interactiva de imágenes generadas mediante ordenador.

En las visualizaciones del tipo de emparejamiento estereoscópico se dirigen hacia un cada ojo imágenes bidimensionales. En este caso la sensación de profundidad se basa en el mecanismo de la disparidad binocular. Requiere la utilización de dispositivos visuales especiales y no dispone de la propiedad en que los objetos se les pueda ver en el entorno real. Los pares estereoscópicos generan una imagen virtual, debido a que el espectador enfoca únicamente sobre el plano en donde se halla el par estereoscópico, la acomodación visual se halla inactiva. Se produce una desconexión entre la acomodación y la convergencia. Esta situación anómala puede dificultar la visión tridimensional de algunas escenas cosa que no se produce al visualizar dos imágenes planas por separado.

En general las tecnologías tridimensionales basadas en pares estereoscopios utilizables en estaciones de trabajo y ordenadores personales son las más baratas. El problema es más acusado dentro de estos sistemas cuando se produce un sombreado, debido a que los filtros no eliminan la posibilidad de visión del ojo opuesto por entero, ya que cada ojo no solo ve las imágenes que le corresponden sino también las imágenes que corresponden al otro ojo. Esto produce trastornos físicos al ser humano, ya que se produce un esfuerzo grave de las condiciones normales de visión. El método anáglifo utilizado en televisión y donde se requiere la utilización por parte del espectador de unas gafas con filtros verdes y rojos. En los sistemas más avanzados para la visión de películas de dibujos animados o diapositivas en relieve, tenemos el mecanismo que consiste en colocar ortogonalmente filtros polarizantes delante de dos proyectores. Para ver la imagen, el espectador debe colocarse unas gafas polarizantes cuyo eje de polarización este de acuerdo con el de los filtros colocados delante de los proyectores. Esto impide que las imágenes dirigidas al ojo derecho sean percibidas por el izquierdo y viceversa, sin embargo debido a que el proceso de polarización reduce la intensidad lumínica y las imágenes resultan algo sombrías.

La tecnología estereoscopia bifásica pueden agruparse en dos grandes grupos:

- Los sistemas paralelos.
- Los sistemas secuenciales.

- Los sistemas paralelos.

Son sistemas que proyectan simultáneamente las imágenes dirigidas hacia ambos ojos. Dentro de este sistema encontramos el dispositivo "ViewMaster", que proporciona las dos imágenes simultáneas para cada ojo. La técnica de estereoscopia bifásica en paralelo utiliza las líneas verticales denominadas barreras de paralaje, para impedir que las imágenes pertenecientes al ojo derecho sean percibidas por el ojo izquierdo y viceversa.

La imagen queda grabada en bandas detrás de la barrera de paralaje. Grabando en bandas varios pares estereoscópicos diferentes y ajustándolos correctamente detrás de dicha barrera de paralaje, se logra un cierta capacidad de observación del entorno envolvente si bien el cambio de escena no se produce de una forma continua a medida que el observador cambia de posición.

La barrera de paralaje se imprime en una cara de una hoja transparente y en la otra se imprimen las bandas de la imagen.

Es necesario proporcionar una iluminación en la parte trasera ya que la barrera absorbe gran cantidad de luz. Dentro de este sistema encontramos el dispositivo desarrollado por Dimensión Technologies de Nueva York, que fabrica un dispositivo de visualización en color basado en esta técnica que funciona tanto en PC como MAC, utilizando un monitor capaz de transmitir las imágenes que visualiza, básicamente una pantalla de cristal liquido y a lo lejos una placa dotada con una iluminación especial.

La placa genera muchas líneas de iluminación brillantes y verticales y finas con un espacio oscuro entre cada línea existiendo una línea por cada dos columnas de pixel. Si el usuario se sienta a una distancia prudencial de la placa es capaz de ver con el ojo izquierdo todas las líneas de luz a través de las columnas impares de pixels y con el ojo derecho dichas líneas iluminadas pero en este caso a través de líneas pares de pixels. La imagen del par estereoscópico pertenecientes al ojo izquierdo se visualiza a través de las columnas impares y la del ojo derecho a través de las columnas pares.

- Los sistemas secuenciales.

