

INFRAESTRUCTURA TECNOLÒGICA I PROCEDIMENTS DE TREBALL PER A LA DIGITALITZACIÓ D'ARXIVS FOTOGRÀFICS

Carles Mitjà
Coordinador de l'Image Quality Laboratory del CITM/UPC
(carles.mitja@citm.upc.edu)

Introducció

La conveniència i necessitat de digitalitzar el patrimoni fotogràfic fotoquímic ha pres una especial rellevància en els darrers anys. Per una banda, els dubtes sobre la suposada coexistència dels sistemes fotoquímic i electrònic que es feia encara en els primers anys del segle, han quedat desvetllats per la definitiva substitució, amb algunes comptadíssimes excepcions, dels sistemes fotoquímics pels de suport d'enregistrament electrònic. Per l'altre, els avantatges que la imatge electrònica aporta pel que fa a l'accessibilitat, l'estudi, la difusió i la preservació de l'esmentat patrimoni, han acabat per imposar-se i d'aquí la conveniència i necessitat de procedir, en la mesura del possible, a la seva digitalització. Aquesta digitalització n'ha d'assegurar la pervivència futura del contingut més enllà de la pròpia pervivència física de l'original.

Una vegada acceptades aquesta conveniència i necessitat, es plantegen les qüestions de procediment. La tecnologia d'obtenció d'imatges per mitjans electrònics es desenvolupa en la mesura que les noves necessitats plantegen nous reptes i també al ritme que el propi desenvolupament de l'electrònica i la informàtica ho permeten. Per sort pel que fa a l'àmbit que ens ocupa, la generació d'imatges per procediments electrònics no és una tecnologia nova ni excessivament jova. El que es coneix per imatge digital, en el sentit que la informació iconogràfica està simplificada a un codi numèric, té els seus orígens en el Sistema Bartlane de transmissió d'imatges per cable transoceànic entre Londres i Nova York, dels primers anys de la dècada de 1920 [3-González].

Aquest sistema, pioner de la imatge codificada numèricament, va ser substancialment millorat el 1929 incrementant de cinc a quinze el nombre de valors tonals que la imatge transmesa podia incloure i per tant, la relació de fidelitat de la reproducció sobre paper respecte de l'original es veia decisivament enriquida. A pesar d'aquests sistemes de reproducció i transmissió digital d'imatges que no varen aturar-se en el seu desenvolupament, el segon repte era la captació de les imatges amb un sistema independent de les variables i incerteses que introduïa l'ús de la pel·lícula; és a dir, un sistema numèric en sí mateix.

Els primers intents [2-Davies] es produïen a la dècada de 1930 amb les investigacions per separat de Philo Taylor Farnsworth i Vladimir Kosma Zoworykin. Els seus respectius treballs culminaren amb la producció de l'Iconoscope per part de Westinghouse. L'Iconoscope fou el precursor de les càmeres de televisió posteriors, estris amb capacitat d'enregistrar i transmetre una imatge per mitjans electrònics. Aquestes càmeres, anomenades càmeres de tub foren empleades fins a l'aparició dels dispositius de càrrega acoblada o CCD (inicials de *Charge Coupled Device*). Tot i que aquesta tecnologia, basada en els semiconductors en estat

sòlid, va ser proposada al 1948, la seva implantació definitiva es produí al 1969 amb la patent de *AT&T Bell Labs* de Willard Boyle i George E. Smith.

Essent real la possibilitat de captar imatges per mitjans electrònics i la conversió ja experimentada de la informació iconogràfica en informació numèrica o digital, el sistema es manifestava com un gran avenç. Amb les primeres càmeres equipades amb CCD, a més, el nombre de mostres numèriques en que es parcel·laven les imatges havia crescut i el nombre de valors de gris que es podia adjudicar a cadascuna d'aquestes mostres ho feia en consonància. Per tal de mantenir la operativitat del sistema en un marge de temps raonable, el processament informàtic d'un gran nombre de dades era doncs un requisit indispensable. A més a més, la informàtica d'una banda i el caràcter numèric de les imatges electròniques de l'altre, apuntaven la possibilitat de modificar la informació inicial mitjançant operacions de càlcul, és a dir, els inicis del processament de la imatge.

Amb tots aquests elements interrelacionats entre sí i l'aparició a principis de la dècada de 1960 dels primers ordinadors amb capacitat de càlcul suficient, s'inicià l'estudi aprofundit de les possibilitats de l'esmentat processament de les imatges a les instal·lacions del *Jet Propulsion Laboratory* de Pasadena, a Califòrnia [3-González]. La imatge de la superfície de la Lluna transmesa per la sonda espacial *Ranger 7* el 31 de juliol de 1964, posteriorment millorada digitalment a l'ordinador per tal de corregir la distorsió de les lents de la càmera del *Ranger 7*, es proposa als texts especialitzats com la primera imatge de la Lluna presa per un giny espacial americà i el primer processament informàtic d'una imatge electrònica.

Entre els darrers anys de la dècada de 1960 i els primers de la de 1970 i en paral·lel amb la recerca en l'àmbit de l'exploració espacial, la Medicina, l'observació remota de la Terra i l'Astronomia incorporaren l'ús de la imatge electrònica i el seu processament. Per tant, des de la dècada de 1960 fins avui, el creixement i millora de la utilització dels sistemes de captació d'imatges per medis electrònics i el processament de les corresponents imatges digitals no s'ha aturat en cap moment. Tot i aquest desenvolupament llarg i extens en els seus camps d'aplicació, les imatges obtingudes per medis electrònics no començaren a competir en qualitat amb les obtingudes sobre suport fotoquímic fins a meitat de la dècada de 1990.

És a principis del Segle XXI i de forma definitiva al voltant de 2005, que la imatge electrònica pren el relleu a la imatge d'origen fotoquímic i es produeix una substitució progressiva en tots els àmbits d'aplicació, inclòs el domèstic. En paral·lel i en part com a conseqüència de la progressiva implantació i els canvis d'usos que això comportà, es produí la davallada econòmica de les grans corporacions de la indústria fotoquímica que accelerà a la vegada la seva desaparició definitiva i provocà, a la pràctica, la dificultat de seguir utilitzant les tècniques anteriors. Com sempre en aquesta mena de fenòmens, les dinàmiques econòmiques i les reaccions del conjunt de la societat passaren per davant d'algunes consideracions d'oposició al canvi, fossin aquestes encertades o no.

Ens trobem doncs amb la necessitat d'afrontar unes tecnologies relativament noves en el sentit de la seva utilització en el nostre àmbit, però desenvolupades i experimentades des de fa prop de cinquanta anys en altres àmbits. Tenint en compte que aquestes àrees d'implantació prèvia de la imatge electrònica pertanyen quasi exclusivament als camps científic i tecnològic, els cos de treball generat pel seu ús és important i en qualsevol cas, molt més extens que el necessari en el nostre camp d'aplicació. No cal doncs, altre cosa que aproximar-nos-hi a la recerca de solucions una vegada plantejats els problemes, definint el problema com la qüestió a resoldre i no tant com la dificultat en aconseguir-ho.

