

TALLER DE FOTOGRAFÍA HDR Y REVELADO RAW

Rafael de Luis Casademunt

www.rafaeldeluis.es
deluis.rafael@gmail.es



Actualizado julio 2011

I. Introducción al revelado RAW

- Funcionamiento de la cámara fotográfica digital: el sensor, captura y procesado de imagen. Formatos de archivo JPEG y RAW.
- Captura de imagen: temperatura de color y optimización de la exposición.
- Revelado RAW: programas de revelado y elección del flujo de trabajo. Parámetros básicos de revelado. Retoque y acabado en RAW.
- Exportación a otros formatos: asignación de perfiles, dimensionado y resolución.
- Ventajas del trabajo en RAW.

II. Introducción a HDRI – Imágenes de Alto Rango Dinámico

- Imágenes de Alto Rango Dinámico -HDRI-: nociones, limitaciones de los dispositivos de captura y de salida. Formatos de imagen HDR.
- Captura HDR con dispositivos convencionales: cámaras digitales y escáneres.
- Procesado HDR y mapeo de tonos.

I - Introducción al revelado RAW

La cámara fotográfica digital

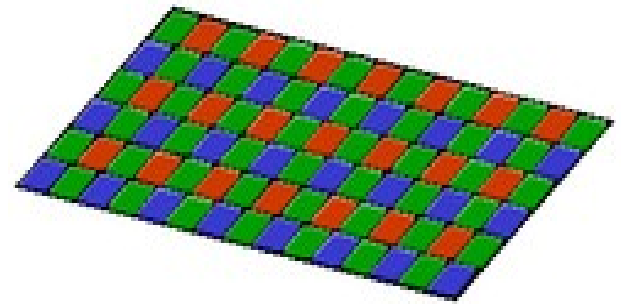
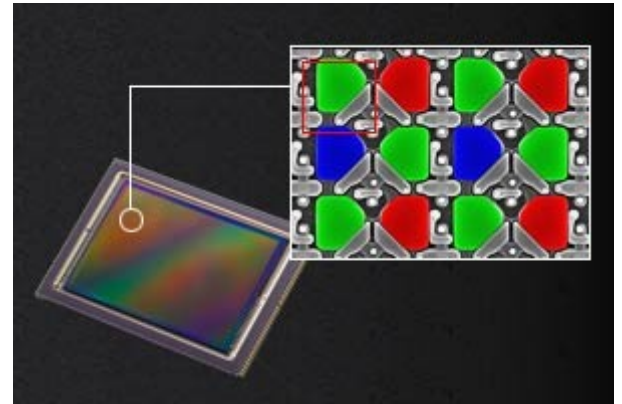
El sensor de imagen es el dispositivo donde se forma la imagen proyectada por el objetivo de la cámara.

Su superficie está formada por millones de células fotoeléctricas cubiertas alternativamente por filtros de color rojo, verde y azul, de modo que cada célula, o fotocaptor, recibe sólo uno de los tres colores primarios.

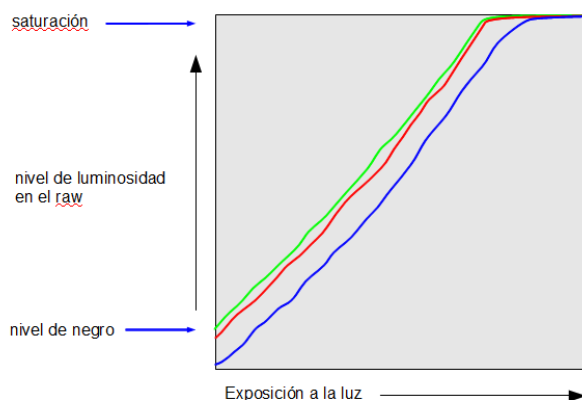
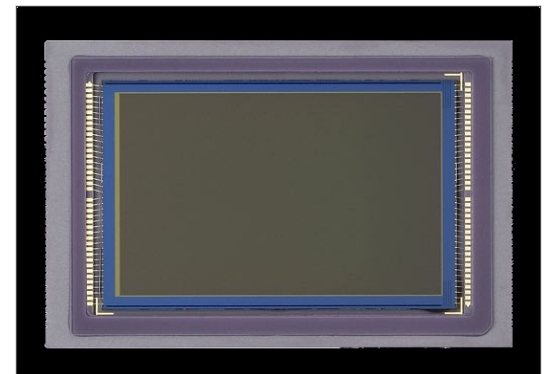
De cada cuatro fotocaptos, dos se destinan al verde, uno al rojo y uno al azul (filtro *Bayer*).

Mediante algoritmos de interpolación en el procesado de la imagen se asignará un valor de color RGB a cada píxel.

- Los sensores **CCD** producen las señales eléctricas que son amplificadas y digitalizadas por los circuitos de la cámara para construir la imagen digital.
- En los sensores **CMOS** las señales eléctricas son amplificadas y digitalizadas en el mismo chip.



Filtro *Bayer*



Los sensores se comportan **linealmente** respecto a la cantidad de luz que reciben, dentro de unos niveles: el nivel más bajo al que pueden responder es el **nivel de negro** y el nivel a partir del cual no son capaces de dar una respuesta eléctrica proporcional es su **nivel de saturación**.

La sensibilidad de los sensores, como la de la película, se mide en grados ISO. La sensibilidad de un sensor es fija, y se corresponde normalmente con la más baja de la escala de sensibilidades de la cámara. Por ejemplo, si la cámara permite ajustar la sensibilidad entre 100 y 1600 ISO, la sensibilidad real es 100 ISO, y cuando ajustamos sensibilidades superiores estamos *forzando* la sensibilidad, con mayor o menor pérdida de calidad según la calidad del sensor. Los valores de sensibilidad ISO son lineales, de modo que 200 ISO es el doble de 100 ISO, y así sucesivamente.

El ajuste de sensibilidad ISO de las cámaras consiste en la amplificación analógica de la señal eléctrica procedente del sensor, antes de la conversión analógico-digital. Esto tiene dos consecuencias: el ajuste ISO, a diferencia de otros ajustes de cámara, no lo podremos modificar posteriormente en el procesado de las imágenes, y en segundo lugar, siempre será preferible aumentar el ISO que tener una imagen subexpuesta para corregirla después.

El valor de exposición EV viene determinado por la cantidad de luz de la escena y la sensibilidad ISO del sensor. A cada valor EV corresponde el doble o la mitad de luz de su valor inferior o superior. Los valores de exposición EV determinan las combinaciones de apertura de diafragma y tiempo de exposición.

El ruido en la práctica está producido básicamente por la subexposición, pero hay que matizar sus causas:

- Errores en el conteo de electrones: se establece en la raíz cuadrada de la señal.
- Ruido de origen térmico (*dark current*): producido por el calentamiento del sensor, más acusado en los CCD.
- Ruido de lectura, producido por la amplificación de señal.
- En los CMOS: ruido de corrección de homogeneidad, debido a la amplificación individual de los fotocaptadores.

Otras clases de ruido son:

- El producido por una larga exposición, aún con ISO bajo: produce un patrón fijo, propio de los CMOS.
- El ISO alto produce ruido aleatorio.
- El *banding*, propio de los CCD, debido a la contaminación de líneas de fotocaptadores.

Los fotones que iluminan impactan en los fotodiodos creando un **pozo de electrones** que se acumula en cada píxel.

