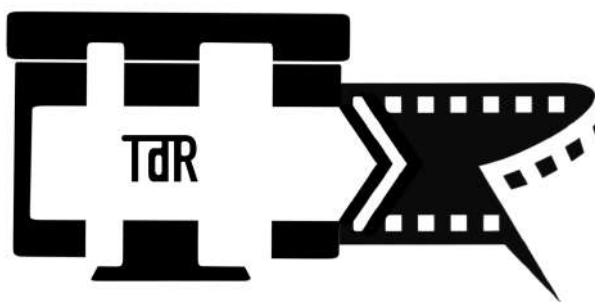


DEPARTAMENT DE TECNOLOGIA

<TREBALL DE RECERCA>

— DE LA LLUM AL PAPER —

CREACIÓ D'UNA CÀMERA ESTENOPEICA



ins Terrassa

Curs
2024-2025

Autora
Natàlia Piera Feliu

Tutor
Jeremias Soler

Abstract

De la Llum al Paper, “*From Light to Paper*” is a Research Project whose objective is reflected in its title. Throughout its development, all the knowledge acquired, calculations, tests, and practices have been carried out with the final goal of capturing the world around us, from light to paper.

Based on basic photography concepts, with references from the past and present, a research and development of all the parameters that constitute it has been conducted. As a final product, through the use and mastery of these parameters, a pinhole camera has been designed and created, and it has been successfully used to take photographs on 35mm film.

Additionally, a documentary has been made in parallel about the creation of the camera itself, the preliminary ideas before building the pinhole camera, and its use, where step by step you can see how, from the day the author of the project decided to bring what she saw from light to paper, until the day she succeeded.

Resumen

De la Llum al Paper, “*De la Luz al Papel*” es un Trabajo de Investigación cuyo objetivo está reflejado en su título. A lo largo de su desarrollo, todos los conocimientos adquiridos, los cálculos, las pruebas y las prácticas se han realizado con el objetivo final de plasmar el mundo que nos rodea, de la luz al papel.

A partir de conceptos básicos de fotografía, con referencias del pasado y del presente, se ha llevado a cabo una investigación y un desarrollo de todos los parámetros que la constituyen. Como producto final, mediante el uso y dominio de estos parámetros, se ha diseñado y elaborado una cámara estenopeica, y se ha utilizado con éxito para tomar fotografías en un carrete de 35 mm.

Asimismo, se ha realizado en paralelo un documental sobre la creación de la cámara en sí, las ideas previas a la construcción de la cámara estenopeica, y sobre su utilización, donde se puede apreciar paso a paso cómo, desde el día en que la autora del trabajo decidió que llevaría lo que veía de la luz al papel, hasta el día en que lo consiguió.

Sumari

Sumari.....	3
1. Resum.....	4
2. Introducció: Un mica d'història.....	5
2.1. Introducció a la fotografia analògica.....	6
2.2. Evolució de les càmeres analògiques.....	7
2.2.1. Taula de millores i models significants al llarg del temps.....	8
2.3. Una càmera sense lent; la càmera estenopeica.....	9
3. Part teòrica: Entendre les càmeres.....	11
3.1. Coneixements previs per la realització d'una càmera estenopeica.....	11
3.1.1. Distància focal.....	12
3.1.2. Diàmetre de l'estenop (obertura de diafragma).....	13
3.1.3. Número f (relació focal).....	16
3.1.4. Sensibilitat (ISO).....	18
3.1.5. Temps d'exposició (velocitat d'obturació).....	20
4. Part pràctica: Crear una càmera estenopeica funcional.....	24
4.1 Documental: De la Llum al Paper.....	24
4.1.1. Explicació documental a paper.....	25
4.1.2. Procés fotogràfic i resultats.....	28
4.2. Resultats.....	33
4.2.1. Entendre els resultats.....	38
4.2.1.1. Distorsió dels colors.....	38
4.2.1.2. Suposada variació de l'angle de visió.....	39
4.2.1.3. Rastres de llum únics.....	43
5. Conclusions.....	44
6. Annexos.....	46
7. Agraïments.....	47
Bibliografia.....	48

1. Resum

Una càmera Pathè Baby, heretada del meu avi patern, fou el que em va fer canviar el rumb del Treball de recerca. Si més no, després de mesos de recerca i documentació, vaig concloure que aquella idea no era viable de cap de les maneres a causa de la falta de cintes 9,5 mil·límetres accessibles al mercat. Així doncs, sense abandonar la fascinació que havia desenvolupat per a les càmeres analògiques, em vaig topar amb el que esdevindria el producte del meu Treball de Recerca. Amb l'objectiu de plasmar el món que ens envolta de la llum al paper, em vaig proposar crear una càmera estenopeica.

Al llarg d'aquest Treball de Recerca els principals paràmetres que consoliden la fotografia, tant analògica com digital, han estat explicats i exemplificats tant matemàticament com gràficament per tal de comprendre el conjunt de coneixements i habilitats que es requereixen per a dur a terme la creació de la dita càmera. Així doncs, explorarem breument la història genèrica de la fotografia analògica, posteriorment la de l'estenopeica i seguidament veurem aquells paràmetres que hi són sempre presents a l'hora de prendre una fotografia; Distància focal, diàmetre d'obertura, relació focal, sensibilitat i temps d'exposició.

Una part essencial d'aquest Treball de Recerca és el documental que s'ha estat realitzant paral·lelament a aquest. Títulat "De la Llum al Paper", el documental reflecteix tot el procés de creació, tant de les idees prèvies a la de fer una càmera estenopeica, com el desenvolupament, creació i utilització de la càmera creada per mi. Així mateix, els obstacles, els avenços, les emocions i les motivacions que he tingut al llarg d'aquest Treball de Recerca també hi han estat reflectits.

Com a producte final tenim la càmera estenopeica funcional, creada i documentada des de zero, la qual requereix cinta de 35 mil·límetres per a funcionar. Gràcies a la metodologia utilitzada, totes i cada una d'aquestes fotografies resultants tenen la seva informació i comparativa respecte a les altres registrada, cosa que ens permet veure clarament reflectides i explicades les seves característiques en els últims apartats del treball.

2. Introducció: Un mica d'història

Nosaltres, els humans, percebem el món a partir d'uns estímuls, els quals són captats pels nostres cinc sentits en forma d'informació i transmesos al cervell perquè aquest la processi. Si més no, mai ens hem conformat a viure el present sense deixar constància d'aquest, o a seguir endavant sense saber què hi havia hagut abans. És per això que, des dels inicis de la història de la humanitat, l'ésser humà ha fet tot el possible per a deixar constància de la seva existència, vivències, i fins i tot, avenços socials i tecnològics. No és cap secret que la manera més fàcil i pràctica que hem fet servir sempre els humans han estat els registres visuals. Si ens remuntem a la prehistòria ens trobem amb les pintures rupestres –simples pintures plasmades en roques de coves que juntes explicaven una història o situació dels nostres avantpassats, com ara la caça–; si anem uns 40.000 anys més endavant ens trobarem amb els primers Pictogrames i Petròglifs –els quals donarien un significat concret a cada símbol dibuixat– i encara més endavant ja trobaríem l'escriptura coniforme.

Ara bé, és sabut que ja des de la invenció dels jeroglífics per part dels egipcis –prop del 3.300 a.C.– va haver-hi constants avenços en referència a l'escriptura, l'alfabet, les llengües i totes les seves respectives variants culturals. Si més no, no fou fins al segle XI que un home anomenat Ibn al-Haytham va investigar i desenvolupar una teoria; la teoria de la visió. Aquest matemàtic, físic i astrònom àrab xiïta de l'edat d'or de l'islam va anar més enllà de l'escriptura, els llibres i els manuscrits. Ibn al-Haytham, més conegut com a Alhazen, va descriure per primera vegada la càmera fosca a la seva obra "Llibre d'Òptica" (Kitab al-Manazir), on explicava com la llum, quan passava a través d'un petit forat en una paret d'una habitació fosca, projectava una imatge invertida de l'exterior a la paret oposada. Tot i que no va fer servir la càmera fosca per crear imatges permanents –doncs no es tenien encara la tecnologia ni els coneixements necessaris–, els seus escrits documentaven la primera comprensió detallada del fenomen i el seu ús per observar i estudiar la llum i les imatges.

Més tard, la càmera fosca va ser utilitzada per artistes del Renaixement, com ara el més conegut Leonardo da Vinci –a qui sovint se li atribueix erròniament el descobriment d'aquest fenomen–, per dibuixar i calcar escenes de manera més precisa.

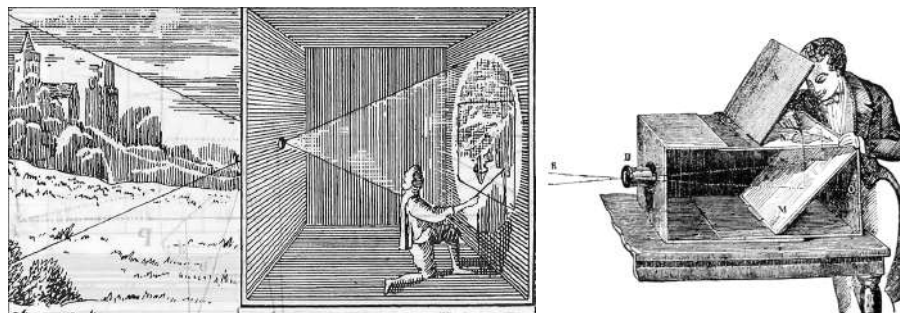


Fig 6.1 / Fig 6.2 — Utilització de la càmera fosca per a calcar (el model de la dreta més modern), on podem veure que (en el model de l'esquerra) la imatge es projecta invertida

2.1. Introducció a la fotografia analògica

Fins aquest punt, el concepte de fotografia encara no existia; a finals del segle XVIII Thomas Wedgwood intentà capturar permanentment les imatges fotogràfiques utilitzant paper o cuir recobert amb nitrat de plata, ja que aquesta s'enfosquia en entrar en contacte amb el sol. Malauradament, no va tenir èxit, perquè ràpidament es vetllaven al complet en exposar-se a la llum. A principis del segle XIX, molts científics interessats en el repte que suposava la invenció de l'actualment anomenada fotografia, —un dels quals més coneguts Humphry Davy— intentaren nous procediments per a trobar una solució a aquesta curta vida de les imatges, però no tingueren gran èxit.

No fou fins a mitjans del segle XIX que aparegué el famós Joseph-Nicéphore Niépce, més conegut com a Niépce, un inventor francès que, després de fascinar-se per la litografia, començà a experimentar amb materials més eficients per a la fixació de les imatges en la càmera fosca.

Aproximadament vuit anys més tard de descobrir aquesta passió per les imatges permanents, Niépce aconseguí obtenir el que esdevindria la primera fotografia de la història; feta en 1826, a Saint-Loup-de-Varennnes, França, “Vista des de la finestra de Le Gras”, fou la primera i més antiga de les fotografies conservades el dia d'avui. Aquesta fou resultat d'una càmera fosca enfocada en una placa de peltre (un aliatge metàl·lic) de 20 × 25 cm, tractada amb betum de Judea, una substància que, a diferència que el nitrat de plata, s'enduria en entrar en contacte amb la llum del sol. Com que aquest en endurir-se es tornava insoluble, Niépce només havia de rentar la placa amb un dissolvent que eliminava el betum no endurit, per tant, de les zones fosques de la imatge, aconseguint així una imatge permanent

directament al positiu sense necessitat de més tractaments. Això sí, calgueren 8 hores d'exposició perquè la imatge resultés reveladora.



Fig (7.1) Placa original de Le Gras

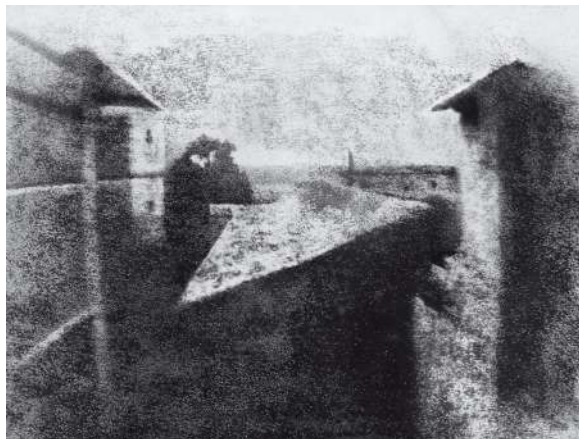


Fig (7.2) Imatge passada a paper

Així fou com s'inventà la fotografia; un descobriment del comportament de la llum per aquí, molts químics i inventors obsessionats per allà,... i molts anys de proves i avenços, tant fallits com exitosos. Després de Niépce, arribaren molts altres inventors amb els seus respectius prototips i models innovadors de càmeres i pel·lícules, que milloraven cada cop més la qualitat i l'eficiència de les fotografies.

2.2. Evolució de les càmeres analògiques

Louis Daguerre va introduir el famós daguerreotip l'any 1839. Henry Fox Talbot, que havia desenvolupat un procés similar quatre anys abans –però pel vist s'oblidà de patentar-lo–, va inventar el calotip el 1841. Richard Maddox, qui tampoc va patentar la seva càmera de plaques seques el 1871, va establir les bases per a la cinematografia. A partir de la invenció de George Eastman, la càmera Kodak, l'any 1888, es va popularitzar i revolucionar la fotografia amateur gràcies a l'accessibilitat que suposava la utilització dels carrets per a la gent que no era rica o escassejava de coneixements de fotografia. Les càmeres de visió, de Box i de Rangefinder vingueren seguides en la història de les càmeres analògiques.

Les innovacions que aquesta experimentava eren cada cop més rellevants i menys espaiats en el temps. En els pròxims 30 anys van sorgir models com la Càmera de Format Mitjà (Rolleiflex, 1929), la Càmera Reflex de Lents Únics (SLR, Exakta, 1936), la Càmera Subminiatura (Minox, 1936), la Càmera Polaroid (1948), ... Fins a arribar a la famosa Càmera de Vídeo Súper-8 (1965), la qual permetia capturar imatges en moviment de

manera senzilla, potenciant així la creació visual amateur. Aquesta experimentà variants i petites millores durant els anys posteriors, però ràpidament sorgiren les càmeres digitals, les quals van suposar per descomptat una gran revolució per a la fotografia i els seus aficionats.

