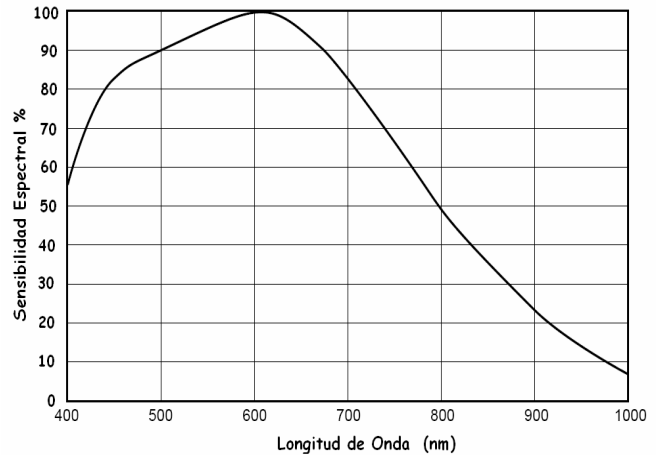


Selección de Filtros para Sistemas de Banda Ancha en Astronomía CCD

Oliver Christopher López, olichris26@gmail.com
 Complejo Astronómico Andrés Bello www.olichris.jimdo.com

Ya desde finales del año **2003** tenía en mente la utilización de filtros fotográficos para separar ciertas bandas del espectro en astrofotografía con película, en particular la Ultravioleta e Infrarroja, y comencé a estudiar diversos filtros fotográficos, actualmente estoy por adquirir una CDD monocroma, **la Orion StarShoot II DeepSpace** por lo que retome este trabajo, debido a las ventajas de estos dispositivos, lo primero que debemos conocer, es la curva de sensibilidad espectral del sensor que posee, incluso antes de comprarla, llamada también, **Eficiencia Cuántica (EQ)**, con esta sabemos el rango del espectro con el cual disponemos para el uso de los filtros, Esta cámara posee un sensor **SONY ICX429ALL-7** la imagen derecha corresponde a su curva de sensibilidad espectral o EQ.



El interés de usar filtros fotográficos es por su reducido valor, y que se pueden usar en cualquier diámetro, pocos los compran porque eran para fotografía con película blanco y negro, y en la actualidad todas las cámaras digitales familiares corrigen el balance de color, he visto el caso en una tienda en Caracas, en que cuando una vendedora reviso en el deposito para buscarme estos obsoletos filtros, tenían hongos y los iban a votar, estos se recuperan dejándolos al sol y luego haciéndoles un lavado con alcohol ya que la superficie óptica no es afectada por los hongos y se mantiene intacta.

Inicialmente busque que los mismos coincidieran con los sistemas de fotometría Internacional **UBVRI** Johnson, Cousins y Cousins/Bessell, revisando las marcas más comercializadas y comunes, como los Kodak, Hoya, Kenko, Tiffen, Kopp, Etc, usando un método rápido y bastante preciso. En el programa **Paint** de **Microsoft Windows**, vamos a superponer las curvas a fin de comprarlas. Abrimos las dos imágenes de las curvas a comparar y seleccionamos la parte que nos interesa, luego la copiamos y la llevamos al otro

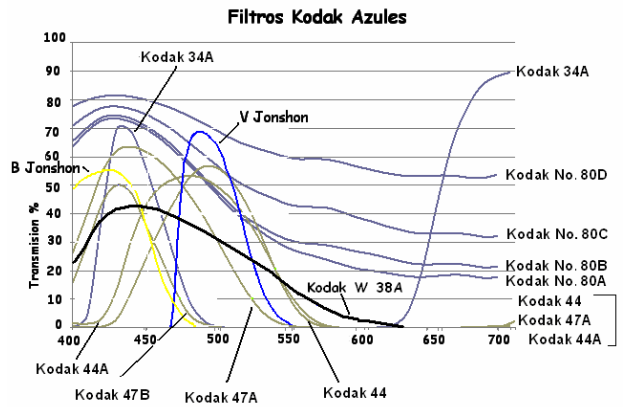
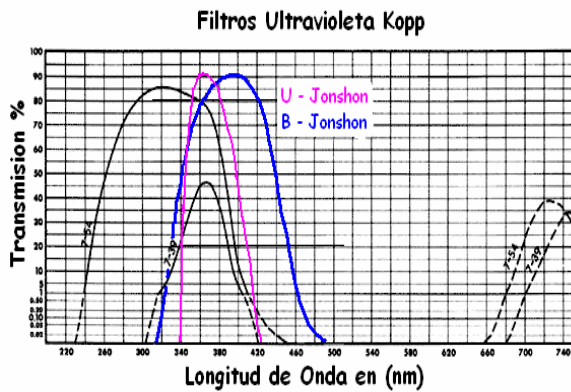
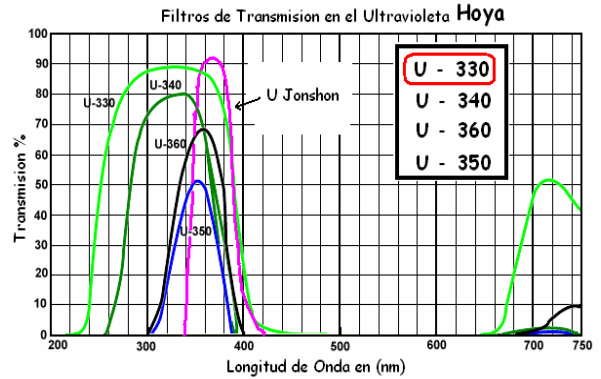
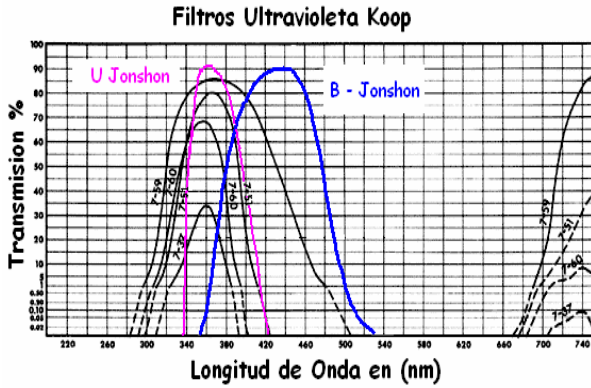
El proceso se realiza en el programa **Paint** de **Microsoft Windows**. Se muestran tres ventanas de trabajo:

- Una ventana con el gráfico de **Astrodon Photometrics Johnson-Cousins UVBRcIc**, que muestra %Transmittance vs Wavelength (nm) con curvas para UV, B, V, Rc, y Ic.
- Una ventana con el gráfico de **HOYA O-56**, que muestra % TRANSMISSION vs WAVELENGTH (nm) con una curva de paso de banda.
- Una ventana donde se está editando la imagen de la curva de Hoya O-56 para hacerla transparente y superponerla a la curva de Astrodon.

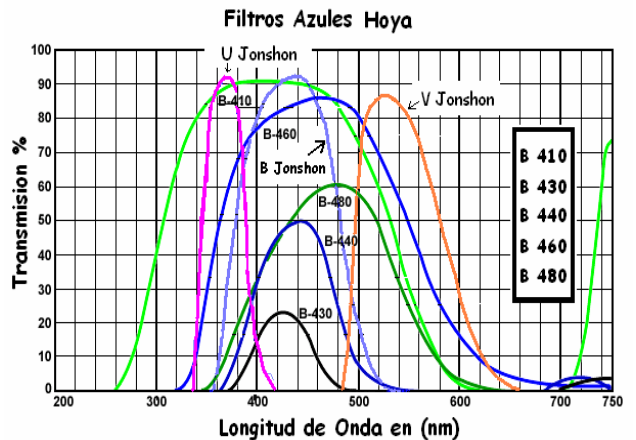
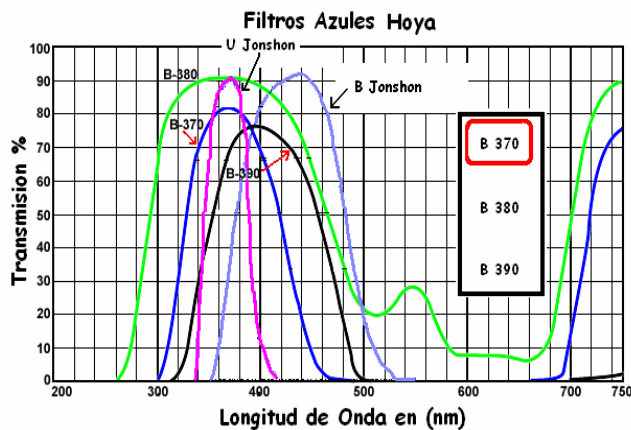
Se observan acciones como seleccionar la curva de Hoya, copiarla, y luego pegarla sobre la curva de Astrodon en la tercera ventana. Se ven también herramientas de edición como el menú contextual de 'Copiar' y 'Pegar'.

grafico abierto. Aquí la pegamos, pero la imagen pegada tapa la que esta debajo, para esto tenemos la opción de poner el color blanco como transparente, la vamos a activar y tenemos la curva transparente encima de la otra, ahora la podemos arrastrar con el ratón y redimensionarla estirándola o encogiéndola por sus vértices para hacerla coincidir con los valores de la ordenada y abcisa de la otra curva y comparar sus características de transmisión.

