

APUNTES DE FOTOGRAFÍA

Sobre la exposición

Francisco Bernal Rosso

COPYRIGHT

Apuntes de fotografía. Cuaderno nº I. Sobre la exposición. Marzo 2000. V.1.0.0

Edita: FBR. 31332525Q. El Puerto de Santa María, Cádiz, 2000.

Copyright, del cuaderno N° I, Francisco Bernal Rosso, 2000.

Copyright, de la colección, Francisco Bernal Rosso, 2000.

La colección Apuntes de fotografía es una colección de cuadernos sobre técnica fotográfica que pretende servir para la formación, consulta y referencia técnica en fotografía en sentido amplio. La distribución o simple copia de la misma está sujeta a las siguiente

LICENCIA DE USO

1 Quedan reservados todos los derechos según dicta la ley de protección de la propiedad intelectual con las excepciones referidas más adelante allí donde fuera aplicable, así como las correspondientes leyes donde no lo fueran. Caso de no existir una ley sobre protección de la propiedad intelectual, el único documento limitador del uso de los cuadernos de fotografía será la presente licencia.

2 La versión electrónica de la colección puede ser distribuida libremente sin necesidad de requerir permiso del autor ni del propietario del copyright siempre y cuando dicha distribución se haga de forma gratuita. Por la versión electrónica se refiere exclusivamente a los ficheros en formato PDF, quedando las versiones impresas y en otros formatos a tenor de la ley correspondiente. Este permiso sobre la versión en formato PDF se debe entender en el sentido en que se puede realizar una copia impresa personal pero esta copia no puede a su vez distribuirse.

3 Los derechos de venta quedan reservados exclusivamente por el propietario del copyright.

4 Ninguna parte de esta publicación puede ser copiada ni distribuida, por si sola o formando parte de alguna otra colección, de manera que se obtenga una contraprestación económica por la misma sin permiso expreso del propietario del copyright. Quedando por tanto totalmente prohibida la venta de los cuadernos en cualquier formato, medio o soporte sin la debida autorización.

4 Así mismo el propietario del copyright se reserva el derecho de modificación de los textos, ilustraciones o cualquier otro material de que se componga la obra, así como de la apariencia de la misma.

5 Cualquier duda sobre la interpretación de la presente licencia será resuelta sobre la base del texto en español. Estableciéndose como árbitro internacional al respecto la Cámara de comercio de Cádiz, España.

Quedan reservados todos los derechos.

Francisco Bernal Rosso.

Marzo 2000.

e-mail: pacorosso@hotmail.com

PARTE I: Prefacio

Este documento trata sobre la exposición en fotografía. Se centra en la naturaleza de la exposición, la medición de la luz, algunas características del material sensible y de la toma de decisiones teniendo en cuenta todo lo anterior. El documento se divide en 4 partes además del índice:

1. Prefacio: Que es esta que está leyendo en este momento.

2. De que va esto: En esta sección se desarrolla el tema del artículo de una forma simple. Está escrita para personas que quieran iniciarse en fotografía y se centra en las conclusiones y las ideas básicas. Supone la parte acusmática, a un nivel de, por decirlo de algún modo, divulgación.

3. La exposición: Auténtico centro del documento. Trata el tema con mayor profundidad que el anterior, por lo que supone la parte matemática de los conocimientos. Vamos a razonar sobre hechos físicos y tratar de obtener nuestras propias conclusiones. Está destinado a personas con conocimientos previos de fotografía.

4. Cálculos justificativos: En esta última sección se desarrollan matemáticamente las fórmulas empleadas en el texto de manera que supone una justificación de las mismas.

PARTE II: De que va esto

Que es la exposición

La exposición es la cantidad de energía luminosa que alcanza al material sensible. En fotografía se emplea como medida el producto de la iluminación en lux por el tiempo que ésta actúa (en segundos) y carece de unidades propias. De manera que la exposición la medimos en lux por segundo.

No se trata solo de cuanta luz llegue sino además de cuanto tiempo está llegando.

De manera que para modificar la exposición podemos actuar sobre la cantidad de luz o sobre el tiempo que actúe. La luz que nos interesa es la que entra en la cámara no la que cae sobre la escena, aunque claro está que aquella depende de esta.

Existen dos dispositivos en las cámaras que permiten controlar la exposición son el diafragma y el obturador. El diafragma es como una ventana que según esté mas abierta o cerrada deja pasar distintas cantidades de luz. El obturador es una puerta que se abre completamente dejando pasar la luz filtrada por el diafragma y que se mantiene abierta durante un espacio de tiempo determinado.

Reciprocidad y error de reciprocidad

Según sea el material sensible de que dispongamos reaccionará de diferente forma ante la luz: en las películas químicas hay una reacción que va a tener como resultado la creación de plata metálica que varía la transparencia de la emulsión, en un sensor eléctrico se genera una tensión o una corriente como respuesta a la luz.

Normalmente el resultado depende solo de la exposición, o sea del producto de la cantidad de luz por el tiempo, así si aumentamos al doble la luz y disminuimos el tiempo a la mitad el resultado será el mismo.

Por ejemplo si damos 100 lux durante una centésima de segundo tendremos una exposición de $100 \times 0,01$ o sea 1. Si subimos la luz al doble y el tiempo a la mitad tendremos $200 \times 0,005$ que vuelve a ser 1. Lo contrario también vale, si, por ejemplo bajo la luz a 50 lux y subo el tiempo a 0,02 el efecto vuelve a ser el mismo: 1. Esto se denomina reciprocidad y es mas o menos verdad aunque no siempre. Cuando no se cumple esta relación de subir uno y bajar otro se dice que estamos ante el fallo de reciprocidad. Esto se produce cuando la cantidad de luz es muy baja, demasiado alta o cuando el tiempo de obturación es demasiado grande o demasiado pequeño. Normalmente la película que nos venden de tipo *luz día* cumple la relación de reciprocidad para tiempos de obturación entre 1/10 de segundo y 1/10.000, por lo que en la práctica solo debemos preocuparnos cuando hagamos fotos con tiempos de obturación mayores de una décima de segundo. La corrección depende de la película y normalmente consiste en exponer aún mas tiempo. Por ejemplo puede ser necesario para una

exposición original de 1 segundo dar segundo y medio.

Los controles de la exposición

El diafragma

El diafragma es un dispositivo mecánico que controla la cantidad de luz que llega al material sensible. El más habitual es el diafragma de iris consistente en unas palas colocadas en círculo dejando un hueco en su interior. Este hueco cambia de tamaño según ajustemos el diafragma.

El diafragma se identifica mediante una serie de números denominados *números f*.

La serie principal de diafragmas es la siguiente:

1 1'4 2 2'8 4 5'6 8 11 16 22 32 45 64

Puede haber números más bajos, más altos e intermedios. Según sea más bajo el número mayor cantidad de luz entra. El diafragma siempre está asociado a un objetivo, de manera que cuanto más bajo es el número más *luminoso* es el objetivo, es decir más luz deja pasar.

entre dos números consecutivos de la serie anterior hay el doble de luz si bajamos y la mitad si subimos. Así si un diafragma 2 nos da una cierta cantidad de luz el diafragma 2'8 deja pasar la mitad y el 1'4 el doble. A esta cantidad doble o mitad se le conoce como *paso*. La serie anterior abarca por tanto 12 pasos.

La serie comienza con el número 1 y los números siguientes se obtienen multiplicando el anterior por 1'4 (raíz cuadrada de dos).

Lo importante del número f es que caracteriza la luminosidad de un objetivo. Un mismo número f deja pasar siempre la misma cantidad de luz independientemente del objetivo que pongamos.

A mayor número f

mas oscuro

Los números f se calculan dividiendo la *longitud focal* del objetivo entre el diámetro del diafragma. La longitud focal es la característica más representativa de un objetivo y básicamente podemos decir que es a la distancia del centro de las lentes que queda enfocado un objeto cuanto enfocamos a infinito. La longitud focal se mide en milímetros y el diámetro del diafragma también por lo que el número f son milímetros dividido entre milímetros y por tanto no tiene unidades. El diafragma tiene, además de este efecto principal de controlar la cantidad de luz, un efecto secundario consistente en que la zona de la escena que queda enfocada es más profunda conforme el número f es mayor. Así si por ejemplo hemos enfocado a 3 metros con un f:22 pudiéramos tener enfocado todo lo que está desde 1 metro hasta infinito mientras que a f:1'4 y enfocado a 3 metros solo quedan nítidos los objetos situados desde 2'9 a 3'1 m. A esta zona enfocada se le denomina profundidad de campo. Hay otros

efectos pero no vamos a mencionarlos por el momento.

El obturador

El obturador es el dispositivo encargado de dejar pasar la luz durante un tiempo determinado. A menudo se dice velocidad en vez de tiempo. En este artículo emplearé indistintamente el término habitual, aunque erróneo, velocidad y el más exacto de tiempo de obturación. La diferencia entre el obturador y el diafragma es que el obturador está o completamente abierto o completamente cerrado mientras que el diafragma está parcialmente cerrado por lo que controla la cantidad de luz.

Hay al menos 3 obturadores mecánicos populares: el de cortinilla o plano focal, el central y el de sector. Solo vamos a hablar de los dos primeros ya que el tercero se emplea en cámaras de cine.

El obturador plano focal

Un obturador de cortinilla está formado por dos cortinas de tela o metal que dejan una ranura entre sí. Las cortinillas se enrollan en un lado de una ventana rectangular situada frente al material sensible y al disparar se desenrollan pasando al otro lado de la ventana. La ranura deja pasar la luz y expone la película. El tiempo de obturación depende de la velocidad con que las cortinillas pasan de un lado a otro y del tamaño de la abertura. Este tipo de obturador puede no descubrir toda la superficie sensible (el fotograma) de una sola vez por lo que tiene problemas con los flashes que emiten luz durante un corto espacio de tiempo. Sin embargo son capaces de dar exposiciones muy cortas como media milésima de segundo, un cuarto de milésima, hoy día el tiempo más corto que se consigue en cámaras comerciales es 1/12.000 de segundo. Este obturador debe estar montado lo más cerca posible de la película más ser eficaz. Tiene problemas de distorsión con los objetos que se desplacen en la misma dirección y a gran velocidad. Por ejemplo coches de carreras pasando de un lado a otro pueden resultar distorsionados bien alargándose en la foto o bien reduciendo su longitud.

El problema del flash se soluciona estableciendo un tiempo de obturación en el cual la ranura de la cortinilla abarca todo el fotograma. Los tiempos de obturación a emplear son aquellos que sean más grandes que este de sincronización.

El obturador central

Un obturador central es un obturador parecido a un diafragma en su diseño, es decir dispone de una serie de palas que se abren dejando una abertura en su interior, pero al estar colocado cerca del objetivo dejan pasar la luz sobre todo el fotograma.

Son mecanismos lentos que rara vez son capaces de dar tiempos de obturación menor que dos milésimas de segundo (1/500) pero al iluminar todo el fotograma pueden emplearse flashes a cualquier velocidad.

La serie de tiempos

La serie normal de tiempos de obturación empieza con el tiempo de 1 segundo y va reduciéndose en un paso cada vez. Es decir, en la mitad de tiempo. Hoy en día en que estamos acostumbrados a las potencias de dos de la informática la serie de

tiempos puede parecer un tanto errónea, pero es así.

1 ½ ¼ 1/8 1/15 1/30 1/60 1/125 1/250 1/500 1/1000 1/2000 1/4000 1/8000

Prácticamente no hay tiempos menores de 1/8000 exceptuando un par de modelos de cámaras que llegan al 1/12.000

La serie a su vez puede crecer hacia la izquierda subiendo a dos segundos, cuatro, ocho dieciséis, etc...

Durante mucho tiempo han sido muy populares la velocidad de 1/60 para sincronizar los flashes. Hoy día casi todas las cámaras modernas permiten emplear velocidades mas altas 1/90, 1/100, 1/125 y 1/250 son las mas habituales. A la hora de fotografiar un objeto podemos tener en cuenta que debido a los temblores propios del cuerpo las fotos pueden salir movidas si empleamos tiempos muy grandes (velocidades bajas). Se suele decir que no se deben emplear a pulso velocidades que cuyo denominador sea semejante la longitud focal del objetivo que empleemos o menores.

Así si empleamos un objetivo de 50 mm nuestro límite estaría en 1/30. Para un objetivo de 135mm no deberíamos disparar a pulso a menos de 1/60 (1/30 etc...) (menos en el sentido de la serie anterior.

Pares ft

La ley de reciprocidad nos viene a decir que si empleamos una combinación de diafragma y obturación podemos modificar esta siempre y cuando las alteraciones que hagamos a uno de los números en un sentido las compensemos en el sentido contrario con el otro número.

Por ejemplo una escena requiere una exposición de f:5'6 a t:1/30. Entonces el resultado es igual que f:4 (bajamos un paso por la serie de diafragmas) y t:1/60 (subimos por la serie de tiempos el mismo número de pasos). Lo que estamos haciendo en verdad es reducir la cantidad de luz a la mitad y compensar dado el doble de tiempo. Por ejemplo si en el caso anterior tuviéramos un objetivo de 135mm, que como sabemos no podemos disparar a menos de 1/60 deberíamos conseguir al menos un t:1/125. De 1/30 a 1/125 hay dos pasos (véase la tabla) por lo que hay desandar dos pasos en la escala de diafragmas. Así el f:5'6 se queda en f:2'8.

Claro está que no siempre podremos hacer esto. Por ejemplo puede suceder que nuestro objetivo no abra a 2'8 sino a 4. O a un valor intermedio como 3'5.

La sensibilidad

Los materiales sensibles no responden todos iguales a la luz. Algunos se ponen oscuros con una cantidad de luz mientras que otros, para alcanzar el mismo grado de oscuridad (densidad) necesitan mas luz. A esto nos referimos diciendo que ambos materiales tienen distinta sensibilidad.

A mayor sensibilidad la película necesita menos luz para hacer la misma foto.

Existen muchas maneras de medir la sensibilidad pero comercialmente hoy por hoy solo se emplean 3. Aunque en muchos sitios leeremos que solo 1.

Las películas vienen marcadas en grados ISO que consisten en dos números separados por una barra. Estos dos números son los grados ASA y DIN respectivamente. Veamos esto: el organismo normalizador en los EEUU se denomina ANSI. ANSI es una organización que se dedica a dar normas sobre productos industriales, el American National Standards Institute, Instituto de normalización americano. ANSI comenzó a llamarse así en 1972. Hasta entonces se denominaba ASA (American Standards Association). Su nombre perduró como ASA debido a lo popular que se hizo su

norma sobre sensibilización de películas. Por tanto ASA son las normas americanas. DIN es el Instituto de normalización alemán. El Deutsche Institute für normung. Por tanto el organismo encargado de normalizar los productos y las actividades industriales en Alemania. Su norma DIN sobre sensibilidad de fotografía se hizo muy popular en Europa.

