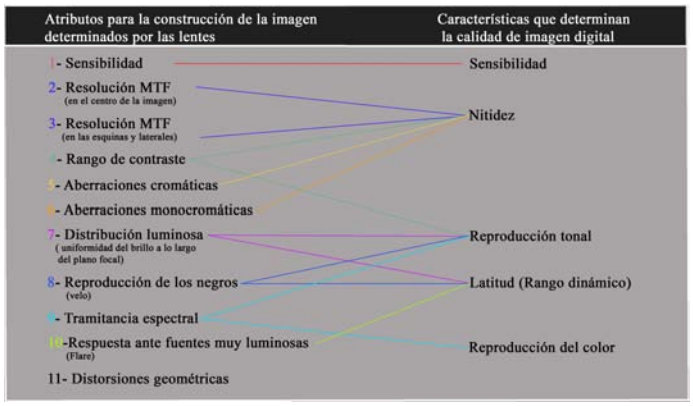


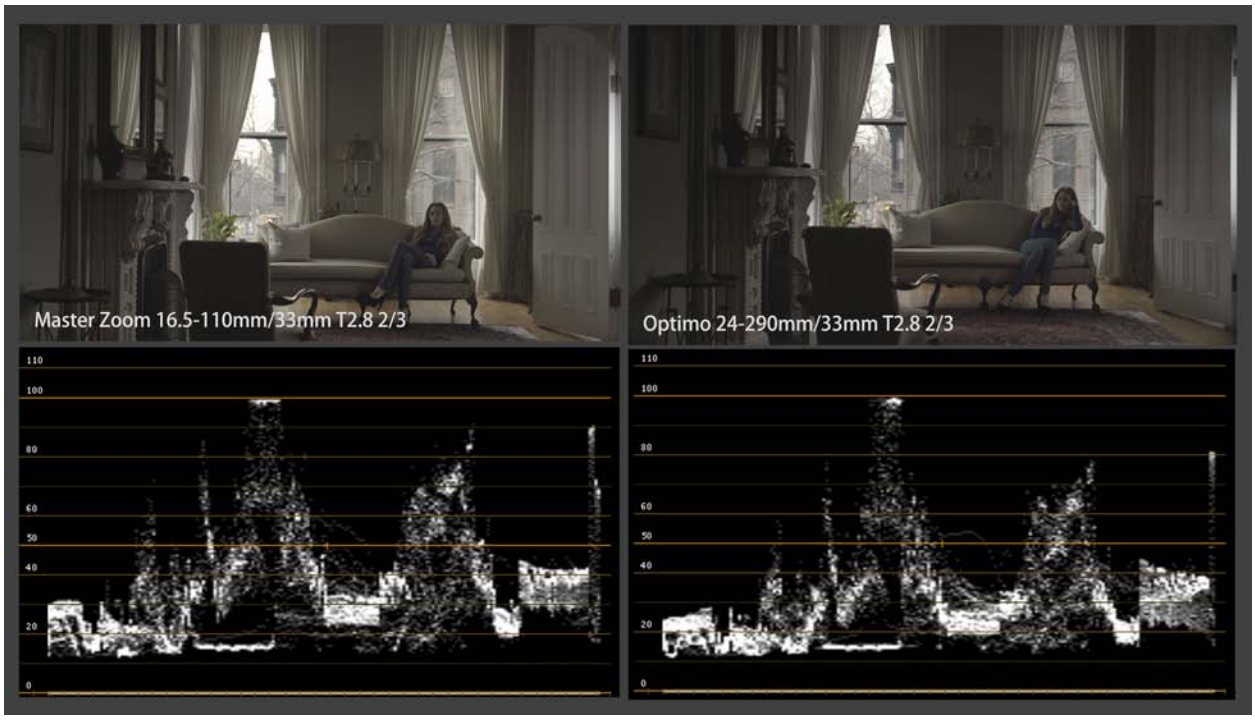
Evaluación y estudio de los parámetros de las ópticas cinematográficas.

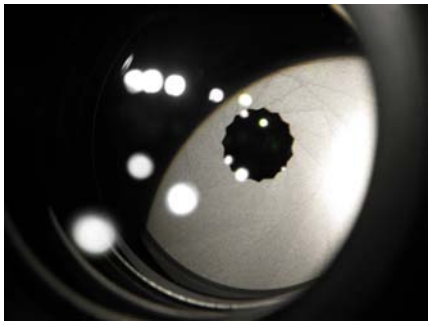
Por Alfonso Parra AEC, ADFC

Si algo es importante para los directores de fotografía son las lentes; las lentes son la primera herramienta del fotógrafo que se interpone entre la realidad y su representación, convirtiendo el mundo real de tres dimensiones en una imagen de dos dimensiones. Son importantes no sólo por realizar esa primera y gran transformación sino que además contribuyen en la construcción de la textura de la imagen de forma significativa, a su apariencia, a su color y su definición. Los Directores de Fotografía apreciamos las diferencias entre las lentes pero a menudo no sabemos especificar exactamente qué les confiere su *personalidad*. Así hablamos de lentes más o menos contrastadas, de lentes cálidas y frías, duras o suaves. En este artículo vamos a desgranar cada uno de los aspectos que contribuyen al carácter y características de las lentes. En el gráfico que pongo a continuación, cortesía de Canon, se puede ver la relación entre los parámetros que definen una lente y cómo estos influyen en los elementos que determinan la calidad de imagen.



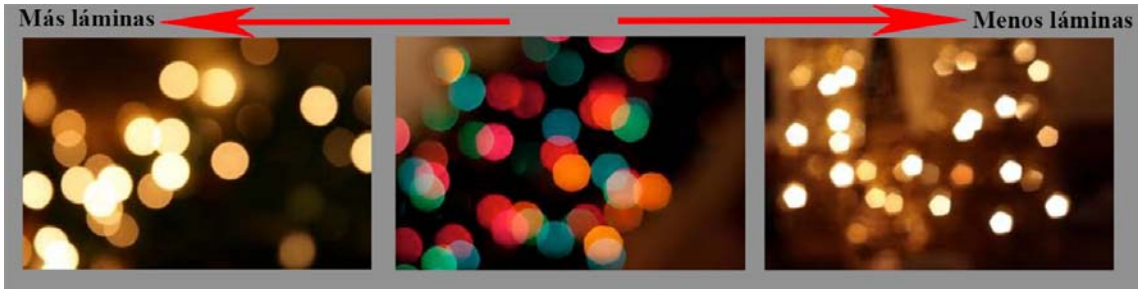
La sensibilidad. Entendemos por esté término la luminosidad de la lente, es decir la cantidad de luz que se transmite a través de ella y que vendrá determinada no sólo por la apertura del diafragma, sino por el diseño de la óptica y la cualidad de los cristales que se utilizan para la construcción de cada una de las lentes que componen el diseño. Como sabemos, en la construcción de las lentes se suelen usar distintos tipos de vidrio como son el vidrio Crown y el vidrio Flint, el primero tiene un índice de refracción bajo y baja dispersión, mientras que el vidrio Flint tiene un índice de refracción relativamente alto y con una dispersión alta. Estos vidrios con distintas modificaciones en sus componentes se usan conjuntamente, por ejemplo para crear un doblete acromático que corrija ciertas aberraciones. De la elección del vidrio y su procesado así como de los tratamientos químicos a los que son sometidos dependerá gran parte de las características de la óptica. Comparo aquí las imágenes de dos zoom utilizados en las mismas condiciones, igual valor T, igual distancia focal y por supuesto los mismos parámetros de cámara. Como se puede ver observar el MasterZoom resulta más luminoso que el Optimo a igual focal, 33mm e igual valor T 2.8 2/3. El monitor de ondas muestra claramente esta diferencia.



