



Máster Universitario en Astrofísica
Universidad Complutense de Madrid
Trabajo de fin de Máster

CARMENES target characterisation: photometry of M dwarfs

Alumno:

Gonzalo HOLGADO ALIJO ¹

Directores:

José Antonio CABALLERO ² (CAB), David MONTES ³ (UCM)

Tutor:

David MONTES ³ (UCM)

Julio 2014

¹gholgado@ucm.es

²caballero@cab.inta-csic.es

³dmontes@ucm.es

Resumen:

Contexto: CARMENES es un espectrógrafo de alta resolución con el que el consorcio hispano-alemán del mismo nombre buscará exotierras alrededor de unas 300 estrellas de tipo espectral M por el método de velocidad radial

Objetivos: Ayudar al consorcio internacional a completar la base de datos CARMENCITA con la información fotométrica (en todas las bandas posibles desde el ultravioleta al infrarrojo) de las estrellas M. Esta información será fundamental para seleccionar la muestra final de estrellas que serán observadas por CARMENES para la búsqueda de exotierras a partir de principios de 2016.

Métodos: Mediante la herramienta del observatorio virtual Aladin se han recopilado datos fotométricos en las bandas $u'BB_Tg'VV_T r'i'JHKsW1W2W3W4$ de manera individualizada para cerca de 150 de las mejores candidatas de una muestra inicial de 2131, así como los datos FUV y NUV para 377 estrellas. Asimismo se ha elaborado un programa informático con lenguaje de programación Python para estudiar las distribuciones espectrales de energía de dichas estrellas a partir de su fotometría.

Resultados: Se ha recopilado la fotometría en las bandas antes citadas de un total de 158 estrellas tipo M. Cada una de estas estrellas se ha estudiado de manera individualizada “limpiando” todos aquellos datos fotométricos erróneos que se hayan podido encontrar por cualquier motivo usando estrellas que sirvan como prototipo para cada uno de los subtipos espectrales estudiados. Además y para una mayor caracterización se han estudiado diferentes índices de color que se han comparado con los tabulados en Bochanski et al. (2007) y Davenport et al. (2014) característicos de enanas tipo M. También se ha estudiado la calidad general de los filtros fotométricos calculando la cantidad de datos eliminados en la limpieza, así como la importancia de los diferentes índices de color como indicadores de un subtipo espectral. Por último se han buscado posibles excesos ultravioleta, encontrando las estrellas más activas y comparando con el valor para su pseudoanchura equivalente para $H\alpha$ incluida en CARMENCITA, así como excesos infrarrojos, indicadores de la presencia de un disco alrededor de la estrella.

Conclusiones: El estudio llevado a cabo de manera individualizada ha permitido elaborar una lista de datos fotométricos completa pero sobre todo muy precisa de las estrellas que CARMENES observará.

Palabras clave: Bases de datos astronómicas — Estrellas: estadísticas — Estrellas: enanas M — Estrellas: tipo tardío — Estrellas: baja masa — Estrellas: parámetros fundamentales

Abstract:

Context: CARMENES is a next-generation instrument being built by a consortium of German and Spanish institutions to carry out a survey of 300 M-type stars in order to detect exoplanets by radial-velocity measurements.

Aims: Helping the international consortium to complete the CARMENCITA database with the M stars photometric data (in all possible bands from the ultraviolet to infrared). This information will be crucial to select the final sample of stars that will be observed by CARMENES to search for exoplanets since early 2016.

Methods: By using the Aladin Virtual Observatory tool we have collected photometric data in the bands $u'BB_Tg'VV_T r'i'JHKsW1W2W3W4$ for each of the nearly 150 best candidates from an initial sample of about 2131 stars, as well as FUV and NUV data for 377 stars. We have also developed a software with Python programming language in order to study the spectral energy distributions of these stars.

Results: We have collected photometric data in the aforementioned bands for a total number of 158 M-type stars. Each of the stars has been studied individually and we have deleted all those with bad photometric data found for any reason using prototype stars for each M spectral subtype. Moreover, for further characterization, color indices values have been studied and also compared with those tabulated in Bochanski et al. (2007) and Davenport et al. (2014). In addition, we have also studied the quality of the photometric filters by contrasting the proportion of data erased in the cleaning procedure, as well as the relevance of the different color indices in order to assign sub-spectral type to the stars. Finally, we have searched for ultraviolet excess, finding the most active stars and getting their pseudo-equivalent width for $H\alpha$ included in CARMENCITA database, as well as infrared excess that indicate the presence of a disk around the star.

Conclusions: The study carried out individually has allowed to develop a list of complete and very accurate photometric data of the stars that CARMENES will observe.

Keywords: Astronomical data bases — Stars: statistics — Stars: M dwarfs — Stars: late-type — Stars: low-mass — Stars: fundamental parameters

Índice

1. Introducción	3
1.1. CARMENES y la búsqueda de exoplanetas	3
1.2. CARMENCITA	3
1.2.1. Muestra	4
1.2.2. Fotometría en CARMENCITA	4
1.3. Estrellas M	5
2. Análisis	6
2.1. Bandas fotométricas	6
2.2. Criterio separación-diferencia de magnitud para compañeras	7
2.3. Proceso de recopilación	9
2.3.1. Catálogos	9
2.3.2. Trabajo con Aladin y prioridad en los filtros	10
2.4. Distribuciones espectrales de energía	11
2.5. Prototipos espectrales	12
2.6. Diagramas color vs tipo espectral	13
2.7. Diagramas color vs color	15
2.8. Limpieza de los datos	17
2.8.1. Casos Particulares	19
3. Resultados	21
3.1. Análisis de la limpieza de datos	21
3.1.1. Importancia filtro r' de Sloan	22
3.1.2. Recopilación de datos de Tycho: B_T y V_T	23
3.2. Índices de color como indicadores espectrales	24
3.3. Búsqueda de Estrellas Activas a partir de Excesos Ultravioleta con <i>GALEX</i>	25
3.3.1. Diagramas color-tipo espectral	25
3.3.2. Diagramas color-color	26
3.4. Búsqueda de excesos infrarrojos con fotometría <i>WISE</i>	27
4. Conclusiones	27
Anexo: Figuras	31
Anexo: Distribuciones espectrales de energía	34
SEDs generales	35
SEDs Contaminadas por la compañera	59
SEDs Betas, Gammas y Deltas con fotometría recopilada	60
Anexo: Tablas y Póster	61

1. Introducción

1.1. CARMENES y la búsqueda de exoplanetas

Desde que en el año 1995 se descubriese el primer planeta fuera de nuestra Sistema Solar, es decir, el primer *exoplaneta* (Mayor y Queloz 1995), la búsqueda de planetas en otros sistemas estelares se ha convertido en uno de los campos de investigación más activos dentro del mundo de la astrofísica y en general uno de los campos más interesantes de la ciencia de vanguardia, en busca de un planeta similar a la tierra en el que encontrar vida extraterrestre.

A día de hoy se conocen 1795 exoplanetas y casi el mismo número de candidatos que necesitan ser confirmados, aunque debido a sesgos observacionales la mayoría de estos planetas son grandes gigantes gaseosos en órbitas realmente cercanas a su estrella.

Con el desarrollo de nuevas tecnologías para la detección de exoplanetas, especialmente el uso de espectroscopía ultraestable, la masa mínima de los exoplanetas descubiertos es cada vez más pequeña y se han llegado a descubrir exoplanetas de una masa similar a la nuestra Tierra, incluso en la zona de habitabilidad de su estrella (Quintana et al. 2014).

En este contexto surge el proyecto CARMENES⁴ (*Calar Alto high-Resolution search for M dwarfs with Exoearths with Near-infrared and optical Échelle Spectrographs*). CARMENES es un instrumento de última generación que se está construyendo para el telescopio de 3.5 m en el Observatorio de Calar Alto por un consorcio de instituciones alemanas y españolas, y que tiene como objetivo principal la detección y búsqueda de exotierras por el método de velocidad radial. Se compone de dos espectrógrafos separados que cubren los rangos de longitud de onda de 0.5 a 1.0 μm y de 1.0 a 1.7 μm . Poseen una resolución espectral de $R=82000$ y cada uno de ellos realizará mediciones de velocidad radial de alta precisión (Quirrenbach et al. 2012).



Para que CARMENES sea capaz de encontrar planetas candidatos a exotierras (de baja masa) y en la zona habitable (relativamente cercanos a la estrella) el proyecto se ha centrado en el estudio de estrellas enanas tipo M. En particular CARMENES se espera que estudie una muestra de casi 300 estrellas a lo largo de entre 600 y 750 noches de observación (garantizadas), por lo que es necesario seleccionar las mejores candidatas, es decir las más brillantes de los tipos espectrales más tardíos, (menor actividad, evitar binarias), para lo que aparece CARMENCITA.

1.2. CARMENCITA

Es el acrónimo de CARMENES *Cool dwarf Information and daTa Archive*, y será la base de datos más completa de enanas M que se haya construido hasta el momento (Caballero et al. 2013) de donde se obtendrán las estrellas candidatas a ser observadas por CARMENES. Alguna de la información que incluye son coordenadas, índices espectrales, fotometría en diferentes bandas, paralajes y distancias espectrométricas, velocidades rotaciones y radiales, anchuras equivalentes de $H\alpha$, movimientos propios, velocidades espaciales galactocéntricas, etc. Se espera que aproximadamente el número de parámetros disponibles en CARMENCITA sea superior a 100, todo ellos con sus respectivas referencias. Actualmente este catálogo es privado, pero se hará público en el futuro como legado del proyecto CARMENES.

Una de las características más importantes que se le ha asignado a cada estrellas es la clase, un parámetro interno en CARMENCITA que nos indica su orden de preferencia a la hora de ser observada, debido a distintas propiedades estelares como binariedad o actividad, así como un sesgo que nos permita observar las más brillantes de las más tardías. Las posibilidades son:

- **alpha:** Las candidatas idóneas a observarse, y se observarán en primer lugar.
- **beta:** Las candidatas a observarse en virtud del tiempo de funcionamiento.
- **gamma:** El conjunto de estrellas como respaldo en caso de ser necesario.

⁴<https://carmenes.caha.es>

- **delta:** Aquellas consideradas como binarias cercanas con menos de 5 arcosegundos de separación.

En nuestro caso nos centraremos en las estrellas del grupo alpha y contamos aquí algunas de sus propiedades, aunque todas las características de los distintos grupos se encuentran incluidas en el trabajo fin de Máster de González-álvarez (2014).

1.2.1. Muestra

El estado actual del proyecto CARMENES ha obligado a que diferentes versiones de CARMENCITA hayan estado vigentes durante el transcurso de este trabajo, siendo la versión de Marzo de 2014 la última incluida para nuestro estudio. En un principio se ha hecho un estudio de las 158 mejores candidatas (alphas) de las que aún no se tenía información fotométrica, aunque más tarde seis de esas candidatas hayan sido eliminadas de dicha categoría. La gran mayoría de estas estrellas se tomaron de tres catálogos: *Research Consortium of Nearby Stars*(RECONS⁵ en adelante), *Palomar/Michigan State University* (PMSU⁶ en adelante), y *Spectroscopic Catalog of the Brightest M Dwarfs in the Northern Sky*, Lépine et al. (2013)(Lep13 en adelante).

Por otro lado, los criterios de selección que se han empleado para distinguir a una estrella como una buena candidata han sido los siguientes: una declinación $\delta \geq -23^\circ$ para poder ser observadas desde Calar Alto, que el tipo espectral fuese mayor o igual a M0V, que tuviera un brillo suficiente en la banda *J* dependiendo de su tipo espectral (la magnitud límite exigida para cada tipo espectral viene recogida en la Tabla 1), y por último se ha tenido en cuenta una relación separación-diferencia de magnitud con su compañera explicada más adelante en el caso de tener compañera.

Tabla 1: Criterios de selección

T.esp.	M0V	M1V	M2V	M3V	M4V	M5V	M6V
$J_{\text{máx}}$ [mag]	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0

Teniendo en cuenta la última actualización (Marzo 2014) CARMENCITA cuenta con 2131 estrellas de las que 368 se cuentan como candidatas idóneas.

Las estrellas estudiadas en este trabajo se escogerán de este catálogo, en particular se escogerán de la clase alphas. El objetivo principal será aumentar la cantidad de datos disponibles en CARMENCITA para poder seleccionar la muestra de mejores candidatas para observar con CARMENES, continuando con el trabajo comenzado en Abellán, TFM presentado en el curso 2012-2013, centrándonos en la recopilación de datos de fotometría.

1.2.2. Fotometría en CARMENCITA

Todo lo referente a los diferentes filtros y sus características principales está incluido más abajo en la sección de análisis de las bandas fotométricas, aquí quiero mencionar las misiones o catálogos que incluye CARMENCITA y su importancia.

La misión espacial *GALEX* fue lanzada en 2003 y, tras periodos con funcionamiento parcial o financiación privada, suspendida en el año 2012. Utiliza un telescopio de 50 centímetros de apertura que iluminan dos detectores, uno en ultravioleta cercano (*NUV*) y otro en ultravioleta lejano (*FUV*). En nuestro caso lo hemos seleccionado porque aún la resolución suficiente para observar nuestro tipo de estrellas, y el campo suficientemente grande para contar con un catálogo muy completo de emisores en ultravioleta. La última versión disponible en Aladin, usada en este trabajo es GR5, con fuentes provenientes de AIS (*All Sky Imaging Survey*) y MIS (*Medium-depth Imaging Survey*).

SDSS (*Sloan Digital Sky Survey*) toma imágenes desde tierra con telescopios ópticos de 2.5 metros de apertura en cinco filtros, *u'g'r'i'z'*, cubriendo un gran rango en el óptico y proporcionando una información muy valiosa. En nuestro caso, aunque en un primer caso se empezó tomando los valores en todos los filtros, finalmente el filtro *z'* acabo desechándose por problemas reiterados.

El satélite Hipparcos, lanzado en 1989 por la ESA realizó uno de los catálogos más completos astrométricos hasta el cese de su funcionamiento en 1993. Además de esto los datos fotométricos obtenidos en dos bandas B_T y V_T , catálogo Tycho, para estrellas con magnitud superior a 7.3 son de muy alta calidad. En nuestro caso hemos usado el segundo catálogo publicado Tycho-2 para todas las estrellas de nuestra muestra que contaban con dicha información.

⁵<http://www.recons.org>

⁶<http://www.stsci.edu/~inr/pmsu.html>

UCAC (*USNO CCD Astrometric Catalog*) es un programa observacional astrométrico que comenzó en 1998. Todas las observaciones fueron llevadas a cabo en USNO (*United States Naval Observatory*), Flagstaff Station (NOFS), y la última actualización, UCAC4, fue publicada en Agosto de 2012. En nuestro trabajo su dedicada recopilación de datos en bandas tanto de Johnson como de Sloan nos han proporcionado datos para aquellas estrellas más débiles de la muestra.

El *Carlsberg Meridian Catalog*, CMC14 en su última actualización usada en este trabajo, contiene información astrométrica y fotométrica en la banda r' de Sloan para 95.9 millones de estrellas con magnitudes entre 9 y 17. En el transcurso de este trabajo fue publicada una nueva actualización del catálogo, CMC15, aunque no se ha tenido en cuenta en este trabajo.

2MASS (*2Micron All Sky Survey*) ha sido nuestro catálogo de referencia ya que en este trabajo no hemos tenido que recopilar datos de ninguna de estas estrellas, sino que contábamos de partida con estos datos como guía para nuestra recopilación. Los tres filtros en los que nos proporciona información J ($1.25 \mu\text{m}$), H ($1.65 \mu\text{m}$) y Ks ($2.17 \mu\text{m}$) son de suma importancia para nuestras estrellas tipo M ya que el máximo de emisión se da para el filtro J , y en general podemos estudiar el comportamiento de la estrella con su emisión en el infrarrojo. Aunque las observaciones comenzaron en el año 1997 y se completaron para el 2001 con el uso de dos telescopios, uno en el hemisferio norte y otro en el hemisferio sur, los datos no fueron publicados hasta dos años después debido al procesado de un planisferio completo que se requería.

Por último el satélite *WISE*, lanzado en 2009 y destinado a estudiar la radiación infrarroja nos proporcionará información de la emisión más roja en nuestras distribuciones espectrales de energía. Contaba con un telescopio de 40 centímetros de diámetro y actualmente se encuentra en hibernación, desde 2011, debido a fallos en la transmisión. Descubrió la primera enana ultra-fría tipo Y y el primer asteroide troyano de la Tierra, así como proporcionar evidencias en contra de la supuesta compañera ultra fría del Sol Némesis. *WISE* obtuvo un catálogo completo del cielo en cuatro bandas fotométricas y en Agosto de 2013 se anunció que podría reactivarse nuevamente para la monitorización de asteroides potencialmente peligrosos para la Tierra.

1.3. Estrellas M

Las estrellas enanas tipo M, en las que CARMENES va a centrar su estudio son estrellas enanas de baja masa y constituyen el componente principal en la función de masa inicial, siendo por lo tanto las más abundantes del universo. Una de las características esenciales por la cual CARMENES observará estos objetos es que el efecto de posibles exotierras en la zona de habitabilidad de estas estrellas de baja masa produce una variación apreciable en la velocidad radial.

Los espectrógrafos actuales no están optimizados para observar estrellas de baja masa debido a la longitud de onda más roja en la que estas estrellas tienen su máximo de emisión, debido a su menor temperatura efectiva, Martínez-Rodríguez 2014. Mientras que el sol emite su máximo de energía en 5500 \AA , las enanas M lo hacen en el infrarrojo cercano, entre 1 y $2.5 \mu\text{m}$ y por ello los espectrógrafos de CARMENES están diseñados para cubrir el rango de 0.5 a $1.7 \mu\text{m}$, de manera que se centrará sobre todo en los tipos espectrales M3.0V-M6.0V.

Para establecer una clasificación dentro de las estrellas M existen diferentes sistemas basados en sus características espectrales. El efecto de las bandas de absorción moleculares es la característica más representativa de este tipo de estrellas, principalmente el óxido de titanio (TiO), óxido de vanadio (VO) e hidruros metálicos (MgH, FeH y sobre todo CaH) en el óptico. En el infrarrojo cercano podremos encontrar bandas de absorción características de H_2 y CO. Además cabe destacar algunas de las líneas atómicas más importantes como Ca I λ 4227 \AA , los dobletes del Na I λ 5890/5896 \AA y λ 8183/8195 \AA , el doblete de K I λ 7665/7699 \AA , y el triplete infrarrojo de Ca II λ 8498/8542/8662 \AA .

El estudio de la actividad en las estrellas M demuestra que a menudo poseen cromosferas y coronas activas, con manchas y fulguraciones. Es importante mencionar que la fracción de enanas M activas crece de manera aproximadamente monótona desde M0 a M8, donde se alcanza un pico de un $\sim 70\%$. La razón por la que tal cantidad de estrellas son activas proviene del cambio en la estructura interna de las estrellas para tipos espectrales más tardíos de M3.5, los interiores se hacen completamente convectivos y esto intensifica el campo magnético que provoca que estas estrellas tengan más actividad de la esperada, con la consecuente emisión en el rango ultravioleta y rayos-X. Por ello en los tipos espectrales más tardíos no existen un grupo de estrellas activas diferenciadas, sino que en general todas presentan un actividad cromosférica y coronal fuerte, lo contrario que en los tipos más tempranos donde las estrellas activas presentan una diferencia clara con la media. Como mencionaré más adelante en el trabajo, es importante encontrar y destacar estas estrellas activas de alguna manera, para poder eliminarlas de la muestra de estrellas alphas que

serán observadas por el método de velocidad radial, cuyas medidas se ven fuertemente afectadas por los efectos de la actividad, así como para poder destacarlas como posibles candidatas a ser estrellas jóvenes, comprobando su posible afiliación a grupos de movimiento jóvenes, o búsqueda de excesos en el infrarrojo que nos indiquen presencia de un disco alrededor de la estrella.

En la Tabla 2 se muestran algunos de los principales parámetros de las estrellas M dentro de cada subtipo espectral.

Tabla 2: Parámetros fundamentales de enanas M Valores

T. esp.	T_{eff} [K]	Radio [R/R_{\odot}]	Masa [M/M_{\odot}]	Luminosidad [$10^{-2}L/L_{\odot}$]	$\log g$ [$g \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$]
M0	3800	0.62	0.60	7.2	4.65
M1	3600	0.49	0.49	3.5	4.75
M2	3400	0.44	0.44	2.3	4.8
M3	3250	0.39	0.36	1.5	4.8
M4	3100	0.36	0.20	0.55	4.9
M5	2800	0.20	0.14	0.22	5.00
M6	2600	0.15	0.10	0.09	5.1
M7	2500	0.12	~ 0.09	0.05	5.2
M8	2400	0.11	~ 0.08	0.03	5.2
M9	2300	0.08	~ 0.075	0.015	5.4

Extraídos de Reid y Hawley (2005).

2. Análisis

2.1. Bandas fotométricas

Continuando con el trabajo realizado en Abellán (2013) se ha hecho uso de la herramienta del observatorio virtual Aladín⁷ y se ha recopilado la fotometría disponible para cerca de las casi 150 mejores candidatas de CARMENCITA de las que aún no se disponía su fotometría. Con ese fin se ha buscado la información disponible en filtros desde el ultravioleta hasta el infrarrojo de manera individual para cada estrella, usando los mismos filtros que en Abellán (2013) y añadiendo los filtros *FUV* y *NUV* de *GALEX*.

En la siguiente tabla se muestran, ordenados de mayor a menor banda energética, todos los filtros de los que se han obtenido datos fotométricos⁸:

En la Tabla 3 se muestra la información de cada filtro que incluye: nombre, sistema de filtros al que pertenece, la longitud de onda efectiva (λ_{eff}) y el flujo en el punto cero del sistema (F_{λ}^0). Se ha incluido una columna indicando el sistema de magnitudes que usa cada filtro Toda la información incluida aquí se ha obtenido de la página web de VOSA (Virtual Observatory Sed Analyzer): <http://svo2.cab.inta-csic.es/theory/fps/>

En dicha página encontramos también la curva de transmisión de los filtros, Fig. 1:

En la Tabla 4 incluimos los valores de la escala de placa de cada misión:

⁷Aladin Sky Atlas: <http://aladin.u-strasbg.fr>

⁸En el caso de los filtros *J*, *H* y *Ks* la fotometría ya estaba recopilada pero se incluye ya que se hará uso de ellos más adelante

Tabla 3: Filtros recopilados

Filtro	Sistema	$\lambda_{\text{eff}}[\text{\AA}]$	$F_{\lambda}^0[\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}]$	Magnitudes
<i>FUV</i>	<i>GALEX</i>	1542.26	$4,576 \times 10^{-8}$	AB
<i>NUV</i>	<i>GALEX</i>	2274.37	$2,104 \times 10^{-8}$	AB
<i>u'</i>	Sloan	3594.93	$8,423 \times 10^{-9}$	AB
<i>B_T</i>	Tycho-2	4280.00	$6,598 \times 10^{-9}$	Vega
<i>B</i>	Johnson	4378.12	$6,293 \times 10^{-9}$	Vega
<i>g'</i>	Sloan	4640.42	$5,055 \times 10^{-9}$	AB
<i>V_T</i>	Tycho-2	5340.00	$3,984 \times 10^{-9}$	Vega
<i>V</i>	Johnson	5466.11	$3,575 \times 10^{-9}$	Vega
<i>r'</i>	Sloan	6122.33	$2,904 \times 10^{-9}$	AB
<i>i'</i>	Sloan	7439.49	$1,967 \times 10^{-9}$	AB
<i>J</i>	2MASS	12350	$3,129 \times 10^{-10}$	Vega
<i>H</i>	2MASS	16620	$1,133 \times 10^{-10}$	Vega
<i>K_s</i>	2MASS	21590	$4,283 \times 10^{-11}$	Vega
<i>W1</i>	<i>WISE</i>	33526	$8,1787 \times 10^{-12}$	Vega
<i>W2</i>	<i>WISE</i>	46028	$2,415 \times 10^{-12}$	Vega
<i>W3</i>	<i>WISE</i>	115608	$6,5151 \times 10^{-14}$	Vega
<i>W4</i>	<i>WISE</i>	220883	$5,0901 \times 10^{-15}$	Vega

Tabla 4: Escala de placa de cada misión:

Misión	Escala de Placa [arcsec/pixel]	Referencia
<i>GALEX</i>	<i>FUV</i> :4.2, <i>NUV</i> :5.3	Bianchi et al. (2011)
SDSS	0.4	Gunn et al. (2006)
Tycho-2	...	www.rssd.esa.int/
UCAC4	0.905	www.ad.usno.navy.mil/ucac/telescope.html
CMC14	0.7	www.ast.cam.ac.uk/~dwe/SRF/camc.html
2MASS	2.0	Skrutskie et al. (2006)
<i>WISE</i>	<i>W1-W3</i> :2.75, <i>W4</i> : 5.5	http://wise2.ipac.caltech.edu/docs/release/allsky/expsup/

Tycho-2 no tiene CCD.

2.2. Criterio separación-diferencia de magnitud para compañeras

Aunque desde un principio hemos trabajado con toda la muestra de idóneas que aun no tenía fotometría recopilada, más tarde hemos considerado introducir un nuevo método de selección para asegurar que la fotometría recopilada en cada estrella no estaba siendo contaminada por una compañera que, además de estar cerca, fuese más brillante que la estrella observada. Haciendo uso de tres de los parámetros ya recogidos en CARMENCITA para el conjunto de estrellas con el que trabajamos, multiplicidad, separación a la estrella compañera, y diferencia de magnitud en la banda *J* (restando a la magnitud de nuestra estrella la de la estrella cercana), hemos seguido el siguiente proceso.

Hemos seleccionado aquellas donde el parámetro multiplicidad no indicaba *Single*, aquellas en las que ya existía un valor para la separación y la diferencia de magnitud se ha incluido directamente. En las que falta alguno o ambos parámetros se ha hecho uso de la herramienta Aladin y, para las que ha sido posible (7)(Ver Tabla 6) hemos tomado ambos valores. En total hemos recuperado 75 estrellas con valores para los dos parámetros.

Para asegurarnos de que ninguna estrella fuera contaminada por su compañera se ha impuesto, además de que nunca estén a menos de 5", una relación que impone una separación mínima mayor a medida que la compañera se hace proporcionalmente más brillante (en banda *J* de 2MASS) que la estrella objetivo, tal como vemos en la Fig. 2

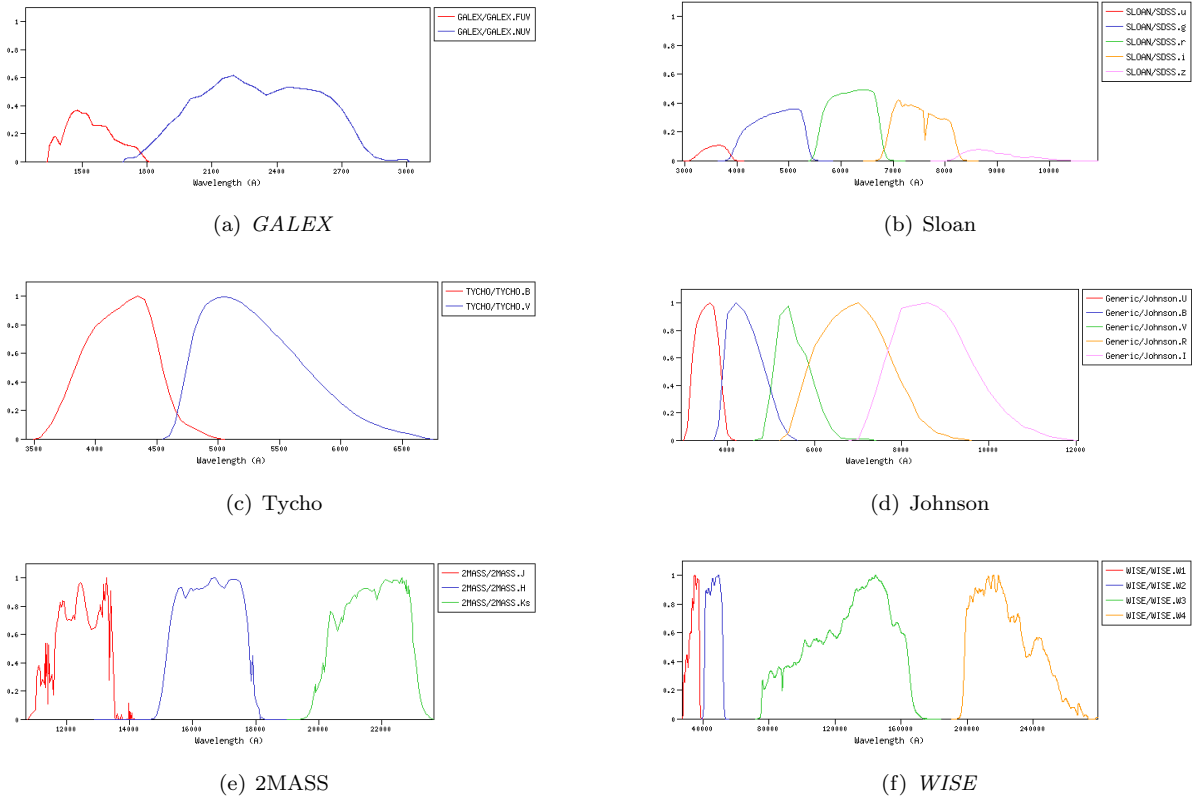


Figura 1: Curvas de transmisión de los filtros.

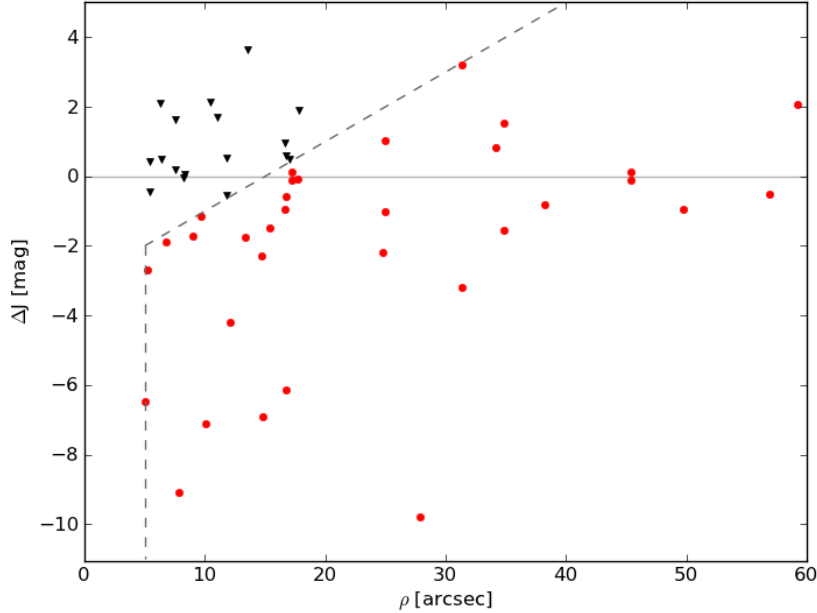


Figura 2: Relación separación-magnitud: Zoom para estrellas con compañera más cercana. $\Delta J = J_1 - J_2$ siendo J_1 la magnitud de nuestra estrella M, y J_2 la magnitud de la estrella compañera. Los círculos representan las estrellas para las que la compañera no afecta a nuestra fotometría, los triángulos son las estrellas cuyos datos están contaminados por la estrella compañera según el criterio impuesto. La línea gris continua marca el punto donde se igualan la emisión en banda J de la estrella objetivo y su compañera ($\Delta J = 0$), y por último la relación de exclusión que hemos impuesto para considerar estrellas contaminadas es la línea gris discontinua

De esta manera la fotometría de 17 estrellas, Tabla 5, pese a estar recopilada, no ha seguido utilizándose a la hora de dibujar diagramas color-tipo espectral o color-color ya que se consideraría contaminada por la de su compañera.

Tabla 5: Lista de estrellas eliminadas por relación separación-diferencia de magnitud

Nombre	ρ [arcsec]	ΔJ [mag]
J02441+492	13.5	3.657
J23194+790	10.43	2.138
J11151+734	6.276	2.104
J13195+351E	17.8	1.904
J03574-011	11.0	1.71
J13168+170	7.5	1.632
J17198+265	16.6	0.956
J02565+554E	16.7	0.581
J18427+596S	11.8	0.532
J03480+686	17.0	0.506
J19539+444E	6.4	0.484
J19464+320	5.4	0.44
J03018-165S	7.5	0.184
J00056+458	8.332	0.042
J05068-215E	8.2	-0.043
J19463+320	5.4	-0.44
J18427+596N	11.8	-0.532

Tabla 6: Estrellas cuyos datos hemos tomado en este trabajo para la relación separación-diferencia de magnitud, ya que CARMENCITA no los tenía para estas estrellas

Nombre	ρ [arcsec]	ΔJ [mag]
J00056+458	8.332	0.042
J04153-076	80.46	3.734
J07361-031	169.2	0.708
J09428+700	88.2	0.409
J11151+734	6.276	2.104
J12576+352E	15.41	-1.471
J23194+790	10.43	2.138

Para J07361-031 hemos sustituido la separación que aparecía en CARMENCITA.

2.3. Proceso de recopilación

2.3.1. Catálogos

En la Tabla 7 aparecen los catálogos, y sus respectivas referencias, con los que se ha realizado la recopilación de datos fotométricos. Toda esta información esta disponible en el servicio *VizieR*: <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>.

Tabla 7: Lista de catálogos empleados

Acrónimo	Nombre completo	Referencia
<i>GALEX</i>	<i>GALEX</i> -DR5 (GR5) sources from AIS and MIS	Bianchi et al. (2011)
SDSS DR9	The SDSS Photometric Catalog, Release 9	Adelman-McCarthy et al. (2012)
Tycho-2	The Tycho-2 Catalogue	Høg et al. (2000)
UCAC4	The fourth U.S. Naval Observatory CCD Astrograph Catalog	Zacharias et al. (2012)
CMC14	Carlsberg Meridian Catalog 14	Copenhagen University Obs. (2006)
2MASS	2MASS All-Sky Catalog of Point Sources	Skrutskie et al. (2006)
<i>WISE</i>	<i>WISE</i> All-Sky Data Release	Cutri et al. (2012)

2.3.2. Trabajo con Aladin y prioridad en los filtros

Los pasos seguidos para recopilar los datos fotométricos de cada estrella han sido:

1. Haciendo uso de la herramienta *Macro* se le ha proporcionado a Aladin un script de instrucciones y una tabla de coordenadas, ascensión recta y declinación, Fig. 3.
2. Ejecutamos el script para la estrella que corresponde de manera que carga una imagen de la estrella, la información disponible en SIMBAD, y la información de todos los catálogos antes mencionados. Si es necesario podemos visualizar el movimiento propio de la estrella, una línea con el color del catálogo del que se este sacando dicha información, para reconocer que medidas fotométricas corresponden efectivamente a nuestra estrella.
3. Recopilamos la fotometría en cada uno de los filtros junto con su error.
4. Repetimos desde el paso 2 hasta acabar con la lista de coordenadas.