En contra lo que a menudo se cree las sensibilidades ASA y DIN no han dejado de existir Normas vigentes en EEUU y en Alemania son las correspondientes a sus institutos nacionales. ANSI (que los fotógrafos llamamos todavía por el nombre antiguo ASA) y DIN. Sin embargo hay un tercer instituto internacional que es el ISO. ISO es una federación de organismos, una especie de club de la que son miembros tanto ANSI como DIN como muchos otros institutos nacionales (España por ejemplo participa con sus normas UNE). Como instituto internacional ISO no puede obligar a emplear una norma en un país. Eso solo lo puede hacer el instituto nacional correspondiente. Sin embargo industrialmente se ha llegado al acuerdo de etiquetar el material fotográfico con los números correspondientes a la norma ANSI y la DIN.

La serie ASA

La serie ASA comienza en el valor 12 y va creciendo doblándose. Entre cada dos números hay el doble de sensibilidad. Así ASA 25 es el doble de sensible que ASA 12. El doble de sensible significa que se obtiene el mismo resultado con la mitad de exposición.

La serie es:

12 25 50 100 200 400 800 1600 3200

Los valores por debajo de 100 se dice que son poco sensibles. de 100 a 200 hablamos de sensibilidad media y para mas de 400 de alta sensibilidad.

Si por ejemplo tenemos una escena que requiere f:8 con t:1/125 para una película de sensibilidad ASA 100. Si empleamos una película de sensibilidad 400, dos pasos mas alta, deberíamos corregir la exposición cerrando dos puntos. Oséa dejando pasar menos luz o durante menos tiempo. Por ejemplo podemos disminuir la luz cerrando dos pasos el diafragma

f:16 t:125

O bien reduciendo el tiempo de obturación:

f:8 t:500

O bien cerrando un paso el diafragma y otro la velocidad:

f:11 t:1/250.

Como se ve las combinaciones posibles son casi infinitas.

Existen pasos intermedios normalmente denominados tercios de paso. Una serie completa de sensibilidad ASA incluyendo los tercios de paso es esta:

25 32 40 50 64 80 100 125 160 200 250 320 400 500 640 800

Se da esta serie de tercios de paso ya que comercialmente se venden películas con

esas sensibilidades.

La escala DIN

La escala alemana DIN es algo distinta. Es una escala que dobla la sensibilidad cada 3 unidades, de manera que cada unidad equivale a un tercio de paso. La escala normal DIN es:

12 15 18 21 24 27 30

La relación entre las escalas DIN y ASA es la siguiente:

ASA	DIN
12	12
25	15
50	18
100	21
200	24
400	27
800	30
1600	33

Como se ve la única coincidencia corresponde al valor ASA 12 DIN 12. La sensibilidad ISO para una película de ASA 100 se escribiría ISO 100/21.

La escena bajo la luz

El contraste

Un objeto recibe luz y absorbe una parte reflejando el resto. De la parte que absorbe otra parte la puede transmitir a través de él, otra dejarla pasa “al otro lado” y otra simplemente convertirla en calor (osea perderla). Si el objeto deja pasar la luz a su través decimos que es transparente (o al menos translúcido). Dependiendo de la luz que refleje lo veremos como mas claro o mas oscuro. Incluso dependiendo de la luz que refleje lo veremos de un color o de otro. Al respecto hay que recordar que los objetos se limitan a reflejar los colores pero que estos no están el los objetos. Así si tenemos un cacharro que a la luz del sol se ve rojo, si lo ponemos bajo una luz que no emite color rojo el objeto no lo veremos rojo, mas bien lo veremos negro.

Pero por ahora no nos interesan los colores sino el brillo. Lo claro u oscuro que sea el objeto.

De esta manera la escena tiene una gama de tonos, de brillos, que queremos fotografiar. A esta gama de tonos se denomina contraste de la escena. Hay dos maneras clásicas de referirse al contraste. Una es dividiendo los brillos máximo y mínimo que hay en la escena. Esto se hace empleando las unidades físicas de brillo pero como se trata de una división las unidades se simplifican y no se mencionan (se llaman apostilbs). Por ejemplo: una hoja de una revista refleja el 80% de la luz que le llega mientras que la tinta negra de las letras refleja el 4%. Así el contraste de la hoja es de 90:4. También podemos escribir 4:90. La otra manera de hablar es diciendo el número de pasos que hay. La forma correcta de calcularla es haciendo el logaritmo en base dos de la relación de luces. Pero para esto necesitamos una calculadora científica. Podemos aproximar el valor por la cuenta de la vieja: simplemente vamos subiendo paso a paso, en nuestro ejemplo partimos de 4 y vamos subiendo.

4 8 16 32 64 128 nos colamos. Así que nos quedamos con el 64. Como vemos hemos tenido que subir 4 veces hasta 64. Luego son 4 pasos y pico. El pico pode-

mos obtenerlo (en este caso) viendo que 64 y 100 son números de la serie de sensibilidad ASA. En la serie de tercios de paso veíamos que había las siguientes sensibilidades: 64 80 100. O sea dos tercios de paso. Luego la relación de brillos (o de luces) 90:4 es equivalente a 4 pasos y dos tercios. Por lo general nos interesa aproximarnos con un error máximo de 1 tercio por lo que podíamos haber dicho simplemente 4 pasos y medio.

Contraste de medio

Cada medio gráfico tiene un contraste característico. Por ejemplo en vídeo se codifica la señal de manera que los negros estén a un 3% y los blancos a un 60%. Con lo que el contraste es de 60:3 o lo que es lo mismo 20:1. Esto significa que las partes mas claras de la escena pueden ser como mucho 20 veces mayores que las partes mas oscuras. Por ejemplo si la hoja anterior la filmáramos en vídeo el contraste sería excesivo. Como solo teníamos texto y fondo no hay problema pero si hubiera un dibujo con un gris, por ejemplo del 75% este tono de gris se confundiría con el fondo (de 80%) ya para el vídeo todo lo que esté por encima de un brillo del 60% es blanco.

A esto es a lo que denominamos contraste de medio o también rango dinámico.

Algunos valores de contraste son:

Medio	Relación de luces
Vídeo	20:1
Negativo color	500:1
Negativo BN	1000:1
Diapositiva color	180:1
Papel BN	80:1
Papel imprenta malo	4:1
Papel imprenta medio	8:1
Papel imprenta bueno	16:1
Ojo estáticamente	100:1

Se suele decir que la escena no debe tener mas de 6 pasos para hacer fotografía en negativo y si se va a tirar para una revista 4 pasos.

Estas cantidades son típicas pero casos concretos pueden exceder o no llegar. Lo que tenemos que tener en cuenta es que el contraste de la escena no sea mayor que el del medio. Por ejemplo si la escena tiene una relación de luces de 7 pasos y vamos a hacer una foto para un periódico, que emplean papel malo, con un contraste de 2 pasos los tonos claros se van a confundir así como los oscuros. Podemos tomar decisiones sobre esto y mediante un ajuste apropiado de diafragma y obturador conseguir que se diferencien tonos o claros u oscuros. pero no los dos a la vez.

Para conseguir que el contraste de la escena coincida o sea menor que el del medio hay que recurrir a técnicas como añadir luz a la escena (luz de relleno), emplear un revelado adecuado (por ejemplo haciendo uso del sistema de zonas) o algún método similar (revelados por rehalogenación, prevelados etc...).

La medición y el gris medio

Normalmente disponemos de un aparato, el fotómetro, que nos dice la exposición necesaria para una escena. Mas adelante hablaremos de los fotómetros pero por ahora vamos a suponer que medimos con el fotómetro de la cámara. Al medir desde la cámara lo que medimos es la cantidad de luz que refleja la escena. Pero no sabemos si esa luz proviene de cuerpos claros u oscuros. Por ejemplo: una hoja blanca

refleja el 90% de la luz que le llega. Estamos en interior y caen 100 lux. Se refleja el 90% o sea 90 apostilbs. No nos interesan las unidades sino los números, no se preocupe por los nombres raros solo fíjese en las cantidades. Ahora nos vamos a la calle con 10.000 lux y ponemos un paño negro del 4%. El paño negro refleja el 4% de 10.000 que son 400 apostilbs. O sea que el paño negro en exterior es mas blanco que la hoja blanca en interior. Nosotros tenemos una serie de recursos mentales que siguen viendo como negro el paño aun cuando brille 4'5 veces mas que el papel. Sobre todo porque el paño negro del exterior no está solo y podemos comparar inconscientemente.

Pero los fotómetros no tienen cultura. Lo blanco queremos que se exponga como blanco y lo negro como negro. Los fotómetros sin embargo lo ven todo gris. Normalmente como un gris del 18%. Lo que se llama normalmente el gris medio fotográfico, aunque de hecho no es un gris medio. Es muy popular la errónea creencia de que una escena "típica" tiene blancos y negros y el valor medio es un gris del 18%, pero esta creencia no es correcta. De cualquier manera a nosotros lo que nos interesa es saber que el fotómetro lo ve todo gris. De un gris aunque no sea el de en medio, y saber, sobre todo, cual es este gris. Por que así podemos comparar.

La lectura del fotómetro debe ser corregida: oscuro menos exposición, claro mas exposición.

Si tenemos un objeto gris, el fotómetro lo va a colocar en el lugar adecuado de la escala de contraste del material sensible, y si no lo va a colocar muy cerca. Pero si tenemos un objeto muy claro la exposición que nos va a dar es errónea ya que si hiciéramos la foto obtendríamos una imagen oscura del objeto.

Es muy normal que las fotos hechas en la nieve con cámaras automáticas estén oscuras. La nieve es blanca pero la cámara no lo sabe así que da la exposición para que salga de un gris medio. Lo mismo sucede si fotografiamos un objeto de madera negra: el fotómetro se cree que es gris y lo que hace es sacar mas claro el objeto.

Para evitar esto hay que compensar. Abriendo diafragma cuando el objeto sea blanco y cerrando cuando sea negro.

Ejemplo de cálculo

La forma correcta de hacerlo sería ver cual es la diferencia entre el gris del objeto que queremos fotografiar y el gris medio del 18%. Por ejemplo, imaginemos que en

el caso anterior de la hoja y el paño tenemos la siguiente exposición:

1. *Para la hoja blanca: f:2.8 t:1/15. Ahora bien como la hoja refleja el 90% y la medición se hace suponiendo que es el 18% tenemos que saber la diferencia en pasos. En luces la diferencia es de 90:18 que es lo mismo que de 5:1. El número de pasos por la cuenta de la vieja es : a partir de 1 subir doblando hasta acercarnos por debajo a 5. O sea: 1 2 4. Dos pasos y pico así que ponemos medio paso para el pico. (Realmente son dos pasos y 1/3). De manera que para que el papel blanco salga blanco y no gris debemos aumentar la exposición en 2 pasos y un tercio. Para eso podemos abrir el diafragma 2 pasos y dejarlo en 1'4 (si es que tenemos este diafragma) con lo que nos quedamos con un valor casi corregido ya que deberíamos haber abierto $2 + 1/3$. Pero como el error es pequeño podemos admitirlo. Si no tenemos un f:1'4 podemos alargar el tiempo de obturación empleando un trípode.*
2. *Por su parte para el paño negro del exterior podemos hacer lo siguiente. Vamos a suponer que la exposición recomendada por el fotómetro es de f:5'6 a t:1/125. Esto nos dejaría el negro del paño bastante clarito. Vamos ver la diferencia entre el paño y el gris medio. El paño refleja el 4% de la luz que le llega. Así que la relación de luces es de 18:4 o lo que es lo mismo de 9:2.*
3. *Subiendo de 2 hasta 9 tenemos 2 4 8 dos pasos y algo. Así que como la exposición 5'6 1/125 nos deja dos pasos mas de luz de lo que debe, por eso se ve mas claro el paño, de forma que lo que tenemos que hacer es cerrar la exposición para que llegue menos luz. Por ejemplo podemos cerrar el diafragma a f:11 y t:1/125 o poner f:5'6 t:1/500 o f:8 y t:1/250.*

Ajustes comunes

Todo esto está muy bien pero normalmente no sabemos cuanta luz refleja un cuerpo. Hay maneras de saberlas, pero no vamos a entrar en ellas (las veremos en la sección dos), decir solo que consisten en medir un gris del 18%, el objeto que queremos y ver la diferencia entre ambas medidas.

Hay sin embargo unas tablas que provienen del sistema de zonas. El sistema de zonas es una manera de trabajar en blanco y negro para adecuar el contraste de la película al de la escena. Actúa en dos fases, en la primera se hace lo que hemos visto mas arriba: ver los tonos y decidir la exposición. En la segunda fase se revela la película para hacer corresponder las características de esta (dependientes del revelado) con la escena. En esta segunda fase se busca fundamentalmente que los extremos de la escena (la parte mas oscura y mas clara) no queden sin detalle por el problema visto anteriormente de pasarnos de contraste.

Esto es el sistema de zonas. Ver, decidir y actuar en consecuencia. Decidir como disparar y decidir como revelar. El sistema de zonas tiene un vocabulario propio que podemos aprovechar para medir las luces sin que ello suponga que estemos empleando el sistema de zonas. Hay muchos artículos escritos por ahí que dicen hablar del sistema de zonas cuando en realidad solo hablan de medir la luz. Sin no hay

revelado no hay sistema de zonas. Que nos quede claro de una vez por todas.

La previsualización

El sistema de zonas divide la escala visual en 10 pasos desde el negro mas absoluto al blanco. En el punto medio está la zona V (cinco) que es el gris medio del 18%. Así decimos que el fotómetro mide para la zona V. Normalmente debemos localizar dos partes de la escena: aquella parte oscura en la que queremos que haya de talle y aquella parte clara en la que queremos que haya detalle. Es decir, el negro que no es el mas negro de los que podemos conseguir y el blanco algo menos blanco que el mas blanco. Normalmente se eligen en zona III y VII.

Podemos escribir una tabla de previsualización que consiste en una lista de cosas y en que zona queda. Si nos encontramos con una de estas cosas podemos medirla con el fotómetro y restar el número de su zona de 5. El valor de la diferencia es el ajuste a hacer en la cámara.

