

WHITE PAPER
ESTUDIO TÉCNICO CINEMATográfico
Junio 2026

ESTUDIO DE LAS LENTES ARLES DE DZO

Evaluación instrumental y análisis perceptivo
WHITE PAPER
Lentes Arles de DZO

Por Alfonso Parra
Director de Fotografía AEC
Con entrevista a Adriana Bernal
ADFC

1. Introducción y metodología	3
2. Lente 35mm	7
3. Lente 50mm	19
4. Lente 75mm	31
5. Lente 100m	42
6. Lente 135mm.....	54
7. Lente 180mm	63
8. Evaluación conjunta de las lentes estudiadas.....	70

1- Introducción y metodología

En este artículo analizamos el comportamiento óptico de varias lentes Arles de DZO, especialmente en lo relativo a resolución, contraste y coherencia del conjunto, en el contexto del rodaje de la película *Indeleble*, cuya dirección de



fotografía estuvo a cargo de Adriana Bernal ADFC y producida por Sagitario Films con la dirección de Jairo Estrada. Las focales estudiadas en detalle corresponden a las focales 35, 50, 75, 100, 135 y 180 mm, incorporándose, además, de forma puntual, las focales 14, 21 y 25 mm en algunos análisis específicos de resolución.

Para las pruebas se utilizó una cámara Sony Burano trabajando a una resolución de 8632×4856 píxeles, en formato 1,77 (16:9), a 24 fps y con una obturación de 1/48 s, empleando el códec X-OCN LT. La posproducción se realizó en DaVinci Resolve Studio y el análisis técnico mediante herramientas como Imatest e ImageJ.

Aunque el artículo desarrolla de forma individual distintos aspectos de cada lente, quienes deseen una visión global del comportamiento del conjunto pueden remitirse directamente al apartado *Evaluación conjunta de las lentes Arles de DZO estudiadas* (pág. 68).

Limitaciones del estudio

Los resultados presentados en este estudio deben interpretarse dentro de las condiciones experimentales específicas en las que se realizaron las mediciones. Aunque la metodología fue diseñada para garantizar la repetibilidad y la consistencia interna de los resultados, el objetivo no ha sido establecer características absolutas o universales de las lentes, sino describir su comportamiento en un marco de ensayo controlado y claramente definido.

Todas las mediciones de laboratorio se realizaron utilizando una única plataforma de cámara (Sony Burano), registrando en formato X-OCN LT y bajo condiciones ópticas estandarizadas. Los análisis se llevaron a cabo con una única apertura de trabajo (T4), seleccionada por representar un punto de funcionamiento adecuado para comparar de forma homogénea el conjunto de focales y minimizar la influencia de las aberraciones dependientes del diafragma. Es previsible que el comportamiento óptico varíe al trabajar con aperturas mayores o menores, especialmente en aspectos como la curvatura de campo, el equilibrio entre aberraciones, la transferencia de contraste o la representación del desenfoque.

Del mismo modo, las mediciones se realizaron a una única distancia de enfoque, por lo que los resultados no deben interpretarse como una caracterización del comportamiento de las lentes a lo largo de todo su recorrido de enfoque. Variables como el rendimiento a distancias muy cortas, el enfoque al infinito o determinadas variaciones asociadas al desplazamiento de los grupos ópticos pueden modificar parcialmente algunas de las características observadas y no forman parte del alcance de este trabajo.

La relación establecida entre las mediciones instrumentales (MTF, PSF, aberración cromática, distorsión geométrica y otros parámetros ópticos) y la percepción visual debe entenderse igualmente

dentro de su ámbito de aplicación. Las mediciones describen el comportamiento físico del sistema óptico, mientras que la apariencia final de la imagen cinematográfica depende también de numerosos factores adicionales, entre ellos la iluminación, la exposición, la composición del plano, el procesado interno de la cámara, la gestión del color, la postproducción, el sistema de visualización y las condiciones de visionado. En consecuencia, las interpretaciones perceptivas desarrolladas a lo largo del estudio no deben entenderse como relaciones causales directas, sino como tendencias visuales coherentes con el comportamiento óptico medido, cuya manifestación final dependerá siempre del conjunto de variables que intervienen en la construcción de la imagen cinematográfica.

La película *Indeleble*, fotografiada por Adriana Bernal, ADFC, utilizando el conjunto de lentes DZOFilm Arles, se incorpora al estudio como un **caso de estudio** que permite confrontar las observaciones instrumentales con una aplicación cinematográfica real. Su inclusión no tiene como finalidad validar experimentalmente las mediciones de laboratorio, sino explorar cómo determinadas características ópticas descritas objetivamente pueden manifestarse en imágenes obtenidas bajo condiciones reales de producción. En este sentido, las observaciones derivadas del rodaje complementan la caracterización técnica de las lentes, aportando una lectura cinematográfica de los resultados sin pretender establecer relaciones universales aplicables a cualquier contexto de producción.

Dentro de estos límites, el estudio proporciona una caracterización coherente y reproducible del comportamiento óptico del conjunto DZOFilm Arles, integrando mediciones objetivas con una reflexión sobre su traducción visual en el lenguaje cinematográfico. Más que establecer una clasificación absoluta de la calidad óptica de las lentes, los resultados permiten comprender cómo cada focal organiza la resolución, el contraste, las aberraciones y la representación espacial de la imagen, ofreciendo un marco de referencia útil tanto para la evaluación técnica como para la toma de decisiones creativas en cinematografía.

Como posible línea de continuidad, futuras investigaciones podrían ampliar esta metodología incorporando diferentes aperturas, distancias de enfoque, plataformas de cámara y formatos de sensor, así como la evaluación de otros sistemas ópticos mediante el mismo protocolo de ensayo. Ello permitiría analizar la influencia de estas variables sobre el comportamiento óptico y la percepción visual en un abanico más amplio de condiciones de trabajo y facilitaría la comparación entre diferentes familias de lentes cinematográficas.

Observaciones al estudio de la resolución

Nos interesa analizar la resolución que proporcionan las lentes en función de la distancia focal y del diafragma, así como su distribución entre el centro de la imagen y las zonas periféricas.

Para este estudio se ha utilizado la carta Imatest ISO 12233:2017 Edge SFR (eSFR) Photographic Chart, que permite evaluar la respuesta en frecuencia espacial mediante el análisis de bordes y líneas de frecuencia.

La resolución analizada es el resultado de la interacción de múltiples factores, entre ellos el propio sensor y el proceso de compresión. La modificación de cualquiera de estos elementos alteraría los resultados obtenidos; no obstante, los valores relativos y la comparación entre ellos se mantienen como referencias válidas para el análisis.

Vamos a analizar focal por focal a partir del 35mm. No hemos podido evaluar las focales más angulares en esta ocasión de forma precisa, aunque sí están incluidas en el apartado 8.

Vamos a mostrar las curvas MTF tanto al 50% como al 30% en distintos lugares de la imagen. La unidad de medida utilizada es LW/PH (a excepción del apartado 8 que usamos cyc/píxel). Conviene señalar que el límite teórico de resolución sin interferencias es:

$$Nyquist = \frac{\text{Picture Height}}{2}$$
$$Nyquist = \frac{4856}{2} = 2428 \text{ LW/PH}$$

Evaluar las lentes con los valores MTF 50% y 30% permite describir dos aspectos complementarios de la nitidez.

El **MTF50** indica la frecuencia espacial a la que el contraste ha caído al 50 %. Es una medida sensible a las **altas frecuencias**, por lo que se relaciona con la capacidad de la lente para resolver detalle fino. En términos prácticos, un MTF50 alto suele traducirse en una imagen más “nítida” o “definida”, especialmente perceptible en proyección en sala grande, donde el espectador puede distinguir mejor las texturas finas.

El **MTF30**, en cambio, corresponde a la frecuencia donde el contraste cae al 30 % y describe mejor el comportamiento en **frecuencias medias**, que son las más relevantes para la percepción visual. Por ello, el MTF30 se asocia con la **nitidez percibida**, el volumen de la imagen y la sensación de “cuerpo” en los objetos, aspectos especialmente importantes en visionados en plataformas o pantallas más pequeñas, donde el detalle extremo tiene menos peso.

La comparación entre ambos valores permite entender no solo cuánta resolución ofrece una lente, sino cómo distribuye el contraste a lo largo del espectro espacial. Dos lentes pueden tener un MTF50 similar, pero diferir en MTF30, dando lugar a imágenes con sensaciones distintas: una con mayor separación de texturas y otra más suave, pero con mayor continuidad tonal.

En el contexto de un largometraje destinado tanto a salas como a plataformas, esta dualidad es especialmente relevante. El MTF50 garantiza que la imagen soporte ampliaciones y proyección en gran formato, mientras que el MTF30 asegura una buena legibilidad y consistencia visual en condiciones de visionado más domésticas. Por ello, analizar ambos parámetros de forma conjunta permite valorar con mayor precisión el comportamiento real de las lentes en diferentes entornos de exhibición.



Adriana Bernal ADFC

Adriana Bernal: Desde el principio buscaba una imagen un poco más “sucia”, menos clínica y menos digital para la película. Con Jorge Román trabajamos una LUT bastante desaturada y con un tratamiento cercano al proceso “sin blanqueador”, que aumentaba bastante el contraste. Si las lentes hubieran sido demasiado nítidas o muy clínicas en el microdetalle, la imagen probablemente habría terminado viéndose excesivamente dura o demasiado contrastada.

Lo interesante de las Arles es que mantienen una buena definición sin que la imagen se vuelva demasiado dura o contrastada en el detalle. Eso también aparece en el análisis técnico: aunque algunas focales tienen valores altos de resolución, la transición del contraste sigue siendo suave y

la imagen nunca cae en una sensación hiper definida. Los rostros conservan detalle, pero sin endurecer la piel, y los fondos mantienen cierta atmósfera y continuidad visual. Todo ello encajaba muy bien con la propuesta estética de la película.

Aunque hay que decir que la imagen de la película no dependía solamente de las lentes, sino de cómo dialogaban con todos los demás elementos: la iluminación, la cámara, la exposición y el tratamiento de color.

Para mí había un equilibrio muy específico entre tres cosas: la textura que aportaba la Sony BURANO trabajando a 3200 EI, el tipo de iluminación contrastada que construimos durante el rodaje y la LUT con el tratamiento cercano al “sin blanqueador” que desarrollamos para la colorización. En ese contexto, las Arles funcionaban muy bien porque aportaban una suavidad y una continuidad tonal que ayudaban a que todo el conjunto no se volviera excesivamente duro.

2- FOCAL 35 MM

Sin perder de vista el contexto general del estudio, comenzamos el análisis individual de las focales utilizando como punto de partida la curva MTF al 50 % del 35 mm en distintas zonas de la imagen. (Fig 1 a 4)

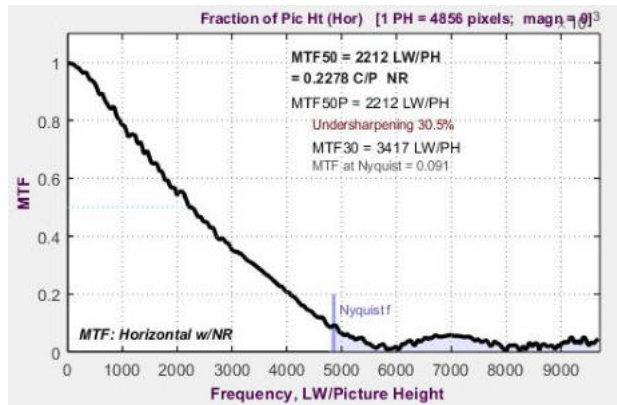


Figura 1 Centro de la imagen

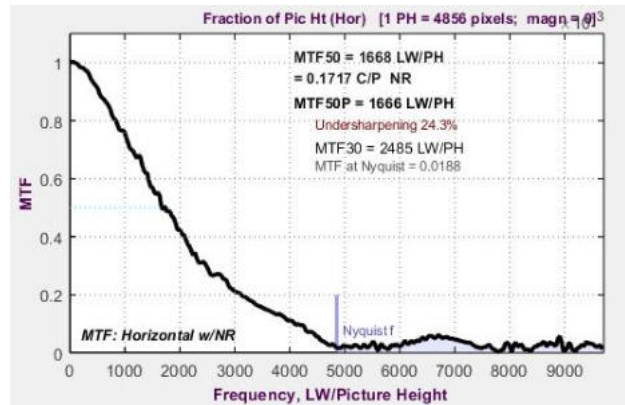


Figura 2 Lateral izquierdo

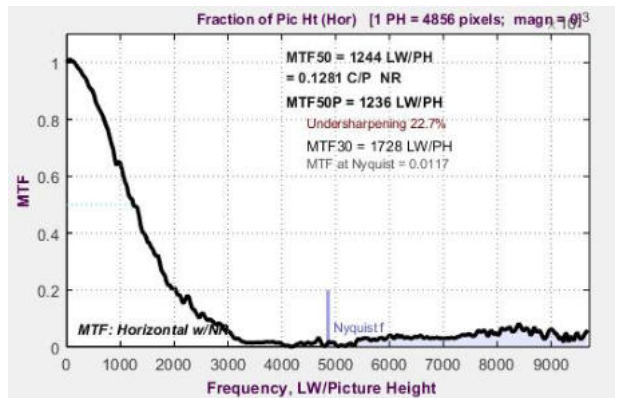


Figura 3. Esquina superior izquierda

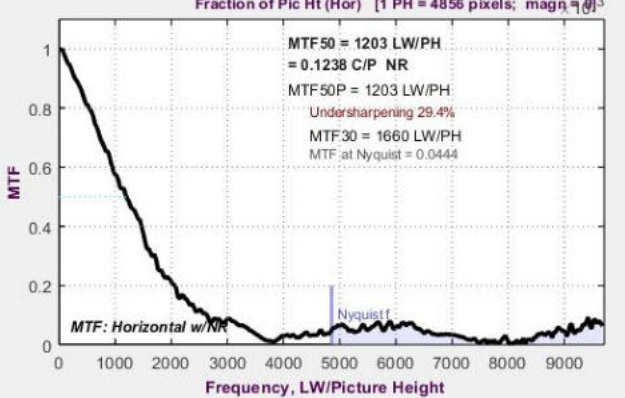


Figura 4. Esquina inferior derecha

La Figura 5 y 6 muestran un comportamiento claramente diferenciado entre el centro de la imagen y sus zonas periféricas. En el eje, la lente alcanza un valor de MTF50 de 2212 LW/PH, lo que la sitúa muy cerca del límite impuesto por el sensor en esta configuración, evidenciando un rendimiento elevado y una gran capacidad de resolución en el centro del encuadre.

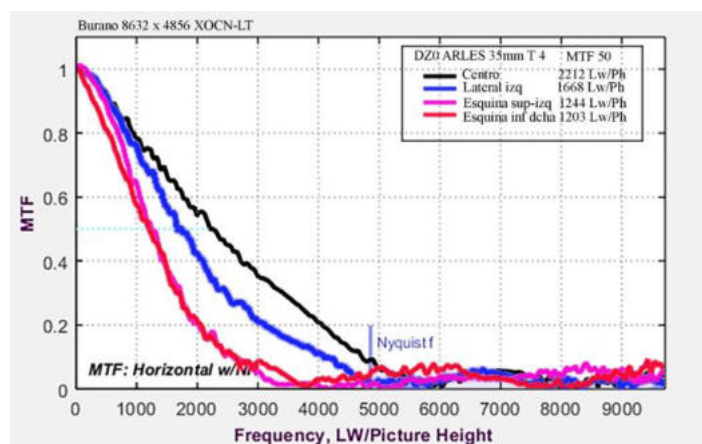


Figura 5. Comparaciones curvas MTF 50%

A medida que nos desplazamos hacia las zonas laterales, la resolución descende de forma progresiva hasta valores en torno a 1668 LW/PH, y continúa cayendo en las esquinas, donde se sitúa aproximadamente entre 1200 y 1250 LW/PH. Esta disminución, aunque significativa, se produce de manera suave y continua, sin irregularidades ni comportamientos erráticos, lo que indica un diseño óptico bien controlado y coherente en todo el campo de imagen (*Tabla 1 Fig.7*).

La forma de las curvas refuerza esta lectura: mientras que en el centro la transferencia de contraste se mantiene de manera sólida a lo largo de un amplio rango de frecuencias, en las zonas periféricas la caída es más temprana, especialmente en las esquinas, donde el contraste en altas frecuencias se reduce con mayor rapidez. Este comportamiento es característico de ópticas angulares, en las que las aberraciones fuera de eje —como el astigmatismo o la curvatura de campo— tienen un mayor peso.

En relación con el sensor de la cámara, cuyo límite de Nyquist se sitúa en torno a 2428 LW/PH, se observa que únicamente el centro de la imagen se aproxima a dicho umbral, mientras que el resto del encuadre queda progresivamente por debajo. Esto se traduce en una imagen con un centro muy definido y unos bordes más suaves, donde la percepción de nitidez se concentra en el eje óptico mientras la periferia aporta una transición gradual del detalle. Lejos de suponer una limitación, esta caída controlada contribuye a una sensación natural de profundidad y separación entre sujeto y fondo. Dentro del conjunto Arles, el 35 mm se sitúa además entre las focales con mayor capacidad resolutive, manteniendo una buena consistencia espacial en todo el campo de imagen.

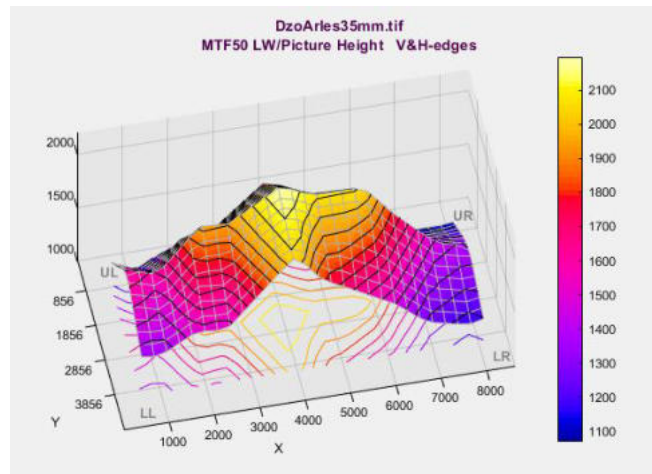


Figura 6. Mapa 3D del MTF50 (LW/PH) del 35 mm a T4, que evidencia una distribución radial coherente: máximo rendimiento en el centro y caída progresiva hacia las esquinas, característica de una óptica angular bien corregida.

FOCAL 35 MM	LW/PH 50%
CENTRO	2212
LATERAL IZQ.	1668
ESQUINA SUPERIOR IZDA	1244
ESQUINA INFERIOR DCHA	1203

Tabla 1

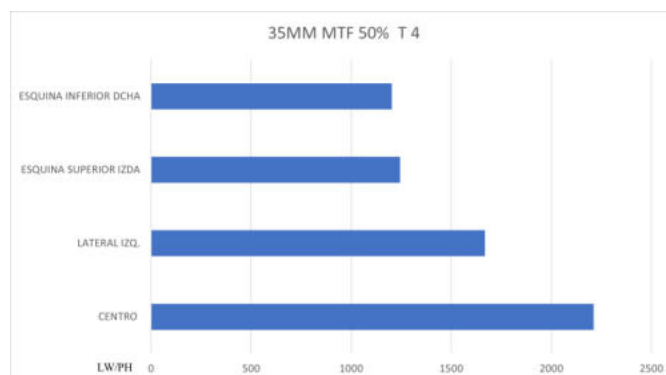


Figura 7.

La *tabla 2* y la *figura 8* muestran los valores MTF al 30%

FOCAL 35 MM	LW/PH 30%
CENTRO	3417
LATERAL IZQ.	2485
ESQUINA SUPERIOR IZDA	1728
ESQUINA INFERIOR DCHA	1660

Tabla 2

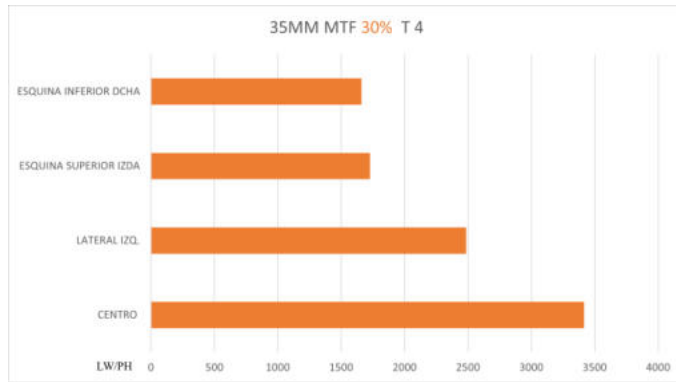


Figura 8

Si ponemos en relación directa los valores de MTF50 y MTF30 en las distintas zonas de la imagen, lo primero que aparece con claridad es que **la estructura espacial del rendimiento se mantiene prácticamente idéntica en ambos niveles de contraste**: el centro es siempre la zona más resolutoria, seguido del lateral y, finalmente, las esquinas, que presentan la mayor caída. Esto indica que la lente no cambia de comportamiento según la frecuencia, sino que mantiene un patrón óptico coherente en todo el espectro. En términos prácticos, la imagen no cambia de “carácter” al pasar del centro a las esquinas; lo que cambia es la cantidad de información que se resuelve, no la manera en que se distribuye el contraste.

En el centro, el paso de **2212 LW/PH (MTF50)** a **3417 LW/PH (MTF30)** muestra una separación amplia entre ambas métricas. Esto es característico de una lente que no solo resuelve bien el detalle fino, sino que además conserva una buena cantidad de contraste en frecuencias medias, lo que se traduce en una imagen con presencia y solidez. Es decir, no es únicamente “nítida”, sino también rica en microcontraste.

Al desplazarnos hacia la zona lateral, los valores descienden a **1668 LW/PH (MTF50)** y **2485 LW/PH (MTF30)**. La caída respecto al centro es significativa, pero la relación entre ambas métricas se mantiene bastante estable. Esto sugiere que la pérdida de resolución viene acompañada de una pérdida proporcional de contraste, sin cambios bruscos en el carácter de la imagen. La transición, por tanto, es progresiva y visualmente coherente.

En las esquinas, donde los valores se sitúan en torno a **1200 LW/PH en MTF50** y entre **1660 y 1728 LW/PH en MTF30**, la caída es más acusada. Sin embargo, incluso aquí la relación entre MTF30 y MTF50 sigue siendo consistente con el resto del campo. Esto es importante, porque indica que la lente no introduce comportamientos anómalos en las zonas extremas, sino que simplemente reduce su capacidad de resolución de forma predecible.

En conjunto, el 35 mm presenta un comportamiento típico de óptica moderadamente angular bien corregida: **alto rendimiento en el centro, caída progresiva hacia los bordes y una coherencia notable en la relación entre resolución y microcontraste**. Esto favorece una imagen con un eje muy definido y una periferia más suave, pero sin rupturas, lo que resulta especialmente adecuado en un contexto cinematográfico donde la continuidad visual entre planos es tan importante como la resolución absoluta.

El análisis de la función de dispersión del punto (PSF) del 35 mm permite entender de forma precisa cómo se distribuye la energía luminosa en distintas zonas del encuadre y, por tanto, explicar el comportamiento observado en las curvas MTF. En la zona intermedia, situada aproximadamente al **33,43 % del campo** (Fig. 9), la PSF presenta una forma compacta y relativamente simétrica, con unas dimensiones de **3,97 píxeles en el eje mayor y 3,74 píxeles en el eje menor**, y una **excentricidad de 0,337**. La representación tridimensional muestra un pico bien definido y concentrado, lo que indica una alta eficiencia en la transmisión del punto y, en consecuencia, una buena respuesta en términos de nitidez y contraste en frecuencias medias y altas.

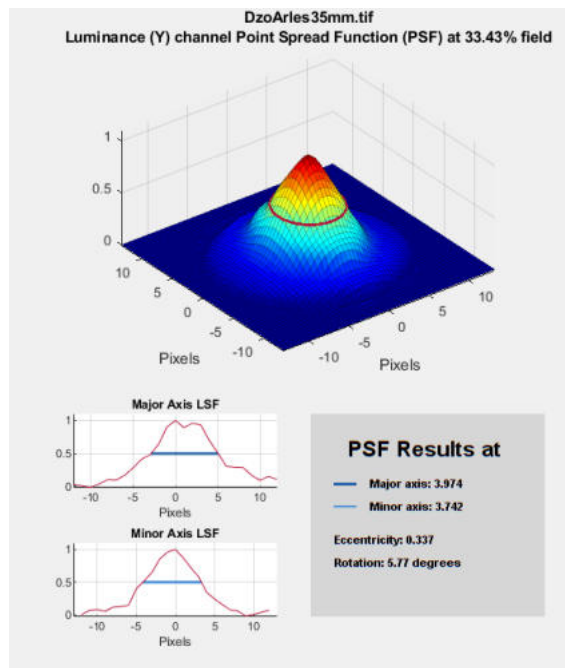


Figura 9

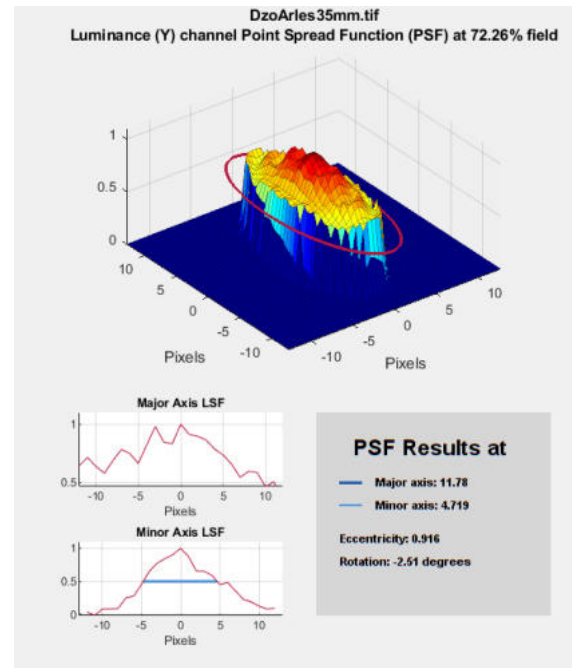


Figura 10

Sin embargo, al desplazarnos hacia la periferia, en torno al **72,26 % del campo** (Fig.10), el comportamiento cambia de forma notable. La PSF se alarga claramente, adoptando una forma elíptica muy acusada, con **11,78 píxeles en el eje mayor y 4,72 píxeles en el eje menor**, y una **excentricidad de 0,916**. En el gráfico tridimensional, esta deformación se manifiesta como una “cresta” elongada en una dirección concreta, lo que evidencia una dispersión anisotrópica de la energía. Esta característica es indicativa de aberraciones fuera de eje, principalmente de tipo astigmático, que afectan de manera desigual según la orientación.

La comparación entre ambas zonas muestra una transición progresiva desde una respuesta puntual, concentrada y eficiente, hacia una distribución más extendida y direccional. Esta evolución espacial se corresponde directamente con la caída de resolución observada en el MTF desde el centro hacia las esquinas. En términos visuales, implica que la imagen mantiene un eje bien definido, mientras que en las zonas periféricas el detalle se suaviza y adquiere una ligera direccionalidad. Este comportamiento, coherente y sin irregularidades abruptas, es característico de ópticas angulares bien controladas y forma parte de la identidad visual de la lente.

Adriana Bernal: Como decía antes, la resolución de las Arles no es extremadamente alta si se compara con lentes mucho más costosas. Las pruebas muestran que el conjunto mantiene buenos niveles de resolución en el centro, especialmente en focales como el 35 mm o el 100 mm, pero también una caída progresiva hacia los bordes que aporta esa textura más suave característica del juego.

En mi caso eso no fue un problema, porque justamente buscaba alejarme de una imagen demasiado limpia o hiper definida. Las lentes mantienen suficiente detalle para trabajar perfectamente en un entorno profesional, pero sin esa sensación excesivamente “afilada”, “clínica” que a veces tienen algunas ópticas contemporáneas.

Creo además que hay que entender estas lentes dentro del contexto real de producción en el que trabajamos en Colombia. Muchas veces no estamos en condiciones de acceder a juegos ópticos muchísimo más caros, y en ese sentido las Arles me parecen una opción muy sólida. La relación calidad/precio es bastante buena: ofrecen coherencia entre focales, un comportamiento óptico estable y una personalidad visual clara, sin entrar en costes imposibles para muchas producciones independientes o de presupuesto medio.

Al final, más que buscar la máxima resolución posible, lo importante era que las lentes ayudaran a construir la atmósfera de la película. Y en ese sentido funcionaron muy bien.



Adriana Bernal ADFC

Aberración cromática.

A continuación, mostramos las aberraciones cromáticas medidas por Imatest en los laterales de la imagen.

Los gráficos (Fig.11 y 12) de aberración cromática lateral del 35 mm, medidos en zonas simétricas del encuadre próximas al 75 % del campo, permiten evaluar tanto la magnitud de la desviación de los canales de color como su comportamiento espacial. En ambos casos, las curvas correspondientes a los canales rojo, verde y azul muestran una separación característica en la zona de transición del borde, donde el canal verde actúa como referencia mientras que el rojo y el azul se desplazan en direcciones opuestas. Este patrón es propio de la aberración cromática lateral y no de la longitudinal.

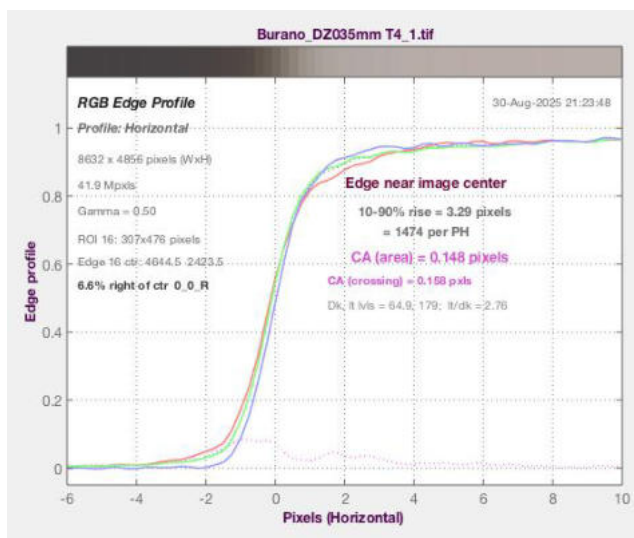


Figura 11. Aberración cromática en el centro de la imagen

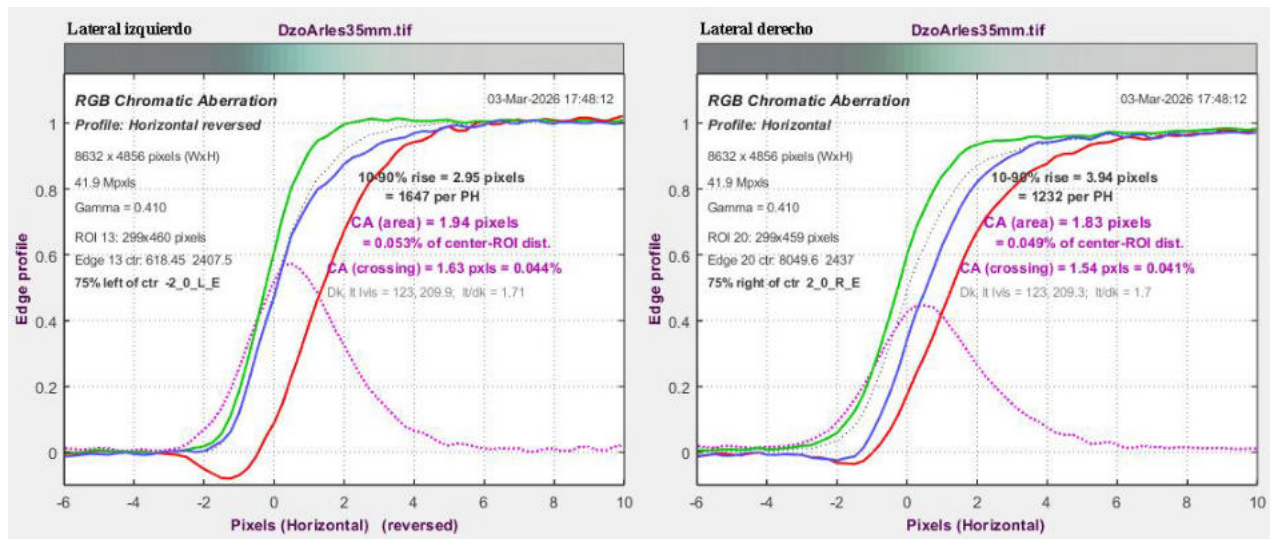


Figura 12. Aberración cromática en los laterales de la imagen.

Para cuantificar esta desviación se utilizan dos métricas complementarias. Por un lado, **CA (área)**, que es una medida perceptual de la aberración cromática: integra la separación entre los canales a lo largo del borde y, por tanto, refleja cómo de visible resulta el *fringing* (reborde) en la imagen final. Por otro lado, **CA (crossing)** mide la separación entre los canales en el punto en el que cada uno alcanza el 50 % de la transición del negro al blanco (centro de la curva de borde en forma de S), proporcionando una medida geométrica del desalineamiento cromático de la lente. En términos cuantitativos, los valores se mantienen contenidos y muy próximos entre sí. En el lado derecho, la aberración cromática presenta un valor de **CA (área) de 1,83 píxeles (0,049 % de la distancia al centro)** y un **CA (crossing) de 1,54 píxeles (0,041 %)**. En el lado izquierdo, estos valores aumentan ligeramente hasta **1,94 píxeles (0,053 %)** en CA (área) y **1,63 píxeles (0,044 %)** en CA (crossing). Esta pequeña diferencia indica una leve asimetría entre ambos lados del encuadre, aunque dentro de márgenes totalmente normales y esperables en un sistema óptico real.

Más allá de esta ligera variación, lo relevante es la consistencia del comportamiento: la aberración cromática se mantiene en un rango reducido —en torno a 1,5–2 píxeles— y no muestra irregularidades significativas. La forma de las curvas confirma que la separación de los canales se concentra en la zona de mayor pendiente del borde, lo que implica que su impacto visual se limita principalmente a transiciones de alto contraste.

En relación con el resto del análisis, estos resultados permiten concluir que la aberración cromática no es el factor determinante en la pérdida de resolución observada hacia las zonas periféricas. Tal como se ha visto en la PSF y en las curvas MTF, dicha pérdida responde principalmente a aberraciones fuera de eje, como el astigmatismo, y a una dispersión de la energía de carácter direccional. La aberración cromática, en este caso, se encuentra bien controlada y contribuye de forma secundaria al comportamiento global de la lente.

Desde el punto de vista visual, estos niveles de aberración se traducen en una presencia muy leve de *fringing* en bordes de alto contraste, generalmente poco perceptible en condiciones normales de visionado y fácilmente corregible en postproducción si fuese necesario. En conjunto, el 35 mm muestra un control cromático adecuado y coherente con su rendimiento óptico general, manteniendo una buena consistencia en todo el campo de imagen.

