

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica 1
Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona

Fotografia d'urbanisme:
Anàlisi de la imatge fotogràfica en la comunicació visual d'un espai urbà

TESI DOCTORAL
Antoni Bover i Tanyà

Director: Dr. Joaquín Regot i Marimón

“Every major civilization has developed panoramic depictions of life through such mediums as painting, architecture, photography, and film. Regardless of medium used, the panoramic concept has been a part of the art world since the beautiful depictions of animals on cave walls”.

Joseph Meehan^{3,1}

3. La fotografia panoràmica

3.1 Evolució de la imatge panoràmica

La imatge de la ciutat és la visió d'un espai de gran extensió, i els formats rectangulars habituals en fotografia solen estar limitats, a l'hora de representar iconogràficament l'urbanisme. El format panoràmic, com que té una extensió bastant més gran en un dels dos costats del rectangle, sol ser un format ideal per comunicar

visualment un espai urbà. El terme *panoràmic* és aplicat, en fotografia, a les imatges que tenen un camp visual rectangular gran, normalment horitzontal, amb una ràtio propera a 1:2 o més gran. La fotografia panoràmica és més gran i, per tant, té més detalls i més elements que els que es poden representar en l'enquadrament d'un format fotogràfic convencional. La fotografia panoràmica supera els límits dels camps de visió de les lents convencionals, i també pot permetre superar els camps de visió dels òrgans de visió humans. Joseph Meehan ho descriu a *Panoramic Photography*^{3.2}:

"Anyone who sees a panoramic photograph is immediately struck by how different it is from a conventional photograph. A panoramic image is much longer and contains a great deal to look at, so you have to stop and scan the picture to appreciate its details. And as the word itself implies, panoramas show everything in a scene at once"

Els temes favorables per a la utilització de la fotografia panoràmica són els temes allargats per un dels costats de la composició, horitzontals o verticals. La fotografia de paisatge és el tema ideal

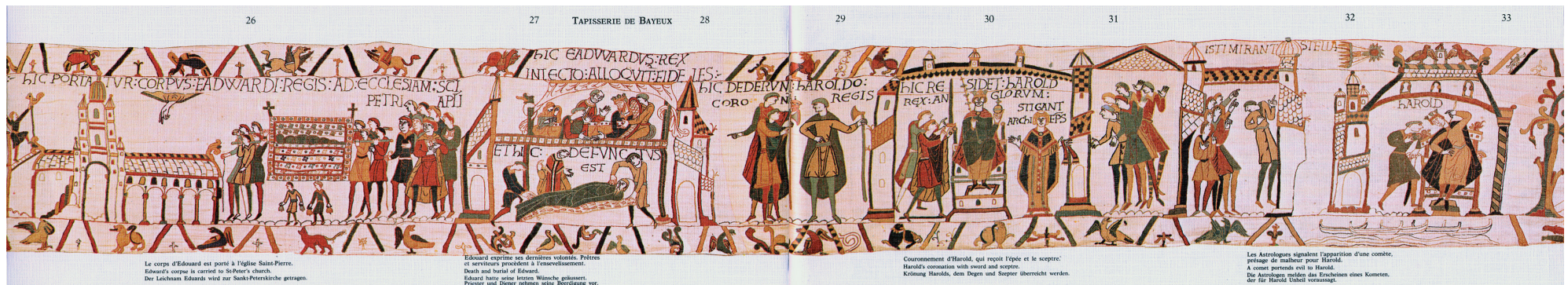


Figura 3.1. Tapisseria de Bayeux (part), s. XI

per a la fotografia panoràmica horitzontal, mentre que la fotografia panoràmica en el paisatge urbà permet descriure l'amplitud de les ciutats, en comparació a les limitacions del camp visual en els enquadraments habituals en fotografia.

Hi ha diverses maneres d'aconseguir una fotografia panoràmica, que van des de retallar una imatge amb un format fotogràfic convencional fins a les imatges realitzades amb càmeres panoràmiques o a partir de la unió de diferents fotografies per crear una imatge panoràmica. Es poden trobar precedents de la imatge panoràmica tant en la representació pictòrica com en els pioners de la fotografia.

3.1.1 Precedents de la fotografia panoràmica

La *Tapiserie de Bayeux*, del segle XI, està considerada com una de les imatges precursors de la panoràmica. Es tracta d'un tapís de 50 cm. d'alçada i de 70 metres de llarg, amb un brodat de llanes de diferents colors sobre una tela de lli, que descriu la conquesta d'Anglaterra per part de Guillaume le Conquérant. A la figura 3.1^{3,3} podem observar una part d'aquest llarg tapís de Bayeux, un precedent dels panorames, la imatge panoràmica i la imatge en moviment. A partir de dibuixos fixos de construccions i escenes històriques, és l'espectador, que fa el seguiment de la imatge, movent la mirada com en la imatge panoràmica o movent-se al llarg de la imatge com en els panorames.

A partir del segle XVII va ser freqüent la realització d'imatges panoràmiques, principalment les vistes de ciutats des de punts de vista elevats, tant en dibuix com en pintura. La càmera fosca també va ser utilitzada per a la realització d'imatges panoràmiques.



Figura 3.2 Càmera fosca panoràmica tipus Kepler, s. XIX

Normalment era una eina auxiliar per a la realització dels dibuixos previs abans de la confecció de les pintures definitives.

A la figura 3.2^{3,4} tenim una il·lustració de la càmera fosca de Charles-Louis-Chevalier, del segle XIX, desenvolupada a partir de la càmera Kepler del segle XVII. Es tracta d'una càmera portàtil amb forma de tenda, amb un reflector giratori i una lent a sobre, en el vèrtex, que va ser utilitzada tant per pendre mesures topogràfiques com per fer aplicacions artístiques, com els panorames.

La figura 3.3^{3,5} mostra una imatge panoràmica de Thomas Sandby, de l'any 1770, del castell de Windsor, a prop de Londres, des de Gossels. Thomas Sandby i seu germà Paul treballaven, a mitjan segle XVIII al Departament de Disseny de la Torre de Londres i utilitzaven la càmera fosca per fer els dibuixos panoràmics.

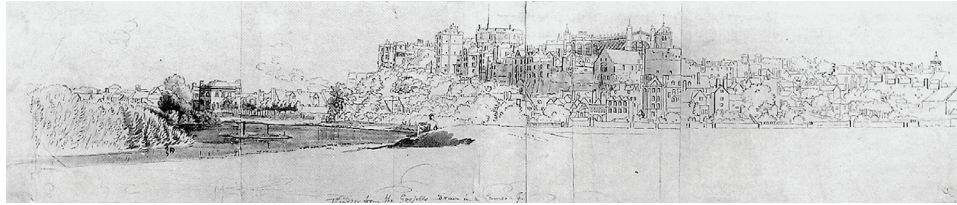


Figura 3.3. T. Sandby. Londres, Castell de Windsor, 1770

De l'evolució de les imatges panoràmiques en dibuix i pintura van néixer els panorames. Els panorames eren grans representacions pictòriques, de tema urbà o històric, realitzades sobre teles aplicades a un suport cilíndric^{3.6}. El panorama es va desenvolupar per superar les limitacions que, des d'un punt de vista estàtic, presentava la pintura tradicional. L'any 1783 el pintor escocès Robert Barker^{3.7} va construir per primera vegada un panorama referent a la ciutat d'Edimburg, seguint les representacions ideades per l'arquitecte alemany Breising. Baker va patentar les seves idees el 1787 sota el nom de *La Nature à Coup d'Oeil*. A les ciutats més desenvolupades econòmicament, es van construir edificis per a l'exhibició de panorames pictòrics de grans dimensions. Aquests panorames eren il·luminats amb llum natural zenital i els espectadors estaven situats a la penombra. Alguns tenien un diàmetre pròxim als 85 m i els espectadors només en podien observar una part. Per poder veure el panorama sencer, havien de caminar al voltant de l'escena pictòrica.

A part del panorama d'Edimburg de Barker's cal destacar panorames com el de Londres d'Albion Mills, de l'any 1792 el de París de Prévost's, de 1799 el de Tielker's de Berlín, de 1801, o el de Viena de Janscha and Postl's de Viena, de 1804^{3.8}. Aquest interès per les vistes de ciutat està relacionat amb l'evolució de les formes dels espais urbans, a partir de les revolucions polítiques i industrials de finals del segle XVIII.

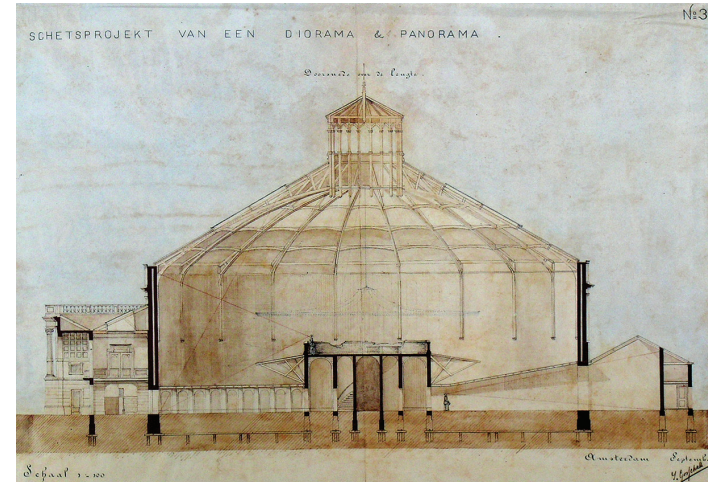


Figura 3.4. J. Gosschalk. Rotterdam, secció vertical en un projecte de Panorama, 1877

La figura 3.4^{3.9} és una il·lustració del projecte d'un edifici per a l'exhibició de panorames de Jacobs Gosschalk que es va fer l'any 1877, i que va dissenyar per a la ciutat de Rotterdam. És un projecte arquitectònic concebut per instal·lar panorames pictòrics d'una alçada de més de tres pisos.

La figura 3.5^{3.10} és una reproducció d'una vista aèria d'una part del *Colosseum* que estava instal·lat al Regent's Park de Londres. Aquest dibuix va ser publicat per Ackermann & Co. l'any 1829 i ens mostra l'amplitud dels panorames pictòrics que s'exhibien en aquest edifici. També podem observar les balconades on s'instal·laven els espectadors per veure els panorames i el sistema de lones que s'instal·laven per suavitzar la llum i equilibrar el contrast d'il·luminació que es produïa sobre les pintures exhibides.

L'espectacle dels panorames també s'aprofitava per a la recreació visual de les grans batalles i la visualització, des d'Europa, de les



Figura 3.5. (esquerre) R. Ackermann & Co. Londres, Colosseum Regent's Park, 1829

Figura 3.6. (dreta) P. Prévost. Constantinoble, 1818



grans ciutats dels països considerats exòtics, com per exemple la *Batalla de Bergisel* de Michael Zeno Diemer, de 1809, o les vistes de Constantinoble de Pierre Prévost, de 1818^{3.11}. La majoria dels panorames es van construir a partir de sèries de dibuixos o pintures en format poligonal, realitzades amb l'ajuda de la càmera fosca. Posteriorment, es disposaven els quadres en forma cilíndrica se suavitzaven les unions entre les imatges. Per crear un panorama pictòric es necessitava un equip de tècnics pintors per realitzar-lo i, almenys un, havia de ser especialista a unir les diferents pintures entre elles.

La figura 3.6^{3.12} és una il·lustració dels dibuixos preliminars del panorama de la ciutat de Constantinoble, de Pierre Prévost, de l'any 1818. En aquesta reproducció es pot apreciar una part del procés del panorama, en què els quadres es feien per separat i, després, s'unien pictòricament. Aquest procés de treball és un precedent dels

programes informàtics de *Stitching* per fusionar fotografies digitals per realitzar imatges panoràmiques, com veurem més endavant.

Al segle XIX també es van instal·lar panorames a la ciutat de Barcelona. El més popular va ser el *Panorama Plewna*, del pintor Paul Philippoteaux, l'any 1888^{3.13}. Aquest panorama havia estat exposat a Moscou l'any 1882 i representava, iconogràficament, la batalla de Plewna, entre els russos i els turcs. El *Panorama de Plewna* de Barcelona estava il·luminat amb llums de gas per no dependre de les inclemències del temps i poder estar obert durant la nit. A la figura 3.7^{3.14} podem veure una imatge del *Panorama Plewna* de Barcelona, situat entre la Gran Via i la rambla de Catalunya, darrere al monument dedicat a Güell i Ferrer.

La figura 3.8^{3.15} és una fotografia de Barcelona amb el *Panorama Waterloo*, a l'esquerra de la imatge. El *Panorama Waterloo* de Jous

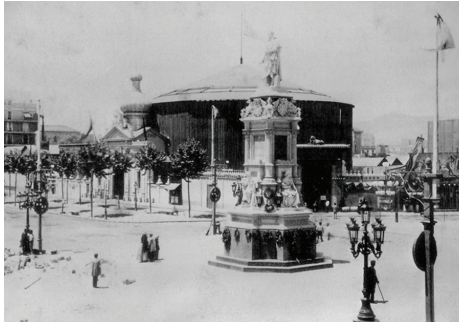


Figura 3.7. P. Philippoteaux. Panorama Plewna, Barcelona, 1888



Figura 3.8. Jous i Velart. Panorama Waterloo, Barcelona, 1888

i Velart va ser construït, també, l'any 1888 i estava situat a la Plaça Catalunya, a l'inici del passeig de Gràcia.

Relacionats amb l'evolució dels panorames, també hi havia els diorames, que consistien en una juxtaposició de diferents quadres en disposició prismàtica, en què s'il·luminava la cara anterior o posterior per donar una visió diürna o nocturna de l'escena pictòrica. El precedent dels diorames són les *moonshine* transparències, de Jacob Philipp Hackert, que s'exhibien als voltants de 1800 i consistien en unes pintures petites sobre vidre de paisatges o jardins. Quan s'il·luminava la pintura per darrere amb làmpades d'oli, apareixia la forma i la llum de la lluna ^{3.16}.