En l'actualitat, les càmeres analògiques s'han modernitzat i simplificat per aquells amants de l'estil antic i real que proporcionen els carrets. Tant és així, que els carrets d'avui en dia compten amb un codi específic que la càmera reconeix amb uns sensors per a saber el nivell de sensibilitat de la pel·lícula i poder adaptar-se de manera automàtica a aquests.

2.2.1. Taula de millores i models significants al llarg del temps



Fig (8.1) - 1839
Daguerreotyp



Fig (8.2) - 1841
Calotip



Fig (8.3) - 1871
Càmera plaques seques



Fig (8.4) - 1888
Càmera Kodak



Fig (8.5) - Finals s. XIX
Càmera de visió



Fig (8.6) - 1900
Càmera de box



Fig (8.7) - 1925
Càmera de Rangefinder



Fig (8.8) - 1929
Càmera format mitjà



Fig (8.9) - 1936
Càmera Reflex



Fig (8.10) - 1936
Càmera Subminiatura



Fig (8.11) - 1948
Càmera Polaroid



Fig (8.12) - 1965
Càmera Súper-8

2.3. Una càmera sense lent; la càmera estenopeica

Totes les càmeres esmentades anteriorment són models diferents, dissenyades per ments diferents, ja sigui per millorar el funcionament i la qualitat de l'anterior, o bé ser més properes i accessibles al públic general. Si més no, hi ha una cosa que absolutament totes aquestes càmeres analògiques tenen en comú; totes tenen lent.

La lent, també coneguda com a objectiu, és una part essencial en les càmeres –tant analògiques com digitals– la qual s'encarrega de capturar i enfocar la llum sobre el rodet o el sensor per crear una imatge clara i nítida. Aquesta regula la profunditat de camp, és a dir, controla quina part de la imatge estarà enfocada o desenfocada, així també com l'enfocament crític, el qual garanteix que el punt més important sigui el més nítid. A més, la lent determina l'ampliació de la imatge i l'angle de visió, la qual ve a ser la mida de l'enquadrament i la quantitat d'escena capturada en aquest. Ara bé; és necessari un objectiu perquè una càmera estigui completa i sigui funcional? La resposta és no, i l'excepció causant d'aquesta afirmació és la càmera estenopeica.

La càmera estenopeica és una càmera molt peculiar. És veritat que destaca per la seva absència de lent, però això no és l'únic que la fa tan especial; aquesta càmera sense lent no sembla tenir procedència històrica. Per molt documentada que estigui la història de la fotografia analògica, el dia d'avui no se li ha atribuït a ningú la invenció de la càmera estenopeica. Tot i que sovint celebritats com el gran filòsof Aristòtil o el ja esmentat Alhazen se'ls considera contribuents importants a la creació de la càmera estenopeica, mai ningú patentà o reclamà el títol com a inventor/a d'aquesta, i així roman. Una càmera sense lent ni procedent. Si més no, sí que es té registre dels pioners de la utilització d'aquest mètode fotogràfic a mitjans del segle XIX –curiosament tots anglesos–.

Sir David Brewster, un dels primers a practicar la fotografia estenopeica, va ser qui va nomenar-la amb el terme "pinhole" (denominació en anglès de les càmeres estenopeiques) el qual va utilitzar per primer cop en el seu llibre "The Stereoscope", el 1856. La denominació d'aquesta càmera va ser reinventada per certes zones al voltant del món. Joseph Petzval, matemàtic i professor universitari hongarès, el 1859 utilitzava el terme "càmera natural", mentre que Dehors i Deslandres, dos científics francesos, van proposar a finals de la dècada de 1880 el terme "stenopaic photography".

En les llengües llatines es va optar per aquesta última arrel –del grec στένω/steno estret, ὀπή/ope obertura, forat–; "sténopé" en francès, "stenopeico" en italià i "estenopeica" en espanyol, mentre que les llengües germàniques van optar pel model "Pinhole", "Lochkamera" en alemany, i "hullkamera", "holkamera" i "hålkamera" en les llengües escandinaves –tot i que en aquestes també s'utilitza el terme llatí "càmera obscura"–.

Si donem un cop d'ull a l'evolució de la càmera estenopeica, trobem alguns moments en la història de la fotografia en els que va prendre algun petit paper important. La fotografia estenopeica, influenciada pel pictorialisme⁽¹⁾ a finals del segle XIX, va viure un ressorgiment als anys 60 i 70 amb nous experiments tècnics i artístics. Durant aquest període, es van desenvolupar càmeres estenopeiques comercials i es va investigar la seva capacitat de definició i perspectiva. Tot i que, malauradament, la fotografia estenopeica va quedar fora del reconeixement en l'àmbit artístic, la tècnica va guanyar popularitat i es va quedar àmpliament documentada en publicacions i exposicions. Ara, amb l'arribada d'Internet, els coneixements sobre la fotografia estenopeica s'han pogut difondre globalment, facilitant l'accés a informació i recursos sobre aquesta tècnica per a futurs investigacions o treballs de recerca, com aquest.

⁽¹⁾ El pictorialisme és un corrent fotogràfic de pretensions artístiques que es desenvolupa a nivell mundial entre finals dels anys 1880 i el final de la Primera Guerra Mundial. - Definició de Viquipèdia <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Pictorialisme>> [Consulta 20-08-20]

3. Part teòrica: Entendre les càmeres

En ser una càmera sense lent, la càmera estenopeica es converteix en la càmera més senzilla que es pugui construir. Si més no, per a poder fabricar-ne una i fer-la funcionar es requereixen uns quants coneixements previs.

Aquí hem de tornar a deixar clara la diferència entre càmera obscura i càmera estenopeica. La càmera obscura no és una càmera de fotografia; és un espai totalment tancat, hermètic lumínicament, en el qual s'estableix un petit orifici pel qual entra la llum i projecta la imatge de l'exterior a la paret interior oposada, de manera revertida. Actualment, sol ser utilitzada com a taller educatiu –degut a la seva simplicitat de disseny– per a estudiar la llum i el comportament d'aquesta. En canvi, la càmera estenopeica utilitza un paper fet o recobert amb material fotosensible al final d'aquesta paret perquè la imatge es quedi gravada permanentment. El meu objectiu, llavors, no era fer una càmera fosca per a mirar a través d'aquesta, sinó construir-ne una per tal de poder capturar la imatge que dibuixava la llum en l'interior.

Un altre objectiu que em vaig posar va ser el de comparar diferents situacions i ambients en els quals podia capturar la llum. Necessitava, doncs, dur a terme una recerca de coneixements previs, una planificació i una realització/construcció de la càmera estenopeica, de manera que em quedés un disseny fiable, còmode i pràctic per a fotografiar i experimentar amb diferents llums i escenaris.

3.1. Coneixements previs per la realització d'una càmera estenopeica

Hi ha molts aspectes a tenir en compte quan fas una fotografia amb una càmera digital. La velocitat d'obturació, l'obertura de diafragma, l'ISO, el *zoom*, l'enfocament, etc.

En la fotografia analògica actual (de càmeres amb lent) l'únic que canvia és el fet que l'ISO és definida pel carret; tots els altres aspectes són similars –per no dir idèntics– als d'una càmera digital. Però, què passa amb una càmera estenopeica? Doncs que, a part de no tenir lent, l'obertura de diafragma és fixa –cosa per la qual no es pot enfocar ni desenfocar; tot surt enfocat i sense cap mena de *zoom*–, l'ISO també és definida pel carret –per tant, no es pot canviar fins que aquest no s'acabi– i el més important de tot; no hi ha res que et reguli la velocitat d'obturació –és a dir, és completament manual–.

Això ens implica haver de conèixer, entendre i dominar tots els coneixements sobre tots els paràmetres anteriorment esmentats.

3.1.1. Distància focal

Per a entendre la distància focal, partirem de la seva definició, extreta de “*BLOG del FOTÓGRAFO*”, pàgina de la qual vaig extreure’n molts dels coneixements per a planificar i construir la meva càmera estenopecica:

“La distància focal és la distància entre el centre òptic de l'objectiu, i el sensor o pla focal sobre el qual es projecta la imatge. Es coneix també com a «longitud focal», i es mesura en mil·límetres.”

(Traducció del *BLOG del FOTÓGRAFO* - *Distancia Focal* - *Iaio Atamian*)

[Consulta 21-08-2024]

Com bé indica en la descripció, la distància focal es mesura des del centre òptic, el qual es troba molt a prop del diafragma, fins al sensor. Cal recalcar que la distància focal no es mesura des de la lent frontal de l'objectiu, sinó que es mesura des del punt on els raigs de llum es creuen dins aquest (centre òptic) i són dirigits cap al sensor. Com també esmenta la descripció inicial, aquesta distància focal es mesura en mil·límetres; com més gran sigui la distància focal, més «zoom» tindrà l'objectiu, i menys part d'escena captarà. A menys distància focal, més escena captarà i més ampli serà l'angle de visió. A continuació s'adjunten unes il·lustracions per a visualitzar de manera més gràfica com es mesura la distància focal i l'angle de visió, juntament amb una taula comparativa.

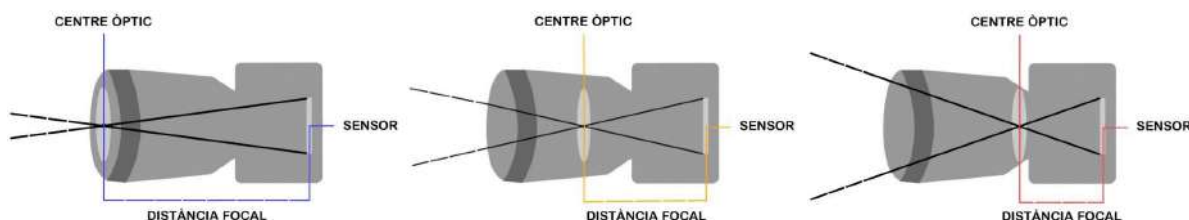


Fig (12.1) - Distància focal: com més a prop el centre òptic, més ampli l'angle de visió i a l'inrevés.

Ull de peix	Gran angular	Estàndard	Teleobjectiu curt	Teleobjectiu	Super teleobjectiu
8 mm	8 - 25 mm	25 - 65 mm	65 - 100 mm	100 - 160 mm	160 - 600 mm
180°	110° - 60°	60° - 25°	25° - 15°	15° - 10°	10° - 2°

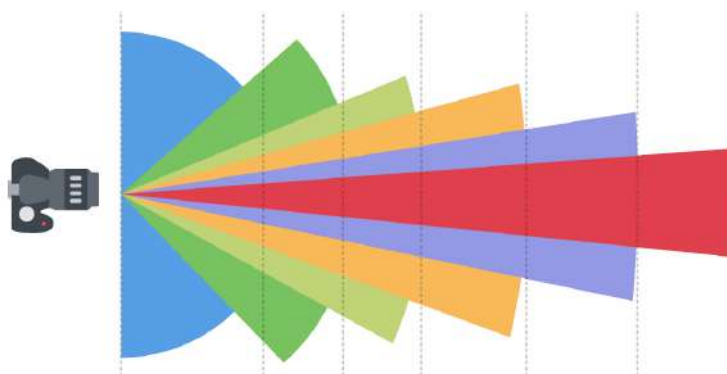


Fig (13.1) - Diferents angles de visió amb les seves respectives distàncies focals i els angles que els hi corresponen

La **distància focal** en la nostra càmera estenopeica és **estàndard**, ja que aquesta és de **32 mm** aproximadament. Això vol dir que ens donarà aproximadament un angle de visió de **50°**.

3.1.2. Diàmetre de l'estenop (obertura de diafragma)

Si retrocedim unes pàgines i tornem a la història de la denominació “estenopeica”, recordarem que per la gent angloparlant aquesta càmera s'anomena “*pinhole*”. *Pinhole*, traduït al català, significa “forat d'agulla”, i això és exactament el que és un estenop. L'estenop és l'orifici pel qual es deixa entrar la llum dins la nostra càmera. El seu diàmetre sol rondar entre 0,2 - 0,4 mil·límetres (la grossor d'una agulla de mitjana). Aquest, en ser una càmera estenopeica, no es pot obrir ni tancar en funció de la llum com amb les càmeres amb lent; és fix. Si més no, per a entendre la importància de l'estenop en la nostra càmera sense lent, cal saber realment quina és la funció que compleix, i això ho podem fer veient com funciona l'obertura de diafragma en una càmera convencional. Novament, agafarem la descripció que proporciona el “*BLOG del FOTÓGRAFO*”.

“L'obertura de diafragma és l'obertura que regula la quantitat de llum que arriba al sensor de la càmera mitjançant l'objectiu.”

(Traducció del *BLOG del FOTÓGRAFO - Obertura de diafragma* - Alexa De Blois)

[Consulta 23-08-2024]

- Si l'obertura és major, deixarà passar més llum.
- Si l'obertura és menor, deixarà passar menys llum.

Perquè s'entengui de manera més gràfica, a continuació podem observar tres fotografies, cada cop amb una obertura de diafragma més petita:

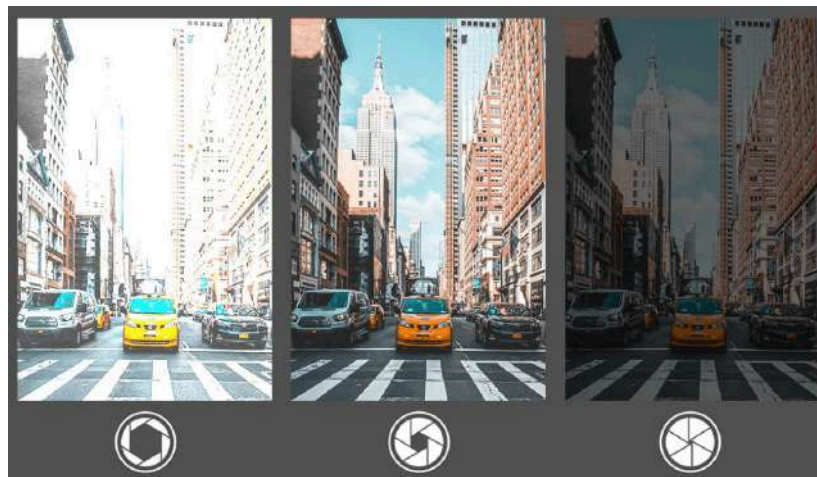


Fig (14.1) - Comparativa diferents obertures de diafragma

Ara bé, és important tenir en compte que, a part de la quantitat de llum i, per tant, el nivell d'exposició que li estem donant a la nostra fotografia, l'obertura del diafragma també influeix a la profunditat de camp. Hem de tenir present que:

“La profunditat de camp és la distància entre el punt nítid enfocat més proper i el punt nítid enfocat més llunyà dins l'enquadrament d'una fotografia.”

