

XIII Jornadas de Introducción a la Investigación
Dpto EMFTEL, 05.05.2025

Investigación en Astropartículas



Grupo de Física de Altas Energías
www.ucm.es/gae
info@gae.ucm.es

- El grupo
- Áreas de investigación
 - Astrofísica de Muy Altas Energías
 - Otros (Instrumentación, F. Atomica, Simulación)
- Trabajos de investigación

Nota: La siguiente información está circunscrita al trabajo experimental del GAE. Otros grupos de la Facultad trabajan en modelos teóricos relacionados con Física de Astropartículas (FT) y Control de Calidad y Compatibilidad Electromagnética para instrumentos dedicados a la Astrofísica de Muy Altas Energías (EMFTEL).

- 8 Profesores
- 7 Investigadores predoctorales
- 1 Gestora de proyectos

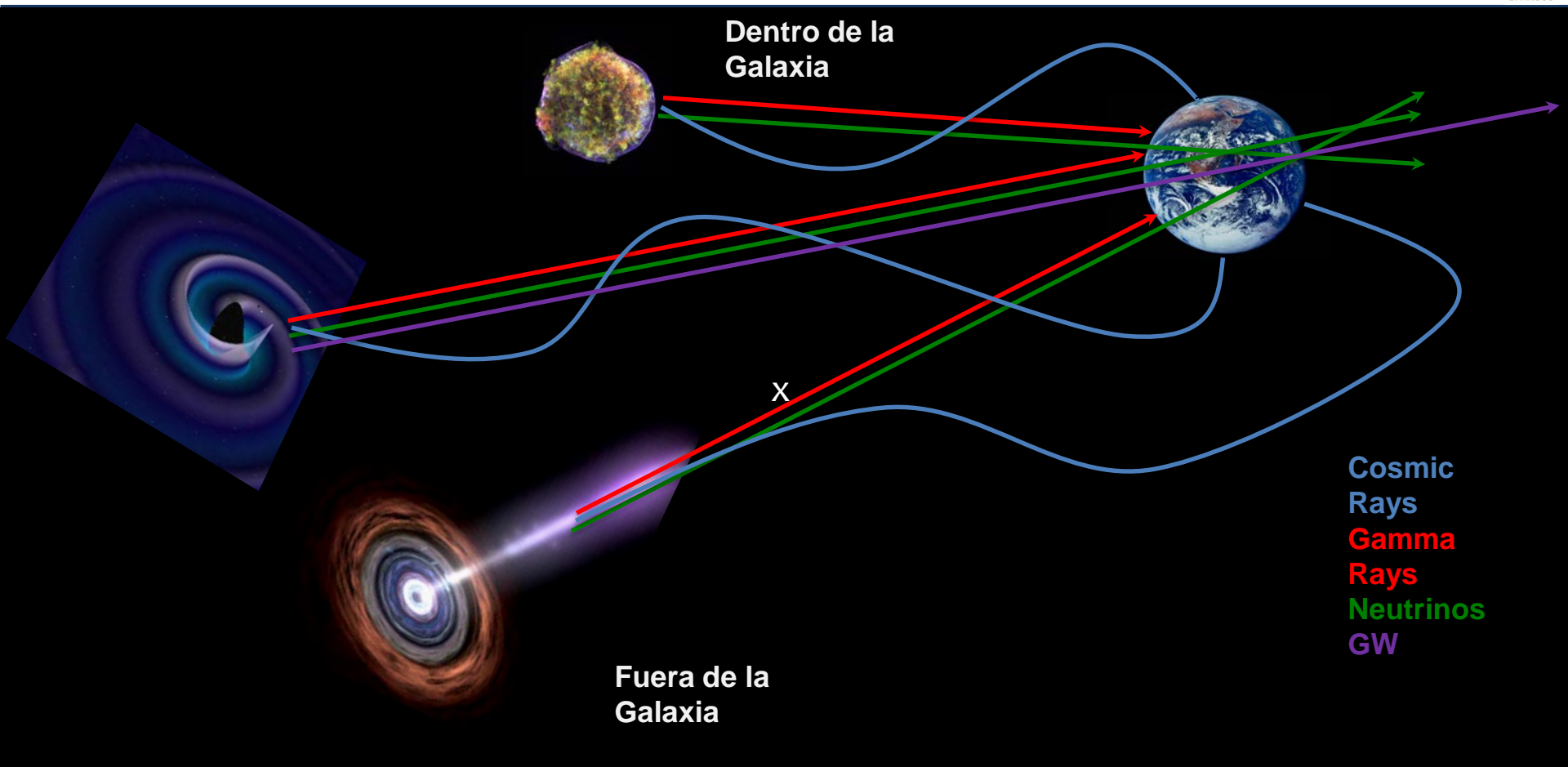
[IPARCOS](#) y Dpto. [EMFTEL](#), Grupo internacional Experimental, Publicaciones, Laboratorios propios

[Portal de Producción científica](#)

