

EL RUIDO EN LA CAMARA VENICE I

Por Alfonso Parra AEC, ADFC

Este artículo pretende mostrar algunas observaciones del ruido en la cámara Venice I desde la perspectiva que un director de fotografía puede tener, no es por tanto un análisis de ingeniería, que no me corresponde sino el de un director de fotografía que con sus medios quiere conocer el comportamiento del ruido de la cámara; y ello en tres direcciones, la primera es sencillamente como diría Edmund Hillary “porque está ahí”, y es esencial a los homo sapiens u homo faber, como se prefiera, la simple y llana curiosidad, la segunda porque la calidad de la imagen cinematográfica depende del ruido, y cuando digo calidad, me refiero a la textura de la imagen, a su rango dinámico y al color; el ruido influye de forma importante en estos factores, y tercero por la posibilidad de hacer del ruido un factor estético que contribuya a la narración, algo que he desarrollado a lo largo de estos últimos años en algunas series y películas. De alguna manera me gusta la desestructuración que el ruido puede hacer en la imagen y como revelando el sustrato de la misma se puede dar un salto hacia el metalenguaje de la forma.

El ruido que observamos en nuestras imágenes procede principalmente del ruido base junto con el ruido fotónico y el ruido de lectura (readout noise), aunque hay otros factores, como puede ser el ruido de cuantificación o el ruido térmico (de ahí la importancia de tener una buena ventilación en nuestras cámaras) *Figura 1*.

Para este estudio del ruido hemos comenzado por evaluar el ruido base de la cámara (dark noise), es decir el ruido que se genera en ausencia de luz en el sensor. Para ello, he rodado con la tapa del sensor puesta y la cámara cubierta con tela negra unos segundos a cada valor ISO, partiendo de las sensibilidades base, 500 y 2.500. He abierto estos planos en Davinci Resolve con ACES y como es de esperar la imagen aparece completamente negra, para observar el ruido he procedido a subir la exposición y modificar el contraste de igual manera en todos los valores ISO, así puedo observar, por un lado el “tamaño” del ruido, por otro su “color” y por último su movimiento.

Los números por tanto que aquí mostramos son *relativos* y sirven para poner en relación los distintos valores ISO y sus diferencias.

He observado el ruido a dos temperaturas de color distintas 6500K y 3200K considerando que los canales azul y rojo se modifican en relación al verde para establecer una colorimetría correcta.

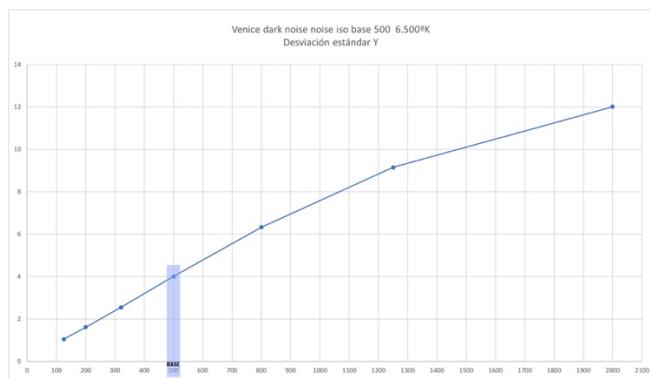
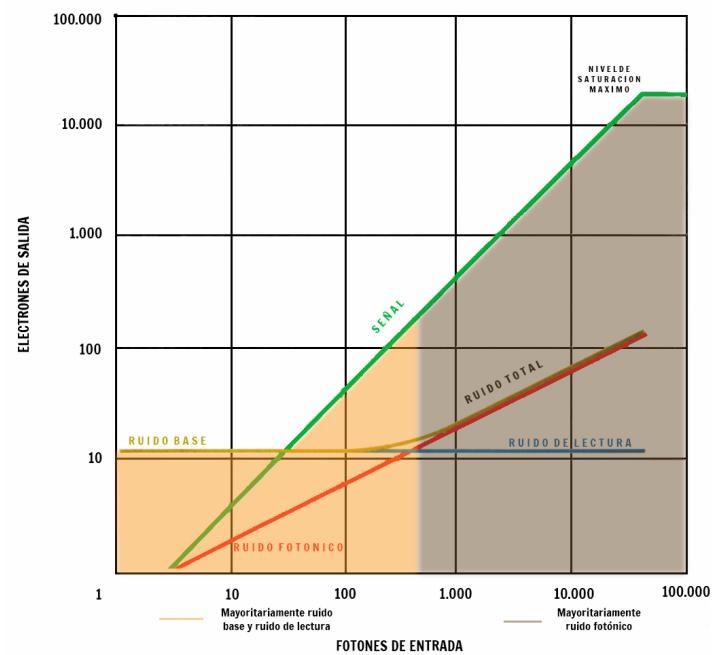


Figura 1



*Versión del gráfico de 123 of digital imaging. <https://123di.com/>

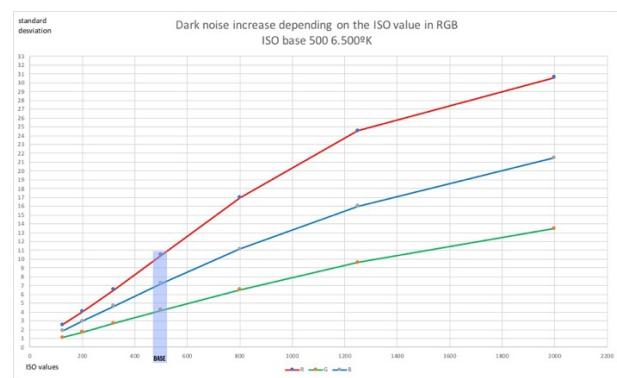


Figura 2

En los gráficos anteriores podemos ver la comparación del ruido base a diferentes valores ISO tomando como base EI 500 a 6.500 K, tanto en luminancia Y (*figura 1*) como en RGB (*figura 2*).

El eje horizontal muestra los valores ISO y el eje vertical muestra la desviación estándar (amplitud de variación de los valores de intensidad) medida en el histograma. Dada la variación aleatoria del brillo de los pixeles en función del valor ISO el histograma se muestra como una campana cuya base se va haciendo cada vez más grande a medida que aumentamos los valores de sensibilidad, esa variación en los valores de brillo es lo que muestra el eje vertical (*Tabla 1 y 2*)

VALORES ISO base 500. 6500°K	Y
125	1,05
200	1,62
320	2,55
500	4,01
800	6,33
1250	9,15
2000	12,01

Tabla 1

El valor del canal rojo a 500 ISO es 10,46 valor que el verde alcanza a más de 1.250 y el azul a algo menos de 800. Es claro que el menor ruido se da con los valores más bajos de ISO aunque recordemos que modificar dichos valores modifica la distribución de los T stop en el rango dinámico como muestra la (*figura 3*). En la *figura 4* mostramos una imagen del ruido a los distintos valores ISO, desde 125 a 2.000 con la base de 500.

VALORES ISO base 500 6500°K	R	G	B
125	2,56	1,1	1,86
200	4,03	1,71	2,93
320	6,52	2,71	4,69
500	10,46	4,19	7,26
800	16,95	6,53	11,15
1250	24,56	9,6	16
2000	30,6	13,46	21,48

Tabla 2

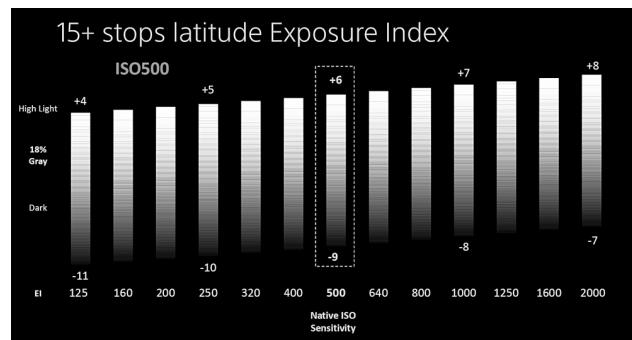


Figura 3

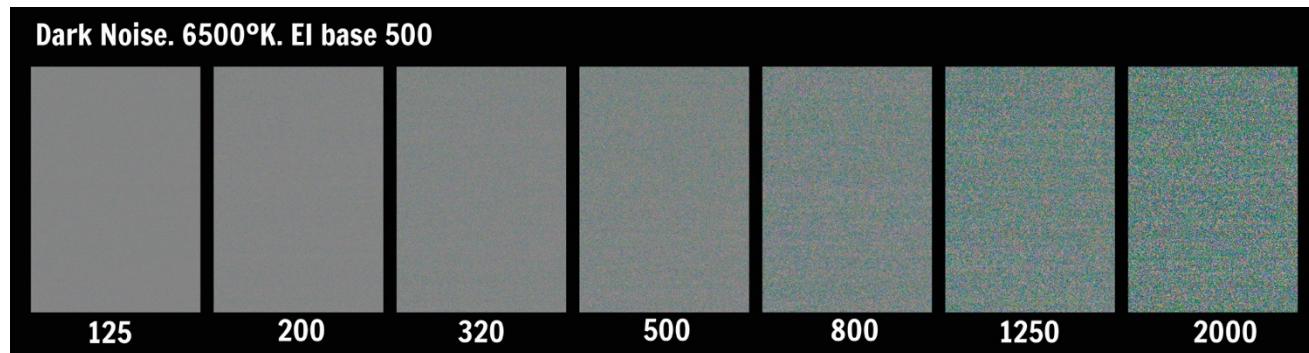


Figura 4

En las *figuras 5 y 6* podemos ver la comparación del ruido base a diferentes valores ISO tomando como base el EI 2.500 6.500K, de nuevo tanto en luminancia Y como en RGB (*tablas 3 y 4*)

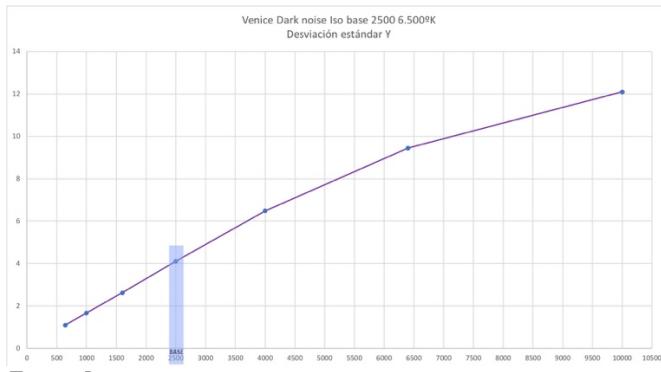


Figura 5

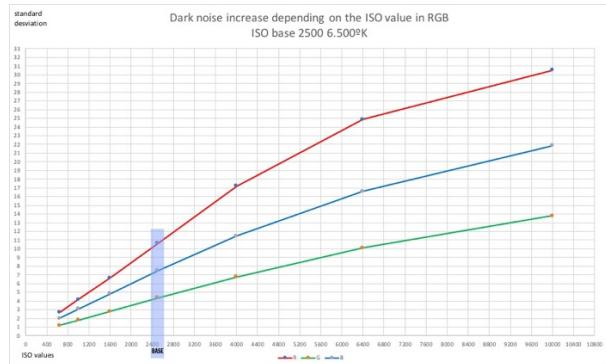


Figura 6

VALORES ISO base 2.500. 6500K	Y
640	1,1
1000	1,67
1600	2,62
2500	4,11
4000	6,48
6400	9,44
10000	12,09

Tabla 3

VALORES ISO base 2500 6500K	R	G	B
640	2,66	1,16	1,97
1000	4,16	1,77	3,07
1600	6,64	2,8	4,85
2500	10,62	4,34	7,49
4000	17,18	6,77	11,46
6400	24,87	10,09	16,6
10000	30,51	13,77	21,84

Tabla 4

La figura 7 muestra la apariencia del ruido a distintos valores ISO tomando como base 2500.