El gráfico radial (Fig. 13) de aberración cromática del 35 mm muestra cómo se separan los canales de color a medida que nos alejamos del centro de la imagen, ofreciendo una visión global de su comportamiento en todo el campo. En el eje horizontal se representa la distancia desde el centro hacia la esquina, expresada tanto en porcentaje como en píxeles, mientras que en el eje vertical se indica la magnitud de la aberración en píxeles. Las dos curvas principales corresponden a la diferencia entre los canales **rojo y verde (R-G)** y **azul y verde (B-G)**, tomando este último como referencia.

Conviene señalar que las **cruces que aparecen en la gráfica representan las mediciones reales obtenidas en cada una de las regiones de análisis de la carta (ROIs)**. Cada una de ellas indica un valor puntual de aberración cromática en una posición concreta del encuadre. Las líneas continuas corresponden a una **curva ajustada a los datos**, que facilita la visualización de la tendencia general. La proximidad de las cruces a estas curvas indica una **buena coherencia y uniformidad en el comportamiento de la lente**, sin variaciones locales significativas ni anomalías destacables.

En la zona central, aproximadamente hasta el 20 % del campo, la aberración cromática es prácticamente nula, con valores cercanos a 0–0,1 píxeles, lo que indica una alineación muy precisa de los canales y, por tanto, ausencia de *fringing* apreciable. A medida que se avanza hacia las zonas medias del encuadre (en torno al 40–60 %), la separación comienza a hacerse visible: el canal rojo se desvía progresivamente alcanzando valores entre 1,0 y 1,4 píxeles, mientras que el azul lo hace en menor medida, situándose aproximadamente entre 0,3 y 0,7 píxeles.

En las zonas más periféricas, próximas a las esquinas (80–100 % del campo), la aberración alcanza sus valores máximos, con **R-G en torno a 1,6–1,7 píxeles y B-G entre 0,8 y 1,0 píxeles** (ver tabla 5). Lo relevante no es tanto el incremento en sí —esperable en aberración cromática lateral— como la forma en que se produce: las curvas presentan una **pendiente progresiva y regular**, sin irregularidades

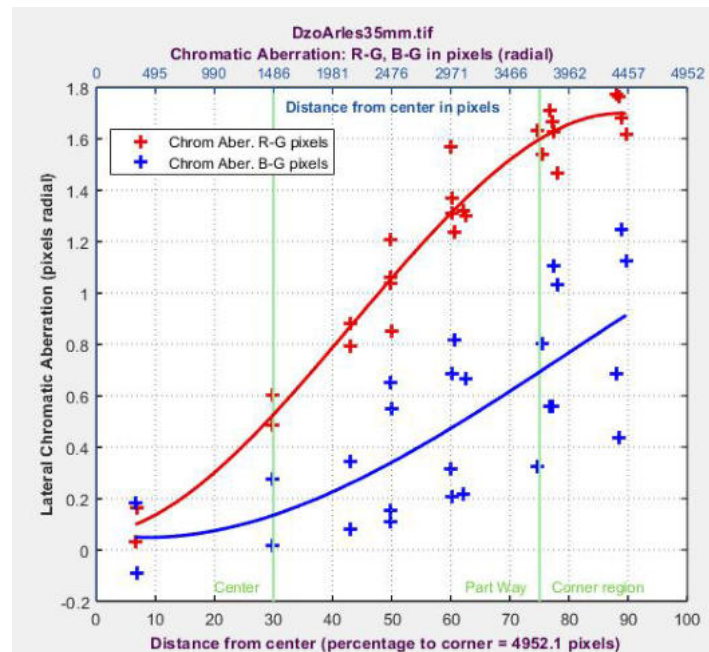


Figura 13



Figura 14. Aberración cromática lateral del 35 mm. Detalle ampliado $\times 1500$ de una perforación lateral de la carta Via Stellae, con ligero incremento de contraste y la saturación para evidenciar la separación de los canales.

ni cambios bruscos, lo que indica que la aberración está bien distribuida y controlada en todo el campo.

Otro aspecto relevante es la **diferencia de pendiente entre las curvas R-G y B-G**. En este caso, la curva correspondiente al rojo crece más rápidamente que la del azul, lo que indica que el canal rojo se desvía con mayor intensidad respecto al verde. Esta diferencia no solo cuantifica la aberración, sino que define el tipo de *fringing* que aparecerá en la imagen —más dominado por un par cromático que por otro— y forma parte del carácter cromático de la lente (*Fig. 14*).

Desde el punto de vista visual, estos valores se traducen en una imagen limpia en el centro y con una presencia muy leve de *fringing* en los bordes, perceptible principalmente en situaciones de alto contraste. Dado que la magnitud de la aberración se mantiene en un rango moderado —en torno a 1–1,7 píxeles en el peor de los casos—, su impacto en la imagen final es limitado y, en caso necesario, fácilmente corregible en postproducción.

En relación con el conjunto del análisis, este comportamiento confirma que, aunque la aberración cromática aumenta hacia la periferia, **no constituye el factor principal en la pérdida de resolución observada en los bordes**. Tal como se ha visto en la PSF y en las curvas MTF, dicha degradación responde en mayor medida a aberraciones fuera de eje, como el astigmatismo, y a una dispersión de la energía de carácter direccional. En consecuencia, el 35 mm presenta un control cromático sólido y coherente con su rendimiento general, manteniendo una buena consistencia en todo el campo de imagen.

Hay que señalar que la percepción de las aberraciones cromáticas laterales depende en gran medida, entre otros factores, de la resolución de captura y de exhibición, del tipo de contenido de la imagen (alto contraste frente a pieles, por ejemplo), de la zona del encuadre que se observe (centro frente a esquinas), del tamaño de la pantalla y de la distancia de visionado —que en conjunto determinan el ángulo de visión y la visibilidad del detalle fino—, así como del propio movimiento: en cine, por ejemplo, suelen percibirse menos en planos en movimiento que en planos estáticos.

Distorsión geométrica

El análisis de distorsión geométrica del 35 mm (*figura 15*) permite evaluar cómo la lente deforma la geometría de la escena respecto a una proyección ideal. El parámetro principal obtenido es la distorsión SMIA TV, con un valor de -2.13% , lo que indica una distorsión de tipo barril. Esto produce una ligera expansión de la imagen hacia los bordes del encuadre, haciendo que las líneas rectas aparezcan suavemente curvadas.

La distorsión **SMIA TV** es una medida estandarizada que cuantifica la **desviación geométrica máxima de la imagen respecto a su posición ideal, normalizada por la altura de la imagen (Picture Height)**. Es decir,

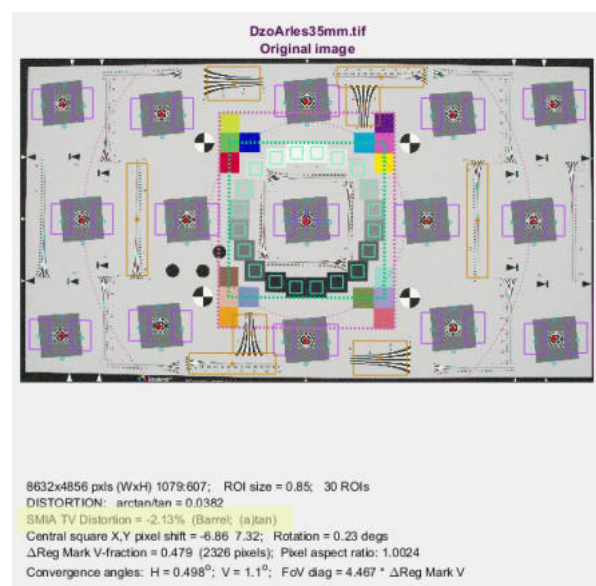


Figura 15

expresa cuánto se desplazan los puntos en los bordes en relación con una geometría perfecta, independientemente de la resolución del sensor. En este caso, un valor de -2.13% implica que la desviación máxima equivale aproximadamente a un 2.13% de la altura total de la imagen, lo que en términos absolutos supone del orden de un centenar de píxeles en este formato. Esta forma de medir la distorsión es especialmente útil porque permite comparar el comportamiento de distintas ópticas de manera consistente.

Más allá del valor numérico, lo relevante es el tipo de comportamiento que describe. La distorsión observada sigue un modelo **radial suave (arc/tan)**, sin indicios de deformaciones complejas como el llamado “bigote”. Esto significa que la curvatura aumenta de manera progresiva desde el centro hacia los bordes, manteniendo una distribución regular y predecible. El centro de la imagen permanece prácticamente libre de distorsión, mientras que la deformación se hace más evidente en las zonas periféricas, como es característico en este tipo de ópticas.

Otros parámetros refuerzan esta lectura: la ligera desviación del centro óptico ($-6.86 / 7.32$ píxeles) y la rotación prácticamente nula (0.23°) indican una buena alineación del sistema, mientras que la relación de aspecto del píxel (**1.0024**) confirma la ausencia de deformaciones adicionales introducidas por el sensor.

En términos prácticos, esta distorsión puede resultar visible en escenas con geometría marcada —especialmente en arquitectura o elementos lineales cercanos a los bordes—, aunque su carácter progresivo y su magnitud moderada hacen que sea poco intrusiva en la mayoría de situaciones de rodaje. Además, al tratarse de una distorsión regular y bien definida, su corrección en postproducción resulta sencilla y precisa.

En conjunto, el comportamiento geométrico del 35 mm se sitúa dentro de lo esperable para esta focal, con una distorsión de barril moderada, estable y fácilmente controlable, que no compromete la calidad estructural de la imagen y se integra de forma coherente con el resto de parámetros ópticos analizados.

Respiración de la lente

Tanto en el 35 mm como en el 100 mm hemos evaluado la respiración de foco mediante un procedimiento cuantitativo basado en la medición de distancias en píxeles entre puntos de una carta calibrada, registrada en distintas posiciones de enfoque (en foco y desenfoque en ambas direcciones). Para ello, se compararon las distancias entre puntos equivalentes en el centro, las zonas intermedias y la periferia del encuadre (*fig. 16*)

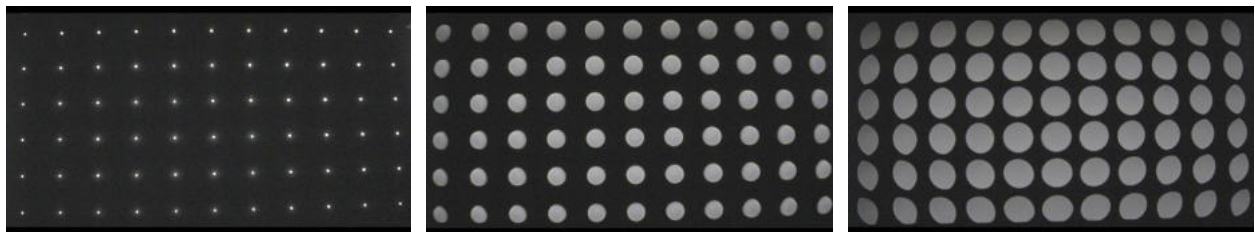


Figura 16. Tres posiciones de enfoque de la carta *Via Stellaris*

Los resultados muestran variaciones siempre inferiores al 1% , sin que se observe una expansión o contracción sistemática del patrón, situándose dichas diferencias dentro del margen de error de la

medición. Este comportamiento indica una respiración prácticamente despreciable, sin cambios perceptibles en el encuadre durante el desplazamiento de foco. Las variaciones visibles en las imágenes desenfocadas —principalmente en la forma y orientación de los discos de desenfoque— responden a aberraciones fuera de eje, y no a una modificación real de la escala de la imagen.

La superposición de las tres posiciones de enfoque —plano nítido y desenfoques en direcciones opuestas— (Fig. 17) permite una lectura clara del comportamiento de la lente. En primer

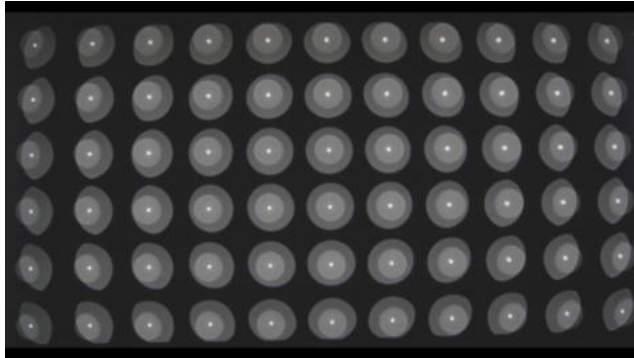


Figura 17

lugar, se confirma la estabilidad del encuadre: los puntos mantienen sus distancias relativas sin que se aprecie expansión o contracción del conjunto. La imagen no “respira”; el desplazamiento de foco no altera la escala.

Esta estabilidad convive con una transformación progresiva del desenfoque fuera de eje. Hacia los bordes, los puntos se deforman en formas elípticas y comprimidas,

configurando el característico *cat's eye bokeh*. Este fenómeno no implica una pérdida directa de iluminación ni de nitidez, sino una redistribución de la luz: el desenfoque adquiere dirección y menor homogeneidad en la periferia.

La comparación entre ambos desenfoques sugiere la presencia de aberraciones fuera de eje, aunque el predominio del viñeteado mecánico impide aislarlas con precisión. En este sentido, fenómenos como el astigmatismo o la curvatura de campo —apuntados en MTF y PSF— no pueden confirmarse aquí de forma directa.

A partir de esta carta pueden inferirse algunos rasgos del bokeh: uniforme en el centro y progresivamente deformado hacia los bordes. No obstante, su cualidad estética completa solo se define en condiciones de imagen real.

En conjunto, la lente combina una alta estabilidad geométrica con un fuera de foco más complejo en la periferia, definiendo un carácter cinematográfico equilibrado entre control y expresividad.

Adriana Bernal: *Me pareció que las lentes respiraban relativamente poco o nada. No era algo completamente inexistente, pero tampoco fue un comportamiento que nos preocupara durante el rodaje ni que condicionara la puesta en escena o los movimientos de foco.*

En la práctica, los cambios de foco se sentían bastante naturales y la variación de encuadre era contenida. Nunca tuve la sensación de que la imagen se expandiera o comprimiera de forma demasiado evidente al hacer un cambio de foco en cualquier dirección.

Creo además que la coherencia general del set ayudaba bastante en ese sentido. Las lentes mantenían una respuesta visual bastante estable entre focales y la “respiración” no sobresalía como una característica dominante de ninguna de ellas. Para el tipo de película que estábamos haciendo, donde había bastante trabajo sobre atmósferas, silencios y observación de los personajes, eso era importante porque permitía mover el foco sin llamar la atención sobre el propio mecanismo óptico.



Esta escena filmada con la focal 35mm muestra una expansión clara del espacio. La distancia entre los personajes se percibe con precisión: el primer término aparece muy cercano, el personaje central ocupa su plano propio y el fondo se aleja de forma evidente. Esta separación construye la acción a través de la profundidad, no de la compresión.

La focal permite situar al espectador dentro de la escena. El personaje en primer término entra en el encuadre de forma dominante, mientras que la figura que corre y la que apunta mantienen su posición relativa en el espacio, generando tensión entre planos.

Este comportamiento encaja con lo observado en el análisis óptico del 35 mm. La MTF muestra un buen rendimiento en el centro y una caída progresiva hacia los bordes, lo que aquí se traduce en un foco claro sobre la acción principal mientras el resto del encuadre mantiene detalle sin competir visualmente. El PSF y el desenfoque son menos acusados que en focales largas, permitiendo que varios planos permanezcan legibles al mismo tiempo.

La aberración cromática, más presente que en focales largas, pero bien contenida, no genera artefactos visibles en la imagen, incluso en zonas de contraste como los bordes de las figuras o la textura del muro. La distorsión geométrica es baja, por lo que las líneas del entorno se mantienen estables y no distraen, aunque la perspectiva propia de la focal introduce una ligera expansión de las formas en primer término.

En conjunto, el 35 mm no busca aislar, sino organizar la escena en profundidad. La imagen se construye a partir de la distancia entre elementos, con una sensación espacial clara, donde la tensión narrativa surge de la relación entre los distintos planos más que del desenfoque o la compresión.

Adriana Bernal: *No recuerdo haber percibido diferencias muy marcadas entre las focales más tele, al menos no diferencias que afectaran realmente la continuidad visual de la película.*

Creo que el desenfoque de las Arles tiene una transición bastante suave y natural. Las zonas fuera de foco no llaman demasiado la atención ni generan una separación exagerada entre sujeto y fondo. Eso ayudaba mucho a mantener una imagen más integrada y menos “efectista”.

En las pruebas también aparecía algo relacionado con esto: las lentes mantienen una caída progresiva del contraste y una resolución periférica relativamente suave, especialmente fuera del eje central. Eso hace que el paso entre foco y desenfoque no se sienta abrupto. Los fondos conservan textura y atmósfera, pero sin competir demasiado con el plano principal.

En las focales más largas sí aparecía un poco más de compresión espacial y una sensación de fondo más compacto, pero el carácter general del desenfoque seguía siendo bastante coherente. Nunca tuve la sensación de que una focal produjera un bokeh completamente distinto al resto del set.



Rodaje de la película “Indeleble”

3- FOCAL 50 MM

Las curvas MTF en los distintos lugares de la imagen (Fig. 18 a 21)

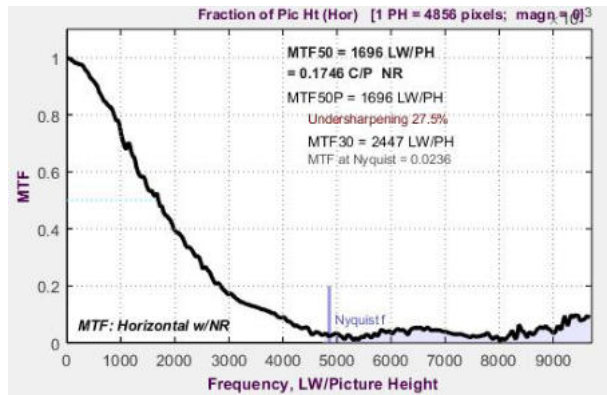


Figura 18 Centro de la imagen

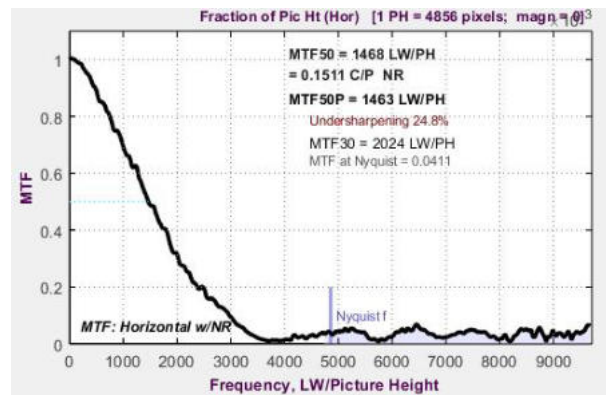


Figura 19 Lateral izquierdo

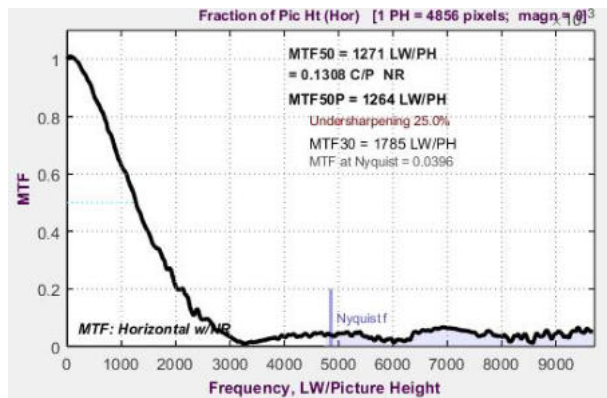


Figura 20. Esquina superior izquierda

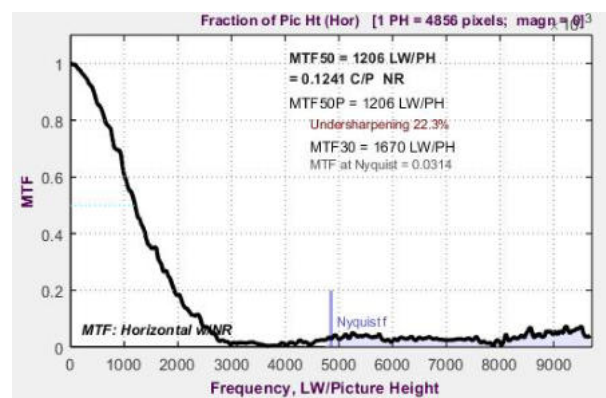


Figura 21. Esquina inferior derecha

El análisis del 50 mm muestra un comportamiento coherente con el observado en el 35 mm, aunque con una ligera disminución del rendimiento global y una caída más acusada hacia la periferia. En el centro, la lente alcanza un valor MTF50 de **1696 LW/PH**, que tomamos como referencia del 100 %. A partir de ahí, la resolución desciende de forma progresiva a medida que nos alejamos del eje óptico. En la zona lateral izquierda, el valor MTF50 se sitúa en **1468 LW/PH**, lo que supone una pérdida aproximada del **13,4 %** respecto al centro. Esta caída, aunque moderada, ya indica una cierta pérdida de microcontraste fuera del eje. La degradación se acentúa en las esquinas: en la esquina superior izquierda se alcanzan **1271 LW/PH**, lo que equivale a una pérdida del **25,1 %**, mientras que en la esquina inferior derecha el valor desciende hasta **1206 LW/PH**, con una pérdida cercana al **28,9 %**.

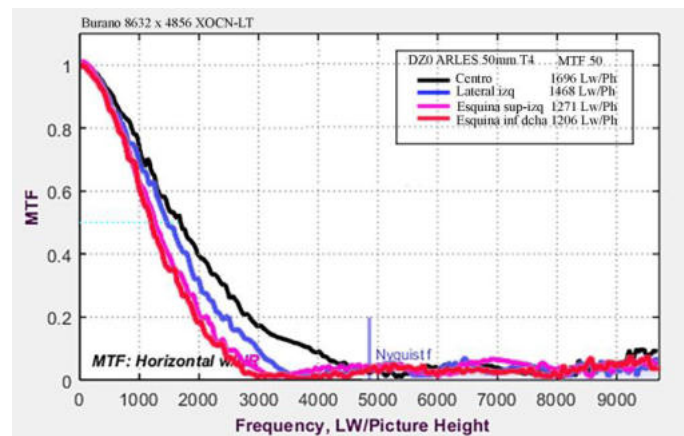


Figura 22

Las curvas MTF comparadas (Fig.22) reflejan claramente este comportamiento. La correspondiente al centro presenta una caída progresiva y relativamente estable, pero la transición hacia las frecuencias medias es más rápida que en el 35 mm, lo que indica una menor capacidad de la lente para sostener el contraste en ese rango. A medida que se avanza hacia las zonas periféricas, las curvas se separan de forma ordenada y continua, sin cruces ni irregularidades, lo que confirma que la degradación es estructural y no responde a anomalías locales. Este patrón describe una pérdida de rendimiento típica de aberraciones fuera de eje, como el astigmatismo o la curvatura de campo, que afectan principalmente a las zonas laterales y, con mayor intensidad, a las esquinas.

El diagrama tridimensional de MTF50 (Fig.23) permite visualizar de forma espacial lo que ya se intuía en estas curvas: una pérdida progresiva de resolución desde el centro hacia la periferia, con una distribución que, aunque coherente, resulta menos homogénea que en focales más cortas. En el centro de la imagen se concentra el mayor rendimiento, con valores que superan los **1600–1700 LW/PH**, formando una meseta relativamente definida. Sin embargo, esta zona de máximo rendimiento no es especialmente amplia y comienza a descender con cierta rapidez a medida que nos desplazamos hacia las zonas medias del encuadre, generando una superficie con una pendiente más acusada que la observada en el 35 mm.

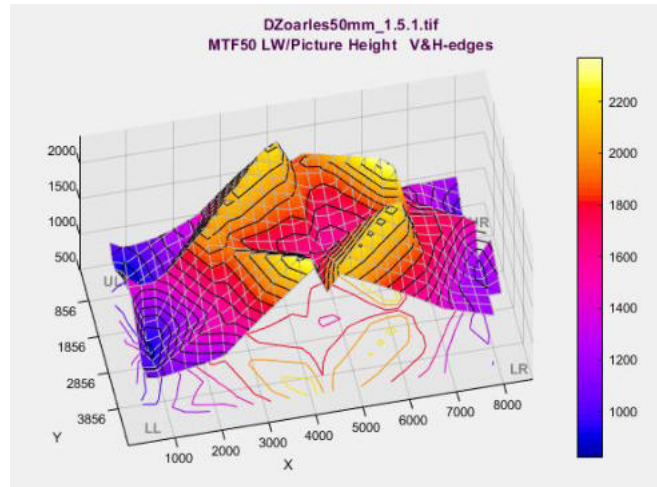


Figura 23

En términos estadísticos, el valor medio ponderado se sitúa en **1573 LW/PH**, con una distribución de **1720 / 1708 / 1077 LW/PH** para centro, zonas intermedias y esquinas respectivamente, y un valor mínimo de **773 LW/PH** en los puntos más desfavorables. Estos datos reflejan una caída significativa del rendimiento en las zonas periféricas, coherente con las pérdidas del 25–30 % ya observadas en las curvas MTF50. El mapa revela además una cierta asimetría en la distribución del rendimiento, con variaciones entre distintas zonas del encuadre que se hacen más evidentes en las esquinas. Esta ligera irregularidad, sin ser extrema, sugiere que la degradación fuera de eje no es completamente uniforme, posiblemente en relación con aberraciones como el astigmatismo o pequeñas desviaciones en la alineación óptica.

La relación entre este diagrama y las curvas MTF es directa: mientras que estas últimas describen la respuesta en puntos concretos, el mapa tridimensional muestra la continuidad de ese comportamiento en toda la superficie de la imagen. La separación progresiva de las curvas se traduce aquí en una superficie inclinada, donde la pérdida de resolución se distribuye de forma radial, pero con variaciones locales que las curvas, por su naturaleza puntual, no alcanzan a reflejar completamente.

En términos visuales, este comportamiento implica que el 50 mm ofrece una buena definición en el centro, pero con una pérdida progresiva de nitidez hacia los bordes que no es completamente uniforme. Esto puede traducirse en una imagen con un centro sólido, pero con cierta inconsistencia en la reproducción del detalle en las zonas periféricas, especialmente en escenas con alta exigencia

de resolución en todo el encuadre. En conjunto, el 50 mm presenta un rendimiento óptico consistente en su comportamiento, pero menos homogéneo que el 35 mm, con una menor uniformidad espacial que puede condicionar su uso en situaciones donde la consistencia de la nitidez en todo el campo resulte crítica.

Las tablas 3 y 4 y las figuras 24 y 25 muestran los valores MTF 50% y 30% respectivamente.

FOCAL 50 MM	LW/PH 50%
CENTRO	1696
LATERAL IZQ.	1468
ESQUINA SUPERIOR IZDA	1271
ESQUINA INFERIOR DCHA	1206

Tabla 3

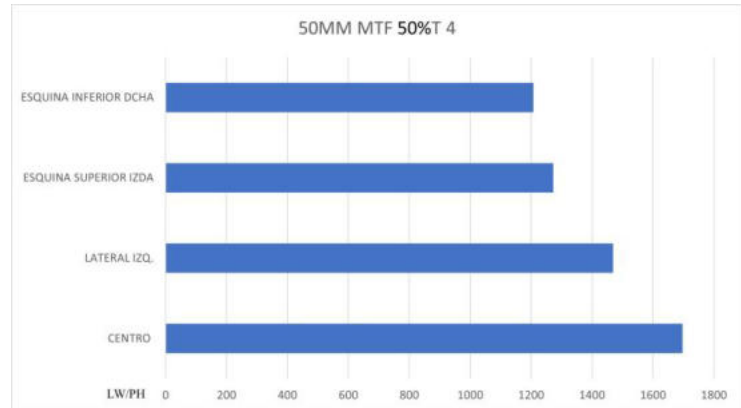


Figura 24

FOCAL 50 MM	LW/PH 30%
CENTRO	2447
LATERAL IZQ.	2024
ESQUINA SUPERIOR IZDA	1785
ESQUINA INFERIOR DCHA	1670

Tabla 4

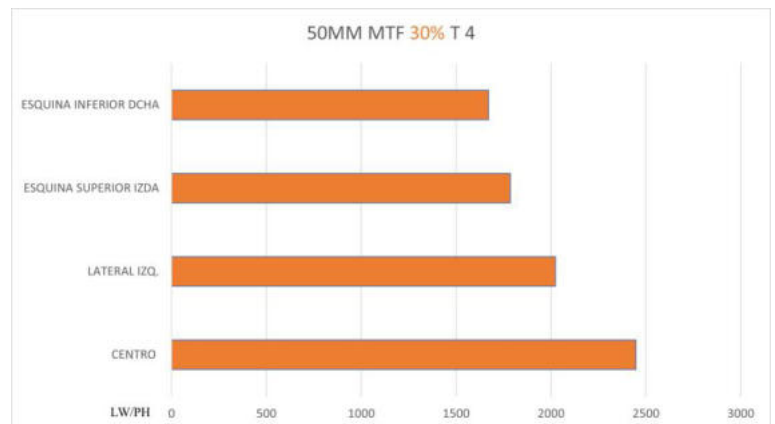


Figura 25

La comparación entre los valores de **MTF50** y **MTF30 en el 50 mm** permite afinar la lectura del rendimiento más allá de la resolución estricta, introduciendo la dimensión del contraste en frecuencias medias, que es clave en la percepción visual.

En MTF50, la lente muestra el patrón ya descrito: un centro sólido y una caída progresiva hacia la periferia, con pérdidas que se acercan al 30 % en las esquinas. Sin embargo, al observar los valores de MTF30, el comportamiento se matiza de forma interesante. Aunque también existe una degradación desde el centro hacia los bordes, esta es **menos abrupta** y se mantiene en valores relativamente altos en todo el campo.

Esto indica que, aunque la lente pierde capacidad para resolver el detalle más fino (MTF50), **conserva mejor el contraste en frecuencias medias (MTF30)**. En términos prácticos, la imagen puede perder definición extrema en las esquinas, pero mantiene una sensación de nitidez global más consistente de lo que sugiere únicamente la MTF50.

La relación entre ambas métricas revela, por tanto, un comportamiento típico:

- **MTF50** describe la caída de resolución técnica
- **MTF30** refleja una mayor estabilidad del microcontraste percibido

En conjunto, el 50 mm presenta una imagen que, aun siendo menos uniforme en términos estrictos de resolución, **resulta más homogénea desde el punto de vista perceptual**, ya que el contraste en frecuencias medias se sostiene mejor a lo largo del encuadre. Esto ayuda a explicar por qué, en condiciones reales de rodaje, la pérdida en las esquinas puede ser menos evidente de lo que los valores de MTF50 podrían hacer pensar.

Es interesante también ver la curva radial V/H en MTF30 (*Figura 26*). Hay que indicar que las diferencias entre los valores puntuales de MTF30 y los representados en la gráfica radial responden al método de cálculo: mientras que los primeros corresponden a mediciones locales en regiones concretas de la imagen, la representación radial se basa en un promedio ponderado de múltiples ROIs y en un ajuste de regresión, por lo que describe el comportamiento global de la lente más que su rendimiento puntual máximo.

Esta curva radial de MTF30 introduce un matiz muy relevante respecto a lo que veníamos observando con MTF50 y con los valores medios no solo hay una caída hacia la periferia, sino que **esa caída no es completamente continua ni uniforme**.

En la zona central ($\approx 10\text{--}30\%$ del radio), la lente alcanza sus valores máximos, en torno a **3000–3200 LW/PH**, lo que confirma un buen rendimiento en frecuencias medias, en línea con lo ya visto: el microcontraste en el centro es sólido y superior al que sugería únicamente la MTF50. A partir de ahí, la curva inicia un descenso progresivo, pero con una característica importante: **la caída se acelera en la zona media del campo ($\approx 40\text{--}70\%$)**.

Es en este tramo donde se concentra la pérdida más significativa de rendimiento, lo que encaja perfectamente con lo observado en el mapa 3D y en las curvas

MTF50: no es tanto la esquina extrema la que define el comportamiento, sino la transición desde el centro hacia las zonas intermedias. De hecho, hacia el 70–80 % del radio se alcanzan los valores más bajos, en torno a **1100–1300 LW/PH**, lo que confirma una pérdida importante de contraste en frecuencias medias en la periferia.

Sin embargo, aparece un detalle interesante: en el extremo final ($\approx 85\text{--}95\%$) se aprecia una **ligera recuperación de la curva**. Este comportamiento no es habitual en una caída puramente radial y sugiere la presencia de fenómenos como **curvatura de campo o interacción entre astigmatismo y enfoque**, donde ciertas zonas periféricas pueden coincidir parcialmente con el plano de mejor enfoque.

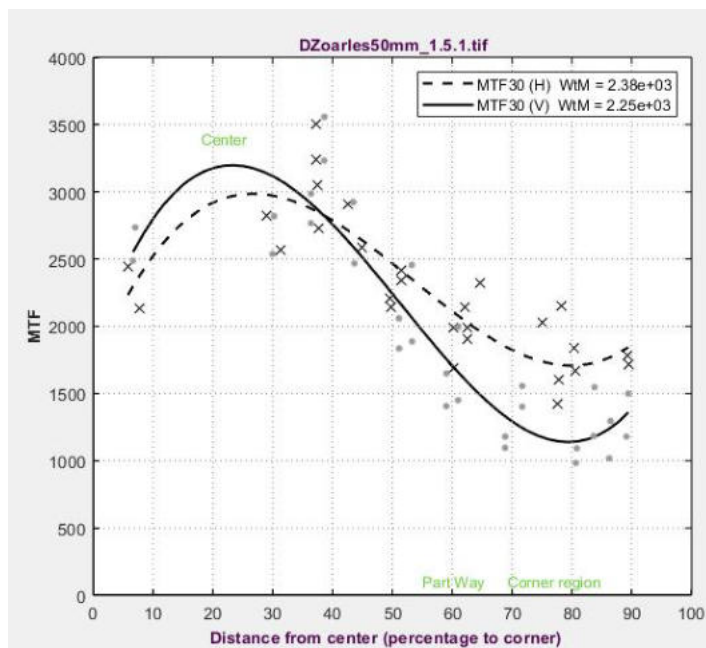


Figura 26

Otro aspecto clave es la diferencia entre las curvas horizontal (discontinua) y vertical (continua). Aunque no es extrema, sí se observa una **separación apreciable entre ambas**, especialmente en la periferia, lo que indica un cierto grado de **astigmatismo**: la respuesta de la lente no es idéntica según la orientación de las estructuras, algo que ya se intuía en la ligera asimetría del mapa 3D.

En relación con todo lo anterior, esta gráfica confirma y afina la lectura global del 50 mm:

- La lente mantiene un buen rendimiento en el centro
- La pérdida de calidad se concentra en la zona media del campo
- Las esquinas no siempre son el punto más crítico en términos absolutos
- Existe una cierta anisotropía (dependencia direccional) en la respuesta

En términos perceptuales, esto implica que la imagen puede mantener una buena sensación de nitidez en el centro y en algunas zonas periféricas, pero con una **transición irregular del detalle**, especialmente en planos donde el ojo recorre la imagen de forma continua. Es precisamente esta transición —más que el valor absoluto en las esquinas— la que define la “firma” del 50 mm dentro del conjunto.

