



Actividades en astropartículas y clima espacial en la UNACH



Karen Salomé CaballeroMora
FCFM-UNACH

10 de diciembre de 2025



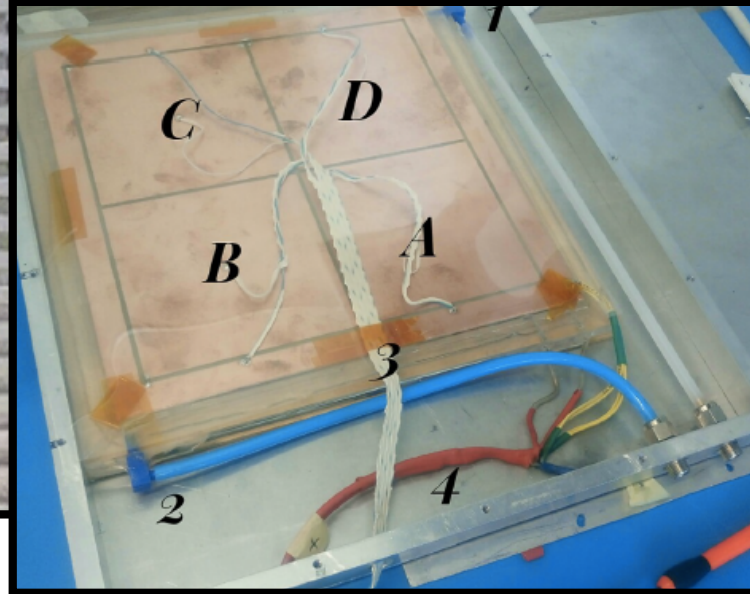


Índice



- Laboratorio de Astrofísica y Altas Energías de la FCFM-UNACH
- Escaramujo y Plástico centellador, SiMeAv
- Lago y WCD
- Pierre Auger, Fluorescencia, radio, WCD, centelleo
- RPC y MATHUSLA
- RC y Clima Espacial
- CALLISTO

Laboratorio de Astrofísica y Altas Energías



- Detector de centelleo (Escaramujo)
- Cámara de Placas Resistivas (RPC)
- Detector de Luz Cherenkov en Agua (WCD-LAGO)
- Telescopios
- Divulgación

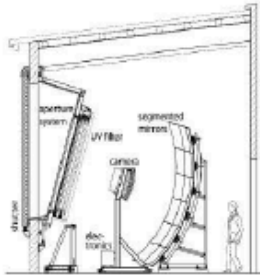


Proyectos en los que está involucrado el grupo de Chiapas

- Pierre Auger



PIERRE
AUGER
OBSERVATORY



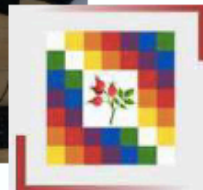
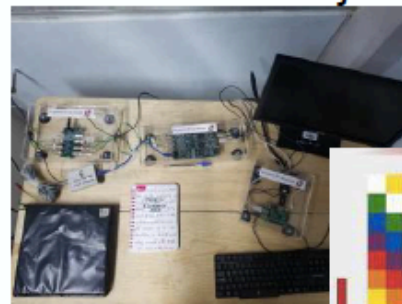
- LAGO



- HAWC



- Escaramujo



- CALLISTO



- MATHUSLA



- SWGO





Escaramujo

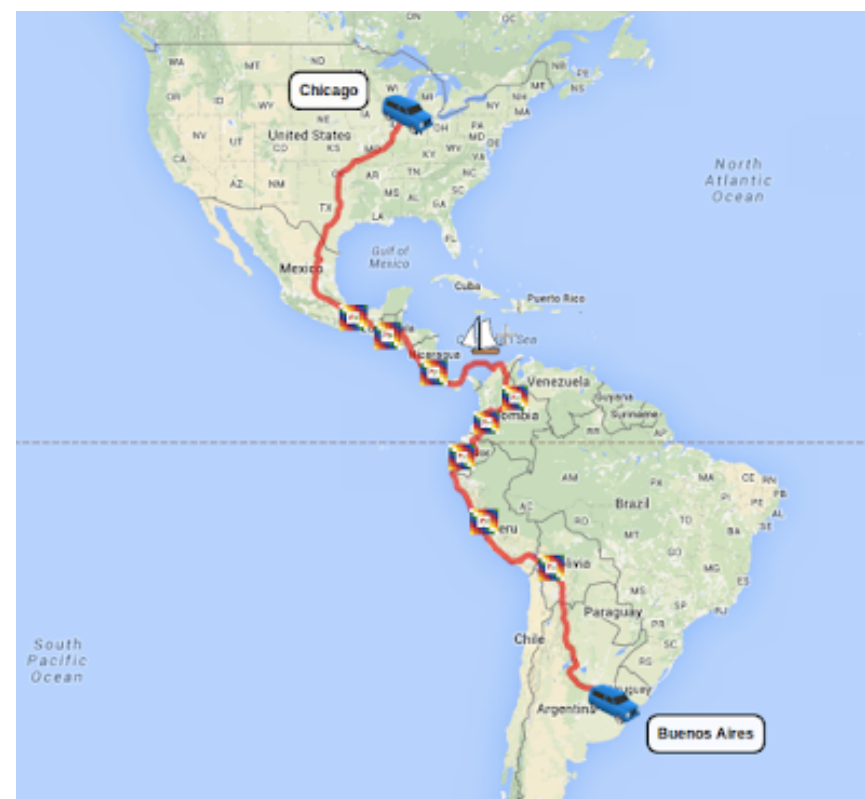


Cursos de laboratorio sobre Instrumentación en Física de Altas Energías y Astropartículas en instituciones latinoamericanas. El físico Federico Izraelevitz viajó en una van desde Chicago a Buenos Aires.

Hubo cursos en México, Guatemala, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil, Paraguay y Argentina a nivel pre y posgrado.

Todas las instituciones están en contacto para hacer estudios sobre rayos cósmicos a través de análisis y medición de datos.

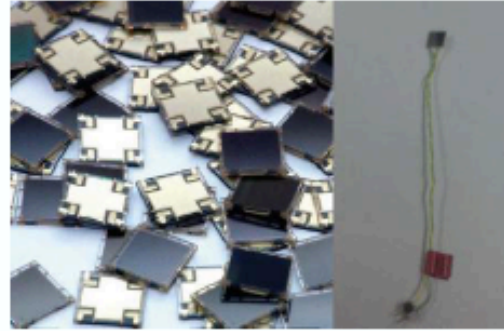
Inició en Chiapas en agosto de 2015, terminó en febrero de 2016 en Argentina.



<http://www.escaramujo.net>

Trayecto que siguió Federico

El detector



3-Plásticos centelladores
(EJ-200) y 3-SiPM
MicroFC-60035-SMT,
SensL

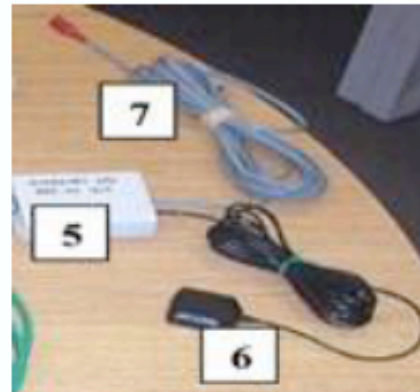
Monitor



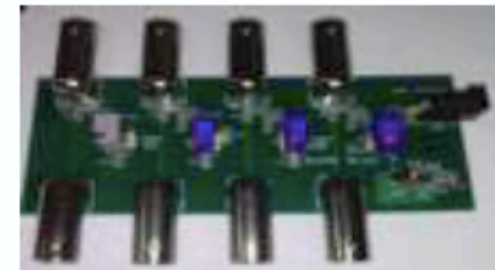
La captura de datos se hace con
una tarjeta QuartkNet, convertidor
De tiempo a digital, 4 canales
de entrada



Para leer los datos se usa
una Raspberry PI2

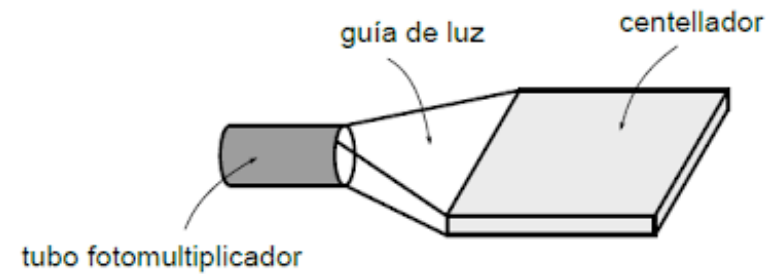
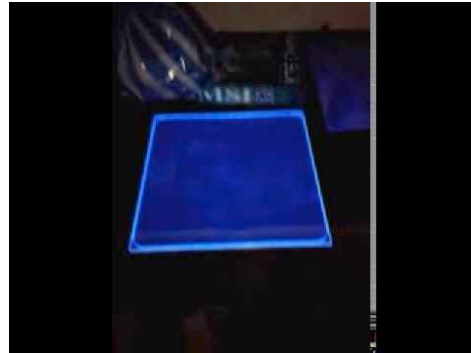


5. Módulo GPS. 6. Antena
GPS. 7. Sensor de
temperatura.



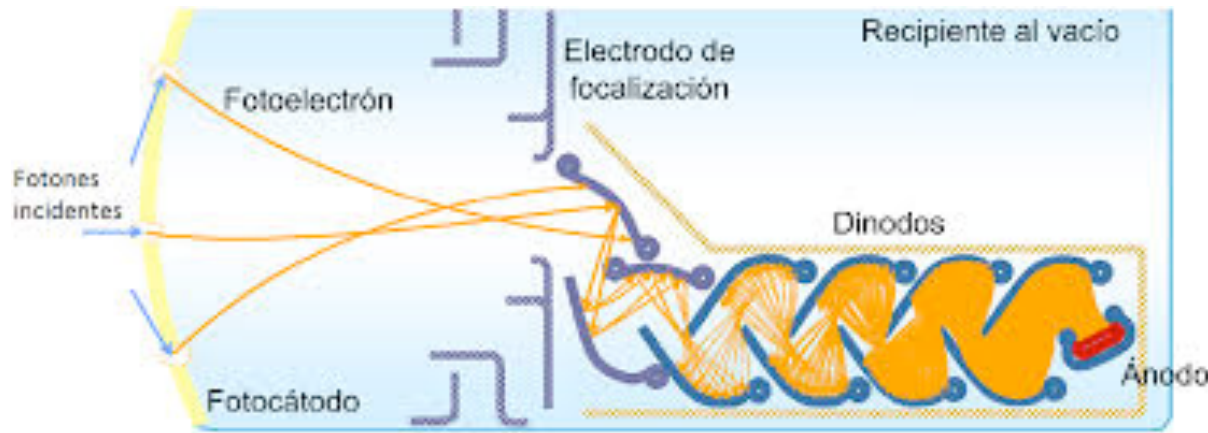
Preamplificador para
poner los voltajes de
27 V a 36 V