Significació i propietats de la digitalització

Una imatge es pot definir com una funció bidimensional, $f(x,y)$, on x i y son coordenades espacials sobre el pla de la imatge i l'amplitud de f per a cada parell de coordenades (x,y) s'anomena intensitat o valor de gris de la imatge en aquell punt. Quan els valors de x , y i de l'amplitud son tots finits, quantitats discretes, la imatge s'anomena digital [3-González]. Així doncs, passar d'una imatge fotogràfica original, negativa o positiva, sobre suport translúcid o opac, a una imatge digital, suposa extreure de la imatge original una sèrie finita de mostres a intervals regulars. Les imatges digitals son doncs un seguit de dades numèriques que representen la possibilitat de recuperar la informació iconogràfica de l'escena en que s'han originat.

En tant que numèric, aquest contingut és susceptible de ser mesurat i es pot modificar per canviar-ne les propietats, restaurar dades perdudes en el procés de captació o millorar-ne la similitud amb l'original tant de forma subjectiva com objectiva. Aquests darrers supòsits son el cos de treball del que s'anomena processament de la imatge. El caràcter numèric de la informació continguda en la imatge digital facilita, si hom ho creu necessari, un alt nivell d'objectivitat en els procediments de processament. Aquest caràcter numèric i les possibilitats ja descrites d'accés a les dades, fan també possible afegir informació a l'arxiu, les anomenades metadades. Aquestes metadades poden estar relacionades tan amb les característiques de l'instrument de digitalització, amb el contingut iconogràfic de la imatge o amb qualsevol paràmetre que en el seu moment es consideri rellevant per a la utilització posterior de les imatges.

El mostreig finit de la informació, inicialment contínua a l'original, és un dels trets característics de les imatges digitals. Aquest nombre de mostres, codificades numèricament pel que fa a posició sobre el pla imatge i intensitat de cadascuna d'elles, és el que s'anomena arxiu digital d'imatge. Essent doncs la mostra la quantitat més petita d'informació que es recull de l'original, resulta evident que el nombre de mostres que es prenguin i el nombre d'intensitats diferents que es puguin atribuir a les mostres, estarà directament relacionat amb la retenció de propietats de l'original. El nombre de mostres recollides per unitat de longitud s'anomena resolució espacial, mentre que el nombre de lluminositat o valors de gris atribuïble a cada mostra és la resolució cromàtica, també anomenada profunditat de color o profunditat de bit per la forma en que s'emmagatzema.

Cadascuna de les mostres en que s'ha subdividit la informació de l'original s'anomena píxel, contracció dels vocables anglesos *picture* i *element* que es pot traduir per *element de la imatge*. Els píxels pertanyen per tant a la imatge digital, no tenen dimensió física i son només el conjunt de dades que, convenientment descodificades, faran que la reproducció de la imatge sigui visible en forma de *leds* il·luminats d'una pantalla d'ordinador o fines gotes de tinta dipositades sobre un suport físic com el paper. Malgrat tot, el mot píxel s'utilitza també, cada vegada de forma més corrent, per distingir un dels elements del sensor de les càmeres destinats a captar informació lumínica y generar el mostreig de la imatge òptica. Per tal d'evitar confusions, resulta més convenient anomenar les cel·les del sensor com a *fotoreceptors* i les unitats elementals de la imatge digital com a píxels.

Per raons dels sistemes de processament de la informació utilitzats en els ordinadors, el nombre de valors de gris que es poden adjudicar a un píxel de la imatge digital és sempre una potència entera de dos (2^k) i resulta comú anomenar les corresponents imatges com *imatges de kbit*. En aquesta escala el valor numèric menor, que sempre és el zero, representa el color negre o absència de luminància a l'escena; el valor màxim de l'escala representa el blanc o valor de saturació, que en termes de sistema visual humà (SVH) equivaldria a l'enlluernament. En el context de les imatges generades en els arxius, les profunditats de color que s'utilitzen son tres:

- Imatges de *1bit* o 2^1 valors de gris, anomenades també imatges binàries en les que els dos valors assumibles per un píxel són el negre i el blanc purs.
- Imatges de *8bit* o 2^8 valors de gris. El valor mínim o negre és el zero (0), mentre que el màxim o blanc pur és el 255.
- Imatges de *16bit* o 2^{16} valors de gris. En aquest cas, el valor mínim o negre continua essent el zero (0), mentre que el màxim o blanc pur és el 65.535.

Aquestes profunditats de bit, també anomenades profunditats de color, defineixen les imatges monocromàtiques. Encara que existeixen altres formes de fer-ho, en el nostre àmbit i en el cas de la necessitat de representar el color, les imatges digitals es generen amb tres canals de *8* o *16bit* cadascun i s'adjudica a cada canal la representació d'un dels tres color primaris, vermell (R per *red*), verd (G per *green*) i blau (B per *blue*). Existeix també el costum d'anomenar les imatges en color com de *24bit* (tres canals de *8bit*) o de *48bit* (tres canals de *16bit*); per evitar confusions amb el nombre de valors de gris que la imatge en qüestió conté, són més adients les denominacions *8bit RGB* o *16bit RGB* respectivament. Les possibilitats de classificació queden doncs com segueix:

- Imatges binàries de *1bit* amb distinció només entre el negre i el blanc purs.
- Imatges de *8bit Escala de Grisos (Grayscale)*; imatges monocromàtiques amb 256 possibilitats de valors de gris diferents per a cada píxel.
- Imatges de *16bit Escala de Grisos (Grayscale)*; imatges monocromàtiques amb 65.536 possibilitats de valors de gris diferents per a cada píxel.
- Imatges de *8bit RGB*; imatges en color amb tres canals (R, G i B) amb 256 possibilitats de valors de gris diferents per a cada píxel i canal.
- Imatges de *16bit RGB*; imatges en color amb tres canals (R, G i B) amb 65.536 possibilitats de valors de gris diferents per a cada píxel i canal.

Mentre que en una primera aproximació la resolució espacial s'hauria de portar al màxim valor assumible per tal de retenir la major quantitat d'informació de l'original, la resolució cromàtica es podria restringir a un valor suficientment alt per a les necessitats i capacitats del SVH i relacionat també amb les capacitats dels sistemes de visualització de les imatges, pantalles o impressores. Encara que en aquest sentit, imatges amb una profunditat de *8bit* resulten suficients en ambdós casos, per raons de precisió en el processament informàtic de les imatges digitals, és recomanable treballar amb arxius de *16bit Escala de Grisos* o *16bit RGB*.

