

The logo for AXA, featuring the letters 'A', 'X', and 'A' in a stylized, overlapping font. The 'X' is a dark blue color, while the 'A's are black.

UNA REVISTA DE ARTE Y ARQUITECTURA

**Valentina Siegfried Villar**  
**Amparo Verdú Vázquez**  
**Fidel Carrasco Andrés**  
**Tomás Gil López**

Deformaciones ópticas en la  
representación gráfica

**UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO**

Villanueva de la Cañada, MMXIII



© **del texto: los autores.**

Abril de 2013

<https://www.uax.es/publicaciones/axa.htm>

© **de la edición: AxA. Una revista de arte y arquitectura**

Universidad Alfonso X el Sabio

28691 - Villanueva de la Cañada (Madrid)

**Editor:** Felipe Pérez-Somarriba - [axa@uax.es](mailto:axa@uax.es)

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo ni su almacenamiento o transmisión, ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

**UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO**

Villanueva de la Cañada, MMXIII



## RESUMEN

---

La lectura de imágenes planas debe ser estudiada desde el punto de vista de la teoría psicológica del procesamiento de la tercera dimensión. La percepción de la tercera dimensión es extraordinariamente útil. Tenemos que enfrentarnos con el problema de la percepción de la profundidad o percepción tridimensional de los objetos y escenas. Autores como Gibson o Kanizsa<sup>1</sup> defienden que este tipo de percepción es directa, mientras que otros defienden que la percepción de la profundidad necesita de una interpretación por parte del sistema visual.

La referencia fundamental está en las teorías de Irvin Rock<sup>2</sup> y James J. Gibson<sup>3</sup>, realizando un estudio comparativo de los datos para el procesamiento de la profundidad a partir de las perspectivas cónicas y cilíndricas, así como un análisis de la “constancia del tamaño” de los objetos representados en una y otra. Las llamadas “claves pictóricas” han sido usadas por los pintores para conseguir en sus cuadros la sensación de profundidad requerida. La perspectiva en general hace referencia a los cambios de líneas y de color, que permiten obtener la percepción de profundidad en una superficie de dos dimensiones.

Concluimos con un estudio del efecto de “divergencia” en las perspectivas axonométricas y su relación con algunas de las llamadas “ilusiones geométricas” clásicas.

## INTRODUCCIÓN

---

### DATOS PARA EL PROCESAMIENTO PSICOLÓGICO DE LA TERCERA DIMENSIÓN

Antes de entrar de manera específica en el terreno de las deformaciones de tipo perceptivo de las perspectivas axonométricas vamos a exponer brevemente algunas teorías sobre la percepción del espacio tridimensional por medio de la diversa información que llega al cerebro, a través de sensaciones e imágenes retínicas, las cuales una vez procesadas nos permiten percibir el mundo en tres dimensiones.

Según Irvin Rock, las *señales* indicadoras de la tercera dimensión son las siguientes:

---

<sup>1</sup> Gaetano Kanizsa: *Gramática de la Visión. Percepción y pensamiento*, Barcelona, Paidós, 1986

<sup>2</sup> Rock: pp. 53 a 81

<sup>3</sup> GIBSON: p. 114

- Disparidad retiniana (visión estereoscópica)
- Señales oculomotoras (convergencia, acomodación)
- Señales del movimiento
- Señales pictóricas (interpolación, sombra, perspectiva, tamaño acostumbrado)

La conjunción de un número suficiente de señales permite percibir la profundidad del espacio.

Las dos primeras están ligadas a la estructura fisiológica de nuestros ojos. Así la disparidad retiniana o visión estereoscópica está basada en la diferencia de las imágenes obtenidas en cada uno de los ojos, constituyendo un indicador de importancia primordial. La visión monocular reduce notablemente la percepción de la profundidad del espacio.

Las señales oculomotoras también son inherentes a la estructura y al funcionamiento de nuestro sistema de visión. La *convergencia ocular* es una de estas señales, determinada por el ángulo de convergencia de los ojos cuando fijamos la mirada en un punto. Constituye una señal sólo para distancias pequeñas (6 metros aproximadamente). La acomodación del cristalino constituye la segunda de las señales oculomotoras: se trata de la sensación cinestésica<sup>4</sup> procedente de los músculos ciliares al variar la curvatura del cristalino para el enfoque de la imagen retiniana (visión nítida).

La observación en movimiento produce un cambio de posición aparente de los objetos situados en el campo visual, siendo más acusado para los objetos más próximos al observador. Este dato constituye una señal importante para la percepción de distancias relativas de los objetos.

Todas estas señales mencionadas son percibidas al observar el espacio de tres dimensiones. Sin embargo las que nos interesan de manera particular son las llamadas “señales pictóricas”. Son aquellas que los pintores a lo largo de la historia han utilizado en sus obras para conseguir que las imágenes en dos dimensiones sean percibidas como representación del espacio de tres dimensiones.

- **La interposición.** Se trata de la ocultación parcial de la imagen de un objeto por interpolación de otro más próximo al observador. El objeto que está oculto se ve más lejos
- **La altura relativa.** Cuanto más alto esté un objeto dentro del campo visual más distante se percibe

---

<sup>4</sup> *Cinestesia*: sensación o percepción del movimiento

- **La sombra.** Si un objeto está en parte iluminado y en parte en sombra no puede deducirse que su superficie es plana, sino curvada o poliédrica
- **El escorzo.** Reducción que sufre la dimensión en profundidad en función de su inclinación respecto al observador
- **El Tamaño.** El tamaño de la imagen del objeto es directamente proporcional a su distancia al observador (Ley de Emmert)
  - *Tamaño relativo.* Si dos objetos tienen el mismo tamaño, el que está más lejos ocupará proporcionalmente menos espacio del campo visual que el que está más cerca
  - *Tamaño familiar.* El conocimiento de un objeto hace que influya en la evaluación de la profundidad
- **La perspectiva.** Como clave psicológica tiene en realidad un conjunto de aspectos entre los cuales el más conocido es la *perspectiva lineal* o convergencia de las imágenes de rectas paralelas en profundidad

Por último dos aspectos que tienen una importancia relativa, pues por si solos carecen de valor: el primero es la *perspectiva aérea* o tendencia de los objetos a tornarse azulados a nuestra vista conforme aumenta la distancia de observación. Este cambio de tonalidad es debido al mayor recorrido de los rayos de luz a través de la atmósfera. El segundo de estos aspectos es la *perspectiva del detalle* o la mayor o menor nitidez con la que percibimos los detalles de un objeto en función de la distancia de observación.

La teoría de las señales indicadoras de I. Rock no es ciertamente original, sino que recoge toda una tradición dentro de la psicología de la visión.