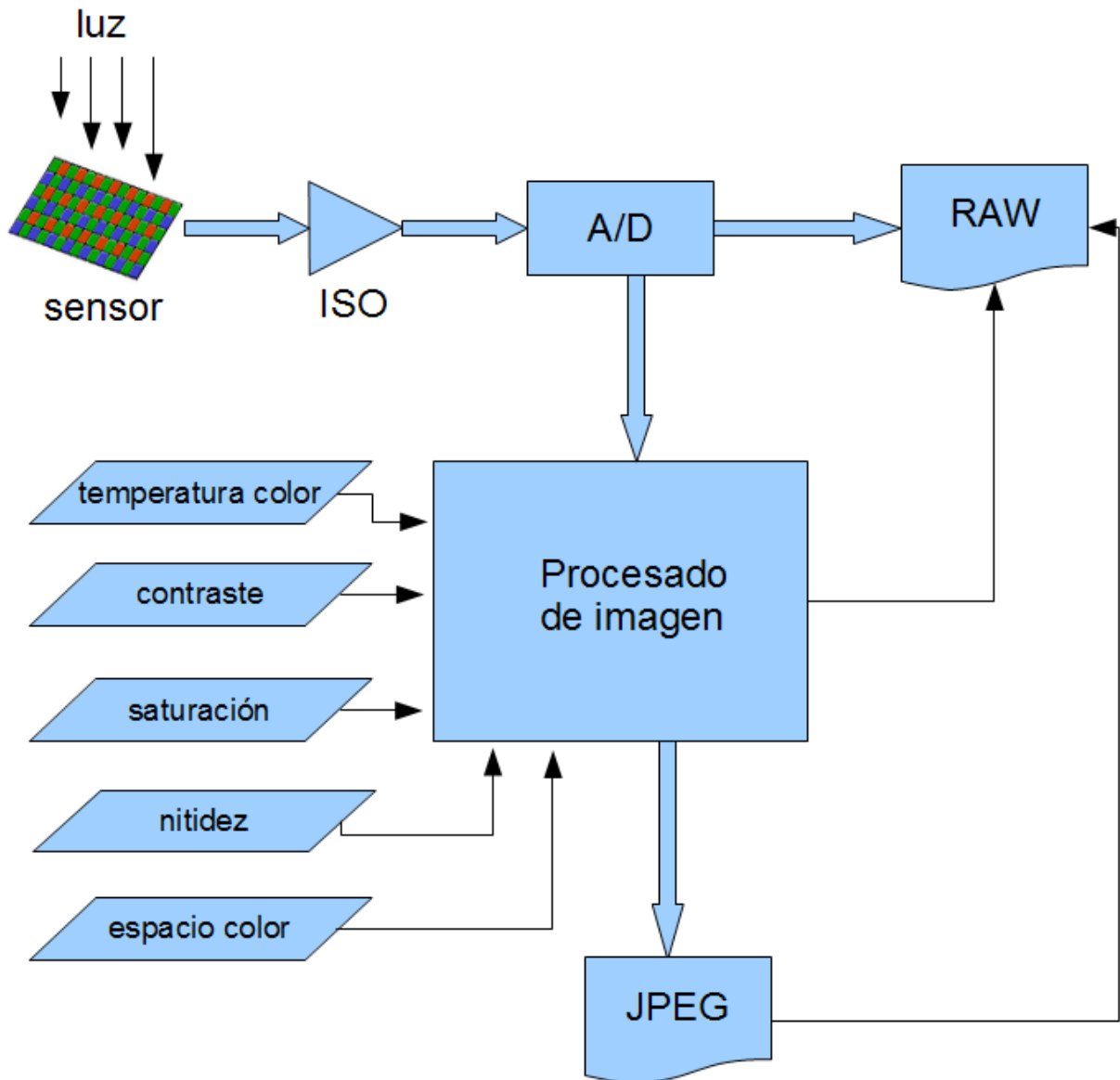
El número de electrones que puede acumular cada píxel se denomina **profundidad de pozo**.

El rango dinámico de un sensor es directamente proporcional a la **profundidad del pozo**.

El rango dinámico es igual a la capacidad del pozo dividido por el ruido.

El rango dinámico es igual o menor a 2 elevado al número de bits de profundidad del archivo.

Procesado de la información en la cámara



El procesador de la cámara trabaja a 12 bits (4096 niveles por canal) o 14 bits (16384 niveles por canal). Algunas cámaras y respaldos digitales de formato medio funcionan con 16 bits por canal (65536 niveles).

El archivo RAW contiene la información digitalizada en bruto procente del sensor. Además contiene información de los ajustes de procesamiento fijados en la cámara, y también una imagen **JPEG** procesada, que puede ser de tamaño completo o reducido, según el fabricante.

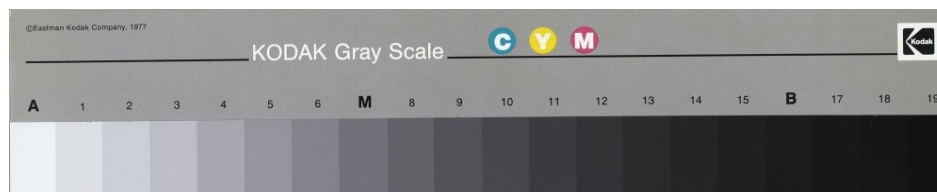
El archivo JPEG contiene la imagen procesada por la cámara en modo RGB de 8 bits. Es un archivo comprimido con pérdidas.

Capturando en raw

El ruido de una fotografía básicamente está producido por la subexposición. En consecuencia, la exposición ideal es la mayor posible antes de saturar las luces. De esta manera capturaremos el mayor rango dinámico posible con el menor ruido.

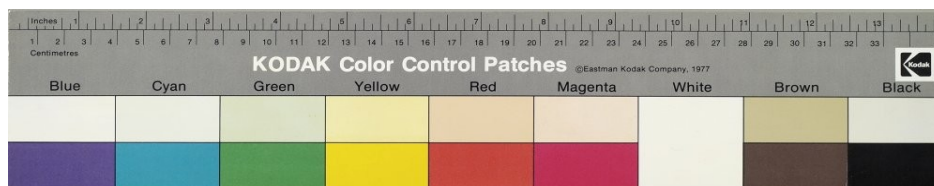
Teniendo en cuenta que el aumento de la sensibilidad ISO también amplifica el ruido, utilizaremos la mínima sensibilidad ISO que nos permitan las condiciones de disparo. Pero sin olvidar que siempre es mejor aumentar el ISO que dejar una foto subexpuesta.

Hacer un disparo con carta gris en cada situación de iluminación distinta si necesitamos hacer un equilibrio de blancos preciso. El balance de blancos personalizado en la cámara, necesario cuando disparamos en JPG, puede ser una ayuda, pero es innecesario si tenemos una superficie neutra en la escena para tomarla de referencia.



Aunque disparando en raw la temperatura de color la ajustaremos en el revelado, hay que tener en cuenta que el balance de color en la cámara influye sobre la exposición individual de los 3 canales RGB, por lo que es conveniente que el balance de color no esté fijado en ajustes excesivamente distantes del correcto.

Una carta de color no es imprescindible, pero nos puede ayudar a evaluar y corregir los resultados en el procesado.



Secuencia del revelado raw

1. Escalado lineal. Los datos del sensor (12 o 14 bits) son escalados a 16 bits, ajustando el **nivel de negro** (0) y el **nivel de saturación** del sensor. Un ajuste del nivel de saturación demasiado bajo dará lugar a la pérdida de información en las altas luces, mientras que un ajuste optimista producirá dominantes de color en los blancos (luces magenta).