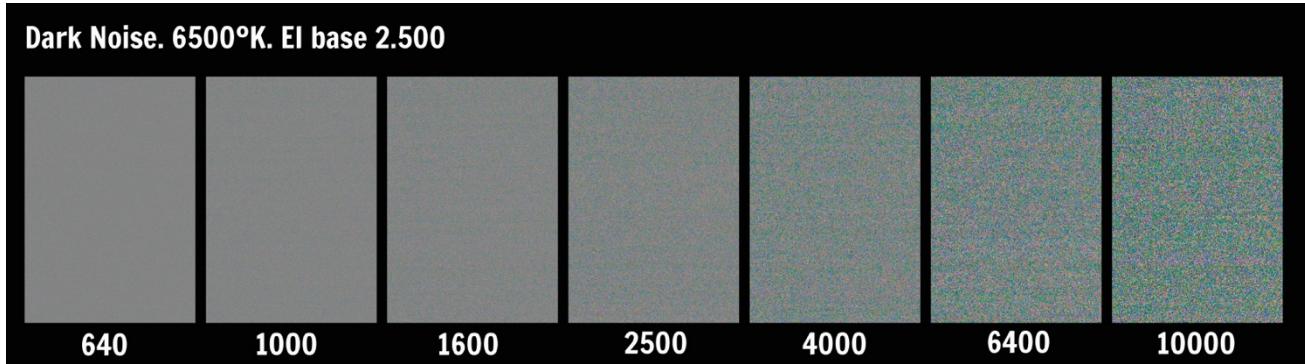


Figura 7

Lo que podemos observar es que el incremento o disminución de los valores ISO son prácticamente iguales entre la base 500 y el 2.500, de tal forma que con un ISO 2.000 desde una base de 500 tengo prácticamente el mismo ruido que a 10.000 ISO con base 2.500 (figura 8). Si superponemos las curvas de ambas bases veremos que son casi idénticas. En la figura 9 se pueden apreciar los valores comparados en Y desde la base 500 y la base 2.500 (tabla 5).

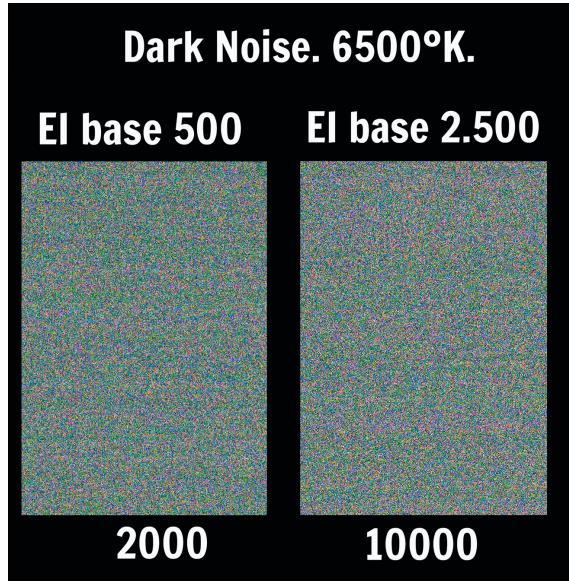


Figura 8

VALORES ISO 6500°K	Y 500	Y 2500
125	1,05	
200	1,62	
320	2,55	
500	4,01	
640		1,1
800	6,33	
1000		1,67
1250	9,15	
1600		2,62
2000	12,01	
2500		4,11
4000	6,48	
6400		9,44
10000		12,09

Tabla 5

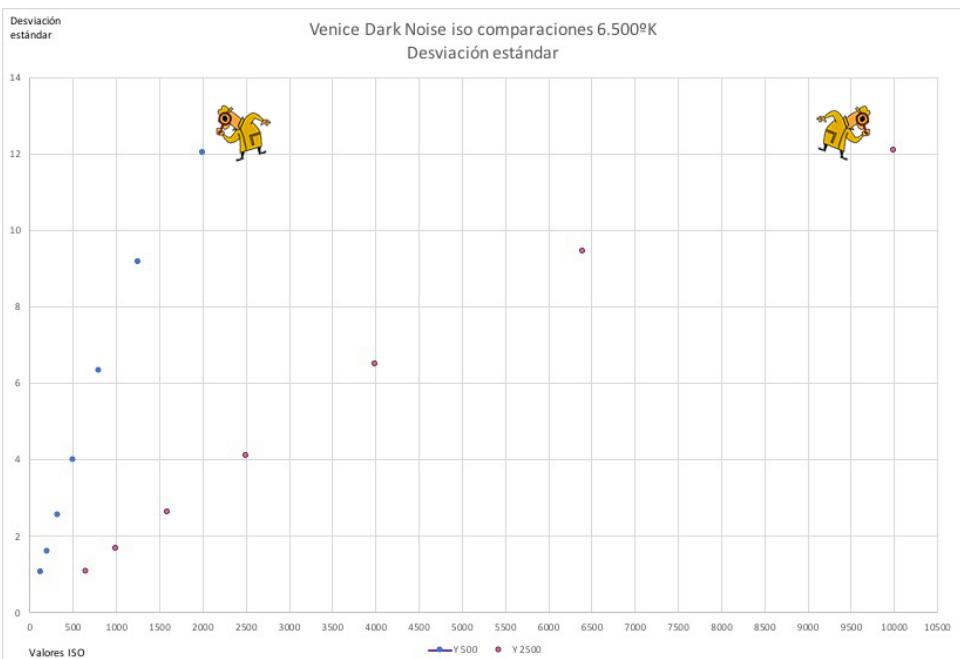


Figura 9

Por ejemplo, con una base de 500 en Y el valor de desviación estándar para 2.000 ISO es de 12,01 mientras que para un valor de 10.000 ISO sobre la base 2.500 la desviación es de 12,09, prácticamente la misma. Para un valor de desviación de 4,01 a 500 ISO con base 500, tengo una similar a 2.500 ISO de 4,11 con base 2.500.

El ruido base es muy similar en 500 y 2.500 cuando ambas sensibilidades son base. En la figura 10 se puede apreciar dicha diferencia. En la parte superior está el ruido visto como indicamos al comienzo y debajo está un grafico en 3D que representa dicho ruido. Como se puede ver es sumamente parecido.



Alfonso Parra AEC, ADFC. Director de fotografía

Venice Dark noise EI base comparations. 6500°K

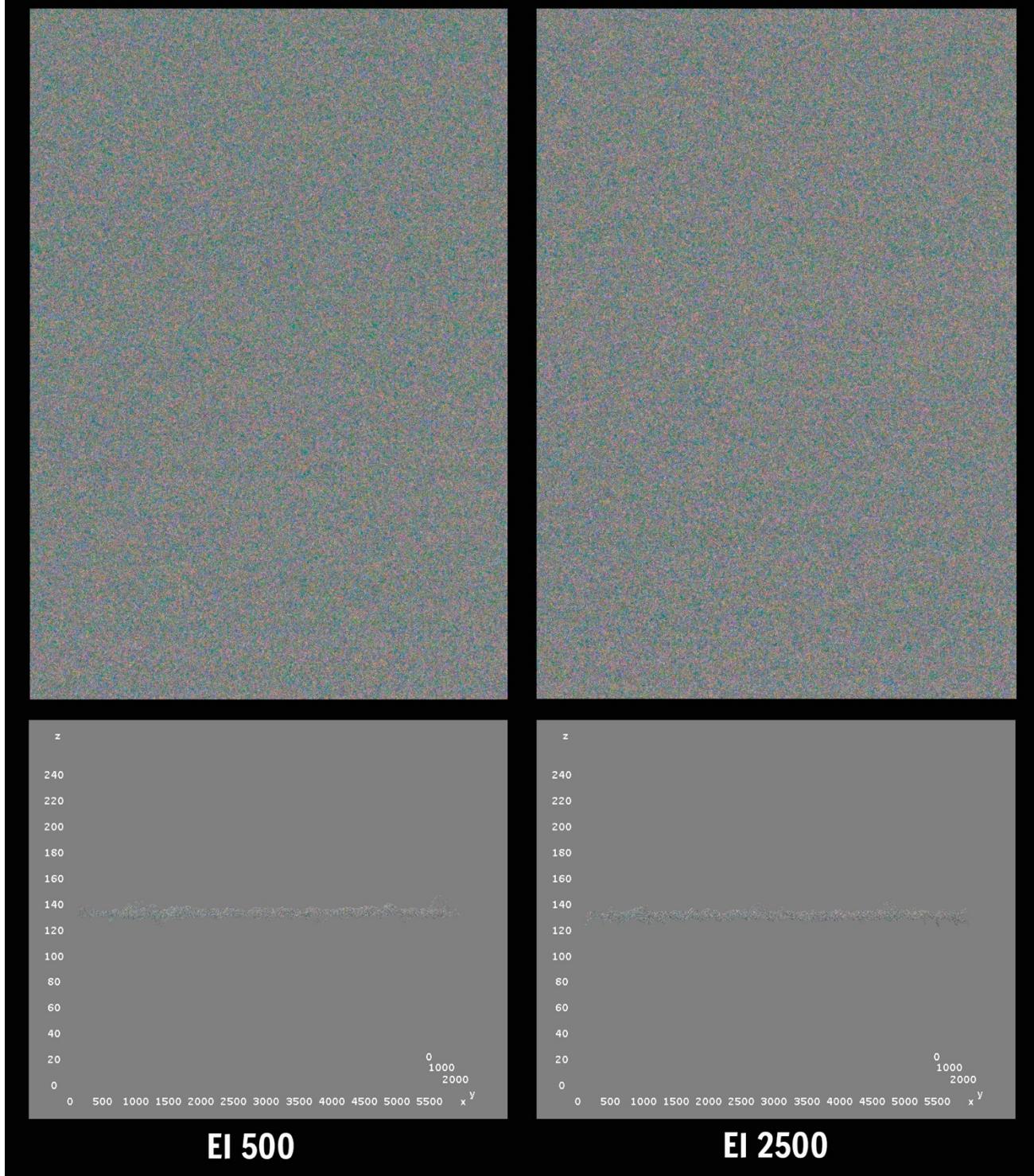


Figura 10

Observemos ahora el ruido base cuando ponemos la temperatura de color a 3.200K. Comencemos por los valores de ISO considerados desde la base EI 500. De nuevo la *figura 11* representa la desviación en Y y la *figura 12* la desviación en RGB (*tablas 6 y 7*). La visualización se muestra en la *figura 13*.

