

a
acadèmica

Tècniques de representació fotorealista per al disseny de productes. 3ds Max Design®

Teresa Magal Royo
Javier Císcar Cuña



EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Teresa Magal-Royo
Javier Císcar-Cuña

Tècniques de representació fotorealista per al disseny de productes

3ds Max Desing®

EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Revisió lingüística: Àrea de Promoció i Normalització Lingüística de la UPV

“La publicació d’aquest llibre ha rebut una ajuda de l’Àrea de Promoció i Normalització Lingüística de la Universitat Politècnica de València per a la redacció de manuals universitaris en valencià”

Els continguts d'aquesta publicació han sigut aprovats pel Comité Editorial del Departament.

Colecció Acadèmica

Per a referenciar esta publicació utilitze la següent cita: Magal-Royo T.; Císcar-Cuña, J. (2015) *Tècniques de representació fotorealista per al disseny de productes. 3ds Max Design®*. València: Universitat Politècnica de València

© Teresa Magal-Royo
Javier Císcar-Cuña

© De les fotografies: l'autor/a

© Tots els noms comercials, marques o signes distintius de qualsevol classe continguts a l'obra estan protegits per la llei.

© 2015, de la present edició: Editorial Universitat Politècnica de València
distribució: Tel. 96 387 70 12 / www.lalibreria.upv.es / Ref.: 0348_04_01_01

Impreso en papel Creator Silk



Imprimeix: Byprint Percom, sl

ISBN: 978-84-9048-286-5
Imprés sota demanda

Queda prohibida la reproducció, distribució, comercialització, transformació i, en general, qualsevol altra forma d'explotació, per qualsevol procediment, de tot o part dels continguts d'aquesta obra sense l'autorització expressa i per escrit dels autors.

Imprés a Espanya

Índex

Capítol 1. Teoria de la imatge i de la representació visual.....	7
1.1 L'entorn de treball. L'espai creatiu	7
1.1.1 L'espai de l'objecte	9
1.1.2 L'espai de la imatge.....	10
1.1.3 L'espai del model informàtic	12
1.2 El camp visual i el món visual.....	13
1.3 La profunditat visual com a constructe mental	14
1.3.1 Els mecanismes fisiològics.....	14
1.3.2 Els mecanismes psicològics.....	17
Capítol 2. Tècniques de traçat de rajos. Renderització.....	29
2.1 Algorisme de <i>Z-buffer</i> . <i>Raycast</i>	31
2.2 L'algorisme de <i>raytrace</i>	34
2.2.1 L'algorisme combinat de raytracing	34
2.3 La radiositat	37
2.4 La millora de la imatge. L'antialiàsing	40
2.5 Configuració de les preferències de les ordres de renderització en el programa 3ds Max Design® d'Autodesk®	42
Capítol 3. El control creatiu de la imatge dins de la representació d'un producte creat virtualment	45
3.1 Establiment de la gestió tècnica i documental de recursos en el programa 3ds Max Design® d'Autodesk®	46
3.2. Mecanismes relacionats amb la composició visual de la imatge	47
3.3 Elements que conformen l'escena virtual d'un producte en el programa 3ds Max Design® d'Autodesk®	51
Capítol 4. L'entorn de treball del programa 3ds Max Design® d'Autodesk®	55
4.1 La interfície del programa.....	55