Tal i com ja s'ha apuntat anteriorment, una vegada descrit el procés de transformació de la informació que es genera amb la digitalització, cal recordar que les dades que anomenem imatge digital, no tenen cap dels trets distintius del concepte clàssic d'imatge en tant que representació de la realitat i que es poden resumir en l'entitat física com a objecte i la organització espacial permanent de la informació, mentre que aquestes propietats sí les podem trobar en una negatiu, una diapositiva o en una còpia fotoquímica. És sempre necessari doncs, un sistema de descodificació de les dades numèriques de l'arxiu d'imatge per convertir-les en impulsos lluminosos en una pantalla d'ordinador o deposicions de tinta en un sistema d'impressió, que permetin la seva visualització.

Aquesta necessitat de codi desxifrabable que en faciliti la transmissió d'una banda i la compatibilitat d'utilització més enllà de l'àmbit on es genera, de l'altre, planteja la necessitat de la normalització del codi. La resposta a aquesta demanda és el que s'anomena format d'arxiu. La descripció detallada dels diferents formats d'arxiu emprats en la codificació i posterior descodificació d'imatges digitals resta fora de l'abast d'aquesta ponència. Una enumeració acurada es pot trobar en diversos textos sobre imatge digital i pel que fa a l'àmbit

de l'arxivística i les seves necessitats a la referència [5-Iglésias] al final d'aquest text. Anomenarem els més utilitzats en el context de la digitalització:

- TIFF (*Tagged-Image File Format*). Creat el 1986 per *Aldous Corporation*, s'ha convertit en un estàndard en la gestió d'arxius d'imatge. Suporta estructures en escala de grisos i en color tant en *8bit* com en *16bit*. La versió amb compressió LZW és sense pèrdues (*lossless*) i permet reduir el volum d'arxiu a aproximadament el 50%.
- JFIF (*JPEG File Interchange Format*). Creat al 1992 per el *Joint Photographic Experts Group*. És el format de l'estàndard de compressió JPEG. De gran implantació per les seves capacitats de compressió de la informació, és molt utilitzat en la gestió de volums importants d'arxius d'imatge. Encara que la compressió utilitzada és amb pèrdues (*lossy*), és possible una caracterització precisa del nivell de pèrdua en relació al volum final de l'arxiu (7-Mitjà). És més adient com a versió final de la imatge doncs la seva limitació a una profunditat de color de *8bit* no el fa recomanable per a un processament posterior.
- JPEG2000. Publicat per el *Joint Photographic Experts Group* a l'any 2000 i posteriorment evolucionat a partir de 2003, es creà per substituir els formats basats en JPEG. La compressió, que pot ser amb o sense pèrdues, està basada en *wavelets* i permet reduir substancialment el volum d'arxiu sense una gran afectació de la qualitat. Genera versions de la imatge a diferents resolucions i és compatible amb una profunditat de color de *16bit*. Encara que no està àmpliament implementat i presenta alguns problemes de compatibilitat, sobretot en la exhibició *on line*, es contempla en alguns àmbits com un màster digital de producció i arxiu [5-Iglésias] tant per la seva qualitat com per la capacitat ja esmentada d'emmagatzemar múltiples resolucions en un sol arxiu.
- PNG (*Portable Network Graphics*). Desenvolupat inicialment per el W3C, el consorci WWW (World Wide Web) el recomana per a l'exhibició *on line*. Una de les seves propietats, per la que és més utilitzat en els àmbits de la imatge pictòrica i el disseny gràfic, és la seva capacitat de suportar canals *alfa* que permeten les transparències de fons.
- PDF (*Portable Document File*). Creat per Adobe Systems al 1990, es caracteritza per suportar en un mateix i únic arxiu dades de mapa de bits (*bitmap*), dades vectorials i dades de text, així com informació audiovisual. La seva versió PDF/X constitueix un estàndard a l'àmbit de la impressió i les arts gràfiques. Pel que fa a les imatges que pot contenir, utilitza diversos sistemes de compressió entre els que es compten el JPEG i el LZW; suporta imatges amb una profunditat de color de *16bit*. La versió estàndard (PDF) és actualment àmpliament acceptada per la seva exhibició *on line* així com per intercanvi entre dispositius com els *tablets* i els telèfons mòbils intel·ligents (*smartphones*).
- EXIF (*Exchangeable Image File Format for Digital Still Cameras*). Creat inicialment per la Japan Electronics and Information Technology Industries (JEITA), la primera versió fou publicada al 1998. L'EXIF és una extensió de metadades que permet associar dades tècniques de la càmera i els paràmetres de presa a arxius TIFF i JPEG amb o sense compressió.
- RAW. No es tracta ni d'un acrònim ni de les inicials de cap descripció, sinó de la paraula anglesa que defineix la informació sense processar, en brut. És un format que totes les càmeres de gama professional i darrerament algunes del segment d'aficionat avançat poden proporcionar. Es correspon amb les dades captades pel sensor sense processar. Comporta l'inconvenient que en realitat es tracta d'un format diferent per a cada marca de càmera, d'alguns models en particular i que evoluciona amb el temps en noves versions. Resulta sempre necessari per tant, un software propietari per accedir a la informació continguda. No obstant i per l'interès de les pròpies marques en que s'utilitzi el seu producte, alguns convertidors com l'Adobe Camera Raw

d'Adobe Systems i altres d'accés lliure i gratuït com UFRaw i RPP, incorporen progressives actualitzacions de les càmeres que apareixen al mercat. Entre els avantatges es compten l'accés a un rang dinàmic més ampli que el proporcionat per les versions en TIFF o JPEG que subministren les mateixes càmeres i la possibilitat de processar la imatge captada en la direcció més adient a l'aplicació en particular. Tots els arxius *Raw* actuals suporten com a mínim la profunditat de color de 16bit i incorporen l'estàndard de metadades tècniques EXIF. Com es veurà més endavant i encara que no es pot considerar un format adient com a màster digital, és una opció a considerar a l'estadi de la captació per els seus múltiples avantatges tecnològics en la retenció i processament de la informació de l'original.

Pel que fa als instruments necessaris per a la digitalització d'originals fotogràfics, es presenten dues opcions, els escàners i les càmeres. Ambdós sistemes, escàners i càmeres, presenten avantatges i inconvenients que convé estudiar no tan sols per decidir sobre la seva idoneïtat en cada cas, sinó també per estructurar una metodologia de treball adreçada sobretot a un dels objectius més importants de la digitalització, la fidelitat, en la mesura del possible, a les propietats de l'original.

Digitalització amb escàner

En el cas dels escàners, es poden considerar tres tipus:

- Escàners de material opac il·luminat per reflexió.
- Escàners de material translúcid il·luminat per transmissió.
- Escàners mixtes amb les dues funcions.