Plástico centellador



Arreglo experimental

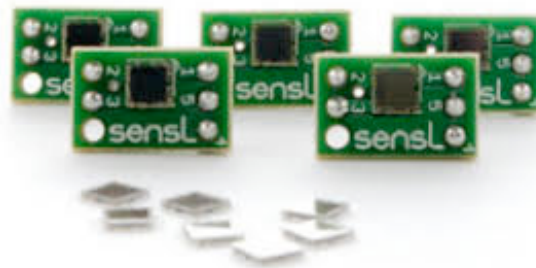
Ejemplos



Tubo fotomultiplicador



Escaramujo



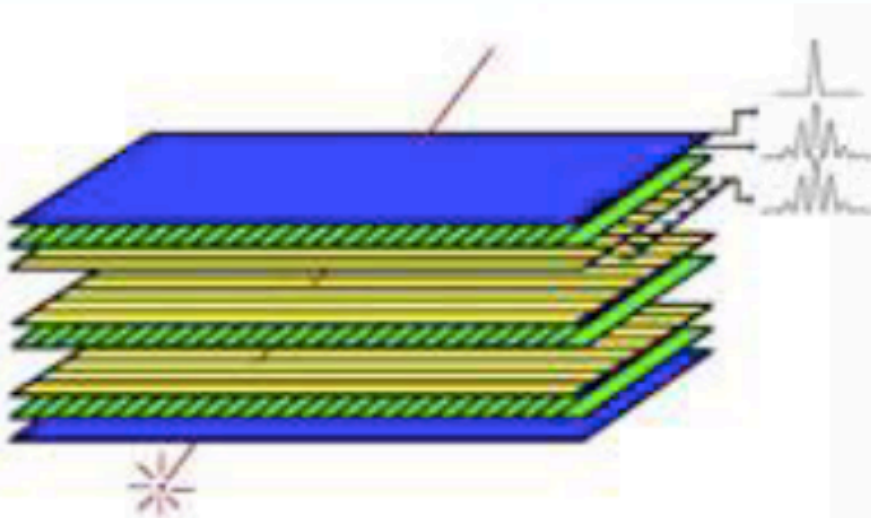
Fotomultiplicador de silicio



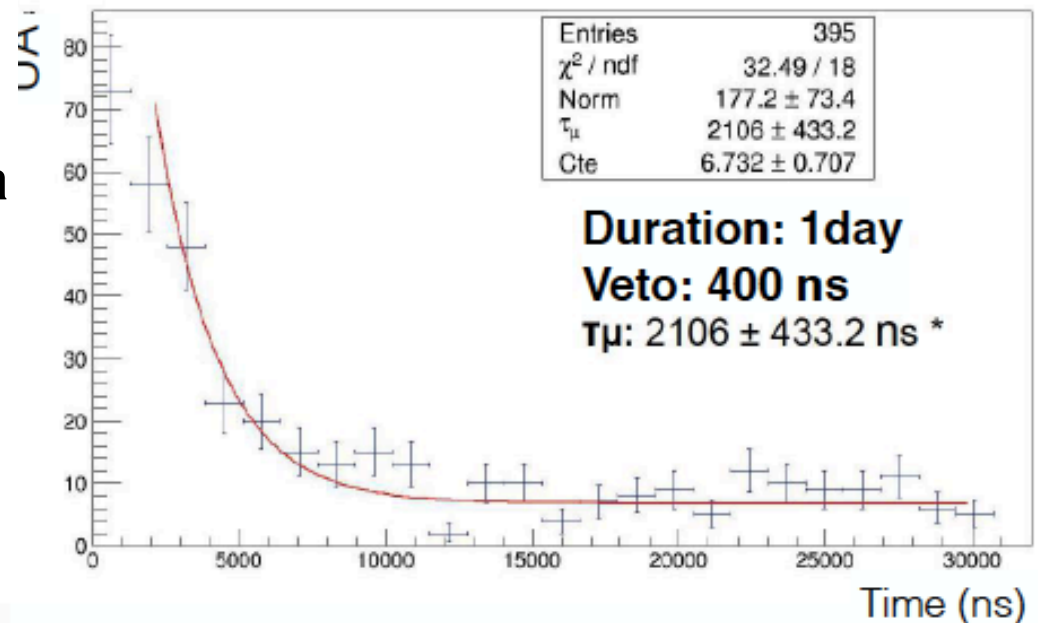
Algunas mediciones



- Doble coincidencia
- Triple coincidencia
- Vida media del muon
- Flujo de muones:
 - Modulación día-noche
 - Como función de la altura



Vida media del muon



- Correcciones por presión y temperatura al flujo de muones
- Observación de la variación día-noche
- Estudio de la anomalía del Atlántico Sur en colaboración con Paraguay

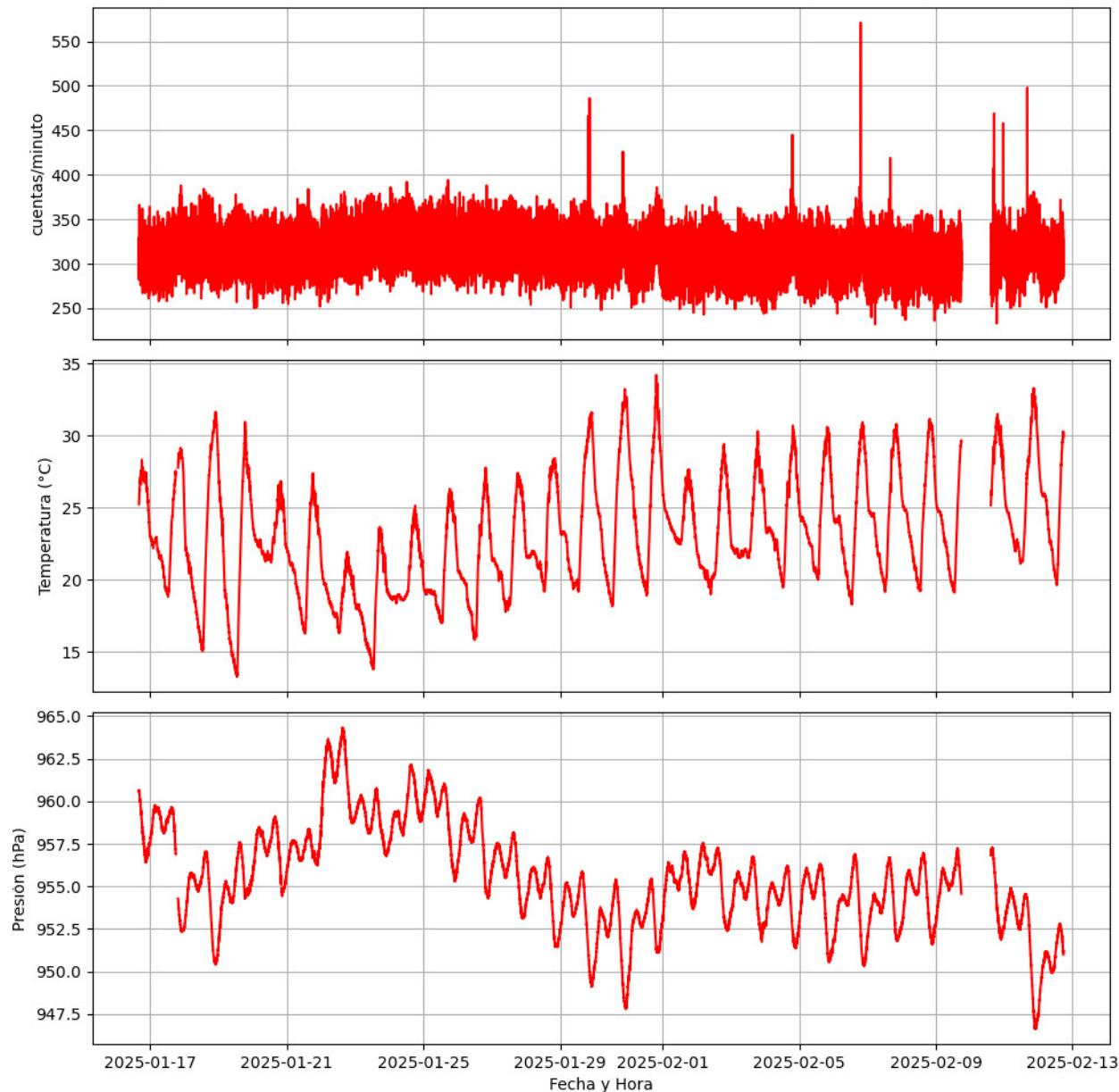


Algunas mediciones

- **Conteo por minuto**



Recientemente
se le agregó un
sensor de
presión y
temperatura



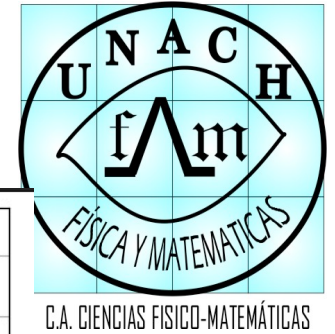
*Datos crudos

Trabajo de Daniel A. García Sánchez

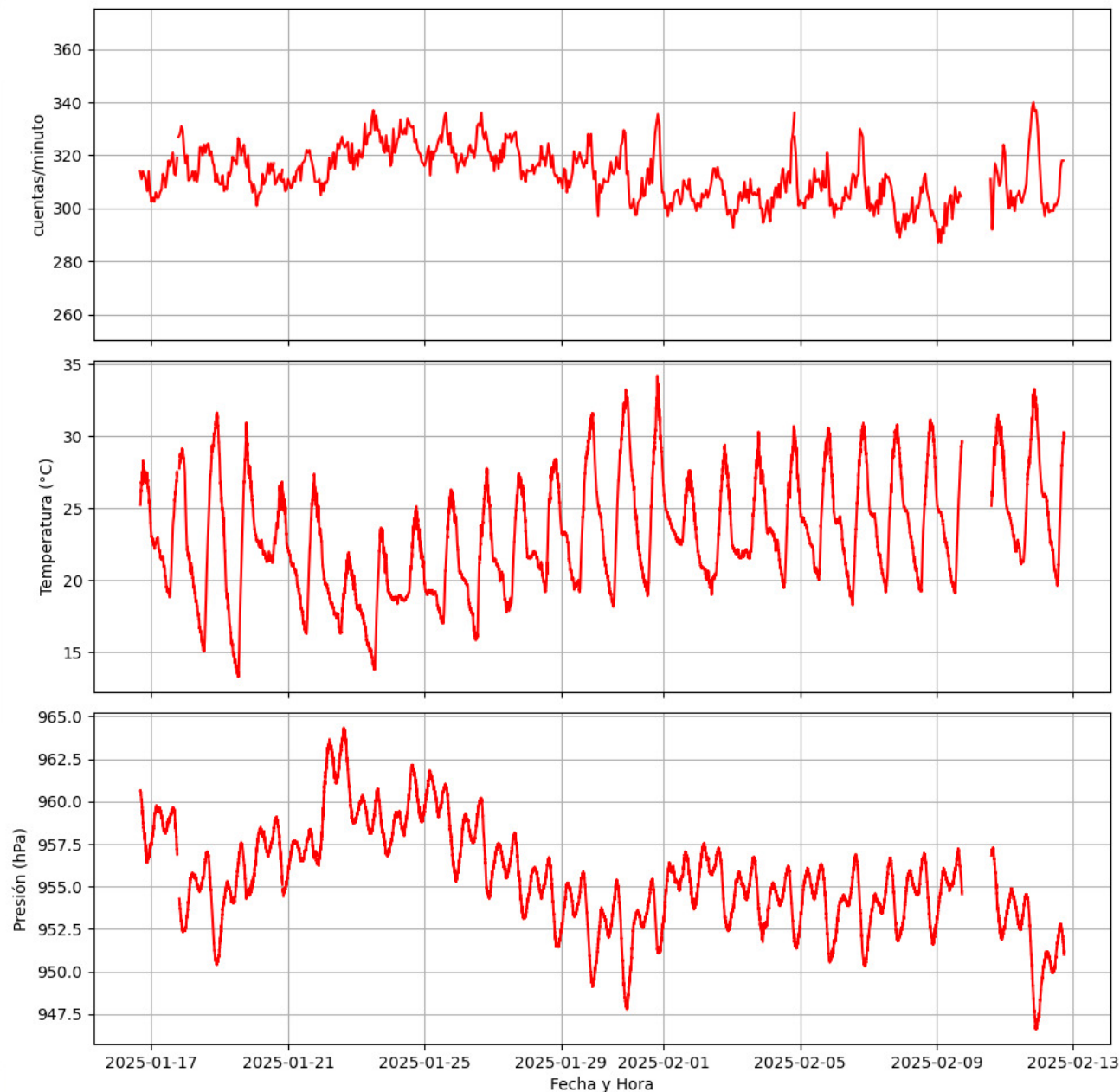


Algunas mediciones

- **Conteo por minuto**



Recientemente
se le agregó un
sensor de
presión y
temperatura




*Mediana de los datos

Trabajo de Daniel A. García Sánchez

Algunas mediciones



- 
- Reinicia cada 15 días
 - Respaldo de datos en LARCAD y en discos duros externos
 - Convertidor automático de hexadecimal a decimal

[illegible]