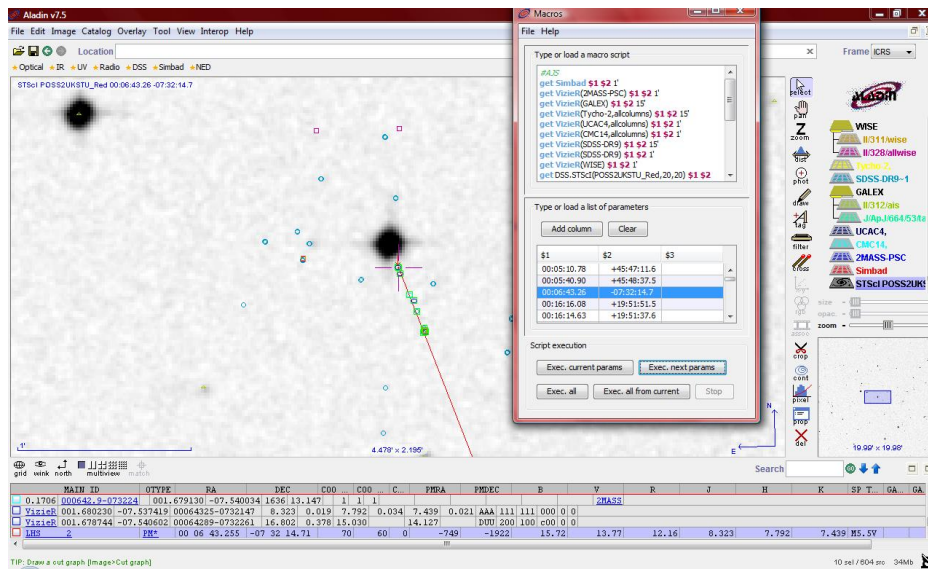


Figura 3: Ejemplo recopilación de datos en Aladin y script

Los datos se iban almacenando en un fichero de texto en formato ASCII cuya última finalidad, tras un proceso de limpieza de datos explicado más adelante, es ser añadido a la base de datos CARMENCITA de modo que se tenga el máximo de información disponible de las estrellas que finalmente se observarán cuando el instrumento CARMENES entre en funcionamiento.

En los casos en los que para un mismo filtro existía más de un catálogo en el que obtener los datos se ha seguido un criterio de preferencia, el orden de selección para todos los filtros se resume en la Tabla 8, en el caso de que no existieran datos de la Opción 1, se buscan los de la Opción 2 y así sucesivamente, anotando en cada caso la referencia de los datos en la columna correspondiente de CARMENCITA. Tras esto, si aún así no existen datos disponibles se ha representado como “...”.

Tabla 8: Prioridad de selección de los catálogos

Filtro	Opción 1	Opción 2	Opción 3
<i>FUV</i>	<i>GALEX</i>	-	-
<i>NUV</i>	<i>GALEX</i>	-	-
<i>u'</i>	SDSS	-	-
<i>B_T</i>	Tycho-2	-	-
<i>B</i>	UCAC4	-	-
<i>g'</i>	SDSS	-	-
<i>V_T</i>	Tycho-2	-	-
<i>V</i>	UCAC4	-	-
<i>r'</i>	UCAC4	CMC14	SDSS
<i>i'</i>	UCAC4	SDSS	-
<i>W1</i>	<i>WISE</i>	-	-
<i>W2</i>	<i>WISE</i>	-	-
<i>W3</i>	<i>WISE</i>	-	-
<i>W4</i>	<i>WISE</i>	-	-

Como en el caso de la anterior recopilación de datos fotométricos, Abellán (2013), no se tuvo en cuenta los filtros *FUV* y *NUV* de *GALEX* se han recogido dichos datos para realizar una mejor estadística con dichos filtros. Para ello solo se ha modificado la tabla de coordenadas, introduciendo ascensión recta y declinación de las estrellas que ya disponían previamente de información fotométrica, y se ha seguido el mismo procedimiento descrito arriba pero solo tomando los datos en estos dos filtros en caso de existir, y tomando “...” en caso de ausencia de datos, para un total de 219 estrellas.

2.4. Distribuciones espectrales de energía

Recopilar la fotometría de tantas estrellas M nos permite realizar un estudio comparativo entre ellas, estudiándolas una a una y obteniendo su distribución espectral de energía (SED), la emisión fotométrica de cada estrella en las diferentes bandas del espectro electromagnético.

Cargando toda la tabla en un fichero ASCII se escribió un programa en Python que obtenía la SED de cualquiera de las estrellas de la tabla usando el siguiente procedimiento:

1. Transforma las magnitudes a flujos con la ecuación:

$$m_\lambda = -2,5 \log \left(\frac{F_\lambda}{F_\lambda^0} \right) \implies F_\lambda = F_\lambda^0 \cdot 10^{-m_\lambda/2,5} \quad (2.1)$$

El valor F_λ^0 es el flujo en el punto cero del sistema indicado para cada uno de los filtros en la Tabla 3. Se obtiene así el flujo neto en cada uno de los filtros, los errores en los flujos se han calculado simplemente a partir de propagación de errores.

2. El flujo en cada filtro se multiplica por la longitud de onda efectiva correspondiente, al hacer esto debemos recordar que:

$$\nu F_\nu = \lambda F_\lambda \quad (2.2)$$

Lo que equivale a trabajar indistintamente con frecuencias que con longitudes de onda.

3. Finalmente se representa λF_λ frente a la longitud de onda λ en escala logarítmica y en unidades del Sistema Internacional (Wm^{-2} frente a m).

Con ayuda de estas representaciones y la utilización de unos prototipos espectrales, obtenidos de Abellán (2013) y que se explican más adelante, se ha podido hacer una limpieza individualizada de puntos que eran claramente erróneos en la SED, ejemplo en Fig. 4.

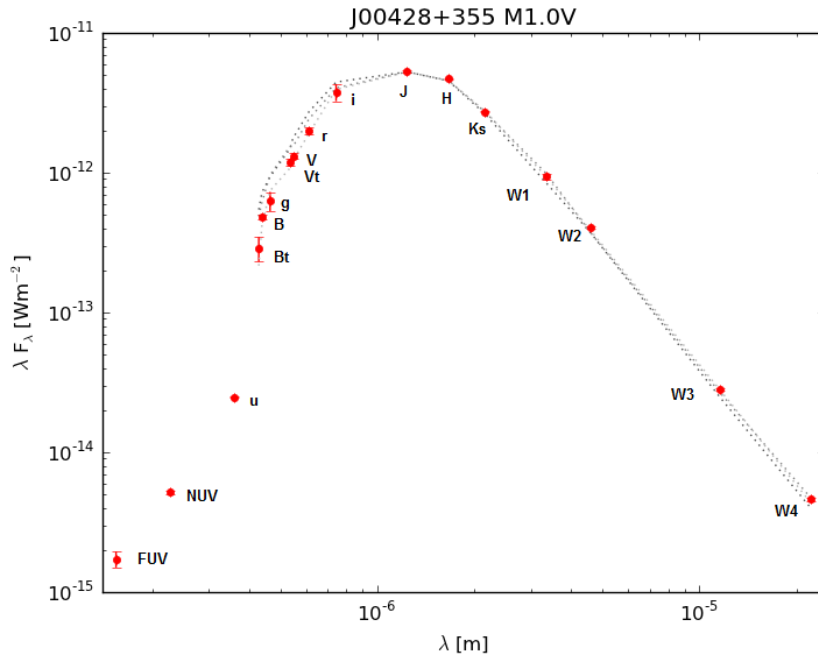


Figura 4: Ejemplo de SED para la estrella FF And (J00428+355), M1.0V. Las tres líneas punteadas representan la SED de la estrella estándar para el tipo espectral de FF And y las de las dos estrellas estándar con ± 0.5 de subtipo espectral respectivamente

2.5. Prototipos espectrales

El hecho de tener estrellas de referencia o “estándar” para cada uno de los subtipos espectrales desde M0.0V hasta M6.5V ha sido fundamental a la hora de realizar la limpieza de puntos erróneos la SED de cada una de las estrellas. Estas estrellas prototipo ya se habían obtenido a partir de técnicas de espectroscopía, pero el hecho de tener fotometría en diferentes bandas permitió en el trabajo de Abellán (2013) obtener una serie de estrellas prototipo únicamente a partir de datos fotométricos. Esta serie es la que hemos utilizado en este trabajo y sus datos están descritos en la Tabla 9. Hemos usado como referencia para las estrellas el nombre Karmn, dado en CARMENCITA en función de la ascensión recta y la declinación de cada estrella.

Tabla 9: Prototipos espectrales

Karmn	Nombre 1	<i>J</i> [mag]	T.esp.	Ref
J12123+544S	BD+55 1519 A	6.875	M0.0V	PMSU
J18353+457	BD+45 2743	6.881	M0.5V	Klu12
J02565+554W	Ross 364	7.425	M1.0V	PMSU
J00136+806	G 242-048	7.756	M1.5V	Klu12
J22115+184	Ross 271	6.725	M2.0V	PMSU
J21019-063	Wolf 906	7.563	M2.5V	Klu12
J09011+019	Ross 625	7.932	M3.0V	PMSU
J09423+559	GJ 363	8.374	M3.5V	PMSU
J15191-127	LP 742-061	8.507	M4.0V	PMSU
J13005+056	FN Vir	8.553	M4.5V	PMSU
J20260+585	Wolf 1069	9.029	M5.0V	PMSU
J00067-075	GJ 1002	8.323	M5.5V	PMSU
J02142-039	LP 649-072	10.481	M6.0V	Klu12
J10564+070	CN Leo	7.085	M6.5V	Klu12

PMSU: Hawley et al. (1996) ; **Klu12:** Klutsch et al. (2012).

El procedimiento para la selección de estrellas estándar y elaboración de las SEDs prototipos esta incluido en el

trabajo Abellán (2013), y básicamente se resume en seleccionar aquellas con más datos fotométricos⁹, normalizar con respecto al valor $J=10$ y buscar un ordenamiento tal que las SEDs de los diferentes subtipos no se crucen, salvo alguna excepción particular. A la hora del cálculo de la SED de cada subtipo espectral no hemos querido tener en cuenta los valores FUV y NUV , ahora disponibles, debido a la dispersión propia de los valores en estos filtros.

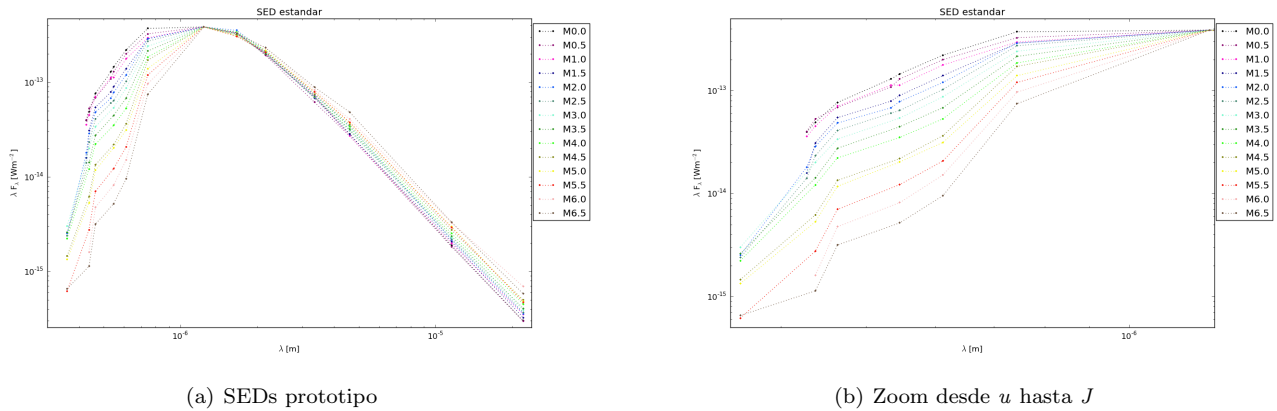


Figura 5: SEDs de todos los prototipos espectrales diferenciados por color

El hecho de contar con referencias en cada subtipo espectral con una determinación de ± 0.5 ha permitido reconsiderar el subtipo espectral de algunas de las estrellas incluidas en CARMENCITA de las catalogadas como alfas. Por último hay que indicar que la estrella prototipo para el tipo espectral M6.0V no se trata de una estrella de la muestra de alfas y se incluyó expresamente para poder contar con una estrella con los requisitos necesarios en este subtipo espectral.

Cabe destacar que de manera paralela dentro del proyecto CARMENES se han buscado prototipos espectrales a partir de espectroscopía (ver Klutsch et al. 2012 ; Alonso-Floriano et al. 2013; 2014) y existe coincidencia con los resultados obtenidos en esa búsqueda para cuatro de nuestras estrellas prototipo (M0.5V, M1.5V, M2.5V y M6.0V).

2.6. Diagramas color vs tipo espectral

La gran cantidad de fotometría recopilada ha permitida calcular numerosos índices de color con los que construir diagramas. Comparando dichos índices con el subtipo espectral hemos podido construir la Tabla 10 que incluye 11 índices de color diferentes para los subtipos espectrales desde M0.0V hasta M6.5V.

La importancia de esta tabla radica en la posibilidad de una rápida identificación del subtipo espectral de una estrella M simplemente a partir de datos fotométricos. La tabla da información sobre la emisión de cada tipo espectral en las diferentes bandas fotométricas y es uno de los resultados más importantes de este trabajo.

La Fig. 6 representa el índice de color $r' - J$ frente al tipo espectral:

⁹La tabla con todos los valores esta incluida en el Anexo correspondiente 14

Tabla 10: Valores medios de los índices de color

T.esp.	<i>FUV</i> – <i>NUV</i>	<i>NUV</i> – <i>u'</i>	<i>u'</i> – <i>g'</i>	<i>g'</i> – <i>r'</i>	<i>r'</i> – <i>i'</i>	<i>i'</i> – <i>J</i>	<i>J</i> – <i>H</i>	<i>H</i> – <i>K_s</i>	<i>K_s</i> – <i>W1</i>	<i>W1</i> – <i>W2</i>	<i>W2</i> – <i>W3</i>	<i>W3</i> – <i>W4</i>
	[mag]	[mag]	[mag]	[mag]	[mag]	[mag]	[mag]	[mag]	[mag]	[mag]	[mag]	[mag]
M0.0V	3.19	2.89	...	1.38	0.92	1.63	0.65	0.18	0.11	0.14	-0.10	0.07
	±0.24	±0.09	...	±0.10	±0.16	±0.10	±0.04	±0.03	±0.05	±0.10	±0.07	±0.04
M0.5V	2.88	3.02	4.40	1.37	0.92	1.63	0.62	0.23	0.09	0.16	-0.08	0.07
	±0.30	±0.49	±1.20	±0.21	±0.14	±0.14	±0.05	±0.03	±0.02	±0.06	±0.08	±0.07
M1.0V	2.58	3.48	4.14	1.31	0.93	1.72	0.61	0.22	0.11	0.13	-0.02	0.10
	±0.55	±0.77	±0.51	±0.09	±0.10	±0.08	±0.04	±0.02	±0.05	±0.09	±0.07	±0.06
M1.5V	2.54	3.87	4.21	1.34	1.03	1.80	0.60	0.24	0.11	0.17	-0.03	0.10
	±0.46	±1.31	±0.59	±0.12	±0.07	±0.10	±0.06	±0.04	±0.04	±0.13	±0.10	±0.03
M2.0V	2.18	4.35	3.60	1.33	1.06	1.88	0.59	0.24	0.14	0.15	0.00	0.13
	±0.48	±1.39	±0.38	±0.07	±0.15	±0.14	±0.04	±0.03	±0.03	±0.06	±0.07	±0.05
M2.5V	2.16	5.27	3.32	1.36	1.15	1.89	0.60	0.24	0.15	0.13	0.03	0.11
	±0.28	±0.47	±0.44	±0.12	±0.10	±0.12	±0.03	±0.03	±0.03	±0.08	±0.06	±0.08
M3.0V	1.37	5.38	3.11	1.33	1.28	1.96	0.59	0.26	0.15	0.15	0.05	0.12
	±0.61	±0.94	±0.20	±0.06	±0.07	±0.10	±0.04	±0.03	±0.03	±0.08	±0.07	±0.05
M3.5V	1.32	4.92	3.13	1.32	1.39	2.10	0.56	0.27	0.16	0.20	0.05	0.11
	±0.29	±1.45	±0.38	±0.05	±0.14	±0.11	±0.05	±0.03	±0.03	±0.13	±0.11	±0.07
M4.0V	1.51	4.18	2.79	1.33	1.51	2.19	0.57	0.27	0.17	0.17	0.09	0.13
	±0.33	±1.53	±0.29	±0.08	±0.09	±0.09	±0.04	±0.03	±0.03	±0.05	±0.04	±0.10
M4.5V	1.09	2.34	2.55	1.42	1.72	2.33	0.56	0.29	0.21	0.20	0.10	0.14
	±0.34	±0.98	±0.15	±0.08	±0.12	±0.11	±0.05	±0.03	±0.04	±0.06	±0.07	±0.06
M5.0V	0.97	3.54	2.42	1.43	1.90	2.57	0.59	0.32	0.22	0.19	0.14	0.12
	±0.31	±1.33	±0.26	±0.15	±0.15	±0.11	±0.04	±0.03	±0.02	±0.03	±0.04	±0.11
M5.5V	1.17	2.16	2.29	1.45	2.08	2.67	0.60	0.32	0.23	0.18	0.17	0.19
	...	...	±0.88	±0.04	±0.07	±0.05	±0.05	±0.02	±0.02	±0.02	±0.03	±0.11
M6.0V	...	2.97	1.98	1.50	2.44	2.23	0.60	0.40	0.28	0.32	0.00	0.17

M6.5V	...	...	...	...	...	3.25	0.60	0.36	0.22	0.21	0.21	0.09
	...	...	...	...	...	...	±0.01	±0.03	±0.01	±0.00	±0.02	±0.22

T.esp.	<i>r'</i> – <i>J</i>	<i>r'</i> – <i>K_s</i>	<i>W1</i> – <i>W3</i>	<i>W2</i> – <i>W4</i>
	[mag]	[mag]	[mag]	[mag]
M0.0V	2.49	3.32	0.04	-0.03
	±0.25	±0.26	±0.05	±0.09
M0.5V	2.48	3.32	0.09	0.02
	±0.09	±0.11	±0.04	±0.08
M1.0V	2.63	3.47	0.12	0.08
	±0.12	±0.13	±0.05	±0.08
M1.5V	2.79	3.62	0.14	0.06
	±0.11	±0.12	±0.06	±0.11
M2.0V	2.93	3.77	0.16	0.13
	±0.09	±0.10	±0.04	±0.10
M2.5V	3.05	3.90	0.16	0.15
	±0.14	±0.13	±0.03	±0.10
M3.0V	3.25	4.10	0.20	0.17
	±0.10	±0.11	±0.03	±0.08
M3.5V	3.49	4.33	0.24	0.16
	±0.12	±0.12	±0.04	±0.13
M4.0V	3.71	4.56	0.27	0.22
	±0.13	±0.16	±0.04	±0.11
M4.5V	4.04	4.90	0.30	0.24
	±0.18	±0.20	±0.04	±0.09
M5.0V	4.47	5.38	0.33	0.26
	±0.21	±0.24	±0.03	±0.11
M5.5V	4.90	5.82	0.36	0.37
	±0.28	±0.27	±0.03	±0.13

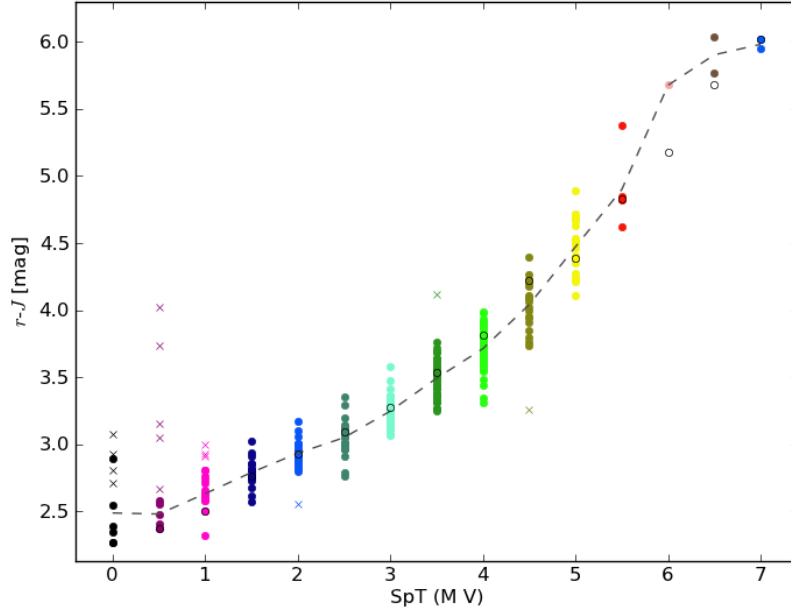


Figura 6: Diagrama $r' - J$ vs T.esp: Relación entre el color generado por los filtro r' de Sloan y J de 2MASS y el tipo espectral. Los datos que han sido eliminados en la limpieza se marcan con \times , a cada tipo espectral se le ha asignado un color. La línea discontinua une el valor medio para cada tipo espectral

Cada subtipo espectral viene pintado en el mismo color que en la Fig. 5, la línea discontinua representa los valores medios de los índices de color (Tabla 10), y las circunferencias negras marcan la posición de la estrella prototipo en cada tipo espectral. Las cruces representan las estrellas para los que alguno de los datos ha sido rechazado en el proceso de limpieza.

Algunos ejemplos de diagramas de color vs tipo espectral con al menos una banda óptica se incluyen en la Fig. 20 y aquellos con alguna banda en el infrarrojo se incluyen en la Fig. 21.

Por último incluimos aquellos diagramas con al menos un filtro perteneciente a *GALEX*, Fig. 22.

Todos estos diagramas están ya sometidos a un proceso de limpieza previa, cuyos pasos están explicados más adelante, ver sección 2.8, y con ayuda de la línea gris discontinua, que representa el valor medio en cada subtipo espectral, han permitido continuar con dicho proceso de limpieza.

2.7. Diagramas color vs color

Otro método de estudio de los índices de color para las estrellas M son los diagramas color-color con los que hemos proseguido con el proceso de limpieza de los datos fotométricos recopilados previamente. A su vez también se ha llevado a cabo una comparación con los resultados del trabajo de Bochanski et al. (2007) y Davenport et al. (2014).

En la Fig. 7 se representan el índice de color $u' - g'$ frente al $g' - r'$ comparando los valores obtenidos en nuestro trabajo y los valores medios de los índices de color obtenidos por Bochanski et al. (2007) y Davenport et al. (2014).

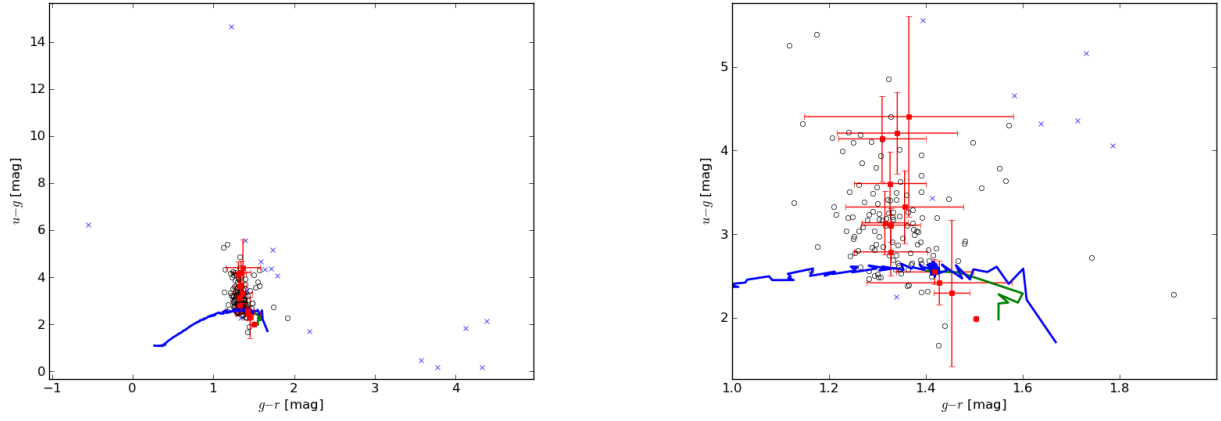


Figura 7: Diagrama $u' - g'$ vs. $g' - r'$. Todos los puntos (izq.) y un zoom sobre la zona de mayor concentración de datos (der.). Los círculos son los datos que tras la limpieza se han considerado correctos, las cruces son los datos que desaparecen tras la limpieza. La línea verde es el trabajo de Bochanski et al. (2007) para los valores medios de estos colores, la línea azul el trabajo de Davenport et al. (2014) para los valores medios de estos colores, y en rojo aparecen los calculados en este trabajo con barras de error de una desviación estándar.

LEYENDA

- **“Este trabajo”** (■): Los cuadrados rojos son los valores medios de los índices de color representados en la Tabla 10 obtenidos en este trabajo, con unas barras de error de una desviación típica.
- **“Bochanski et al. (2007)”** (—): La línea verde une los valores de los índices de color obtenido por Bochanski et al. (2007) para los tipos espectrales desde M0.0V a M7.0V.
- **“Davenport et al. (2014)”** (—): La línea azul une los valores de los índices de color obtenido por Davenport et al. (2014), agrupando los datos en dependencia al valor de su color $g' - i'$.
- **“Clase 1”** (○): Valores correctos.
- **“Clase 2”** (×): Valores considerados como erróneos, desechados tras la limpieza.

Los datos fotométricos correspondientes a los símbolos (×) se han eliminado del archivo que pasará a formar parte de CARMENCITA, de esta manera nos aseguramos de que toda la fotometría recopilada sea correcta.

Los resultados obtenidos por este contrastan de manera significativa con los obtenidos por Bochanski, y sobre todo para los valores obtenidos en Davenport. Esto puede deberse a que tanto Bochanski como nuestro trabajo se centra únicamente en el estudio de las estrellas M mientras que para el trabajo de Davenport la región que estamos estudiando se trata de una región pequeña dentro de su área de estudio, donde además los datos presentan una dispersión importante, y contando con que el filtro u no es el más adecuado para caracterizar estrellas M. Al comparar nuestros valores medios con los de Bochanski vemos que la diferencia se hace cada vez más apreciable al considerar tipos espectrales cada vez más tempranos. Para M5.0V el resultado del valor medio de $u' - g'$ para Bochanski es 2.18 magnitudes y para nosotros es 2.42 magnitudes (11% de diferencia) mientras que para M2.0V su resultado es 2.29 magnitudes y para nosotros es 3.60 magnitudes (57% de diferencia).

En el diagrama que representa $g' - r'$ frente a $r' - i'$, Fig. 8, podemos apreciar diferencias notables, sobre todo para tipos espectrales tempranos e intermedios.

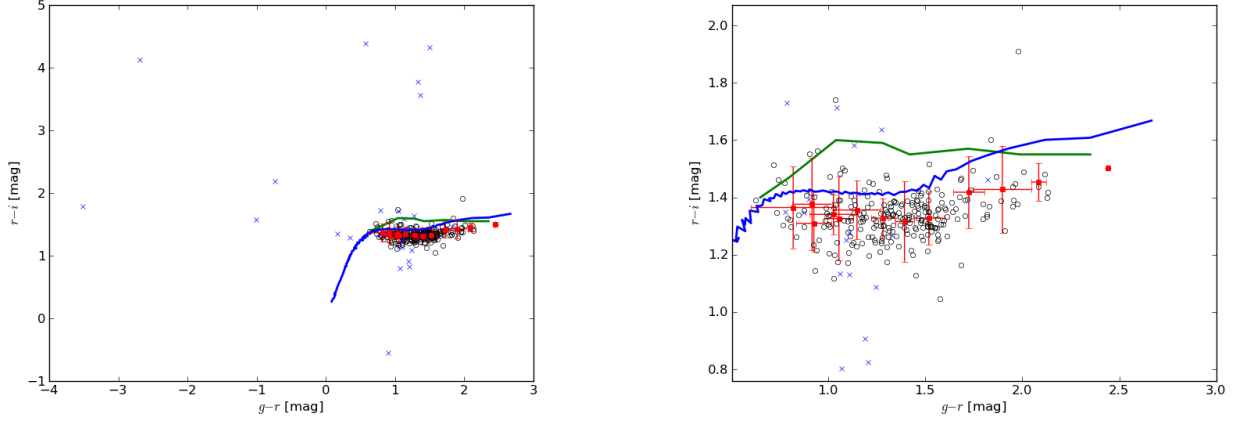


Figura 8: Diagrama $g' - r'$ vs. $r' - i'$. Todos los puntos (izq.) y un zoom sobre la zona de mayor concentración de datos (der.). Igual que Fig. 7

En este caso comprobamos que nuestros resultados “rebajan” los de Bochanski, sobre todo para tipos espectrales tempranos e intermedios, y son los datos de Davenport los que se asemejan más a los valores medios obtenidos para nuestra muestra. Para tipos espectrales más tardíos, la parte derecha en el diagrama, parece que los valores de Bochanski y nuestro trabajo van a confluir, aunque es el trabajo de Davenport el que muestra una tendencia similar a la que desarrollan nuestros datos.

Aunque siempre podemos mejorar nuestra estadística aumentando el número de datos, sobre todo en subtipos espectrales tempranos y tardíos, en nuestros caso contamos con suficientes estrellas de subtipos espectrales intermedios para suponer que nuestros resultados son correctos.

También se han construido diagramas para índices de color que no fueron calculados en el trabajo de Bochanski, aunque si que fueron calculados en el trabajo de Davenport. Incluimos algunos en la Fig. 23, incluida en los apéndices, y de nuevo la línea roja representa los valores medios de índices de color calculados en este trabajo y la azul la del trabajo de Davenport.

Para las tres primeras paneles de la Fig. 23 el ajuste entre los dos grupos de datos es compatible, sobre todo en el caso de el segundo panel, teniendo en cuenta la ausencia de datos en la muestra de Davenport para este tipo de estrellas frías. Donde se hace uso del filtro $W3$ de $WISE$, el caso del ultimo panel de al Fig. 23, el ajuste es peor pues la falta de datos en dicho filtro para la muestra de Davenport es crítica.

2.8. Limpieza de los datos

Haciendo uso de las distintas herramientas con las que contábamos o que hemos construido a lo largo del trabajo hemos realizado un limpieza de datos fotométricos exhaustiva e individualizada, que ha permitido asegurar que todos los datos fotométricos que van a formar parte de CARMENCITA no presentan un error incompatible con el flujo de una estrella M.

PROCESO

- **Paso 1:** Generamos la SED de cada estrella a partir de los datos fotométricos, representándola junto a las SEDs de tres estrellas prototipos espectrales, la estrella estándar con su mismo subtipo espectral, la de aquella con 0.5 más, y la de aquella con 0.5 menos. Si el punto es claramente erróneo al alejarse de estos valores se marca como tal para su posterior eliminación del fichero *ASCII*, que pasará a formar parte de CARMENCITA. Se analiza siempre la presencia de alguna posible compañera contaminando su fotometría, saturación, o si se tomó alguna observación a la hora de la recopilación de datos fotométricos.
- **Paso 2:** Habiendo eliminado ya los valores que claramente se desviaban de un valor posible, marcados como X, se han dibujado los diagramas de color vs. tipo espectral, y de nuevo hemos comprobado aquellos puntos que se desviaban de la distribución que seguían la mayoría de ellos. Si en efecto el dato se desviaba claramente, se eliminaba del archivo *ASCII* completo.

- **Paso 3:** La última limpieza se realiza con los diagramas color vs. color siguiendo el mismo procedimiento descrito arriba, y de nuevo eliminando los datos erróneos del fichero *ASCII*.

El resultado final es un archivo *ASCII* de 58 columnas que finalmente será incluido en CARMENCITA. En él se incluye toda la fotometría de 158 estrellas M junto con su error y su referencia, así como la fotometría adicional de *GALEX* de 219 estrellas, ya que el resto de filtros ya estaban recopilados para estas estrellas.

Figura 9: Fichero *ASCII* de CARMENCITA (11 de las 58 columnas)

Karmn	Comp	Name	SpT	RA_J2000	DE_J2000	FUV_mag	eFUV_mag	NUV_mag	eNUV_mag	Ref08
J00051+457	C	GJ 2	M1.0 V	00:05:10.78	+45:47:11.6	...	...	...	...	GALEX
J00056+458	B	HD 38B	M0.0 V	00:05:40.90	+45:48:37.5	...	...	...	...	GALEX
J00077+603	-	G 217-032	M4.0 V	00:07:42.64	+60:22:54.3	...	...	...	...	GALEX
J00428+355	A	FF And	M1.0 V	00:42:48.21	+35:32:55.4	19.032	0.141	17.411	0.027	GALEX
J00570+450	-	G 172-030	M3.0 V	00:57:02.61	+45:05:09.0	...	...	...	...	GALEX
J01221+221	-	G 034-023	M4.5 V	01:22:10.28	+22:09:03.2	20.875	0.214	19.844	0.098	GALEX
J02026+105	A	RX J0202.4+1034	M4.5 V	02:02:28.24	+10:34:53.4	19.429	0.135	18.262	0.036	GALEX
J02070+496	-	G 173-037	M3.5 V	02:07:03.83	+49:38:44.1	21.665	0.435	20.302	0.141	GALEX
J02123+035	-	BD+02 348	M1.5 V	02:12:20.91	+03:34:31.1	...	...	19.736	0.069	GALEX
J02222+478	-	BD+47 612	M0.5 V	02:22:14.63	+47:52:48.1	...	...	...	...	GALEX
J02441+492	B	tet Per B	M1.5 V	02:44:10.25	+49:13:54.1	...	...	...	...	GALEX
J03133+047	-	CD Cet	M5.0 V	03:13:22.99	+04:46:29.4	...	...	21.970	0.388	GALEX
J03181+382	-	HD 275122	M1.5 V	03:18:07.42	+38:15:08.2	...	...	19.153	0.096	GALEX
J03463+262	-	HD 23453	M0.0 V	03:46:20.12	+26:12:56.0	21.392	0.388	18.292	0.051	GALEX
J03473-019	-	G 080-021	M3.5 V	03:47:23.33	-01:58:19.5	...	...	...	...	GALEX
J03480+686	-	BD+68 278B	M1.5 V	03:48:01.74	+68:40:38.9	...	...	...	...	GALEX
J03531+625	-	Ross 567	M3.0 V	03:53:10.42	+62:34:08.2	...	...	...	...	GALEX
J04225+105	-	LSPM J0422+1031	M3.5 V	04:22:31.99	+10:31:18.8	...	...	21.613	0.435	GALEX
J04376-110	-	BD-11 916	M1.5 V	04:37:41.88	-11:02:19.8	...	...	...	...	GALEX
J04429+214	-	2M J04425586+2128230	M3.5 V	04:42:55.86	+21:28:23.0	...	...	...	...	GALEX
J04488+100	-	1RXS J044847.6+100302	M3.0 V	04:48:47.39	+10:03:02.6	...	...	...	...	GALEX
J04588+498	-	BD+49 1280	M0.0 V	04:58:50.58	+49:50:57.3	...	...	18.279	0.045	GALEX
J05019+011	-	1RXS J050156.7+010845	M4.0 V	05:01:56.66	+01:08:42.9	...	...	...	...	GALEX
J05062+046	-	RX J0506.2+0439	M4.0 V	05:06:12.93	+04:39:27.2	...	...	...	...	GALEX
J05365+113	A	V2689 Ori	M0.0 V	05:36:30.99	+11:19:40.2	...	...	...	...	GALEX
J05366+112	B	2M J05363846+1117487	M4.0 V	05:36:38.47	+11:17:48.8	...	...	...	...	GALEX
J05415+534	B	HD 233153	M1.0 V	05:41:30.73	+53:29:23.9	20.605	0.226	18.391	0.024	GALEX
J05532+242	-	Ross 59	M1.5 V	05:53:14.04	+24:15:32.9	...	...	...	...	GALEX
J06371+175	-	HD 260655	M0.5 V	06:37:10.92	+17:33:52.7	...	...	...	...	GALEX
J00449-152	-	NLTT 2465	M4.5 V	00:44:59.31	-15:16:16.7	...	...	...	...	GALEX
J01048-181	-	GJ 1028	M5.0 V	01:04:53.69	-18:07:29.3	...	...	22.538	0.458	GALEX
J01125-169	-	YZ Cet	M4.5 V	01:12:30.53	-16:59:57.0	20.651	0.181	19.671	0.080	GALEX
J02033-212	-	G 272-145	M2.5 V	02:03:20.77	-21:13:42.7	...	...	...	...	GALEX
J03018-165S	B	BD-17 588 B	M3.5 V	03:01:51.43	-16:35:35.7	20.355	0.222	19.200	0.097	GALEX
J04352-161	-	LP 775-031	M7.0 V	04:35:16.13	-16:06:57.5	...	...	21.683	0.497	GALEX
J04538-177	-	GJ 180	M2.0 V	04:53:49.95	-17:46:23.5	...	...	...	...	GALEX
J05033-173	-	LP 779-046	M3.0 V	05:03:20.10	-17:22:24.5	...	...	...	...	GALEX
J05068-215E	A	BD-21 1074 A	M1.5 V	05:06:49.47	-21:35:03.8	...	...	...	...	GALEX
J06105-218	A	HD 42581 A	M0.5 V	06:10:34.62	-21:51:52.2	...	...	...	...	GALEX
J06574+740	-	2M J06572616+7405265	M4.0 V	06:57:26.16	+74:05:26.5	20.954	0.200	19.375	0.054	GALEX

La elaboración de este fichero ha sido el objetivo y la tarea principal de este trabajo.