## ANTECEDENTES

---

En 1709 el obispo G. Berkeley<sup>5</sup> que más tarde daría nombre a la famosa Universidad americana, basó su teoría de la visión en la sensación de ajuste o adaptación de las lentes oculares para enfocar a un objeto y en la sensación muscular que acompaña a la convergencia de los ojos al mirar fijamente a un punto. En 1833 Ch. Wheatstone<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> George Berkeley (1685-1753), filósofo irlandés y obispo de la ciudad de Cloyne, afirmaba que nuestras sensaciones están producidas por Dios y negaba la existencia de un mundo material fuera de la conciencia humana. Criticó las ideas generales abstractas y su obra principal fue un *Tratado* concerniente a los principios del conocimiento humano publicado en 1710

<sup>6</sup> Sir Charles Wheatstone (Gloucester, 1802 - París, 1875), científico e inventor británico, tras ocuparse inicialmente de la construcción de instrumentos musicales, dedicó su energía al servicio de la investiga-

descubrió, por procedimientos experimentales, un nuevo correlato de la percepción tridimensional: la discrepancia entre las dos imágenes retinianas de un objeto en el que convergen los dos ojos (visión estereoscópica).

Las llamadas por I. Rock señales pictóricas eran conocidas y empleadas por los artistas mucho antes de que los psicólogos las tomaran como datos sensoriales en los cuales basar la percepción del espacio. H. Helmholtz<sup>7</sup> a principios de siglo, perfeccionó la teoría de las “claves”, denominación análoga de “señales”. A la convergencia, el ajuste y la disparidad retiniana se las llamó claves primarias, mientras que al resto se las denominó secundarias, incluyendo en éstas a las señales del movimiento.

### **LOS “GRADIENTES” DE JAMES J. GIBSON**

La palabra gradiente significa el aumento o disminución de algo a lo largo de un eje o dirección dado. Para Gibson este concepto se adapta a la descripción de la imagen retiniana. Resumimos brevemente los aspectos fundamentales de esta teoría que van a ser de gran utilidad para el presente estudio.

La hipótesis de Gibson es la siguiente: “la base de la llamada percepción del espacio es la proyección de los objetos y elementos como imagen, y el consiguiente cambio gradual de tamaño y densidad en la imagen a medida que los objetos y elementos se alejan del observador”.

**Los gradientes de textura:** un aumento uniforme de la densidad de textura en la imagen de una superficie hace que se produzca la sensación de plano o superficie que se aleja de nosotros. El gradiente de densidad de textura es por lo tanto un factor de profundidad [figura 1].

---

ción en los campos de la acústica, la óptica y la electricidad. Inventor de ingeniosos aparatos, como el caleidófono y el estereoscopio, es más conocido por el aparato eléctrico que lleva su nombre: el *punte de Wheatstone*, utilizado para medir las resistencias eléctricas

<sup>7</sup> Hermann Ludwig Helmholtz (Potsdam, 1821), médico y físico alemán que dedicó parte de su carrera a la física de percepción, construyó un aparato para analizar las combinaciones de tonos que generan sonidos naturales complejos

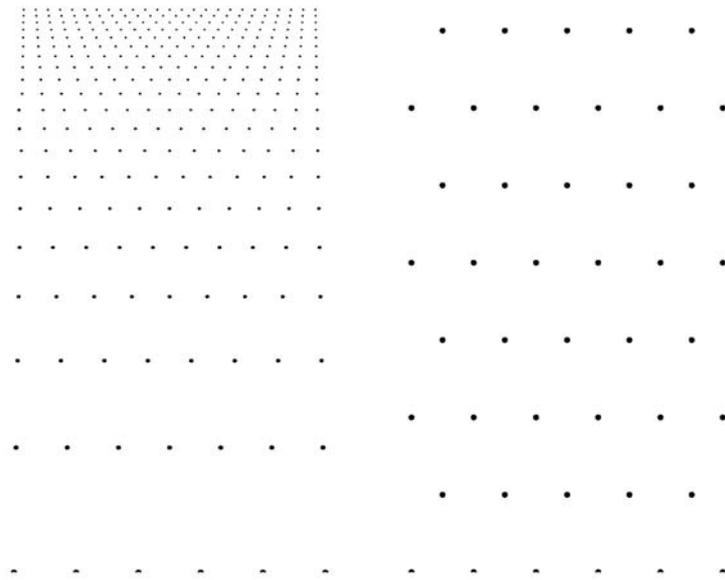


Figura 1

Así mismo, un reparto uniforme de textura (gradiente cero de densidad) hace que percibamos la superficie frontal [fig. 2]. Igualmente, cuando vemos un conjunto de líneas paralelas en las que su distancia disminuye gradualmente, la superficie se percibirá curvada o plana [fig. 3].