Louis Daguerre, un dels principals pioners de la fotografia, està considerat l'inventor del diorama, cap al 1820, i va instal·lar espectacles de diorama a París i a Londres. Daguerre havia estat ajudant d'un dels principals pintors de panorames del segle XIX, Pierre Prévost^{3.17}. En els diorames es transmetia la il·lusió del temps a partir d'una sèrie de fonts de llum de diferents colors sobre la pintura, simulant una escena il·luminada amb llum natural o amb il·luminació artificial, segons la posició o el tipus de

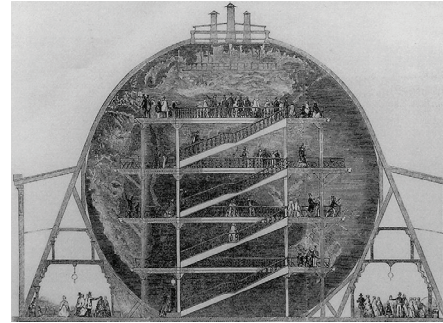


Figura 3.9. J. Wyld. Great Globe, Londres, 1851-1862

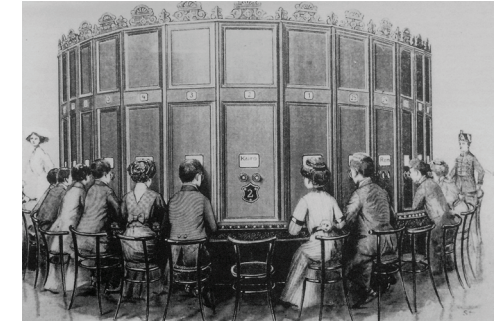


Figura 3.10. Fuhrmann. Kayserpanorama, Breslau, 1880; Berlin, 1883

font llum utilitzada. Daguerre es va interessar pels estudis de Niepce sobre els materials sensibles a la llum a l'interior d'una càmera fosca, per millorar la tècnica de representació realista en els espectacles de diorama.

L'any 1846 Friedrich von Martens, pocs anys després de la invenció de la fotografia, va intentar crear panorames acoblant imatges fotogràfiques. No va donar resultats satisfactoris a causa de la poca qualitat dels materials utilitzats en els primers processos fotogràfics. En aquesta etapa històrica no es podia retocar i ajustar la perspectiva de les diferents imatges fotogràfiques, com es podia fer amb pintura^{3.18}. Thomas Sutton el 1859, va intentar solucionar aquest problema utilitzant plaques corbades en forma de mig cilindre a l'interior de la càmera, però les imatges fotogràfiques eren de poca qualitat. L'any 1894, Charles A. Chase va utilitzar el sistema de projecció anomenat "Stereopticon-Cyclorama", mitjançant el qual va projectar 16 diapositives en una pantalla circular^{3.19}.

La capacitat d'imaginar i crear sistemes de visualització i projecció d'imatges panoràmiques, no ha parat d'evolucionar des de mitjan segle XIX, amb

la creació d'imatges pictòriques o fotogràfiques de 360°, la visualització d'imatges panoràmiques en tres dimensions, o els panorames amb imatges en moviment. L'ull humà és incapaç de visualitzar imatges pictòriques o fotogràfiques de 360° i, per tant, es requereix, en aquest cas, d'una actitud activa i en moviment per part de l'espectador. A la figura 3.9^{3.20} podem observar una reproducció del dibuix en secció del *Great Globe* de James Wyld, que es va instal·lar en la Leicester Square de Londres entre 1851 i 1862. Aquesta instal·lació consistia en una esfera amb una reproducció dels continents i els oceans. Els espectadors es movien a l'interior de l'edificació per variar el punt de vista de visualització de l'espectacle pictòric.

La figura 3.10^{3.21} és una il·lustració del *Kaiserpanorama* d'August Fuhrmann del segle XIX. Fuhrmann va obrir un Kaiserpanorama a Breslau en 1880 i a Berlín el 1883. Aquest espectacle fotogràfic consistia en un carrousel o cavallets amb vistes estereoscòpiques de ciutats. El carrousel voltava i els espectadors estaven situats a l'exterior del cilindre per mirar a través dels visors estereoscòpics i visualitzar, una darrera l'altra, sèries d'imatges diferents.

3.1.2 Inicis de la fotografia panoràmica

L'origen de la tècnica de creació d'imatges panoràmiques a partir de la fusió de diferents segments de fotografies d'una escena, el podem trobar l'any 1843, en què Henry Fox Talbot va fer la fusió de dos calotips. Alguns

dels pioners de la fotografia feien panorames acoblant daguerreotips, de manera que en minimitzaven els efectes de segmentació. Eadweard Muybridge, conegut pels seus estudis sobre el moviment en fotografia, va realitzar, al voltant de l'any 1870, imatges panoràmiques de ciutats amb la tècnica de fusió d'imatges, alguna de les quals amb la unió de tretze fotografies de format 18 x 12 *inch*^{3.22}. Un altre exemple en la utilització de la imatge panoràmica amb la tècnica d'unió de fotografies, al segle XIX, és Felice Beato en el seu treball fotogràfic sobre la ciutat de Kyoto. El procés tècnic de fusió de fotografies per realitzar imatges panoràmiques estava limitat, a l'hora de copiar les imatges, ja que els punts d'unió entre les fotografies eren difícils de dissimular. A la figura 3.11^{3.23} es mostra una imatge panoràmica de la ciutat americana de Cincinnati, de Fontayne & Porter, de l'any 1848. Aquesta imatge es compon de vuit plaques de daguerreotip i s'hi poden apreciar clarament els punts d'unió entre fotografies, a causa de les diferències d'exposició entre elles.

Des dels orígens de la fotografia es van construir càmeres amb un moviment rotatori de l'òptica, per aconseguir imatges panoràmiques de forma directa, i no a partir de la unió de diverses fotografies. A la figura 3.12^{3.24} tenim, com a exemple, la càmera panoràmica Megaskop de Friedrich von Martens, de l'any 1844. La càmera Megaskop era un aparell d'òptica rotatòria que es movia manualment mitjançant una maneta, amb un camp de visió de 150°, i es creava, així, la imatge sobre una placa de daguerreotip corbada de 4,7 x 17,5 *inches*.



Figura 3.11. Fontayne & Porter. Cincinnati, 1848

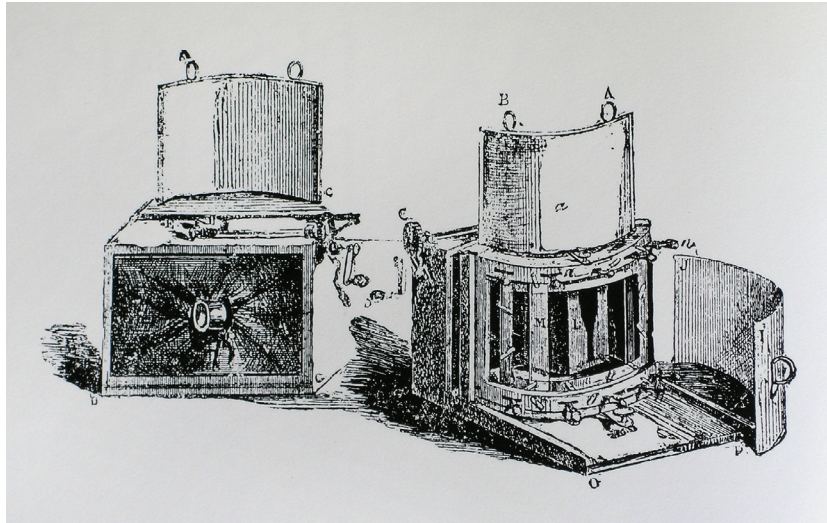


Figura 3.12. F. Martens. Càmera Megaskop, 1844

La figura 3.13^{3.25} és una reproducció d'una imatge de la ciutat de París de mitjan segle XIX, d'autor desconegut, realitzada amb la tècnica del daguerreotip amb una càmera Megaskop. En la imatge es poden apreciar les dificultats tècniques de l'època, amb diferències d'exposició entre els laterals i el centre de la imatge.

Les càmeres panoràmiques dissenyades a partir d'una òptica gran angular fixa no apareixen fins als voltants de 1860. L'any 1859 Thomas Sutton dissenya una lent esfèrica amb un gran camp de visió, però amb efecte gran angular, que corba els elements de la imatge que apareixen a l'escena^{3.26}. La utilització d'aquestes òptiques amb càmeres de format panoràmiques van permetre el desenvolupament de càmeres com, per exemple, la Robin Hill Cloud. Aquestes càmeres eren la combinació d'un gran angular sobre plaques de materials fotosensibles de 7 x 17 inches o 12 x 20 inches.



Figura 3.13. Autor desconegut. París, mitjans s. XIX

Des dels inicis de la fotografia panoràmica hi ha interès per realitzar imatges panoràmiques 360°. L'aparell *Cylindographe* de l'any 1889, és un exemple de càmera panoràmica del segle XIX, que seguia els principis de l'aparell de Martens, amb un visor solidari amb l'objectiu, que es movia conjuntament amb l'òptica en el transcurs de l'exposició fotogràfica. A partir de 1904 va destacar la càmera panoràmica *Kodak's Cirkut*, fabricada per la Rochester Panoramic Camera Company^{3.27}. La *Kodak's Cirkut* permetia fer imatges panoràmiques 360° i es van construir diferents models de càmera amb cinc formats de pel·lícules diferents. La càmera girava a partir d'un motor de rellotge i se li podia canviar la velocitat de gir. El film girava en l'interior de la càmera, en el sentit invers al de la presa fotogràfica. Una càmera panoràmica pionera, no tan coneguda com la *Kodak's Cirkut*, va ser la càmera *Périphote* dels germans Lumière, de l'any 1901^{3.28}. En aquesta càmera el film de 7 x 38 cm restava quiet en un cilindre, mentre que una òptica de 55 mm girava entorn de l'eix del cilindre a partir d'un mecanisme de rellotgeria de velocitat variable. La *Périphote* podia fer imatges panoràmiques de 180° o 360°.

A la figura 3.14^{3.29} podem veure una reproducció de la càmera *Cyclographe* de M. Damoizeau, fabricada a París a partir de 1893. D'aquesta càmera s'en van



Figura 3.14. (esquerre) Damoizeau, Càmera Cyclographe, 1894

Figura 3.15. (centre) Germans Lumière, Le Périphote, 1901

Figura 3.16. (dreta) Càmera Kodak's Cirkut, aproximadament 1910

fabricar diferents models, que utilitzaven una bobina de pel·lícula de 9 o 13 cm. d'amplada per 80 cm. de allargada.

La figura 3.15^{3.30} és una imatge de la càmera Périphote fabricada pels germans Lumière a Lió l'any 1901. L'aparell estava fabricat amb llautó cromat i amb alumini. En aquesta càmera, el film de 7 x 38 cm restava quiet en un cilindre, mentre que una òptica de 55 mm girava entorn de l'eix a partir d'un mecanisme de rellotgeria de velocitat variable. La Périphote podia fer imatges panoràmiques de 180° o 360°

A la figura 3.16^{3.31} podem veure una reproducció fotogràfica d'una càmera Kodak's Cirkut, aproximadament de l'any 1910. En aquesta il·lustració es pot veure un detall del joc de pinyons de la part mecànica del gir de la càmera. D'aquesta càmera, també se'n van fabricar diferents models, des de la núm. 1, per exemple, que feia imatges amb un format de 6,5 x 72 inches o la núm. 16, que podia fer fotografies d'una mida de 16 x 240 inches.



Kodak Cirkut: c'est le nom de cet appareil, mentionné en 1910 par le British Journal Photographic Almanac. Une fois monté sur tripod, il effectue une rotation complète, dont la vitesse est réglable grâce au jeu de pignons visibles sur l'illustration ci-contre, qui en présente la partie motrice. La pellicule est au fond du boîtier, en sens inverse.

La figura 3.17^{3.32} és una imatge panoràmica anònima de la població americana de Waterville, a Maine, de l'any 1914. És una fotografia panoràmica 360° realitzada amb la càmera Kodak's Cirkut.

3.1.3 Càmeres fotogràfiques panoràmiques d'òptica rotatòria

Al llarg del segle XX, fins a l'arribada de la fotografia digital, es van desenvolupar tot un conjunt de càmeres anomenades panoràmiques, de diferents mides i de diferents formats, amb aplicacions professionals o a l'abast de tots els públics. Per a la majoria d'autors, les càmeres anomenades panoràmiques estan basades en els principis de l'aparell de Martens.

La denominació de càmera panoràmica s'utilitza habitualment per a les càmeres amb un objectiu giratori al voltant d'un eix, que conté el punt



Figura 3.17. Anònim. Waterville, Maine, 1914

nodal anterior i amb un camp d'imatge circular. La imatge final és una fotografia amb perspectiva cilíndrica i amb un angle de visió d'uns 120° . Sidney Ray, en el seu llibre *Applied Photographic Optics* la descriu així^{3.33}:

“The traditional panoramic camera was used to give a horizontal FOV of some 120° and a high aspect ratio format, typically 1:2.3. This was done by curving the static film in an arc of radius f centred at the rear nodal point N_2 of the lens. The lens rotated about N_2 and an associated slit exposed the film sequentially. Exposure was varied by altering slit width. A subject parallel to the camera was rendered distorted, as magnification varied from centre to periphery as the object conjugate altered ”

Les càmeres panoràmiques van evolucionar en el transcurs del segle XX, amb el perfeccionament dels mecanismes tecnològics de la càmera i la millorant dels materials que intervenien en la seva construcció. Les primeres càmeres panoràmiques eren poc precises, de fusta i molt pesades. La fusta va ser substituïda pel metall, la qual cosa va permetre càmeres més robustes i més precises. A finals del segle passat, alguns models de càmeres panoràmiques van ser construïdes amb materials plàstics, la qual cosa va permetre alleugerir tant el pes com el preu, fet que va popularitzar aquest tipus de càmeres en àmbits no professionals.

L'any 1899 Kodak va construir la càmera Panorama nº 4 que permetia fer una sèrie d'imatges panoràmiques sobre un rotllo de pel·lícula. Com a exemple d'aparell més perfeccionat i més portable, tenim la càmera *Widelux*, de l'any 1955, un aparell japonès que utilitzava film de cinema de 35 mm. L'any 1966 es va començar a fabricar la càmera soviètica *Horizont*, una càmera amb un visor panoràmic, que feia servir pel·lícules de 35 mm de format estàndard i amb la possibilitat d'utilitzar un temps d'exposició de fins a $1/125$ de segon. L'any 2004, amb un creixement exponencial de la fotografia digital en el mercat, encara es va presentar la càmera panoràmica *Noblex 135S* per a pel·lícula.

La figura 3.18^{3.34} és una il·lustració de la càmera Panorama nº 4 fabricada per Kodak. Aquest model de la imatge és de l'any 1899 i podia fer 5 fotografies panoràmiques d'un format de 89×305 mm.

A la figura 3.19^{3.35} podem veure una reproducció fotogràfica de la càmera panoràmica japonesa *Widelux*, de l'any 1955. Aquesta càmera permetia fer una sèrie de 11 imatges panoràmiques de format 24×50 mm.