El tipus d'escàner més estès en el grup dels escàners d'originals opacs és el que equipa un CCD tri-lineal en el que cadascuna de les línies de foto-receptors es dedica a la captació d'un dels tres colors primaris, vermell (R), verd (G) o blau (B). La pròpia denominació de l'instrument, escàner, es deriva del mot anglès *scan* que significa explorar. Per tant, l'instrument realitza una exploració seqüencial de l'original. Per fer-ho, en general l'original resta immòbil mentre el conjunt de la làmpada d'il·luminació del mateix, el sistema òptic de reducció i el sensor tri-lineal es traslladen d'un extrem a l'altre de l'original.

La resolució espacial d'un escàner d'opacs il·luminats per reflexió pot variar entre 72ppi (*píxels per polzada*) i un límit superior molt variable entre models però que pot superar els 9.000ppi. Si es té en compte que per tal d'obtenir un bon mostreig, caldria aturar el sistema de translació enfront de l'original una vegada cada part en les que es divideixi la polzada, resulta fàcil comprendre que es tracta d'una mecànica de precisió que ha de resultar cara i delicada de mantenir. Per altre banda, una oferta de resolucions espacials tant àmplia implica que només una d'elles és la nominal del sensor CCD, mentre que les altres són el resultat d'un sub-mostreig a la baixa o d'una interpolació a l'alça a partir del mostreig nominal. Aquests procediments poden estar també combinats amb variacions en l'augment del sistema òptic, de forma que el mostreig desitjat s'ajusti al nominal del sensor en cada cas.

El cas més habitual és el que combina totes tres opcions, mostreig nominal, variacions de l'augment òptic i processament informàtic per assolir els mostreigs anunciats. Encara que aquestes dades no es solen publicar en les especificacions dels instruments o es fa en un llenguatge no sempre clar respecte de la tecnologia concreta emprada, diversos treballs al respecte [12-Williams] situen la resolució espacial nominal entre els 600ppi i els 1.200ppi pels escàners d'originals opacs il·luminats per reflexió. El segment de mercat al que pertany l'instrument determina, en molts casos, una major o menor claredat en les especificacions tècniques.

Els models específics per originals translúcids poden utilitzar sensors CCD d'àrea o tri-lineals segons el model i la mida d'originals que accepti. El sistema de funcionament és molt assemblant al descrit pel cas dels escàners d'originals opacs amb la diferència que, en aquest cas, el sistema d'il·luminació es troba situat a la banda oposada del sistema òptic i CCD per tal de travessar l'original i generar un senyal lluminós en funció de la seva opacitat. També en aquest cas, la complexitat mecànica es veu augmentada pel fet que, en general, els originals translúcids són de mida més petita que els opacs; a això cal afegir-hi la major demanda de resolució espacial doncs els negatius, les diapositives i les plaques de vidre cal, en general, augmentar-les de mida en generar-ne el positiu o còpia. En la mateixa línia que el que ja s'ha comentat pels escàners d'opacs i al marge de les resolucions espacials anunciades, els escàners d'originals translúcids situen la seva resolució nominal entre els 2.000 i els 3000ppi.

Els models mixtes, sempre en funció del segment de mercat al que pertanyen, ofereixen en un mateix instrument la possibilitat d'escanejar originals tant opacs com translúcids. Els models de gama alta, amb superfícies de treball fins a DIN-A3, permeten també i sobretot en el cas dels originals translúcids, optimitzar la producció al encabir més d'un original en cada escanejada. Un altre tipus d'escàner, poc utilitzat per a la digitalització d'originals fotogràfics, és l'escàner d'exploració externa. El giny està inicialment dissenyat per escanejar llibres u objectes que per la seva volumetria no es poden pressionar ni fer coincidir amb la superfície plana dels escàners d'opacs. Tot i la seva especificitat, pot trobar alguna aplicació en el cas d'originals fotogràfics de gran format o solidaris de suports de muntatge inamovibles.

Aquesta complexitat tecnològica implica que cal ser prudents amb les expectatives que generen les prestacions anunciades. Com es veurà més endavant, extreure un nombre més o menys gran de mostres a partir de l'original no determina la qualitat de la imatge digital. Factors com la qualitat del sistema òptic, la uniformitat de la il·luminació, els sistemes de sub-mostreig i interpolació i sobretot en el cas dels escàners, la precisió electro-mecànica del sistema combinat de translació i captació, determinen la qualitat a l'estadi final de la imatge digital generada. Per altre banda, qualsevol escàner de gama alta ha de preveure la captació d'arxius en format *Raw* i treballar amb profunditats de color de *16bit* en escala de grisos o *16bit RGB* en color. El software de gestió ha de permetre ajustar a voluntat o desactivar totes les modificacions de la imatge generada previstes en el mateix, especialment pel que fa a algorismes de control del contrast, reducció de soroll i millora de visibilitat de vores.

Als avantatges que suposen l'aprenentatge relativament senzill del funcionament i ajustatges o l'adaptabilitat als diferents tipus d'originals que inclouen, en alguns models, les plaques de vidre, cal afegir-hi una sèrie d'inconvenients:

- Dificultat d'ajustatge per aplicacions especials.
- Sistema d'il·luminació rígid que no permet ajustar-lo a les propietats de l'original.
- Sistema d'il·luminació que, sobretot en el cas dels originals translúcids, tendeix a ressaltar les imperfeccions de l'original.
- Despesa de temps molt alta per resolucions espacials altes que comporta una productivitat baixa.
- Contacte físic inevitable amb l'original, no exempt de pressió en alguns models.
- Alts nivells d'irradiació de l'original tant de llum com de temperatura.
- En el moment actual, obsolescència tecnològica i incertesa de manteniment futur per cessament en la producció.

Digitalització amb càmera

La digitalització amb càmera presenta una certa complexitat pel fet que el sistema de captació de la imatge, la càmera, és completament independent del sistema d'il·luminació i per tant, cal ajustar la seva interrelació. Per altre banda, la càmera en sí mateixa comporta al menys dues parts diferenciades que permeten un bon nombre d'ajustatges, el sistema òptic i el sensor d'enregistrament. Aquesta complexitat, que inicialment pot semblar un inconvenient, esdevé un avantatge pel fet que la pròpia modularitat del sistema permet adaptar-lo a les necessitats concretes de la tasca a desenvolupar. Salvant la dificultat de treballar-hi sense coneixements específics, el llistat d'avantatges resulta prou evident:

- Sistema modular adaptable a necessitats específiques.
- Virtualment sense limitacions pel que fa a la mida dels originals.
- Independent i compatible amb qualsevol tipus d'il·luminació.
- Llibertat per il·luminar en funció de les propietats de l'original, especialment pel que fa a materials texturats.
- Accés a arxius en format *Raw*.
- Millor reproducció del color.
- Una vegada realitzats els ajustatges necessaris, accés a una gran productivitat.
- Cap contacte físic amb l'original.
- Temps d'exposició curt o extremadament curt que evita un excés d'irradiació de l'original.