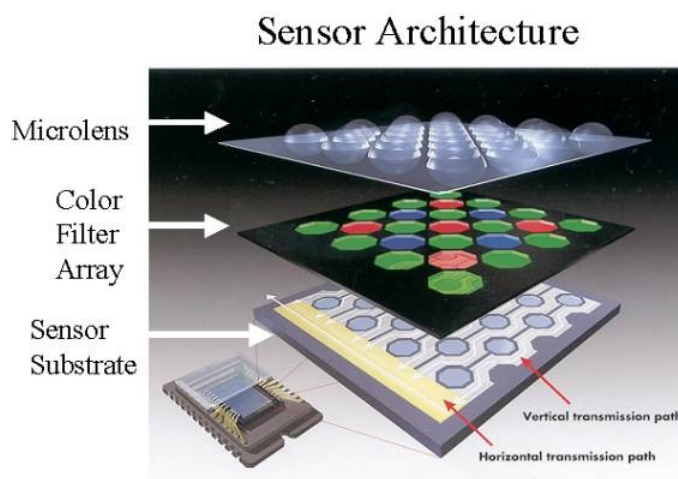
2. Ajuste del balance de blancos: se corrigen las exposiciones de los tres canales para adecuarlas al equilibrio de color deseado.

3. Interpolación (*demosaicing*: se estiman los valores de los canales que faltan en cada fotocaptor, en función de los valores circundantes. El resultado nos dará los valores RGB para cada píxel.

4. Conversión al espacio de color y corrección de gamma de salida. Consiste en adaptar la imagen a las limitaciones de los dispositivos de visualización.

Además de estas cuatro operaciones básicas, tanto en la cámara como en el programa de revelado, pueden realizarse otros ajustes:

- Ajuste de la **exposición y niveles de luminosidad**.
- **Mapeo de tonos:** se trata de resaltar sombras y contener las altas luces para mejorar la visualización de la imagen.
- Correcciones de **distorsión de lente, viñetado y aberraciones cromáticas**.
- Control de la **saturación de color**.
- Control del **contraste**.
- Aplicación de **máscara de enfoque**.
- Reducción de **ruido**.
- Aplicación de estilos, o **preajustes establecidos**.
- **Recorte** de imagen.



Fuji Corporation

Revelado con DCRaw <http://www.cybercom.net/~dcoffin/dcraw/>

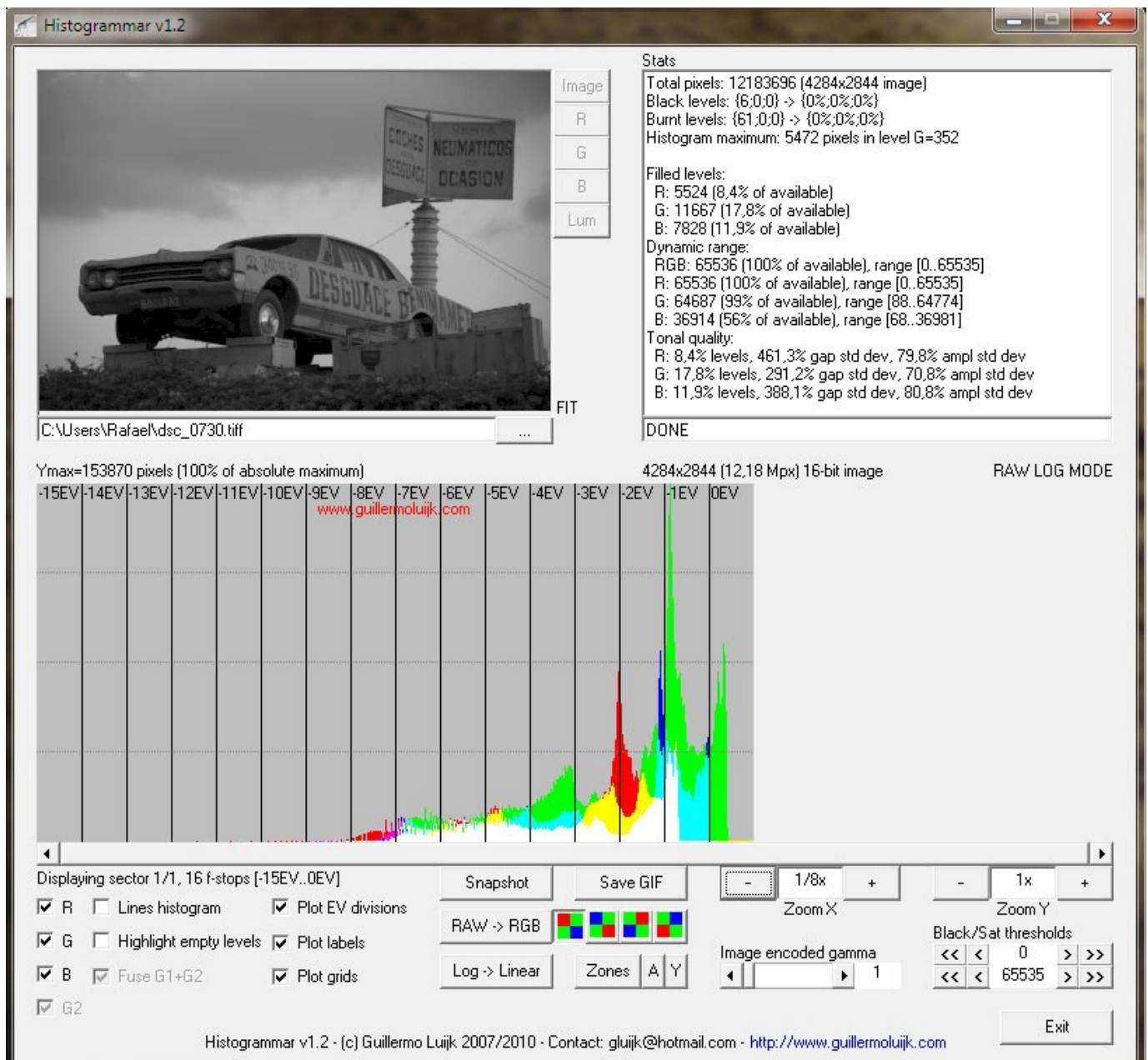
DCRaw es un programa de código abierto escrito por David Coffin que es utilizado como motor de revelado raw en numerosas aplicaciones.