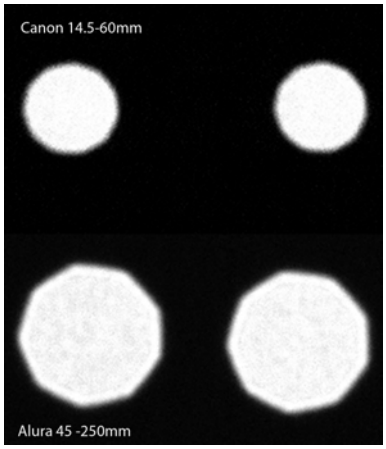


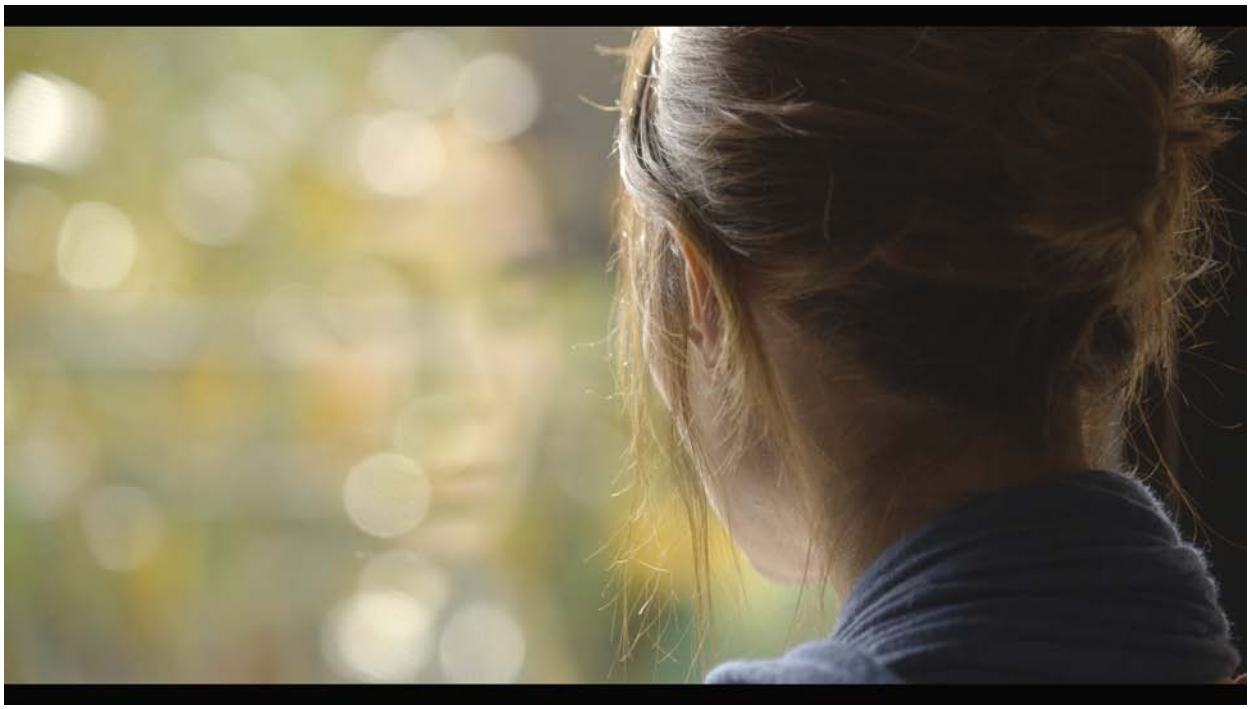
Respecto del diafragma, ese mecanismo que permite, según se abra o se cierre, el paso de más o menos luz quiero señalar dos efectos que derivan de este y que son sumamente importantes para el director de fotografía, uno es el Bokeh y otro el efecto de difracción.

El Bokeh es un término Japonés que significa desenfoque y con él denominamos de forma subjetiva la apariencia de las zonas desenfocadas en una imagen, y esta apariencia, viene determinada en gran medida por el número de láminas que configuran el diafragma, a mayor número de láminas más suave será el desenfoque.



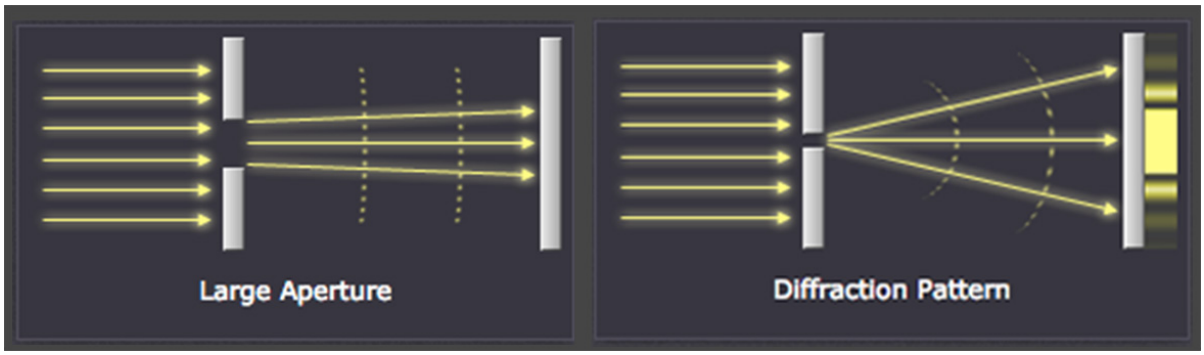
En la imagen de la derecha comparamos cómo se ve un punto con dos zoom distintos, un canon 14.5-60mm con un Alura 45-250mm. Se puede observar cómo este último muestra los puntos con forma geométrica, mientras que el primero muestra más un círculo. El bokeh del zoom Canon será más suave que el del Alura que se mostrará más duro.
El siguiente fotograma muestra el Bokeh con un zoom Canon 30-300mm cuyo diafragma esta constituido por 11 láminas.





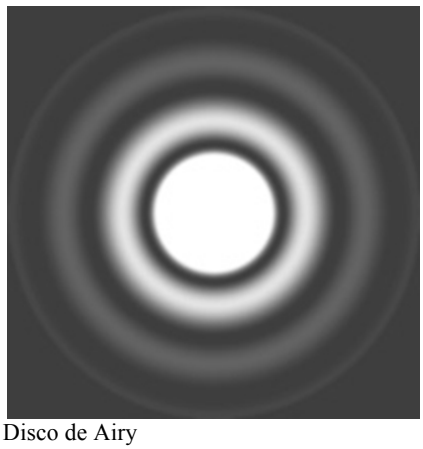
Ucronías. Canon C500+Codex - 4K (4096x2160)– Raw 10 bit- Iso 850 - 24 fps – 172,8º . Gamma y Matrix Canon Log. Zoom. CN-E 30-300mm. (95mm) T2.95. Filtro Classic Soft. 5600kº.Filtro neutro en cámara 2 Stops. Sin etalonar.

El segundo efecto que tiene que ver con el diafragma es el efecto de difracción y que atañe directamente a la resolución de la imagen. La difracción es un fenómeno característico de las ondas que consiste en la dispersión y curvado aparente de las misma cuando encuentran un obstáculo. Cuando hacemos pasar la luz por un pequeño orificio, como es nuestro diafragma muy cerrado, la luz se "dispersa" es decir, adquiere un ángulo respecto del eje, de tal forma que un punto de luz al pasar por el orificio genera no un punto sino un círculo, circulo conocido con el nombre del disco de Airy, el diámetro de este disco se utiliza para, de forma teórica, definir la máxima resolución de un sistema óptico.

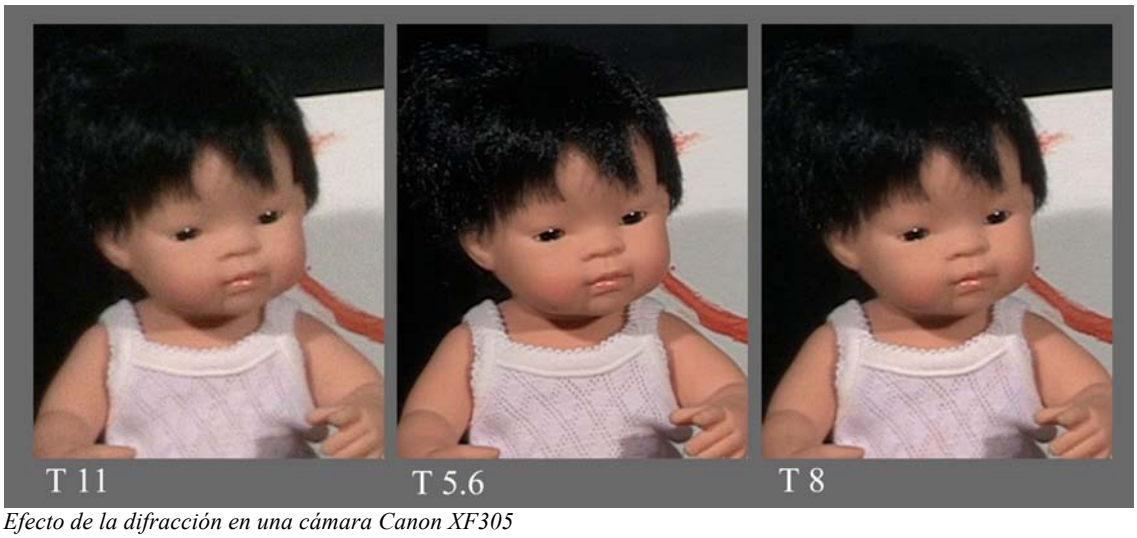


http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/diffraction-photography.htm

El efecto de la difracción se concreta dependiendo del tamaño del píxel del sensor (o el máximo valor del círculo de confusión) y del valor T de nuestra lente. Cuanto menor es el sensor y por lo tanto el tamaño de sus pixeles, la pérdida de resolución se producirá antes con valores de T más bajos. Si el diámetro del disco de Airy está contenido en el tamaño del píxel, no veremos efecto de difracción, si el diámetro de dicho disco ocupa varios píxeles, entonces veremos este efecto.