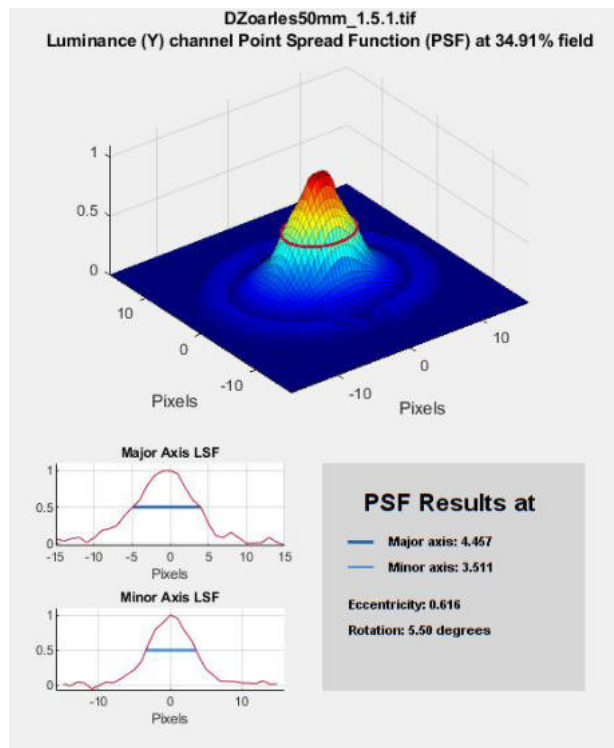


Figura 27

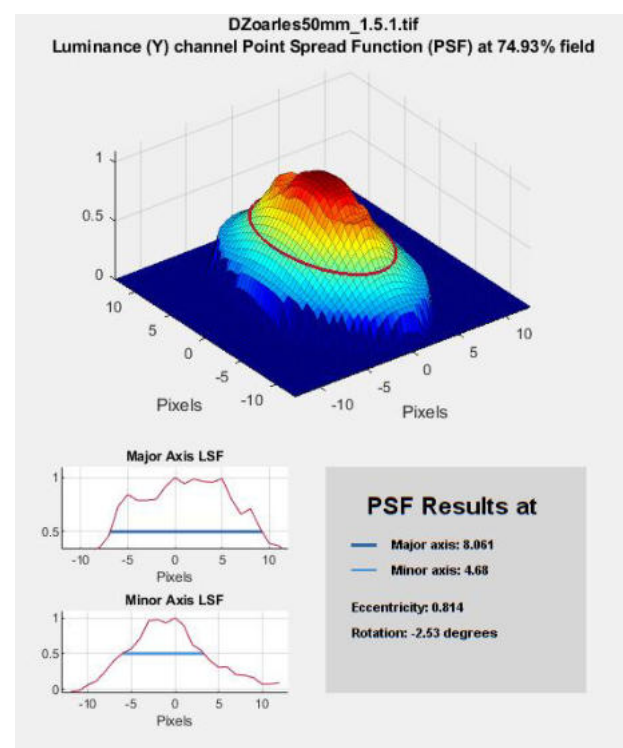


Figura 28

El análisis de la **PSF del 50 mm** permite cerrar el círculo interpretativo de todo lo visto hasta ahora —curvas MTF, mapas 3D y distribución radial—, ya que describe directamente cómo la lente distribuye la energía de un punto en el plano de imagen.

En la zona próxima al centro ($\approx 35\%$ del campo) (Fig.27), la PSF presenta una forma relativamente compacta, aunque ya muestra una **ligera elongación**. Los valores de eje mayor (**4.457 px**) y eje menor (**3.511 px**), junto con una excentricidad de **0.616**, indican que la respuesta no es perfectamente circular. Esto confirma la presencia de un cierto grado de **anisotropía** incluso en zonas relativamente cercanas al eje, algo que ya se intuía en la separación entre MTF horizontal y

vertical. Aun así, la energía se concentra de forma bastante eficiente, lo que explica los buenos valores de MTF en el centro y la solidez del microcontraste en esa región.

La situación cambia de forma clara en la periferia ($\approx 75\%$ del campo) (Fig.28). Aquí la PSF se ensancha y se deforma significativamente, adoptando una forma claramente **elíptica y extendida**, con un eje mayor de **8.061 px** frente a un eje menor de **4.68 px**, y una excentricidad que aumenta hasta **0.814**. Esta elongación no solo implica una mayor dispersión de la energía, sino también una fuerte dependencia direccional, lo que es característico del **astigmatismo**. La rotación del eje principal (-2.53°) indica además que esta deformación no está alineada con los ejes del sensor, sino que responde a la geometría óptica del sistema.

Este comportamiento explica de manera directa lo observado en las curvas MTF y en el mapa 3D. La pérdida de resolución y contraste hacia la periferia no es únicamente una cuestión de disminución de energía, sino de **cómo esa energía se distribuye**: al expandirse y alargarse la PSF, el sistema pierde capacidad para reproducir detalles finos (caída de MTF50) y también para mantener el contraste en frecuencias medias (descenso de MTF30 en zonas intermedias y periféricas). Además, la diferencia entre ejes en la PSF se traduce en la separación entre curvas horizontal y vertical en la gráfica radial, confirmando el carácter direccional del rendimiento.

Otro aspecto relevante es que la degradación no es abrupta, sino progresiva. La transición entre una PSF relativamente compacta en el centro y una claramente deformada en la periferia coincide con lo observado anteriormente: **la zona crítica no son únicamente las esquinas, sino el recorrido desde el centro hacia las zonas medias del campo**, donde se produce la mayor pérdida de calidad.

En términos perceptuales, este comportamiento implica que el 50 mm mantiene una buena definición en el centro, pero introduce una pérdida de nitidez acompañada de cierta “direccionalidad” en el desenfoque hacia los bordes. Esto puede traducirse en texturas que no solo se suavizan, sino que lo hacen de manera desigual según la orientación, afectando a la consistencia global de la imagen.

En conjunto, la PSF confirma y fundamenta físicamente todo lo observado: el 50 mm presenta un rendimiento central sólido, pero con una degradación fuera de eje dominada por la expansión y deformación de la respuesta puntual, lo que explica la menor uniformidad espacial y la pérdida progresiva de resolución y microcontraste descritas en el resto del análisis.

Aberración cromáticas.

El análisis de la aberración cromática en el 50 mm confirma un comportamiento coherente con lo observado en resolución y PSF: **un buen control en el centro y una aparición progresiva de desviaciones cromáticas hacia la periferia**, aunque dentro de valores moderados.

En la zona central (Fig.29), la aberración cromática es prácticamente despreciable. Los valores medidos —**CA (área) ≈ 0.302 píxeles** y **CA**

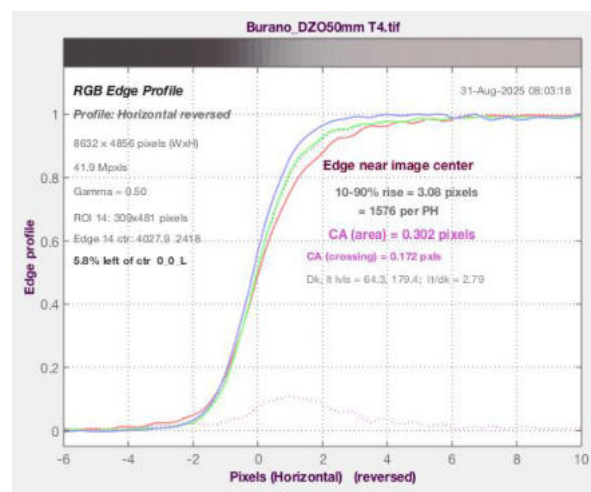


Figura 29. Centro de la imagen

(crossing) ≈ 0.172 píxeles— indican que los canales RGB están muy bien alineados. Las curvas de los tres canales se superponen de forma bastante precisa en la transición del borde, lo que se traduce en una ausencia casi total de *fringing* (*Bordes coloreados*) visible. Este comportamiento es coherente con la PSF más compacta y con los buenos valores de MTF en el centro: la energía está bien concentrada y no hay separación significativa entre canales.

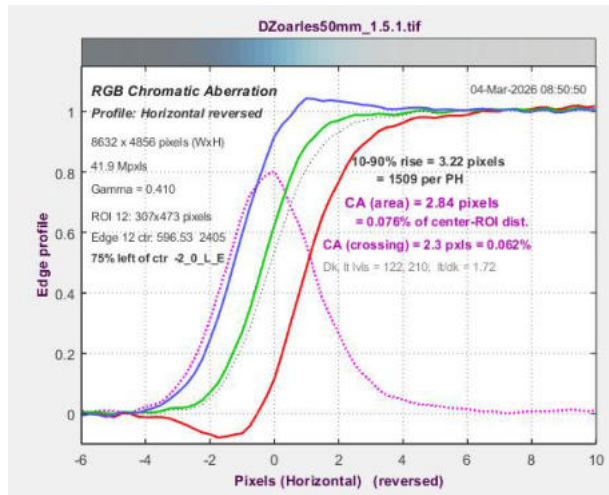


Figura 30. Lateral izquierdo.

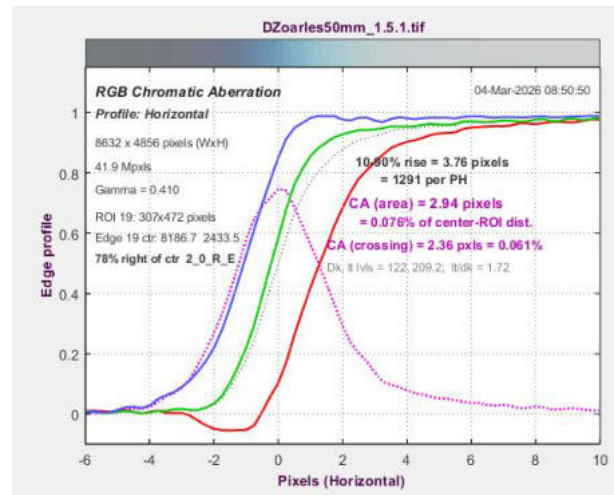


Figura 31. Lateral derecho.

Sin embargo, al desplazarnos hacia las zonas laterales (≈ 75 – 78 % del campo), la situación cambia. La aberración cromática aumenta hasta valores de **CA (área) ≈ 2.8 – 2.94 píxeles**, lo que equivale aproximadamente a **0.07 % de la distancia al centro**, mientras que **CA (crossing)** se sitúa en torno a **2.3–2.36 píxeles (≈ 0.06 %)** (Fig. 30 y 31). Este incremento refleja una separación ya claramente medible entre los canales, que se manifiesta en las gráficas como un desplazamiento progresivo entre las curvas roja, verde y azul en la transición del borde.

Más allá del valor absoluto, lo interesante es la **estructura de esa separación**. El canal rojo aparece claramente desplazado respecto al verde, mientras que el azul presenta un comportamiento intermedio, lo que indica que la aberración no es simétrica entre canales. Este patrón define el tipo de fringing que aparecerá en imagen —dominancia de un par cromático sobre otro— y conecta directamente con lo observado en el análisis previo del 35 mm: la aberración cromática lateral no solo aumenta con la distancia al eje, sino que lo hace de forma direccional.

Otro aspecto relevante es que la forma de las curvas mantiene una transición relativamente suave, sin irregularidades bruscas. Esto sugiere que la aberración es de tipo **lateral y progresiva**, no asociada a problemas de enfoque (longitudinales), sino a la propia geometría del sistema óptico. Este comportamiento es coherente con la expansión y deformación de la PSF en periferia: a medida que la energía se dispersa y se alarga, los distintos canales lo hacen con ligeros desplazamientos relativos, generando la separación cromática medida.

En términos visuales, esto implica que el 50 mm mantendrá una imagen limpia en el centro, pero puede introducir **franjitas de color sutiles en bordes de alto contraste en las zonas periféricas**, especialmente en condiciones exigentes. No obstante, los valores siguen siendo contenidos, y al tratarse de una aberración regular y predecible, su impacto es generalmente controlable.

Este gráfico radial de aberración cromática del 50 mm (*Fig.32*) permite entender con precisión cómo se distribuye la separación de los canales en todo el campo y, sobre todo, **cómo evoluciona con la distancia al centro**, integrando y ampliando lo que ya se había visto en los perfiles de borde.

En la zona central ($\approx 0\text{--}20\%$ del radio), la aberración es prácticamente nula. Tanto la curva **R-G** (roja) como la **B-G** (azul) se sitúan muy cerca de cero, lo que confirma que en el centro los canales están bien alineados y no se generan desviaciones cromáticas perceptibles. Esto es completamente coherente con los valores de CA medidos en el centro y con la buena concentración de la PSF en esa región.

A medida que nos desplazamos hacia el exterior, aparece un comportamiento muy característico: la aberración crece de forma progresiva, pero lo hace **de manera distinta para cada canal**. La curva roja (R-G) aumenta de forma continua hasta alcanzar valores en torno a **1.5–1.7 píxeles** en las zonas próximas a las esquinas, mientras que la curva azul (B-G) evoluciona en sentido opuesto, descendiendo hasta aproximadamente **–1.0 / –1.2 píxeles** en la zona media del campo, para luego recuperar ligeramente hacia el extremo.

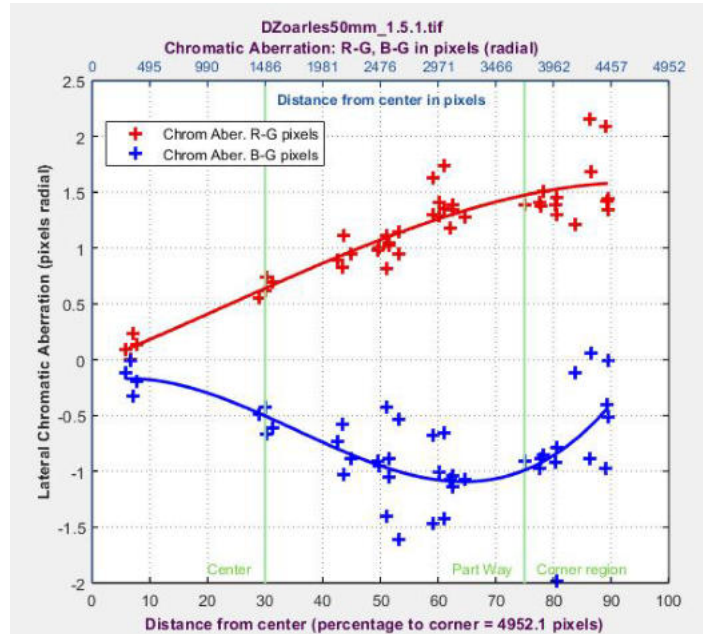


Figura 32

Desviación (px)	Nivel perceptivo	Descripción visual
< 0.3 px	Muy bajo / despreciable	Prácticamente invisible incluso ampliando. Alineación cromática excelente.
0.3 – 0.8 px	Bajo	Apenas perceptible. Solo visible en ampliaciones o bordes de alto contraste.
0.8 – 1.5 px	Moderado	Empieza a percibirse en condiciones exigentes (contrastes fuertes, bordes finos). Generalmente aceptable en imagen en movimiento.
1.5 – 2.5 px	Medio–alto	Visible en bordes de alto contraste, especialmente en periferia. Puede afectar la limpieza de la imagen.
2.5 – 4 px	Alto	Fringing evidente. Visible sin necesidad de ampliar en ciertas zonas. Puede resultar molesto en sala de proyección de cine.
> 4 px	Muy alto	Aberración dominante. Bordes claramente desalineados cromáticamente. Impacto evidente en calidad percibida.

Tabla 5. Valores de referencia orientativos de la aberración cromática lateral en píxeles. Las desviaciones en píxeles utilizadas como referencia perceptiva corresponden principalmente a la separación entre canales medida en el análisis radial de aberración cromática —así como a la métrica CA (crossing)—, ya que ambas representan directamente el desplazamiento espacial entre componentes cromáticos. Estas magnitudes permiten establecer una relación más inmediata con la visibilidad del fringing en la imagen final.

Este comportamiento tiene varias implicaciones importantes. En primer lugar, confirma que se trata de una **aberración cromática lateral de carácter radial**, donde los canales se separan en direcciones opuestas a medida que aumenta la distancia al eje. En segundo lugar, la **asimetría entre las curvas R-G y B-G** indica que el canal rojo se desvía con mayor intensidad respecto al verde que el azul, lo que define el tipo de *fringing* que aparecerá en la imagen: no será neutro, sino dominado por un par cromático concreto.

Otro aspecto relevante es la forma de las curvas. La curva R-G muestra un crecimiento progresivo que tiende a estabilizarse en las zonas más externas, mientras que la B-G presenta una caída más pronunciada en la zona media seguida de una ligera recuperación. Esto indica que la aberración no crece de forma perfectamente uniforme, sino que **la mayor variación se produce en la zona intermedia del campo**, coincidiendo con lo observado en la pérdida de MTF y en la deformación de la PSF. Es decir, no es únicamente la esquina extrema la que define el comportamiento, sino el tránsito desde el centro hacia esa periferia.

Las cruces sobre las curvas representan las mediciones reales en cada ROI, y su dispersión relativamente contenida confirma que el comportamiento es consistente en todo el campo, sin anomalías locales significativas. Las líneas continuas, como ya se ha indicado, corresponden al ajuste de regresión que describe la tendencia global.

En términos visuales, este patrón se traducirá en una imagen con **ausencia de aberración en el centro y aparición progresiva de *fringing* en los bordes**, especialmente en zonas de alto contraste. La magnitud observada —del orden de 1–1.7 píxeles— se sitúa en un rango moderado, por lo que el efecto será visible en condiciones exigentes, pero no dominante.

En conjunto, este gráfico confirma de forma clara que la aberración cromática del 50 mm es **progresiva, radial y direccional**, y que su evolución está estrechamente ligada a los mismos fenómenos que explican la pérdida de resolución fuera de eje. La coherencia entre este resultado, las curvas MTF y la PSF refuerza la lectura global: una lente con buen control central y una degradación gradual hacia la periferia que afecta tanto a la nitidez como a la alineación cromática

Distorsión geométrica

El análisis de la **distorsión geométrica en el 50 mm** (Fig. 33) muestra un comportamiento contenido y bastante controlado, especialmente si se pone en relación con lo observado en resolución y aberraciones.

El valor principal que ofrece Imatest es una **distorsión SMIA TV de -0.97 %**, lo que indica una **distorsión de barril ligera**. El signo negativo confirma que las líneas rectas tienden a curvarse suavemente hacia fuera del encuadre, aunque la magnitud se mantiene por debajo del 1 %, un nivel que en términos prácticos puede considerarse moderado.

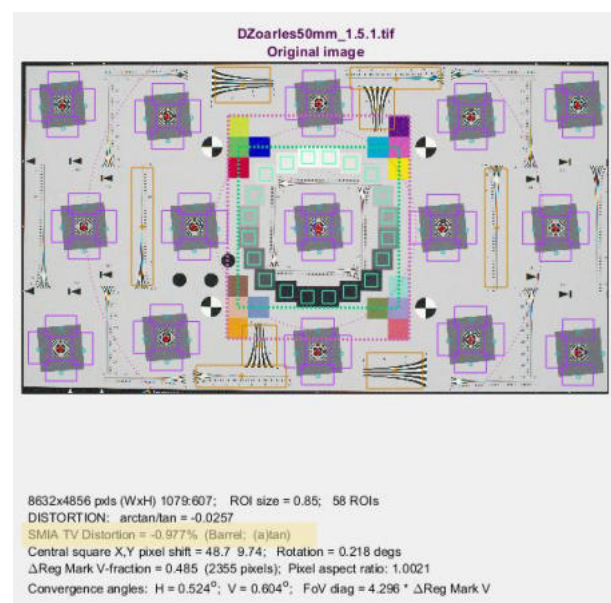


Figura 33

El modelo de ajuste utilizado (arc-tan) da un valor de -0.0257 , lo que refuerza la idea de que la deformación es suave y progresiva, sin inflexiones complejas ni comportamientos irregulares. No se trata, por tanto, de una distorsión con carácter marcado, sino de una desviación global relativamente uniforme.

Otro dato relevante es el **desplazamiento del centro óptico (48.7, 9.74 píxeles)**, que indica que el eje de simetría de la lente no coincide exactamente con el centro geométrico del sensor. Aunque este desplazamiento es pequeño en relación con la resolución total de la imagen, puede contribuir a una ligera **asimetría en la percepción de la distorsión**, algo que ya se intuía en la distribución no completamente uniforme del rendimiento en los mapas MTF y en la PSF.

La rotación medida (0.218°) es prácticamente despreciable y no introduce efectos relevantes en la geometría de la imagen.

En conjunto, estos resultados encajan bien con lo observado anteriormente. Mientras que el 50 mm muestra una degradación más evidente en términos de resolución y aberraciones fuera de eje, la distorsión geométrica no es un factor dominante en su comportamiento óptico. La lente mantiene una buena fidelidad en la representación de líneas rectas, con una distorsión de barril ligera, homogénea y predecible, lo que se traduce en una geometría visualmente estable incluso en encuadres amplios. De este modo, la atención se dirige más hacia la caída de nitidez y el comportamiento fuera de eje que hacia las deformaciones estructurales del espacio, en coherencia con un diseño óptico cuyas principales limitaciones aparecen en la uniformidad del rendimiento más que en la geometría.



Este plano se alinea de manera muy coherente con el comportamiento descrito a lo largo del análisis técnico de esta focal. La definición en el rostro principal es elevada, pero sin caer en una dureza excesiva; la transición hacia el desenfoque se produce de forma progresiva, sin contornos abruptos. Esta cualidad refleja con bastante fidelidad lo observado en las curvas MTF: un rendimiento sólido en el centro, acompañado de una caída gradual hacia la periferia, más asociada a una pérdida de contraste fino que a una degradación brusca de la imagen.

La separación de planos responde igualmente a ese equilibrio. El fondo se percibe desenfocado, pero conserva estructura y legibilidad, evitando tanto la disolución completa como un bokeh excesivamente dominante. Esta lectura es coherente con lo inferido en el análisis del desenfoque en

el 35mm: una óptica que, aun presentando deformaciones fuera de eje —especialmente en condiciones controladas de las cartas—, tiende en imagen real a un comportamiento contenido, donde el *cat's eye* y otras variaciones del bokeh no se imponen si la escena no las activa explícitamente.

En relación con las aberraciones cromáticas, la imagen se mantiene limpia incluso en contornos de contraste relativamente alto. La ausencia de *fringing* perceptible confirma lo ya observado en las mediciones: niveles bajos en el centro y una progresión hacia valores moderados en la periferia que, en condiciones de rodaje habituales, no llegan a hacerse evidentes. La óptica, por tanto, no introduce contaminación cromática que distraiga o degrade la lectura del plano.

El comportamiento fuera de eje refuerza esta coherencia global. La pérdida de definición en los laterales se produce de forma suave y continua, sin artefactos ni irregularidades llamativas, en línea con la lectura radial de la MTF y con la distribución de energía observada en la PSF. Más que una caída abrupta, lo que se percibe es una transición controlada que contribuye a dirigir la atención hacia el sujeto sin romper la continuidad espacial.



En este plano, el viñeteo se manifiesta con mayor claridad, estructurando la imagen mediante una concentración progresiva de la luminancia hacia el centro del encuadre. Las zonas laterales y esquinas presentan una caída perceptible, que no resulta abrupta, sino integrada en la construcción visual de la escena.

Paralelamente, el *veiling glare* actúa de forma más evidente que en situaciones de menor contraste. Las altas luces del exterior aparecen suavizadas, mientras que las sombras del interior mantienen un nivel ligeramente elevado, generando una compresión del contraste global sin pérdida significativa de detalle estructural.

Este comportamiento encuentra una correspondencia directa con las curvas MTF en bajas frecuencias, donde se anticipa una reducción del contraste global que, en imagen, se traduce en una mayor cohesión tonal. La interacción entre viñeteo y flare evita transiciones bruscas entre zonas de distinta luminancia, manteniendo la continuidad visual incluso en una escena de alto rango dinámico.

Aunque en un plano narrativo la distribución de la luz está condicionada por la iluminación de escena, ciertos rasgos observados —como la caída progresiva hacia los bordes o la compresión del contraste global— no se explican únicamente por dicha iluminación.

La suavidad de las transiciones, su relativa independencia respecto a la dirección principal de la luz y, sobre todo, la correspondencia con las mediciones obtenidas (viñeteo, flare y respuesta MTF en bajas frecuencias) permiten interpretar estos efectos como coherentes con el comportamiento óptico de la lente.

En este sentido, más que aislar causas, el plano confirma cómo las características medidas en laboratorio se traducen de forma integrada en imagen.

Adriana Bernal: *el velo estaba bastante presente, sobre todo cuando había fuentes fuertes entrando directamente en cuadro o muy cerca del eje óptico. Era algo que había que controlar porque las lentes reaccionaban rápido a las altas luces y los negros podían empezar a levantarse con facilidad y dar esa apariencia “lechosa”, y eso era algo recurrente. Mi propuesta tenía una predominancia de siluetas recortadas por fondos lumínicos. Lo importante era ser muy precisa en la exposición de las luces altas, por mi parte, y un control súper riguroso por parte de los asistentes de cámara.*

Pero al mismo tiempo, ese comportamiento también hacía parte de la personalidad de las Arles. El velo no se veía especialmente feo ni demasiado “digital”; más bien generaba una especie de contaminación suave de la imagen que, en ciertos momentos, ayudaba a la atmósfera de la película. Había escenas donde incluso me interesaba conservar un poco de ese velo porque daba cierta fragilidad a la imagen y ayudaba a romper una sensación demasiado limpia o demasiado perfecta.



El director Jairo Estrada con Adriana Bernal ADFC durante el rodaje de “Indeleble”

4- FOCAL 75 MM

En las figuras 34 a 37 mostramos las curvas MTF en las distintas partes de la imagen.

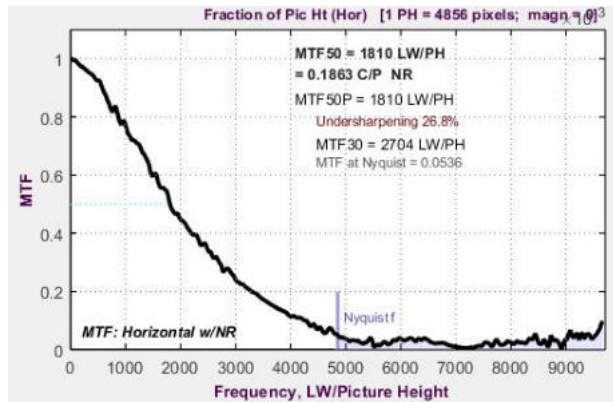


Figura 34 Centro de la imagen

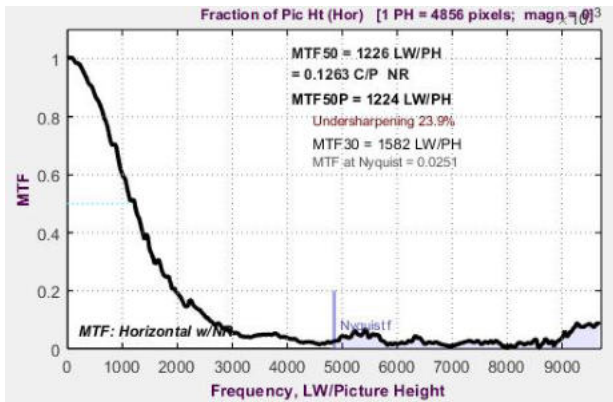


Figura 35 Lateral izquierdo

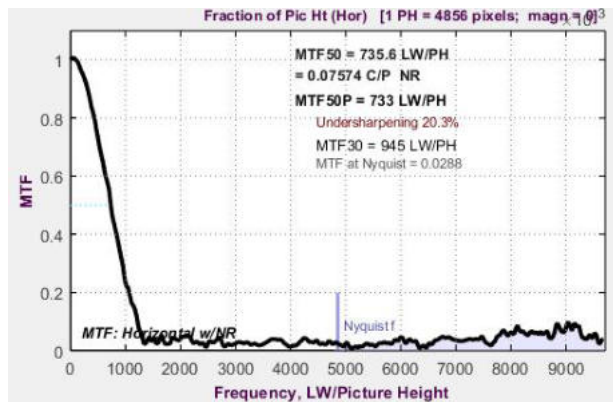


Figura 36. Esquina superior izquierda

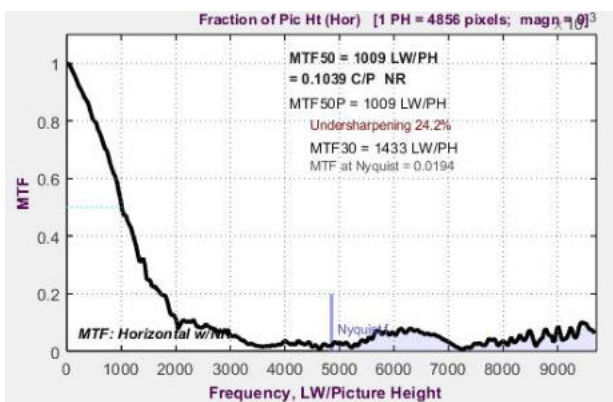


Figura 37. Esquina inferior derecha

El análisis de las curvas MTF comparadas (Fig.38) del **75 mm** revela un cambio significativo respecto a las focales anteriores, especialmente en lo que se refiere a la **uniformidad del rendimiento en el campo**.

En el centro, la lente alcanza un valor de **MTF50 de 1810 LW/PH**, que se sitúa en un nivel correcto, aunque ligeramente por debajo de lo observado en el 35 mm y en línea con el 50 mm. La curva central muestra una caída progresiva relativamente controlada, manteniendo una respuesta razonable en frecuencias medias, lo que sugiere un buen nivel de microcontraste en el eje.

Sin embargo, la diferencia aparece de forma clara al alejarnos del centro. En la zona lateral izquierda, el valor desciende hasta **1226 LW/PH**, lo que supone una pérdida aproximada del **32 %**

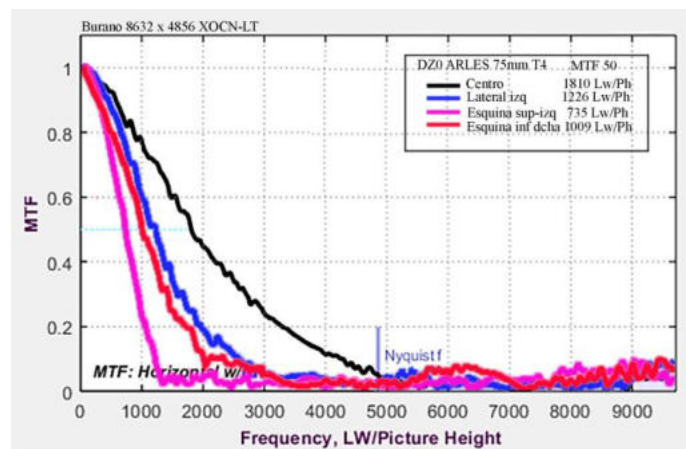


Figura 38

respecto al centro. Esta caída ya es sensiblemente más acusada que en el 50 mm y apunta a una menor capacidad de la lente para mantener el rendimiento fuera de eje.

La degradación se intensifica notablemente en las esquinas. En la esquina superior izquierda, el valor cae hasta **735 LW/PH**, lo que implica una pérdida de aproximadamente el **59 %**, mientras que en la esquina inferior derecha se sitúa en **1009 LW/PH**, con una pérdida cercana al **44 %**. Esta diferencia entre esquinas introduce además un componente de **asimetría**, indicando que la degradación no es completamente uniforme en todo el campo.

Las curvas MTF reflejan este comportamiento de manera muy clara. La separación entre la curva del centro (negro) y las periféricas (azul, magenta y rojo) es mucho más acusada que en las focales anteriores, y además se produce a frecuencias relativamente bajas. Esto significa que la pérdida de rendimiento no afecta únicamente al detalle fino, sino también al contraste en frecuencias medias, lo que tiene un impacto directo en la percepción de nitidez.

Otro aspecto relevante es la rapidez con la que las curvas periféricas caen hacia valores cercanos a cero. Especialmente en la esquina superior izquierda (curva magenta), la caída es muy abrupta, lo que indica una pérdida severa de capacidad resolutive en esa zona. Este comportamiento es consistente con la presencia de aberraciones fuera de eje más marcadas, como astigmatismo o curvatura de campo.

El mapa tridimensional de MTF50 del **75 mm** (Fig.39) confirma de forma muy clara lo que ya anticipaban las curvas: una **pérdida de uniformidad acusada** y una distribución del rendimiento más irregular que en las focales anteriores.

En el centro se observa un pico bien definido, con valores que alcanzan aproximadamente **1800 LW/PH**, formando una zona de máximo rendimiento relativamente concentrada. Sin embargo, a diferencia del 35 mm e incluso del 50 mm, esta “meseta” central es más estrecha y cae con rapidez en cuanto nos alejamos del eje óptico. La pendiente es claramente más pronunciada, lo que indica que la transición entre el buen rendimiento central y la degradación periférica es más abrupta.

Los datos estadísticos refuerzan esta lectura. El valor medio ponderado se sitúa en **1547 LW/PH**, con una distribución de **1871 / 1459 / 1033 LW/PH** para centro, zonas intermedias y esquinas respectivamente. Esto implica una caída cercana al **45 %** desde el centro hasta las esquinas, coherente con los valores ya observados en las curvas MTF50. Además, el valor mínimo desciende hasta **709 LW/PH**, lo que evidencia que existen zonas particularmente débiles dentro del campo.

Uno de los aspectos más significativos del gráfico es la **asimetría del relieve**. La superficie no presenta una caída radial uniforme, sino que muestra irregularidades y diferencias claras entre distintas áreas del encuadre. Algunas zonas laterales mantienen un rendimiento relativamente alto, mientras que otras —especialmente en una de las esquinas— caen de forma más acusada. Esta falta

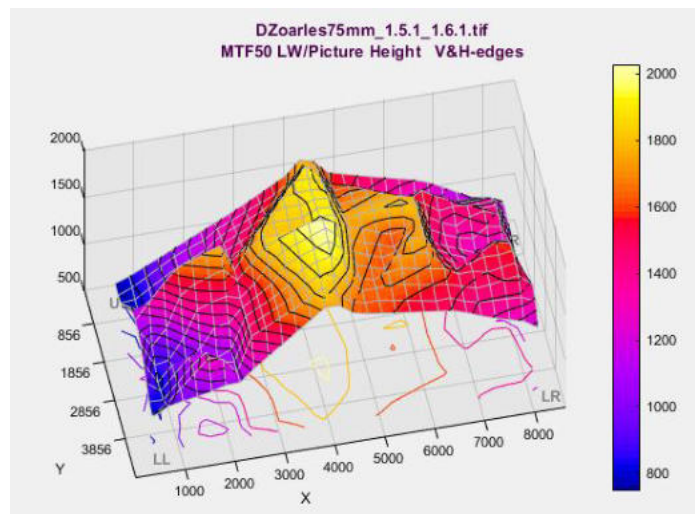


Figura 39

de simetría coincide con la diferencia observada entre esquinas en las curvas MTF y sugiere la presencia de aberraciones fuera de eje no homogéneas, como astigmatismo combinado con ligeras variaciones en la alineación óptica.

Además, la forma del “valle” periférico no es plana ni uniforme, sino que presenta ondulaciones, lo que indica que la degradación no es completamente regular. Esto conecta directamente con lo que veremos en la curva radial: no solo hay una caída hacia la periferia, sino que esta presenta variaciones locales en su intensidad.