Proyectan secuencialmente las imágenes dirigidas hacia los ojos derecho e izquierdo, empleando para ello las técnicas ópticas que impiden la visión por el ojo derecho. cuando se proyecta las imágenes dirigidas al ojo izquierdo y viceversa. Entre ellos encontramos la proyección secuencial de campos que corresponde a dispositivos que permiten visualizar imágenes a cada ojo secuencialmente. Los primeros sistemas de este tipo emplean dispositivos mecánicos para producir la oclusión del ojo correspondiente durante el proceso de refresco del tubo de rayos catódicos.

Las imágenes se producían de acuerdo con una determinada alternancia de secuencias: cuando el ojo izquierdo se hallaba ocluido el sistema proyectaba las imágenes planeadas para el ojo derecho. De forma semejante cuando el ojo derecho se hallaba ocluido, se proyectaban las imágenes para el ojo izquierdo. Consecuentemente, estos sistemas requerían como mínimo dos memorias internas, en dos buffers de pantalla - una para cada ojo- y un mecanismo para efectuar la conmutación entre las dos memorias que trabaja a la misma velocidad que la velocidad de refresco de la pantalla³.

La utilización de dispositivos de proyección secuencial no influye negativamente sobre el tamaño de las imágenes, ya que se produce una la alternancia entre las imágenes del ojo derecho y la del ojo izquierdo.

En la actualidad, existen dos técnicas electro-ópticas que sustituyen a los primitivos dispositivos mecánicos de proyección secuencial. Ambas utilizan tecnologías de cristal líquido y de polarización tanto para transmitir como para ocultar las imágenes del tubo de rayos catódicos al ojo correspondiente. Una técnica emplea lentes activas mientras la otra utiliza lentes pasivas. La técnica de las lentes pasivas emplea un obturador de cristal liquido situado en la parte frontal del dispositivo de visualización⁴. Para emplear este sistema, el usuario debe colocarse unas gafas polarizantes, semejantes a las gafas de sol.

• Visualizadores tridimensionales multiplanares

Los métodos multiplanares son parecidos a los métodos volumétricos empleados para los gráficos por ordenador, en los que la imagen se halla dividida en los vóxeles o cubos en 3-D.

Los sistemas multiplanares dividen una imagen en centenares o miles de planos (parecido al proceso de la tomografía axial computerizada) y marca puntos de la imagen en cada plano. Para visualizar los puntos de la imagen en cada plano, el sistema normalmente utiliza espejos para reflejar los puntos producidos ya sea mediante tubo de rayos catódicos o una impresora láser.

Una desventaja potencial de estos sistemas reside en que las imágenes que producen son transparentes lo que puede llegar a crear confusiones. Si se emplea la técnica de espejos de foco variable, la escena tridimensional se divide en miles de planos y mediante un tubo de rayos catódicos que se utilizan como si fuera un trazador gráfico, donde se graba un punto de cada plano, un espejo que oscila a 30 Hz. refleja estos puntos en el ojo del usuario.

Los receptores visuales están dotados de una persistencia temporal que fusiona la luz emitida por el espejo movable y recrea la sensación de imagen dotada de volumen. Los sistemas de este tipo emplean un haz dirigido de luz caligráfico o un tubo de rayos catódicos tipo vectorial dotado con giro magnético en vez de electrostático, siendo capaces de grabar un punto en menos de un microsegundo.

El tubo de rayos catódicos requiere el empleo de un tipo de fósforo⁵ rápido que no tenga mucha persistencia, para que la imagen no quede desfigurada debido al movimiento del espejo. La tasa de vibración del espejo debe ser como mínimo de 30 Hz. para evitar el parpadeo de las imágenes, ya que el espejo se constituye por una membrana o placa flexible dirigidos mediante un transductor de audio a baja frecuencia, el diámetro máximo del espejo⁶ es de aproximadamente de 19 pulgadas para evitar el ruido excesivo y las vibraciones por simpatía que pueda producirse de estructuras vecinas.

- Espejo Helicoidal rotatorio.

Este dispositivo desarrollado por Garcia y Williams en la Texas Instrument, denominado también como "Omniview", permite una visualización volumétrica mediante láser, basado en el principio de espejos de foco variable. La superficie de visualización multiplanar, junto con un disco de visualización transparente de forma doble helicoidal, dotado de un movimiento de rotación para que pueda llenar el cilindro de visualización. la superficie del disco helicoidal de visualización gira a una velocidad de 600 rpm, creando un volumen cilíndrico en el que el ojo del usuario funde las imágenes bidimensionales.