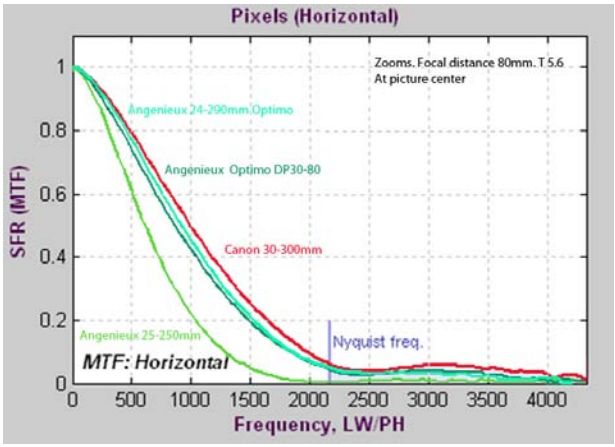
Disco de Airy

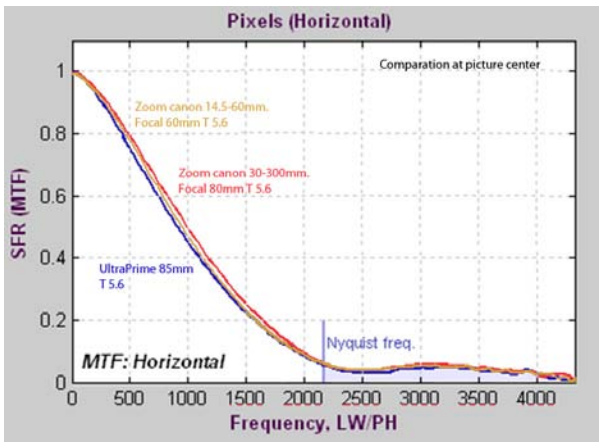


Efecto de la difracción en una cámara Canon XF305

La nitidez de la imagen y su **resolución** se ven claramente afectadas por la óptica, y esa resolución la estudiamos mediante las curvas MTF, curvas que muestran cómo se va perdiendo el contraste, la nitidez de la imagen, a medida que aumenta la frecuencia. La imagen en dos dimensiones proyectada por la lente sobre el sensor o la emulsión no tiene la misma nitidez en el centro que en los laterales y por ello cuando estudiamos la curvas MTF lo hacemos tanto en uno como en los otros. El estudios de estas curvas y cómo las generamos está condicionado también por la cámara y sus procesos de compresión, así como los sistemas de visionado.

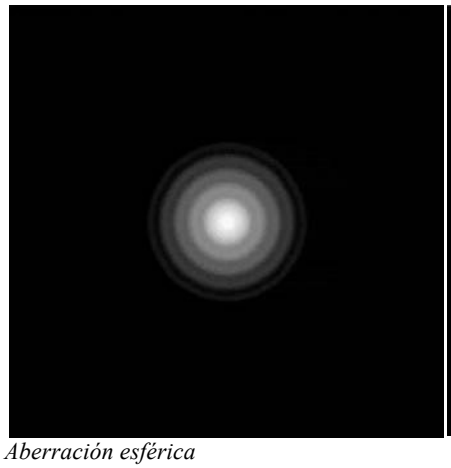
Es una ley universal que cuando hacemos pasar la luz por un cristal irremediablemente perderemos definición en mayor o menor grado dependiendo de nuevo del diseño de la óptica, de sus cristales y de cómo se corrigen ciertas aberraciones. En la gráfica mostramos la comparación de resolución de cuatro zoom distintos a igual distancia focal y mismo valor T. En el eje horizontal las TVlines y en el vertical el contraste. Según las curvas MTF, el zoom Canon 30-300mm mostrará más nitidez que cualquiera de los otros. También mostramos la comparación de dos zoom Canon con una lente Ultraprime, entre otras cosas, para desmitificar la idea, que pertenece claramente al pasado, que las lentes zoom son de peor calidad que las prime en lo que a nitidez se refiere.



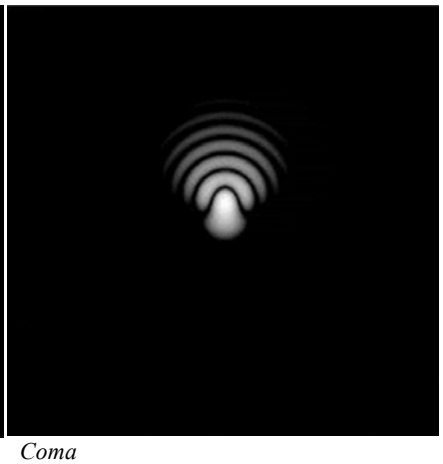


La mayor o menor resolución depende en gran medida de la corrección de la aberraciones y de cómo éstas son manejadas por el fabricante. Las aberraciones que influyen en la nitidez de la imagen son varias: la ***esférica***, que viene determinada por la curvatura de la lente, de forma que la refracción de los rayos de luz dependerá del ángulo de incidencia sobre la superficie de la misma. Los rayos que pasan por los bordes de la lente convergen en un foco más cercano que aquellos que pasan por la zona central de la misma. La consecuencia de ello es pérdida de nitidez. Esta aberración disminuye cerrando el diafragma y modificando la curvatura de la lente.
La **aberración de *coma***, que puede considerarse una aberración esférica de los rayos que entran más oblicuos, estos rayos convergen de forma distinta dependiendo de la distancia al eje óptico.

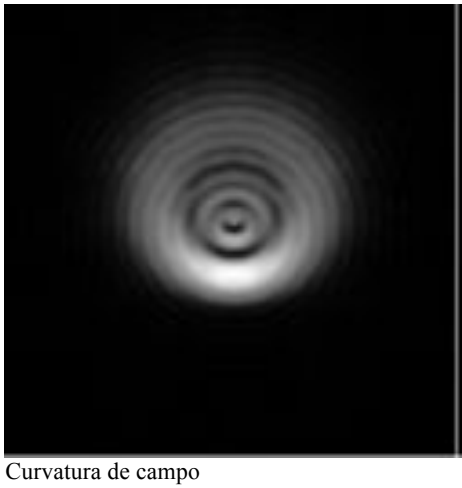
El ***astigmatismo***, aberración que hace que un punto objeto situado fuera del eje óptico no se represente como un punto sino como un línea, que puede ser radial o tangencial.
La aberración de ***curvatura de campo*** es producida por la curvatura de la lente de forma que la proyección de la imagen no yace en un plano sino en una superficie curva llamada de Petzval. Estas cuatro aberraciones categorizadas por *Seidel* y conocidas por ese nombre influyen notablemente en la nitidez de la imagen. A continuación mostramos la distribución de energía ocasionada por cada una de las aberraciones.