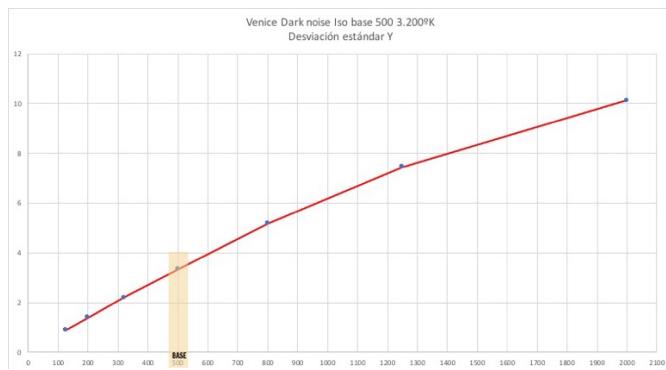


Figura 11

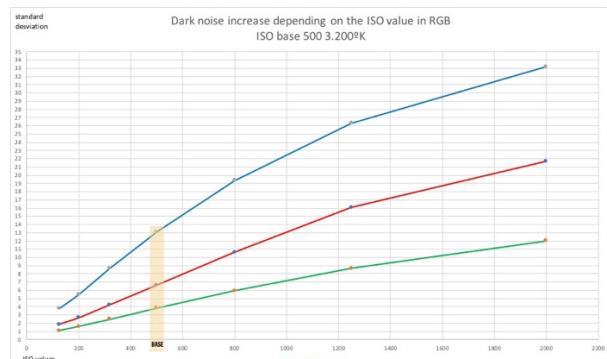


Figura 12

VALORES ISO base 500. 3200K	Y
125	0,89
200	1,4
320	2,19
500	3,34
800	5,17
1250	7,45
2000	10,13

Tabla 6

VALORES ISO 500 3200K	R	G	B
125	1,84	1,06	3,76
200	2,65	1,59	5,47
320	4,22	2,49	8,68
500	6,61	3,84	13,1
800	10,63	5,94	19,35
1250	16,05	8,67	26,34
2000	21,71	12,04	33,2

Tabla 7

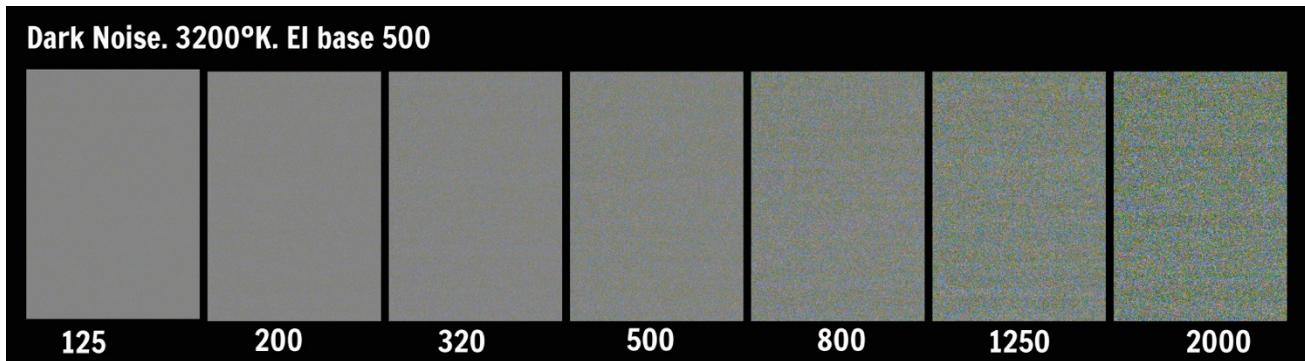


Figura 13

Lo que observamos es que el comportamiento entre los distintos ISO es similar a 6.500K si bien ahora el canal azul es el que se muestra más ruidoso respecto del rojo y el verde. A 3.200K el ruido del canal azul es más elevado que el canal rojo correspondiente con una temperatura de color 6.500K. Se puede apreciar en la figura 14. Por ejemplo, el canal rojo con EI de ISO 500 presenta una desviación del 10,46 (6.500K), mientras que con esa misma base a 3.200K la desviación en el canal azul es del 13,1, es decir un incremento aproximadamente del 25%; a 800 ISO el incremento es del 14,15% o de un 8% a un valor de 2.000 ISO. Es decir, el canal azul es bastante más ruidoso a 3.200K que lo que es el canal rojo a 6.500K (tabla 8)

VALORES ISO Base 500	R 6500K	B 3200K
125	2,56	3,76
200	4,03	5,47
320	6,52	8,68
500	10,46	13,1
800	16,95	19,35
1250	24,56	26,34
2000	30,6	33,2

Tabla 8

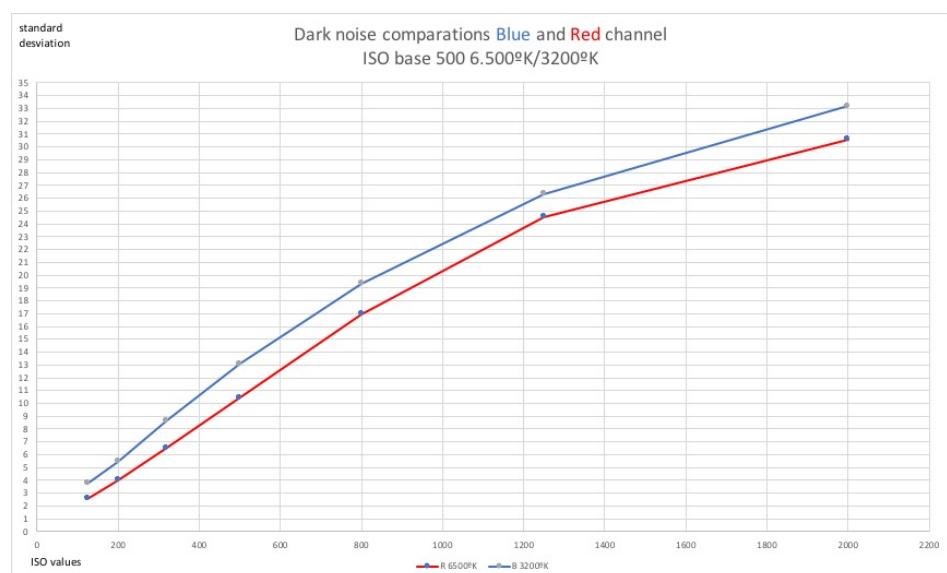


Figura 14

Veamos ahora las curvas con un EI base de 2.500. La *figura 15* muestra los valores en Y (*tabla 9*).

VALORES ISO base 2.500. 3200K	Y
640	0,97
1600	2,26
2500	3,48
4000	5,32
6400	7,74
10000	10,28

Tabla 9

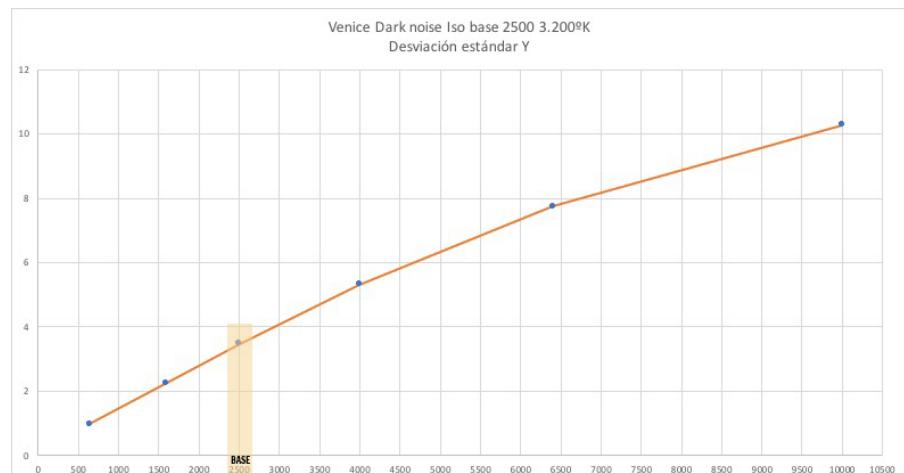


Figura 15

Valores ISO base 2500 3200K	R	G	B
640	1,76	1,08	3,65
1600	4,34	2,58	8,96
2500	6,83	3,98	13,6
4000	10,87	6,18	19,96
6400	16,61	9,05	27,18
10000	21,8	12,34	33,44

Tabla 10

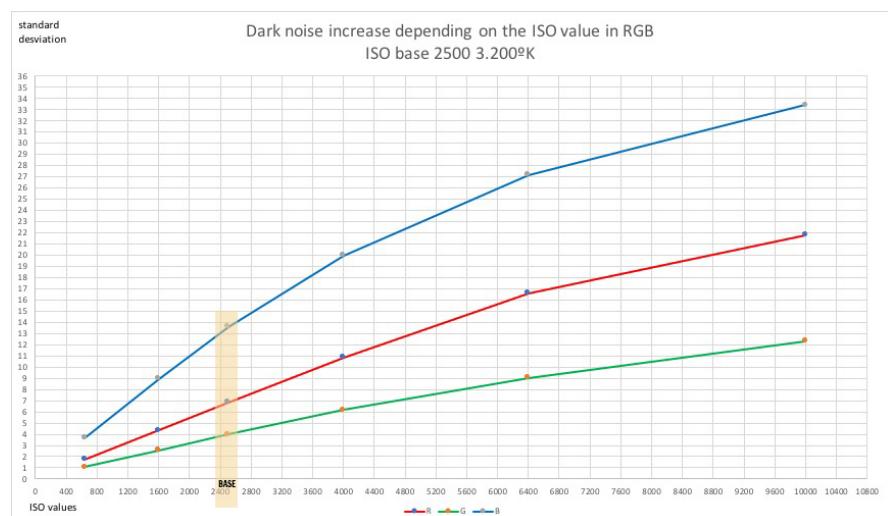


Figura 16

El incremento del ruido en el canal azul es similar, aunque ligeramente mayor a 2.500 si comparamos los dos ISO base: 500 y 2.500 (*figura 16*). La desviación es del 13,1 a ISO base 500 y de 13,6 ISO 2.500. En Y a ISO 500 de base la desviación es de 3,34, mientras que a 2.500 es de 3,48. Es decir, un 4,19% más ruidoso (*tabla 10*).

En la *figura 17* se puede comparar los valores ISO aunque a simple vista es difícil de detectar diferencia alguna.

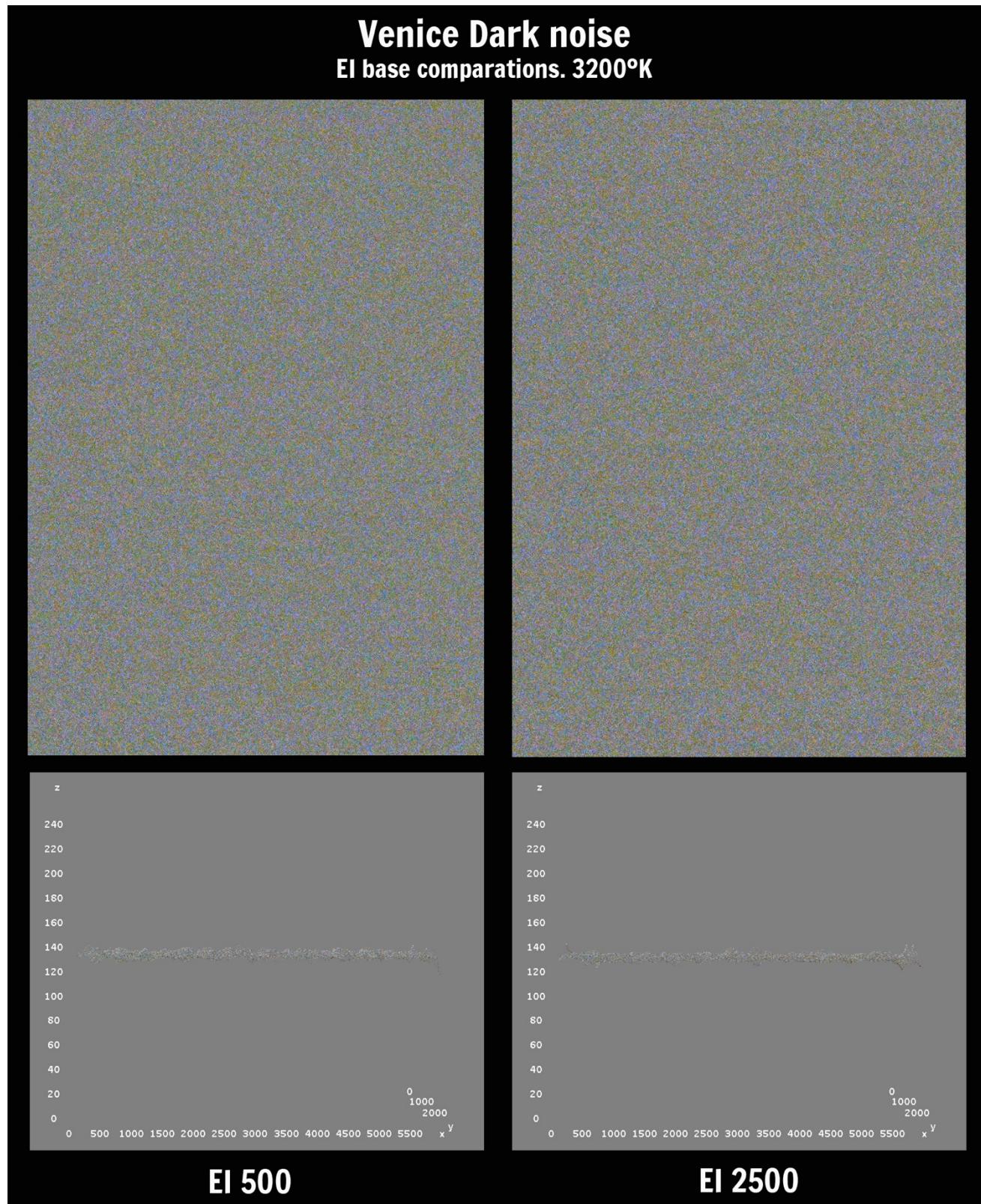


Figura 17

Si comparamos los valores en Y con ISO base de 500 entre 6.500K y 3.200K veremos como muestra la *figura 18*, que a 6.500K el ruido base muestra mayor desviación que a 3.200K (*tabla 11*)