La visualización de imágenes de carácter transparente, puede efectuarse en todo el volumen del cilindro, a excepción de un pequeño espacio cilíndrico situado en el centro del volumen. El sistema de visualización emplea un haz de rayos láser dotado de una modularización que alcanza los 10.000 Hz, el cual se halla sincronizado con el desplazamiento del disco giratorio.

El disco es translúcido y proporciona cortes de imágenes persistentes bidimensionales que el ojo fusiona para recrear la sensación de imagen dotada de volumen. El ordenador detecta cada rotación del disco mediante un sensor óptico situado en el eje del motor.

Este sistema emplea un monitor de 36 x 18 pulgadas a tres colores y unos 10.000 puntos visualizables. El Omniview emplea haces de láser ya que son adecuados para la utilización del color y disponen de una resolución muy elevada.

¹David F. Mc Allister. " Visualización 3D". Revista Binary. Noviembre. 1992. Pgs. 180-184.

²Gorreti Pomé. "Aspectos técnico de la realidad virtual". Revista AutoCAD, nº-34. Diciembre-Enero 1995. Pgs. 72-79.

³ Para obtener los mejores resultados se necesita un tubo de rayos catódicos cuya velocidad de refresco sea de 120 Hz., de manera cada ojo capta las imágenes a 60 Hz., con lo cual disminuye significativamente el parpadeo.

⁴ El obturador conmuta la polarización de la luz emitida por la pantalla a 120 Hz. cuando se produce el refresco de pantalla, la luz se polariza circularmente en una dirección. La lente de las gafas que se halla polarizada en la misma dirección que la luz incidente permite el paso de la imagen hacia el ojo correspondiente. Cuando se produce el ciclo de refresco siguiente el obturador de cristal líquido polariza la luz hacia la otra dirección y así sucesivamente.

⁵El único fósforo especial adecuado para estos menesteres es el fósforo verde P-46, ya que se activa con rapidez.

⁶El desplazamiento máximo del espejo unos 0,4 cm. Si el espejo es convexo, la distancia focal debe ser de 28,7 cm lo que equivale a unas 72 veces la longitud de desplazamiento del espejo.

• Libros

- Psicología de la percepción

- ARNHEIM, RUDOLF. Arte y percepción visual. Alianza Forma. Ediciones Alianza Editorial, Madrid 1981.

Extracto: Capítulo 5º. El espacio: Descripción de los factores que determina la percepción del espacio y la profundidad mediante el estudio de las formas de representación pictórica de todos los tiempos. Estudio de elementos básicos de representación como la línea, el contorno, los límites en el espacio, etc... La figura y el fondo. La proyección. Pag. 245- 334.

- ARNHEIM, Rudolph. El cine como arte. Ediciones Infinito. Buenos Aires, Argentina, 1971.

Extracto: Capítulo 1º: "Selecciones adaptadas de Film". La reducción de la profundidad. Pag. 17. La destrucción de la impresión de tridimensionalidad. Pag. 17- 19. La falta de continuidad entre el espacio y tiempo. Pag. 24-25. El marco y los límites de la imagen filmica. Pag. 63- 71. La utilización artística de la profundidad visual reducida. Pag. 52-54. Capítulo 2º: "Las ideas que hicieron marchar a la imagen". La fotografía. Pag. 131-145.

- ARNHEIM, Rudolph. El poder del centro. Alianza Forma. Alianza Editorial. Madrid, 1984.

Extracto: Capítulo 3º. Límites y marcos: Descripción de la importancia de las fronteras o límites de la percepción del mundo exterior. La búsqueda del centro en las imágenes en proyección. Pag. 23-48. Capítulo 8º: Mas en profundidad: Comportamiento de los objetos en el espacio. El concepto de proyección como interpretación simbólica de la tridimensionalidad. Pag. 177-213.

- BRIDGEMAN, Bruce. Biología del comportamiento y de la mente. Alianza Psicología. Alianza editorial. Madrid, 1991.

Extracto: Influencias ambientales del desarrollo visual, desarrollo de los campos receptores y los efectos binoculares. Estudio de los diferentes sentidos frente a las nuevas teorías sobre las células neuronales y su comportamiento en el proceso de creación de sensaciones y percepciones relacionados con el concepto de profundidad y cálculo de las distancias. Pag.258-267.

- COVARRUBIAS, Javier. Complejidad y conducta en la arquitectura. Cuaderno Y. Universidad Autonoma Metropolitana. Dpto. Ciencias y artes para el diseño. Mexico, 1981.