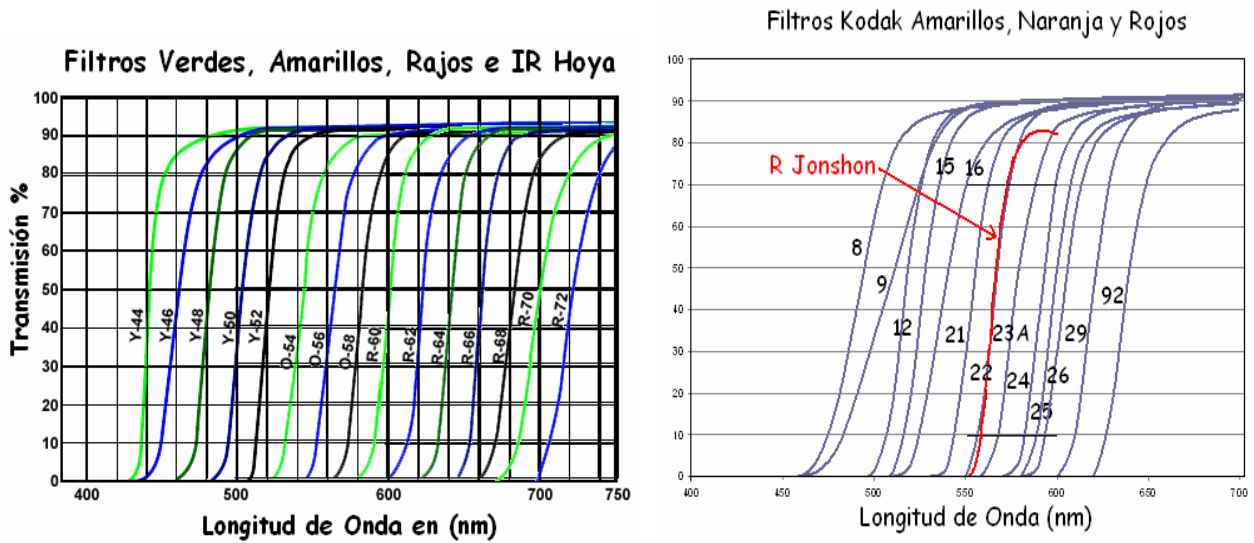
En las imágenes inferiores, los filtros de transmisión UV: **Kopp**, **Hoya** y **Kodak** comparados con las Bandas **U** (Ultravioleta) y **B** (Azul) del sistema Johnson. Los **7 - 60**, **7 - 51** y **7 - 54** de la marca **Koop**, aíslan bastante bien el ultravioleta pero deja pasar el espectro rojo e infrarrojo, la **Hoya** tiene el **U - 330** pero también con paso del infrarrojo.



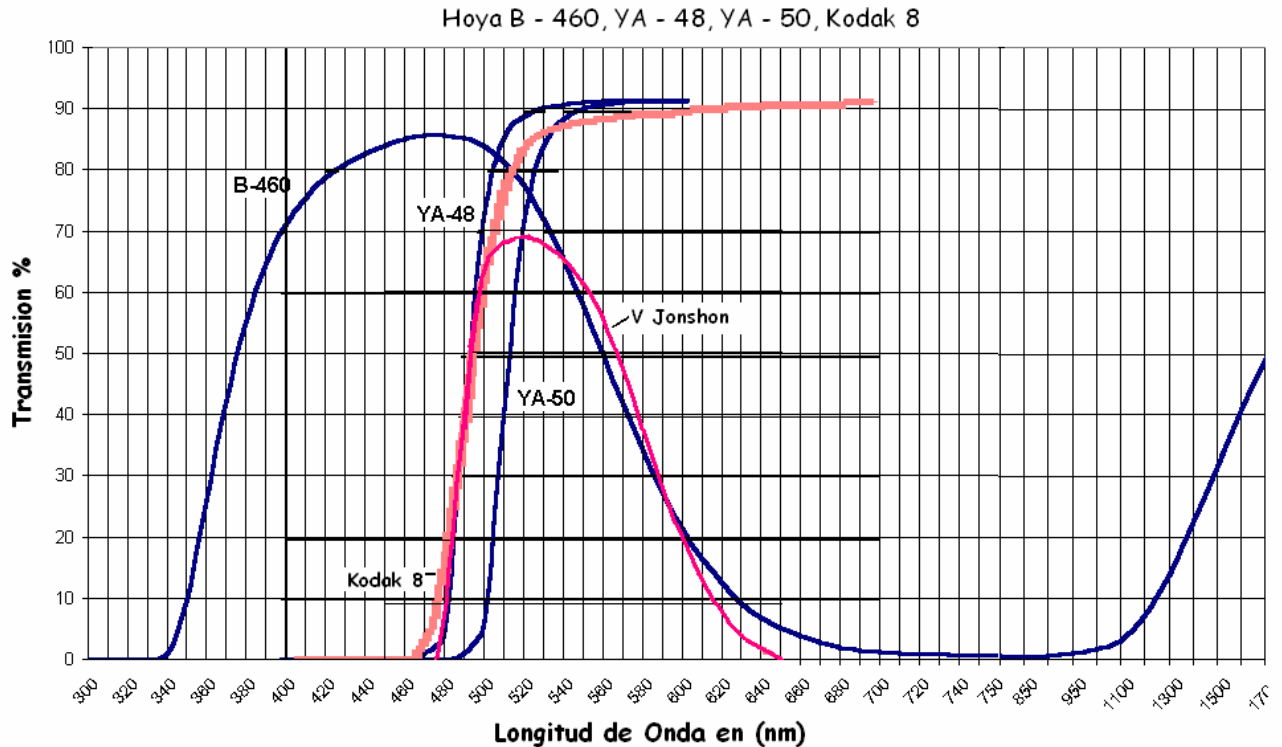
En cuanto a los filtros azules, la **Kodak** no tiene ningún filtro que aíse bien la parte azul, todos dejan pasar demasiada luz verde y amarilla, a excepción del **34A**, con la desventaja de que también deja pasar el rojo e infrarrojo. De los Filtros Hoya el **B 380** aísla bien el Ultravioleta y parte del azul, pero deja pasar gran cantidad de luz verde-amarilla y todo el espectro infrarrojo, el **B 370** aísla bien parte del azul y el Ultravioleta completo, pero debe funcionar con un filtro de corte de infrarrojo, el **B 390** es el mejor que encontré ya que separa mejor el ultravioleta y parte del azul sin dejar pasar el infrarrojo con un corte en los **500 nm**, aunque con solo **76 %** de transmisión, muchos aficionados usan el **Kodak 34 A** con gran paso de luz roja e infrarroja mostrado arriba y que solo deja pasar el **70 %** de la luz azul.



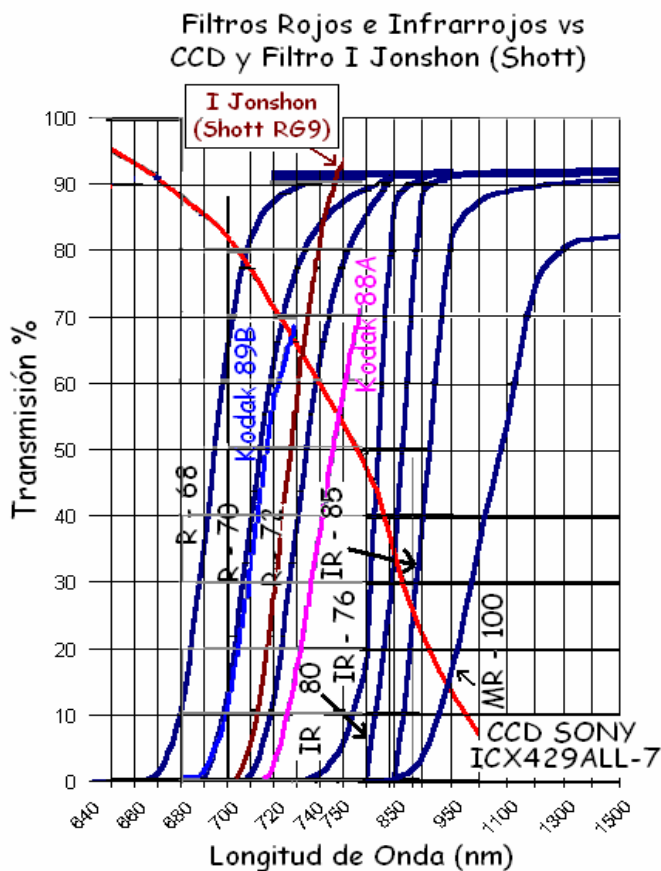
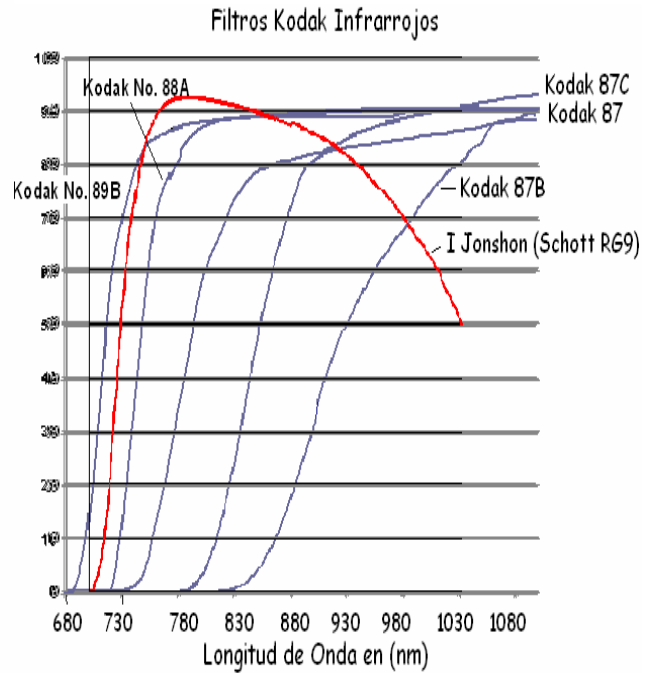
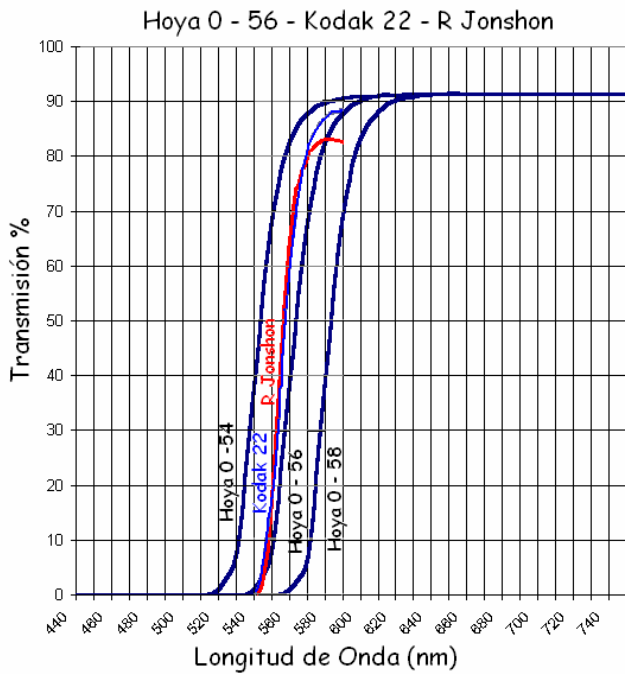
En el caso de los filtros Amarillos y Rojos tenemos mucha variedad, abajo las Marcas **Hoya** y **Kodak**.



