

Repaso ...

$$m-n = -2.5 \log \Phi_m / \Phi_n$$

Magnitudes relativas ...

$$m-n = -2.5 \log \Phi_m / \Phi_n$$

Repaso ...

$$m-n = -2.5 \log \Phi_m / \Phi_n$$

Magnitud monocromática y heterocromática

Repaso ...

$$m-n = -2.5 \log \Phi_m / \Phi_n$$

Magnitud monocromática y heterocromática

Magnitud heterocromática

Repaso ...

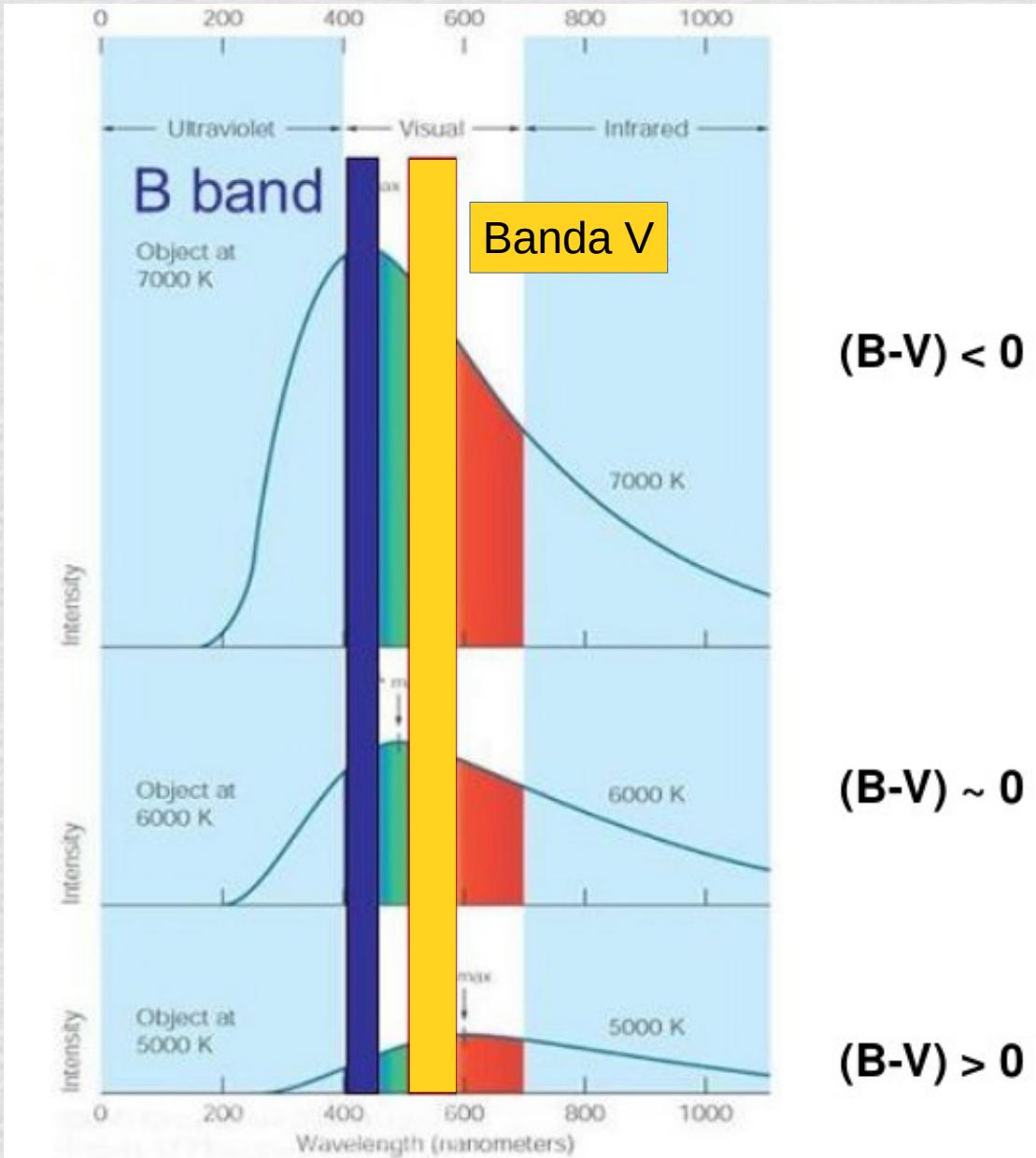
$$m-n = -2.5 \log \Phi_m / \Phi_n$$

Magnitud monocromática y heterocromática

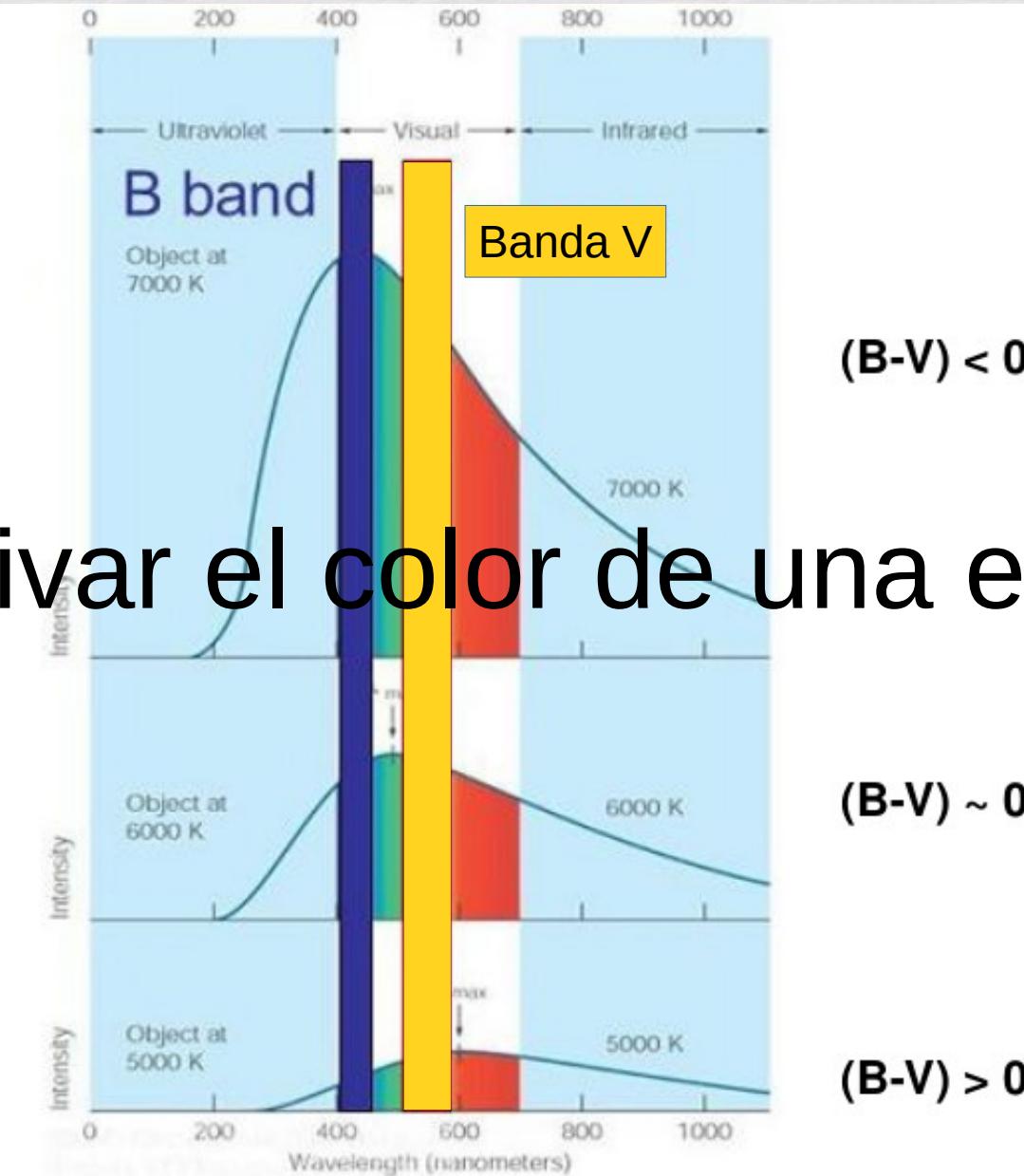
Magnitud heterocromática

Índice de Color (IC - CI)

Índice de Color: $IC = m_B - m_V$



Índice de Color: $IC = m_B - m_V$



Objetivar el color de una estrella

Sistemas fotométricos

Sistemas fotométricos

La fotometría astronómica se remonta a muchos siglos atrás, incluso a la época anterior a *Cristo*, y puede considerarse una rama de la Astronomía cuyo objetivo consiste en analizar cuantitativamente y cualitativamente las radiaciones provenientes de los objetos astronómicos (estrellas, planetas, nebulosas, galaxias, etc). Se trata pues de una herramienta astronómica fundamental que permite múltiples aplicaciones en todo tipo de investigaciones astronómicas,

Sistemas fotométricos

La fotometría visual es quizás la rama más antigua de la Astrofísica observational. Los datos sobre las magnitudes estelares de los primeros catálogos fueron obtenidos por medio de la inspección visual y la estimación subjetiva, sobre la base de una escala memorizada o comparando las estrellas con estrellas patrones (estándar) de magnitudes conocidas. Recién en el siglo XVIII comenzaron a utilizarse instrumentos de medición, los denominados fotómetros. El adelanto en la construcción y diseño de los fotómetros fue más bien

Sistemas fotométricos

La fotometría *visual* es quizás la rama más antigua de la Astrofísica observational. Los datos sobre las magnitudes estelares de los primeros catálogos fueron obtenidos por medio de la inspección visual y la estimación subjetiva, sobre la base de una escala memorizada o comparando las estrellas con estrellas patrones (estándar) de magnitudes conocidas. Recién en el siglo XVIII comenzaron a utilizarse instrumentos de medición, los denominados fotómetros. El adelanto en la construcción y diseño de los fotómetros fue más bien

Los métodos de fotometría fotográfica presentan evidentes ventajas sobre las estimaciones visuales. Una placa fotográfica constituye un registro permanente de numerosas estrellas y está siempre disponible para verificar posibles errores de medición. Por otra parte, en una sola placa pueden determinarse

Sistemas fotométricos

Hay numerosos sistemas fotométricos

Existen numerosos sistemas fotométricos con aplicaciones muy diversas en la Astronomía de nuestros días. Un sistema fotométrico queda esencialmente definido al especificar las bandas espectrales y las longitudes de onda efectivas de un conjunto particular de filtros. En general, las razones por las cuales en un sistema fotométrico se eligen determinadas bandas espectrales, dependen de los fines que se persiguen con las observaciones y de los elementos que existen en el mercado.

Sistemas fotométricos

Hay numerosos sistemas fotométricos

Se definen por las propiedades de sus filtros:

- Las **bandas espectrales** ($\Delta\lambda$)

Sistemas fotométricos

Hay numerosos sistemas fotométricos

Se definen por las propiedades de sus filtros:

- Las **bandas espectrales** ($\Delta\lambda$)

Hay 3 tipos de sistemas de filtros:

de banda ancha: $\Delta\lambda > 500 \text{ \AA}$ (300 \AA)

de banda intermedia: $150 \text{ \AA} (100 \text{ \AA}) < \Delta\lambda < 500/300 \text{ \AA}$

de banda angosta: $\Delta\lambda < 150 \text{ \AA} (100 \text{ \AA})$

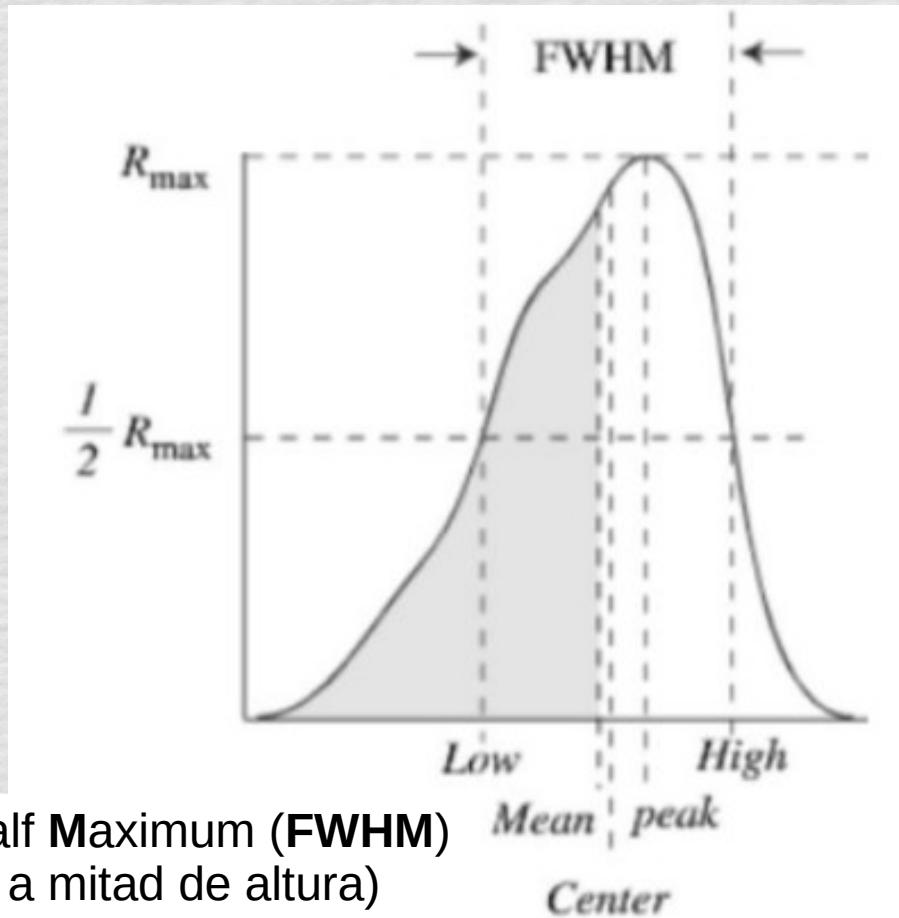
Sistemas fotométricos

Hay numerosos sistemas fotométricos

Se definen por las propiedades de sus filtros:

- **La longitud de onda efectiva o equivalente (λ_e)**

Longitud de onda efectiva o equivalente (λ_e) [long. de central (λ_c), long. de onda media (λ_m), o long. de onda de pico (λ_p)]



Full Width at Half Maximum (FWHM)
(Ancho total a mitad de altura)

$$\lambda_e = \frac{\int_0^{\infty} \lambda \Phi(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} \Phi(\lambda) d\lambda}$$

Longitud de onda efectiva o equivalente (λ_e)

$$m(\lambda) = z(\lambda) - 2.5 \log \frac{I(\lambda)}{R^2} \quad (2.24)$$

donde $z(\lambda) = m_*(\lambda) + 2.5 \log \frac{I_*(\lambda)}{r_*^2}$ depende sólo de la estrella patrón o elegida como estándar.