Extracto: Descripción de los factores determinantes en de la percepción del espacio desde el punto de vista de la arquitectura y el urbanismo.

- DEMBER, William N., WARM, Joel S. Psicología de la percepción. Alianza Psicología. Alianza editorial. Madrid, 1990.

Extracto: Recoge los factores que determinan la organización espacial tridimensional en base a las claves psicofísicas implícitas en el hecho. Pag. 289-323.

- DEMBER, William N., WARM, Joel S. Psicología de la percepción. Alianza Psicología. Alianza editorial. Madrid, 1990.

Extracto: Resumen de las principales teorías e investigaciones llevadas a cabo sobre la percepción humana y factores determinantes en el estudio de los procesos de obtención de la imagen tridimensional. Estudio de la forma en movimiento, la percepción fisiológica de la profundidad y las distancias. Descripción de los principales fenómenos y experiencias llevadas a cabo relacionados con la percepción de la profundidad.

- DONDIS, D. A. La sintáxis de la imagen. Introducción al alfabeto visual. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, 1976.

Extracto: Descripción del concepto de abstracción como simbolización de las representaciones del espacio pictórico en base a los niveles de experiencia visual. Pag. 91-100.

- ERNST, Bruno. El espejo mágico de M.C. Escher. Editorial Taschen. Colonia, 1994.

Extracto: Capítulo 1º: "Dibujar es un engaño". Explorando el campo de la perspectiva. La doctrina tradicional sobre la perspectiva. El descubrimiento del cénit y del nadir. La relatividad de los puntos de fuga. Pag. 42-57. Capítulo 2º: "Mundos imposibles". Las esferas reflejantes. Pag. 73-75. El espejo y sus efectos en el entorno. Pag. 76-77. Las uniones imposibles en la tridimensionalidad. El cubo de Necker. Pag. 87-89. Cristales y construcciones geométricas. Las cintas de Moebio. Pag. 94-101.

- GARCIA-ALBEA, Jose Eugenio Garcia-Albea. Percepción y computación. Ediciones Piramide S.A., Madrid, 1986.

Extracto: Compendio de artículos de los principales estudiosos de la percepción bajo el concepto del proceso de comunicación e interpretación de la información por el hombre. Nombre como David Marr, Z. W. Pylyshyn, José Eugenio Garcia-Albea, S.M. Kosslyn, J.R. Pomeraz, entre otros.

- GIBSON, James J. Percepción del mundo visual. Ediciones Infinito. Buenos Aires, Argentina, 1974.

Extracto: Capítulo 6º, 7º, 8. Las variables de estímulo de la profundidad visual y la distancia: Análisis de las teorías propuestas por J. Gibson dentro de su teoría de los gradientes de estímulo para percibir en el mundo real la profundidad y la distancia entre objetos. Los gradientes de textura dentro del concepto de proyección. La imagen retiniana. El observador activo dentro de la percepción de los objetos en movimiento. Tipología en las variedades de perspectivas en el mundo real. El mundo visual estable y erecto. La comprensión de las imágenes en movimiento. Pag. 113-223.

- GOLDSTEIN, E. Bruce. Sensación y percepción. Versión castellana, Julio Pillo Jover, Editorial DEBATE, Madrid, 1993.

Extracto: Capítulo 8º. La percepción de la profundidad: Claves de la profundidad. Claves de la planicidad. Teorías sobre la percepción del estímulo de la distancia y la profundidad. La teoría de Gibson. La teoría de las invariantes. Descripción fisiológica de los procesos de interpretación. Pag. 220-248.

- HALL, Edward T. La dimensión oculta. Ediciones Siglo veintiuno editores. Mexico, 1982.

Extracto: Capítulo 4º, 5º. Percepción del espacio. Los receptores de la distancia. El espacio visual: Descripción de las categorías existentes en el aparato sensorial del hombre relacionadas con la percepción visual del entorno. Espacio olfativo. Espacio térmico. Espacio táctil. El espacio visual como centro de la visión como síntesis de las formas tridimensionales. Pag. 56-95.

- LINDAY, Peter H. NORMAN, Donald A. Procesamiento de información humana. Percepción y reconocimiento de las formas. Editorial Tecnos. Madrid, 1976.