4.2 La configuració de l'entorn del programa 3ds Max Design® d'Autodesk®	56
4.2.1 Els visors (Views/Viewport configuration)	56
4.2.2 L'ordre de preferències (Preference Settings)	63
4.3 Ajudes a l'entorn de creació d'objectes en 3D	66
4.3.1 Els sistemes de coordenades de transformació	67
4.3.2 Eines de precisió en el dibuix	69
4.3.3 Els ajudants de l'escena (Helpers)	77
Capítol 5. Creació d'objectes en 3ds Max Design®	81
5.1 Elements de construcció o geometria	82
5.1.1 Formes 2D. Creació de formes geomètriques 2D, splines i NURBS	82
5.1.2 Formes 3D. Primitives estàndard i primitives esteses	86
5.1.3 Objectes de composició	88
5.1.4 Objectes del tipus de malles editables (Editable Mesh)	93
5.1.5 Objectes del tipus corrector editable (Editable Patch)	94
5.1.6 Objectes del tipus polígons editables (Editable Poly)	96
5.2 Creació d'objectes 3D mitjançant l'ús de modificadors	98
5.2.1 Tipus de modificadors	98
5.2.2 Gestió de les propietats dels modificadors	101
Capítol 6. La il·luminació d'objectes en escenaris 3D en el programa 3ds Max Design®	105
6.1. Aspectes generals de la il·luminació d'escenes d'objectes 3D	105
6.2. Tipus d'il·luminació en 3ds Max Design®	106
6.3 Tipus de llum estàndard	108
6.3.1 Llum omnidireccional (General parameters)	108
6.3.2 Llum direccional (General parameters)	115
6.3.3 Llum de focus. Paràmetres generals (Spot Light / General parameters)	118
6.4 Llums fotomètriques	121

6.5 Tipus de llums naturals (<i>Sunlight</i> , <i>Skylight</i>)	125
6.5.1 Llums naturals tipus <i>Sunlight</i>	125
6.5.2 Llums naturals tipus <i>Skylight</i>	126
Capítol 7. Creació de materials i textures en el programa 3ds Max Design®	131
7.1 Gestió de la biblioteca i de l'editor de materials.....	131
7.2 L'aplicació de materials en 3ds Max Design®	135
7.2.1 Icones de visualització de l'editor de materials	137
7.3 L'aparença dels materials sobre els objectes	138
7.3.1 Les propietats internes del material. La distribució de la llum ...	141
7.3.2 Les propietats externes del material. Les textures	146
7.4 El material <i>Standard</i>	152
7.5 El material <i>Mental Ray. Arch&Design</i>	157
7.6 Propietats generals dels materials en 3dsMax Design®	164
Capítol 8. Tècniques avançades en l'ús d'efectes especials en el programa 3ds Max Design®	173
8.1 Aplicació de l'efecte atmosfèric de volum lluminós	173
8.2 Aplicació d'efecte del material mat-ombra sobre l'escena.....	182
Capítol 9. Exercicis pràctics.....	191
9.1 Creació d'una taula d'oficina	192
9.2 Creació d'un difusor a partir d'un esbós conceptual.....	202

Capítol 1

Teoria de la imatge i de la representació visual

1.1 L'entorn de treball. L'espai creatiu

L'organització de l'espai és necessària per a comprendre la tridimensionalitat dels objectes. No podrem interpretar o crear en entorns en els quals no puguem establir, tot i que siga inconscientment, certes claus o indicis que ens permeten descobrir-la.

L'aspecte sociològic¹ que envolta el concepte d'espai, com en moltes altres coses, s'accentua pel significat cultural. La manera en què ens relacionem determina les distàncies i, per tant, l'espai que inconscientment apliquem en la nostra societat i a nosaltres mateixos, ja que l'ésser humà els necessita per a relacionar-se, cohabitar i, sobretot, els fa servir de model per a comprendre l'espai i les dimensions d'on viu i es mou.

Durant anys, en la cultura occidental, van haver-hi dos tipus generals d'interpretació de l'espai, empíric i científic, el qual aplegava, d'una banda,

¹ HALL, Edward T. *La dimensión oculta*. Mèxic: Ediciones Siglo Veintiuno, 1982, pàg. 6-29.

les teories de caràcter matemàtic sota el concepte cartesià d'espai tridimensional basat en l'abstracció i, de l'altra, el concepte pictòric de perspectiva sota un espai pseudonaturalista. S'intentava, per tant, imitar la representació espacial dels objectes d'una manera artificial² mitjançant l'assimilació dels indicis percebuts capaços de ser imitats en un espai de representació.

L'arribada dels nous mitjans d'expressió i comunicació³ convertits en nous suports de representació, unida a les noves teories sobre la interpretació i percepció del nostre entorn, va produir una crisi de l'espai. Una crisi sobre la identificació entre l'objecte i l'espai tradicional i cartesià que arriba a produir una negació mateix de l'espai.