En la Tabla 11 se representan los datos fotométricos que han sido limpiados mediante el proceso explicado anteriormente. El símbolo “×” denota que datos se han eliminado del fichero *ASCII*, también se incluyen los valores de *WISE* considerados como erróneos.

Karmn	Nombre	u'	B	B_T	g'	V	V_T	r'	i'	WISE
J00162+198W	EZ Psc						×			
J01125-169	YZ Cet						×			
J02026+105	RX J0202.4+1034	×			×	×		×	×	
J02033-212	G 272-145						×			
J02222+478	BD+47 612				×			×	×	
J02441+492	tet Per B									W1
J03018-165S	BD-17 588 B			×	×					
J03473-019	G 080-021						×			
J03480+686	BD+68 278B			×			×			
J04429+214	2M J04425586+2128230								×	
J04524-168	LP 776-025			×					×	
J05033-173	LP 779-046						×			
J05068-215E	BD-21 1074 A	×	×			×	×	×		W1, W2, W3, W4
J05365+113	V2689 Ori					×		×	×	
J05532+242	Ross 59								×	
J06105-218	HD 42581 A				×	×		×	×	W2
J06371+175	HD 260655					×		×		
J07349+147	TYC 777-141-1						×			
J07386-212	LP 763-001						×			

Karmn	Nombre	u'	B	B_T	g'	V	V_T	r'	i'	WISE
J07393+021	BD+02 1729						×			
J08468+760	BD+76 3952						×			
J09231+223E	BD+22 2086		×	×	×	×	×	×		W_4
J09511-123	BD-11 2741					×		×		
J09561+627	BD+63 869				×	×		×		
J10023+480	BD+48 1829	×					×			
J11110+304	BD+31 2240B			×			×			
J10122-037	AN Sex					×				
J11026+219	DS Leo				×	×	×	×	×	
J11151+734	BD+74 456C		×				×			
J11467-140	GJ 443						×			
J12111-199	LTT 4562						×			
J12576+352W	BD+36 2322B				×				×	
J13168+170	HD 115404B		×		×	×		×	×	W_2
J13195+351E	BD+35 2436B				×		×		×	
J13458-179	LP 798-034						×			
J14010-026	HD 122303				×					
J14173+454	RX J1417.3+4525	×								
J14257+236W	BD+24 2733A				×				×	
J14257+236E	BD+24 2733B				×				×	
J15598-082	BD-07 4156							×		
J16581+257	BD+25 3173		×		×	×			×	
J17303+055	BD+05 3409					×	×	×	×	
J17378+185	BD+18 3421							×		
J18051-030	HD 165222									W_2
J18075-159	GJ 1224									W_4
J18180+387E	G 204-058									W_1
J18580+059	BD+05 3993					×		×	×	
J19098+176	GJ 1232									W_1, W_2, W_4
J19216+208	GJ 1235									W_4
J20450+444	BD+44 3567			×						
J20525-169	LP 816-060				×					
J20556-140N	GJ 810 A				×					
J21521+056	StKM 1-1950						×			
J22021+014	BD+00 4810		×		×	×				
J22532-142	IL Aqr									W_2
J22559+178	StKM 1-2065						×			
J23113+075	NLTT 56083				×					
J23245+578	BD+57 2735					×		×		
J23302-203	GJ 1284						×			

En muchos casos los valores de B_T y V_T no eran compatibles con una SED con una continuidad suave y, aunque el valor no se alejara demasiado de los valores de la estrella estándar, se han eliminado en favor de los valores de los filtros B y V medidos en UCAC4.

2.8.1. Casos Particulares

Además de las estrellas incluidas en la Tabla 11 se describen ahora algunos casos particulares en la limpieza:

- **J00056+458 (HD 38B)**: Eliminado H
- **J04153-076 (omi02 Eri C)** : Eliminado NUV , el área es más grande de lo normal.

- **J12248-182 (Ross 695)** : Eliminados B , B_T y H
- **J02002+130 (TZ Ari)**: Estrella con fotometría recopilada por Abellán. Eliminados g' , r' y V .
- **J04311+589 (Stein 2051A)**: Estrella con fotometría recopilada por Abellán. Eliminado g' .
- **J15496+348 (LP 274-008)**: Estrella con fotometría recopilada por Abellán. Eliminado i' .
- **J23505-095 (LP 763-012)**: Estrella con fotometría recopilada por Abellán. Eliminados g' e i' .
- **J00183+440 (GX And)**: Estrella con fotometría recopilada por Abellán, hemos tenido que eliminar todos los datos, 2MASS aparecía con indicadores de mala calidad (DCE).
- **J05314-036 (HD 36395)**: Estrella con fotometría recopilada por Abellán, hemos tenido que eliminar todos los datos, 2MASS aparecía con indicadores de mala calidad (DCD).
- **J11033+359 (HD 95735)**: Estrella con fotometría recopilada por Abellán, hemos tenido que eliminar todos los datos, 2MASS aparecía con indicadores de mala calidad (DCD).
- **J12576+352E (BF CVn)**: Estrella con fotometría recopilada por Abellán, hemos tenido que cambiar sus datos porque eran los de la compañera.

Mediante la comparación de la SED de cada estrella con las SEDs prototipos se ha podido comprobar si el subtipo espectral incluido en CARMENCITA se ajustaba correctamente, y en la Tabla 12 listamos las estrellas en las que el ajuste indica que el subtipo espectral correcto podría ser diferente:

Tabla 12: Posibles cambios de tipos espectrales

Karmn	Nombre	T. esp.(CARMENCITA)	T. esp.(Fotométrico)
J16120+033	TYC 371-1053-1	3.5	2.5

Como podemos comprobar en la Fig. 10 el tipo espectral que aparecía en CARMENCITA indicaba que la mayor parte de los datos fotométricos recopilados no coincidía para la Distribución Espectral estándar de una estrella de su tipo espectral (3.5), pero al representar los datos frente a la SED estándar de una estrella con un tipo espectral menor (2.5) los datos se ajustan perfectamente.

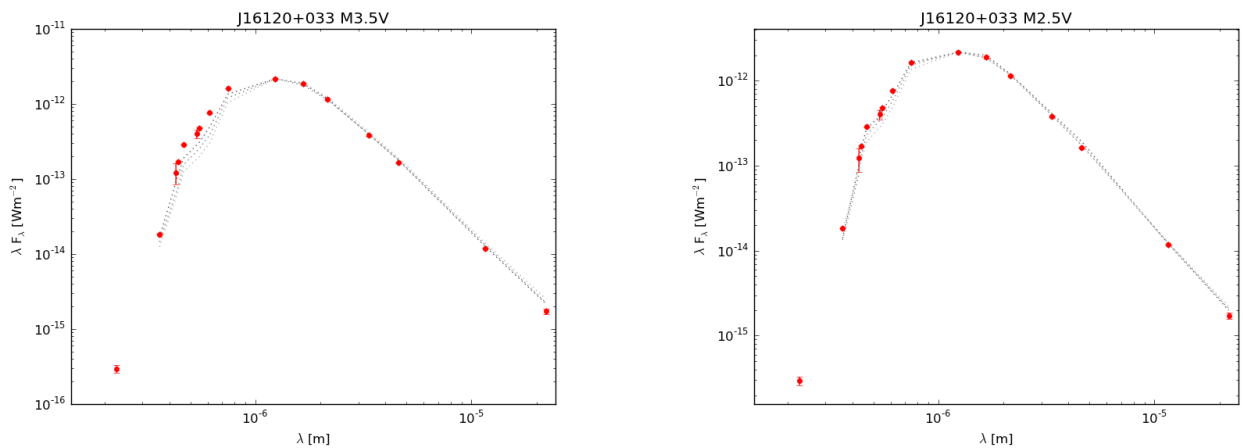


Figura 10: Comparación de la SED para la estrella con cambio de tipo espectral, izquierda: SED de la estrella con respecto al prototipo con el tipo espectral incluido en CARMENCITA, derecha: SED de la estrella con respecto al prototipo con el tipo espectral obtenido en este trabajo

3. Resultados

3.1. Análisis de la limpieza de datos

El tratamiento individualizado de cada estrella estudiando su SED, así como el estudio global en los diagramas de color-tipo espectral y color-color ha permitido construir un histograma que resume la calidad de la fotometría recopilada, Fig. 11 para estrellas en este trabajo¹⁰. Indicando el número de datos recopilados para cada filtro y el número que finalmente se ha limpiado podemos ver a simple vista cuales de los filtros nos están proporcionando más datos y de mejor calidad.

Podemos también estudiar los datos recopilados en cada filtro para la muestra total de alphas en CARMENCITA, Fig. 12. Comprobamos que la fotometría 2MASS, en la que se basa la caracterización de la muestra de idóneas o de reemplazo, se ha recopilado y mantenido para casi la totalidad de la muestra. Además contamos con un gran número de datos en el filtro r' de Sloan, que más adelante se necesitará a la hora de calcular el tiempo de exposición en el software de cálculo correspondiente, o como uno de los filtros necesarios a la hora de calcular los índices de color para asignar tipos espectrales.

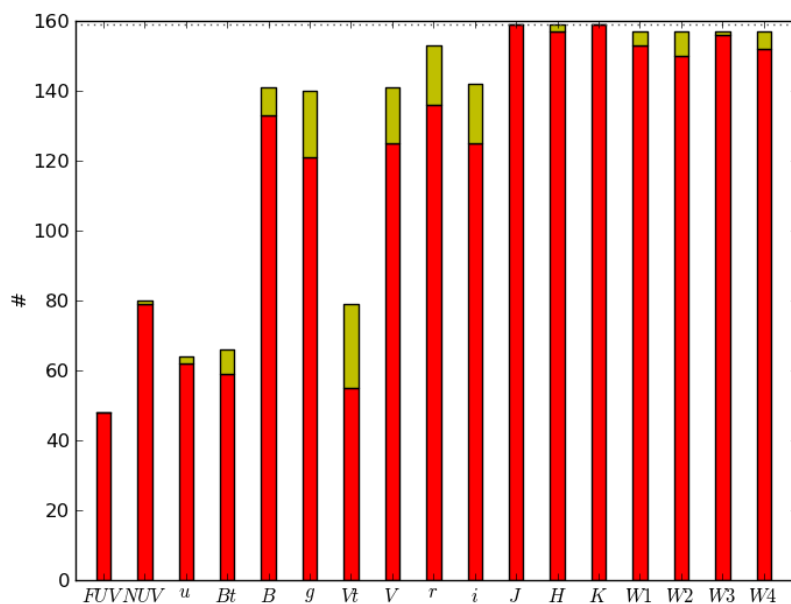


Figura 11: Histograma con el número de datos recopilados en cada filtro para estrellas en las que toda la fotometría ha sido recopilada en este trabajo (158): en rojo los datos que finalmente han permanecido tras la limpieza, y en amarillo los eliminados.

¹⁰Sin contar los datos de *GALEX* recopilados para las estrellas de la muestra de Abellán (2013)

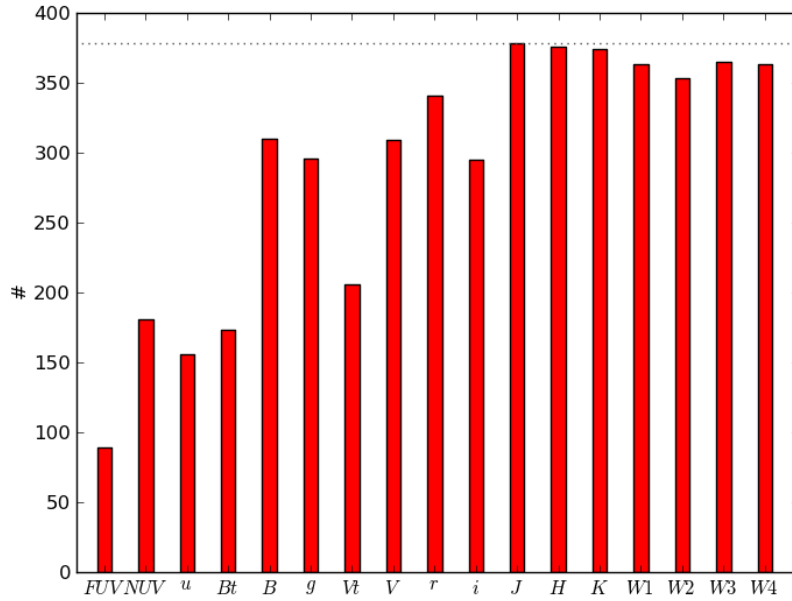


Figura 12: Histograma con el número de datos recopilados en cada filtro para estrellas en CARMENCITA (368 alphas + 9 antiguas alphas).

3.1.1. Importancia filtro r' de Sloan

Además de ser uno de los filtros en los que más información se posee, se ha buscado hasta en tres catálogos en busca de su valor (UCAC4, CMC14 y SDSS DR9), destacamos su importancia ya que:

- Necesitaremos su valor para los ETC *exposure time calculators*.
- El guiado de la estrella se realiza en este filtro.
- La eficiencia del CCD es máxima para este filtro.
- Es importante en la parte óptica del espectrógrafo CARMENES.
- Su calidad fotométrica es alta, Fig. 13.

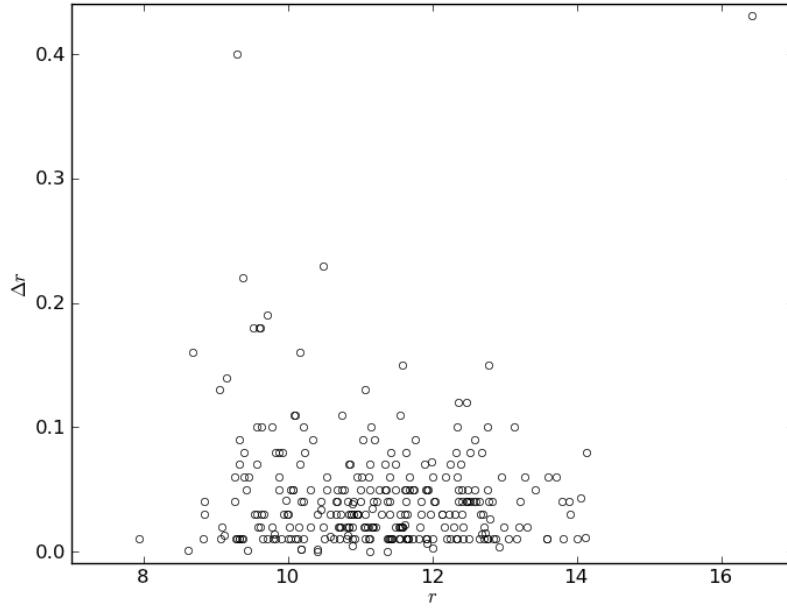


Figura 13: Diagrama magnitud en r' de Sloan frente error en dicha magnitud para los datos fotométricos incluidos en CARMENCITA. Da cuenta de la calidad fotométrica en dicho filtro.

3.1.2. Recopilación de datos de Tycho: B_T y V_T

Pese a tener la fotometría recopilada de los filtros B_T y V_T del catálogo de Tycho finalmente no hemos usado los datos recopilados porque como podemos observar en la Fig. 14 existe una cierta diferencia respecto al valor en el filtro V de Johnson, que además depende del tipo espectral. Por último además se ha tenido en cuenta que no existen datos para estrellas más tardías a M4.5.

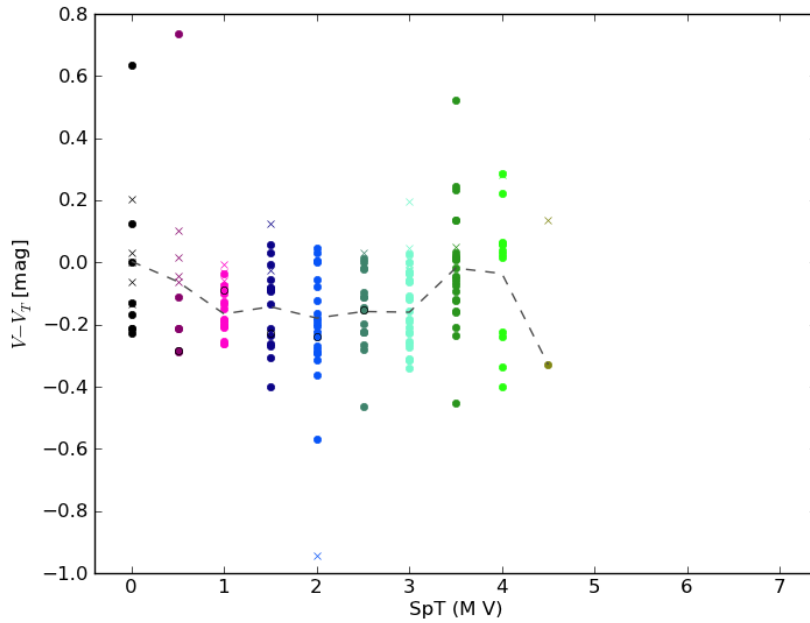


Figura 14: Diagrama color-tipo espectral presentando la discrepancia de valores entre los filtros V y V_T , con dependencia además del tipo espectral.

3.2. Índices de color como indicadores espectrales

Trabajos previos ya hacían uso de filtros de 2MASS y *WISE* para aproximar un tipo espectral a partir de datos fotométricos (Kirkpatrick et al. 2008), y, aunque encontramos que los valores que proporciona nuestra muestra es compatible con el rango de valores asignados a estrellas de tipo M, especialmente para los tipos espectrales más tempranos (M1-M4), que en la distribución de estrellas de tipo M representan la mayoría alrededor del Sol, no es posible asignar un buen subtipo espectral muy preciso solo usando un índice de color, es necesario usar varios índices en el óptico y el IR para asegurar una mejor determinación del subtipo espectral. Fig. 15

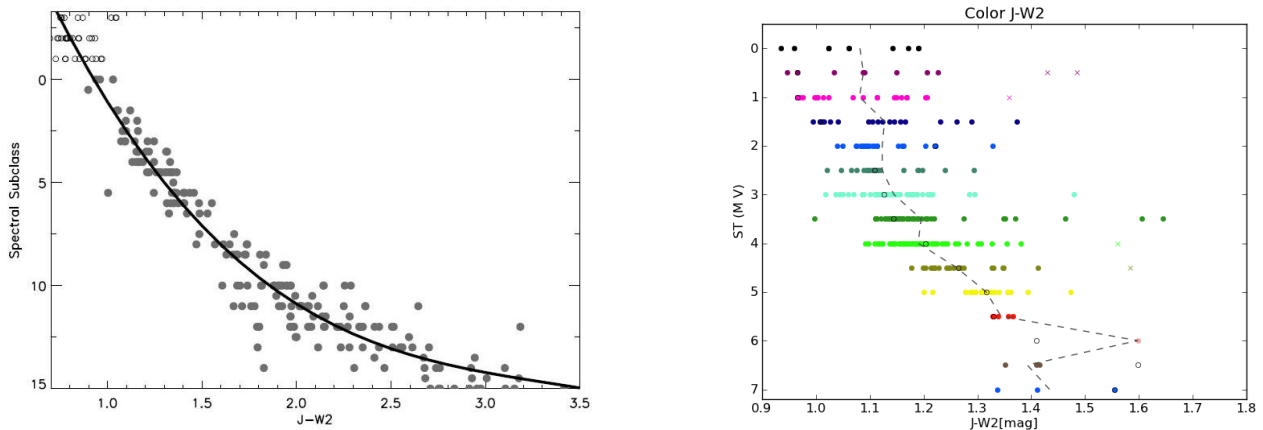


Figura 15: Izquierda: Relación color-tipo espectral usando fotometría 2MASS-*WISE* que aparece en Kirkpatrick et al. (2011), la línea sólida representa el valor medio de los datos en estrellas M, L y T (puntos grises) ($0=M0, 10=L0$), y los círculos representan estrellas K de Stauffer et al. (2010); Derecha: Valores obtenidos asumiendo el T.esp dado en CARMENCITA. El rango de valores obtenido es compatible en ambos trabajos, pero demasiado variable para poder establecer el subtipo espectral con precisión.

Necesitamos filtros con menos dispersión dentro de los subtipos espectrales M, y que además sepamos que es fácil contar con fotometría de calidad. Analizando los diferentes diagramas de color frente al tipo espectral incluido en CARMENCITA, y la calidad fotométrica gracias a los histogramas encontramos que los filtros que pueden ser más convenientes a la hora de asignar subtipos espectrales son $r' - J$ y $r' - Ks$, Fig 16

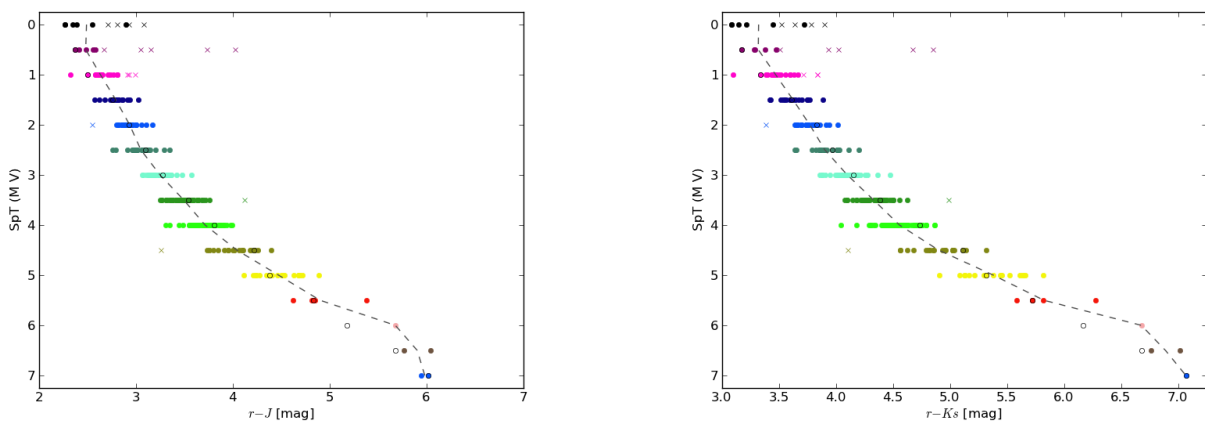


Figura 16: Diagramas color-tipo espectral de los que podemos obtener un subtipo espectral aproximado en caso de no disponer la información para una estrella.

3.3. Búsqueda de Estrellas Activas a partir de Excesos Ultravioleta con *GALEX*

3.3.1. Diagramas color-tipo espectral

Las estrellas M presentan una relación entre la edad y la actividad cromosférica muy acusada. Las estrellas jóvenes, con periodos de rotación cortos, rotan a gran velocidad generando efectos dinamos muy fuertes, estos grandes campos magnéticos dan lugar a un elevado nivel de actividad cromosféricas y coronales, lo que se traduce en excesos de emisión ultravioleta y rayos-X respectivamente (Linsky et al. 2001, Preibisch et al. 2005, Stelzer et al. 2013).

Al estudiar el ratio entre los filtros *FUV* y *NUV*, indicadores de UV, y filtros ópticos e infrarrojos podremos estudiar estos excesos y tratarlos como indicadores de actividad estelar. Para nuestro estudio las estrellas activas representan un inconveniente puesto que las medidas de Velocidad Radial que se realizarán con CARMENES sobre las estrellas pueden ser contaminadas o confundidas por ciertos efectos que produce la actividad cromosférica en este tipo de estrellas (Rodríguez et al. 2011, Rodríguez et al. 2013), de forma que sería conveniente encontrar y marcar o eliminar dichas estrellas de la muestra de estrellas idóneas.

Con nuestros datos podemos estudiar estos excesos con los diagramas color-color o color-tipo Espectral, eligiendo que uno de los colores dependa al menos de uno de los filtros *GALEX*, y el otro color este formado por filtros en el visible o el infrarrojo, representativos del continuo de emisión de la estrella, de manera que valores bajos representen excesos UV frente al flujo en el visible y el IR.

En la Fig. 17 hemos representado nuestro indicador de actividad, $NUV - V$, frente al tipo espectral, y no frente a un color representativo del tipo espectral porque como ya hemos comentado el rango de valores para estrellas M no es capaz de separar entre subtipos espectrales con la precisión necesaria usando un solo índice de color. Hemos considerado que las estrellas posiblemente activas, de tipos tempranos, son aquellas que se encuentran con un exceso de emisión el ultravioleta, y se han marcado en la figura, además se incluyen también en la Tabla 13, incluyendo el valor de H_{α} proporcionado por CARMENCITA, recopilados en Hidalgo (2014). Cabe destacar que nuestras estrellas consideradas activas, salvo HD 79211 y LP 787-52, se cuentan entre las que tienen valores más altos de H_{α} , y para el resto de estrellas con valores altos de H_{α} no se disponía de información en alguno de los dos filtros necesarios, usualmente *NUV* de *GALEX*.

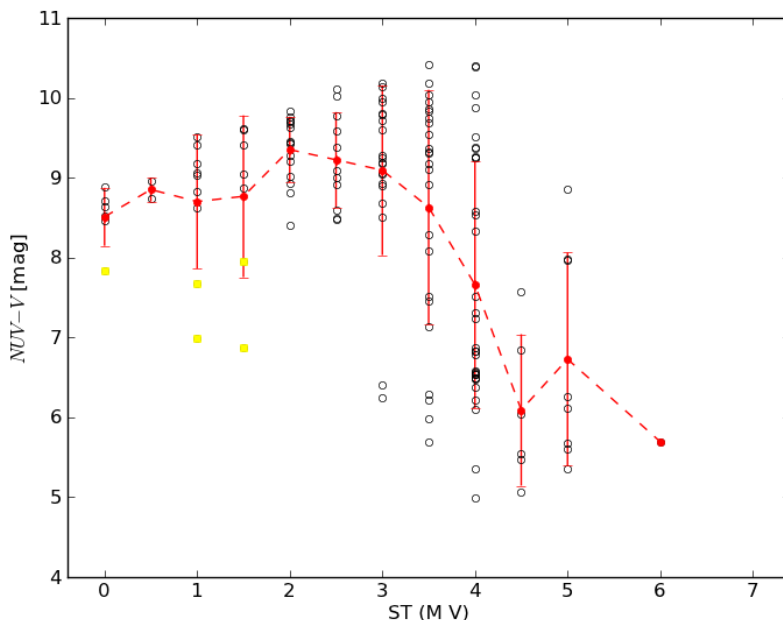


Figura 17: Diagrama color-tipo espectral: El color se forma al restar el filtro *NUV* de *GALEX* y el filtro *V* de Johnson, de manera que el color es representativo de la actividad cromosférica (Rodríguez et al. 2011). Los puntos marcados con círculos son estrellas con datos válidos y los cuadrados amarillos son estrellas posiblemente activas. Los puntos rojos representan el valor medio de los datos correctos para el color en cada tipo espectral, siendo las barras de error una desviación estándar.

Tabla 13: Estrellas posiblemente activas

Karmn	Nombre	SpT (MV)	$NUV - V$ [mag]	$pEW(H\alpha)$ [Å]
J00428+355	FF And	1.0	6.983	2.81
J09144+526	HD 79211	0.0	7.834	0
J09163-186	LP 787-52	1.5	7.957	0
J15218+209	OT Ser	1.5	6.873	2.76
J21221+229	GSC 02187-00512	1.0	7.68	0.43

Pseudo-anchura equivalente tabulada en CARMENCITA

3.3.2. Diagramas color-color

En este caso, como ya hemos comentado, puede apreciarse la separación de la posición de las activas frente al resto de estrellas pero es mucho menos destacable que en el caso de los diagramas color frente a tipo espectral, ya que los rangos de valor de los índices de color se solapan para los distintos subtipos espectrales, impidiendo una distinción clara de la muestra, Fig. 18. En esta figura hemos marcado las mismas estrellas que obtuvimos como activas para la Fig. 17, apareciendo todas agrupadas de la misma manera que en la primera, salvo HD 79211 de la que no se contaba con su valor en el filtro r' de Sloan.

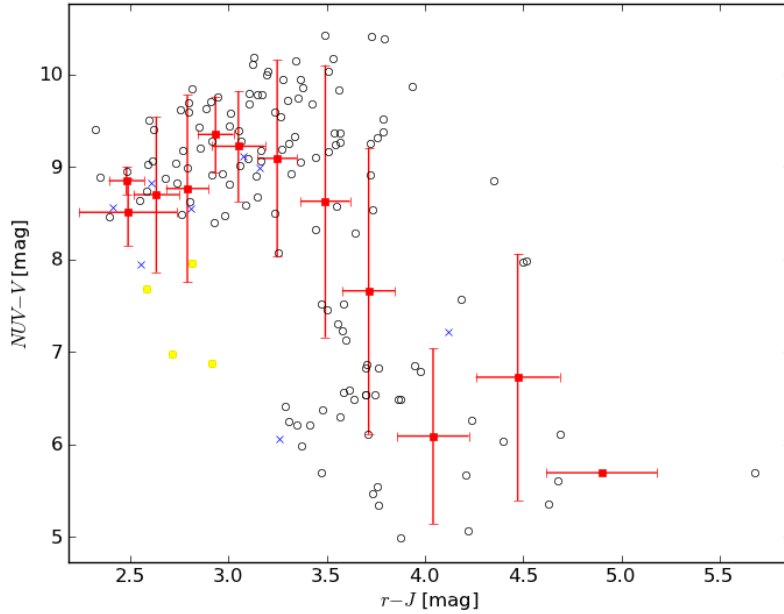


Figura 18: Diagrama color-color: El color se forma al restar el filtro NUV de *GALEX* y el filtro V de Johnson es representativo de la actividad cromosférica (Rodríguez et al. 2011), el segundo color intenta aproximar el tipo espectral, aunque el resultado es menos claro que la Fig. 17. Los puntos marcados con círculos son estrellas con datos válidos, las cruces son datos limpiados, y los cuadrados amarillos son estrellas posiblemente activas. Los puntos rojos representan el valor medio de los datos correctos para el color en cada tipo espectral, siendo las barras de error una desviación estándar.

Hay que destacar que las estrellas marcadas tanto en la Fig. 17 como en la Fig. 18 se han considerado activas al aparecer por debajo del valor medio para su tipo espectral del índice de color $NUV - V$, indicador de actividad en el ultravioleta, como corresponde a estrellas más activas que el resto. Además, existe una bajada general del índice $NUV - V$ a partir del límite para objetos completamente convectivos (M 3.5V) que indica una subida generalizada de la actividad y que no se observa tan claramente en otros indicadores como $H\alpha$.

Debemos incluir que las estrellas que podamos encontrar con excesos UV debemos tratarlas con cierta componente estadística ya que pueden ser resultado de falsos positivos debidos a estrellas con emisión por acreción de gas, es decir estrellas pre-secuencia principal; rápidos rotadores aislados, estrellas con una gran velocidad de rotación no

necesariamente jóvenes; estrellas con fulguraciones, estrellas cuya fotometría fue tomada justo en el momento en el que tenía lugar una gran emisión debido a la reconexión del campo magnético en la atmósfera estelar; y por último puede tratarse de estrellas en sistema binario que aún no han sido resueltas.

3.4. Búsqueda de excesos infrarrojos con fotometría *WISE*

Por último como hemos expuesto con anterioridad, la actividad estelar supone un inconveniente a la hora de monitorizar la espectroscopía de algunas estrellas, cuando se dispone estudiar posibles dades radiales producto de exoplanetas orbitando alrededor de ellas, y por ello buscamos eliminar las estrellas jóvenes y activas de la muestra, pero buscar excesos UV no es el único método utilizado. Estrellas muy jóvenes pueden poseer un remanente de la nube molecular donde se formaron en forma de disco circumestelar, este disco de polvo absorbe la luz emitida mayoritariamente en el rango óptico y la reemite en longitudes de onda desplazadas al rojo. Esto, además de provocar cierta extinción en el flujo bolométrico de la estrella en cuestión, puede provocar un exceso Infrarrojo detectable usando los diferentes filtros proporcionados por *WISE* (Rodríguez et al. 2013). Para nuestros datos, Fig. 19, todos los datos se encuentran en concordancia con los valores estándar para este tipo de estrellas, y no se detectan por tanto ningún exceso infrarrojo, además se ha destacado en la figura aquellas estrellas asociadas a algún grupo de movimiento joven (Hidalgo 2014).

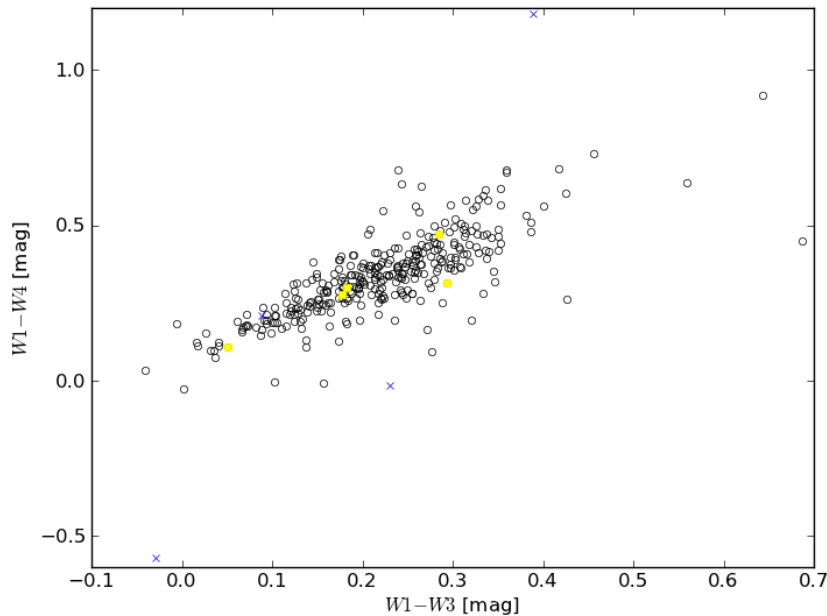


Figura 19: Diagrama color-color, estrellas con exceso IR aparecerían en la parte superior derecha, ninguno de nuestros datos presenta exceso infrarrojo. Los círculos son datos que se han mantenido tras el proceso de limpieza y las cruces aquellos que no. En amarillo están representadas las estrellas asociadas a grupos de movimiento jóvenes (Hidalgo 2014).