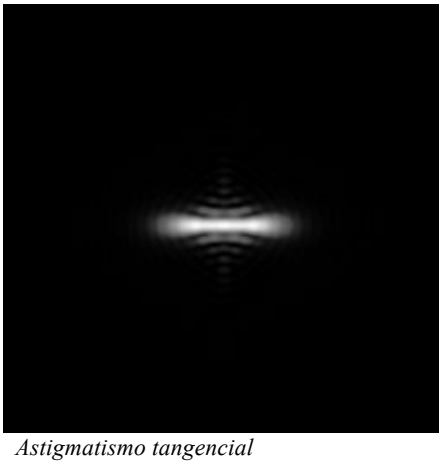
Aberración esférica



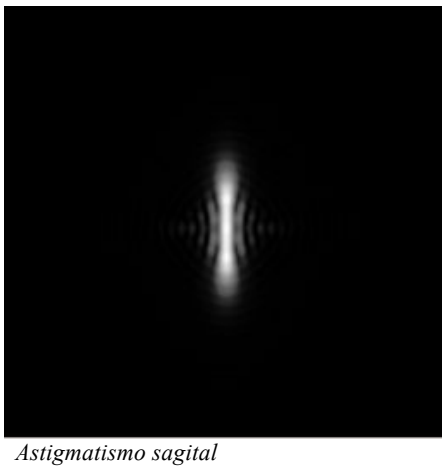
Coma



Curvatura de campo

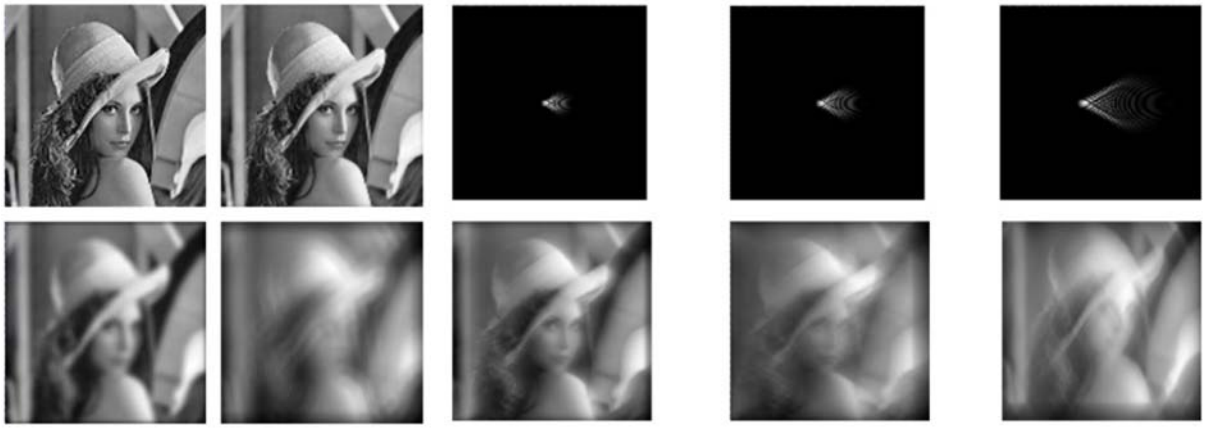


Astigmatismo tangencial

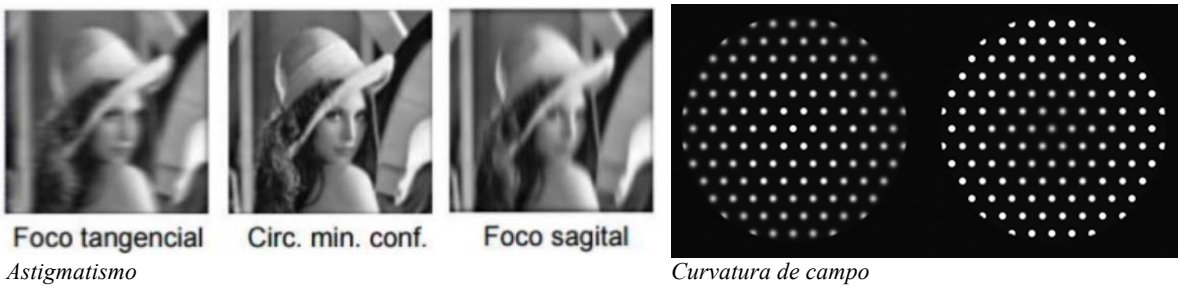


Astigmatismo sagital

Los efectos de estas aberraciones se pueden ver en las siguientes imágenes



Esférica *Coma*



Astigmatismo *Curvatura de campo*

El rango de contraste así como las aberraciones cromáticas también influyen en la nitidez de la imagen. El **rango de contraste** de una óptica determina cómo esta puede discriminar entre las sombras más oscuras y las luces más altas. Este rango de contraste vendrá determinado tanto por el manejo del *flare* como del velo, es decir, qué ocurre cuando una luz fuerte incide directamente sobre la lente, cómo la óptica separa o recorta esa luz respecto de la sombra y si ésta se "mancha" más o menos con la dispersión y reflexión de esa luz. Hay ópticas que pueden manejar un alto contraste teniendo lo negros profundos y los blancos bien recortados y limitados y otras que son más suaves donde el negro se vuelve más "lechoso" y el blanco se expande. Veamos esta comparación de dos ópticas distintas.

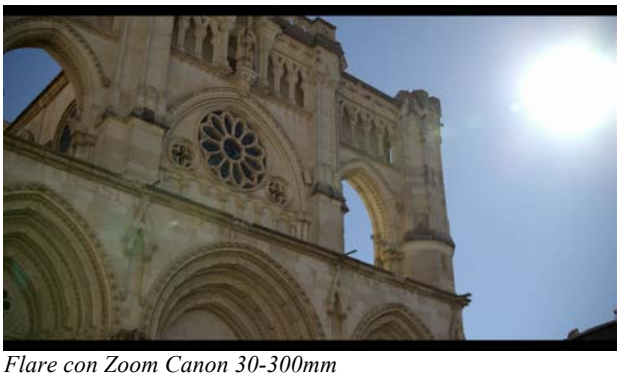


Lente Ultrapime *Lente UniQoptics*

En la izquierda una imagen filmada con Ultraprime y en la derecha con una lente UniQoptics, en la primera se distinguen los leds así como la dispersión de la luz es menor y el negro es más oscuro y profundo. Veamos igualmente este comparación entre una lente Leica Summilux-C y el zoom Canon 30-300mm en un exterior con el flare producido por la incidencia del sol.



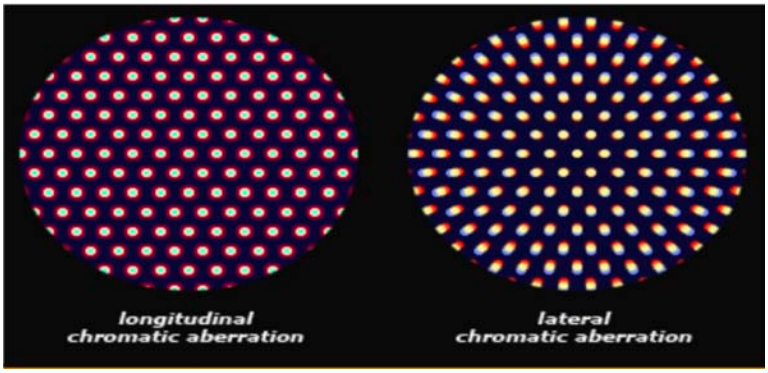
Flare con Leica Summilux-c

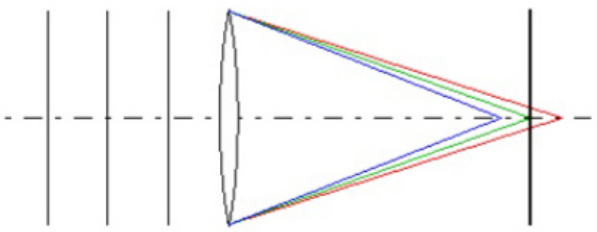


Flare con Zoom Canon 30-300mm

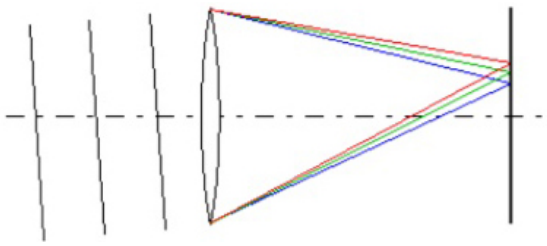
Cuando hacemos pruebas, el velo también lo podemos analizar por ejemplo mediante el software Imatest que evalúa este en un %. Velo y flare serán dos importantes condiciones para evaluar como la lente maneja el contraste y cómo influyen en la nitidez de la imagen, en su detalle, además de producir dominantes de color y producir negros más o menos agrisados. Para controlar el velo y el flare, el fabricante utiliza capas sobre los cristales de elementos químicos como la fluorita para evitar reflexiones indeseadas y también un buen parasol es importante.

Otro aspecto a considerar son las **aberraciones cromáticas**, que pueden ser de dos tipos, axiales (longitudinal) o laterales. Las aberraciones cromáticas se producen porque las distintas longitudes de onda al pasar por el cristal se refractan con ángulos distintos de tal forma que no coinciden todas en el mismo plano focal, sino que las longitudes de onda más cortas caen por delante del plano focal y las más largas por detrás del plano focal, su efecto en la imagen se concreta mediante la aparición de bordes de color bien en toda la imagen, si es axial; bien en los márgenes de la imagen si es lateral. Estas aberraciones son difíciles de corregir, especialmente las segundas.



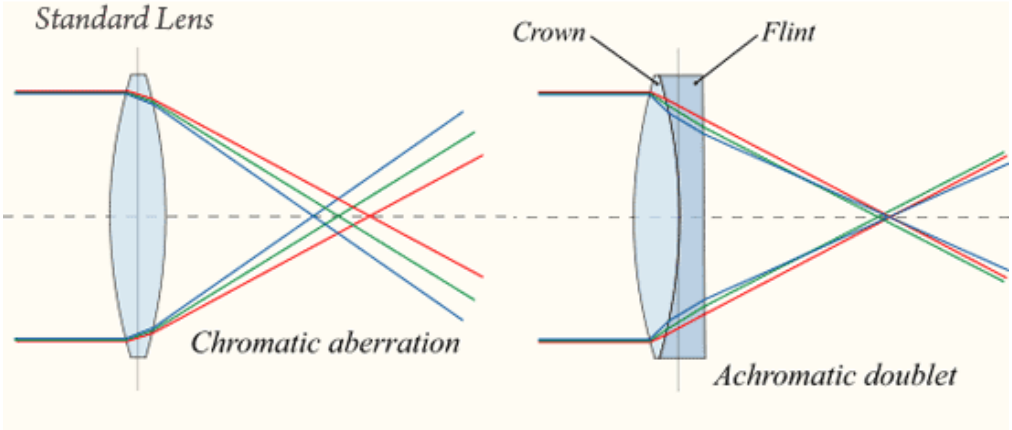


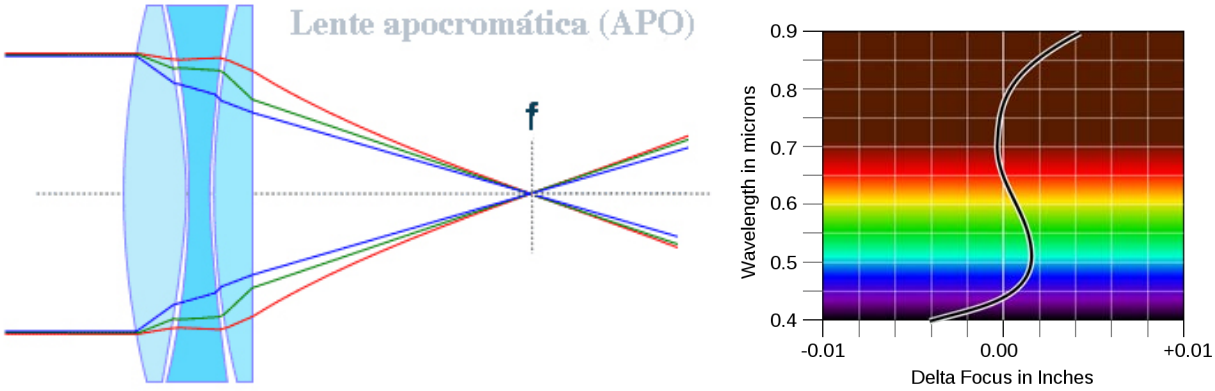
Aberración cromática axial



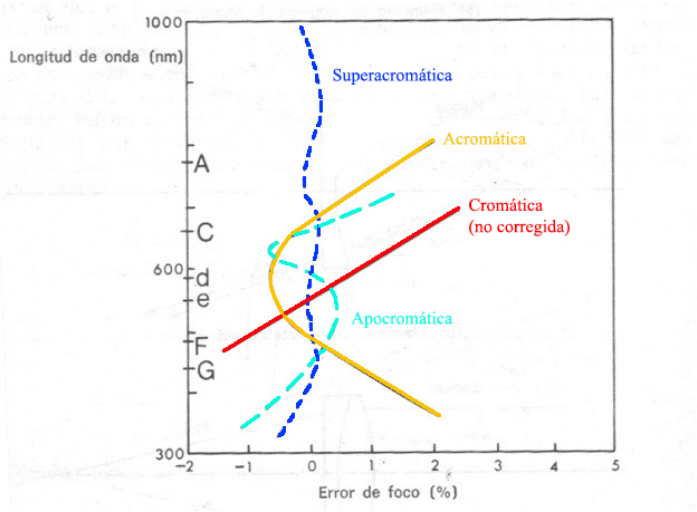
Aberración cromática lateral

La corrección se hace mediante el empleo del acoplamiento de diversas lentes que se conoce como doblete, normalmente juntando un cristal de baja dispersión Crown con otro de más alta dispersión Flint. Así y dependiendo del grado de corrección de las lentes, éstas pueden ser acromáticas, apocromáticas y superacromáticas.



