

El arte del ruido digital

Por Alfonso Parra AEC, ADFC

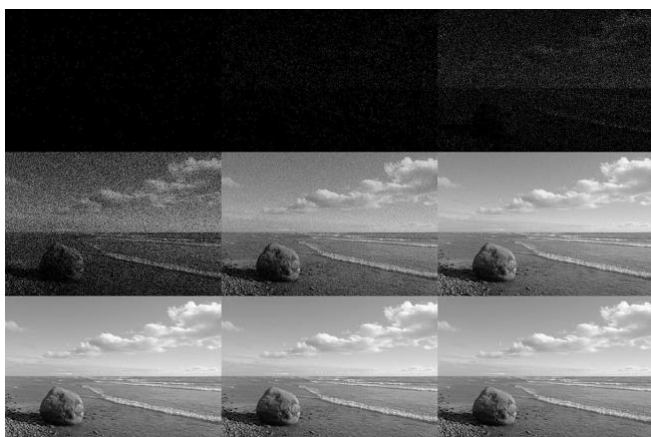
El ruido que producen nuestras cámaras digitales es uno de los factores que solemos analizar con más cuidado pues su influencia en la calidad de imagen es notable. Al contrario de lo que nos sucedía con los entornos analógicos donde el grano de la emulsión construía una sensación estética, parece que en la imagen digital el ruido no crea tal sensación sino que parece destruirla, afeando la imagen y deteriorando la percepción fotográfica que queremos crear. ¿hasta que punto esto es así? ¿es realmente cierto que en los entornos digitales no podemos usar el ruido como una herramienta más de la creación fotográfica?. El grano de la emulsión analógica al verse revela el soporte sobre el que se construye la imagen de tal manera que éste pasa a ser imagen misma modificando la resolución, haciendo que los bordes sean menos nítidos y que las sombras aparezcan manchadas por el grano moviéndose aleatoriamente por toda la superficie del plano. En muchas ocasiones buscamos ese grano para crear atmósferas “sucias”, que remitan a cierto realismo descarnado, pero otras ese grano construye imágenes más cercanas al puntillismo o a cierto expresionismo irreal. El grano sustancia misma de la imagen se une a lo fotografiado para formar una unidad compacta homogénea e inseparable. Por el contrario, parecería que el ruido digital, es un añadido a la imagen, algo adosado, que se superpone a los contornos iluminados, un error técnico que distrae, que no hace a la imagen más realista, sino que la desvirtúa, ensuciándola. Sin embargo, en este artículo, me gustaría pensar, que esto ya no es así, que podemos usar el ruido electrónico también como herramienta creativa de primer orden. Para ello comencemos por establecer qué es el ruido digital.



“El Espejo” de Jesús Solera. Fotograma S8mm emulsión Kodak MFX (MFX-464J). 200 ISO.

Podemos definir el ruido como señales que conllevan una variación de brillo y color aleatoria extrañas a la imagen en si misma. Todas la cámaras digitales producen ruido, y este ruido proviene de varios factores que veremos por separado pero que en realidad se dan todos juntos. Pongamos como primer elemento generador de ruido, al propio sensor. Para estas descripciones seguiré la magnífica exposición de Emil Martinec (<http://theory.uchicago.edu/~ejm/pix/20d/tests/noise/>).

Desde el punto de vista del sensor, su tamaño influye en el ruido, en el sentido de que cuanto mayor sean los fotosensores menos ruido generará, igualmente el Fill-factor, o factor de relleno influye, ya que un alto factor de relleno significa que el sensor puede capturar más fotones.



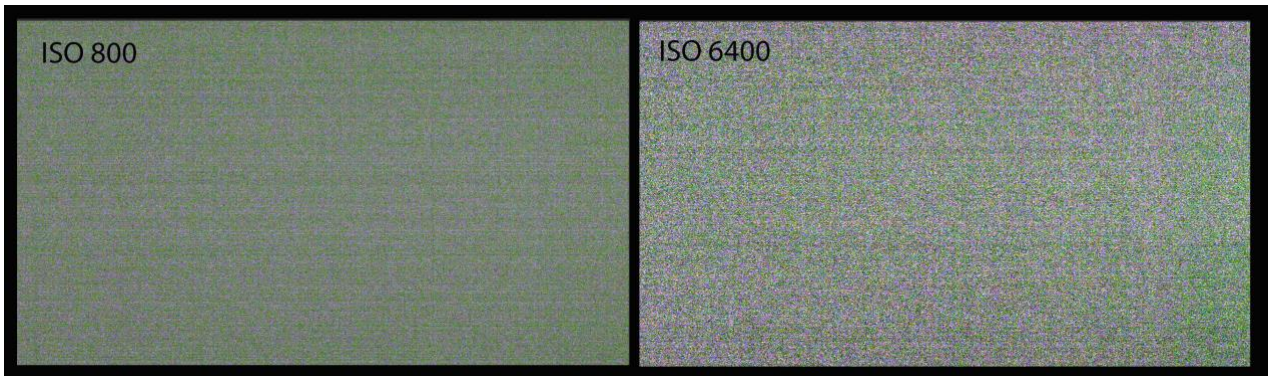
Simulación ruido fotónico. https://en.wikipedia.org/wiki/Shot_noise

iluminación más visible es.