Extracto: Localización de los objetos en la imagen visual. El concepto fisiológico de la orientación visual. Canales de comunicación dobles en el núcleo geniculado lateral y en el colículo superior del centro cerebral. La visión sin colículo superior. Experiencias realizadas mediante el contraste del brillo para determinar los niveles de percepción de la profundidad y las distancias. Niveles de comprensión y adaptación. Pag.175-200.

- MARCOLLI, Attilio. Teoría de campo. Curso de Educación visual. Xarait Ediciones y Alberto Corazon Editores. Madrid, 1978.

Extracto: Capítulo 2º. El campo gestáltico: Descripción de la estructura de campo dentro del concepto de la interpretación de las formas. El espacio perceptivo. La síntesis de interpretación de la imagen tridimensional. El espacio de la imagen por las teorías de la Gestalt. Índices de profundidad. Pag. 82-95.

- PANOFKY, Erwing. La perspectiva como forma simbólica. Cuadernos marginales. Editorial Tusquets. Barcelona, 1980.

Extracto: Descripción a través de la historia de las diferentes interpretaciones de la profundidad en la pintura y la arquitectura. El concepto de límites o marco de la ventana de proyección como factor determinante de la composición en obras de renacimiento y el gótico. Métodos de creación de la perspectiva mediante el modelo homogéneo del espacio.

- PIAGET, Jean. La construcción de lo real en el niño. Editorial Critica. Grupo Editorial Grijalbo. Barcelona, 1985.

Extracto: Descripción de las principales teorías sobre el aprendizaje del niño en base a la teoría de los grupos de conducta y los esquemas de asimilación evolutivos frente a las percepciones del entorno. Establecimiento de cuadros sensoriales capaces de estructurar en el niño espacios visuales de interpretación. Pag.67- 84.

- ROCK, Irvin. La percepción. Biblioteca Scientific American. Editorial Labor, Barcelona, 1985.

Extracto: Capítulo 3º. Múltiples caminos llevan a la tercera dimensión: Descripción de los factores más destacados relacionados con la tridimensionalidad. Señales pictóricas. Orígenes de la percepción de la profundidad. Pag. 53 -90.

- Informática

- D. FOLEY, James, VAN DAM, Andres. Fundamentals of Interactive Computer Graphics. Ediciones Addison Wesley Publishing Company.

Extracto: Capítulo 9º. Modelos geométricos: Estudio de los métodos de visualización utilizados en la creación de geometría tridimensional por ordenador. Implementaciones en la construcción de símbolos e instancias de sistemas gráficos. Pag. 111- 120. Capítulo 20º. Realismo en gráficos tridimensionales: Breve repaso a los aspectos reales que influyen en la generación del realismo visual. Modelado en tres dimensiones. Pag. 310-320. Capítulo 22º-23º-24º-25º. Creación de proyecciones y de la perspectiva, profundidad del campo visual, eliminación de superficies ocultas, procesos algorítmicos. Sombreado informático.

- DEKEN, Joseph. The Computer images. State of the Art. Ediciones Thames and Hudson. Londres, 1983.

Extracto: Diversas imágenes creadas mediante el programa PICTURE mediante el uso de representaciones infográficas de funciones matemáticas definidas. Aplicación de los primeros algoritmos de líneas ocultas.

- GLASSNER, Andrew S. 3-D Computer Graphics. User Guide for artist and Designers. Ediciones Design Press. Londres.

Extracto: Descripción del espacio del objeto y del espacio de la pantalla mediante el estudio de la perspectiva y las proyecciones.

- JANKEL, NORTON. Creative Computer Graphics. Ediciones Cambridge University Press, Cambridge USA, 1982. Extracto: Diversos trabajos infográficos en el campo de la animación, televisión y el arte.

- NEWMAN, William M. SPROULL, Robert F. Principles of Interactive Computer Graphics. Ediciones McGraw-Hill International Book Company.

Extracto: Capítulo 7°. Transformaciones geométricas. Pag. 245-286.- Capítulo 8°. Visualización de las tres dimensiones. Pag. 268-317. Capítulo 9°. Jerarquía en la creación de un objeto tridimensional. Atributos. Pag. 319-387. Capítulo 13°. Representación de formas tridimensionales. Pag. 505- 536. Capítulo 14°. Representación y técnicas de realismo visual basado en la imagen estereoscópica. Pag. 538-550. Capítulo 15°. Algoritmos de supresión de caras ocultas. Pag. 553-572.

- PRUEITT, Melvin L. El arte y la Computadora. Ediciones McGraw-Hill, USA, 1984.