ZONA	Objeto	Corrección	Ejemplo. medición a f:5'6 t:1/125
I	Casi negro. Habitaciones sin luz. Bosque.		
	Sombras con poca luz.	Cerrar 4 pasos.	f:22
II	Se adivinan las texturas.	Cerrar 3 pasos.	f:16
III	Sombras con textura.	Cerrar 2 pasos.	f:11
IV	Follaje oscuro. Piedra oscura. Sombras en paisajes y edificios.	Cerrar 1 paso.	f:8
V	Gris medio 18%. Piel bronceada al sol. Follaje claro. Cielo claro.	Sin corrección.	f:5'6
VI	Piel blanca al sol. Nieve en sombra. Hormigón con cielo nublado.	Abrir 1 paso.	f:4
VII	Blancos con textura. Vestido de novia con encajes. Piel pálida con luz difusa. Nieve con luz rasante. Cemento claro.	Abrir 2 pasos.	f:2'8
VIII	Últimas texturas. Superficies brillantes. Nieve con luz plana.	Abrir 3 pasos.	f:2
IX	Reflejos especulares y cromados. Luces sin textura.	Abrir 4 pasos.	f:1'4

El uso de la tabla es simple. Por ejemplo tenemos que las sombras en un paisaje son zona IV. Luego si dirigimos la cámara hacia una sombra y tenemos que la exposición es f:4 a t:1/60 solo hay que cerrar 1 paso la exposición. O sea f:5'6 a 1/60.

La latitud de exposición

Todo lo anterior está muy bien para dejar un solo motivo bien expuesto. Sin embargo a menudo tenemos que trabajar con una escena en la que hay varios motivos de distinto tono. Ya hemos hablado del contraste de escena y hemos visto como si el contraste de escena es mayor que el de medio la escena no se puede reproducir por completo.

En efecto, si la escena tiene 7 pasos entre la parte mas clara y la mas oscura y

empleamos un medio que solo admite 4 pasos resulta que hay 3 pasos de diferencia que quedan fuera de nuestro margen. Si centramos la medida en los valores medios tendríamos 1'5 pasos de la escena por encima de lo que la película dice que son blancos y 1'5 pasos por debajo de los negros.

La latitud de exposición informa en cierto modo sobre el margen de error de que disponemos.

También puede suceder que el contraste de escena sea menor que el de medio. Por ejemplo que la escena haya 3 pasos de diferencia y que empleemos una película con 6 pasos.

Bien, a la diferencia entre el margen dinámico de la escena (el contraste de escena) y el del medio le vamos a llamar latitud de exposición. Esta latitud de exposición nos mide en cierto modo cuanto podemos cambiar la exposición sin afectar negativamente a la reproducción de la escena.

En el segundo caso, 3 pasos en escena y 6 en películas, que por otra parte es muy habitual, la diferencia es de 3 pasos. Eso significa que podemos ajustar la exposición 1'5 pasos por debajo de la medida o por encima sin que las partes mas oscuras se nos vayan por debajo del nivel de los negros o las luces por encima del nivel de los blancos.

En el primer caso no hay tu tía. Lo mas que podemos hacer es conservar las luces sacrificando las sombras o lo contrario, conservar las sombras y matar las luces. Hay por supuesto una tercera vía: no hacer nada y quedarnos sin luces y sin sombras.

Hay que puntualizar que los valores que nos interesan no son los de los objetos mas oscuro y mas claro que haya en la escena sino los de los objetos interesantes mas oscuro y mas claro. Por ejemplo podemos tener reflejos cromados en un exterior, eso sería lo mas claro pero a lo mejor lo que nos interesa como mas claro es el encaje del vestido de la novia. O el detalle de u pelo moreno cuando hay un vestido negro mas oscuro.

Latitud positiva: cuando la escena es mas pequeña que el medio.

Como hemos dicho, en fotografía podemos pensar en términos de 6 pasos de medio si vamos a hacer copias en papel y de 4 pasos si vamos a trabajar con diapositivas o vamos a emplear las fotos para imprenta (el periodismo de diario piensa con 2 pasos y el vídeo con 4).

Si tenemos una escena con 3 pasos, lo que es bastante habitual siempre que no nos metamos en interiores oscuros con ventanas a calles iluminadas (o calles oscuras abiertas a plazas) la diferencia entre 6 pasos de foto y 3 de escena es de 3 pasos. Luego en un campo de 6 pasos 3 están ocupados por la escena. Vamos a suponer que medimos el objeto mas oscuro: f:4 y el mas claro f:11. Vamos a suponer que el objeto claro es un vestido de novia. De inmediato pensamos: zona VII, por tanto hay que abrir 2 pasos el diafragma. No vamos a hacer eso. Vamos a hacerle caso al fotómetro. Como hemos disparado a f:11 el blanco debería salir gris. eso lo podemos corregir en la ampliadora aunque, si trabajamos en color quizás tengamos algún problema con la saturación de los colores, pero si trabajamos en blanco y negro solo hay que dar algo menos de exposición (la falta de exposición del papel compensa la del traje). Como el extremo mas oscuro está 3 pasos por debajo y esa es precisamente nuestra latitud resulta que el objeto mas oscuro sale negro. Pero bien situado.

Si el contraste fuera de un paso más el objeto negro se empastaría.

Vamos a subir el blanco a su sitio. Abrimos dos pasos el diafragma y exponemos con $f:5'6$. Ahora el traje blanco queda en su sitio y el objeto oscuro queda en zona IV. Solo un gris menos que el medio.

Vamos a suponer que medimos un gris medio. Por ejemplo una tarjeta de medida que están hechas expresos y reflejan el 18%. Ahora habría que ver la diferencia entre el objeto más claro y el más oscuro. Vamos a olvidarnos de la novia. Vamos a suponer que lo más claro es ahora solo 1 paso más blanco que el gris medio y que, por tanto, el objeto oscuro es 2 pasos más oscuro que el gris medio. Desde el punto medio hasta el punto más negro posible (no el del objeto sino el que podemos obtener en la película) hay 3 pasos (la mitad del contraste de medio que era de 6 pasos). Con lo que el objeto oscuro queda a solo 1 paso por encima del negro. Esto significa que no debemos cerrar más de un paso ya que si no el objeto oscuro se confundiría con los grises más oscuros que hubiera (recordemos que nos fijamos no en el objeto más negro sino en el más oscuro en el que queremos detalle). Nuestra latitud sería en este caso de 1 paso hacia la subexposición.

Por otra parte como el objeto claro está 1 paso sobre el gris medio aún está a 2 pasos del blanco, por lo que, en principio y atendiendo solo a criterios de densidad (tono de gris y no color) podemos sobreexponer, esto es, aumentar la exposición dos pasos, por ejemplo abriendo el diafragma. Otro tema es que en color, una sobreexposición exagerada (y 2 pasos lo son) produce colores desaturados, por lo que hay que tener esto en cuenta y, en principio, no hay reglas sobre el particular más allá de las de conocer la película que empleamos.

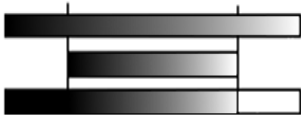
Atardeciendo, un ejemplo final:

Tenemos un atardecer de cielo anaranjado con $f:16$ a $t:1/125$ y una figura a contraluz $f:4$ a $t:1/125$. Total 4 pasos. Podemos centrar la exposición y tirar a $f:8$. Esto nos deja la figura oscura y el cielo algo claro. En cine haríamos esto. Fotográficamente quizás tengamos poco detalle en la figura y se enfaden con nosotros.

Supongamos 6 pasos de foto (de medio). Si exponemos para la figura, o sea disparar a $f:4$, el cielo queda cuatro pasos por encima, o sea uno más allá del blanco. Nos lo hemos cargado. Si exponemos para el cielo y lo colocamos en el punto medio disparando, como antes, a $f:16$ entonces la figura queda a 1 paso por debajo de los negros (cuatro bajo gris medio y los negros están a tres) con lo que tenemos un precioso cielo con una figura opaca recortada. Solo hay que acertar a poner de perfil la figura para obtener una buena foto.

Latitud negativa: cuando la escena es más amplia que el medio.

Esta situación ya es más problemática. En la escena hay 7 pasos y queremos 6. Se da por ejemplo con un retrato junto a una ventana en la que queremos detalle tanto de la habitación interior como de la plaza que se ve por la ventana donde cae con su fuerza un sol de agosto. Vamos a suponer que el interior es $f:2$ a $t:1/60$ y el exterior $f:16$ a $t:1/125$. Podemos pensar de la siguiente manera: vamos a dejar los blancos de la plaza en la parte más alta de la exposición. Si exponemos para el punto medio del margen medido, o sea de $t:1/60$ $f:2$ a $t:1/60$ $f:22$, ajustaríamos a $t:1/60$ $f:5'6+1/2$. Esto deja la plaza medio paso por encima de los blancos y la sala medio paso por debajo de los negros. O sea sin detalle en ninguno de los dos sitios. Vamos a suponer que la luz en la cara del retratado en el lado claro es de $f:5'6$. Este es un buen valor



La línea superior representa el rango de la escena. La línea media el de la película. En este caso hemos situado la exposición de manera que los puntos medios coincidan, lo que es bastante normal si medimos sobre un objeto mas o menos gris medio.

La línea inferior representa los tonos realmente obtenidos. Como se puede apreciar la película impone dos cortes, uno por encima y otro por debajo. Todo lo que está por encima y por debajo de estas líneas de corte (las porciones que en la línea inferior sobresalen de la media) se quedan blanca, la superior y negra la inferior, con lo que perdemos todos los tonos correspondientes de la escena. Los que vemos en los salientes de la línea superior.



Este es el ajuste contrario al anterior. Hemos colocado las luces de la escena en la parte alta, con las luces de la película pero hemos perdido las sombras. Todos los tonos oscuros que son los que están en el tramo que sobresale por la izquierda de la banda superior se representan como un solo tono negro en la imagen final (banda inferior).

dan 3 pasos por debajo. Justo lo que necesitamos. Las sombras de la sala están en el mismísimo borde de negros. Podemos incluso abrir algo la exposición, poniendo por ejemplo $f:4+1/2$, para elevar obtener algo mas de detalle en las sombras sin afectar notoriamente al retrato. Las luces, por supuesto están 4 pasos por encima del gris y por tanto uno mas allá de los blancos: osea que hemos lavado las luces.

Por su parte si queremos conservar las luces tenemos que ajustarlas lo mas posible a



En este caso hemos ajustado las sombras de la escena (banda superior) con las sombras de la película (banda media). De esta manera conseguimos una buena reproducción de estas pero las luces de la escena quedan por encima de las posibilidades de la película., por

lo que todos los tonos de la escena (banda superior) que son mayores que los límites de la película, osea el tramo de la banda superior que sobresale por la derecha de la película se representa mediante tonos blancos (la parte de la banda inferior que sobresale por la derecha de la gama de la película).

medio. Así que la plaza está de $5'6$ a 22 , osea 4 pasos por encima de la cara mientras que el interior está a 3 pasos. Ya sabemos que nos sobra un paso. Hay que elegir: o la plaza o la sala.

Si nos quedamos con la sala lo que tenemos

que pensar es que margen nos queda en la foto. Veamos teníamos que en la foto disponemos de 6 pasos y el centro es el $f:5'6$ de la cara. Luego que-

dan 3 pasos por debajo. Justo lo que necesitamos. Las sombras de la sala están en el mismísimo borde de negros. Podemos incluso abrir algo la exposición, poniendo por ejemplo $f:4+1/2$, para elevar obtener algo mas de detalle en las sombras sin afectar notoriamente al retrato. Las luces, por supuesto están 4 pasos por encima del gris y por tanto uno mas allá de los blancos: osea que hemos lavado las luces. Por su parte si queremos conservar las luces tenemos que ajustarlas lo mas posible a la zona alta. Para que la luz quede justo en el límite de blancos el gris medio debe quedar tres pasos por debajo. Como hemos medido el gris medio está cuatro pasos. De manera que debemos subexponer la cara el paso de diferencia. Así damos una exposición de $f:8$ con lo que la cara ($5'6$) queda algo mas oscura mientras que las luces ($f:22$) quedan en su sitio.

RESUMEN

1. ¿Donde están las sombras?
2. ¿Donde quiero las sombra en la foto?
3. ¿Donde están las luces?
4. ¿Donde quiero las luces en las fotos?
5. ¿Que debo hacer para conseguirlo?

PARTE III: Estudio de la exposición

La exposición en la cámara

De la luz que expone

La exposición, como se sabe es el producto de la luz que llega a la película por el tiempo que actúa.

Si en la escena hay un objeto de reflectancia r iluminado por E_e lux este objeto refleja una cantidad de luz en el interior de la cámara que vale:

$$E_c = \frac{r \cdot E_e}{4 \cdot f^2}$$

Donde r es la reflectancia del objeto, o sea el tanto por uno de luz que refleja. E_e es la iluminación de la escena en lux. f el número f ajustado en el objetivo y E_c la iluminación, en lux en el interior de la cámara.

Estrictamente hablando esta ecuación solo sirve para el caso en que el objetivo esté enfocado a infinito. Si no es así entonces la ecuación sería la mas general siguiente:

$$E_c = \frac{r \cdot E_e}{4} \cdot \left(\frac{\phi}{d} \right)^2$$

Donde ahora d es la distancia del centro óptico del objetivo al plano de la película y ϕ es el diámetro del cono de luz interceptado por el diafragma. En el caso en que el objetivo se enfoque a infinito d pasa a ser la distancia focal y por tanto el paréntesis se convierte en la inversa del número f .

Del brillo de los objetos

Como se ve la iluminación de la película depende linealmente de la reflectancia del objeto fotografiado. Esto significa que si el objeto refleja el doble de luz a la película llega el doble de luz de manera que podemos sustituir las relaciones de luz y los contrastes en la película por las relaciones de brillo de la escena. De hecho a menudo hablamos de relaciones de luz en la escena sin tener en cuenta los tonos de los objetos. La ecuación anterior pone de manifiesto que la exposición depende del tono del objeto (entendiendo por tono lo claro u oscuro que sea) y de la luz que lo ilumina. A estos dos parámetros en conjunto es a lo que llamamos brillo. Por tanto vamos a diferenciar dos tipos de brillo: el brillo propio que depende del factor de reflexión r del objeto, o sea el tono, y del brillo inducido que depende solo de la cantidad de luz que ilumina al objeto. A la unión de estos dos brillos la vamos a denominar brillo arrojado o simplemente brillo.

Cuando hablemos de contraste de escena nos vamos a referir no a la relación entre las fuentes de iluminación que haya sino a la relación de luces que hay en la película, es decir a la relación de brillos. Por ejemplo, tenemos una calle en sombras y al fondo una plaza iluminada por el sol. La calle nos mide $f:2'8$ y la plaza $f:11$. El contraste de luces es de 4 pasos. Sin embargo si en la calle tenemos un objeto negro con

un factor de reflexión del 4% y en la plaza un objeto blanco con un 80 % tendríamos un contraste mas acusado. A saber: el negro de la calle tiene una relación de luces de 18:4 (que es lo mismo que 9:2) con la medida. Esta relación de luces equivale a dos pasos y un sexto (en una calculadora científica hacemos: $19 / 2 \log / 2 \log$). Luego el negro está 2 pasos y un sexto por debajo de la calle. El objeto blanco esta a una relación de luces 80:18 (o sea a 40:9) que son 2 pasos y un sexto por encima del valor de la calle. (Nuevamente para calcularlo hacemos $40 / 9 \log / 2 \log$). Luego del objeto negro al blanco hay 4 pasos de luces más 4 pasos y dos sextos, que son ocho pasos y un tercio. Este es el contraste real.