En la práctica, resulta imposible realizar mediciones estrictamente monocromáticas, debido principalmente a que los receptores astronómicos no son monocromáticos. Por otra parte, cuanto más angosta es la banda en que transmite un determinado filtro, menor es el porcentaje de luz que llega al receptor. En consecuencia, la expresión (2.24) define la magnitud monocromática, la cual en rigor corresponde a una idealización matemática. Por

¡OJO! Falta el radio de la estrella

Longitud de onda efectiva o equivalente (λ_e)

$$m(\lambda) = z(\lambda) - 2.5 \log \frac{I(\lambda)}{r^2}, \quad (2.24)$$

pequeña que sea la banda del filtro utilizado, siempre incluirá un cierto intervalo de longitud de onda y, en consecuencia, la magnitud correspondiente será estrictamente heterocromática. La (2.24), modificada para el caso *heterocromático*, queda:

$$m(\lambda) = Z_\lambda - 2.5 \log \frac{\int_0^\infty I(\lambda') \varphi(\lambda') d\lambda'}{r^2}, \quad (2.25)$$



$$Z_\lambda = m_*(\lambda) + 2.5 \log \frac{\int_0^\infty I(\lambda')_* \varphi(\lambda') d\lambda'}{r_*^2}.$$

Longitud de onda efectiva o equivalente (λ_e)

2.8 RELACIÓN ENTRE MAGNITUDES MONO Y HETEROCROMÁTICAS

A continuación demostraremos que, bajo ciertas condiciones, las magnitudes expresadas en un sistema heterocromático equivalen o corresponden a magnitudes expresadas en una determinada longitud de onda (magnitud monocromática).

La expresión (2.25), válida para el caso heterocromático, puede modificarse si se desarrolla la función $I(\lambda)$ en serie de *Taylor* en el entorno de una longitud de onda λ_e definida de la siguiente manera:

$$\lambda_e = \frac{\int_0^{\infty} \lambda \varphi(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} \varphi(\lambda) d\lambda} \quad (2.49)$$

Longitud de onda efectiva o equivalente (λ_e)

Si nos restringimos a un intervalo de longitud de onda pequeño alrededor de λ_e , podemos aceptar que las derivadas de orden superior a la primera son todas nulas, esto es:

$$I(\lambda) = I(\lambda_e) + (\lambda - \lambda_e) \left[\frac{dI(\lambda)}{d\lambda} \right]_{\lambda=\lambda_e} \quad (2.50)$$

La hipótesis mencionada implica la suposición de que el continuo estelar en los alrededores de la longitud de onda efectiva puede representarse por una función lineal. Evidentemente, esta hipótesis podrá ser válida solamente en aquellas regiones espectrales no influenciadas por fuertes características espectrales (discontinuidad de *Balmer*, bandas moleculares, abundancia de metales, etc.).

Longitud de onda efectiva o equivalente (λ_e)

Teniendo en cuenta la expresión (2.50), el integrando de (2.25) se transforma en:

Magnitud heterocromática

$$\int_0^{\infty} I(\lambda) \varphi(\lambda) d\lambda = I(\lambda_e) \int_0^{\infty} \varphi(\lambda) d\lambda + \left[\frac{dI(\lambda)}{d\lambda} \right]_{\lambda=\lambda_e} \int_0^{\infty} (\lambda - \lambda_e) \varphi(\lambda) d\lambda \quad (2.51)$$

o bien:

$$\int_0^{\infty} I(\lambda) \varphi(\lambda) d\lambda = I(\lambda_e) \int_0^{\infty} \varphi(\lambda) d\lambda + \left[\frac{dI(\lambda)}{d\lambda} \right]_{\lambda=\lambda_e} \int_0^{\infty} \lambda \varphi(\lambda) d\lambda - \lambda_e \int_0^{\infty} \varphi(\lambda) d\lambda \quad (2.52)$$

Reemplazando (2.49) en (2.52) resulta:

$$\int_0^{\infty} I(\lambda) \varphi(\lambda) d\lambda = I(\lambda_e) \int_0^{\infty} \varphi(\lambda) d\lambda + \left[\frac{dI(\lambda)}{d\lambda} \right]_{\lambda=\lambda_e} \int_0^{\infty} \lambda \varphi(\lambda) d\lambda - \left[\frac{dI(\lambda)}{d\lambda} \right]_{\lambda=\lambda_e} \int_0^{\infty} \lambda \varphi(\lambda) d\lambda \quad (2.53)$$

Longitud de onda efectiva o equivalente (λ_e)

$$\int_0^{\infty} I(\lambda) \varphi(\lambda) d\lambda = I(\lambda_e) \int_0^{\infty} \varphi(\lambda) d\lambda \quad (2.54)$$

Puesto que $\int_0^{\infty} \varphi(\lambda) d\lambda$ es un número constante que sólo depende del sistema fotométrico, la magnitud heterocromática en la banda $(\lambda, \lambda + d\lambda)$ indicada en (2.25) puede expresarse como:

$$m(\lambda) = Z_\lambda - 2.5 \log \frac{I(\lambda_e) \int_0^{\infty} \varphi(\lambda) d\lambda}{r^2}, \quad (2.55)$$

Longitud de onda efectiva o equivalente (λ_e)

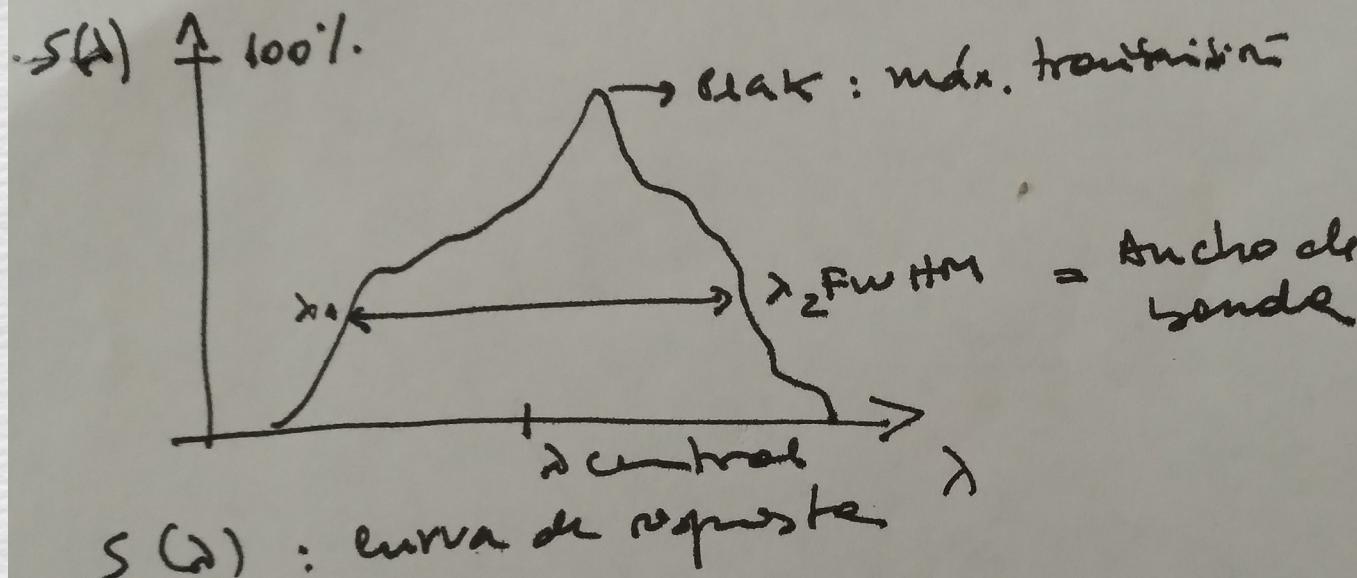
sistema fotométrico, la magnitud heterocromática en la banda $(\lambda, \lambda + d\lambda)$ indicada en (2.25) puede expresarse como:

$$m(\lambda) = Z_\lambda - 2.5 \log \frac{\int_{\lambda_e}^{\infty} I(\lambda') \varphi(\lambda') d\lambda'}{r^2}, \quad (2.55)$$

$$Z_\lambda = m_*(\lambda) + 2.5 \log \frac{\int_{\lambda_*}^{\infty} I_*(\lambda') \varphi(\lambda') d\lambda'}{r_*^2} \quad (2.56)$$

Las "primas" en (2.25) y (2.56) sólo destacan el hecho de que la longitud de onda se considera una variable de integración. La relación (2.55) expresa el importante hecho de que matemáticamente el sistema heterocromático representado por la (2.25) se comporta como un sistema monocromática en la longitud de onda λ_e , la cual se denomina por esta razón *longitud de onda efectiva* del sistema fotométrico. Esta equivalencia entre magnitudes mono y heterocromáticas sólo es válida en aquéllos casos que verifiquen nuestras hipótesis.

Longitud de onda efectiva o equivalente (λ_e)



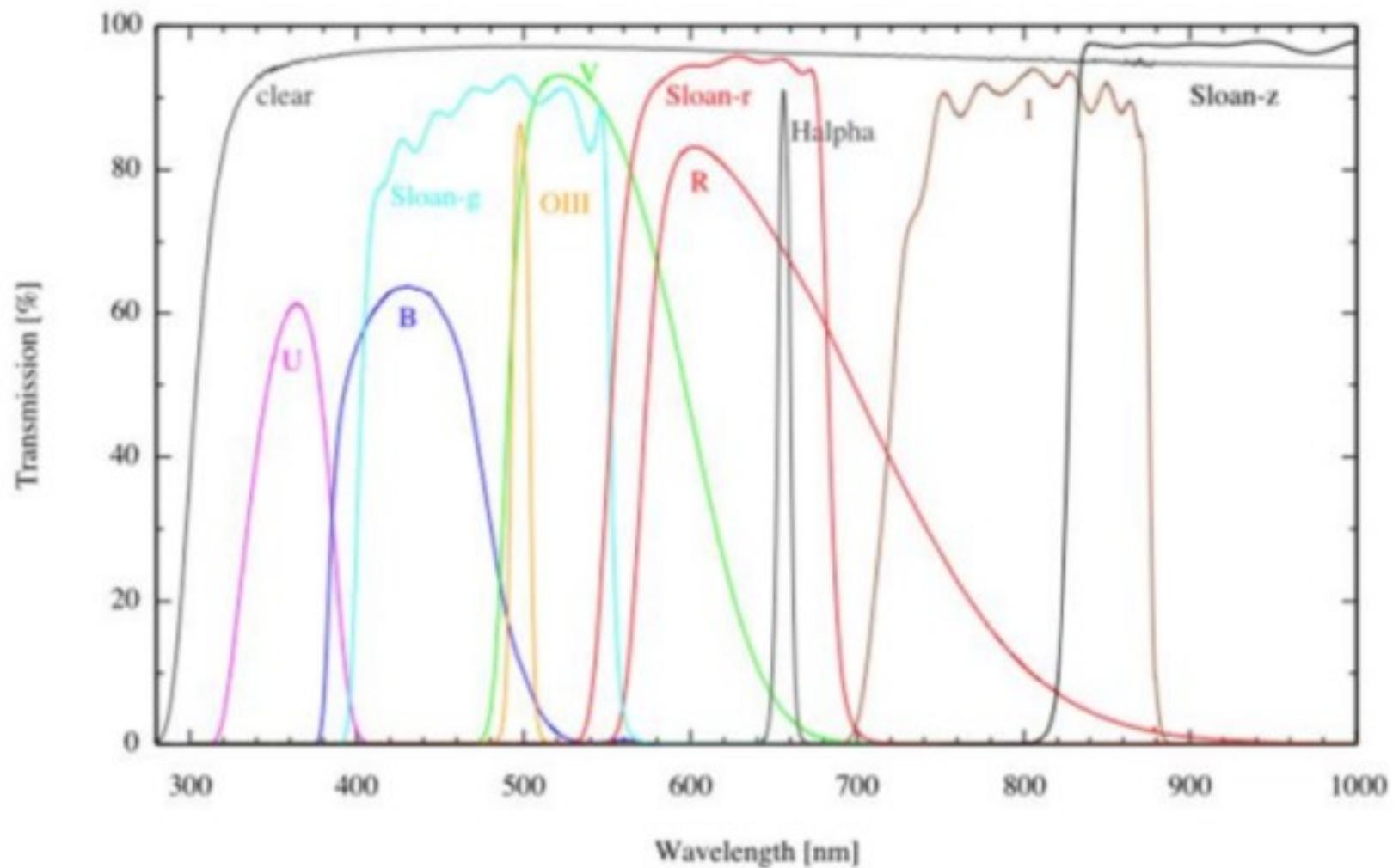
$S(\lambda)$: curva de respuesta

"El ancho de banda a veces se mide con FWHM (band pass)