Los filtros de la marca **Tiffen** y **Lumicon** coinciden con los **Kodak** para los de color Amarillo, Rojo e Infrarrojo. La figura de abajo es la comparación de los filtros **Hoya B 460** (azul) y **YA 48** (amarillo) equivalente **Kodak 8** para cubrir la banda **V (Visual)** del sistema Johnson, sin ser necesario un filtro de corte de infrarrojos, ya que la transmisión del **Hoya B 460** es de solo **4%** a **1100 nm**. Esta forma de utilizar dos filtros combinados después de un proceso de adición de curvas de transmisión -explicado mas adelante-, es la manera en que muchas casas de filtros para astronomía, así como observatorios profesionales construyen sus juegos de filtros.

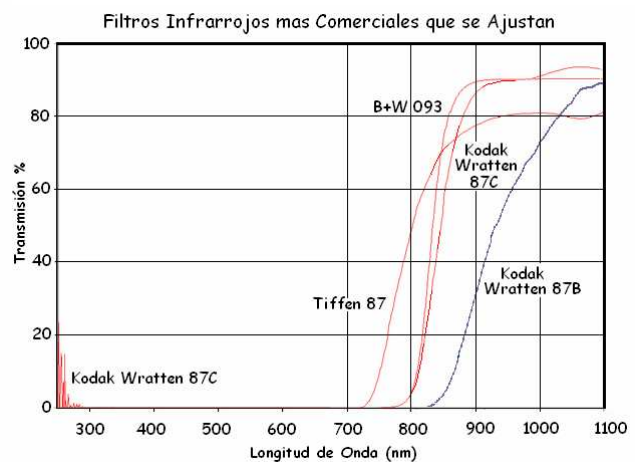


Los filtros **Hoya 0 56** y **Kodak 22** coinciden muy bien con la banda **R** del sistema Johnson, mientras que para la banda **IR**, los kodak no coinciden, pero aíslan bien el infrarrojo en otras longitudes de onda del infrarrojo.



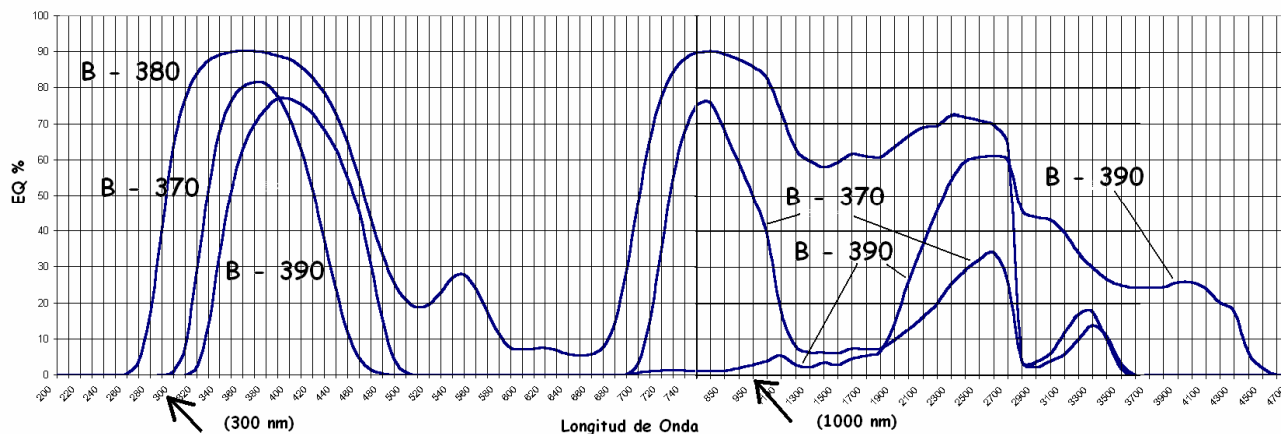
En la figura izquierda, las curvas de otros filtros infrarrojos **Hoya**, la línea roja representa la curva de **EQ** del CCD **SONY ICX429ALL-7** que posee la **Orión StarShoot II**, El filtro **Kodak 89B** fue diseñado para penetrar en la neblina en las fotografías aéreas usando película fotográfica infrarroja, es bastante cercano al vidrio **Schott RG9** usado para la extensión **I** en el sistema Johnson, sin embargo el **Hoya R72** coincide de manera aun mas precisa.

Otros filtros comerciales como: **Kodak 87C** y **W+B 093** sirven para cortar la banda **IR** en otro canal a **830 nm**.



Una vez seleccionados los filtros debemos revisar toda la curva donde el filtro tiene transmisión, desde el ultravioleta hasta el infrarrojo, o toda la región abarcada por el filtro donde el CCD tiene sensibilidad, la imagen inferior corresponde a la región espectral abarcada por los filtros Hoya **B 370, 380 y 390**, las flechas negras señalan los límites aproximados de la eficiencia cuántica del CCD **SONY ICX429ALL-7**.

Filtros Hoya Azules B - 370, 380 y 390



Las estrellas, cúmulos, nebulosas y galaxias, emiten luz en el espectro continuo. No es por lo tanto posible separar su radiación de la del fondo del cielo. El firmamento nocturno es azulado y estadísticamente es más probable encontrar estrellas rojas que azules, por lo que trabajar hacia la parte roja del espectro nos abre muchas posibilidades, las nebulosas tanto planetarias como difusas y de emisión, emiten toda su luz en frecuencias discretas, fundamentalmente: Oxígeno **OIII** (495,8 y 500,7 nm verde), Hidrógeno **Hβ** y **Hα** (486,1 nm azul verdoso y 656,3 nm roja), otras emisiones nebulares menores son: Neón **NeIII** (387 nm violeta), Hidrógeno **Hγ**, (434 nm, violeta), Helio **HeII** (468,6 nm azul verdoso), Nitrógeno **NII**, 654,8 y 658,3 nm, rojas), y Azufre **SII** (673,7 nm roja) Existen también líneas de emisión de cierta relevancia en objetos muy ionizados.

En las nebulosas planetarias predomina la línea del **OIII**, mientras que en la mayor parte de las nebulosas difusas de emisión, se abrillanta pero sin predominar, la línea del **Hα**. En condiciones de ionización más suaves, la nebulosa puede resultar más luminosa en **Hβ** que en **OIII**. Las líneas que están en la parte roja del espectro como: **Hα**, **SII**, **NII**, etc., tienen más interés fotográfico que visual, ya que están muy lejos del máximo de sensibilidad del ojo adaptado a la oscuridad. De este modo, si observamos con telescopio a una nebulosa de emisión aparentemente muy roja en fotografías, ésta tendrá un tono verdoso.

Los núcleos cometarios emiten a grandes distancias líneas de gases ionizados, como el Carbono Diatómico, fundamentalmente a (405 nm), Cianógeno **CN** (388,3), Carbono **C2** (473,7) todas en la parte azul y ultravioleta.

Las líneas de contaminación lumínica son necesarias tenerlas en cuenta a la hora de elegir los filtros, se divide en: **Local** (luces próximas, de calles o edificios), **Regional** (la cual se extiende sobre los núcleos urbanos y es perceptible a decenas de kilómetros) y **General** (de origen natural, gases atmosféricos ionizados), indiferente de la situación del observador.

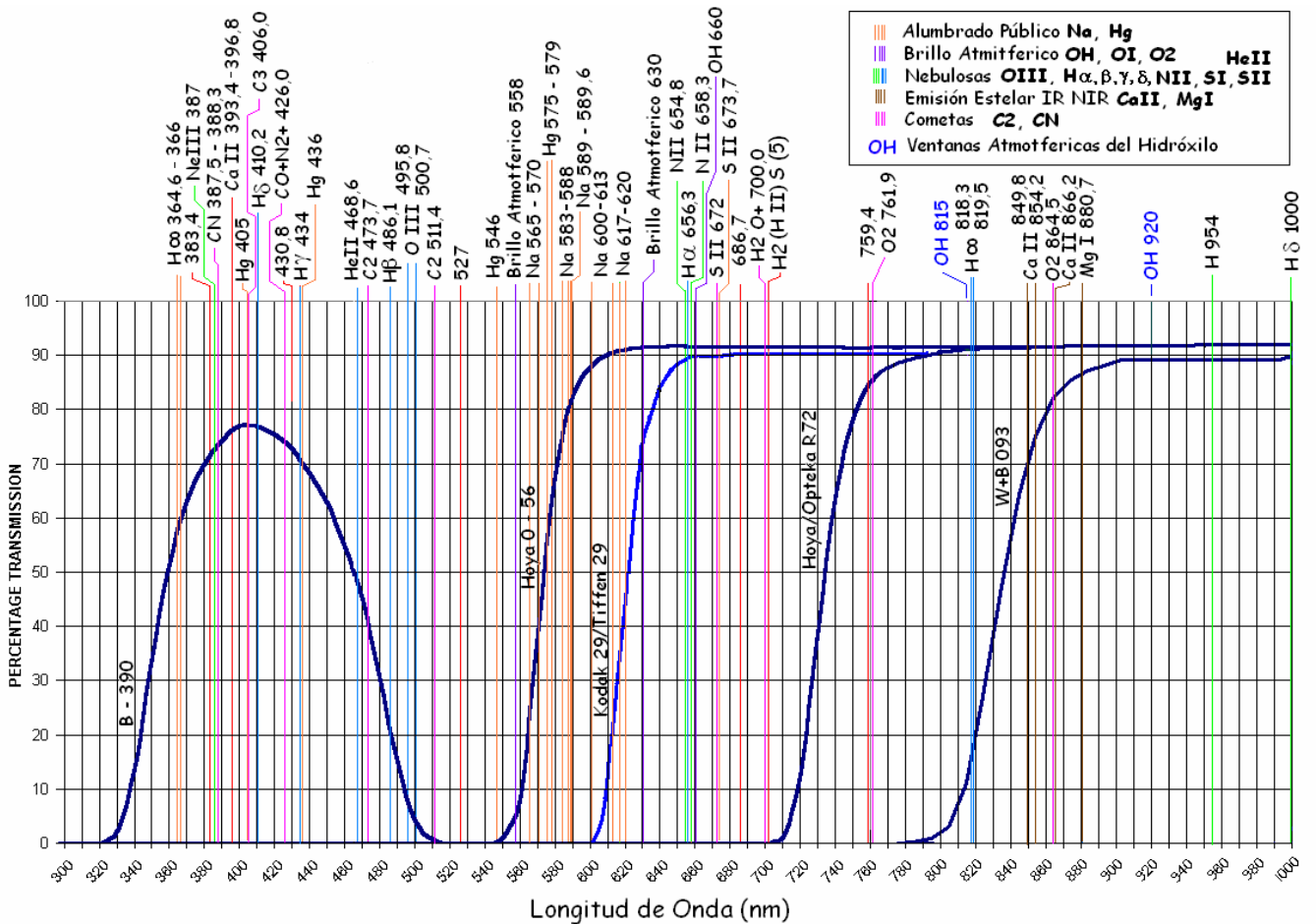
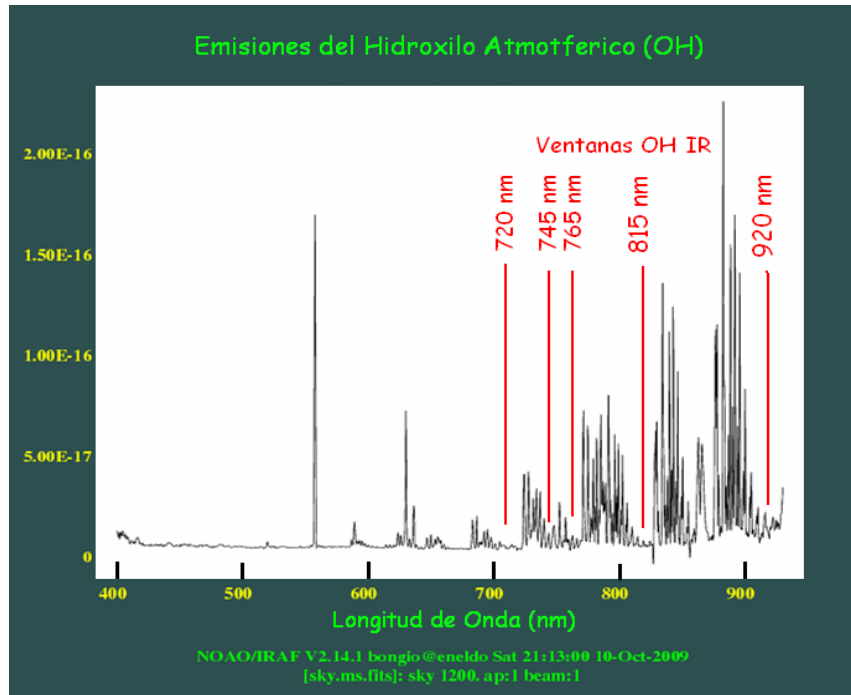
Las principales líneas de emisión artificiales son causadas por las lámparas de vapor de Sodio (anaranjadas brillantes y molestas) y Mercurio (Blancas y menos molestas), frecuentes en el alumbrado público, estas emiten luz en frecuencias específicas: **Vapor de Mercurio (Hg)**, con líneas a 366 nm (muy intensa), 405 y 436 nm (medianamente intensas), y 546 y 575 nm (también muy intensas), **Vapor de Sodio a alta presión (Na)**, con líneas a 565 y 613 nm, y **Vapor de Sodio a baja presión**, con un doblete amarillo muy puro a 589.0 y 589.6 nm. Las bombillas de **filamento de Wolframio** habitualmente utilizadas en la iluminación interior (lámparas de incandescencia), emiten luz continua en todo el espectro visible, sobre todo en el rojo. Por esta razón, casi todos los filtros intentan eliminar la región comprendida entre los 550 y 650 nm.