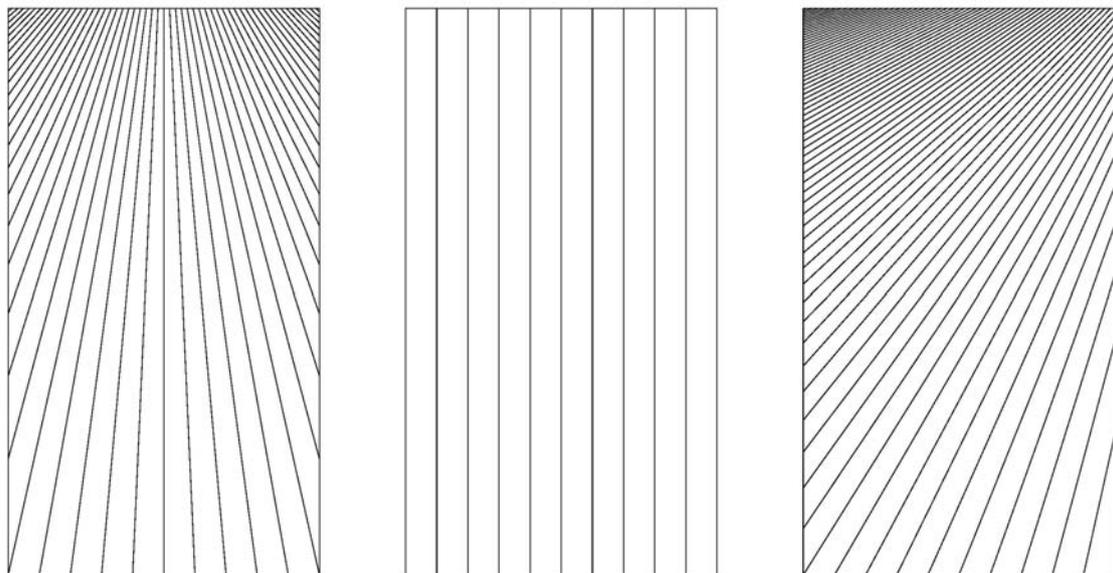


Figura 2

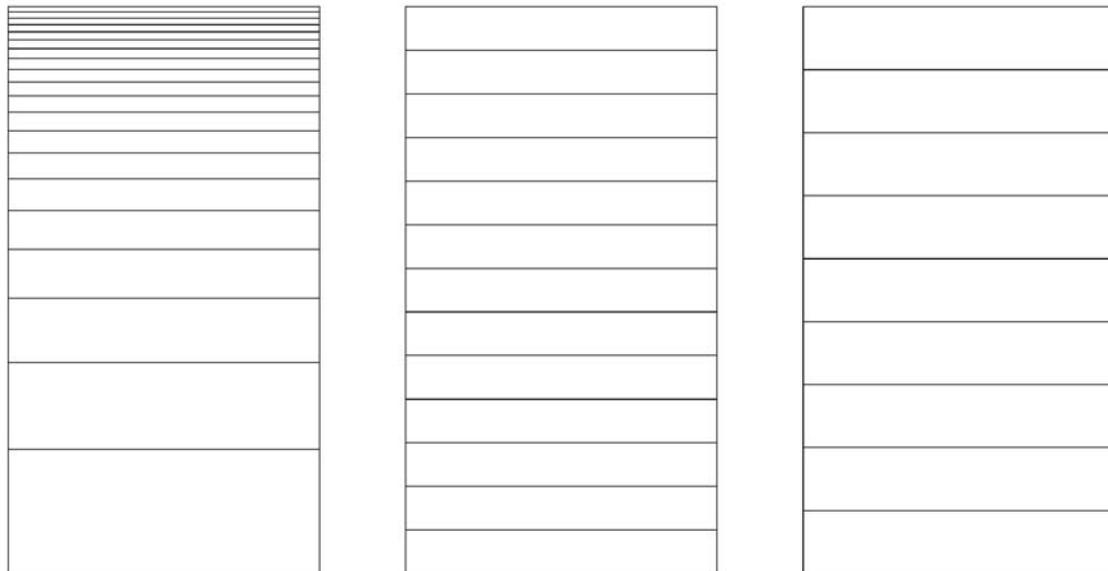


Figura 3

En general, un gradiente de separación de líneas constituye un estímulo para la distancia continua sobre una superficie, del mismo modo que un gradiente de textura compuesto por elementos y vacíos. Por lo que se refiere a la densidad de textura y la profundidad de los objetos hay que decir que el reparto de textura en la imagen de un objeto varía de densidad con arreglo a las leyes de la perspectiva. El gradiente de densidad de la imagen de una superficie física está en relación con el ángulo que forma con la visual principal que traza el observador, en el sentido de aumentar la densidad de textura conforme la superficie se aleja del observador.

De otra parte, el gradiente de separación de líneas paralelas de bordes, en la imagen de una figura donde concurra esta circunstancia, es así mismo otro indicativo de profundidad. Es lo que I. Rock llamaba “perspectiva lineal” dentro de la señal indicadora que denominaba genéricamente “la perspectiva”.

**Los gradientes de tamaño aparente de los objetos.** La variación en el tamaño de la imagen de los objetos, es decir: su tamaño aparente, actúa como clave para percibir la distancia entre ellos. En la fig. 4, tomada del libro *La percepción del mundo visual* de Gibson, se puede contemplar la reducción del tamaño de una serie de unidades cuadradas, situadas en el suelo, al ser proyectadas desde un punto sobre un plano vertical. Conforme el cuadrado se aleja su imagen trapezoidal se hace más pequeña.

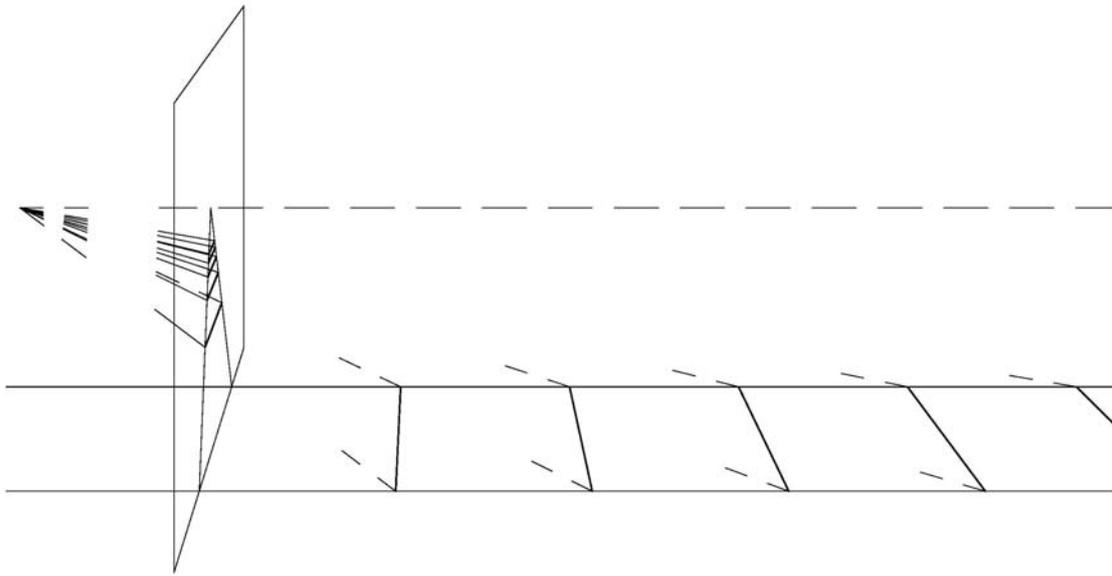


Figura 4

Los gradientes que hemos expuesto es lo que representa un mayor interesan para nuestro estudio. Otros, como los de iluminación, disparidad binocular, agudeza visual, perspectiva aérea, etc., no influyen de manera significativa en el procesamiento de la profundidad en el tipo de perspectivas que estudiamos.

## CONTENIDO

---

### LA CONSTANCIA PERCEPTUAL DEL TAMAÑO DE LOS OBJETOS REPRESENTADOS EN PERSPECTIVA

Según cita R. L. Gregory en su libro *Ojo y Cerebro*, Descartes en el año 1637 describió el concepto de “constancia del tamaño”: el individuo posee un sistema de escala de la percepción gracias al cual los objetos situados a distintas distancias aparecen casi del mismo tamaño, a menos que no nos engañe su elevada distancia<sup>8</sup>. Se trata de una constancia perceptual del tamaño de los objetos que pueden contemplar nuestros ojos, situados a diferentes distancias. Así las imágenes pueden variar de tamaño mientras que el objeto en sí lo percibimos siempre del mismo tamaño real.

La constancia del tamaño, según la teoría de la relación entre estímulos, «[...] puede explicarse mediante la razón entre el ángulo visual de un objeto y el ángulo visual de

---

<sup>8</sup> GREGORY: p.153

otros. Por ejemplo, si vemos un hombre que está de pie cerca de una casa, la altura del hombre es un tamaño concreto que podemos relacionar con la altura del edificio»<sup>9</sup>. Esta teoría no tiene en cuenta la distancia de observación, ya que según ella el tamaño de un objeto solo es percibido por relación de otros situados en el campo visual. No tiene en cuenta el dato de la distancia de observación para el cálculo del tamaño. Es por este motivo que muchos autores la han rechazado.

Otra teoría que explica la constancia del tamaño es la llamada “teoría de la toma en consideración”. La explica I. Rock diciendo: «El sistema perceptivo (el sistema del cerebro cuyo cometido es la percepción) efectúa una operación de conjunto, que incluye el ángulo de visión del objeto y también su distancia percibida»<sup>10</sup>.