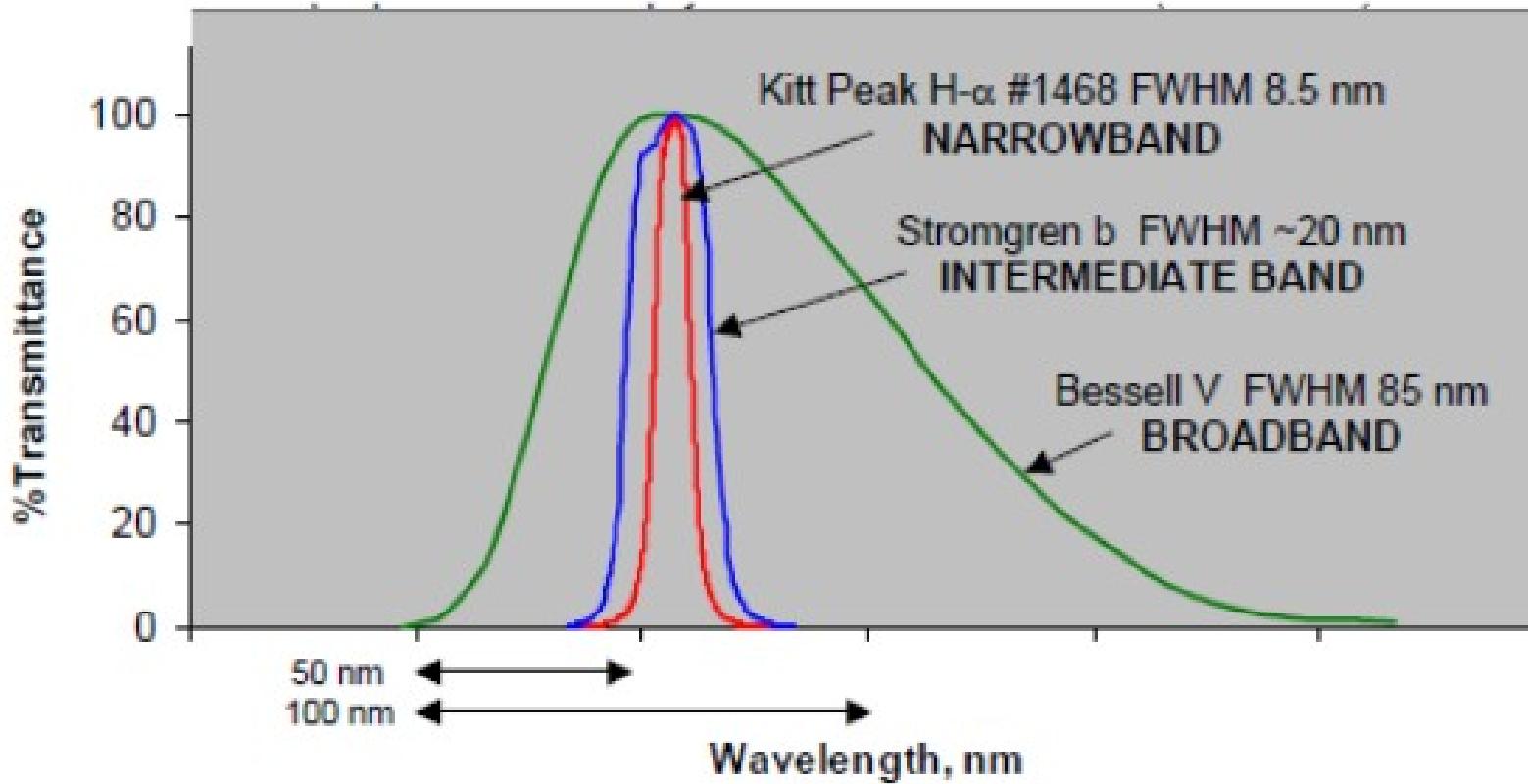
$\lambda_{effect} = \text{long. de onda central pasada por la } S(\lambda)$

Sistemas fotométricos

Diferentes bandas



Banda angosta, intermedia y ancha



Hay 3 tipos de sistemas de filtros:

de banda ancha: $\Delta\lambda > 500 \text{ \AA}$ (300 \AA)

de banda intermedia: $150 \text{ \AA} (100 \text{ \AA}) < \Delta\lambda < 500/300 \text{ \AA}$

de banda angosta: $\Delta\lambda < 150 \text{ \AA} (100 \text{ \AA})$

ON THE COLOR-MAGNITUDE DIAGRAM OF THE PLEIADES*

H. L. JOHNSON AND W. W. MORGAN

Yerkes and McDonald Observatories

Received July 25, 1951

ON THE COLOR-MAGNITUDE DIAGRAM OF THE PLEIADES*

H. L. JOHNSON AND W. W. MORGAN

Yerkes and McDonald Observatories

Received July 25, 1951

The construction of the photometer is conventional. In order of increasing distance from the telescope, the essential parts are as follows: a large-field finding eyepiece, a focal-plane diaphragm, a high-power guiding eyepiece, filter slide, Fabry lens, and a 1P21 photomultiplier. Both the eyepieces are arranged so that they can be withdrawn from the light-beam while measurements are being made. The focal-plane diaphragms are 2, 3, 4, and 8 mm in diameter, corresponding to angular diameters of 15", 21", 30", and 60" with the 82-inch telescope, and 1', 1'5, 2', and 4' with the 13-inch telescope. The 2-mm diaphragm has been used for all 13-inch observations and for the 82-inch observations, with the exception of a few nights when the 3-mm diaphragm was necessary because of poor seeing. A Fabry lens is used to insure that the deflections will be independent of guiding so long as the star appears within the diaphragm.

The transmissions of the filters and the spectral response of the 1P21 photomultiplier have been measured with the monochromator of the Washburn Observatory; the over-all response of the photometer is given in Table 1 and Figure 1. The reflectivity of the very recently aluminized reflectors is not included. A radium-paint standard source has been included in the filter slide. A cast-iron magnetic shield was used with the 1P21 to re-

ON THE COLOR-MAGNITUDE DIAGRAM OF THE PLEIADES*

H. L. JOHNSON AND W. W. MORGAN

Yerkes and McDonald Observatories

Received July 25, 1951

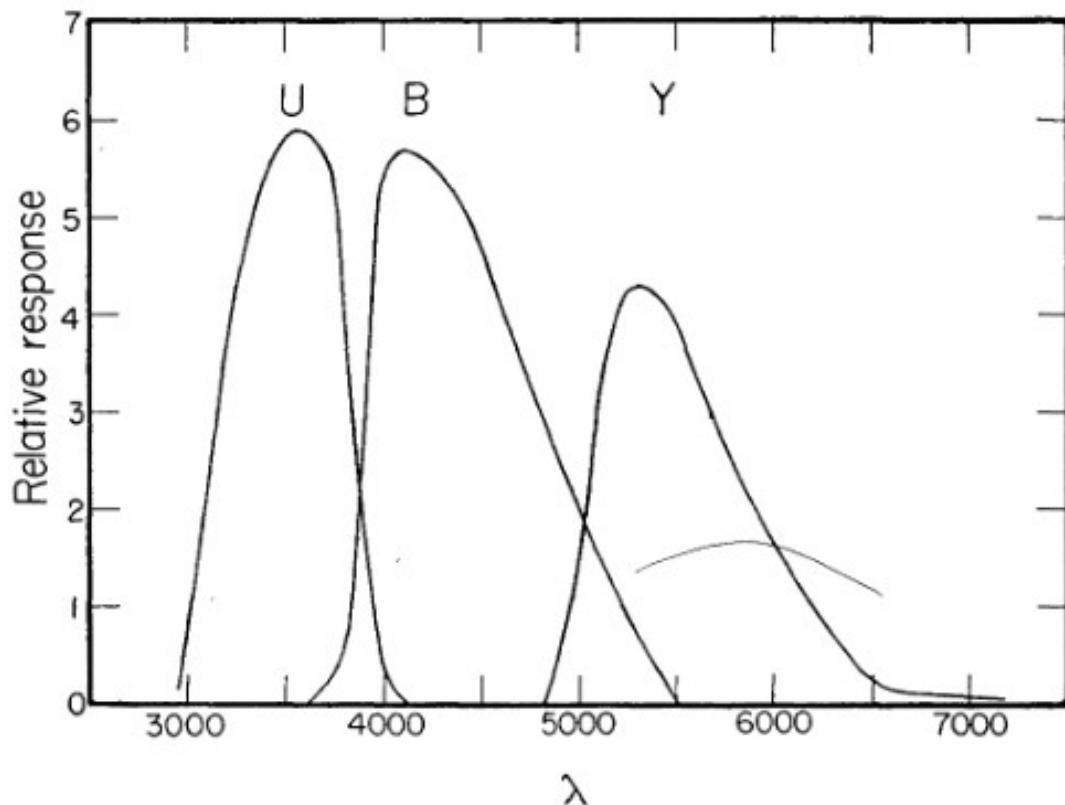


FIG. 1.—Response of the photometer to equal energy at all wave lengths

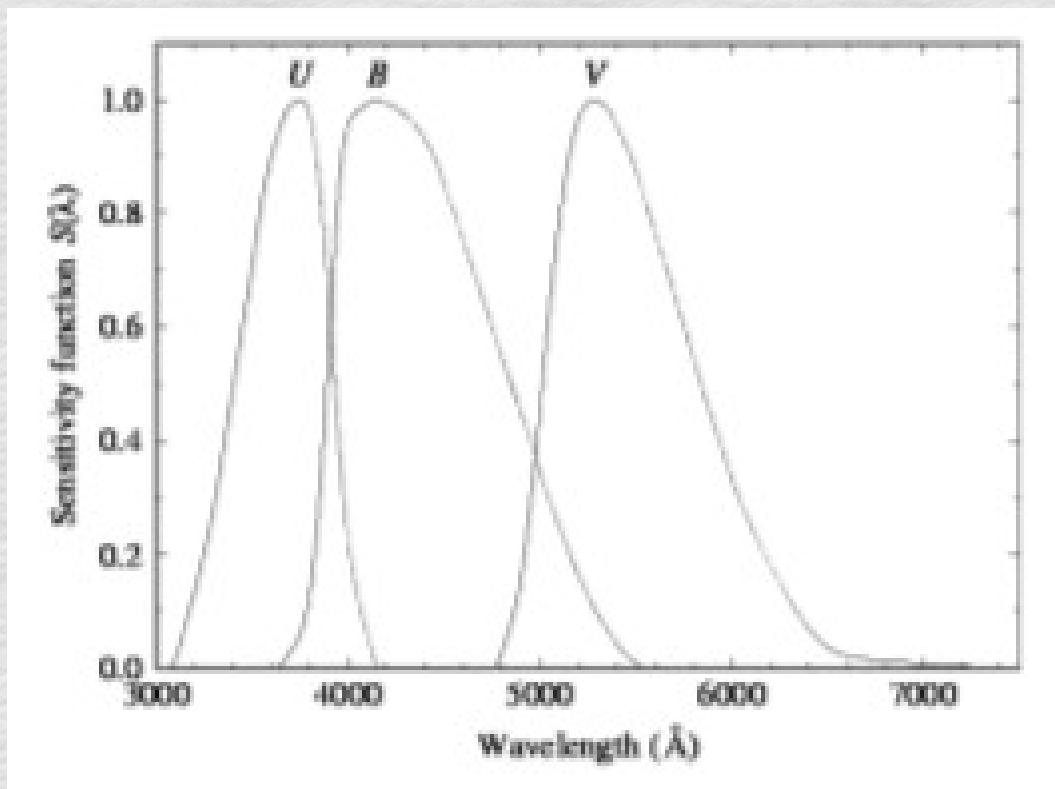
Johnson-Morgan (1951, ApJ 114, 522) UBV

Filtro U: limitado por la transmisión de la atmósfera

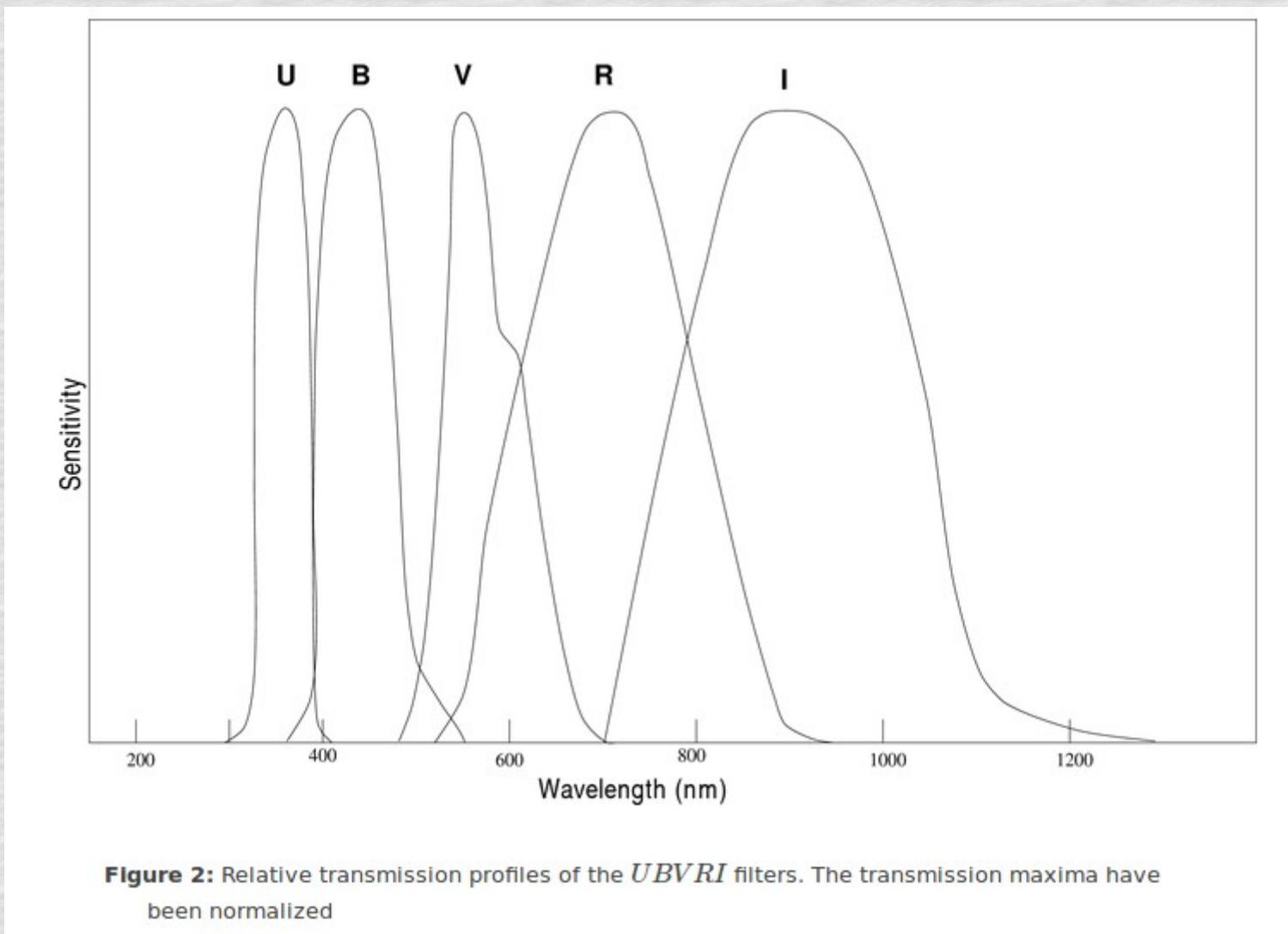
Filtro B: similar a la banda fotográfica

Filtro V: similar a la banda fotovisual

Filtros U y B (U-B): medir el Salto de Balmer

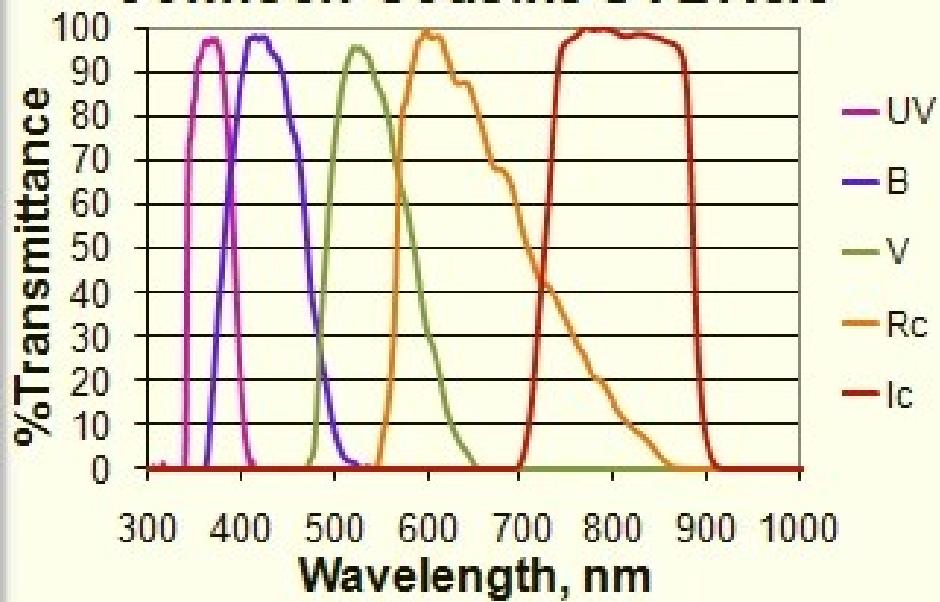


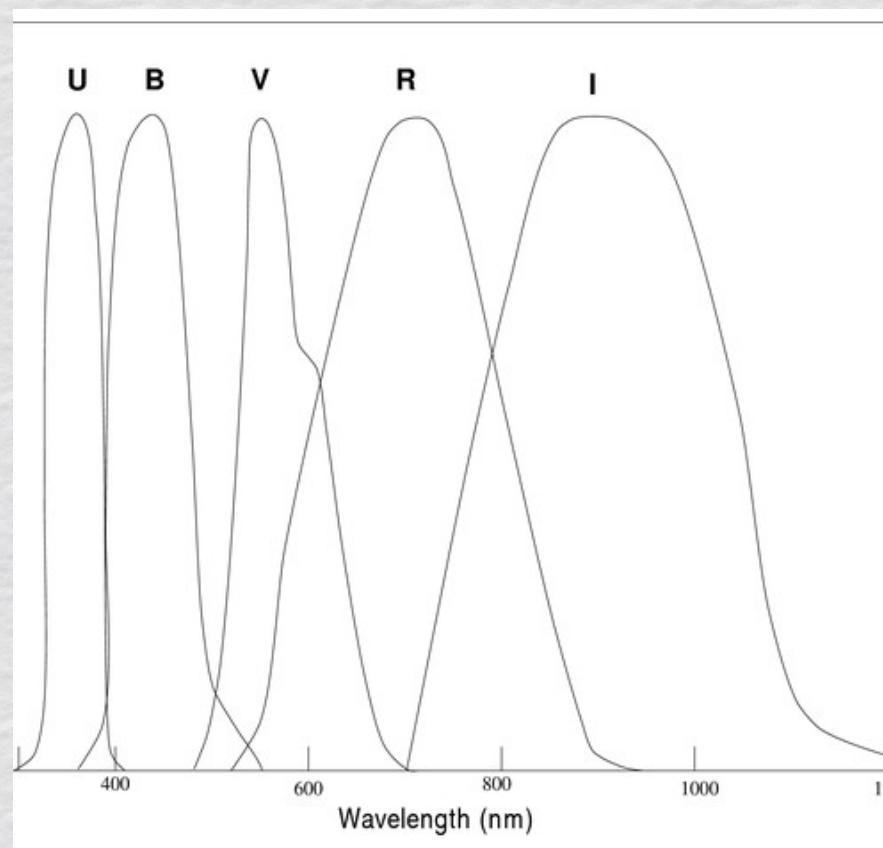
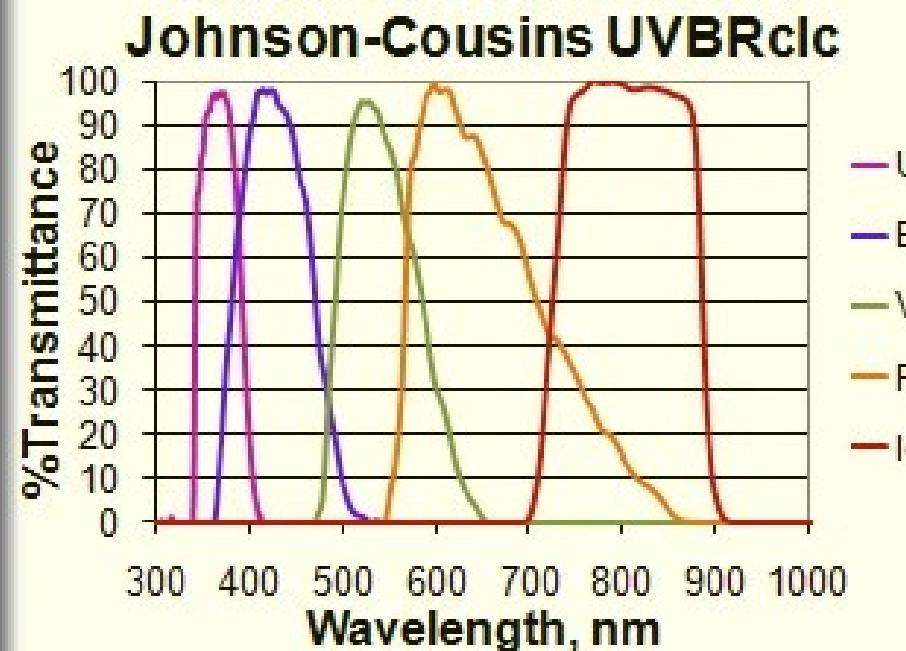
Johnson-Morgan (1953) UBV (+ RI)



System	Band	Effective Wavelength Å	Bandwidth (FWHM)
visual	m_v	~ 5500	-
photographic	m_{pg}	~ 4250	-
Johnson-Morgan	U	3650	680
	B	4400	980
	V	5500	890
	R	7000	2200
	I	9000	2400

Astrodon Photometrics Johnson-Cousins UVBRclc

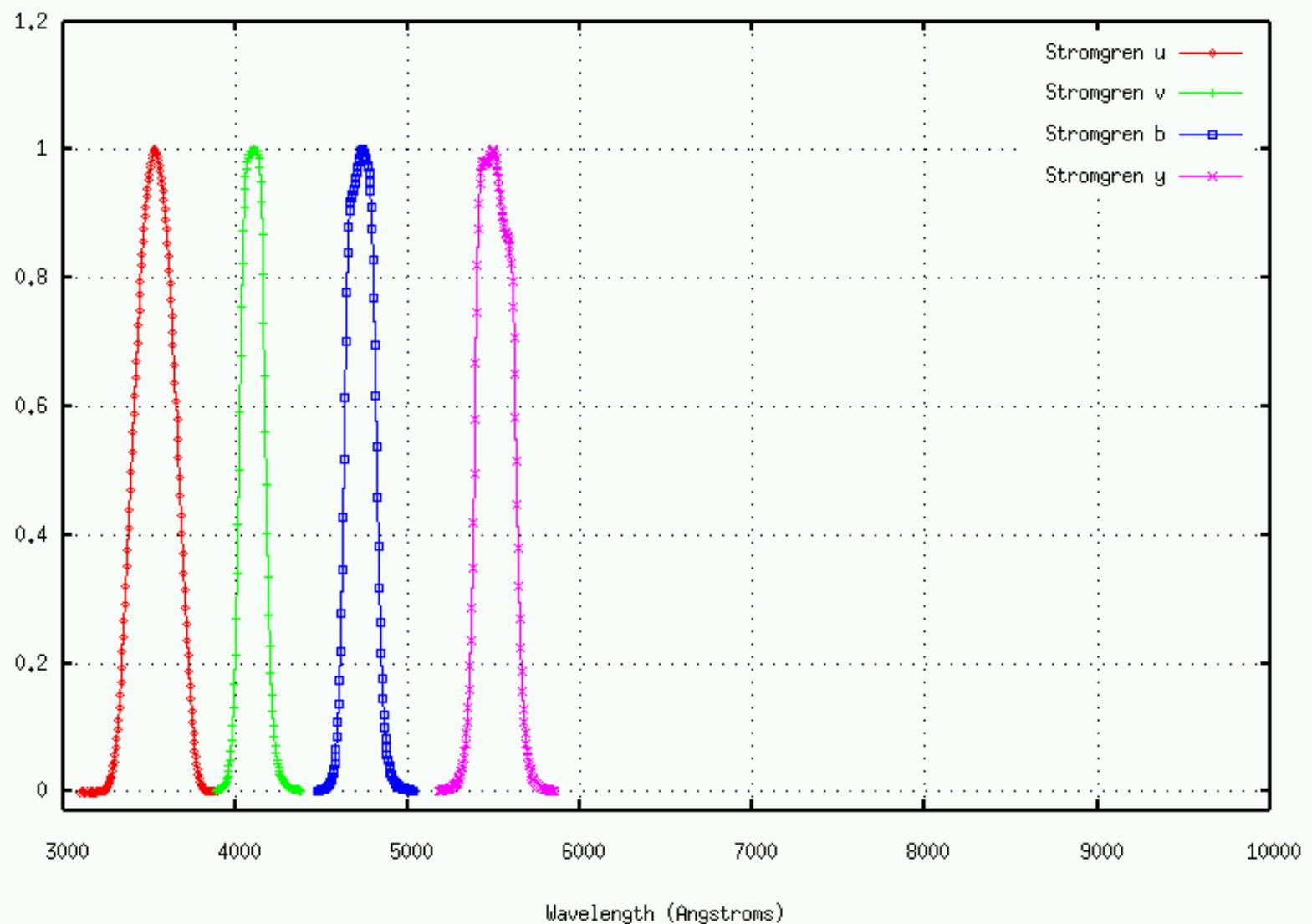




System	Band	Effective Wavelength	Bandwidth (FWHM)
visual	m_v	~ 5500	-
photographic	m_{pg}	~ 4250	-
Johnson-Morgan	U	3650	680
	B	4400	980
	V	5500	890
	R	7000	2200
	I	9000	2400
Strömgren	u	3500	340
	v	4100	200
	b	4670	160
	y	5470	240

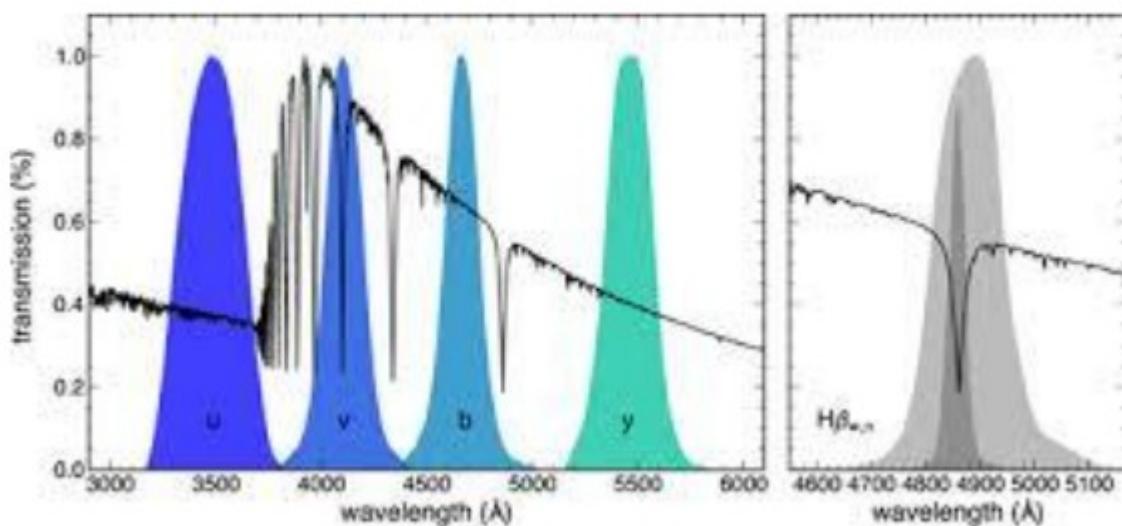
Filtros de Banda Intermedia

The Stromgren passbands



Filtros Strömgren-Crawford

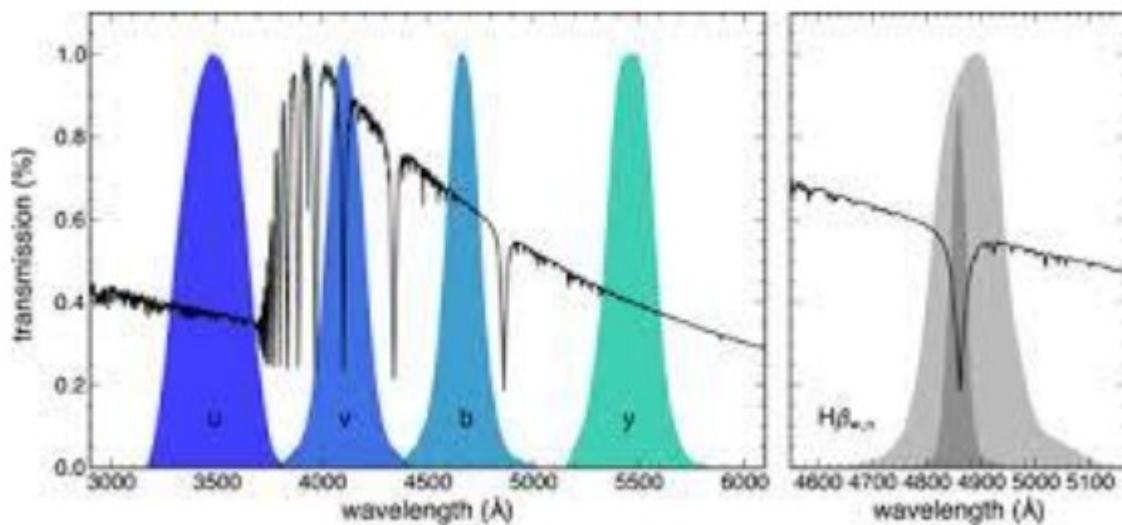
	u	v	b	y	H β _ang	H β _anch
λ_{central} [Å]	3500	4110	4670	5470	4858	4858
FWHM [Å]	300	190	180	230	29	129



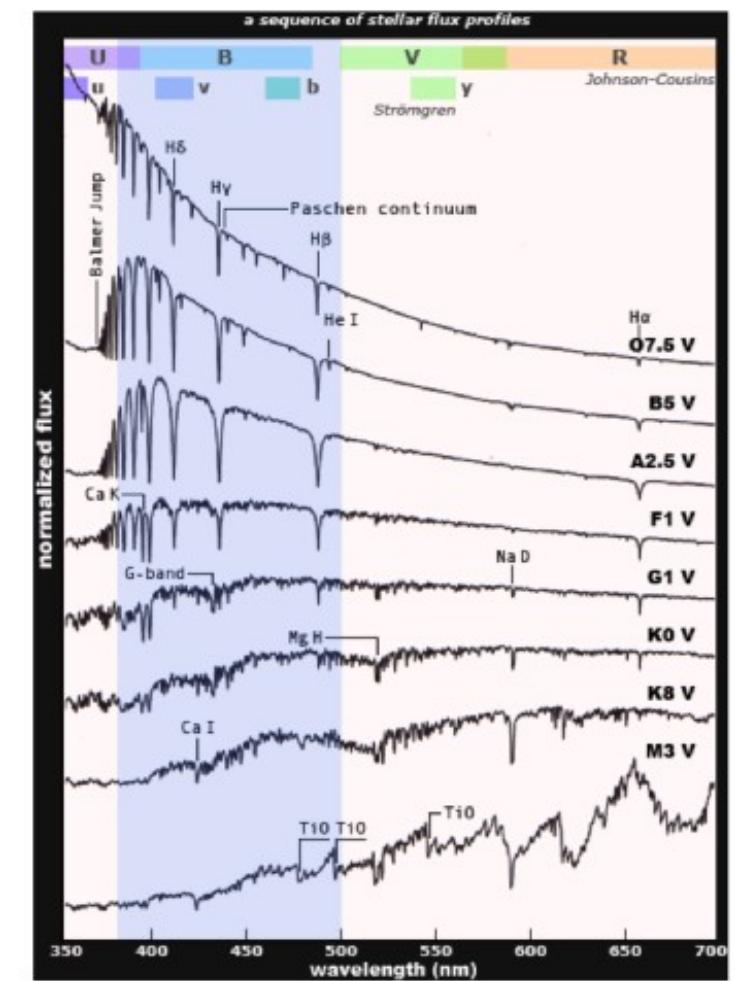
Filtros de Banda Intermedia

Filtros Strömgren-Crawford

	u	v	b	y	H β _ang	H β _anch
λ_{central} [Å]	3500	4110	4670	5470	4858	4858
FWHM [Å]	300	190	180	230	29	129



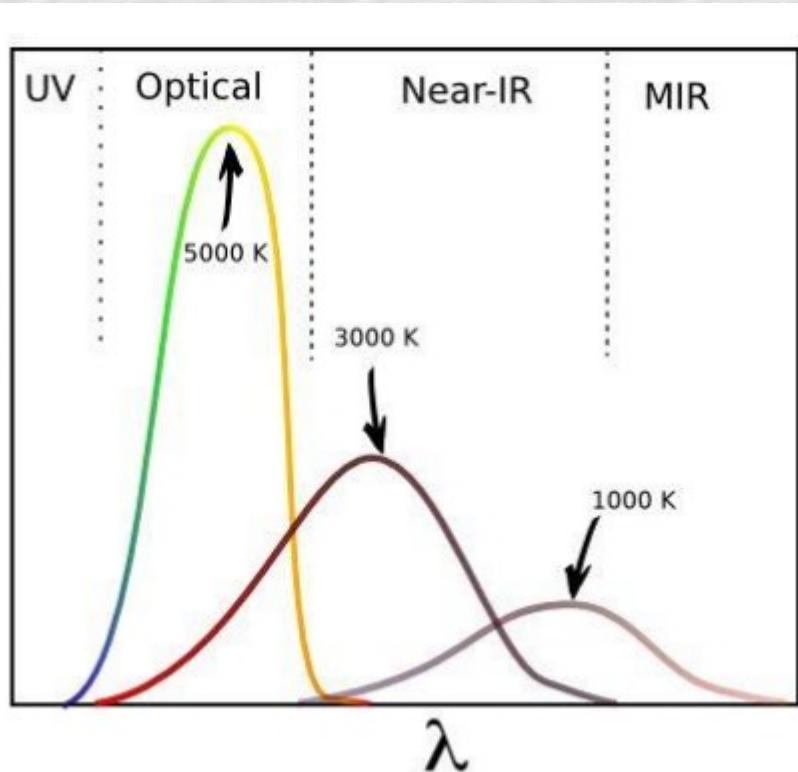
Filtros de Banda Intermedia



UBVRIJHKLMNQ

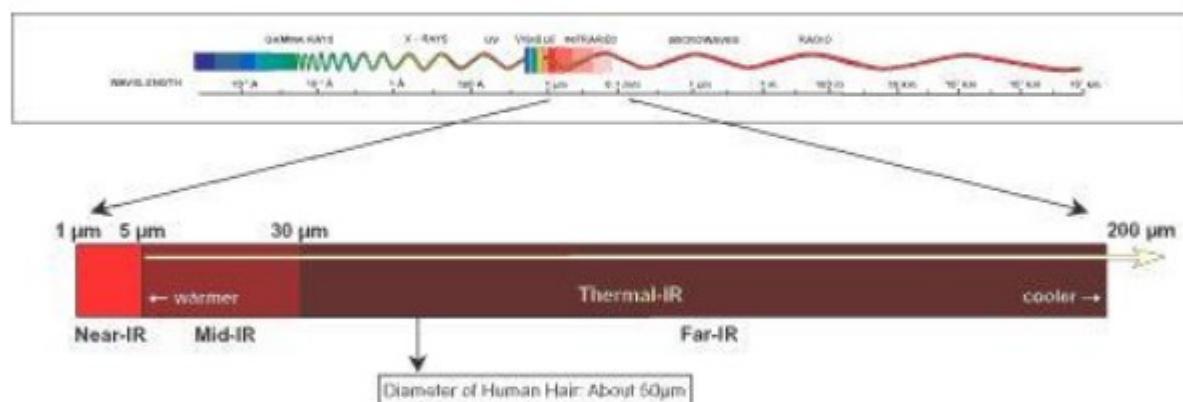
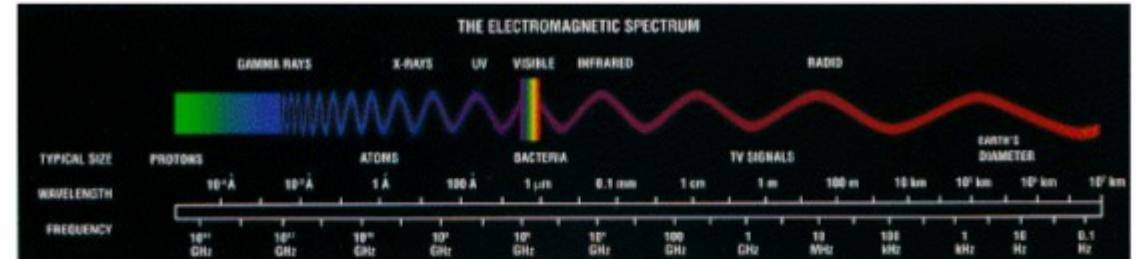
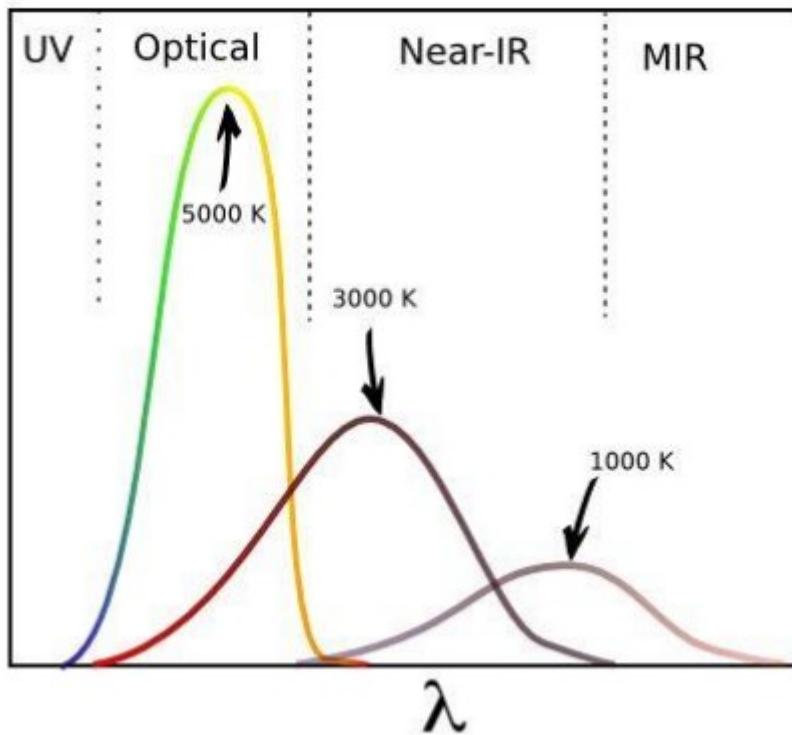
Filtro	$\lambda_{\text{central}} [\mu\text{m}]$	$\Delta\lambda [\mu\text{m}]$
U	0.365	0.068
B	0.44	0.098
V	0.55	0.089
R	0.70	0.22
I	0.99	0.24
J	1.25	0.38
H	1.66	0.31
K	2.2	0.48
L	3.4	0.70
M	5.0	1.12
N	10.2	0.43
Q	21.0	0.008

UBVRIJHKLMNQ



$\lambda_{\text{central}} [\mu\text{m}]$	$\Delta\lambda [\mu\text{m}]$
0.365	0.068
0.44	0.098
0.55	0.089
0.70	0.22
0.99	0.24
J	1.25
H	1.66
K	2.2
L	3.4
M	5.0
N	10.2
Q	21.0
	0.008

UBVRIJHKLMNQ



Infrarrojo cercano 1—5 μm

Infrarrojo medio 5—30 μm

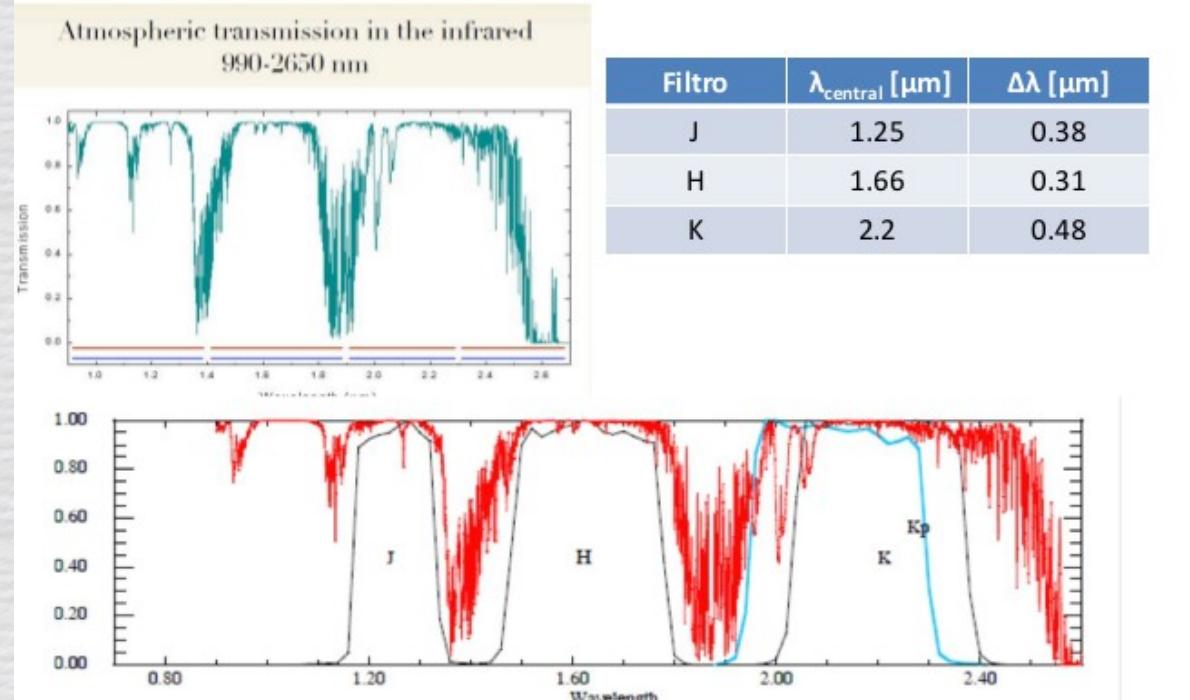
1 μm = 10000

Infrarrojo lejano 30—200 μm

J	Optico 0.3-0.9 μm	
H		
K	2.2	0.48
L	3.4	0.70
M	5.0	1.12
N	10.2	0.43
Q	21.0	0.008

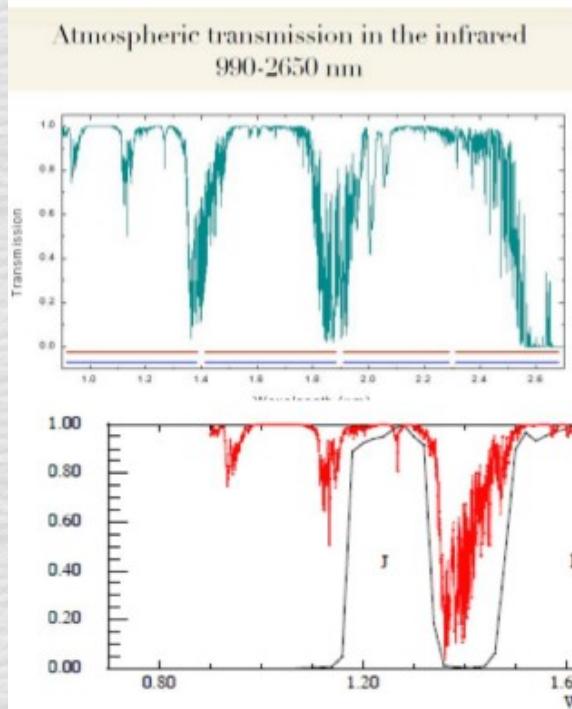
Transmisión Atmosférica entre 9900 y 26500 Å

Filtro	$\lambda_{\text{central}} [\mu\text{m}]$	$\Delta\lambda [\mu\text{m}]$
U	0.365	0.068
B	0.44	0.098
V	0.55	0.089
R	0.70	0.22
I	0.99	0.24
J	1.25	0.38
H	1.66	0.31
K	2.2	0.48
L	3.4	0.70
M	5.0	1.12
N	10.2	0.43
Q	21.0	0.008



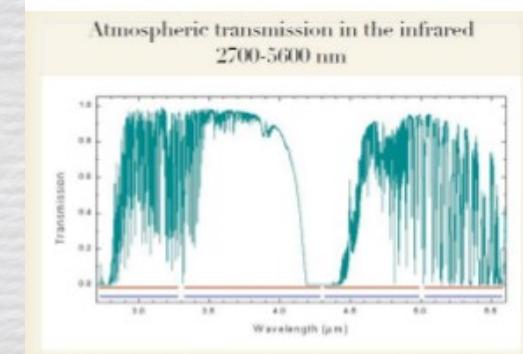
Transmisión Atmosférica entre 9900 y 26500 Å

Filtro	$\lambda_{\text{central}} [\mu\text{m}]$	$\Delta\lambda [\mu\text{m}]$
U	0.365	0.068
B	0.44	0.098
V	0.55	0.089
R	0.70	0.22
I	0.99	0.24
J	1.25	0.38
H	1.66	0.31
K	2.2	0.48
L	3.4	0.70
M	5.0	1.12
N	10.2	0.43
Q	21.0	0.008

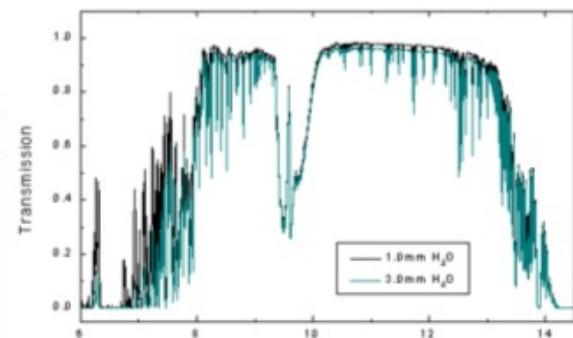


Filtro	$\lambda_{\text{central}} [\mu\text{m}]$	$\Delta\lambda [\mu\text{m}]$
J	1.25	0.38
H	1.66	0.31
K	2.2	0.48

Transmisión Atmosférica entre 30000 y 135000 Å



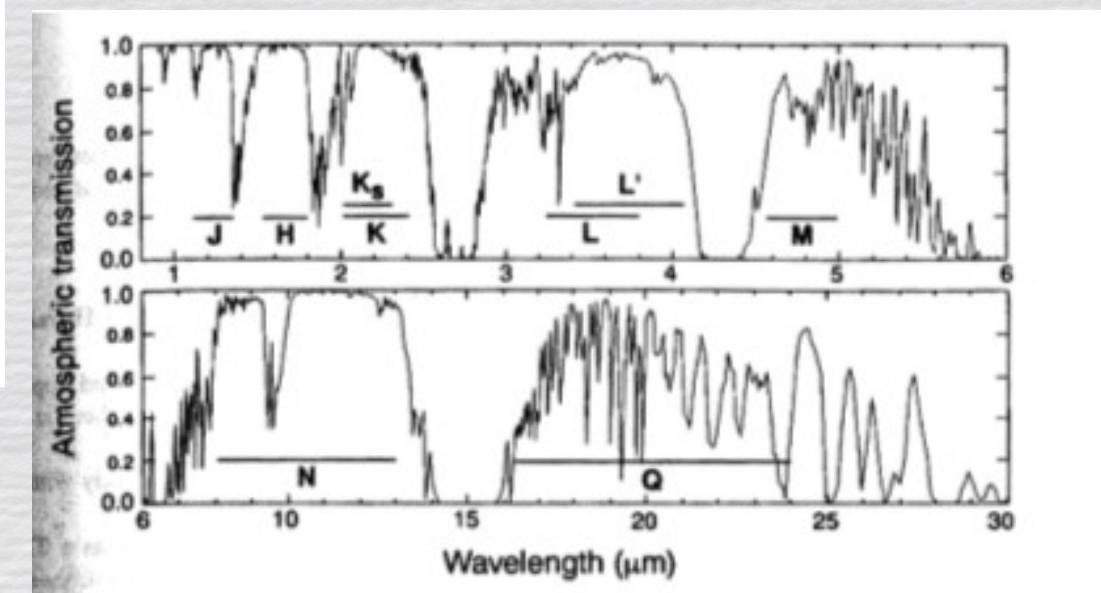
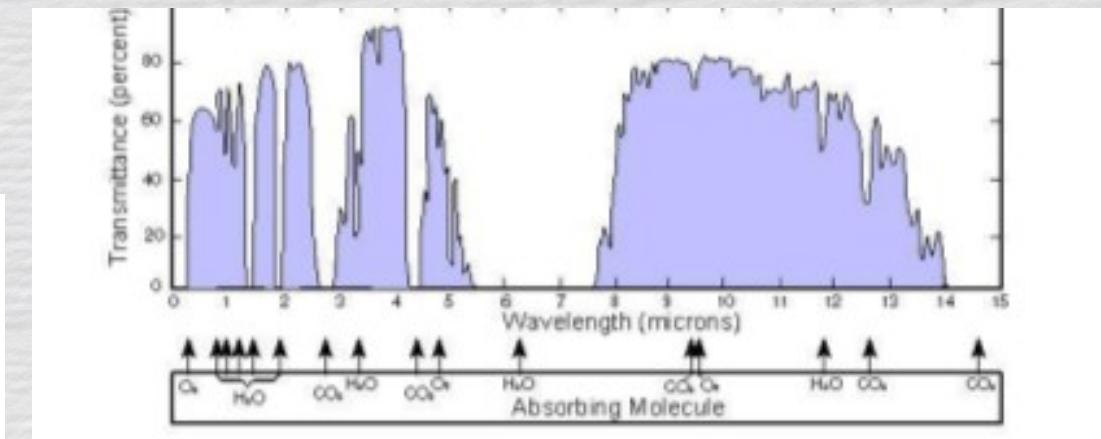
3 y 13.5 μm



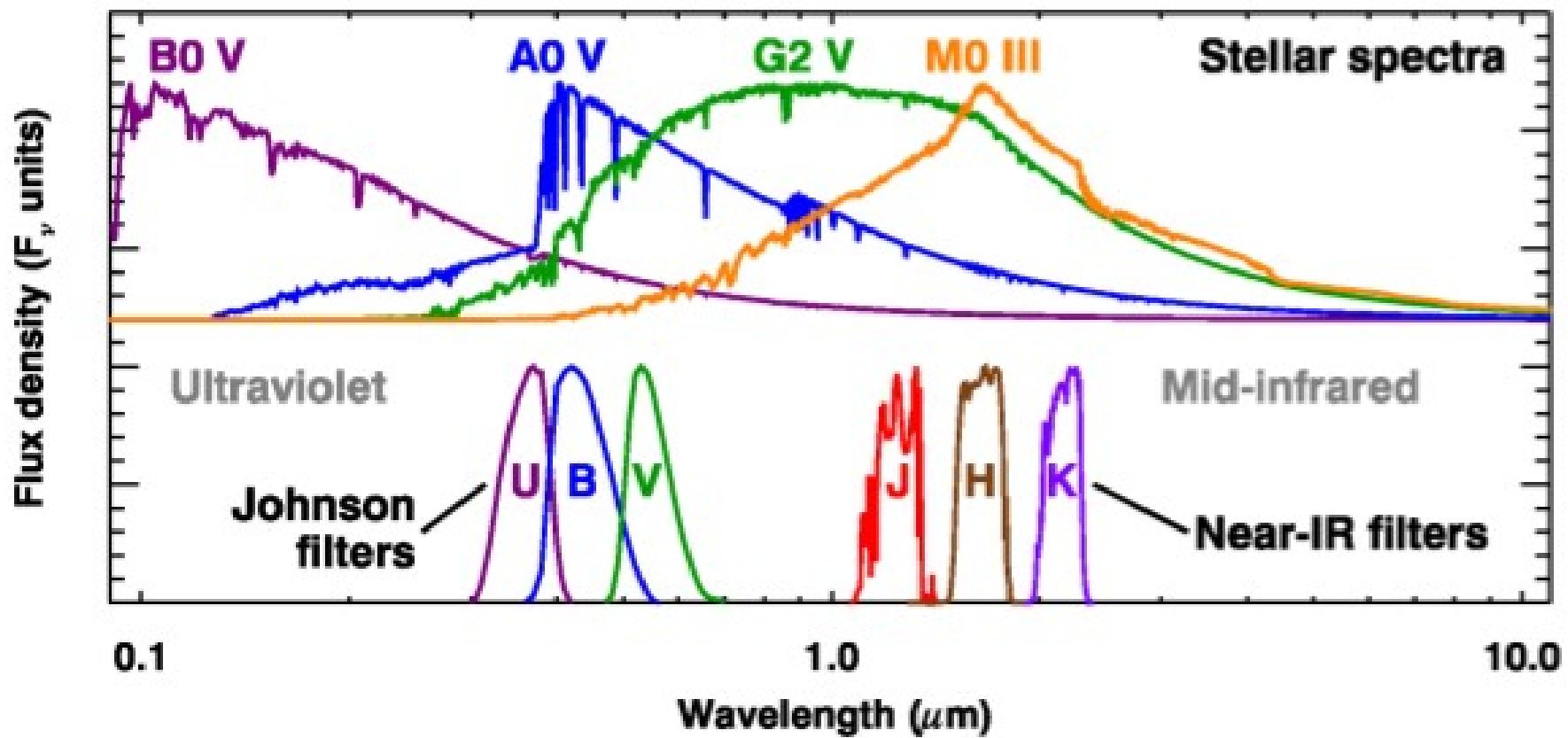
Filtro	$\lambda_{\text{central}} [\mu\text{m}]$	$\Delta\lambda [\mu\text{m}]$
L	3.4	0.70
M	5.0	1.12
N	10.2	0.43
Q	21.0	0.008

Empleando las ventanas de la atmósfera ...

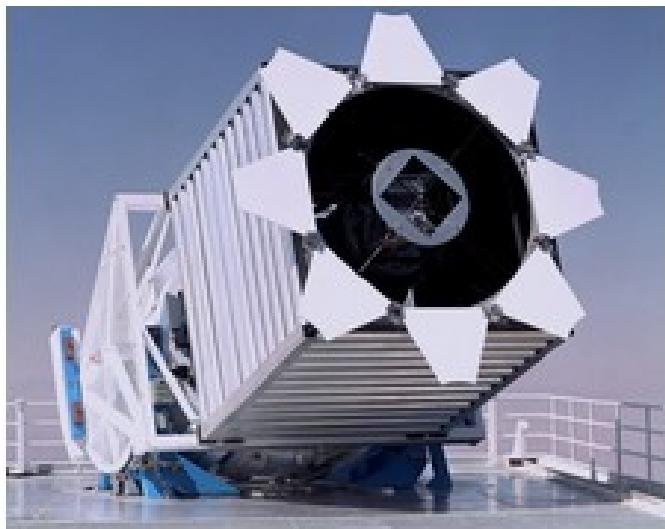
Filtro	$\lambda_{\text{central}} [\mu\text{m}]$	$\Delta\lambda [\mu\text{m}]$
U	0.365	0.068
B	0.44	0.098
V	0.55	0.089
R	0.70	0.22
I	0.99	0.24
J	1.25	0.38
H	1.66	0.31
K	2.2	0.48
L	3.4	0.70
M	5.0	1.12
N	10.2	■
Q	21.0	0.008



UBV vs. JHK y los Tipos Espectrales

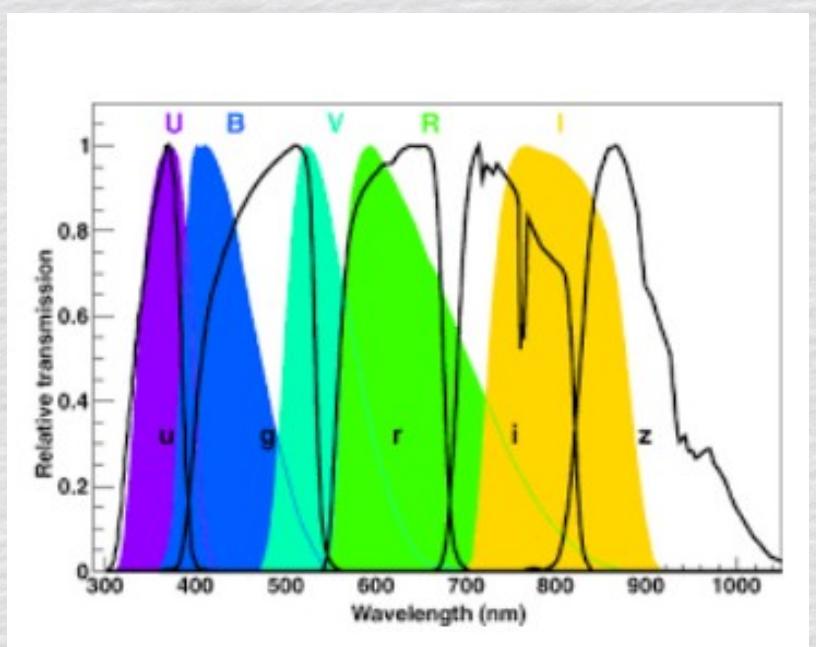
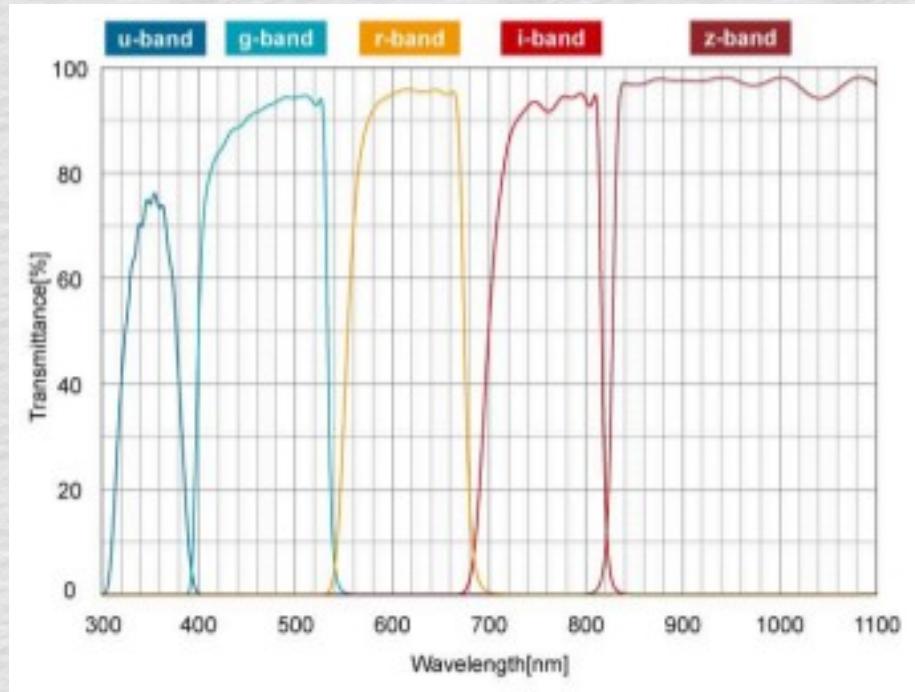


SLOAN Digital Sky Surveys (SDSS)



Sloan Foundation 2.5m
Telescope

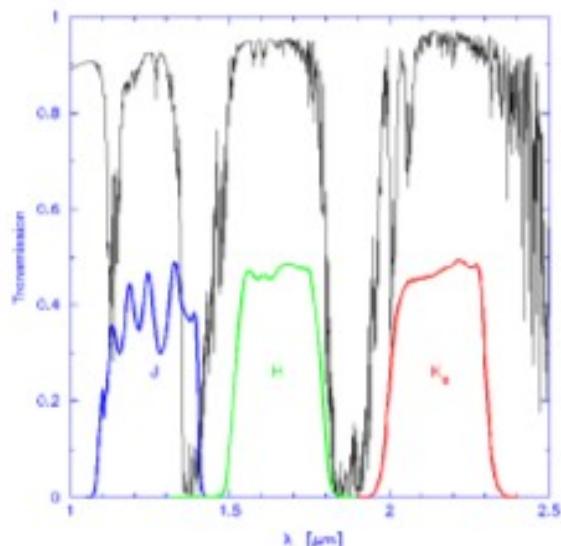
Filter	Wavelength (Angstroms)
Ultraviolet (u)	3543
Green (g)	4770
Red (r)	6231
Near Infrared (i)	7625
Infrared (z)	9134





2MASS: Two Micron All-Sky Survey

**Dos Telescopios de 1.3 m
de diámetros: uno en
Mt. Hopkins (AZ,
EEUU) y el otro en
CTIO (Chile)**

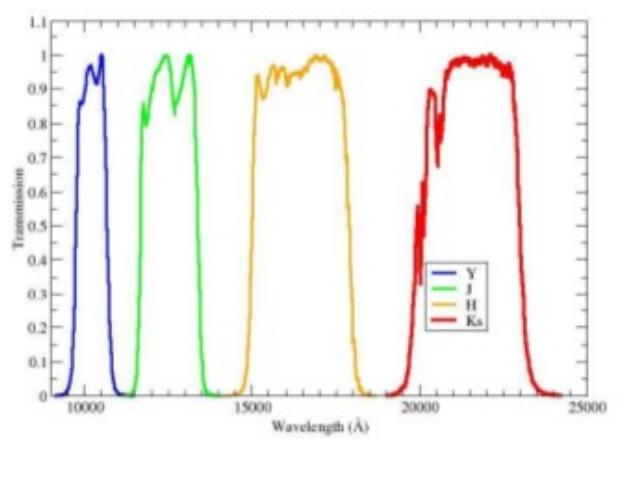


Filtros: K_s(2.16μm), H (1.65 μm), J(1.25 μm)

Relevamiento completo del Cielo

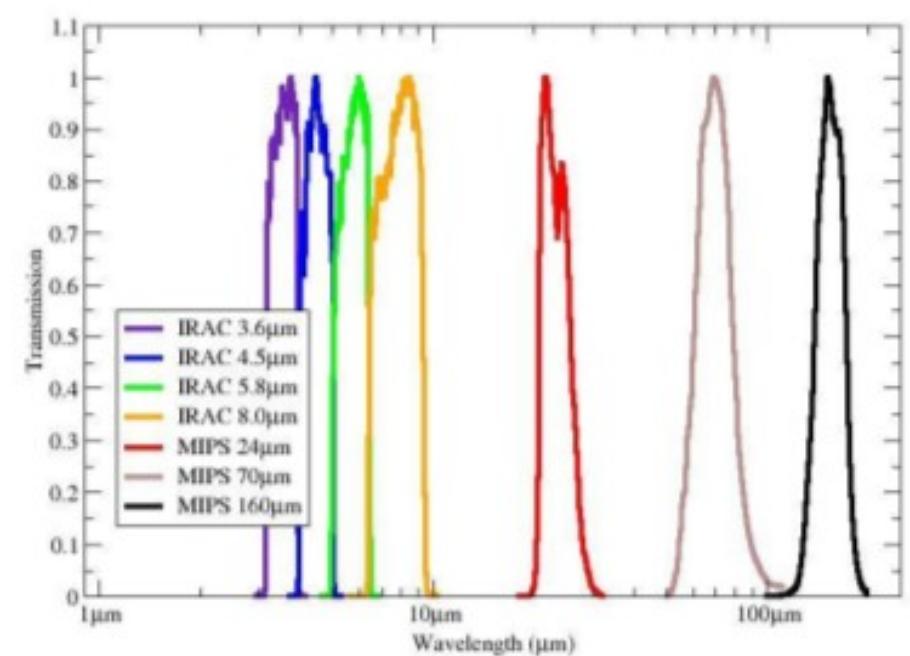
VISTA

Visible and IR Survey Telescope for Astronomy



Filtro	λ_{central} [Å]	FWHM [Å]
Y	1.02	0.10
J	1.25	0.18
H	1.65	0.30
Ks	2.15	0.30

SPITZER (0.85 m)