En términos visuales, este comportamiento implica una imagen con un centro bien definido, pero con una **pérdida muy acusada de nitidez hacia las esquinas**, más evidente que en el 50 mm. Además, la asimetría entre esquinas sugiere que esta degradación puede no percibirse de forma homogénea, lo que introduce una cierta irregularidad en la respuesta espacial de la lente.

En conjunto, el 75 mm mantiene un rendimiento central correcto, pero muestra una **caída de resolución más pronunciada y menos uniforme que las focales anteriores**, lo que apunta a una menor consistencia en todo el campo y anticipa lo que probablemente veremos en el resto de métricas: una mayor presencia de aberraciones fuera de eje y una menor estabilidad del rendimiento espacial.

Las tablas 6 y 7 y las figuras 40 y 41 muestran los valores MTF 50% y 30% respectivamente.

FOCAL 75 MM	LW/PH 50%
CENTRO	1810
LATERAL IZQ.	1224
ESQUINA SUPERIOR IZDA	733
ESQUINA INFERIOR DCHA	1009

Tabla 6

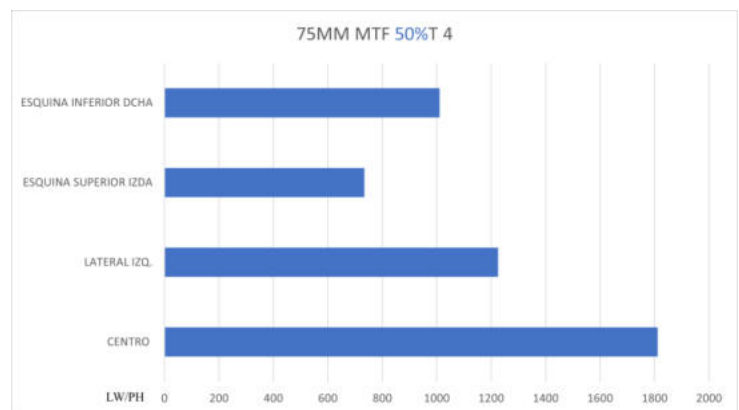


Figura 40

FOCAL 75 MM	LW/PH 30%
CENTRO	2704
LATERAL IZQ.	1582
ESQUINA SUPERIOR IZDA	945
ESQUINA INFERIOR DCHA	1433

Tabla 7

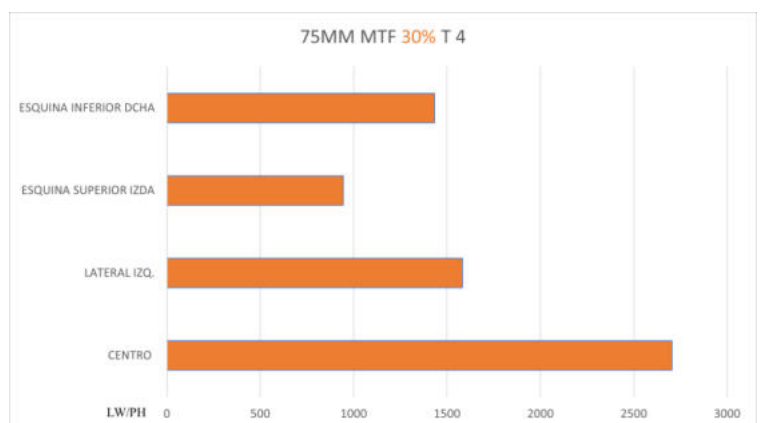


Figura 41

La comparación entre **MTF50** y **MTF30** en el **75 mm** no introduce un cambio de comportamiento, sino que **refuerza la misma tendencia con mayor claridad**. A diferencia de lo observado en el 50 mm, donde el MTF30 suavizaba parcialmente la lectura del MTF50, en esta focal ambas métricas evolucionan de forma muy similar a lo largo del campo.

Esto implica que la pérdida de rendimiento no se limita a las altas frecuencias (detalle fino), sino que afecta también al **contraste en frecuencias medias**, es decir, a la base misma de la nitidez percibida. En otras palabras, el 75 mm no solo pierde resolución en las zonas periféricas, sino que **pierde también capacidad para sostener la estructura de la imagen**, lo que hace que la degradación resulte más evidente visualmente.

Otro aspecto relevante es que la relación entre ambas métricas se mantiene bastante estable entre las distintas zonas del encuadre. No hay una “compensación perceptual” significativa: el microcontraste no actúa como amortiguador de la caída de resolución, sino que **acompaña esa caída**.

En términos prácticos, esto sitúa al 75 mm en una posición distinta dentro del conjunto: la pérdida hacia la periferia no queda enmascarada por el comportamiento del MTF30, sino que se manifiesta de forma más directa. La imagen, por tanto, tiende a mostrar una **disminución más evidente y menos matizada de la nitidez** fuera del eje.

Esta curva radial de **MTF30 del 75 mm** (Fig.42) sintetiza muy bien todo lo que venimos observando, pero aporta un matiz importante: **la degradación no solo es intensa, sino también más uniforme y sostenida a lo largo del campo**.

Desde el centro, donde se alcanzan los valores más altos de contraste en frecuencias medias, la curva inicia un descenso progresivo que, a diferencia de lo que ocurría en el 50 mm, **no presenta zonas de recuperación ni irregularidades significativas**. La caída es continua y consistente hasta la periferia, lo que indica que la pérdida de rendimiento no se concentra en un tramo concreto, sino que afecta a todo el recorrido desde el eje óptico hacia las esquinas.

Este comportamiento es especialmente relevante porque confirma lo ya apuntado en la comparación entre MTF50 y MTF30: en el 75 mm no existe una compensación perceptual clara. El microcontraste no se mantiene estable en zonas intermedias, sino que **disminuye en paralelo a la resolución**, lo que refuerza la sensación de pérdida de nitidez en toda la periferia.

Otro aspecto importante es la diferencia entre las curvas horizontal y vertical. Aunque no es extrema, sí se aprecia una **separación consistente entre ambas**, lo que indica una respuesta diferente según la orientación de las estructuras. Este comportamiento es coherente con la PSF,

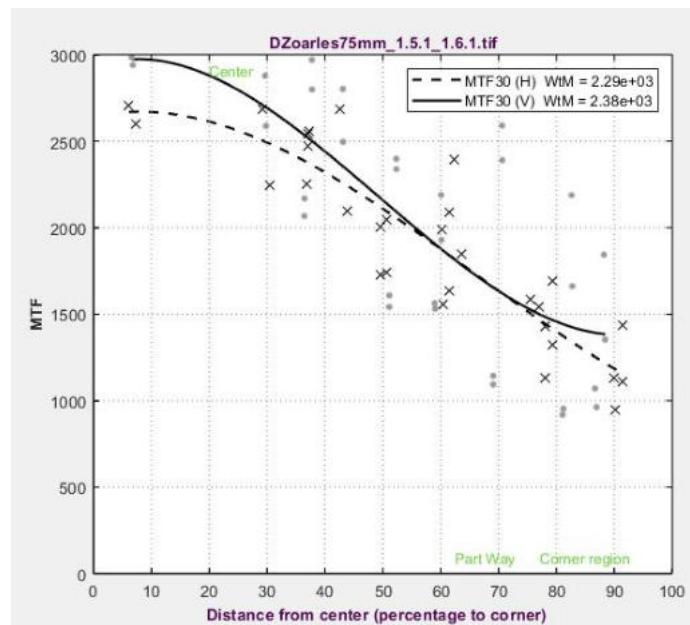


Figura 42

donde ya se observaba una elongación marcada, y confirma la presencia de **astigmatismo** como uno de los factores principales en la degradación fuera de eje.

La dispersión de los puntos (mediciones individuales) es relativamente contenida, lo que indica que el comportamiento es bastante estable en términos globales, aunque con cierta variabilidad local. Esto encaja con el mapa 3D: no hay irregularidades abruptas, pero sí una pérdida generalizada de rendimiento.

En términos visuales, esta curva implica que la imagen no solo pierde nitidez en las esquinas, sino que lo hace de forma progresiva desde el centro, sin zonas de “respiro” donde el contraste se recupere. Esto contribuye a una sensación de imagen menos consistente en todo el campo, especialmente en comparación con focales más cortas.

En conjunto, la curva radial refuerza la lectura global del 75 mm: una lente con buen rendimiento en el centro, pero con una **degradación continua, sin compensación perceptual y con cierta dependencia direccional**, lo que explica la menor uniformidad espacial observada en el resto de métricas.

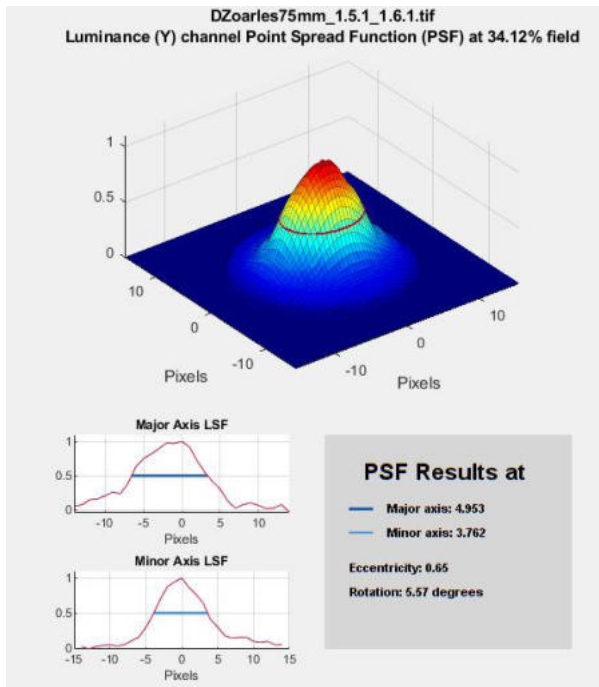


Figura 43

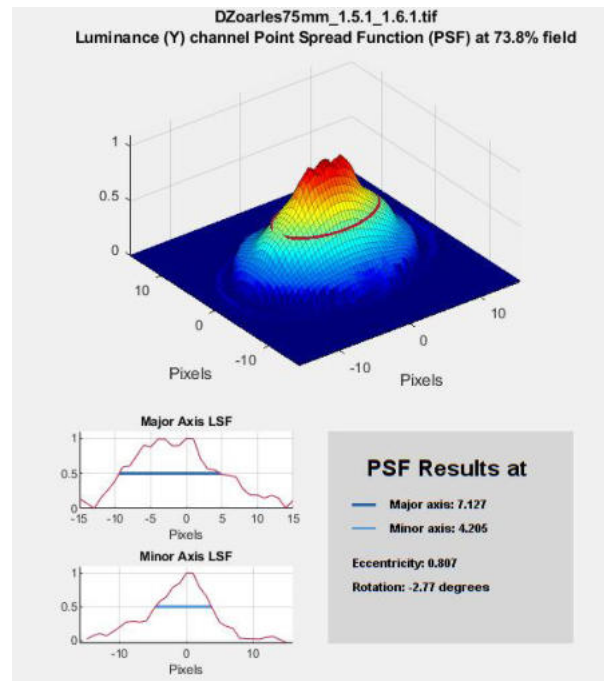


Figura 44

El análisis de la **PSF del 75 mm** permite entender de forma directa el origen físico de lo que ya se ha observado en MTF y en el mapa 3D, y confirma que el comportamiento de esta focal no solo implica una caída de rendimiento, sino también un cambio en la forma en que la energía se distribuye en la imagen.

En la zona próxima al centro (≈ 34 % del campo) (Fig.43), la PSF es relativamente compacta, aunque ya presenta una **elongación apreciable**. Los valores de eje mayor (**4.953 px**) frente a eje menor (**3.762 px**) y una excentricidad de **0.65** indican que la respuesta no es perfectamente simétrica. Es decir, incluso antes de llegar a la periferia, la lente ya introduce una cierta **dependencia direccional**, coherente con la ligera separación entre respuestas horizontal y vertical que se intuía en las curvas.

Sin embargo, es en la periferia ($\approx 74\%$ del campo) (Fig.44) donde aparece el cambio más significativo. La PSF se **expande y deforma claramente**, con un eje mayor de **7.127 px** frente a un eje menor de **4.205 px**, y una excentricidad que aumenta hasta **0.807**. La forma deja de ser aproximadamente puntual para convertirse en una distribución alargada, con una clara orientación. Este comportamiento es característico de la presencia de **astigmatismo**, donde la energía no se concentra en un punto, sino que se reparte de forma distinta según la dirección.

Este ensanchamiento y deformación de la PSF explica directamente lo observado en los apartados anteriores, pero con un matiz importante: en el 75 mm no solo disminuye la energía útil, sino que esta **se dispersa de forma menos eficiente**. Por eso, a diferencia del 50 mm, donde el MTF30 aún mantenía cierta estabilidad, aquí también el contraste en frecuencias medias cae de forma significativa: la energía ya no está lo suficientemente concentrada como para sostener la estructura de la imagen.

Además, la orientación de la PSF (rotación de **5.57° en zona media y -2.77° en periferia**) indica que esta deformación no es uniforme ni alineada con los ejes del sensor, lo que contribuye a la **asimetría del rendimiento** ya detectada en el mapa 3D y en la diferencia entre esquinas.

Otro aspecto relevante es la progresividad del fenómeno. La transición entre la PSF central y la periférica no es abrupta, pero sí suficientemente marcada como para generar una **zona intermedia crítica**, donde la pérdida de calidad se acelera. Esto encaja con la lectura previa: no son solo las esquinas las que definen el comportamiento del 75 mm, sino el recorrido desde el centro hacia ellas.

En términos visuales, este comportamiento se traduce en una imagen donde la nitidez no solo disminuye hacia los bordes, sino que lo hace con una cierta **direccionalidad en el desenfoque**, afectando a la reproducción de texturas y contornos. La pérdida no es únicamente de resolución, sino de coherencia espacial en cómo se representan los detalles.

En conjunto, la PSF confirma y da soporte físico a lo ya observado: en el 75 mm la degradación fuera de eje es más intensa que en focales anteriores y, sobre todo, **menos compensada**, lo que explica por qué la caída de MTF50 y MTF30 se produce de forma paralela y resulta más evidente desde el punto de vista perceptual.

Adriana Bernal: *El contraste de las Arles es un poco más bajo de lo que solemos encontrar en otras lentes de cine orientadas a una imagen muy limpia y muy contrastada. En las mediciones que hicimos se veía que las diferencias entre MTF50 y MTF30 tendían a mantenerse relativamente amplias en varias focales del conjunto. Eso hace que la imagen conserve textura y continuidad tonal incluso cuando hay bastante información en cuadro. En la práctica, los rostros y las superficies mantienen detalle, pero sin que las texturas se separen de manera demasiado marcada. Creo que una de las cosas más interesantes de estas lentes es precisamente ese equilibrio. No buscan una imagen extremadamente contrastada ni una nitidez excesivamente evidente, sino una representación más suave y continua del detalle. Para **Indeleble**, ese comportamiento funcionaba muy bien porque ayudaba a mantener una imagen con cierta densidad y atmósfera, sin perder definición ni profundidad visual mi planteamiento de iluminación era en exceso contrastado. La primera película como referencia que yo le propuse a Jairo fue Sin City, una imagen casi en B/N, pero con algunos colores que resaltaban, sólo adjudicados a las víctimas. Pero Jairo me pidió que no lleváramos esto tan al extremo. Así que el contraste de las lentes me ayudaba a contener el contraste lumínico manteniendo la densidad sin perder definición y profundidad.*

Aberración cromática.

El análisis de la aberración cromática en el 75 mm (*Fig 45 a 47*) confirma una evolución coherente con lo observado en resolución y PSF, pero introduce un matiz importante: **el aumento de la aberración no es solo cuantitativo, sino también estructural**, especialmente al alejarnos del eje óptico.

En la zona cercana al centro, el comportamiento es contenido. Los perfiles RGB se mantienen relativamente alineados y la transición del borde es limpia, con valores de **CA (área) en torno a 0.39 píxeles** y **CA (crossing) de 0.278 píxeles**. Esto indica que, aunque la aberración está presente, su impacto visual es moderado y no compromete de forma significativa la definición en el eje.

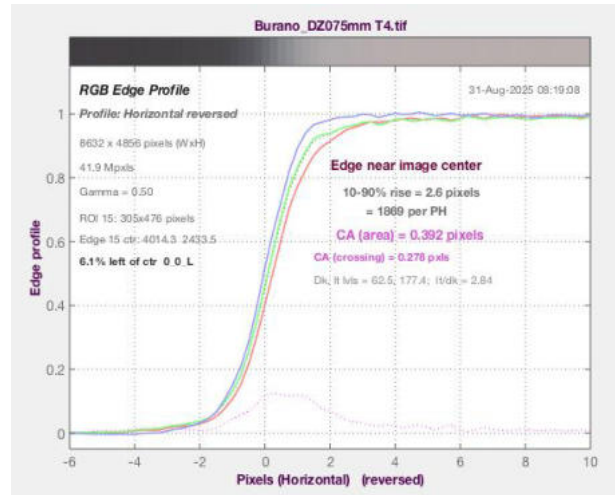


Figura 45

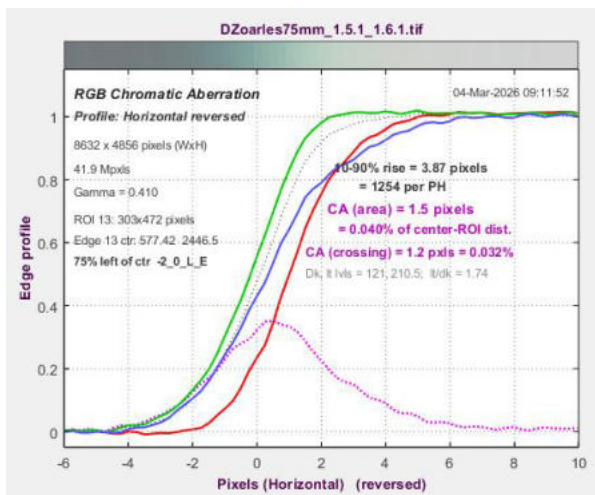


Figura 46. Lateral izquierda

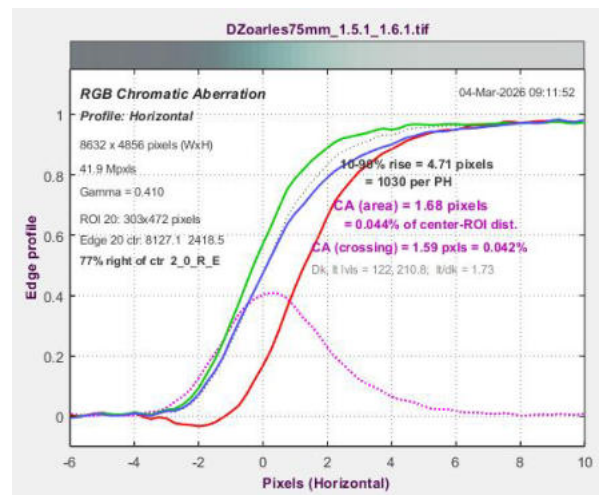


Figura 47. Lateral derecha

Sin embargo, al desplazarnos hacia zonas intermedias (≈ 75 % del campo), la situación cambia de forma clara. La separación entre los canales se hace más evidente, especialmente en la transición del borde, donde aparece un desfase progresivo entre rojo, verde y azul. En este caso, los valores de **CA (área) descenden a 1.5 píxeles en términos absolutos medidos localmente (≈ 0.040 % de la distancia al centro)**, mientras que el **CA (crossing) se sitúa en torno a 1.2 píxeles**, lo que indica un desplazamiento ya perceptible en el punto geométrico del borde.

En la periferia (≈ 77 % del campo), este comportamiento se acentúa aún más. La transición se vuelve claramente asimétrica y la separación cromática se hace más visible, con valores de **CA (área) de 1.68 píxeles (≈ 0.044 %)** y **CA (crossing) de 1.59 píxeles (≈ 0.042 %)**. Aquí la aberración deja de ser un fenómeno sutil para convertirse en un factor que contribuye directamente a la pérdida de nitidez percibida, especialmente en bordes de alto contraste. (Ver *tabla 5*)

Este incremento progresivo encaja plenamente con lo observado en la PSF: la elongación y dispersión de la energía fuera de eje no solo reduce la resolución, sino que también **desacopla los canales cromáticos**, generando *fringing* direccional. A su vez, esto se refleja en las curvas MTF, donde la caída paralela de MTF50 y MTF30 indicaba que no había compensación en frecuencias medias.

Un aspecto relevante es que la aberración no crece de forma completamente simétrica entre canales. Como ya se intuía en otros gráficos, la separación entre pares cromáticos no es equivalente, lo que define un tipo de *fringing* con dominante específica (más acusado en ciertos pares que en otros). Esto forma parte del carácter cromático de la lente y afecta a cómo se perciben los contornos en la imagen final.

En términos visuales, el 75 mm presenta un comportamiento claro: **aberración cromática bien contenida en el centro, pero que crece de manera progresiva y perceptible hacia la periferia**, contribuyendo a una pérdida de definición que no es solo óptica (resolución), sino también cromática. Esto refuerza la lectura global de esta focal dentro del conjunto: una lente con buen rendimiento axial, pero con una degradación fuera de eje más evidente y menos compensada que en focales más cortas.

Este gráfico radial (Fig.48) permite completar la lectura anterior introduciendo una dimensión clave: **cómo crece la aberración cromática de forma continua desde el centro hasta las esquinas y qué tipo de dominancia cromática adopta**.

En primer lugar, se confirma con claridad el carácter progresivo del fenómeno. En la zona central ($\approx 0\text{--}30\%$ del campo), los valores son muy bajos y relativamente estables para ambos pares cromáticos. A partir de ahí, la aberración comienza a incrementarse de forma sostenida, pero es en la transición hacia la periferia ($\approx 60\text{--}80\%$) donde el crecimiento se vuelve más acusado, especialmente en el caso del par **R-G**.

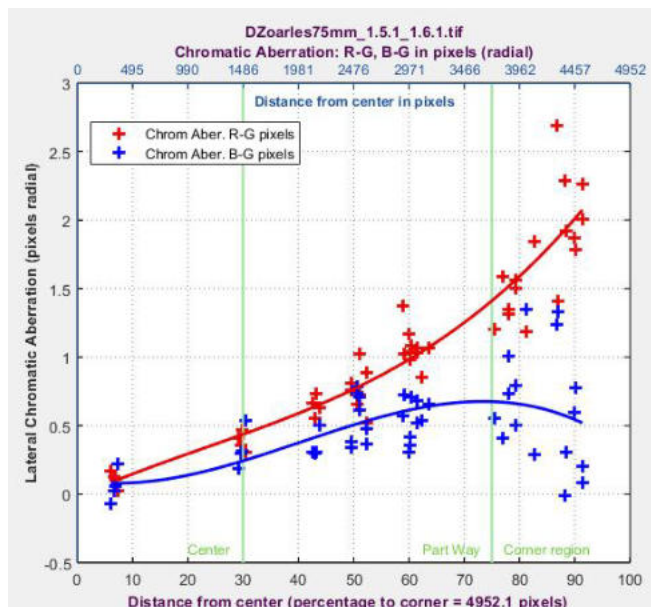


Figura 48

Aquí aparece uno de los aspectos más relevantes del gráfico: **la diferencia de comportamiento entre las curvas roja (R-G) y azul (B-G)**. La curva roja presenta una pendiente claramente mayor y alcanza valores próximos o superiores a **2 píxeles en las zonas más periféricas**, mientras que la curva azul se mantiene en niveles sensiblemente inferiores, con un crecimiento más moderado e incluso cierta estabilización o ligera caída en los extremos.

Esta divergencia tiene una implicación directa en la imagen: la aberración cromática no es neutra, sino que está **dominada por el par rojo-verde**, lo que define el tipo de *fringing* observable. En términos prácticos, esto se traduce en contornos donde la desviación cromática estará más marcada en ese eje cromático concreto, generando dominantes específicas en los bordes de alto contraste.

Las cruces que aparecen en el gráfico representan las mediciones individuales en distintos puntos del campo, y su dispersión —especialmente en la periferia— indica que, aunque la tendencia general

es clara, **existen variaciones locales**. Esto encaja con lo visto en el mapa 3D y en la PSF: la degradación no es completamente uniforme, sino que presenta pequeñas irregularidades según la zona.

Las líneas continuas, por su parte, corresponden a un **ajuste de regresión**, es decir, una curva que sintetiza la tendencia global de los datos. Gracias a este ajuste se aprecia con claridad la forma del crecimiento: **suave en el centro, más acusado en zonas medias y tendente a estabilizarse — aunque en valores altos— en la periferia**.

En relación con los gráficos de perfil de borde, este diagrama aporta una visión complementaria: mientras aquellos describen el comportamiento local en puntos concretos, aquí se observa la **ley de crecimiento global de la aberración cromática**. Y esta ley confirma lo esencial: en el 75 mm la aberración no solo aumenta hacia los bordes, sino que lo hace de manera **estructurada, progresiva y con una clara asimetría entre canales**, reforzando su impacto perceptual en la imagen final.

La distorsión geométrica

El análisis de la distorsión geométrica en el 75 mm (*Fig.49*) muestra un comportamiento relativamente contenido, especialmente si se pone en relación con las aberraciones y la caída de resolución observadas anteriormente.

El valor principal que ofrece Imatest, **SMIA TV = -0.454 %**, indica la presencia de una **distorsión de barril ligera**. El signo negativo confirma que las líneas tienden a curvarse hacia fuera desde el centro de la imagen, aunque con una magnitud inferior al medio punto porcentual, lo que la sitúa en un rango bajo desde el punto de vista perceptual.

Este resultado se ve respaldado por el valor de **distorsión $\arctan/\tan = 0.0172$** , que describe la desviación respecto a un modelo geométrico ideal. La baja magnitud de este parámetro confirma que la deformación global de la imagen es reducida y bastante regular, sin indicios de distorsiones complejas o combinadas.

Otro aspecto relevante es el **desplazamiento del centro óptico** (Center square X,Y shift = 29.6, -3.2 píxeles). Aunque existe una ligera desviación respecto al centro geométrico del sensor, su magnitud es pequeña en relación con la resolución total de la imagen, por lo que su impacto práctico es limitado. Del mismo modo, la **rotación de -0.212°** indica una leve desalineación, también dentro de márgenes muy contenidos.

Los **ángulos de convergencia** ($H = 0.191^\circ$, $V = -0.342^\circ$) refuerzan esta lectura: existe una mínima tendencia a la convergencia o divergencia de líneas según el eje, pero sin alcanzar niveles que generen una deformación visible en condiciones normales de uso.

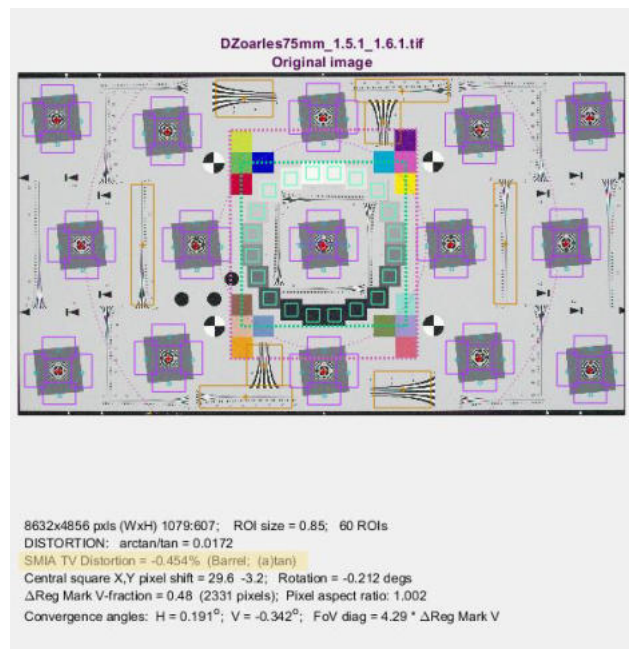


Figura 49

En conjunto, y en contraste con lo observado en resolución, PSF y aberraciones cromáticas, la distorsión geométrica del 75 mm puede considerarse **bien controlada y de carácter suave y regular**. No introduce irregularidades significativas ni asimetrías acusadas, lo que implica que, desde el punto de vista geométrico, la lente mantiene una representación espacial bastante fiel.

Esto es relevante porque indica que las limitaciones observadas en esta focal no provienen de la geometría de la imagen, sino fundamentalmente de **fenómenos ópticos fuera de eje** (dispersión de la energía, astigmatismo y aberración cromática), lo que ayuda a aislar con mayor claridad el origen de la degradación de la calidad en la periferia.



Este plano se ajusta de manera coherente al comportamiento del 75 mm descrito en el análisis técnico. La mayor compresión espacial y la acentuación del desenfoque refuerzan la separación del sujeto, mientras que la ligera pérdida de uniformidad en el fondo y la transición menos homogénea del detalle remiten a la caída periférica observada en las curvas MTF y a la mayor complejidad de la PSF. Frente al carácter más neutro del 50 mm, el 75 mm introduce una imagen más selectiva y expresiva, donde el desenfoque adquiere mayor protagonismo a costa de una menor homogeneidad espacial.

Adriana Bernal: *Las Arles no son lentes que toleren especialmente bien las fuentes muy intensas o las altas luces descontroladas. Durante el rodaje tuve que trabajar controlando mucho los niveles de blanco; casi nunca dejaba las altas luces por encima del 70 %, y como máximo alrededor del 80 %. Cuando se sobrepasaba ese punto empezaba a aparecer un velo bastante evidente que contaminaba los negros y reducía la separación tonal de la imagen.*

Eso también tenía relación con el contraste relativamente moderado de las lentes y con la forma en que responden al flare y a la dispersión de luz interna. En las pruebas se veía que las transiciones tonales eran suaves y que el contraste no era especialmente agresivo, pero justamente por eso, cuando entraban fuentes muy fuertes en cuadro o zonas demasiado sobreexpuestas, la imagen podía perder profundidad con bastante rapidez.

No lo percibí tanto como un defecto, sino como una característica con la que había que trabajar conscientemente. La película pedía una imagen bastante controlada en exposición y eso hacía que

las lentes funcionaran mucho mejor. Cuando las altas luces estaban bien contenidas, la imagen mantenía muy buena textura, negros sólidos y una atmósfera bastante rica. Pero si uno dejaba crecer demasiado los blancos, el velo aparecía rápidamente y empezaba a lavar la imagen.

5- FOCAL 100 MM

De nuevo, las curvas MTF en los distintos lugares de la imagen (*Fig. 50 a 53*)

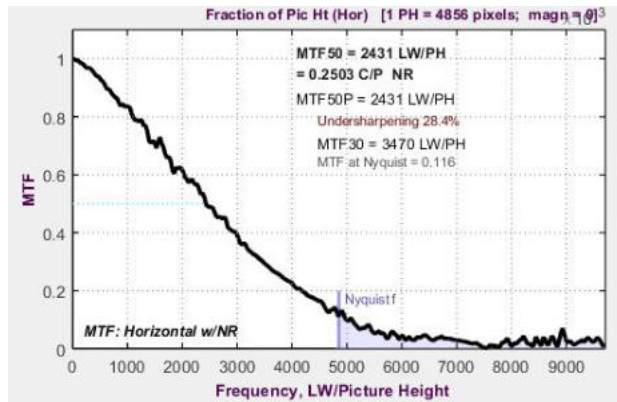


Figura 50. Centro de la imagen

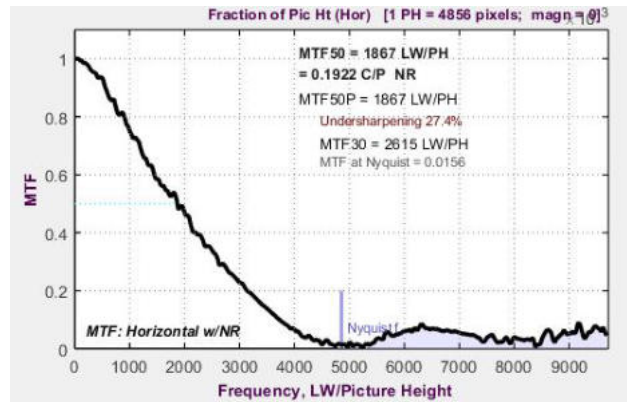


Figura 51. Lateral izquierdo

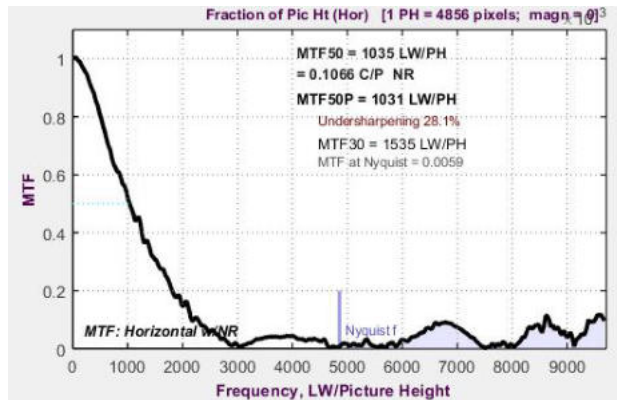


Figura 52. Esquina superior izquierda

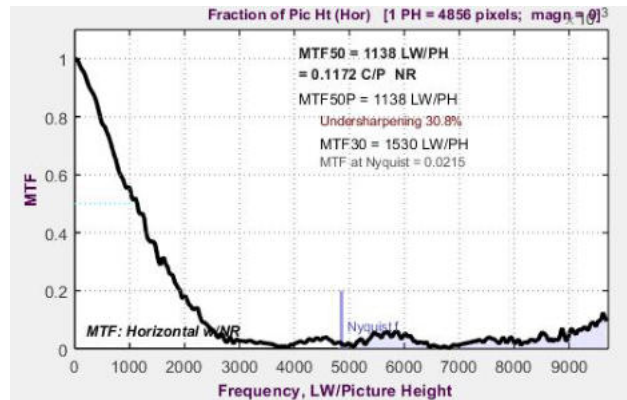


Figura 53. Esquina inferior derecha

El comportamiento del **100 mm** introduce un cambio interesante respecto a las focales anteriores: el rendimiento en el centro es claramente más alto, pero la **pérdida hacia la periferia es también más acusada**, lo que refuerza una lógica de mayor contraste axial a costa de menor uniformidad.

En el centro (*Fig.54*), la curva negra parte de valores elevados y mantiene el contraste durante más recorrido en frecuencias medias que en el 75 mm, alcanzando un **MTF50 de 2431 LW/PH**. Esto indica una excelente capacidad para reproducir detalle fino y, sobre todo, una mejor conservación del microcontraste en esa zona. La caída es progresiva y relativamente controlada hasta aproximadamente la zona media del espectro.