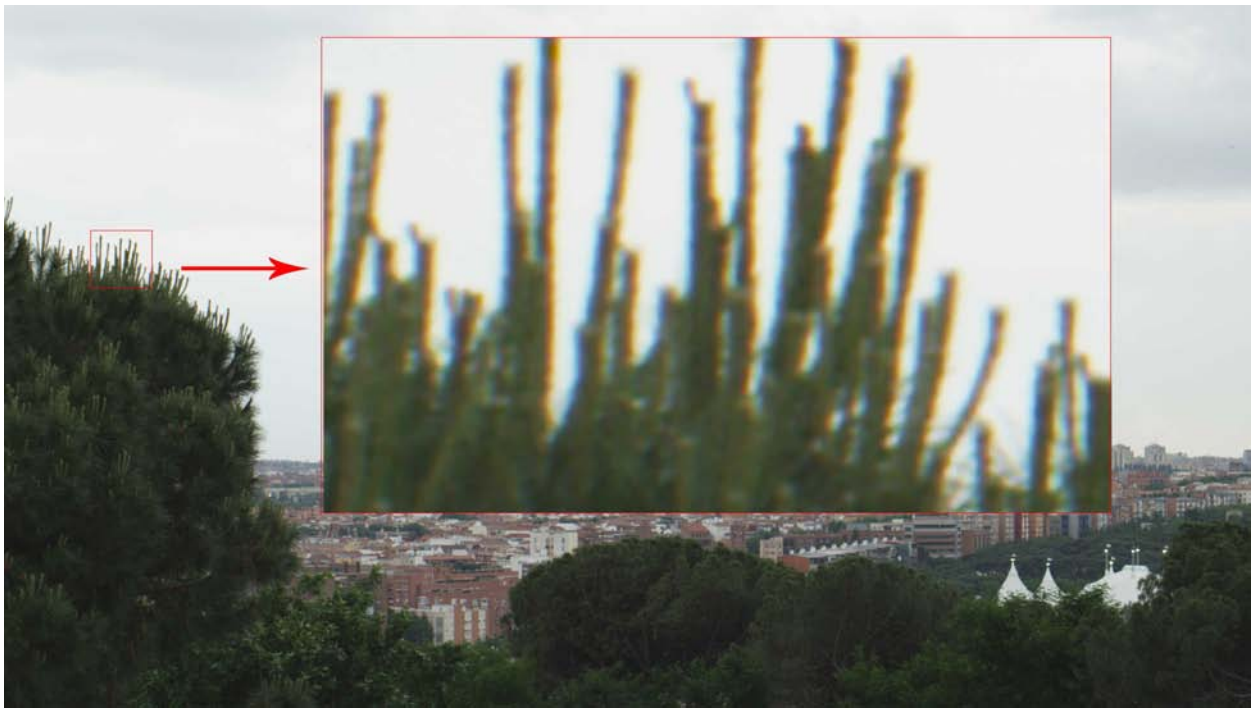


Lente apocromática y la representación en la gráfica del desvío en foco de las distintas longitudes de onda

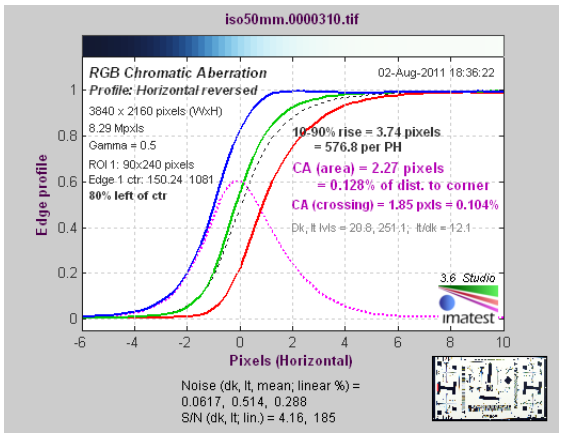


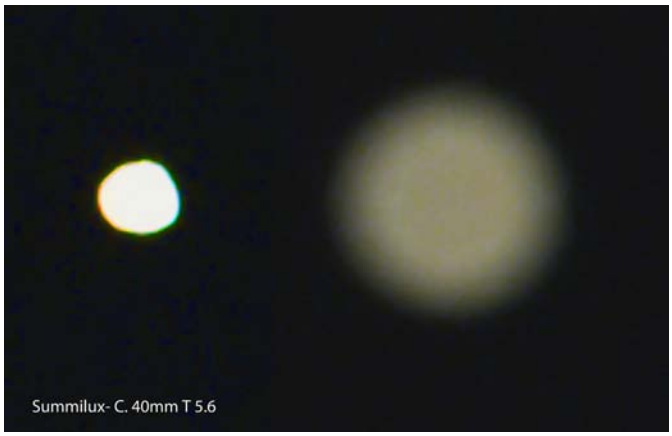
Manual de fotografía Omega

En el gráfico se puede observar la corrección realizada con distintos tipos de lentes. En el eje horizontal en % el desplazamiento del foco, es decir del plano focal, para cada una de las longitudes de onda en el eje vertical. Siendo la Superacromática la que presenta la mayor corrección con un mínimo desplazamiento del foco para cada una de las longitudes de onda.
Algunos ejemplos, de las aberraciones cromáticas.



Aberración cromática lateral en una lenta cooke phancro 50mm



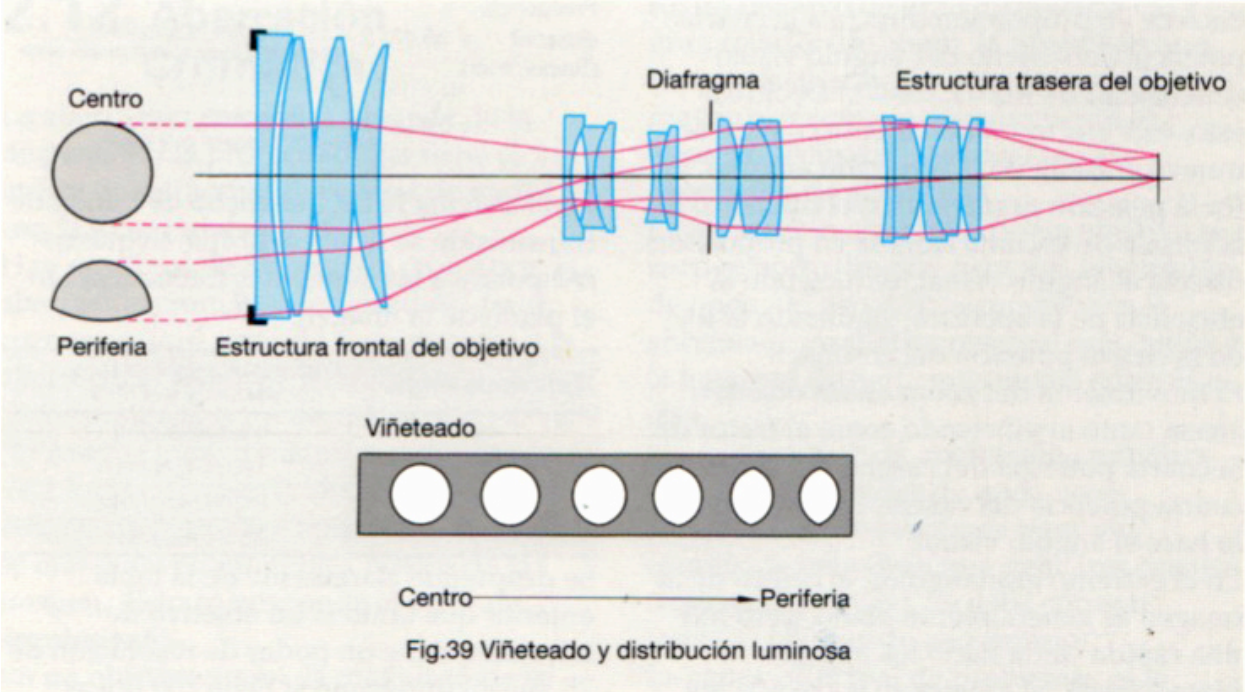


Podemos observar la aberración cromática inspeccionando los laterales de la imagen, especialmente en las zonas de alto contraste, al igual que estudiar la desviación cromática mediante software como Imatest. En la parte superior izquierda mostramos la grafica donde se ven el desplazamiento de las tres longitudes de onda en la lente panchro 50 mm, cuanto más juntas estén las líneas menor será la aberración cromática observable. En la derecha vemos la aberración en una carta Vía stellae, carta con una serie de perforaciones de muy pequeño diámetro que se retro-ilumina.