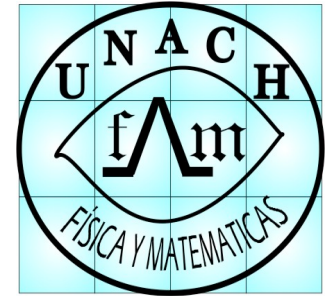
METSA significa “buscar” en Zoque



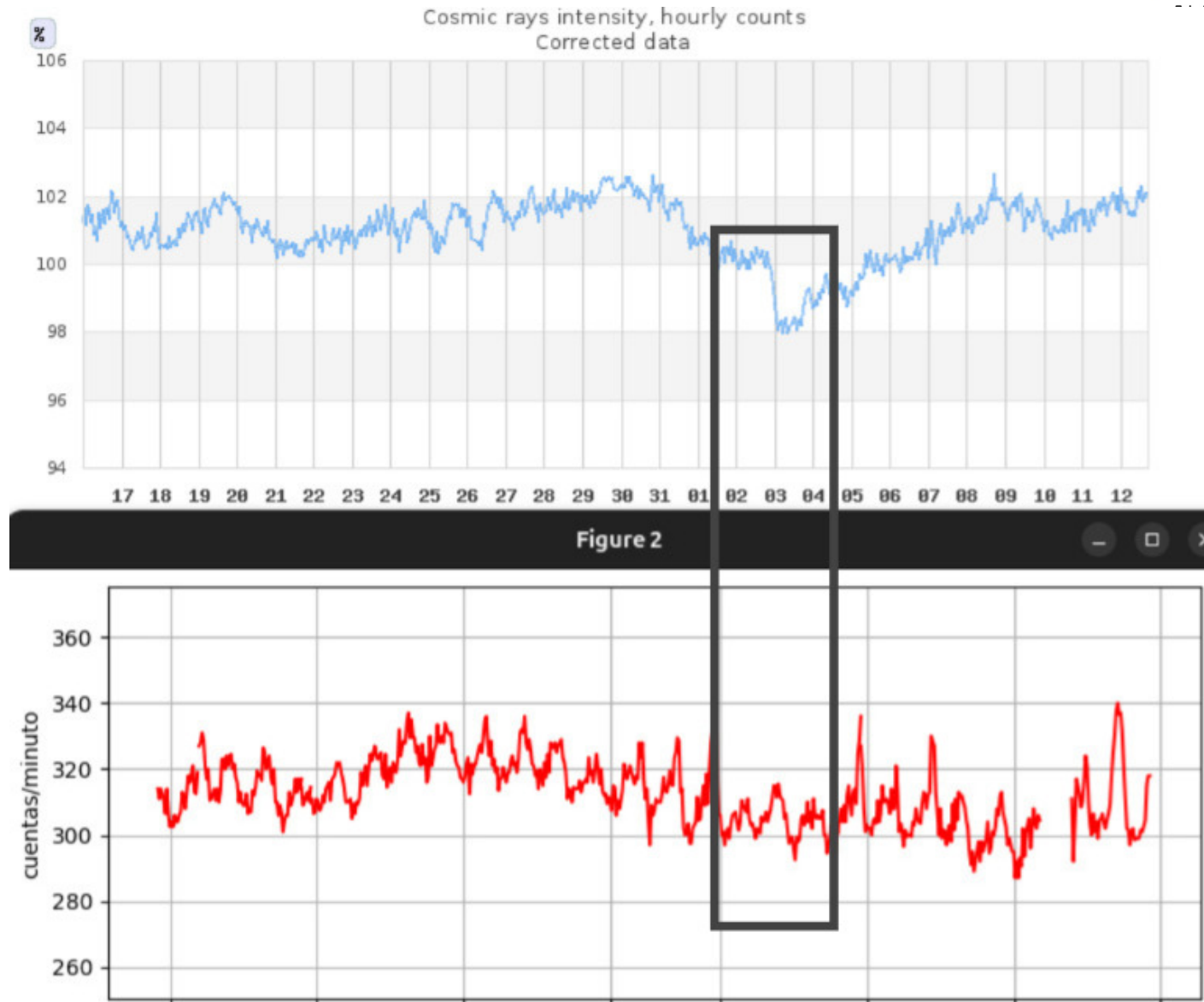
Algunas mediciones

- **Conteo por minuto**

<http://132.248.105.25/index.php>



CIENCIAS FÍSICO-MATEMÁTICAS





Sistema Meteorológico Avispero (SiMeAv)



C.A. CIENCIAS FÍSICO-MATEMÁTICAS

Microcontrolador: ESP32

Sensores:

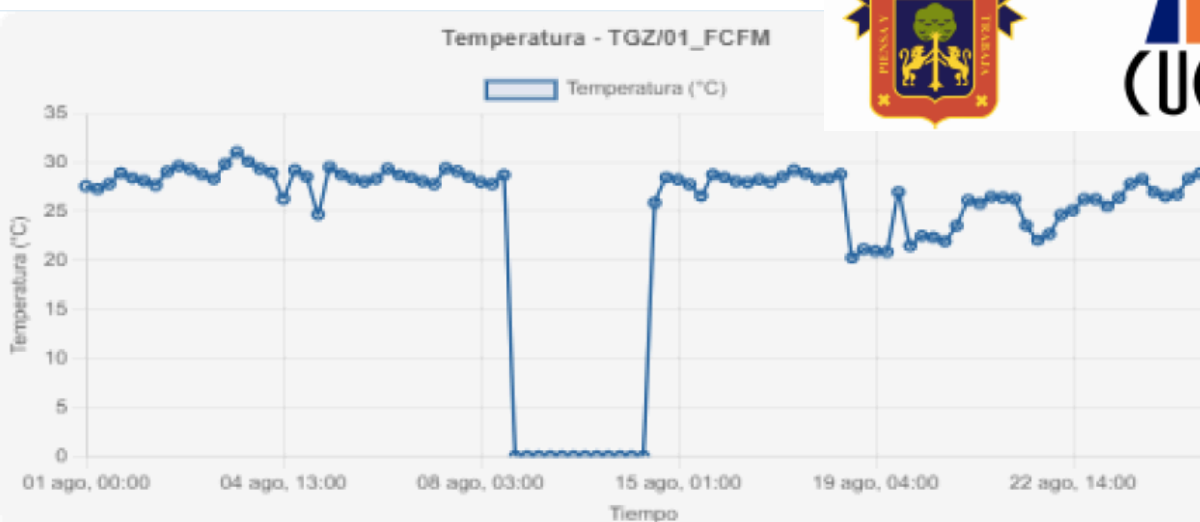
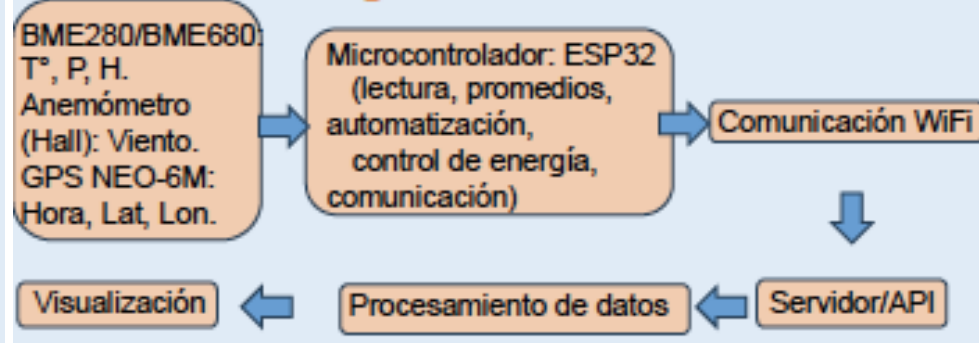
- BME280 y BME680 → temperatura, humedad, presión, calidad del aire.
- GPS NEO-6M → hora UTC, altitud y ubicación precisa.
- Anemómetro propio con sensores Hall → velocidad del viento.

Automatización:

- Medición en intervalos fijos (XX:14, XX:29, XX:44, XX:59).
- Reporte en tiempo real con timestamp uniforme.
- Promedio de sensores para mayor precisión.

Eficiencia energética: modo de ultra bajo alimentación solar.

Diagrama de desarrollo





Sistema Meteorológico Avispero (SiMeAv)



Tecnologías:

- Backend: Spring Boot (Java) con IntelliJ IDEA
- Frontend: Thymeleaf, CSS
- Comunicación: SSH al servidor LARCAD
- Procesamiento: Scripts Python para datos CSV

Arquitectura:

Servidor → conexión SSH → procesamiento CSV → visualización web (localhost:8080)

Proceso (7 semanas):

1. Configuración del entorno de desarrollo y diseño de interfaz HTML.
2. Conexión SSH con el servidor remoto mediante biblioteca JSch.
3. Procesamiento de archivos .dat y definición de clases POJO.
4. Integración frontend-backend con visualización en tarjetas HTML.
5. Auto-actualización cada 60 segundos, pestañas por estación y documentación (Figura 1).
6. Refactorización, pruebas y documentación.
7. Presentación final y subida a GitHub.



<https://sshweatherappcd.onrender.com/>





Sistema Meteorológico

Avispero (SiMeAv)

Costos



| Cantidad | Elemento | Precio unitario (MXN) | Total (MXN) |
|--------------|---|-----------------------|-------------------|
| 1 | CR1000X-NA-ST-SW-CC Datalogger (CampbellSci) | 40,477.25 | 40,477.25 |
| 1 | HMP155A-L11-PT Vaisala Temperatura / HR Probeta | 17,672.50 | 17,672.50 |
| 1 | 05103-L33-PT RM Young Wind Monitor | 29,606.40 | 29,606.40 |
| 1 | CS106 Barómetro Vaisala PTB110 (500–1100 hPa) | 18,265.50 | 18,265.50 |
| Total | | | 106,021.65 |

| Elemento | Precio unitario (MXN) | Cantidad | Total (MXN) |
|---|-----------------------|----------|-----------------|
| Electrónica de comunicación y procesado de datos | | | |
| ESP32 | 95.00 | 1 | 95 |
| ANMCH | 30.00 | 1 | 30 |
| GPS Neo 6M | 65.00 | 1 | 65 |
| SIM800L | 100.00 | 1 | 100 |
| Sensores de variables atmosféricas | | | |
| BME680 (principal) | 120.00 | 1 | 120 |
| BME280 (secundario) | 60.00 | 1 | 60 |
| AS5600 | 35.00 | 1 | 35 |
| A3144 | 2.50 | 4 | 10 |
| Alimentación | | | |
| Panel Solar 6V 3W 500mA | 160.00 | 1 | 160 |
| Baterías Ión Litio 18650 | 65.00 | 2 | 130 |
| Contenedor y protección | | | |
| PETG Hatchbox 1Kg | 700.00 | 0.5 | 350 |
| Total | | | 1,155.00 |

Rayos gamma

Astropartículas sin masa en reposo y sin carga

- Procesos en los que intervienen:
 - Comportamiento de objetos compactos, estrellas de neutrones y agujeros negros, supernovas
 - Destellos de rayos gamma (Gamma Ray Burst - GRB)
 - Interacciones entre partículas, aniquilación de materia oscura

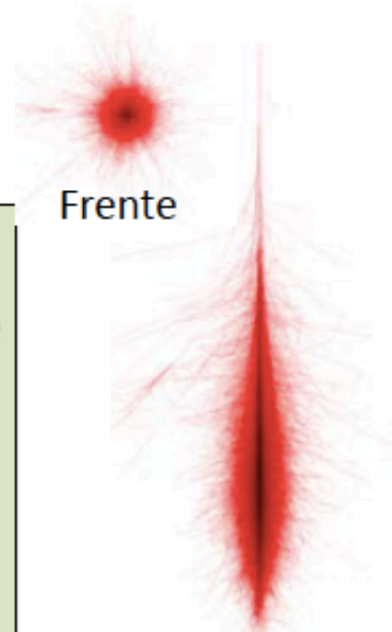
Importantes para estudios de:

Origen de RC

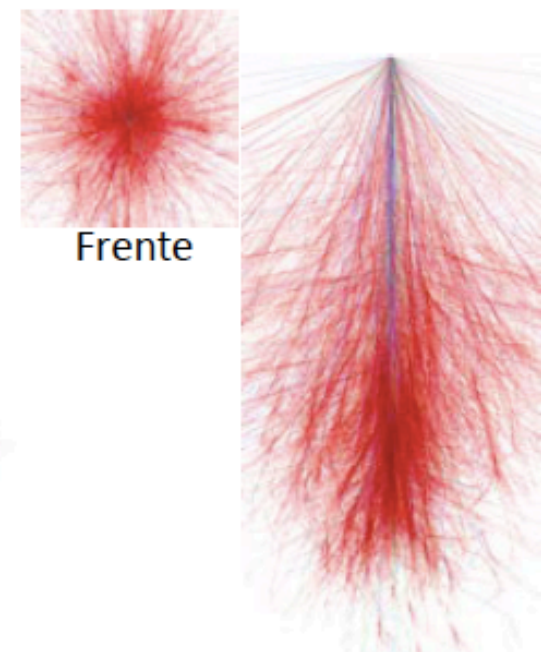
Interacciones de partículas

- A diferencia de los rayos cósmicos, el chubasco que producen tiene un frente menos extendido
- Producen chubascos jóvenes que se desarrollan en la alta atmósfera, no llegan a la superficie terrestre

<https://www.iap.kit.edu/corsika/>



Rayo gamma
(fotón) de 1 TeV



Rayo cósmico
(hierro) de 1 TeV



LAGO



Objetivos

Científicos:

- Estudios de astropartículas de alta energía
- Meteorología y Climatología Espacial
- Radiación Atmosférica y sus aplicaciones

Académicos:

- Formar estudiantes latinoamericanos en física de altas energías y astropartículas
- Formar una red abierta y colaborativa de investigadores de física de altas energías

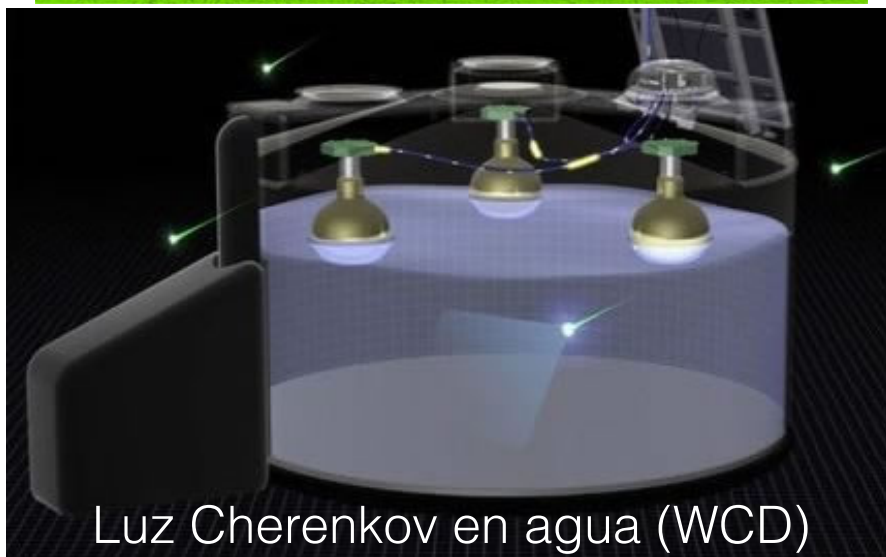
<https://lagoproject.net/>





LAGO

Detectores



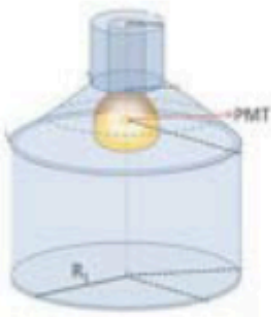
Mismo Principio usado en HAWC, Auger y SWGO



LAGO

Detectores

- Detectores de luz Chérenkov en agua con tubos fotomultiplicadores
- Rango de medición de energía 0.5 GeV a 100 GeV
- Gran apertura proporcionada por la extensión del territorio sobre el cual se localizan los detectores

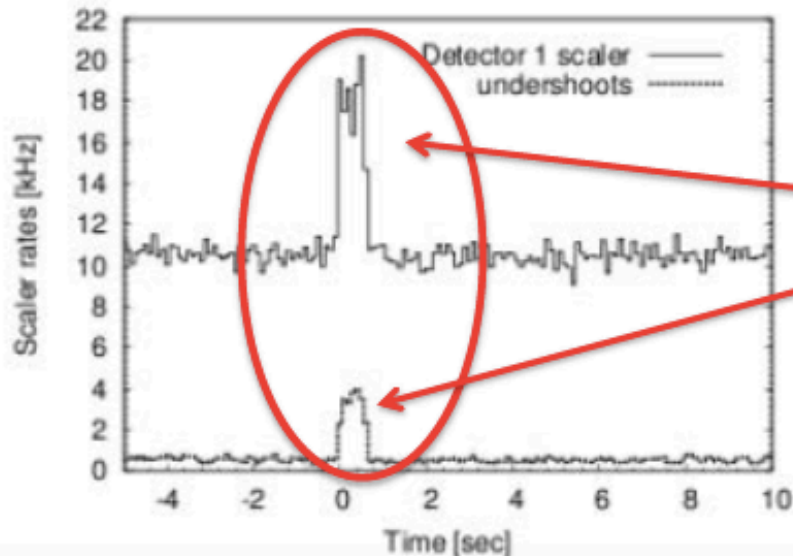
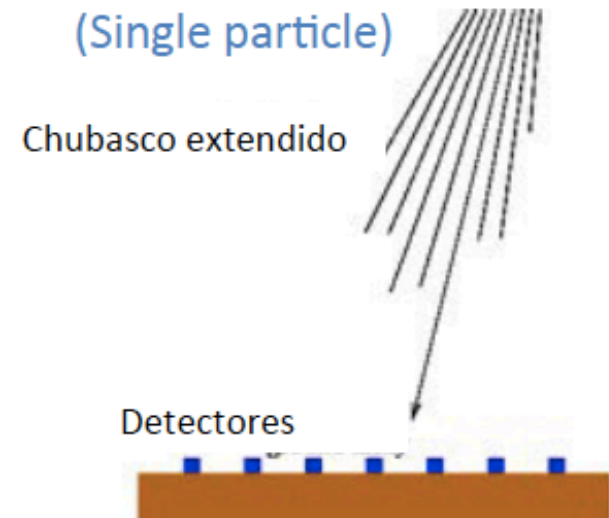


Esquema y foto del tanque prototipo en la UNACH



Principio de medición:

Una sola partícula individual
(Single particle)



- No se reconstruye la dirección ni la energía
- La medición del gamma se ve como un exceso del conteo sobre el fondo
- Sólo se necesita un umbral bajo para medir



LAGO

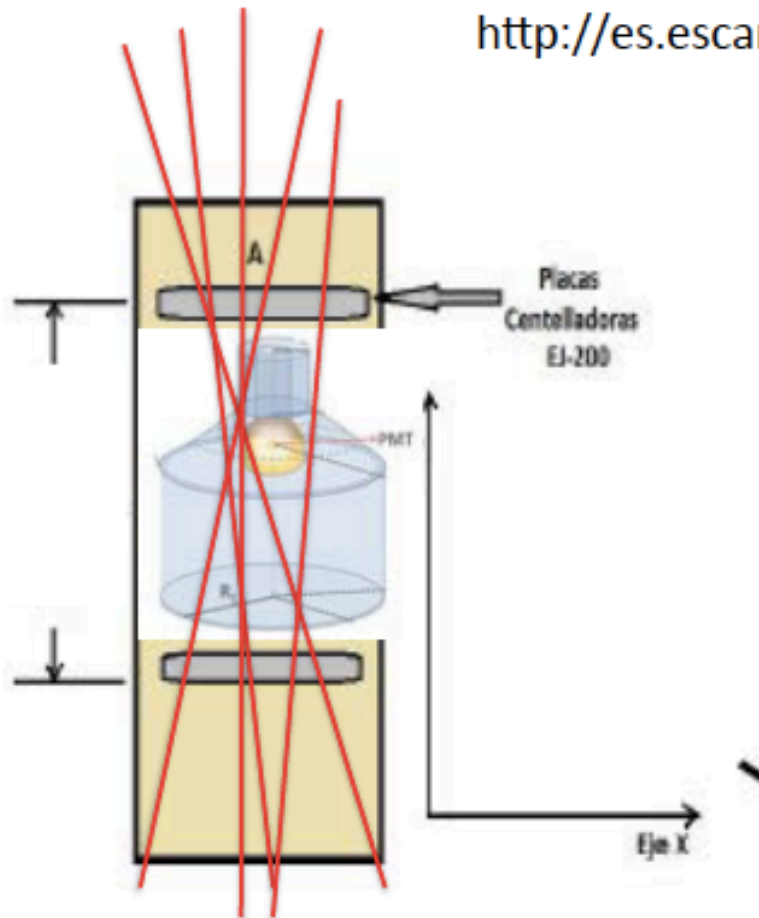
Detectores



- Prototipo en la FCFM-MCTP-UNACH
- Calibración con muones atmosféricos medidos con Escaramujo:
 - Detector de centelleo

<http://es.escaramujo.net/>

Unidades de medición
en Muón Vertical
Equivalente (VEM)



- Sitio de localización: Volcán Tacaná (4092 ms.n.m) **Suspendido**
- Sitio local y pruebas de otros estudios a bajas alturas: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (522 m s. n.m.)



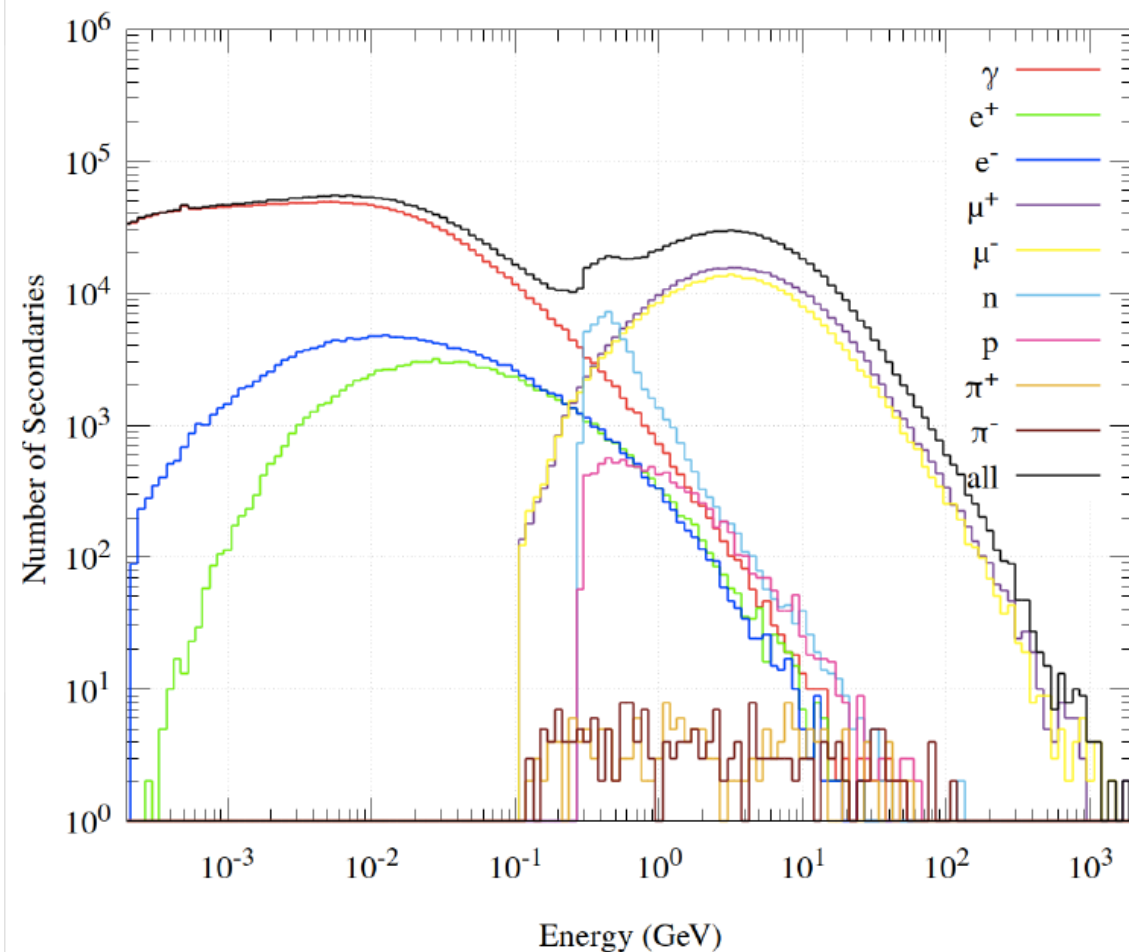
LAGO



Simulaciones de partículas secundarias Fluencia

CORSIKA (76900):

- Modelo de interacción altas energías QGSJETII-4 y GEISHA para altas
- Atmósfera curva y externa
- Detector Volumétrico
- El modelo IGRF-12 provee los valores del campo geomagnético, B_x y B_z para la propagación de las partículas en la atmósfera. Tuxtla: $B_x = 27.521$, $B_z = 27.211$
- Usando ARTI (Conjunto de herramientas desarrollado por la colaboración LAGO). Se simuló una hora de flujo en el sitio del campus FCFM, a 522 m a. s.l.



*ICRC 2019 <https://pos.sissa.it/358/358/pdf>



LAGO

Instalación del tanque y primeras mediciones

Llenado y preparación del tanque **Jaguarito**

Curso-Taller de actualización: Electrónica rápida para detectores (Horacio Arnaldi)

Agosto de 2022 con apoyo de la Colaboración LAGO (Iván Sidelnik), BUAP y UNACH FCFM-MCTP



Imagen 2. Bienvenida al curso-taller de actualización: Electrónica rápida para detectores. Presentación del doctor Horacio Arnaldi, capacitador del curso.