Extracto: Breve repaso a la historia de las experiencias más destacadas en el campo de los gráficos computados de todos los tiempos. Descripción de los factores determinantes en la evolución de las técnicas empleadas y las aplicaciones que durante los últimos 20 años han venido creándose en los diversos campos de la comunicación.

- RENIKOFF, Howard. The ilusion of the reality. Ediciones Springer Verlag, Cambridge. USA, 1983.

Extracto: Diversas creaciones infográficas de las primeras épocas donde se aprecian los primeros intentos de creación realista de objetos.

- SALMON, Rod, SLATER, Mel. Computer Graphics. Systems and Concepts. Editado por Addison-Wesley Publishing Company, Londres 1989.

Extracto: Capítulo 13°. Ideas básicas sobre gráficos en 3D: Creación de sistemas de coordenadas universales y personales en el ordenador. Transformaciones de los objetos en la tridimensionalidad del espacio informático. Creación de vistas. Creación de ventanas de trabajo. Tipología de las proyecciones. Técnicas de visualización de elementos. Descripción de algoritmos de líneas ocultas, trazados de rayos, etc... Pag. 379- 447.

- SCOFIELD, Cary. 1/2 D Depht-of-field simulation for computer animation. Art. 1.8. Gems III. David Kirk. Academic Press Inc. Londres 1992.

Extracto: Breve resumen de una implementación en la mejora de la simulación de un campo tridimensional mediante la manipulación de un espacio bidimensional en el campo de la animación por computadora.

- SUTCHIFFE, Aliastar. Human Computer Interface Design. Ediciones MacMillan Educación. Londres, 1989.

Extracto: Descripción de los métodos de comunicación hombre-máquina en la creación de elementos geométricos por ordenador. Factores de influencia directa e indirecta.

• Manuales

- ALIAS v.2.4. Manual Programming. "Wireframes tutorial". Pag. 175-182.
Extracto: Descripción de las técnicas de utilización de software Alias en la creación de objetos. Modelo de Fronteras. Superficies recortadas.

• Artículos

- ANZA, Juan Jose. "CAD/CAE. Cálculo mediante el método de elementos finitos MEF ". Revista de CAD. Pag. 30-36.
Extracto: Introducción al concepto de MEF método de elementos finitos aplicado a las tareas de diseño. Utilidad. Fundamentos teóricos. Aspectos prácticos. Análisis estructurales.
- ARGIRO, Vicent, VAN Zanott."Voxels". William. Revista BINARY, Septiembre 1992. Pag. 156-160.
Extracto: Resumen de la nueva técnica de representación basada en los vóxels o pixel en volumen. Origen de las técnicas de creación de vóxels. Claves de reconocimiento.
- BLANCHARD, Chuck, BURGES, Scott, HARVILL, Young LAINER, Jaron LASKO, Ann, OBERMAN, Mark, TEITEL, Michael. " Reality Bulit for two: A virtual Reality Tools ". ACM Computer Graphics, 1993.
Extracto: Descripción de las técnicas de la estereoscopia en la consecución de imágenes virtuales de calidad.
- BRUNET I CROSA, Pere. "Diseño geométrico asistido por computador". Mundo Electrónico, nº- 138. 1984. Pag. 73-83.
Extracto: Descripción de la utilización de sistemas CAD/CAM en la creación de objetos mediante la aplicación de las diferentes tipologías de construcción geométrica en curvas definidas como B-Splines, Nurbs y de objetos creados en base a modelos poliedricos, modelos de fronteras, sólidos o elementos CGS. Procesos de creación de superficies mediante curvas de contorno.
- CIM. " La visión artificial en la industria ". Revista de Robótica Automatización Integrada. nº-58. Mayo 1991.
Extracto: Componentes de un sistema de visión por computador. Características fundamentales como niveles de gris y de color, resolución, velocidad de proceso, modularidad y compatibilidad, programación. Aplicaciones industriales. Tablas de productos.
- CIMWORLD. " Estereolitografía: producción automática y rápida de prototipos de productos ". Revista CIMworld, 1992.
Extracto: Descripción de la nueva técnica de obtención de prototipos mediante resinas solidificadas por rayo láser conocida como estereolitografía. Aplicaciones en el campo de la industria.
- CLARK, Jim. "Origen y desarrollo de los gráficos en tres Dimensiones". Revista BINARY, Septiembre 1992. Pag. 133-144.
Extracto: Breve historia de las aplicaciones generadas por los gráficos por ordenador y el desarrollo de sistemas y programas de realismo visual. Clasificación de los sistemas mediante los programas de generación de imágenes sintéticas de alta resolución y a tiempo real.