Sin embargo, al desplazarnos hacia el lateral, la curva azul muestra ya una **separación clara respecto al centro**. Con un valor de **1867 LW/PH**, la pérdida ronda el **23 %**, lo que indica que la

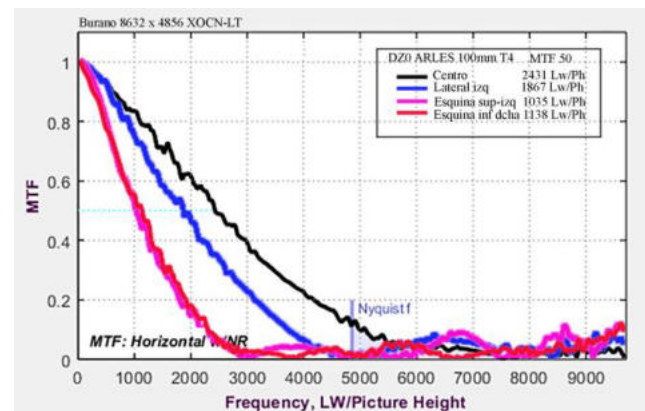


Figura 54. Curvas MTF comparadas

degradación fuera de eje comienza antes y de forma más marcada que en focales más cortas. La pendiente de la curva es más pronunciada, lo que implica una menor capacidad para sostener el contraste en frecuencias medias.

Esta tendencia se acentúa en las esquinas. Las curvas magenta y roja (esquina superior izquierda e inferior derecha) caen de forma mucho más rápida, alcanzando valores de **1035 y 1138 LW/PH**, respectivamente. Esto supone pérdidas en torno al **53–57 % respecto al centro**, lo que evidencia una degradación muy significativa. Además, ambas curvas se agrupan en niveles bajos desde frecuencias relativamente tempranas, lo que indica que no solo se pierde resolución fina, sino también estructura básica de la imagen.

Un aspecto relevante es que, aunque existe cierta diferencia entre esquinas, el comportamiento general es bastante coherente: no hay anomalías puntuales, sino una **degradación estructural y continua** desde el centro hacia los bordes. La separación entre curvas es amplia y sostenida, lo que se traduce en una menor homogeneidad espacial que en el 50 mm y, en algunos aspectos, incluso más marcada que en el 75 mm.

En términos físicos, este patrón es consistente con la presencia de **aberraciones fuera de eje más intensas** (astigmatismo y curvatura de campo), que afectan especialmente a las zonas periféricas. La caída más rápida de las curvas indica que la energía se dispersa con mayor intensidad, reduciendo tanto la resolución como el contraste en esas áreas.

El diagrama tridimensional del 100 mm (*Fig.55*) permite dar un paso más respecto a las curvas MTF, porque no solo confirma la caída de rendimiento, sino que revela **cómo se distribuye espacialmente esa degradación**.

Lo primero que se aprecia es que la zona de máximo rendimiento no forma una meseta amplia, sino una **cumbre relativamente concentrada y algo irregular**. Esto matiza la lectura de las curvas: el buen comportamiento en el centro no se extiende de forma uniforme a su alrededor, sino que se limita a un área más restringida de lo que podría parecer en una lectura unidimensional.

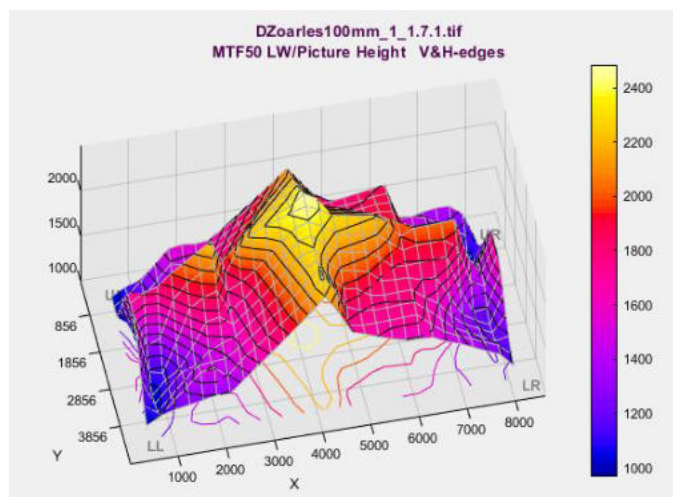


Figura 55

A partir de ahí, la superficie desciende hacia la periferia, pero no lo hace de manera radialmente homogénea. Aparecen **variaciones laterales y ligeras ondulaciones**, especialmente en las zonas intermedias, que indican que la pérdida de resolución no es completamente regular. Este aspecto complementa lo observado en la curva radial: no solo hay caída y dependencia direccional, sino también **pequeñas diferencias locales dentro de una misma región del encuadre**.

Otro elemento relevante es la **asimetría entre distintas zonas del campo**. Aunque no es extrema, sí es lo suficientemente visible como para confirmar que el rendimiento no se reparte de forma perfectamente equilibrada entre cuadrantes. Esto enlaza directamente con el cruce de curvas y con la PSF: la degradación fuera de eje no es isotrópica, sino que depende tanto de la dirección como de la posición.

Visualmente, el 100 mm se comporta como una lente con **centro definido**, pero con una pérdida de nitidez notable hacia los bordes, especialmente en encuadres amplios o con información relevante en las esquinas. Esta combinación —alto rendimiento axial acompañado de una caída periférica más acusada que en el resto de focales analizadas— define su carácter dentro del conjunto: una óptica muy competente en el eje, pero menos consistente en la reproducción uniforme del detalle en todo el campo.

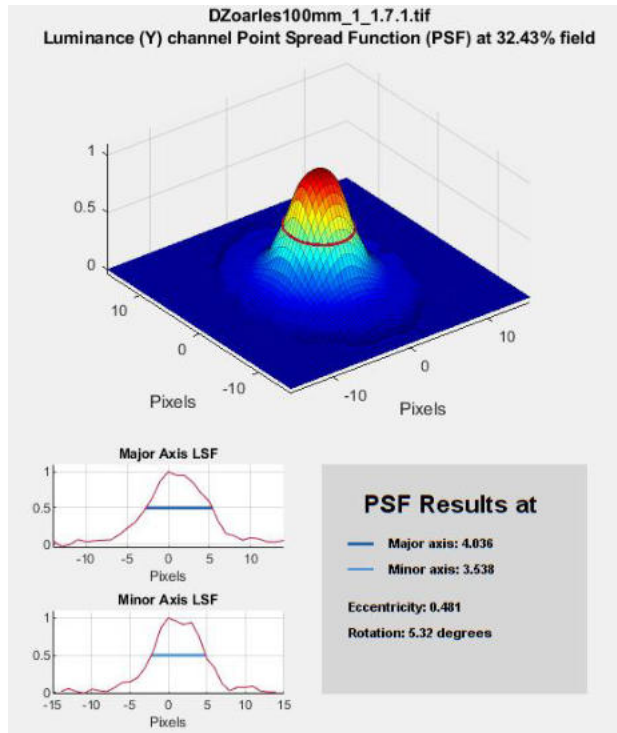


Figura 56

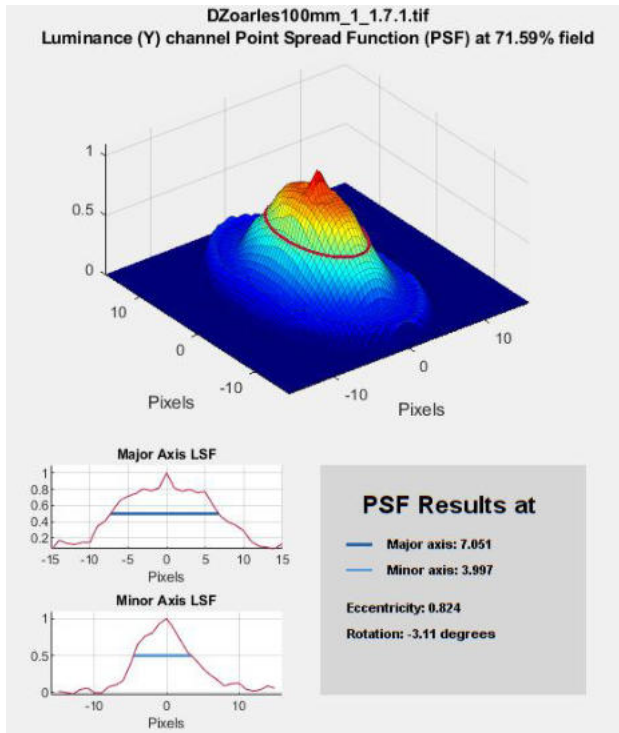


Figura 57

El análisis de la **PSF en el 100 mm** (Fig 56 y 57) introduce una lectura muy clara del origen físico de lo que ya se había observado en las curvas MTF y en el mapa 3D: la diferencia entre centro y periferia no es solo de magnitud, sino de **forma de la respuesta**.

En la zona próxima al centro ($\approx 32\%$ del campo), la PSF es relativamente compacta y bien contenida. Aunque no es perfectamente circular, mantiene una forma bastante regular, con una diferencia moderada entre ejes (**4.036 px frente a 3.538 px**) y una excentricidad de **0.481**. Esto indica que la energía aún está razonablemente concentrada y explica por qué el centro presenta ese buen equilibrio entre resolución y microcontraste.

Sin embargo, al desplazarnos hacia la periferia ($\approx 72\%$ del campo), la transformación es notable. La PSF se **ensancha y se deforma de manera evidente**, con un eje mayor que crece hasta **7.051 px** mientras el eje menor se sitúa en **3.997 px**, elevando la excentricidad a **0.824**. La distribución deja de ser aproximadamente puntual para adquirir una forma claramente alargada y orientada. Este cambio no es solo cuantitativo, sino estructural. La energía que en el centro se concentraba en un volumen compacto pasa a **dispersarse en una dirección preferente**, lo que implica que distintas orientaciones del detalle no se reproducen con la misma fidelidad. Aquí aparece de forma directa el mismo fenómeno que ya sugerían las curvas MTF y su cruce: una **respuesta anisotrópica**, propia del astigmatismo.

La rotación de la PSF (de 5.32° a -3.11°) refuerza además la idea de que esta deformación no está alineada con los ejes del sensor, lo que contribuye a la asimetría espacial observada en el mapa 3D. No se trata de una degradación uniforme, sino de una redistribución compleja de la energía en función de la posición.

En términos prácticos, esto explica por qué en el 100 mm la caída de MTF50 y MTF30 no se ve compensada: no es solo que haya menos energía útil, sino que esta **se reparte de forma menos eficiente y más direccional**. La PSF periférica, más ancha y alargada, reduce tanto la capacidad de resolver detalle fino como la de sostener el contraste en frecuencias medias.

En conjunto, la PSF confirma que el 100 mm mantiene un núcleo de alto rendimiento en el centro, pero presenta una degradación fuera de eje más compleja que en focales anteriores: **mayor dispersión, mayor direccionalidad y menor concentración de la energía**, lo que se traduce en una pérdida de uniformidad más marcada en la imagen final.

La comparación entre **MTF50 y MTF30 en el 100 mm** (Tablas 8 y 9, Fig. 58 y 59) refuerza, pero también matiza, la lectura obtenida a partir de las curvas.

FOCAL 100 MM	LW/PH 50%
CENTRO	2431
LATERAL IZQ.	1867
ESQUINA SUPERIOR IZDA	1035
ESQUINA INFERIOR DCHA	1138

Tabla 8

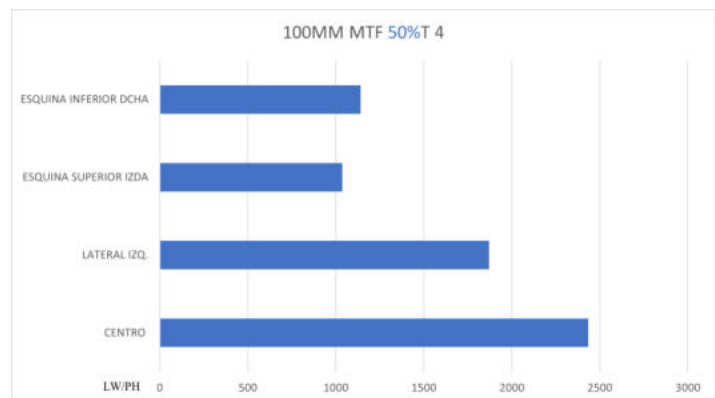


Figura 58

FOCAL 100 MM	LW/PH 30%
CENTRO	3470
LATERAL IZQ.	2615
ESQUINA SUPERIOR IZDA	1535
ESQUINA INFERIOR DCHA	1530

Tabla 9

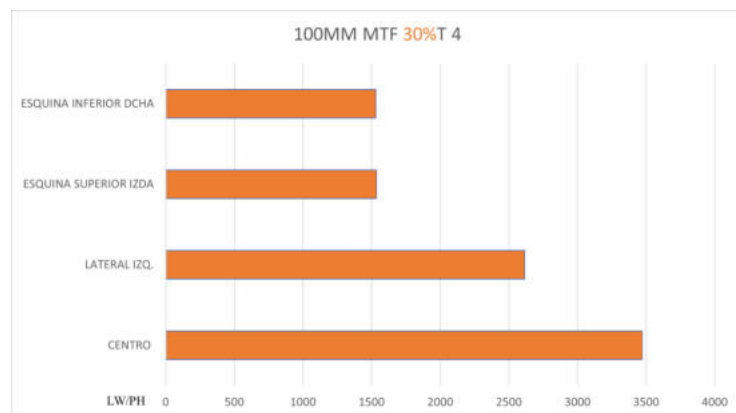


Figura 59

Lo más significativo es que el paso de MTF50 a MTF30 produce un **incremento proporcional elevado en todas las zonas**, lo que indica que la lente conserva una cantidad importante de energía en frecuencias medias incluso allí donde el detalle fino ya ha caído. Es decir, aunque la resolución estricta disminuye con rapidez fuera del eje, **la estructura general de la imagen se mantiene mejor de lo que sugiere el MTF50 por sí solo**.

Sin embargo, esta “recuperación” no es homogénea. En el centro, el aumento entre MTF50 y MTF30 es muy alto, lo que confirma una respuesta especialmente sólida en términos de contraste y definición global. En la zona lateral, el comportamiento sigue siendo relativamente consistente: el valor MTF30 mantiene una relación consistente con el rendimiento del centro, lo que sugiere que la imagen mantiene cohesión en esa franja intermedia del encuadre.

El punto clave aparece en las esquinas. Aunque el MTF30 mejora claramente respecto al MTF50, la distancia relativa respecto al centro **sigue siendo muy grande**. Esto implica que la pérdida en esas zonas no es solo de alta frecuencia, sino que afecta también a frecuencias medias. En otras palabras, **no hay una compensación perceptual suficiente**: el aumento de MTF30 no logra equilibrar la caída observada en MTF50.

Este comportamiento sitúa al 100 mm en una posición intermedia entre lo visto en el 50 mm y el 75 mm. Como en el 75 mm, la caída afecta tanto a resolución como a microcontraste, pero, como en el 50 mm, aún se conserva cierta base estructural en la imagen. El resultado es una lente donde el centro destaca con claridad, mientras que la periferia **mejora ligeramente al considerar MTF30, pero sin llegar a integrarse de forma homogénea**.

En términos visuales, esto se traduce en una imagen con **centro muy sólido y con buen “cuerpo” tonal**, pero con bordes que, aunque no se descomponen completamente, siguen mostrando una pérdida evidente de consistencia.

La curva radial de MTF30 del 100 mm (*Fig. 60*) permite afinar la lectura de la resolución desde una perspectiva más perceptual, centrada en cómo se mantiene el contraste en frecuencias medias a lo largo del campo. En la zona central, la respuesta es alta y estable, lo que confirma que la lente no solo ofrece una buena resolución en el eje, sino también una base sólida de microcontraste capaz de sostener la estructura de la imagen.

A medida que nos alejamos del centro, la curva desciende de forma progresiva, pero introduce un matiz relevante: el comportamiento no es idéntico en todas las direcciones. La respuesta horizontal se mantiene durante más recorrido, mientras que la vertical cae con mayor rapidez, generando una separación entre ambas. Este desfase no es constante, sino que evoluciona a lo largo del campo hasta el punto de que **las dos curvas llegan a cruzarse**.

Este cruce tiene un valor interpretativo importante. Indica que el rendimiento relativo de la lente cambia según la posición en la imagen: en determinadas zonas una orientación (sagital u horizontal) reproduce mejor el detalle, mientras que en otras es la orientación opuesta (meridional o vertical) es la que ofrece mejores resultados. No se trata, por tanto, de una simple pérdida de resolución, sino de una **variación direccional del**

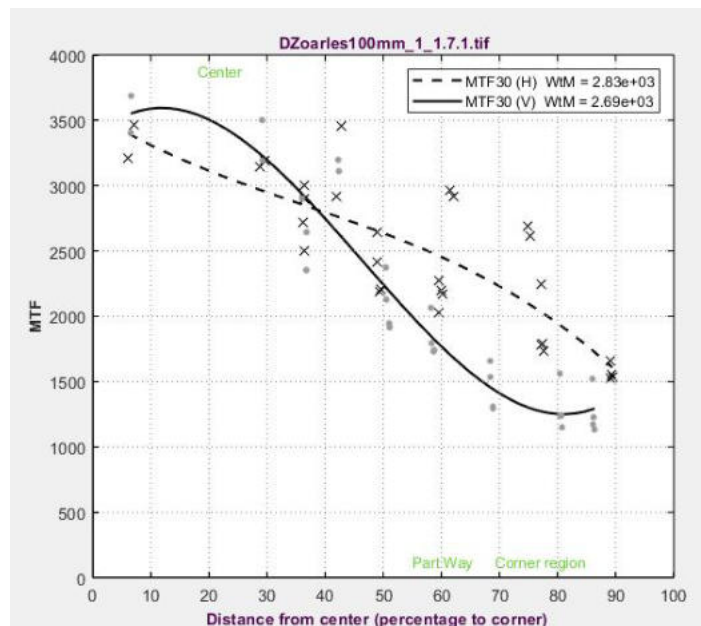


Figura 60

determinadas zonas una orientación (sagital u horizontal) reproduce mejor el detalle, mientras que en otras es la orientación opuesta (meridional o vertical) es la que ofrece mejores resultados. No se trata, por tanto, de una simple pérdida de resolución, sino de una **variación direccional del**

rendimiento, lo que explica que detalles con distinta orientación espacial no se reproduzcan con la misma eficacia.

Este comportamiento es característico de aberraciones fuera de eje, especialmente del astigmatismo, donde el sistema óptico no enfoca por igual las distintas orientaciones del detalle. Como consecuencia, la energía no se concentra de forma uniforme y el plano de mejor enfoque varía según la dirección, lo que introduce una cierta imprecisión en la reproducción de la imagen.

En términos visuales, esto se traduce en una nitidez que no solo disminuye hacia la periferia, sino que lo hace de forma dependiente de la orientación de las estructuras: algunos contornos pueden conservar mejor definición que otros según su dirección. Esto afecta a la coherencia de las texturas y refuerza la sensación de pérdida de uniformidad ya observada en las curvas MTF y en el análisis espacial.

En conjunto, la curva radial de MTF30 confirma que el 100 mm mantiene un buen rendimiento en el eje, pero presenta una degradación progresiva que, además de acusada, es **direccional y variable**, consolidando su carácter como una óptica de fuerte rendimiento central, pero con menor consistencia fuera de eje.

Aberración cromática.

El análisis de la aberración cromática en el 100 mm introduce un matiz interesante respecto a lo observado en resolución: **la lente mantiene un control cromático relativamente contenido en el centro, pero con una progresión clara hacia los laterales.**

En la zona central (*Fig 61*), los valores son bajos y las curvas RGB aparecen bastante próximas, lo que indica una buena convergencia de los canales. El dato de CA (área) ≈ 0.262 px y un CA (crossing) ≈ 0.095 px sitúan la aberración en un nivel reducido, prácticamente imperceptible en condiciones normales de visionado. Esto es coherente con la PSF relativamente compacta en el eje: la energía no solo está concentrada, sino también bien alineada cromáticamente. Sin embargo, al desplazarnos hacia zonas laterales (*Fig. 62 y 63*), la situación cambia de forma clara. La separación entre canales aumenta y la transición del borde se vuelve más escalonada entre RGB. Aquí los valores crecen hasta CA (área) ≈ 1.74 px con un crossing ≈ 1.23 px, lo que ya indica una aberración cromática lateral evidente. Este incremento no es trivial: implica que los distintos canales ya no coinciden en el mismo punto del borde, generando fringing visible en situaciones de alto contraste.

En el extremo opuesto del encuadre (lado derecho), los valores se mantienen en una magnitud similar (≈ 1.5 px de CA área y ≈ 1.15 px de crossing), lo que sugiere un comportamiento bastante

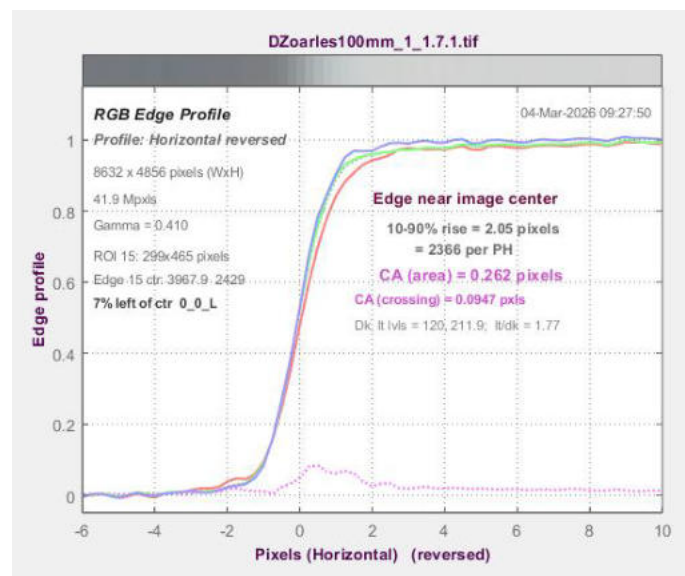


Figura 61

coherente entre ambos lados. Es decir, a diferencia de lo que ocurría en resolución, aquí la aberración cromática presenta **menos asimetría global**, aunque sí una clara dependencia con la distancia al centro.

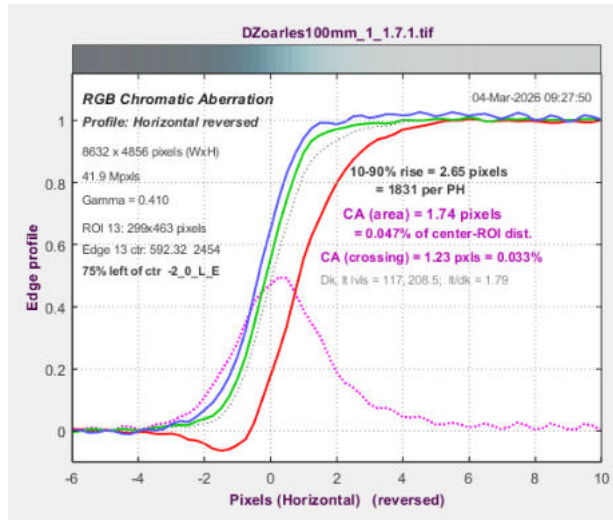


Figura 62. Lateral izquierda

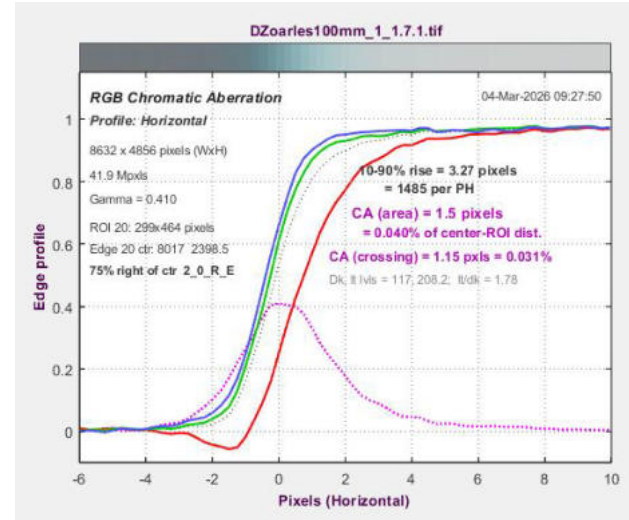


Figura 63. Lateral derecho

Desde el punto de vista del perfil de borde, esto se traduce en una separación progresiva de las curvas RGB: el canal rojo suele quedar más desplazado, mientras que el azul y el verde se mantienen relativamente más próximos. Esta diferencia define el carácter del fringing, que tenderá a manifestarse con dominantes específicas en los contornos.

Relacionándolo con el resto del análisis, aparece una lectura coherente:

- La caída de MTF y la deformación de la PSF indicaban una pérdida de nitidez y coherencia fuera de eje.
- Aquí vemos que esa degradación va acompañada de una **desalineación cromática creciente**.

En conjunto, el 100 mm combina un centro limpio y bien corregido con una periferia donde la aberración cromática lateral se vuelve significativa. No alcanza valores extremos, pero sí suficientes para hacerse visibles en condiciones exigentes, reforzando la idea general de esta focal: **alto rendimiento axial, pero con degradación progresiva —tanto espacial como cromática— hacia los bordes**.

El gráfico radial de aberración cromática del 100 mm (Fig. 64) permite leer con bastante claridad **cómo crece y se organiza la desviación cromática a lo largo del campo**, y añade un matiz importante respecto a focales anteriores: no solo aumenta con la distancia, sino que lo hace de forma **asimétrica entre pares de color**.

En la zona central ($\approx 0\text{--}30\%$ del campo), ambas curvas se mantienen muy próximas a cero. Las desviaciones están en el orden de $\leq 0.2\text{ px}$, lo que se sitúa en un nivel perceptivo muy bajo. Esto confirma una buena alineación cromática en el eje, coherente con lo observado en los perfiles de borde.

A partir de ahí, las curvas comienzan a divergir de forma progresiva. El par **R-G (curva roja)** crece de manera continua, alcanzando valores en torno a **0.5–1 px en la zona media ($\approx 40\text{--}60\%$)**,

lo que ya entra dentro de un rango donde el *fringing* puede comenzar a hacerse visible únicamente en bordes de muy alto contraste. Es una transición suave, sin saltos bruscos, lo que indica que la aberración se introduce de forma estructural y no como anomalía local.

El comportamiento más interesante aparece hacia la periferia ($\approx 70\text{--}90\%$ del campo). Aquí, la curva R-G se acelera y alcanza valores de **1.5–2 px**, situándose claramente en el rango **moderado a medio-alto**, donde el *fringing* se vuelve visible en condiciones de alto contraste. Esta progresión no es lineal, sino que presenta una pendiente creciente, lo que indica que la aberración se intensifica con rapidez en el último tramo del campo.

Por el contrario, el par **B-G (curva azul)** muestra un comportamiento distinto: tras mantenerse cerca de cero en la zona central, comienza a desplazarse en sentido negativo y alcanza valores de aproximadamente **–0.5 px en las esquinas**. Esto no implica menor aberración, sino una **desviación en dirección opuesta**. El resultado es una separación cromática diferencial: los canales no solo se separan, sino que lo hacen en sentidos distintos (Consultar *Tabla 5*).

Este patrón define un comportamiento claramente **anisotrópico desde el punto de vista cromático**. La aberración no afecta por igual a todos los canales, y el rojo se convierte en el componente dominante en la desviación. Esto tiene una consecuencia directa en la imagen: el *fringing* tenderá a manifestarse con una dominante específica (amarillo-rojizo/azul-cian), en lugar de ser neutro (*Fig. 65*).

Las cruces (mediciones individuales) muestran además una dispersión moderada, especialmente en la periferia, lo que indica que, aunque la tendencia general es clara, existen variaciones locales entre distintas zonas del encuadre. Esto refuerza la lectura ya vista en el mapa 3D: la degradación no es completamente uniforme.

En conjunto, el gráfico radial confirma que el 100 mm presenta un comportamiento bien controlado en el centro, pero con una **aberración cromática lateral que crece de forma progresiva y diferenciada por canales**, alcanzando niveles perceptibles en las esquinas. Este

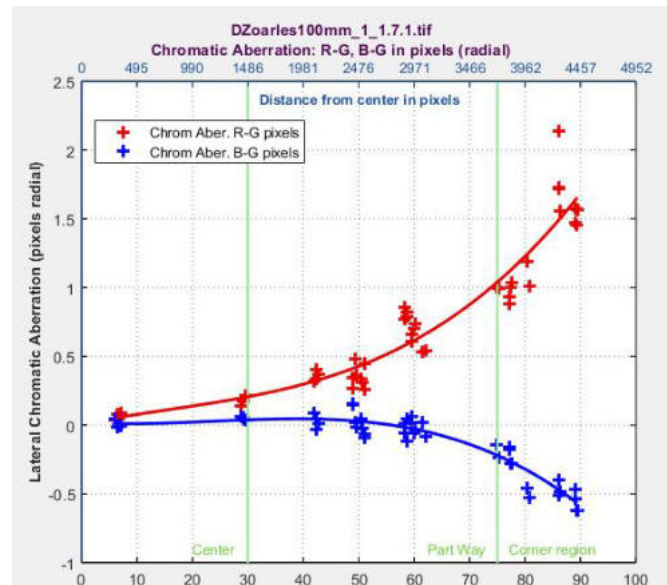


Figura 64



Figura 65. Aberración cromática lateral del 100 mm. Detalle ampliado $\times 1500$ de una perforación lateral de la carta *Via Stellae*, con ligero incremento de contraste y la saturación para evidenciar la separación de los canales.

crecimiento, más acusado en el par R–G, define el carácter cromático de la lente y se alinea con la pérdida de uniformidad espacial y direccional observada en el resto de métricas.

La distorsión geométrica

El análisis de distorsión geométrica (*Fig.66*) muestra un comportamiento muy próximo al neutro, con un valor de -0.257% de tipo barril. Esta magnitud se sitúa muy por debajo del umbral de percepción en condiciones normales de visualización, lo que se traduce en una reproducción fiel de las líneas rectas sin deformaciones apreciables. Los parámetros de control —relación de aspecto de píxel cercana a la unidad y ángulos de convergencia mínimos— confirman además la fiabilidad de la medición. En conjunto, la lente presenta una estabilidad geométrica muy alta, coherente con su carácter teleobjetivo, donde la compresión espacial responde a la perspectiva y no a la distorsión óptica.

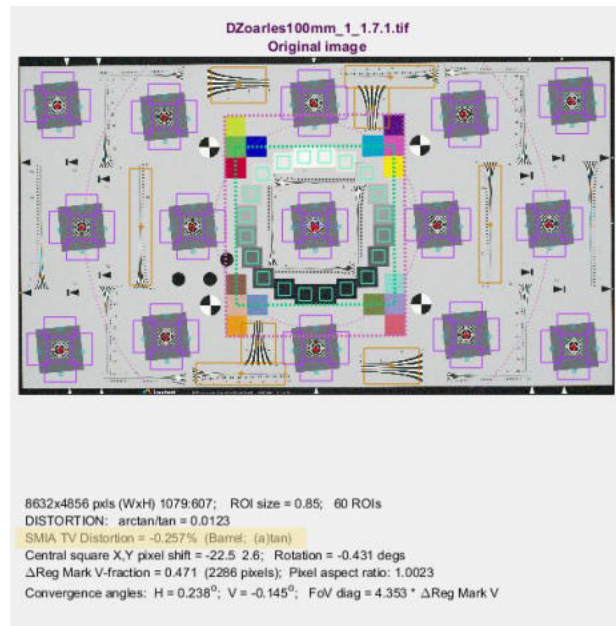


Figura 66

Adriana Bernal: *Sí percibí ligeras distorsiones geométricas en las focales más angulares, pero nada que me pareciera exagerado ni problemático.*

En la práctica, la deformación aparecía sobre todo en los bordes del cuadro, especialmente en interiores o cuando había líneas arquitectónicas muy marcadas. Pero nunca tuve la sensación de que el espacio se rompiera o de que las verticales se deformaran de forma excesiva. La imagen seguía siendo bastante natural y fácil de controlar en composición.

A medida que aumentaba la focal, la geometría se volvía mucho más neutra. En los normales y especialmente en los teles, la distorsión prácticamente desaparecía y la sensación espacial dependía mucho más de la propia compresión de la focal que de deformaciones ópticas de la lente. Creo que una de las cosas más interesantes del conjunto es justamente que la transición entre focales se siente bastante coherente. Aunque los angulares tienen un poco más de expansión espacial y cierta curvatura en los bordes, nunca aparece un salto brusco al pasar a focales normales o teles largos. Eso ayudaba bastante a mantener continuidad visual dentro de la película.

La variación de la luminosidad

En el caso del 100 mm, y a modo de referencia, se ha evaluado el comportamiento a T1.4, además del valor T4 empleado en el resto del análisis. La variación de luminosidad en función del diafragma es extrapolable al conjunto de focales estudiadas, aunque aquí se presentan únicamente los resultados correspondientes al 100 mm.

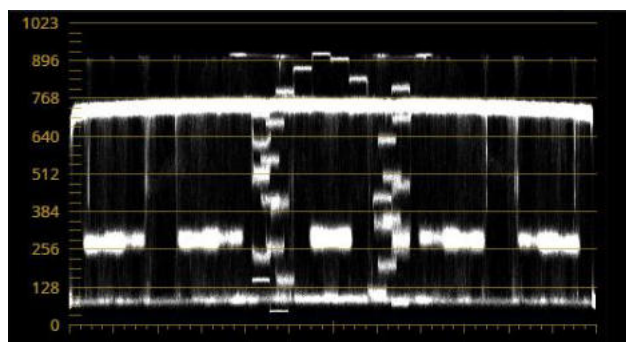


Figura 67. 100mm T4

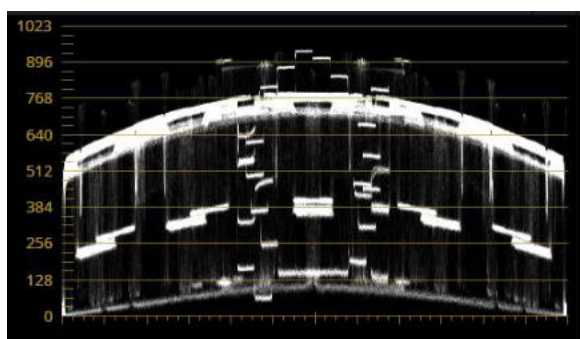


Figura 68. 100mm T 1.4

A partir del monitor de forma de onda es posible estimar de manera perceptiva la caída de luminancia en el encuadre. A T4 (Fig.67), la diferencia entre centro y periferia se sitúa aproximadamente entre un 10% y un 15% de luminancia ($\approx 0.2\text{--}0.3$ EV). Al abrir a T1.4 (Fig.68), esta caída aumenta hasta valores en torno al 25–30% ($\approx 0.45\text{--}0.5$ EV), lo que refleja un incremento del viñeteo a máxima apertura, aunque aún dentro de un rango moderado.

El análisis del *flare* (*veiling glare*) introduce un matiz relevante en la interpretación de la uniformidad luminosa. Mientras el viñeteo describe una pérdida progresiva de iluminación hacia la periferia, el velo pone de manifiesto un fenómeno complementario: la redistribución de la luz dentro de la imagen a través de reflexiones internas.

Esta luz parásita eleva el nivel de negro y reduce el contraste global, generando una imagen que, especialmente en presencia de fuentes intensas frente a zonas oscuras, adquiere una cualidad “cremosa”.