VALORES ISO BASE 500.	Y 6500°K	Y 3200°K
125	1,05	0,89
200	1,62	1,4
320	2,55	2,19
500	4,01	3,34
800	6,33	5,17
1250	9,15	7,45
2000	12,01	10,13

Tabla 11

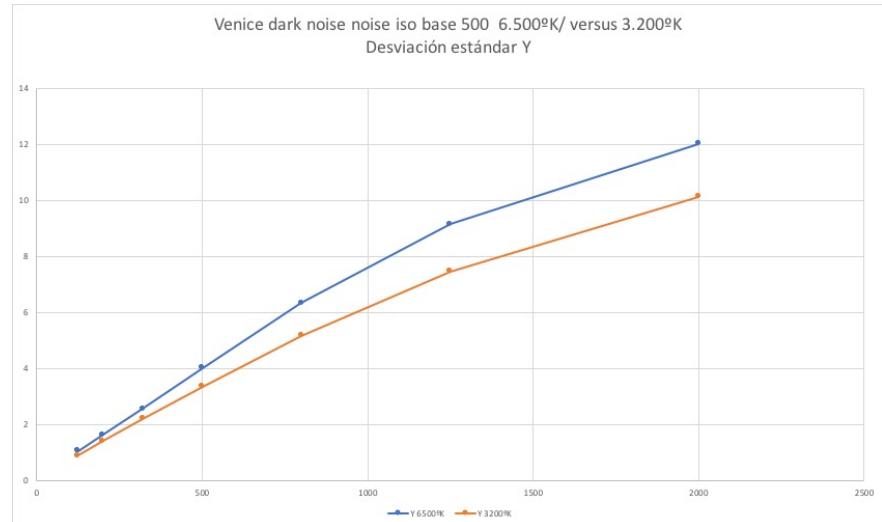


Figura 18

Igual sucede cuando usamos el ISO base de 2500 (*figura 19* y *tabla 12*).

VALORES ISO base 2.500	Y 6500°K	Y 3200°K
640	1,1	0,97
1000	1,67	
1600	2,62	2,26
2500	4,11	3,48
4000	6,48	5,32
6400	9,44	7,74
10000	12,09	10,28

Tabla 12

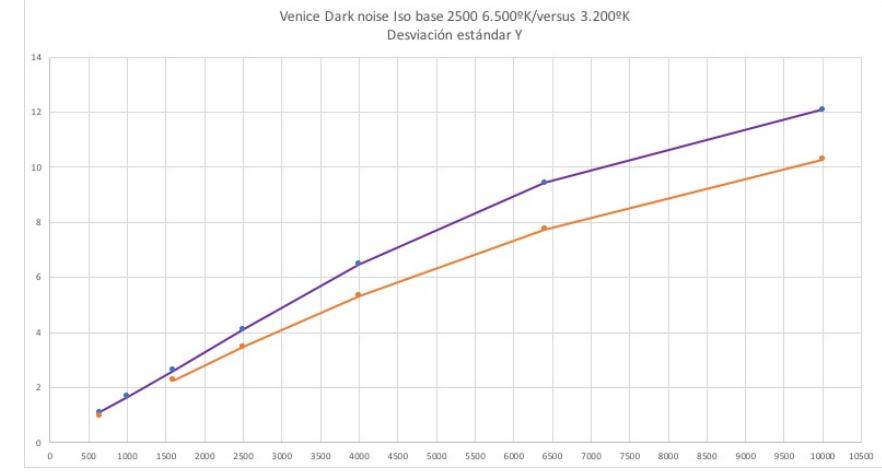


Figura 19

La misma comparación, pero ahora en RGB.



Conocer el ruido ayuda a la creación de imágenes en Croma. Rodaje de la película *El Yuppie y el guiso*.

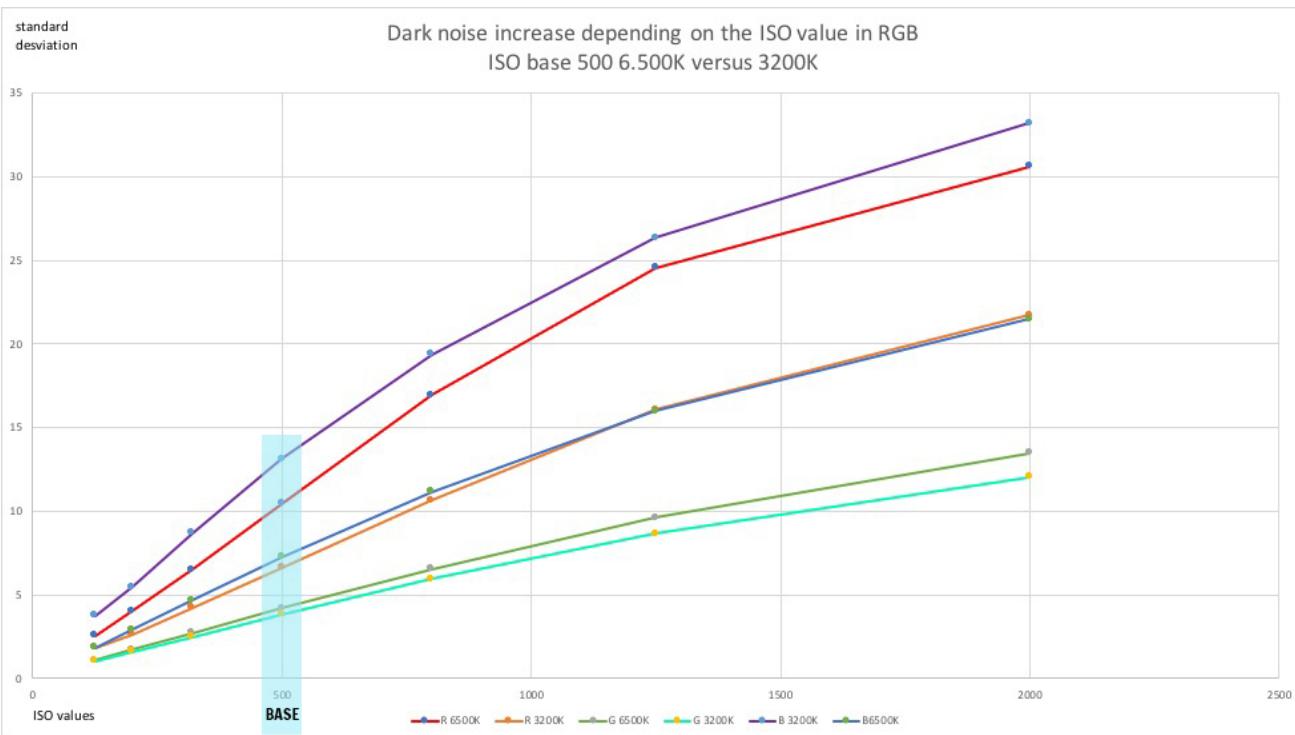


Figura 20

En el valor de 500 ISO (figura 20) la desviación del rojo a 6.500K es muy superior al rojo a 3.200k, sin embargo, en el canal verde son muy similares, aunque a 6.500K es ligeramente superior que a 3.200K y en el canal azul la desviación es mucho mayor a 3.200K que a 6.500K. Los incrementos o disminuciones de la desviación se mantienen bastante similares a lo largo de todos los valores ISO probados.

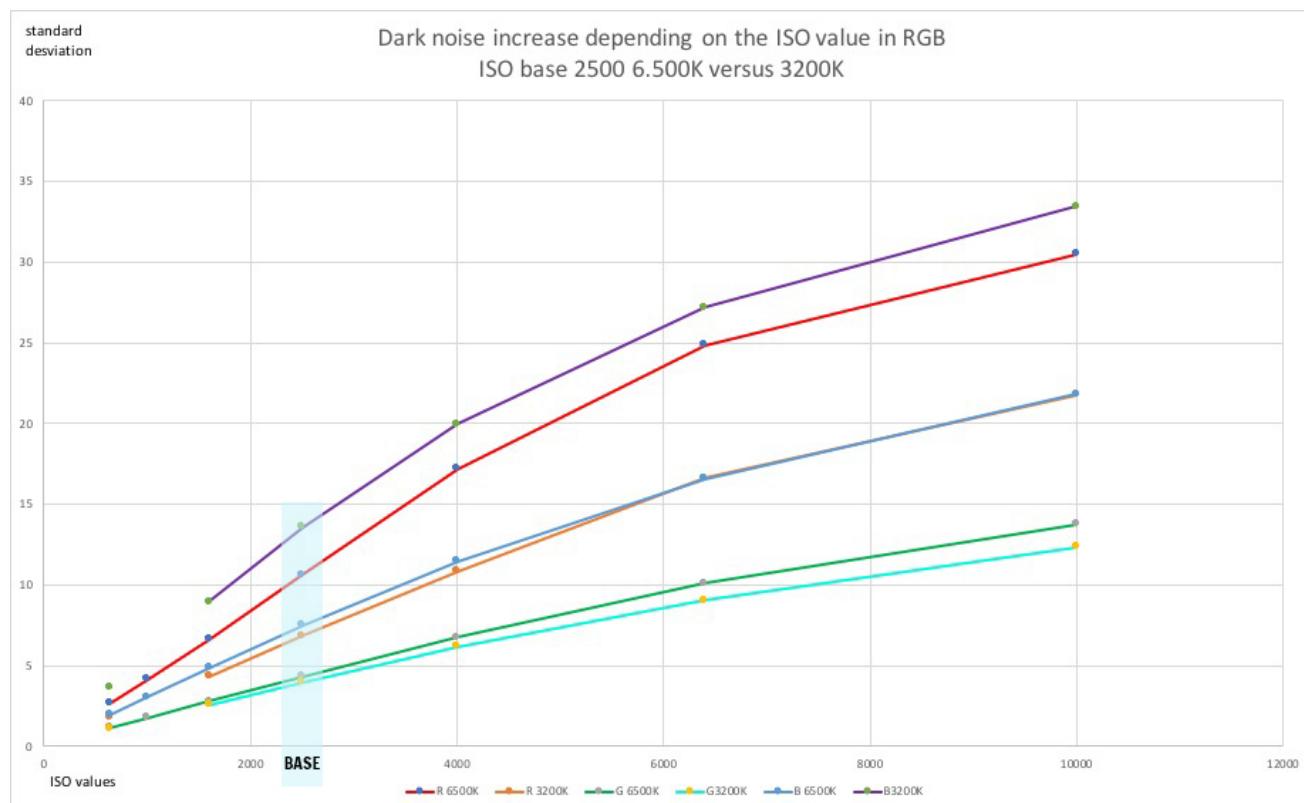


Figura 21

La figura 21 muestra la comparación en RGB de las dos temperaturas de color con la base 2.500. El comportamiento en lo que tiene que ver con las relaciones de los valores ISO y sus desviaciones es notoriamente igual con un ISO base 2500, que con la base de 500.