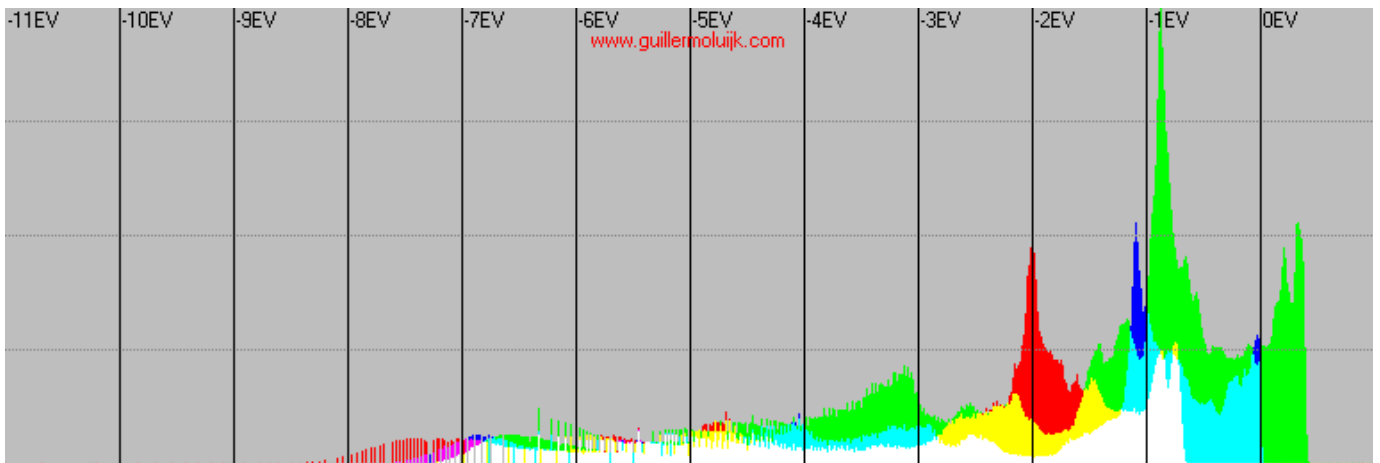
```
>dcraw [opción] [nombre_de_archivo_raw]
-v muestra mensajes en pantalla del proceso
-c escribe los datos de la imagen en la salida
-e extrae el jpg incrustado
-i identifica los archivos sin decodificarlos
-i -v identifica los archivos y muestra los metadatos
-z cambia la fecha de los archivos a la del reloj de la cámara
-w usa el balance de blancos de la cámara
-a realiza un balance de blancos automático por promedio
-A (x y w h) realiza el balance de blancos sobre el rectángulo definido en las
coordenadas
-r (r g b g) ajusta el balance de blancos personalizado
+M/-M usa/no usa la matriz de color incrustada por algunas cámaras
-C (r b) corrección de aberraciones cromáticas
-P (archivo.txt) corrige los píxeles muertos listados en un archivo
-K (archivo.pgm) subtrae el dark frame (dcraw -D -4 -j -t 0 sobre una foto negra)
-k (num) ajusta el nivel de negro
-S (num) ajusta el nivel de saturación
-n (num) ajusta el umbral de reducción de ruido (entre 100 y 1000)
-H [0-9] modos de tratamiento de las sobreexposiciones (-H 0 por defecto)
-t [0-7]gira la imagen
-o [0-5] asigna espacio de color
-o (archivo.icm) aplica perfil ICC de salida a partir de archivo
-p (archivo.icm) aplica perfil ICC de cámara a partir de archivo o incrustado
-d produce un documento en escala de grises sin interpolación
-D igual que el anterior pero sin escalado de color, totalmente raw
-j sin deformar ni rotar los píxeles
-W sin ajuste automático de la luminosidad
-b (num) ajusta el nivel de luminosidad, por defecto 1.0
-g (p ts) ajusta la gamma personalizada, por defecto 2.222 4.5
-q [0-3] tipo de interpolación (-q 3 máxima calidad AHD)
-h imagen en color de mitad de tamaño, muy rápido
-f interpola RGGB como cuatro colores
-m (num) aplica un filtro de reducción de artefactos
-s [0..N-1] / -s all descodificar una o todas las imágenes contenidas en el raw, caso de Fuji
Super-CCD
-6 salida de 16 bits
-4 salida de 16 bits lineales, como -6 -W -g 1 1
-T salida TIFF en lugar de PPM
```

Analizando el raw

Mediante la aplicación *Histogrammar* (solo en Windows) de Guillermo Luijk www.guillermoluijk.com podemos ver un histograma logarítmico de nuestro archivo raw procesado con DCRaw. Para que esta gráfica sea útil el raw debe ser revelado de modo lineal, resultando un TIFF de 16 bits monocromo, y aplicando la *gamma* correcta.

Ejemplo: >dcrw -v -d -r 1 1 1 -4 -T -t 0 dsc_0730.nef





La principal ventaja es que nos muestra la información de píxeles por valores EV (pasos de diafragma), a diferencia de los habituales histogramas lineales.

Así podemos evaluar exactamente el nivel de exposición de la imagen y el rango dinámico captado.

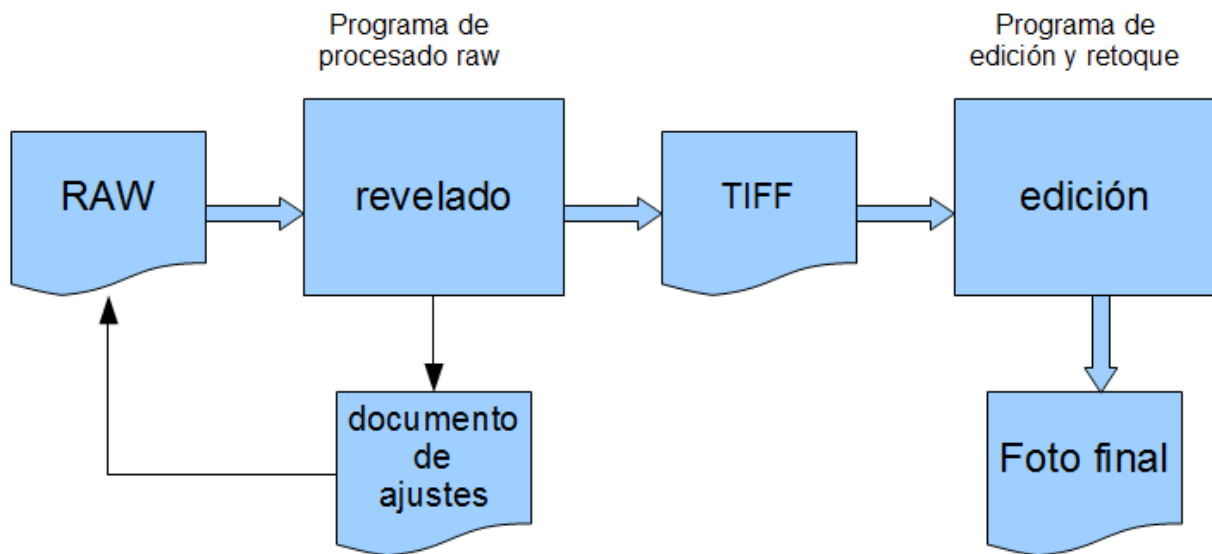
Cuando utilizamos el histograma de la cámara para evaluar la exposición debemos tener en cuenta que representa la información del JPEG procesado, por lo que no se corresponde exactamente con el rango realmente captado por el sensor.

Principales procesadores de archivos RAW

- Windows: Adobe Camera Raw (Photoshop) y Adobe Lightroom (basados en RawShooter), Capture One, Bibble. UFRaw y RawTherapee (libres, basados en DCRaw), DCRaw (en modo texto), y los propios de cada cámara.
- Mac OS-X: Aperture, Adobe Camera Raw (Photoshop) y Adobe Lightroom (basados en RawShooter), UFRaw (libre, basado en DCRaw), DCRaw (en modo texto), Capture One, Bibble, y los propios de cada cámara.
- Linux: UFRaw, RawTherapee, DCRaw (en modo texto), Bibble.

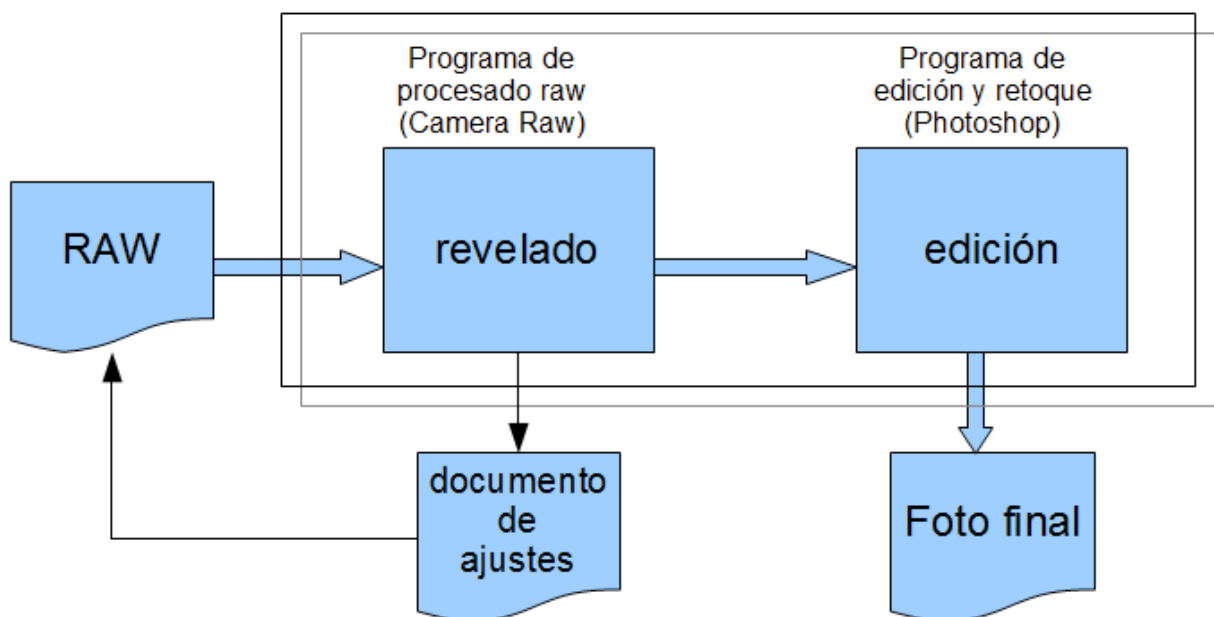
Flujos de trabajo RAW

Modo clásico.