La figura 3.20^{3.36} ens mostra la càmera panoràmica alemanya *Noblex 135S*, amb el visor centrat a la càmera i per a utilitzar amb pel·lícula, de l'any 2004. Amb aquesta càmera es podien fer 19 exposicions de format 24×66

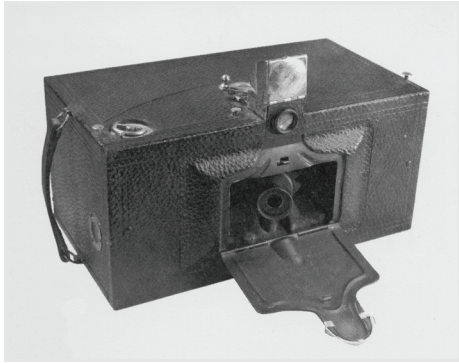


Figura 3.18. (esquerre) Kodak, Càmera Panorama n°4, 1899

Figura 3.19. (centre) Càmera panoràmica Widelux, 1955

Figura 3.20. (dreta) Càmera panoràmica Noblex 135S, 2004



mm. És una càmera que ja neix obsoleta i posa en evidència la rapidesa amb què s'ha substituït la fotografia fotoquímica per la fotografia digital, en aquesta primera dècada del segle XXI.

A la figura 3.21^{3:37} podem veure una fotografia d'Alois Stutz, de París, de l'any 1993, com a exemple d'una imatge realitzada amb càmera panoràmica d'òptica rotatòria sobre una superfície de pel·lícula corbada. La imatge resultant amb aquest tipus de càmeres, era una fotografia panoràmica amb perspectiva cilíndrica.

En la captura d'una fotografia amb una càmera panoràmica d'objectiu rotatori, hi ha un sol punt de vista, però varien les visuals principals en girar el conjunt òptic en el transcurs de l'exposició. L'exposició es controlava variant l'amplitud de l'obertura, la qual cosa comportava temps d'exposició lents, sobretot amb els primers models de càmera. La càmera panoràmica era la càmera ideal per fer imatges d'espais amplis, com el paisatge natural o urbà o l'arquitectura interior. Amb la fotografia digital, com veurem més endavant, hi ha altres maneres de fotografiar, per superar les limitacions dels camps visuals de les òptiques fixes i poder representar una escena amb tota la seva amplitud.

Els principals problemes de disseny que presentaven les càmeres d'òptica rotatòria, al començament, era el *banding* o franges de diferents densitats en la imatge, causades per les diferents variacions de velocitat en el moviment de l'òptica durant la captura fotogràfica. Aquest problema es va solucionar amb la incorporació dels motors elèctrics en la construcció de les càmeres^{3:38}.

Les càmeres panoràmiques estaven construïdes per ser utilitzades amb pel·lícula fotoquímica, que es posava sobre un cilindre d'uns 180°, segons model, normalment centrat en el punt nodal anterior. Joseph Meehan, en el seu llibre *Panoramic Photography* anomena les càmeres panoràmiques en què l'òptica gira sobre una superfície de pel·lícula corbada *Rotation Camera*. Aquest conjunt de càmeres les divideix en dos grans grups, les *short-rotation or swing-lens models* i les *360-degree-rotation or full-rotation models*.^{3:39}.

Les *swing-lens models* són les càmeres en què l'òptica gira sobre una secció de la pel·lícula en un arc d'entre 110° o 150°, segons els models. A les *full-rotation models* la lent té una posició fixa, per norma general, i el que es mou és la càmera i la pel·lícula. A causa del preu elevat, no van arribar mai a un públic ampli. Alguns models de càmeres panoràmiques 360° podien retallar la rotació d'arc, la qual cosa permetia ampliar les



Figura 3.21. A. Stutz. París, 1993

seves possibilitats comercials. La fotografia digital ha permès evolucionar aquests tipus de càmeres *full-rotation models*, com per exemple el model Roundshot D3 de l'empresa suïssa Seitz Phototechnik, amb mecanismes de rotació de precisió, amb programari per automatitzar la fusió i el processament de les imatges a l'hora de captar-les.

A la figura 3.22^{3.40} podem observar dues vistes de la càmera rotatòria electrònica Roundshot D3, amb una focal de 80 mm i un respatller digital que escaneja 360° de l'escena, capaç d'obtenir 470 milions de píxels en un temps de 3 segons. Es tracta d'una càmera rotatòria 360° amb òptiques intercanviables i amb una regleta incorporada per calcular el punt nodal anterior de cada focal diferent.

3.1.4 Càmeres fotogràfiques panoràmiques d'òptica fixa

A l'hora de definir i classificar les càmeres panoràmiques, hi ha les càmeres diferenciades de les càmeres d'òptica rotatòria sobre una superfície de pel·lícula corbada, que hem vist en l'apartat anterior, i les càmeres panoràmiques d'òptica fixa, habitualment equipades amb una òptica gran angular sobre un pla de pel·lícula de format panoràmic.



Figura 3.22.
Seitz Phototechnik. Roundshot 3D, 2010

Sidney Ray, en el llibre *Manual de Fotografia*, anomena càmeres panoràmiques tant les càmeres que proporcionen una imatge amb perspectiva curvilínia com les càmeres que creen una imatge en perspectiva plana^{3.41} Josep Meehan en canvi, en el llibre *Panoramic Photography* distingeix les càmeres panoràmiques d'òptica fixa, *Nonrotation Cameras* de les *Rotation Cameras*^{3.42}.

Les càmeres panoràmiques d'òptica fixa proporcionen, habitualment, unes imatges amb distorsions geomètriques extremes, la qual cosa vol dir que aquest tipus de càmeres panoràmiques tenien camps visuals més reduïts, en comparació a les càmeres d'òptica rotatòria^{3.43}. Una altra característica de les càmeres panoràmiques d'òptica fixa, o càmeres gran angular amb format panoràmic, era la pèrdua de qualitat i de lluminositat a les vores de les imatges. Per augmentar la qualitat de les vores de la imatge, era recomanable utilitzar les *Lens Hoods* per reduir el *flare*. L'efecte *flare* a les vores de la imatge consisteix en una degradació de la imatge i una pèrdua de contrast d'aquestes vores. Per evitar la reducció de lluminositat de les vores, s'utilitzaven els filtres *Center-Spot Neutral-Density*^{3.44}.



Figura 3.23. Robin Hill Cloud Camera, 1920

La majoria de les Nonrotation Cameras són una evolució de la Robin Hill Cloud Camera. A finals del segle XIX i a principis del XX, alguns models de càmeres estereoscòpiques també s'utilitzaven com a càmera panoràmica d'òptica fixa. Per exemple, la càmera fabricada per George Hare, de l'any 1860, era una càmera d'un sol objectiu, que es podia desplaçar cap a la dreta o a l'esquerra per fer imatges estereoscòpiques, o quedar centrat al mig per fer una sola imatge de format panoràmic^{3.45}. A tall d'exemple, també podem parlar de la càmera Stéreo-Panoramique Leroy de l'any 1904, que era una càmera estereoscòpica de dos objectius un dels quals es podia centrar per fer imatges panoràmiques, o de la càmera Reica de l'any 1910, amb tres òptiques, dues laterals per ser utilitzades com a càmera estereoscòpica i una de centrada per realitzar les fotografies panoràmiques.

A finals de l'etapa de la fotografia fotoquímica es fabricaven càmeres panoràmiques d'òptica fixa d'alta gama, com els models Technorama 612 PC II i Technorama 617 S III de Linhof, de formats 6x12 cm. i 6x17

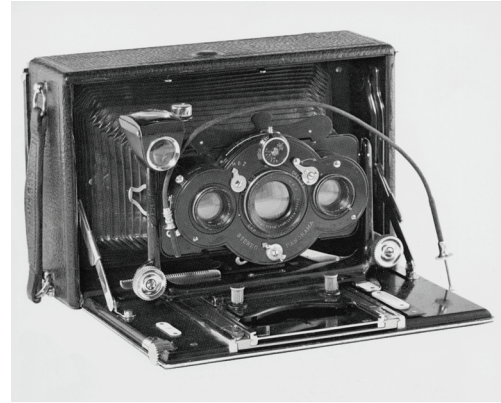


Figura 3.24. Ica A.G., Reica, 1910

cm, o la càmera FUJI GX617 Professional de format 6x17 cm. A finals del segle XX, Hasseblad va fabricar el model Hasselblad XPan Camera per a rodets de pel·lícula de 35 mm.

A la figura 3.23^{3.46} podem veure una reproducció fotogràfica de la càmera Robin Hill Cloud, en aquest cas un model de l'any 1920. Aquesta càmera estava basada en la càmera gran angular de Thomas Sutton, de l'any 1859, i feia imatges de format 3,25x4,5 inches.

A la figura 3.24^{3.47} podem observar la càmera panoràmica Reica fabricada per Ica A.G. a Dresde l'any 1910. Hi podem veure un exemple de càmera estereoscòpica i càmera panoràmica en un sol aparell, en aquest cas, sobre plaques de vidre de format 10x15 cm.

La figura 3.25^{3.48} ens mostra la càmera panoràmica d'òptica fixa japonesa Fuji C617, en aquest cas, un model de l'any 1990 de format 6x17 cm.. Aquesta figura l'utilitza Meehan com a diagrama per explicar els diferents components d'aquest model de càmera. Entre

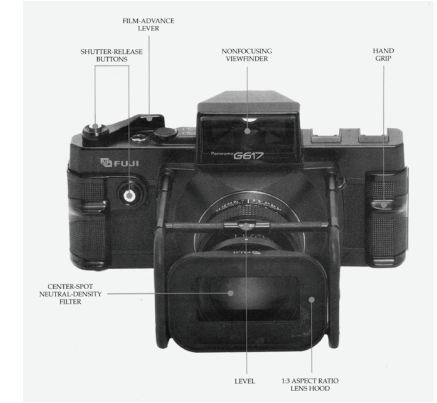


Figura 3.25. Camera Fuji G617, 1990



Figura 3.26. J. Bernadó. Innsbruck, 2004

aquests components, podem veure un protector de l'òptica amb nivell incorporat o el filtre *Center-Spot Neutral-Density*, per evitar la pèrdua de lluminositat a les vores de la imatge.

A la figura 3.26^{3.49} podem veure una fotografia de Jordi Bernadó de la ciutat d'Innsbruck de l'any 2004, com a exemple d'una imatge realitzada amb càmera panoràmica d'òptica fixa. Com en el cas de les imatges realitzades amb càmera convencional, podem observar que s'han conservat les línies verticals de l'edificació, perquè la fotografia ha estat realitzada amb perspectiva de pla vertical.

En aquesta imatge es troba a faltar més amplitud d'espai a l'entorn de la imatge de l'edifici, per obtenir una millor composició. Pel que fa a la fotografia d'urbanisme, les càmeres panoràmiques d'òptica fixa pateixen les mateixes limitacions de camp visual que les càmeres fotogràfiques convencionals. Les càmeres fotogràfiques panoràmiques d'òptica rotatòria



Figura 3.27. Seitz Phototechnik. Camera Seitz 6x17 Digital, 2010

permeten ampliar el camp visual de la focal utilitzada ja que es mou a l'hora de captar la imatge.

A la figura 3.27^{3.50} podem observar dues vistes de la càmera panoràmica digital Seitz 6x17 Digital, de l'empresa suïssa Seitz Phototechnik. Aquesta càmera té les característiques de les càmeres de focal fixa, amb la capacitat d'obtenir 160 milions de píxels en un temps d'un segon. Aquesta càmera utilitza el mateix respalller digital que la càmera panoràmica digital 360° que hem vist en la figura 3.22, i escaneja l'escena sobre el pla focal de la càmera. La càmera Seitz 6x17 Digital és una càmera professional pensada per a les imatges fotogràfiques d'alta definició.

3.1.5 Imatges panoràmiques a partir de càmeres convencionals

Des dels inicis de la fotografia, molts creadors d'imatges se les han enginyat per realitzar imatges panoràmiques a partir de càmeres fotogràfiques convencionals. La més usual és i ha estat retallar imatges de formats quadrats o rectangulars no panoràmics per obtenir el format panoràmic, amb la conseqüent pèrdua d'informació d'una part de la imatge.



Figura 3.28. D. Hockney. Paris, 1985

Per retallar la imatge sense pèrdua d'informació de la pel·lícula, l'empresa suïssa Sinar va comercialitzar el xassís Sinar120/220 6x12 rollfilm, per a les càmeres de banc òptic de format 4x5 inches. Aquest xassís permetia utilitzar diferents formats en un mateix film 120 o 220, entre els quals el format panoràmic 6x12 cm.

L'altra opció és i ha estat fer imatges panoràmiques a partir de la unió i fusió de diferents imatges realitzades amb una càmera de format convencional. El principal problema de la fusió d'imatges ha estat, normalment, la diferència cromàtica i d'intensitat de cadascuna de les imatges individuals originals. A part d'obtenir imatges amb la mateixa exposició i temperatura de color, hi ha cinc elements importants a tenir en compte a l'hora de fer una imatge panoràmica a partir de la unió de diferents imatges: el registre de les imatges des del mateix punt de vista, el vinyeteig o la pèrdua de lluminositat de les vores (principalment en la utilització de grans angulars), el control de la perspectiva, el control de la distribució espacial dels elements de les vores de la imatge i el control dels elements en moviment de l'escena a fotografiar.

Alguns autors, com per exemple el pintor/fotògraf David Hockney, van aprofitar aquestes dificultats o defectes, per utilitzar-les com a elements estètics de la imatge. Aquest tipus d'unió d'imatges van ser habitualment utilitzades en les dècades dels anys 80 i 90, no només en els àmbits fotogràfics artístics, sinó també en la representació gràfica de projectes per part d'arquitectes. L'arquitecte català Francesc Miralles és un bon exemple de la utilització d'aquesta tècnica de collage fotogràfic per presentar els seus projectes arquitectònics.

A la figura 3.28^{3:51} podem veure una imatge de David Hockney de la Place Furstenberg de París de l'any 1985. Aquesta imatge és un exemple de la unió d'imatges de Hockney, un collage fotogràfic d'estètica cubista.

Durant l'etapa fotoquímica de la fotografia, el control dels cinc elements abans esmentats a l'hora de fusionar fotografies per obtenir una imatge d'estètica realista, implicava una gran dificultat en el procés de treball al laboratori fotogràfic. Algunes d'aquestes dificultats, com el control del punt de vista i el de la perspectiva es podien solucionar en el moment de la presa fotogràfica, amb una correcta previsualització de la imatge final abans de realitzar les diferents captures fotogràfiques. Però el control de les vores, la lluminositat i la posició dels elements de la imatge, s'havien de solucionar, habitualment, al laboratori. Aquests defectes eren més fàcils de solucionar a les imatges panoràmiques de paisatges naturals, a causa de la distribució aleatòria i irregular dels elements del paisatge (fulles, roques...). A les imatges d'arquitectura o paisatge urbà, en canvi, eren més difícils de solucionar, a causa de la distribució formal i racional dels elements de les construccions arquitectòniques. El control del moviment es podia solucionar, per norma general, fotografiant escenes estàtiques o amb molt pocs elements en moviment.

L'evolució de la fotografia fotoquímica cap a la imatge digital, ha transformat les tècniques d'unió d'imatges a partir dels programaris de fusió d'imatges, o *Stiching*, i el processament d'imatge. Els programes de *Stiching* combinen aritmèticament i lògicament els valors de píxels de les vores de les imatges, generant o interpolant nous valors de píxels, si és necessari.