- DEERING, Michael. " High Resolution Virtual Reality ". ACM Computer Graphics Vol-26, n-2, Julio 1992. Pag. 195-201.

Extracto: Breve resumen de las principales tendencias en la obtención de imágenes realistas de gran resolución utilizadas en el campo de la realidad virtual en la simulación de escena o ambientes. Problemas técnicos y factores de determinación de las posibilidades más actuales existentes en el mercado.

- FEIBUSH, Eliot, LEVOY, Marc, COOK, Robert " Synthetic Texturing using digital filters". Program of Computer Graphics.Cornell University Ithaca, New York 14853. ACM Transactions on Graphics, 1980. Pag. 294-301.

Extracto: Aplicación de filtros digitales para la creación de texturas mediante el muestreo de carácter finito. Estudio de los principales tipos de filtrado aplicado a caras, superficies. poligonos y vestores. Tablas. Implementaciones sobre un sistema de coordenadas de la textura frente a la definición espacial del objeto y el punto de vista del observador. Algoritmo de la ocultación de superficies. Filtrado de contornos. Proceso de aplicación en el filtrado de texturas.

- GLASSNER, Andrew. " Adaptative Precision in texture mapping ". Department of Computer Science.University of North Carolina at Chapel Hill, North Carolina 27514. ACM Transactions on Graphics, 1986. Pag. 297-306.

Extracto: Técnicas interactivas en el ajuste de las texturas siguiendo el método del "sumatorio de tablas" para el ajuste y precisión en la textura. Implementaciones de la técnica sobre fondos.

- GORETTI, Pomé. "Aspectos tecnicos de la realidad virtual".AutoCAD magazine. nº-34. Diciembre '94 -Enero '95. Pag. 72-79.

Extracto: descripción de los principales sistemas informáticos utilizados en la actualidad para producir realidad virtual. Descripción de los diferentes sentidos implicados directamente en la percepción de la realidad tridimensional como el oído o el tacto dentro del sistemas de realidad virtual más avanzado.

- KAUFMAN, Debra. " Virtual reality's future". Iris Universe, the magazine of visual computing. n-25. Pag. 48-51.Mountain View, USA. 1993.

Extracto: Nuevas expectativas sobre las técnicas de visualización en el campo de la realidad virtual.

- LASSETER, John. "Principles of traditional animation applied to 3D computer animation". PIXAR, San Rafael, California. Computer Graphics. ACM Transactions on Graphics. Vol-21, nº-4, Julio 1987. Pag. 35-43.

Extracto: Breve descripción de las técnicas de animación mas generalizadas en el campo de la informática de la mano de uno de los primeros creadores de animaciones poor ordenador, John Lasseter.

- MARTIN, Aguirre, Juan Martin. "La construcción experta". El Nuevo, 24 de Enero 1991.

Extracto: Breve descripción de las principales tendencias de creación en el campo del CAD-CAM mediante la utilización de sistemas informáticosde gestión de elementos.

- MASAOKI, Oka, KYOYA, Tsutsui, AKIO, Ohba, YOSHITAKA, Kurauchi, TAKASAHI Tago " Real time manipulation of textura-mapped surfaces ". Sony Corporation. ACM. Computer Graphics. Vol-21, nº-4. Julio, 1987.

Extracto: Introducción a las técnicas de aplicación de texturas sobre los objetos mediante el proceso de localización lineal proximal de texturas bidimensionales. Método descriptivo de aplicación de texturas en tiempo real .Tablas.

- MC ALLISTER, David F. "Visualización en 3D". Revista BINARY. Noviembre 1992. Pag. 180-184.

Extracto: Estudio de los principales mecanismos de profundidad que se producen en el mundo real y que tienen una aplicación directa en el mundo informático. Realiza una descripción de los más importantes sistemas utilizados en la actualidad como los pares estereoscópicos, la proyección secuencial de campos, o los visualizadores multiplanares.

- MOGAL, Joshua. "Virtual reality". Iris Universe, the magazine of visual computing. n-25. Pag.22-24. Mountain View, USA. 1993.

Extracto: Ejemplos prácticos de la utilización, en el campo de la medicina, de las imágenes tridimensionales realizadas mediante realidad virtual.