4. Conclusiones

Este trabajo ha permitido:

- Recopilar los datos fotométricos en las bandas $u'BB_Tg'VV_T r'i'JHK_s W1W2W3W4$ de manera individualizada para 158 estrellas de tipo M y la fotometría FUV y NUV de *GALEX* para 377 estrellas tipo M.
- Estudiar las distribuciones espectrales de energías de las 158 estrellas a partir de la fotometría recopilada.
- Utilizar las estrellas prototipo de Abellán (2013) desde el tipo espectral M0.0V al tipo M6.5V (Tabla 14) para estudiar el comportamiento de las SEDs del resto de estrellas en el estudio.

- Estudiar en detalle el comportamiento de varios índices de color y determinar los valores medios para cada subtipo espectral (Tabla 10). Esta tabla presenta una calidad única debido al tratamiento previo de los datos antes de realizar la estadística correspondiente. Los resultados incluidos en la Tabla 10 amplían y mejoran prácticamente todas las relaciones color-tipo espectral de enanas M publicadas hasta la fecha. Esto es de gran utilidad para, a partir de la fotometría, hacer una rápida clasificación del subtipo espectral de una estrella M. La comparación con los valores dados para otros estudios han puesto en evidencia que un estudio detallado como el llevado a cabo en este trabajo es necesario.
- Estudiar de manera individualizada cada una de las estrellas con ayuda de los SEDs y los diagramas de color-tipo espectral y color-color, identificando datos fotométricos erróneos y comprobando que al menos un tipo espectral previamente asignado debe revisarse.
- Elaborar una lista de datos fotométricos completa, pero sobre todo muy precisa, que será incluida en la base de datos CARMENCITA y que contribuirá significativamente a la selección de la muestra final de estrellas que CARMENES observará.
- Por medio de la fotometría que nos proporciona *GALEX* podemos encontrar las estrellas M de los tipos espectrales más tempranos que presentan más emisión en el ultravioleta y, por tanto son más activas. Las estrellas alpha activas, cuya velocidad radial puede estar “contaminada”, serán objeto de un tratamiento especial por el consorcio CARMENES.
- Descartar la posibilidad de un exceso infrarrojo que indicase la presencia de algún disco alrededor de alguna de las estrellas.
- Parte de nuestro análisis ha aparecido en un póster expuesto en un congreso científico internacional, “Cool Stars 18”, *The 18th Cool Stars, Stellar Systems and the Sun workshopXII* (Flagstaff, Arizona, USA) (Fig. 24), (Montes et al. 2014).

Por otro lado, algunos trabajos futuros podrían ser:

- Estudiar de igual modo que se ha hecho aquí el segundo grupo de candidatas idóneas, estrellas beta, que ahora mismo se encuentran disponibles en CARMENCITA.
- Hacer un esfuerzo observacional para aumentar el número de prototipos y mejorar el cálculo de los índices de color. Para ello haría falta disponer de un mayor número de datos fotométricos, sobre todo en los tipos espectrales más tempranos y tardíos.
- Derivar tipos espectrales a partir de fotometría mediante ajustes χ^2 sobre las SEDs.
- Estudiar la influencia del nivel de actividad sobre los índices de color obtenidos para cada tipo espectral. Algunos estudios (Bochanski et al. 2007; Hawley et al. 1996) encuentran valores diferentes según si las estrellas son activas o no.
- Estudiar también el efecto de las bandas moleculares, que se sabe que dependen de la metalicidad de la estrella y que al ser tan extensas podrían afectar al valor de algunos índices de color.
- Calcular diferentes parámetros de las estrellas (edades, temperaturas efectivas, etc.) a partir del ajuste de sus SEDs a modelos.

Referencias

- Abellán, F.J., 2013, Trabajo Fin de Máster, Máster en Astrofísica, UCM (Universidad Complutense de Madrid).
- Adelman-McCarthy, J.K. et al., 2009, *ApJS*, **203**, 21.
- Alonso-Floriano, F.J., Montes, D., Caballero, J.A. et al., 2013, *HSAVII*, pp.431. <http://adsabs.harvard.edu/abs/2013hsa7.conf..431A>.
- Alonso-Floriano, F.J. et al., 2014, *A&A*, in prep.
- Bianchi L., Herald J., Efremova B., et al., 2011, *Astrophys. Space Sci.*, **335**, 161.
- Bochanski, J.J., West, A.A., Hawley, S.L., et al., 2007, *ApJ*, **133**, 531B.
- Caballero, J.A., Cortés-Contreras, M., Alonso-Floriano, F.J et al., 2013. Protostars and Planets VI, (Heidelberg, July 15–20, 2013) Póster 2K020 <http://www.mpia-hd.mpg.de/homes/ppvi/posters/2K020.html>
- Copenhagen University Obs., 2006, VizieR Online Data Catalog I/304.
- Cutri, R.M. et al., 2012, CDS/ADC Electronic Catalogues, 2311.
- Davenport, R. A., Ivezić, Z., Becker, A. C., et al., 2014, *MNRAS*, **440**, 4, 3430.
- Montes, D., Caballero, J. A., Alonso-Floriano, F.J., Cortés-Contreras, M., González-Álvarez, E., Hidalgo, D., Holgado, G., Martínez-Rodríguez, H., Sanz-Forcada, J., 2014, Póster presentado en *The 18th Cool Stars, Stellar Systems and the Sun workshop*, (9 - 13 Junio 2014, Flagstaff, Arizona, USA).
- González-álvarez, E., 2014, Trabajo Fin de Máster, Máster en Astrofísica, UCM (Universidad Complutense de Madrid).
- Gunn, J. E., Siegmund, W. A., Mannery, E. J., et al., 2006, *ApJ*, **131**, 2332.
- Hawley, S.L., Gizis, J.E., Reid, I.N. et al., 1996, *ApJ*, **112**, 2799.
- Hidalgo, D., 2014, Trabajo Fin de Máster, Máster en Astrofísica, UCM (Universidad Complutense de Madrid).
- Høg, E. et al., 2000, *A&A*, **355**, 127.
- Kirkpatrick, J. D., Cruz, K. L., Barman, T. S., et al., 2008, *ApJ*, **689**, 1295.
- Kirkpatrick, J. D., Cushing, M. C., Gelino, C. R., et al., 2011, *ApJS*, **197**, 19.
- Klutsch, A., Alonso-Floriano, F.J., Caballero, J.A., Montes, D. et al., 2012, *SF2A*, **357**.
- Lépine, S., Hilton, E. J., Mann, A. W., et al., 2013, *ApJ*, 145:102.
- Linsky, J., Redfield, S., Ayres, T., et al., 2001, *ASP Conf. Proceedings*, **242**, 247.
- Martínez-Rodríguez, H., 2014, Trabajo Fin de Máster, Máster en Astrofísica, UCM (Universidad Complutense de Madrid).
- Mayor, M., Queloz, D., 1995, *Nature*, **378**, 355.
- Preibisch, T., Feigelson, E. D., 2005, *ApJS*, **160**.
- Quintana, E.V., Barclay, T., Raymond, S.N., et al., 2014, *Science*, **344**, 6181.
- Quirrenbach, A., Amado, P.J., Seifert, W. et al., 2012, *SPIE*, **8446**, 84460R.
- Reid, I.N., Hawley, S.L., 2005, *New Light on Dark Stars: Red Dwarfs, Low-Mass Stars, Brown Dwarfs*. Springer Verlag.
- Rodríguez, D. R., Bessell, M. S., Zuckerman, B., et al., 2011, *ApJ*, **727**, 62.
- Rodríguez, D. R., Bessell, M. S., Zuckerman, B., et al, 2013, *ApJ*, **774**, 101.
- Stauffer, J., Tanner, A. M., Bryden, G., et al. 2010, *PASP*, 122, 885.

Skrutskie, M.F. et al., 2006, *ApJ*, **131**, 1163S.

Stelzer, B., Marino, A., Micela, G., et al., 2013, *MNRAS*, **431**, 3, 2063.

Zacharias, N. et al., 2012, *ApJ*, **145**, 44.

Anexo: Figuras

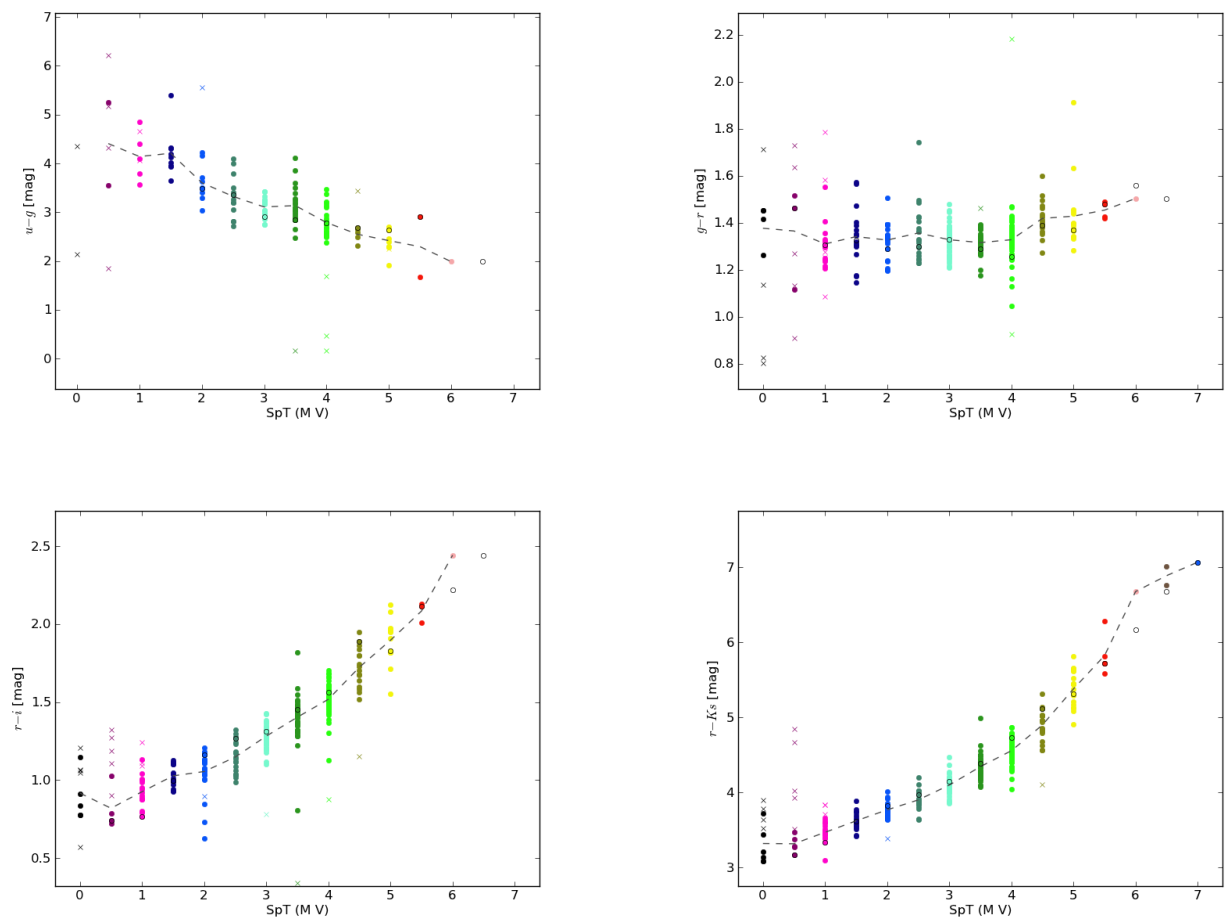


Figura 20: Diagramas color vs. tipo espectral (1)

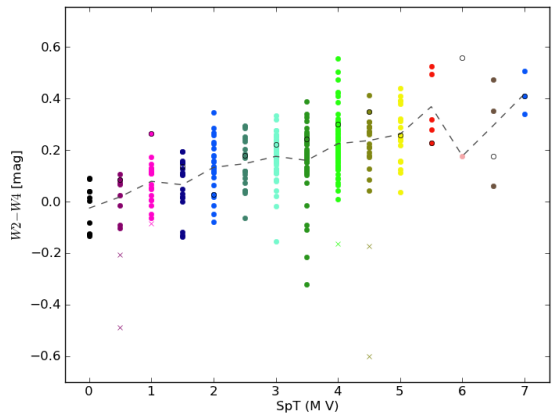
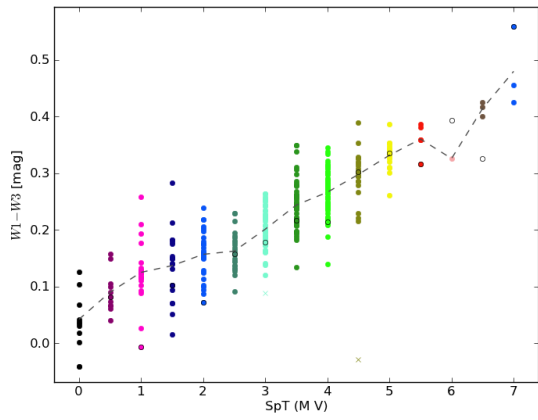
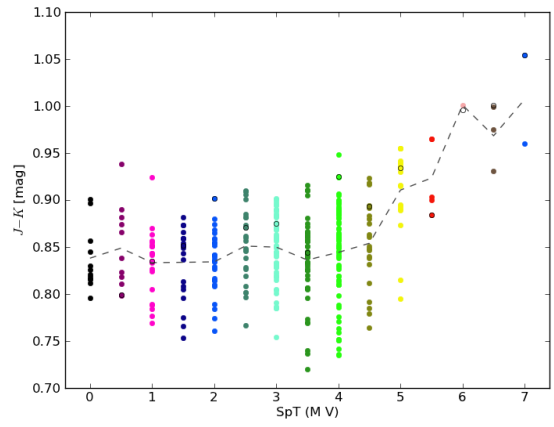
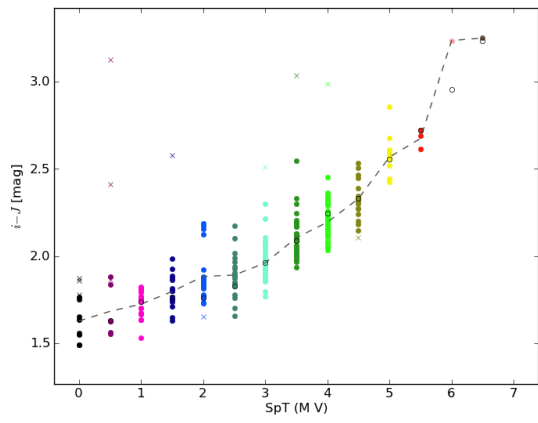


Figura 21: Diagramas color vs. tipo espectral (2)

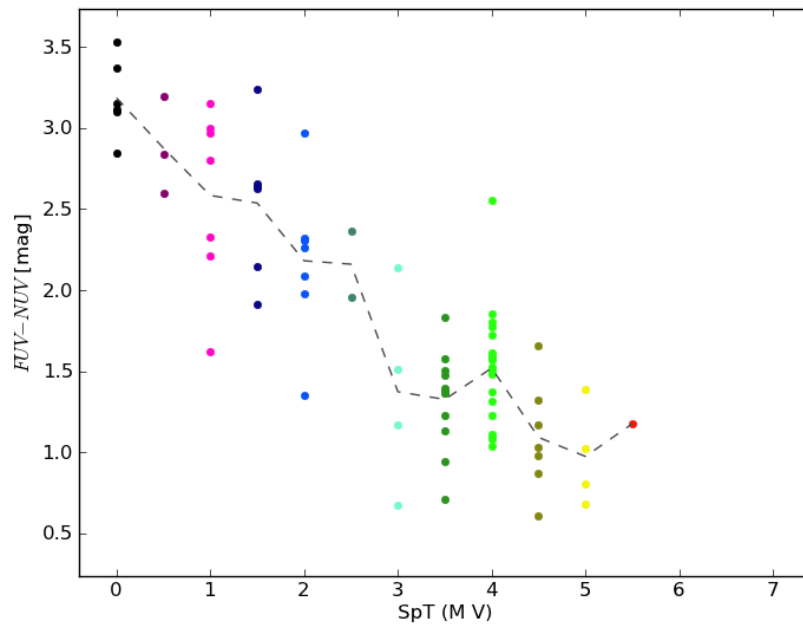
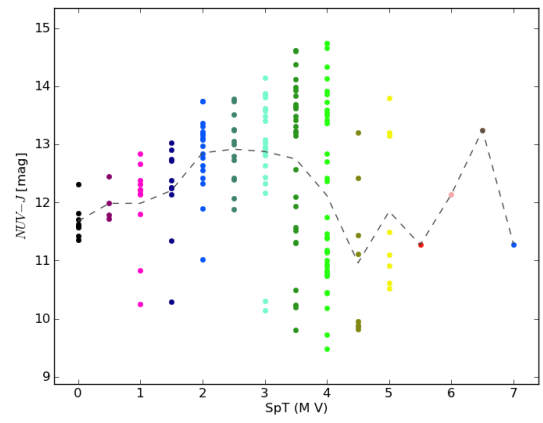
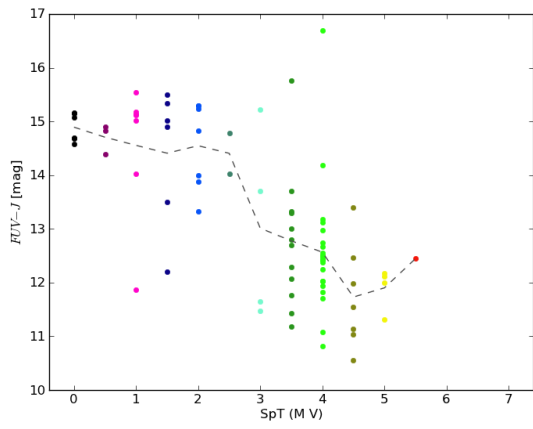


Figura 22: Diagramas color vs. tipo espectral (3)

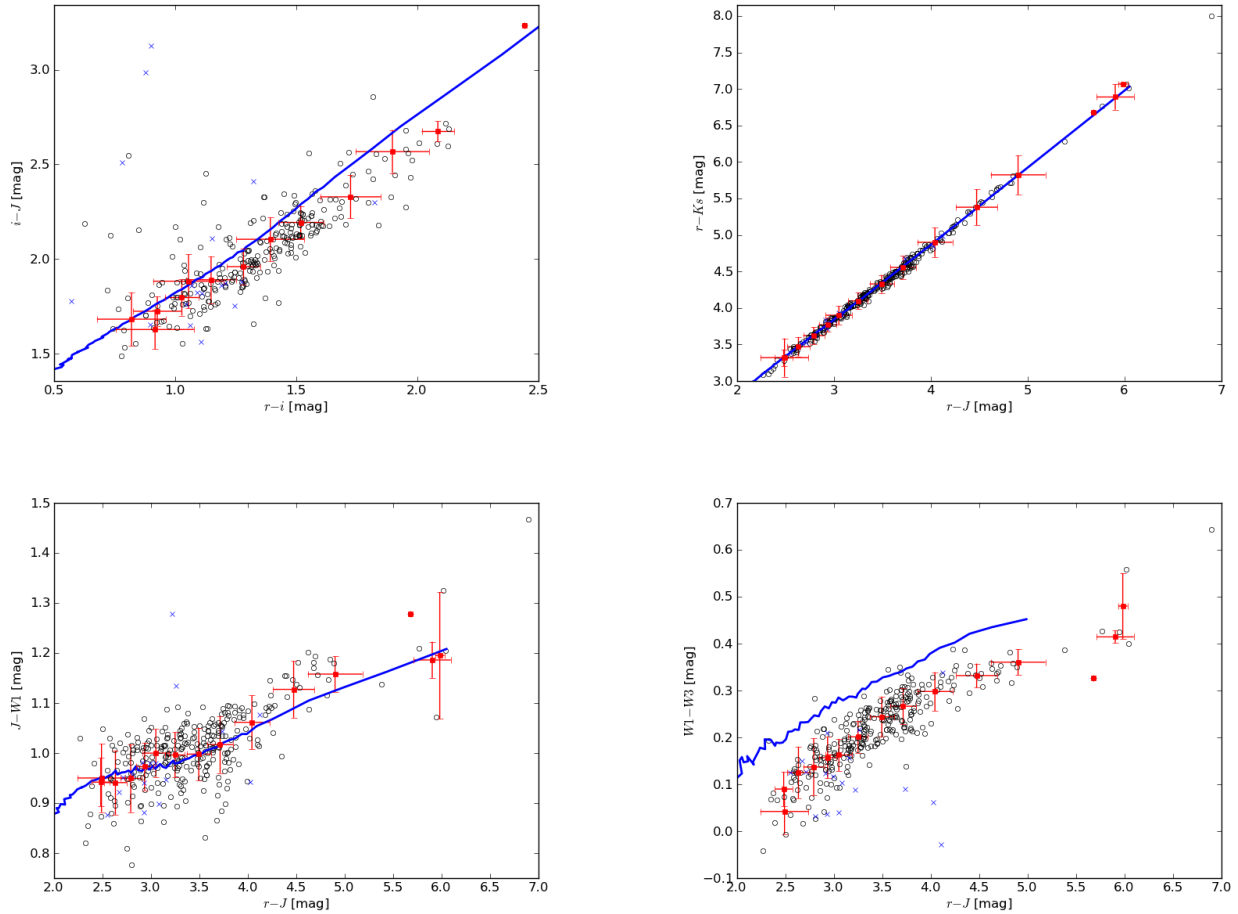
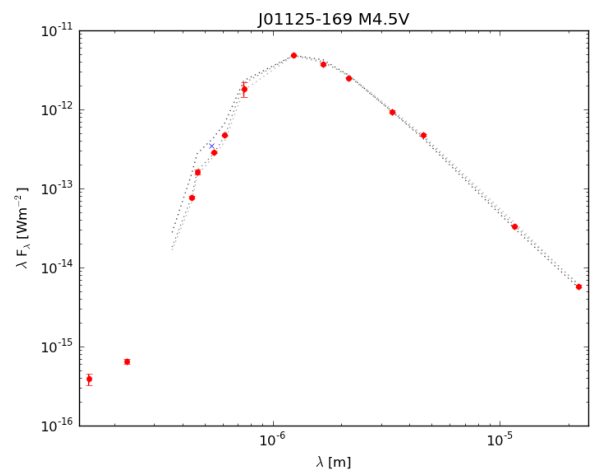
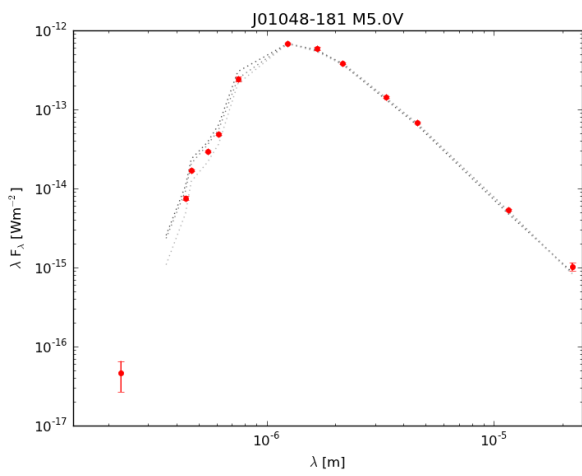
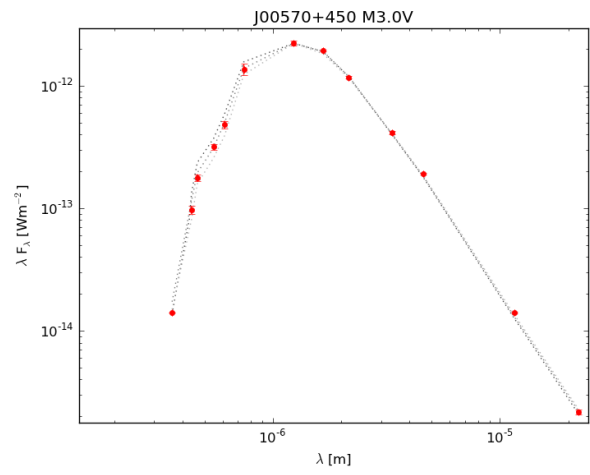
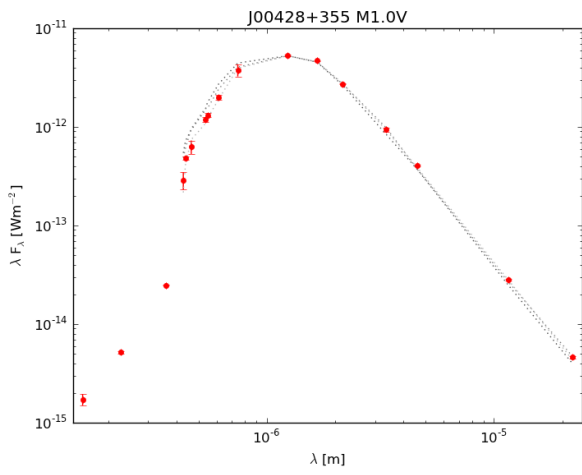
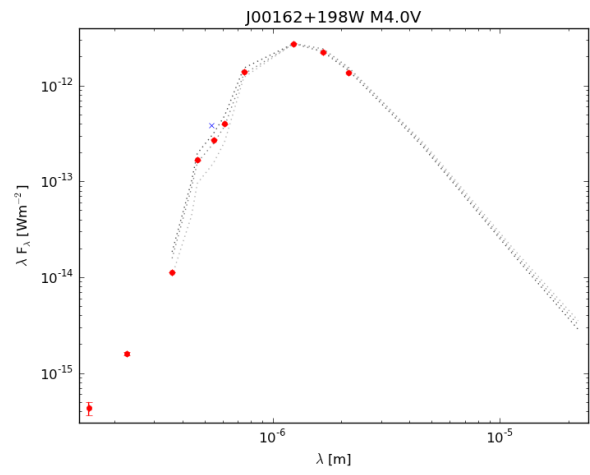
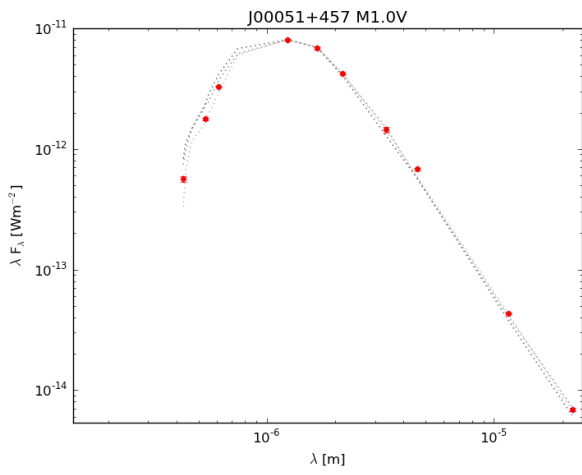


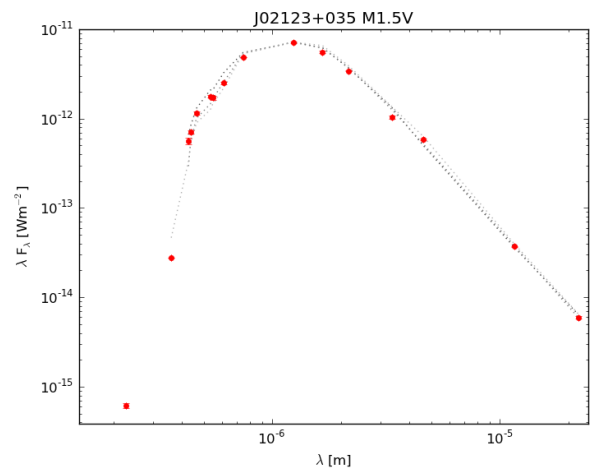
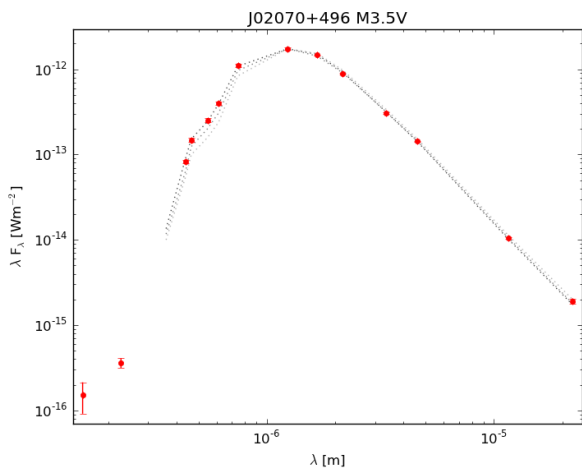
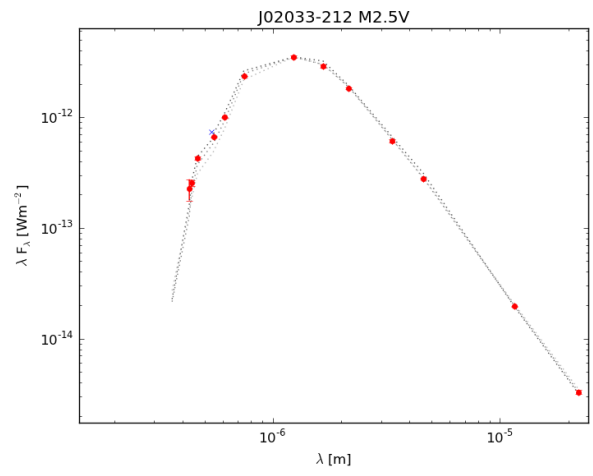
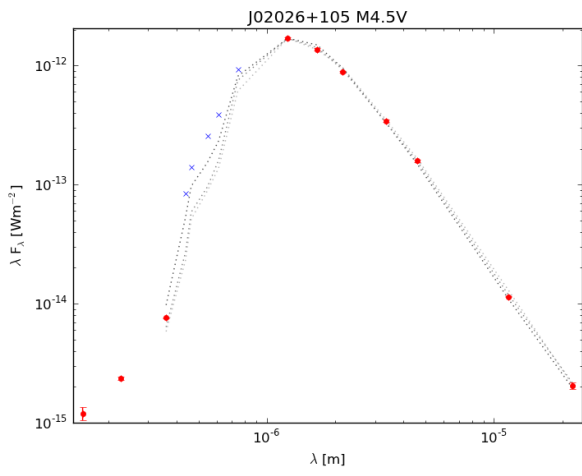
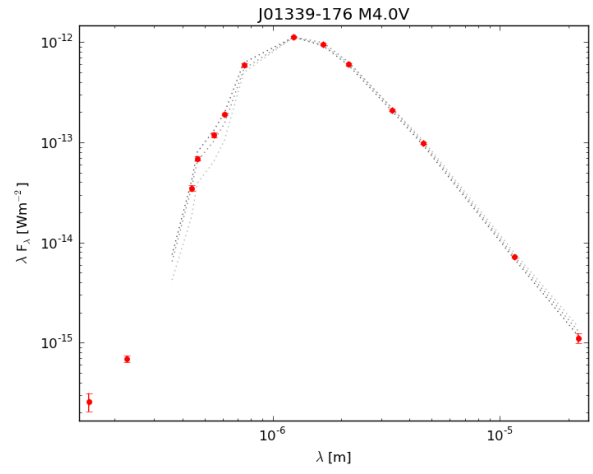
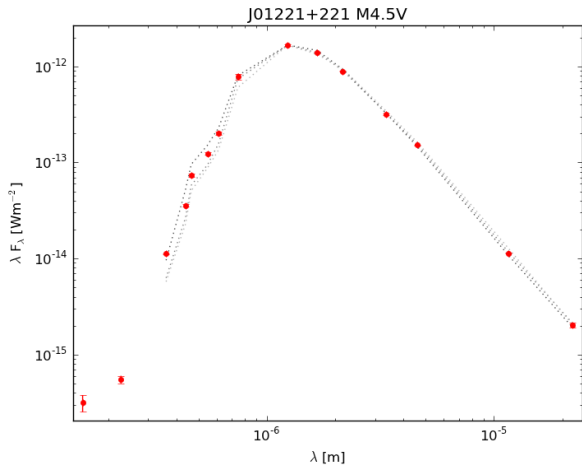
Figura 23: Diagramas color vs. color. Igual que Fig. 7

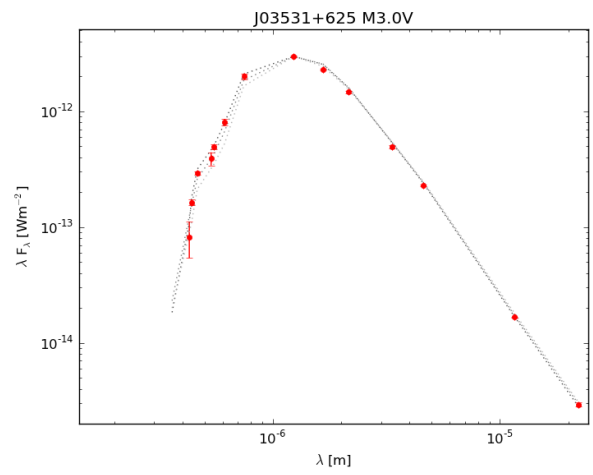
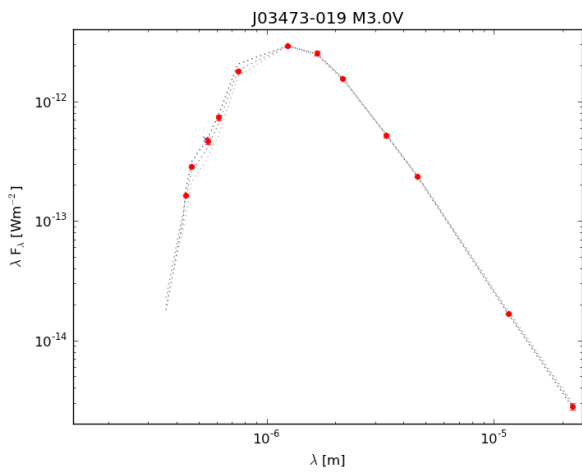
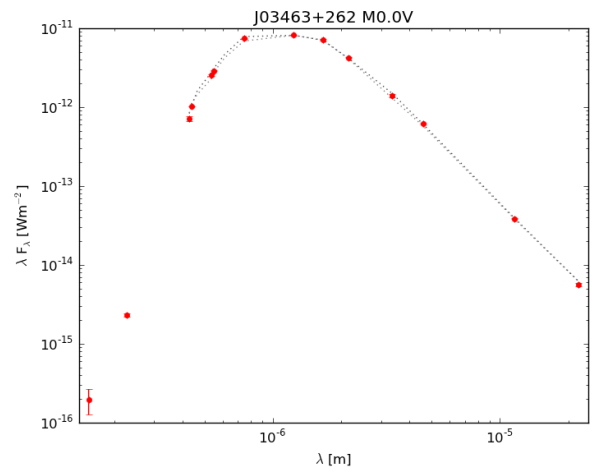
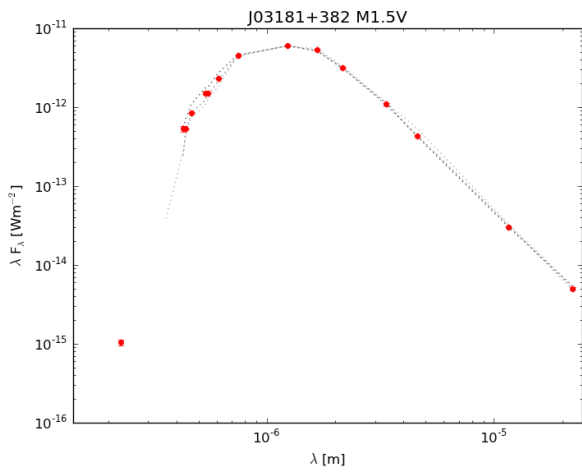
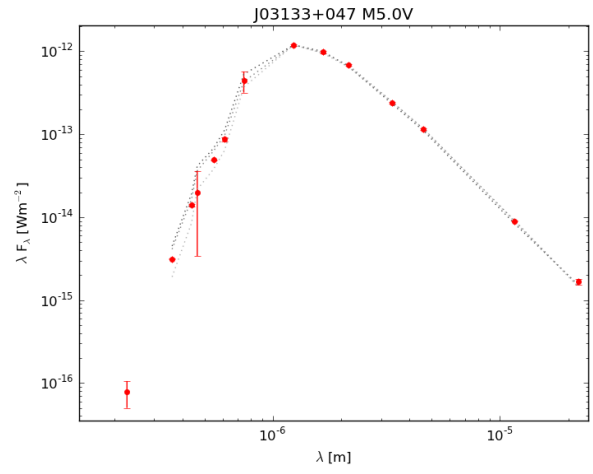
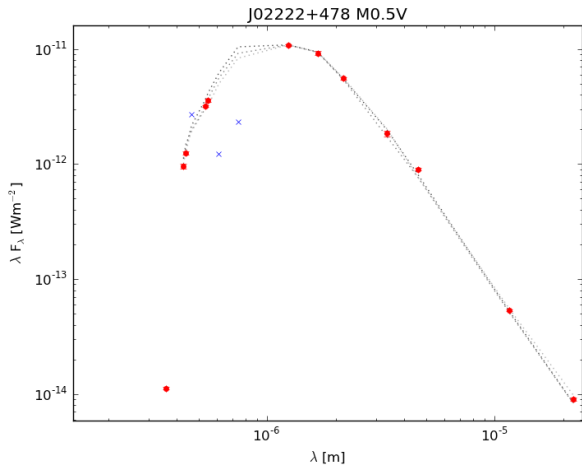
Anexo: Distribuciones espectrales de energía

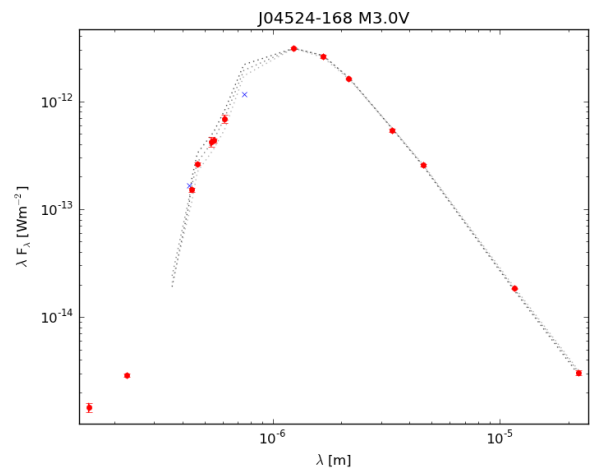
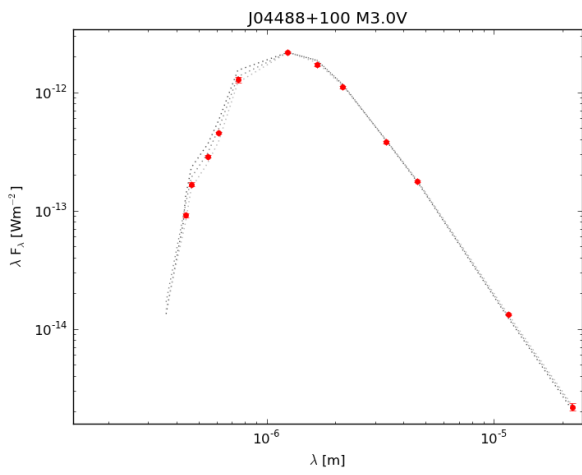
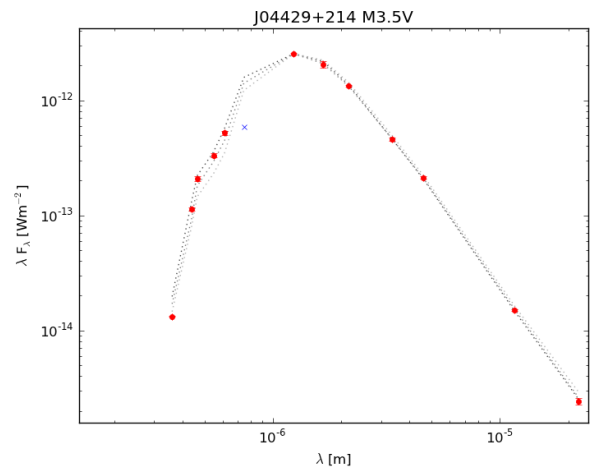
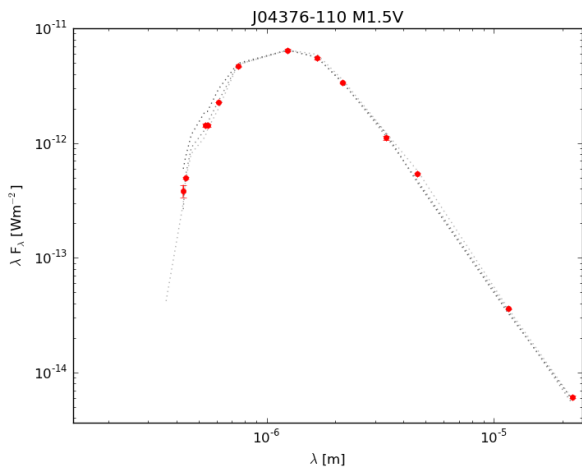
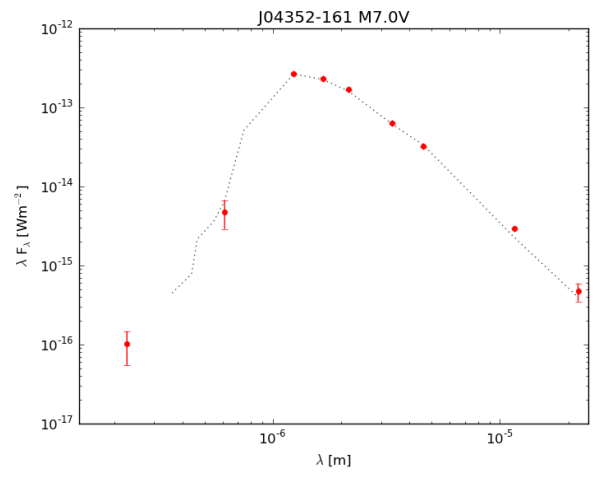
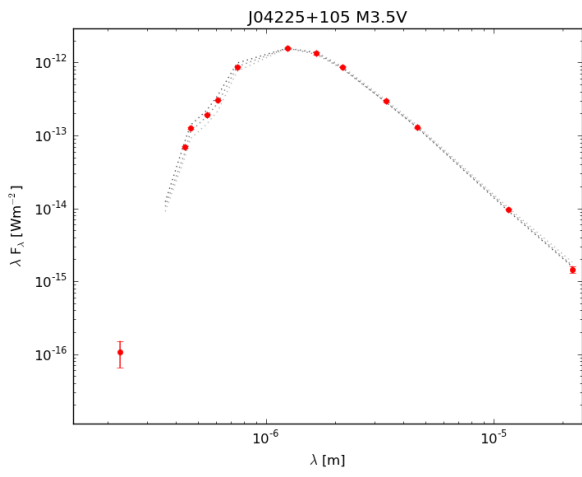
En este Anexo se presentan las distribuciones espectrales de 158 estrellas estudiadas indicando claramente su nombre y su tipo espectral en el catálogo CARMENCITA. Primero están separadas en tres grupos. El primero son aquellas que finalmente han seguido perteneciendo al grupo de idóneas, el segundo aquellas que no han cumplido el requisito de distancia-magnitud, y finalmente un tercer grupo de aquellas que pese en un primer momento estar en el grupo de las mejores candidatas, han sido excluidas del mismo en el transcurso de este trabajo, pero ya se disponía de su SED y se incluirá finalmente. Dentro de cada sección se muestran ordenadas por ascensión recta. Los valores fotométricos de cada estrella se representan junto con su error en color rojo. Además, superpuestas con líneas de puntos grises se representan las SEDs de los prototipos -0.5 , 0.0 y $+0.5$. Es decir, sobre cada estrella se superpone la SED prototipo para ese subtipo espectral así como las SEDs correspondientes a los subtipos ± 0.5 . Por supuesto, cada una de las SEDs de los prototipos ha sido escalada a la magnitud J de la estrella en cuestión. Aquellos valores que han sido eliminados del fichero ASCII se muestran igualmente pero se representan con un aspa azul (\times).

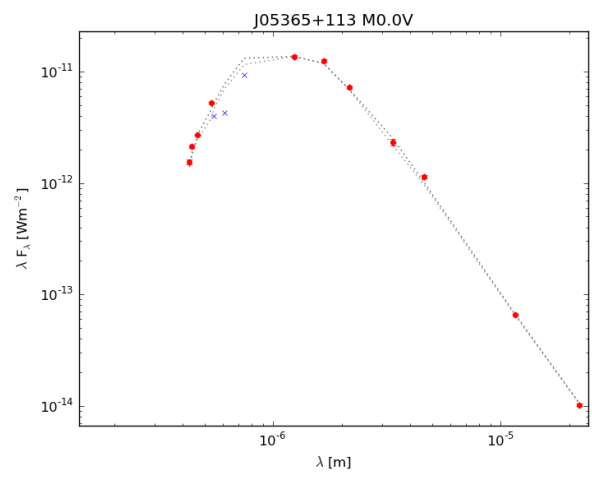
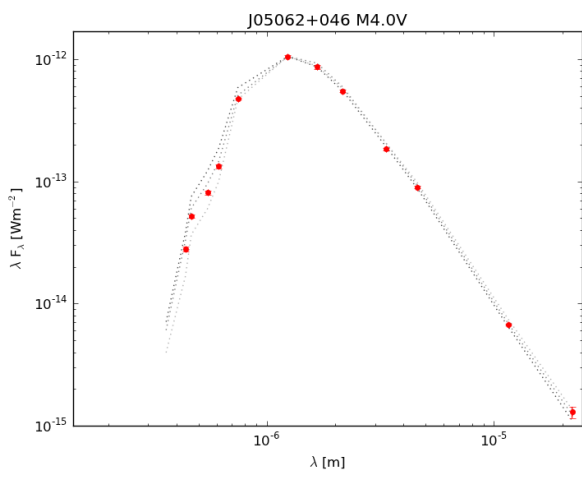
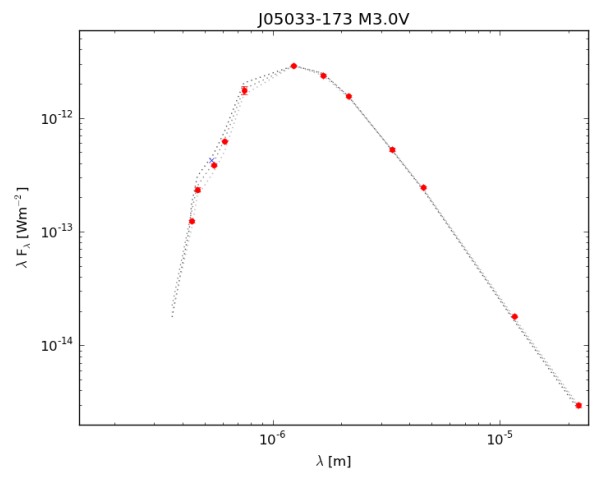
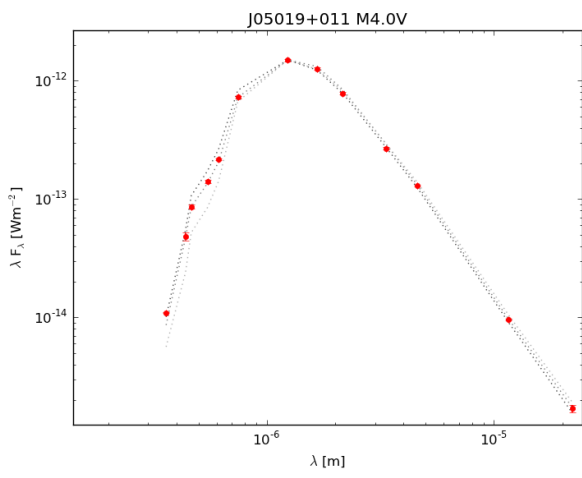
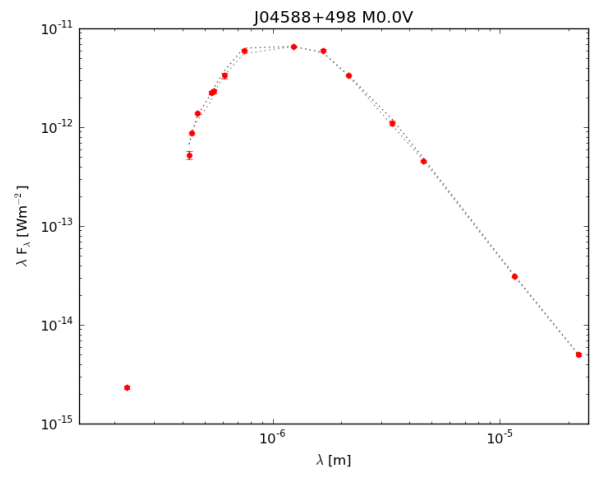
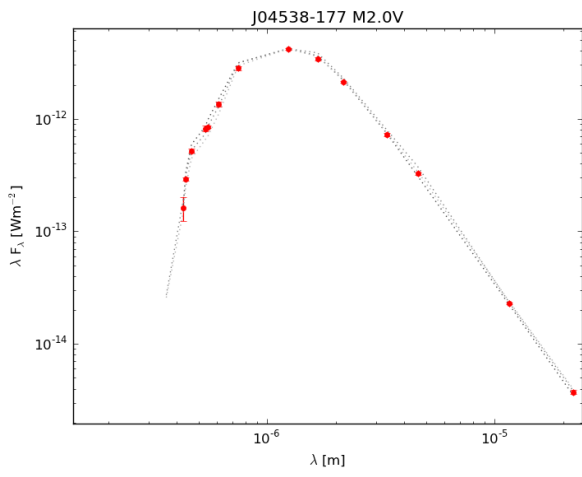
SEDs generales

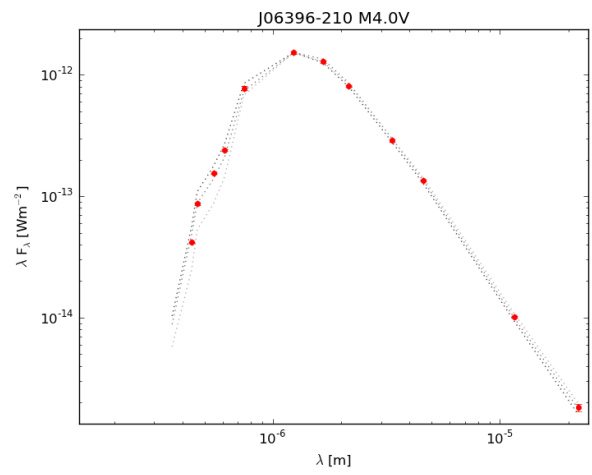
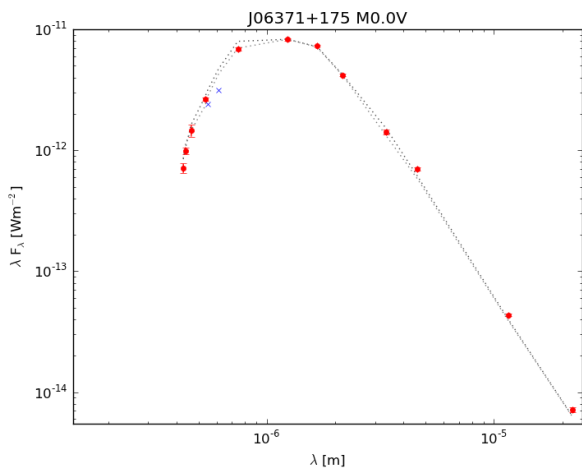
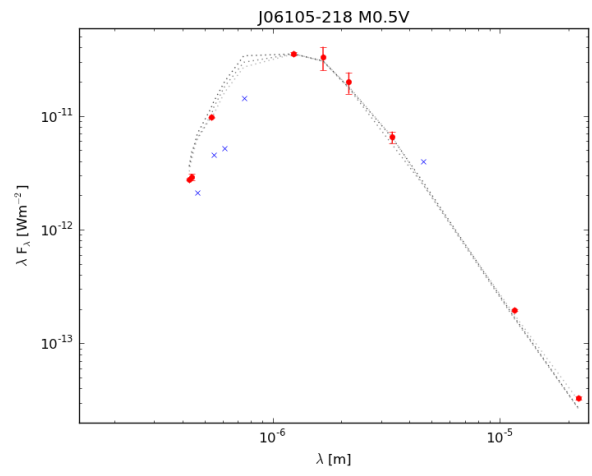
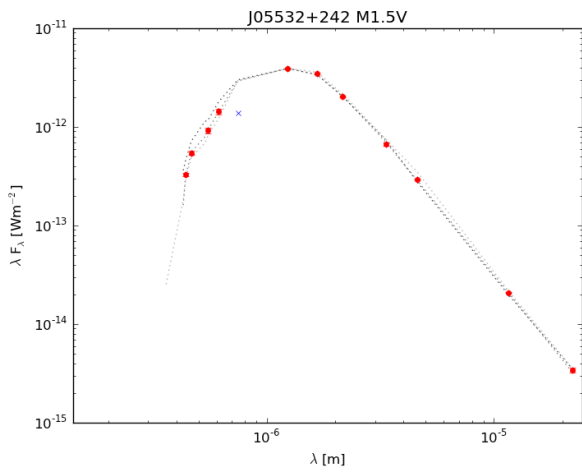
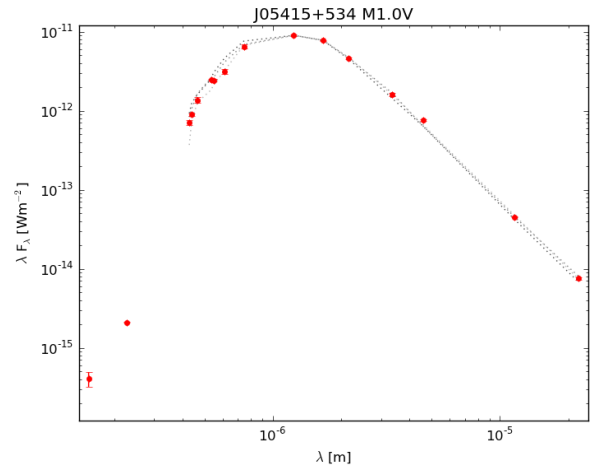
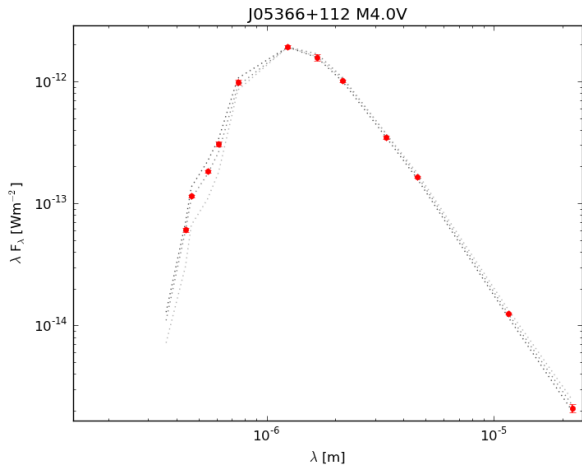


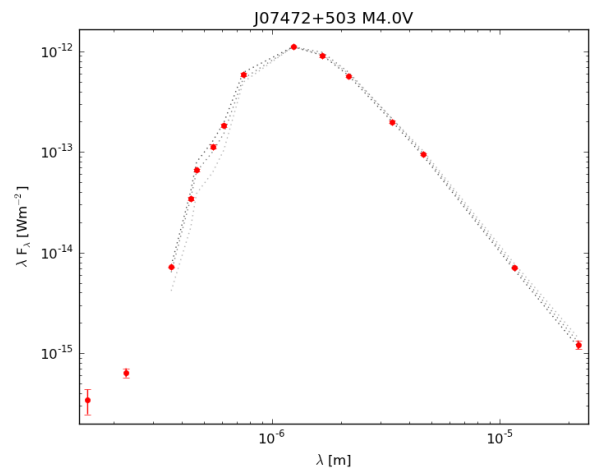
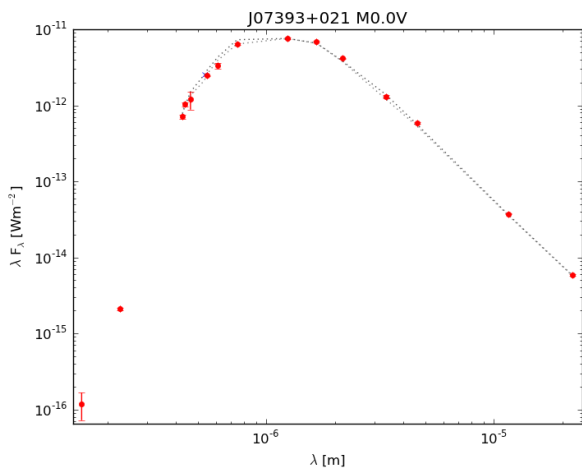
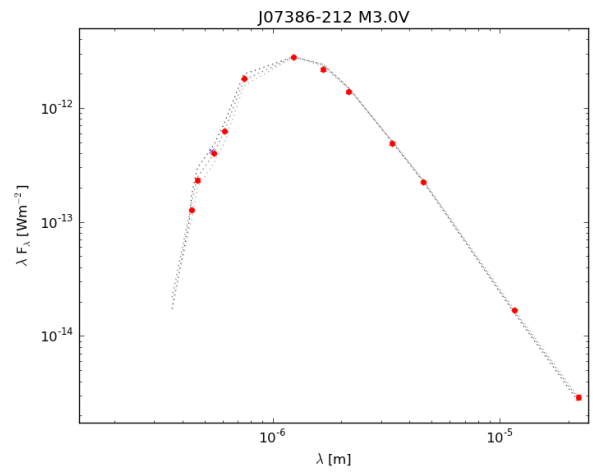
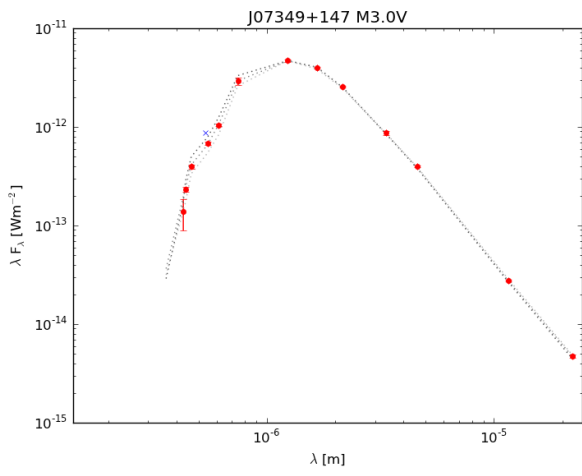
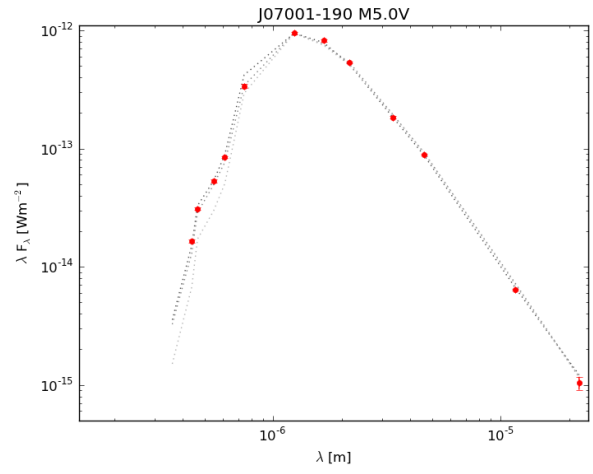
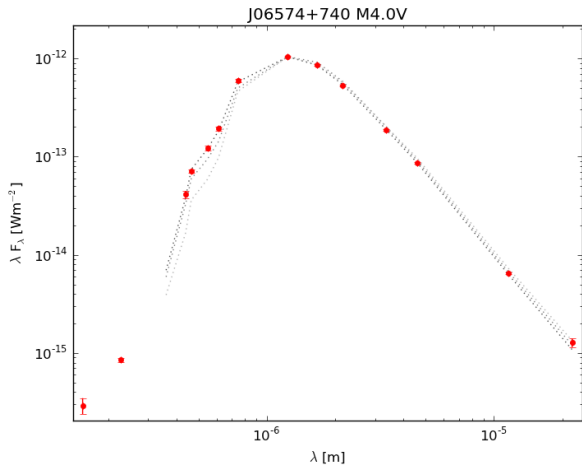


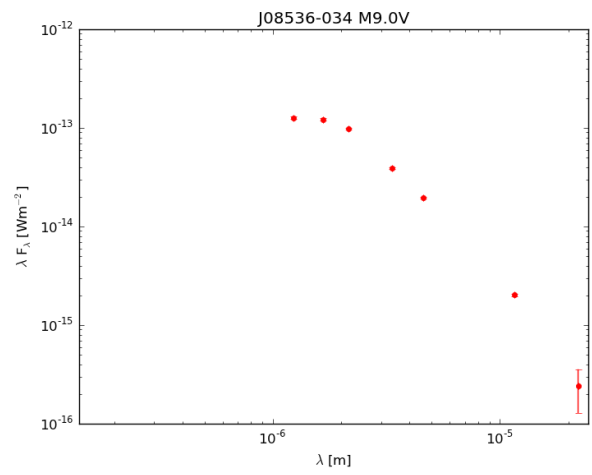
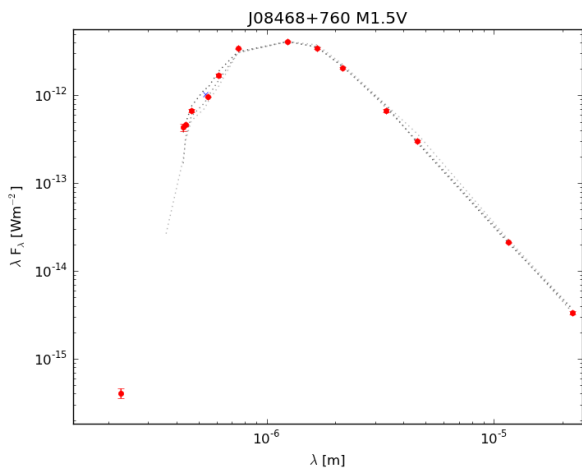
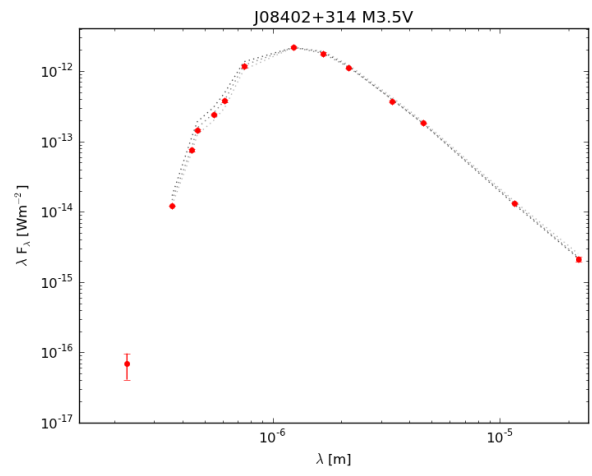
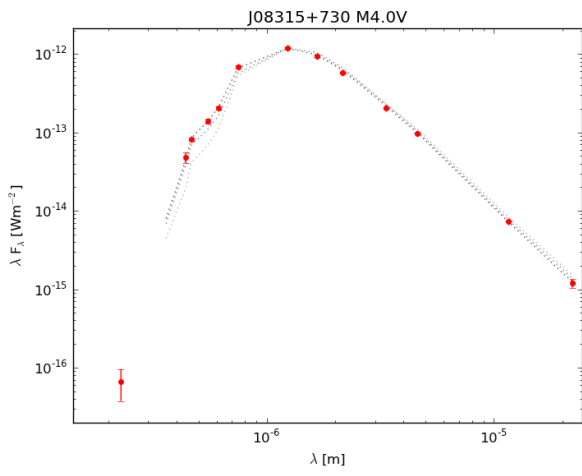
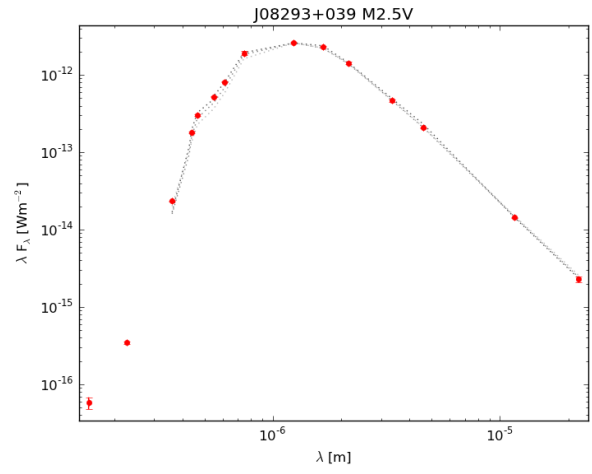
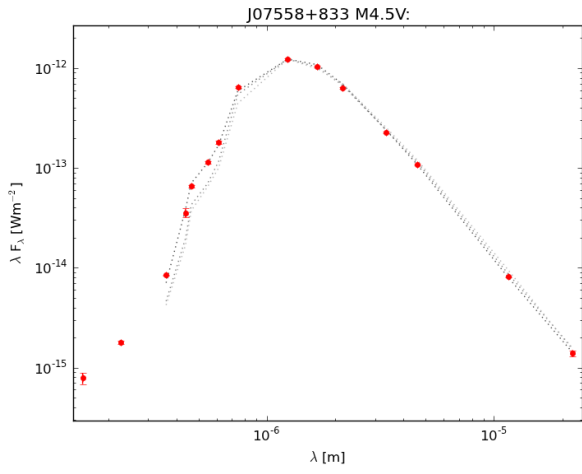


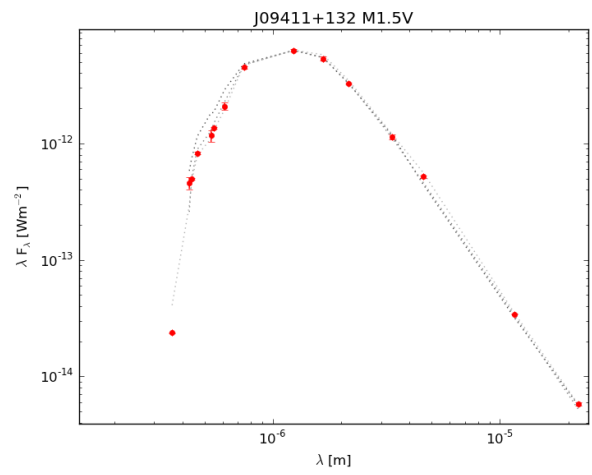
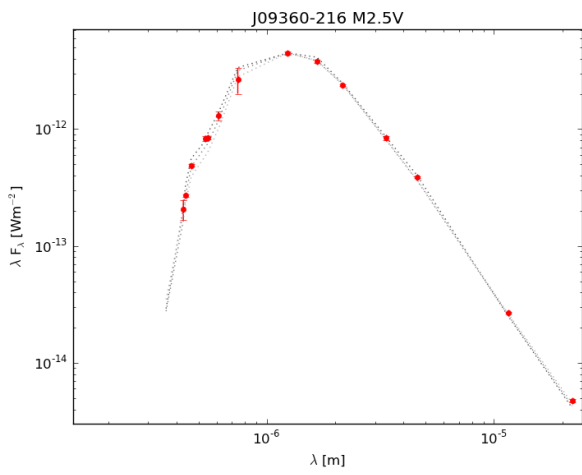
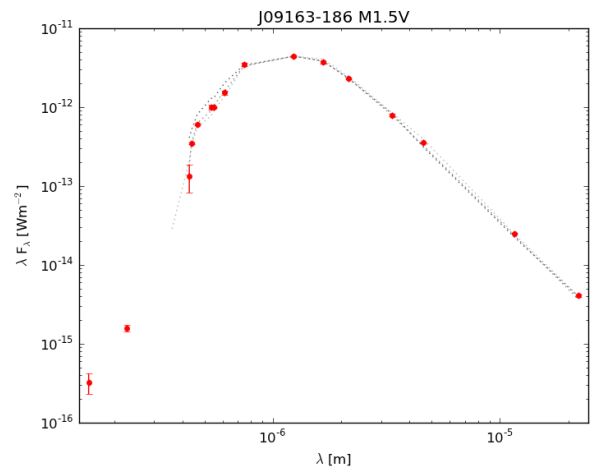
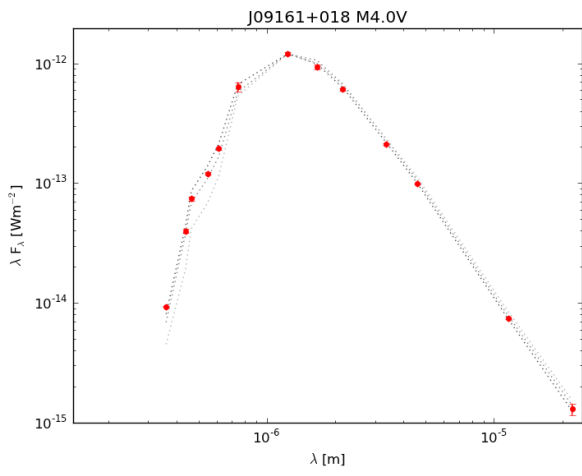
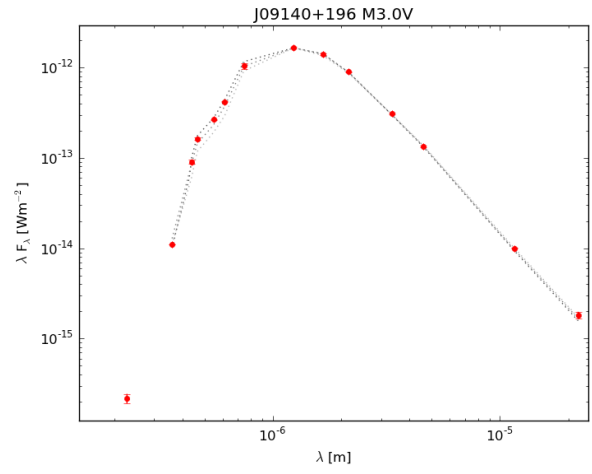
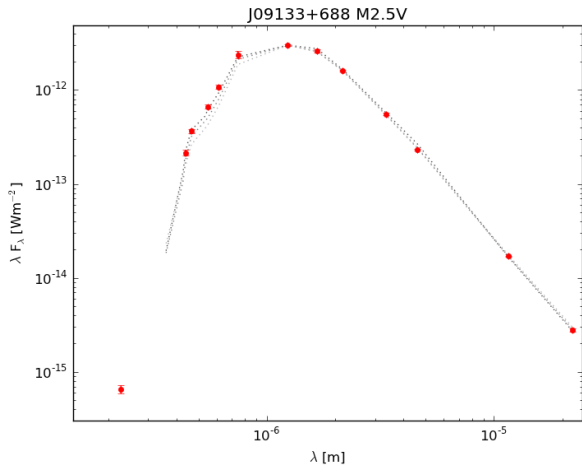