La exposición recomendada

Estudio de una curva característica

Veamos la curva característica de un material sensible. Vamos a traer la curva característica de un negativo en blanco y negro pero lo que digamos en realidad puede ser dicho sobre cualquier otro tipo de sensor.

La curva que se muestra a continuación pertenece a una película de baja sensibilidad en blanco y negro. En concreto de la Agfapan APX 25, de sensibilidad ISO 21/15. Sobre esta curva he representado ciertos valores y rangos que me parecen interesantes.

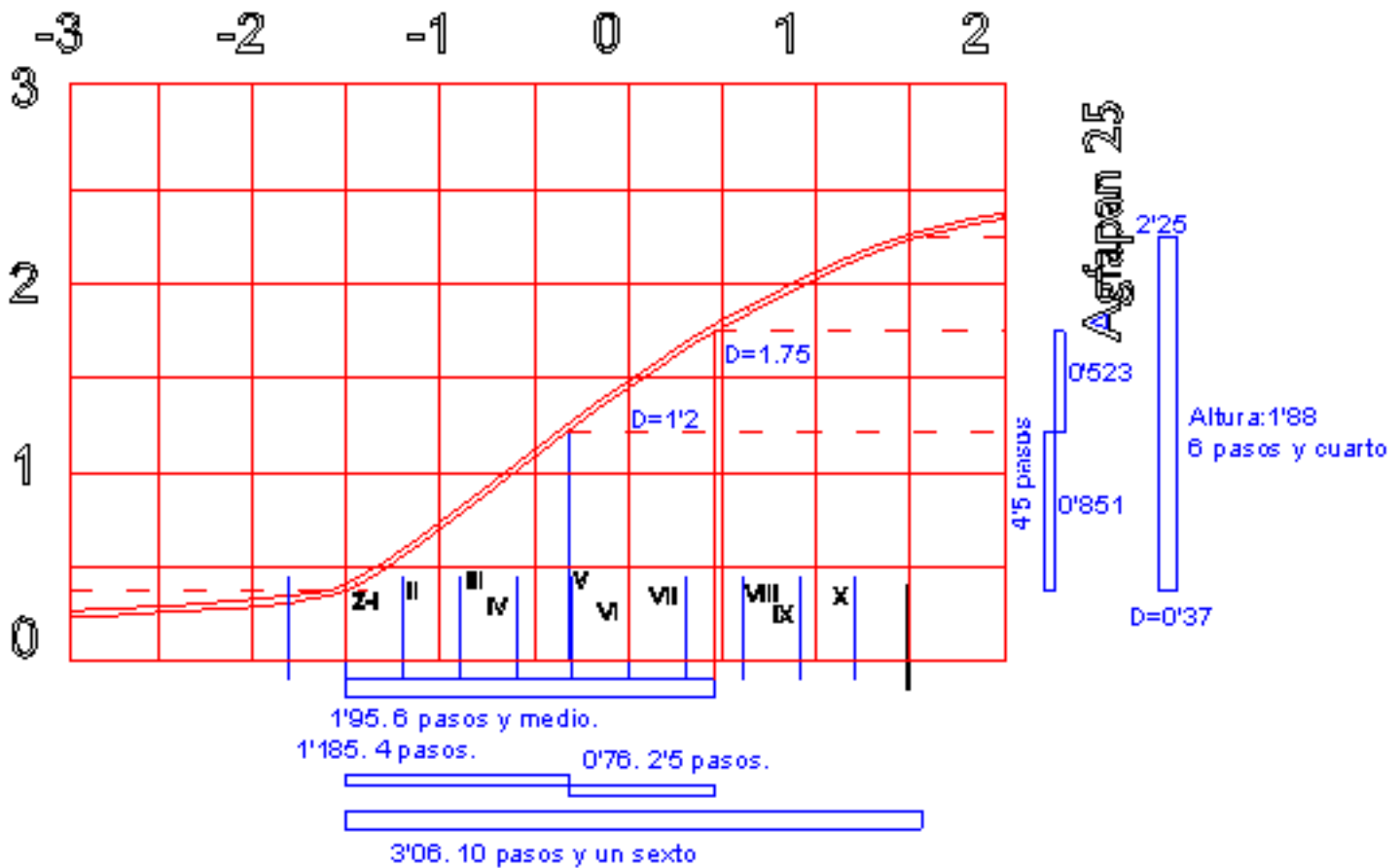
En la parte inferior hay tres rangos expuestos. El primero y el segundo desde arriba representan la amplitud de visión del ojo, su «ancho de banda» aunque realmente lo sea de nivel. su extremo izquierdo corresponde a un negro de 1% (realmente un 1'118%) de reflectancia mientras que el derecho a un blanco del 90% de reflectancia. El punto izquierdo se ha alineado con el punto de sensibilidad de la película. Es decir, el punto del logaritmo de la exposición en que la densidad correspondiente es 0'1 mayor que la densidad mínima. Así establecemos el primer gris que podemos ver después del negro. El extremo derecho corresponde a un blanco del 90%. Como se puede leer en la curva el rango dinámico es de 6 pasos y medio.

La segunda línea, la del escalón representa lo mismo que la anterior: el rango dinámico del ojo, pero en este caso he diferenciado las sombras de las luces estableciendo el escalón exactamente en el gris medio del 18%.

Como se puede apreciar, desde el primer gris al gris medio hay una longitud de 1'83 unidades de logaritmo de exposición que corresponden a 4 pasos. El escalón bajo representa pues los grises mas claros que el gris medio. Podemos llamar a la línea izquierda «de sombras» y a la derecha «de luces». La extensión de las luces, como se ve es de 2 pasos y medio. Luego el gris medio realmente no es un gris medio. En concreto para el caso representado: negro a 1% y blanco a 90% el gris medio correspondiente sería del 10%. Pero se supone (si el señor Peter K. Burian nos lo permite decir) que el gris del 18% es el valor con el que se calibran los fotómetros y por tanto nuestra referencia de medida.

Sobre la línea de logaritmo de exposición (H) he representado las zonas de manera que la zona I corresponda al punto de sensibilidad. La zona 0 por tanto es artificiosa y representa solo un paso menos que la sensibilidad (0'301 H). Como se ve el 18% corresponde aproximadamente al inicio de la zona V (realmente está un pelín por debajo).

Como se puede apreciar el gris medio está a 1'2 (prácticamente) H de la zona I y tiene una densidad de 1'2. El blanco del 90%, osea nuestro límite práctico de visión,



corresponde a la zona VII, podríamos decir que es zona 7'5 y esto es prácticamente el último blanco que podemos percibir antes de los reflejos cromados y demás exageraciones brillantes. La densidad correspondiente al blanco 90 es de 1'75.

A la derecha, en la línea vertical y la mas cercana a la curva vemos la proyección del rango dinámico del ojo a través de la curva. Naturalmente que en este punto los valores representados son los de la película apx25 en concreto y según dice el fabricante, distintas emulsiones y distintos revelados pueden dar lugar a distintas curvas, pero nos sirve para saber por donde andamos. De hecho como podemos ver el rango dinámico total se ha reducido a 4'5 pasos. De manera que los 6'5 pasos que vemos se traducen en 4'5 en la película. Esto lo podemos interpretar como que cada paso y medio (realmente cada 1'4) de la escena se va a traducir en 1 paso en la película, con lo que tenemos una relación mas efectiva para controlar el contraste. Además, cualquier brillo de la escena que esté a mas de 6'5 pasos de la sombra se verá simplemente como una mancha blanca en el ojo pero podría tener detalle en la película.

De hecho el margen dinámico de la película es el representado por la línea inferior. Esta se ha trazado siguiendo el criterio generalmente aceptado de situar el comienzo 0'1 densidades por encima de la mínima (el velo y base y demás) y el punto mas alto a 0'1 densidades por debajo del valor mas alto de la densidad (el hombro). Esto revela que la dinámica de la película es de 10 pasos. Con lo que empezamos por justificar la división de 10 zonas que hace Ansel Adams (y yo que lo criticaba tanto...). Estos 10 pasos de escena se proyectan sobre la película en un rango de 6 pasos y cuarto. Con lo que podemos mantener que 1'5 pasos (realmente 1'6) de escena se traduce en 1 paso de película. Esto nos va a servir como punto de partida para evaluar los ajustes de contraste que podemos hacer a la hora de enviar un trabajo. (Hay que recordar que los típicos es admitir que un papel de imprenta bueno

viene a dar 4 pasos, uno medio 3 y uno malo, como el de periódico solo 2. A partir de estos valores puedo rehacer el planteamiento sobre luces de relleno para compensar un contraste).

En la parte inferior se pueden ver tres líneas. La primera, la mas alta, corresponde al rango dinámico de la visión. Como se aprecia nuestros ojos son capaces de ver una gama de 6 pasos y medio en condiciones estáticas. La segunda línea, la quebrada, es la misma que la anterior pero marcando el punto del gris medio del 18%. Como se ve este punto no está en el centro de la escala, por lo que no es el gris medio, de hecho esta a 4 pasos del límite de negros del ojo y a 2'5 pasos del límite de blancos.

La escala inferior marca el rango dinámico de escena de esta película en particular. O sea lo que hemos dado en denominar en la sección anterior el contraste de medio. Es 10 pasos y un sexto. El criterio para determinarlo ha sido el habitual de considerar la curva por encima de 0'1 valores de densidad sobre la densidad mínima y 0'1 valores de densidad por debajo de la densidad máxima.

Cualquier escena la vamos a representar trazando una escala similar a las anteriores en la horizontal y ajustándola de manera que ni nos pasemos del punto de sensibilidad ni del superior. Lo que hemos dado en denominar límite de negros y límite de blancos.

El gris medio del 18% queda a 1'18 unidades de logaritmo de la exposición (que yo estoy tentado de llamar belios y por tanto el gris zona V se sitúa a 11'8 decibelios) a la derecha del límite de negros (punto de sensibilidad). Esto son prácticamente 4 pasos. Si el punto de sensibilidad es la zona I entonces el gris medio queda en la zona V, justificándose su nombre dentro del sistema de zonas.

Como sabemos este valor de gris es el que se toma para realizar las medidas fotométricas.

De la escena a la película

La escena tiene una serie de brillos que podemos representar mediante una línea horizontal, como hemos hecho mas arriba. A la izquierda están las sombras y a la derecha las luces. La longitud de esta línea con la que representamos la gama de grises de la escena es fija. La colocación en el eje de exposición de la curva característica depende del ajuste que hagamos del diafragma y del tiempo de obturación. La parte de la izquierda de la curva característica representa las sombras, de forma que si echamos hacia este lado la recta de la escena lo que estamos haciendo es oscurecer la imagen. Si la echamos hacia la derecha la aclaramos. De manera que los tonos que consigamos en la foto dependen en realidad de la decisión que tomemos. De hecho la foto pocas veces se va a emplear directamente. Mas a menudo se va a usar como fuente para obtener copias. Esto es cierto incluso en las diapositivas de las que obtenemos copias en papel de imprenta. De manera que después de obtenida la foto aún habrá que copiarla, es decir, volver a exponer nuestro negativo o diapositiva. Esta segunda exposición, que se puede hacer tanto con una ampliadora como con un escáner, también va a recolocar los tonos de la escena. De manera que la decisión que tomemos en la primera exposición, la de la cámara, puede ser corregida después en el copiado. Por ejemplo podemos decidir coger la escena en sombras. Esto es echando hacia la izquierda la gama tonal. Esta es una decisión muy normal ya que aprovecha la sensibilidad de la película haciendo uso del diafragma mas abierto y la menor velocidad de obturación posible.

La curva característica coge los tonos de la escena y los transforma en otros tonos en la película. Si la imagen es para visión directa, como las diapositivas, el vídeo o la

fotografía digital la gama final que consigamos, la línea verde, es muy importante que se relacione con lo que esperamos ver. O sea que si queremos ver un cierto tono de gris hay que ser muy cuidadoso. Sin embargo si la fotografía se va a emplear para su copiado. Por ejemplo para sacar copias en papel, hacer unos fotolitos para imprenta o unos copiones de cine, podemos jugar con la exposición cambiando de sitio la parte roja. Esto hay que aceptarlo con las debidas reservas: muy pocos fotógrafos admitirían que la diapositiva se puede disparar “alegremente” y compensar luego. Lo que sucede es que la diapositiva registra directamente los colores y todo lo dicho hasta aquí es válido para la densidad. Pero cuando hay colores de por medio la cosa hay que tomarla con mas cuidado, ya que si exponemos “mas de la cuenta” no solo conseguiremos desplazar hacia la derecha (las luces) los tonos sino que además desaturaremos los colores.

Así que debe haber una “exposición ideal” para una cierta escena. Sucede que la curva característica presenta en su tramo medio la mejor calidad que podemos esperar. En fotografía la parte baja de la curva presenta lo que se llama velo. Es decir un tono que se suma al de la foto. Por la parte alta es mas importante el efecto del grano. Todo esto es imagen que se suma a la imagen que queremos. O sea ruido. En el tramo medio de la curva se obtiene la mayor diferencia entre el tono que registramos de la escena y el tono proporcionado por el sistema de captación de la imagen. O sea lo que se llama la mejor relación señal-ruido.

Por eso podemos hablar de una exposición recomendada de la que vamos a tratar definir en el siguiente apartado

La exposición recomendada

La exposición recomendada para un objeto gris neutro con un factor de reflexión del 18% iluminado por E lux debe cumplir la ecuación siguiente:

$$E = \frac{269 \cdot f^2}{s \cdot t}$$

Donde s es la sensibilidad ANSI, t el tiempo de obturación en segundos, f el número f y E la iluminación de la escena en lux (ojo, iluminación de la escena, no de la película).

La definición es, por tanto, axiomática. Esto es así, y nos lo tenemos que creer.