Por su parte el cielo no es del todo oscuro, este brilla debido a la emisión de gases ionizados en la alta atmósfera por la radiación solar: **El Oxígeno Ionizado** emite una luz azulada 557,7 y 630 nm, más intensa la primera, aunque también existen emisiones menores de otras especies, **Oxígeno Neutro** (350 nm), **Oxígeno Molecular** (761,9 y 864,5 nm), **Sodio** (589,2 nm la misma línea de las Lámparas de Vapor de Sodio a baja presión del alumbrado público), e **Hidroxilo OH** con

bandas amplias a 660 nm y en el IR (Bandas I, J, H, K), donde muestra una estructura moteada en las fotos, cuando se lo observa con sensores infrarrojos, en la **Banda I** las emisiones cubren casi todo el rango de sensibilidad del CCD, con solo algunas ventanas de máxima transparencia como muestra la imagen derecha.

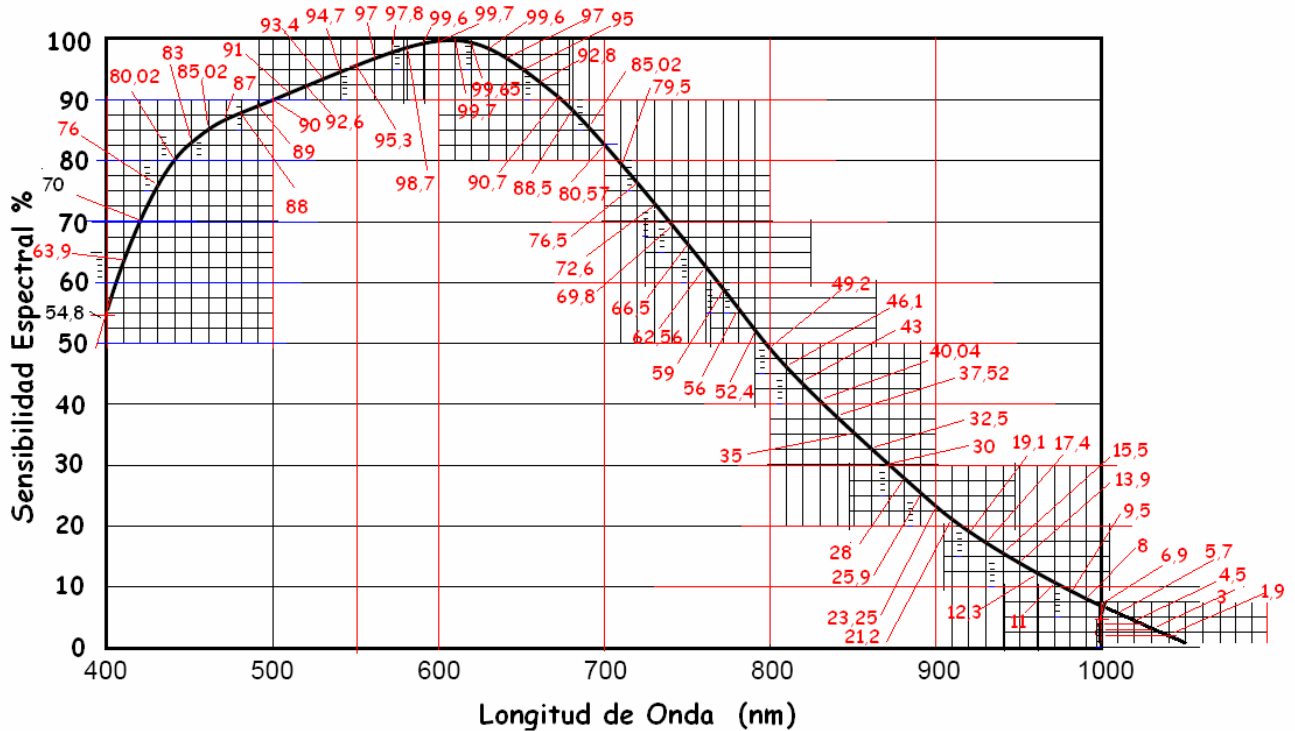
Si usamos filtros infrarrojos, nos escapamos de las luces de las nebulosas y del alumbrado público pero se nos presenta el problema de la atmósfera y sus gases ionizados.

Ahora de manera mas profunda revisamos las emisiones de luz tanto de objetos celestes como del alumbrado público y la atmósfera que deja pasar cada filtro de los seleccionados: **Hoya B 390**, y **0 56**, **Tiffen 29**, **Opteka R72** y **W+B 093**.



Una vez tenemos los filtros seleccionados debemos trabajar con sus curvas en valores numéricos, estos aparecen en algunas paginas en Internet de casas donde se fabrican y comercializan, en las referencias de este trabajo se mencionan las fuentes.

Los valores numéricos del % de la transmisión de los filtros seleccionados a lo largo del espectro, así como de la CCD los insertamos en el programa Excel, podemos usar una resolución de cada **100 nm**, si no conseguimos estos valores como fue el caso de mi CCD debemos establecerlos mediante la imagen de su curva, ver Imagen Inferior.



Hay que tomar en cuenta que al utilizar una combinación de dos filtros fotográficos, se modifica la curva de transmisión definitiva, por ejemplo, a **500 nm**, el filtro **Hoya B 460** (azul) tiene una transmisión de **84 %**, mientras que el **YA 48** (amarillo) transmite solo el **73 %**.

Hoya B 460	Hoya YA 48
84%	73%

Así que el **84 %** de luz que dejó pasar el filtro **Hoya B 460**, es el **100%** de la luz que está entrando en el **YA 48** en relación a su **73%**, Corregimos esto con la siguiente fórmula:

$$84 \% / 100 = 0,84 \times 73 \% = 61,32 \% \text{ de transmisión a } 500 \text{ nm}$$