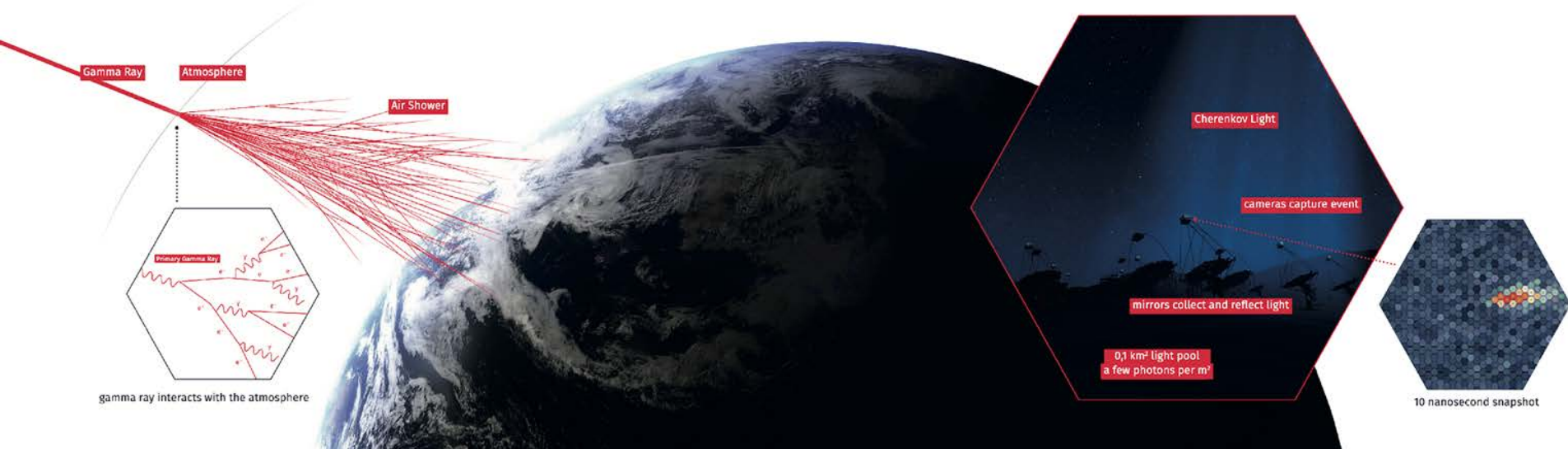
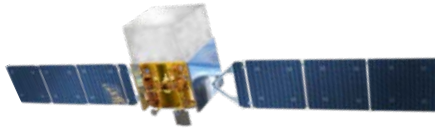
[Página Web](#)



- Grado en Física
 - Cálculo (I)
 - Interacción radiación-materia
 - Estructura de la materia
 - Física atómica y molecular
 - Procesos atómicos y plasmas
 - Radiofrecuencia
 - Laboratorio de física (I y II)
- Grado en IEC
- Grado en Biología
 - Física aplicada a la biología
- Máster en Astrofísica
- Máster en Física Biomédica
- Máster en Física Teórica
- Máster en Nuevas Tecnologías Electrónicas y Fotónicas



Los rayos cósmicos y rayos γ interactúan con la atmósfera.





- 5-20 fold better sensitivity w.r.t. current IACTs
- 4 decades of energy coverage: 20 GeV to 300 TeV
- Improved angular and energy resolution
- Two arrays (North/South)

CTAO

Low-energy range:

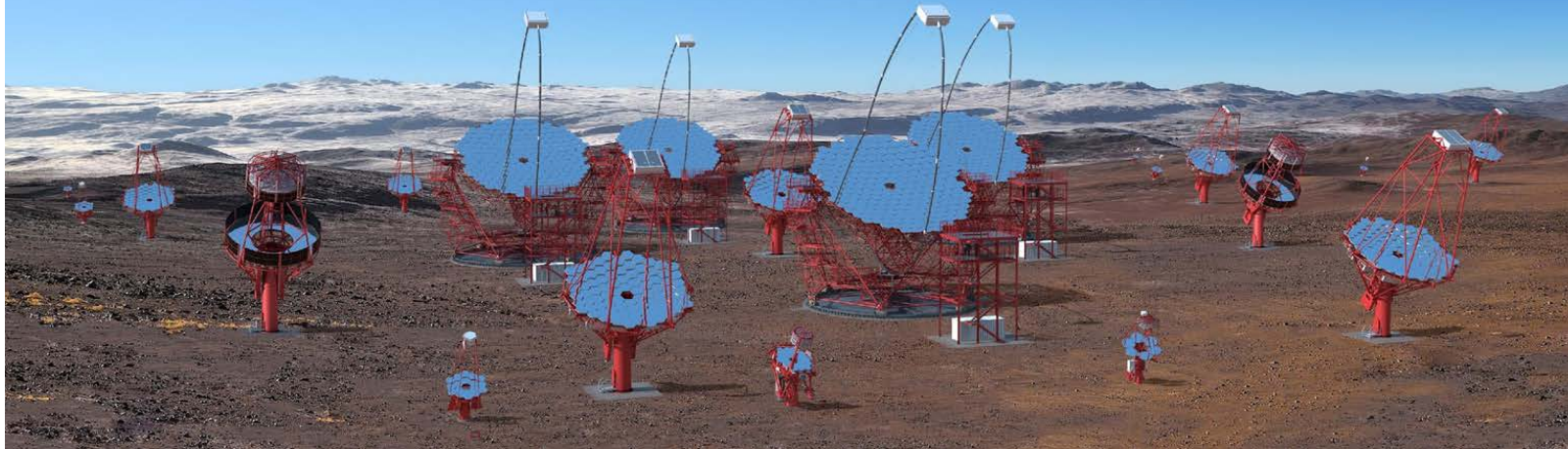
23 m \varnothing
Parabolic reflector
4.3° FoV
Energy threshold 20 GeV

Mid energy-range:

12 m \varnothing modified Davies-Cotton reflector
9.7 m \varnothing Schwarzschild-Couder reflector
7.5° FoV
Full system sensitivity in the 150 GeV – 5 TeV range

High-energy range:

4 m \varnothing Schwarzschild-Couder reflector
10° FoV
Several km² area at multi-TeV energies

www.ctao.org

Science with CTA,
arXiv:1709.07997

- 5-20 fold better sensitivity w.r.t. current IACTs
- 4 decades of energy coverage: 20 GeV to 300 TeV
- Improved angular and energy resolution
- Two arrays (North/South)

CTAO

Low-energy range:

23 m \varnothing
Parabolic reflector
4.3° FoV
Energy threshold 20
GeV

Mid energy-range:

12 m \varnothing modified Davies-Cotton reflector
9.7 m \varnothing Schwarzschild-Couder reflector
7.5° FoV
Full system sensitivity in the
150 GeV – 5 TeV range

High-energy range:

4 m \varnothing Schwarzschild-Couder reflector
10° FoV
Several km² area at
multi-TeV energies



Artistic View, CTAO-

www.ctao.org

Science with CTA,
arXiv:1709.07997



MAGIC-I 2005

MAGIC-II 2009

LST-I 2018

LST-III 2025

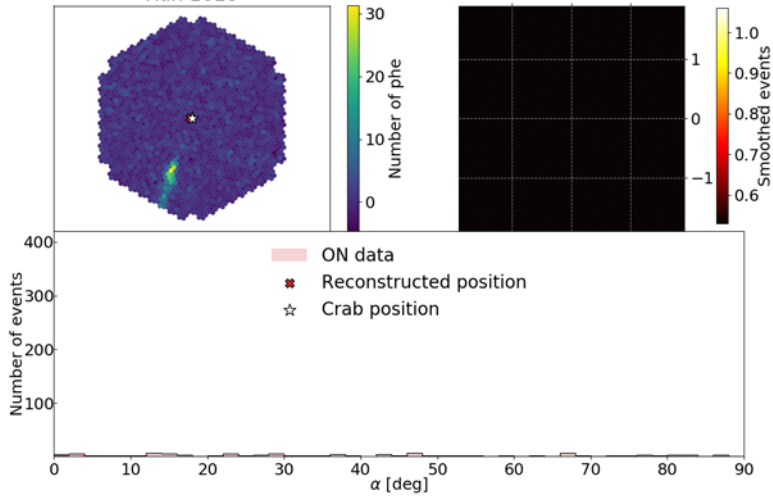
LST-IV 2025

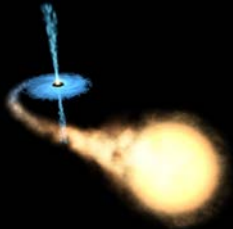
LST-II 2026

Large Size Telescope

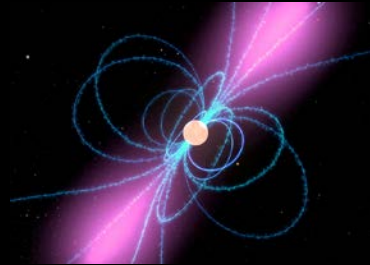
1

Run 1618





Binarias de rayos gamma



Púlsares



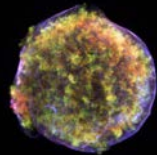
Estallidos de rayos γ



Fusiones de objetos compactos



Nebulosas de Púlsares



Restos de supernova

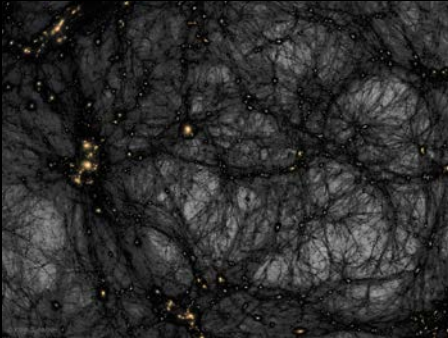


Galaxias con brotes de formación estelar

Núcleos Galácticos Activos/Blazares

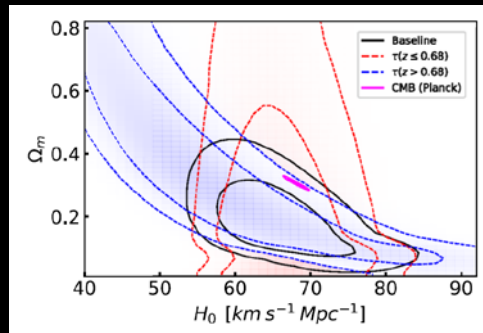


Búsquedas de materia oscura



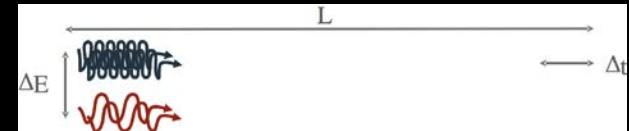
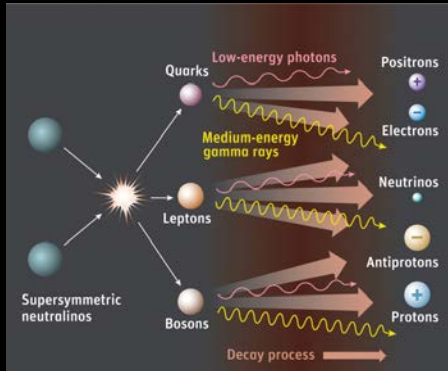
Credit: KIPAC, AMNH

Cosmología con rayos γ



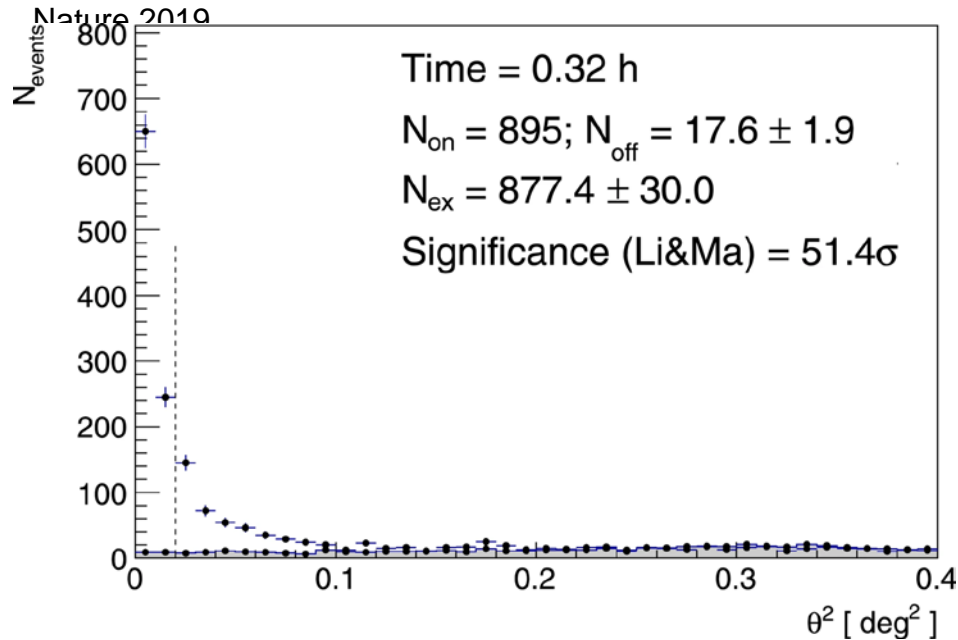
Gravedad cuántica ¿Depende c de la energía?

Credit: University of Warwick



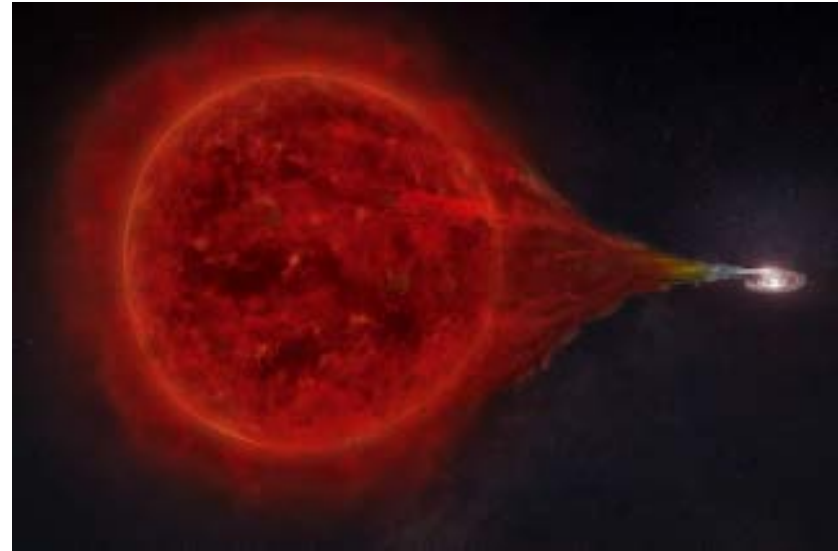
Las explosiones más brillantes de la naturaleza.

Detección de un estallido de rayos gamma cien veces más brillante que las fuentes conocidas. GRB 190114C



Cuando una enana blanca acreta material de una estrella compañera.

La acumulación lleva a reacciones nucleares periódicas en su superficie, un “efecto volcán”.

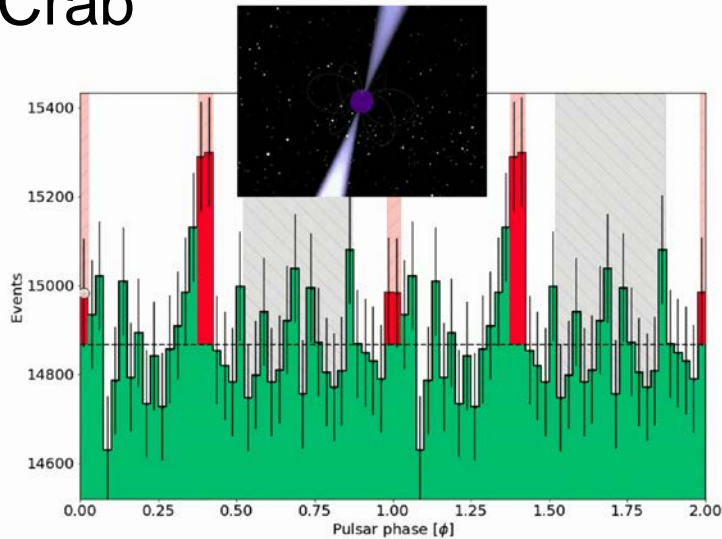


Detección de la nova RS Ophiuchi: primera nova detectada en VHE (MAGIC, LST-1, Fermi-LAT)

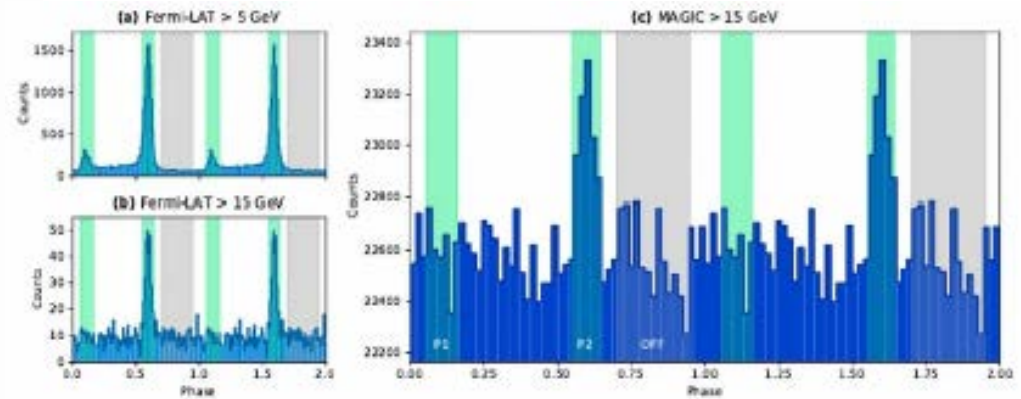
(Nature Astronomy 2022)

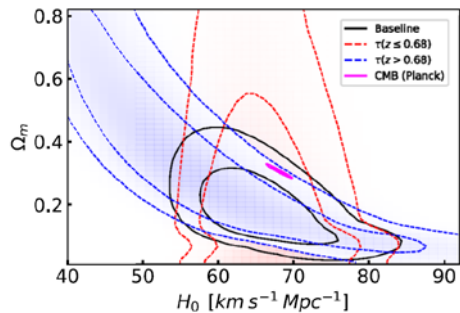
A detailed study of the very-high-energy Crab pulsar emission with the LST-1 Liderado por el GAE: M. López-Moya, A. Más, (marzo 2024) Tesis A. Más (Febrero 2025)

Crab

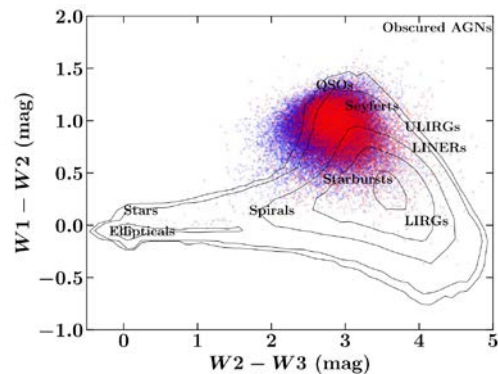


Geminga

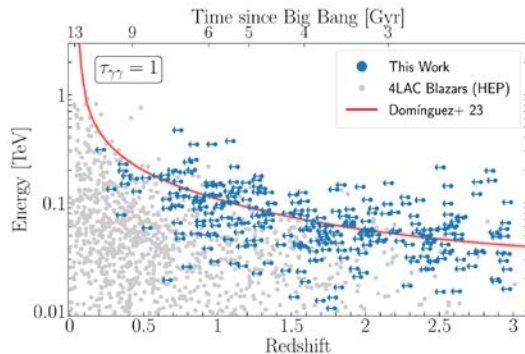




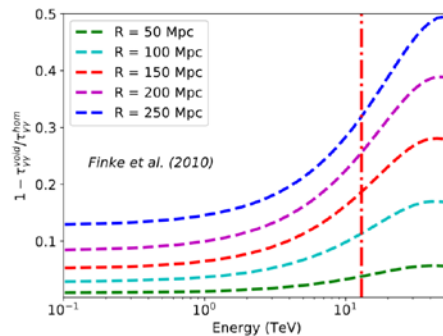
A new derivation of the Hubble constant from γ -ray attenuation using improved optical depths for the



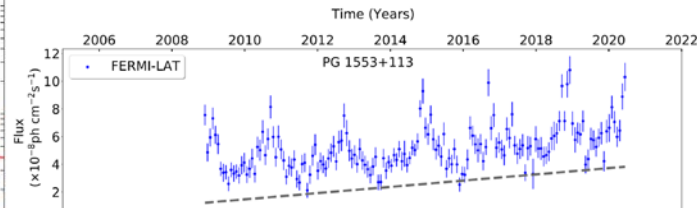
Narrow-line Seyfert 1 galaxies in Sloan Digital Sky Survey: a new optical spectroscopic catalogue, Paliya+24
GAE



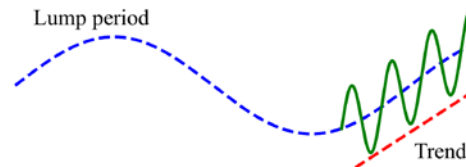
Constraints on redshifts of blazars from extragalactic background light attenuation using Fermi-LAT data,



The effect of cosmic voids on the propagation of TeV gamma rays from GRB 221009A, Abdalla+24



Multiwavelength analysis of Fermi-LAT blazars with high-significance periodicity: detection of a long-term rising emission in PG 1553+113, Peñil+24

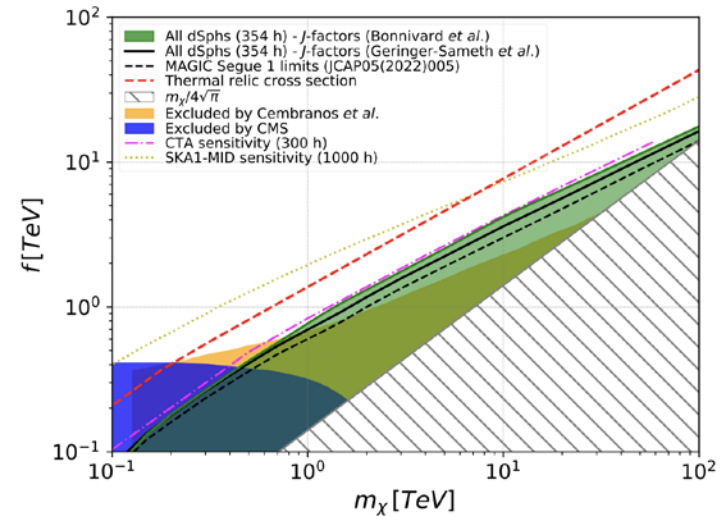
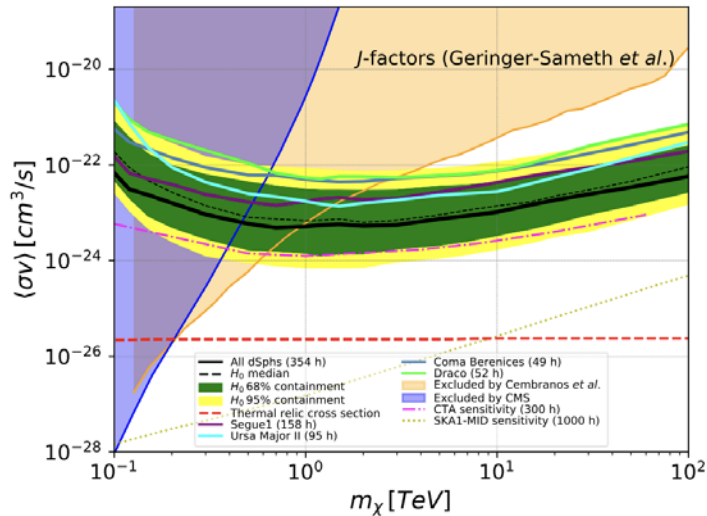


Constraining the PG 1553+113 binary hypothesis: interpreting hints of a new, 22-year period, Adhikari+24

Combined search in dwarf spheroidal galaxies for branon dark matter annihilation signatures with the MAGIC telescopes

MAGIC Coll. (including T. Miener, D. Nieto), JCAP 03 (2025) 020

DOI [10.1088/1475-7516/2025/03/020](https://doi.org/10.1088/1475-7516/2025/03/020)



“An easy tool for the Monte Carlo simulation of the passage of photons and electrons through matter”. Moya, V., Rosado, J., Arqueros, F. Rad. Meas, 169 (2023) 107029

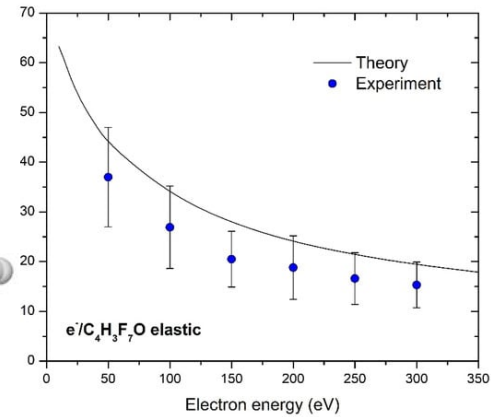
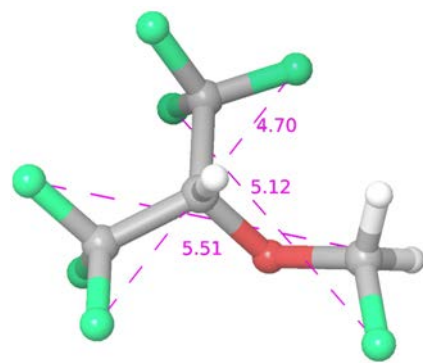
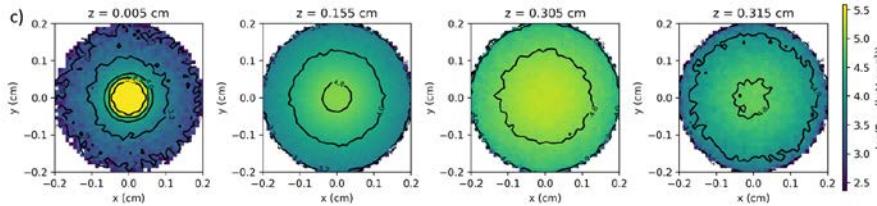
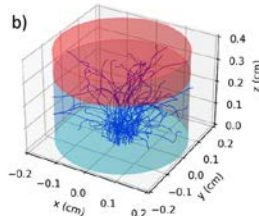
“Absolute differential cross-sections for elastic electron scattering from sevoflurane molecule in the energy range from 50–300 eV”. Blanco, F. et al. International Journal of Molecular Sciences, 23(1), January 2022

```
import LegPy as lpy

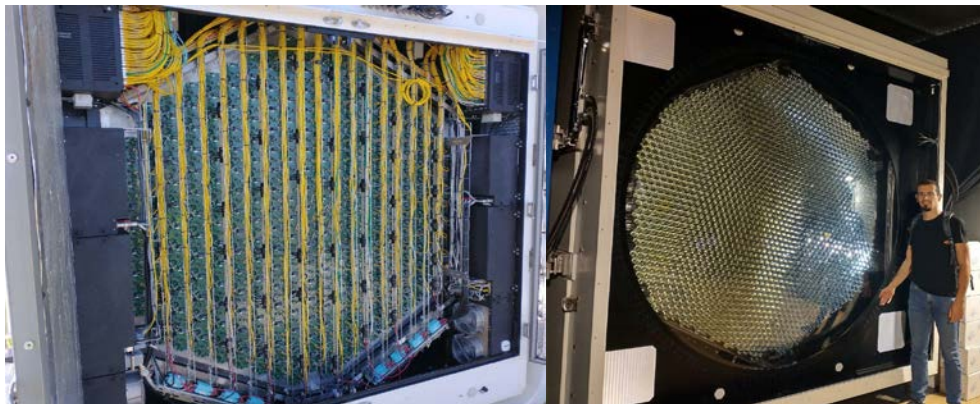
# Cylinder 0.4 cm in diameter and 0.4 cm in length. 40x40x40 voxels in Cartesian coordinates
geometry = lpy.Geometry(name='cylinder', diam=0.4, z=0.4, z_ch=0.3, n_x=40, n_y=40, n_z=40)
# Water: 0 cm < z < 0.3 cm; Pb: 0.3 cm < z < 0.4 cm
medium1 = lpy.Medium(name='water')
medium2 = lpy.Medium(name='Pb')

# Parallel electron beam with circular cross section of 0.1 cm in diameter
beam = lpy.Beam(particle='electron', name='parallel', diam=0.1)
# Exponential energy spectrum from 0.1 MeV to 2 MeV with decay rate of 1 MeV
spectrum = lpy.Spectrum(name='exponential', E_min=0.1, E_max=2., E_ch=1.)

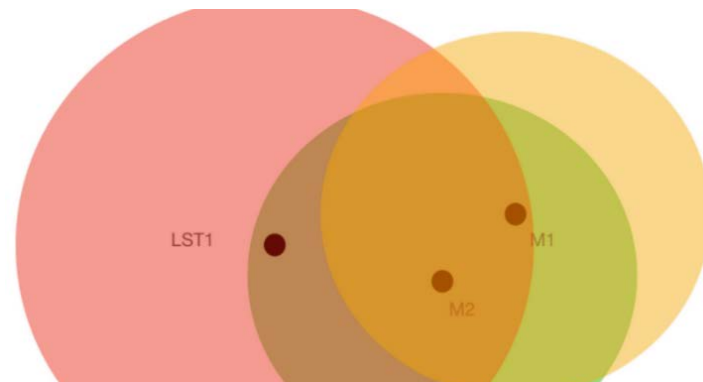
# Simulation performed for 500000 electrons
result = lpy.MC([medium1, medium2], geometry, spectrum, beam, n_part=500000)
```