Conociendo la luz de la escena y despejando en la expresión anterior obtenemos:

$$s = \frac{269 \cdot f^2}{E \cdot t} \quad \text{Sensibilidad que debemos cargar si sabes el diafragma, el tiempo de obturación y la iluminación del lugar.}$$

$$t = \frac{269 \cdot f^2}{s \cdot E} \quad \text{Tiempo de obturación recomendado para un diafragma f, sensibilidad ANSI (ASA) s e iluminación de la escena E.}$$

$$f = \sqrt{\frac{s \cdot t \cdot E}{269}} \quad \text{Diafragma recomendado para una sensibilidad s, tiempo de}$$

obturación t , e iluminación de la escena E (en lux).
En función del valor de exposición la relación queda:

$$E = \frac{269}{s} \cdot 2^{ev}$$

Algunos ejemplos de cálculo

1- Supongamos una toma de cine. Tenemos un interior y queremos conseguir un diafragma $f:5'6$. Empleamos película de ISO 500. El tiempo de obturación típico de cine es de $1/50$. ¿Cuanta luz debemos pedir?:

$$E = \frac{269 \cdot f^2}{s \cdot t} = \frac{269 \cdot 5'6^2}{500 \cdot \frac{1}{50}} = 844 \text{ lux.}$$

2- Vamos a hacer una fotografía en un interior que está iluminado con 150 lux. Vamos a emplear la película mas lenta posible dado que estamos trabajando para una publicación de decoración y la nitidez y la falta de grano son esenciales. Nuestra cámara es dispone de un objetivo para interiores que abre a $f:4$. ¿Se puede hacer esta foto sin añadir luz?.

Veamos. El tiempo de obturación máximo para una película antes de que comience a notarse el defecto de reciprocidad es de $1/10$ de segundo cuando la película es de luz día. Vamos a suponer que trabajamos con una diapositiva como la Ektachrome 50 T de ISO 50/18 y vamos a calcular el tiempo de obturación a ver si no nos pasamos:

$$t = \frac{269 \cdot f^2}{s \cdot E} = \frac{269 \cdot 4^2}{50 \cdot 150} = 0'57 \succ 0'1$$

El tiempo de obturación es de $0'57$ segundos. Deberíamos mirar una tabla de compensaciones y corregir la exposición. Trataremos esto algo mas adelante. Luego no podemos hacerla foto en las condiciones expuestas. Podemos pasarnos a una sensibilidad mayor (en este caso a 160 que quizás no cumpla los requisitos de nitidez) o añadir luz para completar la exposición (tema de otro artículo). También podríamos emplear un negativo como el Vericolor IIL que es una película de ISO 80 calibrada para tiempos largos que nos va a dar buen resultado en el margen de $1/10$ a 10 segundos.

3 En el problema anterior calcular el objetivo mas luminoso que cumple los requisitos de $t:1/10$, $E=150$ lux, sensibilidad =ISO 50.

$$f = \sqrt{\frac{s \cdot t \cdot E}{269}} = \sqrt{\frac{50 \cdot \frac{1}{10} \cdot 150}{269}} = 1'7$$

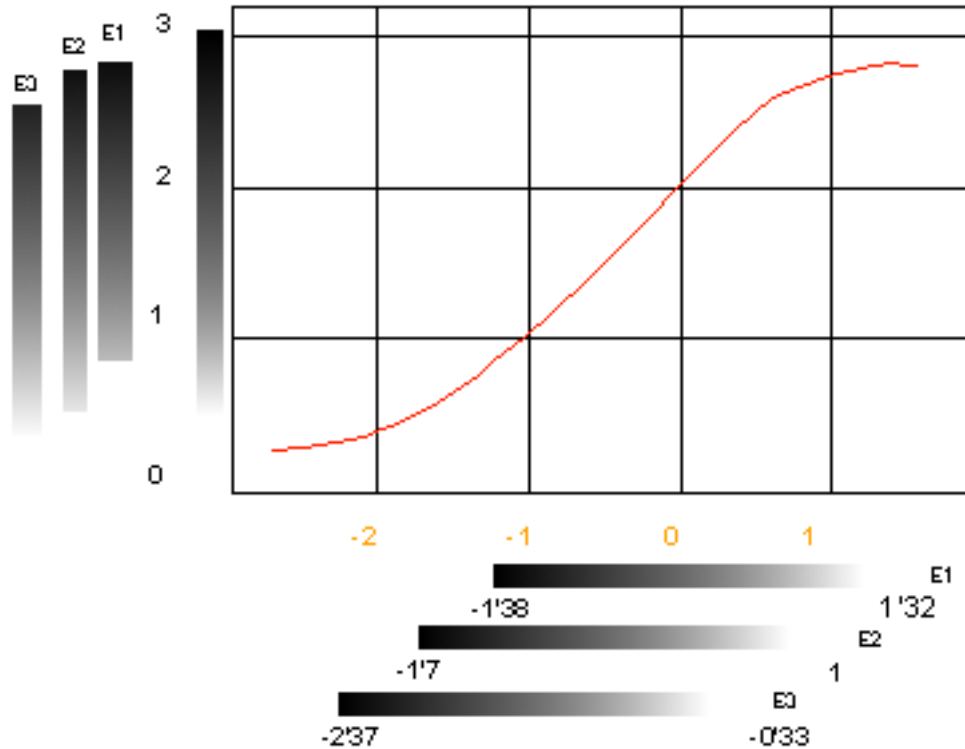
4 Vamos a cubrir un partido de fútbol que se va a celebrar de noche. Nos indican que la iluminación en el campo es de 1400 lux. Debido al tamaño del campo debemos llevar un teleobjetivo de 300mm a $f:2'8$. ¿Cual es la sensibilidad mínima de la película

a emplear si queremos tirar a t:1/60?

$$S = \frac{269 \cdot f^2}{E \cdot t} = \frac{269 \cdot 2'8^2}{1400 \cdot \frac{1}{60}} = 90'3$$

Luego podemos tirar con película de ISO 100/21.

Como la escena se convierte en imagen



En el ejemplo siguiente tenemos una escena con un rango de 2'7 unidades de logaritmo de exposición. Esto supone 9 pasos de contraste. La curva de densidad abarca una densidad desde los 0'28 a los 2'8. Lo que supone un velo 0'28. El margen utilizable por tanto es de 0'38 a 2'7. Las tres bandas horizontales son tres decisiones sobre el mismo caso. De ahí que su degradado sea igual. Las bandas verticales representan los tonos realmente obtenidos.

La que está mas a la derecha quiere representar la gama de tonos total que se puede obtener con esta película. La segunda desde la derecha representa la gama de tonos obtenido con la exposición superior. Como se ve esta primera exposición deja las sombras mas claras que las demás exposiciones. Los valores se dan a bajo. Para la exposición central, que está hecha abriendo un paso el diafragma. Hemos dejado las sombras en -1'7 y las luces en 1. Esto supone poner las sombras con una densidad de 0'53 y las luces con 2'74. Como el límite tolerable para las luces es de 2'7 estamos empastandolas ya que nos pasamos 0'04 unidades (prácticamente dos tonos, osea que realmente ni se nota.) Para la primera exposición hemos puesto las sombras en -1'38 y las luces en 1'32 que supone unas densidades de 0'87 para las sombras y 2'8 para las luces. Como se ve las sombras están demasiado claras y, aunque esto no es ningún problema ya que se puede solucionar en el copiado las luces están saturadas y lavadas. Para la tercera exposición hemos puesto las sombras a un valor de logaritmo de la exposición de 2'37 abriendo dos pasos el diafragma sobre la anterior. Las luces ahora están en -0'33. Las densidades correspondientes son de 0'33 para las sombras y de 2'5 para las luces. Como el límite inferior según la curva es de 0'38 resulta que estamos perdiendo algo de las sombras dejándolas mas o menos oscuras.

Las luces, sin embargo quedan bien expuestas.

De la medición

De los fotómetros

Un fotómetro es un aparato de medida que nos informa sobre la exposición de una escena. Esta definición es algo amplia ya que debe agrupar dos tipos de medidas muy diferentes en su origen. Por un lado están los fotómetros de luz reflejada y por otro los de luz incidente. Aunque es posible convertir unos en otros fácilmente son aparatos que parten de medidas físicas distintas.

Los fotómetros de luz reflejada miden el brillo de un objeto mientras que los de luz incidente miden la iluminación de la escena. Esto supone formas de trabajar muy distintas y diferentes actitudes a la hora de interpretar los resultados.

De los tipos de fotómetros

Básicamente los fotómetros modernos están constituidos por un miliamperímetro (un dispositivo que mide la corriente eléctrica) conectado a un sistema fotoeléctrico. Podemos diferenciar los fotómetros tanto por el sensor de luz como por el mecanismo de lectura.

Hay dos mecanismos de lectura básicos en la fabricación de miliamperímetros. El sistema analógico y el digital. La lectura analógica consiste en emplear un sistema D'Arsonval constituido por una bobina de hilo conductor arrollada sobre un mecanismo de giro. Al pasar la corriente se induce un campo magnético que mueve el mecanismo. Este mecanismo está formado por una aguja que se desplaza en forma de arco sobre una tabla de lectura. A mayor corriente eléctrica mayor campo magnético y por tanto mayor ángulo de desplazamiento. En la tabla de lectura se encuentran trazadas una serie de escalas que relacionan la corriente eléctrica con el fenómeno que queremos medir. En nuestro caso la regla de lectura nos indica el número f y el tiempo de obturación. Para dar estos dos números normalmente es necesario un segundo dispositivo puramente mecánico que permita dividir una sola lectura, la de la aguja, en el par ft . Este mecanismo suele estar constituido por dos ruedas concéntricas que se desplazan independientemente y marcadas de forma apropiada. El fotómetro digital emplea un miliamperímetro digital. En este caso el sistema consiste en un convertidor analógico digital que convierte la tensión eléctrica proporcionada por el sistema de medida en una serie de números. Estos números son interpretados y traducidos a otros números que son los que se representan en una pantalla. Estos números ya convenientemente traducidos nos indican los pares ft . Normalmente se indica el par completo.

Tanto los sistemas basados en medidores analógicos como los sistemas basados en medidores digitales tienen calidades semejantes. No hay un tipo que sea mejor que otro, eso solo se encuentra entre distintos niveles de calidad de fabricación. (Un analógico malo es malo porque lo es, no porque sea analógico). De manera que elegir entre uno u otro es mas una cuestión de gusto personal. Recordemos que si el reloj es bueno la hora es la misma independientemente de que la leamos con agujas o con numeritos.

Sobre el sistema de medida hay dos tipos generales: por un lado los sistemas basados en pilas fotoeléctricas y por otro los basados en resistencias fotoeléctricas. Las

pilas fotoeléctricas dan tensión (voltios) cuando ven luz. Como son pilas solo hay que conectar un miliamperímetro para hacernos una idea de la luz. Por otro lado las resistencias fotoeléctricas necesitan que haya una corriente eléctrica por lo que requieren de una fuente de energía externa. Normalmente una pila. De manera que podemos encontrarnos con fotómetros que requieren pila para funcionar (los segundos) y los que no la requieren (los primeros).

Se emplean muchos materiales como sensores de luz. Vamos a citar solo los tres mas habituales:

1. Selenio, quizás las primeras empleadas. Se trata de un elemento que produce electricidad cuando se ilumina. Por tanto es una pila fotovoltaica. Su sensibilidad varía con la superficie del sensor y por lo general solo detectan luces medias y altas no midiendo en condiciones de baja iluminación. Sin embargo tienen un ancho de banda espectral muy grande por lo que ven todos los colores siendo fiables cuando el objeto a medir (en luz reflejada) tiene un tono muy fuerte. De hecho son los sensores mas parecidos al ojo en cuanto a colores. El color que mejor ven es el verde y presentan algo mas de sensibilidad al rojo que el ojo humano.

2. El silicio y el sulfuro de cadmio (SCd). Son dos células muy similares, aunque las de silicio suelen ser mas sensibles. Son fotorresistencias y por tanto requieren de una fuente de energía como es una pila. Son capaces de ver y medir con poca luz el SCd presenta un comportamiento cromático bastante distinto al del ojo siendo mas sensible al color rojo. Además el SCd tiene un efecto de histéresis con las luces fuertes. Si medimos una luz muy fuerte e inmediatamente una luz mas débil la célula queda como deslumbrada por la primera medida (se dice que guarda memoria de la primera medida) y ofrece como segunda medida un valor bastante mas alto que el que le correspondería.

De como se emplean

Como queda dicho podemos medir el brillo de la escena o la luz que cae en ella. Ya hemos visto como el aparato de medida tiene dos partes: la de captación, que es la que mide el parámetro físico en el que nos vamos a basar., y el sistema de medición que esta formado por un dispositivo genérico que se puede emplear para diversos cometidos. Sobre este dispositivo hemos dicho que podía ser analógico (normalmente “de aguja”) o digital (con numeritos). Debe quedar claro que este es un diseño actual de aparatos de medida, por ejemplo si sustituimos las células fotoeléctricas por termopares lo que tenemos es un termómetro (aunque para que sea útil habrá que cambiar el sistema de escalado y de traducción de datos para poder leer grados). Entonces ¿por que se ha dicho mas arriba que cuando hablamos de fotómetros hablamos de dos cosas distintas si resulta que el aparato es el mismo?.

Bien, para responder a esta pregunta hay que decir que el aparato es el mismo porque ambos tipos de fotómetros miden energía luminosa. Ahora bien la energía luminosa se puede presentar de varias formas y da lugar a conceptos físicos totalmente distintos. Por un lado tenemos la cantidad de luz que llega a un lugar. Que se denomina normalmente iluminación y se mide en lux (en el sistema internacional de unidades, pies candelas en el sistema imperial). Por otro lado tenemos que cuando la luz llega a una escena parte de esta se refleja hacia la cámara. Esto es el brillo y se

mide en apostilbs (vale, hay muchas mas unidades y la mas normal es el stilb pero para uso fotográfico donde normalmente medimos luz que llega multiplicada por factor de reflexión el resultado son apostilbs).

La diferencia está en que el fotómetro no sabe lo que está mirando. Si medimos el brillo de una escultura de ébano, que es negro, el fotómetro nos dará una lectura, cuando revelemos nos daremos cuenta que la escultura no aparece negra sino gris. Si, por el contrario medimos la cantidad de luz que llega a la escena y empleamos la ecuación de la exposición recomendada tendremos una escena bien fotografiada en la que la escultura negra aparece negra mientras que algún otro objeto más claro aparecerá con el tono que le corresponde. Para poner un poco de orden se suele decir que los fotómetros de luz reflejada, los que miden el brillo, dan como respuesta el valor necesario para que el objeto sobre el que hemos medido se fotografíe como un gris medio del 18%. Es decir: si medimos la luz que cae en una escena y el brillo de un objeto de la *misma escena* que refleje el 18% de la luz que le llega la medida será la misma.

Este parámetro del 18% es discutible pero casi todos los fabricantes de fotómetros lo citan como centro de sus medidas.

La diferencia en cuanto a aparato entre un fotómetro de luz incidente y otro de luz reflejada se reduce a que mientras la célula del fotómetro de brillo (luz reflejada) debe ver la escena, apuntandola hacia el objeto desde el lugar de la cámara, el fotómetro de luz incidente debe taparse con un material translúcido que haga de difusor de manera que integre la luz que llega a la escena. En este caso el fotómetro debe colocarse en la escena. En los dos apartados siguientes vamos a tratar algunos pormenores de estas dos formas de medir.