El tamaño de la imagen está en función directa del ángulo de visión del objeto [fig. 5], pero a su vez el ángulo de visión está en función de la distancia del objeto, de tal manera que a mayor distancia menor ángulo visual. Se puede decir, por lo tanto, que el tamaño de la imagen retiniana está en función inversa de la distancia de observación.

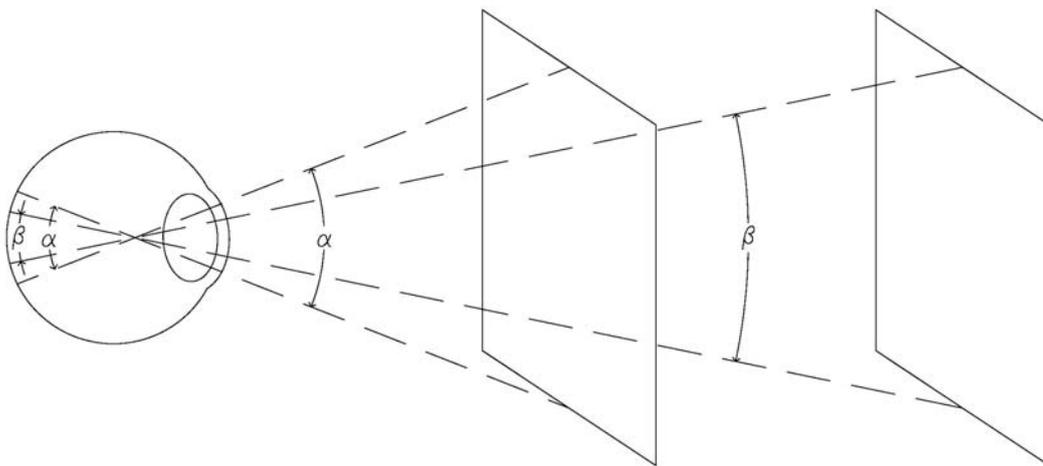


Figura 5

Para Gibson es la escala y no el tamaño lo que permanece constante en la percepción. Esta escala es psicológica, subjetiva, al contrario de la escala convencional que es obje-

---

<sup>9</sup> Rock: p. 20

<sup>10</sup> *Idem*, p. 23

tiva por estar relacionada con una medida física patrón. «El tamaño de cada objeto determinado es dado por la escala del fondo en el punto donde se encuentra situado y a esto se debe que su tamaño aparente esté ligado a su distancia aparente»<sup>11</sup>.

Resumiendo: la percepción de la distancia se obtiene mediante el procesamiento de las claves estudiadas y los gradientes de densidad expuestos en su teoría por Gibson. Todo lo dicho sobre la constancia del tamaño está referido a la percepción del mundo visual a través de nuestros ojos.

La constancia perceptiva del tamaño de los objetos representados en perspectiva sobre un plano deberá contar con los datos que nos proporcionan las “señales pictóricas” de que nos habla I. Rock o las “claves” secundarias, así como los gradientes de textura de Gibson, para un procesamiento correcto de la profundidad o, lo que es lo mismo, una interpretación tridimensional de la imagen plana.

Existe otro hecho constatado que refuerza la tesis de la supremacía de la constancia del tamaño sobre la constancia de la distancia. Ante un cambio en el tamaño de la imagen de un objeto prevalece la sensación de cambio de posición sobre la de cambio de tamaño real y distancia constante. R. Arnheim en su libro *Arte y percepción visual* dice: «Cuando en una película de dibujos animados se ve expandirse un disco pequeño, la percepción ha de elegir entre mantener constante la distancia y registrar un cambio de tamaño, o mantener constante el tamaño y cambiar la distancia. Sopesando estos factores de simplicidad, la percepción opta por la segunda alternativa: transforma el gradiente proyectivo de tamaño en gradiente de distancia»<sup>12</sup>.

### **DATOS PARA EL PROCESAMIENTO PSICOLÓGICO DE LA PROFUNDIDAD Y EL TAMAÑO EN PERSPECTIVA SEGÚN LOS TIPOS.**

Vamos a analizar en este apartado las claves de procesamiento de la profundidad y el tamaño de los objetos, derivados de la imagen perspectiva, según sea cónica o cilíndrica. Como es sabido, la perspectiva cónica, como proyección central de la figura sobre el plano, constituye una aproximación a la imagen monocular que percibe el hombre al observar la realidad con la mirada fija en un punto. Tanto en una perspectiva como en la otra el observador percibe la realidad a través de una imagen plana, por tanto las claves primarias: disparidad retiniana, convergencia ocular y acomodación del cristalino, todas ellas ligadas a la percepción del espacio real, no deberán de ser tenidas en cuenta.

---

<sup>11</sup> GIBSON: p. 247

<sup>12</sup> ARNHEIN: p. 306

En imágenes planas únicamente hablaremos de claves secundarias o señales pictóricas. Analizaremos la presencia de cada una de ellas en las perspectivas.

**1º. Convergencia de contornos.** Esta característica, según la cual las imágenes de rectas paralelas y oblicuas al plano de proyección convergen en un punto, sólo la encontraremos en perspectiva cónica, ya que la proyección desde el infinito niega la posibilidad de proyectar un punto impropio en un punto del plano de proyección que a su vez no tenga esta característica, es decir: no sea impropio.

**2º. Perspectiva del tamaño.** La reducción del tamaño de la imagen que acompaña al alejamiento de la figura observada solamente se produce en perspectiva cónica. En perspectiva cilíndrica el tamaño de la imagen no depende de la distancia, por lo tanto un mismo objeto en una perspectiva cilíndrica determinada tendrá el mismo tamaño de imagen. Naturalmente se entiende que el distanciamiento del objeto se produce mediante traslación sin giro, es decir que la imagen en todos los casos es semejante. De otra manera el tamaño de ésta sería cambiante por su propia naturaleza. Este punto tiene gran importancia ya que es la clave para comprender los fenómenos de deformación perspectiva que se produce en las perspectivas cilíndricas.

Recordemos que en la percepción del mundo visual la constancia del tamaño percibido de los objetos era producida por un factor fundamental: la variación que experimenta el tamaño de la imagen retiniana de un objeto y la compensación que efectúa el cerebro al procesarlo juntamente con la distancia de observación. Hemos de tener en cuenta que este complejo de datos nos llega al cerebro a través de una imagen perspectiva de tipo cilíndrico, carente de muchas de las claves habituales.

En una perspectiva cónica el espacio se cierra hacia el horizonte por reducción del tamaño de la imagen, al igual que ocurre en el campo visual. En una perspectiva cilíndrica el primer término tiene el mismo carácter que el fondo porque no es sino una secuencia de la imagen continua del espacio euclidiano.

**3º. El escorzo.** La reducción de la dimensión en profundidad de los objetos proyectados es una característica que se encuentra en los dos tipos de perspectiva, aunque se manifiesta de modo diferente en una y otra.