La evaluación de la desviación estándar, además de la inspección visual del ruido base (dark Noise) nos señala el buen comportamiento del ruido en ambos valores base de la cámara. Tanto a 500 como a 2500 el aumento del ruido se muestra consistente y coherente en la relación no solo a la cantidad de ruido como en la relación de los tres canales RGB y al incremento o disminución de los valores ISO. El movimiento del ruido (las variaciones aleatorias de brillo) se muestra discreto entre los valores más bajos de ISO y hasta los 5.000, por encima de estos el ruido adquiere cierta notoriedad y su movimiento resulta ya un tanto “chirriante”. No hemos apreciado patrones de ruido ni artefactos de otro tipo. Es importante resaltar que para mantener el nivel de ruido base adecuado se necesita un buen sistema de ventilación de la cámara, pues el calor es una fuente importante para el aumento de dicho ruido. Por otro lado, la relación de los tres canales en relación a la temperatura de color indicada conlleva la modificación de los canales rojo y azul en relación al verde que es el canal que no sufre modificación. Con una temperatura de color cálida, 3.200K el canal azul es el que incrementa de forma notoria su ruido en relación a los otros dos canales, y sucede lo contrario con la temperatura de 6.500K donde el canal rojo es el que sufre la mayor corrección y por tanto el que muestra más ruido.

Como señalamos al principio el ruido que observamos en nuestras imágenes es la combinación del ruido base, el ruido de lectura y el ruido principalmente fotónico, que se debe a las fluctuaciones que presentan los fotones al llegar al sensor por lo que la siguiente prueba que hemos realizado ha consistido en evaluar el ruido sobre una carta de color Macbeth con el programa IMATEST, valorando la SNR (relación señal ruido) según la formula $SNR_{BW} = 20 \log_{10} \left(\frac{S_{WHITE}-S_{BLACK}}{N_{MID}} \right)$ (Para una información detallada ver

<https://www.imatest.com/support/docs/23-1/colorcheck/>).

Comencemos por observar los valores SNR con base 500 y 2.500 a 6.500K tanto en RGB como en Y figuras 22 y 23 (tablas 12 y 13).

VALORES SNR DB Base EI 500	R	G	B	Y
500	41,2	42,9	42,2	43,2
1000	38,4	40,3	39,7	40,6
2000	34,8	37	36,3	37,1

Tabla 12

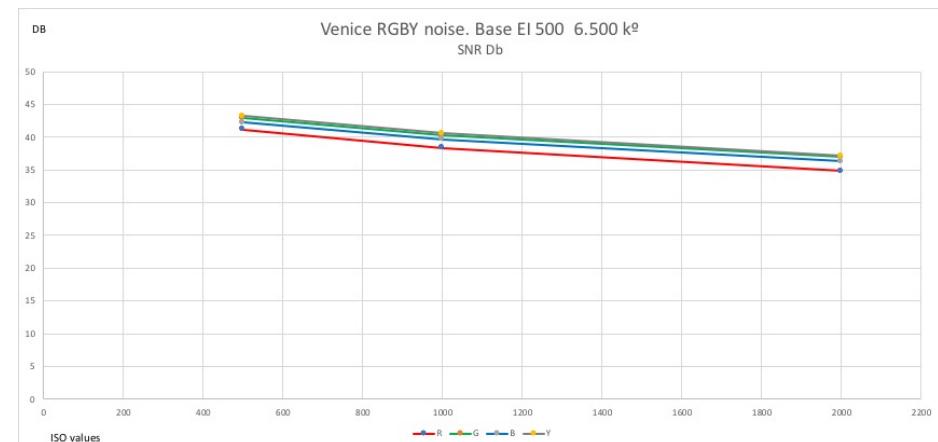
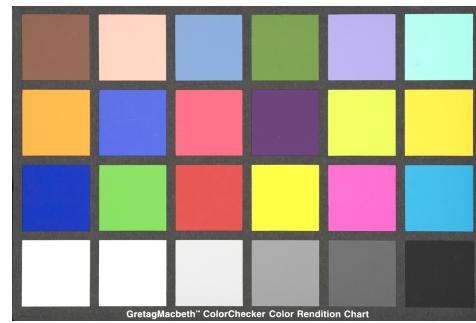


Figura 22



GretagMacbeth® ColorChecker Color Rendition Chart

VALORES SNR DB Base EI 2500	R	G	B	Y
2500	35,6	37,3	36,6	37,5
5000	32,2	34	33,4	34,2
10000	29,1	30,9	30,4	31

Tabla 12

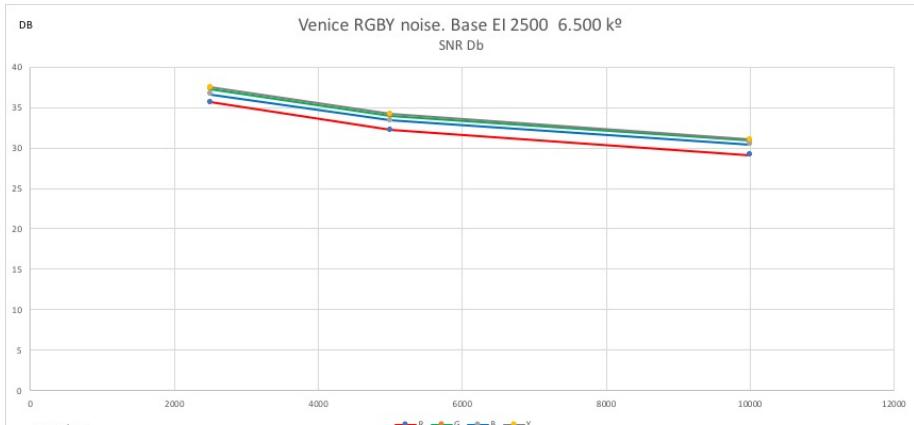


Figura 23

Aquí ya podemos ver que con un ISO de base 500 la relación SNR es mejor en todos los canales y en Y, por ejemplo, en esta última tenemos un SNR de 43,2 db frente a los 37,5 db de un ISO base de 2.500 (*figura 24*).

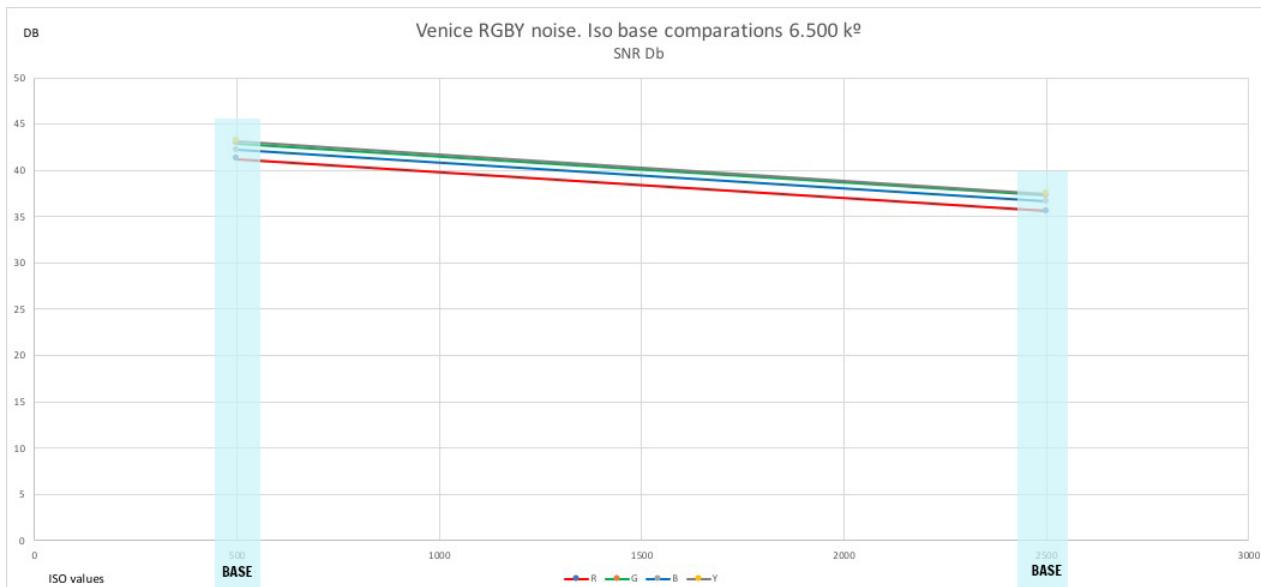
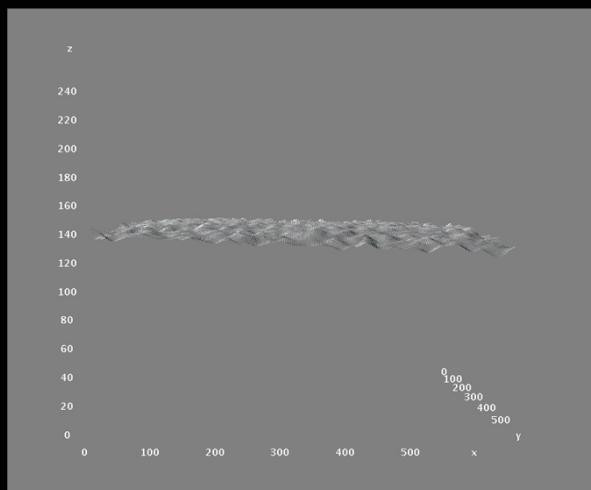
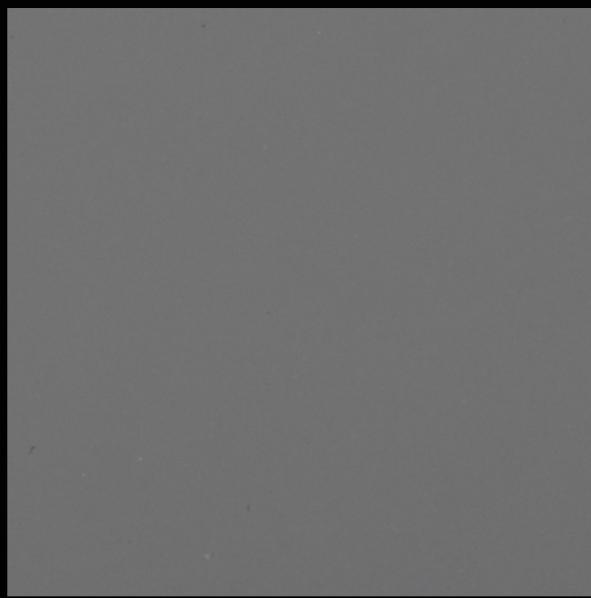


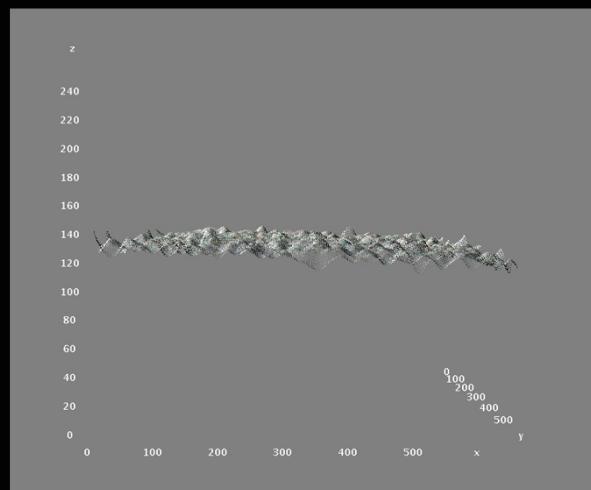
Figura 24

Entre los dos valores de la ISO base hay una diferencia de 5,6 db en RGB y de 5,7db en Y, es decir, a 500 ISO tenemos un 15,7% de mejor relación SNR, lo cual no es mucha diferencia considerando que estamos aumentando la sensibilidad de la cámara en más de dos stop. Si comparamos los valores más altos la diferencia entre 2.000 y 10.000 es de 5,7db para rojo, 6,1db para el verde, 5,9db para el azul y de 6,1db para Y, lo que supone una diferencia de SNR de alrededor del 19,5%. Podemos observar esta diferencia entre 500 y 2.500 en la siguiente *figura 25* donde comparamos la muestra 22 de la carta Macbeth y su representación en 3D. Se puede observar la ligera diferencia que encontramos entre ambos valores, a 2.500 el ancho de la banda de brillos es ligeramente mayor que a 500, aunque visualmente la diferencia es poca.