Adriana Bernal: *Eso sí fue un tema importante durante el rodaje, sobre todo en las focales largas. Utilizamos bastante los teles y para el foquista no siempre era fácil trabajar con ellos. La suavidad característica de las Arles, especialmente en combinación con escenas oscuras y en contrastes moderados, hacía que encontrar el punto exacto de foco fuera más complicado de lo habitual. En las pruebas también aparecía algo relacionado con esto: aunque las lentes mantienen resolución suficiente, el microdetalle y el contraste fino no son extremadamente marcados, especialmente fuera del centro del cuadro. Eso hace que el plano no “salte” inmediatamente a foco de una manera tan evidente como ocurre con ópticas más contrastadas o más nítidas en el detalle.*

*Además, **Indeleble** era una película muy trabajada desde la oscuridad, con muchas escenas en penumbra y una atmósfera bastante contenida. Por eso mismo nunca trabajé con aperturas extremas. Durante los primeros días de rodaje fui modificando mi exposición sin afectar el punto que había elegido para mis escenas en la escala de grises, siempre abrí a 4 y muchas veces a 5.6, dejando a mis personajes en penumbra entre 1.4 y 2. Aun así las condiciones de iluminación seguían siendo exigentes para el foco, especialmente en teles donde la profundidad de campo ya es naturalmente más reducida.*

No era un problema de precisión mecánica de las lentes, sino más bien una combinación entre la textura suave del conjunto, el bajo contraste de algunas escenas y el tipo de imagen que estábamos buscando. Todo eso hacía que el foco exigiera mucha atención y bastante sensibilidad por parte del foquista durante el rodaje.

La comparación con las curvas MTF sugiere que el impacto del velo (*veiling glare*) no se refleja de forma directa en la respuesta en bajas frecuencias. Las curvas mantienen valores elevados en su origen, especialmente en el centro, lo que indica que el contraste local en los bordes se conserva. Sin embargo, esta lectura no recoge completamente la elevación del nivel de negro ni la pérdida de contraste global que introduce la luz parásita.

Esta cualidad encuentra su origen en la propia manera en que la lente distribuye la luz. El análisis de la PSF muestra que, junto a la parte de la luz que define con precisión los contornos, existe una fracción que se dispersa alrededor en forma de halos. Esa luz no construye imagen en sentido estricto, pero sí la envuelve: eleva los negros, suaviza las transiciones y reduce la separación entre planos. Es en esa ligera difusión donde nace el velo, no como un defecto aislado, sino como una presencia que modula la imagen y le confiere una cualidad más suave, especialmente en situaciones de alto contraste.

La comparación de los diagramas 3D (*Fig. 69 y 70*) evidencia un cambio significativo en la distribución espacial de la resolución con la apertura. A T4, la lente presenta una superficie más homogénea, con una meseta central amplia y una caída progresiva hacia la periferia. En cambio, a T1.4 la resolución se concentra en un pico central más acusado, con una degradación más rápida e irregular hacia los bordes.

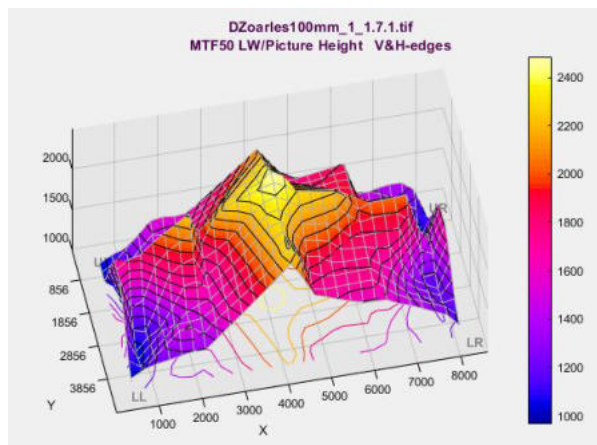


Figura 69. 100mm T 4

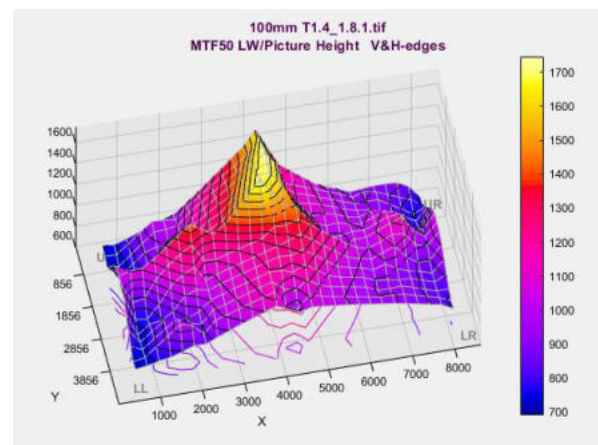


Figura 70. 100mm T 1.4

Aunque los diagramas 3D y el monitor de forma de onda responden a magnitudes distintas — resolución espacial frente a distribución de luminancia—, ambos describen de forma coherente el comportamiento de la lente en el encuadre. A máxima apertura, la concentración de resolución en el centro y su rápida caída hacia la periferia se acompaña de una menor estabilidad luminosa, donde el velo y la redistribución de la luz reducen la separación tonal. Sin existir una relación directa entre ambas mediciones, sí se establece una correspondencia perceptiva: la pérdida de uniformidad en la respuesta espacial se traduce en una imagen menos definida y con menor contraste global.



En este plano filmado con el 100 mm, la imagen muestra una compresión moderada que acerca el fondo —vegetación y lápidas— a los personajes, sin separarlos ni aplastarlos en exceso. Todo queda contenido en un mismo espacio visual, lo que refuerza la relación entre los personajes y el lugar.

La focal permite trabajar con capas claras: un primer término desenfocado que entra como un velo, los personajes en foco y un fondo presente pero contenido. Este uso del espacio no distrae, sino que acompaña la escena.

Este comportamiento encaja con lo observado en el análisis óptico de la lente. La MTF mantiene un buen nivel de detalle en la zona útil, lo que se traduce en rostros definidos sin dureza excesiva. El PSF y el *bokeh* muestran un desenfocado suave y consistente, visible en el primer término, que se integra sin interferir en la lectura. La aberración cromática es baja y progresiva, por lo que no aparecen halos visibles en zonas de contraste. La distorsión es prácticamente nula, manteniendo las líneas del banco y las formas sin alteraciones.

En conjunto, el plano no depende de efectos ópticos evidentes, sino de un equilibrio general: la compresión ordena el espacio, el desenfocado separa sin aislar en exceso y la imagen mantiene su estructura sin deformaciones.

6- FOCAL 135 MM

Las curvas MTF en los distintos lugares de la imagen (Fig. 71 a 74)

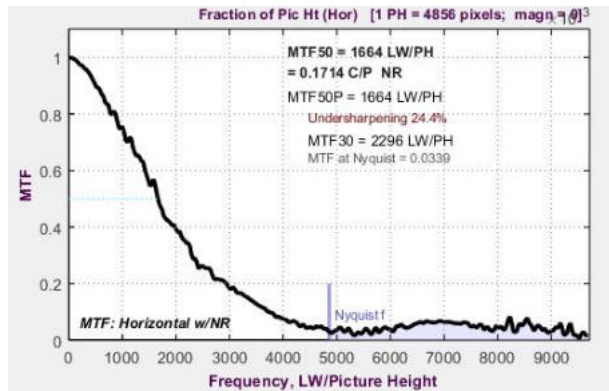


Figura 71. Centro de la imagen

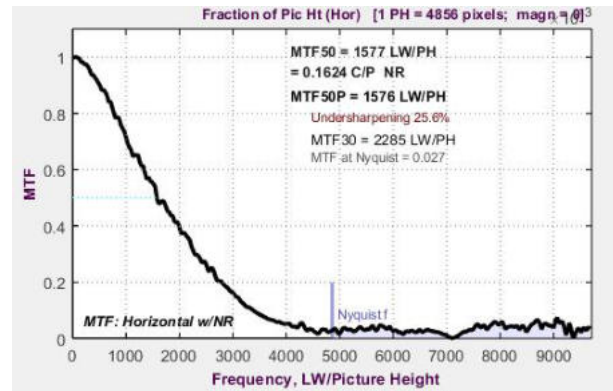


Figura 72. Lateral izquierdo

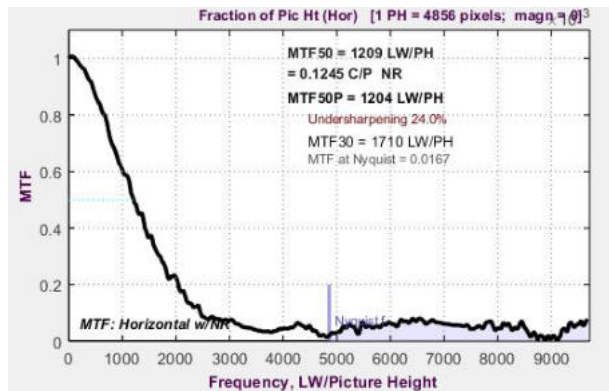


Figura 73. Esquina superior izquierda

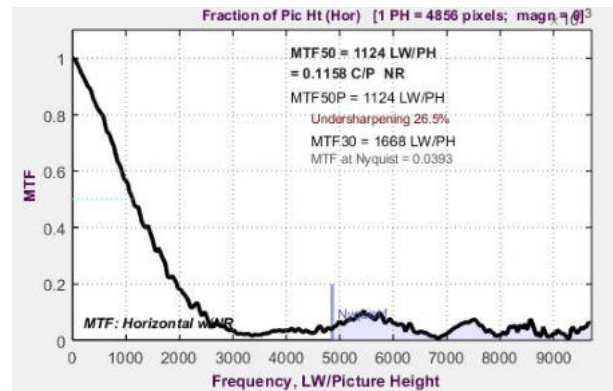


Figura 74. Esquina inferior derecha

Las curvas MTF del 135 mm a T4 (Fig.75) presentan un comportamiento notablemente homogéneo en todo el campo. El valor en el centro alcanza **1664 LW/Ph**, descendiendo de forma contenida hacia el lateral (**1577 LW/Ph**) y más progresivamente hacia las esquinas (**1209 y 1124 LW/Ph**). Esta diferencia moderada —especialmente entre centro y lateral— ya anticipa una buena coherencia espacial.

Más allá de los valores puntuales, la forma de las curvas resulta especialmente significativa. En el rango de bajas y medias frecuencias (hasta aproximadamente 2000–2500 LW/Ph), las curvas mantienen **pendientes similares y relativamente paralelas**, sin separaciones abruptas ni colapsos prematuros en las esquinas. La caída del contraste se produce de manera continua, con una transición suave desde el centro hacia la periferia.

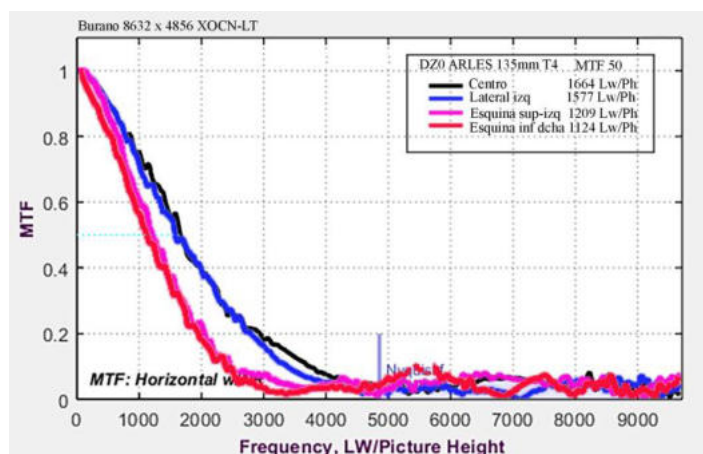


Figura 75. Curvas MTF comparadas.

En frecuencias medias, donde se concentra gran parte de la percepción de nitidez, el centro conserva una ligera ventaja, pero tanto laterales como esquinas mantienen aún una respuesta utilizable, evitando una ruptura estructural de la imagen fuera del eje óptico. Esta continuidad se prolonga hasta frecuencias más altas, donde todas las curvas convergen hacia valores bajos de forma progresiva y sin irregularidades destacables.

En conjunto, tanto la proximidad entre valores como la regularidad en las pendientes indican un comportamiento óptico estable, con una degradación del contraste bien controlada en todo el campo. Frente a respuestas más concentradas en el centro, el 135 mm construye una imagen más equilibrada, donde la resolución se distribuye de manera más uniforme y la transición hacia la periferia se percibe como gradual y consistente.

El diagrama tridimensional de la MTF50 (Fig.76) confirma la lectura derivada de las curvas, mostrando una distribución de la resolución relativamente homogénea en el campo. El centro se sitúa en torno a los 1600–1700 LW/Ph, descendiendo de forma progresiva hacia valores cercanos a 1400–1200 LW/Ph en la periferia, en coherencia con los datos puntuales de MTF. Sin embargo, más allá de esta tendencia general, la superficie no se presenta completamente uniforme, sino que introduce ligeras ondulaciones que evidencian micro-variaciones locales en la respuesta. Estas irregularidades no implican una ruptura estructural, pero sí matizan la aparente paralelidad de las curvas MTF, indicando que la caída de contraste, aunque globalmente suave, no es idéntica en todas las direcciones. En conjunto, la lente configura un campo de resolución continuo y estable, pero con una leve textura espacial que evita una uniformidad completamente plana.

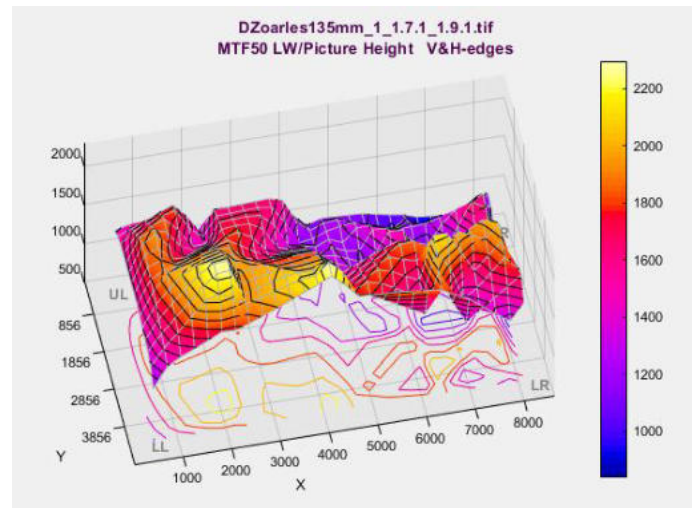


Figura 76

FOCAL 135 MM	LW/PH 50%
CENTRO	1664
LATERAL IZQ.	1577
ESQUINA SUPERIOR IZDA	1209
ESQUINA INFERIOR DCHA	1124

Tabla 10

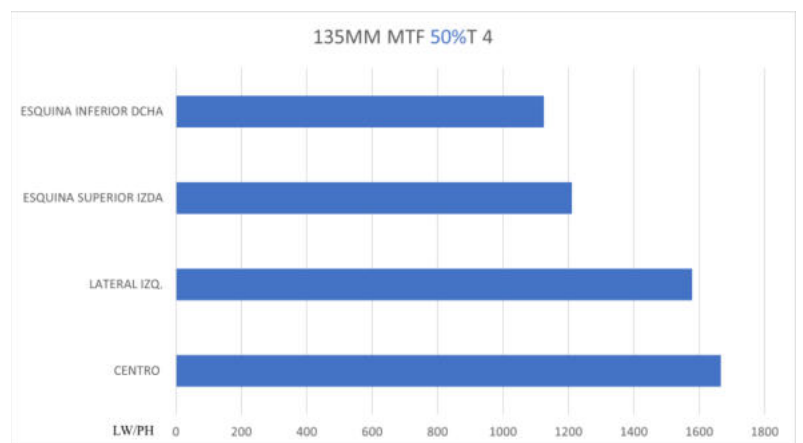


Figura 77

FOCAL 135 MM	LW/PH 30%
CENTRO	2296
LATERAL IZQ.	2285
ESQUINA SUPERIOR IZDA	1710
ESQUINA INFERIOR DCHA	1668

Tabla 11

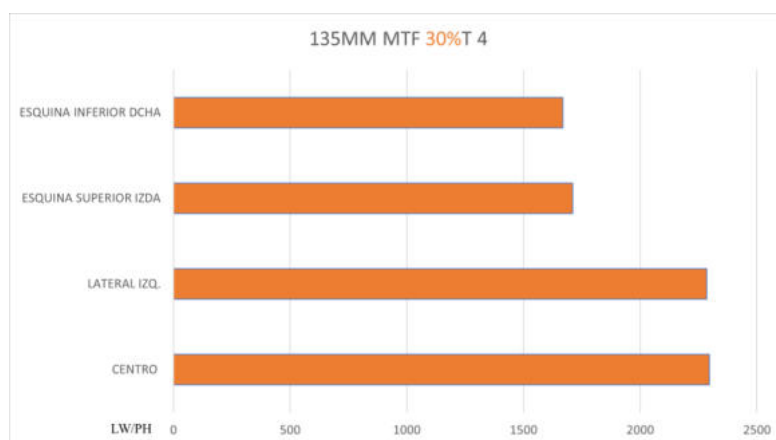


Figura 78

La comparación entre los valores de MTF50 y MTF30 (Tablas 10 y 11, Fig. 77 y 78) en el 135 mm a T4 permite matizar la lectura de su rendimiento. Mientras que el MTF50 sitúa el centro en torno a los 1660 LW/Ph y las esquinas en valores cercanos a 1200–1100 LW/Ph, el MTF30 eleva estas cifras hasta aproximadamente 2300 LW/Ph en el centro y 1650–1700 LW/Ph en la periferia. Esta diferencia evidencia una pendiente relativamente pronunciada en la caída de contraste: la lente conserva con mayor eficacia las frecuencias medias que el detalle fino. Al mismo tiempo, la menor dispersión de valores en MTF30 indica una mayor homogeneidad en la construcción global de la imagen, frente a una degradación más acusada del microdetalle fuera de eje. En conjunto, el comportamiento describe una óptica que prioriza la coherencia estructural y el contraste general sobre la resolución extrema, manteniendo la legibilidad del encuadre mientras introduce una suavización progresiva hacia los bordes.

La relación entre los valores de MTF y el comportamiento del bokeh en el 135 mm resulta especialmente coherente. La mayor retención de contraste en frecuencias medias (MTF30), frente a una caída más acusada del detalle fino (MTF50), se traduce en un desenfoque que privilegia la continuidad tonal sobre la definición precisa de las formas. En el centro, los discos fuera de foco se mantienen relativamente homogéneos, mientras que hacia la periferia se comprimen y adquieren direccionalidad, configurando el característico *cat's eye bokeh*. Esta transición no rompe la imagen, sino que introduce una variación progresiva: el fondo conserva su densidad y coherencia global, pero pierde uniformidad en la forma. En conjunto, la lente mantiene la solidez estructural del encuadre mientras permite que el desenfoque gane expresividad, reforzando una estética más orgánica que analítica.

La lectura de la **curva radial a MTF30 del 135 mm** (Fig.79) revela un comportamiento particular dentro del conjunto, donde la resolución útil no solo se mantiene, sino que presenta una ligera reorganización espacial a lo largo del campo.

En el centro, la respuesta arranca en valores elevados, pero no máximos dentro del rango observado, lo que sugiere una transferencia de contraste moderada en frecuencias medias. Sin embargo, a medida que nos desplazamos hacia zonas intermedias del encuadre, la curva muestra un **ligero incremento**, alcanzando su punto más alto aproximadamente en el entorno del 40–60 % del campo. Este comportamiento —poco habitual frente a la caída progresiva más típica— indica que

la lente no concentra su mejor rendimiento exclusivamente en el eje óptico, sino que lo distribuye de forma más homogénea hacia el área útil de imagen.

A partir de esa zona, ya en la transición hacia la periferia, se observa una **caída progresiva**, más acusada en la componente sagital que en la meridional. La separación entre ambas curvas se hace más evidente en el último tercio del campo, lo que apunta a la aparición de aberraciones fuera de eje que afectan de manera diferencial según la orientación. No obstante, la degradación no es abrupta, sino continua, lo que sugiere un comportamiento óptico controlado incluso en los extremos.

Este perfil —con un leve “abombamiento” en la zona media y una caída contenida hacia los bordes— dibuja una lente que, más que priorizar el máximo rendimiento puntual en el centro, **optimiza la consistencia en una región amplia del encuadre**. Desde una perspectiva cinematográfica, esto se traduce en una imagen donde la nitidez percibida se sostiene de forma estable en las zonas intermedias del encuadre, evitando una jerarquización excesiva entre centro y periferia, aunque manteniendo una cierta suavización en los bordes.

En conjunto, la curva radial a MTF30 del 135 mm describe una óptica equilibrada en su distribución de resolución media, con una zona de máximo rendimiento desplazada hacia el campo intermedio del cuadro y una caída periférica progresiva que introduce carácter sin comprometer la coherencia global de la imagen.

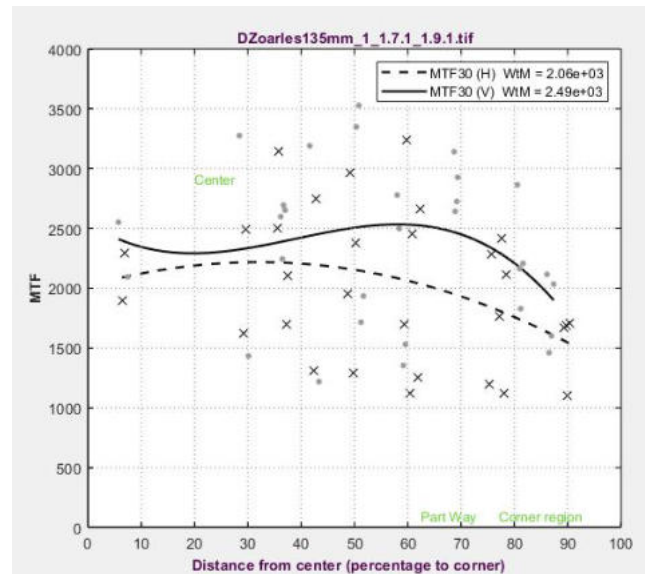


Figura 79

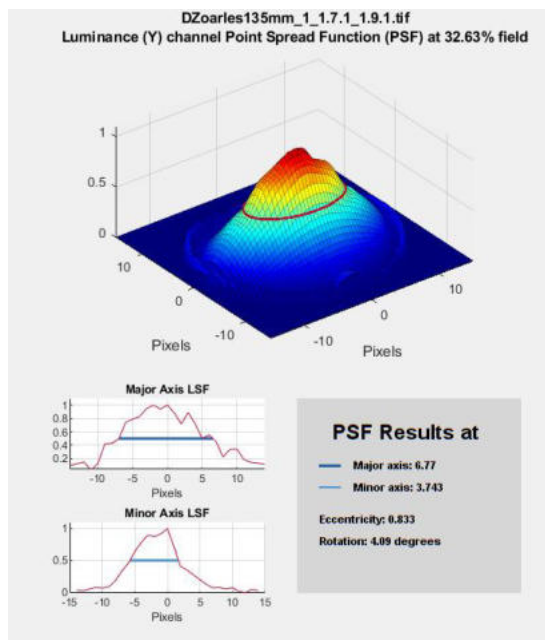


Figura 80

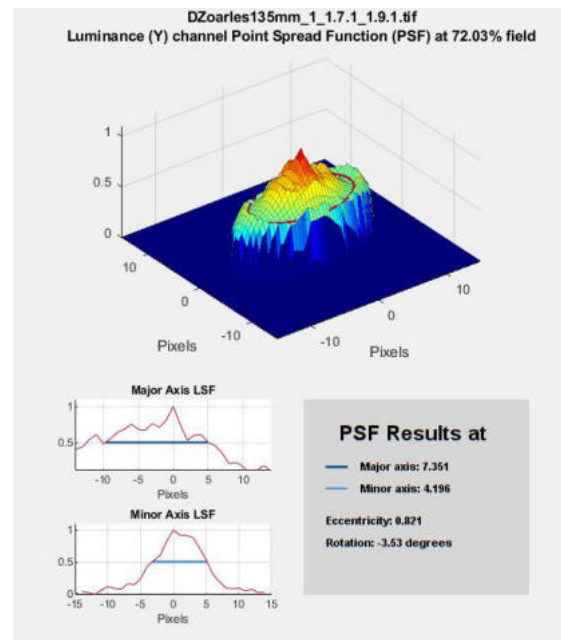


Figura 81

La lectura de los **PSF del 135 mm** encaja de forma muy coherente con lo que ya sugerían tanto la curva radial MTF como el comportamiento general de la lente, pero añade una capa clave: **cómo se organiza espacialmente la energía de la imagen**.

En la zona intermedia del campo ($\sim 30\%$), (Fig. 80) el PSF presenta una forma ya claramente **anisotrópica**, con una elongación marcada (ejes ~ 6.8 vs ~ 3.7 px; excentricidad ~ 0.83). Esto indica que, incluso lejos del centro, la lente no distribuye la energía de forma perfectamente circular. Sin embargo, el núcleo sigue siendo compacto y relativamente limpio, lo que explica por qué en la MTF aparecía ese **ligero incremento en la zona media**: la energía está concentrada, pero no de manera perfectamente isotrópica.

Cuando avanzamos hacia la periferia ($\sim 70\%$), (Fig. 81) el PSF se transforma de manera más evidente. La elongación se mantiene (ejes ~ 7.3 vs ~ 4.2 px), pero sobre todo aparece una **estructura más irregular y “recortada”**, con un perfil menos continuo y más abrupto en sus bordes. Aquí la energía ya no solo se dispersa más, sino que lo hace de forma direccional y menos uniforme. Esto se traduce directamente en la **caída progresiva de la MTF30** y en la mayor separación entre componentes sagital y meridional que observábamos en la curva radial.

Lo interesante es que no se trata de una degradación caótica, sino estructurada:

- en la zona media, la lente **redistribuye la energía sin perder cohesión**,
- en la periferia, **la energía se estira y fragmenta**, introduciendo dirección y carácter propio.

Este comportamiento se alinea también con lo observado en el *bokeh* y en las cartas de desenfoque: la tendencia a la **elipticidad y compresión fuera de eje** no es solo una cuestión estética, sino la manifestación directa de cómo el PSF se deforma a lo largo del campo. Del mismo modo, la separación entre ejes en el PSF refuerza la lectura previa de **astigmatismo y aberraciones fuera de eje**, ya sugerida por la divergencia de curvas MTF.

En conjunto, el PSF del 135 mm confirma una óptica que mantiene un **núcleo de energía relativamente bien contenido en el centro y campo medio**, pero que introduce una deformación progresiva hacia los bordes. Esto no solo explica la evolución de la resolución medida, sino que conecta directamente con la percepción visual: una imagen que conserva presencia y claridad en la zona útil del encuadre, mientras que en la periferia gana una cierta direccionalidad y suavización que contribuyen a su carácter.

Más que una pérdida abrupta de calidad, lo que aparece es una **transformación del modo en que la lente dibuja la luz**, plenamente coherente con todo el análisis previo.

Aberración cromática

La lectura de las **aberraciones cromáticas del 135 mm** confirma, y al mismo tiempo matiza, todo lo que venían sugiriendo la MTF y el PSF: no estamos ante una lente “perfectamente neutra”, sino ante una óptica muy controlada en el eje que introduce carácter de forma progresiva y estructurada hacia la periferia.

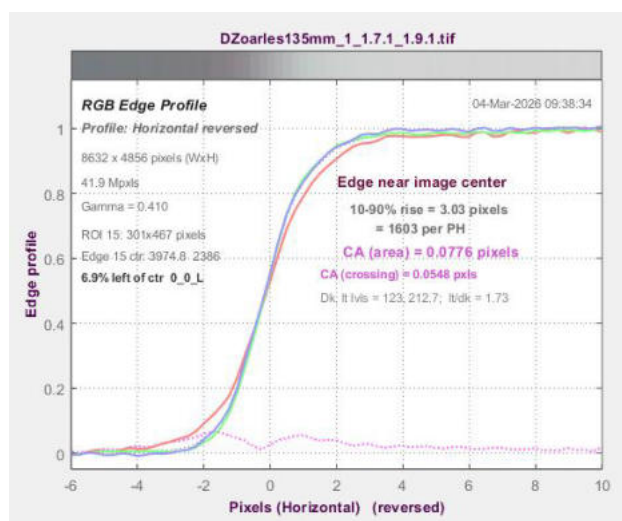


Figura 82. Centro de la imagen

En el **centro** (Fig. 82), la aberración cromática es prácticamente despreciable. Los valores (≈ 0.08 px en área y ≈ 0.05 px en crossing) se sitúan claramente por debajo del umbral perceptivo, y la superposición de los canales RGB es muy limpia. Esto encaja con lo observado en MTF y PSF: un núcleo bien contenido, sin dispersión cromática apreciable, donde la nitidez se sostiene sin contaminación de color.

Al desplazarnos hacia los laterales (≈ 75 % del campo (Fig. 83 y 84), la aberración cromática aumenta hasta valores en torno a 2 px (≈ 1.97 px en el lateral izquierdo y ≈ 2.04 px en el derecho). Este incremento es claramente progresivo respecto al centro, donde la aberración es prácticamente nula. Aunque existe cierta diferencia entre ambos lados —más acusada en el valor de crossing—, el comportamiento general es consistente y no presenta variaciones abruptas. Esto es importante, porque se alinea con la transformación observada en el PSF: la energía no solo se dispersa, sino que lo hace con dirección, y la componente cromática acompaña ese proceso.

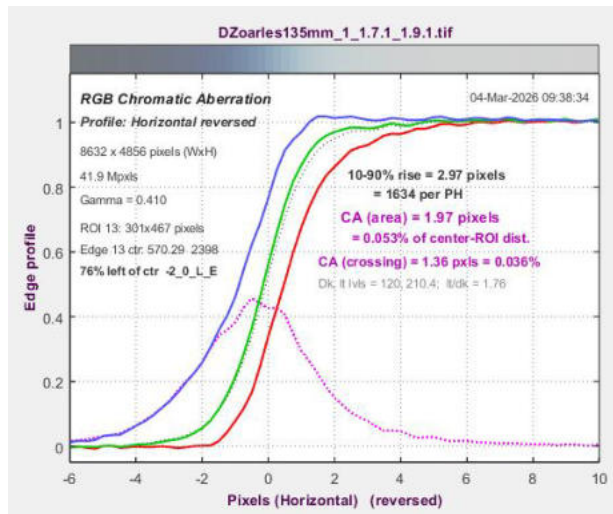


Figura 83. Lateral izquierdo

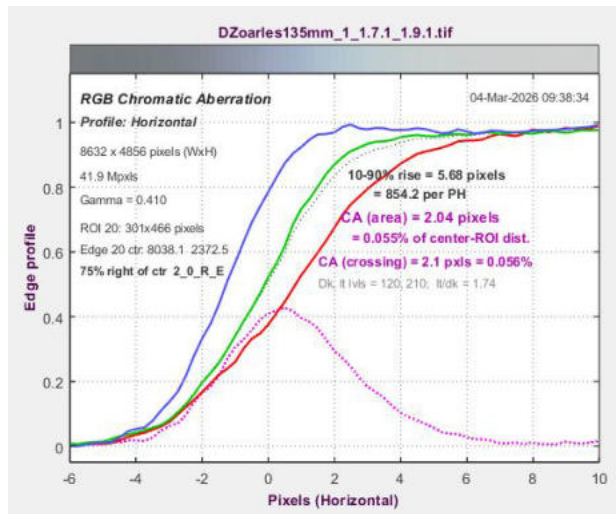


Figura 84. Lateral derecho

Un punto especialmente relevante es que la **aberración cromática forma parte del rendimiento total de la lente**. Es decir, la pérdida de rendimiento en bordes no se debe únicamente a la CA, sino a una combinación de factores (astigmatismo, deformación del PSF, caída de MTF), donde la componente cromática es una capa más dentro de un sistema de aberraciones fuera de eje.

Desde el punto de vista visual, esto se traduce en una imagen donde:

- el centro permanece limpio y neutro,
- el campo medio conserva buena legibilidad,
- y la periferia introduce una ligera contaminación cromática que refuerza la sensación de transición hacia los bordes.

En conjunto, el 135 mm muestra una **aberración cromática muy bien contenida en el eje y progresivamente creciente hacia la periferia**, en línea con un diseño óptico que prioriza la estabilidad central y acepta una cierta expresividad en los bordes. Más que un defecto dominante, la CA forma parte del mismo patrón que ya describían la MTF y el PSF: una lente que no se degrada bruscamente en los extremos, sino que modula gradualmente su comportamiento, manteniendo coherencia entre medición técnica y percepción visual.

El análisis radial de la aberración cromática en el 135 mm (*Fig.85*) permite entender con claridad cómo se organiza la separación de color a lo largo del campo. Desde el centro, donde la desviación es prácticamente nula, las curvas evolucionan de forma continua: la componente R-G crece hasta situarse en torno a **+1.2 px** en la periferia, mientras que la B-G lo hace en sentido contrario, alcanzando aproximadamente **-1.4 px**. Esta divergencia aproximadamente simétrica, sin cambios bruscos de tendencia, define un comportamiento estable y predecible.

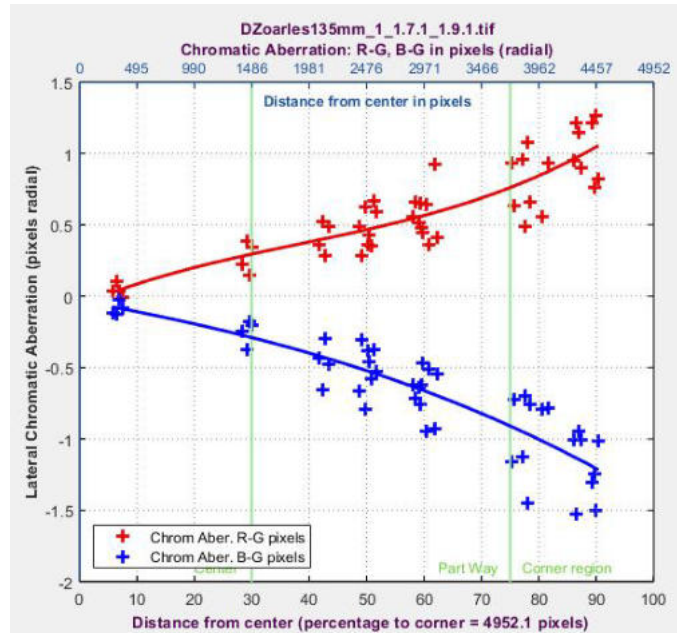


Figura 85

Lo relevante no es solo la magnitud final, sino la manera en que se alcanza. La aberración no aparece de forma repentina, sino que se acumula progresivamente conforme nos alejamos del centro. Incluso en las zonas más externas, donde la separación se hace más evidente, la transición se mantiene continua, sin irregularidades ni dispersión anómala de las mediciones. Esta lectura encaja directamente con lo observado en las mediciones laterales. En el centro, los valores prácticamente despreciables encuentran aquí su correlato en el origen de las curvas. En las zonas intermedias, donde la aberración empezaba a ser visible, el gráfico radial muestra ya una pendiente clara pero controlada. Y en la periferia, donde alcanzaba sus máximos, se confirma que ese incremento responde a una evolución sostenida, no a un comportamiento errático. En conjunto, el 135 mm no elimina completamente la aberración cromática lateral en los bordes, pero la gestiona con coherencia. La separación de color se mantiene ordenada, integrada en la lógica del sistema óptico y alineada con lo que ya indicaban la MTF y la PSF: una lente que modula su rendimiento hacia la periferia sin introducir discontinuidades, manteniendo una imagen estructuralmente consistente.