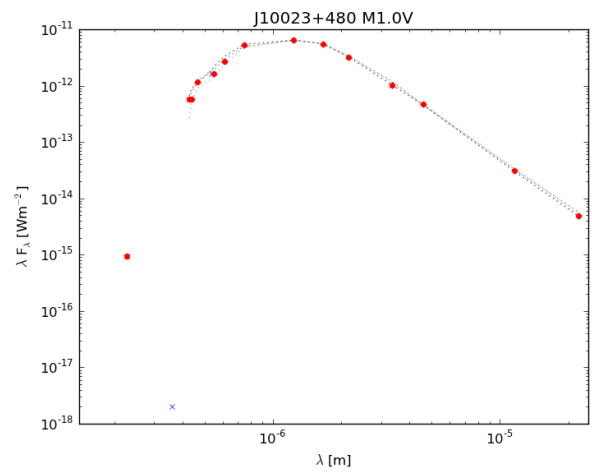
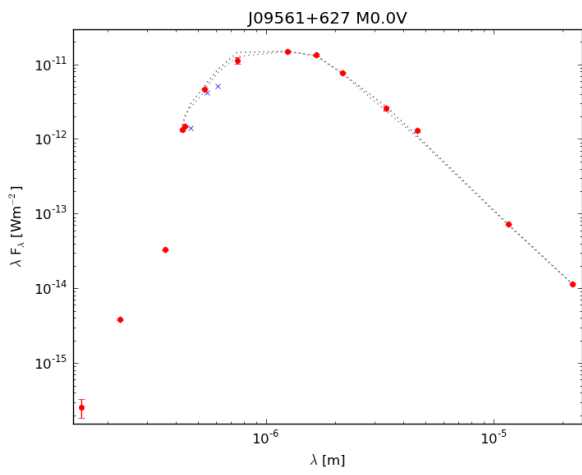
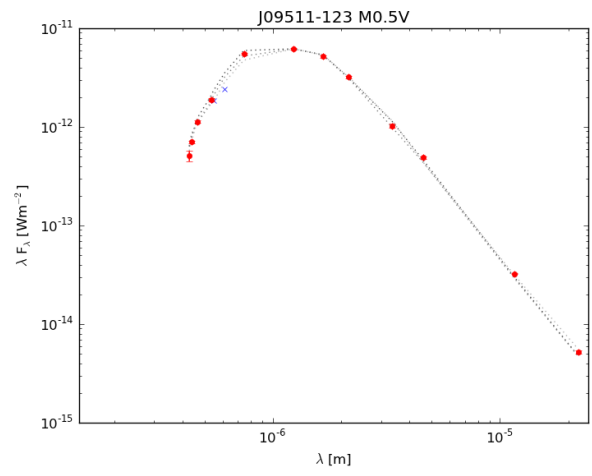
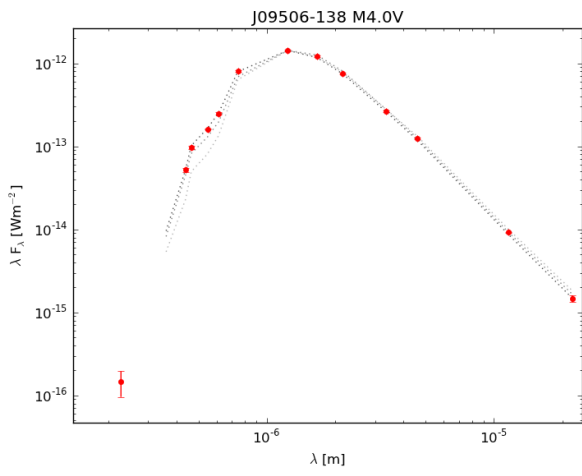
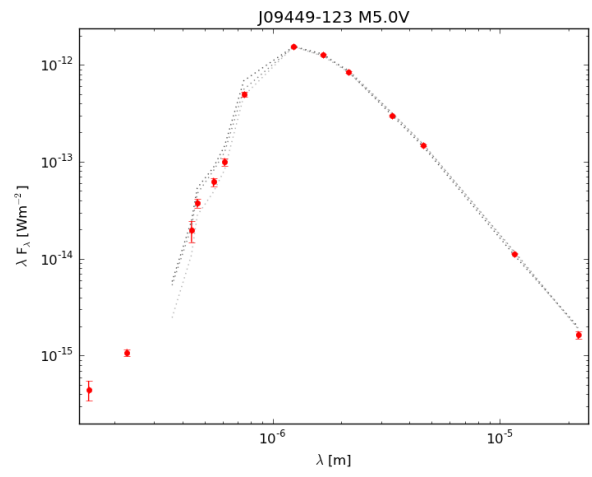
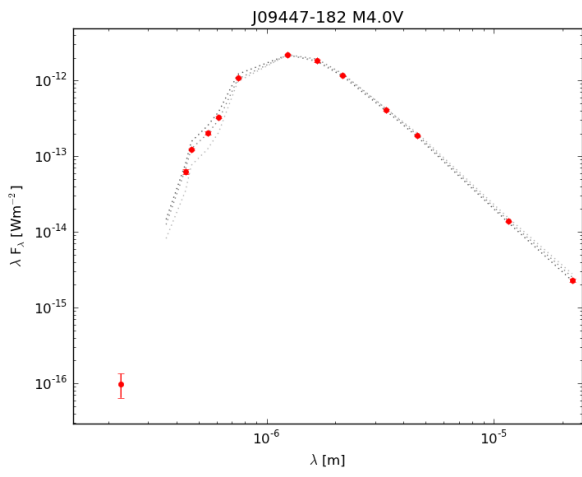


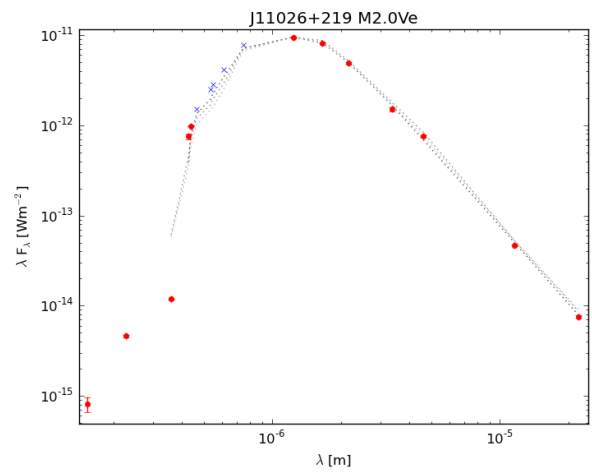
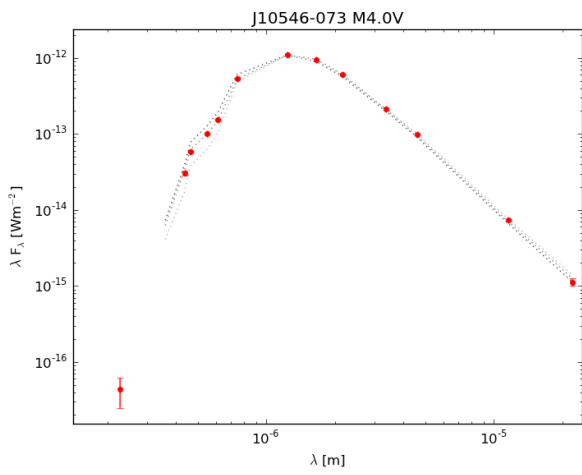
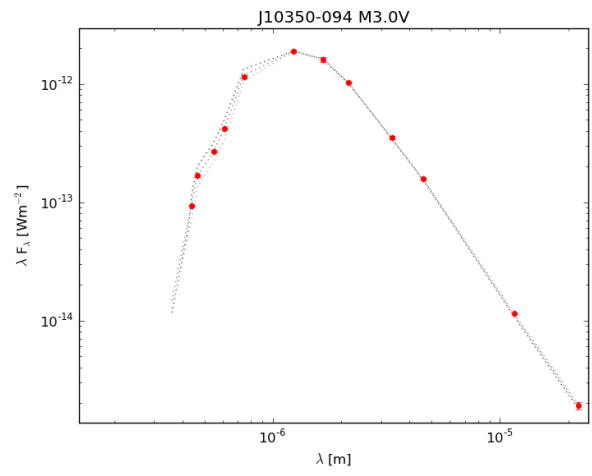
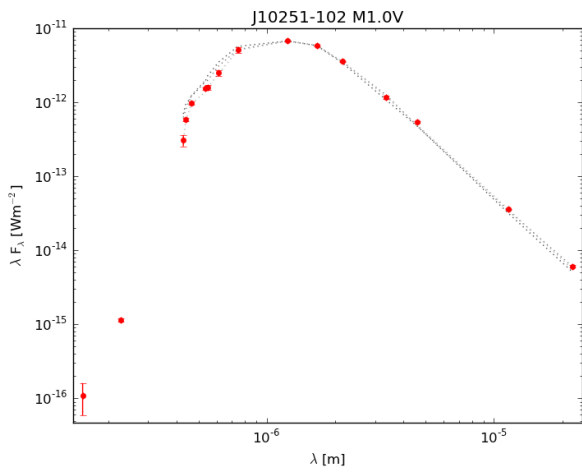
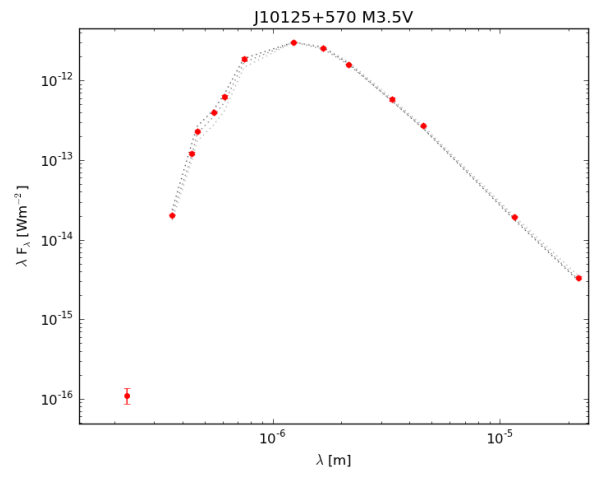
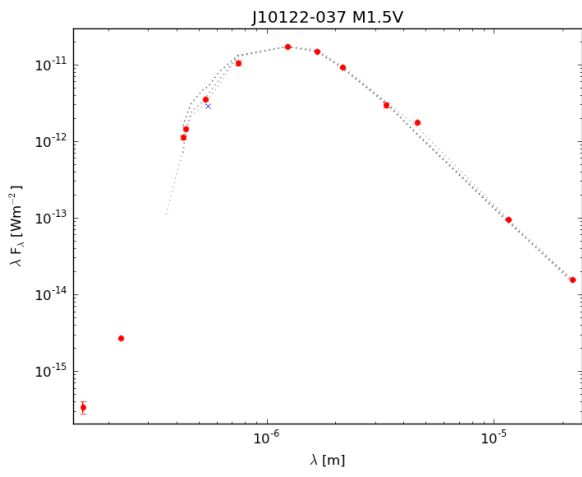


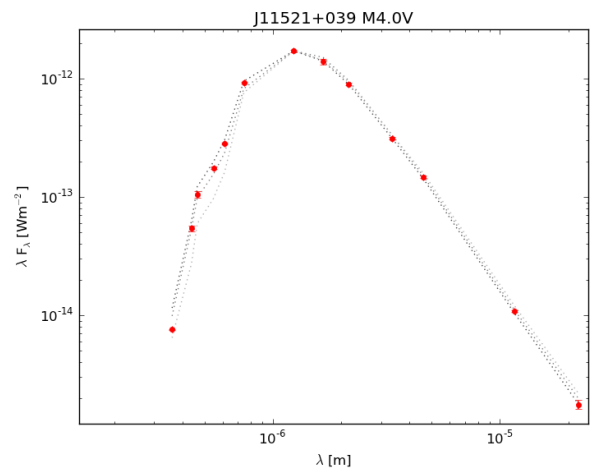
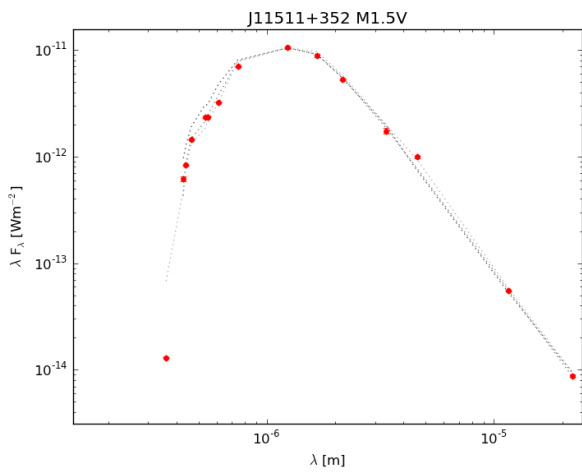
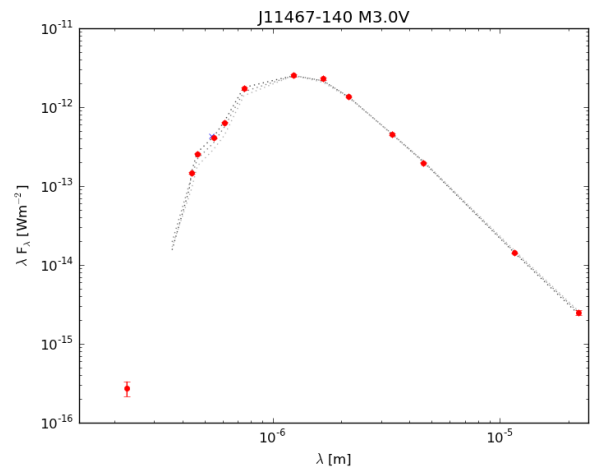
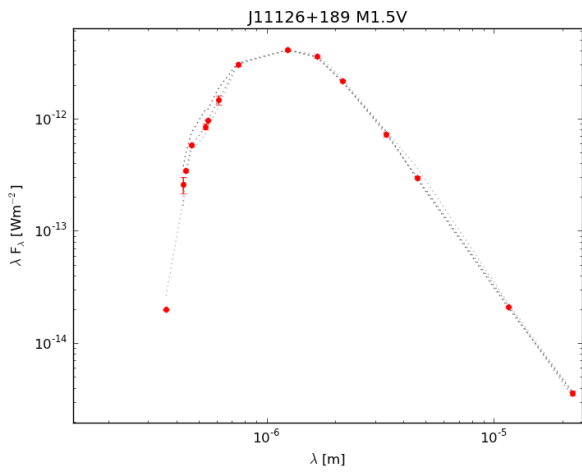
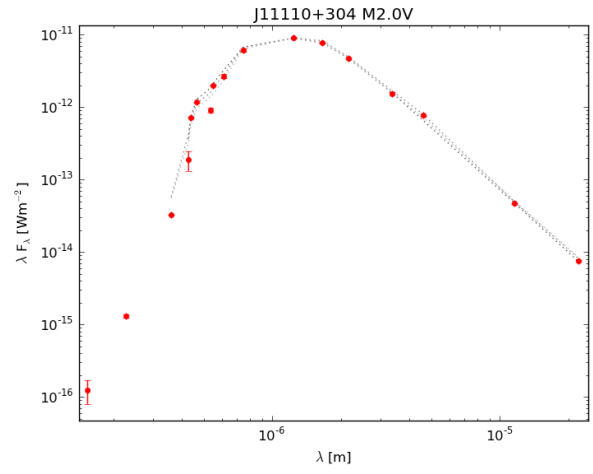
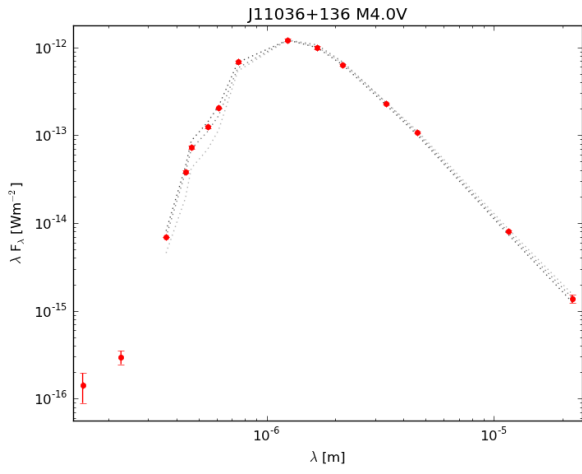


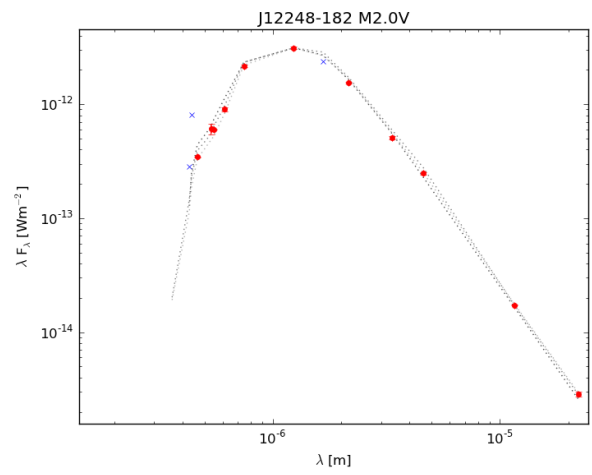
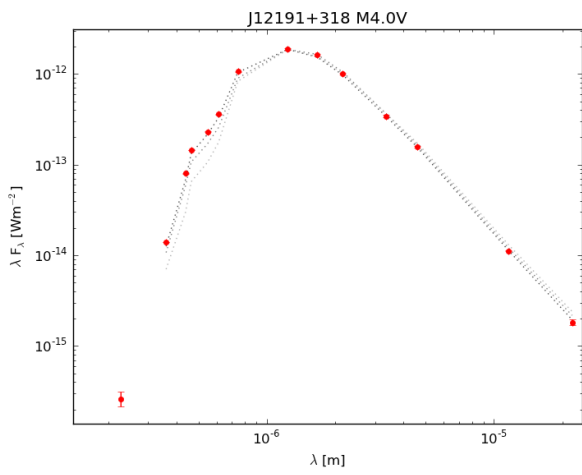
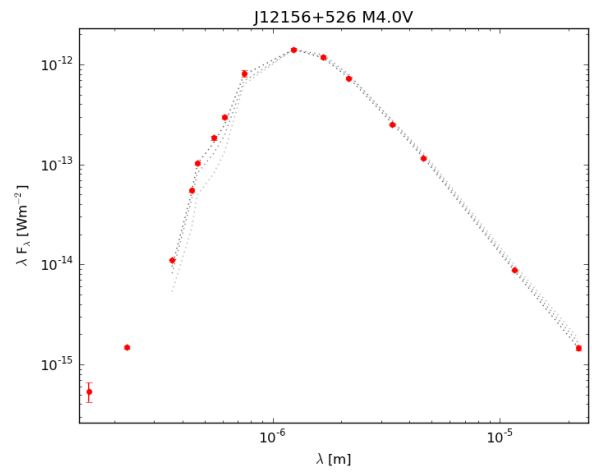
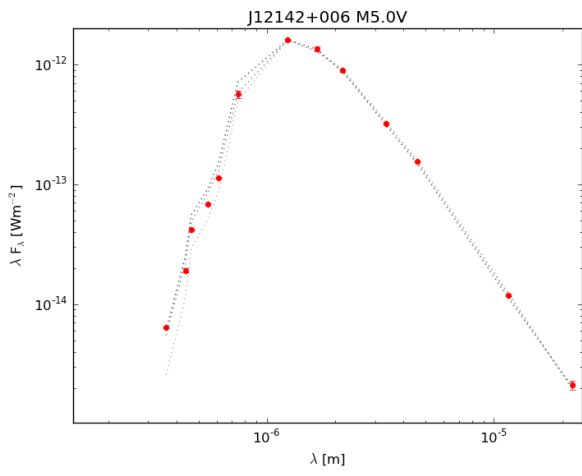
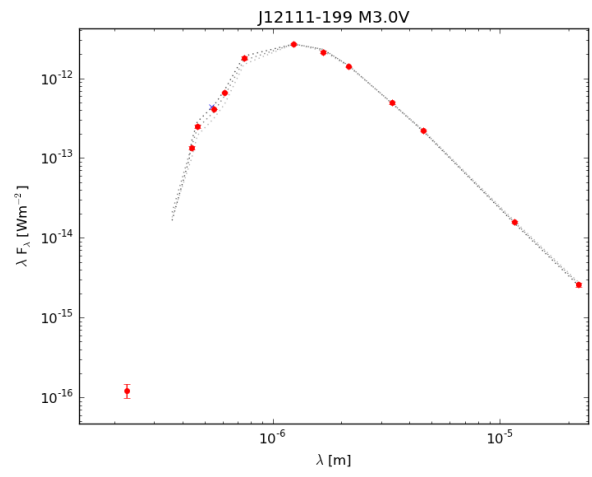
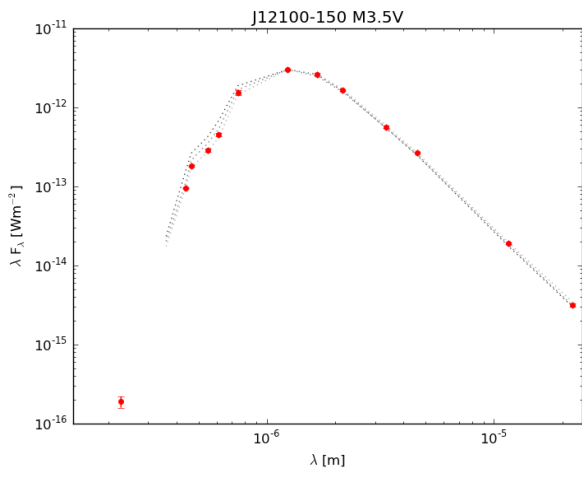


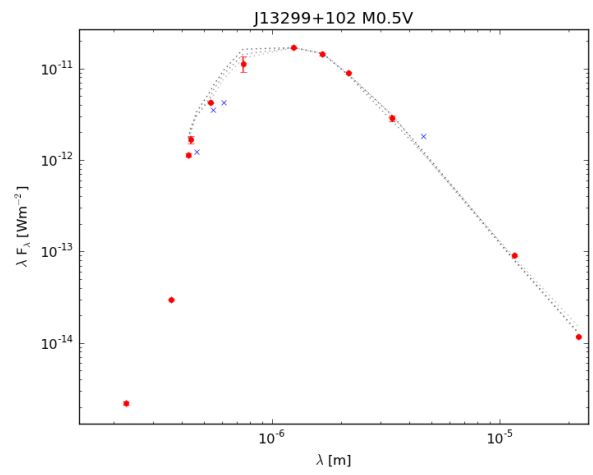
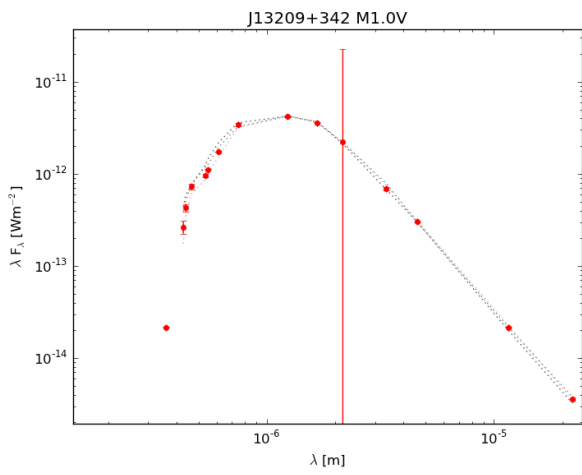
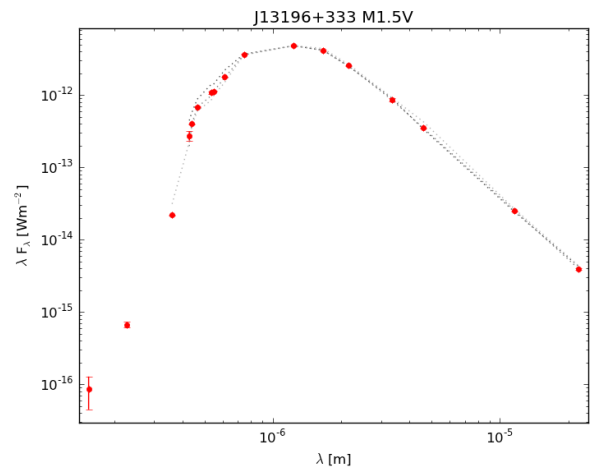
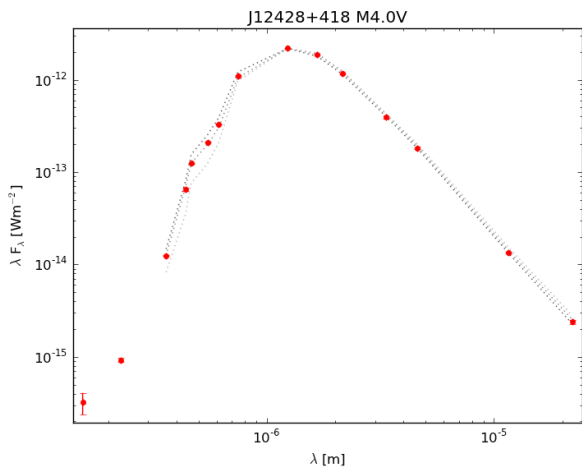
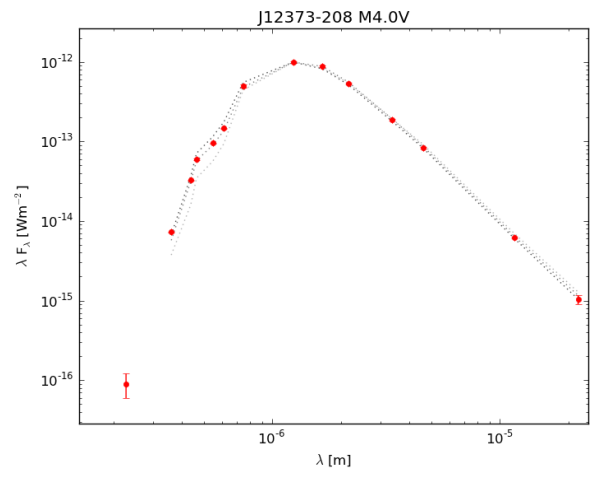
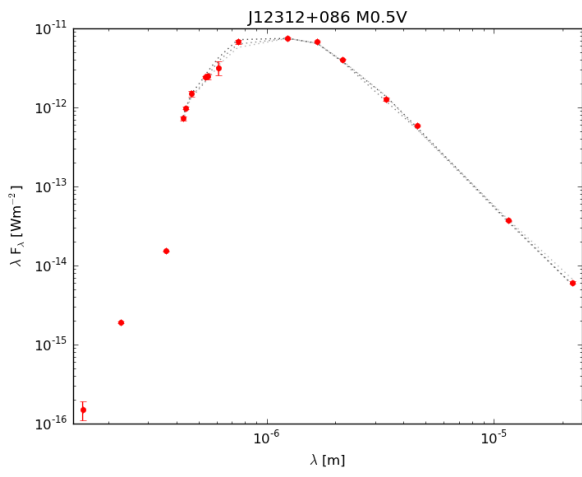


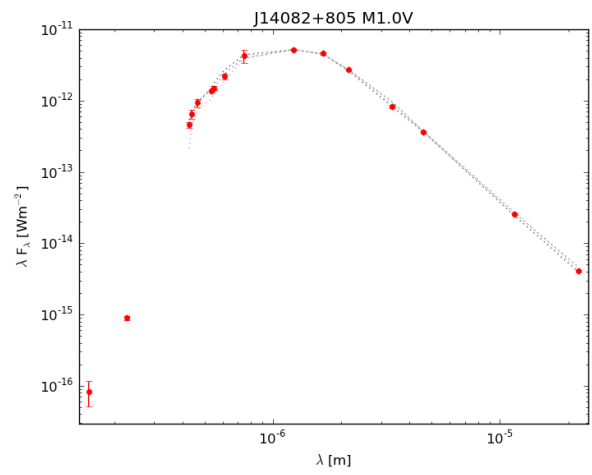
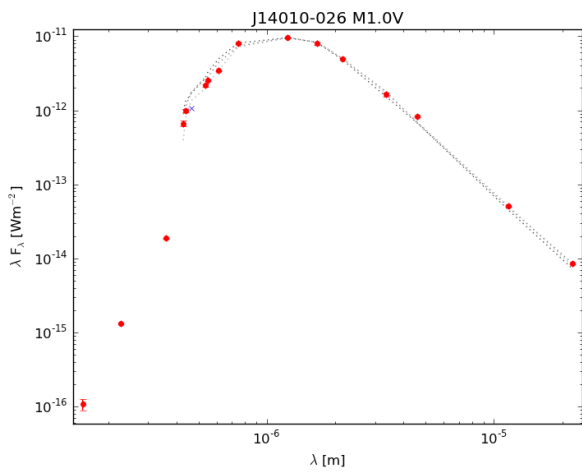
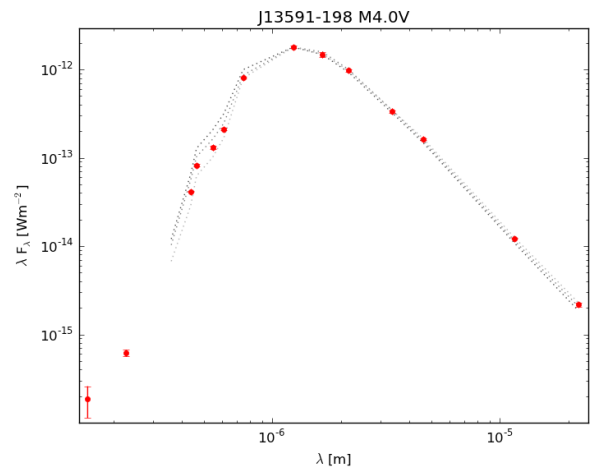
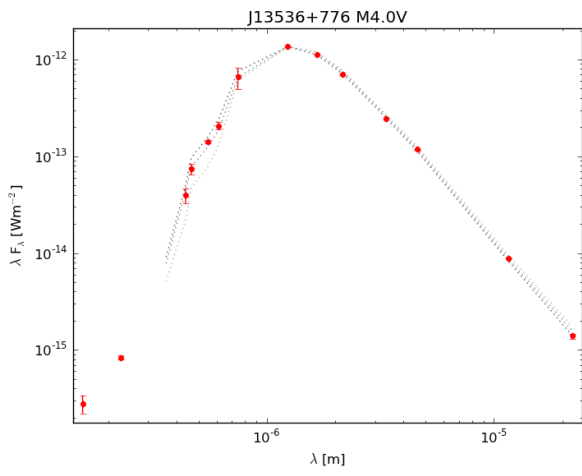
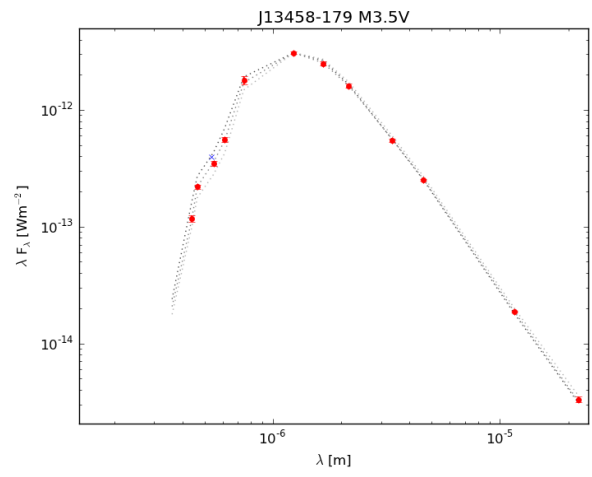
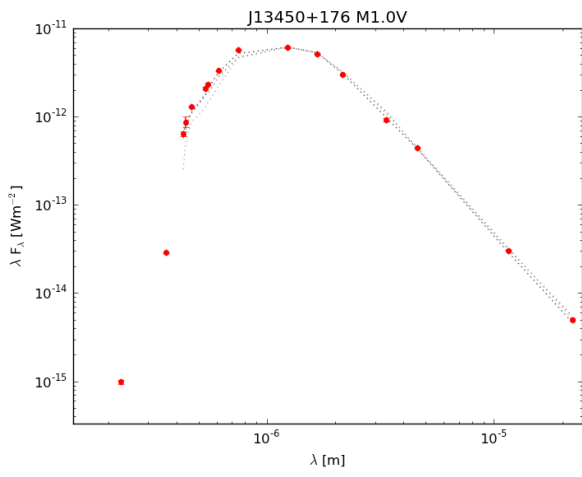