Venice medium gray noise Macbeth patch 22 6500°K



El base 500



El base 2500

Figura 25

Vamos a comparar ahora la relación SNR entre una carta filmada a 6.500K y otra a 3.200K con ISO base 500 y 2.500. A 500 ISO de base los valores en el canal rojo, la SNR es mejor en un 0,7% a 3.200K que a 6.500K pero con esta última temperatura de color el SNR del canal azul es mejor en un 2,6% que a 3.200K (*figura 26*). Todo ello se puede observar en el fotograma de la modelo con la carta (*figura 27*), donde efectivamente en el canal rojo la diferencia de ruido entre ambas temperaturas de color es pequeña, no así en el canal azul donde la diferencia de ruido es notoria, siendo menor a 6.500K que a 3.200K.

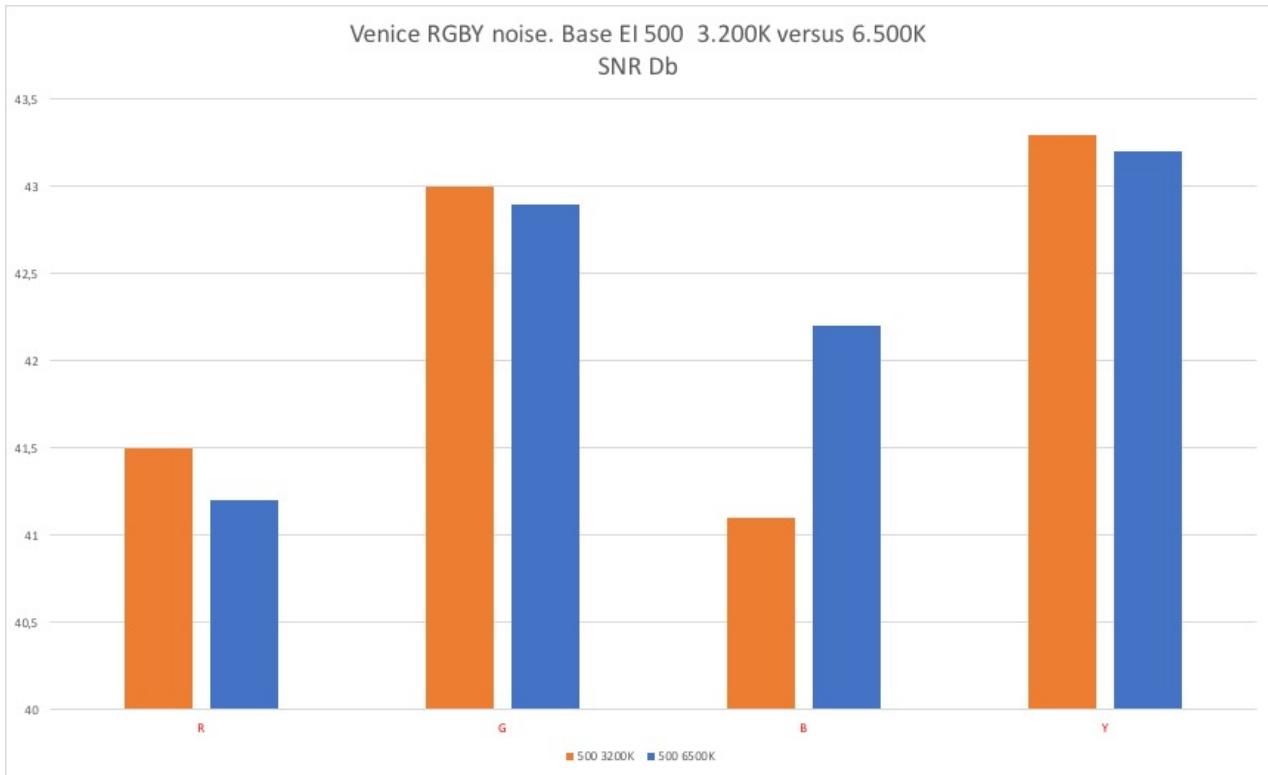


Figura 26



Figura 27

Con un ISO base de 2.500 el canal verde e Y(luminancia) son parecidos en ambas temperaturas de color y el canal rojo es casi igual en ambas (algo mejor a 3.200K), la mayor diferencia se da en el canal azul donde la SNR es de 36,6 db a 6.500K y de 35,3 db a 3.200K. esto es una diferencia de 1,3 db (*figura 28*). En la *figura 29* se aprecian las diferencias señaladas en el grafico (*figura 27*). El comportamiento del canal rojo es mejor a 2.500 ISO que a 500 ISO.

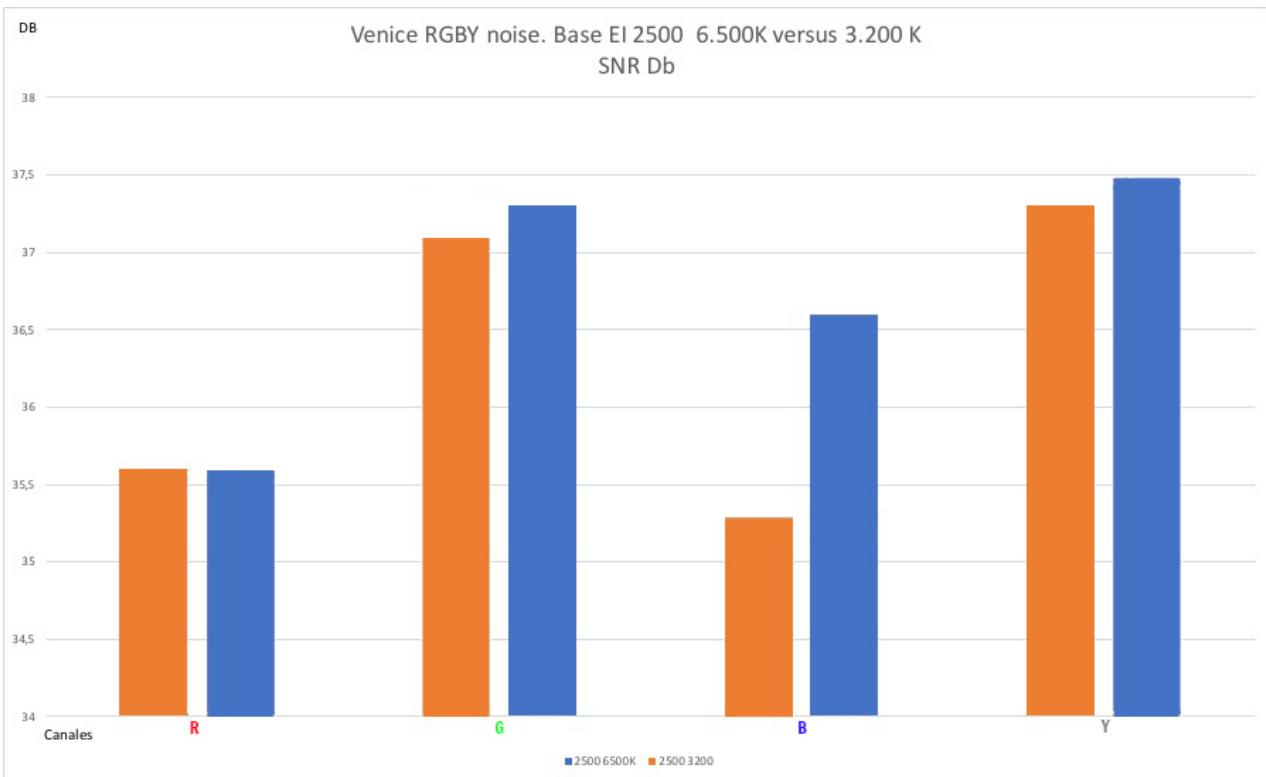


Figura 28



Figura 29

En la figura 30 mostramos las diferencias en el canal rojo a las dos distintas temperaturas de color y diferentes valores ISO. Hemos querido especialmente mostrar los valores ISO más altos con base en 2.500 para evidenciar el ruido con altas sensibilidades.

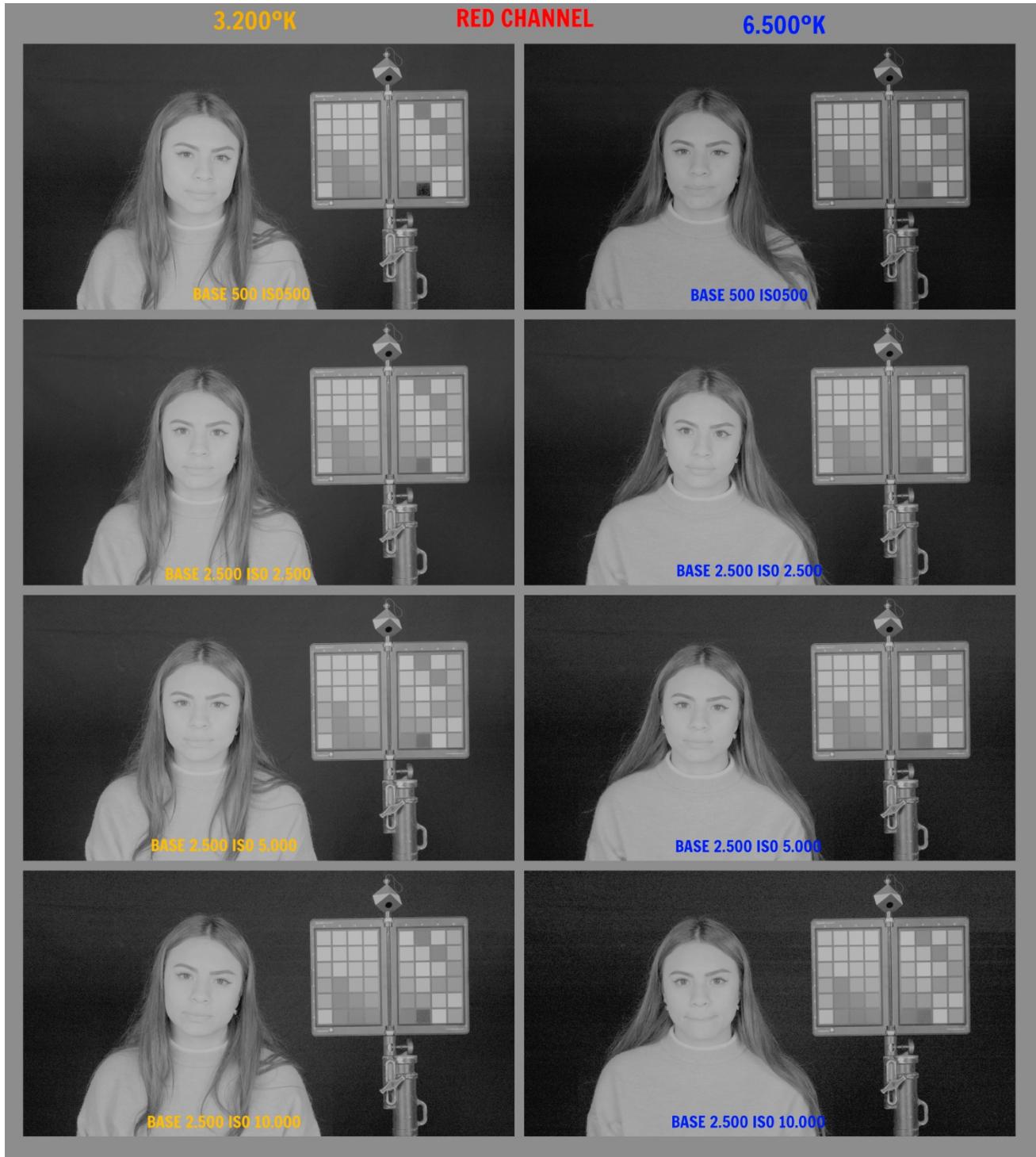


Figura 30

A continuación, los mismos valores ISO pero en el canal azul (*figura 31*).