Otro ruido proviene de la lectura de las señales que se hacen del sensor. Como sabemos los fotones que inciden sobre el fotosensor estimulan los electrones, estos electrones al cambiar de órbita generan la energía que es convertida en voltaje, amplificada y convertida a digital por el ADC. Los números digitales representan la cuenta de fotones. En un sistema perfecto los números digitales deberían ser directamente

Hay un ruido que se produce con la llegada de la luz en forma de fotón al sensor, es un ruido en la captura que se llama fotónico. La luz incide sobre el fotosensor en forma de fotón. Cuanto más intensa es la luz mayor número de fotones llegan al fotosensor por unidad de tiempo. El promedio del flujo de fotones que llegan a un área determinada presenta siempre unas variaciones o fluctuaciones determinadas estadísticamente y que son apreciables en una medición. Estas fluctuaciones se observan en la imagen en forma de ruido que se conoce como sal y pimienta ya que no responde a un patrón fijo. Cuanto mayor es la iluminación menos aparece el ruido y cuanto menor es la

proporcionales a la cuenta de los fotones de entrada, pero esto en la realidad no es así, ya que la circuitería electrónica en especial los amplificadores introducen desviaciones en la correcta relación de fotones y valores digitales. Estas desviaciones se ven en forma de ruido. Este ruido de lectura lo podemos apreciar rodando unos fotogramas en la cámara sin que entre luz, esto es con la lente tapada, como se puede ver en el ejemplo de la cámara C700 de Canon.



Ruido base en la cámara C700 de Canon a dos ISO diferentes. Es decir, al sensor no llega luz. Para verlo hemos grabado unos fotogramas a los que hemos subido la ganancia en posproducción.

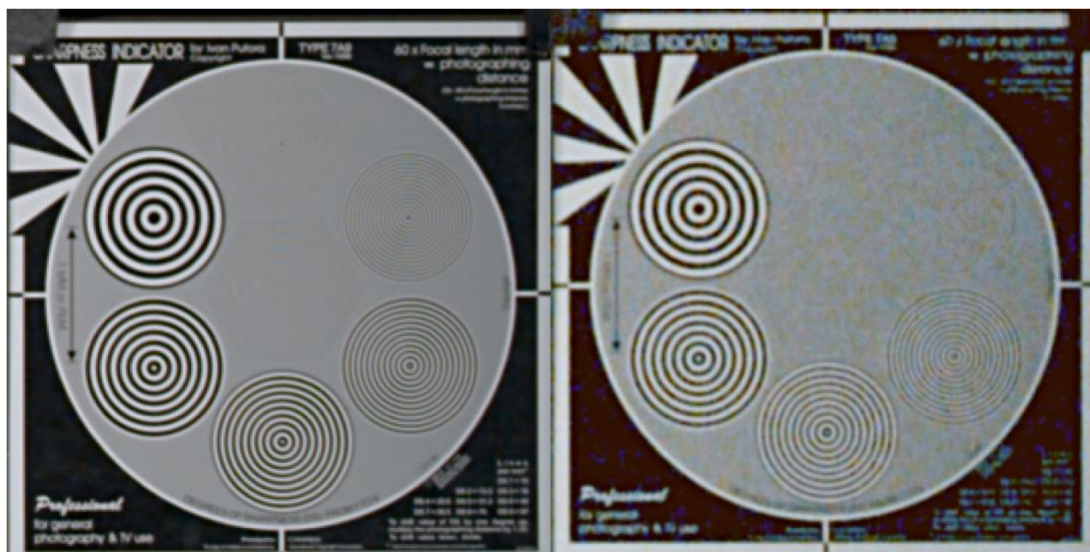
Otro elemento generador de ruido es el calor, es decir, el ruido térmico. El calor estimula el movimiento de electrones, que al igual que los fotones que llegan al sensor, generan una energía que se procesa igualmente.

Otro proceso que introduce ruido es que no todos los fotosensores tienen exactamente la misma eficiencia en captura fotones, aunque en teoría todos son idénticos dentro del sensor. Las diferencias entre las distintas filas y columnas de los fotosensores introducen variaciones energéticas que una vez procesadas se manifiestan como ruido.

Por último hay que considerar también los errores de cuantificación, es decir en el proceso de convertir la señal analógica que proviene del sensor en valores digitales cuantificados estos en un número de bits determinados.