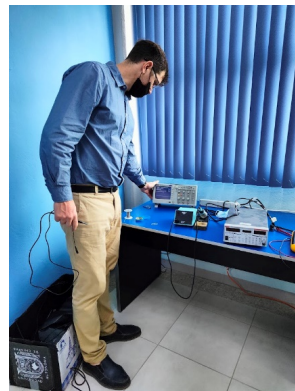
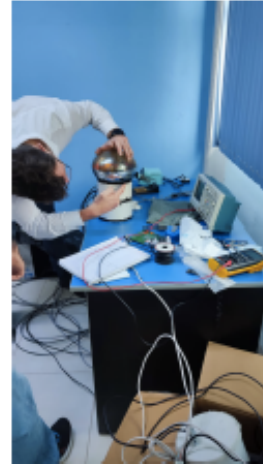


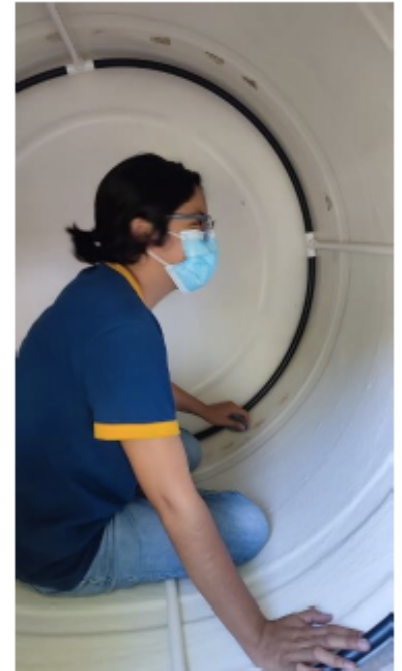
Imagen 3. Acondicionamiento de la señal del PMT.



(a) Aislamiento del PMT.



(b) Prueba de continuidad.



Limpieza del tanque



Imagen 4. Acondicionamiento del PMT para introducirlo al tanque.



Llenado con 1100 lt de agua pura



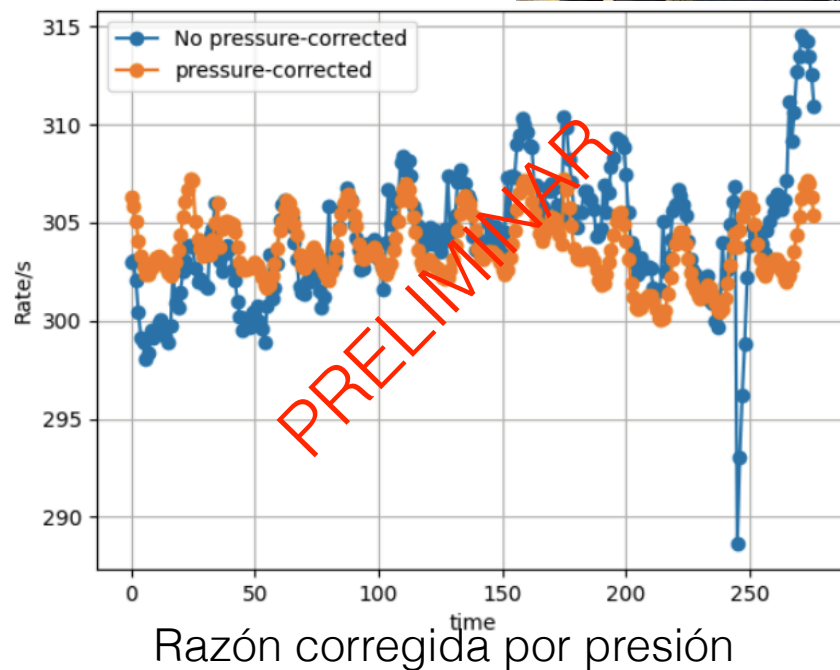
LAGO

Instalación del tanque y primeras mediciones

Llenado y preparación del tanque **Jaguarito**



Grupo



Actualmente ya se están compartiendo los datos con la colaboración en el repositorio de Colombia y se almacenan localmente en LARCAD



LAGO

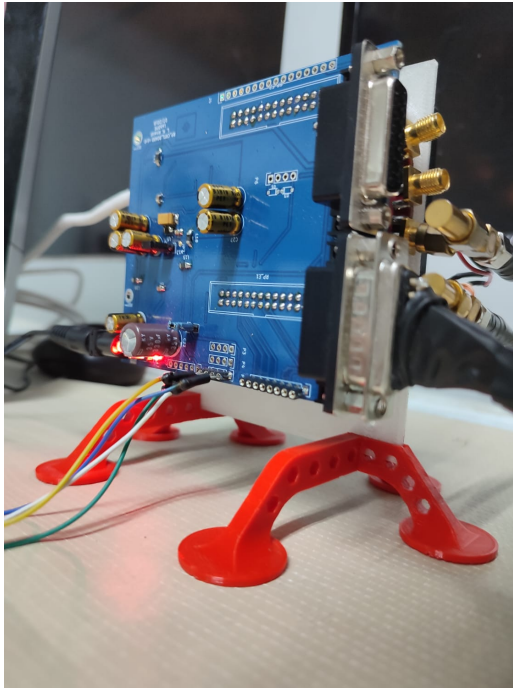


Figura 5. RP_CTRL_BOARD.

Parte de la electrónica mejorada

- Corrección por presión y temperatura en marcha
- Desarrollo de una página para subir los datos en tiempo real

- Diseño y desarrollo de un circuito complementario, generador de voltaje negativo y de alto voltaje
- Instalación del detector de temperatura y presión fuera del laboratorio
- Simulaciones en Geant4 del tanque y la respuesta para calibración y monitoreo del funcionamiento



Sensor instalado en el entorno del tanque

The Pierre Auger Observatory

Mexican Group

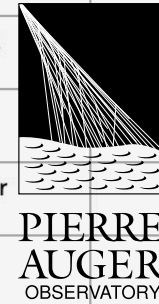
Mexican researchers

Foreign researchers

Mexican students



| | Nombre | Institución |
|----|------------------------------------|-------------|
| 1 | Marlon Steve García Mejía | BUAP |
| 2 | Victor Aldair Garmendia Fuentes | BUAP |
| 3 | Fidel Álvarez Azuara | BUAP |
| 4 | Andrea Corona Hernández | BUAP |
| 5 | Francisco Roberto Noverón Figueroa | IPN |
| 6 | Alely Medina Hernández | IPN |
| 7 | Daniel Alberto García Sánchez | UNACH |
| 8 | Juan Daniel Bonifaz Partida | UNACH |
| 9 | Juan Manuel Díaz Peña | UNACH |
| 10 | Ana Laura Colmenero César | UMICH |
| 11 | Diana Rodríguez Tzintzun | UMICH |
| 13 | Ernesto Noé López Guzmán | ICN-UNAM |
| 14 | Claudia Patricio Rodríguez | ICN-UNAM |
| 15 | Olaf De Jesús Enriquez Lizama | IG-UNAM |
| 16 | Oscar Batalla Cruz | IG-UNAM |



Karen S. Caballero Mora UNACH
karen.scm@gmail.com

The Pierre Auger Observatory

- East of Andes
- Province of Mendoza, Argentina *PoS(ICRC2025)1236; I. Alekotte*
- Area 3000 km²
- 2000: Engineering Array
- 2004: start...
- 2008: ... end of construction of Auger
- 2023: Start of Phase II data taking
- 2024: completion of AugerPrime
- Data taking till > 2035
- ≥ 2035

Phase I
Phase II



Local staff



Pierre Auger Collaboration

Argentina
Australia
Belgium
Brasil
Colombia*
Czech Republic
France
Germany
Italy
Mexico
Netherlands
Poland
Portugal
Romania
Slovenia
Spain
USA

*associated

*Based on Roth, M., ICRC2025

Karen S. Caballero Mora UNACH
karen.scm@gmail.com

The Pierre Auger Observatory-Phase I

Fluorescence detector (FD)

- 4 sites
- $E > 10^{18}$ eV
- HEAT
- $E > 10^{17}$ eV

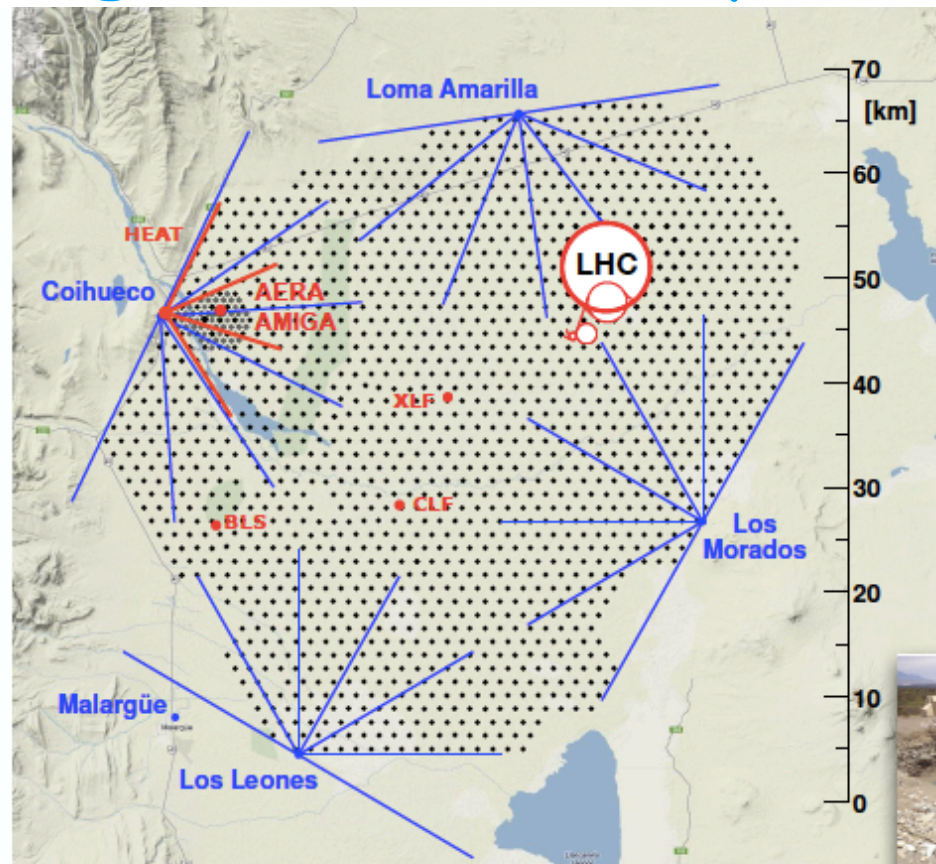
Surface detector array (SD)

- Water Cherenkov Tanks (WCD)
- Grid of 1500 m / 750 m / 433 m
 - 3000 km² / 24 km² / 2 km²
 - 1660 stations / 61 / 19
 - Thresholds:
10^{18.5} eV, 10^{17.5} eV, 6x10¹⁶ eV

- Grid of 750 m and 433 m
 - Incl. underground muon counters
 - $E > 10^{17.5}$ eV

Radio array (AERA)

- 153 stations
- 17 km²



4

*Based on Roth, M., ICRC2025

Karen S. Caballero Mora UNACH
karen.scm@gmail.com

The Pierre Auger Observatory

Fluorescence detector (FD)