El archivo raw se procesa con un programa *revelador raw* específico. El resultado se exporta preferentemente en un archivo sin pérdida (TIFF de 8 ó 16 bits) para su posterior edición en el programa correspondiente (Photoshop, GIMP). El programa de revelado raw genera un documento con los ajustes de revelado que se guarda junto al raw original.

Flujo de trabajo de aplicaciones integradas.



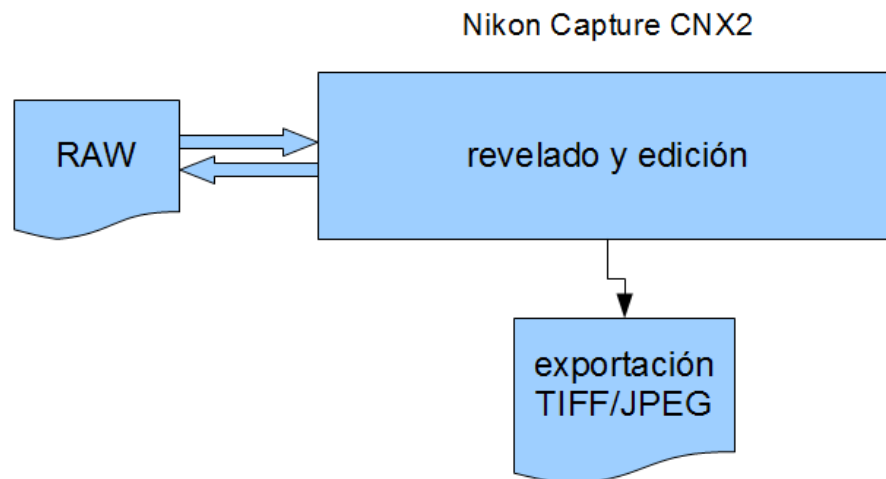
El programa de revelado raw (Adobe Camera Raw) está integrado en el de edición (Photoshop) funcionando como *plugin*, de manera que la imagen raw procesada se continúa editando sin exportación intermedia. Este flujo es el mismo que podemos realizar utilizando UFRaw como plugin de revelado raw en GIMP.

Una opción de Adobe es la conversión previa de los archivos raw de cámara al formato raw de Adobe, DNG, mediante el programa Adobe DNG Converter. Esto sirve para unificar los raw procedentes de distintas cámaras a un solo tipo de archivo, así como para poder editar archivos raw de cámaras modernas en versiones antiguas de Photoshop.

Flujo de trabajo de aplicación única: la edición no destructiva.

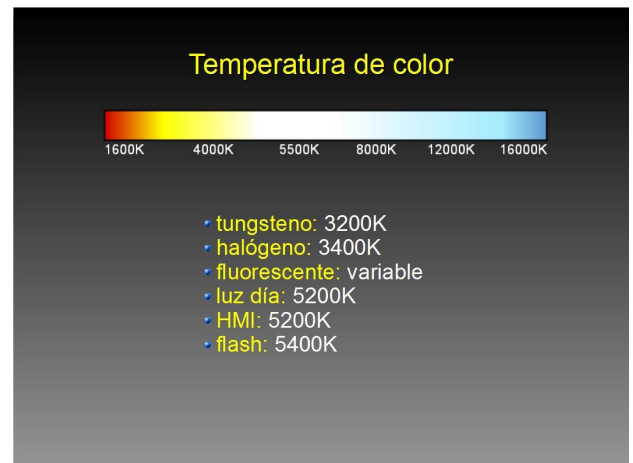
La mayoría de reveladores raw independientes permiten ciertos ajustes de acabado en mayor o menor medida, pero aplicaciones como Nikon Capture NX2, Adobe Lightroom o Bibble están diseñadas para realizar por sí mismas la mayor parte, cuando no la totalidad, del flujo de trabajo fotográfico, integrando revelado y edición en un solo paquete. A diferencia de Photoshop y Gimp, no trabajan con capas, excepto Bibble. Tanto los ajustes de revelado como las acciones de edición se almacenan como una lista de pasos independientes unos de otros, de modo que siempre se pueden rehacer o deshacer, sin afectar al archivo original. Esta lista de edición, así como las diferentes versiones que se pueden crear, se almacenan dentro del mismo archivo raw en el caso de Nikon, sin documentos adjuntos. Los demás programas de revelado almacenan las órdenes de revelado y/o edición en un archivo adjunto llamado también archivo *sidecar*.

El programa de Nikon solo admite el revelado de los raw de la marca, pero permite retocar archivos TIFF o JPEG de cualquier procedencia. El resultado siempre se puede guardar como TIFF, JPEG, o NEF (RAW de Nikon).



Conceptos de color

- **La temperatura de color** de una fuente de luz se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. Por eso se mide en grados kelvin. Sirve para tener la referencia del color blanco.
- **Gama de color:** Los dispositivos como escáneres, monitores e impresoras sólo pueden mostrar una parte de todos los colores visibles. Este juego de colores que un dispositivo puede mostrar es su Gama de Color.
- **Perfil de color:** es un archivo que contiene información acerca de las capacidades de gestión de color de un dispositivo.