En perspectiva cónica la reducción de la dimensión en escorzo se hace de manera gradual, variando de modo exponencial con la distancia. Por el contrario, en perspectiva cilíndrica la reducción, para una misma inclinación del plano en escorzo, es la misma independientemente de la distancia. Por ejemplo: si dividimos una recta no frontal en segmentos iguales, su proyección cónica nos proporciona una imagen de los segmentos progresivamente más pequeños conforme se alejan del punto de observación, mientras que si proyectamos la misma recta desde el infinito, sus segmentos aparecerán reducidos en la misma magnitud.

**4º. Gradiente de líneas y texturas.** Veamos en qué grado se manifiesta la teoría de Gibson en las imágenes perspectivas. Supongamos un plano en el que se han dibujado líneas paralelas equidistantes. Si lo situamos en posición frontal, tanto en una perspectiva como en la otra las líneas paralelas las veremos equidistantes, esto es: con gradiente cero de separación. Con una diferencia entre las dos perspectivas, mientras que en la cónica la distancia entre líneas estará en función de la distancia del plano al punto de vista en la cilíndrica no. Por lo tanto: si tuviéramos dos planos frontales igualmente rayados, en la primera perspectiva los veríamos rayados con distinta separación, con mayor densidad de rayado en el más alejado. Este matiz se pierde en la perspectiva cilíndrica [fig. 6].

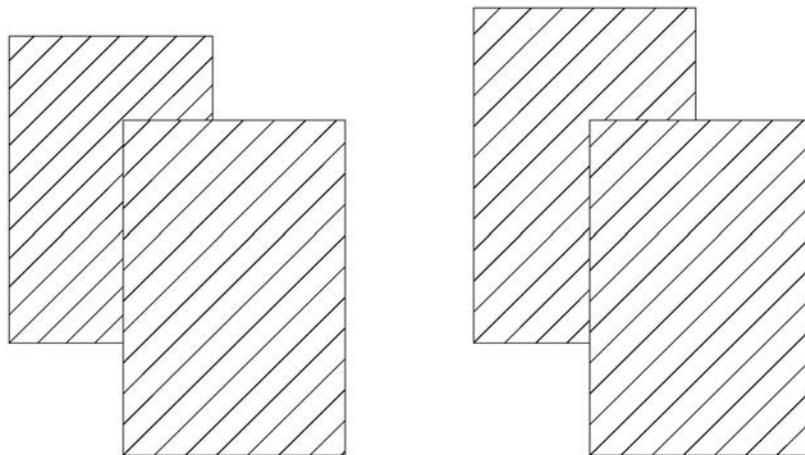


Figura 6

Consideramos el plano rayado en posición oblicua o en profundidad. En proyección cónica las líneas o se proyectan convergentes, o sea: con gradiente de separación en el caso que sean oblicuas al plano de proyección, o se proyectan paralelas, pero con gradiente de distanciamiento [fig. 7]. En perspectiva cilíndrica las líneas de un plano siempre se proyectan paralelas, con gradiente cero de distanciamiento, es decir: equidistantes.

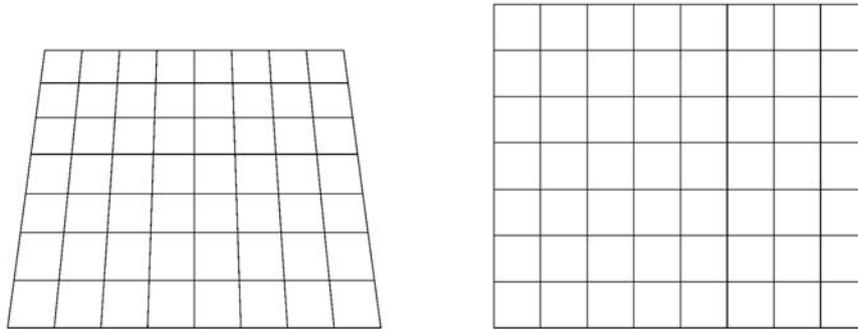


Figura 7

Hablando en términos de densidad de textura, podemos afirmar que en las imágenes cilíndricas no existe gradiente de densidad de textura. Un plano texturizado a base de puntos uniformemente repartidos, o un plano de fachada de un edificio con un reparto uniforme de huecos, tendrá unas imágenes perspectivas en las que el reparto de textura será uniforme o no en función del tipo de proyección empleada y por supuesto de la posición oblicua o frontal respecto del plano de proyección.

**5º. Interposición de imágenes y sombras.** Estas señales de distancia y profundidad o relieve pueden tratarse con idénticas técnicas en cualquier tipo de perspectiva, por lo tanto constituyen de igual modo datos para el procesamiento tridimensional de la imagen tanto en perspectiva cónica como en cilíndrica.

Después de este repaso a las claves más importantes que afectan al procesamiento de la profundidad y a la ilusión de constancia del tamaño real, en una y otra perspectiva, vemos como en perspectiva cilíndrica muchas de las claves que son habituales en la percepción del mundo visual desaparecen o son modificadas, en tanto que en la perspectiva cónica las recoge con un elevado grado de fidelidad.

Parecería desprenderse de este análisis que el procesamiento de la profundidad de las imágenes cilíndricas fuera a ser dificultoso debido a la ausencia y a mutaciones de claves secundarias importantes. Pues bien: todos sabemos que no es así, que no resulta en absoluto dificultoso para el cerebro interpretar tridimensionalmente estas imágenes. Esto es debido a cuatro factores fundamentales:

**El hábito cultural**, mediante el cual tenemos aprendido el significado tridimensional de la proyección de tres rectas concurrentes sobre un plano, que representan las tres dimensiones del espacio euclídeo. Para una persona que jamás haya oído hablar de la axonometría tres rectas concurrentes situadas en el plano de la imagen no significan otra cosa que un hecho bidimensional.

**El reconocimiento** de la naturaleza del objeto representado y la similitud con otras imágenes conocidas. La representación axonométrica de un edificio es procesada en tres dimensiones de manera inmediata porque la imagen recuerda a la de objetos conocidos de la misma naturaleza. Con frecuencia el arquitecto se encuentra con casos en los que al mostrar dibujos axonométricos a terceras personas no vinculadas al mundo de la Arquitectura éstas necesitan de una explicación adicional para su correcta interpretación y comprensión. Este hecho está también relacionado con el que hemos comentado del hábito cultural.

1. La predilección por la forma más simple. Para los psicólogos de la Gestalt la respuesta de la mente ante una imagen geométrica es la de preferir la forma más simple dentro de las interpretaciones posibles. Así, por ejemplo, la imagen de un hexágono regular con sus diagonales difícilmente será interpretada de manera espontánea como un cubo visto ortogonalmente con una diagonal perpendicular al plano de proyección. La mente va a preferir en este caso la interpretación bidimensional porque el hexágono regular tiene una estructura geométrica más simple que la del cubo. Según R. Arnheim «Un esquema espacial parecerá tridimensional cuando pueda ser visto como proyección de una situación tridimensional que sea estructuralmente más simple que la bidimensional correspondiente», aclarando más adelante: «Cuando decimos que la versión tridimensional es la más simple, queremos decir que es la que acaba por imponerse»<sup>13</sup>.