- 4 sites
- $E > 10^{18}$ eV
- **HEAT**
- $E > 10^{17}$ eV

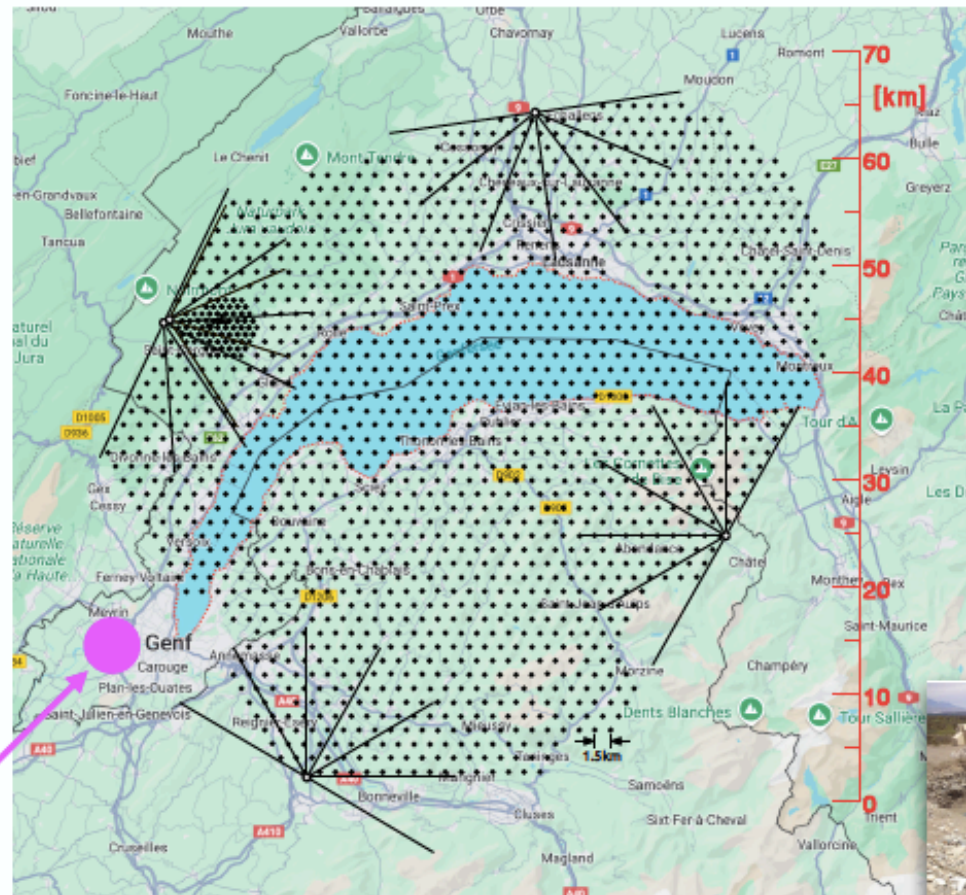
Surface detector array (SD)

- Water Cherenkov Tanks (WCD)
- Grid of 1500 m / 750 m / 433 m
 - 3000 km² / 24 km²
 - 1660 stations / 61 / 19
 - Thresholds: 10^{18.5} eV, 10^{17.5} eV, 6x10¹⁶ eV
- Grid of 750 m and 433 m
 - **Incl. underground muon counters**
 - $E > 10^{17.5}$ eV

Radio array (AERA)

- 153 stations
- 17 km²

You are here



FD



HEAT



WCD

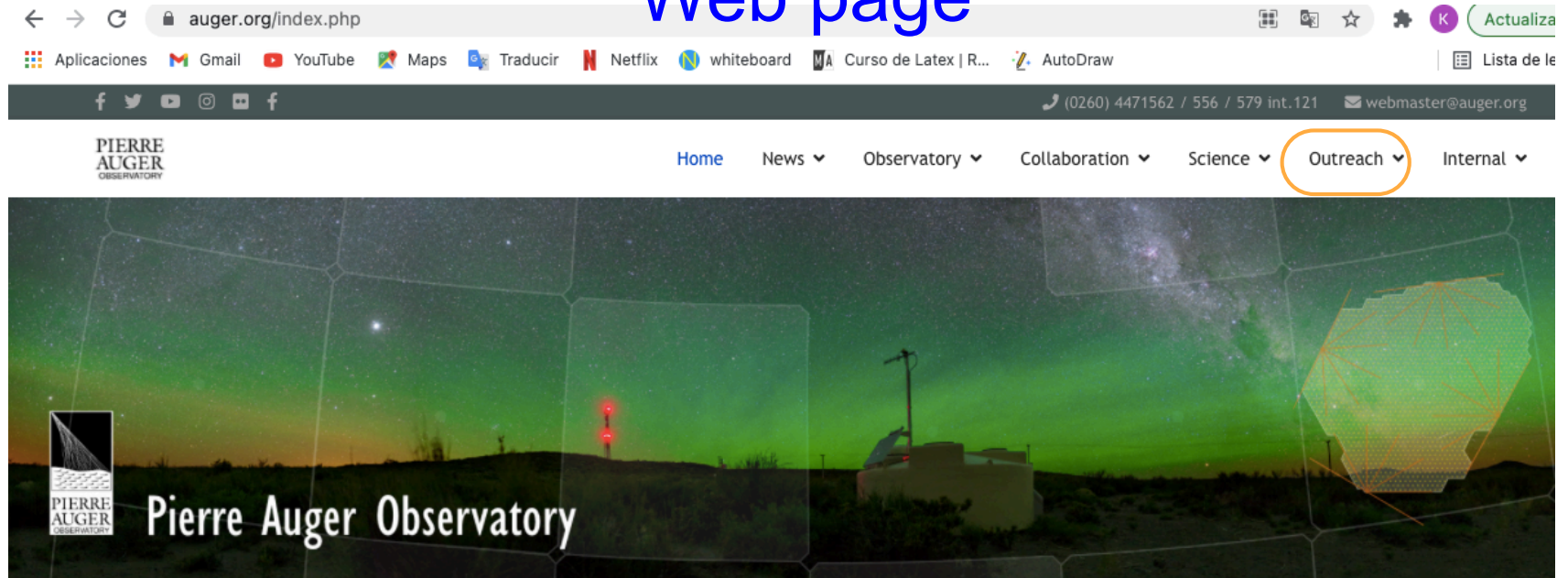


AERA



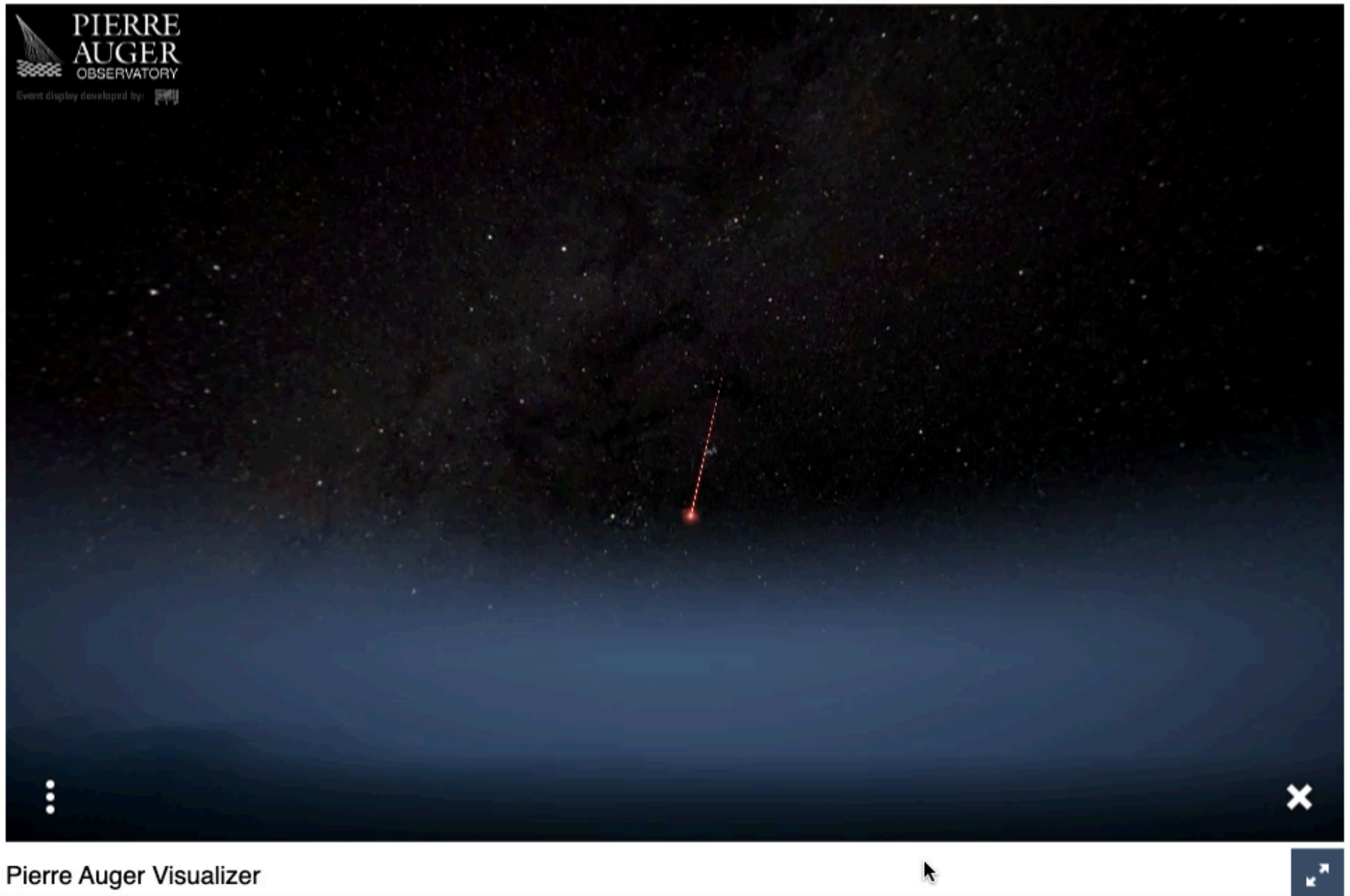
UMD

Web page



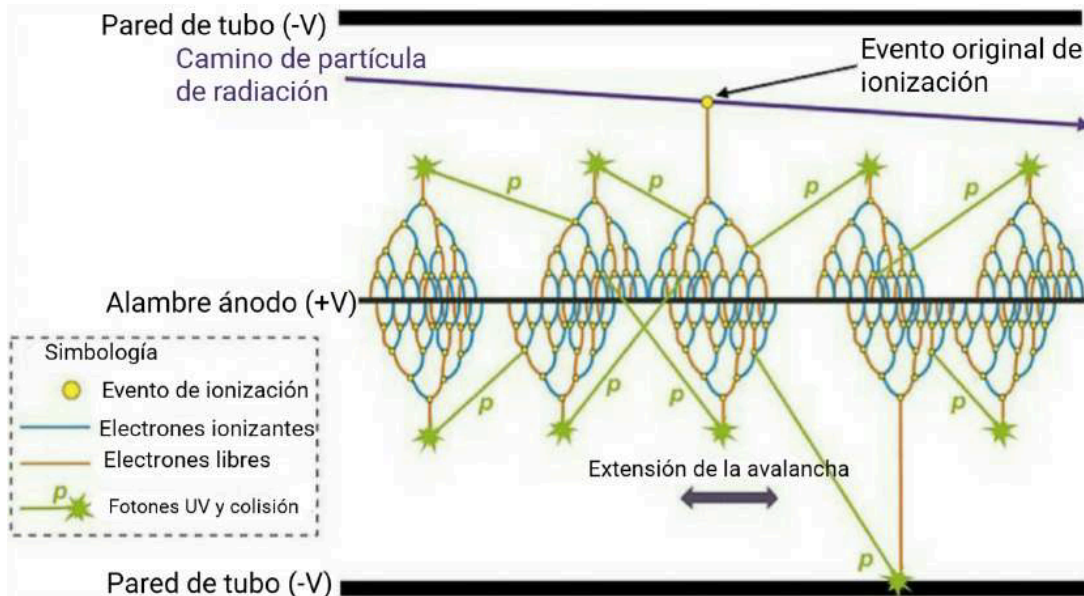
<https://www.auger.org/index.php>

3D Event visualizer

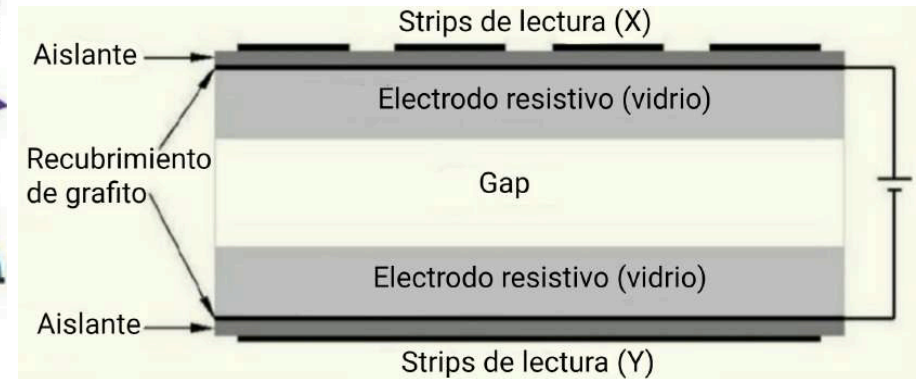


<https://www.lip.pt/experiments/auger/?p=public-data>

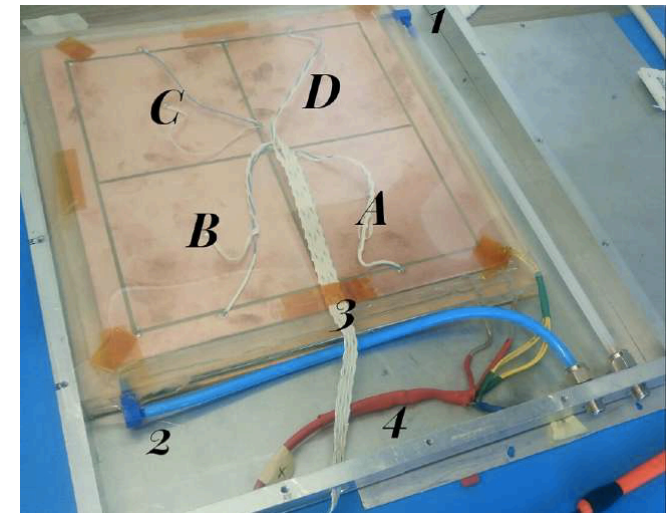
Cámara de placas resistivas (RPC)



Tubo Geiger Müller



Esquema de la RPC construida



Interior de la RPC

1.-Entrada del gas
2.-Salida del gas

3.-Cables que guían la corriente inducida recolectada, hacia un osciloscopio o contador
4.-Alimentación de la fuente de HV a los electrodos

- Resolución de ns
- Buena resolución espacial
- Gas sometido a un campo eléctrico elevado (diferencia de 8 kV a 12 kV)
- Placas de vidrio (2mm) como electrodos, con una pintura resistiva de grafito, cubierta con placas de cobre para capturar la corriente, todo cubierto por una caja de aluminio.
- Una mezcla de gases (Freón ~95.15%, Isobuteno ~3.9% y hexafluoruro de azufre ~0.60%).
- Área de detección de 400 cm²

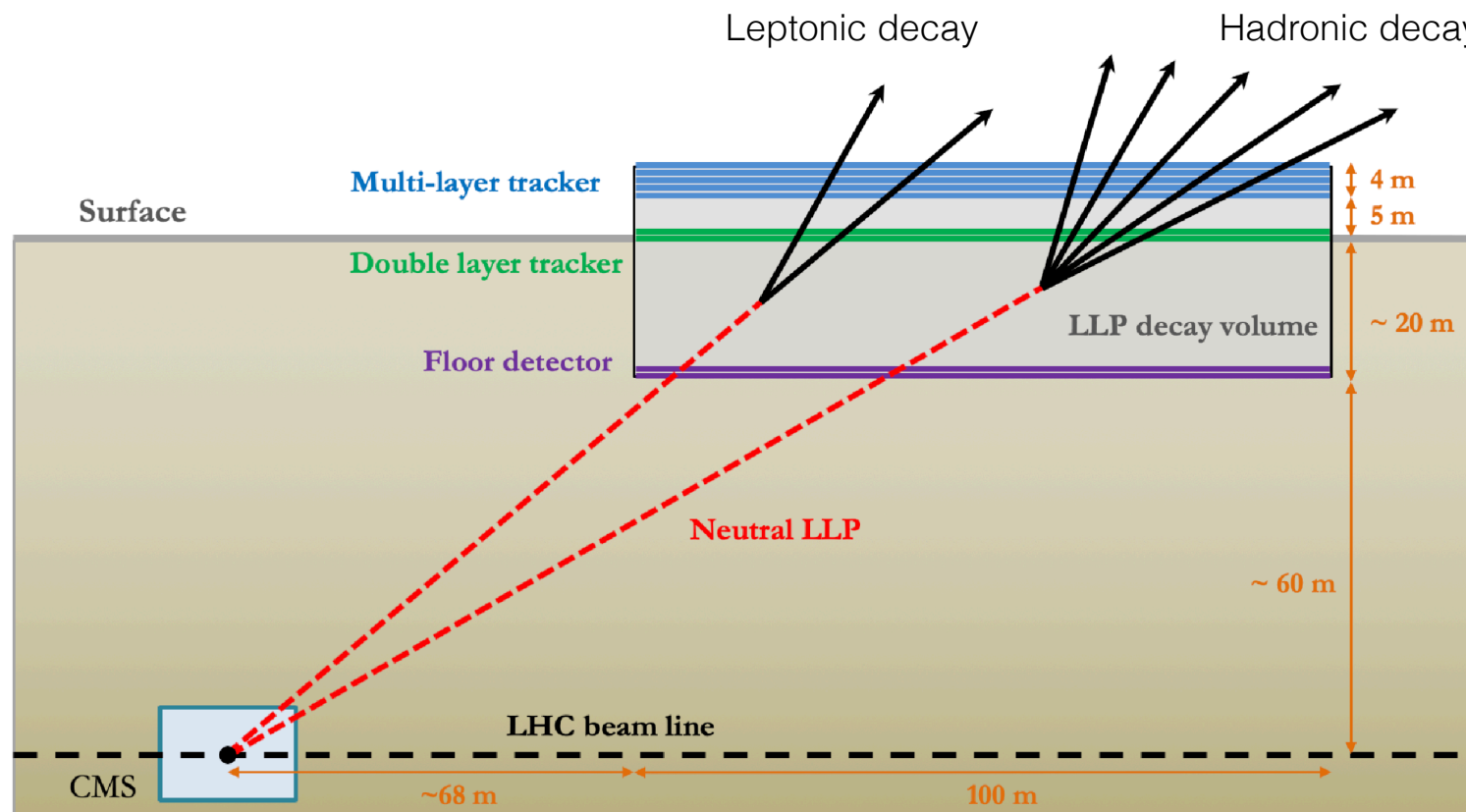
(MAssive Timing Hodoscope for Ultra Stable neutral L pArticles)

1. Propuesta:

- Se buscan LLP's con $10^7 \text{m} < c\tau < 10^8 \text{m}$.

2. Descripción:

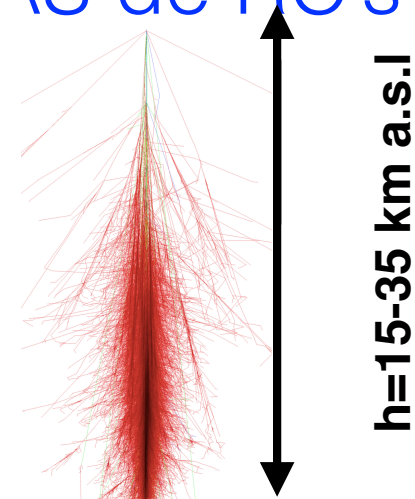
- Hodoscopio con área grande para buscar decaimientos de LLP's en un volumen de $40\text{m} \times 40\text{m} \times 25\text{m}$ de aire
- Sobre la superficie del LHC, a 70m del punto de interacción de CMS.
- Ambiente con poco fondo.
- Planeado para la siguiente puesta en marcha del LHC High Luminosity-LHC run.



MATHUSLA como detector de EAS de RC's

$h \sim 436 \text{ m a.s.l. } (\sim 975 \text{ g/m}^2)$

- Medición de EAS de RC's
- Se pueden medir las componentes cargadas de los EAS
- Existe saturación de la señal en las barras centelladoras para más de 1 partícula que alcanza el detector



$h=15-35 \text{ km a.s.l.}$

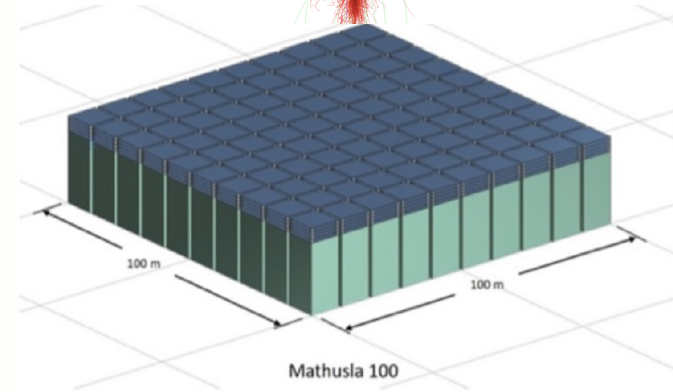
Partícula Primaria

Interacción nuclear
con una molécula
de aire

**Cascada
hadrónica**

p, n, π^+, K^+
nuclear fragments

**Radiación
Cherenkov+
fluorescencia**



< 10 %

**Componente
muonica, neutrinos**

**Componente
hadronica**

**Componente
electromagnética**

90%

A. Haungs

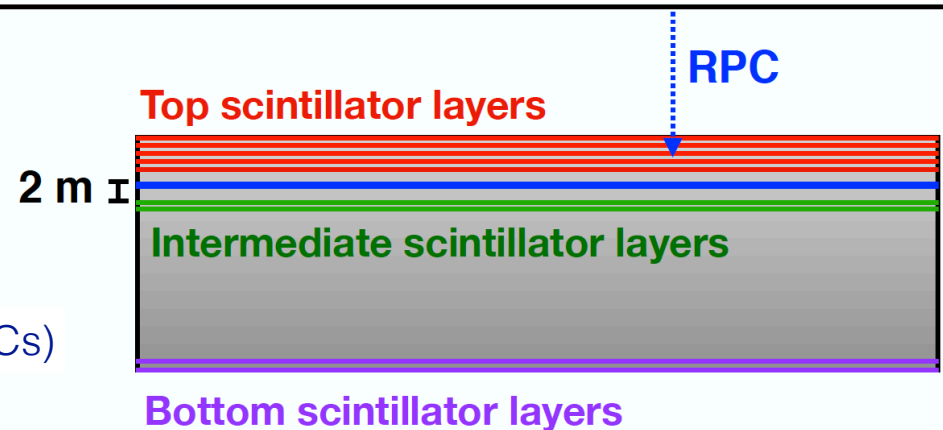
MATHUSLA como detector de EAS de RC's



Se planea agregar una capa extra de RPC para mejorar la detección de EAS

- Medición de partículas cargadas en los EAS de RC's ($e+\mu$)
 - Densidades (hasta 10^4 partículas cargadas/m²)
 - Tiempo de llegada de la primera partícula por barra (resolución temporal=1ns)
- 2500 blocs grandes (Big Pads)
- Los Big Pads podrían otorgar estructuras de espacio tiempo finas para los EAS

- Características del RPC
 - Big Pads: 1.1 m x 0.9 m
 - 242 cm² Bandas
 - RPC en modo avalancha
 - 1 mm brechas de gas (como en ATLAS BI RPCs)
 - Big Pad señal \propto densidad de carga local