No sempre el procés és automatitzat, com veurem més endavant, però a partir dels programaris de *Stiching*, la creació d'imatges panoràmiques ha deixat de ser un procés de treball difícil en un laboratori fotoquímic.

En aquesta evolució de la fotografia panoràmica digital cal destacar, durant la primera dècada del segle XXI, els articles del matemàtic i físic alemany Helmut Dersch, de la Technical University Furtwangen^{3.52} i la web Panorama Tools^{3.53}. Panorama Tools era, en els seus orígens, una pàgina web de programari gratuït per visualitzar, crear i editar imatges panoràmiques. Hi ha articles de Helmut Dersch des de l'any 1999, així com nombrosos enllaços per visualitzar imatges i ampliar coneixements relacionats amb les imatges panoràmiques.

Dersch hi descriu temes relacionats amb la fusió d'imatges com ara les distorsions de la imatge, la interpolació, l'antialiàsing i el zoom en una imatge electrònica visualitzada en pantalla. També hi ha descripcions dels diferents tipus de projeccions panoràmiques, com els panorames esfèrics, cilíndrics o cúbics. Helmut Dersch ha anat ampliant les investigacions sobre les possibilitats creatives i de comunicació visual dels programes de *Stiching* en imatge fixa (fotografia), cap a la fusió d'imatges en moviment (vídeo)^{3.54} i cap a altres dispositius, com la telefonia mòbil o les videoconsoles.

Una evolució del Panorama Tools és el programari PTgui (acrònim de *Graphical User Interface for Panorama Tools*)^{3.55}. PTgui és, actualment, un dels programaris de construcció de panorames més versàtils, permet, per exemple, unir imatges realitzades des del mateix punt de vista, però amb errors de paral·latge, així com compensar diferències d'exposició, color o vinyeteig entre les imatges a fusionar. A més, té eines per solucionar els panorames amb horitzons corbats o unir imatges HDR o d'alt rang dinàmic.

En el mercat actual es poden trobar diferents programaris d'unió d'imatges, com per exemple Realviz^{3.56} (actualment d'Autodesk), amb altes prestacions del control de la perspectiva de la imatge panoràmica resultant, i el Photomerge^{3.57} (inclòs en el programari Photoshop d'Adobe), amb un alt rendiment en la fusió dels tons i els colors de les vores de les imatges. L'evolució dels processos informàtics és permanent i està en contínua evolució, la qual cosa fa que es creïn nous programes o que es fusionin empreses del sector del programari, cercant processos automàtics per facilitar la fusió entre les imatges, amb la màxima rapidesa i qualitat. Cada dia és més accessible la creació d'imatges panoràmiques des d'una càmera fotogràfica convencional o integrada en un aparell de telefonia mòbil. Tot i així, una bona planificació i una bona estructura de la imatge abans de la captura de les fotografies per fer imatges panoràmiques, permet aconseguir resultats amb més qualitat i temps de fusió més ràpids.

3.2 Bases per a la creació d'una imatge panoràmica a partir de la fusió de fotografies convencionals

Per fer una bona imatge panoràmica a partir de la fusió de fotografies s'ha de procedir a una previsualització de l'escena tenint en compte

els següents elements: posicionament del punt de vista, perspectiva de la imatge, format i resolució de la imatge, distribució espacial dels elements de les vores de les imatges, elecció de la càmera i l'òptica i estudi del moviment dels elements de l'escena.

3.2.1 Posicionament del punt de vista

La cerca del punt vista a l'hora de la captura d'una sèrie de fotografies, per fusionar en una imatge panoràmica, és un dels moments primordials del procés de la presa fotogràfica. En l'elecció del punt de vista s'han de tenir en compte el punt principal, la perspectiva i les obstruccions visuals de la imatge panoràmica desitjada. El punt principal de la imatge i la perspectiva els podem variar, si ho considerem oportú, amb un programari de *Stitching* o per processament d'imatge. Però les obstruccions visuals no es podran variar o transformar un cop presa la fotografia. Per tant, una bona part de la composició i de l'estètica final de la imatge fusionada dependrà de la decisió del punt de vista. Aquesta presa de decisió sobre el posicionament del punt de vista és un dels components fonamentals de la presa fotogràfica i, a més, una de les limitacions de la creació de la imatge fotogràfica fixa.

Per a una bona i ràpida qualitat de la imatge panoràmica fusionada, és important que totes les fotografies de la sèrie d'imatges que s'han d'unir estiguin realitzades des del mateix punt de vista. Cada una de les imatges de la sèrie tindrà una visual principal diferent, però és important que totes girin al voltant del punt nodal anterior de l'òptica³⁻⁵⁸, que és el punt on convergeixen els raigs lluminosos que arriben al conjunt òptic d'una càmera fotogràfica reflectits per una

escena. Per assegurar que totes les imatges de la sèrie girin entorn del punt nodal anterior de l'òptica, és necessària la utilització de les ròtules panoràmiques. En les càmeres panoràmiques d'òptica rotatòria, l'objectiu també girava respecte del punt nodal anterior de l'objectiu. Les ròtules panoràmiques s'han popularitzat, amb l'arribada de la imatge digital. Els primers models de ròtules panoràmiques eren més limitats de moviments, però la majoria de ròtules panoràmiques actuals, permeten fer tots els moviments, tant per construir imatges panoràmiques amb perspectiva cilíndrica com per fer-ne amb perspectiva esfèrica. Com a exemple de models de ròtules panoràmiques, al mercat hi ha els models 303 PLUS de l'empresa Manfrotto o la VR-System-ii de l'empresa Novoflex, que permeten realitzar imatges panoràmiques cilíndriques i les ròtules 303SPH (*Spherical Panorama Head*) de Manfrotto o la VR-System-68 de Novoflex, amb les quals es poden realitzar tant imatges panoràmiques cilíndriques com imatges panoràmiques esfèriques. Els diferents models de ròtules panoràmiques del mercat tenen uns regles mòbils per adaptar-se als diferents models de càmeres fotogràfiques i per buscar el punt nodal anterior per a cada focal utilitzada. La utilització d'una plataforma anivelladora en la base d'una ròtula panoràmica, permet girar una càmera a nivell i evitar distorsions no desitjades en la imatge panoràmica final.

La figura 3.29 és un diagrama sobre la finalitat d'una ròtula panoràmica, en què s'ha calculat la posició del punt nodal anterior, a l'hora de girar la càmera per fer un sèrie de fotografies per fusionar. En aquest diagrama hi ha dibuixats, tant el punt nodal anterior, que és el que s'ha de buscar per fer una imatge panoràmica, com el punt nodal posterior³⁻⁵⁹. En els pròxims diagrames només es tindrà en compte el punt nodal anterior, per facilitar la lectura dels gràfics.

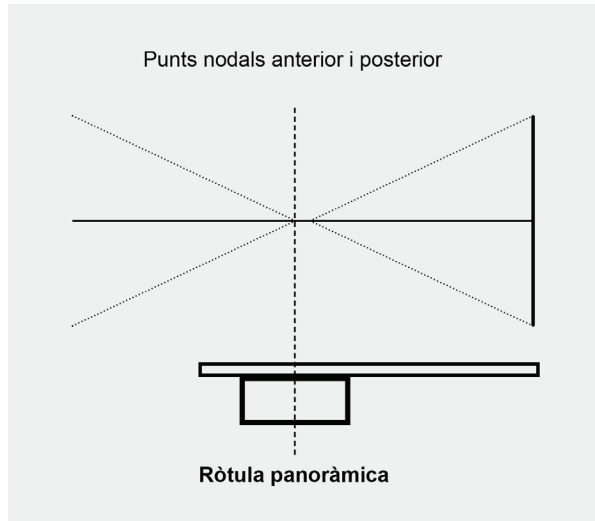


Figura 3.29. (esquerre) Diagrama Ròtula Panoràmica. Punt nodal anterior i posterior

Figura 3.30. (centre) Ròtula panoràmica Manfrotto 303 PLUS

Figura 3.31. (dreta) Ròtula panoràmica Novoflex VR-System-68



La figura 3.30^{3.60} és una reproducció fotogràfica de la ròtula panoràmica Manfrotto 303PLUS. En aquesta ròtula s'utilitza la càmera en pla vertical i la càmera pot girar 360°, o menys si escau, per fer una imatge panoràmica amb perspectiva cilíndrica.

La figura 3.31^{3.61} ens mostra la imatge de la ròtula panoràmica Novoflex VR-System-68. Els dos mecanismes giratoris, que es poden veure en la imatge, permeten posicionar la càmera fotogràfica en qualsevol posició, sense perdre la posició del punt nodal anterior de l'òptica utilitzada. És el tipus de ròtula més recomanable, ja que permet fer imatges panoràmiques totals o parcials, amb perspectiva cilíndrica o esfèrica. Totes les ròtules panoràmiques tenen mètodes de cerca del punt nodal anterior, basats en tests visuals en què es posen dos elements de referència (un de proper i l'altre de llunyà respecte de la càmera) i es va desplaçant i girant la càmera amb les regletes, fins que les obstruccions visuals entre els dos elements visuals de referència no varien en girar

la càmera. Quan les obstruccions visuals no canvien en girar la càmera, vol dir que l'objectiu que s'està utilitzant gira respecte del punt nodal anterior.

Els programaris de *Stitching* actuals permeten fusionar imatges realitzades sense ròtula panoràmica, sempre que els elements de la composició de la imatge estiguin allunyats de la càmera. La utilització de les ròtules panoràmiques és imprescindible quan, a l'hora de fer la presa fotogràfica, hi ha elements molt pròxims al punt de vista.

La figura 3.32 és un diagrama en què es pot veure el procés de captació d'una sèrie d'imatges amb una ròtula panoràmica. En el dibuix en planta es pot observar, en aquest cas, que les tres imatges tenen el mateix punt de vista. El que canvia és la direcció de la visual principal i la posició del pla imatge. El dibuix en alçat ens mostra com el punt nodal anterior està situat en el mateix eix de gir.

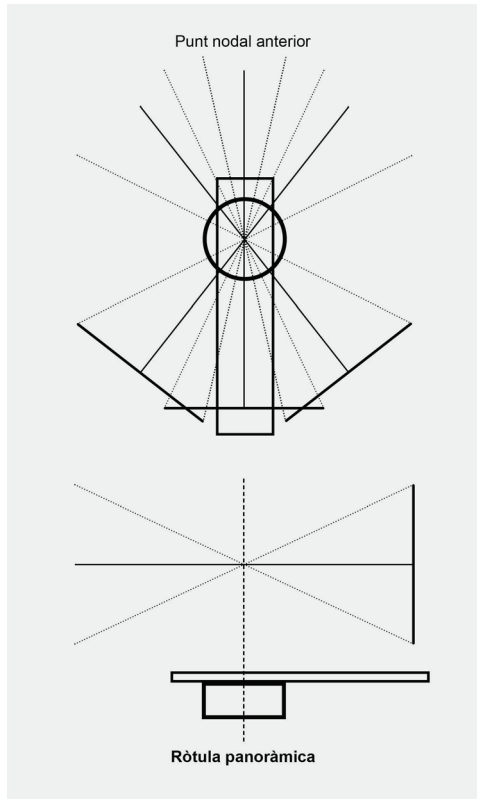


Figura 3.32. (esquerre) Diagrama Ròtula Panoràmica. Punt nodal anterior i eix de gir
Figura 3.33. (dreta) Toni Bover. Vic, 2008
Figura 3.34. (dreta) Toni Bover. Vic, 2008



En les figures 3.33 i 3.34^{3.62} tenim dues fotografies de la mateixa escena urbana, realitzades amb 24 hores de diferència, per obtenir, aproximadament, la mateixa direcció de la llum. A part de les diferències de format, la representació iconogràfica de l'edifici groc i les obstruccions visuals dels arbres amb aquest edifici, són molt semblants. Les dues imatges són panoràmiques digitals a partir de l'*Stitching* de fotografies.

La principal diferència rau en el fet que la figura 3.34 es va realitzar amb ròtula panoràmica i en canvi la 3.33 no. La figura 3.34 es va crear

gairebé de forma automatitzada i amb molt poc temps, mentre que la 3.33 es va haver de fusionar de forma manual i es va requerir un llarg temps per portar a terme la unió de les imatges. A la figura 3.34 es va poder obtenir una imatge amb un camp visual de l'escena més gran. A la figura 3.33 no es van poder fusionar les imatges laterals, ja que el programa de *Stitching* no va poder trobar elements de fusió entre les imatges.

3.2.2 Perspectiva de la imatge panoràmica a partir de la fusió de fotografies

A l'hora de captar una sèrie de fotografies per fusionar s'ha de previsualitzar la perspectiva de la imatge panoràmica per obtenir els resultats desitjats. El punt de vista, l'angulació de la càmera i el camp visual de l'objectiu utilitzats, han de ser el mateix en totes les imatges; per construir una imatge panoràmica amb perspectiva rectilínia o cilíndrica a partir de la fusió de fotografies.

Cadascuna de les imatges de la sèrie tindrà, per tant, un punt de vista i una perspectiva diferent. La previsualització ha de consistir a visualitzar mentalment la posició del punt principal (en una imatge fixa) i el tipus de perspectiva desitjada en la imatge panoràmica final. Decidir quina de les fotografies parcials ha de contenir el punt principal de la imatge panoràmica final facilitarà la rapidesa i la unió de les imatges al programari de *Stitching*.

En girar la visual principal o l'eix òptic respecte al punt nodal anterior de l'òptica utilitzada, és a dir, amb el mateix punt de vista, es va creant un camp polièdric amb les diferents imatges que, després es transformarà amb la fusió de les fotografies. Aquest camp d'imatge polièdric, amb més o menys cares, segons la focal utilitzada i el nombre de fotografies realitzades, es podrà transformar en un programari d'unió d'imatges, en un camp d'imatge pla (amb perspectiva o reposicionament una imatge al costat de l'altra), corbat (cilíndric o esfèric) o amb altres formes polièdriques (cúbic o altres, segons el programa informàtic).

La figura 3.35 és un diagrama en què es pot observar, en aquest cas amb una sèrie de 3 imatges, com es va creant un camp imatge poligonal que

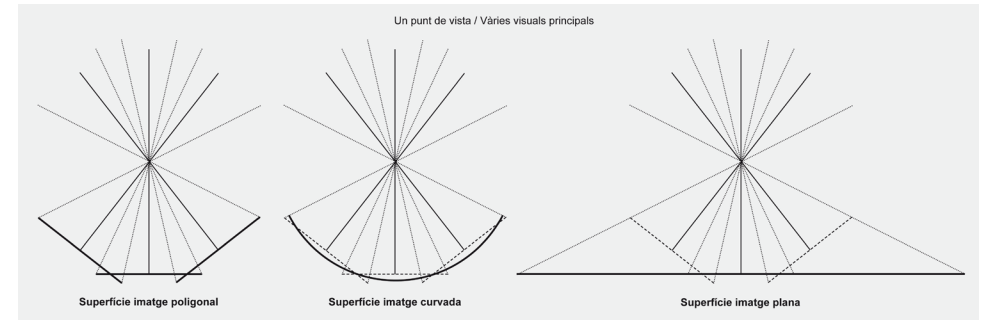


Figura 3.35. Diagrama Ròtula Panoràmica i Perspectiva

es podrà transformar en un camp corbat o pla. És a dir, amb la imatge que hauria estat realitzada amb una càmera panoràmica d'òptica rotatòria o amb càmera panoràmica d'òptica fixa.