Figura 31

En la *figura 32* muestro en rojo el recuadro que he ampliado X500 y luego modificado la exposición y el contraste de esa zona (*figura 33*) para apreciar en su conjunto el ruido, sobre todo también fijándonos en la definición del pelo de la modelo y ver que prácticamente no se pierde incluso en valores altos como 10.000 ISO.

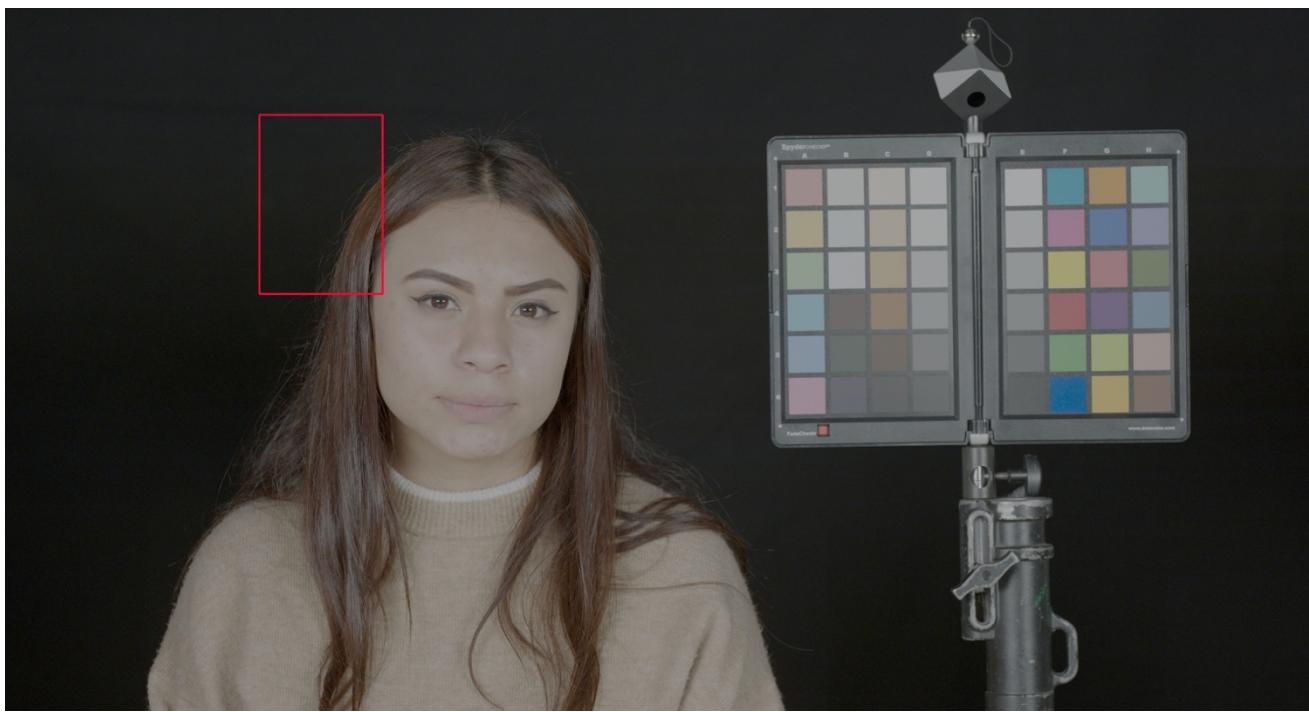


Figura 32

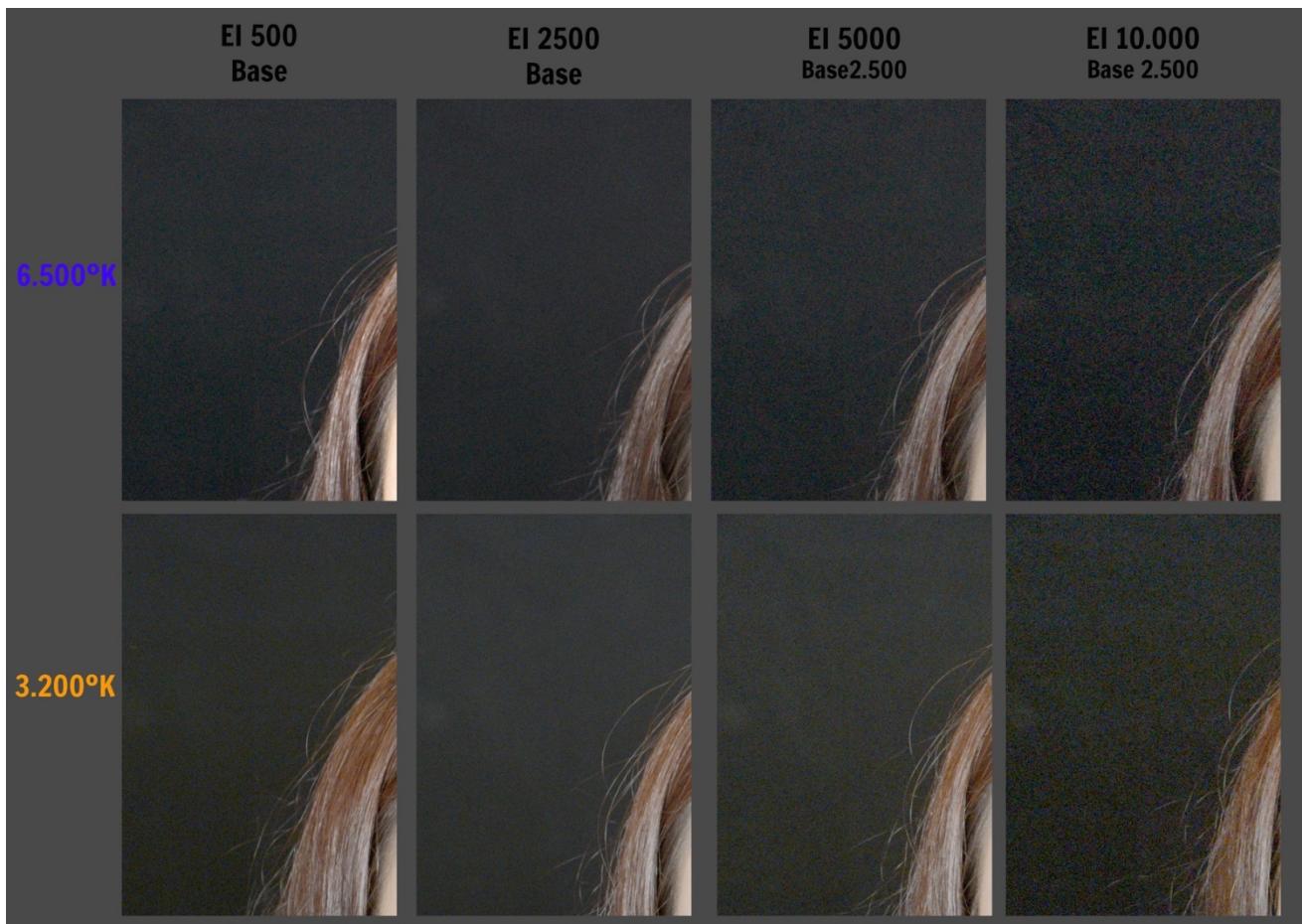


Figura 33

Veamos ahora unas imágenes de la película El yuppie y el guiso rodada con la Venice I FF 2.39:1 6048x2534 en X-OCN XT con Slog3/S-Gamut3.cine (figuras 34 a 38)

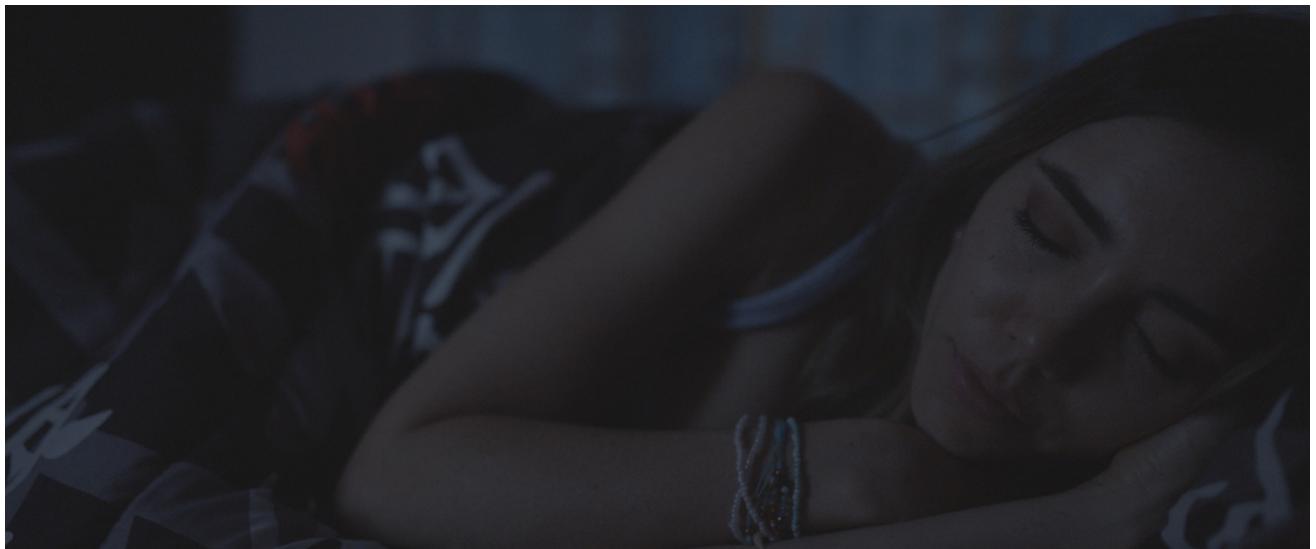


Figura 34 .Venice I 24 fps 180° (I/48 sg) EI 2500 (base) 3.200K. Sony Raw X-OCN XT. SLog3/S-gamut3.cine. T 2.3