Cabe también distinguir el ruido de luminancia y el de crominancia y como estos se pueden categorizar atendiendo a las frecuencias, de forma que en la luminancia prevalece ruido de altas frecuencias, mientras que en la crominancia prevalece el ruido de bajas de frecuencias (aunque también algo en la luminancia), que es donde más se ve el “color” del ruido.

Todos estos ruidos contribuyen a degradar la imagen en dos direcciones, una que tiene que ver con la resolución y otra con el rango dinámico. Por ejemplo en esta carta putora se puede ver como el ruido enmascara las líneas de resolución.



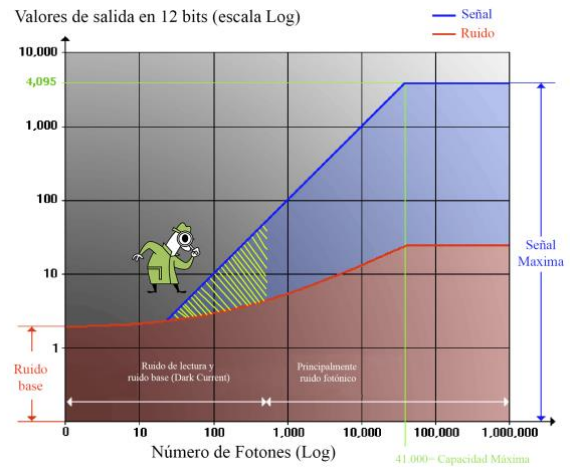
En cuanto al rango dinámico sabemos que el ruido enmascara la textura y el detalle en las sombras a partir de cierto nivel, por lo que el rango en dichas sombras se ve disminuido.

En la grafica que ponemos a continuación mostramos la relación entre la imagen visible y el ruido.

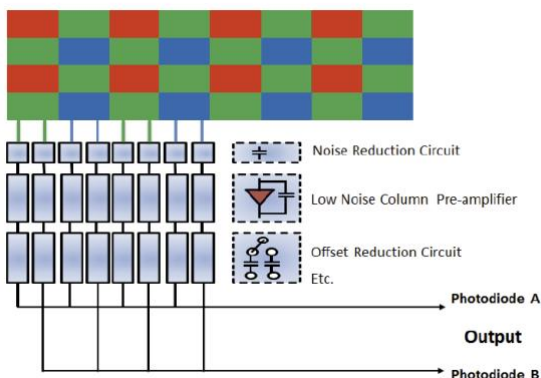
Todas las cámaras tienen lo que conocemos como el ruido base (Noise floor) que responde al conjunto de todos los ruidos que hemos visto más arriba. Este ruido base queda enmascarado cuando hay un alto nivel de luz que llega al sensor y se ve más cuando los niveles de luz son muy bajos. Cuando los niveles de luz son altos prevalece el ruido fotónico. En la parte inferior de las curvas, esa zona donde se mezclan el ruido base y la imagen creada por los fotones que llegan al sensor, es donde podemos determinar el límite de rango dinámico efectivo, pues es ahí, donde está el ruido enmascara el detalle y textura de la imagen. Ese límite dependerá de cada fabricante. Voy a poner aquí el ejemplo de cómo se trabaja el ruido en la Canon C700, sin duda una de las mejores cámaras que hay en el mercado en lo que al tratamiento de este se refiere.

(White Paper High Dynamic Range (HDR) in the EOS C700 and EOS C300 Mark II Cameras)

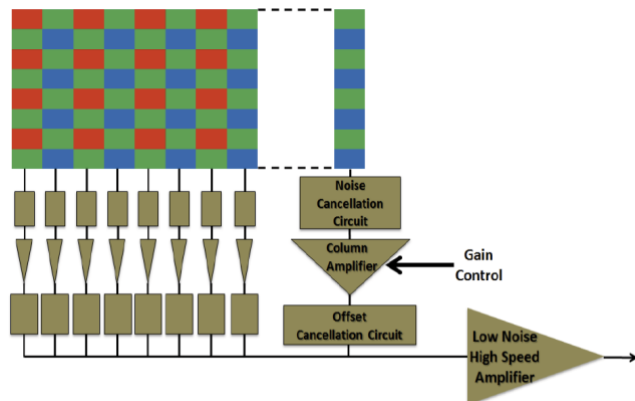
The 123 of digital Imaging by Vincent Bockaert



El tratamiento del ruido en la C700 comienza en el corazón mismo del sensor, el píxel, que contiene dos fotosensores lo que permite elevar el nivel de saturación de este (mayor rango dinámico) y bajar el nivel del ruido base, ganando sensibilidad. En los mismos píxeles existe un circuito reductor de ruido, además de un amplificador bajo en generación de ruido. De esta manera la cámara C700 incrementa en 3 stops el rango efectivo de los fotosensores si lo comparamos con la C300.