Al igual que amb els escàners, no totes les càmeres digitals actuals, fins i tot limitant-nos a les games professionals, són adients per a la reproducció d'originals fotogràfics. L'extensa quantitat d'opcions que s'ofereixen al mercat, es redueix considerablement si es consideren algunes prestacions i/o característiques essencials per aquest tipus de treball.

En primer lloc, cal considerar el nombre de foto-receptors del sensor que determinarà la resolució espacial que s'aconseguirà a partir de l'original digitalitzat. Aquest nombre es pot determinar en funció de diferents paràmetres i recomanacions que depenen també de la utilització posterior de les imatges digitals. Algunes opcions [5-Iglésias] consideren la possibilitat d'extreure el mateix nombre de mostres del cantó gran de l'original sigui quina sigui la seva dimensió. Així es determina una mida d'impressió una vegada determinada la resolució de sortida de la impressora. Si s'encabeixen, per exemple, 3.500pix en el cantó gran d'un negatiu de 35mm , amb una resolució de sortida de 300ppi es pot imprimir l'esmentat cantó a una mida de $29,6\text{cm}$, més que suficient pel tipus d'ampliacions que de forma habitual es feia d'aquest tipus de negatius.

Una altre forma d'encarar la qüestió és determinar una mida de còpia d'impressió de la que en resulta la resolució espacial necessària sobre l'original en funció de la seva mida i per tant, del grau d'ampliació necessari. La mida de la còpia d'impressió es pot determinar en funció de necessitats d'emmagatzematge o derivada dels estàndards del SVH a la distància de visió confortable de $25\text{-}35\text{cm}$. Si es manté aquest darrer criteri, el SVH subtendeix a la distància de visió confortable la base d'una piràmide rectangular amb unes mides entre $18\text{x}24\text{cm}$ i $20\text{x}25\text{cm}$, segons diversos autors [11-Ray].

Una excepció als dos darrers plantejaments és el que considera que les còpies sobre paper s'haurien de digitalitzar amb una resolució espacial suficient per tal que es poguessin imprimir a la mateixa mida de l'original. En qualsevol cas i com a resum de les diverses opcions, són sempre necessaris al voltant de 3.000fot (foto-receptors) en el cantó gran del sensor de la càmera. Si per altre banda es considera necessari una bona traducció del color, sobretot en ampliacions gran de detalls de l'original, caldria que el sensor tingués un nombre lineal de foto-receptors doble que el nombre de píxels necessaris al mateix cantó del format;

això permet utilitzar el sistema de desmatritzat (*demosaicing* o *de-Bayering*) del filtre Bayer del sensor sense interpolacions. D'aquest supòsit en resulta una xifra al voltant dels 7.000 fot al cantó gran del format del sensor.

Una segona consideració a tenir en compte en el cas de les càmeres destinades a reproducció és el tipus de sensor que equipen. A l'actualitat, els sensors de les càmeres de segment professional es forneixen amb dos tipus de sensor, el CCD (*Charge Coupled Device*) i CMOS (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*). A banda de les prestacions anunciades pels fabricants, cal considerar les causes que fan decidir que les marques es decideixin per una o l'altre opció.

En una primera aproximació, les diferències entre els CCD i els CMOS [4-Holst] rauen en la confrontació entre prioritzar la qualitat de la captació o la rapidesa de la resposta. Els sensors CCD disposen, per una mateixa resolució espacial, de més àrea destinada a la captació d'informació lumínica, mentre que els CMOS comparteixen l'àrea disponible amb els elements electrònics necessaris per a un ràpid processament de la informació captada. Al marge d'algun avantatge pel fabricant en costos de producció, el CMOS aporta una major facilitat per la presa d'imatges en mode continu que el CCD no pot oferir. Per contra, els CCD tenen, en igualtat de condicions, una major sensibilitat nominal i son per tant, menys propensos al desenvolupament de soroll. Si es té en compte que en el cas de la reproducció d'originals fotogràfics, tot i la necessària productivitat, el temps entre la presa i la disponibilitat de la imatge processada a l'interior de la càmera no és un factor determinant en la presa de decisions, el CCD es presenta com la millor opció.

Aprofundint encara una mica més en aquest aspecte, la oferta actual de càmeres amb sensor CCD del segment professional i amb el nombre de foto-receptors abans esmentat es restringeix als anomenats respatllers digitals (*digital camera back*). Tot i que el seu cost és més elevat que les càmeres SLR (*Single Lens Reflex*) compactes, l'equipament del CCD, la possibilitat de triar diferents models per a una mateixa càmera i la facilitat d'intercanviar-lo per diferents aplicacions, el fan l'element clau en l'estructuració d'un dispositiu de reproducció de qualitat.

La tercera qüestió a considerar en el cas de les càmeres destinades a la reproducció d'originals fotogràfics és el tipus de sistema òptic que s'hi munta. Una vegada més l'oferta és amplia però si s'atén a les prestacions necessàries les possibilitats es redueixen de nou a unes poques opcions. Sense entrar en la precisió de marques i models, un objectiu per a càmera de reproducció hauria d'estar virtualment lliure de distorsió, tenir una longitud focal relativament llarga en relació al format del sensor per tal de minimitzar la vinyeta o manca d'il·luminació a les vores de la imatge i facilitar les tasques d'il·luminació dels originals, així com una bona correcció d'aberracions a la major part de les obertures de diafragma que ofereixi.

Sistemes d'il·luminació en reproducció

El tipus de il·luminant a emprar en la reproducció d'originals fotogràfics, cal considerar-lo sota diversos aspectes:

- Temperatura de color.
- Estabilitat temporal del seu espectre d'emissió.
- Durada de l'exposició necessària en relació a la sensibilitat dels sensor.
- Modularitat de les lluminàries que permeti adaptar-se a les tipologies d'originals.

La temperatura de color és ara menys crítica que en el treball en pel·lícula. Els dispositius de captació digitals permeten ajustar la sensibilitat cromàtica del sensor a diverses

temperatures de color dels il·luminants fins i tot amb posterioritat a la captació si es treballa amb arxius *Raw*. Tot i això, les temperatures de color més properes a la llum dia (5.500°K), poden representar una millor resposta de la majoria de sensors.

L'espectre d'emissió de les fonts d'il·luminació emprades en la reproducció hauria de mantenir-se constant durant la vida útil de les làmpades. Això garanteix la utilitat del calibratge inicial del flux de treball en color i dels perfils de color ICC. Per altre banda, els espectres discontinus de les làmpades de descàrrega tendeixen a restringir els temps d'exposició utilitzables i la seva temperatura de color pot resultar difícil d'ajustar i/o corregir.

La durada de l'exposició necessària per a unes condicions donades té a veure amb dues qüestions importants. D'una banda, la resposta diferent dels sensors a un impuls d'entrada breu o perllongat en el temps, tant pel que fa al soroll com a les prestacions de reproducció del color. Per l'altre, el risc de trepidació del conjunt durant una exposició llarga; aquest risc creix en la mesura que ho fa l'augment òptic quan es reproduïen originals petits.