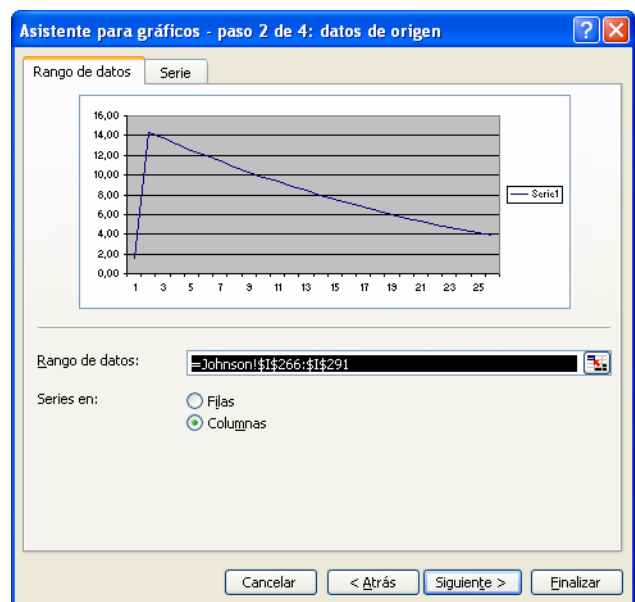
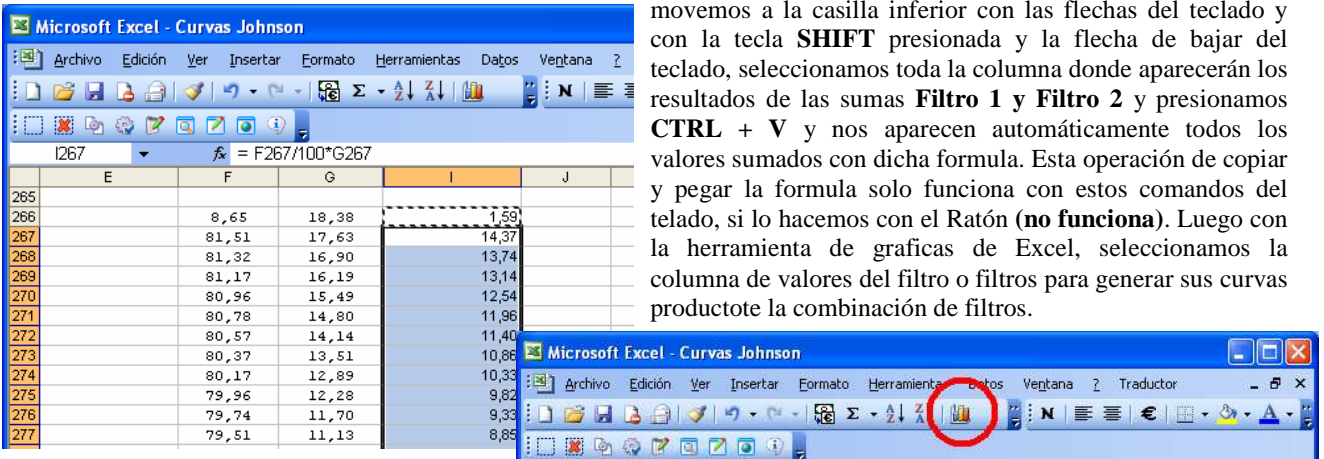
Esta es la transmisión de la combinación de estos dos filtros para esta longitud de onda, luego corregimos a este valor la Sensibilidad o EQ del CCD y tenemos la curva de transmisión para cada banda (conjunto de filtros y CCD). En el caso de trabajar en el ultravioleta corregimos también la curva de transmisión para el caso de si el espejo es plateado o aluminizado, ya que su transmisión espectral no es igual en el ultravioleta ni en los mismos porcentajes unos del otro.

Veamos como hacer estas combinaciones en el programa Excel y como generar las curvas definitivas. Los decimales los colocamos usando coma y no punto para que la función de fórmulas de Excel funcione. Luego en la otra columna donde queremos el resultado de la suma de las curvas, escribimos la fórmula: = tocamos la celda del primer valor del Filtro 1 y luego dividir entre **100**, con el símbolo /, luego seleccionamos el símbolo * y tocamos la casilla del primer valor del Filtro 2 para multiplicarlo por este, y presionamos **Enter**, nos aparece en la celda el resultado de esta sencilla ecuación (imagen).

The left screenshot shows a spreadsheet with columns E, F, and G. Column F is filtered to show values 8,65, 81,51, 81,32, 81,17, 80,96, 80,78, and 80,57. Column G is filtered to show values 18,38, 17,63, 16,90, 16,19, 15,49, 14,80, and 14,14. The formula bar shows $=F266/100*G266$.

The right screenshot shows the same data with a formula $=F266/100*G266$ entered in cell I266. The formula bar also shows $=F266/100*G266$.

Ahora pisamos la casilla donde esta el resultado, y con los comandos de las teclas **CLRT + C**, copiamos la formula y nos movemos a la casilla inferior con las flechas del teclado y con la tecla **SHIFT** presionada y la flecha de bajar del teclado, seleccionamos toda la columna donde aparecerán los resultados de las sumas **Filtro 1 y Filtro 2** y presionamos **CTRL + V** y nos aparecen automáticamente todos los valores sumados con dicha formula. Esta operación de copiar y pegar la formula solo funciona con estos comandos del teclado, si lo hacemos con el Ratón (**no funciona**). Luego con la herramienta de graficas de Excel, seleccionamos la columna de valores del filtro o filtros para generar sus curvas productote la combinación de filtros.



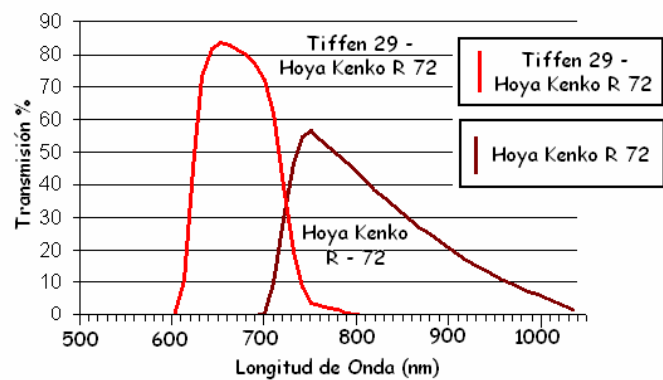
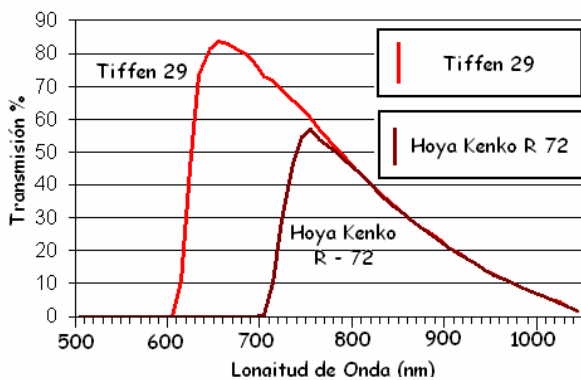
De esta misma forma le vamos a corregir el porcentaje de sensibilidad del CCD a la transmisión de un filtro o al (conjunto de dos filtros) para cuantificar el total de luz que entra en cada banda para formar nuestra imagen electrónica, también le podemos corregir la curva para los espejos de plata o aluminizados.

De igual modo, hacemos para restar la transmisión de un filtro a la de otro filtro, esto lo debemos hacer con la Eficiencia Cuántica EQ del CCD corregida, y generamos las curvas para las imágenes que restemos usando dos filtros diferentes, la fórmula para este caso es: **Filtro 1 – Filtro 2**, (imagen derecha), en la imagen inferior el resultado de restar la Curva de Transmisión de **Kenko Hoya R 72** a la de del **Filtro Tiffen 29**.

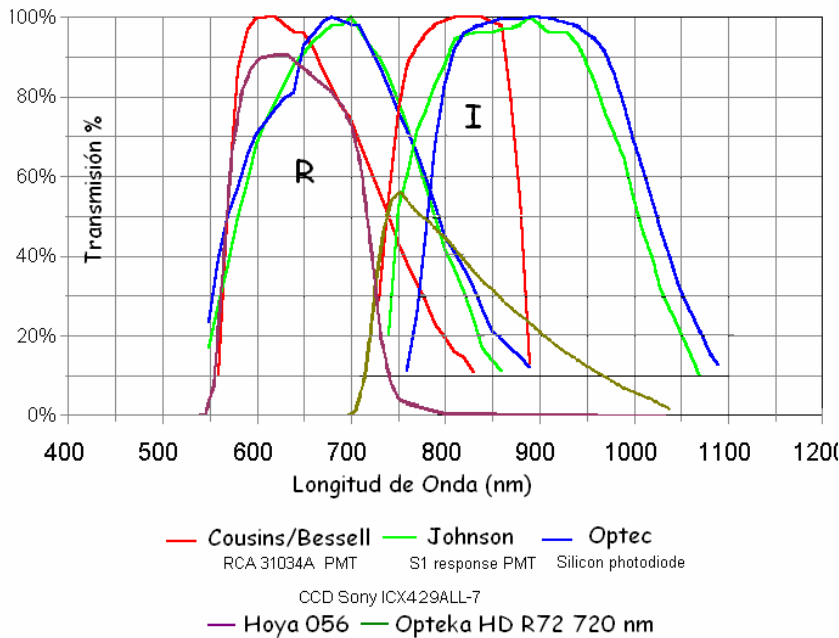
	C	D	E	F	G	H	I	J
1								Curvas ya Corregidas con la EQ de la CCD
2	CCD +	CCD +						Tiffen 29 -
3	Tiffen 29	Kenko R - 72						Kenko R - 72
4								
5		0	0					
6	10,4685	0		= F6-G6				
7	44,8425	0						
8	73,206	0						44,8425
9	81,674	0						73,206
10	83,41	0						81,674
11	82,7776	0						83,41

Tiffen 29 y Hoya Kenko R - 72 Con la EQ del CCD Corregida

Tiffen 29 - Kenko Hoya R 72

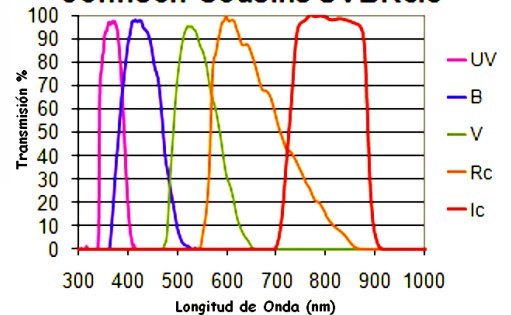


Respuesta Espectral para las Bandas R e I



En la imágenes izquierda las bandas cubiertas por los antiguos sistemas **Cousin/Bessell, Jonson y Optec** con fotomultiplicadores y fotodiodos comparados con el conjunto: EQ de la CCD SONY ICX429ALL-7 presente en la Orion Startshort y las bandas cubiertas por los filtros **Hoya 056 - Opteka HD R72** (Como Banda R) y **Opteka HD R72** (como Banda I).