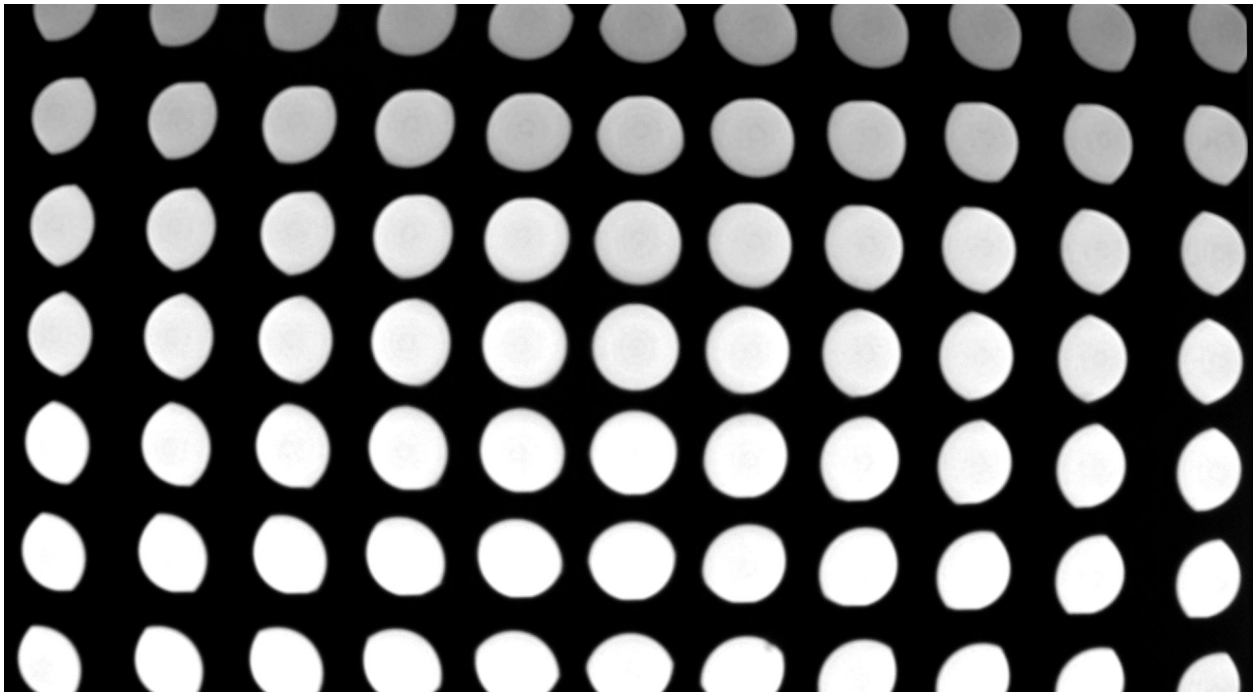
Otro aspecto a considerar es la **uniformidad luminosa** de la lente en su proyección sobre el plano focal. Es decir si la luminosidad es igual en el centro que en los laterales y si lo es en todos los valores T. Esta uniformidad luminosa está determinada por dos condiciones: el viñetado y la ley de la cuarta potencia del coseno.

El viñeteado se produce al incidir los rayos muy oblicuos sobre la lente, es decir los que llegan a esta con un ángulo muy grande respecto del eje óptico, por los bordes de la lente y que chocan contra los soportes de los cristales, de tal forma que si en el centro tenemos un punto de luz que se proyecta con un círculo, en los laterales tendremos no un círculo sino una figura en forma de lenteja.

El efecto en la imagen es un oscurecimiento de la imagen en las esquinas de la misma.



Efecto del viñeteado. Ópticas de TV II. El libro guía de ópticas para Televisión. Canon

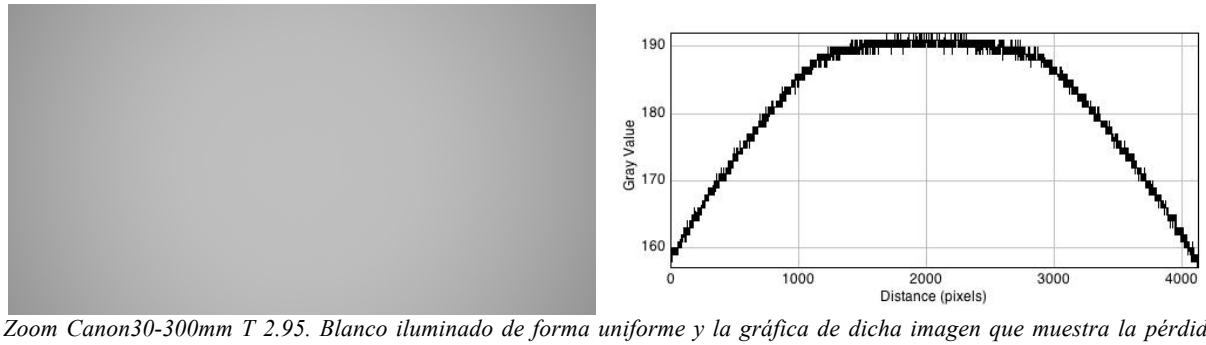


Efecto viñeteado en el zoom Alura 45-250mm T 2.6. Obsérvese la forma que aqueren los círculos a medida que vamos hacia los laterales.

Este efecto se manifiesta, en una imagen convencional, en una pérdida de luminosidad en las esquinas del cuadro. Este efecto es mayor en aquellas ópticas que tienen muchos elementos y son de ciertas dimensiones, como los Zoom.
En la imagen que ponemos a continuación se puede observar dicha aberración.

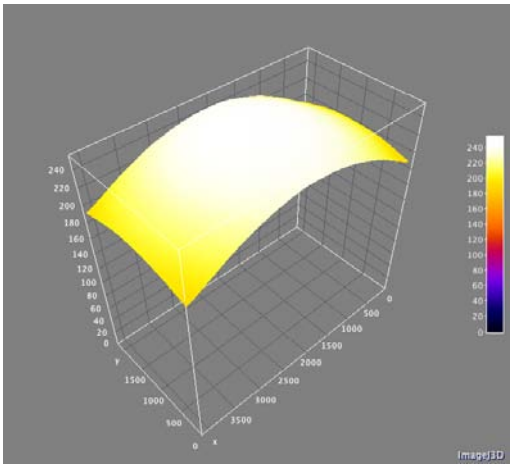


La ley de la cuarta potencia es una condición física que determina que la luz que alcanza la periferia de la imagen decrece en proporción directa a la cuarta potencia del coseno del ángulo visual. Esto es inherente a todas la lentes y su efecto se puede observar tanto en los laterales como en las esquinas del cuadro apareciendo estos más oscuros.

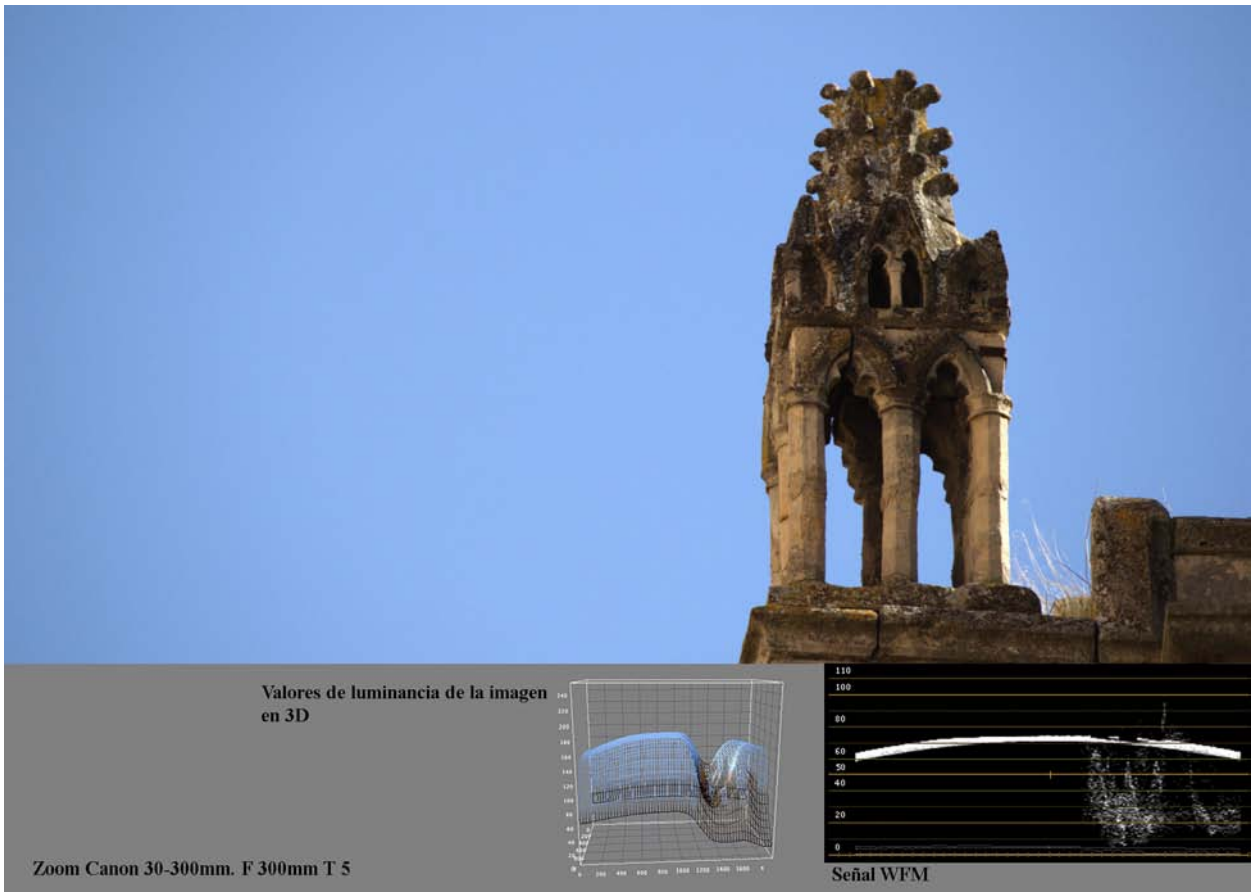


Zoom Canon30-300mm T 2.95. Blanco iluminado de forma uniforme y la gráfica de dicha imagen que muestra la pérdida de luminosidad del centro al borde.