El desenvolupament de la fotografia digital ha trencat les normes clàssiques de la perspectiva en fotografia. Programes informàtics com *PTgui* o *Realviz* permeten decidir de nou i canviar tantes vegades com es vulgui el punt principal de la imatge, a l'hora de fusionar les imatges. Així com passar d'una fotografia frontal a una imatge obliqua o angulada o viceversa. També permeten a partir d'un mateix grup d'imatges, crear i passar d'una perspectiva rectilínia (les línies rectes de l'escena, tant verticals com horitzontals, continuaran essent rectes en la imatge), a una perspectiva cilíndrica (les línies rectes de l'escena es transformaran en línies corbes, excepte les línies rectes verticals, que continuaran essent rectes en la imatge) o esfèrica (tant les línies rectes horitzontals com verticals seran corbes en la imatge).

La imatge panoràmica final, encara que sigui de tipus realista, està generada per ordinador a partir de fotografies d'una escena real. La perspectiva de la imatge podrà variar en la postproducció, però això no evita una bona

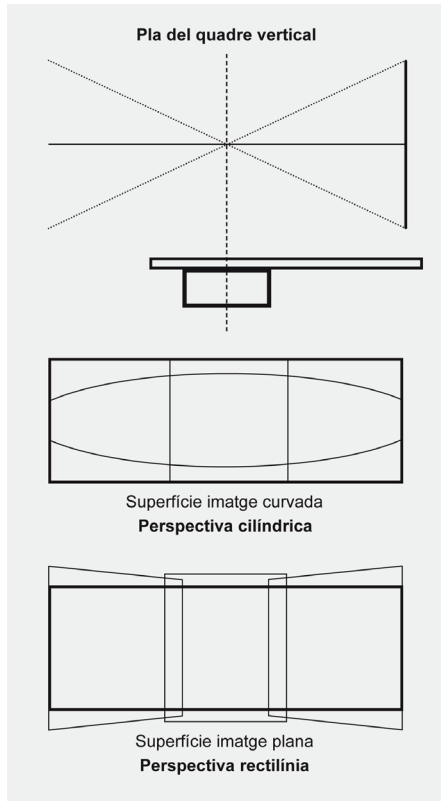


Figura 3.36. Diagrama Perspectiva Cilíndrica i Rectilínia amb Pla del quadre vertical

verticals de l'enquadrament rectangular, amb una perspectiva frontal o angulada segons la posició del pla del quadre o de la imatge respecte als elements de l'escena^{3.63}. Quan fem servir la perspectiva cilíndrica, les línies verticals de l'escena són rectes, en la imatge, mentre que les restants es corben i creen la distorsió de la imatge que Meehan anomena *Cigar-Effect Distortion*^{3.64}. Les deformacions corbes de les distorsions *Cigar-Effect* seran més o menys grans, segons si els elements de l'escena estan a menys o a més distància del punt de vista de la càmera.

A la figura 3.36 es pot veure el diagrama amb els esquemes de perspectiva cilíndrica i rectilínia quan utilitzem el pla del quadre vertical. L'esquema de perspectiva cilíndrica ens mostra l'efecte *Cigar-Effect Distortion*. En l'esquema de perspectiva rectilínia es pot observar la distorsió de les imatges a mesura que s'allunyen de la imatge central i del punt principal. En aquest cas en retallar la imatge per obtenir un enquadrament rectangular, s'eliminen les parts de les fotografies més distorsionades.

No sempre és possible, utilitzar la posició de la càmera en el pla del quadre vertical, en la fotografia arquitectònica i urbana, perquè està condicionada a les limitacions i característiques de l'entorn, així com de les obstruccions visuals entre els diferents elements de l'escena. Independentment de les fotografies aèries i per satèl·lit, que sempre es fan des de punts de vista enlairats, és habitual, en les fotografies d'urbanisme, la cerca de punts de vista elevats (des d'un edifici alt o des d'un turó pròxim, per exemple) per obtenir una visió òptima de l'espai urbà. Aquesta angulació del pla del quadre o punt de vista en picat, comporta, en les imatges panoràmiques amb perspectiva cilíndrica, un efecte més corbat i distorsionat a les parts de la imatge més properes a l'escena. En les imatges panoràmiques en perspectiva rectilínia es crea la perspectiva obliqua, en què les línies verticals convergeixen cap a un punt de fuga situat a la part inferior de

previsualització i reproducció de la imatge, ja que el punt de vista i les obstruccions visuals de les fotografies originals no es podran canviar i seran les mateixes que s'han obtingut en la producció i en la presa de les imatges.

Posicionar el pla del quadre vertical en el moment de la presa de les fotografies, tant per obtenir una imatge final en perspectiva rectilínia com cilíndrica, permet evitar distorsions poc estètiques i complicacions en el procés de la fusió de les imatges. Quan utilitzem la perspectiva rectilínia, les línies verticals de l'escena esdevindran paral·leles als marges

l'enquadrament de la imatge, si es tracta d'un punt de vista fet des de dalt^{3.65}. La línia vertical central de la imatge serà paral·lela als marges verticals de l'enquadrament, si es té en compte a l'hora de la presa fotogràfica. També es pot aconseguir aquesta verticalitat de la línia central en els programes de *Stitching* o en el processament digital de les imatges.

En les imatges arquitectòniques o urbanes des del punt de vista del vianant, és habitual una vista angulada de l'escena des de sota, normalment condicionada per l'alçada de les edificacions arquitectòniques. Aquesta angulació des de baix del pla del quadre, o en contrapicat, crea, en les imatges amb perspectiva cilíndrica un efecte més corbat i distorsionat a les parts de la imatge més llunyanes. En el cas de les imatges panoràmiques amb perspectiva rectilínia des d'un punt de vista en contrapicat, es crea una perspectiva obliqua, en què les línies verticals convergeixen cap un punt de fuga situat a la part superior de l'enquadrament de la imatge. La línia vertical central de la imatge serà paral·lela als marges verticals de l'enquadrament, i això es pot aconseguir per processament d'imatge o perquè es té en compte a l'hora de la presa fotogràfica.

Meehan parla de *Bowl-Effect Distortion*^{3.66} quan les línies més corbades són a la part de sota de la imatge i en diu *End-of-the-Earth-Effect Distortion*^{3.67} quan aquestes línies més corbades són a la part de dalt de la imatge.

En la figura 3.37 es pot observar el diagrama amb els esquemes de perspectiva cilíndrica i rectilínia, amb els efectes de *Bowl-Effect Distortion* i *End-of-the-Earth-Effect Distortion*.

En esquemes amb perspectiva rectilínia es poden observar les fugues de les línies cap a la part inferior o superior de la imatge, segons si el sentit de la visual principal va en picat o contrapicat.

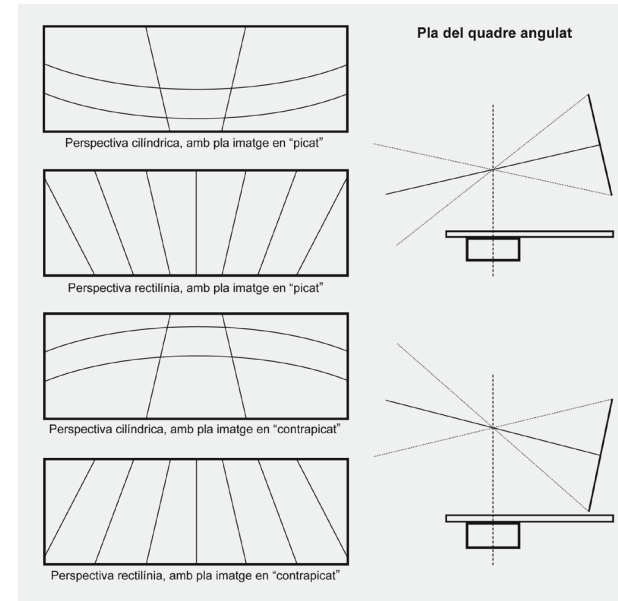


Figura 3.37.
Diagrama Perspectiva
Cilíndrica i Rectilínia amb
Pla del quadre angular

Decidir si en una imatge panoràmica digital, feta a partir d'una fusió de fotografies, es vol una perspectiva rectilínia, cilíndrica o esfèrica, dependrà de l'objectiu de la imatge final. Però també s'han de tenir en compte altres factors, com les formes geomètriques dels elements de l'escena (regulars o irregulars, paral·lelepípedics o esfèrics,...) i l'amplitud del camp visual de la imatge final.

A les figures 3.38 a 3.41^{3.68} podem veure una part de la comparativa d'imatges del fotògraf Alan Abriss, realitzades amb diferents tipus de càmeres panoràmiques, que Meehan descriu en el llibre *Panoramic Photography*. Totes les imatges estan realitzades pràcticament des del mateix punt de vista. La figura 3.38 és una imatge realitzada amb una càmera fotogràfica professional de pel·lícula, en aquest cas una FUJI 6x7 amb una focal de 90 mm.



Figura 3.38. (esquerra) A. Abriss. Panoramic Photography, Càmera Fuji 6x7 / **Figura 3.39.** (centre) A. Abriss. Panoramic Photography, Càmera Linhof 6x17 / **Figura 3.40.** (dreta) A. Abriss. Panoramic Photography, Widelux 1500 / **Figura 3.41.** (sota) A. Abriss Panoramic Photography, Càmera Round Shot 35/35

En la figura 3.39 podem veure una imatge panoràmica realitzada amb una càmera panoràmica d'òptica fixa, en aquest cas una LINHOF 6x17 amb un objectiu de 90 mm. En aquesta imatge es pot observar la distorsió geomètrica dels elements de les vores en una imatge panoràmica amb perspectiva rectilínia. Observem amb detall la distorsió de la forma esfèrica del fanal situat al marge dret de la fotografia, que es visualitza com una el·lipse.

La figura 3.40 ens mostra una fotografia panoràmica feta amb una càmera panoràmica d'òptica rotatòria, en aquest cas una WIDELUX 1500. En aquesta imatge es pot veure la distorsió *Cigar-Effect* si observem les formes aparentment cilíndriques dels edificis rectes situats a la part de dalt de la composició de la imatge.

En la figura 3.41 podem observar una imatge panoràmica cilíndrica 360°, realitzada en aquest cas, amb la càmera panoràmica rotatòria 360° ROUND SHOT 35/35.

En totes aquestes imatges es poden veure les limitacions de camp visual a l'hora de comunicar visualment una escena urbana, sigui per les limitacions del camp visual d'una òptica en concret, sigui per les limitacions de camp de les càmeres panoràmiques. En la realització de les imatges panoràmiques a partir de la fusió de fotografies, no hi ha limitacions a l'hora d'eleger el camp visual de la imatge final ni el tipus de perspectiva.

En la realització de fotografies panoràmiques a partir de la fusió d'imatges, es pot obtenir una fotografia panoràmica amb perspectiva rectilínia, cilíndrica o esfèrica, partint dels mateixos originals. També es pot captar una part o el 100% de l'escena, amb una imatge panoràmica esfèrica 360°. Les limitacions vindran donades per la finalitat de la imatge o pel fet que la imatge panoràmica final compleixi els requisits estètics desitjats.



Figura 3.42. G. Maynard. Harlem, 13 Gigapixel image. Vista general i detalls

3.2.3 Resolució de la imatge panoràmica

En les imatges realitzades amb càmeres panoràmiques, d'òptica rotatòria o no, el resultat està condicionat a la mida del format de la càmera. Formats més grans, tant en l'etapa fotoquímica com en l'etapa digital actual, comporten una mida d'imatge més gran, per norma general, així com imatges de més qualitat i més possibilitats d'ampliació de la imatge final.

La creació d'imatges digitals a partir de la fusió de fotografies trenca les limitacions del camp visual d'una òptica o del format d'una càmera. El camp visual de la imatge fusionada, dependrà del nombre d'imatges que es vulguin realitzar i de la focal utilitzada. La resolució de la imatge final, també dependrà de l'òptica utilitzada i del nombre d'imatges fotogràfiques que es faran per cobrir un camp visual determinat. Fer una sèrie d'imatges per a un mateix camp visual, utilitzar un objectiu gran angular o un teleobjectiu, comporta realitzar menys o més fotografies de la mateixa escena. Segons el nombre d'imatges fotogràfiques que es realitzin del mateix camp visual d'una escena, obtindrem més o menys resolució en la imatge fusionada final.



Figura 3.43. Shutterstock. Vancouver, 2 Gigapixel image. Vista general i detalls

En la fotografia d'espais urbans, la captació de desenes o centenars d'imatges amb un teleobjectiu o focal gran, permet obtenir imatges fotogràfiques d'alta resolució conegudes com *Gigapixel images* o *Gigapixel Panorama*^{3.69}. En el mercat es comercialitzen accessoris de trípode, com per exemple l'anomenat *GiganPan Epic Pro* que permeten realitzar *Gigapixel images* amb precisió usant càmeres SLR^{3.70}. Aquestes imatges d'alta resolució estan pensades, habitualment, per ser visualitzades de forma interactiva per Internet i poder fer *zoom in* o *zoom out* a la imatge, per passar de la vista general al detall i viceversa.

Johannes Kopf, de la Universitat de Konstanz, i Matt Uyttendaele, de Microsoft Research van publicar *Capturing and Viewing Gigapixel Images* l'any 2008, per explicar com van realitzar una *1,5 Gigapixel image* de la ciutat de Seattle adaptant la base de trípode per a telescopi, *The Meade LX200*, per poder controlar amb precisió els desplaçaments de la càmera en la producció de les fotografies^{3.71}. Des de llavors, es poden veure en Internet diverses *Gigapixel images* o *Gigapixel Panorama* de

ciutats. Com a exemple, a la figura 3.42^{3.72} podem veure una *13 Gigapixel image* de Harlem, en què la vista general és una imatge panoràmica cilíndrica de 180°. Amb un *zoom in* sobre la imatge, es poden apreciar detalls constructius dels edificis del fons de la panoràmica

La figura 3.43^{3.73} ens mostra una *2 Gigapixel image* de la ciutat de Vancouver. En aquest cas, és una vista nocturna amb imatge panoràmica construïda amb perspectiva rectilínia. Hi podem observar com es pot passar de la vista general a la visió d'alguns detalls dels interiors dels apartaments dels gratacels.