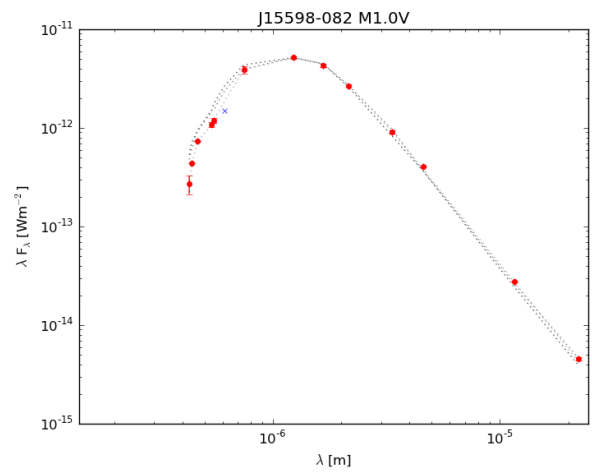
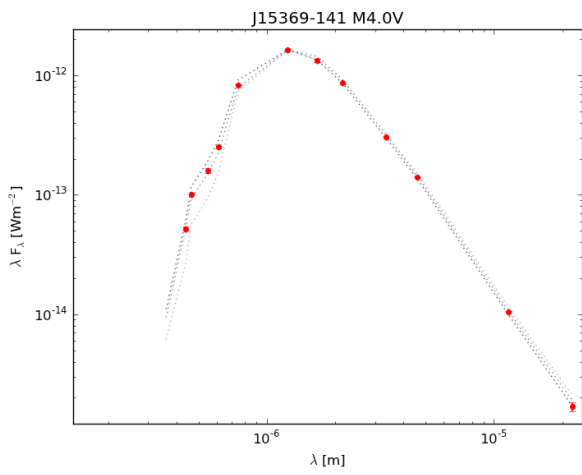
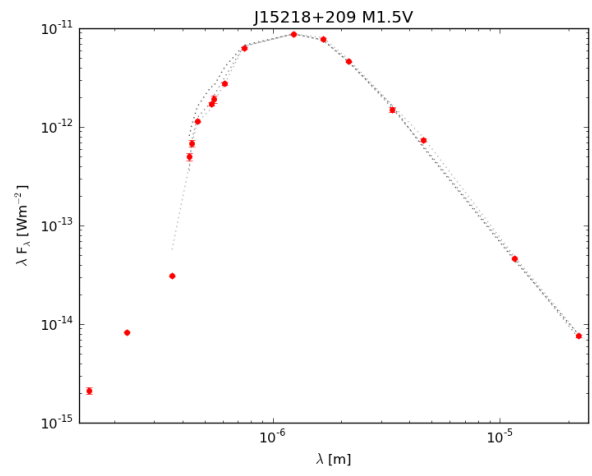
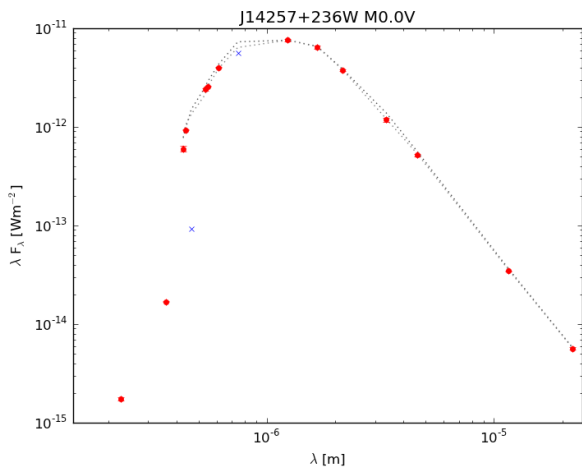
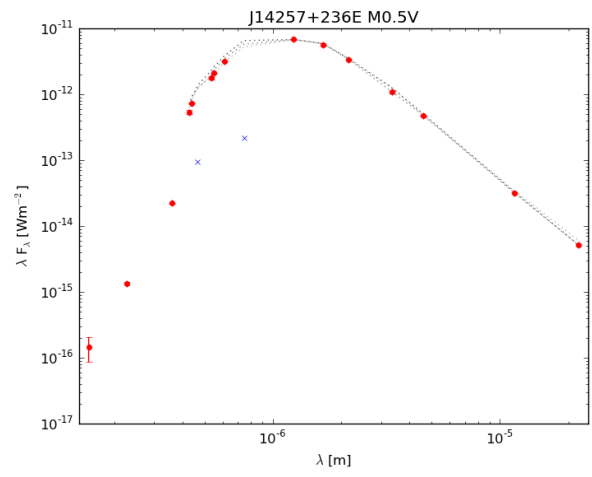
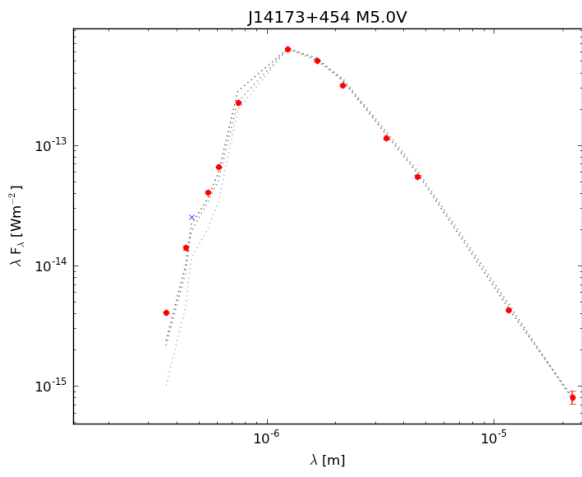


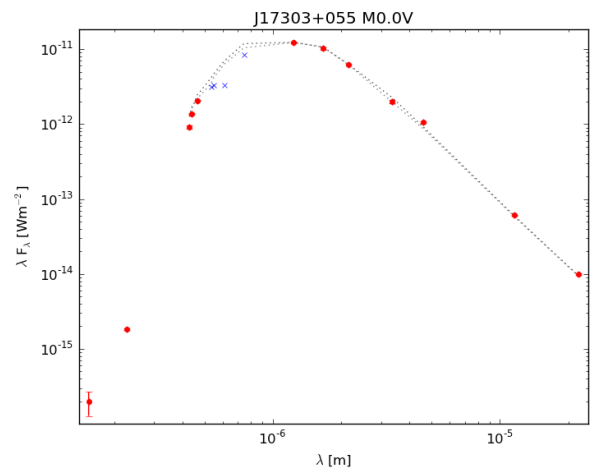
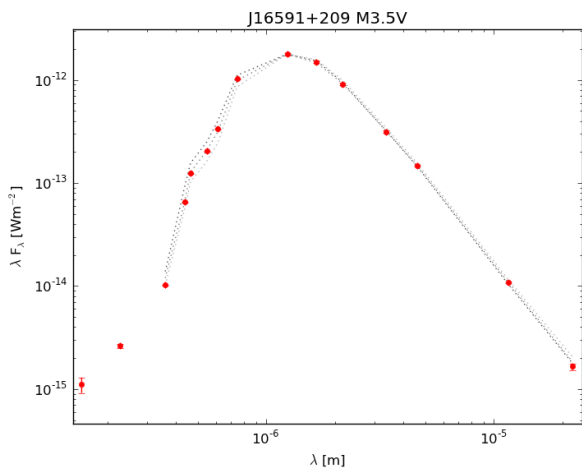
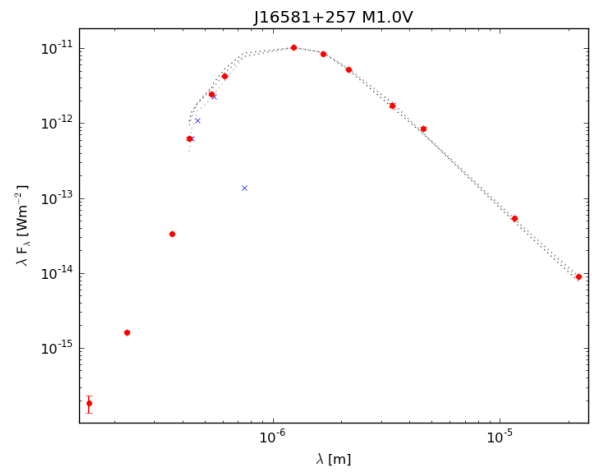
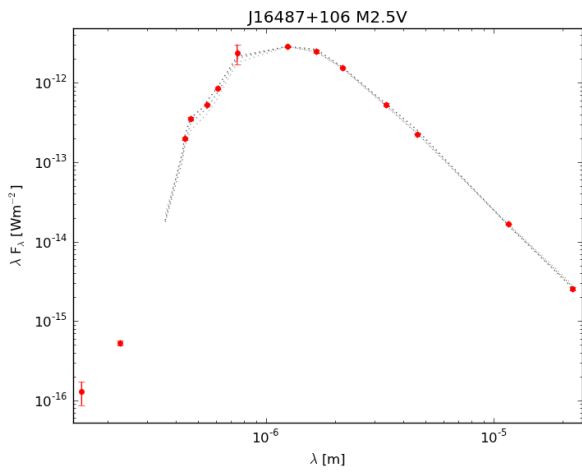
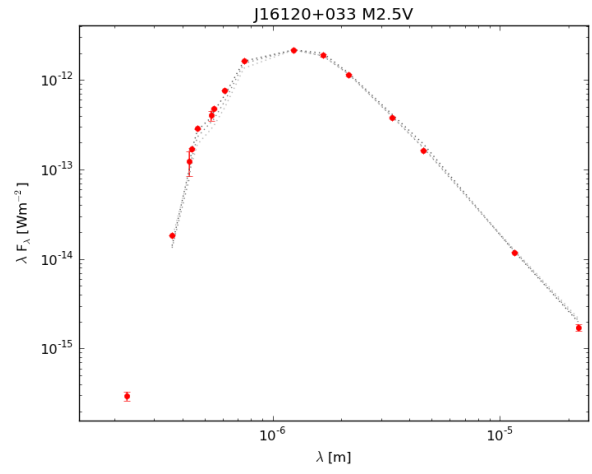
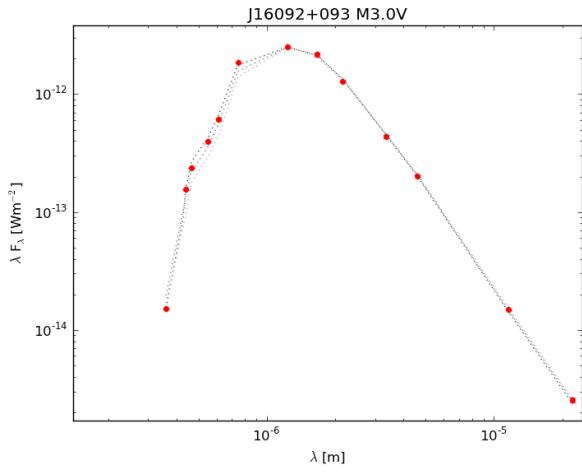


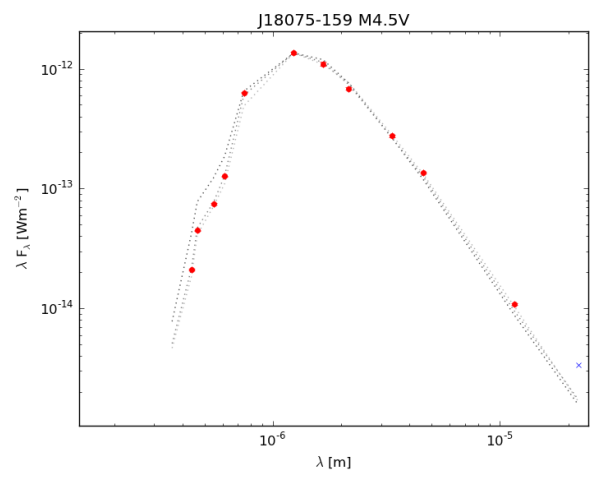
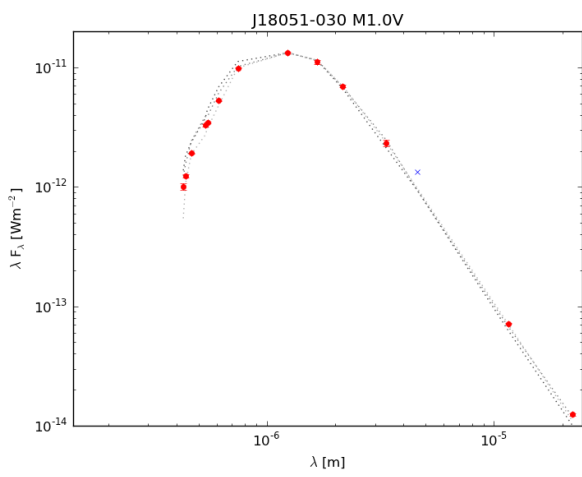
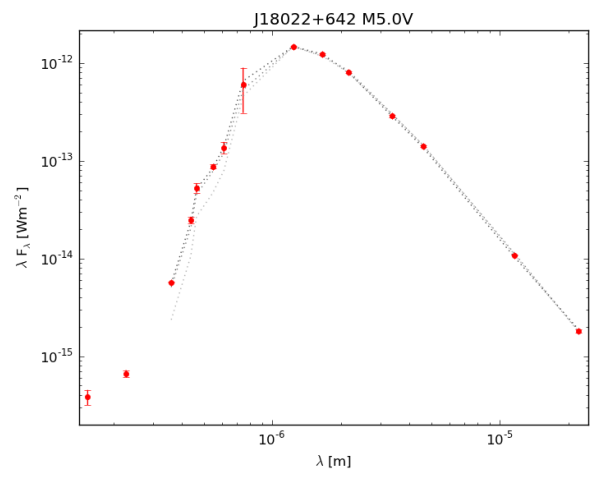
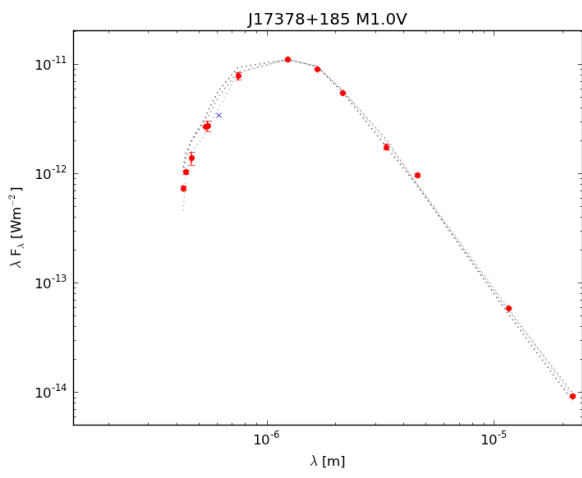
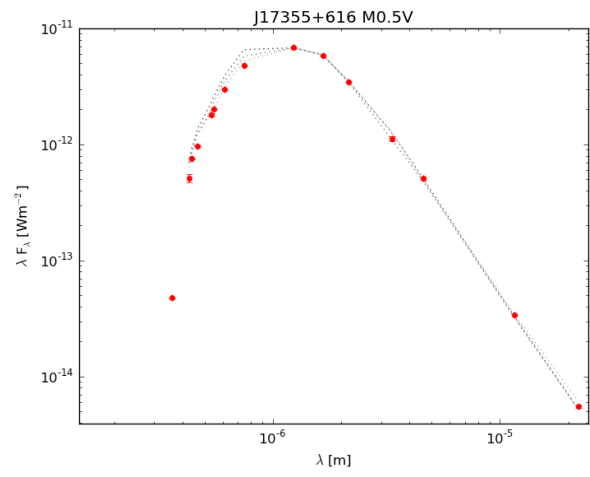
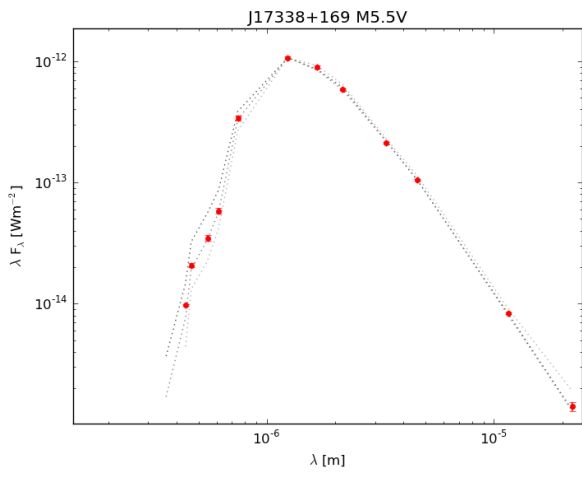


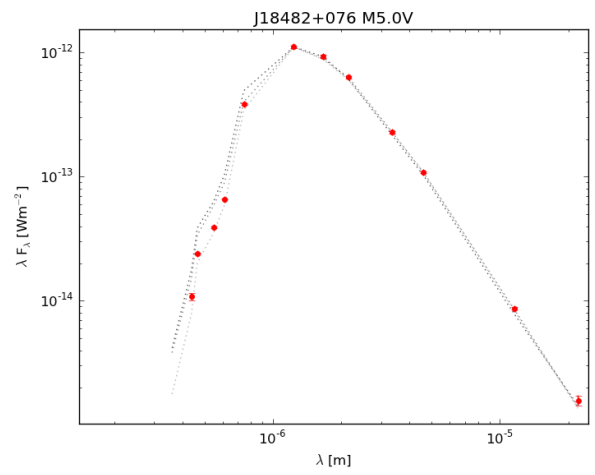
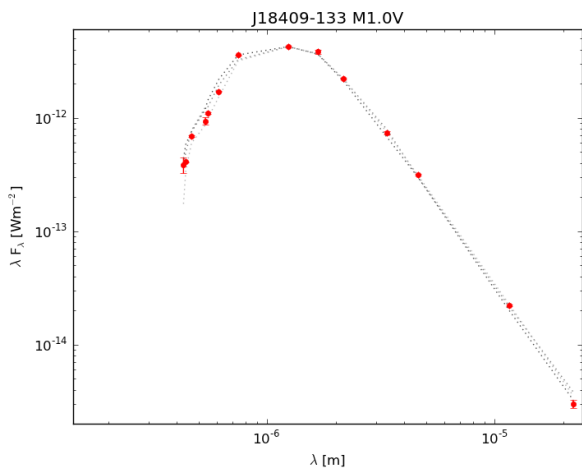
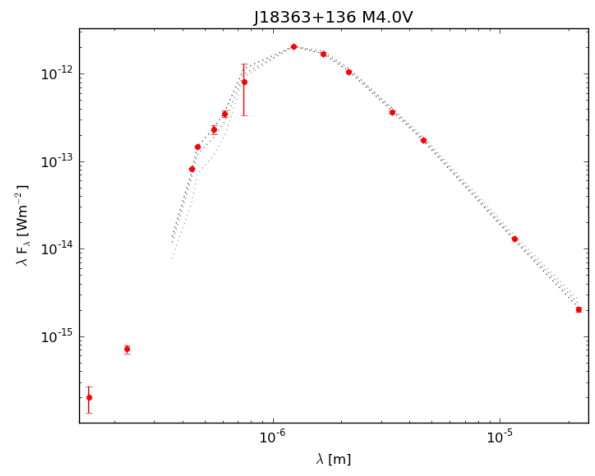
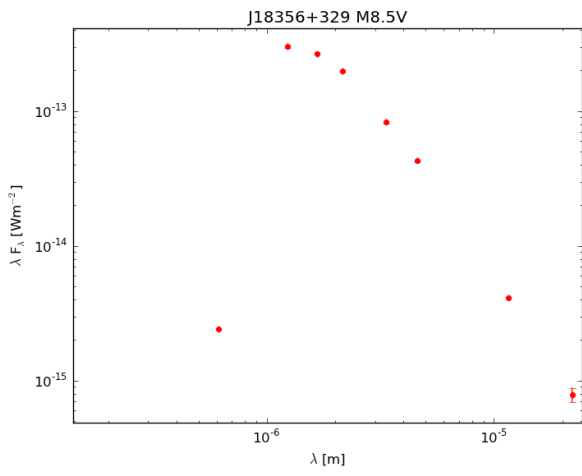
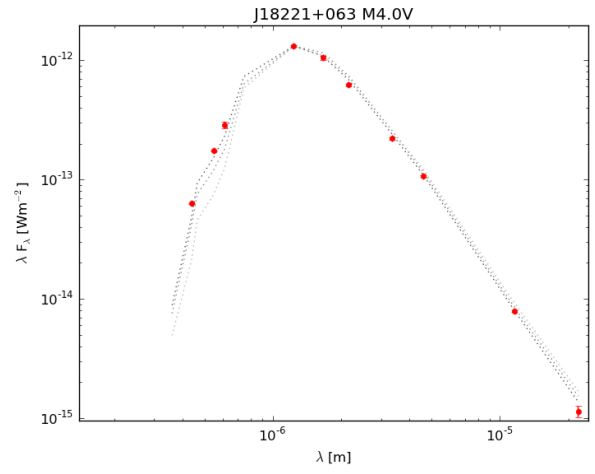
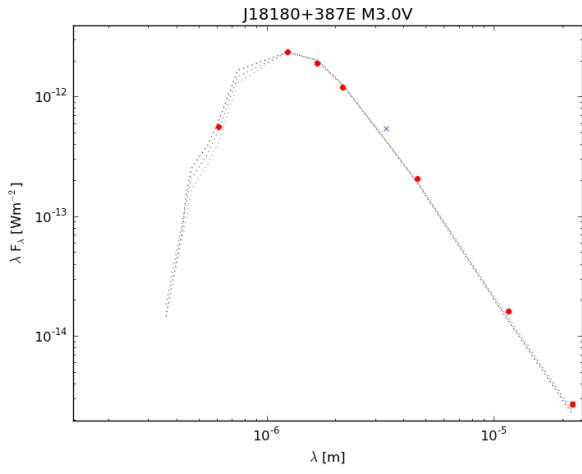


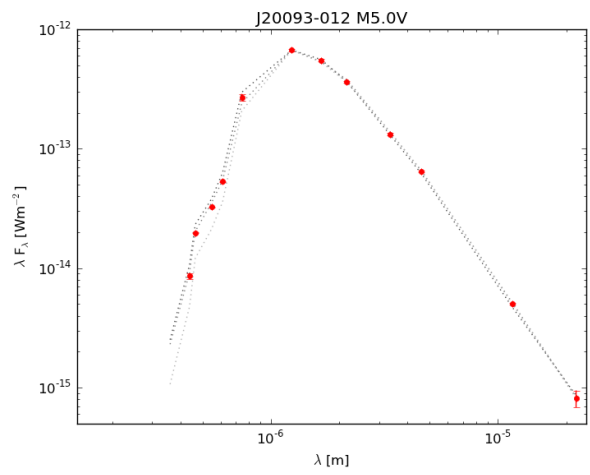
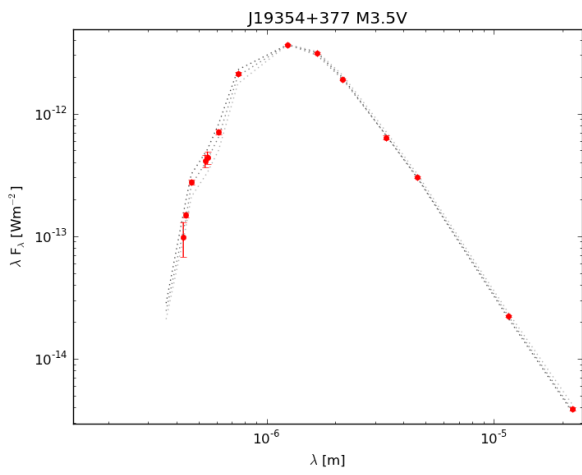
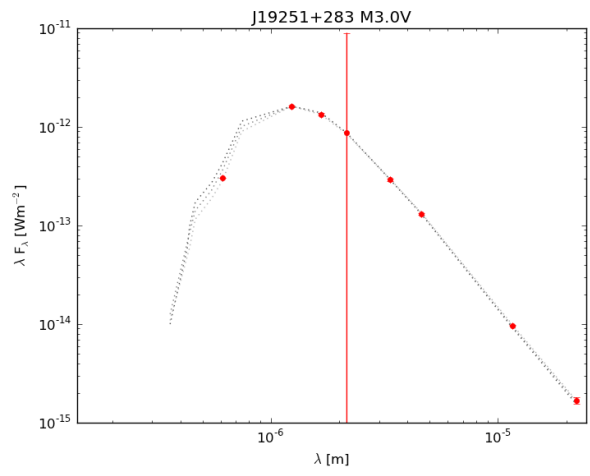
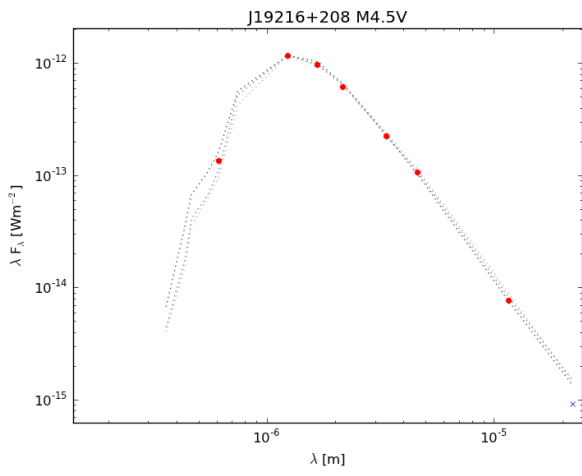
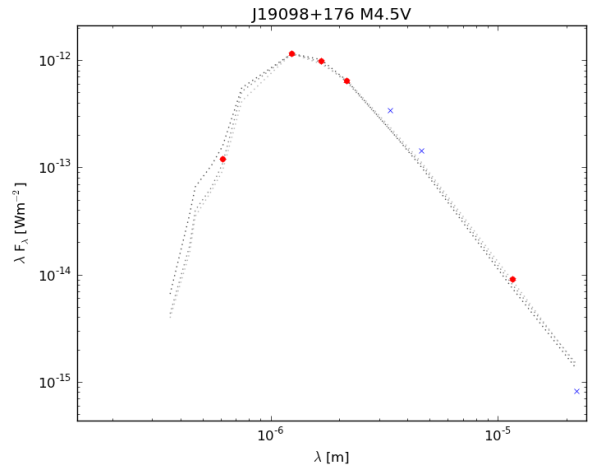
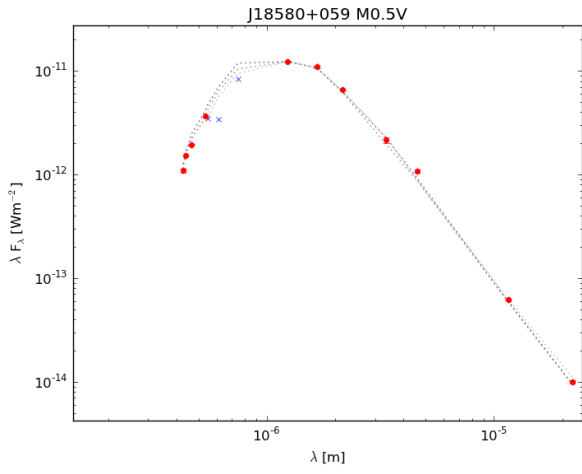


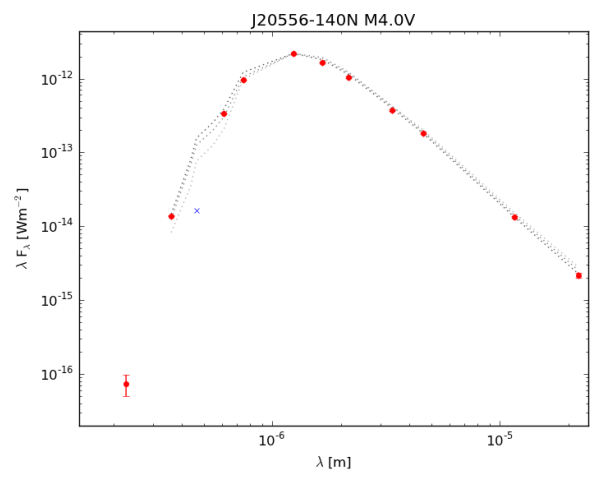
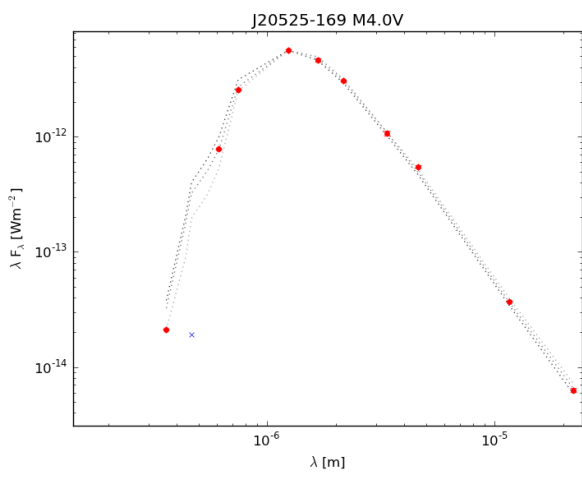
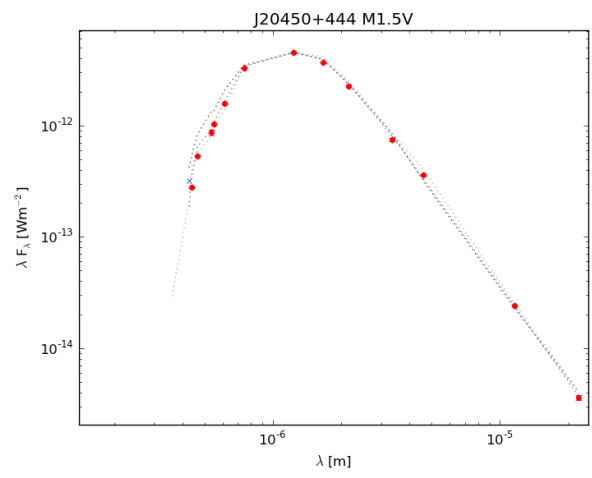
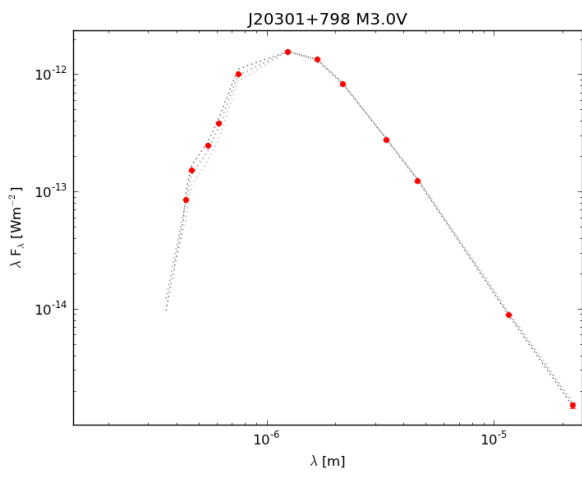
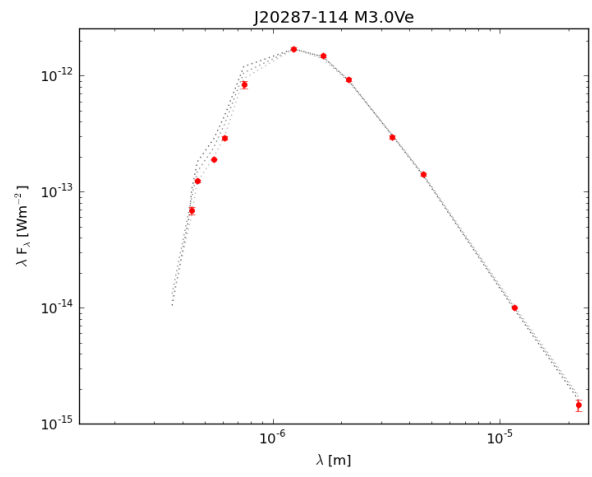
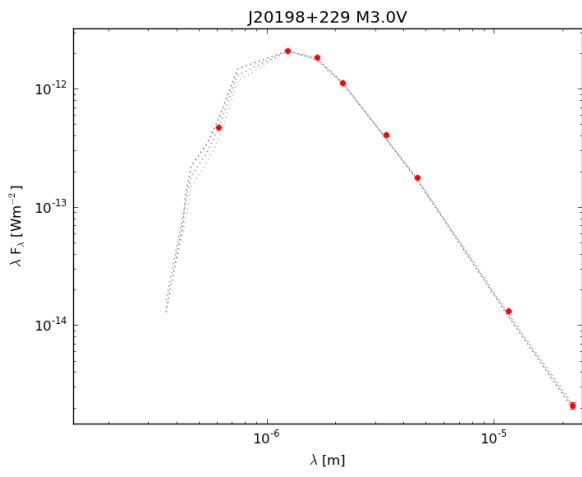


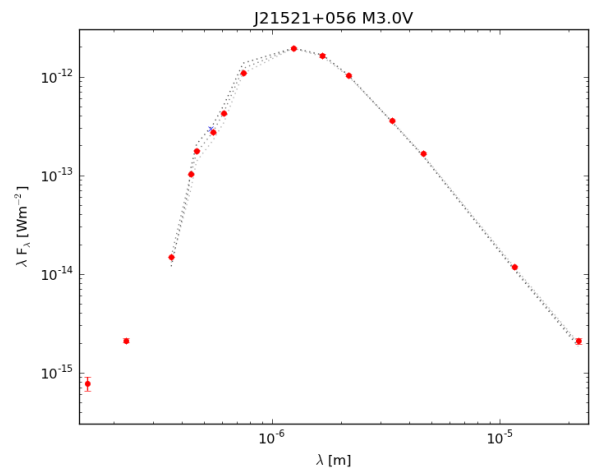
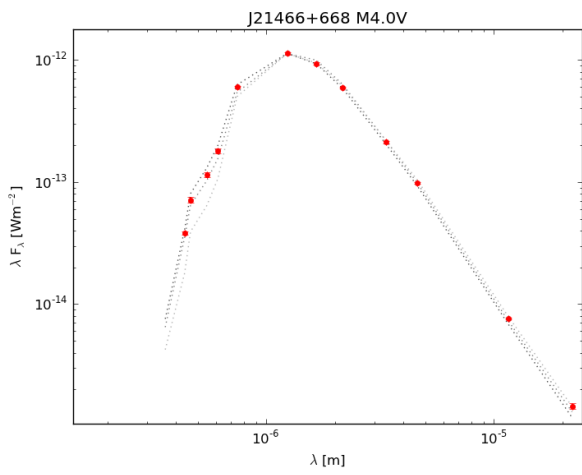
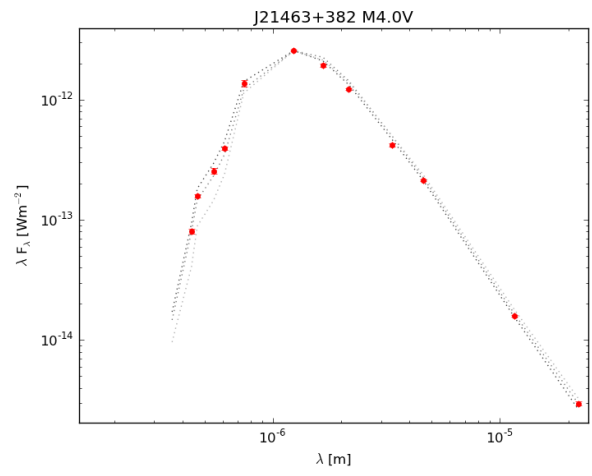
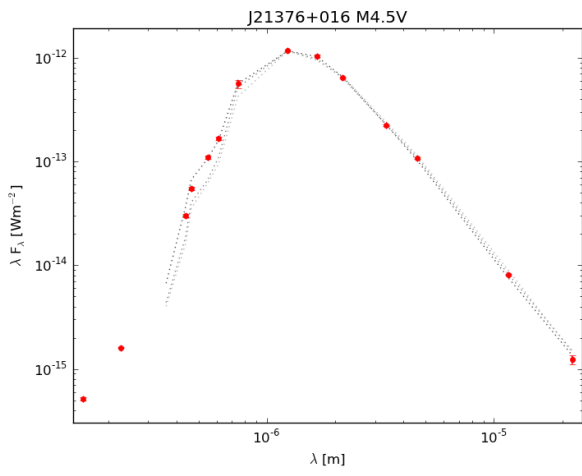
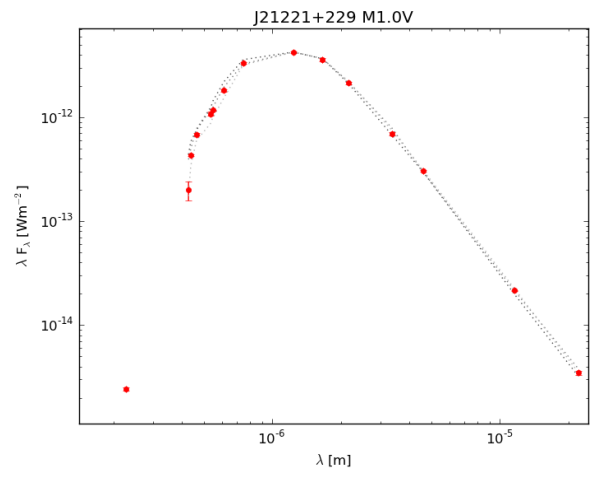
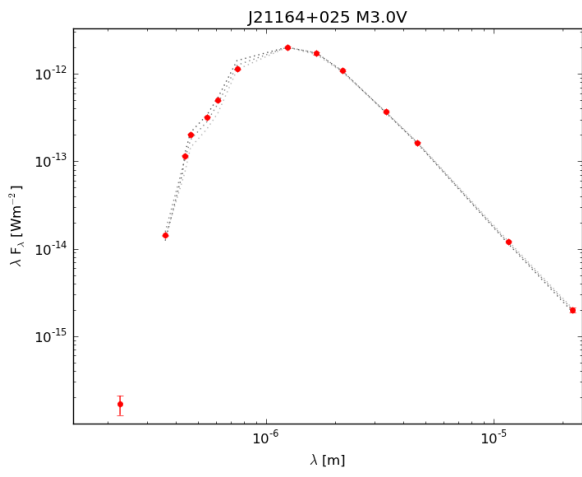