Decir solo que si bien la lectura incidente presenta serias ventajas debido a que no es necesario hacer reajustes de la medida sin embargo presenta el problema de que hay que medir en la escena, cosa que no siempre es posible, mientras que el fotómetro de reflexión se puede emplear desde la cámara. De hecho todas las cámaras que se fabrican hoy día llevan incorporado el fotómetro en la misma, lo que da como valor añadido que cualquier desviación de luminosidad producida por el objetivo o filtros incorporados será automáticamente corregida por el fotómetro interno. Supuesto claro está, que el fotómetro sea lo que llamamos TTL. Es decir que mide la luz que llega a través de las lentes y no un fotómetro de estos que se colocan montado sobre la cámara pero no ve a través del objetivo.

Lectura incidente

El fotómetro de iluminación se tapa con una semiesfera de luz translúcida de manera que sume todas las luces que caen en la escena evitando ser deslumbrada por ninguna de ellas. Hay dos formas de usar el fotómetro: como los arquitectos y como los fotógrafos. Los arquitectos ponen el fotómetro con la célula mirando al techo de forma que miden la luz que llega desde arriba. esta forma de medir no es conveniente en fotografía a no ser que la cámara esté en el techo. Sin embargo hay que mencionarla porque si miramos alguna tabla oficial de iluminaciones como las que edita el ministerio de industria o algún organismo competente en la materia se referirán siempre a esta forma de medir. Forma que podríamos denominar de *lux verticales*. Los fotógrafos medimos con la célula puesta horizontalmente. Aquí ya empiezan las discrepancias: hay quien dice que se debe poner el fotómetro mirando a la cámara. Hay quien dice que se debe poner mirando al foco principal si este está cerca de la cámara y hay quien dice que se debe poner a medio camino entre el foco principal y

la cámara. Personalmente me parece que la mas adecuada es la de apuntar a la cámara ya que lo que me interesa es la luz que atraviesa el plano de escena vertical, el que se ve desde la cámara.

Esta forma de leer sitúa cada cosa en su sitio. Un ejemplo lo tenemos en el rodaje de una secuencia de campo y contracampo en cine. Supongamos dos actores hablando uno frente a otro. Uno tiene la piel muy blanca y el otro lleva varios días dorándose en la playa. Si medimos por reflexión, al hacer el plano del pálido lo sacaremos con un cierto tono. Al hacer el plano del moreno lo sacaremos con el mismo tono. Al hacer el plano medio con ambos en campo darán un salto sus colores. Por eso se toma una lectura incidente y cada uno queda en su verdadero tono.

Los tonos extremos, sin embargo, pueden quedar fuera de la gama de la película, esto ya lo hemos advertido y tratado mas arriba. De forma que debemos emplear la medida incidente solo con tonos medios y confirmar el desplazamiento de tono desde el gris medio cuando haya objetos muy claros o muy oscuros para confirmar que no hay que corregir la exposición según se ha visto.

Lectura del brillo (Luz reflejada)

Cuando mira a la escena debe quitársele la calota integradora. Ya que de lo contrario estaríamos leyendo la luz que llega al sitio del fotómetro. En estas condiciones lo que leemos es el brillo de la escena o de un objeto en particular. Que hagamos una cosa u otra depende de lo que abarque el ángulo de medida. Por lo general los fotómetros miden un campo de 30 a 45°, dependiendo esto del modelo de fotómetro en concreto que empleemos. Hay accesorios que permiten tomar medidas de campos mas pequeños: 10°, 7° e incluso fotómetros especiales que miden solo 1° de ángulo. Estos fotómetros se denominan puntuales y se emplean para medir el brillo, no de una escena, sino de un solo objeto.

Bien, ya se ha dicho que la medida dada por un fotómetro puntual debe ser interpretada y corregida. Si medimos sobre un objeto gris del 18% se deja tal cual pero si se mide sobre un objeto de tonalidad distinta se debe modificar la exposición de forma que si el tono es mas claro hay que abrir el diafragma y si es mas oscuro cerrarlo.

¿Pero cerrarlo cuanto?. Arriba hemos dado la tabla de previsualización del sistema de zonas. Puede ser una buena partida para probar y hacernos con nuestra película y nuestro fotómetro. Podemos hacer una primera aproximación fijándonos en cual es el tono de sombra en el que queremos detalle. Una vez hecho esto debemos colocar este tono en zona III si trabajamos en blanco y negro o con negativo color y zona IV si trabajamos en vídeo o diapositiva. Para hacer esto medimos el objeto donde queremos detalle en sombra. Este valor nos lo convertiría en gris medio (zona V). De manera que cerramos la exposición (cerramos el diafragma o reducimos el tiempo de obturación) en 2 pasos o en 1 según sea uno u otro caso. O también podemos tomar el criterio de las luces: medir donde queremos detalle en la luz y colocarlo en zona VII o VI. Personalmente prefiero colocar el encaje de los trajes de novia en zona VI y media. Para ello habría que abrir 3 o 1 paso sobre la medida realizada.

Pero todo esto no es mas que una guía. Además habría que ver si el rango de la película admite estas manipulaciones y probar, probar y probar.

Escala de puntos de previsualización

La escala de puntos es una escala práctica para situar los tonos. En cierto modo es semejante a la escala de zonas pero se abstrae de la clasificación artificial de las 10

zonas y de las implicaciones del sistema de zonas. Formulamos la escala de puntos arbitrariamente situando el punto 0 como el punto en que mide un fotómetro. Por tanto equivalente a la zona V del sistema de zonas.

La escala de puntos para televisión se basa en un contraste de medio de 20:1 típico del vídeo (60:3) y de la impresión en hueco grabado de calidad media estándar de una revista mensual (80:4). Esta escala abarca por tanto 4 pasos y dos tercios. El punto medio lo formamos arbitrariamente sobre el punto de medida del fotómetro. Quedan dos pasos por encima y un tercio que es el que separa los últimos dos puntos. Así mismo para las sombras quedan dos pasos sería la siguiente:

Punto	Posición	Diferencia con anterior		
-3	Sombras profundas.	-	-2	Sombras con detalle. 1/3 -1
	Sombras	1		
0	Punto de gris medio 18%	1		
+1	Luces 1			
+2	Luces con detalle	1		
+3	Altas luces	1/3		

La tabla anterior habría que tomarla con ciertas precauciones ya que el gris medio es un tema algo controvertido. Estrictamente hablando el gris medio es la raíz cuadrada del producto de los grises extremos por lo que para televisión en la que los grises extremos son del 3% y del 60% el medio sería:

$$G_{tv} = \sqrt{3 \cdot 60} = 13'4$$

Mientras que para el caso de imprenta citado de tintas al 4% y papel al 80% el gris medio sería:

$$G_{80:4} = \sqrt{80 \cdot 4} = 17'9\%$$

Lo que prácticamente es 18%.

Excepto esta aparente dificultad para parcelar los tonos de la escala nada nos impide emplear la tabla anterior como guía de exposición.

Como medir la corrección para un tono

Nos interesa conocer la posición en la gama tonal de un cierto tono midiéndolo. Si medimos su brillo lo estamos situando en zona V (punto 0 de medida). De manera que si medimos una carta gris del 18% en las mismas condiciones podemos saber la diferencia entre ambos. Si no hay carta gris podemos medir la luz que cae sobre el objeto por incidencia y luego por reflexión el brillo del mismo. De esta manera vemos

la diferencia entre el punto 0 y el punto en que cae el tono del cuerpo.

De la toma de decisiones

Criterios de exposición

La exposición debe estar orientada por dos fines:

1. *Reproducir los tonos medios en la zona de máxima relación señal ruido.*
2. *Reproducir toda la gama tonal de la escena.*

Es decir, dos son los criterios a seguir para decidir la exposición. De un lado la colocación de los tonos medios. Lo que podríamos llamar el criterio del fotómetro, que es el más habitual. Y por otro lado conseguir que las sombras y las luces de la escena también estén reproducidas. Lo que podríamos llamar el criterio de gama. Como sabemos el fotómetro nos va a sugerir una exposición basada en un tono medio, de manera que si hemos medido sobre un objeto este va a reproducirse como un gris independientemente de que sea blanco o negro. No vamos a entrar a explicar esto puesto que ya nos dedicamos a eso en la sección anterior (exposición básica).

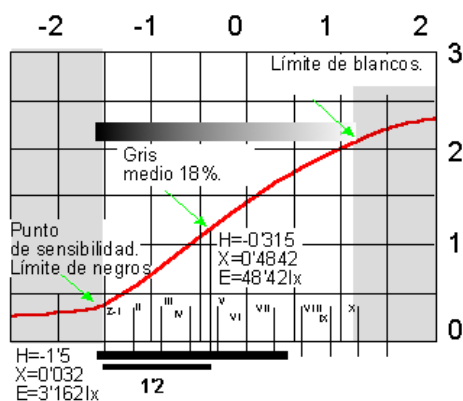
Estudio de la gama

Ya en la sección anterior, exposición básica, tuvimos oportunidad de atisbar como decidir que exposición dar y cuales eran las consecuencias. Realmente no hay mucho que añadir a lo dicho allí, solo realizar los mismos razonamientos con la curva característica en la mano. Por supuesto esto lo vamos a hacer muy pocas veces en la realidad y por lo general trabajaremos a partir del conocimiento que tengamos del material sensible con que trabajemos.

Lo esencial es conocer cual es el margen dinámico de entrada. Osea, cual es el contraste que puede aceptar nuestra película. Podemos estudiar las curvas características de forma semejante a como se hizo en el apartado “estudio de una curva característica” con que se abre esta sección. Para ello cogemos la curva que nos interesa y marcamos, en el eje horizontal, el tramo que hay desde que la curva vale

0'1 valores de densidad por encima del mínimo hasta el punto en que vale 0'1 por debajo del máximo. Miramos la longitud de este segmento. El contraste de medio (en entrada) es esta longitud dividida entre 0'3. Así si la longitud es de 2'5 tendremos 8 pasos y un tercio.

Sin embargo las curvas características no siempre son una fuente muy fiable. Son curvas promedio que pueden no coincidir con el comportamiento del lote de fabricación que hemos comprado. O, más frecuentemente, la curva real depende de como revelemos. Si empleamos siempre un mismo método, como por ejemplo revelar el color siempre en el mismo laboratorio de confianza, podemos llegar a deducir el comportamiento des-



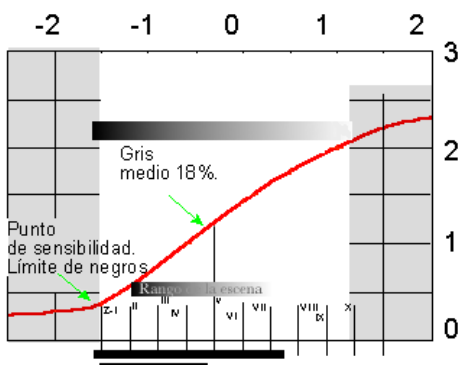
pués de un par de carretes.

Para comenzar podemos hacernos a la idea de que una fotografía no debería tener mas de 6 pasos. Si vamos a tirar para una revista quizás debamos bajar el contraste de medio a 4 pasos y un tercio. Para rodajes de televisión el contraste será de 4 pasos y para cine de 6 pasos nuevamente.

Para poder tratar con el criterio de gama debemos tener en cuenta el margen disponible para ajustar la exposición. Vamos a recuperar la curva que estudiamos mas arriba.

Si resto a la amplitud de la escena real mas uno (la que en ese momento tengo frente a mi cámara) la amplitud total de la película (los diez pasos en este caso) tendría el número de pasos de que dispongo como margen de maniobra. Por ejemplo, si una escena tiene 4 pasos entre lo mas oscuro y lo mas claro y yo dispongo de 10 pasos luego tengo siete pasos para maniobrar. Si trabajara en color (habría que estudiar el margen dinámico de la película típica en color, pero vamos a suponer por el momento que es también de 10 pasos) quizás no podría emplear todo este margen de maniobra ya que la saturación de los colores finales se vería afectada (este es un campo de trabajo en el que he visto pocas cosas publicadas), quizás por el distinto contenido de gris (densidades iguales de los tres colores primarios empleados y que representan un porcentaje distinto según el nivel de exposición respecto del color «puro»).

Pero en blanco y negro puedo establecer la gama de grises que quiera actuando sobre la exposición en la ampliadora. La alteración realmente visibles en cada caso de exposición (si la doy por la parte baja, media o alta) sería debido a: el nivel de ruido de fondo (velo en las zonas bajas de la curva y grano en las altas) y la distinta compresión de los tonos ocasionada por la forma de la curva (en la zona baja se comprimen las sombras, en la media se supone que hay un comportamiento lineal y en la alta se comprimen las luces). Ni por asomo me creo lo de que se pierda detalle en las luces ni en las sombras por irme hacia arriba o hacia abajo si actúo dentro de la curva, que otra cosa es sacar las luces de la curva y colocarlas en el hombro o mas allá.

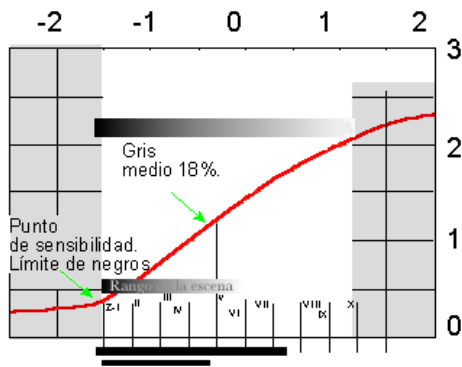


Por ejemplo. Tenemos una escena en la que mido un gris medio y me da un f:4 a t:1/125. Mido la parte mas clara de la escena y resulta ser f:8 a t:1/125 (2 pasos) y la parte mas oscura me da un f:1'4 a t:1/125. Así que tengo 5 pasos de contraste en escena de manera que el gris medio está en el 3er paso. Lo que me deja 2 hasta el blanco

Puedo exponer para el gris medio (ver figura superior). Pero el rango de la película es de 10 pasos de manera que tengo 10-5=5 pasos de margen. Teóricamente puedo bajar la exposición aumentando el número f o el tiempo de obturación hasta 1 paso (comenzamos a contar en Zona I no en Zona 0). Si hago esto, poniendo por ejemplo f:5'6 a t:1/125 habré corrido toda la

gama un paso a la izquierda de la curva. Dejando la sombra, que era tres pasos menor que el gris medio (digamos zona 2) en zona I. Y no hemos perdido ningún detalle en sombra, solo la hemos comprimido. (figura inferior).