La distorsión geométrica.

La lectura de distorsión geométrica del 135 mm es, en términos prácticos, muy contenida y coherente con una óptica tele bien corregida (*fig. 86*).

El valor principal que da Imatest —**≈0.054 %** (**arctan/tan**)— sitúa la distorsión en un rango extremadamente bajo. En términos visuales, esto significa que las líneas rectas se mantienen

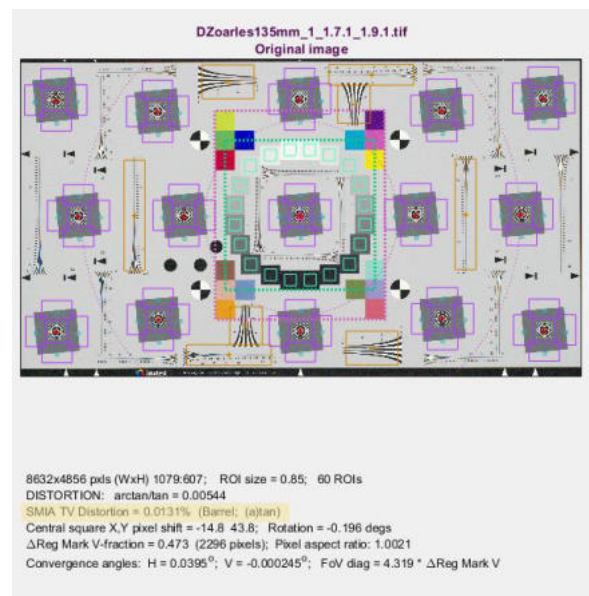


Figura 86

esencialmente rectas en todo el encuadre, sin curvaturas perceptibles ni siquiera en los bordes. No hay una firma clara de barril ni de cojín; si existe, es tan leve que queda por debajo del umbral de percepción en condiciones normales de exhibición cinematográfica.

El dato SMIA ($\approx 0.013\%$) confirma esta lectura: hay una **ligerísima tendencia a barril**, pero es prácticamente residual. No introduce “arqueo” visible en arquitectura ni en líneas estructurales, lo que es especialmente relevante en una focal larga donde cualquier desviación podría amplificarse en planos comprimidos.

Otro aspecto interesante es que no aparecen irregularidades locales ni deformaciones asimétricas. La distorsión es **suave, global y estable**, sin zonas donde el comportamiento cambie bruscamente. Esto indica un buen control del diseño óptico y, sobre todo, una geometría predecible.

El **pixel aspect ratio** (~ 1.002) y la ausencia de desviaciones angulares relevantes refuerzan la idea de que no hay deformaciones adicionales inducidas por el sistema de captura o el pipeline de medición.

Llevado a la imagen real, esto se traduce en algo muy concreto: el 135 mm **no “interviene” en la geometría de la escena**. La compresión espacial que percibimos en los planos no proviene de distorsión, sino exclusivamente de la perspectiva propia de la focal. Es decir, la lente comprime, pero no deforma.

En el contexto del resto del análisis (MTF, PSF y aberración cromática), este comportamiento resulta coherente: se trata de una óptica que aporta carácter en el desenfoque y en la manera en que la imagen cambia gradualmente del centro hacia los bordes — con una nitidez que disminuye de forma progresiva y un desenfoque que, hacia la periferia, deja de ser circular y homogéneo para volverse más elíptico y orientado (bokeh)—, pero sin alterar la geometría del encuadre. Esta combinación —cambio suave en la imagen y estabilidad geométrica— es precisamente la que la convierte en una herramienta especialmente sólida para uso cinematográfico.



Este plano dialoga de forma muy directa con el comportamiento óptico que se ha medido para el 135 mm, hasta el punto de que la imagen parece una traducción práctica de los datos obtenidos.

En primer lugar, la **compresión espacial** que define el plano y cómo este se construye visualmente: el sujeto queda claramente aislado, mientras que el fondo se aproxima sin perder continuidad ni coherencia entre sus elementos. Esta continuidad encaja con la lectura de la **MTF30**,

donde la lente no concentra su rendimiento exclusivamente en el centro, sino que mantiene una respuesta consistente en el campo medio, permitiendo que las figuras del fondo sigan siendo legibles aun estando desenfocadas.

Al mismo tiempo, el **desenfoque del fondo** refleja con bastante fidelidad lo observado en el **PSF**. No se trata de un bokeh completamente neutro o homogéneo, sino de un desenfoque “denso”, con cierta estructura interna y una leve direccionalidad. Esto es coherente con la elongación del PSF en campo medio y periferia: la energía no se distribuye de forma perfectamente circular, sino que introduce una ligera anisotropía que aporta textura al fondo sin romperlo.

En cuanto a la **aberración cromática**, su impacto en este plano es prácticamente imperceptible en el sujeto principal, lo que coincide con los valores medidos en el eje, donde la CA es muy baja. En el fondo, aunque puedan existir separaciones cromáticas en condiciones más críticas, aquí quedan absorbidas por el desenfoque, reforzando la sensación de limpieza general de la imagen. Lo más relevante es que todos estos aspectos no aparecen como fenómenos aislados, sino como partes de un mismo sistema: la ligera caída de resolución hacia los bordes, la deformación progresiva del PSF y el incremento controlado de la aberración cromática convergen en una imagen donde el centro se mantiene firme y el resto del encuadre se suaviza de manera gradual.

En este sentido, el plano rodado con el 135mm **expresa su carácter**: una lente que construye la imagen desde la estabilidad central y la compresión, mientras introduce una transición progresiva hacia un fuera de foco más estructurado en la periferia. El resultado es una imagen consistente y con carácter propio, donde la percepción visual confirma de forma directa lo que el análisis técnico anticipaba.

Adriana Bernal: *Justamente esa suavidad, de la que venimos hablando, ayudaba mucho con las pieles. Aunque las Arles mantienen un nivel de resolución correcto, el microdetalle nunca se vuelve excesivamente marcado, y eso hace que la textura de la piel se vea más natural y menos “recortada”.*

Como ya te comenté en las pruebas también aparecía algo interesante: las lentes conservan definición en el centro, pero la transición del contraste es bastante progresiva y el detalle fino no se separa de manera demasiado agresiva. Eso ayuda a que la piel mantenga textura y volumen sin volverse dura, especialmente en primeros planos o en escenas con iluminación contrastada.

En la práctica, los rostros tenían detalle suficiente, pero sin esa sensación hiper definida que a veces termina haciendo más evidente cada poro o cada imperfección. La imagen seguía siendo precisa, pero con una textura más amable y más orgánica.

7- FOCAL 180 MM

Las curvas MTF en los distintos lugares de la imagen (Fig. 87 a 90)

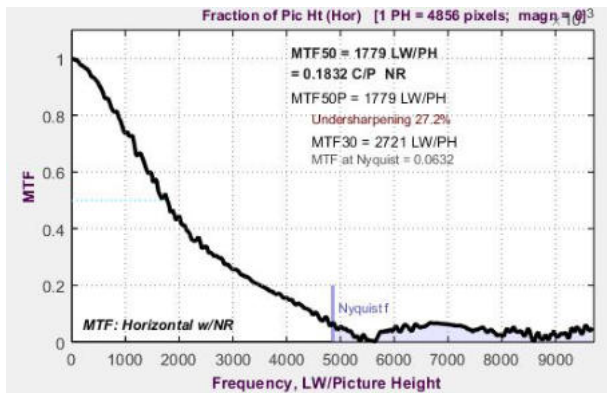


Figura 87. Centro de la imagen

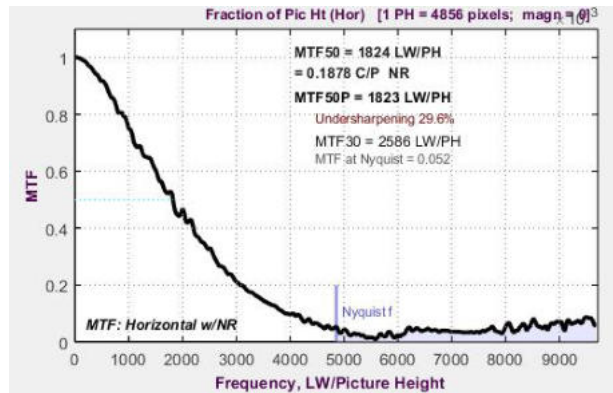


Figura 88. Lateral izquierdo

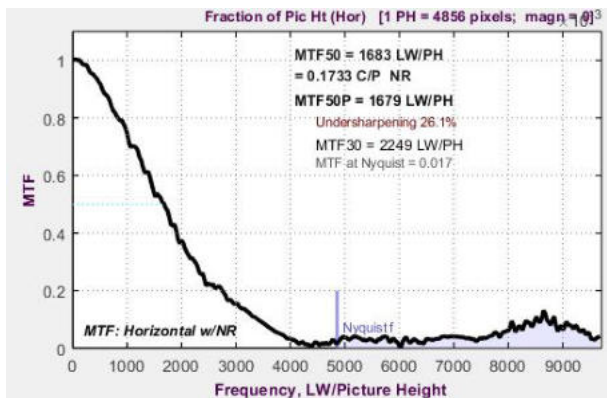


Figura 89 Esquina superior izquierda

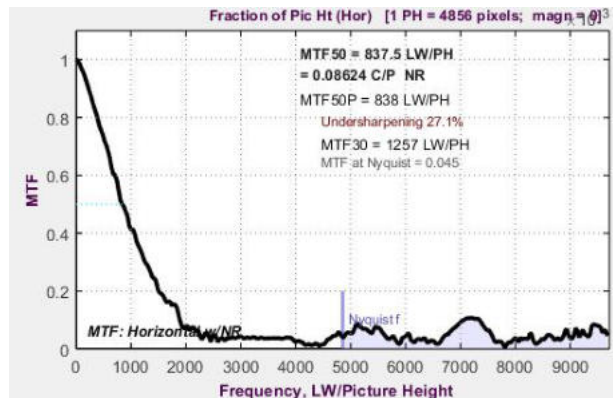


Figura 90. Esquina inferior derecha

La comparación de las curvas MTF (Fig. 91) en distintas zonas del encuadre revela un comportamiento desigual pero estructurado. El centro y las zonas intermedias del encuadre —aproximadamente entre el eje y los bordes— mantienen un rendimiento muy próximo, sin degradación significativa, lo que confirma una buena estabilidad en la mayor parte de la imagen útil. Hacia las esquinas, la respuesta disminuye de forma progresiva, aunque con una marcada asimetría: mientras una de ellas conserva valores relativamente próximos al centro, la opuesta muestra una caída mucho más acusada.

Esta diferencia no responde a una simple reducción uniforme de rendimiento, sino a una variación localizada en el comportamiento fuera de eje, probablemente asociada a aberraciones

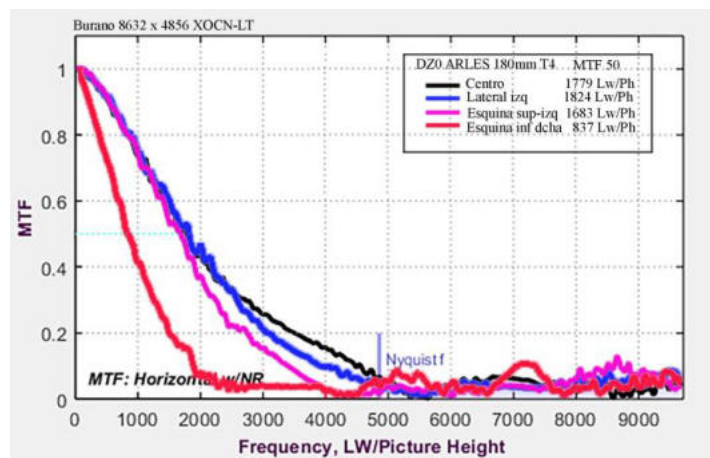


Figura 91

residuales o ligeras desalineaciones. No obstante, la forma general de las curvas se mantiene coherente, lo que indica que la lente no pierde su estructura de respuesta, sino que la modula de forma desigual en el campo.

En términos visuales, esto se traduce en una imagen sólida en el eje y en el campo medio, con una degradación puntual en zonas periféricas que rara vez compromete la lectura general del plano, pero que puede hacerse perceptible en composiciones muy abiertas.

El mapa tridimensional de MTF (*Fig. 92*) permite visualizar con precisión la distribución espacial del rendimiento de la lente. En la zona central se observan valores en torno a **1779 LW/PH**, con una extensión hacia las regiones intermedias que se mantiene en un rango similar, en torno a **1800–1600 LW/PH**, sin caídas abruptas. Esto confirma la estabilidad del centro y de gran parte del encuadre, ya apuntada en el análisis de curvas.

A medida que nos desplazamos hacia la periferia, el rendimiento desciende de forma progresiva, situándose en valores próximos a **1500–1300 LW/PH** en las zonas mejor conservadas del borde, coherente con los **1683 LW/PH** medidos en una de las esquinas. Sin embargo, esta caída no es completamente uniforme: el gráfico revela una región específica del campo donde la respuesta disminuye de forma más acusada, alcanzando valores cercanos a **837 LW/PH**, en línea con lo observado en la esquina inferior derecha.

Esta asimetría no responde a una degradación global del sistema, sino a una variación localizada en el comportamiento fuera de eje. Aun así, la estructura general se mantiene consistente: la lente conserva una base sólida en el centro y en buena parte del encuadre, modulando su rendimiento hacia los extremos sin introducir discontinuidades bruscas.

En conjunto, el 180 mm muestra una distribución espacial del rendimiento que combina estabilidad en el eje con una caída progresiva y direccional en la periferia, coherente con lo observado en las curvas MTF y en el análisis previo del comportamiento óptico.

La comparación entre MTF50 y MTF30 (*Tablas 12 y 13 y fig. 93 y 94*) confirma la coherencia del comportamiento de la lente en todo el campo de imagen. Aunque los valores absolutos descienden hacia la periferia —de forma especialmente acusada en una de las esquinas—, la relación entre ambas métricas se mantiene estable, situándose en torno a una proporción constante. Esto indica que la pérdida de rendimiento no se produce de forma abrupta ni desestructurada, sino mediante una reducción progresiva del contraste a medida que aumenta la frecuencia espacial.

En términos visuales, esta relación se traduce en una imagen que, aun perdiendo microcontraste en las zonas más exigentes, conserva la definición de formas y la legibilidad de la escena. Incluso en las áreas donde el rendimiento es más bajo, la lente mantiene una respuesta coherente, sin rupturas en la estructura de la imagen. Este comportamiento refuerza la idea de una degradación controlada, alineada con lo observado en el resto de los análisis.

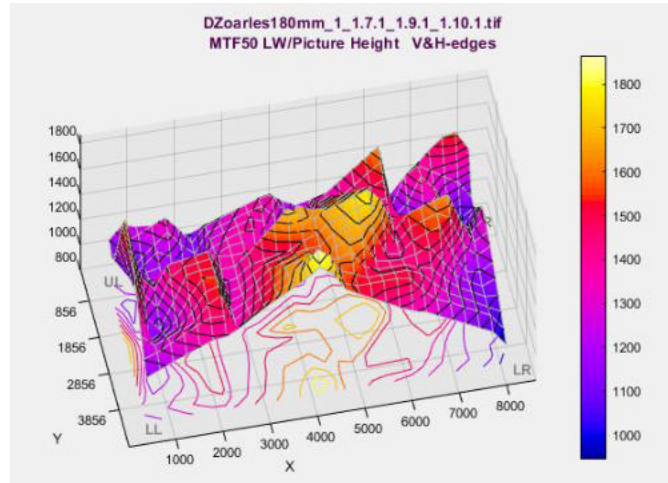


Figura 92

FOCAL 180 MM	LW/PH 50%
CENTRO	1779
LATERAL IZQ.	1824
ESQUINA SUPERIOR IZDA	1683
ESQUINA INFERIOR DCHA	837,5

Tabla 12

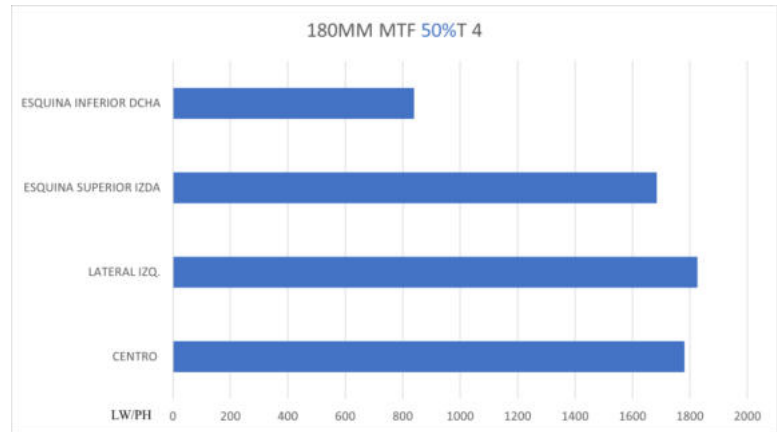


Figura 93

FOCAL 180 MM	LW/PH 30%
CENTRO	2721
LATERAL IZQ.	2586
ESQUINA SUPERIOR IZDA	2249
ESQUINA INFERIOR DCHA	1257

Tabla 13

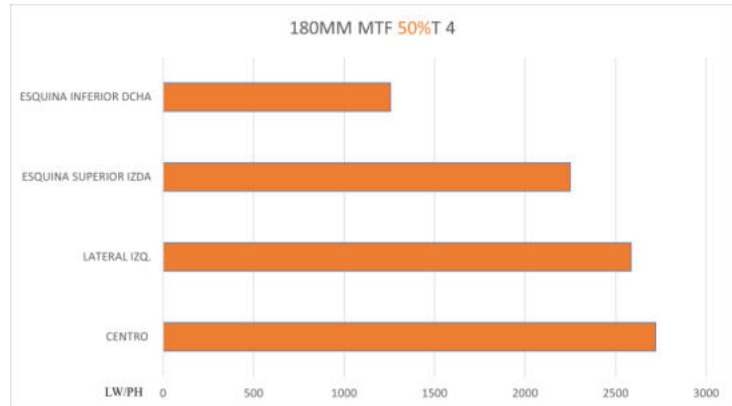


Figura 94

La representación radial de MTF30 en orientaciones horizontal y vertical (Fig.95) permite profundizar en la distribución del rendimiento a lo largo del campo de imagen. La curva muestra un descenso progresivo desde el centro hacia la periferia, pasando de valores cercanos a 2500 LW/PH a niveles en torno a 1800–2000 LW/PH en las zonas más alejadas del eje, sin discontinuidades abruptas.

Sin embargo, este descenso no es completamente uniforme entre orientaciones. A partir de aproximadamente la mitad del campo, se hace visible una separación entre las curvas horizontal y vertical, con un rendimiento ligeramente superior en una de las direcciones.

Esta divergencia, que se acentúa hacia las esquinas, apunta a la presencia de aberraciones fuera de eje de carácter direccional, compatibles con astigmatismo residual o efectos combinados de curvatura de campo.

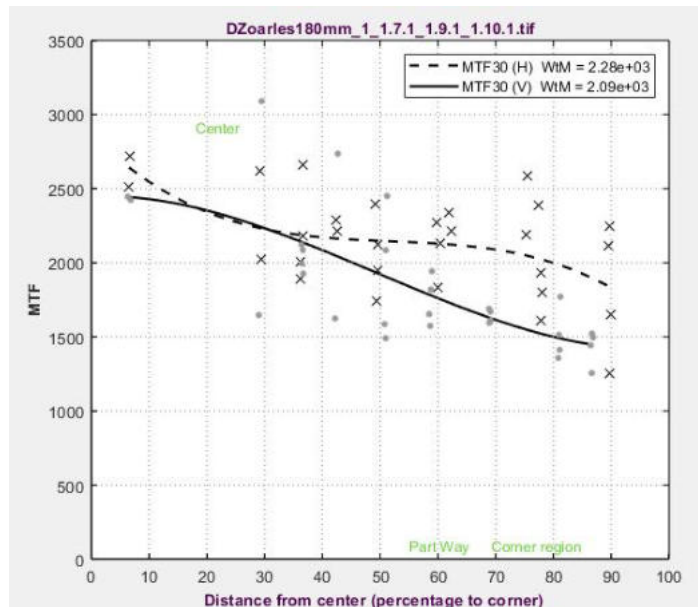


Figura 95

Este comportamiento refuerza las observaciones previas: la lente mantiene una base sólida en el eje, mientras que en la periferia introduce una degradación progresiva que no solo es espacial, sino también dependiente de la orientación.

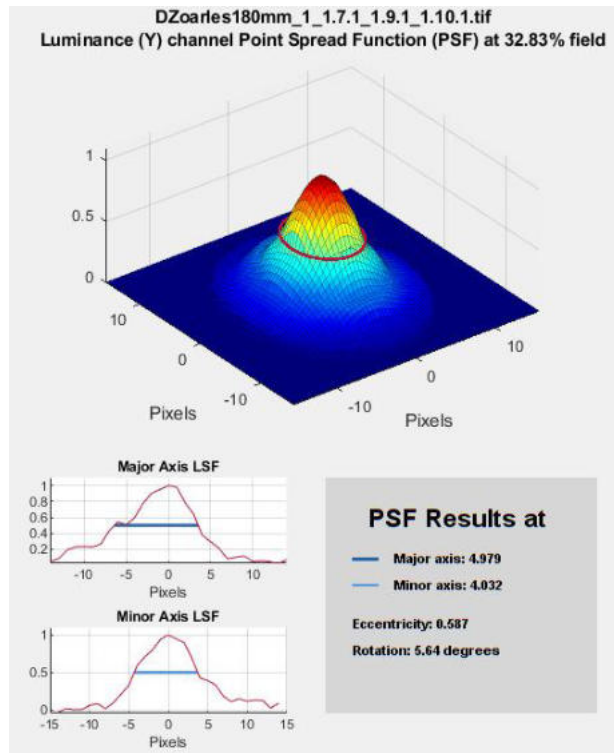


Figura 96

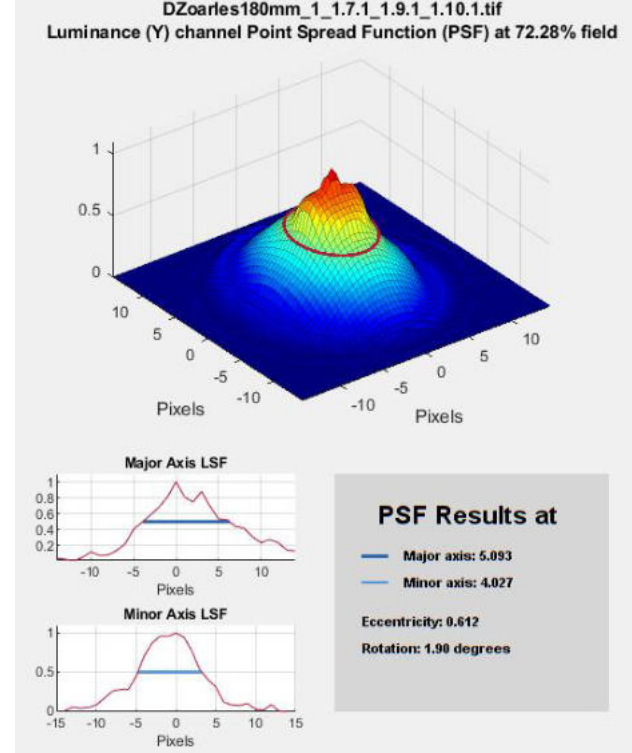


Figura 97

El análisis de la función de dispersión de punto (PSF) (Fig. 96 y 97) confirma el origen físico de las variaciones observadas en el resto de métricas. A medida que se avanza hacia la periferia del campo, la PSF mantiene una estructura compacta, pero incrementa su excentricidad, pasando de valores en torno a 0.58 a aproximadamente 0.61. Esta variación se traduce en una elongación progresiva del punto, con un eje mayor cercano a 5 píxeles frente a un eje menor en torno a 4 píxeles. Esta diferencia entre ejes explica la divergencia observada entre las curvas MTF en orientaciones horizontal y vertical, evidenciando una anisotropía creciente fuera de eje. No se trata de una degradación abrupta, sino de una redistribución direccional de la energía: la lente mantiene su coherencia estructural, pero deja de responder de forma completamente uniforme según la orientación.

La lectura de la orientación de la PSF permite matizar este comportamiento. Aunque la elongación aumenta hacia la periferia, su eje principal se mantiene prácticamente alineado con los ejes horizontal y vertical del sistema, sin una rotación significativa hacia la dirección radial del campo. Esto sugiere que la anisotropía no responde únicamente a un astigmatismo radial clásico, sino que incorpora una componente direccional más estable, vinculada al propio diseño óptico.

Este comportamiento tiene una traducción directa en el desenfoque. La elongación de la PSF se corresponde con la forma elíptica de los discos fuera de foco, cuya orientación sigue esa misma lógica direccional. En paralelo, el viñeteo mecánico introduce la compresión característica del *cat's eye*, alineada con la geometría radial. La combinación de ambos efectos —deformación radial del

haz y elongación interna con orientación estable— da lugar a un desenfoque que no solo varía en forma, sino también en su estructura interna.

En conjunto, la lente no presenta una degradación puramente radial, sino una superposición de comportamientos: una base geométrica asociada al sistema y una anisotropía direccional que se manifiesta progresivamente en la periferia. Esta evolución mantiene la coherencia global de la imagen y define un carácter óptico en el que el desenfoque se transforma de manera controlada, sin degradaciones bruscas.

Aberración cromática

El análisis de la aberración cromática muestra un comportamiento claramente dependiente de la posición en el campo. En el centro, los valores son prácticamente residuales (≈ 0.38 px en área y ≈ 0.1 px en crossing), con una superposición casi completa de los canales RGB, lo que se traduce en una imagen limpia y sin artefactos cromáticos apreciables (*Fig.98*).

A medida que se avanza hacia la periferia, la aberración aparece de forma progresiva. En las zonas laterales, los valores se sitúan en torno a 1.2–1.4 píxeles, con una separación clara entre canales, especialmente visible en bordes de alto contraste. Esta aparición es ordenada y coherente, sin irregularidades ni comportamientos erráticos (*Tabla 14, Fig. 99 y 100*)

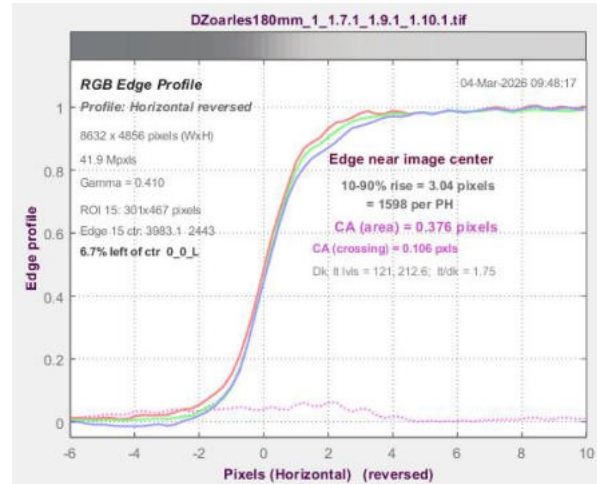


Figura 98

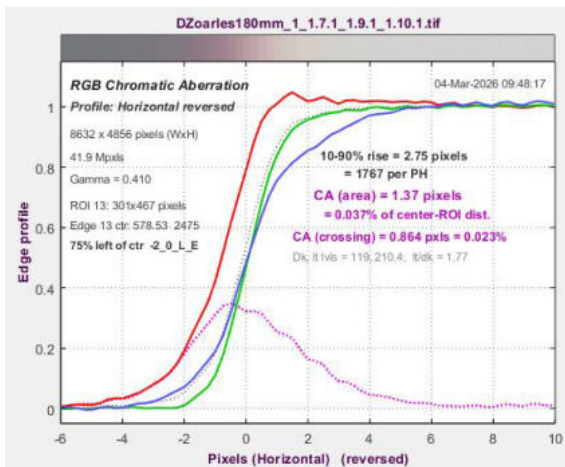


Figura 99. Lateral izquierdo

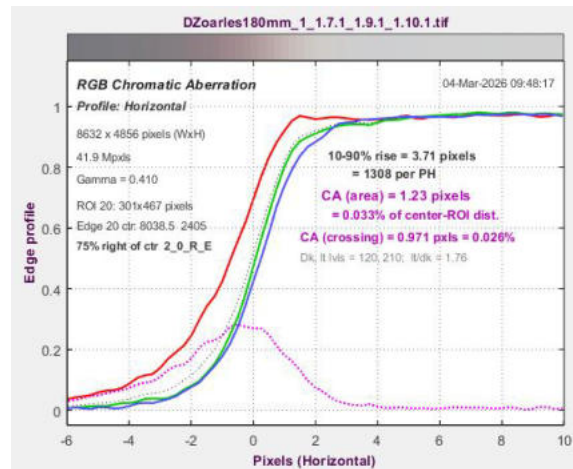


Figura 100. Lateral derecho

Zona	CA área	CA crossing	Lectura
Centro	0.376 px	0.106 px	Prácticamente nula
Lateral izq.	1.37 px	0.864 px	Visible
Lateral dcho.	1.23 px	0.971 px	Visible

Tabla 14

en el centro y con una ligera aparición de *fringing* en los extremos, sin afectar de forma significativa a la imagen en su conjunto.

El análisis radial de la aberración cromática lateral muestra un comportamiento progresivo desde el centro hacia la periferia (Fig. 101). En la zona central, la separación entre canales es prácticamente nula.

A medida que aumenta la distancia al centro aparece el primer patrón claramente definido: la curva azul (B–G) crece de forma progresiva hasta valores positivos en torno a 0.3–0.4 píxeles, mientras que la curva roja (R–G) desciende hacia valores negativos cercanos a -0.6 y -0.9 píxeles. Es decir, los canales se separan en direcciones opuestas. (Ver tabla 5)

En la zona de transición hacia la periferia (aproximadamente entre el 60 % y el 80 % del campo) se observa un punto de inflexión: la curva azul alcanza su valor máximo y comienza a descender, mientras que la curva roja alcanza su mínimo —en torno a -1 píxel— y tiende a estabilizarse. Este cambio indica que la aberración deja de aumentar y entra en una fase más contenida.

En las zonas más periféricas, los valores se mantienen en ese régimen, aunque con mayor dispersión entre mediciones, algo habitual en los extremos de la imagen.

Este comportamiento es coherente con el resto de métricas analizadas: la caída progresiva de la MTF y la ligera elongación del PSF describen la misma evolución, en la que la imagen pierde resolución de forma gradual y con cierta dirección preferente, pero sin degradaciones abruptas. En conjunto, la aberración cromática lateral crece con la distancia al centro, pero lo hace de forma ordenada y predecible, manteniéndose dentro de un régimen controlado en todo el campo de imagen.

La comparación entre ambos lados del encuadre no revela diferencias significativas, lo que indica una buena simetría en la respuesta cromática lateral. En conjunto, la lente muestra un control sólido en eje y una aberración lateral moderada fuera de eje, alineada con la evolución observada en MTF y PSF. Desde el punto de vista visual, esto se traduce en una imagen cromáticamente estable

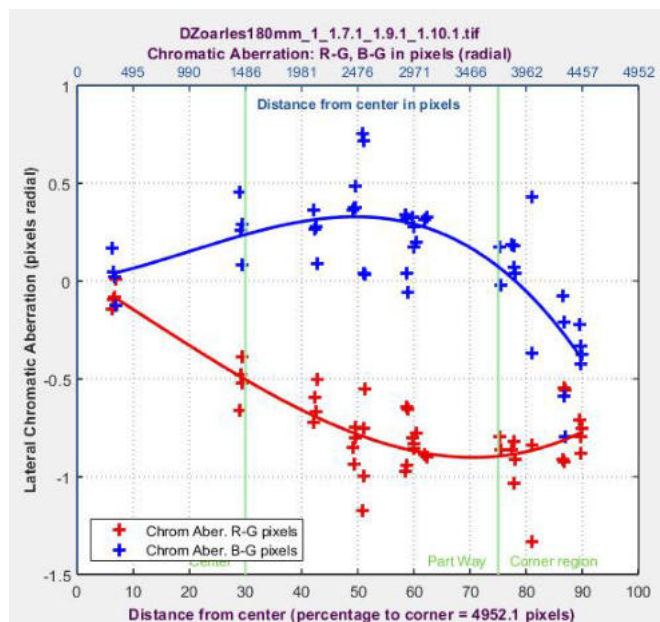


Figura 101. El incremento radial es prácticamente inevitable en un diseño óptico real.

La distorsión geométrica.

El análisis de la distorsión geométrica del 180 mm (*Fig. 102*) muestra un comportamiento muy contenido. El valor global obtenido (0.00508, modelo arctan) y la medida SMIA (0.0167 %) indican una ligera distorsión de tipo barril, pero en niveles muy bajos. En la práctica, no es apreciable en imagen.

Las líneas se mantienen rectas y no hay deformaciones visibles en los bordes del encuadre. Esto permite trabajar con referencias geométricas sin necesidad de corrección adicional, incluso en escenas con arquitectura o elementos estructurados.

Los valores de alineación (desplazamiento del centro de -6.75, -11.2 píxeles y rotación de -0.542°) corresponden al ajuste de la medición y no afectan a la imagen final. El aspecto de píxel (1.0023) y los ángulos de convergencia, prácticamente nulos, confirman que no hay desviaciones relevantes en la geometría.

En conjunto, el 180 mm no introduce deformaciones apreciables en la imagen. Las líneas se mantienen rectas y la forma de los objetos no se altera, por lo que la escena conserva su estructura. La sensación visual viene dada por la compresión de la focal y el desenfoque, no por cambios en la geometría.

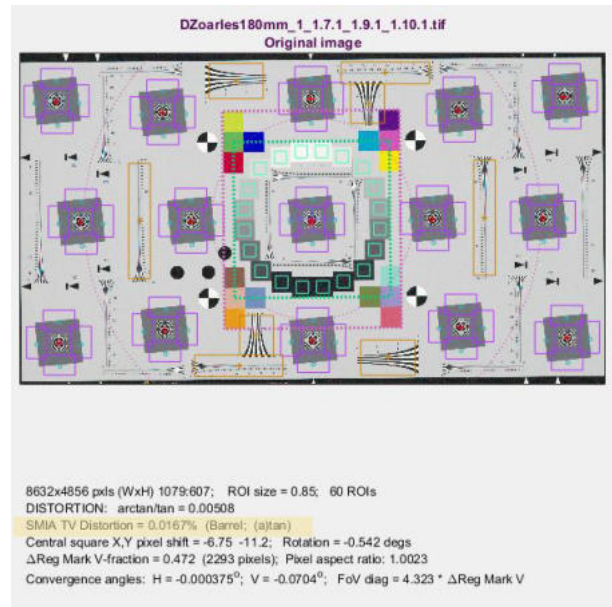


Figura 102

8- Evaluación conjunta de las lentes Arles de DZO estudiadas

Tras analizar individualmente cada focal, resulta posible estudiar ahora el comportamiento del conjunto para identificar tendencias comunes y diferencias significativas entre ellas.