**La deformación proyectiva** o deformación que sufren las formas al ser proyectadas sobre un plano. Con facilidad un paralelogramo constituye para la mente la representación de un rectángulo: la figura tiende a alejarse de nosotros. También este punto se relaciona con el anterior ya que el rectángulo es una forma geométrica más simple que el paralelogramo. Para el mismo autor: «La deformación es un factor clave para la percepción de la profundidad, porque hace disminuir la simplicidad y aumenta la tensión presente en el campo visual suscitando con ello una demanda de simplificación y relajación»<sup>14</sup>. Estos hechos comentados son importantes a la hora de una interpretación tridimensional o procesamiento de la profundidad de las imágenes axonométricas, ahora bien: hay que tener en cuenta que ciertas características de la proyección cónica desaparecen en la proyección cilíndrica, como ya hemos visto.

---

<sup>13</sup> ARNHEIN: pp. 289 y 290

<sup>14</sup> *Idem*, p. 288

### LAS ILUSIONES GEOMÉTRICAS EN LAS IMÁGENES AXONOMÉTRICAS

Para Irvin Rock «[...] a las ilusiones se las debe definir como discrepancias entre lo que se percibe y la realidad objetiva»<sup>15</sup>. Como ha quedado expuesto anteriormente, existen datos suficientes para que la mente pueda llevar a cabo el procesamiento de la profundidad a partir de imágenes axonométricas. En perspectiva axonométrica nos encontramos con imágenes de igual tamaño de objetos iguales situados a distancias diferentes del observador. Esto contradice la manera habitual de ver la realidad a través de las imágenes retinianas en las cuales se cumple la Ley de Emmert. Esta ley no es algo que nosotros podamos aplicar o no de manera consciente sino que el mecanismo de la percepción la aplica siempre.

¿Cómo interpreta la mente el hecho mencionado? Si dos imágenes distintas de dos objetos tienen el mismo tamaño, estando ambos a distancias diferentes del observador, el tamaño real de estos objetos es distinto. Al observar la imagen cambiante que representa el prisma de la fig. 8 vemos que si percibimos el vértice B delante del A la cara cuadrada que está delante la suponemos como de un tamaño menor al de la que está detrás, mientras que las aristas en profundidad se perciben como convergentes hacia delante. En cuanto cambiamos la imagen, situando el vértice A delante del B, cambiará el sentido de convergencia de las aristas laterales y ahora percibiremos como de mayor tamaño la cara cuadrada que contiene al vértice B.

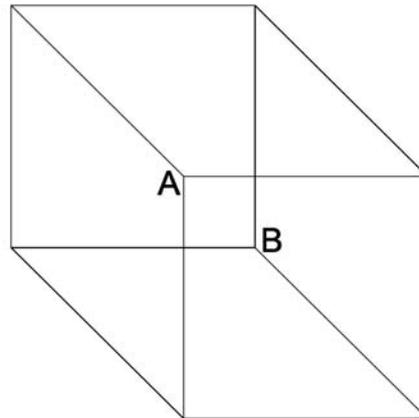


Figura 8

---

<sup>15</sup> GREGORY: p.147

Este efecto es una ilusión perceptiva fruto de un procesamiento de la profundidad acompañado de una transgresión de la Ley Angular de Emmert.

Existe una clara similitud entre este efecto y la ilusión de Ponzo [fig. 9]. Los trazos horizontales son percibidos de distinto tamaño debido a la presencia de otros dos oblicuos que producen un efecto ilusorio, actuando como elementos inductores. Estos últimos operan en la mente produciendo el efecto de perspectiva y, por tanto, aleja de nosotros la imagen del segmento superior, produciendo la sensación de ser mayor que el que está situado en la parte inferior y que, dada la orientación de las líneas inductoras, parece más próximo.

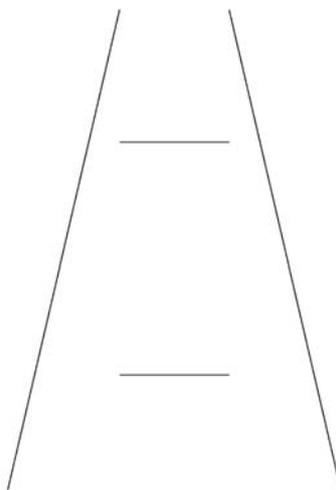


Figura 9

Esta teoría es acompañada por otra llamada “del contraste y la asimilación”, según la cual el tamaño percibido de ambos segmentos o elementos de contraste tiene que ver con el contexto de cada uno de ellos, de tal manera que el segmento inferior, por estar en un contexto más amplio, se percibe como más pequeño. Para I. Rock la ilusión de Ponzo puede estar motivada por la acción conjunta del procesamiento de la profundidad y por el efecto del contraste y la asimilación.

La sensación de profundidad es determinante para producir la ilusión de pérdida de constancia del tamaño y convergencia de líneas paralelas en perspectiva axonométrica, lo que hemos denominado deformación por “efecto de divergencia”. La teoría del procesamiento de la profundidad la aplica R. L. Gregory para dar explicación a la ilusión de Müller-Lyer. La flecha con puntas hacia fuera puede representar el rincón de

una habitación, mientras que la flecha con las puntas en sentido contrario representaría la esquina de un edificio [fig. 10].

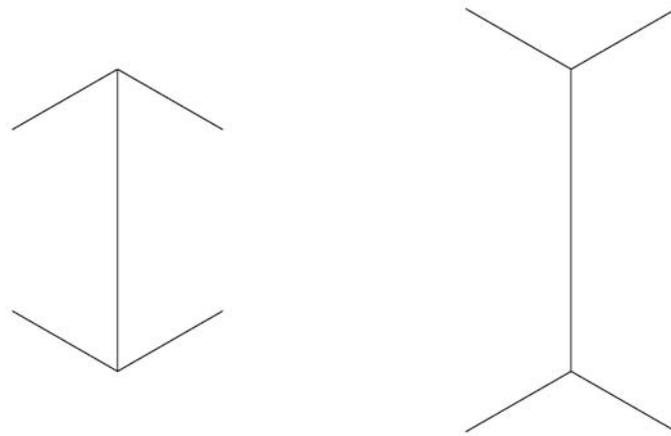


Figura 10

Esta explicación puede parecer muy subjetiva, por eso Gregory apunta a la posibilidad de que para cada persona pueda representar un aspecto distinto. Sin embargo la explicación dada se ve acentuada por el hecho de que la sensación de profundidad tiende a aumentar el tamaño aparente de las cosas a igualdad de imágenes. El hecho de observar la línea vertical como situada en el fondo de una esquina (flecha con puntas hacia arriba) lleva a percibir la vertical como de mayor tamaño que en el caso de flecha con punta hacia abajo, ya que se nos presenta este mismo segmento en primer término. Sin embargo el segmento vertical tiene la misma longitud en un caso y en otro.