La forma en que evaluamos estas dos propiedades pasa por la observación de un blanco iluminado de forma uniforme y viendo la señal en un monitor de ondas, a distintos valores T, siendo lo normal que la pérdida se vea más con los diafragmas abiertos. También podemos usar de nuevo Imatest para evaluar esa pérdida de luminosidad como vemos en la representación de la derecha al igual que el uso de una carta Vía Stellae.

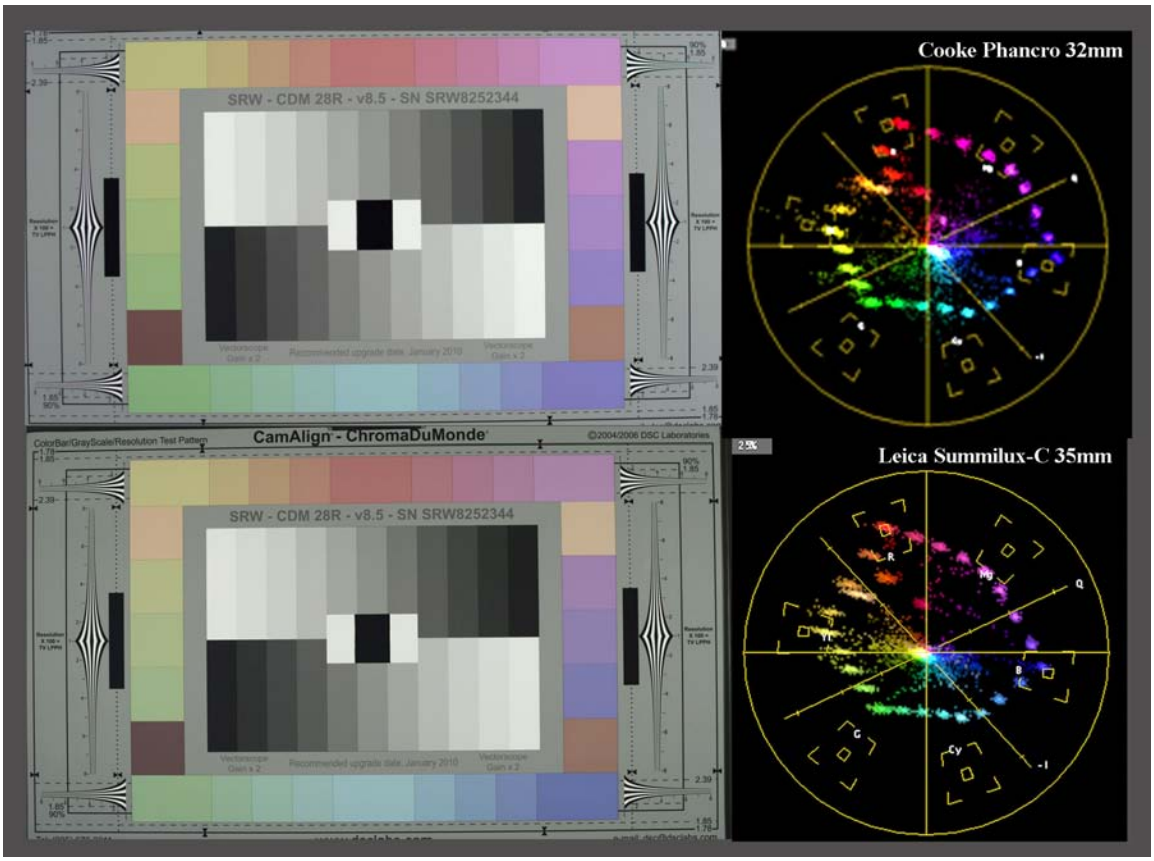


El efecto de nuevo en una imagen convencional muestra pérdida de luminosidad, haciendo los bordes y laterales más oscuros como vemos en la imagen a continuación.



El cielo muestra menos luz en los bordes y laterales que en el centro como se puede comprobar por el wfm y la representación en 3D de los valores de Y

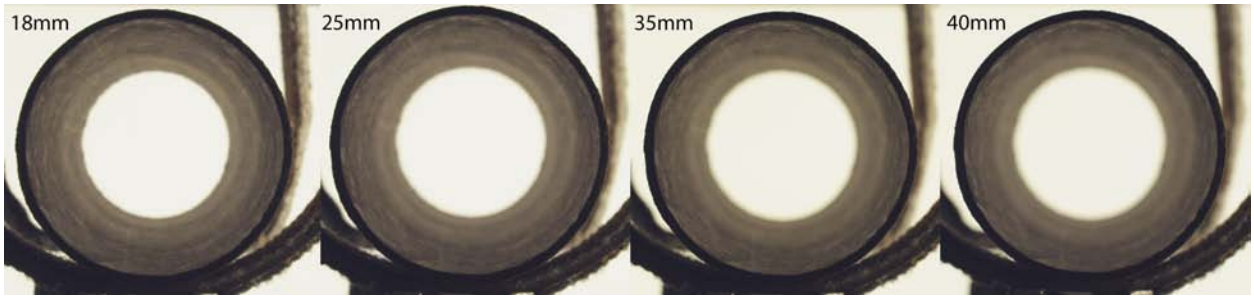
Otro de los aspectos que estudiamos es el **"color"** de las lentes. Dependiendo del fabricante, las lentes pueden ser más cálidas o más frías, pueden tener un tono más amarillento o más rojizo o más neutro. Mediante una carta de color iluminada uniformemente, con la temperatura de color apropiada y un vectorscopio se pueden observar dichas diferencias.



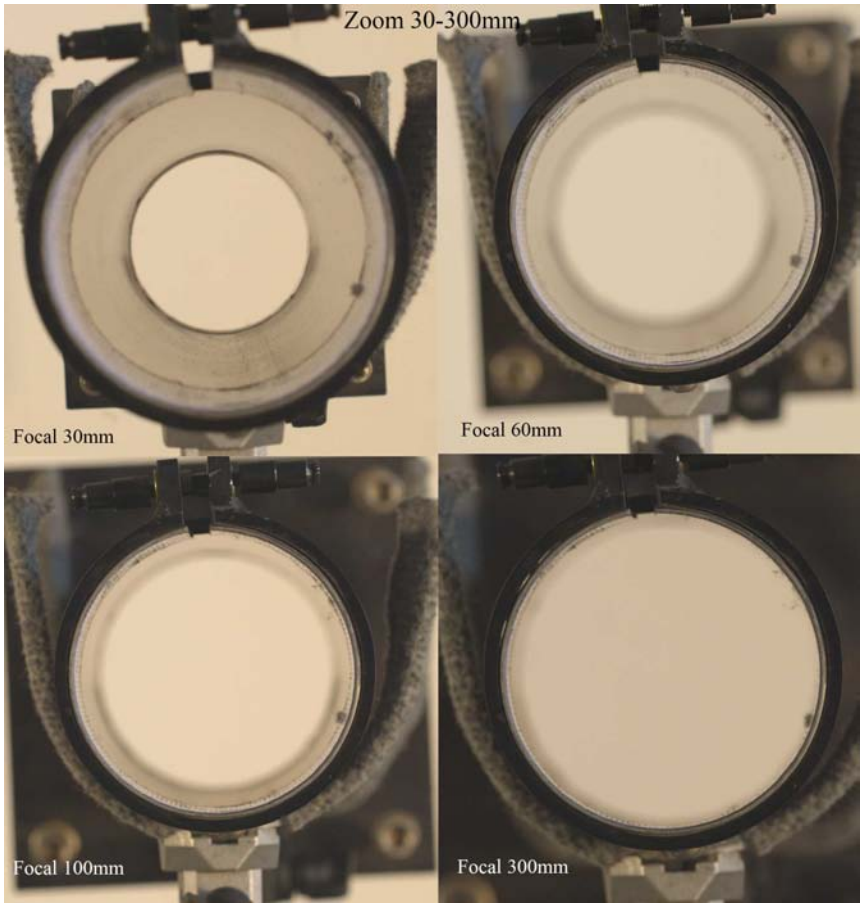
En la imagen superior vemos comparadas una lente Cooke con una Leica, la primera muestra una entonación ligeramente más fría que la segunda que es más neutra y ligeramente más cálida hacia el amarillo.