3.2.4 Format de la fotografia panoràmica. Imatge panoràmica vertical

Decidir la posició del format, en horitzontal o vertical, sempre ha estat condicionat a les característiques de l'escena o del subjecte a fotografiar. En fotografia panoràmica sempre ha estat habitual la utilització de formats horitzontals per fer fotografies de paisatge natural o urbà. El més freqüent en fotografia urbana és captar escenes amb gran amplitud horitzontal i amb elements de menys alçada, en comparació amb l'amplada de la imatge. Però no sempre és així. En els cascs antics de les ciutats, per exemple, amb carrers estrets i edificis alts en comparació a l'amplada dels carrers, pot ser recomanable la utilització de la fotografia panoràmica en format vertical. A les grans ciutats, on es fotografien gratacels i el seu entorn, també pot ser útil la fotografia panoràmica vertical.

Les característiques de les imatges panoràmiques verticals són conceptualment les mateixes que les de les panoràmiques horitzontals, exceptuant alguns aspectes relacionats amb la perspectiva. Si la imatge panoràmica vertical es pot realitzar des d'un punt de vista elevat i

centrat en relació a l'escena, les característiques de perspectiva (tant rectilínies com cilíndriques) són les mateixes que en les panoràmiques horitzontals. Quan la imatge panoràmica vertical es realitza des d'un punt de vista baix (característica habitual en la fotografia d'urbanisme, amb la captació d'imatges d'edificis alts des del punt de vista del vianant), obtindrem una distorsió de les formes a la part superior de la imatge panoràmica vertical.

Aquesta distorsió serà més o menys gran, segons si el punt de vista està més o menys pròxim a l'escena. Meehan anomena aquest efecte de distorsió a les parts superiors d'una imatge vertical, realitzada amb una càmera panoràmica rotatòria *One-half of the Cigar effect* (meitat del *Cigar effect*)^{3.74}.

A la figura 3.44 es pot veure el diagrama amb els esquemes de perspectiva cilíndrica i rectilínia d'una imatge panoràmica feta en vertical a partir de la fusió de fotografies, des d'un punt de vista elevat des del centre de l'escena i des del punt de vista del vianant. En els esquemes de la fila inferior, a la columna central, es pot observar l'efecte *One-half of the Cigar* quan la sèrie d'imatges es realitzen des del punt de vista baix i en contrapicat.

En els esquemes en perspectiva rectilínia es pot observar una exageració de les fugues de les línies a la part superior de la imatge, quan es realitza una imatge de l'escena des del punt de vista del vianant o des de sota. Quan el punt de vista està centrat en l'escena, l'esquema de la columna de l'esquerra, a la fila superior, ens mostra com les fugues de les línies de les imatges de les vores es produeix tant a la part superior com a la inferior de la imatge.

A les figures 3.45 i 3.46^{3.75} podem observar l'efecte *One-half of the Cigar* a la part de dalt de la fotografia, amb dues imatges panoràmiques

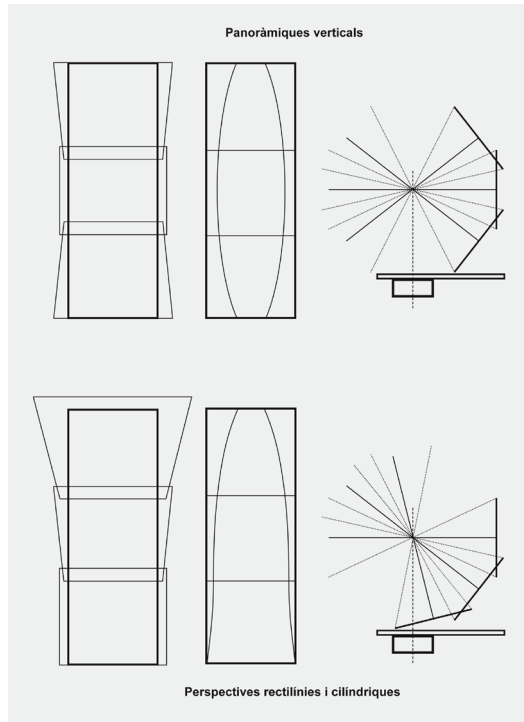


Figura 3.44. Diagrama Perspectiva Cilíndrica i Rectilínia en fotografia panoràmica vertical

verticals amb perspectiva cilíndrica, realitzades des del punt de vista del vianant i en contrapicat. La figura 3.45 és una imatge de Meehan de la ciutat de Seattle, de l'any 1990, realitzada amb una càmera Widelux 1500. Es tracta d'una càmera panoràmica d'objectiu rotatori, disposada amb l'eix de gir horitzontal. La figura 3.46 és una fotografia de Meehan de San Francisco, de l'any 1990, realitzada, també, amb una càmera Widelux 1500.

A les figures 3.47 a 3.52³⁷⁶ podem veure, com a exemple, diferents imatges panoràmiques verticals amb perspectiva rectilínia del fotògraf Horst Hamann. Hamann va publicar el llibre de fotografies

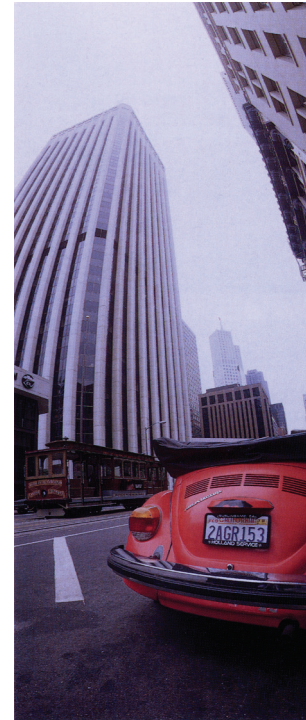


Figura 3.45. (esquerre) J. Meehan. Seattle, 1990
Figura 3.46. (dreta) J. Meehan. San Francisco, 1990

New York Vertical l'any 2006, una publicació amb vistes de gratacels i espais urbans de la ciutat de Nova York, amb imatges en blanc i negre i amb format panoràmic vertical. Hamann va utilitzar una càmera Technorama, una càmera panoràmica d'òptica fixa gran angular, i la pel·lícula en blanc i negre Agfapan 400, un film d'alta sensibilitat per poder utilitzar temps d'exposició llargs i evitar al màxim les trepidacions de la càmera.

A les imatges seleccionades es poden observar les diferents variacions de perspectiva, segons la posició del punt de vista i l'angulació de la visual principal utilitzades. La figura 3.47 és una imatge del Houston



Figures 3.47-3.52. H. Hamann. Nova York, 2000-2005

Street, amb el punt principal de la imatge centrat en l'edificació. Les deformacions de les vores són difícils d'apreciar per les formes orgàniques de l'arbre.

La figura 3.48 és una fotografia de les torres del World Trade Center (destruïdes l'any 2001), una imatge simètrica amb els edificis i el seu reflex a l'aigua. El punt de vista allunyat de les

edificacions i el punt principal de la imatge centrat en els cotxes, comporta que no es puguin apreciar deformacions de perspectiva importants.

A les figures 3.49 i 3.50 podem veure dues imatges realitzades des d'un punt de vista a l'alçada de vianant, o similar, i s'hi pot observar la fuga exagerada dels edificis a la part superior de la imatge. La figura

3.49 és una fotografia de la Trinity Church a Wall Street i la figura 3.50 és una imatge del Rockefeller Center, que conserva el paral·lelisme de les rectes horitzontals de la façana.

La figura 3.51 és una imatge del Nelson Tower, realitzada des d'una edificació alta, amb el punt principal en una posició pròxima al centre de la imatge del gratacel. La figura 3.52 és un retrat de Horst Homann fotografiant Nova York des d'una edificació alta

La distorsió de fugues en la fotografia d'una construcció arquitectònica alta, des d'un punt de vista baix i amb perspectiva rectilínia, també succeeix en les preses fotogràfiques des d'un punt de vista pròxim a l'edificació, amb una càmera convencional i amb una òptica gran angular per tenir un camp visual ampli. Gerry Kopelow, en el seu llibre *Architectural Photography. The Digital Way* descriu com es pot corregir aquesta distorsió de perspectiva, en una imatge pictòrica, amb el processament digital de la imatge^{3.77}.

Kopelow proposa fer una imatge amb una perspectiva obliqua i passar-la mitjançant el processament de la imatge a una fotografia amb perspectiva angularada. A la imatge de pla vertical, amb les línies verticals paral·leles a les vores de l'enquadrament, les parts altes de l'edificació apareixen molt distorsionades. Kopelow planteja reduir aquest efecte de la part de dalt de la imatge i reajustar, per parts, les cares de l'edifici (o edificis) clonant els punts d'unió que s'han modificat per dissimular les errades de to, color o forma que es poden produir en el reajustament de la imatge.

La figura 3.53^{3.78} és una reproducció fotogràfica del diagrama iconogràfic que utilitza Kopelow per explicar la correcció de perspectiva en la fotografia d'un gratacel des d'un punt de vista baix.



Figura 3.53. G. Kopelow. Houston, 2007

En aquest cas, una imatge de Kopelow d'un gratacel de Houston, es pot veure l'efecte de punta o fletxa a la part alta de l'edifici, un cop ha transformat la fotografia original en perspectiva obliqua a perspectiva angularada. A les imatges de la fila inferior ens mostra el processament d'imatge que va realitzar, per modificar estèticament la imatge amb pla vertical obtinguda a la primera part del procés. El resultat no es correspon estrictament amb cap opció projectiva i no gaudeix de rigor geomètric, tot i que el resultat pugui ser "agradable" a la vista. Tampoc no es correspon amb les sensacions perceptives que es deriven d'observar in situ l'edifici des del punt de vista elegit en fer la primera imatge.

En aquesta transformació de les formes de la imatge, s'ha de tenir molt en compte la resolució de la imatge final i tenir prou espai a les vores de la fotografia, ja que es perd molta informació durant el seu processament, principalment en els reenquadraments.

3.2.5 Distribució espacial dels elements de les vores de les imatges

Per a la realització d'una imatge panoràmica a partir d'una sèrie de fotografies contigües, s'han de tenir en compte les àrees de solapament amb les vores de les imatges, amb un mínim d'un 15% de solapament entre les imatges fotogràfiques contigües que s'han de fusionar. En la majoria de les ròtules panoràmiques sol haver-hi una escala d'angles per obtenir un solapament similar entre imatge i imatge. La decisió d'utilitzar un format vertical o horitzontal en les fotografies originals, dependrà del camp visual de la imatge final desitjada i de la focal utilitzada.

Tal com hem vist, a partir dels mateixos originals, es poden obtenir diferents imatges panoràmiques amb diferents tipus de perspectiva. Això comporta una reposició espacial de tots els punts o píxels de la imatge, principalment dels elements de les vores. Amb els programaris de *Stitching* es fusionen les diferents fotografies originals convencionals per obtenir una sola imatge panoràmica.

Els elements de les vores, que s'han de solapar i fusionar, solen tenir per norma general, una traducció de la forma o perspectiva diferent entre les dues imatges contigües. Generalment, els automatismes dels programes de *Stitching* detecten els elements a fusionar i en creen un de sol element, a partir dels dos elements repetits a les vores de dues imatges contigües. Alternativament, la majoria de programes de fusió

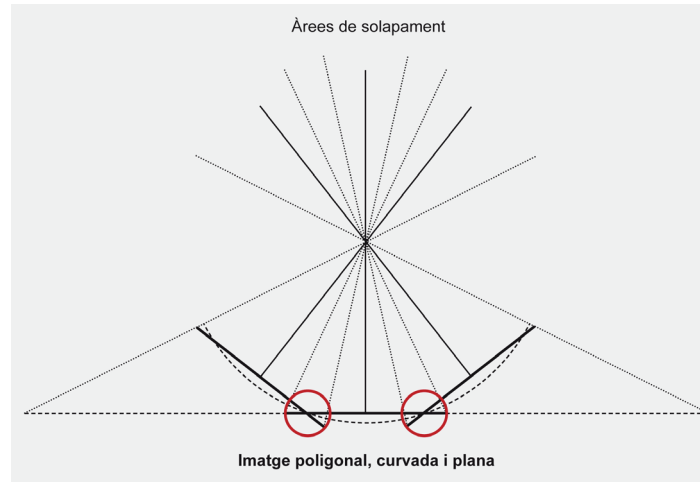


Figura 3.54. Diagrama de les àrees de solapament en fotografia panoràmica per fusió d'imatges

d'imatges tenen una opció manual per marcar els elements a unir amb les imatges adjacents a fusionar.

A la figura 3.54 podem observar el diagrama amb les àrees de solapament durant el procés de realització d'una sèrie d'imatges per fusionar i el lloc que ocuparan aquestes zones de solapament en la imatge panoràmica final, tant en el cas d'una imatge panoràmica amb perspectiva cilíndrica, com en el cas d'una panoràmica amb perspectiva rectilínia.

Aquest procés d'unió entre imatges era molt difícil de fer en el laboratori fotoquímic, i, fins i tot, moltes vegades era impossible. La fotografia digital i l'evolució que experimenten els programes informàtics, obren nous camps de creació i d'aplicació de la fotografia panoràmica. Els programaris de *Stitching* actuals permeten imprimir imatges panoràmiques sense *bandings* i es poden projectar en pantalla i visualitzar com a imatges fixes o com a imatges en moviment.



Figura 3.55. T. Bover. Vic, 2008. Vista general i detalls de la imatge

Quantes menys fotografies hi ha per fusionar, més senzilla i més precisa serà la unió amb un programa de *Stitching*. Però la resolució de la imatge, tal com hem vista abans, dependrà de la resolució de la imatge final desitjada. Una altre aspecte a tenir en compte és la freqüència espacial dels elements a les vores de les imatges. Les imatges amb menys freqüència espacial a les vores són més fàcils de fusionar sense dificultats, que les imatges amb més freqüència espacial entre les vores. Per exemple, si es fotografia una escena urbana amb elements reixats (una reixa d'un camp poliesportiu o d'un parc), s'ha de procurar, sempre que es pugui, que aquests elements amb més freqüència espacial quedin al centre d'una de les fotografies, i no a les vores o a la part de les imatges per solapar.



Figura 3.56. T. Bover. Sentfores-Vic, 2009. Vista general panoràmica i fotografies originals

A la figura 3.55 podem observar una vista general d'un carrer de la zona d'expansió de la ciutat de Vic, amb un poliesportiu públic al centreesquerra de la imatge i l'edifici d'una guarderia al centredreta. Aquesta imatge panoràmica, construïda amb perspectiva cilíndrica, és el resultat de la fusió de divuit fotografies amb format vertical, amb una resolució de la imatge final, un cop retallada i sense interpolar, de 12116x4961 píxels.