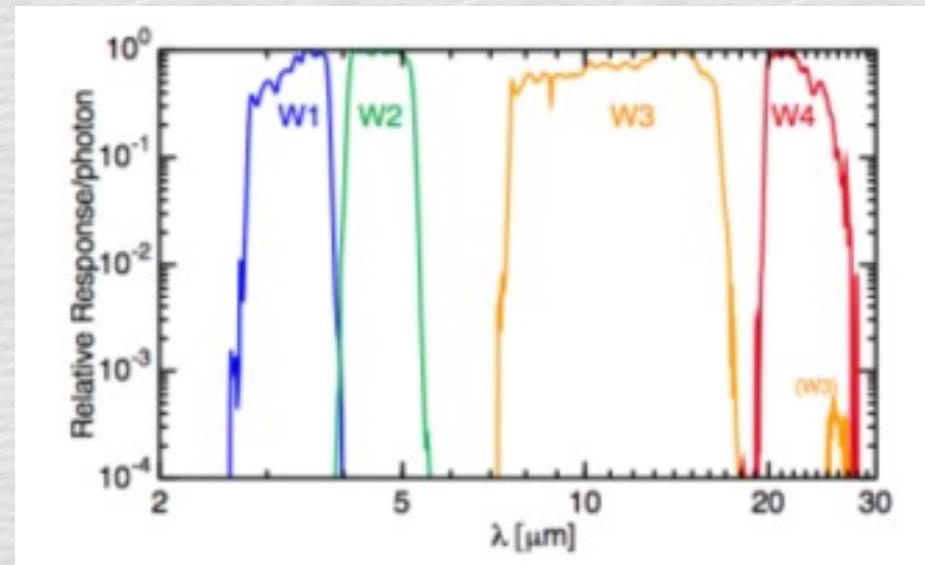
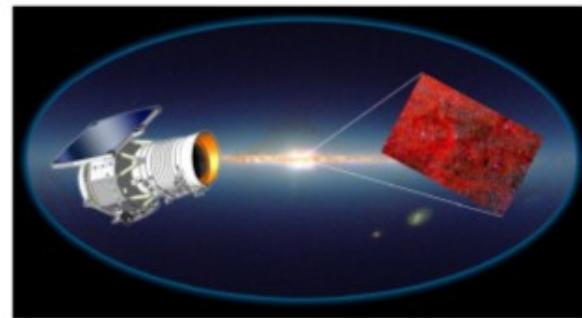


WISE

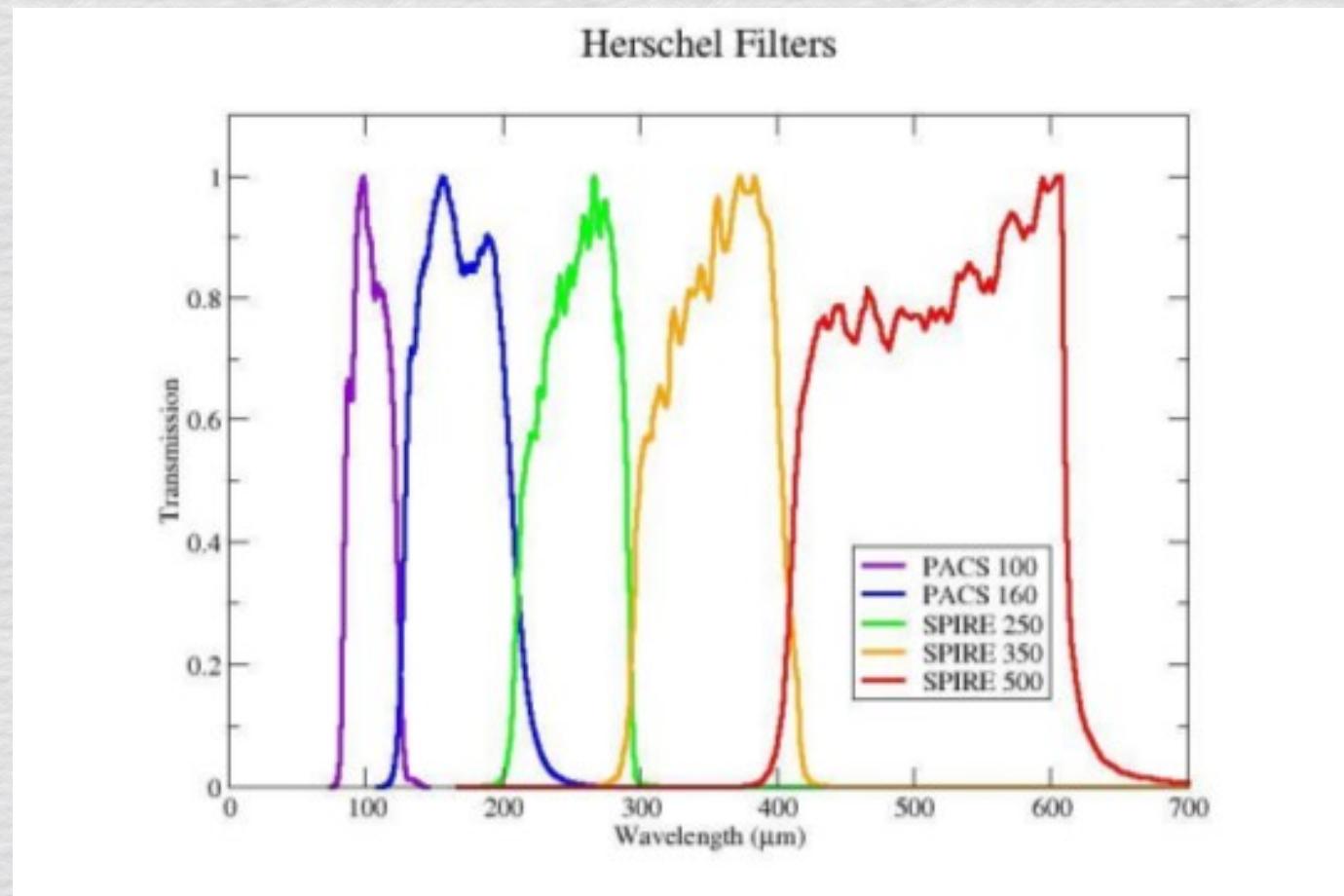
Wide-field Infrared Survey Explorer

Telescopio de 40 cm de diámetro, que comenzó a operar en 2009. La misión duró 1.5 años.

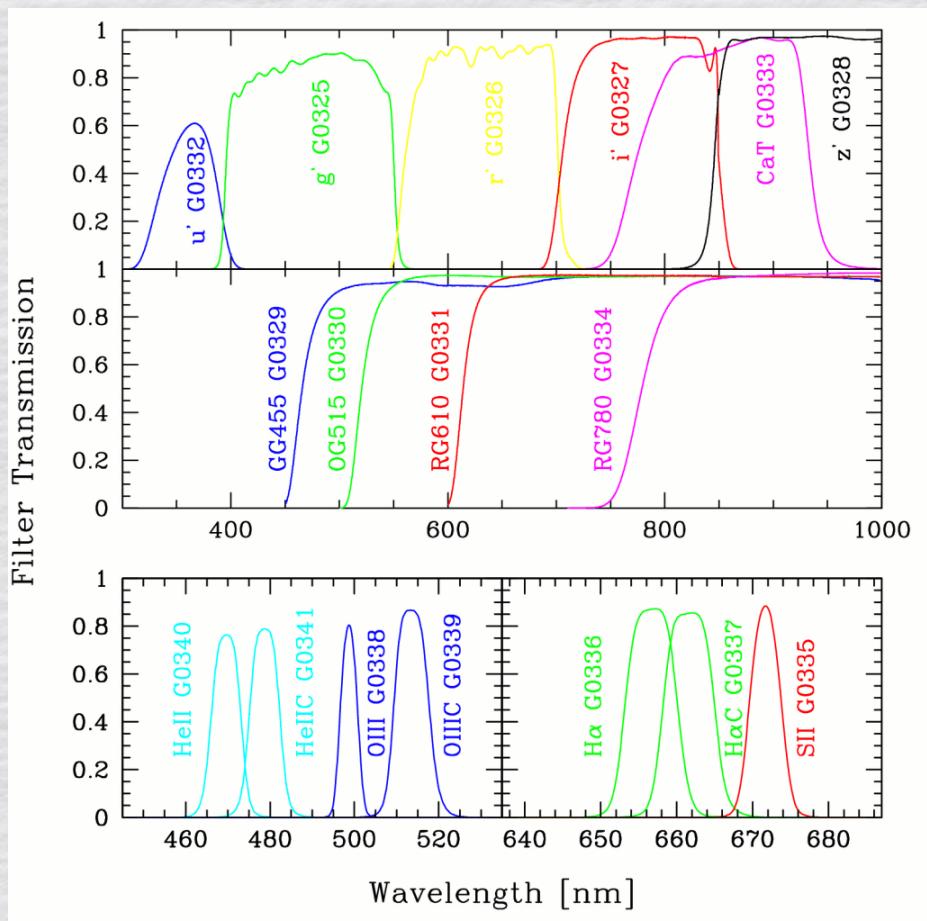
Observación de todo el cielo en 3.4, 4.6, 12 y 22 μm .



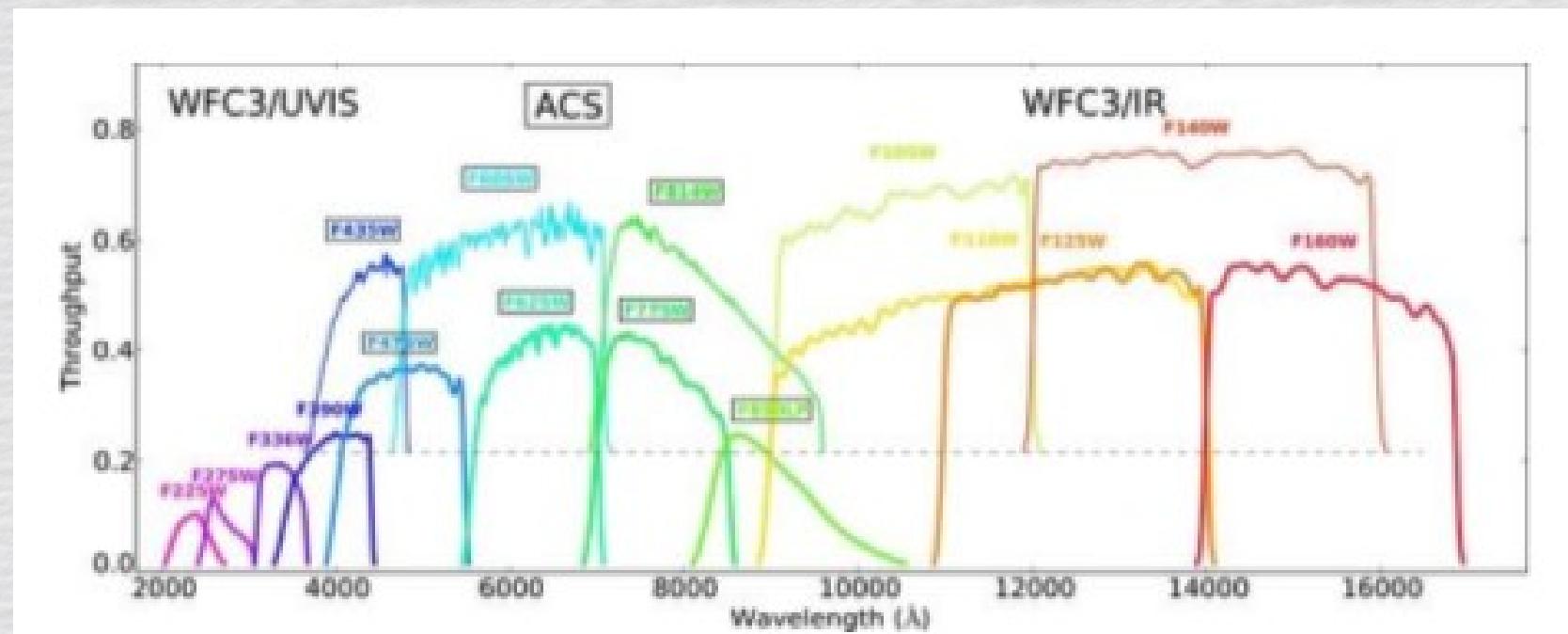
Herschel (ESA – 2009/13) (3.5 m)



Filtros de GMOS (Gemini–S) (Banda ancha y angosta)



HST (2.4 m)



¿Cuál sistema fotométrico usar?

Preparar una charla breve presentando
un sistema fotométrico en particular

- Filtros
- Características
- Telescopio
- Etc.