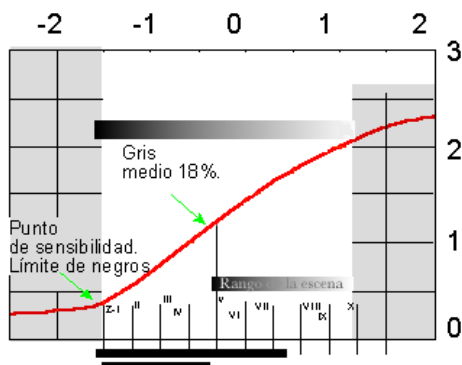
También podemos aumentar la exposición. El blanco de la escena está dos pasos



por encima del gris medio (zona VII) de manera que hasta llegar al punto mas alto del rango de la película (0'1 por debajo del hombro) tenemos aún 4 pasos. De manera que vamos a colocar el blanco en la parte mas alta. Esto lo hacemos abriendo la exposición 4 pasos: $f:1'4$, $t1/125$. Y el blanco mas blanco de la escena queda por debajo del punto límite superior. Y por tanto no hemos perdido ningún detalle.

Si trabajamos en blanco y negro el primer negativo queda algo claro, el segundo bastante denso, pero ambos tienen detalle en toda la escena.

Si no se puede obtener no es por problema de exposición sino o problema durante el copiado.



Latitud negativa

También puede suceder que el contraste de la escena sea mayor que el del material. En este caso las sombras y las luces se salen del margen de la película. Por ejemplo la escena tiene desde los blancos con detalle a los negros con detalle 6 pasos y vamos a tirar con vídeo que, como ya sabemos, solo admite 4 pasos.

El contraste de medio tiene dos aspectos: el contraste de entrada y el de salida. Una película recoge unos tonos y los transforma en otros. Por lo general la gama de tonos que podemos ver en la película es mas pequeña que la que recogimos. Esto es

debido a que la curva característica tiene una inclinación inferior a 45°. Para hablar de esta capacidad de comprimir los tonos se emplean varios indicadores, denominados en general indicadores del contraste. Son la gamma, el índice de contraste, el gradiente medio y otros semejantes que trabajan diciéndonos mas o menos que ángulo tiene la curva. No vamos a entrar a ver los indicadores de contraste solo recordar que por lo general hablan en términos de la tangente del ángulo antes que del ángulo en sí. De esta manera un indicador de contraste de valor 1 significa que la recta que se ha considerado para medirla y que caracteriza a la emulsión tiene un ángulo de 45°.

La ventaja de trabajar con las tangentes de los ángulo y no con el valor de estos es que nos dan una idea de como se comprimen los tonos. Por ejemplo si la gamma (indicador de contraste que mide la inclinación de la parte media, por lo general recta, de la curva) vale 0'7 (un valor, por lo demás, típico) significa que los tonos de entrada de la película se comprimen un 70%, (osea un 0'7). De manera que si en la escena hay 6 pasos la película registrará estos 6 (si puede) como $6 \times 0'7$ que son 4'2, que es lo que vemos en la película.

De manera que el contraste de escena es mayor que el contraste de medio habrá tonos que no se representarán de ninguna manera al quedar confundidos. Por ejemplo, una hoja de papel de una revista mensual de calidad tiene un contraste de unos 4 pasos. Si tiramos con una película que tiene una gamma de 0'7 significa que el contraste máximo de la escena sería $4/0'7$, 5'7 pasos. Este es el contraste de medio que debemos tener a la hora de hacer la foto. De hecho una película de blanco y negro viene a darnos 8 pasos. Ahora supongamos que trabajamos con una película que nos ofrece 6 pasos de contraste de medio, por ejemplo una diapositiva. Lo que queremos decir es que esta diapositiva coge hasta seis pasos de la escena y los

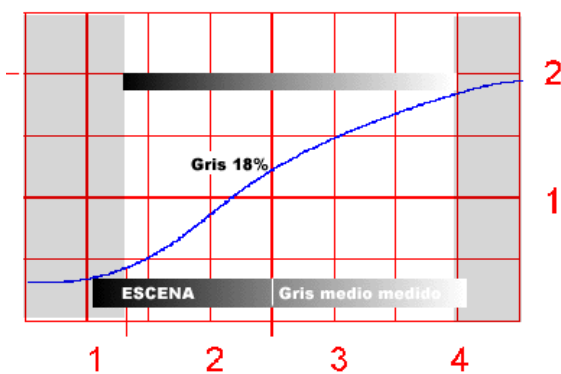
comprime en 4'2. Si la escena tiene 7 pasos nos sobra uno. Este uno se pierde. Exactamente qué vamos a perder de la escena depende de la decisión que tomemos a la hora de ajustar nuestra cámara.

Como en el caso anterior hay infinidad de exposiciones a dar, pero hay tres que son las más interesantes.

La primera consiste en medir para un gris medio (por ejemplo por que lo haya en la escena o porque hemos medido por incidencia) y exponer para él. Es lo que hacemos en el siguiente ejemplo. La curva en esta ocasión es la de la película Ilford xp2 Super.

Como se puede apreciar el gris medio de la escena lo hemos ajustado con el gris medio de la película. Para hacer esto solo hay que seguir las indicaciones del fotómetro si hemos medido sobre un gris medio o hemos medido por incidencia. La dinámica de entrada de la película, o sea su contraste de medio de entrada, es de 9 pasos pero la escena tiene 10. El contraste de salida se lee en la vertical y vale 6 pasos y un tercio, por lo que la pendiente de transmisión es de 0'79.

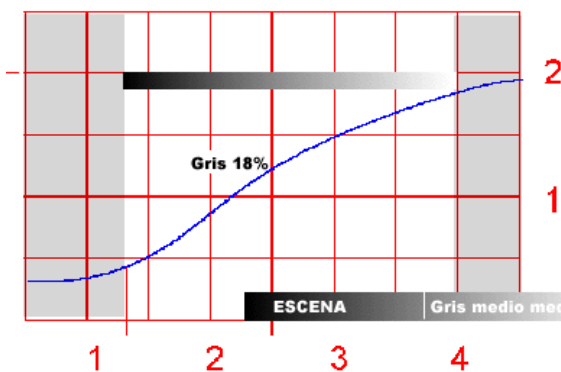
La pendiente de transmisión no es un indicador muy habitual y lo vamos a introducir en estas páginas, es el rango dinámico de salida de la película dividido entre el rango dinámico de entrada, o sea el contraste leído en la vertical dividido entre el contraste leído en la horizontal.



Como podemos apreciar se pierde medio paso de sombras y medio paso de luces. Esto significa no tener detalles en los extremos.

La escena abarca, como hemos dicho 10 pasos, de manera que el gris medio está situado a 4'5 pasos de la sombra y a 6'5 de la luz.

Si nos interesan los detalles de las sombras podemos estar tentados de hacer medir sobre la sombra que queremos y exponer con la indicación del fotómetro. Si hiciéramos esto sucedería lo siguiente:



Catastrófico, hemos medido sobre un gris oscuro, una sombra. Por tanto esta sombra se ha situado en la posición del gris medio de la película. Toda la gama de la escena queda a su derecha y casi todas las luces han quedado fuera del margen útil. O sea tenemos una foto sobreexpuesta. Sin detalles en las luces por que los hemos quemado y sin sombras profundas por que no había nada tan oscuro que pudiera quedar en la parte izquierda de la curva.

No, lo que procede es ajustar las sombras de la escena en el límite izquierdo, donde están las sombras de la película. En nuestro caso las sombras de la escena están 4 pasos y medio por debajo del gris medio. Esto lo sabemos porque si medimos sobre un objeto oscuro la medida es 4 pasos y medio menor que la del objeto gris. Así que una cosa que podemos hacer es desplazar hacia la derecha medio paso la gama de la

primero: un parámetro típico del material sensible y ajeno a la escena que indica el margen de error de que disponemos. Mientras que el segundo concepto, que es el que hemos estado manejando hasta aquí, es decir, como reubicar las tonalidades jugando con los ajustes de exposición, prefiero llamarlo *margen de maniobra* que depende tanto del material sensible como de la escena ante la que nos encontremos en un momento dado.

RESUMEN

1. **Margen de maniobra**= $1 + \text{Rango de la película} - \text{rango de la escena}$.
2. **Rango de sombras**= n° de pasos del negro al gris medio.
3. **Rango de luces** = n° de pasos del gris medio al blanco.
4. **Podemos bajar**: Rango de sombras -1 (podemos cerrar la exposición).
5. **Podemos subir**: Rango de sombras $+1$ (podemos abrir la exposición).
6. *Esto es para blanco y negro. En color existe el problema añadido de obtener una buena saturación de colores. Y esto no se si es posible obtenerlo a partir de colores desaturados mediante revelado.*

Sobre el horquillado. El registro seguro.

Llamamos en fotografía *horquillado* a una técnica de trabajo consistente en repetir la misma foto con distintas combinaciones de diafragma y obturación. Los mal pensados presumen de no necesitar horquillados. Sin embargo un trabajo profesional debe dar resultados. Y los resultados son fotos, lo otro es circo. Muy respetable, pero no es nuestra profesión. Hay dos razones para horquillar.

Vamos a comenzar por la mas evidente para el profano: podemos equivocarnos al medir, podemos equivocarnos al corregir la lectura de la exposición, podemos equivocarnos involuntariamente debido a los errores del sistema.

Básicamente hay dos fuentes de errores: errores humanos y errores técnicos. El error humano consiste en seleccionar la velocidad que no es, meter la película de sensibilidad equivocada y cosas así.

La segunda fuente de error es el error técnico: todos los ajustes tienen una tolerancia. La película se etiqueta con una sensibilidad aproximada en $1/6$ de paso. Los diafragmas y obturadores con $1/3$ de paso. Los diafragmas suelen ir ajustados en medios pasos (hay cámaras que permiten ajustar hasta cuartos de paso) y las velocidades hay cámaras que solo permiten ajustar pasos enteros, los fotómetros también tienen tolerancias. Todas estas fuentes de error se minimizan empleando material de primera calidad. Pero no desaparecen. Dice una ley matemática, la de los grandes números, que cuando hay una población muy grande los intereses particulares se complementan y no hay elementos que destaquen. Esto es, que si hay muchas fuentes de error que pueden ir en sentidos contrarios lo normal es que no haya ningún error por que se compensan. Personalmente me parece una ley sacada de un manual de los de Murphy, según eso nunca habría habido bigbang. Se salva, claro está en que la estadística diría que hay posibilidades de error pero remotas, que pueden llegar a manifestarse. Bien fotográficamente hablando la ley de los grandes números significa que si todo está dentro de las tolerancias (y no se desmadra ningún valor) la película tiene

ISO 60 y no 64, el diafragma abre algo más de la cuenta, el obturador cierra un pelín antes de lo que debe, el fotómetro lee de menos, etc, etc, etc, al final tenemos una foto bien hecha por que los errores se compensan entre sí.

Pero por si acaso más vale repetir la foto. Tres veces, según nuestro criterio, un paso por encima y uno por debajo. O medio, o dos tercios, o en vez de 3 hacer 7.

El ajeno a los verdaderos problemas tacha al fotógrafo seguro precisamente de lo contrario de su cualidad: inseguridad en el equipo. Sin embargo nuestra responsabilidad no es para el público que aplaude un número circense, sino para un cliente que lo que quiere es una foto. Horquillar por error es una necesidad en este sentido.

Decíamos que había dos razones, la anterior es la razón del error. La segunda razón quizás sea menos conocida. Se trata de mantener un registro con un buen número de posibilidades entre las que elegir. Diferentes exposiciones significan diferentes densidades y saturaciones de color. Así podemos escoger la densidad y saturación que más convenga al proceso de reproducción y la maquinaria concreta que lo vaya a hacer. En prensa y publicidad la foto forma parte de una cadena. Parte de esta cadena son las fotomecánicas. Como fotógrafos pocas veces intervenimos en la selección de la fotomecánica, solo con algo de experiencia con ciertos clientes podremos adivinar donde van a llevar nuestras diapos a reproducir. Por ello hay que garantizar un buen número de fotos semejantes pero intercambiables según el proceso concreto que vaya a seguir.

Algunos casos especiales de exposición

Motivos en movimiento

Regla de Craybex

H. Craeybeckx estudió el problema del tiempo de obturación para un móvil y redactó una regla que dice así:

- 1. Para un objeto situado a 5 metros que pasa de un lado a otro de la imagen el denominador del tiempo de obturación es la velocidad del móvil en kilómetros por hora multiplicado por 100.*
- 2. El tiempo de obturación se amplía dos veces por cada 5 metros que se aleje el móvil.*
- 3. Si el móvil se dirige no de un lado a otro sino a $\frac{3}{4}$ la el tiempo de obturación se amplía a la mitad. Si se mueve en dirección a la cámara el tiempo de obturación se amplía a la cuarta parte.*

Por ejemplo: un coche va a 50 km por hora a 5 metros de nosotros y cruza de un lado a otro. Multiplicamos la velocidad en kilómetros por hora por cien, $50 \times 100 = 5000$. Este es el denominador del tiempo de obturación. O sea $1/5000$.

Si el coche en vez de estar a 5 metros está a 10 metros entonces el tiempo de obturación se hace doble o sea $1/2500$.

Si ahora a 10 metros viene hacia nosotros pero no directamente podemos aumenta

al doble el tiempo. Es decir 1/1250. Y si viene directamente hacia nosotros 1/625. La regla se puede resumir en la siguiente ecuación:

$$t = \frac{d}{500 \cdot v} \cdot \alpha$$

Donde alfa vale 1, 1/2 o 1/4 según sea necesario.

Esta ecuación no depende de la distancia focal pero lleva implícita que es válida para un objetivo de 50mm.

La referencia para esta regla de exposición es el curso de fotografía publicado por AFHA "La fotografía es fácil". Vol. II. Editorial AFHA. Barcelona, 1970. Lección 7 (pág. 262-266). De H. Craeybeckx dice que es "fotógrafo... colaborador técnico de la empresa "Productos Fotográficos Gevaert, S.A." (sic).

Regla general para cualquier óptica

En la sección de justificaciones se estudia el caso de un móvil que pasa perpendicularmente al eje del objetivo. El tiempo de obturación que obtenemos en este estudio es:

$$t = \frac{0'09 \cdot d}{v \cdot F}$$

Donde d es la distancia del objetivo al móvil en metros. v la velocidad del móvil en kilómetros por hora y F la distancia focal en milímetros. El factor 0'09 podemos reducirlo a 0'1.

Para que sea practica esta fórmula es mejor invertirla ya que los fotógrafos normalmente nos fijamos en el denominador del tiempo de obturación. De esta manera para fotografiar un coche que va a 80km/h a una distancia de 12 metros y con un objetivo de 50mm deberíamos dar una velocidad de:

$$\frac{1}{t} = \frac{v \cdot F}{d} \cdot 10 = \frac{60 \cdot 50}{12} \cdot 10 = 2500$$

Es decir un tiempo de obturación de 1/2500.