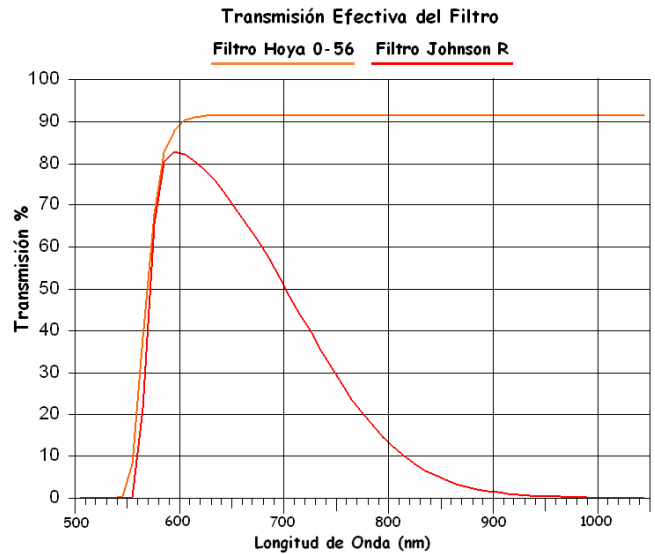
Astrodon Photometrics Johnson-Cousins UVBRcIc



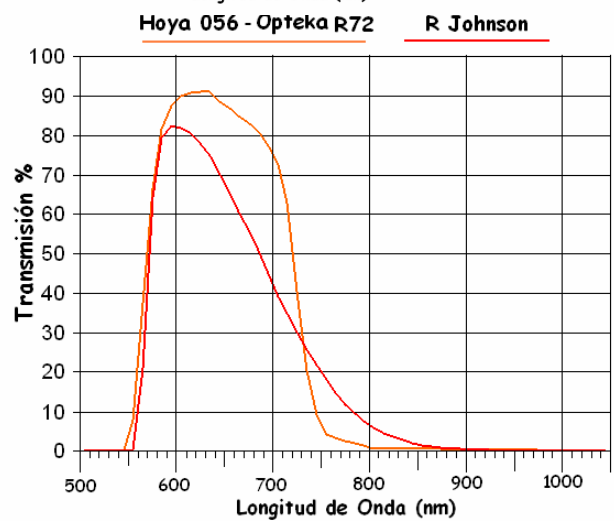
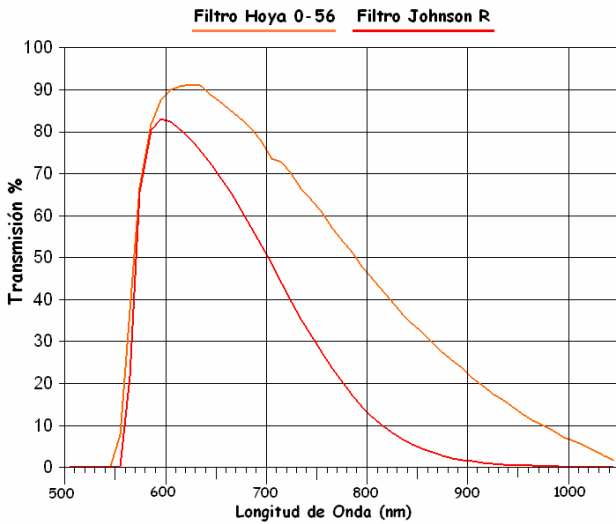
Algunas casas fabrican filtros con una capa dieléctrica para restringir el paso de longitudes de onda infrarroja mayores a **900 nm** donde los CCD todavía captan luz, y así tener una respuesta mas parecida a aquellos sistemas de fotometría fotoeléctrica, un ejemplo de esto son los filtros **Astrodon UVBRI**.

La figura muestra la comparación entre el Filtro Orange **Hoya 0 – 56** con la combinación de filtros **Schott OG 570 + BG 38** usado para la Banda Roja en el sistema Johnson, la curva de transmisión del Johnson tiene una caída hacia los **800 nm** de **12,1 %** en adelante, lo que la hace distinta al Filtro **Hoya 0 – 56**,

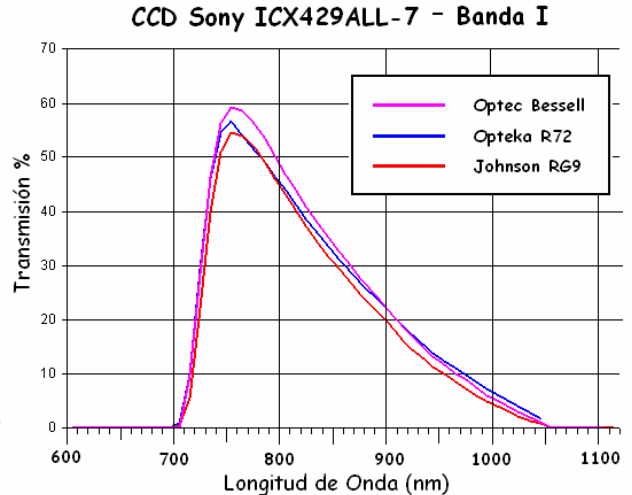
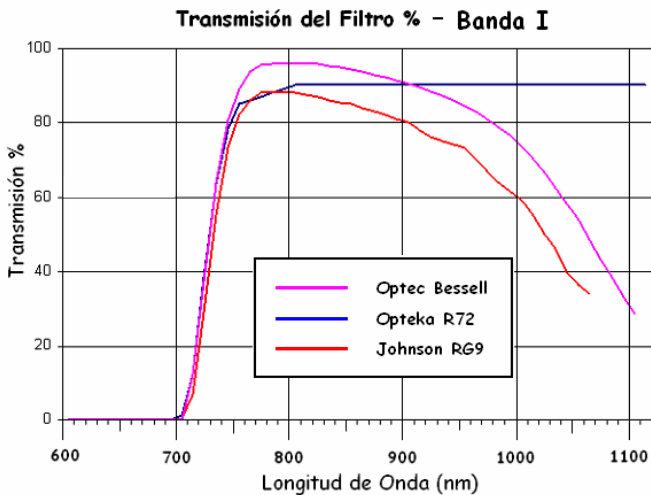
Cuando se utiliza realmente con el **CCD SONY ICX429ALL-7**, la sensibilidad del detector cumple un papel importante mejorando la caída de la derecha, pero no se iguala la del Filtro Johnson, esto se debe corregir restando el valor de una imagen tomada con el filtro Infrarrojo (**Opteka HD R72**) a la imagen Roja del filtro **Hoya 0 – 56**.



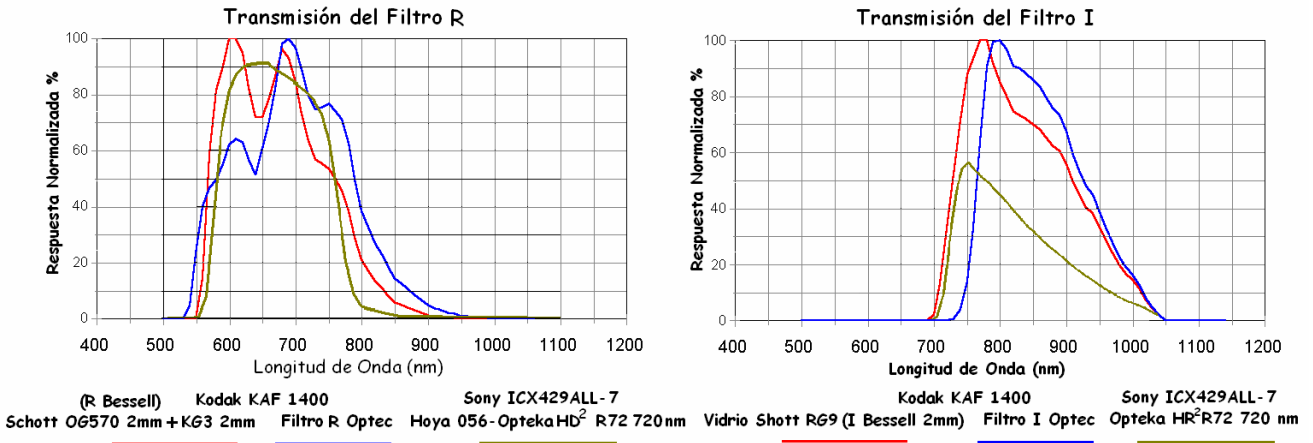
R Johnson CCD SONY ICX429ALL-7



En la figura inferior izquierda, el Filtros **Opteka R72** comparado con los filtros **Schott RG9** usado para Sistema Johnson, y con el Filtro **Optec Bessell**, las curvas de transmisión de los filtros tiene una caída hacia los **800 nm** en adelante, lo que la hace distinta a la del Filtro **Opteka R72** que no tiene caída a medida que avanza en el Infrarrojo, pero la caída definitiva estará determinada por el sensor que utilizemos, tal como pasaba en el caso de los tubos fotomultiplicadores, cuando se corrige con el **CCD SONY ICX429ALL-7**, la caída en sensibilidad del detector ajusta la respuesta del Filtro **Opteka R72** a una respuesta casi idéntica a los otros dos filtros, teniendo incluso la misma pendiente, por lo que no es necesario corregir la caída derecha sustrayendo otra imagen con otro filtro.



Muchos aficionados usan los sistemas de filtros Johnson y Cousins con sus CCD y los resultados son similares a las combinaciones aquí descritas, por ejemplo las imágenes inferiores muestran la transmisión de los filtros **Johnson** y **Optec** en un **CCD Kodak KAF 1400** en las Bandas **R** e **I** comparadas con los filtros (**Hoya 0-56 - Opteka R72**) como Banda **R** y **Opteka R72** como Banda **I** en el **CCD Sony ICX429ALL-7**, se puede apreciar que la Banda **I** se ajusta mejor al sistema Johnson que la **R**.



Estas son las curvas de transmisión de los filtros **Astrodon** para imágenes tricolor en el **NIR** infrarrojo cercano, el costo de estos filtros es de **500 \$**, la luminancia se vende aparte en **175 \$**, comparadas con filtros de transmisión infrarroja comerciales el de mayor costo fue es el **W+B 093** con un precio de **54 \$**.