De les opcions disponibles a l'actualitat, làmpades d'incandescència (*Photo Flood* de tungstè), làmpades Halògenes, làmpades HMI, panells LED i Flash Electrònic, aquest darrer és el que reuneix tots els avantatges i probablement, cap inconvenient:

- Irradiació calòrica mínima que pugui malmetre els originals.
- Emissió d'energia restringida al moment de l'exposició.
- Emissió espectral constant al llarg de la vida útil i ajustada a una temperatura de color al voltant del 5.500°K .
- Estabilitat de l'emissió energètica a través del temps.
- Emissió d'una gran quantitat d'energia lumínica en un breu període de temps, entre $1/125\text{s}$ i $1/2000\text{s}$ o més curt.
- Àmplia gama de lluminàries adaptable a les necessitats i propietats de l'original.

Una vegada decidit el sistema de digitalització a emprar i els elements que el componen, escàner o conjunt de càmera i sistema d'il·luminació, és necessari ajustar-ne el funcionament en relació a la diversitat de paràmetres que permeten optimitzar-ne les prestacions y adaptar-les al tipus de treball que en el que s'empraran.

Optimització de la digitalització amb escàner

Pel que fa als escàners, caldria comprovar algunes especificacions tècniques que poden tenir una gran influència en el resultat. A mode de resum, es poden citar:

- Rang de densitat òptica (OD) a l'original que pot assolir l'escàner amb senyal de resposta útil.
- Sistema emprat per l'aparell per la digitalització en escala de grisos.
- Resolució espacial nominal de l'aparell.
- Protecció del sistema respecte de l'*aliasing*.
- Rendiment respecte el color de l'original.

La xifra de densitat òptica que un escàner especifica en les seves característiques tècniques, sol ser un valor màxim a través del qual l'aparell és capaç de donar senyal de resposta significatiu. No és habitual que s'especifiqui si aquesta resposta és possible obtenir-la conjuntament amb una resposta també significativa per una densitat extremadament baixa, propera a zero. Sobretot en el cas dels materials negatius en blanc i negre, en placa de vidre o tanmateix en suport flexible, és freqüent enfrontar-se a originals sobre-exposats i sobre-

revelats. En aquests casos, el rang de densitats present pot ser molt ampli, des de la base més el·lèctrica de les parts quasi transparents del suport a les zones de més densitat de plata metàl·lica corresponents a les altes llums de l'escena.

La determinació de la Funció de Conversió Opto-Electrònica (OECF per *Opto Electronic Conversion Function*) permet mesurar el rang dinàmic de l'aparell per a un determinat ajustatge de l'exposició i profunditat de bit. Si existeix un dubte respecte d'un tipus d'originals, aquests es poden caracteritzar amb un densitòmetre per tal de conèixer el rang de densitats que comporten. El resultat de la caracterització dels originals i els valors obtinguts en la determinació de la OECF de l'aparell permeten decidir si la digitalització es pot dur a terme en una sola exploració o cal fer-ho en dues amb ajustatges diferents de l'exposició [10-Mitjà].

En el cas de la digitalització d'originals monocromàtics en escala de grisos, cal determinar si l'aparell utilitza alguna estratègia per augmentar la productivitat que pugui consistir en processar internament l'arxiu a partir de la informació exclusiva dels foto-receptors d'un dels tres colors primaris, generalment el verd. Tot i que conèixer del cert si aquest és el cas no es troba a l'abast de l'usuari, la determinació de l'abans mencionada OECF permet calcular la relació senyal-soroll (SNR per *Signal to Noise Ratio*) i determinar si el rendiment en escala de grisos és pitjor que el de l'escanejat en color, respectant sempre la mateixa profunditat de bit. En cas de confirmar aquest extrem, la opció pot ser escanejar en color i passar a escala de grisos en un programa de processament d'imatges extern.

Com que ja hem comentat anteriorment que la resolució espacial nominal dels escàners no sol especificar-se, cal una mesura que approximi el resultat i determini el rendiment real de l'aparell a tots els ajustatges oferts. La Funció de Transferència de la Modulació (MTF per *Modulation Transfer Function*) informa sobre la transferència de contrast de l'objecte a la imatge com a funció de la resolució espacial [1-Boreman]. Mesurar la MTF de l'aparell a diferents ajustatges de resolució espacial, òptiques o interpolades, permet decidir sobre la conveniència d'utilitzar unes o les altres i fins i tot comparar el processament d'interpolació de l'aparell amb el proporcionat per programes externs. La mesura de la MTF orienta també sobre la nitidesa de l'escanejat i l'existència de problemes d'*aliasing* en determinats ajustatges i modes de funcionament.

Una mesura intermèdia en el procés de determinació de la MTF, la Funció d'Extensió de la Vora (ESF per *Edge Spread Function*), és de gran ajuda en la detecció de sistemes de millora de visibilitat de vores, màscara d'enfocament i altres algorismes, que posin en compromís la fidelitat a les característiques de l'original. També i en la mesura que pot resultar necessari, la ESF permet modular l'aplicació d'aquestes eines de millora i la tria de la més adient en cada cas o en funció de les opcions del software de gestió. Ambdues mesures es poden realitzar mitjançant el *plug-in* per el programa ImageJ, SE_MTF_2xNyquist [8-Mitjà].

L'*aliasing* o resposta falsa a una freqüència superior a la que limita el sistema, és una característica de tots els sistemes de mostreig. Els escàners, per tant, no hi són aliens. Tot i que alguns aparells incorporen estratègies per minimitzar-ne els efectes a les imatges obtingudes i que en el cas dels originals fotogràfics, el seu contingut freqüencial no sol constituir un risc en aquest sentit, és important descartar la presència d'*aliasing* sobretot si la determinació de la MTF n'indica la possibilitat. L'escaneig de testimonis de prova específics com les mires sinusoidals o l'estel de Siemens permeten determinar-ne l'abast.

Pel que fa al rendiment en termes de color, cal tenir en compte que qualsevol aparell equipat amb un CCD, d'àrea o tri-lineal, no té tots els foto-receptors destinats a la captació de totes les longituds d'ona de l'espectre visible. Tant és així que els foto-receptors estan alternativament filtrats respecte els tres colors primaris, vermell (R), verd (G) i blau (B) amb màxims de

sensibilitat situats aproximadament a $615nm$ pel vermell, a $530nm$ pel verd i $460nm$ pel blau [4-Holst]. L'esquema habitual és l'anomenat Bayer amb dos G, un R i un B per a cada quatre foto-receptors en els sensor d'àrea i una línia per a cada color, R, G o B, en els tri-lineals.

Per altre banda, l'escàner no és sinó un graó en el flux de treball que en aquest cas es compon, a més, de la pantalla en la que s'observa i s'edita la imatge i en el dispositiu o dispositius d'impressió que en generen les versions finals. La forma diferent en que cadascun d'aquests instruments interpreta el color fa necessari el calibratge del conjunt per tal d'estandarditzar els criteris i optimitzar-ne el rendiment. Tot i les limitacions que imposen la percepció visual i l'estabilitat de funcionament dels instruments, les mesures absolutes de la forma en que l'escàner interpreta el color, la determinació dels perfils de color ICC dels diferents instruments i el calibratge de les pantalles, són la única via per tal de garantir, en la mesura del possible, una correcta gestió del color [6-Martínez].

Optimització de la digitalització amb càmera

En el cas de les càmeres i a banda de tot el que ja s'ha comentat en termes generals per els escàners, cal tenir cura d'algunes especificitats:

- Propietats i rendiment de l'objectiu emprat.
- Anàlisi del rendiment del sistema conjunt òptica-sensor.
- Ajustatges del software de gestió del respatller.
- Processament de l'arxiu *Raw*.
- Caracterització del rang dinàmic del respatller.
- Caracterització de la relació senyal-soroll del respatller.
- Caracterització del comportament del sensor pel que fa a l'*aliasing*.
- Gestió de color.

Pel que respecte a les òptiques emprades en reproducció, és important remarcar que per una raó del seu disseny i les limitacions que aquest imposa, cal descartar els objectius de longitud focal variable anomenats *zoom*. Partint doncs de la base de la utilització d'objectius amb longitud focal fixe, algunes consideracions a tenir en compte en les seves característiques poden, sens dubte, millorar la qualitat de les reproduccions. En el cas de les òptiques, hi ha disponible força informació tècnica que cal contrastar i en cas necessari, complementar amb les proves adients:

- Possibilitat de triar entre diferents longituds focals.
- Tria de dissenys simètrics o quasi simètrics si l'estructura de la càmera en permet la seva utilització.
- Distància mínima d'enfocament.
- Absència d'aberració de distorsió o valors no superiors al 1% a la distància de treball necessària.
- Caracterització dels efectes que les altres aberracions de l'objectiu i la difracció tenen en el rendiment del sensor.

Si la gama d'òptiques disponible ho permet, és preferible treballar amb longituds focals llargues. Valors de 2x la longitud del cantó més llarg del format del sensor són molt pràctics doncs permeten mantenir una distància suficient fins i tot amb originals petits que resulta en una major llibertat de posicionament de les fonts d'il·luminació. Aquestes longituds focals també comporten menys caiguda de la il·luminació de la imatge a les cantonades (vinyeta).

Per a la majoria d'òptiques destinades a equipar les diferents càmeres SLR del mercat que funcionen amb respatllers digitals intercanviables, hi ha disponible informació tècnica força

complerta. Encara que aquestes informacions no sempre seran útils en les condicions de treball específiques de la reproducció d'originals fotogràfics, sí ho son en termes de comparació entre diferents objectius. Els dissenys més propers a la simetria dels seus elements son els que proporcionaran menys distorsió i probablement, menys aberració cromàtica lateral (TCA).

La distància mínima d'enfocament és important doncs determina, per a una longitud focal i mida de sensor donades, la mida més petita d'original que es podrà reproduir emplenant l'enquadrament. En cas d'incompatibilitat amb les aplicacions específiques, cal estudiar la possibilitat d'emprar tubs d'extensió que permetin reduir aquesta distància mínima d'enfocament quan sigui necessari.

Tenint en compte que els objectius de les càmeres fotogràfiques son un compromís de disseny òptic condicionat tant per les limitacions del propi desenvolupament tecnològic com, sobretot, per el seu ús en dissenys de càmera SLR i per la difracció de la llum quan l'obertura del diafragma és petita, és necessària la caracterització del seu rendiment en condicions de treball. Una primera determinació és la mesura de la distorsió present a la distància de treball i la possible presència de TCA. Aquesta mesura cal combinar-la amb la possibilitat de correcció que els softwares de gestió dels respatllers solen incorporar.

En el cas de les càmeres i atenent a la multiplicitat d'ajustatges que permet el seu funcionament, la determinació de la MTF del sistema òptica-sensor a totes les obertures de diafragma és la millor opció per tal mesurar els efectes que la qualitat proporcionada per l'objectiu en unes obertures i la degradació causada per la difracció en d'altres, tenen sobre les prestacions del sensor. Amb aquestes mesures, és possible determinar amb precisió quina és la gama d'obertures utilitzable en termes d'optimització de la qualitat de les imatges captades [9-Mitjà]. També en aquest cas la mesura de la ESF, com a pas intermedi en la determinació de la MTF, ha de permetre modular l'efecte de l'aplicació d'algorismes de millora de visibilitat de vores.

Per altre banda, la mateixa mesura de la MTF i altres mesures complementàries com les efectuades a partir de les imatges de mires sinusoidals, son molt útils en la determinació del comportament del sistema respecte de l'*aliasing*. En el cas dels sensors CCD de respatller, que no equipen filtres òptics anti-*aliasing*, aquest extrem és de gran importància en funció del tipus d'originals que es reproduceixi.

De la mateixa manera que ja s'ha comentat en el cas dels escàners, la determinació de la OECF i de la SNR permeten conèixer les capacitats dels sistema de reproducció pel que fa al rang de densitats dels originals per el qual el sistema és capaç de donar un senyal de resposta útil. Si a la vegada, es caracteritzen els originals pel que respecte a les seves densitats màxima i mínima, es pot conèixer, a l'avançada, la possibilitat de conflicte i la necessitat de reproduir en dues exposicions que permetin assolir el rang dinàmic total.

Finalment, tot el que ja s'ha dit en el cas dels escàners pel que respecte a la correcta gestió del color, cal respectar-ho també en el cas de les càmeres. En aquest cas però, el fet de poder triar el tipus d'il·luminant afegeix una variable que cal tenir en compte i que en el cas de l'escàner és fixe i forma part del propi aparell.

No cal dir que totes aquestes mesures cal fer-les en les condicions de treball específiques i que no son extrapolables a d'altres condicions o ajustatges. D'aquests condicionants en formen part especialment:

- L'objectiu que es munti a la càmera.
- La distància de treball.

- L'obertura del diafragma.
- El tipus d'il·luminant.
- El temps d'exposició.
- El sensor i el seu mode de funcionament si n'hi ha més d'un.
- Els ajustatges del software de gestió del sensor.
- El mode de desmatritzat del filtre Bayer del sensor si és opcional.
- El format de sortida (*Raw*, TIFF o JPEG).
- La gestió del color.

Com ja s'ha comentat anteriorment, la utilització del flash electrònic com a font d'il·luminació redueix en bona mesura algunes de les variables com son el temps d'exposició i la temperatura de color que a la vegada ajuden a una millor estandardització de la resposta del sensor pel que fa a qualitat d'imatge i gestió del color.