Observaremos también la **distorsión perspectiva** (que no es una aberración) que nos enseñará cómo la lente relaciona los distintos términos en sus tamaños y distancias relativas. A mi me interesa particularmente este aspecto por lo que uno aprende como el juego de lentes que usamos construye el espacio y la relación de tamaños entre los objetos que se encuentran situados en él. Para esta prueba basta con poner un cilindro hueco de cierta longitud perpendicular al sensor de forma que el eje central del tubo coincida con el eje óptico y por lo tanto con el centro de la imagen. Lo que vemos en la imagen es la relación entre la entrada del tubo cerca de cámara y la salida del mismo más alejado.

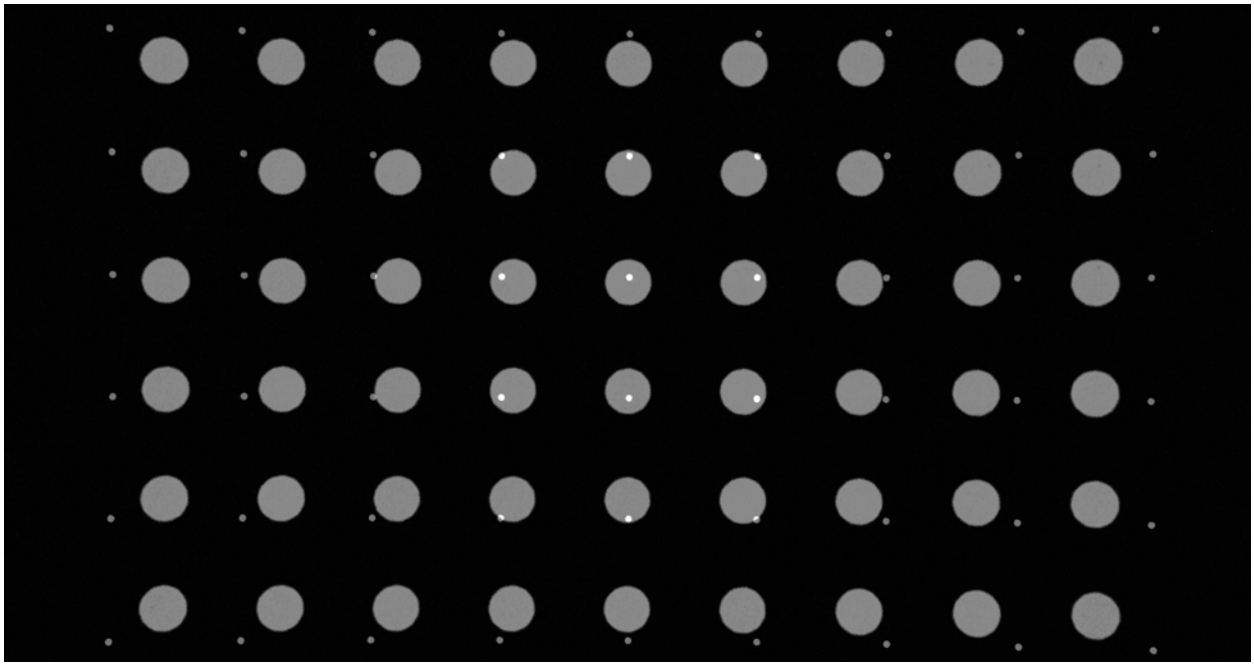


Distorsión perspectiva de las lentes Leica Summilux-C



Distorsión perspectiva a distintas focales del zoom de Canon 30-300mm

Consideraremos igualmente si la óptica **"respira"**, es decir, si al desplazar el foco varía el tamaño del cuadro. Para ello podemos observar solapadas las imágenes de una carta Vía Stellae enfocada y desenfocada, además de la observación directa en los distintos planos que podemos



Zoom Canon 30-300mm. Focal 100mm. T 5.6

En la imagen superior, el punto más pequeño corresponde a la carta enfocada y el más grande a la desenfocada, como se ve los puntos solo coinciden en los círculos del centro, mientras que en los laterales están desplazados uno respecto del otro, lo que nos indica la variación del tamaño del cuadro en función del desplazamiento del foco.



Zoom Canon 30-300mm. Focal 85mm

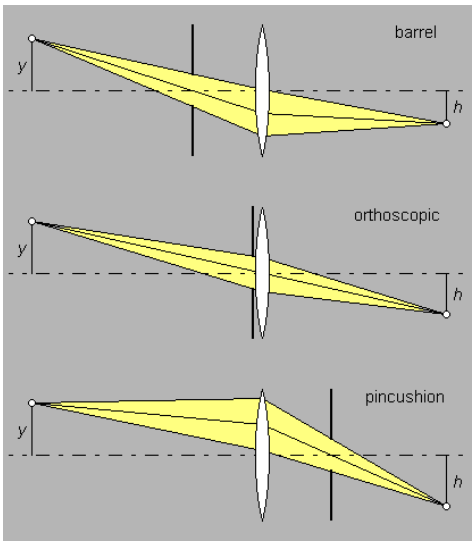
En estas dos imágenes mostramos la variación del tamaño del cuadro al cambiar el foco del fondo al primer término. En la parte que indicamos con el inspector, vemos como, cuando enfocamos al primer término, el fondo aumenta de tamaño haciendo perder una parte de la casa y la roca que la sustenta.

Las variaciones del tamaño del cuadro, pueden ser más o menos significativas si bien en las lentes de alta calidad son ya irrelevantes.

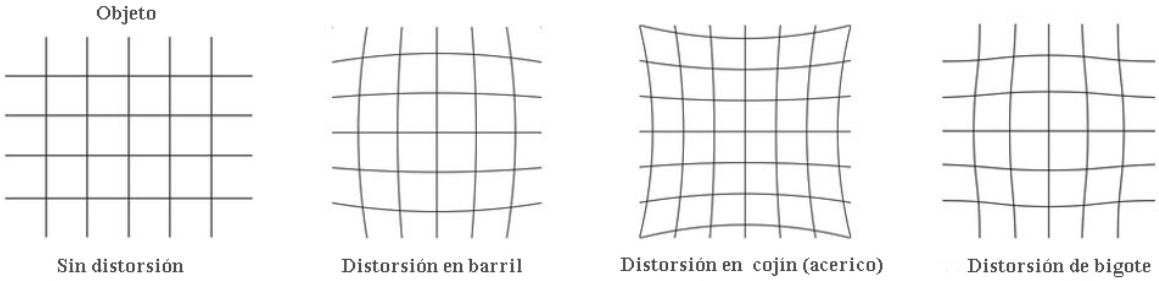


Zoom Canon 30-300mm. Focal 85mm

La **distorsión geométrica** es otro de los aspectos a estudiar. Existen dos tipos de distorsiones, en cojín (acerico) o en barrilete, la primera se da en las ópticas más angulares, mientras que la segunda se da en las más teles. La distorsión se produce al usar determinadas aberturas para corregir aberraciones como por ejemplo el coma, de tal forma que los rayos que los rayos oblicuos no sigue trayectorias rectilíneas. Este tipo de distorsión está relacionado con el lugar que ocupa diafragma y no se ve afectada por la apertura del mismo y se corrige mediante una construcción simétrica. Con una carta de líneas verticales y horizontales podremos observar dichas distorsiones que también puede ser analizadas por Imatest.



http://toothwalker.org/optics/distortion.html#ref2



En las imágenes habituales se puede apreciar claramente esta distorsión.



Zoom canon 14.5-60mm. Focal 14.5. Se puede apreciar claramente la distorsión en la modelo.

Por último consideraremos los aspectos de la óptica que tienen que ver con su peso, la disposición de los distintos anillos, con el foco, el diafragma o el zoom al igual que el tamaño y la uniformidad entre las distintas lentes de un mismo grupo, la comodidad del manejo y la posibilidad de utilizar todos los periféricos como son los distintos motores por ejemplo.

Todas las características que aquí venimos estudiando nos darán la posibilidad de conocer en profundidad las distintas lentes de diferentes fabricantes y así elegir aquellas que nos parezcan más apropiadas para nuestro proyecto. No existen lentes perfectas, y a partir de cierto nivel todas la lentes son buenas y se diferencian en aquello que los fabricantes quieren denominar como su personalidad, aquello que las define. Como los buenos vinos uno puede evocar el carácter suave de las lentes Cooke que recuerdan los verdes campos ingleses insinuados entre la niebla, o el *Charme* Francés característico de las lentes Angeniuex, tan elegantes y atractivas o la nitidez casi helada de los Zeiss que nos llevan hacia las atmósferas cristalinas de la Selva Negra, y cómo no también las lentes de canon con ese aroma a Hokusai o las Fujinon que nos acercan al dibujo de línea precisa de Osamu Tezuka y el manga. Todo un mundo el de las lentes.

Referencias web

http://www.alfonsoparra.com
http://www.fdtimes.com/
http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html
http://www.cambridgeincolour.com/
http://www.canon.com/camera-museum/tech/l_plant/main.html
http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3239/html/15_aberraciones_pticas.html
http://www.gladstonefilms.com/article.html
http://toothwalker.org/optics/distortion.html#ref2

Algunos libros de referencia
Manual de Fotografía. Ed Omega
The photographic lens. Sidney F. Ray. Ed. Focal Press
TV Optics II y III. The canon guide book of optics for television system.
Fundamentals of Optics. Francis A. Jenkis and Harvey E. White.