(Traducció del *BLOG del FOTÓGRAFO - Profundidad de campo* - Caro Musso)

[Consulta 23-08-2024]

Per explicar-ho d'una manera més clara, allò que veiem enfocat en la nostra fotografia pot ser més ampli o més reduït: podem tenir més enfocament o més desenfocament, segons el que nosaltres vulguem. Això ho podem aconseguir gràcies a l'obertura de diafragma. Com més obertura de diafragma, menor serà la profunditat de camp i, per contra, a menor obertura de diafragma, més gran serà la zona enfocada en la imatge.

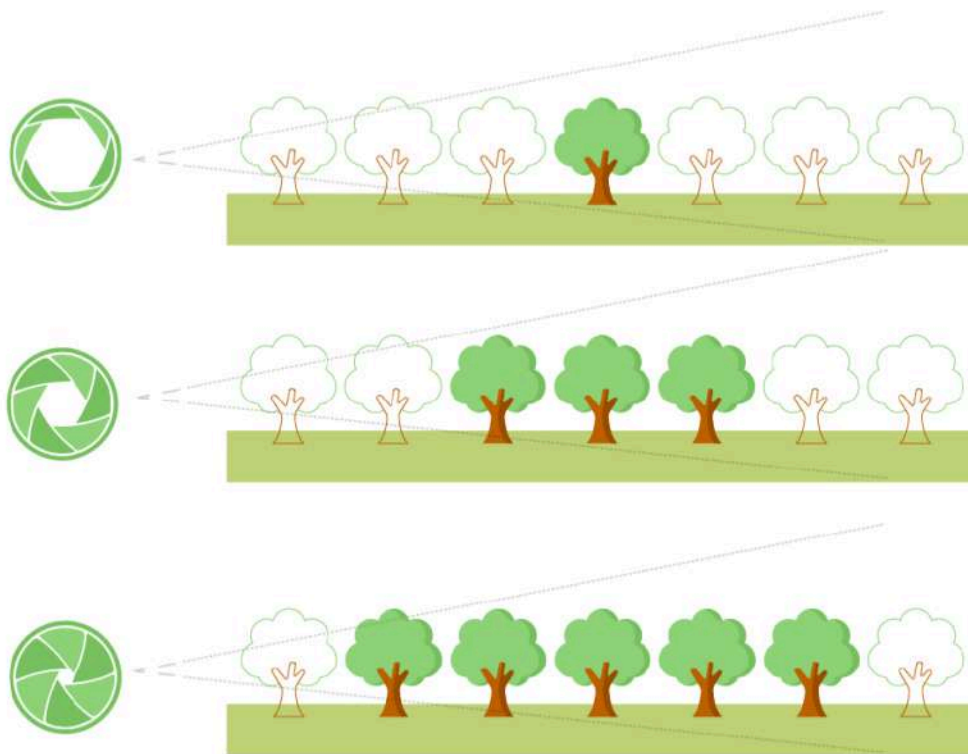


Fig (15.1) - Profunditat de camp



Enfocat



Desenfocat

El **diàmetre** del nostre estenop és de **0,4mm**.
Això vol dir que, en ser una obertura tan petita, la imatge que
ens mostrarà la càmera estarà **enfocada per complet**.

3.1.3. Número f (relació focal)

Realment ja hem parlat del número f en els dos apartats anteriors –concretament en aquest últim—. El número f , també conegut com a relació focal, és definit per la relació entre la distància focal i l'obertura del diafragma (en el nostre cas diàmetre de l'estenop). La fórmula que hem de seguir és simple, només ens calen unes poques dades i matemàtiques:

$$N = \frac{f}{D}$$

N = Número f (f/x)
f = Distància focal (mm)
D = Diàmetre obertura (mm)

És important no caure en l'error de pensar en el número f com a una fracció; f/22 no es diria “efa dividida entre vint-i-dos”, sinó que es diria “efa vint-i-dos”. A continuació, tres imatges d'una càmera de format mitjà fotografiada amb diferents relacions focals.



Fig (16.1) - Comparativa diferents relacions focals

Ara que hem pogut veure en fotografies reals l'efecte que tenen diferents relacions focals en prendre la fotografia, experimentarem una mica amb els paràmetres per posar a prova la fórmula que tenim. Tal com podem observar, la distància focal no ha estat canviada, ja que agafant de referència el taxi (cotxe groc) i la càmera, aquests no es mouen entre si en canviar de foto. Això vol dir que el paràmetre que ha estat canviat és l'obertura del diafragma. Posem per cas que la distància focal ha estat de 50 mm –recordem que és la mateixa per totes tres—.

La primera fotografia ha estat presa amb $f/16$. Això vol dir que $N = 16$. Si $f = 50$ mm, podem calcular l'obertura de diafragma que s'ha utilitzat per a realitzar aquesta fotografia:

$$N = \frac{f}{D} \quad 16 = \frac{50 \text{ mm}}{D} \quad D = \frac{50 \text{ mm}}{16} \quad D = \underline{8,3 \text{ mm}}$$

Si els nostres càlculs són correctes, l'obertura de diafragma ha estat 8,3 mm de diàmetre, el que esdevé una obertura relativament petita i, per tant, ja correspon amb el que s'aprecia a les imatges; tot està enfocat. Ara podem fer el mateix amb les dues següents:

$$N = \frac{f}{D} \quad 4 = \frac{50 \text{ mm}}{D} \quad D = \frac{50 \text{ mm}}{4} \quad D = \underline{12,5 \text{ mm}}$$

$$N = \frac{f}{D} \quad 1,4 = \frac{50 \text{ mm}}{D} \quad D = \frac{50 \text{ mm}}{1,4} \quad D = \underline{35,7 \text{ mm}}$$

En passar a la fotografia del mig, amb 12,5 mm d'obertura, podem veure com la profunditat de camp disminueix, enfocant així solament la càmera i un tros del terra en el qual es troba. Si mirem la tercera fotografia, amb 35,7 mm d'obertura, veurem com ara solament la càmera està enfocada i el fons està inclús més desenfocat que en l'anterior. Per tant, acabem de comprovar que com més petit és el número f –i, per tant, més gran l'obertura–, menys profunditat de camp tindrem. Si volem comprovar-ho amb el paràmetre de la distància focal, només hem de modificar el valor de D en funció del diàmetre de l'obertura i llestos, ja podrem saber-la (sempre que tinguem el valor de f).

Ara que coneixem la fórmula i el seu funcionament, ja podem calcular la relació focal que tindrà la nostra càmera estenopecica:

→ La distància focal és de 32 mm i el diàmetre de l'estenop de 0,4 mm.

$$N = \frac{f}{D} \quad N = \frac{32 \text{ mm}}{0,4 \text{ mm}} \quad N = f/80$$

La **relació focal** de la nostra càmera és de **$f/80$** , el que ens atorgarà una imatge nítida i proporcionada.

3.1.4. Sensibilitat (ISO)

Seguint amb els paràmetres que hem de conèixer per a saber com fer la nostra fotografia (o càmera) perfecta, ens trobem amb un dels tres elements del triangle d'exposició. Més concretament el segon mencionat, ja que l'obertura de diafragma ja ha estat explicada sense gaire misteri; com més obert, millor passarà la llum, així de senzill. Aquest segon paràmetre en el triangle d'exposició és l'ISO:

“L'ISO en fotografia fa referència a la sensibilitat del sensor de la càmera de fotos a l'hora de captar la llum. És una escala que determina el grau de sensibilitat del sensor d'una càmera de fotos digital respecte a la llum que es projecta sobre el sensor.

En fotografia analògica, es tracta de la sensibilitat de la pel·lícula utilitzada per gravar el negatiu d'una fotografia.”

(Traducció del *BLOG del FOTÓGRAFO - ISO en fotografía - Iaio Atamian*)

[Consulta 27-08-2024]

Aquesta s'expressa amb un valor numèric;

- Com més gran el valor, més sensibilitat tindrà a la llum.
- Com més petit el valor, menys sensibilitat tindrà a la llum.



Fig (18.1) - Comparatiu nivell d'ISO de nit



Fig (18.2) - Comparatiu nivell d'ISO amb llums

Com podem observar en aquestes dues imatges comparatives, quan volem fotografiar en un entorn amb poca llum –com pot ser el cas de la Fig (18.1)– podem pujar l'ISO perquè aquesta es mostri amb més lluminositat, més exposada. Si més no, si el que es desitja és destacar aquelles llums entre la foscor –com és el cas de la Fig(18.2)–, podem baixar l'ISO per aconseguir l'efecte de contrast. En canvi, si on estem és en un lloc obert, ple de llum o amb llum directa, l'ideal és mantenir el valor de l'ISO baix, ja que, en cas de fer el contrari, la nostra imatge podria resultar sobreexposada.

Fig (19.1) - De subexposada a sobreexposada

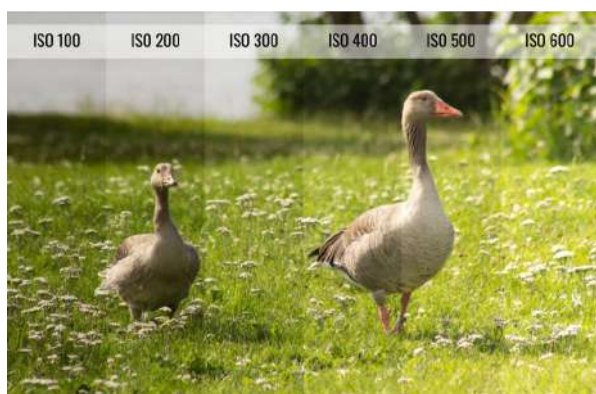
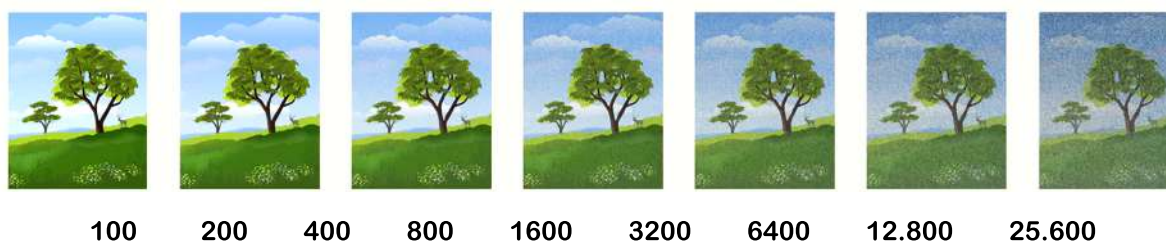


Fig (19.2) - Sobreexposició



Fins aquí sembla ser tot molt senzill: hi ha molta llum, baixem l'ISO perquè no surti sobreexposada; hi ha poca llum, pugem l'ISO perquè no surti subexposada. Malauradament, no tot és color de rosa; hi ha un “efecte secundari” en l'ús de l'ISO que és important tenir en compte a l'hora de modificar aquesta: la *boira* o el *soroll* en la fotografia digital, i *gra* en fotografia analògica.

Fig (19.3) - El soroll en l'ISO



En aquestes il·lustracions d'imatges comparatives podem veure la representació de la mateixa escena captada amb nivells d'ISO diferents; com més alta sigui l'ISO, més boira hi haurà. En el cas de la fotografia digital, hi ha tres situacions que faran que el soroll es presenti més o menys en la fotografia:

- Amplificació del senyal: Quan s'augmenta l'ISO, el sensor amplifica el senyal de llum, però també amplifica les imperfeccions, generant soroll.
- Calor del sensor: L'augment de la temperatura del sensor, especialment en llargues exposicions o en disparar en ràfega, provoca "soroll tèrmic".
- Postproducció: Quan s'intenta aclarir una imatge subexposada es genera soroll perquè l'ordinador "inventa" dades on no n'hi havia suficients.

Aquest cop, es fa més fàcil entendre per què ocorre el gra si ho pensem en termes de fotografia analògica; el gra en la fotografia analògica surt perquè les imatges es formen per cristalls de plata en l'emulsió de la pel·lícula. Quan s'utilitzen pel·lícules amb sensibilitats ISO més altes, aquests cristalls són més grans per captar més llum, la qual cosa fa que el gra sigui més visible. També apareix si s'aclareixen o amplien fotografies subexposades, ja que s'accentuen aquestes estructures físiques de la pel·lícula com si es tractés d'una postproducció.

L'**ISO** que utilitzarem en el carret per la nostra càmera estenoipeica és de **200**, cosa que suposarà curts temps d'exposició però a la vegada una alta qualitat d'imatge.

3.1.5. Temps d'exposició (velocitat d'obturació)

El temps d'exposició és el tercer i últim element que ens queda per veure en el triangle d'exposició. Si més no, aquest és una mica més complex que els dos anteriors paràmetres, ja que, tal com indica el nom, hem de tenir en compte el temps i, per tant, el subjecte que volem captar durant el transcurs d'aquest;

“La velocitat d'obturació o el temps d'exposició és el temps que l'obturador roman obert per deixar entrar la llum al sensor de la càmera.”

(Traducció del *BLOG del FOTÓGRAFO - Velocidad de obturación* - Caro Musso)

[Consulta 25-08-2024]

En termes de lluminositat, el funcionament és semblant a l'obertura de diafragma; com més estona es deixi entrar la llum al sensor, més il·luminada estarà la fotografia i viceversa. Si més no, hem de tenir en compte que per tal que la fotografia quedi nítida, durant el temps d'exposició el subjecte ha d'estar completament quiet. A l'hora de fer un retrat no hi ha problema, donat que no costa molt estar un segon quiet i mirant a càmera. El problema sorgeix quan el subjecte està en moviment. És aquí quan hem d'augmentar la velocitat d'obturació per a reduir el temps d'exposició i així, congelar la imatge en fraccions de segon. Novament, les matemàtiques ens ajudaran a regular aquestes velocitats i temps d'exposició:

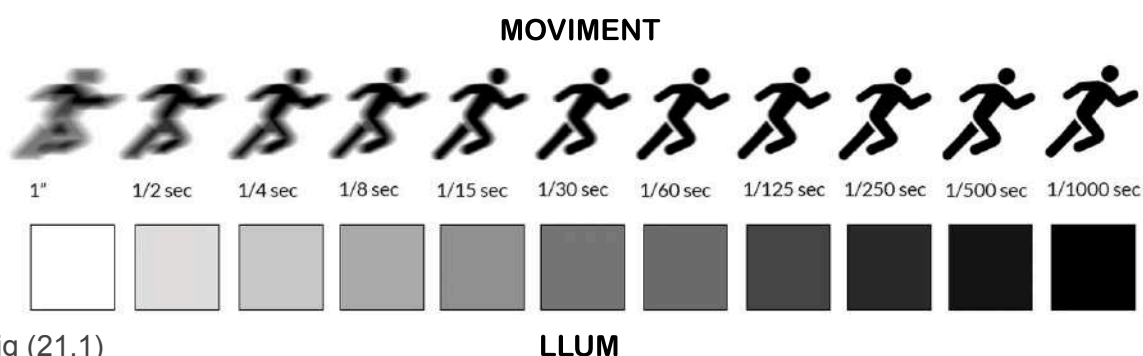
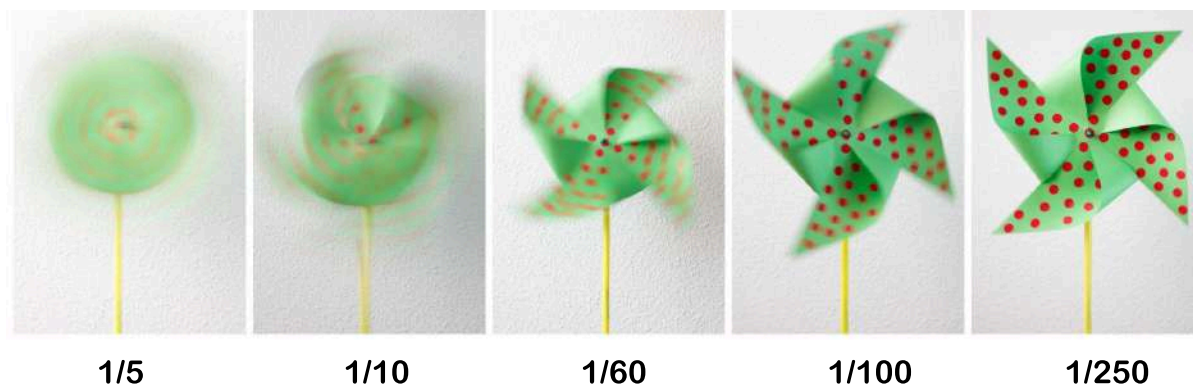


Fig (21.1)

1", vol dir que el diafragma, tingui l'obertura que tingui, estarà obert 1 segon, durant el qual la llum entrarà en la quantitat que aquest li permeti. Durant aquest segon, si el subjecte està en moviment, aquest sortirà mogut, si no, sortirà nítid; això sí, la imatge sortirà sobreexposada si no es té una obertura de diafragma petita o una ISO elevada. En canvi, si la velocitat d'obturació és d'1/1000, vol dir que el diafragma deixarà passar la llum durant una mil·lèsima de segon. En aquest cas, per molt que sigui un cotxe en marxa el subjecte, aquest es veurà en plena claredat, mentre que per a veure-ho exposat de manera correcta, necessitem una ISO reduïda o una gran obertura de diafragma per tal de deixar entrar el màxim de llum possible i que no se'ns quedi la imatge subexposada.

Fig (21.2)



En aquestes cinc imatges es pot veure clarament que a mesura que s'augmenta la velocitat d'obturació, la imatge es queda més estàtica (amb menys moviment). El que no ens indiquen és l'obertura amb la qual ha estat feta, però del que podem estar segurs és que el valor del número f/ ha anat augmentant. En cas contrari, les fotografies serien cada cop més fosques.

Ara, és quan la cosa es complica per a la nostra càmera estenopecica, ja que, en tenir un sistema d'obturació manual, som nosaltres els qui hem de calcular aquesta perquè no surti ni subexposada ni sobreexposada. Encara es complica més si el nivell de la llum varia entre fotografia i fotografia, ja que s'ha de calcular el nivell de luminància cada cop per separat, cosa que d'ull no és gens fàcil. Els nivells de llum amb el Sistema Internacional es mesuren amb lux.

*“El valor del lux equival a un flux d'un lumen que incideix
en un metre quadrat: $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2 = 1 \text{ m}^{-2} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{cd}$ ”*

(Viquipèdia - Lux)

[Consulta 26-08-2024]

Les atribucions més freqüents en la fotografia són:

- Un dia solejat (llum directa); de 50.000 a 100.000 luxs
- Un dia parcialment nuvolat; de 20.000 a 10.000 luxs
- Un dia nuvolat (llum indirecta); de 1.000 a 5.000 luxs

La fórmula amb la qual calcularem el temps d'exposició és la següent:

$$t = \frac{N^2}{\text{ISO} \times E}$$

N = Número f (f/x)
t = temps d'exposició (seg)
E = Il·luminació d'Escena (lux)

Així doncs, substituint els valors que ja sabem, podem tenir una idea aproximada de l'estona que haurem de mantenir l'obturador obert perquè ens quedi una bona exposició en les fotografies.

$t = \frac{80^2}{200 \times 50.000}$ $t = \frac{80^2}{200 \times 100.000}$	$t = \frac{80^2}{200 \times 10.000}$ $t = \frac{80^2}{200 \times 20.000}$	$t = \frac{80^2}{200 \times 1.000}$ $t = \frac{80^2}{200 \times 5.000}$
--	---	---

- t (dia solejat) = 0,00064 - 0,00032 s
 - → El mínim temps que és possible obrir i tancar manualment el diafragma és de 0,125 s aproximadament. → **0,125 segons**
- t (dia parcial) = 0,0032 - 0,0016 s
 - → Si agafem de referència la proporció que hem agafat en calcular el dia solejat → **0,625 segons**
- t (dia nuvolat) = 0,032 - 0,0064 s
 - → Si agafem de referència la proporció que hem agafat en calcular el dia solejat i parcial → **5 segons**

Per realitzar aquests càlculs he multiplicat tots els valors de temps que em resultaven de les fórmules anteriors per 260,416 per tal de donar uns temps més proporcionats al que seria en una càmera 100% manual. Sense revelar encara els resultats, he de dir que la majoria d'aquests van quedar prou bé envers l'exposició –per no dir perfectes– amb els ajustos de temps que vaig calcular. Si més no, tal com veurem més endavant, alguns d'aquests resultats (fotografies), sí que van quedar subexposats donat que no em vaig voler fiar dels meus càlculs, i ho hauria d'haver fet. Més endavant, veurem com amb diferents nivells de luxs també vaig variar les velocitats d'obturació i veurem com aquestes van afectar els resultats. Ara que ja controlem tots els coneixements i paràmetres necessaris per a construir o entendre una càmera, ja podem procedir amb la creació d'una càmera estenopecica.

4. Part pràctica: Crear una càmera estenopeica funcional

Sense oblidar tot el que hem vist en la part teòrica, ara passarem a repassar la part pràctica d'aquest Treball de Recerca. Per a la comprensió total d'aquesta, vaig enregistrar audiovisualment tots els passos que vaig seguir per arribar a construir una càmera estenopeica funcional. Titulat com el treball mateix, el documental és una part essencial d'aquest, creat amb l'objectiu d'obtenir una explicació visual, explícita i entenedora, focalitzada no amb els paràmetres i els càlculs emprats sinó en el procés; des d'abans de saber de l'existència de la càmera estenopeica fins a la creació d'aquesta.

4.1 Documental: De la Llum al Paper



De la Llum al Paper - TdR documental - Natàlia Piera Feliu

Materials utilitzats:

Cúter	Paper de vidre	Làmines de fusta (3 mm)	Enganxament <i>Loctite</i>	Massilla
Fil de cotó	Foam	Llauna d'alumini	Agulla	Pintura esprai negre
Escuradents	Eines de fuster	Silicona calenta	Goma de pollastre	Cinta 9,5 mil·límetres

4.1.1. Explicació documental a paper

Per tal de garantir l'enteniment del procés fotogràfic i mecanismes utilitzats en aquesta càmera en cas de no tenir accés al documental, aquest ha estat escrit i il·lustrat aquí, al Treball escrit de Recerca.

Hi ha gent que ha construït càmeres estenopeiques amb llaunes i amb caps de sabates, però la metodologia que seguien no era molt eficient, ja que consistia a deixar un paper recobert amb químics fotosensibles dins el recipient amb un estenop, cosa que només els permetia una fotografia per revelat, i no podien canviar de paper, ja que es requeria un entorn completament a les fosques per a no velar la imatge per complet –ni el nou paper–. Jo, en canvi, em vaig proposar fer una carcassa a mida perquè hi cabés un carret de 35 mm, i per tant poder fer tantes fotografies com aquest em permetés sense perill de velar les ja obtingudes, i un altre que recolliria aquestes a l'altre cantó.

Afortunadament, vaig topiar amb un canal de YouTube que havia realitzat i gravat els passos a seguir per a realitzar el que jo volia construir. El videotutorial em va facilitar la presa de mides, però a l'hora de fer el sistema d'obturació, no em va convèncer gaire el seu model a causa de la seva simplicitat i poca fiabilitat. A més a més, el sistema que utilitzava per a recollir carret era també molt simple i molt susceptible a deixar entrar llum, així que vaig optar per dissenyar-ne un jo mateixa. La tècnica utilitzada per aquesta càmera és coneguda com “de rotllo a rotllo”, la qual consisteix a passar una pel·lícula d'un rotllo a un altre. El procediment és el següent:

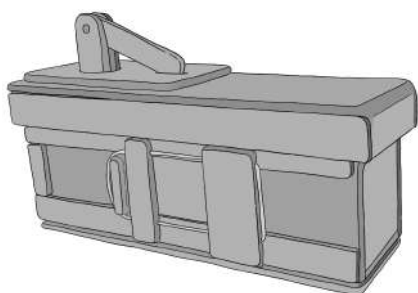


Fig (25.1)

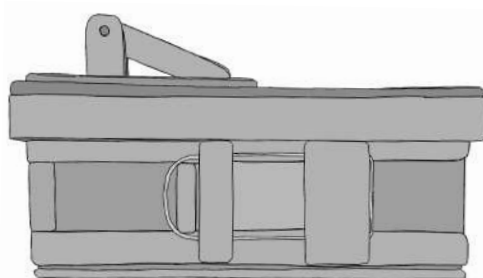


Fig (25.2)

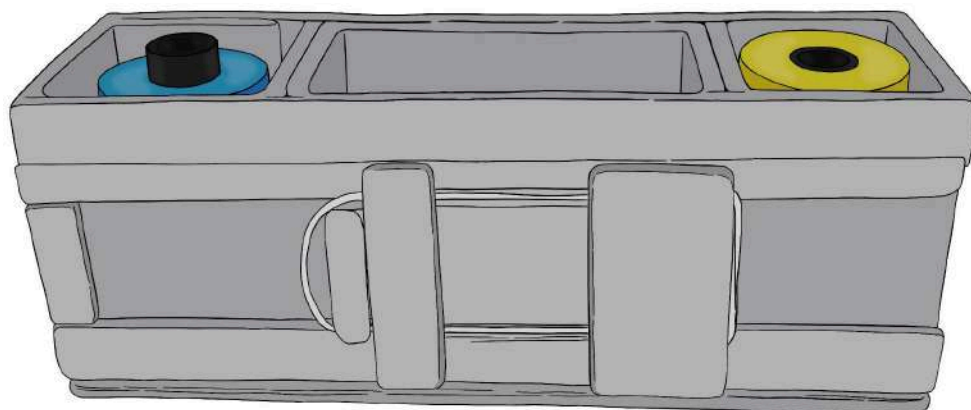


Fig (26.1)

El carret proveïdor, el qual conté la cinta que emprarem per fer les fotografies, està col·locat cap per avall a l'extrem dret de la càmera. A l'altre extrem es troba el carret buit, caducat o ja usat al qual se li haurà tret prèviament tota la cinta del seu interior. Aquest, en canvi, serà col·locat cap per amunt.



A continuació l'extrem de la cinta del proveïdor serà enganxat dins del carret receptor i enroscar fins que doni una volta completa. Quan la tapa es tanqui, el carret proveïdor quedarà enganxat per les dues llengüetes interiors, i el receptor per una llengüeta i el sistema de rotació. Ara la pel·lícula ja podrà ser passada a mesura que es gira la palanca del mecanisme.

 **Funcionament mecanisme rotació.mp4**

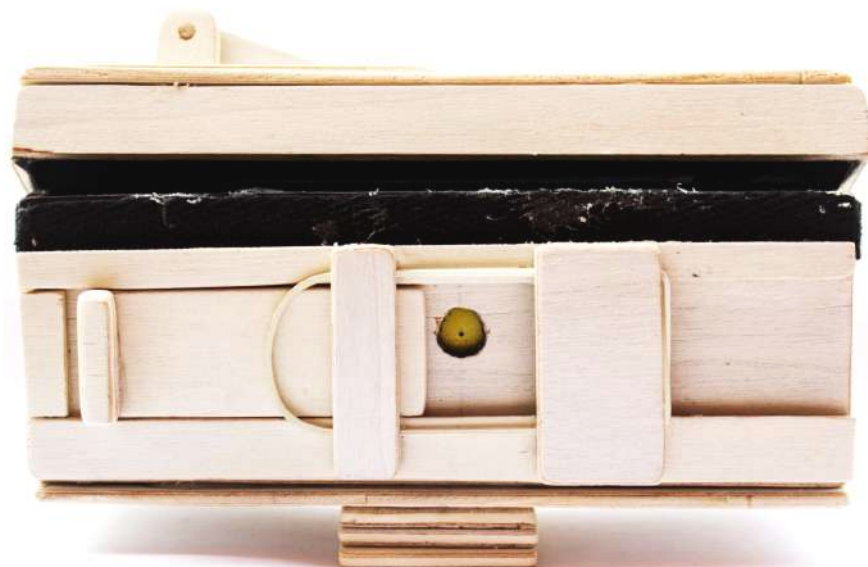
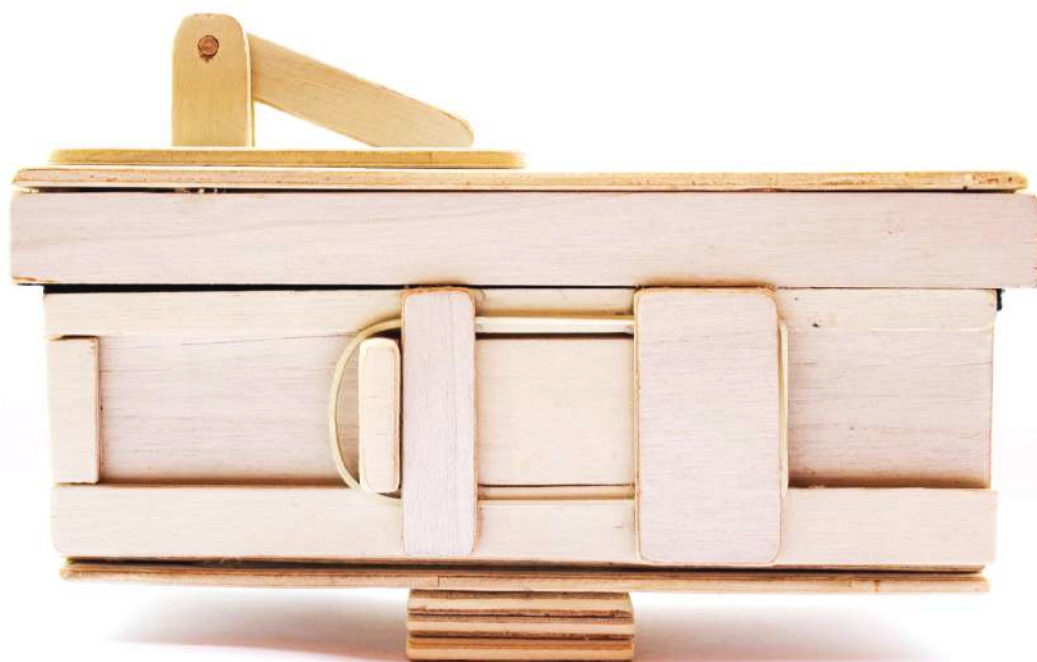
Fig (26.2)

Si el Codi QR és escanejat, es dirigirà directament a un vídeo-animació de Drive, el qual mostra com funciona aquest mecanisme de manera gràfica.

Les dimensions de la càmera són les següents:

Base: 135 x 40 mm	Laterals llargs: 134 x 44 mm	Laterals curts: 32 x 44 mm
Tapa: 140 x 50 mm	Pestanya llarga: 130 x 12 mm	Pestanya curta: 50 x 12 mm

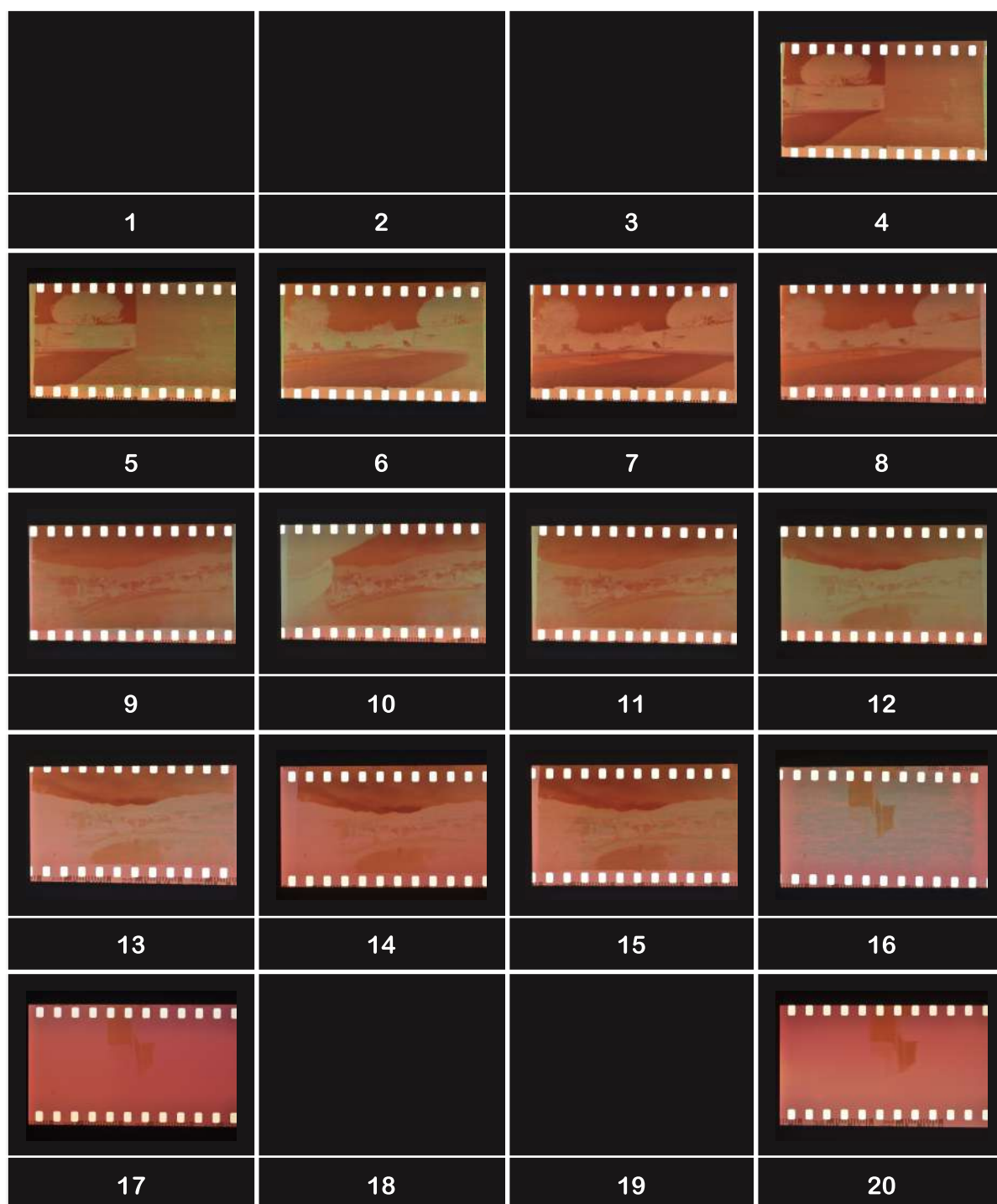
A continuació, fotografies reals de la meva càmera estenopeica preses de diferents parts d'aquesta, des de diferents angles i perspectives. [Fig (27.1), Fig (27.2) i Fig (27.3)]



4.1.2. Procés fotogràfic i resultats

nº de foto	Quantitat de llum (aprox)	Temps d'exposició (aprox)	Objectiu
1	100.000 luxs	0,125 s	Cactus en primer pla
2	100.000 10.000 luxs	0,125 s	Paret amb obra i sol
3	100.000 10.000 luxs	0,5 s	Paret amb obra i sol
4	100.000 10.000 luxs	0,7 s	Paret amb obra i sol
5	100.000 10.000 luxs	0,125 s	Paret amb obra i sol
6	100.000 luxs	0,125 s	Piscina
7	100.000 luxs	0,125 s	Piscina
8	100.000 luxs	0,125 s	Piscina
9	100.000 luxs	0,125 s	Portbou (pel matí)
10	100.000 luxs	0,125 s	Portbou (pel matí)
11	100.000 luxs	0,125 s	Portbou (pel matí)
12	10.000 luxs	0,5 s	Portbou (nuvolat)
13	10.000 luxs	0,5 s	Portbou (nuvolat)
14	10.000 luxs	0,5 s	Portbou (nuvolat)
15	10.000 luxs	0,75 s	Portbou (nuvolat)
16	7.000 luxs	0,75 s	Mar des de finestra
17	7.000 luxs	1 s	Mar des de finestra
18	7.000 luxs	0,125 s	Mar des de finestra
19	7.000 luxs	0,125 s	Mar des de finestra
20	7.000 luxs	1,75 s	Mar des de finestra

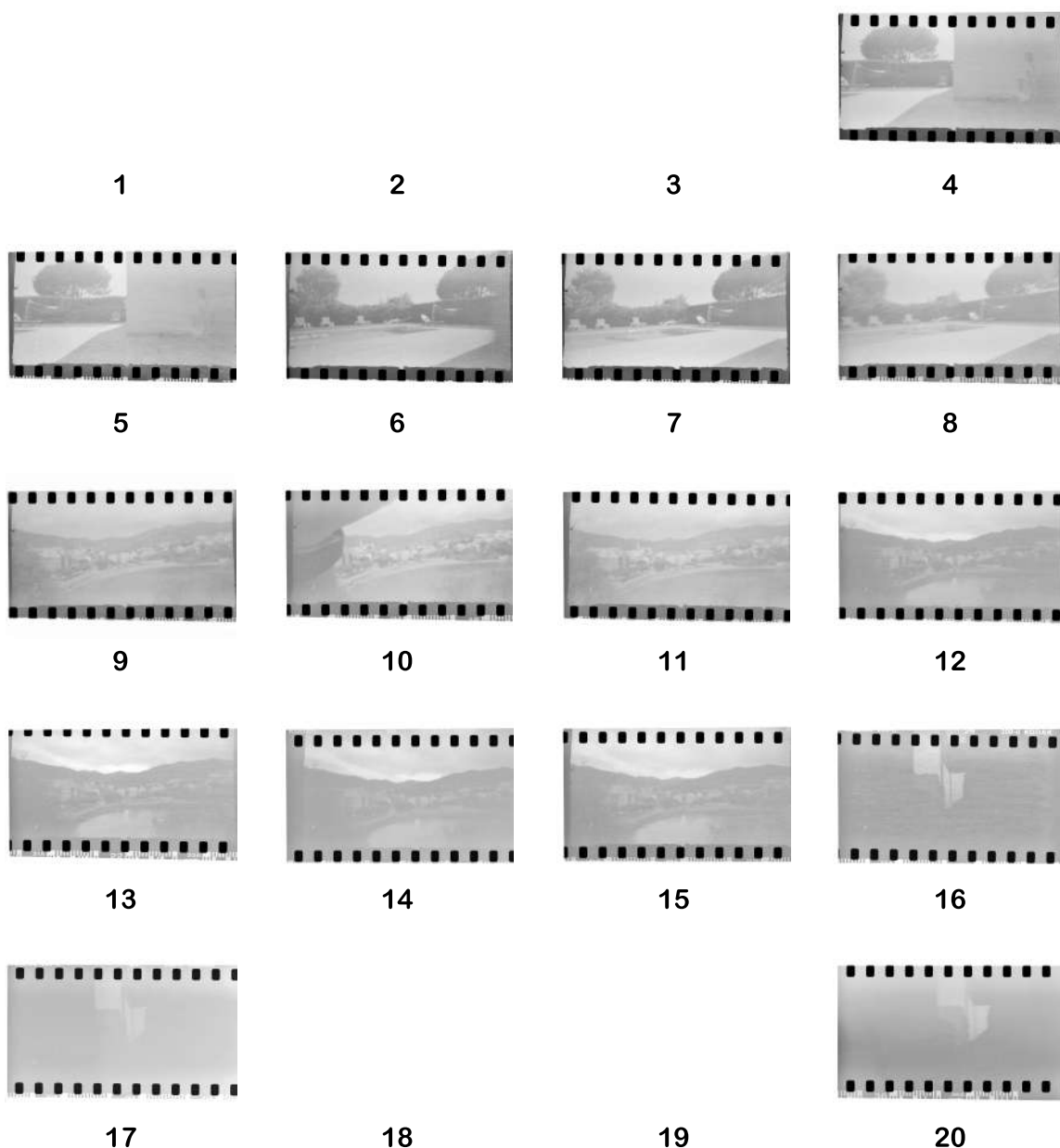
Cinc de les vint fotografies van sortir sobreexposades, de les quals tres eren de les primeres; el cactus i dues primeres de la paret amb ombra i sol, i les dues penúltimes de la finestra. És a dir, les fotografies número 1, 2, 3, 18 i 19. Les quinze restants sí que van quedar correctament exposades, per la qual cosa ara, un cop revelades, s'aprecia perfectament a veure quina escena és quina:



A continuació, el que s'havia de fer amb aquests resultats era revertir la imatge digitalment. Així és com me les van enviar des del lloc on les vaig dur a revelar. A més de revertir-les els van atenuar més els colors que no ressaltaven.

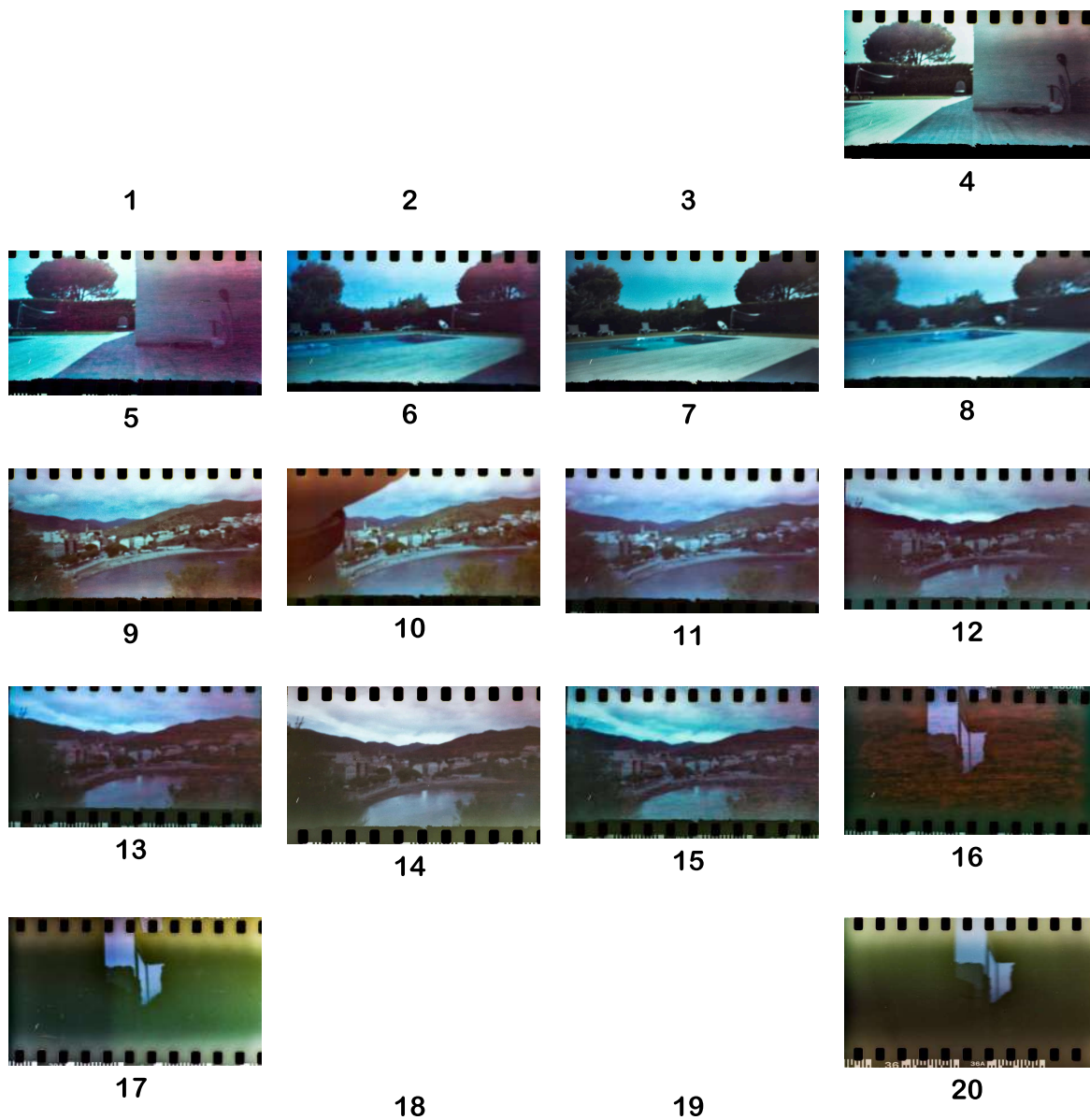


En aquest cas, he utilitzat l'eina de revertit del mateix document per tal de poder fer-nos una idea prèvia als resultats sobre la qualitat d'imatge que tindran aquests. Tanmateix, aquest filtre no permet apreciar els veritables colors de la cinta sinó que ens permet veure clarament els contorns i les figures.



Així mateix, cal tenir present que els nivells de llum també han estat modificats per tal d'apreciar millor els subjectes, és a dir, amb aquestes imatges no podem comparar la taula amb les seves respectives imatges.

I finalment, una taula amb totes les imatges editades amb una finalitat realista, és a dir, s'han editat amb l'objectiu d'arribar a la imatge real que es va capturar al seu dia.



4.2. Resultats

Resultats fotografies paret (mig ombra mig sol) 2 - 3 - 4 - 5

Apunts: He volgut veure la diferència de luxs amb diferents temps d'exposició. La primera no ha sortit bé (crec, perquè no tinc manera de saber-ho)



4 (DSC_0001)

Data: 10/08/2024

Anàlisi: 100.000 | 10.000 luxs (0,7 s)

Aquesta, en comparació a la 5, ha sortit més exposada i inclús una mica més nítida, per la qual cosa segurament em vaig quedar més estàtica tot i estar més temps amb l'obturador obert.

5 (DSC_0002)

Data: 10/08/2024

Anàlisi: 100.000 | 10.000 luxs (0,125 s)

A més de diferenciar-se amb l'anterior per les característiques ja dites, aquesta sembla tenir un petit segment de gespa artificial incrustada que devia colar-se per l'estenop durant l'exposició.



Resultats fotografies piscina 6 - 7 - 8

Apunts: He fet exactament la mateixa fotografia amb el mateix temps d'exposició, ja que en estar l'aigua en moviment m'era interessant veure com es reflectia en la fotografia.



6 (DSC_0003)

Data: 10/08/2024

Anàlisi: 100.000 luxs (0,125 s)

En aquesta imatge l'equilibri cromàtic es va veure alterat, tal com podem veure en l'extrem superior dret de la fotografia. Aquest es devia produir per algun raig o reflex de l'aigua en aquella direcció.

7 (DSC_0004)

Data: 10/08/2024

Anàlisi: 100.000 luxs (0,125 s)

Aquí l'escena es veu amb més nitidesa, sense variacions cromàtiques ni moviments borrosos. Ha quedat comprovat que l'aigua es presenta com a qualsevol entre fotografia, clara i transparent.



8 (DSC_0005)

Data: 10/08/2024

Anàlisi: 100.000 luxs (0,125 s)

En canvi, en aquesta fotografia la imatge es veu borrosa i moguda pel moviment involuntari del pols, i, per conseqüència, del trípode.

Resultats Portbou (al matí) 9 - 10 -11

Apunts: Com que el meu trípode no és del tot estable, vaig fer-ne tres per cerciorar-me que alguna sortia bé. També pensant en què en fer-ho manualment els segons els podria haver fet diferents. En ser curta la distància focal amb la qual està construïda la càmera, la fotografia haurà captat una gran amplitud del paisatge, i en ser el forat de mig mil·límetre, hauria d'enfocar-se absolutament tot.

9 (DSC_0006)

Data: 13/08/2024

Anàlisi: 100.000 luxs (0,125 s)

Segons el meu punt de vista, la millor de les tres. Aquesta ha sortit nítida tot i tenir una lleugera modificació cromàtica en la part inferior, la qual no afecta en absolut la bona coloració general.



**10 (DSC_0007)****Data:** 13/08/2024**Anàlisi:** 100.000 luxs (0,125 s)

És curiós el resultat d'aquesta. No vaig procurar d'enretirar la mà abans d'obrir l'obturador... Així que aquesta es va mostrar com a pla principal. Si més no, gràcies a l'alta profunditat de camp, l'enfocament no es veu afectat en absolut.

11 (DSC_0008)**Data:** 13/08/2024**Anàlisi:** 100.000 luxs (0,125 s)

Semblant a la primera fotografia (9), aquesta només sembla diferenciar-se per la falta de diferenciació dels colors.

**Resultats Portbou
(a la tarda)
12 - 13 - 14 - 15**

Apunts: Com ja tenia planejat, vaig fer tres fotos més del mateix Portbou, feta des del mateix mirador, però aquest cop amb el cel ennuvolat. Això vol dir que la quantitat de luxs disminueix i, per tant, augmenta el temps que es necessita d'exposició perquè surti ben exposada la fotografia. Tot i això, crec que no vaig deixar suficient temps alguna d'elles... Per això l'última és amb més temps d'exposició.

**12 (DSC_0009)****Data:** 13/08/2024**Anàlisi:** 10.000 luxs (0,5 s)

Ha quedat molt fosca; l'hauria d'haver deixat més estona exposada. Tot i això, s'aprecia nítidament la imatge i a més es ressalta especialment la plataforma a l'aigua, ja que aquesta és més clara.

13 (DSC_0010)

Data: 13/08/2024

Anàlisi: 10.000 luxs (0,5 s)

Novament, ha quedat subexposada a més de quedar amb la coloració tocada per la part dreta. En aquest cas la plataforma no és tan visible, suposo que a conseqüència de la coloració.



14 (DSC_0011)

Data: 13/08/2024

Anàlisi: 10.000 luxs (0,5 s)

La millor de les quatre nuvolades. Nitidesa, bona exposició (tenint en compte la qualitat de la llum), i millora de coloració en respecte a les dues anteriors.



15 (DSC_0012)

Data: 13/08/2024

Anàlisi: 10.000 luxs (0,75 s)

Teòricament, hauria d'haver sortit millor que l'anterior. Si més no, crec que en deixar més estona l'obturador obert, la llum ha distorsionat els colors novament en la part dreta.



Finestra
16 - 17 - 18 - 19 - 20

Apunts: Crec que l'he "liat" una mica amb els temps d'exposició, ja que les he deixat molt poc, sortiran subexposades... Espero que l'última hagi quedat més o menys bé...

A més he acabat el carret -_-



16 (DSC_0013)

Data: 21/08/2024

Anàlisi: 7.000 luxs (0,75 s)

Com ja havia previst, la subexposició és massa elevada per poder apreciar detalls i figures. Com a molt la barana del balcó del davant.

17 (DSC_0014)

Data: 21/08/2024

Anàlisi: 7.000 luxs (1s)

Millor que l'anterior i la posterior, donat que la vaig deixar més temps. Es veu de manera més clara l'edifici del fons, i la forma d'aquest. Tot i això, encara no s'aprecien els altres objectes, els que estarien en primer pla.



20 (DSC_0015)

Data: 21/08/2024

Anàlisi: 7.000 luxs (1,75 s)

Novament subexposada, i a més una mica borrosa. El meu pols devia moure la càmera.

4.2.1. Entendre els resultats

Un cop vaig tenir les fotografies revelades, a part de sorprendre'm de com de bé havien quedat els resultats, em vaig fixar en tres coses.

4.2.1.1. Distorsió dels colors

Una de les primeres coses que podem observar quan analitzem els resultats, és el vermelló i posteriorment el blavenc que tenyeix les imatges. És una cosa totalment normal tenint en compte que no comptava amb lent ni filtres en l'estenop de la meva càmera. Així doncs, en el meu cas, aquest fenomen pot ser donat per dues condicions:

- Per l'ús de paper fotogràfic de color
- Per la il·luminació ambiental

Per una banda, en utilitzar una pel·lícula dissenyada per a fotografia en color en comptes d'en blanc i negre, i no comptar amb la correcció de color adequada –ni filtres ni lents–, el més possible és que aquests tons i colors s'hagin distorsionat (alterat) en el recorregut de la llum al paper, deixant aquests tons vermellosos en tota la pel·lícula. Per altra banda, la llum directa també podria haver estat la causant d'aquesta coloració. Si més no, ja vaig procurar de no exposar-la cara el sol per evitar aquesta mena de problemes o la sobreexposició, així que creient més probable que el causant hagi estat el balanç de blancs (la primera opció).



Fig (38.1) - Diferents filtres de llum



Fig (38.2) - Col·locar un filtre de llum

La funció d'aquests filtres de llum és reconduir la llum, equilibrar-la i projectar-la de la manera que el fotògraf desitgi. Com que el que a nosaltres ens interessa és l'efecte que tenen aquests sobre la coloració de la fotografia, ens hem de centrar en el color del filtre; de manera senzilla, s'ha d'escollir el color oposat del dominant. En el meu cas, com que els resultats en aquest tipus de pel·lícula serien vermells, hauria d'agafar el color del cantó oposat en la roda de colors, és a dir, un blau cel o blau-verdós.

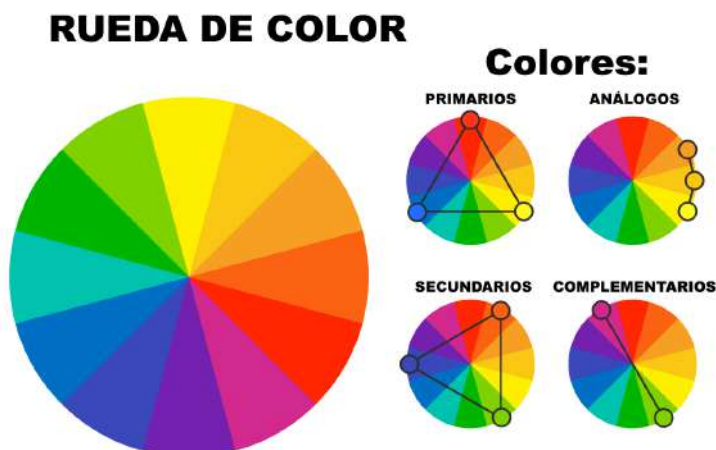
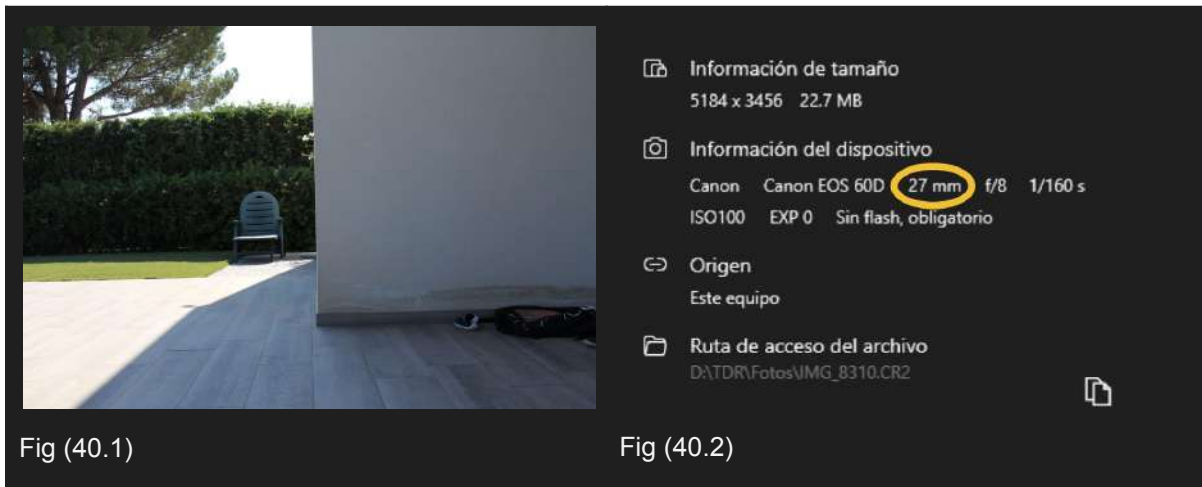


Fig (39.1) - Roda de colors

D'aquesta manera, hauria pogut corregir la vermellor en els meus resultats abans que es fixessin en la pel·lícula. Per tant, no hauria necessitat tanta postproducció digital per a la correcció d'aquesta.

4.2.1.2. Suposada variació de l'angle de visió

Una altra cosa que podem apreciar en comparar les imatges analògiques amb les que vaig prendre digitalment com a referència, és el notori suposat canvi d'angle de visió. Aquest, com ja hem vist anteriorment, és determinat per la distància focal; a menor distància focal, més angle de visió, i viceversa. Si més no, quan vaig revisar els paràmetres amb els quals havia fet les fotografies digitals –amb el mode automàtic– i les vaig tornar a comparar amb les de la meva càmera analògica, em vaig quedar de pedra. Si recordem que la distància focal de la meva càmera estenopecica era la mateixa que la distància de la pel·lícula al estenop a causa de l'absència de lent, recordarem que aquesta és de 32 mm. En canvi, quan vaig revisar la informació de les digitals –com per exemple la de la paret–, aquesta era de 27 mm, cosa que no tenia absolutament cap sentit.

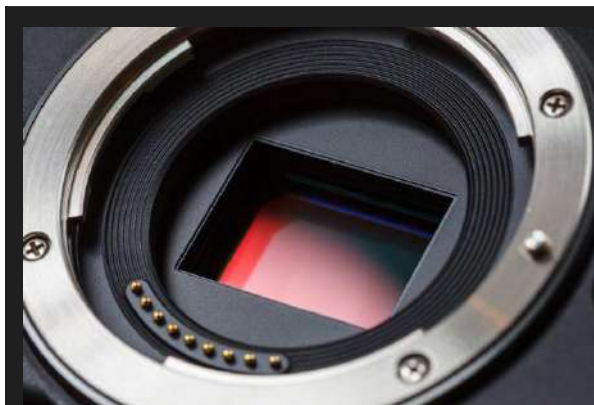


Per què no tenia sentit? Doncs perquè, segons aquesta informació, la fotografia presa amb una distància focal de 27 mm havia de tenir un angle de visió major que la fotografia presa amb una de 32 mm. Per contra, els resultats semblaven ser completament al revés, mostrant una imatge molt més ampliada de l'escena per part de la pel·lícula analògica i la mateixa escena però més acotada per part de la digital.



La resposta del misteri? La tenia davant dels ulls, literalment. Quan mirava la fotografia que havia fet amb la meva càmera estenoipeica estava mirant la imatge captada per una pel·lícula analògica. En canvi, quan mirava la digital estava mirant una fotografia captada amb un sensor digital. I aquí estava la gran diferència; les dimensions.

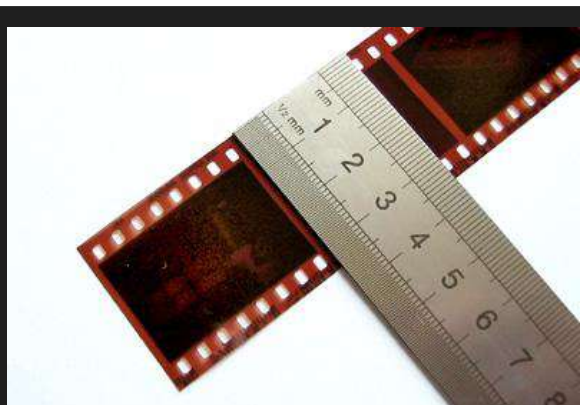
Fig (41.1) - Sensor APS-C Digital

**Sensor CMOS APS-C de 18 MP**

Dimensions (útils)

– 22,3 mm x 14,9 mm –

Fig (41.2) - Pel·lícula 35 mm Analògica

**Pel·lícula analògica 35 mm**

Dimensions (útils)

– 53 mm x 30 mm –

Misteri resolt; en ser més del doble de gran, la pel·lícula de 35 mm va captar més del doble de l'escena que va captar el sensor. Dit d'una altra manera, l'angle de visió no va ser el causant d'aquesta diferenciació. Ho podem comprovar retallant allò que la pel·lícula no hagués captat si hagués estat un sensor digital:

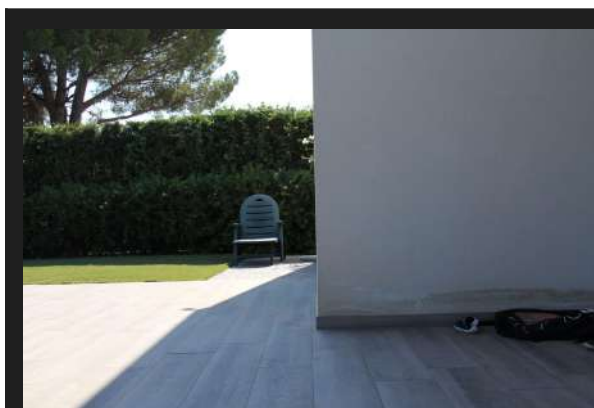


Fig (41.3)



Fig (41.4)

Inclús es pot apreciar com l'angle de visió en la fotografia digital ha estat major, ja que els objectes del mig estan més comprimits en comparació amb la fotografia digital i, per tant, ens indica una expansió d'escena. L'aspecte més notori del canvi d'angle és l'ombra. El cas és que, com que la fotografia analògica ha estat retallada manualment, no podem comparar en exactitud el canvi d'amplitud del camp de visió; però hi és.



Fig (42.1)



Fig (42.2)



Fig (42.3)



Fig (42.4)



Fig (42.5)



Fig (42.6)

4.2.1.3. Rastres de llum únics

Una altra curiositat que podem trobar mirant i comparant les fotografies entre si, és la marca blanca que apareix en l'extrem inferior esquerra de totes aquestes.

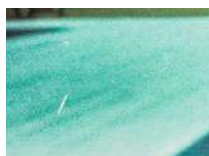


Fig (43.1)



Fig (43.2)

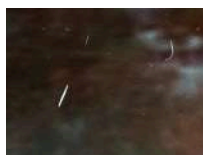


Fig (43.3)

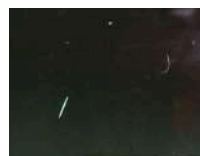


Fig (43.4)

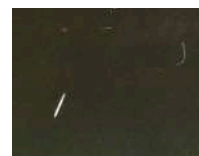


Fig (43.5)

Aquests tipus de marques es presenten quan hi ha un petit defecte de fabricació en la cinta o hi ha una llum molt forta que sobreexposa aquell punt en concret. Si més no, era impossible que cap d'aquests casos es pogués haver donat en totes i cada una de les fotografies en la mateixa intensitat i forma. Així doncs, el “problema” (la raó) pel qual succeïa aquest fenomen s'havia de deure a la meua càmera. Aquesta deu ser provocada per algun filament o trosset de fusta que la pintura negra no va tapar al seu dia, i que a l'hora de fer una fotografia reflecteix la llum que rep cap a la pel·lícula, creant aquestes petites marques sobreexposades que caracteritzen tant les fotografies analògiques.

5. Conclusions

De la Llum al Paper ha estat més que un repte. Ha estat una motivació, una tasca, una idea, un projecte, i, per sobre de tot, el meu Treball de Recerca. Meu, perquè jo m'he especialitzat en els paràmetres de la fotografia. Meu, perquè jo m'he familiaritzat amb la fotografia estenopeica. Meu, perquè jo he construït la càmera i he sigut jo qui l'ha usat amb èxit. Meu, perquè soc qui ha estat amb ell, amb tots els errors i fracassos, en les alegries i els triomfs; des de l'inici al final. I ara toca concloure'l, ha arribat aquest final. Així doncs, a continuació compartiré les conclusions a les quals he arribat durant aquest Treball de Recerca.

D'entrada, una de les coses que m'ha sorprès i obert més la ment durant aquests mesos de recerca, fou arribar a la conclusió que cada càmera és un món. És cert que la meva càmera estenopeica és única perquè l'he construït jo. Si més no, en haver d'usar la meva càmera digital, Canon 60D, per a gravar i fotografiar el procés de construcció d'aquesta, m'he adonat de la d'infininitats de possibilitats que aquesta atorga. Milers de combinacions en el mode manual, modificant la distància focal, el diàmetre d'obertura, l'ISO, el temps d'exposició, el balanç de blancs... A més de centenars d'objectius intercanviables i un món de filtres de llum que encara em queda per descobrir. Tot això sense tenir en compte que cada model de càmera, amb els seus respectius sensors i capacitats, pot atorgar estils i formats diferents i únics.

Posats a parlar de la meva càmera digital, un aprenentatge que m'he endut de la filmació del meu documental és: no tornar a gravar un documental –o qualsevol format de vídeo– amb una càmera de fotografia (especialment la meva). Sí que és cert que no totes les càmeres de fotografia tenen la mateixa resolució de gravació, però del que n'estic segura és que no és comparable amb la qualitat i estabilització de les càmeres especialitzades en *vlogging*.

Ara sí, anant a les conclusions tècniques i rectificacions de la meva càmera estenopeica, he de dir que la primera cosa que canviaria abans de fer cap altra fotografia, seria llimar i rebaixar un mil·límetre el foam que emmarca la pel·lícula, ja que, per molt estil únic que els doni a les imatges, aquest els hi resta escena. Un cop solucionat això, repintaria amb *spray* mate negre l'interior de la càmera per a assegurar-me que no es repetissin aquelles marques blanques en l'extrem baix esquerre. Sí que és veritat que em sabia greu, donat

que li dona una identitat única a les imatges i les relaciono amb aquest projecte, però ho hauria de fer si el meu objectiu fos millorar i perfeccionar la càmera al complet.

Amb relació a la modificació del color, no hi podria fer gaire, per no dir res. Pot ser si li col·loqués un paper film de color verd-blavós a l'estenop funcionaria com a filtre i estabilitzaria els colors vermellorsos, però tret d'això, no hi hauria cap altra manera; ni podria posar cap filtre a causa de les seves proporcions, ni podria posar cap lent, ja que aquesta deixaria de ser estenopecica.

Amb relació a la subexposició que presenten la majoria de fotografies, tant d'exterior nuvolat –Portbou– com d'interior –finestra–, m'hauria d'haver fiat dels meus instints. En les fotografies nuvolades hauria d'haver mantingut l'obturador obert de 0,7 s a 2 s, en comptes de 0,5 s. Així mateix, en la fotografia de la finestra, feta des de l'interior, el temps podria haver arribat perfectament als 3 s o fins i tot al 5 s, tal com vaig calcular anteriorment. Novament, amb por de sobreexposar la pel·lícula, vaig deixar anar l'obturador abans d'hora... I van resultar subexposades. Canviar els temps d'exposició seria una altra conclusió; *solejat: 0,125 - 0,5 s; nuvolat: 0,7 - 2 s; interior: 3 - 5 s.*

Continuant amb els resultats de les fotografies, m'agradaria recalcar una cosa que crec que vaig fer especialment bé. La llibreta en la qual vaig apuntar tots els resultats i els comentaris de les característiques de cada fotografia va ser una genial idea. Aquesta em va facilitar l'anàlisi posterior de cadascuna d'elles per tal entendre-les i comprendre els meus encerts i errors de manera més clara i precisa. Si més no, si ens basem en la precisió dels paràmetres anotats i per posar algun contra, podria haver afegit un luxímetre en el meu material imprescindible. Aquest m'hauria estalviat el fet de desconfiar dels meus càlculs i, per conseqüència, la subexposició d'aquelles imatges nuvolades i interiors.

Finalment, he arribat a la conclusió que l'audiovisual és la meva passió. Aquest Treball de Recerca m'ha donat la possibilitat d'experimentar amb tota mena de tècniques de gravació; fotografia analògica, fotografia digital, gravació de vídeo, gravació d'àudio, guió, edició, etc. I he gaudit totes i cada una d'elles. He comès errors, també he fet encerts; però sobretot, he après i he millorat per mi mateixa, i aquest, crec que és el millor dels resultats que es podria extreure d'un Treball de Recerca. El de trobar i assolir allò que realment es busca.

6. Annexos

Cost total dels materials emprats per la construcció de la càmera estenoica:

Tipus de material	Preu
➤ Material carcassa:	
➔ Fustes	
➔ Foam	
➔ Massilla	
➔ Fil cotó	22,16 €
➤ Esprai negre mate	4,15 €
➤ Pel·lícula 35 mm ISO200	25 €
➤ Revelatge pel·lícula	20 €
Total	71,31 €

Model d'Autorització per a l'ús del nom i la imatge en el Treball de Recerca (documental):



Autoritzat i firmat per:

Daniel Jovellar
Marçal Mora
Lluís Argelich

Per raons de privacitat i protecció de dades personals, no s'adjuntarà cap autorització firmada.

Si més no, aquestes es mostraran sense cap problema si el jurat ho requereix o en cas de ser necessari.

Fig (46.1)

Guió usat per a la realització del documental:

▣ De la Llum al Paper - TdR guió documental - Natàlia P.F.

7. Agraïments

En primera instància, agrair els meus pares, no només per fer possible l'obtenció dels materials sinó que també per estar allà, interessar-se per la meva feina i recolzar-me en els moments més decisius. Gemma Feliu i Xavi Piera. Per a persones que han estat allà m'agradaria nomenar a la meva àvia, Rita Anguera, qui va ser a qui vaig recórrer pel meu atac de nervis enfront de la revelació dels resultats de les imatges. Amb ella vaig compartir tots els meus avenços positius i a en Jeremias Soler, el meu tutor de TdR, també els no tan positius. I és per això que li estic molt agraïda, per no rendir-se amb mi i ser pacient enfront dels meus interminables correus. Parlant de correus, també m'agradaria agrair a en Daniel Jovellar, membre de Filmoteca de Catalunya, qui em va guiar cap a Foto Film Calella en la meva recerca de gent que en sabés de 9,5 mm. Continuant amb el cinema antic, m'agradaria agrair a en Marçal Mora, qui va fer possible de posar-me en contacte amb l'expert de cine 9.5, Lluís Argelich, a qui també li agraeixo la informació i la claredat que em van donar les seves explicacions.

Seguidament, m'agradaria agrair a aquelles persones que no anomeno verbalment al documental, però que aquest no hagués estat possible sense ells. Si comencem des de l'origen de tot, agrair a en Joaquim Piera, el meu avi, qui fa temps que no és entre nosaltres, però que el seu record encara perdura i les seves memòries continuen vives, com ho està la Pathè Baby que em va dur a fer un important gir en el Treball de Recerca. Així mateix, fou l'Àlex Aguilar, familiar llunyà amb qui ja he fet algun projecte, qui m'alertà sobre la dificultat de trobar cinta 9,5 mm. Tot i això, es va oferir a deixar-me un dels seus projectors de cinta 9,5 mm i ajudar-me en el possible, i per això li estic agraïda. Posats amb el préstec de material, voldria agrair a en Jeremias altre cop, per ensenyar-me a utilitzar la gravadora i deixar-me-la pel documental; i a l'Ismael Moya, professor del departament d'arts plàstiques de l'Institut, qui va fer tot el possible perquè pogués disposar de la càmera de *vlogging* i el trípode de préstec del qual disposa el mateix institut.