En informàtica i a causa del caràcter matemàtic del sistema, l'organització de l'espai s'ha establert amb pautes eminentment cartesianes i és variable la representació visual en el tipus de projecció utilitzada.

Els mètodes artístics utilitzen la creació intuïtiva en l'espai basada en la negació restrictiva del concepte de projecció, tendint a una multiplicitat de visions per a qualsevol tipus de representació. L'espai informàtic necessita d'una construcció sintètica total per la nostra banda amb els mitjans disponibles. Hem de crear-la, assumint les propietats o restriccions existents sobre la base del nostre coneixement físic de les coses.

Els factors externs relacionats amb la capacitat en el tipus de visualització d'un entorn delimiten la nostra actuació. No és igual disposar d'un monitor que presente una visió restringida del món real, ja que ens trobem un camp visual que s'ha reduït als límits del marc de la pantalla i, per tant, a un terç de l'angle visual real, situat entre els 240°.

La imatge sintètica sobre el monitor s'assemblarà més a una fotografia que una imatge visual real completa, llevat que disposem de pantalles de LCD col·locades sobre cadascun dels nostres ulls, ajustats a la nostra percepció estereoscòpica.

Per això, quan ens trobem davant d'un camp de visió restringit, quan creem o visualitzem una imatge, tendim a distribuir el nostre espai en funció de dos eixos de direcció fonamentals en els quals la primacia de la posició vertical de

² POMÉ, Goretti. "Aspectos técnicos de la realidad virtual". *AutoCAD*, núm. 34, desembre de 1994 - gener de 1995, pàg. 72-79.

³ El desenvolupament industrial, l'augment del concepte de consum i l'increment de les activitats productives han produït un canvi radical que afecta les noves tendències artístiques, fet que, des de principis de segle, s'ha traduït en la cerca de noves configuracions de l'espai.

l'eix en l'orientació dels objectes en l'entorn és fonamental per a situar d'una manera natural els objectes en l'espai, encara que no tinguem cap referència sobre el plànol horitzontal, independentment de l'angle visual respecte al sòl utilitzat per la càmera, per l'orientació totalment referencial de l'espai en funció del nostre cos, que es converteix en l'eix central dels nostres mesuraments.

Hi ha una diferència entre els aspectes que delimiten els suports d'actuació que influeixen en la creació i comprensió de la tridimensionalitat de l'espai informàtic en relació amb la formalització dels objectes, siguen reals o sintètics. Això determina la comprensió d'almenys tres tipus d'espais:

- l'espai de l'objecte
- l'espai de la imatge
- l'espai del model informàtic

1.1.1 L'espai de l'objecte

L'espai de l'objecte correspon a l'entorn espacial real, on hi ha situat el nostre món. El concepte d'espai tridimensional, independentment dels sistemes de representació utilitzats per a interpretar-lo mitjançant la projecció, s'estableix sota el filtre de la nostra capacitat visual de captar l'entorn.

Sens dubte, el concepte d'observació inherent d'objectes en l'espai més famós és el proposat per H. J. Poncarí durant el segle XX, el qual va marcar un punt i a part en el concepte d'espai real, en deixar-lo en segon pla davant del concepte referencial dels objectes. La seua teoria considerava que hi havia dos tipus d'alteracions entre els objectes físics que ens permetien descobrir l'espai real. D'una banda, en funció dels canvis de posició, capaços de crear la sensació espacial, i, d'altra, els canvis d'estat, inherents a l'objecte, que determinaven una necessitat espacial.

Aquesta teoria ha influït fins als nostres dies en nombrosos teòrics de la percepció que creuen en la importància no solament dels objectes com a referències determinants a l'hora d'assumir un espai visual davant de nosaltres, sinó en la relació que hi ha entre ells i l'entorn.