Astrodon Imaging Pro

HOME PRODUCTS DEALERS ARTICLES & FAQ GALLERY ASK ASTRODON

Products

- Overview
- Filters
 - E-Series
 - I-Series
 - Narrowband
 - Near-Infrared
 - Astrodon Photometrics - Sloan
 - Astrodon Photometrics - UVBRic
 - Photometric - Schuler

Home / Products / Filters / Near-Infrared

NIR Tricolor Filters

Transmisión %

Longitud de Onda (nm)

NIR1
 NIR2
 NIR3
 IR LUM
 Hoya R72
 Kodak 87
 Hoya IR80
 Kodak 87C

1.25" mounted NIRL123 Tri-color Imaging (set of 4) (NIRL123_27R) **\$500** Buy Now

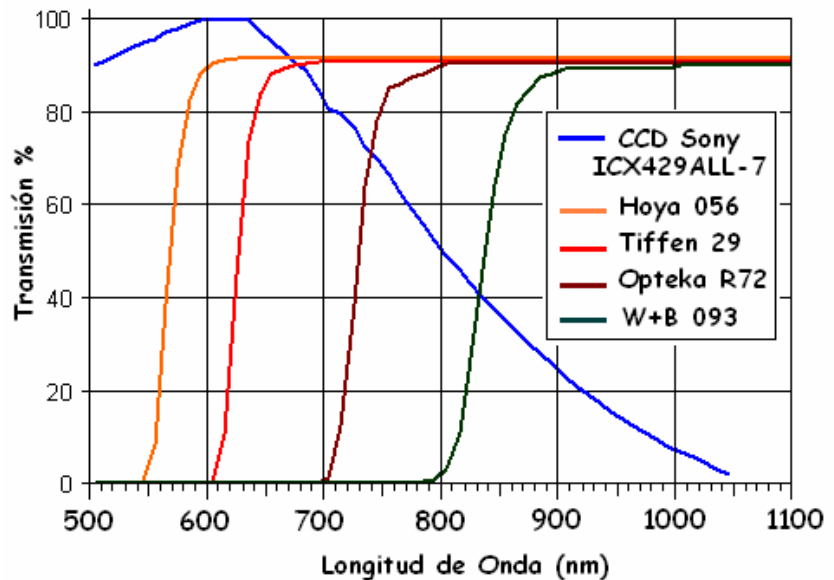
1.25" mounted NIR Luminance (>700 nm) (NIRL_27R) **\$175** Buy Now

B + W 37mm Digital Filter (87C/RG830) **\$54.00** In Stock

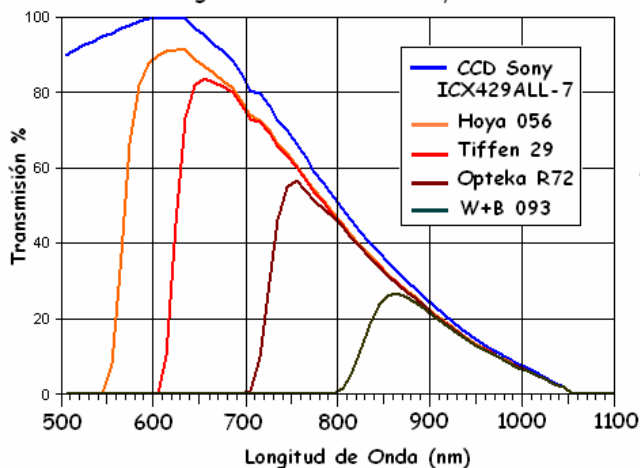
En mi caso, y para trabajos aparte de la fotometría, he dividido la banda **R** en dos canales, al igual que la banda **IR**, los filtros seleccionados fueron **Hoya 056** para la banda **R** que se ajusta con el sistema Johnson y el **Tiffen 29** para dividir esa banda a **620 nm**, y para el **IR** el filtro **Opteka R72 720 nm** que es el equivalente de (**Hoya R72**) y se ajusta con el sistema Johnson, y el **W+B 093** fabricado con vidrio Schott (**RG 830**) para dividir este canal en los **820 nm**.

Abajo las curvas con la EQ del CCD corregida, y más a la derecha, las curvas de los canales ya separados después de la substracción de la transmisión del filtro siguiente.

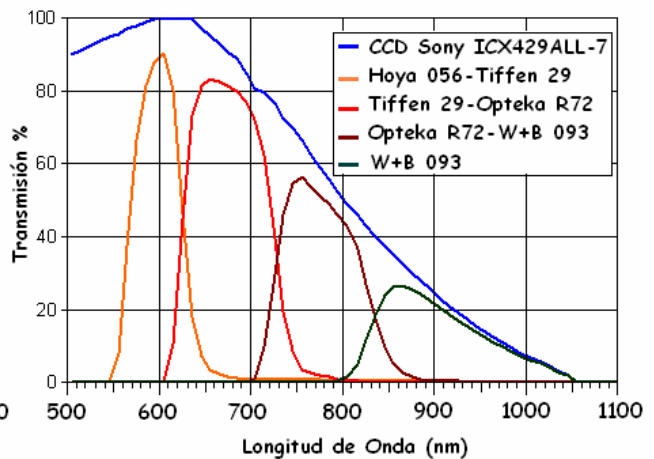
Curvas de Transmisión de los Filtros Seleccionados



Filtros Corregidos con la CCD Sony ICX429ALL-7



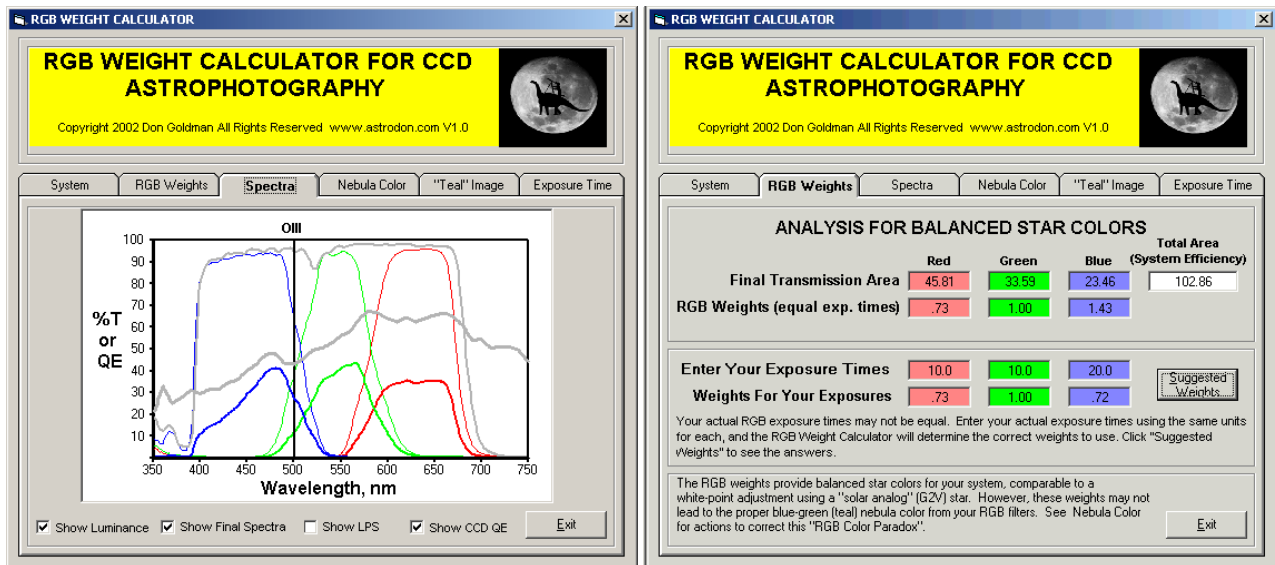
Canales Corregidor por Substracción



Ahora bien, la EQ de nuestra CCD hace que la transmisión de cada filtro sea menor a medida que las bandas se acercan a la derecha (infrarrojo), debemos establecer en que factor disminuye la transmisión de cada banda, para ajustar el tiempo de exposición y tomar las imágenes con la transmisión balanceada para el conjunto de canales que forman la imagen final, esto se hace dividiendo el % de máxima transmisión del filtro de mayor transmisión del conjunto, entre el valor de % para cada uno de los otros filtros siguientes, esto nos dice en que porcentaje es menos luminoso los siguientes filtros en relación al primero, de este modo tomamos integraciones con diferentes tiempos pero equivalentes entre los canales usados. la longitud de onda señalada (**nm**) correspondiente al máximo de transmisión, y λ es la longitud de onda efectiva donde esta centrada la mayor transmisión de luz del filtro, dado por la longitud de onda correspondiente al centro del **ACAMA** “ancho de banda a mitad de altura” del filtro, los dos valores corresponden a las dos graficas superiores, para el sistema Johnson estos valores son: **R 700 nm**, **I 900 nm**, así que varía ligeramente a pesar de la coincidencia de las curvas de transmisión.

Factor de Corrección en la Exposición			Filtro	Máx. Transmisión %	λ Efectiva
		1	Hoya 056 (R)	91,17975 (635 nm)	683-595 nm
	1	1,093151	Tiffen R29 (R)	83,41000 (657 nm)	725-676 nm
1	1,472166	1,609301	Opteka R72 (IR)	56,65800 (755 nm)	810-775 nm
2,126004	3,129831	3,421379	W+B 093 (IR)	26,6500 (860 nm)	886 nm

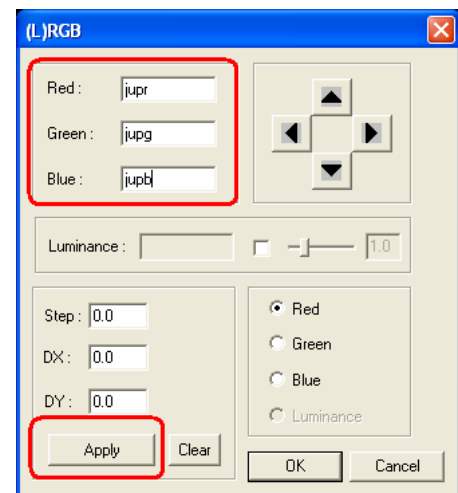
Hay programas que realizan este balance de manera automática tomando en cuenta el área de la curva, como el **RGB WEIGHT CALCULATOR**, con la desventaja de que no es de descarga Libre.



Con el programa **IRIS** que si es de descarga gratuita podemos hacer tanto la composición (RGB o LRGB) con colores falsos asignados a cada canal cada uno de los tres colores primarios: **Rojo, Verde y Azul**, como la corrección del balance de los mismos por la diferencia de transmisión de cada filtro. El ejemplo siguiente muestra tres imágenes de Júpiter obtenidas a través de los filtros **Infra-rojo, Verde y Azul**.