En la fig. 11 hemos representado una variante de la Ilusión de Ponzo, en la que las líneas de contraste están integradas en la figura de un cubo en proyección oblicua. El efecto de profundidad hace que las líneas de contorno lateral del cubo se perciban como ligeramente abiertas, e incluso como quebradas.

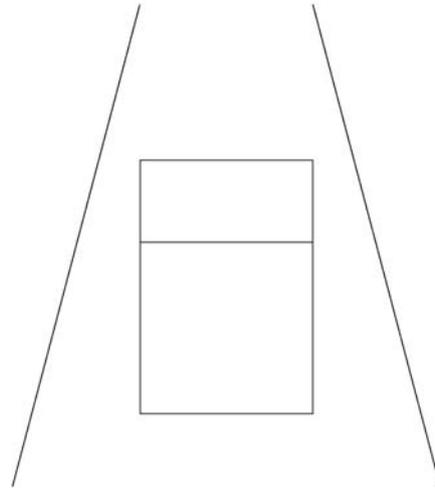


Figura 11

El ajuste de la constancia que tiende a compensar la distancia actúa de manera que al fondo le da más tamaño que al primer término. Es un mecanismo automático de la visión. Podría discutirse en qué grado afecta a la percepción de las personas en función de su educación, sus hábitos de estudio o el ambiente cultural y geográfico donde se hallan. Como señala R. L. Gregory, en la obra citada, la perspectiva lineal se presenta muy acusada en el mundo occidental, donde en la Arquitectura y el Urbanismo prevalecen los espacios rectangulares y por lo tanto las líneas se nos presentan fugadas de manera constante. En civilizaciones de las que se dice que viven en un “mundo circular”, donde en las formas que rodean al individuo escasean las líneas rectas, se ha observado que experimentan un grado de ilusión distinto ante fenómenos como los explicados.

En la fig. 12 se presenta la “ilusión de pasillo”, en la que se pone claramente de manifiesto el cambio de tamaño aparente de un objeto, en este caso el cilindro, situando su imagen de igual tamaño en posiciones distintas, dentro del contexto de la perspectiva de un pasillo. El efecto inmediato es el de percibir los cilindros a distintas distancias, sin embargo su tamaño aparente aumenta dado que el tamaño de la imagen permanece constante.

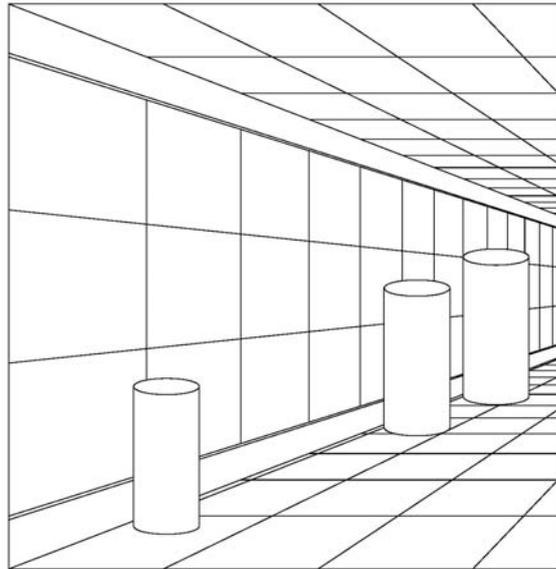


Figura 12

Nosotros hemos dibujado en la fig. 13 una variante de esta ilusión, llevándola al terreno que interesa a nuestro estudio. Se trata de un cubo en perspectiva caballera situado en el contexto de la perspectiva cónica del pasillo.

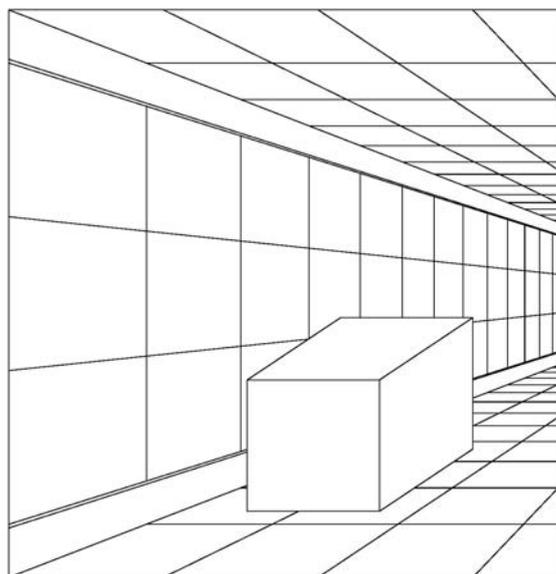


Figura 13

Las líneas inductoras son las que representan en perspectiva el pasillo, las líneas de contraste son las de las caras anterior y posterior del cubo, y que en el dibujo tienen la misma longitud. Se puede apreciar cómo se ven más grandes las aristas posteriores y que las que están en profundidad no se ven paralelas sino convergentes en sentido contrario a las del pasillo. Esta experiencia viene a poner en evidencia, de manera casi caricaturesca, el efecto ilusorio que en numerosas ocasiones nos produce una perspectiva sin puntos de fuga, como son las axonométricas.

Bien es cierto que el contraste de la perspectiva del pasillo y del cubo es del todo atípico, pues no se dan nunca los dos tipos de perspectiva juntos. No obstante, nos ilustra por un procedimiento de “exacerbación” una ilusión que en menor medida se nos presenta en este tipo de perspectivas. Es indudable el efecto de procesamiento de profundidad que produce de una manera potente la perspectiva del pasillo. Hay que hablar del efecto de contraste y asimilación dado que la cara posterior del cubo se halla en un contexto de la imagen en que el pasillo es más pequeño y por lo tanto se percibe como de mayor tamaño.

El cubo, sacado del contexto del dibujo del pasillo, y visto como figura aislada, reduce el efecto ilusorio, pero no desaparece.

De nuevo, en la fig. 14, potenciamos el procesamiento de la profundidad de la cara posterior del cubo, utilizando el recurso del gradiente de densidad de textura de líneas.

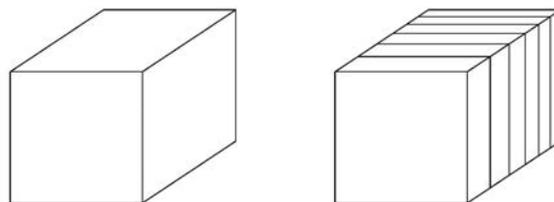


Figura 14

En este caso se elimina el efecto de contraste y asimilación que producen en el cubo las líneas de proyección del pasillo, introduciendo una clave de profundidad como es el gradiente de textura de Gibbsi. La ilusión de mayor tamaño de la cara posterior con respecto al de la anterior está propiciada por el reforzamiento de la imagen tridimensional que aporta esta clave, en una figura situada fuera de todo contexto.