Com vam veure en l'organització de l'espai en el nostre món real, hi ha punts referencials que, d'alguna manera, generalment innata o apresada, estableixen aqueixa percepció de l'entorn en relació amb les referències visuals objectuals, entre els quals:

- la verticalitat dels objectes davant de l'entorn, tenint el sòl com a referència;

- l'horitzontalitat del sòl, tenint la verticalitat dels objectes com a referència;
- la gravetat com a eix imaginari de l'orientació dels objectes;
- l'existència de límits del camp de visió en funció de l'agudesesa visual;
- la posició del nostre cos davant de l'entorn en funció de les sensacions transmeses a través dels sentits i en concret als canvis d'equilibri;
- les línies visuals de referència que crea la ment per a interpretar el posicionament dels objectes tridimensionals davant de l'entorn.

Irvin Rock⁴ manté que hi ha un cúmul d'informació física que inclou el sistema visual, mitjançant l'orientació dels ulls, el sistema auditiu, mitjançant l'ajust de l'equilibri en l'oïda i la pressió muscular creada pel cos a l'hora de mantenir la posició erecta, junt amb la constància de la forma i l'equilibri percebut pels nostres ulls. Finalment, direm que tots aquests factors que determinen l'espai objectual influiran directament en els diferents tipus d'espai creats per l'humà, per mitjà de la imatge a escala general, o a través de l'espai de la pantalla, centralitzat en la imatge informàtica, com veurem més tard.

1.1.2 L'espai de la imatge

L'espai de la imatge és, abans de res, un espai considerat bidimensional, que reuneix tant les percepcions i experiències prèvies que hem captat en el nostre entorn real, com les que podem interpretar nosaltres mateixos des del punt de vista psicològic.

Entre les teories més importants sobre la consideració que l'espai de la imatge domina sobre l'espai dels objectes, hi ha la teoria de Gibson, en la qual es diu que l'espai percebut parteix de la imatge retiniana i de les condicions de l'ambient sobre el concepte dels anomenats gradients retinians.⁵

La imatge, com a projecció final, és una agrupació de llum enfocada sobre una superfície física en dues dimensions específiques, capaç de captar la llum provinent dels objectes tridimensionals, tot obtenint-ne un correlat. La impressió de profunditat estarà en funció del canvi gradual de grandària i densitat a mesura que els objectes i elements s'allunyen de l'observador.

⁴ ROCK, Irvin. *La percepció*. Barcelona: Editorial Labor, 1985, pàg. 204.

⁵ GIBSON, J. J. *La percepció del mundo visual*. Buenos Aires: Ediciones Infinito, pàg. 16.

Des del punt de vista psicològic, l'espai de la imatge està inclòs en les teories centrades en l'estudi de la forma i els elements compositius, capaços de recrear l'espai real dins d'uns límits físics en funció d'un suport.

Aquests estudis, iniciats per Wertheimer, van donar lloc a la teoria de la Gestalt, que va aprofundir en el comportament i la psicologia de la forma des del punt de vista teòric, i observà, inicialment, els efectes del moviment aparent i les imatges presentades de manera seqüencial.

La importància de l'orientació, les distàncies relatives, les constàncies de grandària, etc., unides a les lleis de la Gestalt sobre l'agrupació, la similitud, etc., van permetre determinar que la ment era capaç d'analitzar la percepció d'una imatge, i obtenir una organització mental de la tridimensionalitat suficient per a poder disposar d'ella a escala bidimensional.

En la imatge sintètica obtenim el mateix sentit de profunditat que puguem trobar en la presa d'una fotografia o una seqüència de cinema, on en molts casos la limitació perceptible està definida pels efectes següents, ja coneguts en el camp de la percepció retiniana:

- La planitud que ens ofereixen les imatges estàtiques és semblant a la problemàtica de la fotografia com a mer captador de la llum en una emulsió en paper.
- El camp de visió limitat que es produeix pel format del pla del quadre informàtic. Podrem tenir una fotografia de grans dimensions, però l'ull humà no serà capaç de percebre-la completament si no està situada a certa distància de manera que la convergència de la visió binocular siga completa en detriment de l'agudesia visual i la percepció de les formes. Aquest fenomen és perceptible en el cinema quan som molt prop de la pantalla de projecció.⁶ En l'ordinador, l'estimulació completa de la imatge estàtica es produeix per la grandària de la imatge plana la qual, sens dubte, l'ull humà l'abasta la majoria de les vegades en un sol colp de vista.
- Els fenòmens d'aberració visual que poden haver-hi en la imatge sintètica a causa de la utilització de les projeccions de tipus matemàtic que es produeixen conseqüentment en l'ordinador pel tipus d'estructura computacional. Normalment són mitigats amb l'aplicació de factors clarament pictòrics que influeixen directament en la percepció del conjunt.

⁶ ARNHEIM, Rudolph. *El cine como arte*. Buenos Aires: Editorial Infinito, 1971, pàg.19-22.

- El caràcter corbat de la imatge retiniana en contraposició a la imatge sintètica està compensat amb la constància de les formes i el calibratge de les distàncies dels objectes. Com ocorre en la teoria de gradients de Gibson.

1.1.3 L'espai del model informàtic

L'espai del model informàtic en el monitor és el suport fonamental en l'àmbit de creació i visualització de la imatge informàtica. Parteix de la simulació del concepte d'espai real en un entorn visualment bidimensional.

L'entorn de visió de la pantalla està limitat en funció de la grandària i la versatilitat que presenta el sistema en el procés d'aplicar un punt de vista o la càmera que ens permeten enquadrar, enfocar i delimitar una zona de dades bidimensionals o tridimensionals.

L'espai del model el limita l'usuari en funció de l'àrea de creació i l'àrea de visualització. La diferència es basa en el fet que, mentre el primer pot tenir una dimensió il·limitada en funció de les capacitats del programa, el segon ens permet disposar d'una àrea de visió variable, que en el conjunt ens ofereix una informació global del nostre entorn o de la nostra àrea de creació delimitada.⁷

Una escena o un objecte pot ser visualitzat en diferents grandàries visuals, sobre la base de la magnificació o la reducció de l'objecte respecte a l'entorn global.

Des del vessant constructiu hi ha, d'una banda, la necessitat d'obtenir uns punts referencials que estan innats en l'espai real i que s'extrapolen als límits propis de l'ordinador i, de l'altra, la visualització de la geometria sobre la base de diferents tipus de projecció que ens permeta l'ordinador.

Aquest últim aspecte suposa admetre el concepte de projecció sobre un pla donat, conegut tradicionalment com a pla de quadre. La imatge bidimensional aplega la informació de les projeccions que parteixen de l'objecte i que transformen el concepte d'objecte tridimensional en forma en profunditat.⁸ En general, la imatge obtinguda en la pantalla estarà en funció de:

⁷ Pot haver-hi una pèrdua de visualització de l'objecte total o parcial quan fem una ampliació o reducció de l'entorn. Per a fer-ho, la nostra ment és capaç de construir mentalment, i sobre la base de les regles de la Gestalt, les zones que falta visualitzar.

⁸ GIBSON, J. J. *La percepció en el mundo visual*. Buenos Aires: Editorial Infinito, 1975, pàg. 57.

- la limitació física de l'espai en la pantalla
- el sistema de coordenades
- el centre de projecció
- el pla de projecció
- el concepte de finestra en el pla de projecció
- l'abast de la imatge; la distància entre l'observador i la càmera

1.2 El camp visual i el món visual

Hi ha una diferència clara entre el camp visual que correspon a la imatge que la retina ofereix i el món visual que correspon al que realment percep l'humà.

El món visual es considera il·limitat a causa del desconeixement dels seus límits físics, independentment de la capacitat visual de l'ull. El camp visual s'estableix per l'amplitud del nostre sistema perceptiu,⁹ que conté formes projectades i que és variable en funció del tipus de visió establert, siga monocular o binocular.

Per a James Gibson¹⁰ el camp visualització en l'espai presenta un límit visual determinat per la fisiologia de l'ull en el qual se sap que la visió és poc nítida en les regions excèntriques a l'ull. Això estableix un límit¹¹ marcat sobre les nostres percepcions si delimiten el nivell d'atenció i l'agudesa visual del que contemplem.