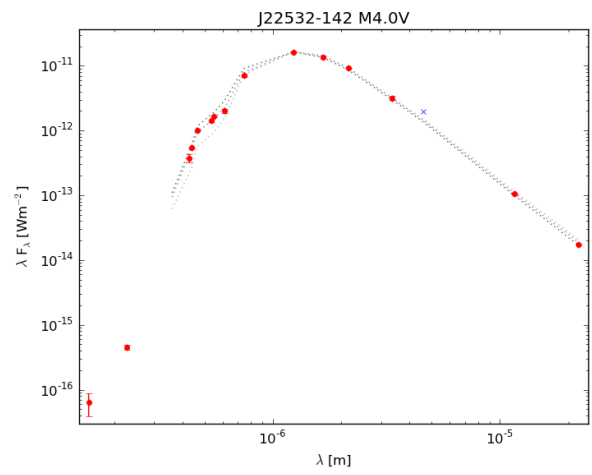
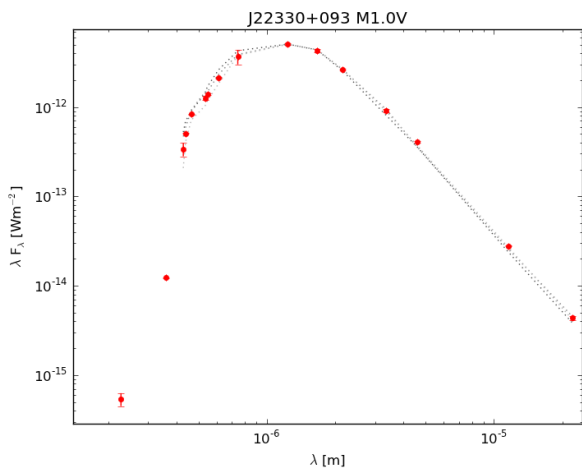
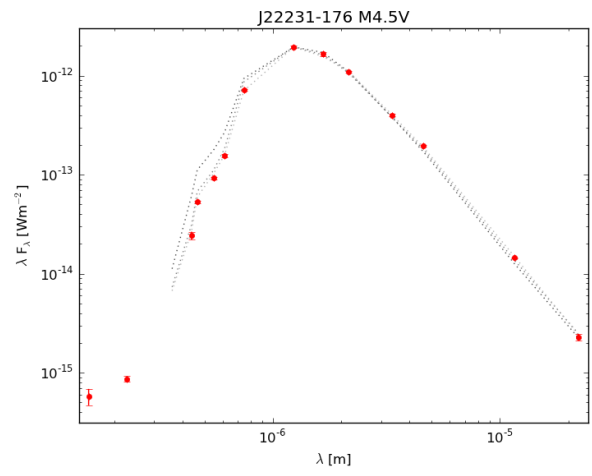
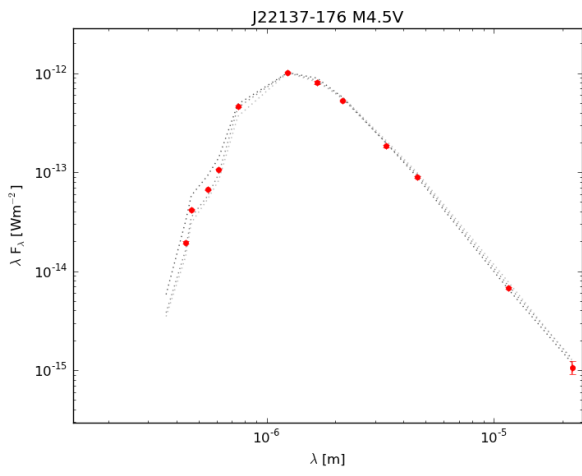
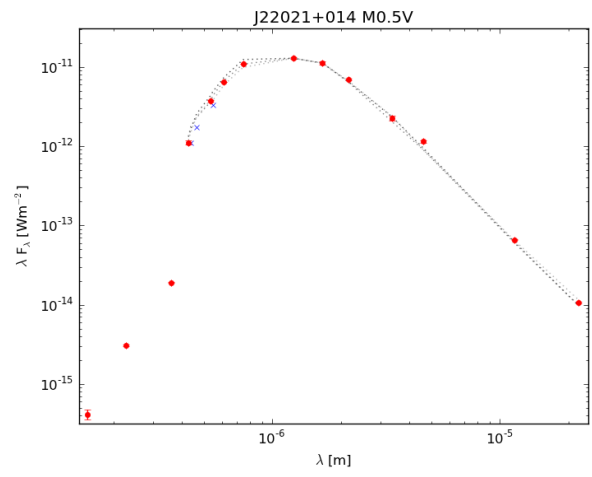
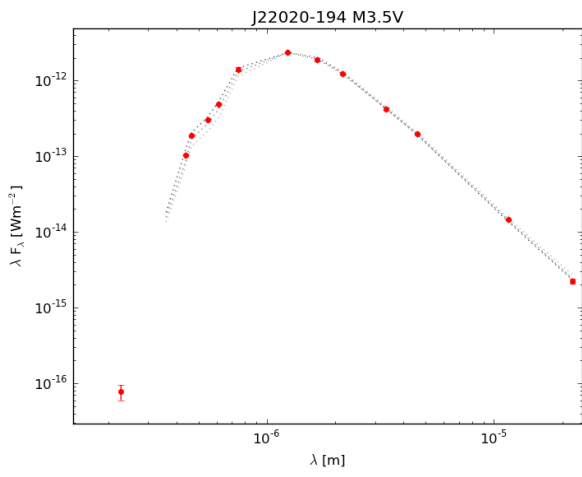


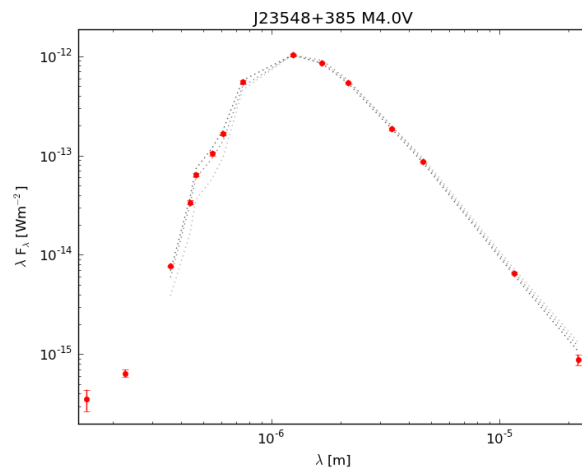
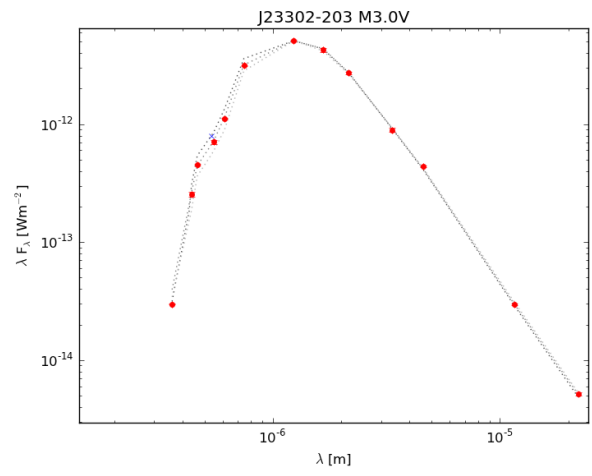
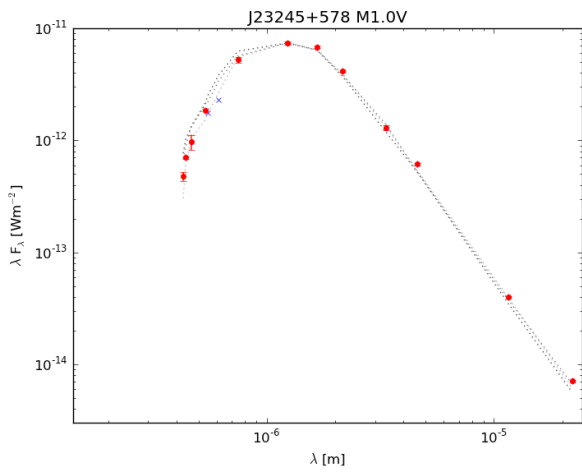
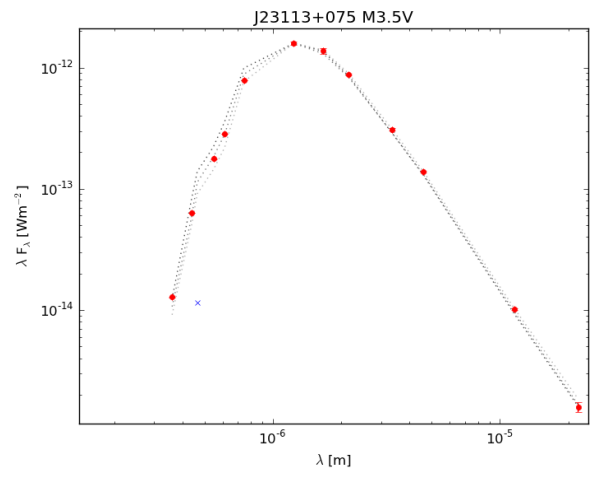
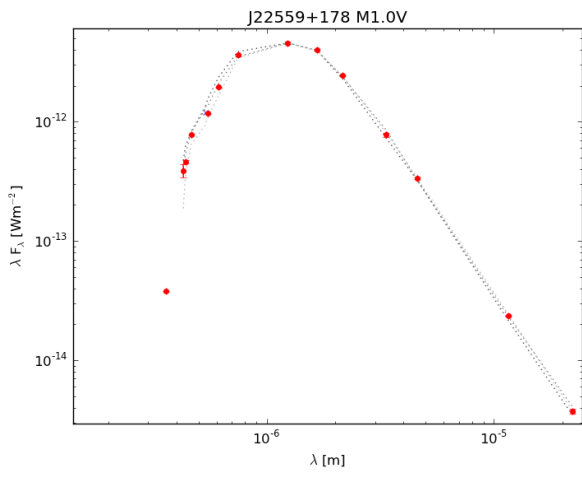




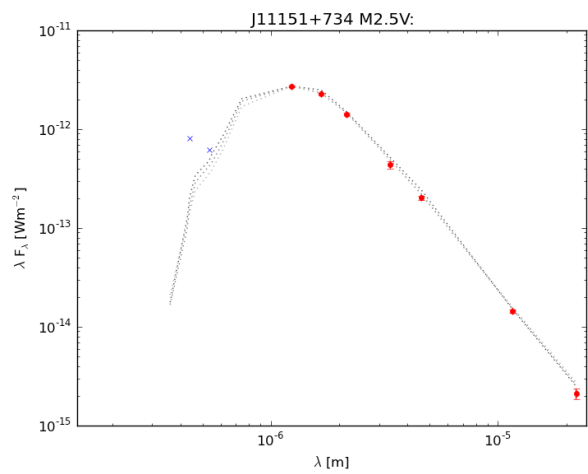
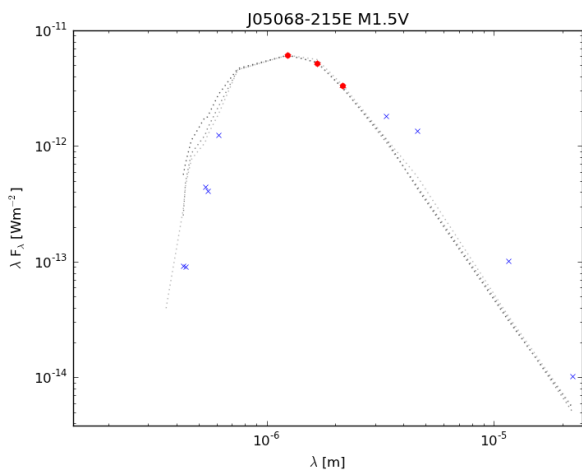
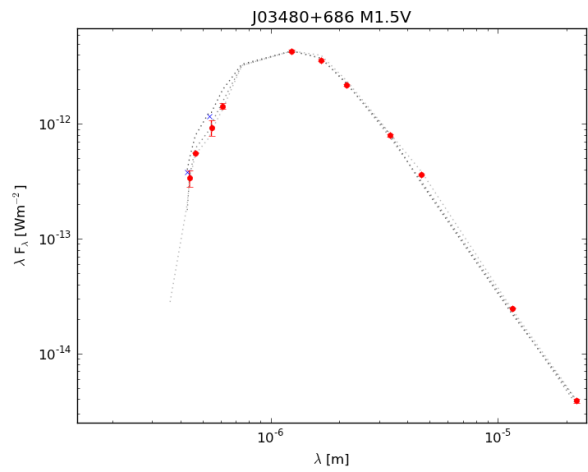
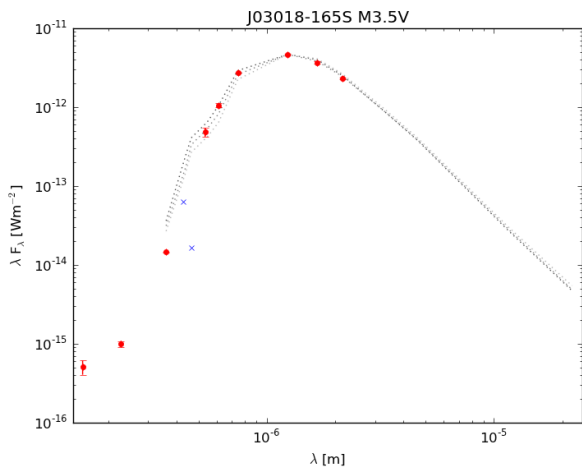
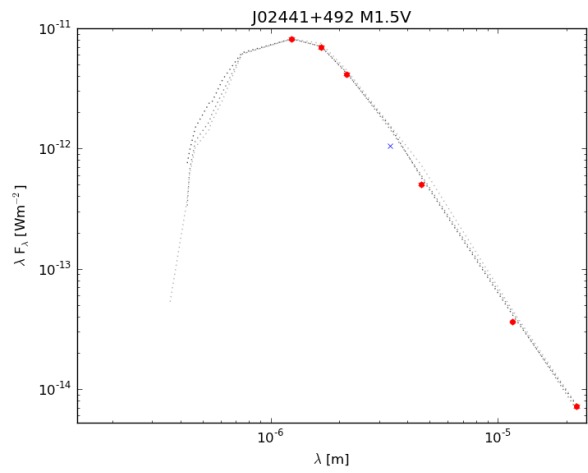
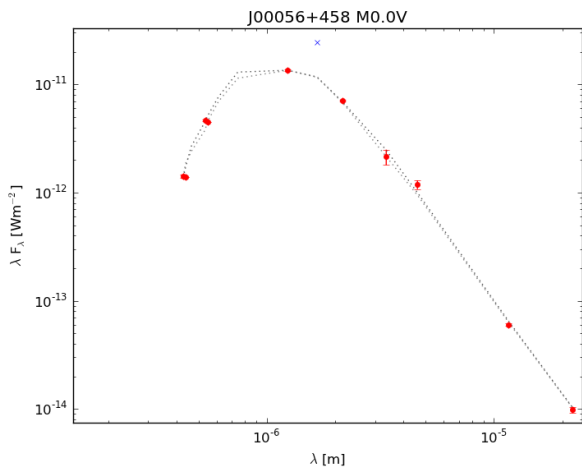


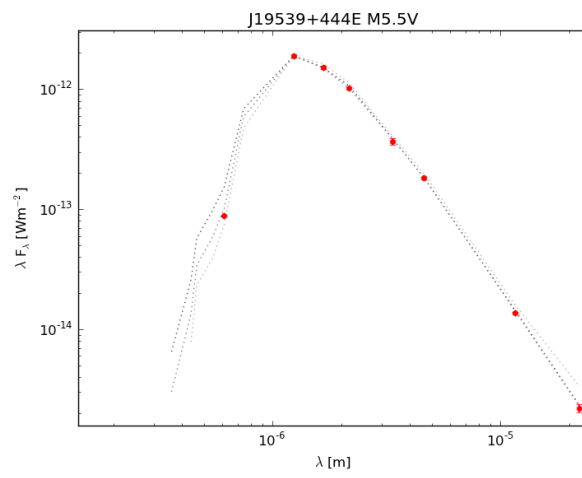
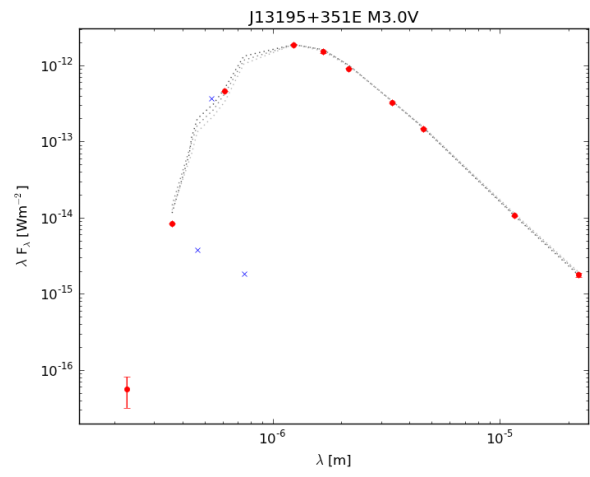
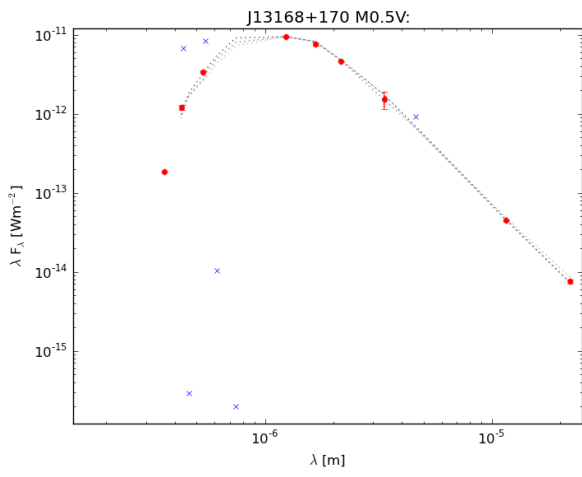




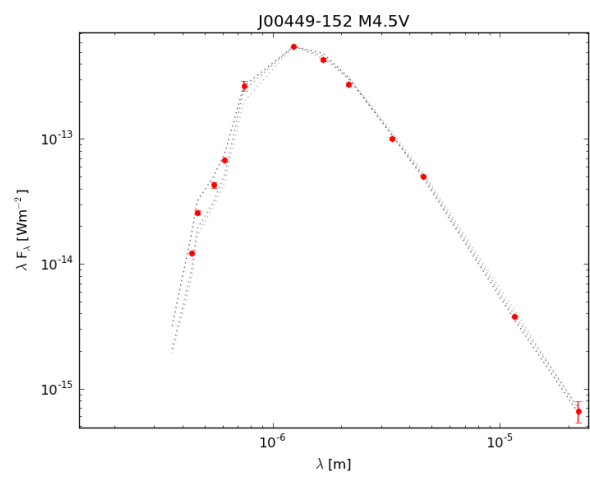
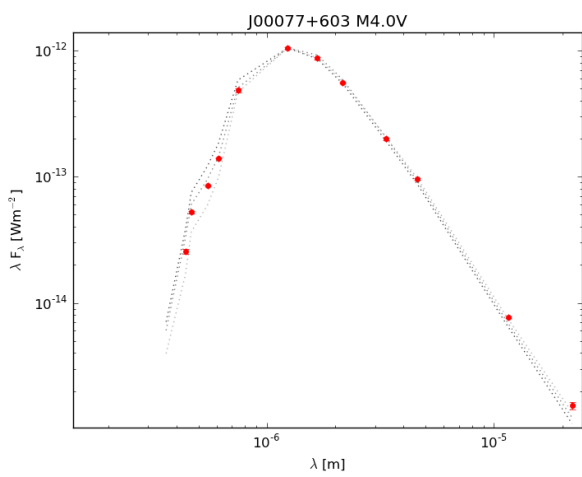


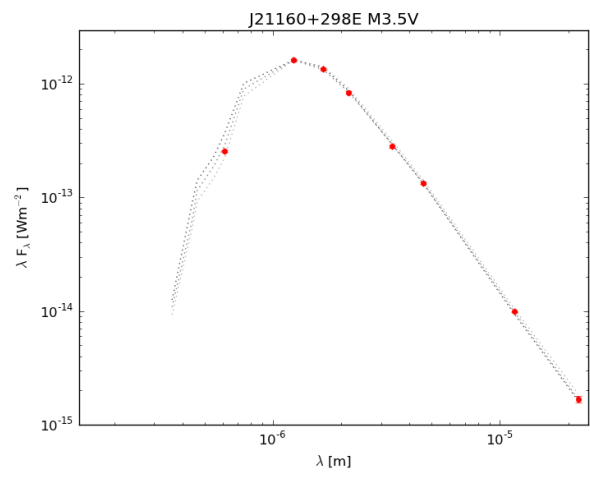
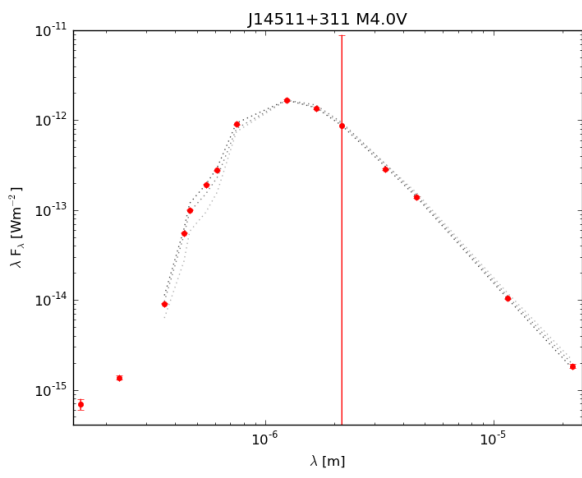
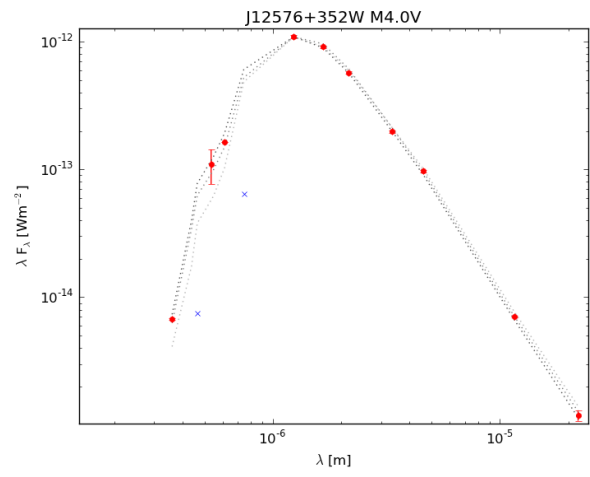
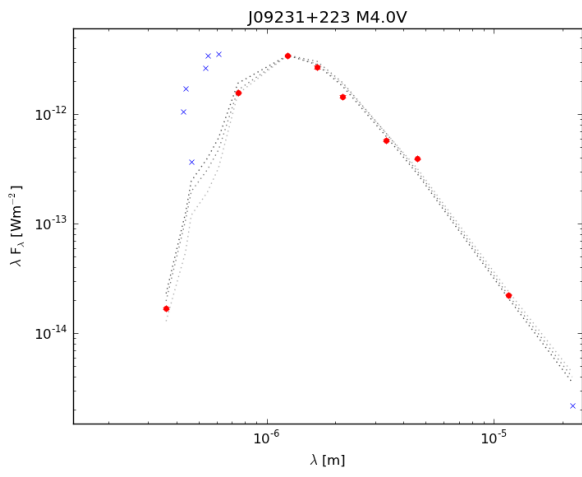
SEDs Contaminadas por la compañera





SEDs Betas, Gammas y Deltas con fotometría recopilada





Anexo: Tablas y Póster

Tabla 14: Magnitudes de las estrellas prototipo en los diferentes filtros de estudio

Karrm	T. esp.	u' [mag]	B [mag]	g' [mag]	V [mag]	r' [mag]	i' [mag]	J [mag]	H [mag]	K_s [mag]	$W1$ [mag]	$W2$ [mag]	$W3$ [mag]	$W4$ [mag]
J12123+544S	M0.0V	...	11.248±0.05	10.592±0.14	9.699±0.08	9.140±0.14	8.364±0.14	6.875±0.021	6.245±0.017	6.059±0.017	5.846±0.056	5.852±0.022	5.887±0.016	5.814±0.043
J18353+457	M0.5V	...	11.169±0.06	10.716±0.09	9.830±0.03	9.254±0.04	8.512±0.06	6.881±0.02	6.260±0.021	6.082±0.016	6.003±0.055	5.916±0.024	5.921±0.015	5.831±0.032
J02565+554W	M1.0V	...	11.891±0.04	11.231±0.01	10.524±0.08	9.927±0.08	9.161±0.04	7.425±0.021	6.797±0.031	6.590±0.02	6.377±0.039	6.459±0.02	6.383±0.015	6.194±0.049
J00136+806	M1.5V	...	12.626±0.06	11.842±0.01	11.104±...	10.517±...	9.519±0.06	7.756±0.034	7.131±0.047	6.904±0.02	6.766±0.037	6.748±0.019	6.663±0.014	6.611±0.046
J22115+184	M2.0V	14.428±0.005	11.681±0.02	10.941±0.03	10.223±0.02	9.651±0.01	8.487±...	6.725±0.037	6.035±0.036	5.823±0.016	5.656±0.054	5.504±0.029	5.584±0.015	5.477±0.040
J21019-063	M2.5V	15.324±0.007	12.748±0.01	11.959±0.02	11.276±0.01	10.659±0.03	9.390±0.06	7.563±0.017	6.952±0.026	6.692±0.018	6.558±0.04	6.454±0.02	6.401±0.015	6.274±0.056
J09011+019	M3.0V	15.44±0.01	13.279±0.01	12.537±0.07	11.831±0.03	11.207±0.02	9.893±0.03	7.932±0.023	7.314±0.044	7.057±0.018	6.917±0.03	6.806±0.021	6.739±0.016	6.583±0.061
J09423+559	M3.5V	16.04±0.01	14.097±0.03	13.202±0.01	12.482±0.09	11.913±0.05	10.461±0.04	8.374±0.02	7.805±0.02	7.53±0.02	7.353±0.026	7.23±0.019	7.136±0.015	6.987±0.061
J15191-127	M4.0V	16.343±0.008	14.398±0.03	13.571±0.02	12.876±0.02	12.317±0.08	10.751±0.07	8.507±0.026	7.862±0.027	7.582±0.02	7.414±0.028	7.303±0.019	7.200±0.017	7.001±0.105
J13005+056	M4.5V	16.849±0.01	15.173±0.02	14.161±0.02	13.434±0.03	12.773±0.04	10.883±0.11	8.553±0.035	7.956±0.047	7.66±0.031	7.46±0.028	7.289±0.021	7.158±0.016	6.939±0.069
J20260+585	M5.0V	17.42±0.01	15.817±0.10	14.782±0.13	13.993±0.05	13.412±0.05	11.583±0.09	9.029±0.039	8.483±0.073	8.095±0.021	7.874±0.023	7.712±0.012	7.538±0.015	7.453±0.071
J00067-075	M5.5V	17.55±0.39	15.824±0.07	14.637±0.01	13.837±0.03	13.157±0.01	11.042±0.07	8.323±0.019	7.792±0.034	7.439±0.021	7.176±0.028	6.993±0.02	6.86±0.016	6.766±0.08
J02142-039	M6.0V	...	18.57±0.48	17.214±0.19	16.433±0.01	15.655±0.01	13.435±0.01	10.481±0.024	9.858±0.02	9.485±0.02	9.278±0.023	9.072±0.021	8.884±0.023	8.512±0.233
J10564+070	M6.5V	16.25±0.01	15.551±...	14.265±0.10	13.528±0.02	12.762±0.05	10.320±0.03	7.085±0.024	6.482±0.042	6.084±0.017	5.807±0.055	5.487±0.031	5.481±0.015	5.310±0.031

CARMENES

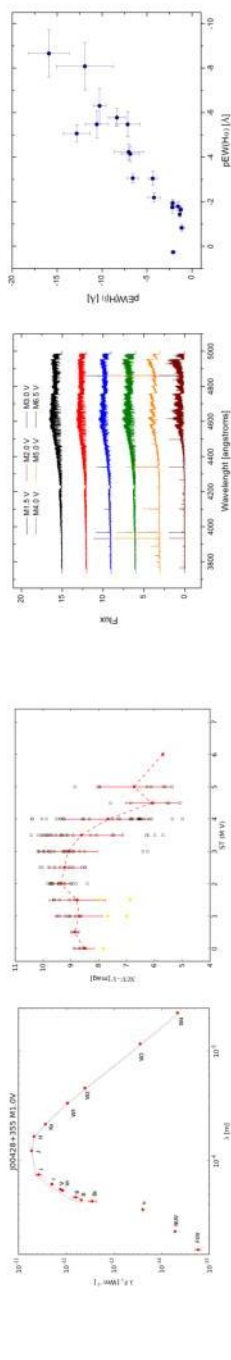
Preparation of the CARMENES Input Catalogue Mining public archives for stellar parameters and spectra of M dwarfs with master thesis students



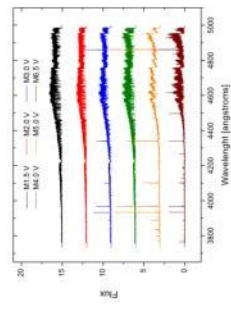
D. Montes⁸, J. A. Caballero¹⁰, F. J. Alonso-Floriano⁸, M. Cortés-Contreras⁸, E. González-Álvarez⁸, D. Hidalgo⁸, G. Holgado⁸, H. Martínez-Rodríguez⁸, J. Sanz-Forcada¹⁰ and the CARMENES Consortium^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11} (<http://carmenes.caha.es/>)

¹Max-Planck-Institut für Astronomie • ²Instituto de Astrofísica de Andalucía • ³Landessternwarte Königstuhl • ⁴Institut für Astrophysik Göttingen • ⁵Instituto de Astrofísica de Canarias • ⁶Thüringer Landessternwarte Tautenburg • ⁷Universidad Complutense de Madrid • ⁸Hamburger Sternwarte • ⁹Centro Astronómico Hispano-Alemán - Calar Alto Observatory

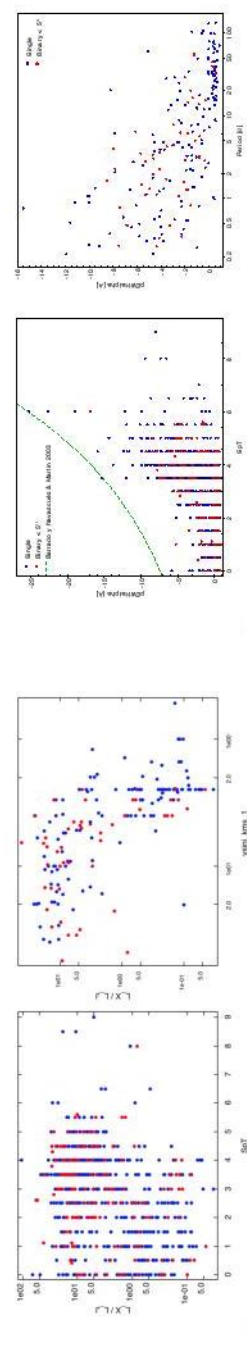
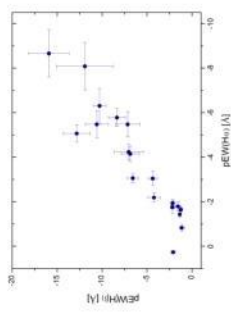
We are compiling the most comprehensive database of M dwarfs ever built. CARMENES, the CARMENES Cool dwarf information and de Ta Archive, which will be the CARMENES 'input catalogue'. In addition to the science preparation with low- and high-resolution spectrographs and lucky imagers (see the other posters at Cool Stars 18), we compile a huge pile of public data on over 2100 M dwarfs, and analyze them, mostly using virtual-observatory tools. Here we describe four specific actions carried out by master students. They mine public archives for additional high-resolution spectroscopy (UVES, FEROS and HARPS), multi-band photometry (FUV-NUV-U-B-g-V-r-R-I-H-Ks-W1-W2-W3-W4), X-ray data (ROSAT, XMM-Newton and Chandra), and periods, rotational velocities and H α pseudo-equivalent widths. As described, there are many interdependences between all these data.



Photometry. Holgado compiled photometric data from GALEX, SDSS, Tycho-2, UCAC4, CVIC14, 2MASS and WISE archives for constructing cleansed spectral energy distributions of 158 CARMENES stars (left panel: SED of FF And) and studying colour-colour relations of 361 bright, late-type, single M dwarfs that surpasses previous works. He also quantified the ultraviolet-excess emission and identified active early M dwarfs (right panel: NUV-FUV vs. spectral type).



High-resolution spectroscopy. Martínez-Rodríguez downloaded 128 UVES spectra of 61 CARMENES stars in eight channels (left panel: BLU437) and measured pseudo-equivalent widths of H α - η , Ca II H&K, Na I D1&2 and He I D3. He measured $pEW(H\alpha)$ of 27 M dwarfs for the first time and studied its relation to other lines in emission (right panel: $pEW(H\beta)$ vs. $pEW(H\alpha)$). He also measured $v \sin i$ of 24 stars (7 new) and identified wrong values published in the literature.



X-ray emission. González-Álvarez added new X-ray count-rate and hardness-ratio data of 188 M dwarfs to CARMENES. She calculated X-ray fluxes and luminosity ratios L_x/L_v for 770 stars in total and investigated its variation with spectral type (left panel) and rotational velocity (right panel). She corroborated with a large sample that close binaries (red dots) are more active than single stars and that X-ray saturation starts at $v \sin i \approx 5$ km/s.

Rotation and activity. Hidalgo ransacked dozens of publications and compiled photometric periods for 217 CARMENES stars, rotational velocities for 420, $pEW(H\alpha)$ s for 1766, and membership in young moving groups for 44. He studied the relation between spectral type, H α activity (left panel), close multiplicity, periods (right panel) and $v \sin i$, from where he identified three stars with inclination angles $i = 79.3$ to 81.6 deg: DT Vir AB, BD-21 1074 A, and FF And.