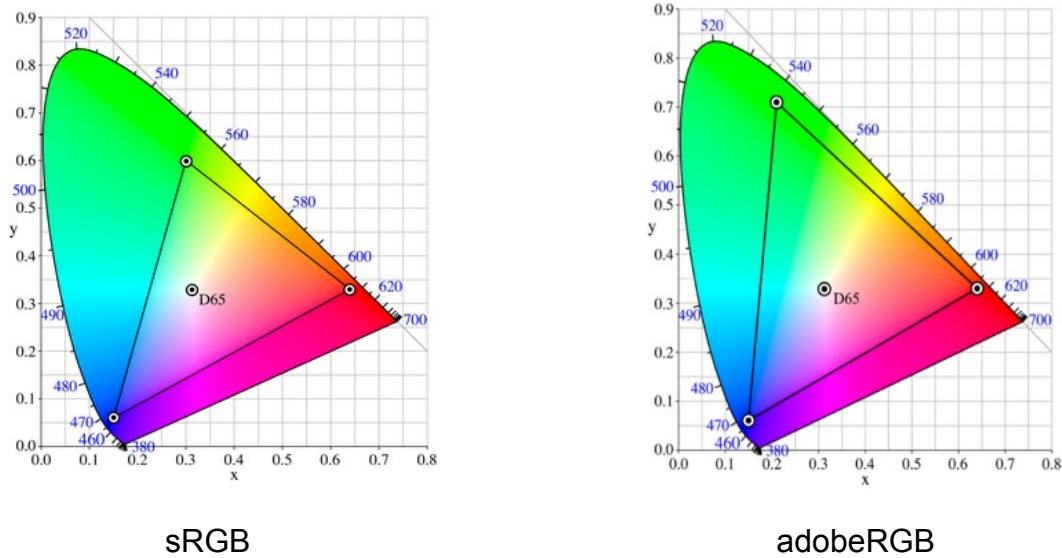


Generalmente, en una sesión de correspondencia de color se usan dos perfiles, el de origen y el destino. En 1993, distintas compañías (Adobe, Agfa, Apple, Kodak, Microsoft, Sun, Silicon Graphics y Taligent) crearon el International Color Consortium (**ICC**) para encontrar la forma de solucionar los problemas a la hora de obtener colores fiables y precisos al pasar una imagen por distintos dispositivos. Una de las primeras decisiones del ICC fue pasar la responsabilidad de la gestión de color al sistema operativo, para que no tuviese que ser replicado y duplicado en cada aplicación. Y crear un estándar de perfiles de color, una descripción detallada y clara del comportamiento de cada dispositivo. Internamente, la arquitectura propuesta por el ICC usa los espacios de color CIELAB y CIEXYZ, los más completos, y que permiten tener una representación completa del color de una imagen para, a partir de ella, hacer las conversiones necesarias a otros espacios.

Para crear un perfil, por ejemplo de un escáner, el fabricante digitaliza una imagen de referencia y luego compara distintos valores de la imagen con los que debería tener (suministrados por el ICC). Esta comparación entre los valores escaneados y los reales se emplea para realizar la tabla de conversión. En el caso de una impresora, se imprime una imagen de referencia, y se mide una serie de valores, comparando el resultado de la medida con los valores predeterminados.

- Un **espacio de color** es, por un lado, el conjunto de colores que se pueden representar en un dispositivo determinado y, por otro, la forma de representar esos colores, en función de colores básicos y previsible. A un espacio de color le corresponde un perfil de color.

Comparación entre el espacio **sRGB** (standard RGB) y el espacio amplio **adobeRGB**:



Revelando el raw, resumen:

Durante el procesado raw debemos ajustar la **temperatura de color** correspondiente a la escena, escogiendo entre la fijada en la cámara, los ajustes preestablecidos, el promedio automático o el ajuste por selección o punto gris.

También definiremos el documento de salida: **tamaño en píxeles, resolución en ppp y perfil de color**.

En función de nuestro flujo de trabajo y la aplicación de revelado que utilicemos, elegiremos el formato de exportación: 8 o 16 bits, TIFF o JPEG.

Si nuestro software lo permite, realizaremos preferentemente sobre el raw, todos los ajustes necesarios en lugar de dejarlos para la edición: niveles, curvas, saturación de color, máscara de enfoque, correcciones de lente, etcétera.

Ventajas del revelado raw

- Podemos aprovechar al máximo el rango dinámico de nuestra cámara, *recuperando* luces o sombras que se perderían en un procesado normal de cámara. Tenemos un gran margen de corrección de exposición.
- Ajustamos la temperatura de color *a posteriori* de la captura.
- Trabajamos con 12 o 14 bits de profundidad en modo nativo.
- Capacidad de asignar perfil de color, resolución y tamaño de imagen.
- Podemos rehacer los ajustes de cámara.
- Capacidad de editar ilimitadas versiones de la misma toma sin alterar los datos de la captura original.

II - Imágenes de Alto Rango Dinámico HDR1

La luminancia es la medida de la intensidad luminosa por unidad de área de luz viajando en una dirección determinada. Describe la cantidad de luz que atraviesa o es emitida por un área determinada. Se mide en candelas por metro cuadrado (cd/m²).

El rango dinámico se llama en fotografía al rango de luminancia de una escena, y también a los límites de luminancia que un sensor o película puede capturar.

Limitaciones: Los sensores de las cámaras digitales actuales tienen un rango dinámico muy inferior al que es capaz de captar el ojo humano. Mientras cualquier escena cotidiana puede tener contrastes de más de 13 EV entre luces y sombras (10.000:1), los sensores de la mayoría de cámaras réflex actuales no son capaces de captar más de 9 o 10 EV (1.000:1), y algunas excepciones llegan a los 12 o 13 EV.

Los dispositivos de salida, por otra parte, tampoco ofrecen rangos dinámicos superiores: las pantallas LCD dan contrastes en torno a los 9,5 EV (700:1), y los papeles de impresión alcanzan escasamente 7 EV (128:1).

Conceptos:

- **El valor de exposición EV** viene determinado por la cantidad de luz de la escena y la sensibilidad ISO del sensor. A cada valor **EV** corresponde el doble o la mitad de luz de su valor inferior o superior. Los valores de exposición **EV** determinan las combinaciones de apertura de diafragma y tiempo de exposición.
- Relación de contraste = $2^{(\text{diferencia EV})}$
- Diferencia EV = $\log_2 (\text{Relación de contraste})$



Gustave Le Gray, 1857

El problema de capturar el rango dinámico de las escenas naturales es casi tan antiguo como la fotografía.

En 1850 el fotógrafo francés Gustave Le Gray obtenía perfectos paisajes marinos combinando negativos distintos para el cielo y para el agua.

En 1930 el norteamericano Charles Wyckoff desarrolló las bases de la actual técnica de mapeo de tonos.

En la fotografía química se han utilizado técnicas de captura de un solo disparo con película de tres capas de distintas sensibilidades.

A partir de los años 80, las limitaciones impuestas por el desarrollo de la imagen digital dieron un nuevo impulso a las técnicas **HDR**, apareciendo software especializado y formatos de archivo capaces de contener imágenes **HDR**.

Las limitaciones de rango dinámico de los dispositivos de captura obligan a buscar soluciones de multiexposición para abarcar rangos más amplios. Una excepción es el sensor Fuji SuperCCD-SR, que utiliza dos juegos de fotodiodos de distinta sensibilidad dentro del mismo chip, produciendo dos archivos raw que son combinados por el software de la cámara o fuera de ella para formar una imagen de rango dinámico amplio (13,6 EV). En la actualidad, todos los demás sistemas de captura HDR, con cámara digital o escáner, se basan en la multiexposición.

Pero el mayor problema no es la captura, sino la representación de las imágenes HDR en dispositivos de bajo rango dinámico, **LDR**, en pantallas de ordenador o impresiones en papel. Estas últimas están limitadas por la reflexión del papel y la tinta, y las pantallas tienen sus límites impuestos por la relación entre la máxima luminosidad que pueden alcanzar sus puntos blancos y el brillo de los píxeles en estado de reposo o negro. La actual tecnología de pantallas LDC retroiluminadas por LEDs está avanzando en este sentido, al permitir *apagar* completamente los píxeles negros, además de incrementar la luminosidad máxima frente a las pantallas predecesoras. Posiblemente el futuro de los *displays* HDR está en las pantallas LED.

Una imagen HDR, por tanto, está referida a la escena, mientras que una imagen LDR normalmente estará referida a los dispositivos de salida.

Formatos HDR

Para almacenar una imagen HDR hace falta una **codificación** que represente los valores de cada píxel, y un **formato** de archivo que determine cómo se almacenan esos valores. La calidad de los resultados dependerá en mayor medida de la codificación que del formato. Un formato puede utilizar distintas codificaciones.

Los principales formatos establecidos actualmente son:

- **RadianceHDR** (codificación RGBE o XYZE). Utiliza 4 canales de 8 bits (32 bits por píxel) para RGB+exponente o CIE XYZ+exponente.
- **TIFF** (codificación IEEE RGB, LogLuv24 y LogLuv32). Hasta 96 bits por píxel RGB.
- **OpenEXR** (codificación HalfRGB). Desde 48 bits hasta 96 bits por píxel RGB.