Per a Gibson, el concepte de camp visual i la importància de les claus o indicis ens permeten assimilar els aspectes reals sobre els merament perceptius. La importància d'aquests indicis es considera fonamental, com veurem més tard, en la percepció de l'espai i, sobretot, en la ubicació d'objectes en l'espai real o informàtic d'una manera similar al que hàgem familiaritzat sobre la base del nostre entorn visual terrestre.

⁹ J. J. Gibson diu que hi ha una extensió lateral d'esquerra a dreta de 180 graus i uns 150 graus de la part superior a la inferior. Si es tanca un ull desapareix una tercera part del camp en el costat corresponent.

GIBSON, J. J. *La percepción del mundo visual*. Buenos Aires: Editorial Infinito, 1975, pàg. 48.

¹⁰ GIBSON, J. J. *La percepción del mundo visual*. Buenos Aires: Ediciones Infinito, 1974, pàg. 47-68.

¹¹ Aquesta limitació s'estableix si es tanca un ull, ja que s'observarà que una tercera part del camp desapareix i també el límit que correspon al contorn del nas.

1.3 La profunditat visual com a constructe mental

El concepte parteix del fet que la profunditat visual és un fenomen exclusiu de la interpretació psicològica de l'espai per la nostra ment.

El sistema visual humà l'utilitza per a distingir la posició relativa dels objectes en un escenari tridimensional. Utilitza una combinació de mecanismes relacionats entre les característiques pròpies del nostre sistema visual i la nostra organització mental posterior.

Encara que l'escena representada en la retina és bidimensional i, a més, està davant de nosaltres deformada pel caràcter corbat de l'ull,¹² hi ha una tendència a uniformitzar criteris perceptius capaços d'obtenir gran quantitat d'informació correlacionada amb el concepte de profunditat d'una escena.

A vegades, l'organització de la imatge, com hem vist, parteix de la conceptualització i de factors d'interpretació sobre les formes, íntimament lligats al concepte de fons i figura.

La cerca de la tridimensionalitat a través de les formes plàstiques l'han tractada àmpliament artistes i estudiosos de la percepció mitjançant una sèrie de mecanismes relacionats amb els fets reals o perceptius que dominen la nostra ment a l'hora de sentir la profunditat.

Aquests mecanismes o factors són generalment additius, és a dir, com més factors hi haja, més fàcil resultarà esbrinar les relacions de profunditat que hi ha dins d'una escena, bidimensional o tridimensional. Depenent dels processos implicats, les àrees de coneixement general s'estableixen en funció de dues categories:

- Mecanismes fisiològics
- Mecanismes psicològics

1.3.1 Els mecanismes fisiològics

Aquests mecanismes es relacionen amb les propietats que limiten el nostre sistema visual, centrats en les característiques específiques de l'ull i els índexs cinètics que provenen del moviment de l'observador i dels objectes, que influeixen directament en la percepció de l'espai i la profunditat. La majoria actuen en combinació i es creen sistemes associatius de sensacions visuals, tàctils o auditives que influeixen en un sentit global en aquesta percepció. Entre els quals trobem els que hi ha tot seguit:

¹² RIEDL, Rupert. *Biología del conocimiento*. Barcelona: Editorial Labor Universitaria, 1983, pàg. 126-130.

- *El moviment ocular*

Els moviments oculars són, sens dubte, un dels aspectes que permeten a la nostra visió percebre qualsevol tipus d'imatge i disposar d'un coneixement ampli del nostre entorn, mitjançant la relació que hi ha entre les successives imatges que obtenen els nostres ulls.¹³

El moviment se centra, d'una banda, en els desplaçaments de l'esfera ocular i, d'una altra, en la coordinació¹⁴ que hi ha entre l'ull i altres parts del cos, com ara el cap. Si els canvis de fixació són vastos, el cap també es mou en la mateixa direcció que els ulls.

El moviment del cap i el cos també pot variar i establir nous punts de referència general encara que hi ha una verticalitat física de la gravetat que es manté establint una direcció de "dalt" en el món visual i que afecta fisiològicament l'orella interna i la sensació muscular. Aquest moviment produeix una deformació del camp visual que no és perceptible per a la nostra vista a causa de l'acomodació de l'ull a certes pautes de comportament que estableix la imatge retiniana com a constant.