- NSF. "Research Directions in Virtual Enviroments". Report of the NSF. Marzo 23-24 1992. Computer Graphics vol-26 n-3, Agosto 1992. Pag. 153-177.

Extracto: Descripción de las principales tendencias de investigación llevadas a cabo en la actualidad sobre la realidad virtual, en base a los equipos mas sofisticados existentes bajo plataforma Silicon Graphics.

- RICO, J. Carlos. "Transferencia de información geométrica mediante VDA". Revista de CAD. Pag. 41- 45.

Extracto: Controversia creada por los diversos fabricantes de CAD/CAM en encontrar un sistema de transferencia de datos fiable. Estructura de los archivos DVA. Elementos geometricos y no geométricos. Conversiones y lenguaje utilizados.

- ROWE, Colin, SLUTZKY, Robert. "Transparencia literal y fenomenológica". Revista del Colegio de Arquitectos de Madrid. nº- 210. Septiembre-Octubre, 1978. Pag. 34-43.

Extracto: Definición de la cualidad de transparencia aplicada el concepto de penetración del espacio visual en las imágenes pictóricas. Ejemplos destacados en el arte cubista y el futurista.

- RUBIN, Steven M., WHITTED, Turner. "A 3-Dimensional Representation for fast rendering of Complex Scenes". Bell Laboratories, Holmdel, New Jersey. ACM, Transactions on Graphics, 1980. Pag. 110-115.

Extracto: Aplicaciones e implementaciones creadas para la mejora se la creación de imágenes de síntesis en escenas de gran cantidad de geometria. Uso de filtros de tratamiento de los rayos de proyección emitidos en el proceso de interacción conla geometria y el espacio.

- SEDERBERG, Thomas, PARRY, Scott."Free form deformation of solid geometric models". Brigham Young University, Provo, Utah 84602. ACM Transactions on Graphics, 1986. Pag. 151-159.

Extracto: Descripción de la técnica de deformación libre de sólidos global y localmente mediante los conceptos basados en los polinomios de Bernstein, la modifcación paramétrica de los sólidos y el concepto de superficies implícitas o algebraicas. Control de continuidades. Campos de aplicación.

- T. ELVINS, Todd. "A survey of Algorithms for Volume Visualization". Advance Scientific Visualization Laboratory. San Diego Supercomputer Center. Computer Graphics. Vol-26, n-3, Agosto 1992. Pag. 194-201.

Extracto: Descripción de las principales técnicas algorítmicas de obtención de volumen basadas en la visualización de imágenes sintéticas aplicadas proyectos científicos, proyectos comerciales, etc... Tipología de los datos. Características de los principales métodos de visualización tridimensional. Vóxels y celdas. Métodos de visualización tridimensional.

- TORO, Victoria. " Hologramas " . El Nuevo. 21 Marzo 1991.

Extracto: Breve historia de la holografía y su impacto y aplicación en la industria.

- UPSTILL, Steve. "La tercera dimensión de los gráficos". Revista Binary, Mayo 1991. Pag. 138-145.

Extracto: Descripción de las principales técnicas de visualización existentes en el campo de la informática en base a las posibilidades del software comercial.

- VERNE, Morland. "Computer-Generated stereograms. A new Dimension for the graphics Arts". Computer Image Systems and Services. General Electric Company. Syracuse, New York.

Extracto: Descripción de las principales líneas de actuación en la utilización de las imágenes de carácter estereoscópicas en el mundo real de la ciencia y la técnica.

- VIYANUR, S. Ramachandran. "La percepción de la forma a partir del sombreado". Scientific American. Octubre, 1988. Pag. 68-80.

Extracto: Estudio de las investigaciones llevadas a cabo por Ramachandran sobre la percepción del volumen gracias a la aplicación de sombreado como indicio de tridimensionalidad de la forma..

- WESTIN, Stephen H., ARVO, James R., TORRANCE, Kenneth E. " Predicting reflectance functions from complex surfaces ". ACM, Transaction on Graphics. Vol-21, nº-7. Julio, 1992.

Extracto: Descripción del método basado en las técnicas de MonteCarlo para funciones de distribución en superficies bidireccionales reflectantes en geometrías de gran tamaño por simulación directa de efectos ópticos de dispersión. Nueva representación del sistema BRDF. Estudio de macroescalas y microescalas en modelos arbitrarios de geometría. Descripción de la reflexión especular.