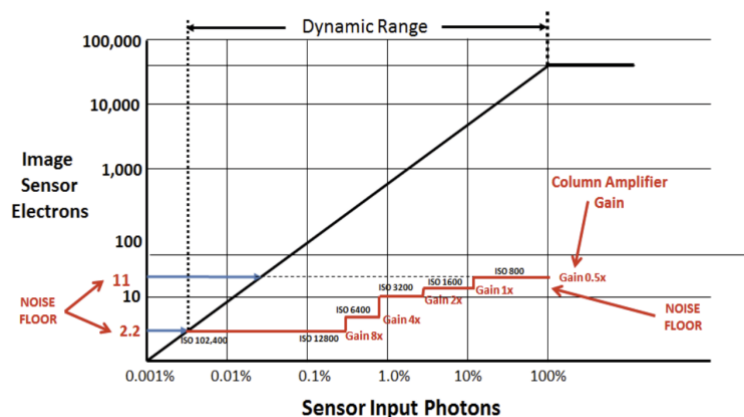


Dual píxel y los circuitos que lo constituyen



Estructura del proceso de descarga de cada columna

La lectura del sensor se hace por columnas y a la salida de cada una ellas hay un circuito de reducción de ruido seguido de un amplificador también de muy bajo ruido. Debido a que el contenido de señal que se maneja en cada columna es extremadamente limitado, el ancho de banda del amplificador es extremadamente bajo. Si la ganancia de ese amplificador de columna aumenta, la salida de señal aumenta proporcionalmente pero el ruido asociado aumentará solo muy



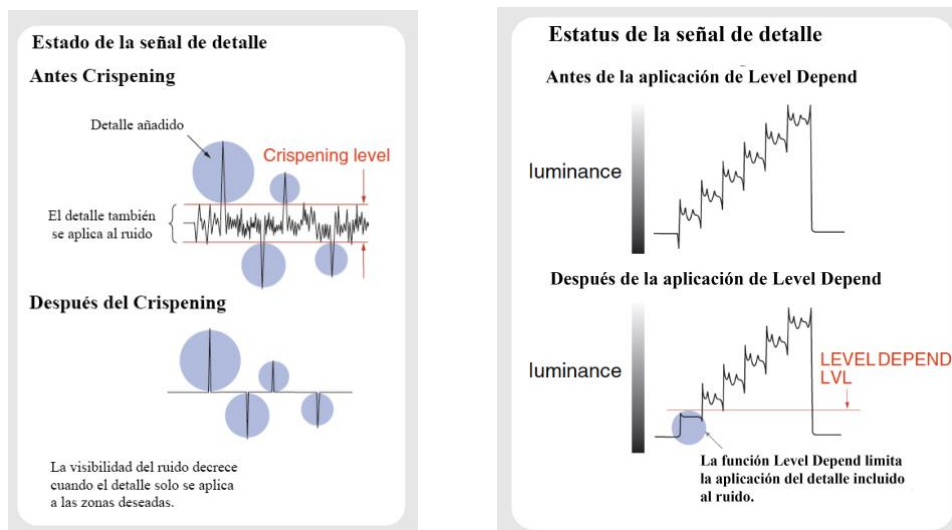
Reducción del ruido base a medida que se aumenta la ganancia en la cámara de Canon C700

ligeramente con lo que la huella del ruido que sigue al amplificador se vera efectivamente reducida incrementando la relación señal/ruido.

Por ejemplo, cuando la cámara usa valores ISO bajos, entre los 100 y 800, el amplificador de la columna tiene una ganancia de 0.5 veces, lo que significa que para una saturación del sensor de 80.000 fotones el ruido base es de aproximadamente 11 electrones (ver grafico) mientras que a 12.800 ISO el ruido base es de 2.2 electrones (ganancia 8X). Cuando subimos el valor ISO disminuye el ruido base del sensor. De esa manera, por ejemplo a un ISO de 6400 la relación señal/ruido se degrada tan solo 2 DB respecto de los valores de ISO bajos de la cámara. Estos excelentes niveles de ruido se pueden comprobar en el test que realizamos de la cámara, en <https://vimeo.com/216461125> y <https://vimeo.com/215791088>.