Reproducimos en la fig. 15 el dibujo de la página 173 del libro *La percepción* de I. Rock. Las figuras A y B son prismas representados en perspectiva caballera. Las caras superiores de ambos tienen imágenes de idéntico tamaño e igual forma, sin embargo

el procesamiento de la profundidad ocasiona un efecto de alargamiento en las aristas perpendiculares a las caras frontales, a la vez que una falsa convergencia, más acusada en la figura B, que impide que se perciban como si fuesen iguales, y más bien por el contrario parecen muy diferentes.

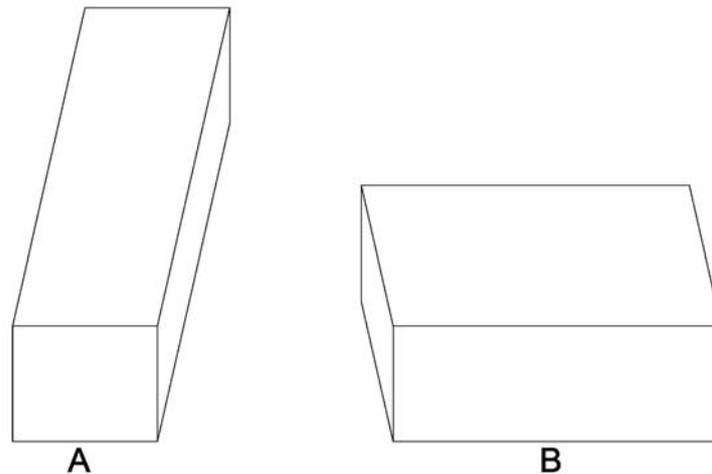


Figura 15

### **PERSPECTIVA CONVERGENTE Y PERSPECTIVA DIVERGENTE**

Algunos autores llaman a la perspectiva lineal que tiene sus orígenes en el Renacimiento italiano “perspectiva convergente”. En ella todo haz de rectas paralelas y oblicuas al plano del cuadro tiene una imagen convergente en un punto que no es otro que la intersección con el plano del cuadro de la recta de dicho haz que pasa por el punto de vista. Este hecho produce una disminución de las imágenes conforme aumenta la distancia de los objetos. Disminución de tamaño de la imagen que, como hemos dicho, queda compensada por el mecanismo de constancia aparente ayudado por el procesamiento psicológico de la profundidad.

Pero a lo largo de la historia las normas de representación perspectiva han ido variando según las culturas. Así nos encontramos con una tradición oriental, fundamentalmente de épocas antiguas, en las que la convergencia de las líneas paralelas se produce, no en el sentido de la profundidad sino hacia el primer término de la representación. Esta norma produce un aumento de tamaño en profundidad, al contrario de lo que ocurre con la perspectiva cónica de tradición occidental.

Autores como G.Kepes llaman a este modo de representación “perspectiva invertida”: «De acuerdo con los antiguos cánones chinos y japoneses asignan a la perspectiva li-

neal una función diametralmente opuesta a la que dieron los pintores occidentales. En su sistema, las líneas paralelas convergen a medida que se acercan al espectador. Abren el espacio en vez de cerrarlo»<sup>16</sup>.

En un estado intermedio se encuentra la perspectiva paralela que es objeto fundamental de nuestro estudio. En principio poco tiene que ver con una y otra perspectiva, sin embargo el mundo de las ilusiones geométricas coloca a la perspectiva paralela en relación con la perspectiva divergente, de tradición oriental. Arnheim, comentando la representación de un cubo de axonometría, dice: «[...] las aristas posteriores parecen un poco más largas que las anteriores, de manera que las caras superior y lateral parecen diverger hacia la distancia. Este efecto es lo bastante fuerte como para haber dado origen a la creencia de que en las pinturas japonesas los bordes paralelos divergen a pesar de que la medición demuestra la total ausencia de ese principio»<sup>17</sup>.

## CONCLUSIONES

---

En primer lugar estamos en condiciones de afirmar que el efecto de divergencia de líneas, producido al observar una perspectiva Axonométrica, tiene su causa en la propia naturaleza de "imagen geométrica", que no tiene correspondencia con experiencia alguna que el hombre pueda llevar a cabo en el mundo visual, ya que la observación del espacio desde el infinito es una ficción que solamente puede materializarse mediante procedimientos geométricos, teniendo como resultado imágenes que no guardan las leyes de la perspectiva natural.

El procesamiento psicológico de la tercera dimensión, realizado a través de una imagen de proyección con punto de vista impropio, no cuenta con las "claves" de la perspectiva natural, que I. Rock llama "señales pictóricas", como son la variación del tamaño de la imagen en función de la distancia (Ley de Emmert), la convergencia de las proyecciones de rectas paralelas o los gradientes de densidad de líneas y texturas a los que se refiere J. J. Gibson, etc. Esto hace que junto con un mecanismo automatizado del cerebro a la hora del procesamiento se produzcan efectos ilusorios en la lectura de estas imágenes, efectos que por otra parte no aparecen en una perspectiva cónica correctamente realizada, en la que, contrariamente a la axonométrica, están presentes estas "claves" de la perspectiva natural.

---

<sup>16</sup> KEPES, G; *El lenguaje de la visión*, Ediciones infinito. Buenos Aires 1976, p.125

<sup>17</sup> ARNHEIN, R; obra citada, p.153

## BIBLIOGRAFÍA

---

- ARNHEIN, R.: *Arte y percepción visual*, Madrid, Alianza Editorial, 1981
- AYRES, F.: *Geometría Proyectiva*, Colombia, McGraw-Hill, 1971
- ARTLEY, S. H.: *Principios de la percepción*, México, Trillas, 1980
- COHÉN, J.: *Sensación y percepción visuales*, MÉXICO, TRILLAS, 1973
- FERRER GARCÉS, R.: *Las deformaciones en perspectiva axonométrica. Una solución gráfica. Estudio del efecto de divergencia en la axonometría y su compensación por transformación en perspectivas cónicas de pequeña ángulo visual*, Tesis Doctoral, Universidad de La Coruña, 1988
- GIBSON, J. J.: *La percepción del mundo visual*, Buenos Aires, Infinito, 1974
- GOMBRICH, E. H.: *La imagen y el ojo*, Madrid, Alianza Editorial, 1987
- GOMBRICH, E. H.: *Arte e ilusión*, Barcelona, Gustavo Gili, 1979
- GREGORY, R. L.: *Ojo y cerebro*, Madrid, Guadarrama, 1965
- KEPES, G.: *El lenguaje de la visión*, Buenos Aires, Infinito, 1976
- PANOFSKY, E.: *La perspectiva como forma simbólica*, Barcelona, Tusquets, 1985
- PANOFSKY, E.: *Renacimiento y renacimientos en el arte occidental*, Madrid, Alianza Universidad, 1986
- PIAGET, J.: *La percepción*, Buenos Aires, Paidós, 1979
- PIRENNE, M. H.: *Óptica, perspectiva, visión*, Buenos Aires, Víctor Leru, 1974
- REINER, T.: *Perspectiva y Axonometría*, México, Gustavo Gili, 1981
- ROCK, I.: *La percepción*, Barcelona, Labor, 1985