Finalment, m'agradaria agrair al meu centre educatiu, Institut IES Terrassa, als amics que hi he conegut, i al professorat d'aquest, per a fer-me sentir com mai m'havia sentit en un institut, ni en una escola. Gràcies pel suport i la confiança que m'heu donat durant aquest any, perquè no hauria estat tan motivada ni m'hagués sortit amb aquest Treball de Recerca, si no hagués estat per vosaltres.

Bibliografia

PART TEÒRICA

BIDIQR [en línia] Creador de codis QR. n.d. <<https://go.bidiqr.com/>> [Consulta: 12 octubre 2024]

CÓMO CORREGIR LAS DOMINANTES DE COLOR CON FILTRO Y GELES [en línia] Editor Fotografianos. *Fotos 321*. (s.a.). <<https://foto321.com/blog/tutoriales/corregir-dominantes-filtros-correccion/>> [Consulta: 3 octubre 2024]

DISTANCIA FOCAL: Explicación Simplificada [en línia] Iaio Atamian. *Blog del Fotógrafo*. 2014. <https://www.blogdelfotografo.com/distancia-focal/#google_vignette> [Consulta: 21 juny 2024]

DISTANCIA FOCAL Y ÁNGULO DE VISIÓN [en línia] escribelafer. *estudio FOTO escuela*. 10 de juliol del 2021. <<https://fotoefe.es/angulovision/>> [Consulta: 21 setembre 2024]

FUNCIONES DE LAS LENTES FOTOGRÁFICAS [en línia] Verónica Ruiz. *Blog CPA online*. 24 de maig del 2019. <<https://www.cpaonline.es/blog/fotografia-y-camara/funciones-de-las-lentes-fotograficas/>> [Consulta: 19 juny 2024]

JOSEPH NICÉPHORE NIÉPCE [en línia] Mónica Guzmán Rodríguez. *MUVAC filmoteca unam*. (s.a.). <<https://museovirtual.filmoteca.unam.mx/temas-cine/precursores-del-cine/nicephore-niepce/>> [Consulta: 15 juny 2024]

LA CÁMARA ESTENOPEICA, el invento de Alhazén [en línia] José Álvarez. *José Álvarez Fotografía*. (s.a.). <<https://josealvarezfotografia.com/la-camara-estenopeica-el-invento-de-alhazen/>> [Consulta: 17 juny 2024]

LA FOTOGRAFÍA ESTENOPEICA: medio, técnica y creación [en línia] Diana Lizeth Duran Quintero. *Revista Digital Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México*. 1 de maig del 2014, vol.15, No.5. <<https://www.revista.unam.mx/vol.15/num5/art36/>> [Consulta: 23 juny 2024]

LUX [en línia] (s.n.). *Viquipèdia*. 22 de gener de 2024 (última modificació). <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Lux>> [Consulta: 26 juny 2024].

RICHARD LEACH MADDOX [en línia] Esteban Mac Allister. *Foto con Mac*. 4 de setembre del 2020. <<https://www.fotoconmac.com/maddox-richard-leach/>> [Consulta: 15 juny 2024]

VISTA DESDE LA VENTANA EN LE GRAS (1826) [en línia] Marta González. *Fotografía, la historia oculta*. (s.a.).

< <https://fotografialahistoriaoculta.weebly.com/vista-desde-la-ventana-de-le-gras-1826.html> >

[Consulta: 15 juny 2024]

WILLIAM HENRY FOX TALBOT, intelectual i pionero de la fotografía [en línia] Oscar Colorado. *Oscar en fotos*. 12 d'octubre del 2019.

< <https://oscarenfotos.com/2019/10/12/william-henry-fox-talbot-intelectual-y-pionero-de-la-fotografia/> > [Consulta: 15 juny 2024]

¿QUE ES LA FOTOGRAFIA ESTENOPEICA? [en línia] (s.n.). *Imagen Olvidada*. (s.a.).

< <https://imagenolvidada.jimdofree.com/que-es-la-fotograf%C3%ADa-estenopeica/> > [Consulta: 17 juny 2024]

PART PRÀCTICA

CAMARA ESTENOPEIKA 35mm [en línia] Pedro J. Durante. *YouTube*. 9 de maig del 2013.

< <https://youtu.be/MN-MZtk2BLs?list=LL> > [Consulta: 8 juliol 2024]

DISTANCIA FOCAL: Explicación Simplificada [en línia] Iaio Atamian. *Blog del Fotógrafo*. 2014.

< https://www.blogdelfotografo.com/distancia-focal/#google_vignette > [Consulta: 11 juliol 2024]

REGLA SUNNY 16: Cómo Calcular Manualmente la Exposición de la Cámara Fotográfica con Luz Natural [en línia] Gabriel Fotógrafo 35. *YouTube*. 28 d'agost del 2022.

< <https://youtu.be/0cI5iKVwwTU> > [Consulta: 11 juliol 2024]

PARTES DE UN ROLLO DE 35mm | | Fotografía Analógica [en línia] Nico Llasera. *YouTube*. 10 de juliol del 2020.

< <https://youtu.be/DvuFOchlbNc> > [Consulta: 9 juliol 2024]

QUÉ ES LA DISTANCIA FOCAL Y CÓMO USARLA [en línia] (s.n.). *Adobe*. (s.a.).

< <https://www.adobe.com/es/creativecloud/photography/discover/focal-length.html> > [Consulta: 11 juliol 2024].

TODO ACERCA DE LA ABERTURA [en línia] Jeff Meyer i Alex Summersby. *Canon*. (s.a.).

< <https://www.canon.es/pro/infobank/aperture/> > [Consulta: 10 juliol 2024]

VOLVIENDO A LOS ORÍGENES: Construye Tu Propia Cámara de Fotos [en línia] Verónica Espino. *dzoom*. (s.a.).

< <https://www.dzoom.org.es/volviendo-a-los-origenes-construye-tu-propia-camara-de-fotos/> > [Consulta: 9 juliol 2024]

Figures

Fig 6.1 - Art & Museum. Crear una cámara oscura.

< <https://artmuseum.es/crea-una-camara-oscura/> > [Consulta: 19 agost 2024].

Fig 6.2 - Aparatos Tecnicos. Caja oscura para calco.

< <https://aparatostecnicos.blogspot.com/2018/08/caja-oscura-para-calco.html> > [Consulta: 19 agost 2024]

Fig 7.1 - Wahsa Ca. A Visit to See the World's Oldest Existing Photograph Shadows and Light.

< <https://wehsa.ca/au/view-from-the-window-at-le-gras.html> > [Consulta: 15 agost 2024]

Fig 7.2 - Wahsa Ca. A Visit to See the World's Oldest Existing Photograph Shadows and Light.

< <https://wehsa.ca/au/view-from-the-window-at-le-gras.html> > [Consulta: 15 agost 2024]

Fig 8.1 - Foto Voyage. The daguerreotype camera 1839.

< <https://www.fotovoyage.com/the-daguerreotype-camera-1839/> > [Consulta: 19 agost 2024]

Fig 8.2 - Scar Chapman. History of photography; calotype camera.

< <https://scalar.chapman.edu/scalar/ah-331-history-of-photography-spring-2021-compendium/media/calotype-camera> > [Consulta: 19 agost 2024]

Fig 8.3 - Pinterest. Cámara de fuelle para placas de 1900.

< <https://es.pinterest.com/pin/252412754104306996/> > [Consulta: 20 agost 2024]

Fig 8.4 - Edison Tilfoil. The original Kodak 1888.

< <https://edisontinfoil.com/kodak/original.htm> > [Consulta: 20 agost 2024]

Fig 8.5 - Cambi. Macchina fotografica a soffietto (campagnola) T. Calafati, Livorno.

< <https://www.cambiaste.com/it/asta-0265/macchina-fotografica-a-soffietto-campagnola--154791> > [Consulta: 20 agost 2024]

Fig 8.6 - Wikipedia. Zeiss ikon box tengor.

< https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Zeiss_ikon_box_tengor_sst.jpg > [Consulta: 20 agost 2024]

Fig 8.7 - Fotographiqa. A Guide For Beginners: Which 35mm Rangefinder Camera Should I Buy?

< <https://fotographiqa.tumblr.com/post/19627164202/a-guide-for-beginners-which-35mm-rangefinder> > [Consulta: 20 agost 2024]

Fig 8.8 - Wikipedia. A Rolleiflex 2.8 F.

< https://en.wikipedia.org/wiki/Rolleiflex#/media/File:Rolleiflex_f2-8-F.jpg > [Consulta: 20 agost 2024]

Fig 8.9 - Collection Appareils. Ihagee Exakta Varex.

< https://www.collection-appareils.fr/x/html/appareil-20406-Ihagee_Exakta%20Varex%20.html >
[Consulta: 20 agost 2024]

Fig 8.10 - Dominic Winter Auctioneers. Polaroid SX-70 Instant Land Camera, tan leather, the world's first folding SLR camera.

< <https://www.dominicwinter.co.uk/Auction/Lot/236-polaroid-sx-70-instant-land-camera-tan-leather-the-worlds-first-folding-slr-camera/?lot=367995&sd=1> > [Consulta: 20 agost 2024]

Fig 8.11 - Dotti Forografia. Minox 35 GT.

< <https://www.fotodotti.it/prodotti/minox/fotocamere/usato/minox-35-gt-35gt-35-gt-decade-edition-perfetta-e-funzionante-rara-da-collezione.html> > [Consulta: 20 agost 2024]

Fig 8.12 - Shutterstock. Antigua cámara de video Super 8mm.

< <https://www.shutterstock.com/es/image-photo/antique-super-8mm-film-video-camera-48783691> > [Consulta: 20 agost 2024]

Fig 12.1 - Blog del Fotógrafo. Distancia Focal.

< https://www.blogdelfotografo.com/distancia-focal/#google_vignette > [Consulta: 21 agost 2024]

Fig 13.1 - Blog del Fotógrafo. Distancia Focal.

< https://www.blogdelfotografo.com/distancia-focal/#google_vignette > [Consulta: 21 agost 2024]

Fig 14.1 - Mott Photography. El diafragma en la fotografía.

< <https://mott.photography/el-diafragma-en-la-fotografia-que-es-y-cual-es-su-funcion/> > [Consulta: 25 agost 2024]

Fig 15.1 - Blog del Fotógrafo. Apertura de Diafragma.

< <https://www.blogdelfotografo.com/apertura-diafragma/> > [Consulta: 23 agost 2024]

Fig 16.1 - Filmmaking. Aperture/Iris. < <https://ifilmmaking.net/video-101-depth-of-field/> >
[Consulta: 24 agost 2024]

Fig 18.1 - Astro Backyard. ISO and Astrophotography.

< <https://astrobackyard.com/iso-astrophotography/> > [Consulta: 27 agost 2024]

Fig 18.2 - Fix the photo. ISO in Photography. < <https://fixthephoto.com/iso-in-photography.html> >
[Consulta: 27 agost 2024]

Fig 19.1 - Pròpia

Fig 19.2 - Pròpia

Fig 19.3 - B&C Camera. What is the Exposure Triangle — Aperture, ISO & Shutter Speed.

< <https://store.bandccamera.com/blogs/how-to/what-is-the-exposure-triangle-aperture-iso-shutter-speed> > [Consulta: 27 agost 2024]

Fig 21.1 - Visual Education. Shutter Speed.

< <https://visualeducation.com/photography-course/shutter-speeds/> > [Consulta: 25 agost 2024]

Fig 21.2 - Blog del Fotógrafo. Velocidad de Obturación.

< <https://www.blogdelfotografo.com/velocidad-de-obturacion/> > [Consulta: 25 agost 2024]

Fig 25.1 - Pròpia

Fig 25.2 - Pròpia

Fig 26.1 - Pròpia

Fig 26.2 - BidiQR. Creador de codis QR. n.d. < <https://go.bidiqr.com/> > [Consulta: 12 octubre 2024]

Fig 27.1 - Pròpia

Fig 27.2 - Pròpia

Fig 27.3 - Pròpia

[Nota]: Totes les figures dels apartats 4.1.2 i 4.2 (sense subapartats) són pròpies. (pàg. 28-37)

Fig 38.1 - Codisur. Kit 3 Filtros Camara Reflex Uv + Cpl + Fluorecente.

< <https://codisur.com.ar/producto/kit-3-filtros-camara-reflex-uv-cpl-fluorecente-estuche/> > [Consulta: 3 setembre 2024]

Fig 38.2 - Genbeta. Cómo buscar la mejor cámara de un móvil por menos de 300 euros.

< <https://www.genbeta.com/n/como-buscar-la-mejor-camara-de-un-movil-por-menos-de-300-euros> > [Consulta: 3 setembre 2024]

Fig 39.1 - Foto321. Cómo corregir las dominantes de color con filtros de corrección.

< <https://foto321.com/blog/tutoriales/corregir-dominantes-filtros-correccion/> > [Consulta: 3 setembre 2024]

Fig 40.1 - Pròpia

Fig 40.2 - Pròpia

Fig 40.3 - Pròpia

Fig 41.1 - Foto Camaras. Conoce el sensor de imágenes de tu cámara digital.

< <https://www.fotocamaras.com/conoce-el-sensor-de-imagenes-de-tu-camara-digital/> > [Consulta: 3 setembre 2024]

Fig 41.2 - Wikipedia. Formato de 35 mm. < https://es.wikipedia.org/wiki/Formato_de_35_mm > [Consulta: 3 setembre 2024]

Fig 41.3 - Pròpia

Fig 41.4 - Pròpia

Fig 42.1 - Pròpia

Fig 42.2 - Pròpia

Fig 42.3 - Pròpia

Fig 42.4 - Pròpia

Fig 42.5 - Pròpia

Fig 42.6 - Pròpia

[Nota] A partir de la pàgina 42 totes les Figures són Pròpies.