Esta es una de las muchas estrategias que los fabricantes utilizan para minimizar el impacto del ruido. Otras herramientas son los reductores de ruido que aparecen en distintas cámaras, por ejemplo, en las de Sony tenemos los circuitos de supresión de ruido y el control del mismo en los circuitos de *detail* cuando la cámara se activa en modo usuario, que no en modo Cine. Un circuito de supresión de ruido, básicamente lo que hace es desenfocar el mismo, haciendo que este se difumine a costa de perder resolución. Cuando aplicamos el circuito de detalle (*Detail*), este afecta también al ruido, algo indeseado ya que este adquiere una presencia muy nítida, “rabiosa” que afea mucho la imagen. Para controlar la aplicación del circuito de detalle en el ruido se utilizan herramientas como el Crispening, sistema que permite controlar la aplicación del detalle a las zonas con ruido o con transiciones en los bordes muy pequeñas. Con valores (-) la imagen es más nítida pero se ve más el ruido, con valores (+) se ve menos el ruido y la imagen es más suave.

Las imágenes que mostramos a continuación provienen de *SONY Creative Shooting Techniques*.



Otro parámetro que se usa para minimizar el impacto del ruido cuando se aplica el detalle es el *Level Depend*, esta función actúa sobre las zonas de luminancia baja, de forma que ahí no se aplica el detalle. Con valores positivos (+) se amplía el rango de luminancia sobre el que se actúa reduciendo la “dureza” de la imagen en esas zonas. Con valores (-) se reduce el rango de luminancia sobre la que se aplica apareciendo entonces esas zonas algo más “ásperas”. El Level Depend también se usa cuando trabajamos con poca luz o subimos los valores ISO.

Tanto el ajuste del *Crispening* como del *Level depend* hay realizarlo atendiendo al monitor y el monitor de ondas, ya que la resolución de la imagen varía, apareciendo esta más suave o menos. En la imagen se aprecia cómo afecta el Level Depend al ruido. He recortado y ampliado la parte superior derecha del cuadro para ver mejor la diferencia.



Antes de LEVEL DEPEND



LEVEL DEPEND +99



Antes de LEVEL DEPEND

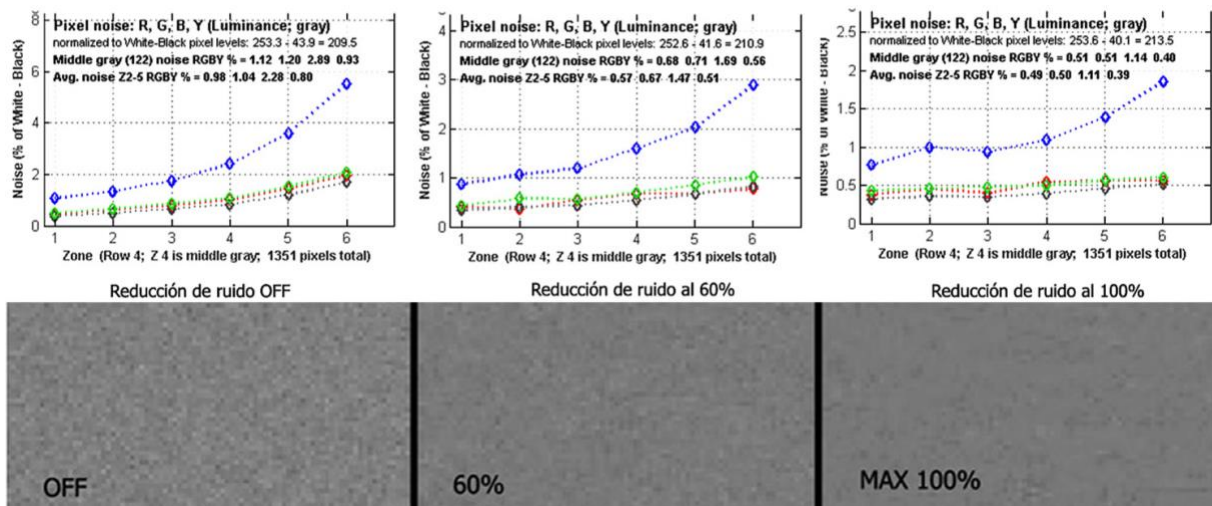


LEVEL DEPEND +99

Podemos ver en esta otra imagen como afecta el circuito de supresión de ruido que podemos encontrar en muchas cámaras, normalmente en valores de % o en especificaciones como Low, Medium o High.

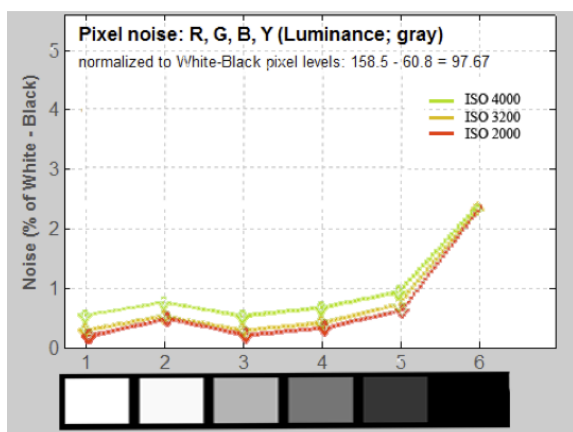


Para los entusiastas de las gráficas pongo a continuación de esta misma cámara como se modifica el valor RGBY en función del nivel de corrección aplicado.

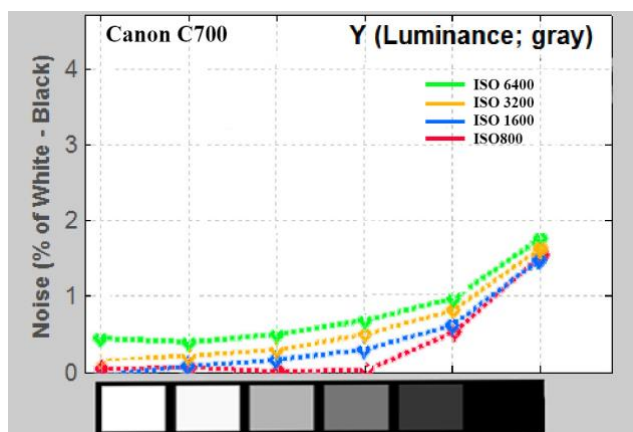


Las graficas muestran el ruido analizado sobre una carta Macbeth con los valores indicados. Con el circuito de supresión de ruido apagado el valor del gris medio en Y está en 0.93, mientras que con el valor máximo del 100% el valor esta en 0.40%. El ruido promedio del canal azul en OFF está en 2.28% mientras que en el 100% está en el 1.11%. Visualmente ya vemos lo que significa, pérdida de resolución, haciendo que la imagen tenga menos detalle y aparezca más suave.

El aumento del ruido va asociado al incremento de la sensibilidad de la cámara, partiendo de su sensibilidad base, de tal suerte que a medida que subimos el ISO/DB aumenta la cantidad de ruido como podemos observar en estas dos gráficas.



Ruido promedio en Y de la Sony F55



Ruido promedio en Y de la Canon C700

La curvas representan el valor del ruido en la escala de grises de una carta Macbeth analizada por Imatest. En el caso de la cámara Canon se puede ver el excelente comportamiento del ruido a valores como ISO6400, debido al tratamiento que esta hace del mismo y que vimos en otra parte de este artículo.

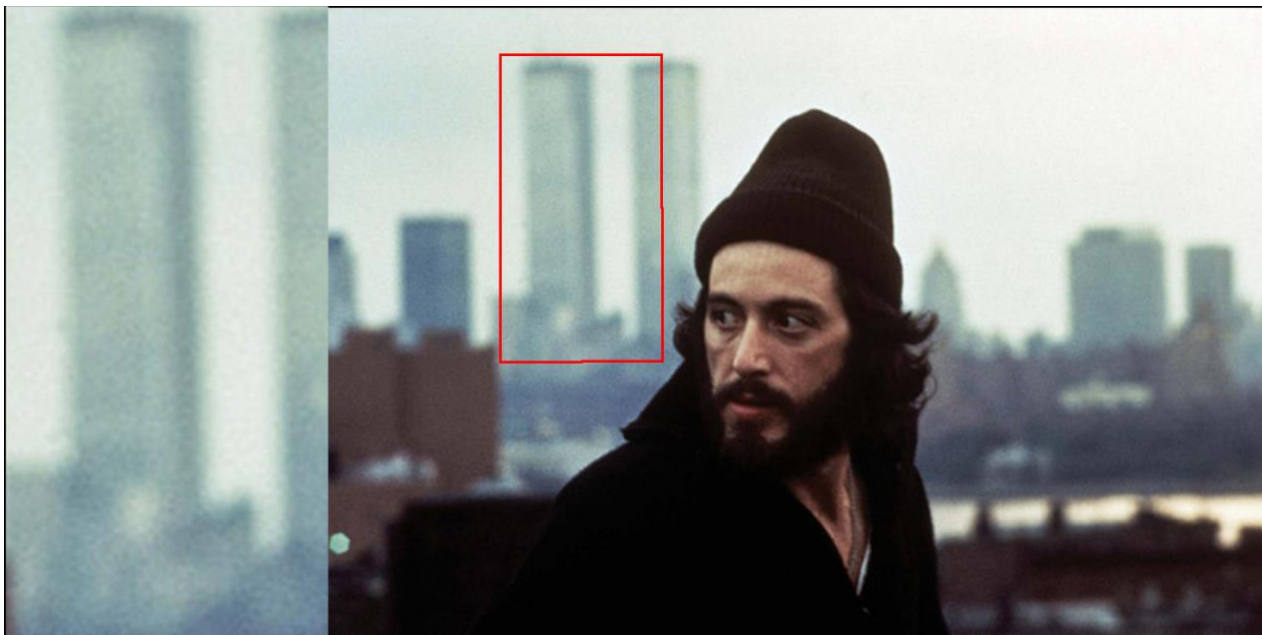
El siguiente paso en nuestro tratamiento del ruido está en la posproducción, y aquí tenemos dos procesos distintos, uno el que sirve para minimizar el ruido y otro para añadirlo, generalmente imitando al grano fílmico, en las imágenes. El proceso de minimizar el ruido utiliza dos formas que generalmente se combinan, la reducción temporal y la espacial. La reducción *temporal* compara detalles entre un número de fotogramas y elimina los cambios entre los mismos, entre ellos el ruido. Los fotogramas a comparar varían entre los dos, por ejemplo, en el Davinci hasta cinco como en el caso de NeatVideo. La reducción *espacial* trabaja evaluando los detalles entre los píxeles contiguos para determinar el ruido, haciendo un promedio del valor del mismo entre los píxeles examinados y aplicando ahí la corrección, esta reducción degrada en gran medida la imagen, reduciendo la resolución y el detalle, aunque resulta más rápido que la corrección temporal.

Todos los software que usamos para corrección de color incluyen en si mismos o con terceros sistemas de reducción de ruido, conocidos como Denoiser.

El otro proceso inverso al anterior consiste en añadir ruido a la imagen, generalmente buscando que lo digital adquiera una apariencia Fílmica, de tal forma que podemos superponer a nuestra imagen digital el

ruido de emulsiones escaneadas. El añadir ruido a la imagen, no sólo contribuye a la modificación estética de la imagen sino también para disimular ciertos artefactos como el banding. Hay muchos programas que crean el ruido, como por ejemplo RGrain o CineGrain, imitando al grano de la película de 8mm, 16mm y 35mm.

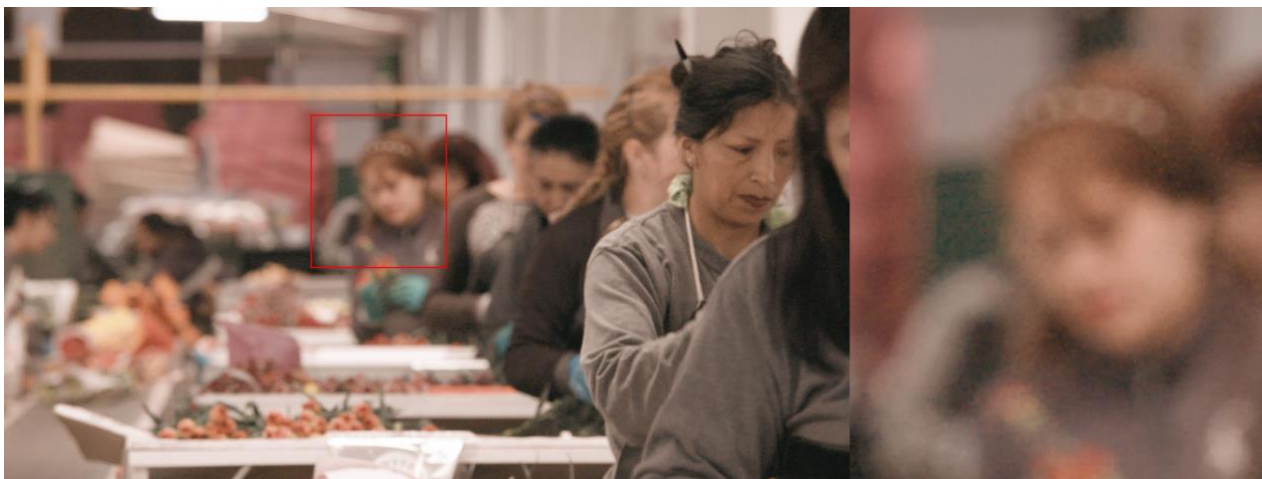
Con todas estas herramientas sobre el ruido que hemos repasado aquí, podemos retomar las preguntas con las que comienza este artículo, ¿podemos utilizar el ruido digital como un elemento estético? ¿cómo un elemento narrativo? En los últimos años he estado experimentado con el ruido en diferentes producciones y con distintas cámaras y procesos y considero que una acertada mezcla de todas las herramientas más arriba expuestas pueden hacer del ruido digital el grano de textura que pudiéramos necesitar. Voy a mostrar algunos fotogramas de un par de películas, *Serpico* y *The Friends of Eddie Coyle*, ambas películas son del año 1973 filmadas en 35mm. En estos fotogramas se puede apreciar el *ruido fílmico* característicos de las emulsiones.



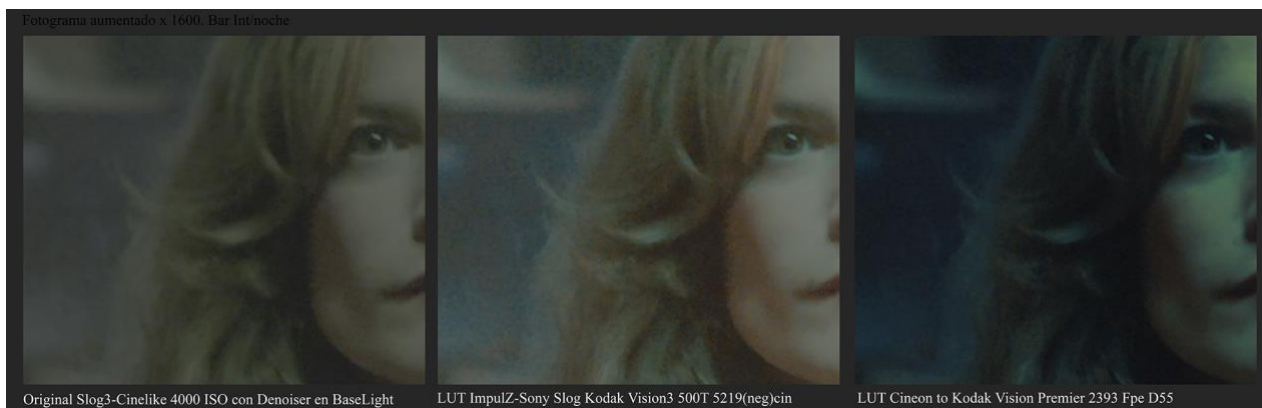
Con el grano se hace visible el soporte fílmico, materializando ante el espectador la presencia misma de la imagen como artificio, creando una dualidad en este entre la realidad que percibe como representación a través de la materia/soporte y la ficción misma representada. La adecuada combinación entre ambos elementos de esta dualidad crea una contemplación estética que sumerge al espectador en un naturalismo veraz, nada idealizado y de completa realidad autoreferenciada. Es decir, el espectador participa de forma activa en la construcción de la realidad ficcional a través de reconocer la materia misma de las luces y sombras que aparecen en la pantalla.

El ruido digital, variaciones de color y brillo aleatorias, pueden también contribuir a esta misma sensación. En la imagen que pongo a continuación he manejado las Luts para conseguir este efecto. La

imagen original está en SLog3-SgamutCine con una FS7. La exposición esta ligeramente subexpuesta, lo que hace que al subir la luz en la posproducción se visualice más el ruido. A esta imagen Log he aplicado una Lut ImpulZ que imita a la emulsión Fuji Pro 400 escaneada en formato cineon. He ajustado los valores de colorización y añadido finalmente una Lut positiva Cineon to Kodak 2383 FPE (D50). Cómo se puede ver la textura de los desenfocos adquiere una apariencia que revela el soporte electrónico de la imagen, pero no tanto como un defecto sino cómo en el mundo análogo, el sustrato material mismo de la representación. Como no podría ser de otra manera, esta textura no es exactamente la de las emulsiones, algo que no podemos pretender, pero si dota a la imagen de expresión estética propia. Intentado imitar las emulsiones analógicas se llega a un expresión e interpretación nueva del ruido electrónico que me parece adquiere así estatus creativo.



En este otro ejemplo, hemos usado para la ficción de la serie La Ley del corazón dos Luts de ImpulZ al, la primera emula una emulsión negativa escaneada Kodak 500T 5219, la segunda la Kodak Premier 2393. Las imágenes se filmaron con un valor alto de ISO en la cámara F55, de 4000.



En el trabajo con el ruido digital hay que considerar y es importante, cómo se mueve el ruido. Quizás el movimiento de este sea uno de los aspectos que más llevan a sentirlo como algo indeseado. La apariencia del movimiento cambia de una cámara a otra pero en general y por mi experiencia añadir un Denoiser suave a la imagen contribuye a que ese movimiento aparezca más natural.

Para una descripción más detallada de este proceso ver Cameraman n° 90.

El Denoiser se puede aplicar como ya explicamos de forma temporal o espacial y en distintas frecuencias o señales de luminancia y también en distintos puntos del proceso de la creación de la imagen final. Por ejemplo, en la imagen superior si aplicó a la imagen original, antes de aplicar la primera Lut “negativa”.

En las producciones en las que he querido poner como sustrato último el ruido he utilizado Luts convenientemente corregidas tanto en su origen a través de LutCal como en el proceso de colorización y todo ello después de muchas pruebas. Siempre he considerado que en nuestro oficio no hay dogmas, ni leyes que seguir, tan sólo una máxima me guía y es que lo que se ve en pantalla tiene que funcionar de cara al espectador, creando las atmósferas y emociones propias de cada narración; cómo se llega hasta ahí es puramente anecdótico.