Implementació i estructuració dels recursos

Com ja s'ha vist per tot el comentat anteriorment, les millors opcions si només es tenen en compte les qüestions relacionades amb l'expectativa de qualitat de les reproduccions, les ofereixen la digitalització mitjançant càmera i la il·luminació amb flash electrònic. També ha quedat palès que aquesta opció no només atén a una qüestió d'optimització de resultats, sinó que obeeix a una realitat de mercat amb una quasi nul·la oferta d'escàners de qualitat suficient i cap expectativa, ben al contrari, de canvis en el futur.

Tampoc cal obviar que una proposta com aquesta resulta més complexa que la opció del treball amb escàner, sobretot per la necessitat de recursos humans amb els coneixements suficients per donar resposta a la necessitat de l'encert en la tria de l'instrumental i la quantitat de proves i ajustatges necessaris abans que el sistema funcioni correctament. Cal afegir però, que una vegada superada aquesta primera fase, tant la qualitat de les reproduccions obtingudes com la productivitat augmenten considerablement; tot plegat sense tenir en compte la capacitat present i futura de reproduir originals de qualsevol tipus i format. Això és conseqüència de la modularitat del sistema que sempre es pot fer créixer en la mesura que es consideri necessari. La complexitat inicial doncs, és la que fa possibles totes aquestes opcions d'evolució.

En analitzar els paràmetres que defineixen el perfil de treball de l'operador d'un sistema de reproducció d'originals fotogràfics amb càmera, es pot fer distinció entre tres grups d'habilitats:

- Les relacionades amb la selecció de l'equipament més adient a les necessitats generades per el tipus d'originals a digitalitzar i també, en menor mesura, per els usos posteriors de les imatges obtingudes.
- Les relacionades amb les comprovacions, caracteritzacions i calibratges necessaris abans d'optimitzar l'equipament per a les tasques previstes.
- L'operativa diària de l'equipament i els ajustatges necessaris en el treball seriati de grups d'originals específics.

La primera opció i que en una hipòtesi de treball ideal hauria d'acomplir amb totes les necessitats, la constitueixen les persones amb una formació específica de nivell universitari que tingui en compte en el seu Pla d'Estudis totes les qüestions esmentades. Aquests estudis, amb presència des de fa força anys en el catàleg de titulacions de països de l'àmbit europeu i extra-europeu, és una realitat avui a l'estat espanyol amb el títol de Grau en Fotografia i Creació Digital (GFCD) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) i per tant, la hipòtesi abans plantejada és perfectament plausible en termes pràctics.

Un segon nivell de possibles operadors estaria constituït per dos col·lectius que per la seva proximitat a l'àmbit de treball dels arxius d'imatges podrien assumir, al menys en part, aquestes tasques: els/les fotògrafs/es professionals que presten serveis en aquestes institucions i els/les tècnics/ques dels propis arxius. Per raó d'aquesta proximitat, ambdós coneixen les necessitats i la complexitat dels reptes que planteja la digitalització de qualitat d'originals fotogràfics. Aquesta segona opció, però, hauria d'estar recolzada en un suport extern. Aquest suport caldria emmarcar-lo en el programes de transferència de coneixement i tecnologia que les institucions universitàries tenen com a un dels seus objectius.

En relació a això, la constant evolució de les tecnologies implicades en els processos de digitalització i l'expectativa de que així continuï en el futur, fa que aquest aspecte de transferència de coneixement i tecnologia entre la comunitat universitària i la societat prengui, en aquest cas, una rellevància especial. En aquest darrer sentit, la trajectòria del Laboratori de Qualitat de la Imatge (LQI), ubicat al Centre de la Imatge i la Tecnologia Multimèdia (CITM) del Campus de Terrassa de la UPC, constitueix potser l'exemple més proper i pioner, entre d'altres objectius, en donar suport a les institucions i el personal que hi presta servei en relació a la necessitat de millorar constantment la qualitat de les digitalitzacions del patrimoni fotogràfic i documental.

Referències

- [1] BOREMAN, Glenn D. (2001) *MODULATION TRANSFER FUNCTION IN OPTICAL AND ELECTRO-OPTICAL SYSTEMS*. SPIE Press. Bellingham, Washington.
- [2] DAVIES, Adrien i FENNESSY, Phil (1996). *ELECTRONIC IMAGING FOR PHOTOGRAPHERS*. Focal Press, Oxford.
- [3] GONZÁLEZ, Rafael C. i WOODS, Richard E. (2002). *DIGITAL IMAGE PROCESSING*. Prentice Hall Inc., Upper Saddle River, NJ.
- [4] HOLST, Gerald C. i LOMHEIM, Terrence S. (2007). *CMOS/CCD SENSORS AND CAMERA SYSTEMS*. SPIE, Bellingham WA.
- [5] IGLÉSIAS, David (2008). *LA FOTOGRAFÍA DIGITAL EN LOS ARCHIVOS*. Ed. Trea, Gijón.
- [6] MARTÍNEZ, Bea i MITJÀ, Carles (2008). *REPRODUCCIÓ DEL COLOR EN DIGITALITZACIÓ D'ORIGINALS*, 10enes Jornades Antoni Varés Imatge i Recerca. CRDI, Girona.
- [7] MITJÀ C., ESCOFET J. i BOVER T., *MEASURING IMAGE QUALITY PERFORMANCE ON IMAGE VERSIONS SAVED WITH DIFFERENT FILE FORMAT AND COMPRESSION RATIO*, Proc. SPIE 8436, 843617 (2012); <http://dx.doi.org/10.1117/12.922354>
- [8] MITJÀ, C., ESCOFET, J., TACHÓ, A. & REVUELTA, R. *SE MTF 2xNYQUIST PLUG IN FOR IMAGEJ*. En línia, URL: <http://rsb.info.nih.gov/ij/plugins/se-mtf/index.html> Darrera visita: 17/Juliol/2012
- [9] MITJÀ C., ESCOFET J. i VEGA F., *RELATIONSHIPS BETWEEN LENS PERFORMANCE AND DIFFERENT SENSOR SIZES IN PROFESSIONAL PHOTOGRAPHIC STILL SLR CAMERAS*, Proc. SPIE 7428, 74280P (2009); <http://dx.doi.org/10.1117/12.825104>
- [10] MITJÀ, Carles i MARTÍNEZ, Bea (2006). *METODOLOGIA DE REPRODUCCIÓ D'ORIGINALS AUTOCHROM*. 9nes Jornades Antoni Varés Imatge i Recerca. CRDI, Girona.
- [11] RAY, Sidney F. (1994). *APPLIED PHOTOGRAPHIC OPTICS*. Focal Press, Oxford.
- [12] WILLIAMS, Don i BURNS, Peter D. (2001) *DIAGNOSTICS FOR DIGITAL CAPTURE USING MTF*. Eastman Kodak Company. Rochester. PICS2001, Montreal (227-232).