

Fundamentos de fotografía digital

Efraín García y Rubén Osuna ©

7. La razón señal-ruido, el *espaciado* entre fotocélulas y su tamaño real.

La siguiente pregunta es si hay alguna diferencia en las calidades de las fotografías obtenidas a partir de dos sensores de diferente tamaño pero igual número de fotocélulas o 'píxeles' (por ejemplo, la Nikon D2X y la Canon 5D). Dejando a un lado las diferencias que acabamos de analizar, el sensor más grande tendrá fotocélulas más grandes, lo que tiene ventajas.

Es sabido que hay una relación entre el tamaño de la superficie realmente sensible a la luz de las celdillas del sensor (\rightarrow) y la razón señal-ruido (*signal-to-noise ratio*, SNR). El ruido depende de varios factores (\rightarrow), uno de los cuales, muy importante, viene determinado por el tamaño de dichas celdillas.

Hay que decir aquí que los cálculos de tamaño que solemos dar sólo establecen la correspondencia entre el número de 'píxeles' (o de celdillas con un fotodiodo y otros componentes electrónicos) y la superficie total del sensor. Más que un dato de tamaño se trata de un dato de *espaciado* entre celdillas. La superficie realmente recolectora de luz es menor, pues parte del espacio reservado a cada fotocélula está ocupado por circuitería electrónica. Por ejemplo, los sensores CMOS (*Metal Oxide Semiconductor*) de Panasonic para el formato Cuatro Tercios tiene una superficie sensible a la luz de un 50%, y eso aún después de una revisión del diseño tradicional de este tipo de sensores para incrementarla (\rightarrow). Las microlentes aumentan también la capacidad recolectora de luz de las fotocélulas redirigiendo hacia ellas luz que, de otra forma, no incidiría en las celdillas sino en la superficie "ciega" que las separa. Todo dependerá en definitiva de cómo esté diseñado cada sensor. Una de las ventajas tradicionales de los CCD (*Charge Coupled Device*) sobre los CMOS ha sido que ofrecían mayor superficie realmente sensible a la luz (los de tipo "full-frame transfer" al menos). No obstante, el *espaciado* de las celdillas es la mayor restricción a la hora de determinar la superficie realmente fotosensible de un sensor, por lo que se puede establecer una relación aproximada entre ésta y la razón señal-ruido.

Los fotones capturados por un CCD o un CMOS siguen una distribución aleatoria de Poisson (\rightarrow). Por tanto, la raíz cuadrada del número de fotones captado es ruido, es decir, fotones que han caído en la celda por error. Es lo que se conoce como 'photon noise' o 'shot noise'. El tamaño de la celda determina el número de fotones capturado en un período determinado, y cuantos más fotones atrapemos mayor será la razón señal-ruido. En efecto, si se capturan 400 fotones, 20 serán ruido (5% del total), y la razón señal ruido será de $400/20=20$. Pero si la captura es de sólo 16 fotones, 4 serán ruido (el 25%), y la razón señal-ruido será igual a $16/4=4$, mucho menor (véase el interesante análisis de Roger N. Clark sobre el tema, \rightarrow).

El 'photon noise' no es el único origen del ruido finalmente observado, pero sí impone una fuerte restricción a nuestras posibilidades de preservar la SNR cuando reducimos el tamaño de las fotocélulas. Otras dos causas importantes de ruido están relacionadas con la conversión analógico/digital ('read noise') y con la temperatura del sensor ('thermal noise').

¿Resolución o ausencia de ruido en la foto? Ambas están ligadas mediante una relación inversa, pues el ruido a sensibilidades equivalentes ISO altas llega a destruir detalle que el sensor capta a valores ISO bajos (cosa que ocurría también con la película, aunque en

mucha mayor medida), y lo mismo ocurre con la rendición del color, que empeora en presencia de ruido. El progreso técnico va modificando esa frontera de posibilidades tecnológicas, pero hay restricciones puramente físicas.

Para cada estado de la tecnología hay un conjunto de combinaciones posibles de capacidad resolutive y razón señal-ruido, de entre las que podemos elegir. La Nikon D2X, por ejemplo, ofrece una excepcional capacidad de captar detalle (véase la [foto del graderío](#)), si bien el ruido se hace aparente para sensibilidades equivalentes ISO iguales o superiores a 800. Eso es producto de una elección, como otra cualquiera. Por otro lado, hemos conocido cámaras con un amplísimo rango de sensibilidades y muy bajo ruido, pero a cambio de una resolución también muy baja (véase la antigua [Kodak DCS620x](#)). Se viene operando sobre varias de las causas del ruido, aunque este avance se hace cada vez más costoso y más lento.

En definitiva, la presencia de ruido afecta a la percepción de calidad en la fotografía, y existe una medida de la misma que lo tiene en cuenta. La *Capacidad de transmisión de información de Shannon* (*Shannon Channel Capacity*, \geq) es una medida de la cantidad de información que se transmite a través de un canal, y que responde a la fórmula

$$C = W * \log_2(S/N + 1)$$

donde C es la medida de *capacidad de transmisión de información de Shannon*, W es el ancho de banda del canal (capacidad resolutive con un 50% de contraste), S es la señal y N el ruido (obviamente S/N es la razón señal-ruido, difícil de cuantificar en la práctica, \geq). Lo que viene a decirnos la función matemática es que la calidad percibida en una imagen (C) depende positivamente tanto de la MTF como de la razón señal-ruido.

La señal es mayor en las imágenes o parte de la imagen en las que hay más detalles, y menor allí donde apenas hay detalles (superficies uniformes, como el cielo). Por tanto, allí donde S es grande, la capacidad resolutive W tiene que ser también grande para alcanzar un valor C elevado. En cambio, en las imágenes o zonas de una imagen en la que hay menos detalles (S bajo) es fundamental que el nivel de ruido (N) sea también bajo para que el índice de calidad percibida (C) no se degrade. De esta forma podemos ponderar la presencia de ruido en las imágenes a la hora de elaborar un indicador de la calidad de una imagen digital.

[Efraín García](#) y [Rubén Osuna](#) ©