La resolución

En esta comparación hemos incluido las focales 14, 21 y 25 mm, además de las ya estudiadas en profundidad anteriormente. En este caso hemos usado el valor de ciclos por píxel en el centro de la imagen.

Focal (mm)	MTF50 (C/P)	MTF30 (C/P)
14	0,1455	0,202
21	0,2312	0,323
25	0,1578	0,224
35	0,2278	0,352
50	0,1746	0,252
75	0,1863	0,278
100	0,2503	0,357
135	0,1714	0,236
180	0,1832	0,28

Tabla 15

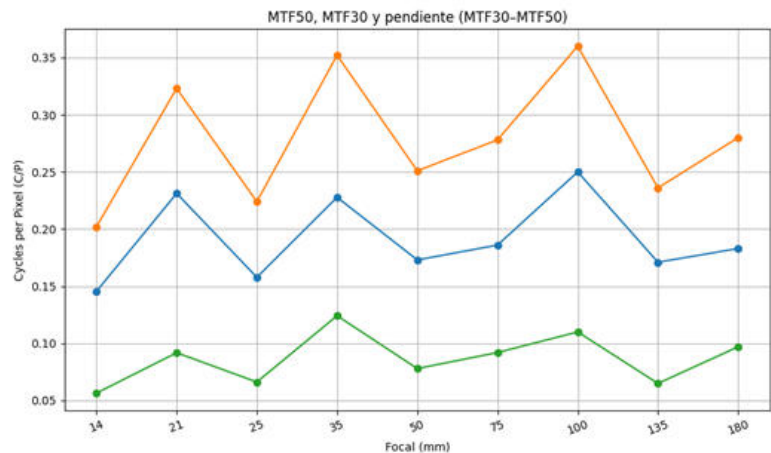


Figura 103

La figura 103 y la tabla 15 representan los valores de MTF50 (azul), MTF30 (naranja) y su diferencia (verde) expresados en ciclos por píxel (C/P). Esta última magnitud MTF30–MTF50 se puede utilizar como aproximación comparativa al comportamiento de la caída del contraste.

Mientras que la MTF50 describe el punto en el que el contraste cae al 50 % y se relaciona con la percepción de nitidez, la MTF30 informa sobre la capacidad de la lente para mantener contraste en frecuencias medias y altas del espectro espacial. La diferencia entre ambas (curva verde) no mide directamente la resolución ni la pendiente completa de la curva MTF, sino que funciona como una referencia comparativa entre dos umbrales de contraste.

En las focales angulares, como el 14 mm ($\approx 0,056$ C/P) o el 25 mm ($\approx 0,066$ C/P), los valores relativamente bajos indican una transición más rápida entre MTF50 y MTF30. Esto sugiere una pérdida más temprana del contraste en frecuencias medias-altas, asociada a una imagen más suave y menos agresiva en el detalle fino. El 21 mm presenta un comportamiento parcialmente diferenciado dentro de este grupo. Aunque mantiene la espacialidad y profundidad características de un angular, sus valores de MTF50 ($\approx 0,231$ C/P) y MTF30 ($\approx 0,323$ C/P) se sitúan entre los más altos del conjunto. La diferencia entre ambos umbrales ($\approx 0,092$ C/P) indica una transición del contraste más progresiva que la observada en el 14 mm y el 25 mm, favoreciendo una imagen con mayor persistencia del detalle y una textura más definida y estable.

En cambio, focales como el 35 mm ($\approx 0,124$ C/P) y el 100 mm ($\approx 0,110$ C/P) presentan diferencias más amplias entre MTF50 y MTF30, lo que indica una caída más progresiva del contraste. En estas

lentes se conserva el contraste útil en un rango espacial más amplio, favoreciendo una representación más continua de texturas y transiciones tonales.

Las focales intermedias, como el 50 mm (≈ 0.078 C/P) y el 75 mm (≈ 0.092 C/P), se sitúan en una posición equilibrada, combinando buena definición con una transición relativamente suave del contraste. En los teles largos, el 135 mm (≈ 0.065 C/P) vuelve a mostrar una transición más rápida del contraste, mientras que el 180 mm (≈ 0.097 C/P) recupera parcialmente una transición más gradual, aunque sin alcanzar los niveles observados en el 35 mm y el 100 mm.

Si esta lectura se pone en relación con los valores absolutos de MTF50, el análisis se completa. Las distintas focales se mantienen dentro de un rango relativamente homogéneo de resolución central —aproximadamente entre 0.145 y 0.25 C/P—, sin caídas críticas ni discontinuidades importantes dentro del conjunto.

Sin embargo, la similitud en resolución no implica necesariamente una misma respuesta visual. Dos lentes con valores de MTF50 próximos pueden producir imágenes diferentes dependiendo de cómo distribuyen el contraste entre frecuencias medias y altas. El comportamiento de caída del contraste introduce así una dimensión cualitativa relacionada con el microcontraste, la textura y la transición tonal más que con la nitidez estricta.

Desde una perspectiva cinematográfica, estas variaciones ayudan a explicar por qué algunas focales se perciben como más suaves y continuas, mientras que otras producen una imagen más definida y contrastada. En conjunto, el análisis combinado de MTF50 y MTF30 revela un sistema óptico coherente, donde las diferencias entre focales no aparecen como rupturas, sino como distintas maneras de organizar el contraste y la textura de la imagen (*Figura 104*).

Las siguientes *tablas 16 y 17* relacionan los valores absolutos de MTF50 y MTF30 obtenidos en la *tabla 15* con distintas percepciones visuales habituales en cinematografía digital. No deben interpretarse como escalas absolutas de calidad óptica, sino como referencias orientativas de comportamiento visual.

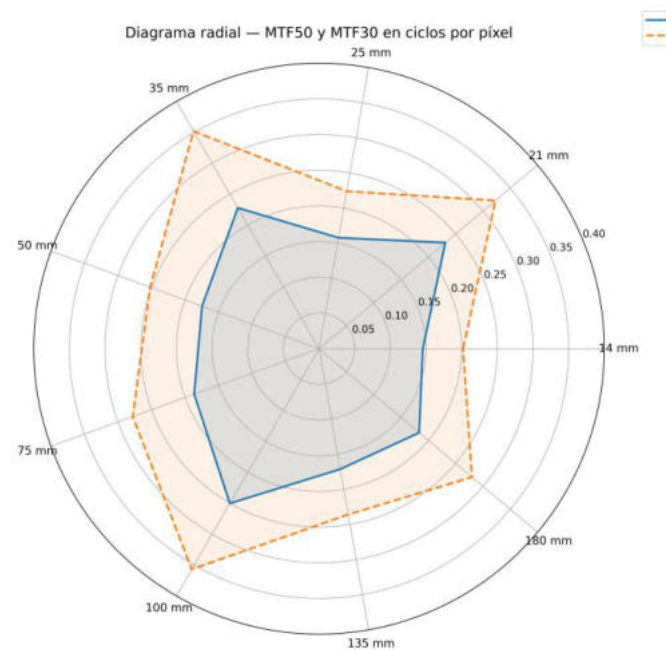


Figura 104. Diagrama radial

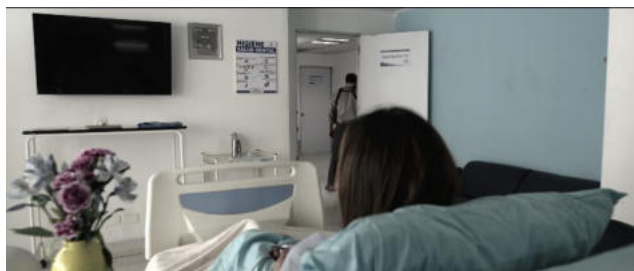
MTF50 (C/P) aprox.	Resolución percibida	Microcontraste	Sensación visual	Cómo se percibe la imagen	Lectura cinematográfica
0.10 – 0.14	Baja–moderada	Bajo	Suave	Contornos menos marcados, textura menos separada, transición tonal suave, detalle fino menos evidente	Imagen orgánica, menos agresiva, sensación más atmosférica o envolvente
0.14 – 0.18	Moderada	Moderado	Equilibrada	Buen nivel de detalle sin endurecer la imagen, separación natural de texturas, definición controlada	Aspecto cinematográfico clásico, equilibrio entre nitidez y suavidad
0.18 – 0.22	Alta	Alto	Definida / incisiva	Contornos muy claros, microdetalle visible, separación fuerte de texturas, sensación inmediata de nitidez	Imagen limpia y precisa, mayor sensación de definición y relieve
0.22 – 0.26	Muy alta	Muy alto	Muy incisiva / tendencia clínica	Textura extremadamente visible, bordes muy recortados, alto contraste fino, imagen muy analítica	Estética moderna y muy definida, riesgo de endurecer pieles y materiales
> 0.26	Extremadamente alta	Extremadamente alto	Muy analítica/tendencia clínica	Sensación de hiperdefinición, mínima suavidad óptica, detalle muy marcado y constante	Imagen muy técnica o “quirúrgica”, puede perder organicidad y acentuar la sensación de imagen digital

Tabla 16

MTF30 (C/P) aprox.	Conservación de detalle fino	Persistencia del contraste	Sensación visual	Cómo se percibe la imagen	Lectura cinematográfica
0.18 – 0.24	Baja	Baja	Suave / ligera	El detalle fino desaparece antes, las texturas se simplifican, menor densidad visual	Imagen más atmosférica y menos analítica, transición tonal suave
0.24 – 0.30	Moderada	Moderada	Natural	La textura permanece sin imponerse, buena continuidad entre planos y materiales	Aspecto cinematográfico equilibrado, detalle presente pero no agresivo
0.30 – 0.36	Alta	Alta	Rica en textura	Las superficies conservan relieve y separación tonal, el detalle fino permanece visible	Imagen con sensación de densidad y separación tonal
0.36 – 0.42	Muy alta	Muy alta	Muy definida	Texturas muy separadas, gran continuidad del contraste en frecuencias medias y altas, sensación de limpieza extrema	Estética moderna y muy precisa, detalle fino muy evidente
> 0.42	Extremadamente alta	Extremadamente alta	Analítica / tendencia clínica	El detalle fino domina la percepción, mínima pérdida de textura, imagen muy marcada	Riesgo de exceso de definición y reducción de sensación orgánica

Tabla 17

Más allá de las diferencias de focal y perspectiva, el conjunto muestra una coherencia óptica notable en la forma de distribuir el contraste y la textura. Las variaciones entre lentes no aparecen como rupturas de carácter, sino como desplazamientos graduales dentro de una misma lógica visual. Cada focal desplaza el equilibrio entre definición, transición tonal y estructura espacial, manteniendo una respuesta suficientemente homogénea como para permitir cambios de óptica sin romper la identidad general de la imagen.



Focal 21mm



Focal 21mm



Focal 75mm



Focal 25mm

Fotogramas de la película Indeleble. Dirección de fotografía Adriana Bernal ADFC.

La comparación entre estos cuatro fotogramas permite entender cómo el juego de lentes construye una identidad visual coherente a través de focales muy distintas, manteniendo continuidad en textura y contraste, pero modificando profundamente la relación entre espacio, sujeto y profundidad.

En los planos angulares —la habitación hospitalaria, el exterior industrial y la escena junto al vehículo— el espacio adquiere un peso narrativo claro y está estructuralmente presente. La imagen no se limita a registrar al personaje, sino que incorpora el entorno como parte dramática del encuadre. En la habitación del hospital, la profundidad se construye mediante términos: flores desenfocadas, cama, personaje y pasillo conviven dentro de una misma continuidad espacial sin fragmentarse ópticamente. En el exterior industrial, las tuberías, estructuras metálicas y la atmósfera húmeda mantienen una legibilidad simultánea, pero sin producir una sensación hiper definida; la textura permanece cohesionada y el espacio conserva densidad atmosférica. En la escena del vehículo, el angular introduce una tensión espacial más evidente: la proximidad del personaje al objetivo expande el espacio y aumenta la sensación de amenaza, aunque el control de distorsión evita que el rostro se vuelva caricaturesco o agresivamente deformado.

En todos estos casos aparece una característica común del comportamiento angular del set: la imagen mantiene estructura y profundidad sin endurecer excesivamente el detalle fino. La caída relativamente rápida del contraste en frecuencias medias-altas suaviza el microdetalle y favorece una lectura más continua del espacio. Las texturas permanecen integradas dentro de la escena en lugar de separarse de forma excesivamente “clínica”.

El cuarto fotograma —el primer plano telefónico— reorganiza completamente esa lógica espacial. Aquí el entorno pierde protagonismo y el contraste se concentra sobre el rostro. La profundidad deja de construirse mediante amplitud espacial y pasa a organizarse a través de la separación tonal y el desenfoque. La textura de la piel, las arrugas y el cabello conservan definición, pero sin sensación de recorte ni exceso de dureza. El fondo permanece suave y consistente, sin halos

visibles ni desenfoques duros, lo que conecta directamente con el comportamiento más progresivo observado en las focales medias y teles cortos.

Lo importante es que, pese a estas diferencias de organización espacial, el conjunto mantiene una continuidad visual evidente. El contraste nunca se vuelve extremo, la transición tonal permanece progresiva y las aberraciones ópticas no adquieren protagonismo visual. Las focales no parecen pertenecer a sistemas distintos, sino a variaciones internas de una misma lógica óptica. Algunas priorizan la espacialidad y la convivencia de planos; otras concentran la atención y simplifican el espacio. Pero todas mantienen una misma manera de distribuir el contraste, suavizar la transición del detalle y construir la textura de la imagen.

Aquí comparamos entre distintas focales la pérdida de nitidez en las esquinas de la imagen.

Focal (mm)	MTF50% Esq. Superior izquierda LW/PH	MTF30% Esq. Superior izquierda LW/PH	MTF50% Esq. Inferior derecha LW/PH	MTF30% Esq. Inferior derecha LW/PH	MTF50% Centro LW/PH	MTF 30% Centro LW/PH
35	1244	1728	1203	1660	2212	3417
50	1271	1785	1206	1670	1696	2447
75	733	945	1009	1433	1810	2704
100	1035	1535	1138	1530	2431	3470
135	1209	1710	1124	1668	1664	2296
180	1683	2249	837,5	1257	1779	2721

Tabla 18

La gráfica compara el comportamiento de resolución del conjunto entre el centro de imagen y dos esquinas opuestas —superior izquierda e inferior derecha— utilizando los valores de MTF50 y MTF30 en LW/PH (Tabla 18 y Fig. 105). Las líneas continuas representan el rendimiento en el centro, mientras que las líneas discontinuas y punteadas muestran la degradación hacia la periferia.

La primera lectura es inmediata: todas las lentes presentan una pérdida de resolución fuera del centro, pero esa caída no ocurre con la misma intensidad ni de la misma manera en todas las focales. El comportamiento espacial del conjunto es, por tanto, heterogéneo.

El 100 mm aparece como la focal más sólida del sistema. Presenta los valores centrales más altos tanto en MTF50 como en MTF30, alcanzando aproximadamente 2430 LW/PH y 3470 LW/PH respectivamente. Además, aunque existe una degradación periférica significativa, la transición entre el centro y las esquinas se mantiene más controlada que en otras focales con caídas más abruptas o

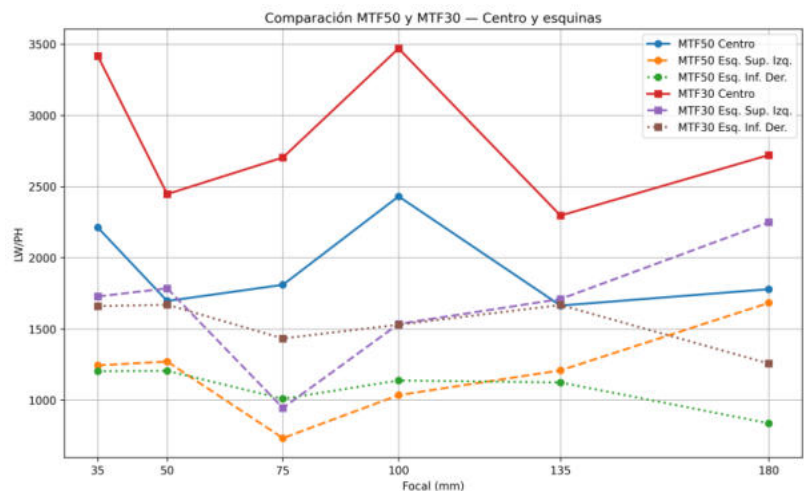


Figura 105

asimétricas. Esto confirma lo que ya aparecía en el análisis previo: el 100 mm combina alta resolución con una transición progresiva del contraste y una imagen especialmente estable.

El 35 mm también muestra un comportamiento muy equilibrado. Aunque sus valores centrales son ligeramente inferiores al 100 mm, mantiene una buena consistencia entre centro y esquinas. La caída periférica existe, pero no resulta abrupta, lo que explica la sensación visual de continuidad espacial y textura homogénea observada en los fotogramas analizados.

El 50 mm se sitúa en una posición intermedia. Sus valores centrales son correctos, pero la separación respecto a las esquinas comienza a hacerse más evidente. La imagen conserva claridad en el eje óptico, aunque el contraste fino cae con mayor rapidez fuera del centro.

El 75 mm introduce un comportamiento más irregular. Aunque mantiene niveles centrales relativamente altos, la esquina superior izquierda cae de forma notable, especialmente en MTF30. Esto indica una pérdida más temprana del contraste en ciertas zonas periféricas del campo, asociada a una imagen menos uniforme espacialmente.

En el 135 mm los valores centrales son moderados, pero la diferencia entre esquinas resulta menos extrema que en el 75 mm. La resolución periférica sigue siendo claramente inferior al centro, aunque la transición es más controlada.

El 180 mm es probablemente la lente más desequilibrada del grupo en términos espaciales. Aunque el centro mantiene niveles razonables de resolución, la degradación periférica es mucho más evidente, especialmente en la esquina inferior derecha. La separación entre centro y borde es aquí mayor que en el resto de focales, lo que sugiere una imagen más direccional: muy eficaz concentrando atención en el eje óptico, pero menos homogénea en los extremos del cuadro.

En algunas focales aparecen diferencias apreciables entre esquinas opuestas, lo que sugiere un comportamiento espacial no completamente uniforme dentro del campo de imagen.

Otro aspecto importante de la gráfica es la diferencia entre MTF50 y MTF30. En las focales más consistentes —especialmente 35 mm y 100 mm— ambas curvas mantienen una separación amplia y relativamente estable incluso fuera del centro. Esto indica que el contraste no colapsa bruscamente al aumentar la frecuencia espacial, sino que se degrada de forma más progresiva. En términos visuales, suele traducirse en imágenes con mayor continuidad tonal, volumen y densidad de textura.

En cambio, las focales con caída periférica más fuerte muestran una compresión progresiva entre

ambas curvas en las esquinas. Esto sugiere una pérdida más rápida del microcontraste y una transición menos estable del detalle fino hacia la periferia. En conjunto, la gráfica revela que el set no se organiza únicamente por niveles absolutos de resolución, sino también por la manera en que cada lente distribuye espacialmente esa resolución dentro del cuadro. Algunas focales —como el 35 mm— privilegian la homogeneidad espacial y la continuidad visual, mientras que otras —como el 100 mm— destacan



Adriana Bernal ADFC preparando un plano de la película "Indeleble"

por su alta resolución central y estabilidad del contraste, mientras que otras —especialmente el 180

mm— concentran el rendimiento en el centro y permiten una degradación periférica más visible. Desde una perspectiva cinematográfica, estas diferencias no implican necesariamente una jerarquía de calidad, sino distintas formas de construir la atención, la profundidad y la textura de la imagen. Las variaciones entre focales afectan principalmente a la distribución espacial de la resolución y el contraste, no a la identidad general de la imagen. El set mantiene una firma visual relativamente consistente en textura, transición tonal y comportamiento del contraste, permitiendo cambios de focal perceptibles pero orgánicos.

Comparación de la aberración cromática lateral.

Focal (mm)	CA área centro pxls	CA (crossing) centro pxls	CA área lateral izquierdo pxls	CA (crossing) lateral izquierdo pxls	CA área lateral derecho pxls	CA (crossing) lateral derecho pxls
35	0,148	0,158	1,94	1,63	1,83	1,54
50	0,302	0,172	2,84	2,3	2,94	2,36
75	0,392	0,278	1,5	1,2	1,68	1,59
100	0,262	0,0947	1,74	1,23	1,5	1,15
135	0,0776	0,0548	1,97	1,36	2,04	2,1
180	0,376	0,106	1,37	0,864	1,23	0,971

Tabla 19

Las dos gráficas (Fig. 106, 107 y tabla 19) permiten leer con bastante claridad cómo se distribuye la aberración cromática lateral dentro del conjunto y, sobre todo, cómo cambia espacialmente entre el centro y las zonas periféricas del cuadro. La separación entre “CA área” y “CA crossing” resulta especialmente útil porque evita mezclar dos comportamientos ópticos distintos: la magnitud global de la aberración y la forma en que los canales cromáticos se cruzan o divergen dentro del campo de imagen.

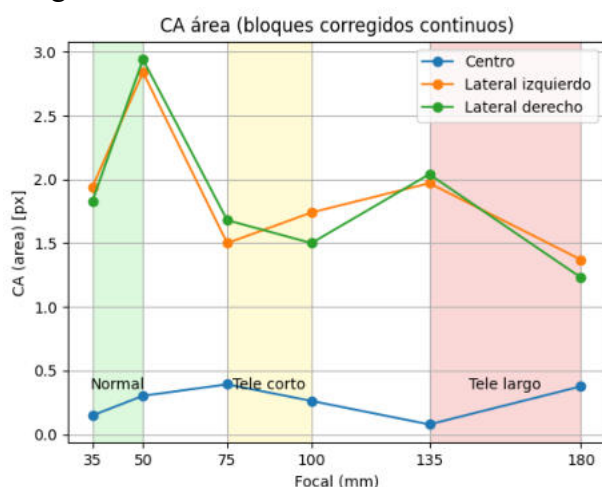


Figura 106

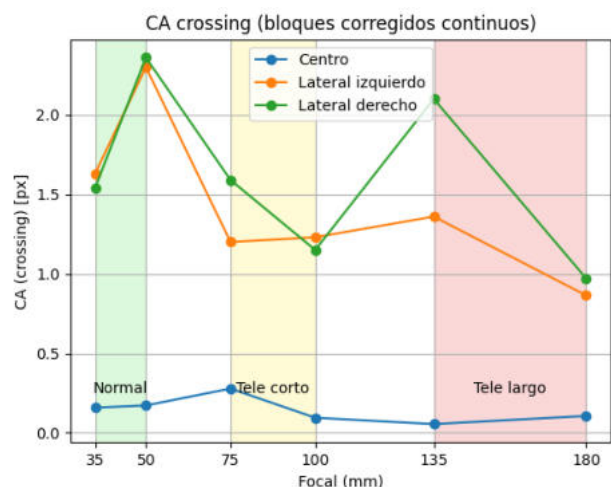


Figura 107

La primera observación es que el centro de imagen mantiene valores muy bajos y relativamente estables en todas las focales. Tanto en CA área como en CA crossing, la curva azul permanece claramente separada de las curvas laterales. Esto confirma que el conjunto concentra un muy buen control cromático en el eje óptico y que la aberración lateral aparece principalmente al desplazarse hacia los bordes del cuadro. Cinematográficamente, esto es importante porque el sujeto principal —habitualmente situado cerca del centro— conserva una imagen limpia, sin halos cromáticos evidentes ni separación agresiva de canales.

Las diferencias más relevantes aparecen en las zonas laterales. El 50 mm representa el punto de máxima aberración del conjunto. Tanto en CA área como en CA crossing, las curvas laterales alcanzan aquí sus valores más altos, aproximándose a 3 px en CA área y superando 2 px en crossing. Esto indica una separación cromática potencialmente más visible en la periferia del cuadro. Sin embargo, el comportamiento sigue siendo bastante simétrico entre lateral izquierdo y derecho, lo que sugiere una aberración estructurada y uniforme más que un defecto irregular o un descentramiento mecánico. Visualmente, esto suele traducirse en bordes de alto contraste con ligeros halos cromáticos en extremos del cuadro, especialmente perceptibles en fondos complejos o líneas finas.

El 75 mm mantiene todavía niveles relativamente altos de aberración lateral, aunque ya aparece una reducción respecto al pico observado en el 50 mm especialmente visible en la gráfica de CA crossing. Esta transición convierte al 75 mm en una focal intermedia: todavía conserva parte de la expansión cromática del bloque normal, pero empieza a aproximarse al comportamiento más controlado de los teles largos.

El 100 mm ocupa una posición interesante dentro del conjunto. En CA área, los valores laterales permanecen moderados, pero en CA crossing aparece una cierta asimetría entre lados. Esto indica que, aunque la magnitud global de la aberración no es extrema, la distribución espacial del cruce cromático no es completamente uniforme. Aun así, los valores continúan dentro de un rango razonablemente contenido y coherente con el resto del sistema.

El 135 mm muestra probablemente el comportamiento más particular del conjunto. En CA área, el lateral vuelve a elevarse de forma apreciable, especialmente en el lado derecho, mientras que en CA crossing aparece la mayor asimetría entre esquinas opuestas. El lateral derecho supera claramente al izquierdo, acercándose nuevamente a valores altos de crossing. Esto sugiere una redistribución espacial de la aberración más compleja que en otras focales. No implica necesariamente un problema grave en imagen cinematográfica real, pero sí indica que la periferia del cuadro puede responder de forma menos uniforme.

El 180 mm reduce notablemente el crossing lateral respecto al 135 mm y al 50 mm, aunque mantiene todavía niveles moderados de CA área. Esto produce una imagen que, aun conservando cierta expansión cromática periférica, evita separaciones cromáticas excesivamente agresivas. El comportamiento resulta más contenido y menos inestable de lo que podría esperarse en un tele largo. En conjunto, las gráficas muestran un sistema óptico relativamente coherente. Aunque existen diferencias claras entre focales, especialmente en periferia, no aparecen rupturas extremas de comportamiento. Las aberraciones permanecen muy controladas en el centro y tienden a aumentar hacia las zonas laterales del cuadro, siguiendo un patrón relativamente continuo a lo largo del set. Las mayores variaciones aparecen en el bloque normal y tele corto —especialmente en 50 mm y

parcialmente en 75 mm— mientras que los teles largos tienden a redistribuir la aberración de forma más irregular pero no necesariamente más intensa.

Desde una perspectiva cinematográfica, estas diferencias probablemente se perciban más como variaciones de textura y comportamiento espacial que como defectos evidentes. La coherencia global del conjunto se mantiene porque la aberración nunca alcanza niveles extremos ni introduce grandes discontinuidades entre las focales.

A pesar de las diferencias observadas en las mediciones, el análisis de los fotogramas reales no revela aberraciones cromáticas laterales perceptiblemente problemáticas, incluso en zonas de alto contraste. Esto sugiere que, aunque la separación cromática es detectable, su magnitud permanece dentro de un rango visualmente contenido en condiciones cinematográficas normales. En la práctica, el comportamiento cromático del conjunto resulta estable y coherente, sin halos cromáticos especialmente evidentes ni discontinuidades que alteren significativamente la percepción general de la imagen.

Cada lente conserva una personalidad ligeramente distinta en la forma en que separa y distribuye la aberración hacia la periferia, pero todas permanecen dentro de una misma lógica óptica general: centro limpio, transición progresiva y degradación cromática controlada.



Adriana Bernal: El “color” de las lentes me funcionó bastante bien. No percibí dominantes especialmente problemáticas ni diferencias fuertes entre focales que llegaran a afectar el flujo de trabajo durante el rodaje. Aún no he entrado aún en el trabajo de colorización, es algo que pudimos observar en el flujo que trabajo que establecimos para los daylies y los stills durante el rodaje. En general, el conjunto se comportó de forma bastante coherente.

También es cierto que **Indeleble** estaba pensada desde el inicio con una imagen muy desaturada, cercana por momentos al blanco y negro. Sin embargo, ni en el monitor durante el rodaje, ni en el vectorscopio, ni en los fotogramas que generábamos diariamente aparecieron tendencias de color que nos obligaran a corregir constantemente o replantear el tratamiento de imagen.

En las pruebas de laboratorio también se veía un comportamiento cromático relativamente contenido. Las aberraciones cromáticas laterales existen, sobre todo hacia periferia, pero en los fotogramas reales rara vez son perceptibles. La imagen mantiene una sensación cromática bastante estable y eso ayudaba mucho a sostener la coherencia visual del conjunto.

Las Arles tienen una respuesta de color bastante neutra, o al menos suficientemente transparente como para dejar que el trabajo de colorización y la propuesta estética de la película fueran realmente los que definieran la imagen final.

La distorsión geométrica

La gráfica (Fig. 108) muestra la evolución de la distorsión geométrica SMIA del conjunto desde el 35 mm hasta el 180 mm. Los valores negativos corresponden a distorsión de barril, mientras que los positivos indican una ligera tendencia hacia acerico. La línea horizontal discontinua marca el punto de distorsión nula.

La primera lectura es muy clara: el conjunto presenta una reducción progresiva de la distorsión conforme

aumenta la focal. El 35 mm concentra la mayor deformación geométrica del sistema, con aproximadamente -2.13 %, un valor relativamente alto, pero todavía coherente con el comportamiento esperado en un angular moderado. A nivel visual, esto se traduce en una ligera expansión espacial y curvatura de líneas hacia los bordes del cuadro, especialmente perceptible en arquitectura, interiores o elementos próximos al encuadre.

El 50 mm reduce esa deformación de manera muy significativa, situándose ya cerca de -1 %. Aunque todavía existe una ligera expansión de barril, la imagen comienza a percibirse mucho más estable geométricamente. Este comportamiento encaja bien con la transición desde el bloque angular hacia focales más neutras.

El 75 mm y el 100 mm continúan esa tendencia progresiva hacia la neutralidad. Con valores aproximados de -0.45 % y -0.25 %, respectivamente, la distorsión pasa a ser visualmente muy

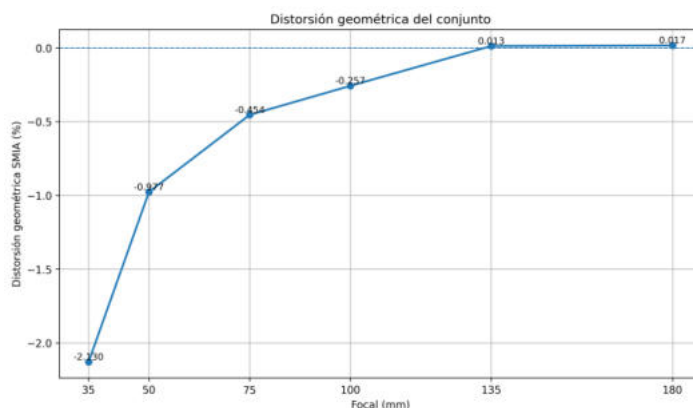


Figura 108

contenida. En condiciones cinematográficas normales, estas cifras rara vez generan deformaciones perceptibles salvo en líneas arquitectónicas muy marcadas o composiciones extremadamente simétricas.

El punto más interesante aparece en el 135 mm y el 180 mm. Ambas focales se sitúan prácticamente sobre el eje cero, con valores ligeramente positivos cercanos a 0 %. Esto indica una geometría extremadamente estable y prácticamente neutra. En términos visuales, las líneas permanecen naturales y las deformaciones geométricas visibles pasan a ser prácticamente imperceptibles. La imagen depende entonces mucho más de la compresión espacial propia de la focal que de cualquier alteración geométrica introducida por la lente.

Lo más relevante del conjunto no es únicamente que la distorsión disminuya con las focales largas —algo relativamente esperado— sino la forma progresiva y continua en que ocurre esa transición. No aparecen saltos bruscos ni comportamientos erráticos entre lentes consecutivas. Esto aporta una fuerte coherencia espacial al set y facilita el cambio entre focales dentro de una misma secuencia sin que la estructura geométrica de la imagen se transforme de manera abrupta.

Desde una perspectiva cinematográfica, el comportamiento del conjunto resulta particularmente equilibrado. Incluso el 35 mm, siendo la focal con mayor distorsión, mantiene un nivel todavía controlado y compatible con una representación espacial natural en la mayoría de situaciones narrativas. A partir del 75 mm, la distorsión se reduce notablemente y en los teles largo, la deformación geométrica se vuelve prácticamente imperceptible.

En conjunto, la gráfica revela un sistema óptico con una geometría progresivamente estabilizada a medida que aumenta la focal. Las diferencias entre lentes existen, pero permanecen dentro de una lógica óptica coherente y continua, favoreciendo una transición fluida entre focales y una representación espacial estable a lo largo del set.

Adriana Bernal: *Me pareció un set bastante consistente en todo el rango de focales. Nosotros trabajamos con un juego muy amplio, desde el 14 mm hasta el 180 mm, y en general las lentes mantenían una personalidad visual coherente entre sí. Había continuidad en la textura, en el contraste y en la manera en que resolvían la imagen hacia los bordes.*

Eso también aparecía en las pruebas técnicas. Aunque existían diferencias normales entre focales —por ejemplo, más distorsión en los angulares o una caída de resolución más visible en algunos teles— el comportamiento global del conjunto seguía una lógica continua. No había lentes que parecieran pertenecer a sistemas distintos ni cambios bruscos de color, contraste o carácter óptico al pasar de una focal a otra.

El único lente con el que nunca terminé de sentirme completamente cómoda fue el 75 mm. No por una cuestión óptica, sino más bien por costumbre y lenguaje visual. Me resultaba una focal un poco corta para ocupar el lugar que normalmente tiene un 85 mm dentro de muchos sets de cine.

No recuerdo exactamente cuáles fueron las focales más utilizadas, quizá porque no hubo una tendencia completamente dominante durante el rodaje. Sí usamos muchísimo las focales largas, especialmente el 135 mm y el 180 mm, y también los angulares, sobre todo el 14 mm, 21 mm y 25 mm.

Creo que eso tenía mucho que ver con la manera en que queríamos construir el espacio en la película. Los teles nos ayudaban a trabajar la sensación de aislamiento de los personajes, comprimiendo el espacio y separándolos del entorno sin necesidad de recurrir a profundidades de

campo extremas. Por otro lado, los angulares eran importantes para construir la incomodidad espacial de muchas escenas. El 14 mm y el 21 mm, en particular, permitían acercarse mucho a los personajes manteniendo una relación muy fuerte con el entorno. Y aunque las pruebas mostraban cierta distorsión y una caída progresiva de resolución hacia los bordes, nunca sentí que esas focales deformaran el espacio de manera excesiva.

Al final, creo que la película se movía entre esos dos extremos: una mirada muy cercana y expandida con los angulares, y otra más comprimida y aislada con las focales largas.

En esta película pusimos mucha atención a cómo se organizaban los términos en el espacio, especialmente en profundidad, y eso estaba muy ligado tanto a la iluminación como al trabajo con las focales. Muy seguido construíamos escenas donde los personajes se desplazaban dentro de degradados de luz o atravesaban distintos niveles de profundidad dentro del cuadro, así que era importante que las lentes sostuvieran bien esa construcción espacial. Creo que las Arles respondieron muy bien en ese sentido.

Agradecimientos:

Adriana Bernal ADFC, Jairo Estrada, Juan Pablo Bonilla.

<https://bernaladriana.com/>

<https://www.alfonsoparra.com/>

Todas las imágenes de rodaje han sido cedidas por Sagitario Film

Han colaborado:

