

Vigilando todo el cielo a la vez



Alberto Castellón

Universidad de Málaga

Unidad Asociada del IAA en la UMA

Sociedad Malagueña de Astronomía

Observatorio Astronómico del Torcal



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



Vigilando todo el cielo a la vez

(En el visible y desde tierra)



Alberto Castellón

Universidad de Málaga

Unidad Asociada del IAA en la UMA

Sociedad Malagueña de Astronomía

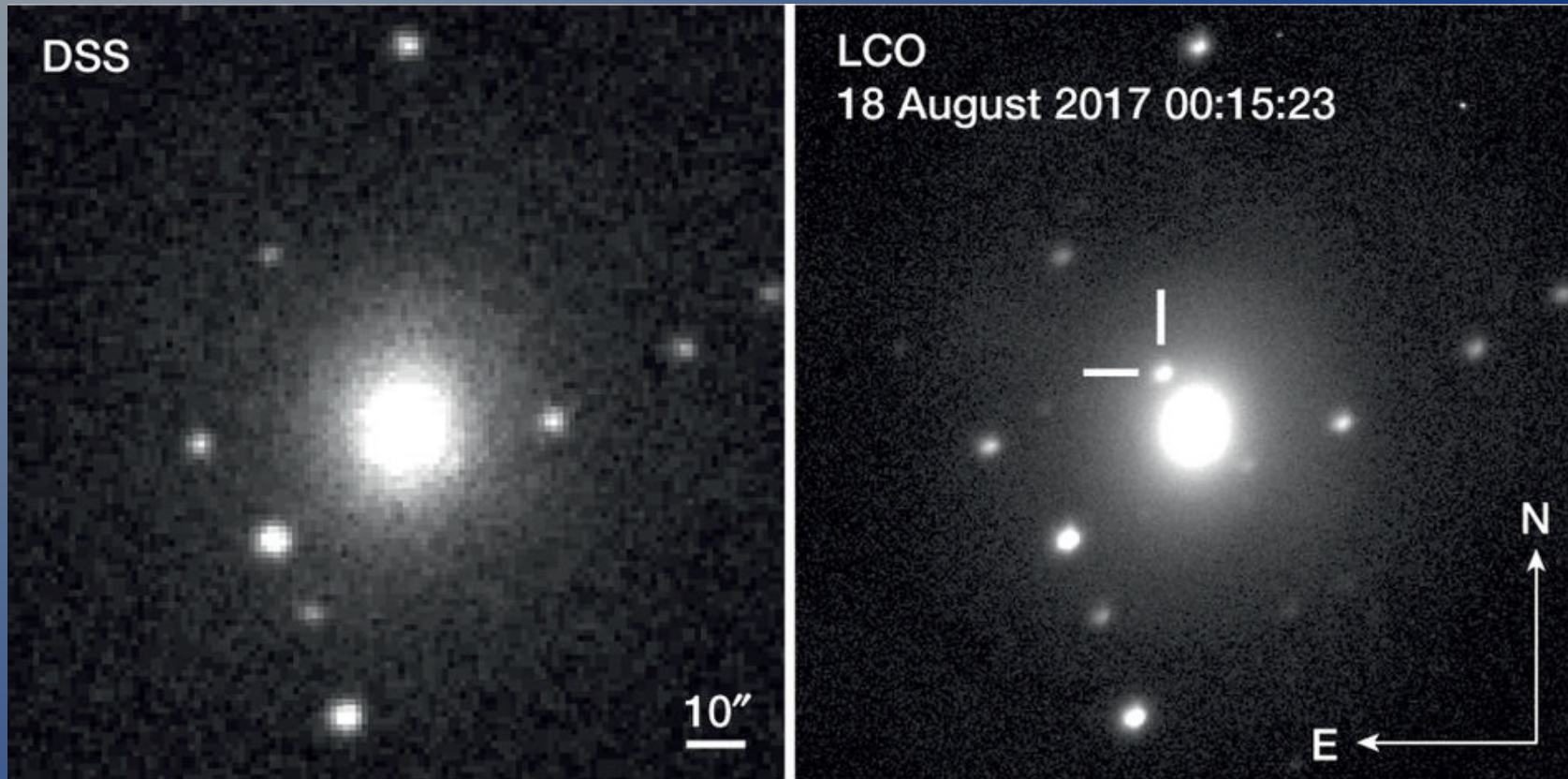
Observatorio Astronómico del Torcal



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



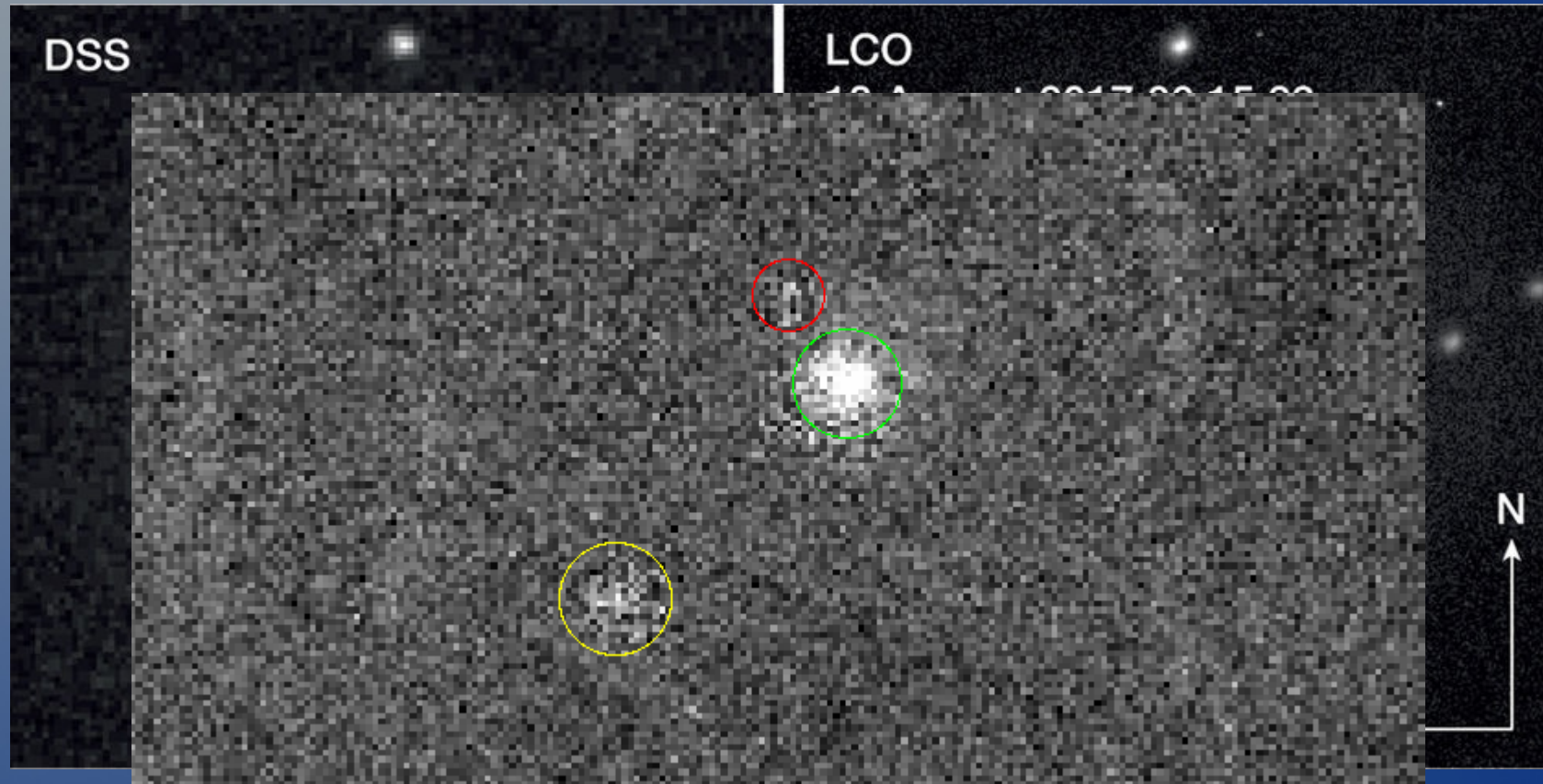
Fenómenos breves y transitorios



Kilonova 2017-08-18
Las Cumbres Observatory

Contrapartidas ópticas de cataclismos cósmicos

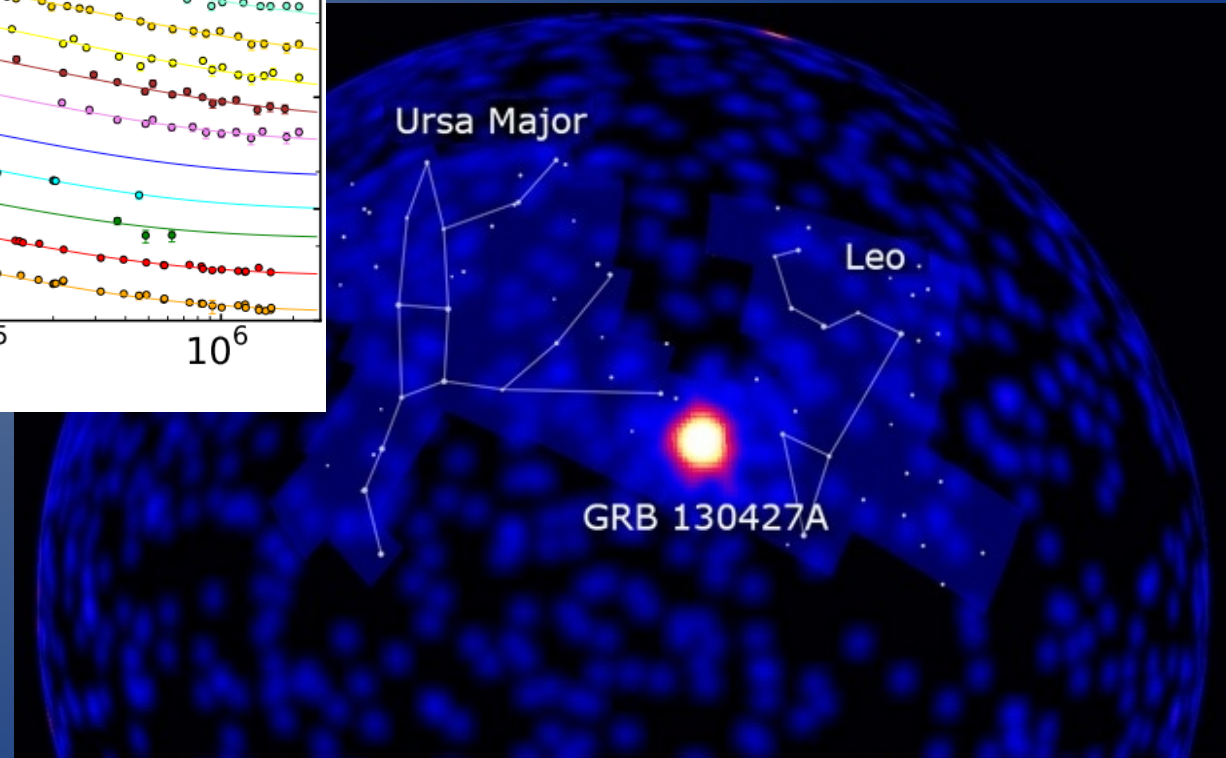
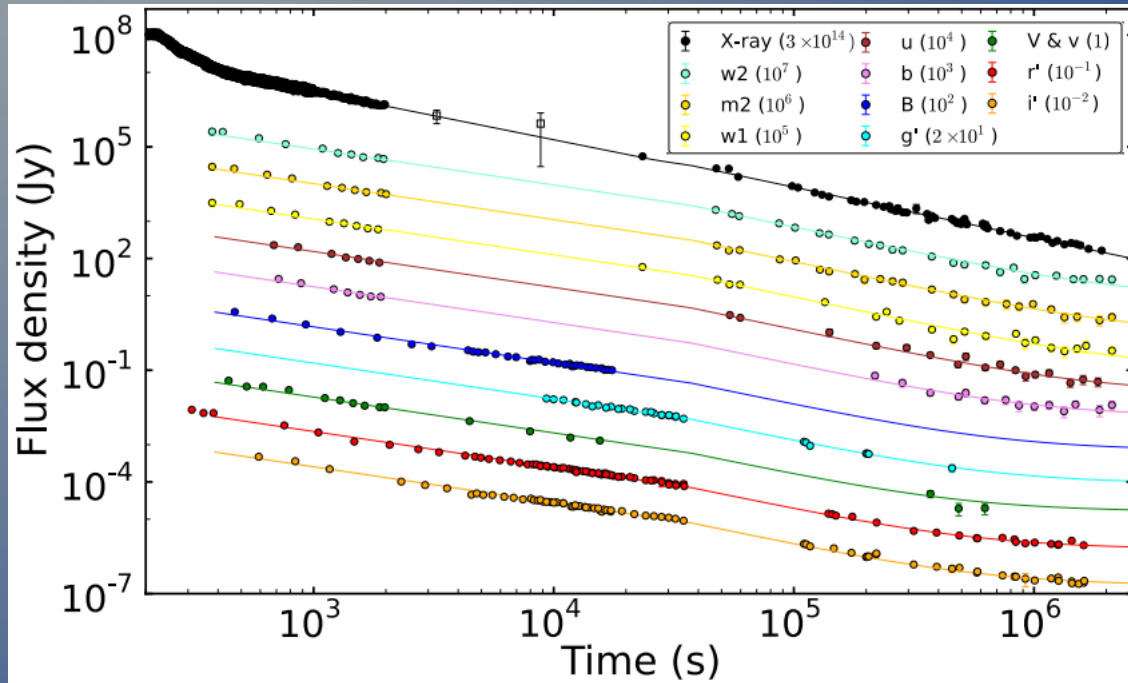
Fenómenos breves y transitorios



Kilonova 2017-08-18
BOOTES-5 (IAA/CSIC/UNAM)

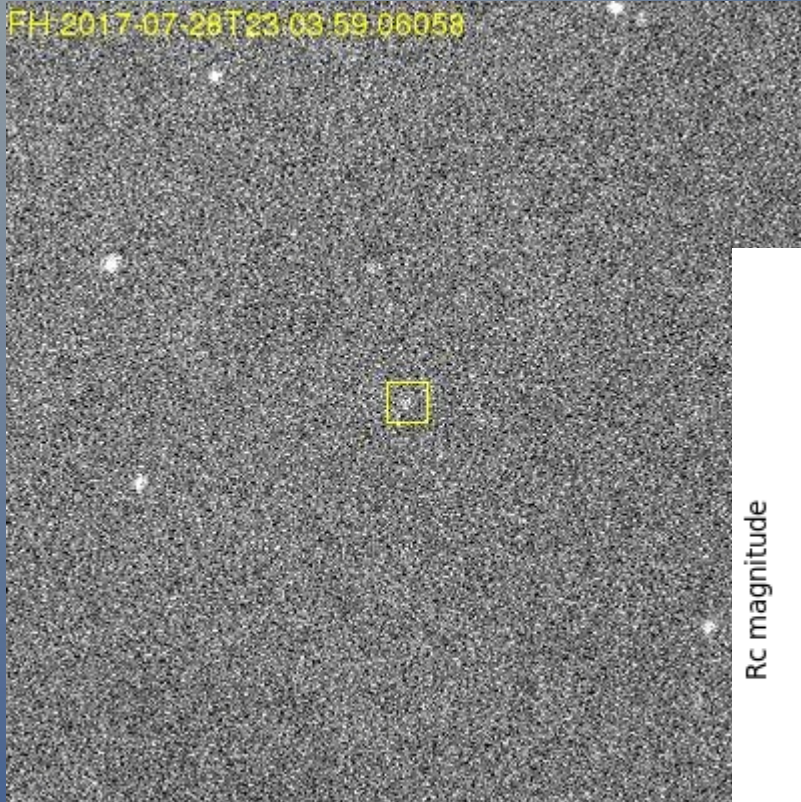
Contrapartidas ópticas de cataclismos cósmicos

Fenómenos breves y transitorios

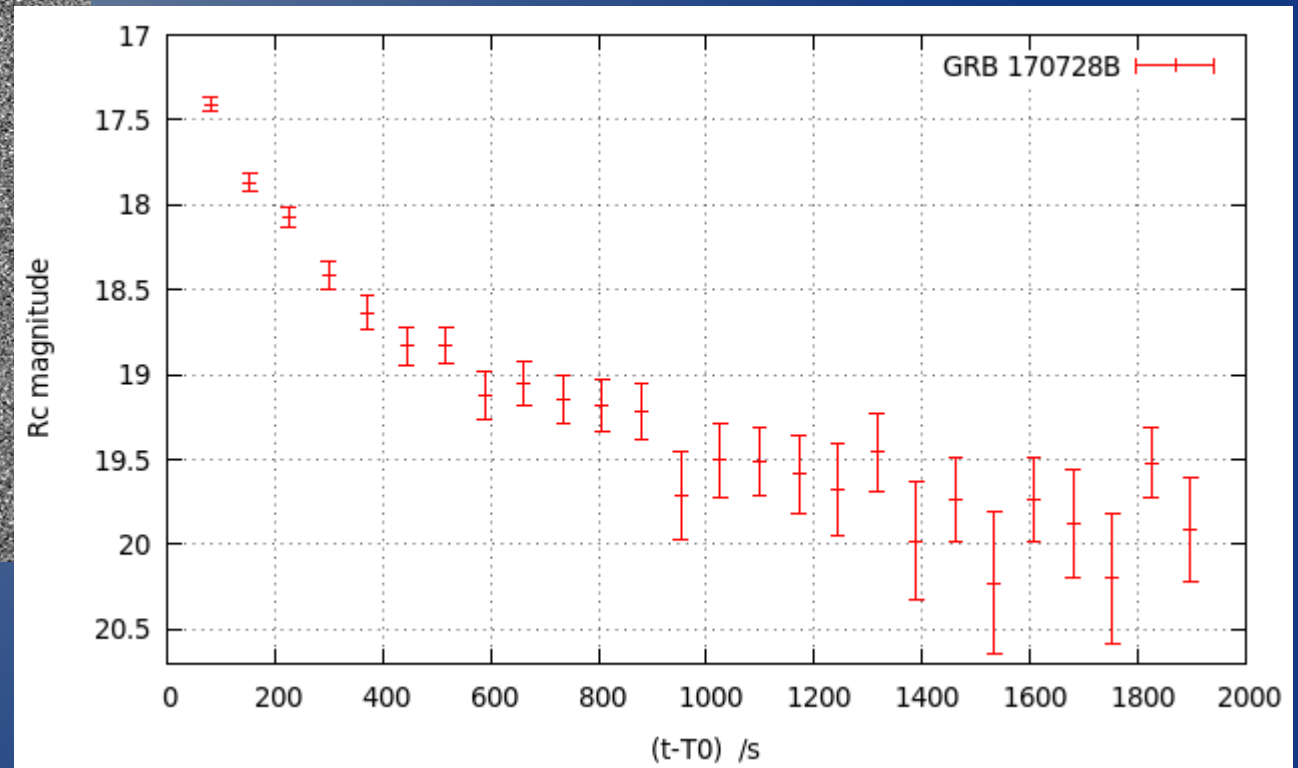


Estallidos de rayos gamma
(45 días)

Fenómenos breves y transitorios

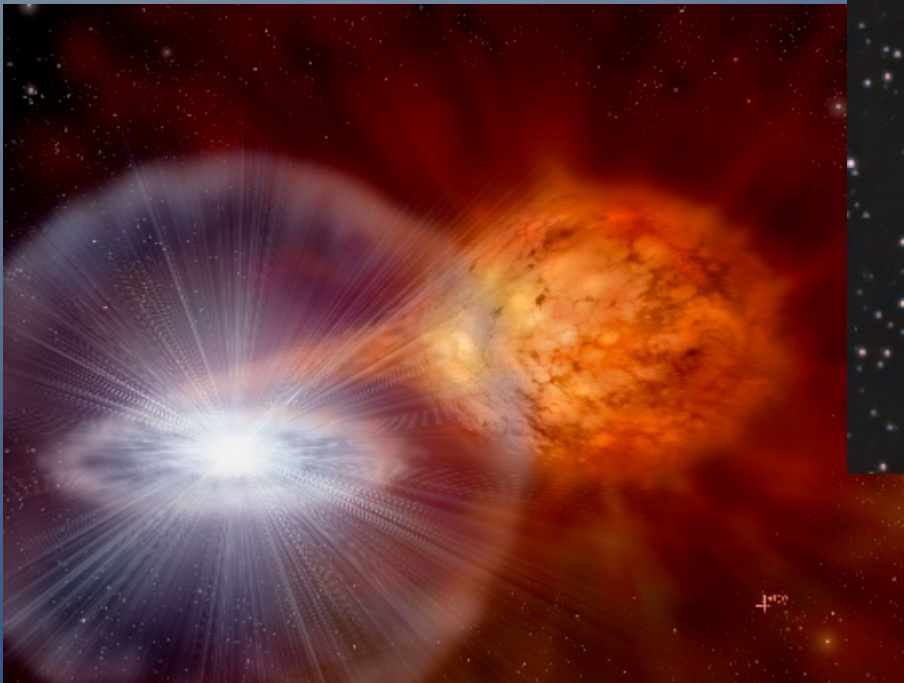


GRB170728 (BOOTES-2)



Estallidos de rayos gamma
(2000 segundos)

Fenómenos breves y transitorios



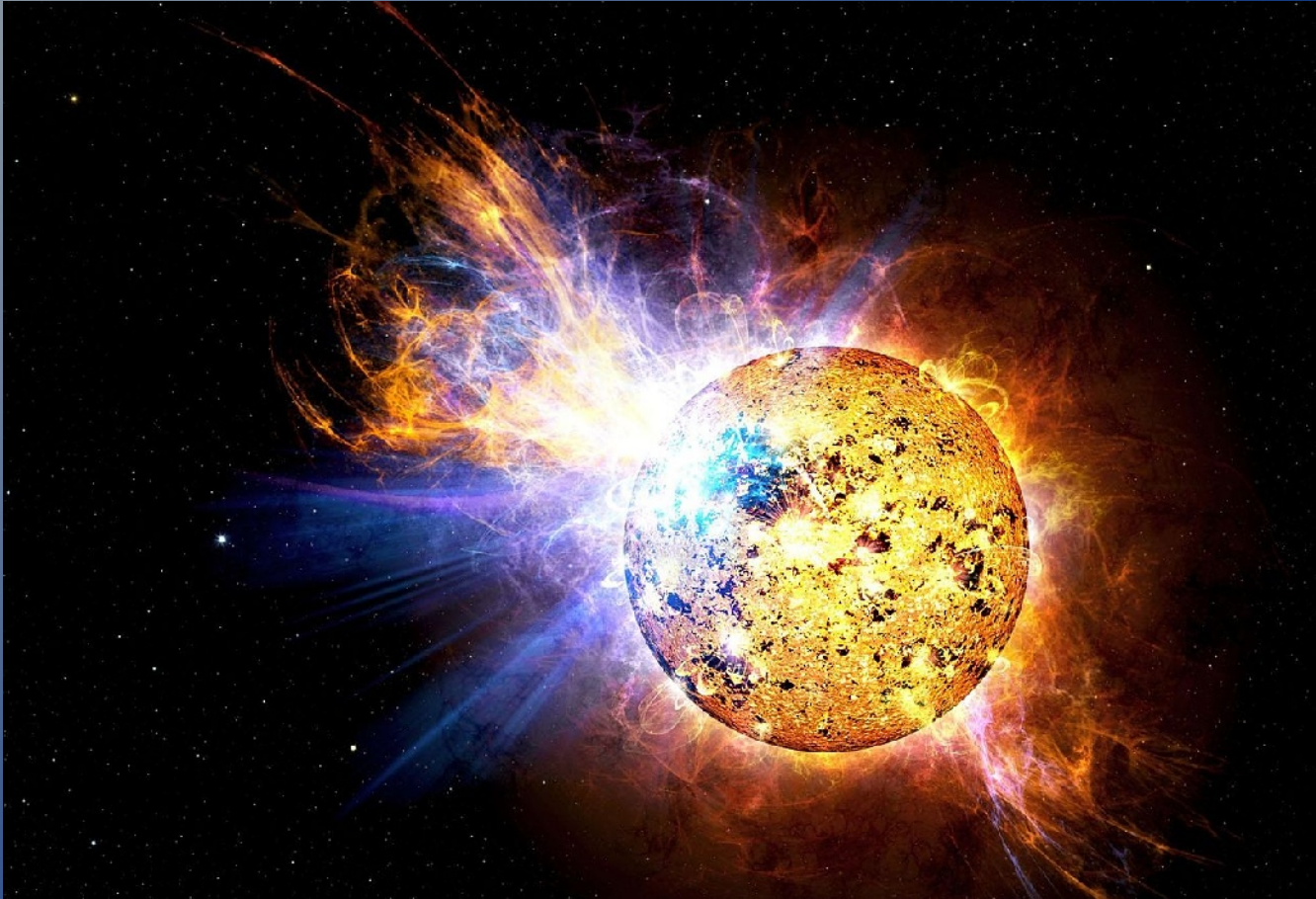
David A. Hardy



Carlos Malagón

Novas y supernovas

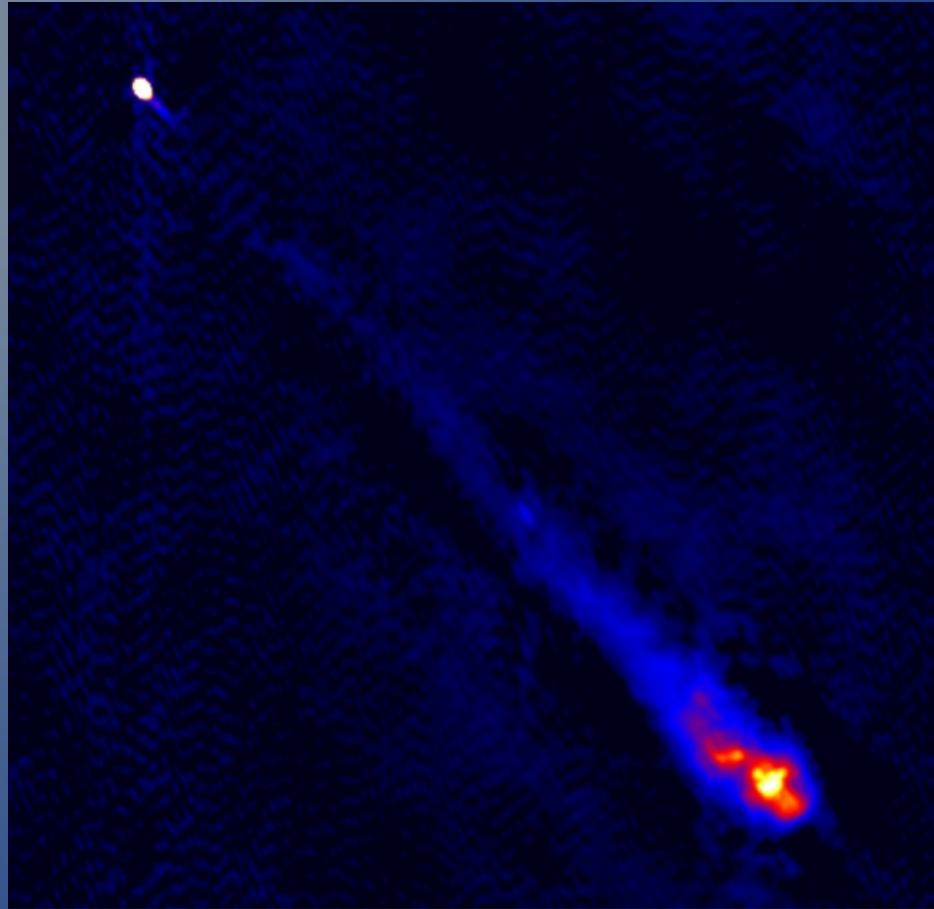
Fenómenos breves y transitorios



EV Lacertae
(Dominio público NASA)

Estrellas fulgurantes (flare stars)

Fenómenos breves y transitorios



3C273
(NASA/CXC/SAO/H.Marshall et al.)

Blázares

Fenómenos breves cercanos a la Tierra



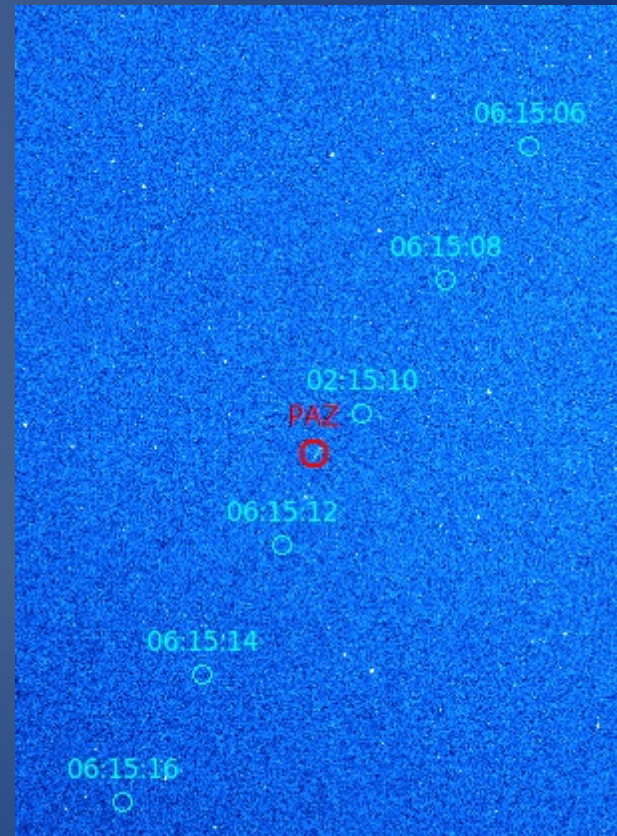
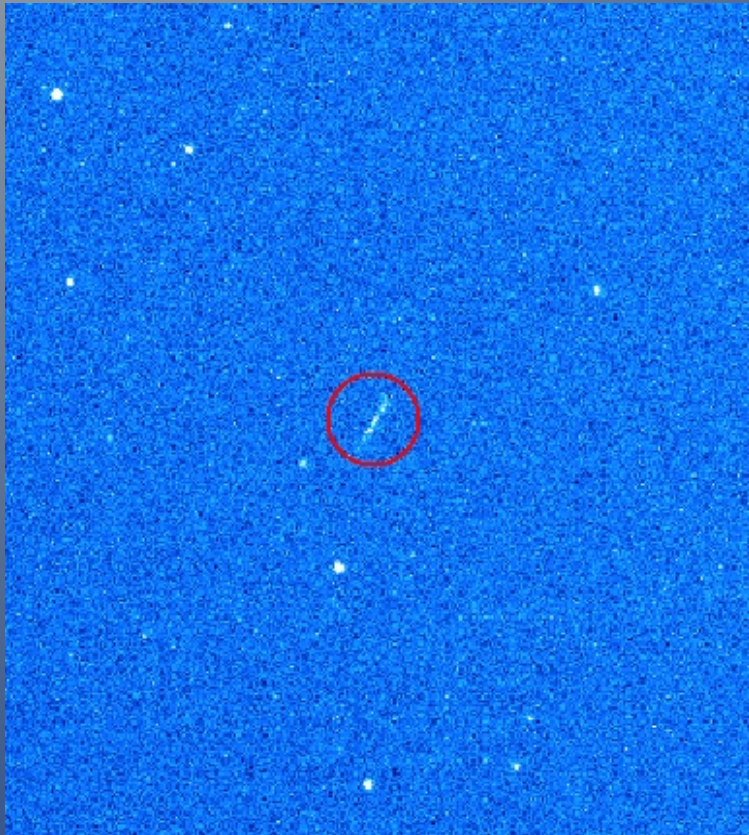
Meteoros

Fenómenos breves cercanos a la Tierra



NEOS

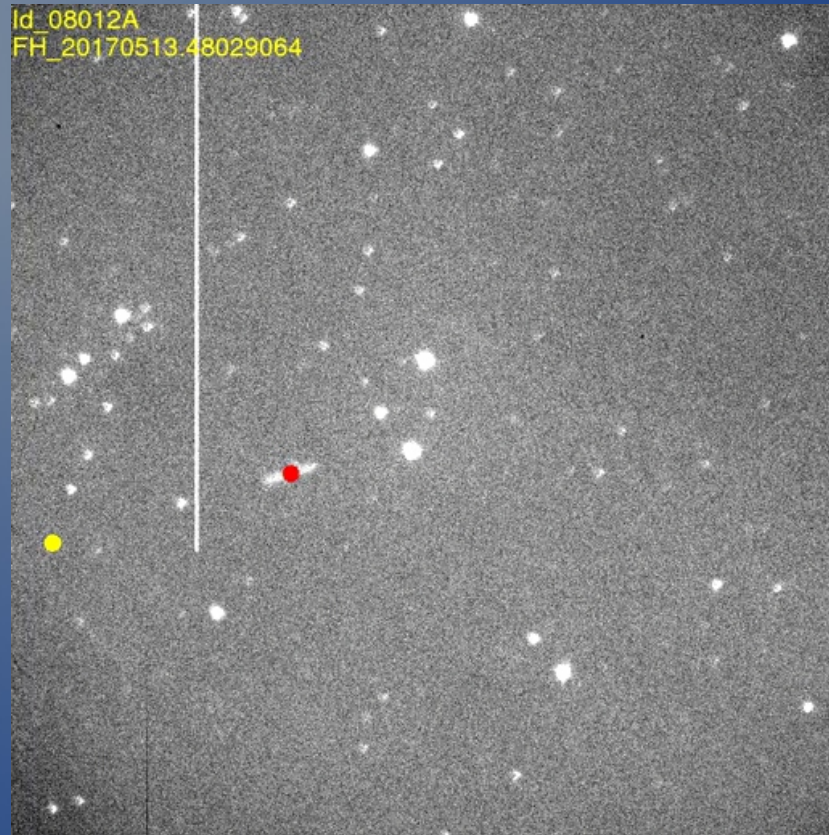
Fenómenos breves cercanos a la Tierra



PAZ (2018-02-23)

Satélites artificiales

Fenómenos breves cercanos a la Tierra



BOOTES-3/IAA/CSIC(NIWA)

Satélites artificiales

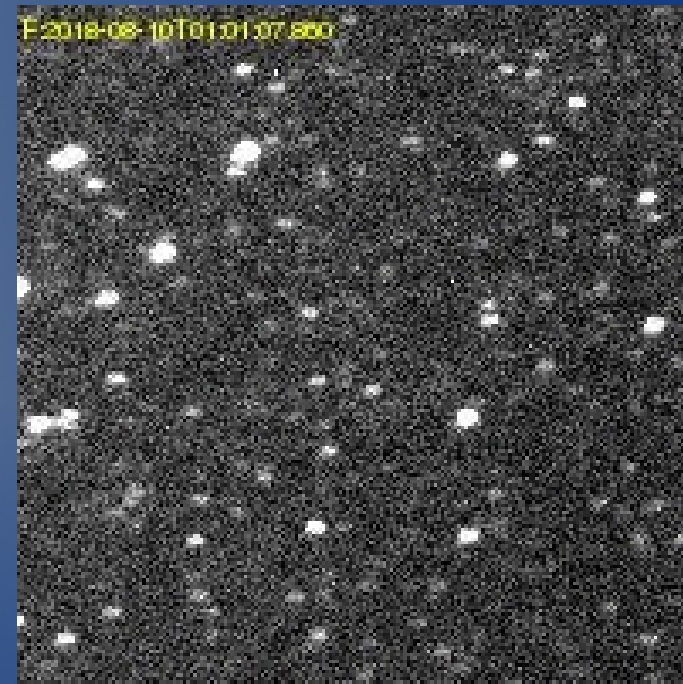
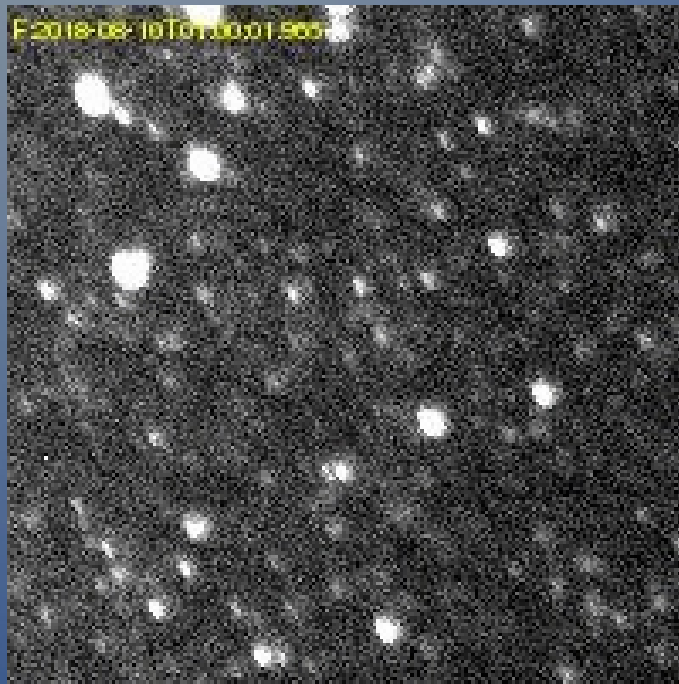
Fenómenos breves cercanos a la Tierra



SMA/OAT

Objetos volantes no identificados (OVNI)

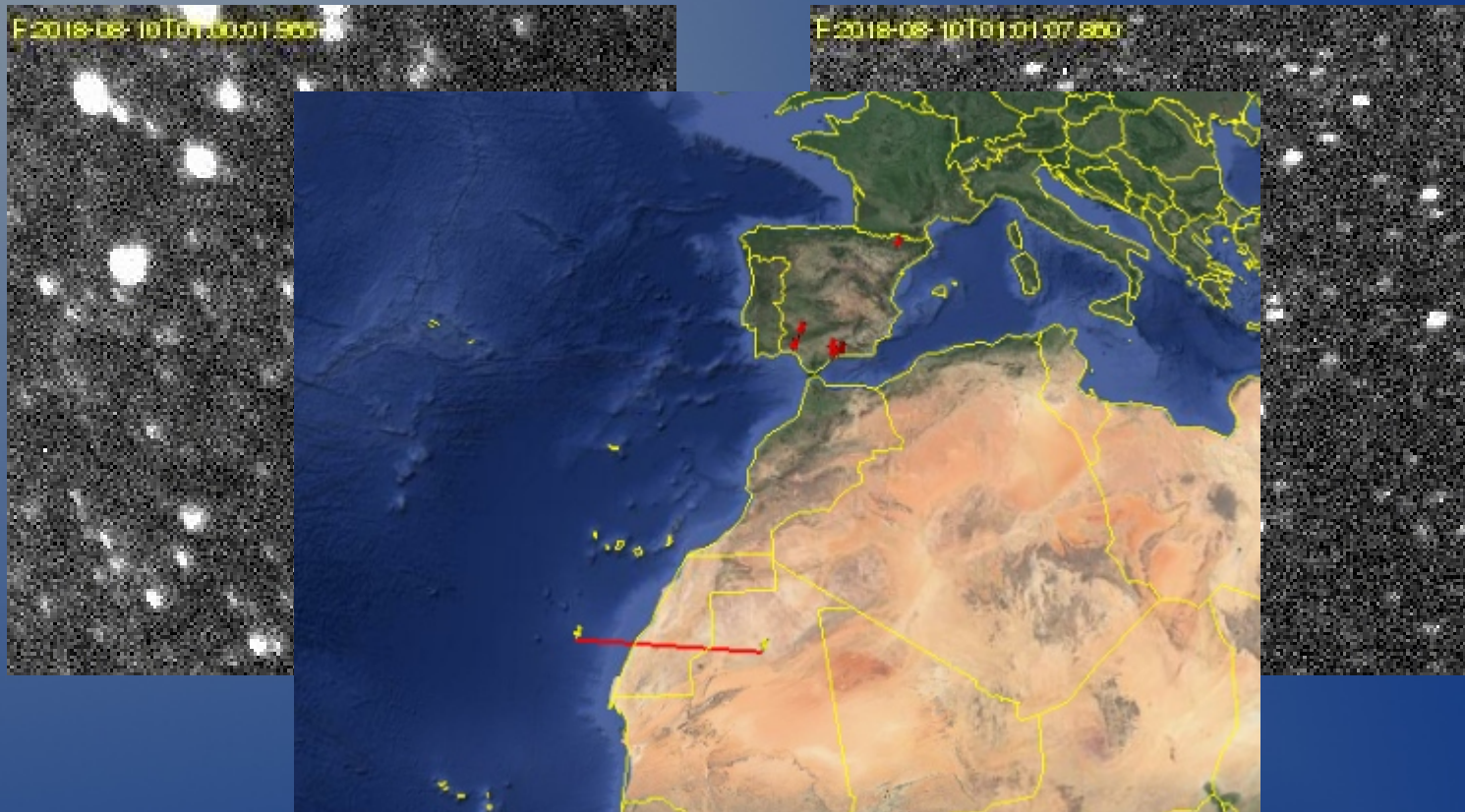
Fenómenos breves cercanos a la Tierra



BOOTES-1 y 2, 2018-08-09

Objetos volantes no identificados (OVNI)

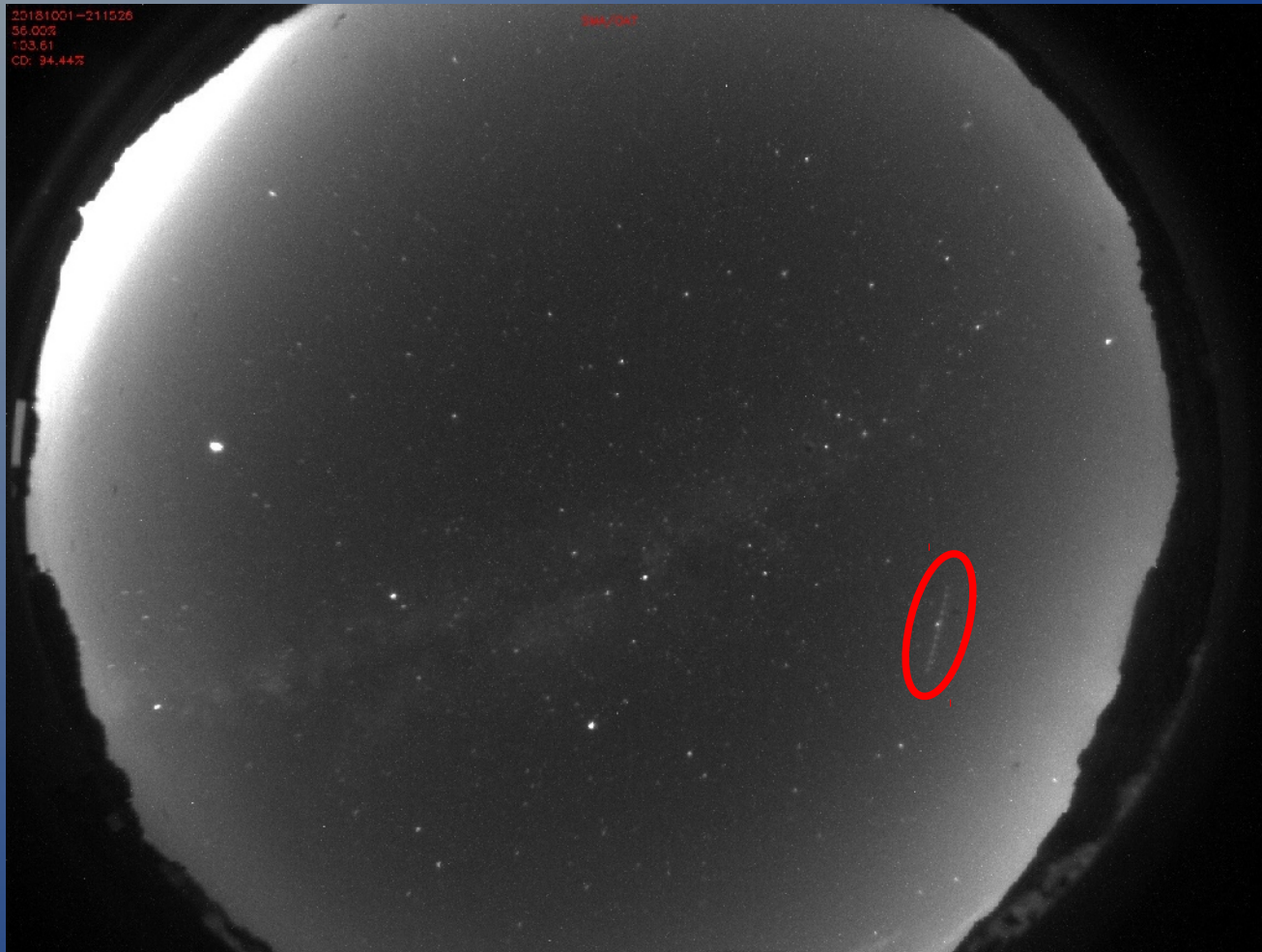
Fenómenos breves cercanos a la Tierra



BOOTES-1 y 2, 2018-08-09

Objetos volantes no identificados (OVNI)

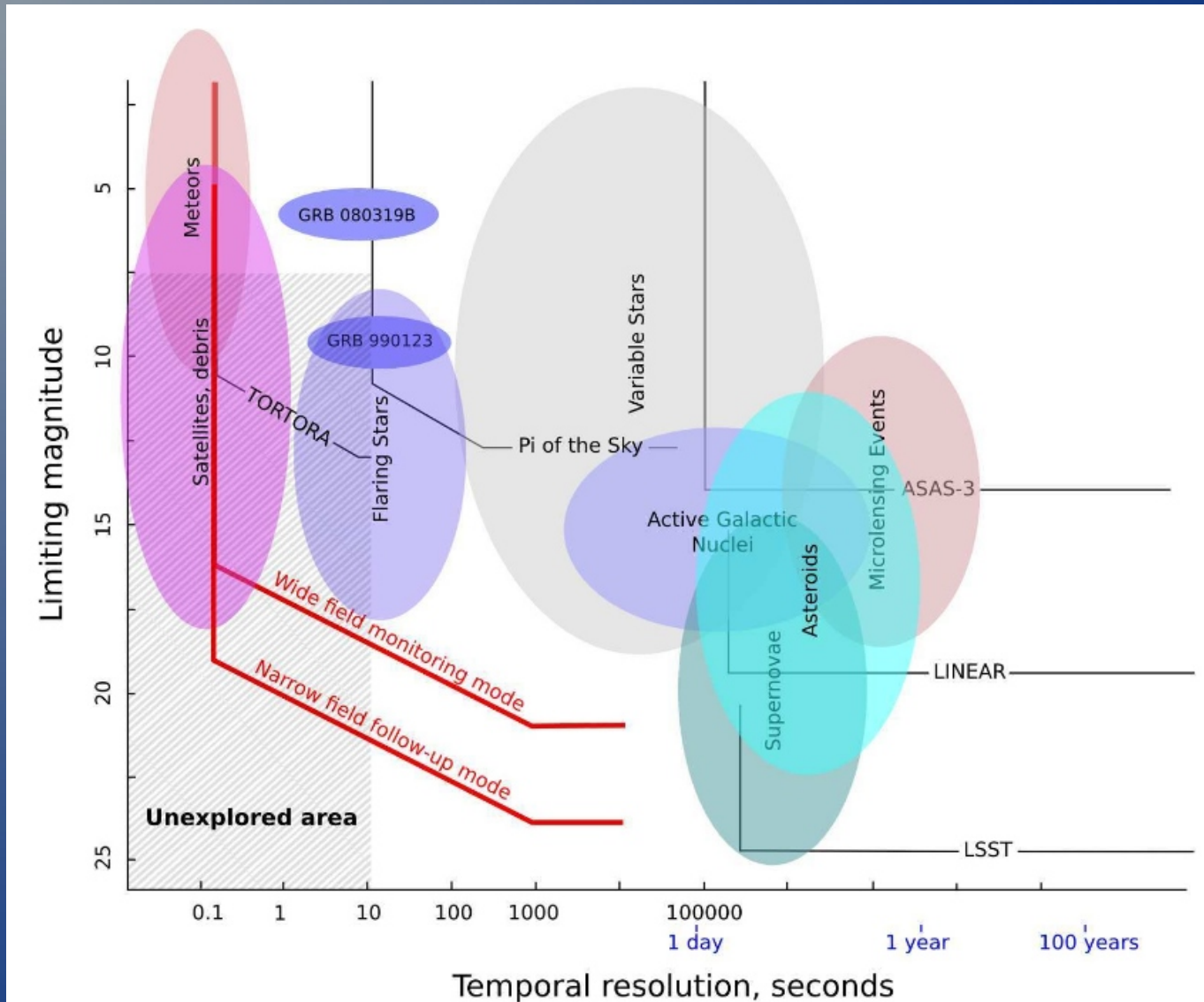
Fenómenos breves cercanos a la Tierra



SMA/OAT

Aviones (puñetero tráfico aéreo)

Instalaciones carísimas (sistemas de múltiples cámaras)



Instalaciones carísimas

Mini-Mega-TORTORA

- Kazan Federal University
- Special Astrophysical Observatory (SAO RAS)



Instalaciones carísimas

Mini-Mega-TORTORA

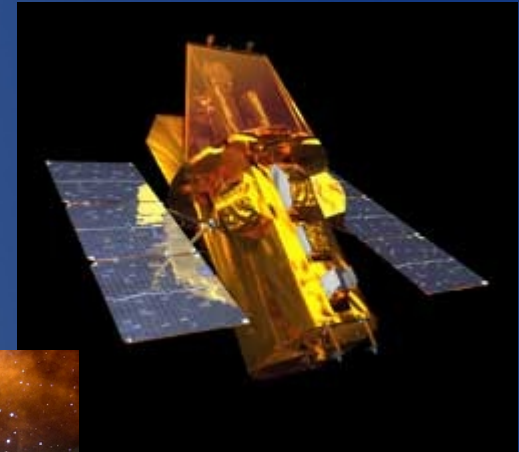
- Kazan Federal University
- Special Astrophysical Observatory (SAO RAS)
- Conjunto de 9 canales individuales montados en parejas sobre monturas ecuatoriales



Instalaciones carísimas

Mini-Mega-TORTORA

- Kazan Federal University
- Special Astrophysical Observatory (SAO RAS)
- Conjunto de 9 canales individuales montados en parejas sobre monturas ecuatoriales
- Programador de tareas:
 - Maximiza distancia al Sol la Luna y el horizonte
 - Minimiza distancia al apuntado de Swift y Fermi
 - Minimiza número de imágenes tomadas en una región



Instalaciones carísimas

Mini-Mega-TORTORA

- Kazan Federal University
- Special Astrophysical Observatory (SAO RAS)
- Conjunto de 9 canales individuales montados en parejas sobre monturas ecuatoriales
- Programador de tareas:
 - Maximiza distancia al Sol la Luna y el horizonte
 - Minimiza distancia al apuntado de Swift y Fermi
 - Minimiza número de imágenes tomadas en una región
- Filtros color (RGB) y polarimétricos (3 direcciones)
- Campo de $9^\circ \times 11^\circ$ a $16''/\text{píx.}$
- Exposiciones desde 0.03s (10fps en modo operativo)
- Modos de operación: gran campo, campo pequeño, a color o polarimétrico, alta o baja resolución temporal, ...

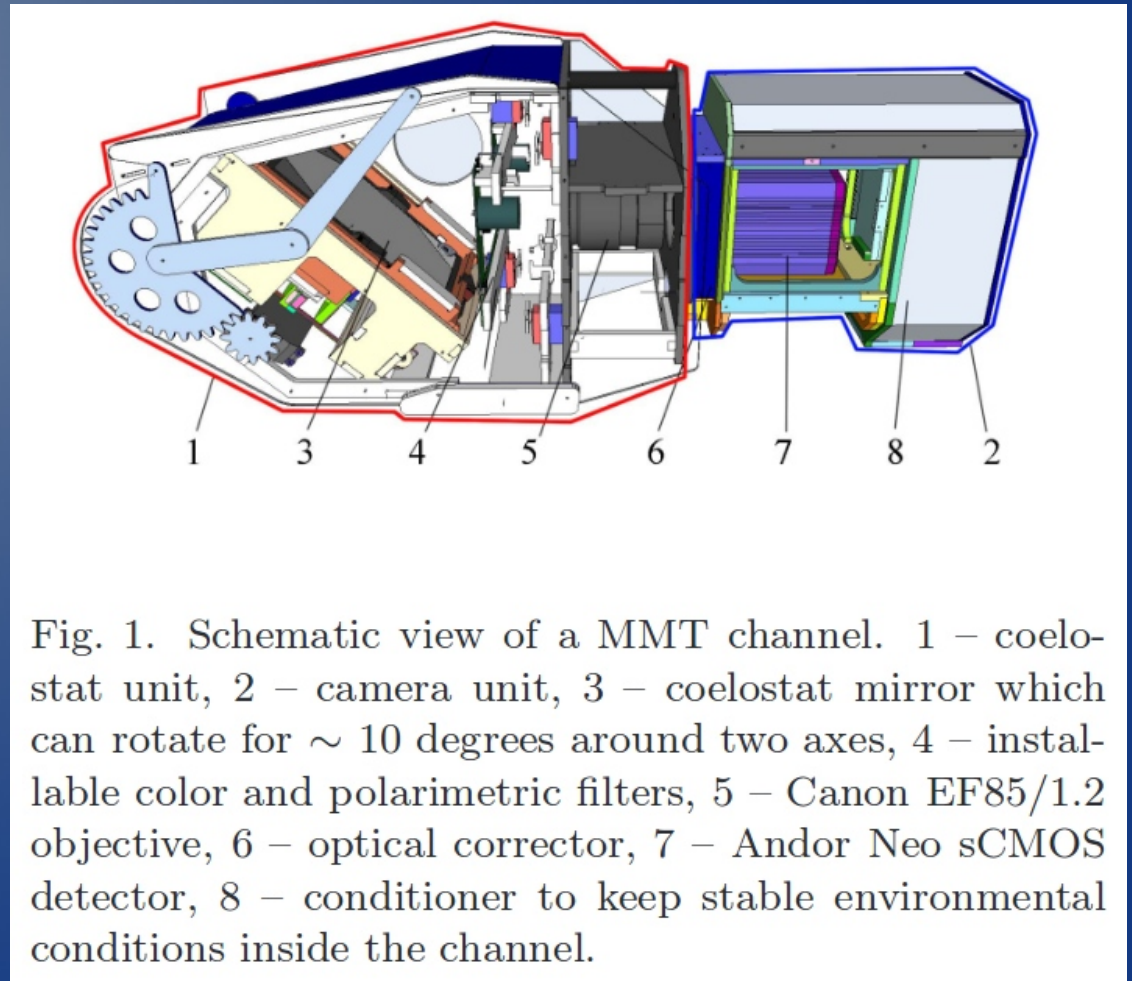


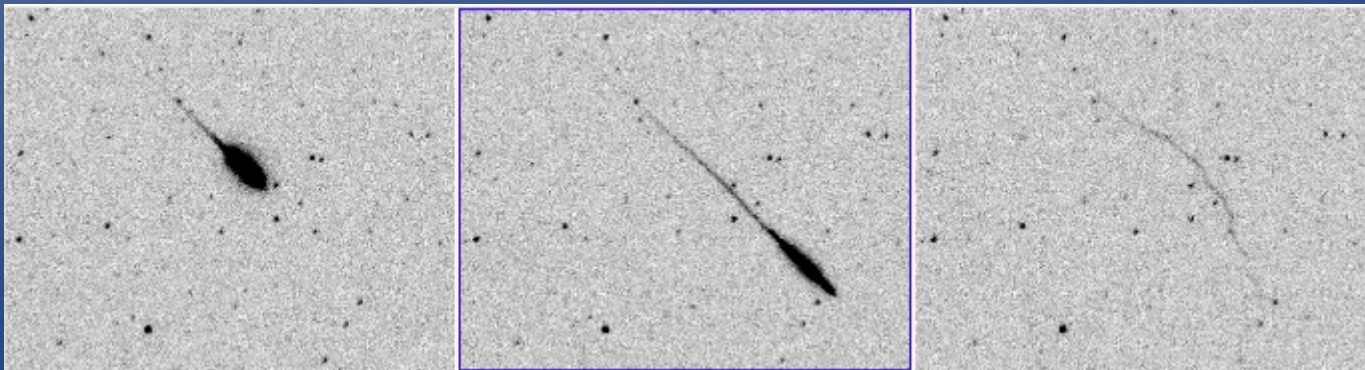
Fig. 1. Schematic view of a MMT channel. 1 – coelostat unit, 2 – camera unit, 3 – coelostat mirror which can rotate for ~ 10 degrees around two axes, 4 – installable color and polarimetric filters, 5 – Canon EF85/1.2 objective, 6 – optical corrector, 7 – Andor Neo sCMOS detector, 8 – conditioner to keep stable environmental conditions inside the channel.

Instalaciones carísimas

Mini-Mega-TORTORA

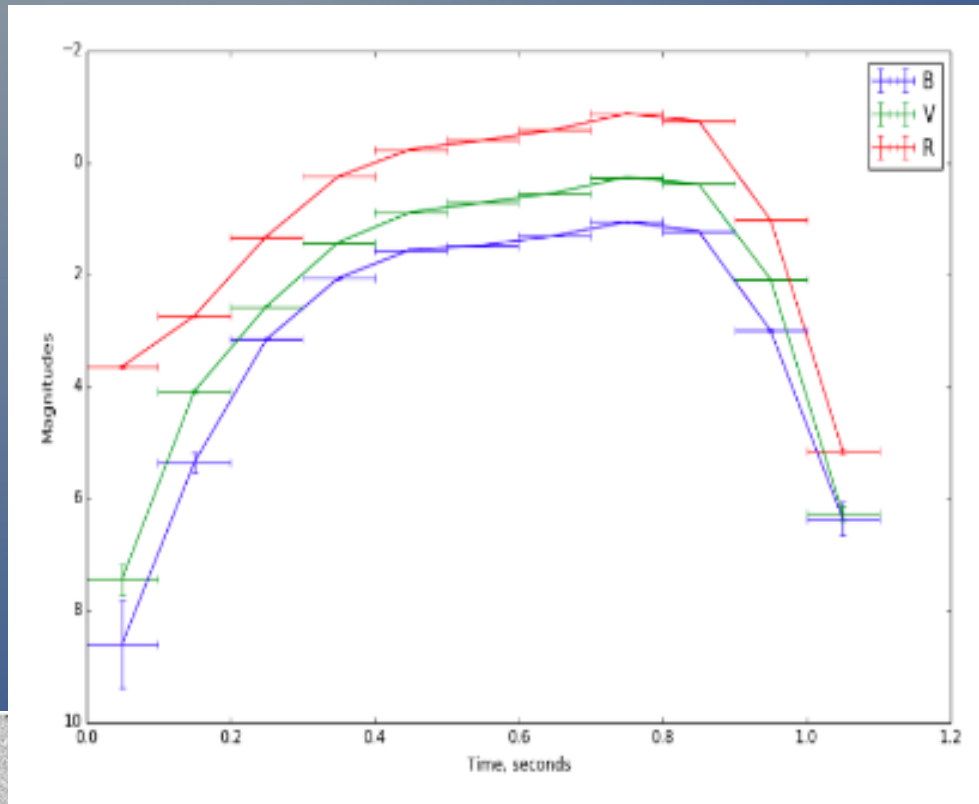
Resumen de resultados:

- Meteoros. La mayoría observados en luz blanca, pero otros en RGB Johnson



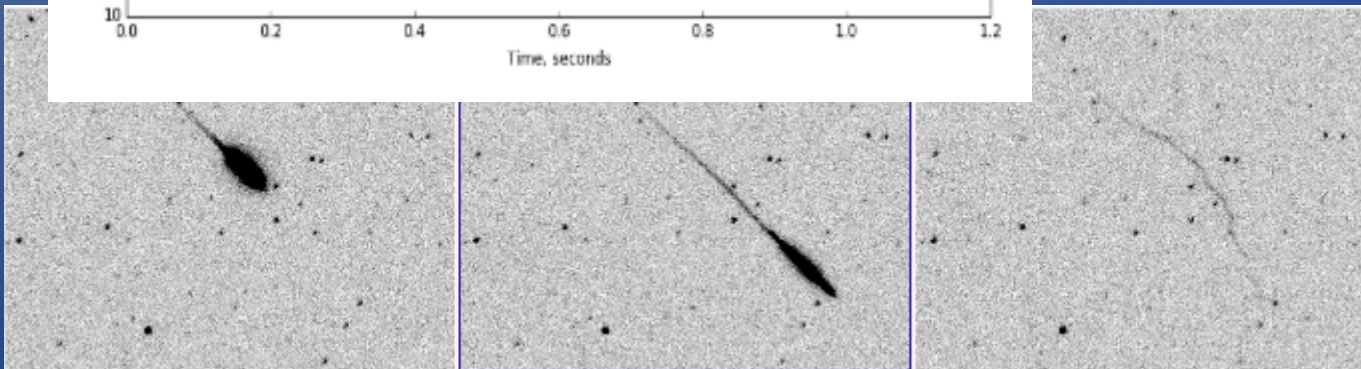
Instalaciones carísimas

Mini-Mega-TORTORA



Resumen de resultados:

- Meteoros. La mayoría observados en luz blanca, pero otros en RGB Johnson

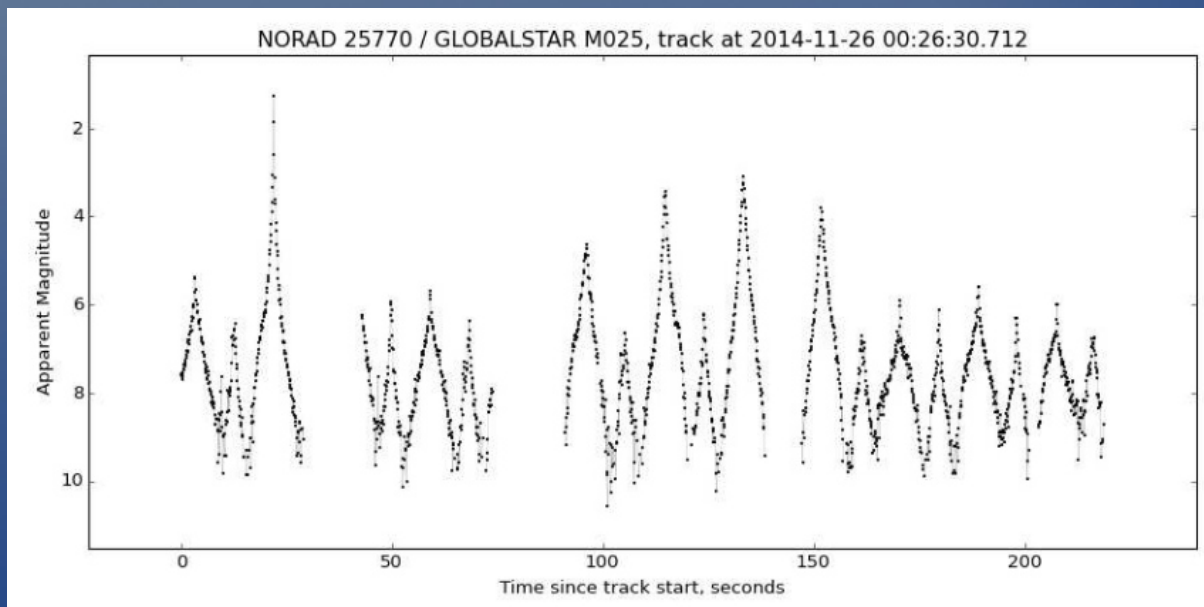


Instalaciones carísimas

Mini-Mega-TORTORA

Resumen de resultados:

- Meteoros. La mayoría observados en luz blanca, pero otros en RGB Johnson
- Satélites artificiales con sus curvas de luz

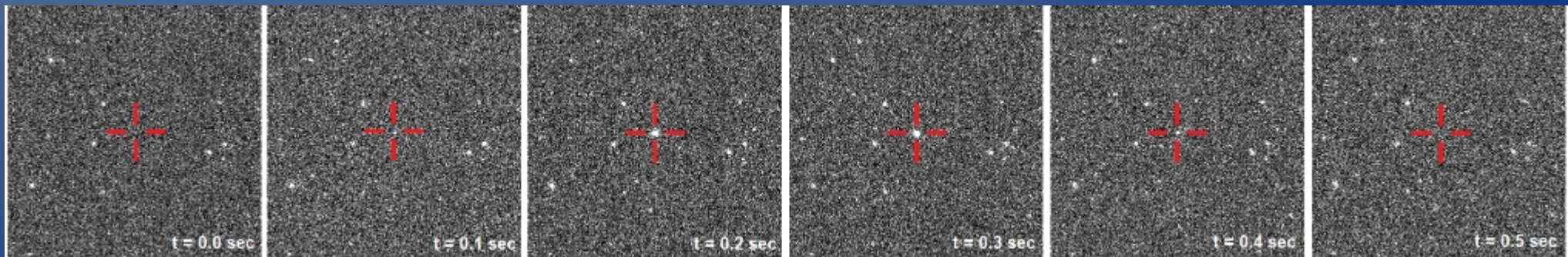


Instalaciones carísimas

Mini-Mega-TORTORA

Resumen de resultados:

- Meteoros. La mayoría observados en luz blanca, pero otros en RGB Johnson
- Satélites artificiales con sus curvas de luz
- Breves destellos de origen astrofísico. Dificultad para distinguirlos de satélites o rayos cósmicos



Destello de 0.5s y 6.5 Mag. del satélite MOLNIYA

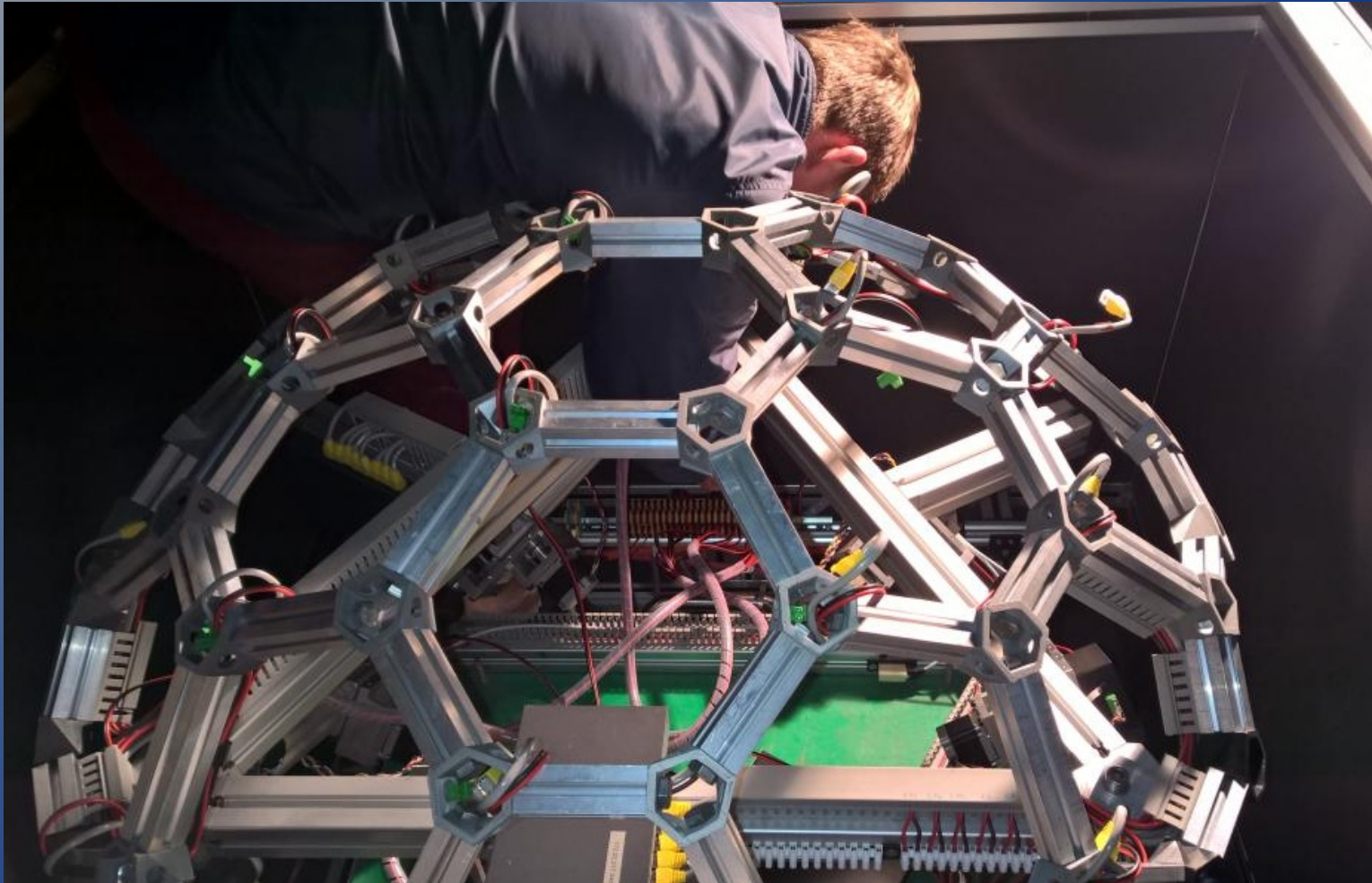
Instalaciones carísimas

Fly's Eye Camera System



Instalaciones carísimas

Fly's Eye Camera System



Instalaciones carísimas

Fly's Eye Camera System



Instalaciones carísimas

Fly's Eye Camera System



Instalaciones carísimas

Fly's Eye Camera System



Instalaciones carísimas

Fly's Eye Camera System

Características:

- Konkoly Observatory, MTA Research Centre for Astronomy and Earth Sciences (Hungria)

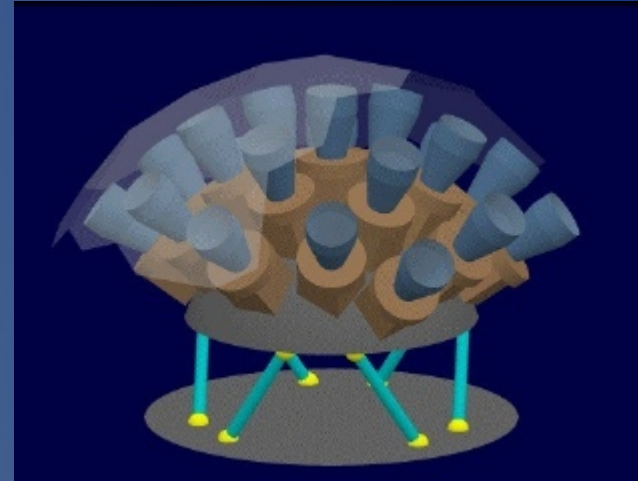


Instalaciones carísimas

Fly's Eye Camera System

Características:

- Konkoly Observatory, MTA Research Centre for Astronomy and Earth Sciences (Hungría)
- 19 cámaras de 26° cuadrados de campo a $22''/\text{píx.}$
- Filtros Sloan por cada canal



Detectores KAF16803 4k x 4k

Cámara y rueda portafiltros controladas por un ordenador vía USB

El periférico completo (hexápodo, sensores, cámaras...) se controla vía TCP/IP

Instalaciones carísimas

Fly's Eye Camera System

Características:

- Konkoly Observatory, MTA Research Centre for Astronomy and Earth Sciences (Hungría)
- 19 cámaras de 26° cuadrados de campo a $22''/\text{píx.}$
- Filtros Sloan por cada canal

Filtros g, r, i (u, z opcionales)
Objetivos Cannon f:85mm, f/1.2
Precisión fotométrica $\sim 4\text{-}5\text{mag}$
Magnitud límite $\sim 15\text{mag}$

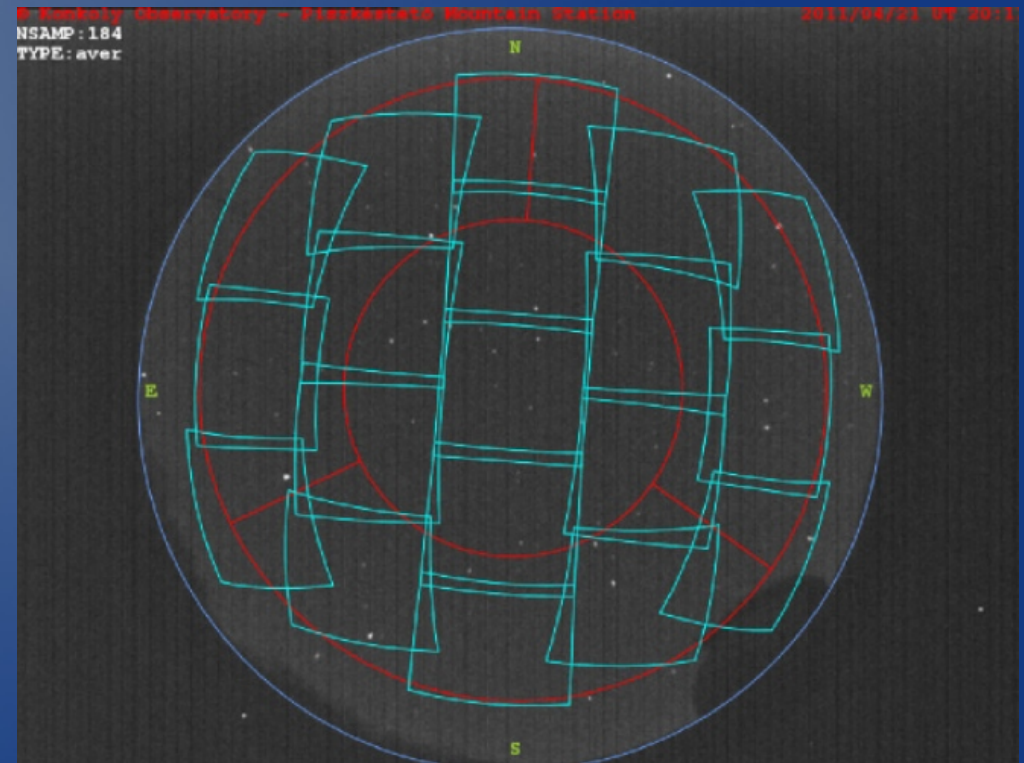


Instalaciones carísimas

Fly's Eye Camera System

Características:

- Konkoly Observatory, MTA Research Centre for Astronomy and Earth Sciences (Hungría)
- 19 cámaras de 26° cuadrados de campo a $22''/\text{píx.}$
- Filtros Sloan por cada canal
- Montura hexapodal que permite movimiento sidéreo (5m)

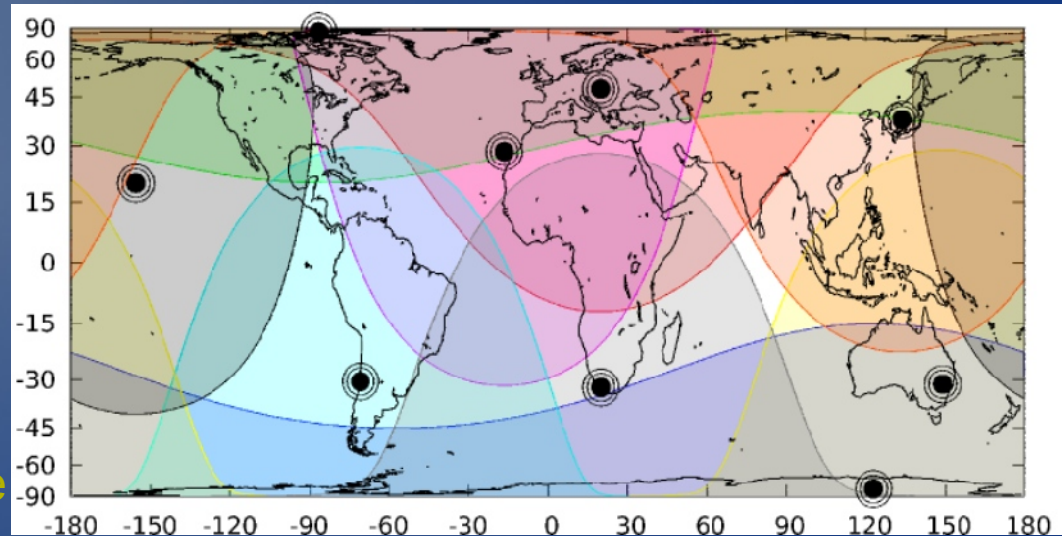


Instalaciones carísimas

Fly's Eye Camera System

Características:

- Konkoly Observatory, MTA Research Centre for Astronomy and Earth Sciences (Hungría)
- 19 cámaras de 26° cuadrados de campo a $22''/\text{píx.}$
- Filtros Sloan por cada canal
- Montura hexapodal que permite movimiento sidéreo (5m)
- 6 grados de libertad, pero solo 3 para seguimiento
- Alrededor de $0''.5$ de deriva en seguimiento
- Calibración independiente del lugar de observación
- No necesita alineación polar ni nivelación

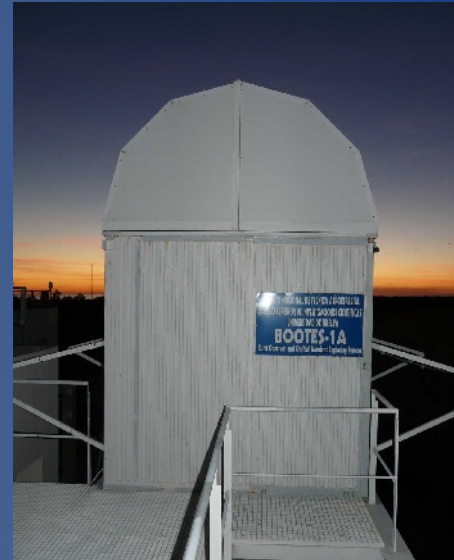


Instalaciones carísimas

SISTEMA DE OBSERVACIÓN DE LA MITAD DE LA BÓVEDA CELESTE EN LA NUEVA ERA DE ASTROFÍSICA DE MULTIMENSAJEROS

Características:

- IAA/CSIC (con cargo parcial a fondos FEDER)
- Dos estaciones: CAHA y BOOTES-1

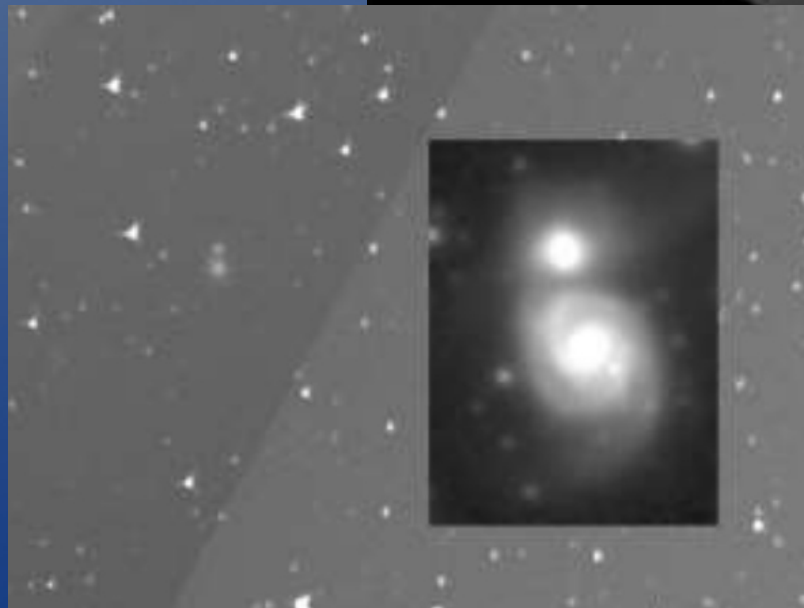
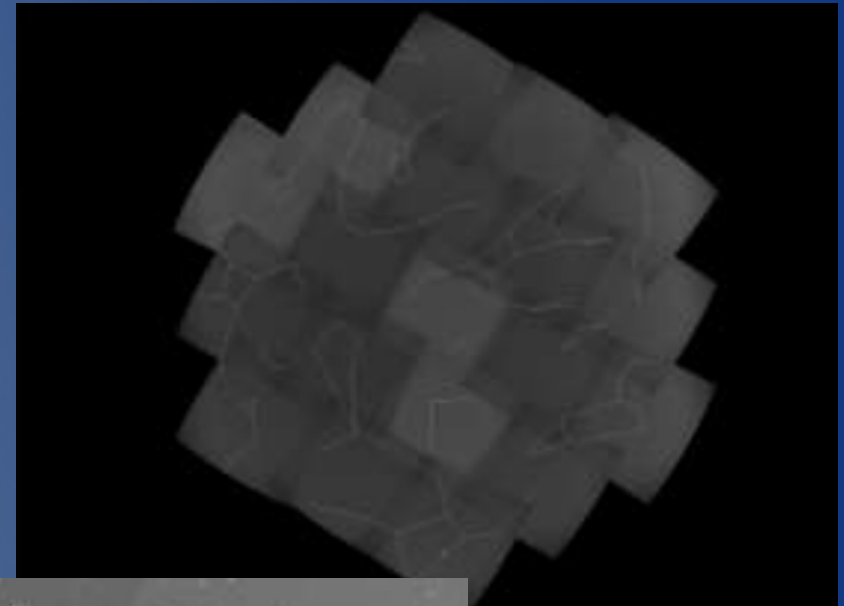


Instalaciones carísimas

SISTEMA DE OBSERVACIÓN DE LA MITAD DE LA BÓVEDA CELESTE EN LA NUEVA ERA DE ASTROFÍSICA DE MULTIMENSAJEROS

Características:

- IAA/CSIC (con cargo parcial a fondos FEDER)
- Dos estaciones: CAHA y BOOTES-1
- 33 cámaras CCD 4K x 4K, 31 objetivos 85mm f/1.2, 16 PC, 2 servidores, 2 monturas.
- 333.000€
- Campo de 10.000 grad² desde CAHA y 6.000 grad² desde BOOTES-1
- Colaboración LIGO-VIRGO
- Otros fenómenos transitorios



Instalaciones caras

Estaciones de seguimiento de meteoros con múltiples cámaras



Estación de El Arenosillo
(Universidad de Huelva)

Características generales:

- Entre 4 y 12 cámaras por estación

Instalaciones caras

Estaciones de seguimiento de meteoros con múltiples cámaras



Características generales:

- Entre 4 y 12 cámaras por estación
- Cada cámara controlada por un ordenador

Estación de Sierra Nevada
(UHU/IAA)

Instalaciones caras

Estaciones de seguimiento de meteoros con múltiples cámaras



Características generales:

- Entre 4 y 12 cámaras por estación
- Cada cámara controlada por un ordenador
- Ópticas entre 5mm-30mm, f/1.0-1.8
- Frecuencias entre 5-25fps de vídeo analógico

Instalaciones caras

Estaciones de seguimiento de meteoros con múltiples cámaras



Características generales:

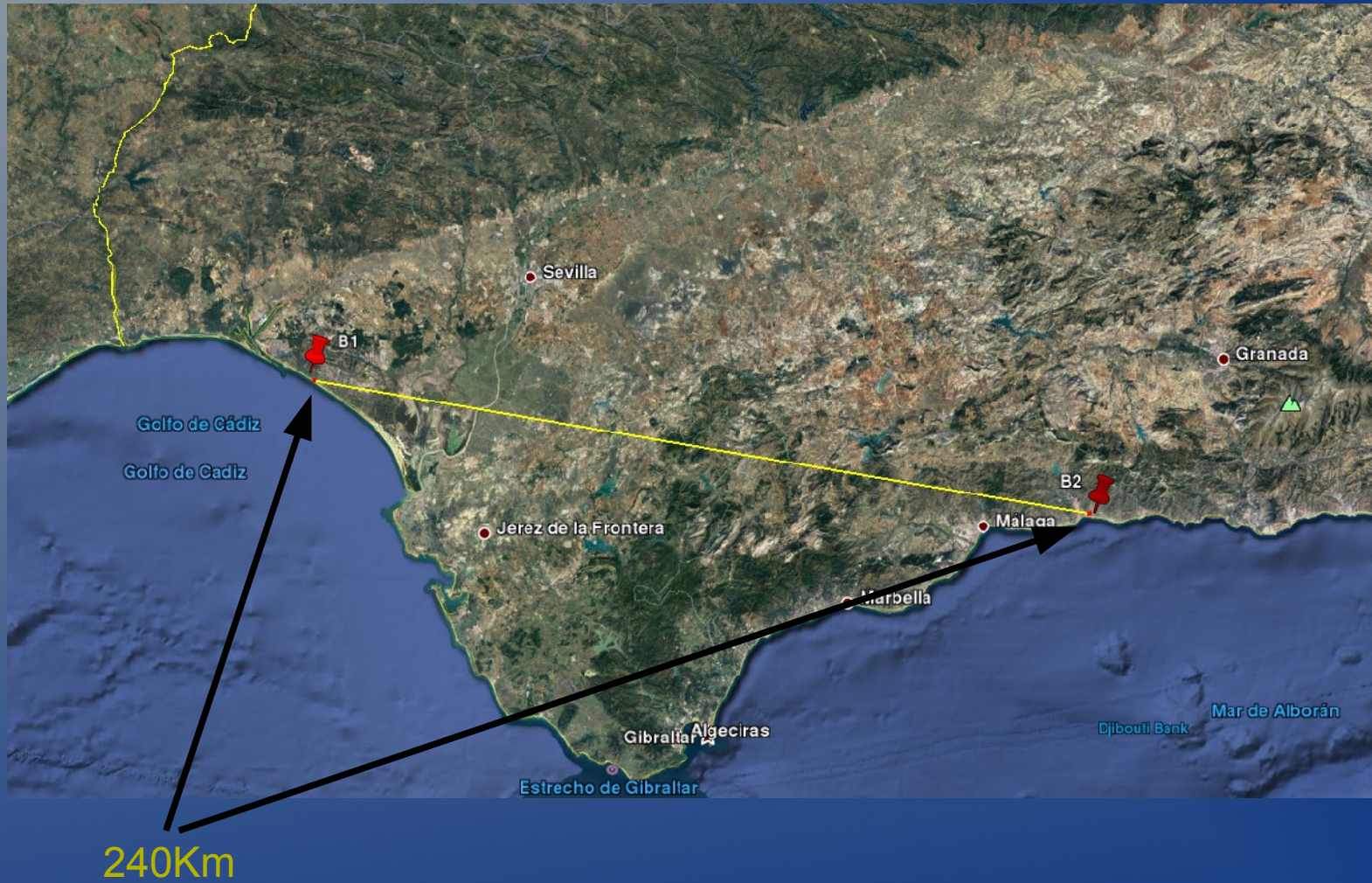
- Entre 4 y 12 cámaras por estación
- Cada cámara controlada por un ordenador
- Ópticas entre 5mm-30mm, f/1.0-1.8
- Frecuencias entre 5-25fps de vídeo analógico
- Software propio o comercial:
 - Firecapture
 - MetRec
 - SonotaCo: UFOCapture, UFOAnalyzer, UFOOrbit

Red SMART (UHU/IAA)

J.M. Madiedo

Instalaciones menos caras

Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración



Instalaciones menos caras

Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración



Nikon 16mm f/2.8



240Km



Moravian G4-16000, 4096x4096

Instalaciones menos caras

Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración

Campo: $146^{\circ} \times 146^{\circ}$
 $180^{\circ} \times 180^{\circ}$ (en diagonal)

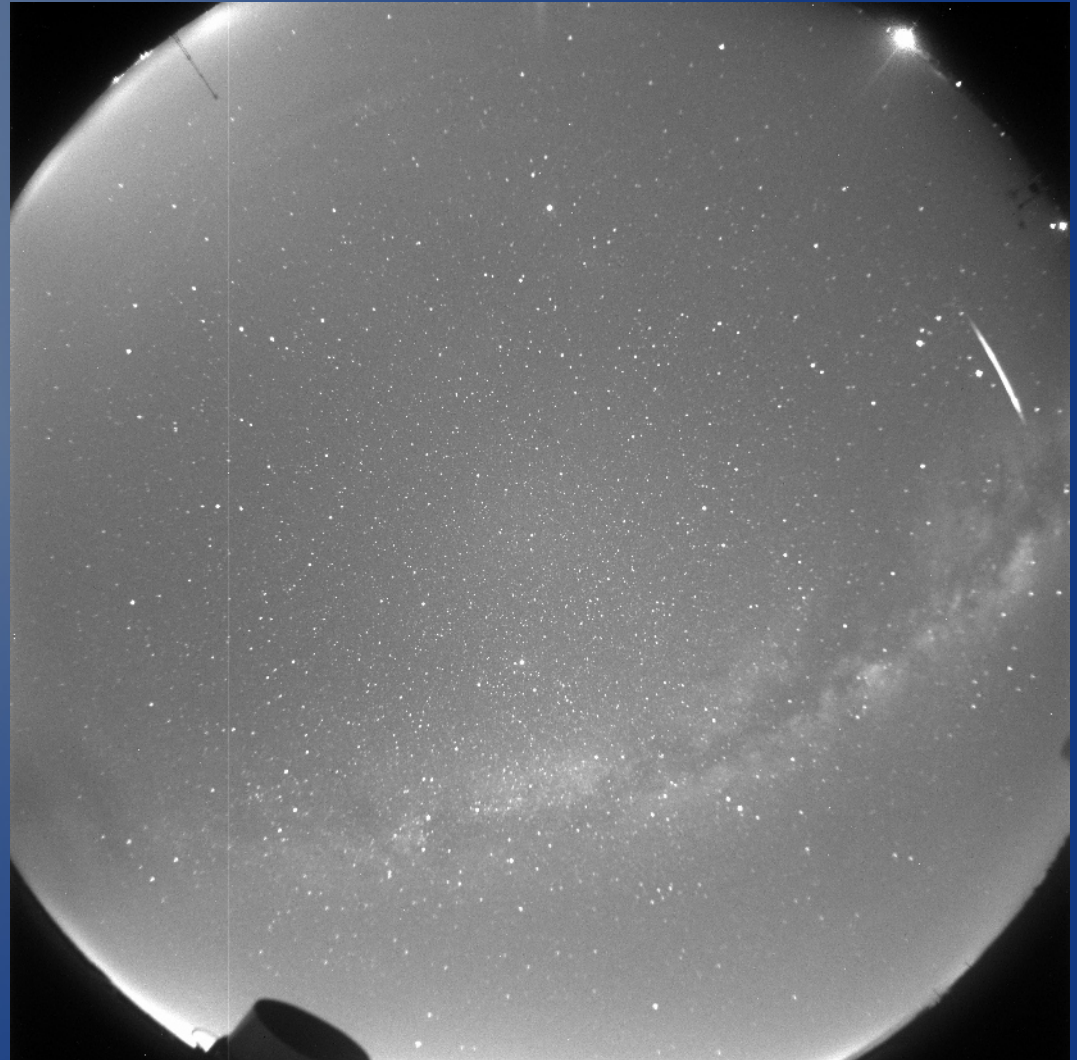
Escala media: $2'.1/\text{píx.}$

Temperatura de trabajo: -10°C

Exposiciones: 36s

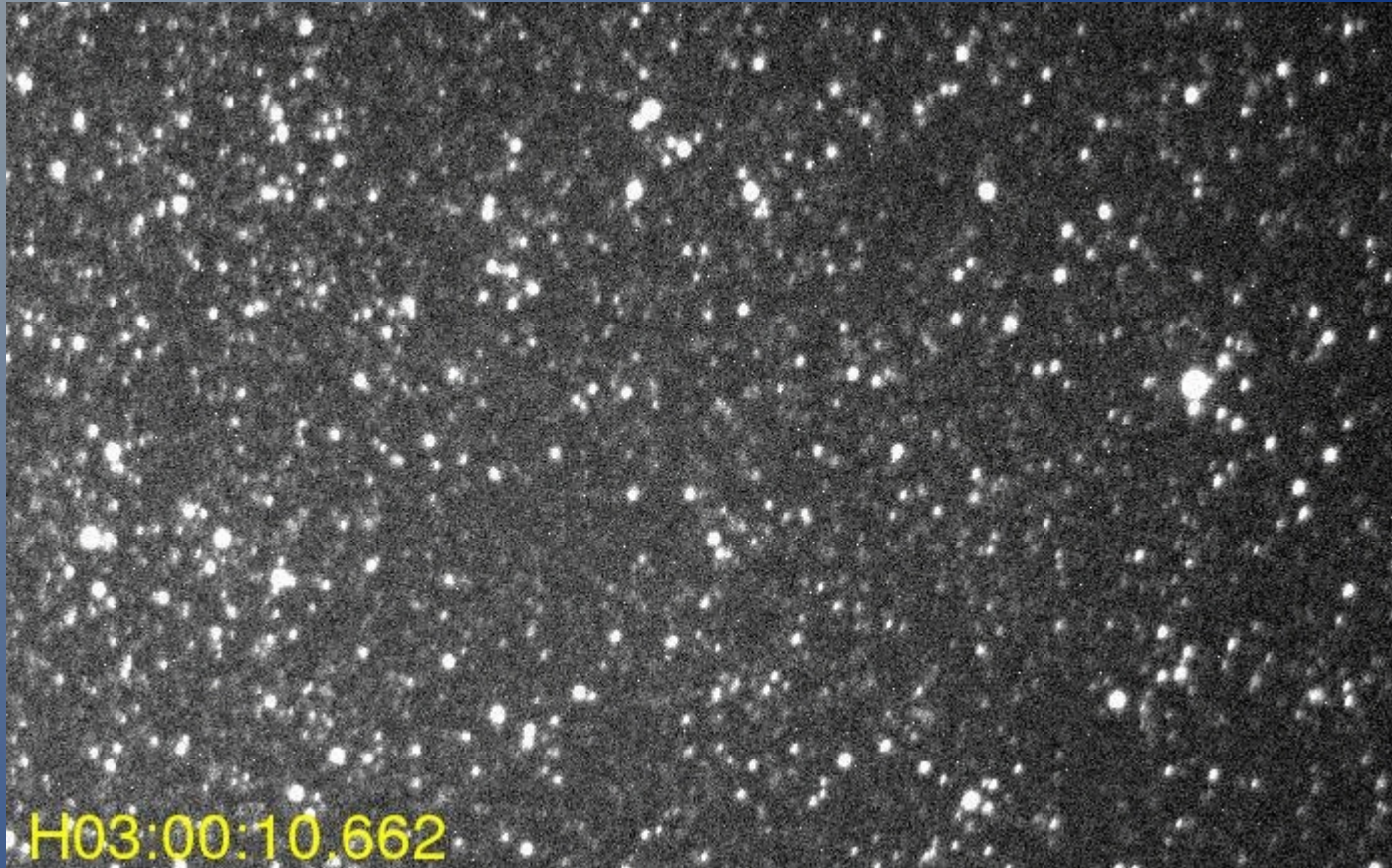
Descarga: 22s

Magnitud límite: 11Mag (cenit)



Instalaciones menos caras

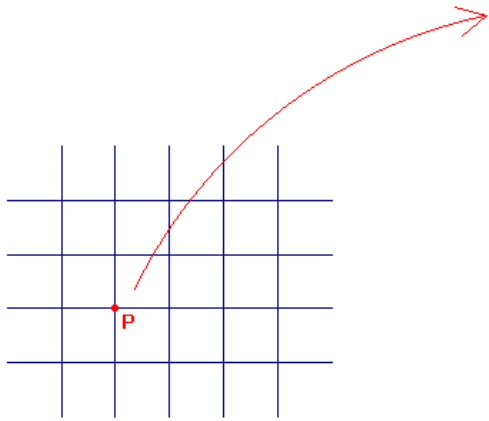
Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración



Recortes de dos imágenes de CASANDRA
tomadas con 05:12.44 minutos de diferencia

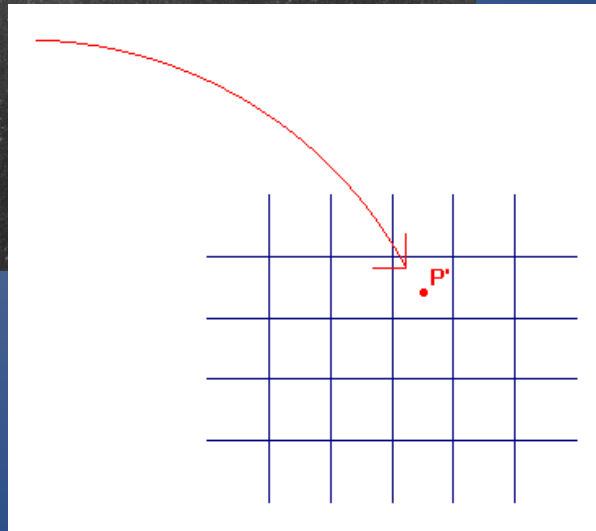
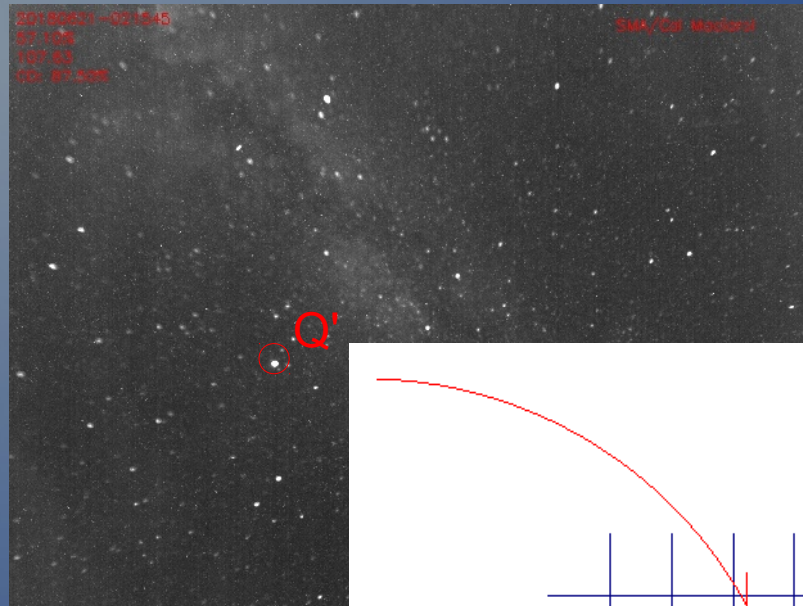
Instalaciones menos caras

Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración



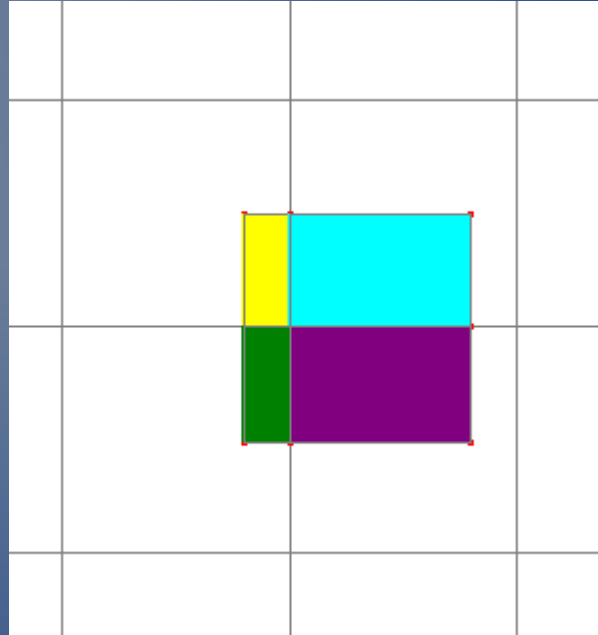
Instalaciones menos caras

Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración



Instalaciones menos caras

Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración



Reparto de cuentas proporcional al área

Instalaciones menos caras

Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración

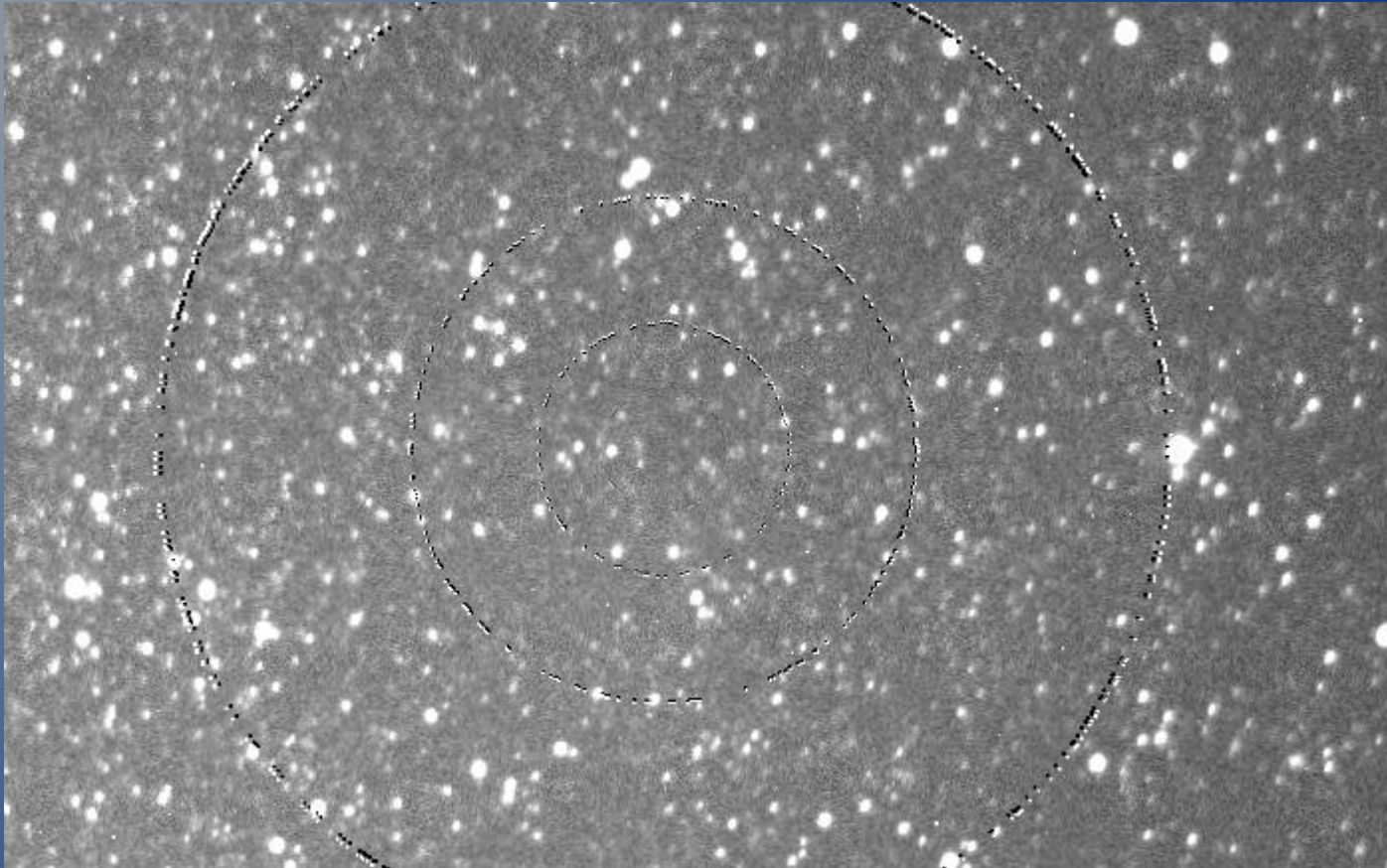
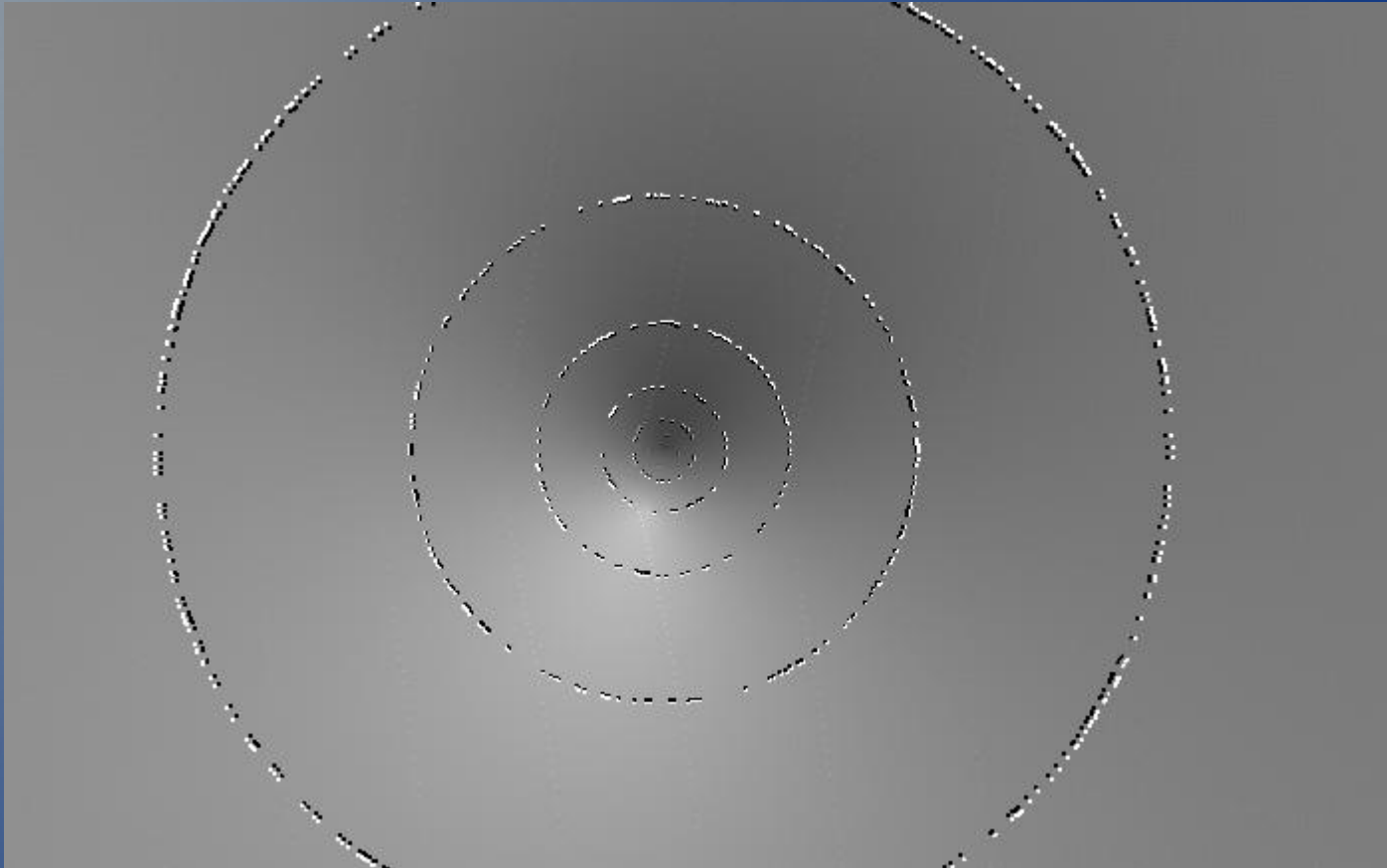


Imagen de las 03:00:10.662 avanzada 05:12.44 minutos

Instalaciones menos caras

Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración



Reparto proporcional de la unidad (sucedáneo de flat artificial)

Instalaciones menos caras

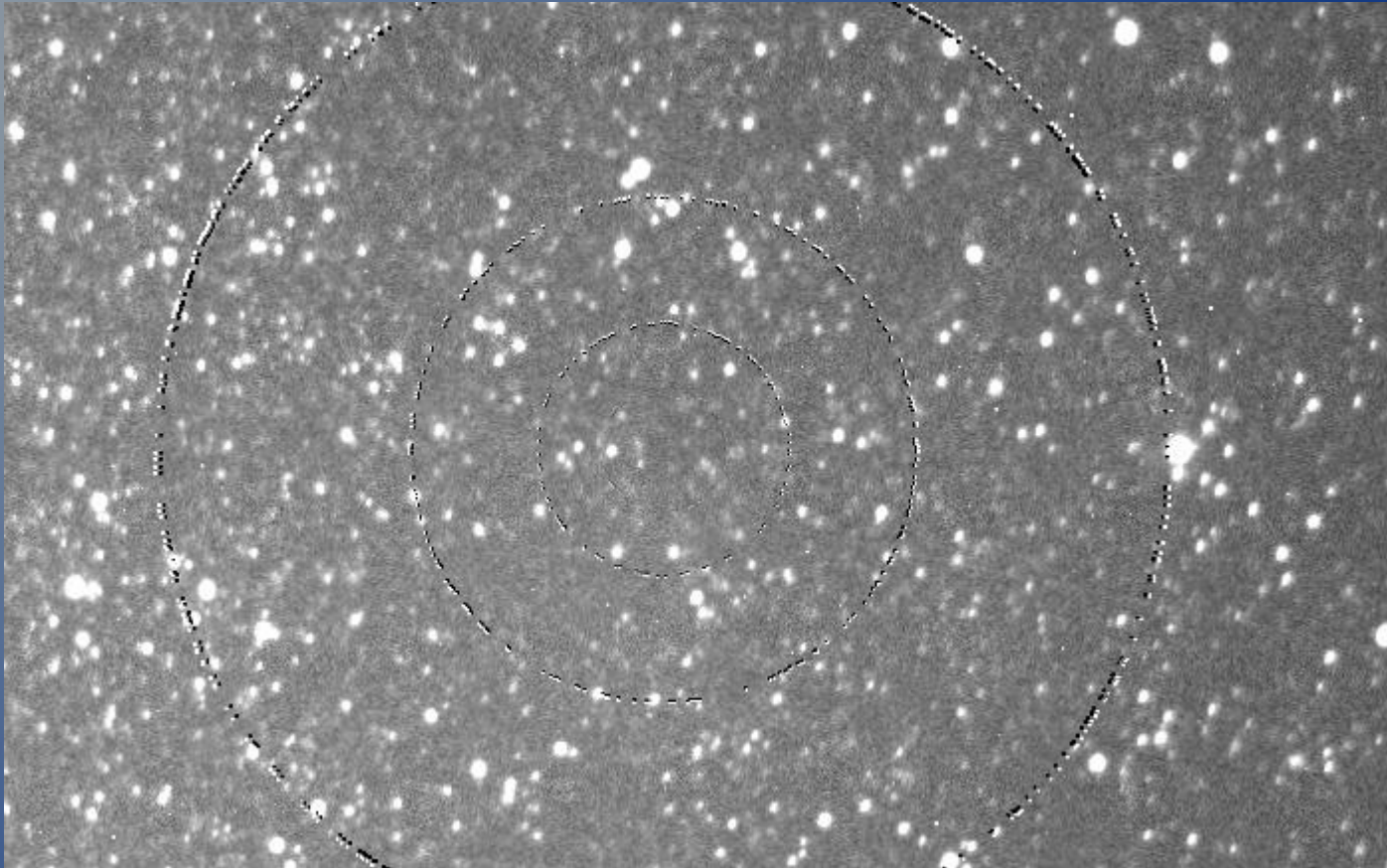
Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración



Imagen avanzada dividida por flat artificial

Instalaciones menos caras

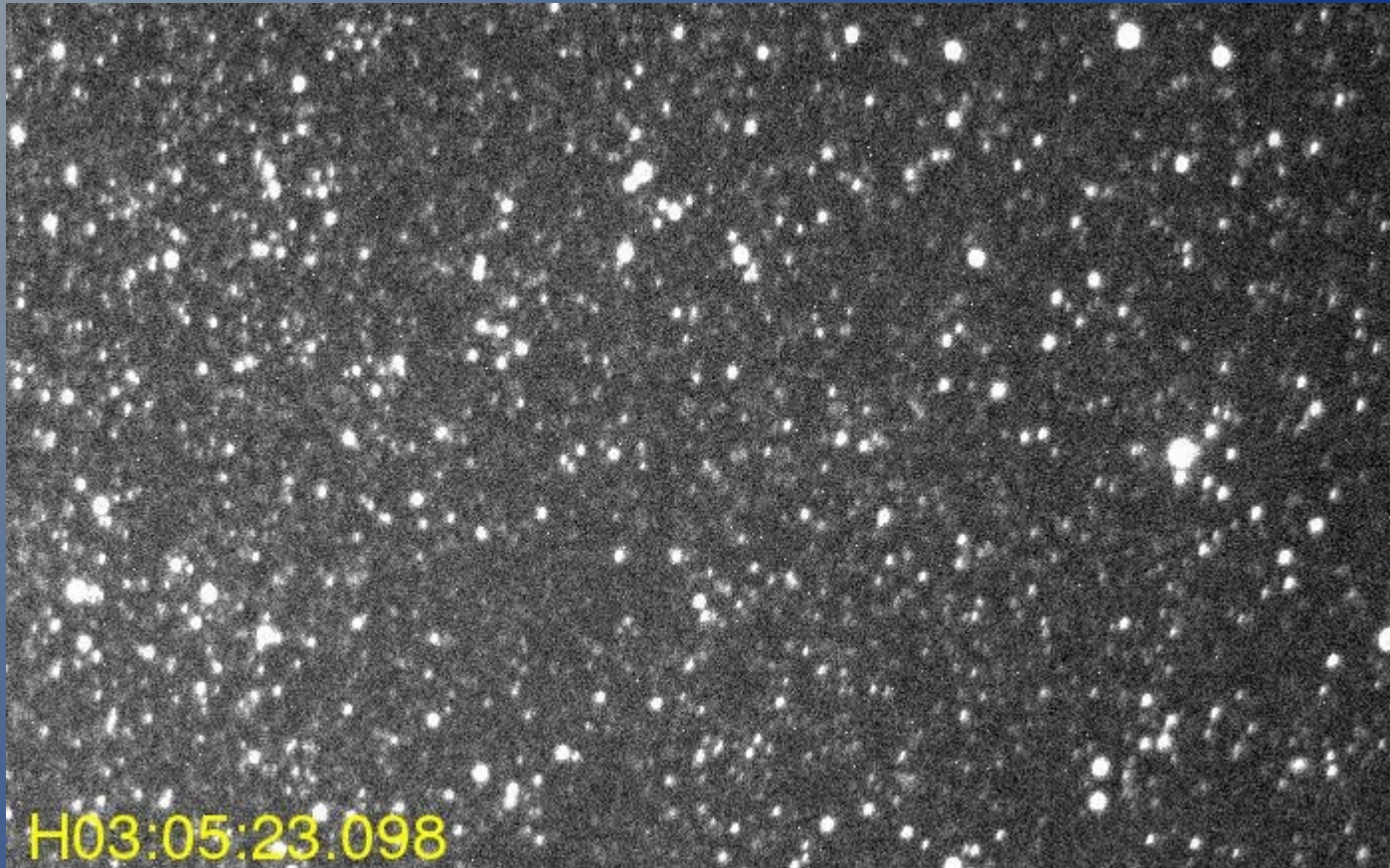
Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración



Imágenes “aplanada” y “sin aplanar”

Instalaciones menos caras

Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración



Imágenes avanzada y “aplanada” de las 03:00 más imagen de las 03:05

Instalaciones menos caras

Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración



Diferencia entre imágenes

Instalaciones menos caras

Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración

TRABAJO PARA UNA NOCHE:

- B-1. Confecciona una matriz de avance, un “flat” de avance y un máster dark.
- B-1. Espera a que se produzcan las capturas.
- B-2. Confecciona un máster dark y aguarda la llegada de archivos de BOOTES-1.
- B-1. Realiza el avance artificial y la resta de imágenes consecutivas.
- B-1. Descarta estrellas hasta cierta magnitud. (Con áreas de exclusión en función de la Luna.)
- B-1. Envía por scp a B-2 un fichero con las detecciones candidatas y queda a la espera de una respuesta.
- B-2. Selecciona las imágenes inmediatamente anterior y posterior en tiempo.
- B-2. Por cada detección, se recortan cuadrados de 200x200 píxeles, se les resta el dark.
- B-2. Examina el centro de los recortes. Si hay detección, confirma la alerta. En caso contrario, la descarta.
- B-2. Envía a B-1 un fichero con las detecciones confirmadas y los trozos de imágenes. El fichero puede ser vacío si no se confirma ninguna (que es lo más frecuente.)
- B-1. Si llegan alertas confirmadas, ejecuta una orden en el programador de tareas del telescopio TELMA para que tome una secuencia de imágenes en varios filtros en las coordenadas de la alerta, recorta trozos de 200x200 píxeles en las imágenes de CASANDRA-1, genera regiones ds9 con estrellas hipparcos cercanas y construye un archivo ejecutable para Aladin. Todo ello lo comprime y empaqueta en un fichero tgz y cumplimenta un archivo de informes de la noche.
- B-1. Al amanecer, envía a B-2 un archivo de detecciones vacío y se detiene el programa.
- B-2. Cuando le llega el archivo vacío, también se detiene.

Instalaciones menos caras

Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración

```
#!/bin/bash
ds9 -tile M-51.fits -zoom 2 -zscale -linear I-0-51.fits -zscale -linear I-1-51
.fits -zscale -linear M-51-A.fits -zscale -linear -region region-51-0.tpl -reg
ion region-51-1.tpl -region region-51-2.tpl -region region-51-3.tpl -region regi
on-51-4.tpl &
```

```
HIP 98120
draw circle(299.12420672,+19.18734897,200)
draw string(299.12420672,+19.18734897,98120)
HIP 98207
draw circle(299.33598206,+19.79756984,200)
draw string(299.33598206,+19.79756984,98207)
HIP 98337
draw circle(299.68911516,+19.49209287,200)
draw string(299.68911516,+19.49209287,98337)
HIP 98428
draw circle(299.98240327,+19.8895123,200)
draw string(299.98240327,+19.8895123,98428)
HIP 98738
draw circle(300.81830316,+18.50104063,200)
draw string(300.81830316,+18.50104063,98738)
19:59:31.681 +19:21:06.131
draw circle("19:59:31.681" "+19:21:06.131",200)
zoom 3 arcdeg
```

Instalaciones menos caras

Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración

The image shows a screenshot of the Aladin v8.0 astronomical software interface. The main window displays a multi-panel view of star fields. The top-left panel shows a zoomed-in view of a star field with a green box highlighting a region. The bottom-left panel shows a zoomed-in view of a star field with several objects labeled with IDs: 98428, 98207, 98137, 98120, and 98138. The right panel shows a zoomed-in view of a star field with several objects labeled with IDs: 98428, 98207, 98137, 98120, and 98138. The bottom-right panel shows a terminal window with the following text:

```
(c) 2014 UDS/CHEG - by CDS - Distributed under GNU GPL v3  
Está exaninando la alerta número 51 de la hora 22:46:20  
1621.655 2644.726 -7.9750 19:59:31.681 +19:21:06.131 19.30 18.65 1 1 51  
Decídase por una opción:  
0 = Pixel caliente  
1 = Columna mala o borde  
2 = Rayo cósmico  
3 = Satélite artificial  
4 = Trazo pequeño  
5 = Meteoro  
6 = Error astrométrico o de catálogo  
7 = Alerta auténtica  
8 = En Blanco  
9 = Objeto conocido
```

Instalaciones menos caras

Detecciones con cámaras CASANDRA en colaboración

The screenshot displays the Aladin v8.0 interface with a list of detected objects overlaid on a dark background. The objects are listed with their detection dates, coordinates, and classifications. A confirmation dialog is open, asking the user to select an option for object 51.

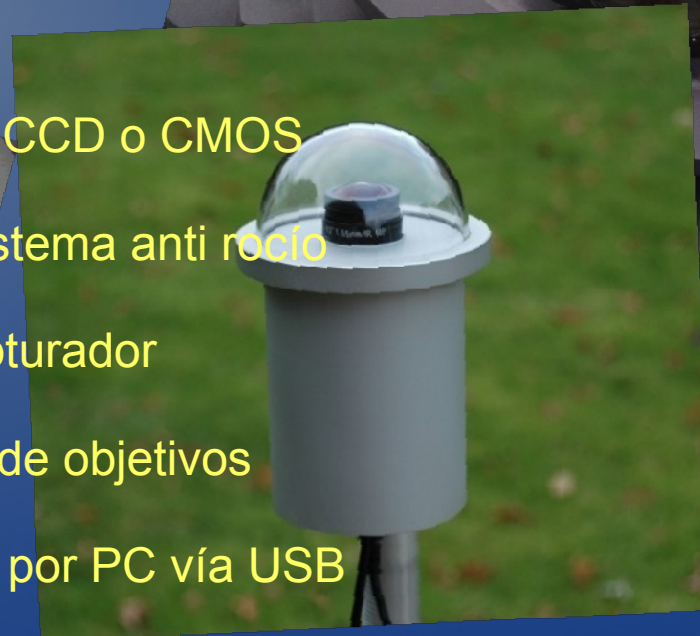
Fecha	RA	Dec	RA	Dec	RA	Dec	RA	Dec	RA	Dec	Clasificación
2018-08-24T00:28:40.388	1621.655	2644.726	-7.9750	19:59:31.681	+19:21:06.131	19.30	18.65	1	1		Error astrométrico o de catálogo
2018-08-23T22:08:49.892	1817.497	1463.587	-9.1190	19:56:52.759	+58:06:05.236	21.40	21.08	1	0		Rayo cósmico
2018-08-23T22:37:15.140	1795.417	1549.605	-11.9983	20:19:50.824	+55:14:53.057	18.62	18.20	0	1		Nube
2018-08-23T22:46:20.792	1621.655	2644.726	-7.9750	19:59:31.681	+19:21:06.131	19.30	18.65	1	1		Error astrométrico o de catálogo
2018-08-23T22:52:01.904	1131.035	1968.592	-6.6754	18:38:10.904	+38:46:20.366	24.82	22.40	1	1		Error astrométrico o de catálogo
2018-08-23T23:20:27.368	1567.727	2249.894	-7.5445	20:24:57.116	+32:07:29.460	10.77	08.74	1	1		Error astrométrico o de catálogo

Decisión para la alerta número 51 de la hora 22:46-20
1621.655 2644.726 -7.9750 19:59:31.681 +19:21:06.131 19.30 18.65 1 1 51

Decídase por una opción:

- 0 = Pixel caliente
- 1 = Columna mala o borde
- 2 = Rayo cósmico
- 3 = Satélite artificial
- 4 = Trazo pequeño
- 5 = Meteoro
- 6 = Error astrométrico o de catálogo
- 7 = Alerta auténtica
- 8 = En Blanco
- 9 = Objeto conocido

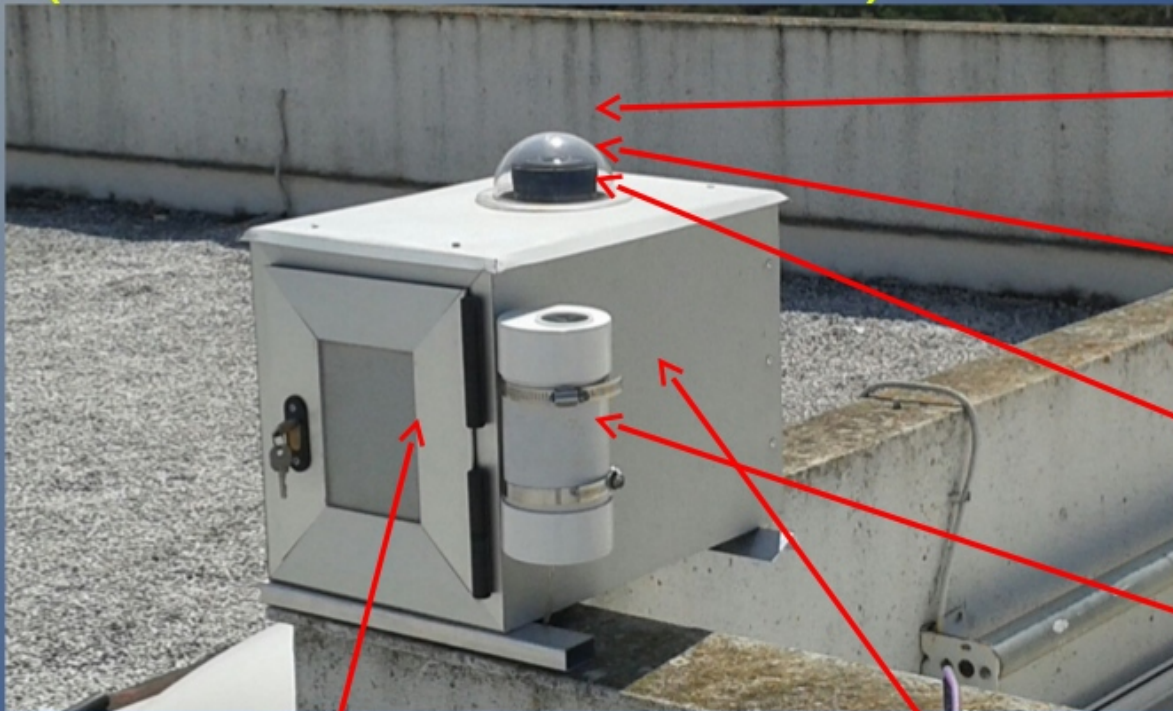
Instalaciones económicas



- Basados en CCD o CMOS
- Con o sin sistema anti rocío
- Con o sin obturador
- Varios tipos de objetivos
- Controlados por PC vía USB

Equipos comerciales completos

Instalaciones económicas



Cúpula

Objetivo Nikon 4mm

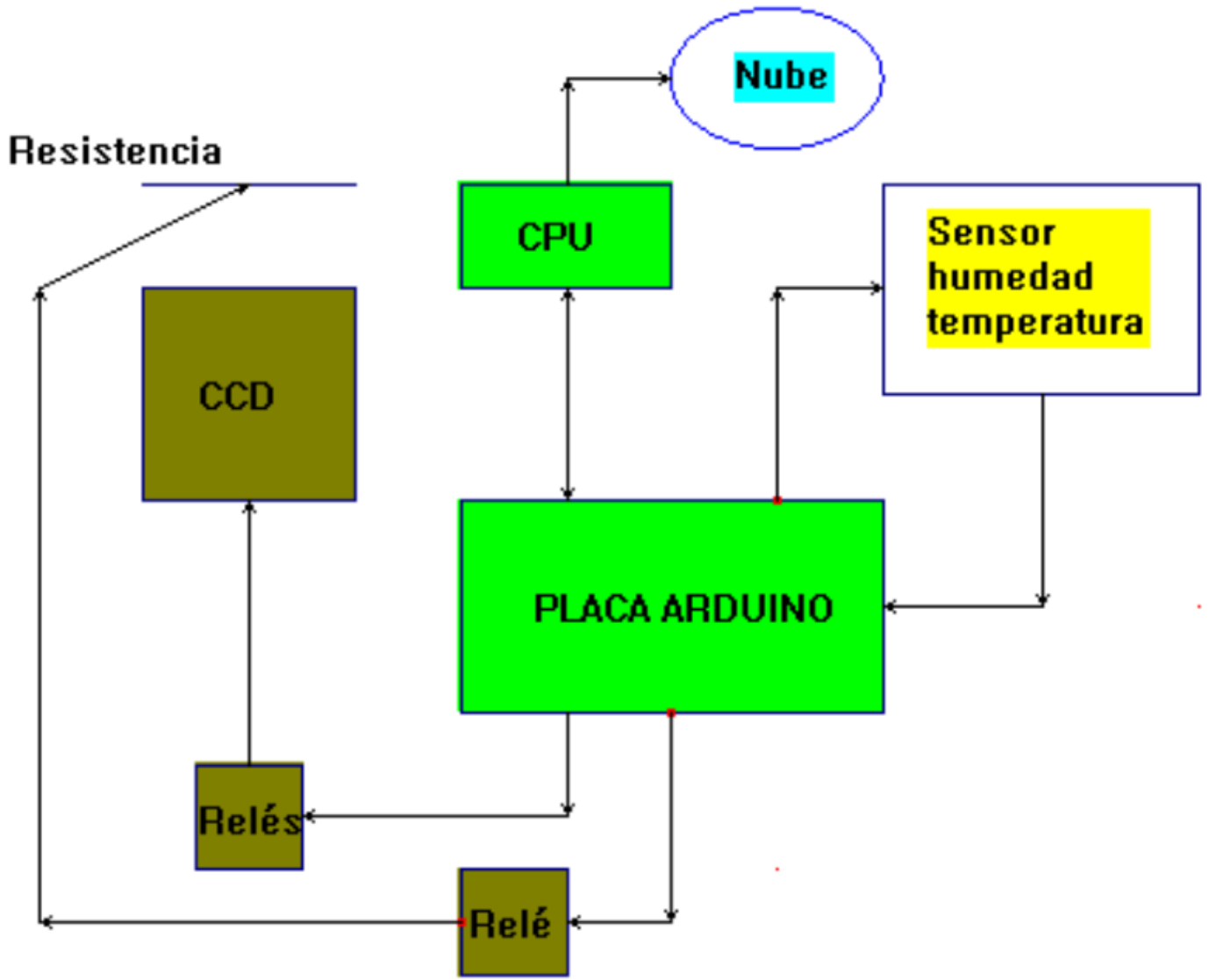
Cinta calentadora

SQM

Cámara SBIG ST8-XME

Carcasa de aluminio
(Taller de J.M. Núñez)

Instalaciones económicas



Carcasa
(Taller de

on 4mm
adora

XME

Instalaciones económicas

Experiencias de la SMA y BOOTES:

- Carcasas de material de fontanería



Astrobricolage

Instalaciones económicas

Experiencias de la SMA y BOOTES:

- Carcasas de material de fontanería
- Cámaras ZWO 120MM o 178MM



Astrobricolage

Instalaciones económicas



Experiencias de la SMA y BOOTES:

- Carcasas de material de fontanería
- Cámaras ZWO 120MM o 178MM

Astrobricolage

Instalaciones económicas

FUJINON Fish Eye "C" Mount Lens

1.8/1.4mm

Brand New



Model Number: DF1.4HB-L1

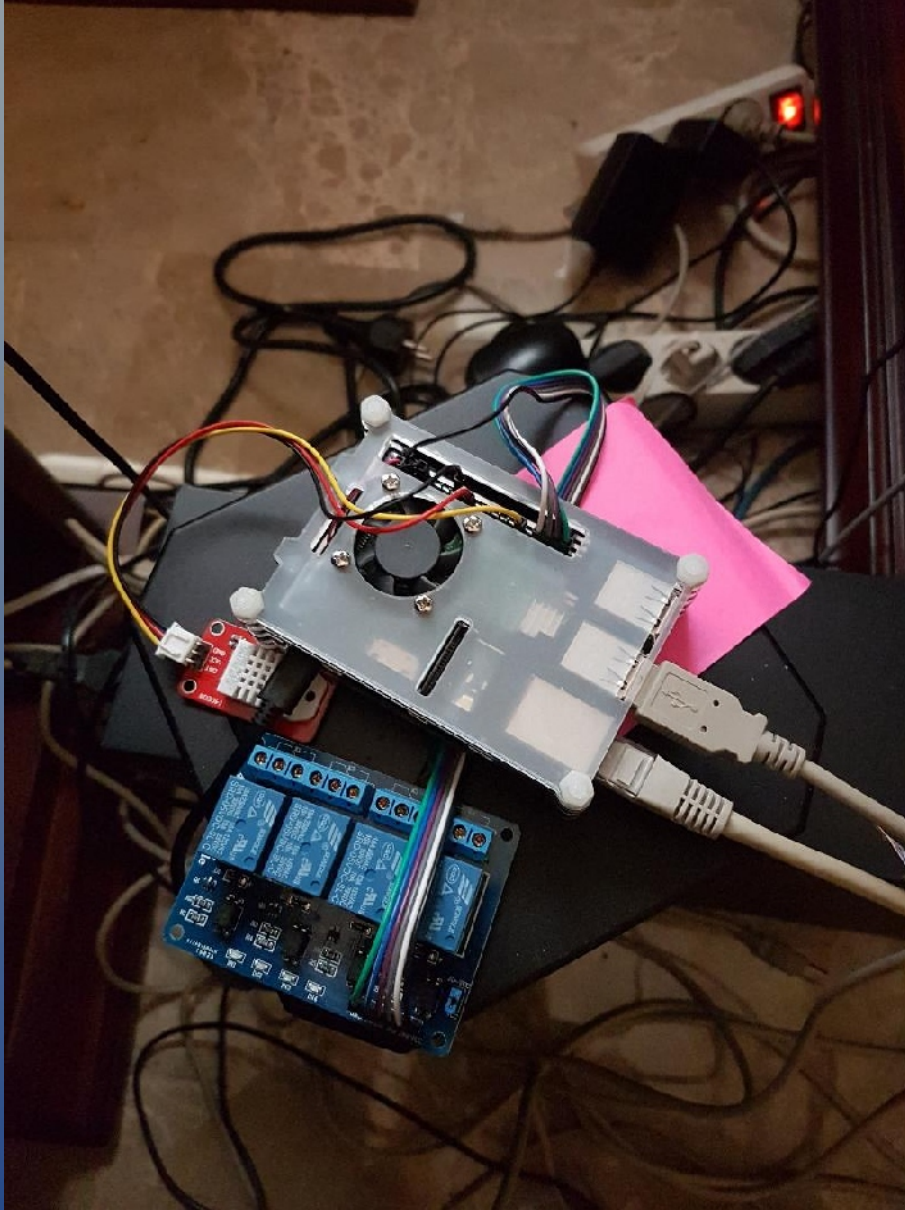
Experiencias de la SMA y BOOTES:

- Carcasas de material de fontanería
- Cámaras ZWO 120 o 178
- Objetivos ojo de pez



Astrobricolage

Instalaciones económicas



Experiencias de la SMA y BOOTES:

- Carcasas de material de fontanería
- Cámaras ZWO 120 o 178
- Objetivos ojo de pez
- Placas RaspberryPi, Rock64 o similares
- Sensor humedad/temperatura
- Relés para encendido/apagado
- Resistencia calentadora
- Ventiladores
- Placa Arduino opcional

Astrobricolage

Otras aplicaciones

(aparte de los fenómenos transitorios)

2018-07-08T20:40:16	124.90	24.10%	0.00%
2018-07-08T20:45:47	124.65	24.10%	0.00%
2018-07-08T20:50:17	124.43	24.10%	0.00%
2018-07-08T20:55:47	124.14	24.00%	78.38%
2018-07-08T21:00:18	123.88	24.00%	91.89%
2018-07-08T21:05:55	123.53	24.00%	91.67%
2018-07-08T21:10:26	123.24	23.90%	94.29%
2018-07-08T21:15:58	122.85	23.90%	94.59%
2018-07-08T21:20:29	122.52	23.90%	91.67%
2018-07-08T21:25:00	122.17	23.80%	92.11%
2018-07-08T21:30:32	121.72	23.80%	91.89%
2018-07-08T21:35:05	121.34	23.80%	94.59%
2018-07-08T21:40:36	120.86	23.70%	89.74%
2018-07-08T21:45:08	120.44	23.70%	84.62%
2018-07-08T21:50:42	119.91	23.70%	84.21%
2018-07-08T21:55:14	119.47	23.60%	86.49%
2018-07-08T22:00:46	118.91	23.60%	81.08%
2018-07-08T22:05:18	118.44	23.60%	77.50%

CalMaciarol 2018-08-08 (fragmento)

Conteo de estrellas

Otras aplicaciones

(parte de los fenómenos transitorios)

Estrellas visibles del catálogo Hipparcos de magnitud inferior a 2.5: 38

Estrellas usadas para regresión:
Id / Masa de aire / Magnitud de catálogo / Magnitud instrumental

HIP 69673	3.434	-0.05	-9.61
HIP 91262	1.031	0.03	-8.42
HIP 97649	1.133	0.76	-8.35
HIP 80763	5.023	1.06	-8.88
HIP 102098	1.027	1.25	-7.71
HIP 85927	5.833	1.62	-8.52
HIP 62956	2.532	1.76	-8.14
HIP 15863	4.023	1.79	-8.15
HIP 90185	3.588	1.79	-8.34
HIP 54061	3.546	1.81	-5.93
HIP 67301	2.192	1.85	-8.01
HIP 11767	1.670	1.97	-7.84
HIP 9884	5.638	2.01	-8.11
HIP 92855	2.310	2.05	-7.94
HIP 5447	2.190	2.07	-7.86
HIP 677	1.710	2.07	-7.71
HIP 72607	1.569	2.07	-7.75
HIP 86032	1.275	2.08	-7.51
HIP 14576	5.360	2.09	-8.01
HIP 9640	2.759	2.10	-7.81
HIP 4427	1.640	2.15	-7.82
HIP 76267	1.688	2.22	-7.60
HIP 100453	1.009	2.23	-7.08
HIP 65378	2.247	2.23	-8.05
HIP 3179	1.592	2.24	-7.43
HIP 87833	1.098	2.24	-6.95
HIP 746	1.457	2.28	-7.53
HIP 78401	5.712	2.29	-8.20
HIP 72105	2.218	2.35	-7.78
HIP 107315	1.265	2.38	-7.32
HIP 84012	2.305	2.43	-7.65
HIP 13881	1.343	2.44	-7.46
HIP 5199	1.146	2.45	-7.03
HIP 2488	1.024	2.48	-7.01
HIP 963	1.514	2.49	-7.35



Recta de Bouger:
 Coef. ext.: 0.130404424244203
 Punto cero: $b = 9.39594300842335$
 Error típico de regresión : 0.494989133260036
 Error típico del punto cero: 0.160787859231066
 Error típico del coef. ext.: 0.0564713658143548

Estimación del brillo del fondo del cielo
 (sucedáneo de ASTMON)

Consumatum est Gracias



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