- *L'acomodació i la convergència*¹⁵

Consisteix a modificar la longitud focal de la lent ocular a mesura que enfoquem la vista sobre els diferents plans de profunditat d'una escena tridimensional.

El fenomen de l'acomodació produeix un augment en l'espessor del cristal·lí quan s'enfoca un objecte situat en un lloc proper i disminueix la visió objectes llunyans. D'una manera complementària, la convergència es produeix amb la fixació dels dos ulls sobre un punt específic de l'escena¹⁶ o de l'objecte o de la imatge, mitjançant els músculs ciliars. La divergència, per contra, produeix un canvi d'angle entre els ulls quan canvien la fixació d'un

¹³ Els moviments d'ullada d'aquest tipus es diuen també *oculars sacàdics*.

¹⁴ Aquesta coordinació és coneguda com "la covariació del moviment visual i muscular", que implica una relació entre algunes accions que necessiten un calibratge directe i que ens permet percebre l'espai i la profunditat d'una manera empírica. Per exemple, quan agafem un objecte situat a certa distància.

¹⁵ Si la representació d'una imatge indueix els ulls a divergir més enllà de la posició paral·lela normal per a observar una vista, conegut a escala fisiològica com a estrabisme.

¹⁶ Quan els objectes es veuen a més de 54 metres, les línies de visió es presentaran paral·leles, i els punts retinians considerats en veure una imatge se situen sobre un mateix punt. Si, per contra, l'observador desplaça la mirada a un objecte menor a aquest valor, els ulls tendeixen a convergir i se situen les imatges en punts retinians lleument separats.

objecte proper a un de llunyà, controlats pels músculs rectes i oblics externs de l'ull. La funció general de la convergència és la d'evitar que es produïsquen imatges dobles,¹⁷ ja que, per a produir una sola imatge d'entrada al cervell, és necessari que l'estimulació dels dos ulls incidisca en els anomenats punts retinians.

- La disparitat binocular

La disparitat retiniana binocular és la diferència que hi ha entre les imatges visuals formades per l'ull dret enfront de l'esquerre a causa de la separació entre els ulls en el pla horitzontal d'aproximadament 65 mm entre pupil·les, que ens permet disposar d'una sensació tridimensional de l'entorn. El sistema perceptiu integra les imatges dispars de cada ull en una percepció tridimensional, la naturalesa de la qual depèn del tipus de disparitat, siga creuada o no ho siga. La disparitat creuada es tradueix en la visió d'un punt de fixació proper, mentre que la disparitat no creuada té com a resultat la localització d'un punt de fixació llunyà. El sistema ocular fa ús d'aquesta peculiaritat per a obtenir la sensació d'estereoscòpia o profunditat. No obstant això, els factors d'interposició són més potents, la qual cosa pot portar a infravalorar el procés de disparitat binocular; dóna com una percepció anormal de l'objecte. Quan els ulls convergeixen en un punt de l'espai es pot determinar una superfície que passa a través del punt de fixació de manera que totes les localitzacions espacials al llarg de la superfície estimulen àrees retinianes determinades.

- El paral·laxi del moviment

Es denomina *paral·laxi* la diferència en la velocitat de moviment entre els objectes propers i llunyans que ens permet calibrar una distància o profunditat entre objectes. Aquesta clau s'utilitza a partir de la rapidesa amb la qual pareix que es desplacen quan ens movem, ja que els objectes llunyans pareix que es moguen lentament i els propers ràpidament.

Podem tenir indicis de profunditat entre dos punts observant el desplaçament relatiu d'un respecte a un altre. En desplaçar el cap d'esquerre a dreta o de dalt a baix, els punts més propers a l'observador ofereixen la sensació que es mouen més de pressa que els punts situats més lluny.

¹⁷ Efecte conegut com a *dioplia* i que es produeix pel fet que els ulls veuen el món des de diferents posicions del cap.

Para seguir leyendo haga click aquí