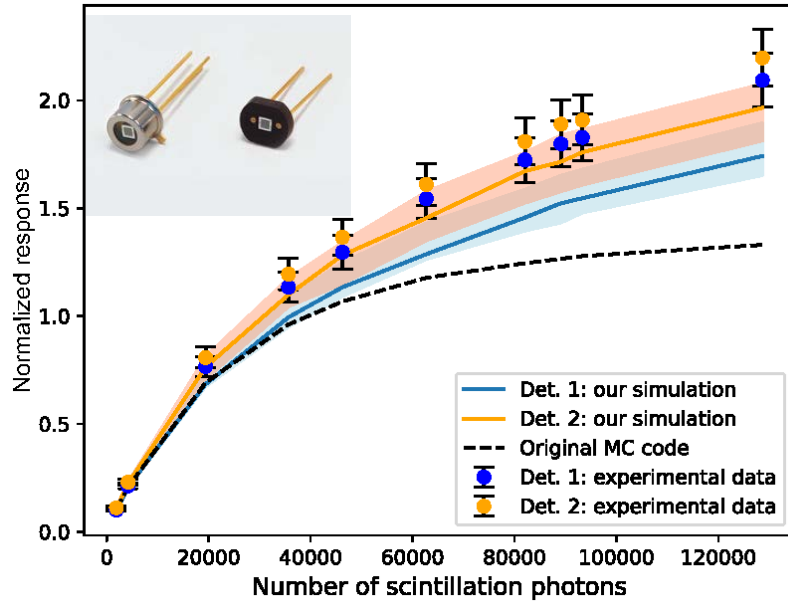
Electrónica de trigger



Trigger estéreo LST+MAGIC



Caracterización de SiPMs:

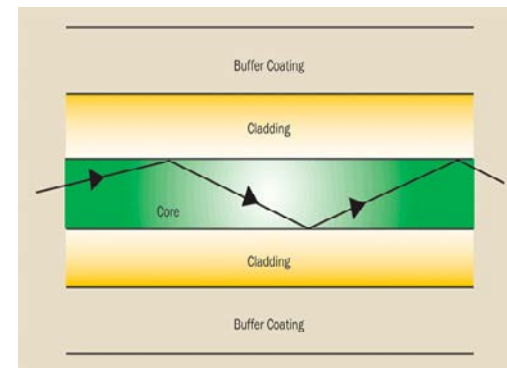
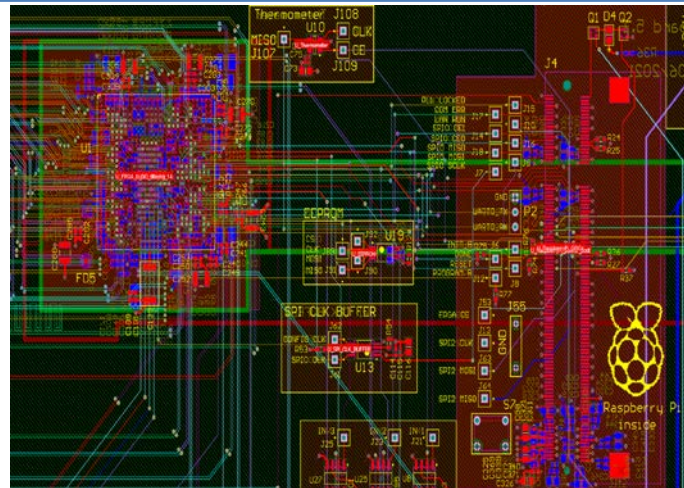


Laboratorio y pruebas de campo:



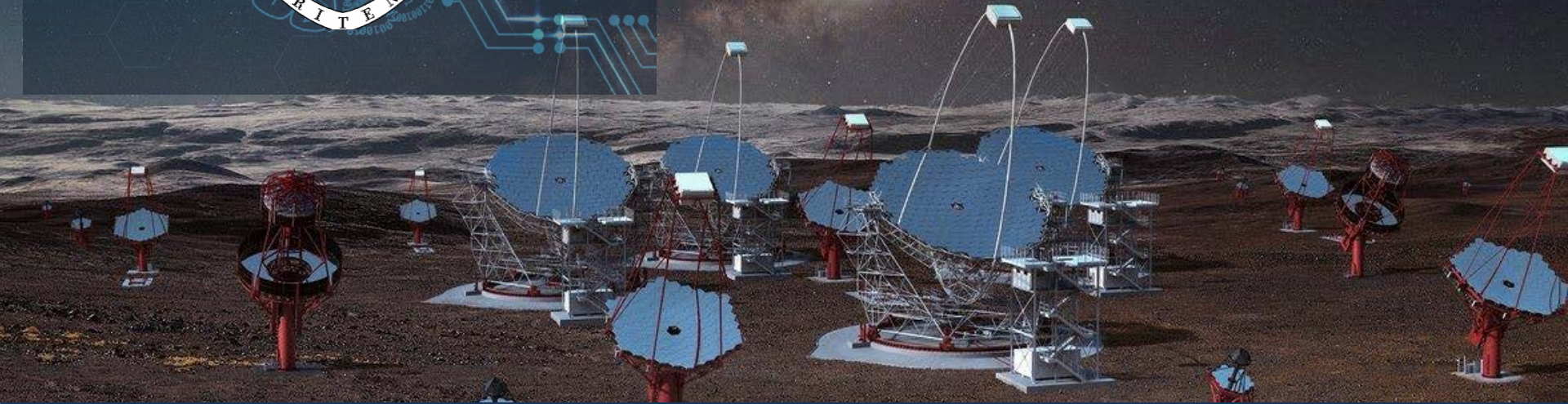
Tecnologías:

- Diseño PCB (Altium)
- Diseño digital (FPGAs e ICs)
- Software a distintos niveles
- Comunicaciones ópticas
- ... y mucho más!