A la fila inferior, a la imatge de l'esquerra, podem veure un detall de l'escena amb la vista del reixat exterior del poliesportiu, producte de la fusió de tres imatges. En casos d'una freqüència espacial tan alta, amb molts detalls a la imatge, la majoria dels programes de fusió d'imatges

permeten una unió manual de les imatges per poder fusionar amb més precisió. A la part dreta, de la fila inferior, podem observar les tres fotografies originals que han estat necessàries per poder tenir tota la informació iconogràfica del reixat del poliesportiu.

A la figura 3.56 podem veure una imatge panoràmica d'un carrer del barri de Sentfores, del municipi de Vic, producte de la fusió de cinc fotografies amb format vertical i una resolució de la imatge final, un cop retallada i sense interpolar, de 8084x2992 píxels. En aquest cas, la reixa del poliesportiu és al lateral dret de la imatge panoràmica i es va procurar que tota la imatge del reixat quedés només en una de les fotografies originals. Els punts de fusió més conflictius, amb les branques dels arbres, queden dissimulats, perquè són formes orgàniques.

A la fila inferior, podem observar les cinc fotografies originals, a partir de les quals s'ha creat la imatge panoràmica amb perspectiva rectilínia.

3.2.6 Intensitat i color en una sèrie d'imatges fotogràfiques per fusionar

En aquest apartat, parlarem de tres elements importants que s'han de tenir en compte en la producció d'imatges panoràmiques per fusió de fotografies: la pèrdua de lluminositat de les vores de les imatges originals, l'exposició de la imatge i el control de la temperatura de color. Els tres aspectes, tècnicament són molt diferents entre ells, però tots tres afecten el to i el color de la imatge panoràmica final. Tots tres, per tant, s'han de tenir presents tant en la presa de les fotografies originals com en el processament digital de les imatges durant el procés de postproducció fotogràfica. La previsió o previsualització d'aquests tres factors tornen a posar en ús el concepte de visualització³⁷⁹ tal com s'ha descrit anteriorment, que consisteix a fer un acte d'esforç

mental per visualitzar en el cervell la imatge final que volem obtenir, que no es pot veure directament en el moment de la presa fotogràfica. El terme visualització o previsualització havia quedat en desús, amb l'arribada de la fotografia digital, ja que amb les càmeres digitals es pot veure la fotografia captada, instants després de realitzar-la, a la pantalla LCD de la part posterior.

El vinyeteig o pèrdua de lluminositat a les vores de la imatge, depèn del tipus i de la construcció de l'òptica utilitzada. Segons el format de la càmera i la focal utilitzada, arriba menys intensitat de llum a les vores de la imatge que al centre.

Els objectius gran angular solen produir, per norma general, més vinyeteig a les vores de la imatge³⁸⁰. Això és converteix en un problema, a l'hora de fusionar imatges per fer-ne una de panoràmica perquè els elements mateixos que s'han de solapar en dues imatges contigües, tenen diferent tonalitat a causa de la pèrdua de lluminositat a les vores.

En la producció d'imatges panoràmiques a partir de la fusió d'imatges generades per càmeres convencionals, és important elegir òptiques amb el mínim vinyeteig. De tota manera, aquest defecte ha estat i és fàcil de solucionar, primer amb els filtres neutres degradats radials, i, actualment amb els programes de processament i d'unio d'imatges.

El *control de l'exposició* sempre ha estat un dels elements importants del mestratge fotogràfic. Del control de l'exposició en depèn que els elements a fusionar tinguin la mateixa tonalitat i lluminositat, per tal que el programari treballi amb més rapidesa i precisió i, per tant, es pugui obtenir la màxima qualitat de la imatge panoràmica final. Actualment, quan s'obren els arxius RAWs en la postproducció d'una imatge, es poden tornar a redefinir les tonalitats i les lluminositats de les imatges a fusionar.

També han evolucionat els programaris de de *Stitching*, per poder detectar les diferències de to i lluminositat dels elements de les dues fotografies contigües que s'han de fusionar.

Tot i així, preveure l'exposició de les fotografies a realitzar en la reproducció fotogràfica, pot ajudar a evitar molts problemes posteriors de postproducció. El control manual de l'exposició continua essent el mètode més fiable a l'hora de fer diferents imatges per fusionar-les. Aquest mètode consisteix a fer una anàlisi fotomètrica de totes les lluminositats de l'escena a retratar i decidir un diafragma i un temps d'exposició, tenint en compte la profunditat de camp de l'escena i els elements en moviment que hi ha o que intervindran en la captura de la imatge. Un cop fet, cal utilitzar els mateixos valors en tota la sèrie de fotografies que es realitzaran.

El contrast o rang dinàmic d'una escena, en escenes d'alt contrast amb llum natural o en escenes nocturnes amb il·luminació natural, pot ser més elevat que el rang dinàmic admissible pel sensor elèctric d'una càmera digital actual. En aquest cas, s'ha de decidir si es resta informació a les zones de llums o a les zones fosques de l'escena. Una altra solució és la utilització del mètode HDRI, que s'ha descrit anteriorment, que consisteix a fer en cada una de les posicions de càmera, diverses imatges amb diferents exposicions.

El color d'una imatge fotogràfica depèn de les característiques de les fonts de llum o d'il·luminació d'una escena i del mode de control de blancs o *white balance* de la càmera digital. Actualment, quan s'obren els arxius *RAWs*, durant la postproducció d'una imatge, es pot tornar a redefinir el color de les imatges a fusionar. En aquest aspecte, els programes de fusió d'imatges també han evolucionat per poder detectar les diferències de color entre els mateixos elements de dues fotografies que s'han d'unir per obtenir una imatge panoràmica.



Figura 3.57. T. Bover. Sentfores-Vic, 2009.

En la reproducció fotogràfica, preveure el color de la imatge panoràmica, comporta evitar problemes posteriors en la postproducció. El control manual del balanç de blanc o de color d'una escena o el fet d'utilitzar el mateix *presetting* de balanç de blancs de la càmera en tota la sèrie d'imatges a fusionar, continua essent el mètode més fiable per fer imatges panoràmiques a partir de la fusió de fotografies.

La figura 3.57 ens mostra una imatge panoràmica d'un carrer del barri de Sentfores, del municipi de Vic, realitzada a partir de la fusió de tres fotografies de format vertical per obtenir una imatge panoràmica amb perspectiva rectilínia.



Figura 3.58. Diagrama iconogràfic amb diferències d'intensitat i color en les imatges originals, de la figura 3.57

La figura 3.58 és un diagrama iconogràfic amb les imatges utilitzades per realitzar la figura 3.57, dissenyat per mostrar l'efecte de vinyeteig i les diferències d'intensitat i de color en una sèrie d'imatges.

A la fila superior, en la imatge de la columna de l'esquerra, podem observar l'efecte de vinyeteig o pèrdua de lluminositat en les vores mentre que en les altres dues fotografies de la mateixa fila, l'efecte de vinyeteig està corregit.

A la fila del centre, en la imatge de la columna del mig, podem veure una imatge fotogràfica més fosca, que les altres dues de la mateixa fila.

A la fila inferior, la imatge de la columna de la dreta, ens mostra una fotografia de colors més càlids, que les altres dues de la mateixa fila.

Aquestes diferències d'intensitat i de color de la llum es poden preveure a l'hora de fer la presa fotogràfica.

3.2.7 Moviment dels elements de l'escena en una sèrie de fotografies

La captació d'una imatge amb els elements en moviment d'una escena, sempre ha estat una decisió compromesa en una imatge panoràmica. El dispositiu de la càmera que permet controlar el moviment dels elements d'una escena o la trepidació de la càmera en la presa fotogràfica, és el temps d'exposició. En les càmeres panoràmiques d'objectiu rotatori, a part del control del temps d'obturació en la càmera, s'havia de tenir en compte també el moviment de l'òptica durant l'exposició. En les càmeres panoràmiques

d'òptica fixa, com que eren càmeres normalment robustes i pesades, s'havia de tenir en compte la trepidació de la càmera en la presa de les fotografies. En les imatges panoràmiques a partir de la fusió d'imatges fotogràfiques convencionals, s'ha de pensar què succeeix, o que pot succeir, a cadascuna de les fotografies de la sèrie d'imatges.

En tots els casos, a més, s'ha de preveure quin temps d'exposició s'ha d'utilitzar, tenint present la velocitat amb què es mouen els elements de l'escena i en quina direcció es desplacen respecte del punt de vista i la direcció de l'eix òptic. Segons la velocitat i la direcció del moviment dels elements a fotografiar i el temps d'exposició emprat, tal com hem vist anteriorment, paralitzem els elements en moviment o en tenim només un rastre a la imatge. A aquestes dificultats tècniques amb el control dels elements en moviment a l'hora de fer una fotografia panoràmica, s'hi ha d'afegir l'inconvenient d'assegurar quina serà la posició exacta dels elements en moviment en la composició de la imatge.

La reflexió conceptual i estètica sobre el control del moviment en la composició fotogràfica, la situem als anys 30 del segle XX amb el fotògraf Henry Cartier-Bresson i el concepte de l'instant decisiu^{3.81}, que significa que un fotògraf ha de prémer el botó de la càmera en el moment en què tots els elements de la imatge, tant els estàtics com els que estan en moviment, estan ordenats en la composició de la imatge. Aquesta mirada ràpida i precisa del fotògraf, ha estat i és la clau de la instantània en el reporter fotogràfic. L'estructura de la producció en una imatge panoràmica representa una sèrie de passos que la fa incompatible amb la mirada i la captació ràpida de fotografies d'un reporter.

Des dels inicis de la fotografia s'han volgut captar persones amb imatges de format panoràmic. Les càmeres Robin Hill Cloud o les

càmeres grans angulars amb format panoràmic, també s'anomenaven banquet^{3.82}, ja que una de les seves aplicacions era fotografiar grups de gent a festes, dinars o convencions. Els tipus de càmeres com la Kodak's N° 10 Cirkut, d'òptica mòbil, també s'utilitzaven per fotografiar grups nombrosos^{3.83}. En aquests casos el fotògraf demanava absència de moviment a la gent durant la presa de la imatge panoràmica. Amb la construcció de models lleugers de càmeres panoràmiques i la incorporació de temps d'exposició ràpid es va facilitar la captació dels elements en moviment en una imatge panoràmica.

Amb l'evolució de la fotografia cap a la imatge digital, les càmeres panoràmiques de pel·lícula han quedat en desús. A l'estructura de la producció d'una imatge panoràmica amb elements en moviment s'ha de previsualitzar la imatge final tenint en compte el camp visual de la imatge desitjada i els components, tant estàtics com en moviment, de la composició de la imatge panoràmica. Preveure la posició de tots els elements en la imatge panoràmica final, a l'hora de fer cadascuna de les imatges de la sèrie fotogràfica, és una tasca complexa.

En la postvisualització^{3.84} o la visualització de la imatge a realitzar abans de la postproducció fotogràfica, se seleccionen les fotografies que es fusionaran per obtenir la composició de la imatge panoràmica final. Els programes actuals de processament i d'unió d'imatges, permeten tenir la imatge final fusionada amb les fotografies originals separades per capes, conjuntament amb màscares acoblades a cada capa^{3.85}. Si es pinta amb un pinzell negre sobre la màscara d'una capa, es pot retrobar la informació de la imatge o capa de sota, i si es fa en blanc es torna a recuperar la informació de la capa superior. Aquest procés permet fer diverses imatges d'una mateixa posició de càmera amb els elements en moviment en diferents posicions.

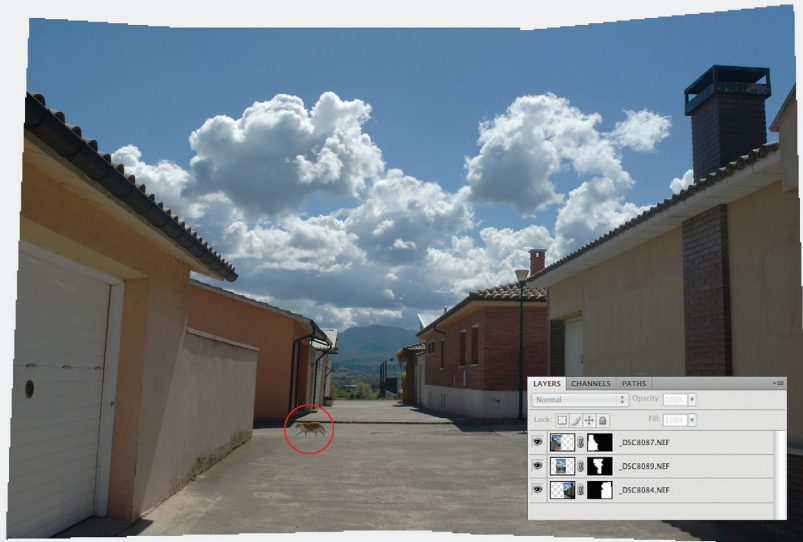
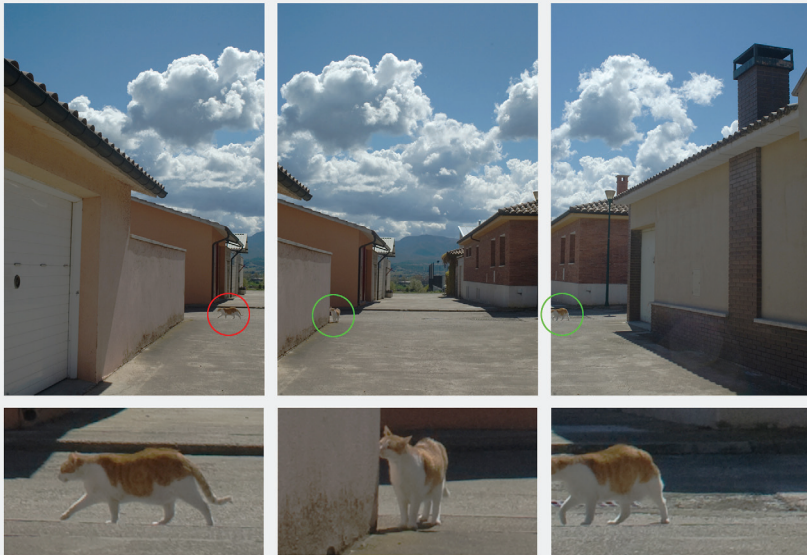


Figura 3.59. Diagrama iconogràfic amb la fusió d'imatges amb elements de moviment de la figura 3.57



Figura 3.60. T. Bover. Viena, 2010

La figura 3.59 és un diagrama iconogràfic, fet amb les imatges utilitzades per realitzar la figura 3.57, que descriu la selecció i eliminació dels elements en moviment d'una escena en la composició de la imatge panoràmica final.

A la fila superior podem veure les tres imatges originals. Hi ha marcada amb un cercle, la imatge del gat que es va anar desplaçant per l'escena durant la realització de la sèrie fotogràfica. Amb un cercle vermell s'ha marcat la imatge del gat seleccionada per a la composició final i amb un cercle verd, les imatges del gat eliminades de la imatge final.