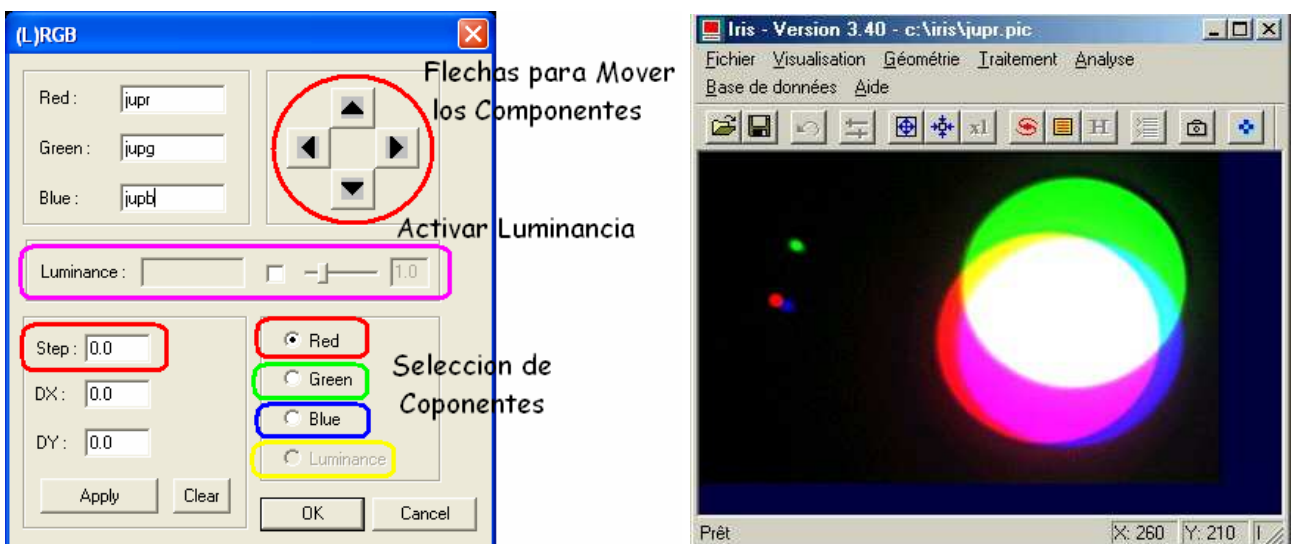


La combinación la realizamos en el cuadro de diálogo **View/(L)RGB...** en el cual insertamos los nombres de las imágenes monocromas correspondientes a cada canal (sin colocar la extensión del archivo): **jupr, jupg y jupb**, y colocamos **Appl**. Pudiera ser que aparezca el mensaje **Incorrect filename**, de ser así, colocamos aceptar y cerramos el cuadro de dialogo, no veremos imagen en el programa pero nos daremos cuenta de que el deslizador **Threshold** marca un valor, esto quiere decir que la imagen fue cargada pero la profundidad de niveles de bit no permite que la podamos visualizar, entonces deslizamos este valor a 255 que es el valor de diferentes niveles de brillo para una imagen de 16 bits de profundidad, o al valor de bits correspondiente. Si las imágenes son estelares y el cuadros **/(L)RGB**, no nos importa las imágenes por tener diferentes tamaños, o no coincidir las estrellas en las diferentes imágenes, usamos el comando **COREGISTER**, explicado en apartado: **Adicionando Imágenes de Diferentes Escalas** del trabajo: [Astrofotografía Digital CCD - InGaAs](#).



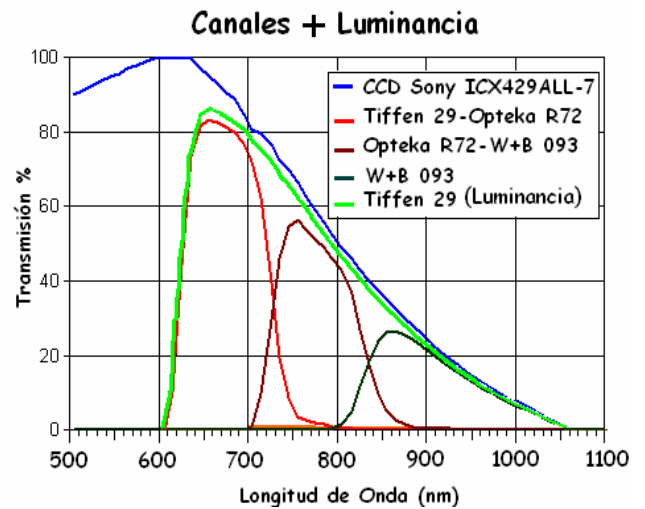


Aparecen inmediatamente los tres componentes de color, que si no están exactamente centrados de igual manera en el sensor no se superponen correctamente uno sobre el otro, para superponerlos usamos las flechas del cuadro de diálogo. En la casilla **Step** introducimos la precisión de desplazamiento en píxeles con la que queremos mover la imagen, para un movimiento de 1 píxel por Click Introducimos el valor 1. Si fuera necesario se puede dar una fracción al valor de movimiento de píxel, por ejemplo **0.5**, moviéndose el componente **1/2** píxel por cada clickeo de la flecha, esto ajusta el componente con una precisión muy alta. Luego seleccionamos el canal que vamos a desplazar en la parte inferior derecha, por ejemplo si es la opción **Red** (Roja), cada vez que hagamos clic en la dirección de las flechas, el componente rojo de la imagen se moverá en la dirección deseada en relación a los dos otros componentes. Luego seleccione los otros componentes hasta superponer todos los canales. Podemos también activar el canal de luminancia para obtener una imagen con mejores detalles. Esta imagen la obtenemos con el filtro que abarque todos los canales usados de la composición.



Si es necesario para facilitar la operación puede incrementar el contraste de los umbrales de los cursores para distinguir los componentes de cada color en el proceso de alineado. El botón **Apply** permite que ver el resultado inmediatamente (DX,

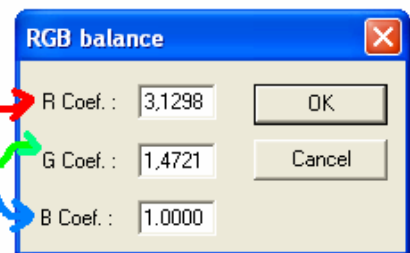
DY) de un componente considerando introducido en el valor numérico al teclado. El botón **Clear** pone a cero el valor de traslación de todos los componentes. Cuando se termine la superposición de los canales presionamos **OK**.



En nuestro ejemplo la intensidad del componente rojo es mayor al de los otros dos dando una imagen de Júpiter con un anaranjado dominante, esto mismo pasa con las imágenes compuestas de usar filtros con diferente transmisión como es nuestro caso, así que para corregir la diferencia de transmisión que da como consecuencia un desbalance de color, corregimos introduciendo los valores del factor de corrección para cada canal en el menú **Digital photo/RGB balance**, y los canales son multiplicados por este factor, ejemplo:

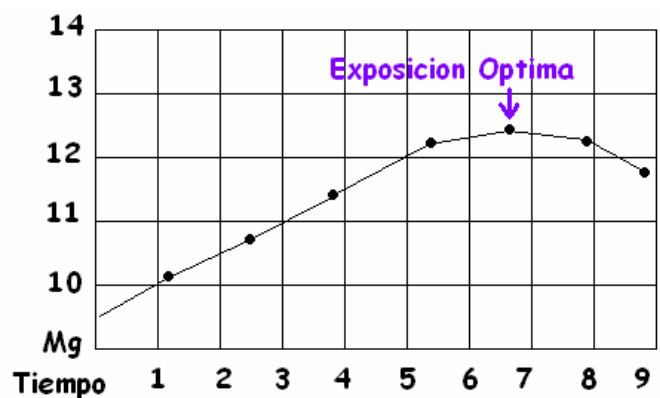
El canal **R** (filtro infrarrojo **W+B 093**) el mas lejano del visual, es multiplicado por **3,129831**, el canal **G** filtro infrarrojo (**Opteka R72 - W+B 093**) es multiplicado por **1,472166**, y el canal **B** filtro **Tiffen R29 - Opteka R72** no se multiplica por nada por ser este el de mayor transmisión y tomado como valor **1,00**.

Filtro	Factor
Hoya 056 (R)	
Tiffen R29 (R)	1
Opteka R72 (IR)	1,472166
W+B 093 (IR)	3,129831



Sin embargo lo mejor es tomar las imágenes con los tiempos de exposición ya corregidos según el factor de % de transmisión de cada canal (**Filtro + CCD**), en vez de aumentarle el valor mediante software, aunque es bueno probar las dos opciones ya que no siempre tenemos las mismas posibilidades en las capturas.

Podemos establecer la exposición optima haciendo tomas de diferentes tiempo y encontrando donde el ruido y el seguimiento comienza a afectar las imágenes, la exposición optima es cuando alcanzamos mayor magnitud limite y el fondo del cielo todavía no aparece muy saturado, antiguamente recomendado para película fotográfica **Ferrin, 1985**, pero que es aplicable perfectamente a imágenes CCD, esto lo hacemos con la banda de mayor transmisión, que por ser la que deja pasar mayor cantidad de luz, nos sirve para poner estos limites. Es recomendable guardar el resultado de la composición LRGB en el formato de imagen BMP de 24-bits.



Referencias

- Uso de filtro verde amarillo y películas en blanco y negro para respuestas similar al sistema UBV Jonson, Curva de Exposición optima, Manual para la Observación de Cometas, Autores: Stephen J. Edberg e Ignacio Ferrin, 1985.
 - Fotometría con Filtros, Francisco A. Violat Bordonau y Víctor Violat Martín, Asociación de Variabilistas de España, Asesores Astronómicos Cacereños.
 - Colorimetría con CCD, Francisco A. Violat Bordonau y Asociación de Variabilistas de España, Asesores Astronómicos Cacereños.
 - La Luz y los Filtros, Oliver Christopher López, <http://es.geocities.com/olichris26/>
 - Filtros hoya y Schott Rg9 kg3, kg5, http://www.uqgoptics.com/materials_filters_hoya/index.asp
 - Combinaciones Schott filtros Jonson Información fotométrica de estrellas variables: su utilización y aprovechamiento1
 - EDUARDO ROMÁN SCOCCIMARRO Instituto Copérnico, Argentina Instituto Copérnico, Casilla de Correos 51 Suc. 48B, 1448 Buenos Aires, Argentina, <http://www.institutocopernico.org/cic/cic13.htm>
 - Evolución de las formulas para filtros Jonson, <http://www.ing.iac.es/Astronomy/filters/peletier/>
 - Formulas bessell, <http://www.optecinc.com/astronomy/products/filtmono.html>
 - Filtros Hoya, Kopp y Kodak y filtros equivalentes <http://www.newportglass.com/>
 - Filtros Hoya, Kopp, http://www.heliosoptical.net/html/schott_hoya_kopp_color_filte.html
 - Schott filtros <http://www.optical-filters.com/index.html>
 - B+W 093 Infrared Schott Glass RG 830 Filters <http://www.2filter.com/>
 - Curvas Filtros Optec Bessell B, V, R, I
 - Emisiones del Hidrogeno: <http://www.bigs.de/en/shop/anim/termsch01.swf>
 - Filtros para astronomia www.Astrodon.com
 - Filtros comerciales Opteka, Hoya, W+B, etc. www.Amazon.com
 - Preprocesado de imágenes de cámara DSLR Digitales en el Programa Iris Versión 5, 3, traducción "Manolo L" <http://www.invlumer.e.telefonica.net/>
 - La composición de imágenes tricolores en el Programa IRIS <http://www.astrosurf.org/buil/us/lrgb1.htm>
 - Comportamiento de las líneas del triplete de Ca II en el infrarrojo cercano, Díaz, Terlevich y Terlevich (1989) <http://inaoep.mx/>
-