El GAE desarrolla y entrena redes de *aprendizaje profundo* para que encuentren todos los rayos gamma posibles entre los datos que CTAO tomará en el futuro próximo



- CIEMAT y Instituto de Física Teórica-UAM (Madrid)
- European Space Agency Science Center (Villafranca del Castillo)
- Instituto de Física de Altas Energías, UAB, ICE (Barcelona)
- Universidad de Santiago de Compostela
- Instituto de Astrofísica de Canarias
- Instituto de Astrofísica de Andalucía y Universidad de Granada

- Max Planck Institut Munich/Heidelberg
- Observatoire de Paris y LPNHE - Universidad de la Sorbona
- SSCDC y Universidad Roma, Roma
- Universidad de Ginebra
- ICRR- Universidad de Tokyo
- Universidad de Columbia, New York
- University of California Santa Cruz, California
- Clemson University, South Carolina
- Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics (IUCAA), Pune, India

- Temas de investigación en:
 - Física de Astropartículas
 - Electrónica / Detectores
 - Inteligencia Artificial
- A nivel de:
 - TFG
 - TFM (F. Teórica, Astrofísica, F. Biomédica, Nuclear, N. Tecnologías)
 - Tesis
- Buen ritmo de publicaciones (ver google scholar ó [portal ucm](#))
- Relación entre número de personal senior y doctorandos alta

Juan Abel Barrio

- Física de Astropartículas

José Luis Contreras

- Terapia con Radiofármacos (con V. Moya)
- La Física en la Medicina Nuclear

Alberto Domínguez

- Study of the Temporal Stability of Quasi-Periodic Oscillations in Gamma-Ray Blazars: Search for Supermassive Binary Black Hole Systems
- Spectral Evolution in Blazars with Quasi-Periodic Oscillations: Analysis of the Gamma-Ray Spectral Index Using Fermi-LAT Data

Marcos López Moya

- Emisión de rayos gamma en estrellas de neutrones

Daniel Nieto

- Búsquedas de materia oscura / Dark matter searches

Jaime Rosado y Fernando Arqueros

- Desarrollo del código LegPy para la simulación de la interacción de rayos gamma y electrones con la materia

José Luis Contreras

- Análisis de observaciones de Núcleos Galácticos Activos con el telescopio LST-1

Alberto Domínguez

- Contribution to the Extragalactic Background Light from Supermassive Black Holes
- Investigating Multi-TeV Gamma-ray Origins in Supermassive Black Holes with NASA's Fermi Gamma-ray Space Telescope
- Searching for Binary Supermassive Black Holes in Galaxies

Daniel Nieto

- Búsquedas de materia oscura en el clúster globular Omega Centauri
- Investigating the sensitivity of the Cherenkov Telescope Array to heavy dark matter

.....

- Convocatoria competitivas doctorado
 - FPU, Complutense, Caixa, etc.
 - Becas de colaboración de Ministerio y UCM
- Financiación de IPARCOS
 - Becas para TFMs/doctorado
- Financiación propia, contingente a proyectos del grupo
- Contactos con otros grupos
 - Podemos poneros en contacto con los grupos con los que colaboramos



Grupo de Física de Altas Energías

www.gae.ucm.es

info@gae.ucm.es

¡ Gracias !

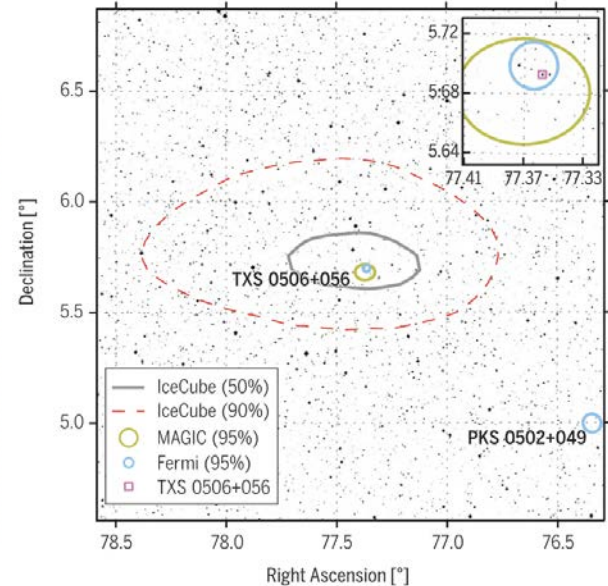
IceCube Collaboration, Fermi-LAT, MAGIC, AGILE, ASAS-SN, HAWC, HESS, ... & Kappesser, D. (2018). "Multimessenger observations of a flaring blazar coincident with high-energy neutrino IceCube-170922". *Science*, 361(6398), eaat1378.

RESEARCH ARTICLE SUMMARY

NEUTRINO ASTROPHYSICS

Multimessenger observations of a flaring blazar coincident with high-energy neutrino IceCube-170922A

The IceCube Collaboration, *Fermi*-LAT, MAGIC, AGILE, ASAS-SN, HAWC, H.E.S.S., INTEGRAL, Kanata, Kiso, Kapteyn, Liverpool Telescope, Subaru, *Swift*/NuSTAR, VERITAS, and VLA/17B-403 teams*†



Constraining branon dark matter from observations of the Segue 1 dwarf spheroidal galaxy with the MAGIC telescopes

T. Miener, D. Nieto et al. JCAP05(2022)005

DOI 10.1088/1475-7516/2022/05/005