La transformación de una imagen HDR en LDR es, en principio, un proceso unidireccional e irreversible. Se realiza con las llamadas técnicas de mapeado de tonos o *tone mapping*.

Un formato en desarrollo muy interesante es el **JPEG/JFIF**. Se trata de un JPEG de 8 bits por canal que combina una imagen *mapeada* LDR con un bloque de información de solo 64 Kb que basta para reconstruir la imagen completa HDR a partir de la imagen LDR. Este formato todavía no extendido tiene las ventajas de incluir una imagen ya procesada a disposición de cualquier aplicación capaz de manejar JPEG, a la vez de permitir el procesado HDR en un programa especializado. Este formato **comprimido** puede facilitar la entrada del HDRI a campos como el vídeo o las visitas virtuales.

El empleo de archivos HDR, al ser independientes de los dispositivos de salida, permite almacenar imágenes que cubran el rango completo de la visión humana, para en el futuro ser mostradas en dispositivos adecuados.

Captura de imágenes HDR

Una captura HDR no tiene sentido si el rango dinámico de la escena es inferior al que puede capturar nuestra cámara. Por tanto el primer paso es evaluar el contraste de la escena. Con la ayuda del exposímetro de la cámara en medición puntual determinaremos los valores de exposición para las distintas zonas. Utilizaremos la sensibilidad ISO más baja (real, nunca forzada) y una abertura de diafragma adecuada a la profundidad de campo deseada que será constante para todas las exposiciones.

Una vez determinada la exposición de la zona más luminosa realizamos la primera exposición y a partir de ésta tomaremos las demás aumentando +2EV cada una respecto a la anterior, hasta alcanzar la exposición correspondiente a la zona de menor luminosidad. El número de exposiciones necesario dependerá del rango dinámico de la escena.

El empleo de trípode, disparador remoto con o sin cable, retardador de disparo, levantamiento de espejo y las utilidades de *bracketing* de las cámaras nos ayudarán a realizar las tomas con garantías de alineamiento entre ellas.

Para registrar la mayor información posible en las capturas, las realizaremos en modo raw.

Los archivos raw serán procesados del modo más lineal, evitando aplicar parámetros que supongan alteración del contraste y saturación de color. Para ello podemos utilizar cualquier revelador raw y generar una serie de archivos TIFF de 8 o 16 bits. Estos archivos se pueden fusionar posteriormente en un archivo HDR mediante un programa adecuado.

Otra opción es confiar el revelado raw a un programa que revele y fusione los raw en un único archivo HDR directamente. Photoshop CS4 desde el software comercial, y Luminance HDR (Qtpfsgui) desde el software libre, nos permiten realizar este proceso de modo automatizado. También fusionan imágenes en formatos TIFF o JPEG.

La captura HDRI mediante escáner presupone la necesidad de digitalizar con calidad negativos o diapositivas cuyo contraste o rango dinámico exceda los límites del dispositivo de captura. La técnica no difiere básicamente de la empleada con la cámara: a partir de dos o tres capturas con distinta exposición fusionaremos el archivo HDRI. Para preservar la mayor información de las capturas, preferentemente las almacenaremos en formato TIFF 16 bits lineal (sin aplicación de gamma) si el escáner lo permite.

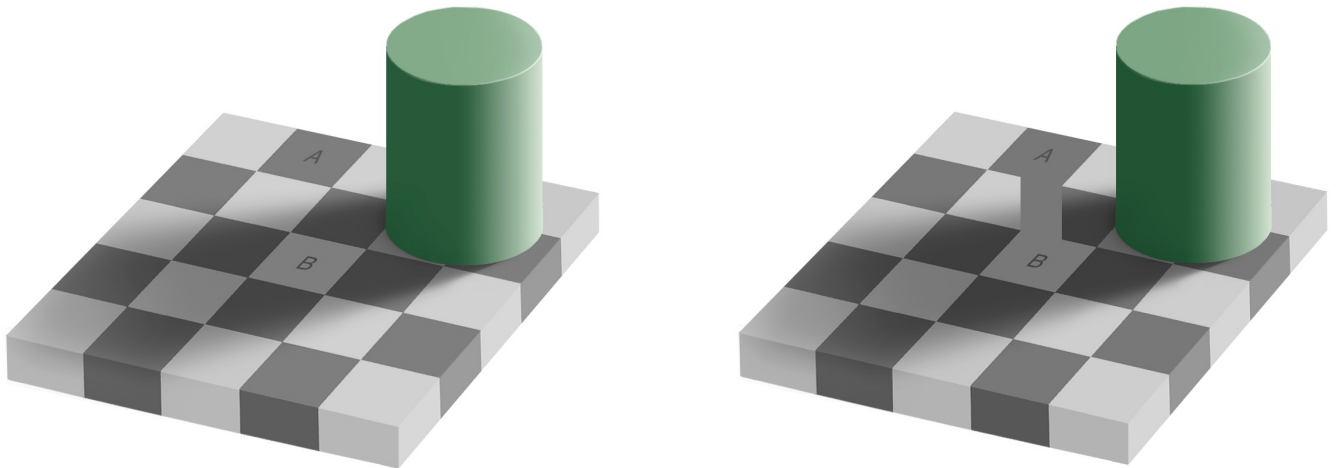
Técnicas de mapeado de tonos (*tone mapping*)

El problema más importante al que nos enfrentamos al trasladar una imagen HDR a un dispositivo de salida LDR es reproducir la apariencia visual de la escena original.

Las imágenes HDR aparecen oscuras y faltas de contraste cuando las reducimos o escalamos para visualizarlas en una pantalla de ordenador. Para visualizarlas adecuadamente o poder imprimirlas es necesario comprimir la información que contienen y ajustarla a un archivo LDR de 8 o 16 bits por canal. Este proceso se conoce como *tone mapping*.

Los programas de *tone mapping* trabajan básicamente de cuatro modos:

1. **Con operadores globales.** Cada píxel es tratado independientemente de los que tiene alrededor. Este procedimiento es el más sencillo y rápido, pero produce pérdida de contraste.
2. **Con operadores locales.** Se trata cada píxel teniendo en cuenta los valores de los píxeles circundantes. De este modo se intenta preservar el contraste entre zonas contiguas para aproximar el resultado a la percepción humana.



Ejemplo: los cuadrados A y B tienen exactamente la misma luminosidad, y sin embargo los percibimos diferentes debido a la diferente luminosidad de su entorno.

3. **Con operadores basados en la frecuencia espacial** de los componentes de la imagen. Los elementos menos frecuentes se comprimen más que los más frecuentes.
4. **Con operadores basados en gradientes.** Se basan en la distinción entre iluminancia y reflectancia.

Los algoritmos de mapeado de tonos intentan cuantificar los modelos de la percepción visual humana basándose en la relación de luminosidad de los objetos con su entorno, para conseguir resultados realistas. Los riesgos más habituales cuando se emplean inadecuadamente son los halos iluminados alrededor de las zonas de sombra y los efectos irreales.