A la segona fila podem observar amb detall, les imatges del gat marcades amb un cercle a les fotografies de la fila superior.

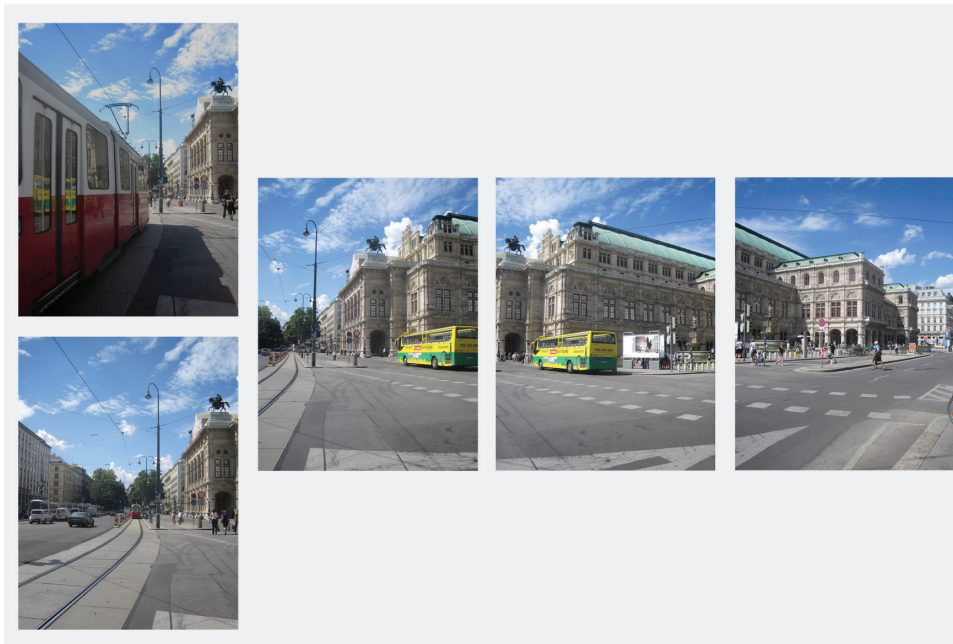


Figura 3.61. Diagrama iconogràfic amb les imatges originals de la figura 3.60

La tercera fila ens mostra les tres imatges fusionades amb perspectiva rectilínia. El cercle vermell assenyalava la posició del gat en la imatge final. Sobre la imatge, hi ha una captura de pantalla del programari de processament d'imatge utilitzat, en què es poden veure les tres capes separades amb les màscares acoblades. A la figura 3.57, podem veure la imatge panoràmica final, un cop acoblada i retallada.

A la figura 3.60 hi ha dues versions de la imatge panoràmica de l'edifici de l'Òpera de Viena i el seu entorn, a partir de la fusió de quatre fotografies amb perspectiva rectilínia.

A les dues imatges, la part central i dreta de la imatge és exactament la mateixa.



Figura 3.62. H.Koelbach. Hannover, 2003. Diagrama sobre la visualització de la panoràmica interactiva 360°

A la fotografia panoràmica superior, el tramvia ocupa una gran part de la composició de la imatge. A la imatge inferior, s'hi pot observar el vial que hi ha davant de l'edifici de l'Òpera, a l'esquerra de la fotografia, que en la imatge anterior el tramvia ocultava.

La figura 3.61 ens mostra les fotografies originals a partir de les quals s'han format les imatges panoràmiques de la figura anterior. En aquesta figura podem veure que les tres imatges de la dreta són exactament les mateixes.

El que varia són les dues imatges de l'esquerra, la qual cosa permet fer dues imatges panoràmiques diferents en la postproducció fotogràfica.

A la figura 3.62^{3,86} hi ha un diagrama iconogràfic a partir de la imatge panoràmica de 360° interactiva de Hannover del fotògraf Koelbach, de l'any 2003. Aquesta imatge està pensada per ser visualitzada per Internet i en aquest diagrama s'han destacat alguns dels elements relacionats amb l'estudi del moviment en la creació d'una imatge panoràmica.

A la fila superior podem observar la imatge panoràmica de 360° amb perspectiva cilíndrica, aplanada per ser visualitzada en dues dimensions. Sobre la imatge s'han marcat, amb un cercle vermell, una parella que surt dues vegades en la mateixa imatge panoràmica.

Les files central i inferior corresponen a dues captures de pantalla, de manera que es veu la imatge igual que quan és visualitzada en pantalla. En aquest cas, el format de visualització de la imatge per pantalla també es panoràmic.

La parella marcada amb un cercle vermell, a l'esquerra de la imatge de la fila superior, es pot veure amb més detall a la imatge de la fila central d'aquest diagrama iconogràfic. La mateixa parella, marcada amb un cercle a la dreta de la imatge de la fila superior, es pot observar amb més detall a la imatge de la fila inferior.

3.2.8 Conclusions sobre les bases per a la creació d'una imatge panoràmica

Com a primeres conclusions, podem afirmar que realitzar una imatge panoràmica a partir de la fusió de diverses imatges és un projecte

fotogràfic en què s'han de tenir en compte, principalment, tres elements relacionats amb la comunicació visual: la composició, la il·luminació i la tecnologia de la imatge. Com més estructurada estigui la preproducció i la producció fotogràfica, més fàcil, precisa i ràpida serà la fusió de les imatges en la postproducció fotogràfica. El que proposava Baïda a *Sistema de Zones* per a la creació d'una imatge fotoquímica, també es pot aplicar en la creació d'una imatge panoràmica digital a partir de la fusió d'imatges^{3,87}:

“(…) toute photographie suppose un projet. Ce projet est intellectuel et surtout, visuel. Il consiste à se représenter à partir du sujet l'image qu'on souhaite donner. Il est d'autant plus efficace qu'il est plus détaillé et plus conscient; toute photographie en projet se réalise par la mise en œuvre systématique des processus accordés à sa nature spécifique. Il s'agit de savoir faire un choix raisonné et cohérent de données techniques, de savoir les appliquer avec patience et précision”.

Preveure components com la intensitat i el color de la llum o la perspectiva de la imatge panoràmica final, és més fàcil. Preveure la posició dels elements en moviment en la composició de la imatge final, en canvi, és més complicat, perquè en aquest cas quantes més imatges tinguem dels elements en moviment, més fàcil serà aconseguir la fotografia panoràmica desitjada. El que s'ha de tenir sempre en compte és que les obstruccions visuals i la posició dels elements en moviment només es poden copsar a l'hora de fer la presa fotogràfica.

Amb les fotografies panoràmiques digitals fetes a partir de la fusió d'imatges, amb subjectes en moviment, es contradiu en part, l'instint decisiu de Cartier-Bresson. La imatge final es pot haver pensat en la

presa fotogràfica, però la fotografia panoràmica final és un producte de laboratori, és una imatge generada per ordinador a partir de la realitat o d'instantis decisius reals.

Amb la creació d'imatges panoràmiques a partir de la fusió d'altres imatges, també es posa en contradicció, almenys en part, el noema de la fotografia *Ça-a-été*, de Roland Barthes, el que hi ha en una fotografia és que ha estat "allà"³⁸⁸:

"La peinture, elle, peut feindre la réalité sans l'avoir vue. Le discours combine des signes qui ont certes des référents, mais ces référents peuvent être et sont le plus souvent des "chimères". Au contraire de ces imitations, dans la Photographie, je ne puis jamais nier que la chose a été là. Il y a double position conjointe: de réalité et de passé. Et puisque cette contrainte n'existe que par elle, on doit la tenir, par réduction, pour l'essence même, le noème de la Photographie"

A les imatges panoràmiques digitals, el que hi ha en la imatge final ja hi era, allà, però també podria no haver-hi estat. A partir de les imatges panoràmiques digitals, el concepte d'imatge fotogràfica també evoluciona, conjuntament amb l'evolució dels processos tecnològics per realitzar fotografies digitals. Les imatges panoràmiques fetes a partir de la fusió de fotografies són actualment una bona forma de comunicació visual de l'urbanisme. Es tracta d'una manera de comunicar la imatge de la ciutat, que parteix d'un clàssic de la representació gràfica urbana: els panorames.

CITES:

3. La fotografia Panoràmica

3.1 Evolució de la imatge panoràmica

- 3.1 [MEEHAN-90], pàgina 10
- 3.2 [MEEHAN-90], pàgina 8
- 3.3 [BAYEUX -84], pàgines 26-36
- 3.4 [KEMP -00], pàgina 203
- 3.5 [KEMP -00], pàgina 212
- 3.6 [OETTERMANN-97], pàgines 161-163
- 3.7 [MARTINEZ-83], pàgines 29-31
- 3.8 [OETTERMANN-97], pàgines 134-135
- 3.9 [COMMENT-99], pàgina 163
- 3.10 [COMMENT-99], pàgina 162
- 3.11 [OETTERMANN-97], pàgines 153-183
- 3.12 [OETTERMANN-97], pàgina 128
- 3.13 [CASTILLO-06], pàgines 257-259
- 3.14 [CASTILLO-06], pàgina 257
- 3.15 [CASTILLO-06], pàgina 258
- 3.16 [OETTERMANN-97], pàgina 74
- 3.17 [MEEHAN-90], pàgina 12
- 3.18 [OETTERMANN-97], pàgina 83
- 3.19 [COMMENT-99], pàgina 83
- 3.20 [OETTERMANN-97], pàgina 91
- 3.21 [OETTERMANN-97], pàgina 231
- 3.22 [MEEHAN-90], pàgina 12
- 3.23 [MEEHAN-90], pàgines 12-13
- 3.24 [AUER -75], pàgina 262
- 3.25 [AUER -75], pàgines 262-263
- 3.26 [MEEHAN-90], pàgina 14
- 3.27 [MEEHAN-90], pàgina 14
- 3.28 [AUER -75], pàgines 267-269
- 3.29 [WILLSBERGER -82], pàgina 74
- 3.30 [WILLSBERGER -82], pàgina 76
- 3.31 [AUER -75], pàgines 267-269
- 3.32 [MEEHAN-90], pàgines 10-11
- 3.33 [RAY-94], pàgines 460-461
- 3.34 [AUER -75], pàgina 269
- 3.35 [AUER -75], pàgina 269
- 3.36 [NOBLEX-10], en línia, consulta 2010
- 3.37 [TILLMANN-93], pàgina 27

- 3.38 [RAY-94], pàgina 461
- 3.39 [MEEHAN-90], pàgina 56
- 3.40 [ROUNDSHOT-10a], en línia, consulta 2010
- 3.41 [JACOBSON-02], pàgines 117-118
- 3.42 [MEEHAN-90], pàgines 56-57
- 3.43 [MEEHAN-90], pàgina 44
- 3.44 Center-Spot Neutral-Density Filters són uns filtres degradats radials que compensen la pèrdua de lluminositat en les vores de la imatge, quan s'utilitzen òptiques gran angular en càmeres de gran format.
- 3.45 [AUER -75], pàgina 224
- 3.46 [EASTMAN-10], en línia, consulta 2010
- 3.47 [AUER -75], pàgina 239
- 3.48 [MEEHAN-90], pàgina 46
- 3.49 [PERRAULT-04]
- 3.50 [ROUNDSHOT-10b], en línia, consulta 2010
- 3.51 [WEBMUSEUM-10], en línia, consulta 2010
- 3.52 [DERSCH-10], en línia, consulta 2010
- 3.53 [DERSCH-09], en línia, consulta 2010
- 3.54 [DERSCH-11], en línia, consulta 2010
- 3.55 [PTGUI-10], en línia, consulta 2010
- 3.56 [AUTODESK-10b], en línia, consulta 2010
- 3.57 [ADOBE-10a], en línia, consulta 2010
- 3.2 Bases per a la creació d'una imatge panoràmica a partir de la fusió de fotografies convencionals.
- 3.58 [RAY-94], pàgina 461
- 3.59 El punt nodal posterior en un sistema òptic és el punt a partir del qual divergeixen els raigs lluminosos des del conjunt òptic cap al pla focal on es forma la imatge a la càmera.
- 3.60 [MANFROTO-10], en línia, consulta 2010
- 3.61 [NOVOFLEX-10], en línia, consulta 2010
- 3.62 Fotografies de Toni Bover realitzades per aquest apartat de la tesi.
- 3.63 [VILLANUEVA -96], pàgina 76
- 3.64 [MEEHAN-90], pàgina 63
- 3.65 [VILLANUEVA -96], pàgines 152-153
- 3.66 [MEEHAN-90], pàgines 65-66
- 3.67 [MEEHAN-90], pàgina 65
- 3.68 [MEEHAN-90], pàgines 82-83
- 3.69 [GIGAPXL-10], en línia, consulta 2010

- 3.70 [GIGAPAN-10], en línia, consulta 2010
- 3.71 [KOPF-08], en línia, consulta 2010
- 3.72 [MAYNARD-10], en línia, consulta 2010
- 3.73 [GIGAPIXEL-10], en línia, consulta 2010
- 3.74 [MEEHAN-90], pàgines 69-71
- 3.75 [MEEHAN-90], pàgina 70
- 3.76 [HAMANN -06]
- 3.77 [KOPELOW -07], pàgines 60-61
- 3.78 [KOPELOW -07], pàgines 61
- 3.79 "Previsualization refers to the learnable power to look at a scene, place or situation and "see" at the same time on the back of the eyelids or "sense" deep in the mind or body, the various ways photography can render the subject. Then out of all the potential renderings select one to photograph". [WHITE -87], pàgina 13
- "Comme la peinture selon Léonard de Vinci, la photographie aussi est chose mental". [BAÏDA -85], pàgines 44
- 3.80 Alguns autors, en l'àmbit de la fotografia d'arquitectura, han aprofitat aquest defecte per centrar l'edifici en la part lluminosa de la imatge, i així dirigir la mirada cap a la construcció arquitectònica en la lectura de la imatge.
- 3.81 [LEMAGNY -86], pàgines 166-174
- 3.82 [MEEHAN-90], pàgina 14
- 3.83 [MEEHAN-90], pàgina 14
- 3.84 "PREVISUALISATION . Minor White préfère ce mot préfixé au simple visualisation. C'est peut-être pour insister, grâce au préfixe "pré-" sur la nécessaire antériorité de l'opération. C'est peut-être aussi pour mieux l'opposer au concept de post-visualisation développé par lui et par ses élèves, notamment par Jerry M. Uelsmann, et qui consiste à revisualiser constamment l'idée première, en particulier pour la confronter au premier tirage et tenter alors d'aller plus loin, à partir de ce premier résultat." [BAÏDA -85], pàgina 164
- 3.85 [HOUGHTON-05], en línia, consulta 2010
- 3.86 [CITYPANORAMAS-10], en línia, consulta 2010

- 3.87 [BAÏDA -85], pàgina 164
- 3.88 [BARTHES-80], pàgina 120