Figura 35. *Canal rojo*



Figura 36. *Canal verde*

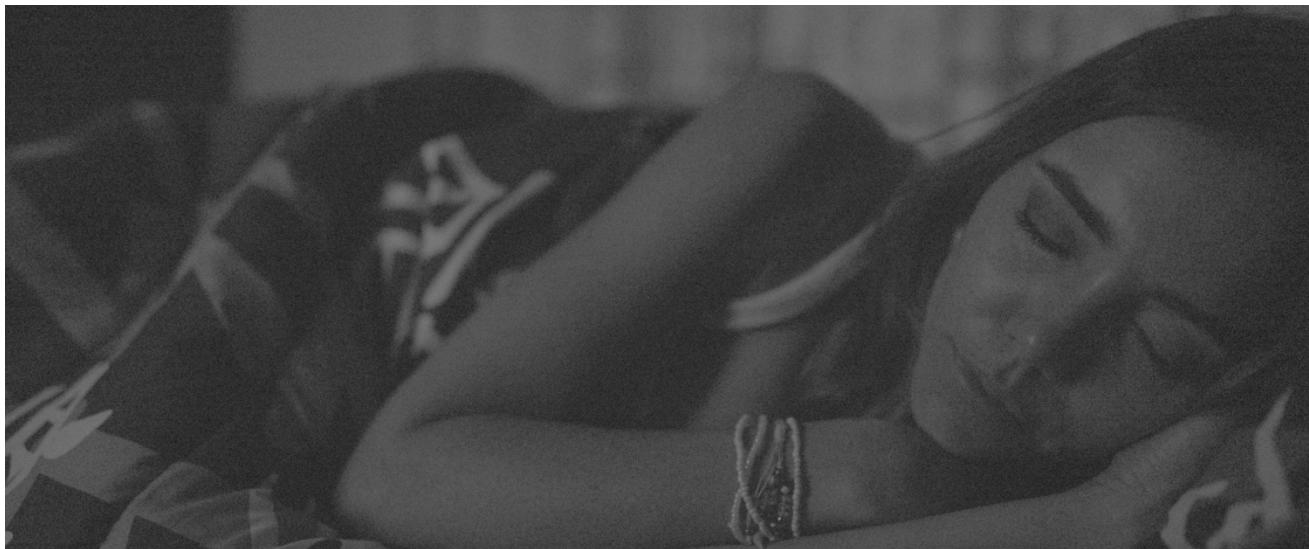


Figura 37. *Canal azul*

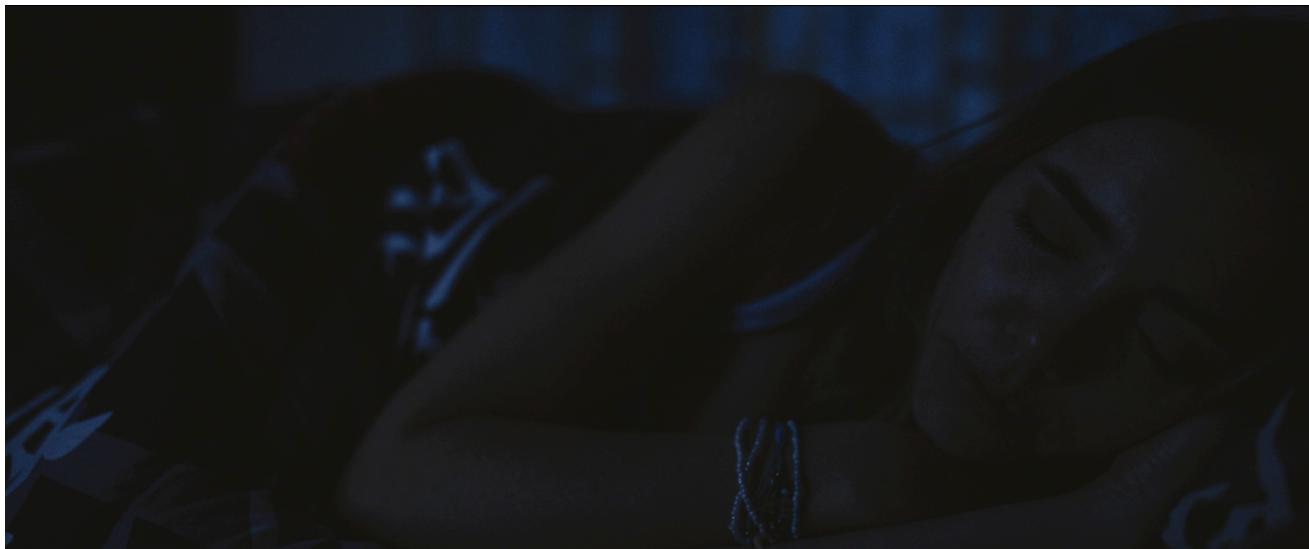


Figura 38. *SLog3/S-Gamut3.cine corregido con Lut 709.*

A esta temperatura de color el canal azul es el que muestra más ruido, seguido del canal rojo y por último con mejor SNR el canal verde. Esto es lo que era de esperar después de las pruebas de ruido y por ellas sé que puedo subexponer la imagen (aquí la cara está subexpuesta 2 stop respecto del valor del gris medio para esta curva Slog3) y crear una penumbra oscura pero con detalle y el ruido no está enmascarando el detalle más fino y visualmente no es significativo.

Otro ejemplo, en este caso, una secuencia ext/noche donde en la calle hay luces de vapor de sodio, así como de mercurio con muy distintas temperaturas de color. Mi iluminación esta ajustada a 3.200K y consiste en tubos asteras Titán puestos en los postes de luz de la propia calle y un HMI 4Kw muy difusado para los fondos (*figuras 39 a 43*).



Figura 39 .Venice I, 24 fps 180° (1/48 sg) EI 2500 (base) 3.200K. Sony Raw X-OCN XT. SLog3/S-gamut3.cine. T 3.1



Figura 40. *Canal rojo*



Figura 41. *Canal verde*



Figura 42. *Canal azul*



Figura 43. *SLog3/S-Gamut3.cine corregido con Lut 709.*

Por último, observemos este fotograma (*figura 44 a 48*) de una secuencia ext/día donde la exposición está ajustada al exterior para obtener una penumbra oscura al fondo de la tienda. El interior de la tienda, donde se encuentra la señora, está iluminado con dos tubos astera Helios.



Figura 44 .*Venice I, 24 fps 180° (1/48 sg) EI 500 (base) 6.500K. Sony Raw X-OCN XT. SLog3/S-gamut3.cine. ND 6. T 5.6*



Figura 45. Canal rojo



Figura 46. Canal verde



Figura 47. Canal azul



Figura 48. SLog3/S-Gamut3.cine corregido con Lut 709.

En este plano hay una diferencia importante entre la exposición del exterior y el interior de la tienda. El ruido es mayor en las partes más iluminadas (cara del actor, chaqueta, etc.) si bien no lo percibimos como si podemos hacerlo en la penumbra de la tienda. La parte más oscura de la tienda está entre los -6 y -7 stop mientras que la cara del actor esta +2/3 por encima del valor del gris medio, es decir hay prácticamente una diferencia de 7 stop aproximadamente entre la parte más oscura y el tono de piel. Por las pruebas que hemos realizado con la cámara sabemos que entre los -4 y -5 stop se puede recuperar detalle en las sombras, pero que más allá de estos y aunque la cámara siga distinguiendo diferentes valores de brillo muy pequeños, el ruido enmascara el detalle perdiendo resolución y textura como muestra la figura 49 donde hemos recortado una parte del interior de la tienda en los tres canales y hemos pasado estos por el detector de bordes que como vemos nos indica que no hay mucha diferencia entre los tres canales en lo que tiene que ver con la pérdida de detalle.

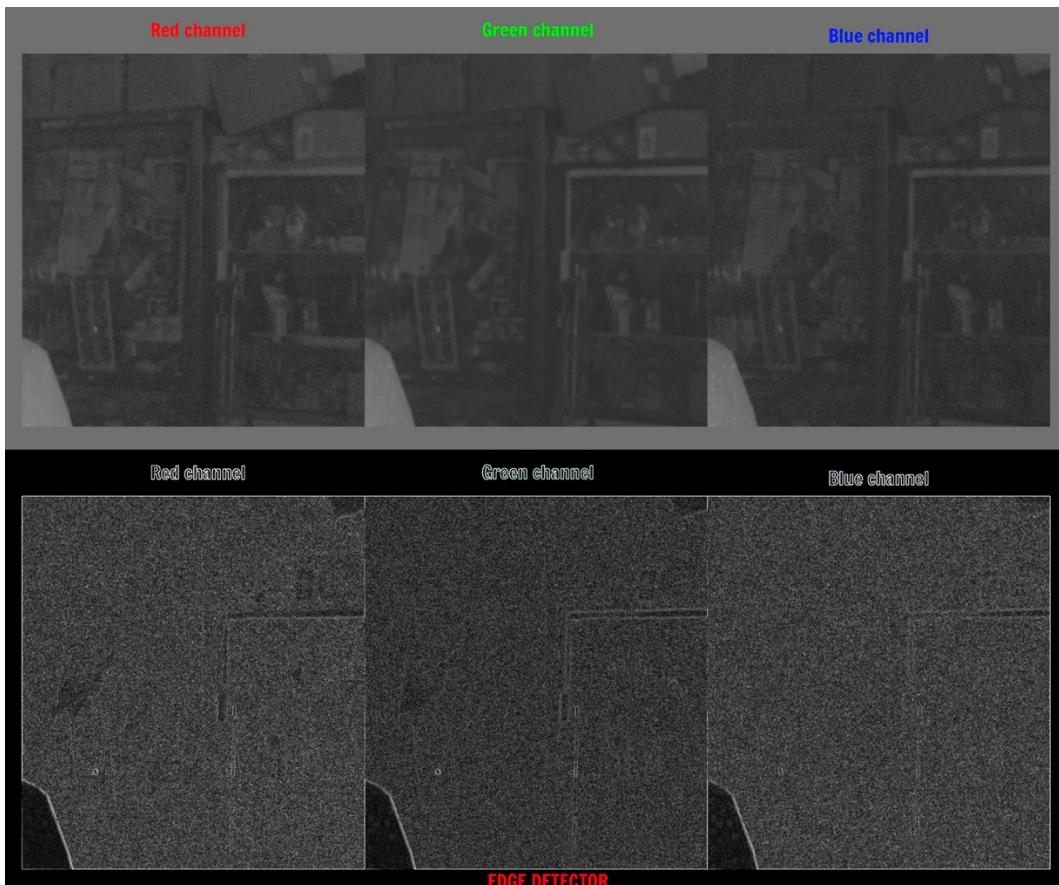


Figura 49

En últimas el ruido que muestra la imagen va a depender no solo del ruido base, de lectura y el fotónico, sino también de nuestra exposición, así como de la obturación o el valor de ISO elegido. E igualmente hay cierto grado de apreciación subjetiva sobre la cantidad de ruido que cada uno acepta o cómo obtener un nivel determinado de ruido para construir textura en la imagen. En este sentido parafraseando aquel eslogan publicitario del diseñador Adolfo Domínguez, *el ruido es bello*, y puede constituir la base de la textura de la imagen cuando se precise en la narración audiovisual, decisión esta que corresponde a los directores de fotografía y su propuesta visual y no al QC (Quality control) de plataformas, canales o productoras. Una comprensión en profundidad de cómo se manifiesta el ruido en la cámara nos permite manejar este en todos los sentidos, desde su minimización más absoluta hasta su manifestación más agresiva, todo ello insisto, dentro del marco de la creación de la imagen, responsabilidad esta del director de fotografía.

La cámara Venice I sobre la que trata este estudio, muestra unos niveles de ruido más que manejables, incluso a valores ISO elevados, si queremos imágenes muy limpias el valor de EI 500 y 2.500 funcionan a la perfección, si bien el primero muestra mejor SNR. El ruido base está muy minimizado en todo los valores y hay cierta simetría entre los dos ISO base a la hora de cómo se incrementa dicho ruido variando el ISO desde una u otra base. Hay que considerar que, si se quiere usar valores ISO intermedios, es siempre mejor bajar desde el ISO base que subir desde el mismo, por ejemplo, para rodar a EI de 1000 es mejor bajar desde la base 2.500 que subir desde 500, insisto si lo que queremos es minimizar el ruido, aunque también hay que considerar la variación de la distribución del rango dinámico que ya indicamos al comienzo del texto. Si queremos tener un ruido aceptable podemos trabajar sin problemas hasta los 5.000 ISO, pero si queremos tener un ruido para crear textura se puede trabajar perfectamente hasta los 10.000 ISO o bien trabajar desde la base 500 y subir a los 2.000.

Sin duda, este artículo son tan solo observaciones y cada director de fotografía tendría que hacer sus pruebas para determinar con precisión qué cantidad y clase de ruido necesita para su creación audiovisual.

* Todos los fotogramas son cortesía de DGP

Agradecimientos: Adriana Bernal ADFC, Juan Pablo Bonilla, Cristian Forero y Jorge Igual y miembros del ITC