De la ecuación anterior podemos obtener las siguientes:

Distancia a la que ponernos:

$$d = t \cdot v \cdot F \cdot 10$$

Velocidad a la que podemos pararlo:

$$v = \frac{0'1 \cdot d}{t \cdot F}$$

Distancia focal a emplear:

$$F = \frac{0'1 \cdot d}{v \cdot t}$$

Motivos cercanos

La iluminación que cae sobre el material sensible es:

$$E_i = \frac{r \cdot E_e}{4} \cdot \left(\frac{\phi}{d} \right)^2$$

Donde, como ya sabemos, E_i es la iluminación en lux de la imagen, r el factor de reflexión del objeto que ilumina (lo que fotografiamos), E_e es la iluminación en lux de la escena, el símbolo del diámetro es el diámetro del haz de luz en el centro óptico del objetivo y d es la distancia del centro óptico del objetivo al plano focal (la imagen). Como ya sabemos si enfocamos a infinito la distancia del centro óptico al plano focal es la distancia focal del objetivo y por tanto lo que está dentro del paréntesis vale uno partido del diafragma.

Esto significa que la luminosidad del objetivo no está dada por el número f como comúnmente se cree. La luminosidad que especifica el número f es la luminosidad máxima, que se obtiene cuando el objetivo se encuentra enfocado a infinito. En el resto de los casos la luminosidad real es menor. Si se enfoca el objetivo a muy corta distancia, como cuando hacemos primeros planos en fotografía macro la luminosidad real del objetivo se puede hacer notar. En estos casos creemos que empleamos la luminosidad dada por el número f ajustado pero en realidad obtenemos una inferior.

En fotografía macro se ha hecho muy popular el empleo de la relación de ampliación, que es la relación que guarda una longitud del objeto fotografiado con la longitud correspondiente de su imagen. Aunque es muy popular este factor y todos los libros y revistas hablan de ella solo es práctica cuando podemos medirla. Y solo podemos medirla de dos maneras: a posteriori después de revelar el original, lo que deja fuera de lugar la fotografía electrónica (digital y vídeo), o bien en una cámara en la que tengamos acceso al plano de la imagen como las cámaras técnicas y de banco óptico. Es decir muy pocas veces o solo en casos muy concretos. Para trabajar prácticamente se han inventado dos métodos: el factor de fuelle y la corrección porcentual de distancia.

Factor de fuelle

El factor de fuelle es un factor de corrección que hay que aplicar a la exposición calculada. Un fuelle es un dispositivo óptico que permite mover el objetivo para enfocar. Además de ser ampliamente usados en las cámaras de banco como parte del cuerpo hay fuelles específicos para macrofotografía. Estos fuelles suelen traer una escala en la que se puede leer la corrección, este es el factor de fuelle para compensar el tiempo de exposición nos podemos guiar por la siguiente tabla:

Factor de ampliación	Multiplicar tiempo exposición por
25%	1'6
50%	2'2
100%	4
150%	6'5
200%	9
300%	16

Corrección porcentual

La corrección porcentual de distancia se asemeja al factor de fuelle en que emplea la distancia que se aleja el objetivo y se diferencia en que no hace necesaria el conocimiento de la relación de ampliación. Es increíble que una cosa tan escasamente práctica a la hora de hacer una foto (antes de) sea el único tema de conversación de la bibliografía existente cuando lo cierto es que la relación de ampliación solo podemos percibirla a posteriori. Aquí nos vamos a limitar a explicarlo, no lo justificaremos en este documento.

El objetivo de éste método es corregir el diafragma que hemos puesto. Para ello tenemos que conocer cuantos milímetros se desplaza el barrilete del objetivo desde su posición de enfoque a infinito a la posición de enfoque deseada, esto se puede hacer simplemente con un calendario de esos de cartón que lleva impresos una regla. La única dificultad que podemos encontrar es que tengamos un objetivo de enfoque interno en los que, naturalmente, no podemos medir este desplazamiento. Una vez medido este desplazamiento lo dividimos por la distancia focal del objetivo y al resultado le sumamos uno. El número así formado es el factor de multiplicación del diafragma. Osea que si multiplicamos el diafragma ajustado por el número nos da el diafragma real (la luminosidad real). El número en sí mismo es la raíz cuadrada de la relación de luces que hay entre ambas exposiciones y por tanto marca la relación de luces de la mitad de pasos de los que hay en realidad.

Para hacerlo mas fácil vamos a dar algunos valores (que por cierto son semejantes a los que veremos en como formar una serie de diafragmas):

<i>Un paso</i>	<i>1'4</i>
<i>Un sexto de paso</i>	<i>1'06</i>
<i>Un tercio de paso</i>	<i>1'12</i>
<i>Medio paso</i>	<i>1'19</i>
<i>Dos tercios de paso</i>	<i>1'26</i>
<i>Un paso y un tercio</i>	<i>1'59</i>
<i>Un paso y medio</i>	<i>1'7</i>
<i>Un paso y dos tercios</i>	<i>1'78</i>
<i>Dos pasos</i>	<i>2</i>

PARTE IV: Cálculos justificativos

Generación de la lista de diafragmas

La luminosidad de un objetivo o número f se define como la distancia focal del objetivo dividida entre el diámetro del haz de luz en el centro óptico. Es decir:

$$f = \frac{F}{\phi}$$

La luz que llega al plano de la imagen es:

$$E_i = \frac{r \cdot E_e}{4 \cdot f^2}$$

La relación que guardan las iluminaciones de dos diafragmas cualesquiera serán por tanto:

$$\frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{f_2}{f_1} \right)^2 \rightarrow f_2 = f_1 \sqrt{m}$$

Donde m es la relación de luces entre los dos diafragmas. Esta ecuación la podemos leer diciendo que es el diafragma siguiente a un dado y separado por una relación de luces m. Ahora teniendo en cuenta que la relación entre relación de luces y pasos es:

$$m = 2^n$$

Tenemos que:

$$f_{sig} = f_{ant} \cdot 2^{\frac{n}{2}}$$

Que nos dice cuanto vale el diafragma siguiente a uno dado y separado por n pasos. Para completar diremos los multiplicadores (dos elevado a ene medios) para unos

casos habituales:

Un paso 1'4
Un tercio de paso 1'12
Medio paso 1'19
Dos tercios de paso 1'26

Exposición recomendada

Es cosa sabida, por que así es como se ha definido, que dos iluminaciones (lux) separadas por n pasos se pueden escribir así:

$$E_1 = E_2 \cdot 2^n$$

De la casa Gossen obtenemos la siguiente tabla que relaciona la iluminación de la escena (en lux y piéscandelas) con valores de exposición para una sensibilidad de ISO 50/18:

EV	Lx	pCd
-5	0.17	0.016
-4	0.35	0.032
-3	0.7	0.065
-2	1.4	0.13
-1	2.8	0.26
0	5.5	0.5
1	11	1
2	22	2
3	44	4
4	88	8
5	175	16
6	350	32
7	700	65
8	1400	130
9	2800	260
10	5500	500
11	11000	1000
12	22000	2000
13	44000	4000
14	88000	8000
15	175000	16000

Vamos a dar por válida la tabla debido a su procedencia, aunque está claro que carece de cierta exactitud (Una candela son 10'76 lux que es aproximadamente 11, hay ajustes en las potencias de dos como las 65 piécandelas y otras). Otra cosa que suena es que el valor de exposición se ha tomado en referencia a los pies candelas, una medida extraña válida solo para la commonwealth y ajena al sistema internacional de unidades (para ISO 50/18 el valor de exposición 1 corresponde, curiosamente a 1 piécandela).

Si sustituimos valores de esta tabla en la ecuación que relaciona las iluminaciones con los números de pasos veremos que podemos llegar a lo siguiente:

$$E = 5'5 \cdot 2^{ev}$$

Como se ha apuntado mas arriba el valor de exposición 0 corresponde a una iluminación de 0'5 piécandela, o sea 5'38 lx (que en la tabla viene aproximado como 5'5 lux). Los valores de exposición miden lo mismo que los pasos por lo que podemos poner este valor inicia. Ahora bien, la sensibilidad es inversa de la iluminación (por definición sensibilidad es la inversa de la exposición para una densidad dada y la exposición es proporcional a la iluminación). De manera que si en vez de ISO 50 fuera ISO 100 la iluminación se dividiría por dos. Luego el 5'5 realmente es una constante dividida entre la sensibilidad ANSI. Osea esto:

$$E = \frac{k}{s} \cdot 2^{ev}$$

Donde:

$$\frac{k}{50} = 5'38 \rightarrow k = 269$$

Con lo que la ecuación queda así:

$$E = \frac{269}{s} \cdot 2^{ev}$$

Ahora bien, los valores de exposición relacionan pares de números f y t (luminosidad y tiempo de obturación) y se define como:

$$ev = \log_2 \left(\frac{f^2}{t} \right)$$

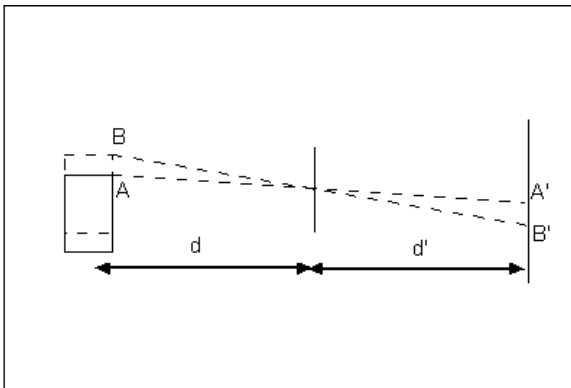
Y por tanto al sustituir el valor de exposición por su definición tenemos:

$$E = \frac{269 \cdot f^2}{s \cdot t}$$

Que nos relaciona el ajuste de exposición f t para una sensibilidad s (ANSI) cuando la iluminación de la escena es E (lux) y la medición se ha hecho por incidencia. Es

decir, se ha medido la luz que llega a la escena, lo que es equivalente a medir el brillo de un objeto gris neutro con un factor de reflexión (reflectancia) del 18%.

Exposición para un móvil



Vamos a calcular el tiempo de obturación mínimo requerido para parar un objeto en movimiento. La figura siguiente ilustra la situación. El rectángulo de la izquierda es un móvil que se mueve a una velocidad de v metros por segundo. Debemos calcular el tiempo que tarda en trasladarse de A a B teniendo en cuenta que el desplazamiento correspondiente de su imagen lo hace de A' a B' y que este desplazamiento de la imagen sea menor que el círculo de confusión.

La velocidad a la que se desplaza la imagen del móvil será por tanto $A'B'/t$ donde t es el tiempo de obturación.

$$v = \frac{AB}{t}, v' = \frac{A'B'}{t} \rightarrow \frac{v}{v'} = \frac{AB}{A'B'}$$

Lo que liga las dos velocidades. Por las leyes de las lentes llegamos a sí mismo a la relación siguiente:

$$\frac{v}{v'} = \frac{AB}{A'B'} = \frac{d}{d'}$$

Con lo que podemos obtener:

$$t = \frac{A'B' \cdot d}{v \cdot d'}$$

$A'B'$ es el diámetro del círculo de confusión. Vamos a llamarlo c . A partir de la ley de Gauss de las lentes podemos despejar d' y sustituirlo en la ecuación anterior obteniendo:

$$t = \frac{c \cdot d}{v \cdot d'} = \frac{c \cdot d - d \cdot F}{F \cdot v} = \frac{c \cdot d}{F \cdot v} - \frac{c \cdot F}{F \cdot v}$$

F es la distancia focal. En un caso real c viene a valer del orden de las décimas de milímetro. F de milímetros, d metros y v kilómetros por hora. Los problemas que vamos a tener con móviles van a ser con objetos que se mueven a varios kilómetros por hora. Ahora bien, el segundo término es del orden de mil veces menor que el primero, por lo que podemos despreciarlo y dejar el tiempo de obturación en solo el

primer término. Es decir:

$$t = \frac{c \cdot d}{v \cdot F}$$

Donde d es el diámetro del círculo de confusión en milímetros, d la distancia de la cámara al móvil en metros, v la velocidad del móvil en kilómetros por hora y F la distancia focal del objetivo. Para el caso habitual en que el diámetro de confusión es de 0'025 milímetros tenemos que el tiempo de obturación vale:

$$t = \frac{0'09 \cdot d}{v \cdot F}$$

Índice

Copyright	2
PARTE I: Prefacio	3
PARTE II: De que va esto	4
<u>Que es la exposición</u>	4
<u>Reciprocidad y error de reciprocidad</u>	4
<u>Los controles de la exposición</u>	5
El diafragma	5
El obturador	6
<i>El obturador plano focal</i>	6
<i>El obturador central</i>	6
<i>La serie de tiempos</i>	6
<i>Pares ft</i>	7
La sensibilidad	7
La serie ASA	8
La escala DIN	9
<u>La escena bajo la luz</u>	9
El contraste	9
Contraste de medio	10
La medición y el gris medio	10
<i>Ejemplo de cálculo</i>	11
<i>Ajustes comunes</i>	12
<i>La previsualización</i>	13
La latitud de exposición	13
<i>Latitud positiva: cuando la escena es mas pequeña que el medio.</i>	14
<i>Atardeciendo, un ejemplo final:</i>	15
<i>Latitud negativa: cuando la escena es mas amplia que el medio.</i>	15
<u>RESUMEN</u>	16
.....	16
PARTE III: Estudio de la exposición	17
<u>La exposición en la cámara</u>	17
De la luz que expone	17
Del brillo de los objetos	17
<u>La exposición recomendada</u>	18
Estudio de una curva característica	18
De la escena a la película	20
La exposición recomendada	21
Como la escena se convierte en imagen	23
<u>De la medición</u>	24

De los fotómetros	24
De los tipos de fotómetros	24
De como se emplean	25
<i>Lectura incidente</i>	<i>26</i>
<i>Lectura del brillo (Luz reflejada)</i>	<i>27</i>
<i>Escala de puntos de previsualización</i>	<i>27</i>
<i>Como medir la corrección para un tono</i>	<i>28</i>
<u>De la toma de decisiones</u>	<u>29</u>
Criterios de exposición	29
Estudio de la gama	29
Latitud negativa	31
<i>Sobre la latitud de exposición</i>	<i>33</i>
<u>RESUMEN</u>	<u>34</u>
<u>Sobre el horquillado. El registro seguro.</u>	<u>34</u>
<u>Algunos casos especiales de exposición</u>	<u>35</u>
<u>Motivos en movimiento</u>	<u>35</u>
Regla de Craybex	35
Regla general para cualquier óptica	36
<u>Motivos cercanos</u>	<u>37</u>
Factor de fuelle	37
Corrección porcentual	38
PARTE IV: Cálculos justificativos	39
<u>Generación de la lista de diafragmas</u>	<u>39</u>
<u>Exposición recomendada</u>	<u>40</u>
<u>Exposición para un móvil</u>	<u>42</u>