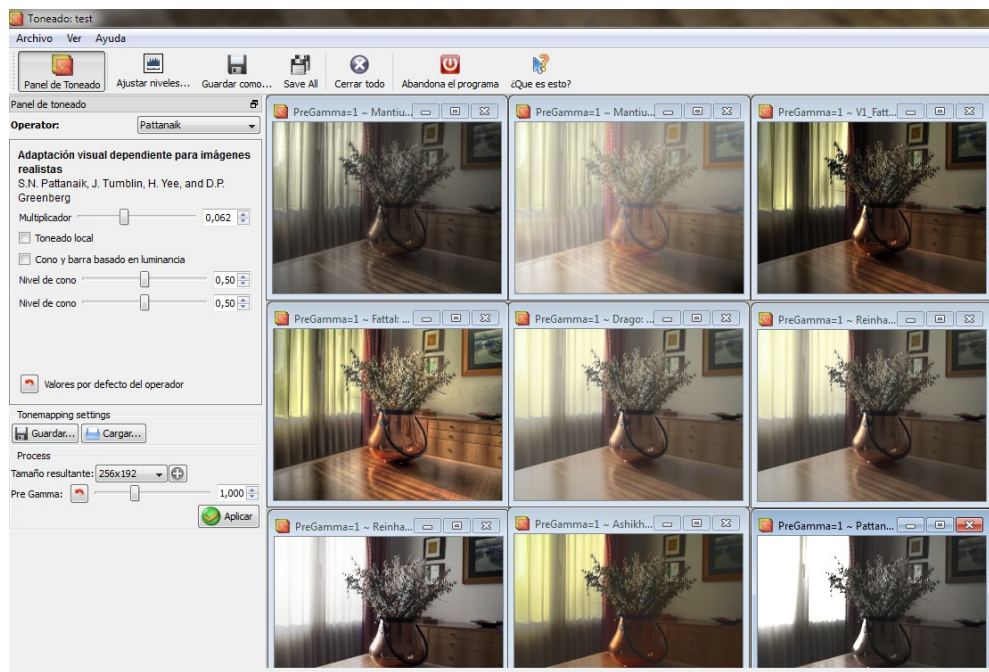
Fusión HDR y mapeado de tonos con Luminance HDR

<http://qtpfsgui.sourceforge.net/>

Luminance HDR (Qtpfsgui) es un programa de código abierto disponible para Windows, Linux y Mac-OS-X. Está formado por dos partes: el módulo principal, con el que se fusionan las imágenes HDR, y el módulo de *tone mapping*. Este último tiene la particularidad de soportar la mayoría de operadores existentes: Reinhard, Mantiuk, Fattal, Drago, Durand, Ashikhmin y Pattanaik, además de ofrecer completos controles sobre ellos.

Para trabajar con él partimos de nuestra secuencia de capturas: el programa soporta TIFF y JPG, pero es aconsejable trabajar con los raw, que internamente son procesados por DCRaw. Una vez cargados los archivos raw, en principio dejamos los valores por defecto del programa y aceptamos el proceso. Poco después tenemos la imagen HDR fusionada. En este punto tenemos la opción de ajustar el histograma si fuera necesario, además de fijar la gamma, que la dejaremos en 2.2, y a continuación guardar el HDR escogiendo el formato entre OpenEXR, RadianceRGBE, HDR-TIFF o PFS-Stream (este formato está orientado a la animación).

A continuación pasamos al mapeado. En esta sección nos podemos entretener comparando los resultados producidos por los distintos operadores hasta encontrar el que más se ajusta a nuestro propósito. Los tests se realizan rápidamente trabajando con tamaños pequeños de previsualización. Aquí podemos alterar los parámetros de cada operador. Una vez definidos nuestros ajustes de salida podemos guardarlos para aplicarlos más tarde, y pasar a mapear nuestra imagen a tamaño grande. El último ajuste será el de niveles. Por último guardamos la imagen final en JPG o PNG.



Mapeado de tonos con *LuminanceHDR*

Flickr: <http://www.flickr.com/groups/qtpfsgui/>

Fusión HDR y mapeado de tonos con Photoshop CS5

Partimos de Archivo > Automatizar > Combinar para HDR Pro. Seleccionamos los archivos a fusionar (preferentemente raw) y aceptamos. En este punto tenemos la opción de alinear automáticamente las tomas si no lo estuvieran.

En la siguiente pantalla seleccionamos la profundidad de salida a 32 bits y podemos ajustar el nivel de punto blanco. Éste solo afecta a la previsualización, no al archivo HDR, que permanece íntegro.

Al aceptar se genera automáticamente nuestra imagen. Podemos ajustar la visualización en Vista > Opciones de previsualización de 32 bits. Estos ajustes se guardan en el archivo HDR pero solo afectan a la previsualización. El ajuste de la barra inferior de la ventana de imagen no se guarda en el archivo, solo está activa mientras tenemos la imagen abierta.

En este punto ya podemos guardar nuestra imagen HDR de 32 bits en el formato elegido, puede ser OpenEXR, RadianceRGBE, PSD o TIFF.

El siguiente paso ya será hacer el mapeado de tonos. Con la imagen abierta vamos a Imagen > Modo > 8 bits o 16 bits. En la ventana de Conversión de HDR tenemos cuatro métodos para escoger:

- **Exposición y Gamma**, para el ajuste básico de brillo y contraste.
- **Compresión de iluminaciones**, automáticamente comprime la imagen de 32 bits a 8 o 16 bits, sin opciones.
- **Ecualizar histograma**, comprime la imagen automáticamente intentando preservar el contraste, sin opciones.
- **Adaptación local**, es la que ofrece el control total al usuario, y permite editar manualmente la curva de contraste. La opción *Vértice* ayuda a preservar luces y sombras mientras aumentamos el contraste de los tonos medios.

Antes de aplicar los ajustes podemos guardarlos en un archivo para su utilización posterior. Una vez aplicados, la imagen convertida a 8 o 16 bits podemos guardarla en el formato LDR adecuado.

Si queremos seguir haciendo ajustes sobre el brillo y contraste de la imagen la habremos convertido a 16 bits y guardado como TIFF o PSD.

A partir de aquí podemos perfeccionar el aspecto de la imagen mediante capas de ajuste: brillo, contraste y saturación, utilizando máscaras de capa si fuera necesario.

Alternativas HDR sin archivos HDRI

Existen muchos métodos alternativos de crear imágenes *más o menos HDR* sin crear un verdadero archivo HDR que contenga todo el rango dinámico de la escena. Desde sacar varias copias de un mismo archivo raw con distintas exposiciones hasta recrear un forzado aspecto de *tone mapping* de una fotografía normal LDR.

Sin embargo son dignos de destacar algunos procedimientos consistentes en fusionar manualmente por capas y máscaras de ajuste, una serie de capturas LDR ya procesadas de 8 o 16 bits para conseguir verdaderos resultados HDR.

En la web de Manolo Portillo:

<http://www.manuelportillo.com/comun/pags/articulos/alto-contraste.html>

tenemos un excelente tutorial de cómo hacerlo con solo dos disparos de manera sencilla.

Una variante totalmente automatizada del procedimiento anterior es la que nos ofrece JDSmith con su *Exposure Blend*:

http://tir.astro.utoledo.edu/jdsmith/code/exposure_blend.php

Se trata de un *plugin* o filtro para GIMP que fusiona tres imágenes de 8 bits creando las capas y máscaras de ajuste de modo automático. Regulando la opacidad de cada capa podemos afinar el resultado.

Por último, un procedimiento especial que merece atención es el propuesto por Guillermo Luijk con su programa *Zero Noise*:

<http://www.guillermoluijk.com/software/zeronoise/index.htm>

Este programa, como Luminance HDR, lleva el motor de revelado DCRaw. Es capaz de fusionar hasta 10 archivos raw para formar una imagen HDR, y el archivo resultante es un TIFF de 16 bits que debe ser mapeado manualmente en Photoshop. El autor indica que no está justificado el empleo de más de 4 capturas en ningún caso.

En este artículo explica cómo un TIFF de 16 bits puede contener una imagen HDR de más de 16 EV de contraste:

<http://www.guillermoluijk.com/article/superhdr/index.htm>

Zero Noise es una herramienta realmente potente y flexible, que permite un control muy preciso y transparente sobre la sección de revelado raw, a diferencia del resto. Está orientada a conseguir la máxima calidad en cuanto a ruido y máxima nitidez en las fusiones. El resultado es una imagen con el mínimo procesado posible para garantizar su integridad, dejando en manos del usuario el acabado final.