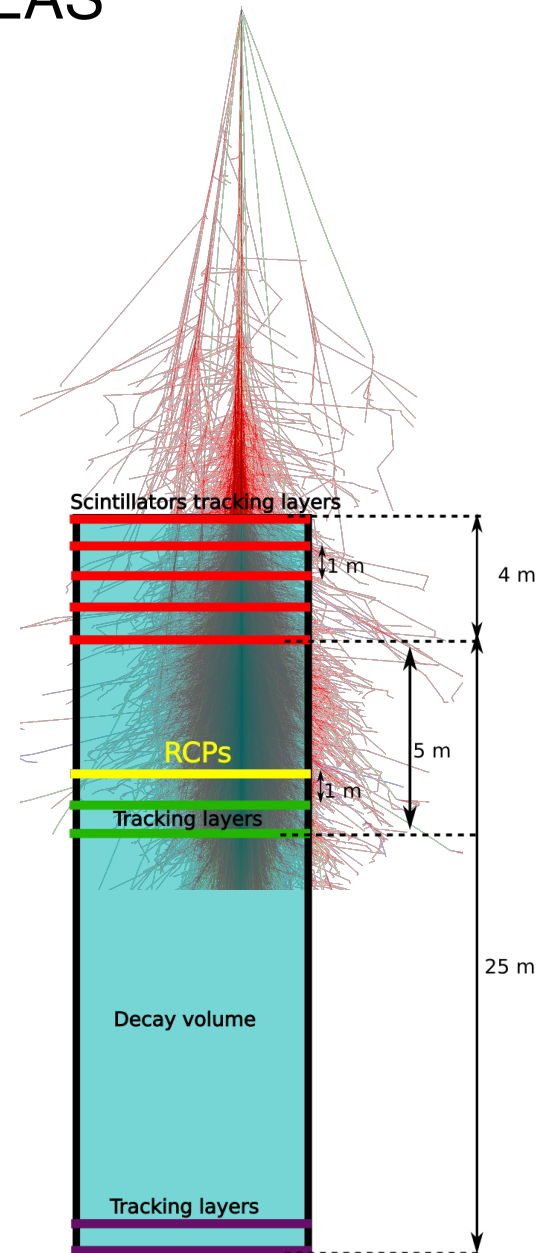
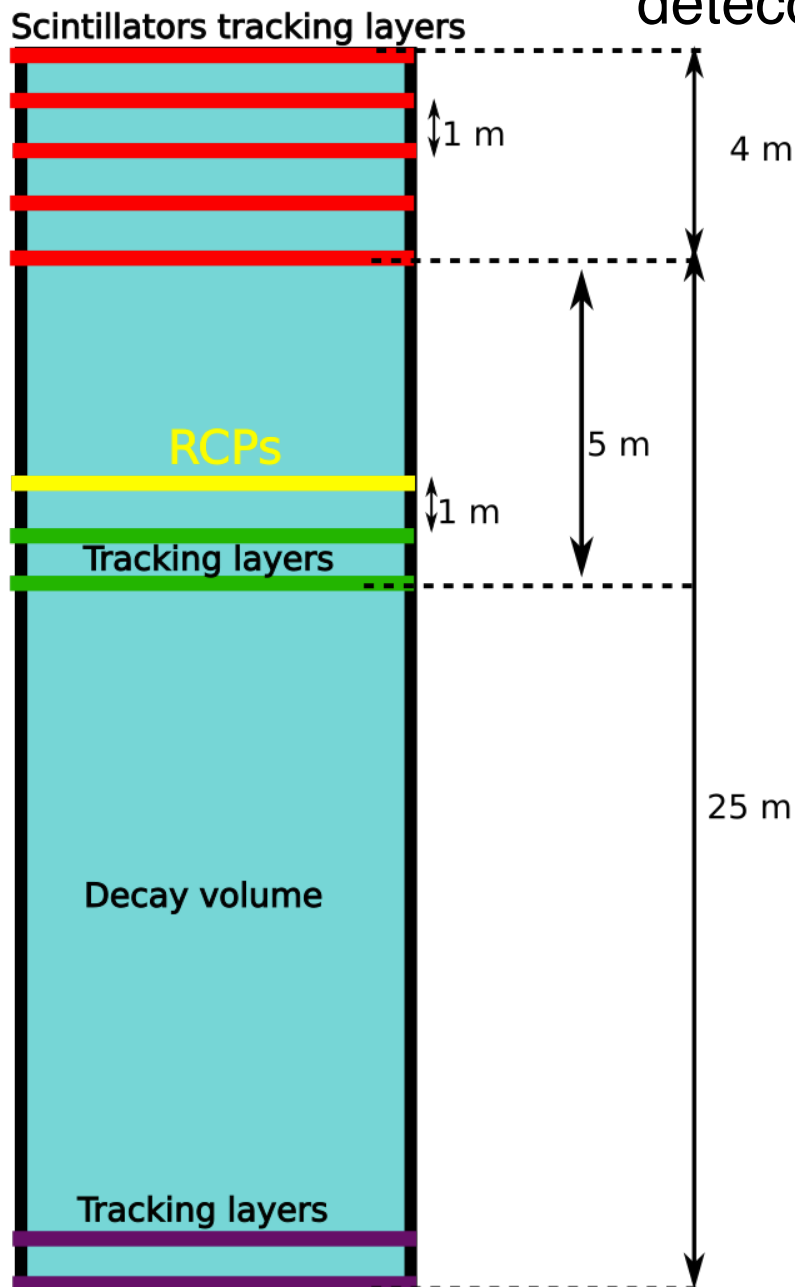
Arturo Fernández, ICRC 2021

Diseño tipo ARGO: Vidrio, mezcla de gas: Argón (15%),
Isobutano (10%) y Tetrafluoretano (75%)

B. Bartoli et. al. Astroparticle Physics 67 (2015)47-61

MATHUSLA como detector de EAS de RC's

Se planea agregar una capa extra de RPC para mejorar la detección de EAS

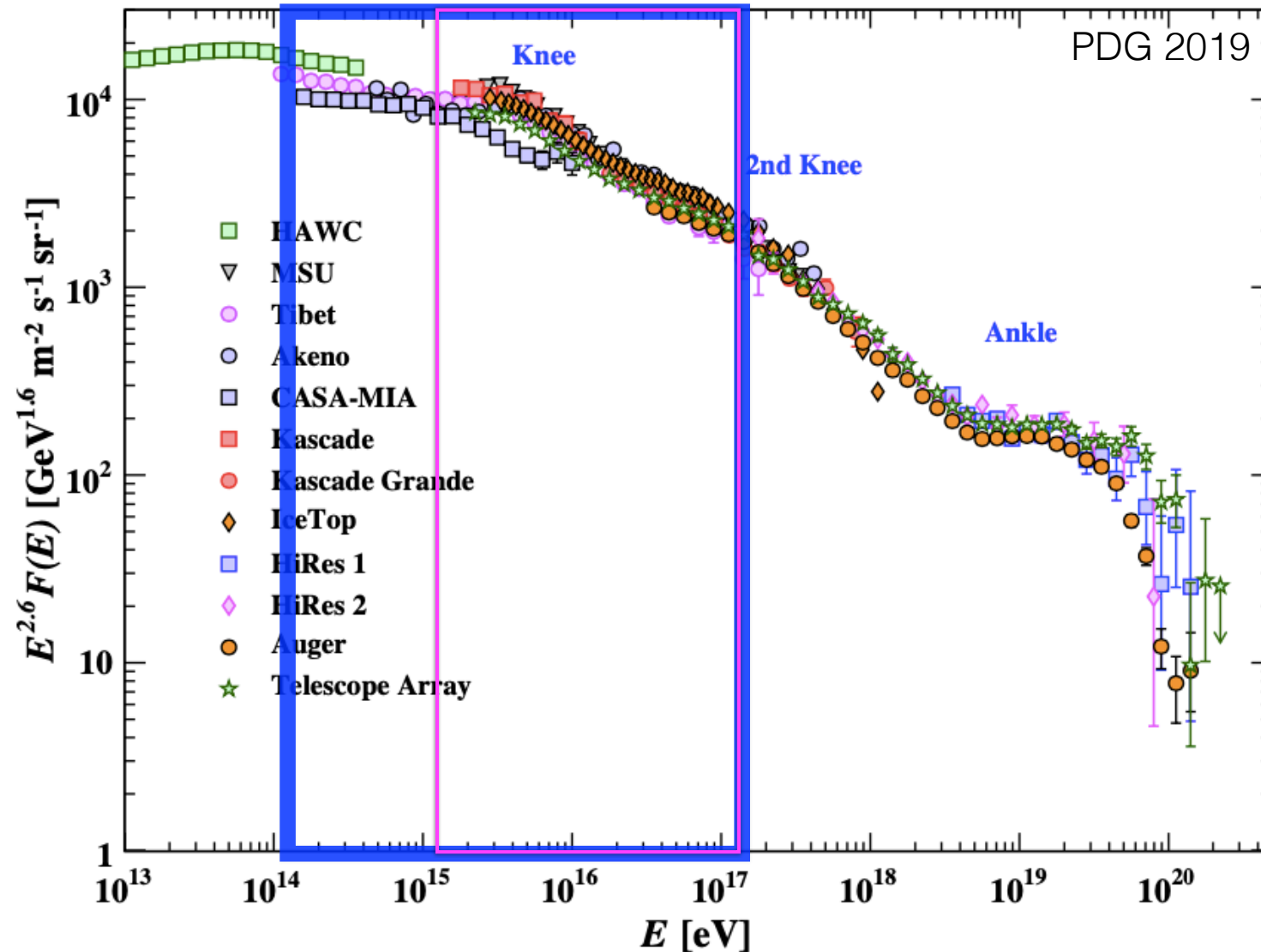


MATHUSLA como detector de EAS de RC's

Considerando el tamaño y altitud del aparato:

Rango de energía esperado: 10^{14} - 10^{17} eV

Eficiencia total $>10^{15}$ eV

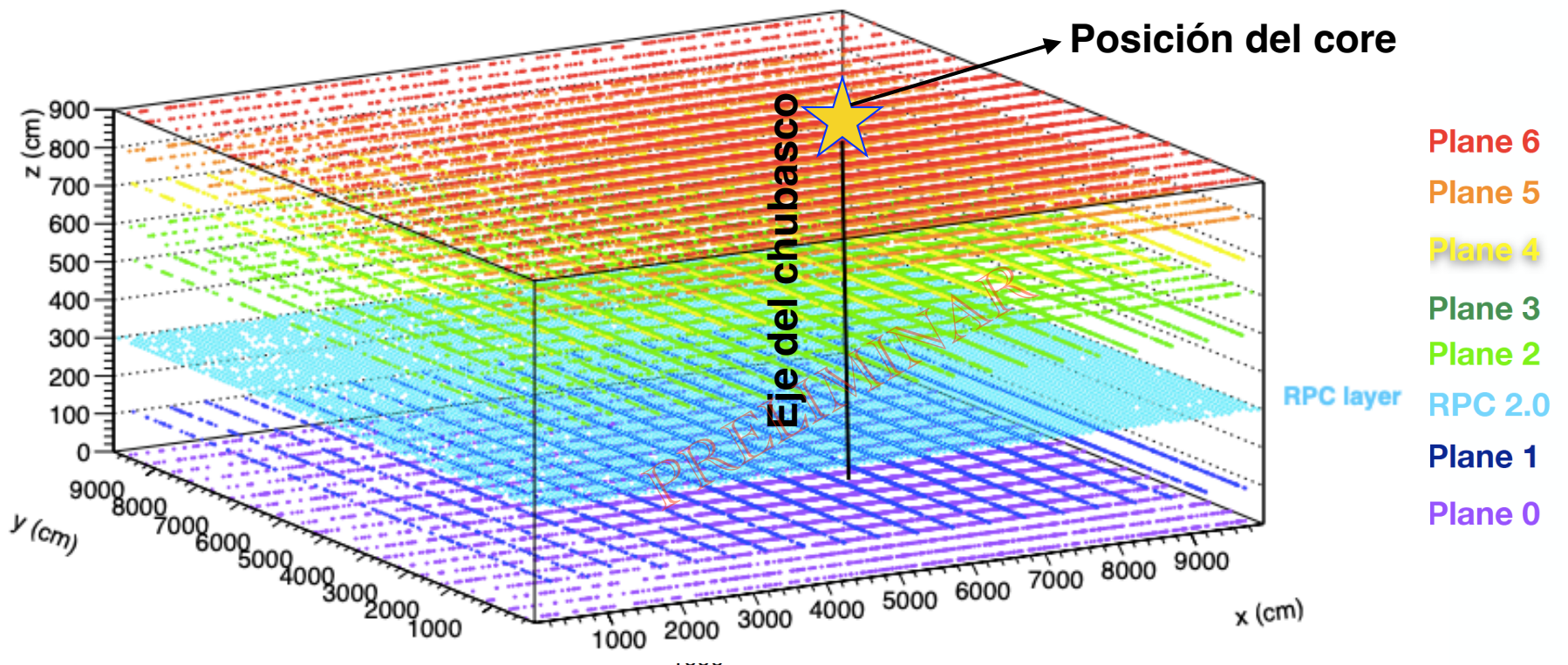


MATHUSLA como detector de EAS de RC's

Ejemplo de un chubasco vertical MC



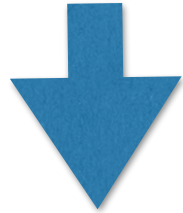
Proton, $\log_{10}(E/\text{GeV}) = 5.42$, $\theta = 11.37^\circ$, $\phi = 34.65^\circ$



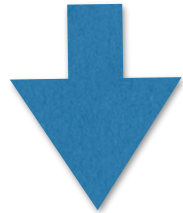
Coordenadas del centro de cada barra/BigPad con señal producida debido al chubasco en cada plano de MATHUSLA

Alpigiani, C et al. (2023), *Cosmic-ray searches with the MATHUSLA detector*, Trabajo en progreso. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.07704>

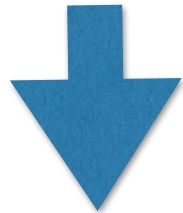
PARTÍCULAS



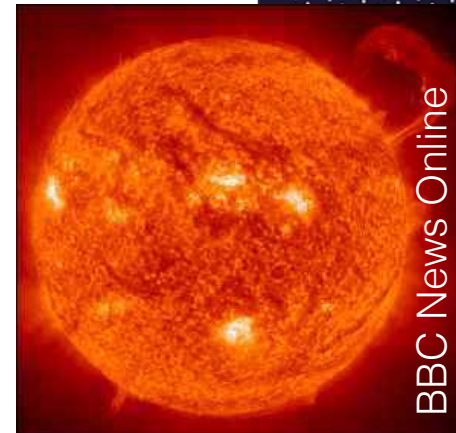
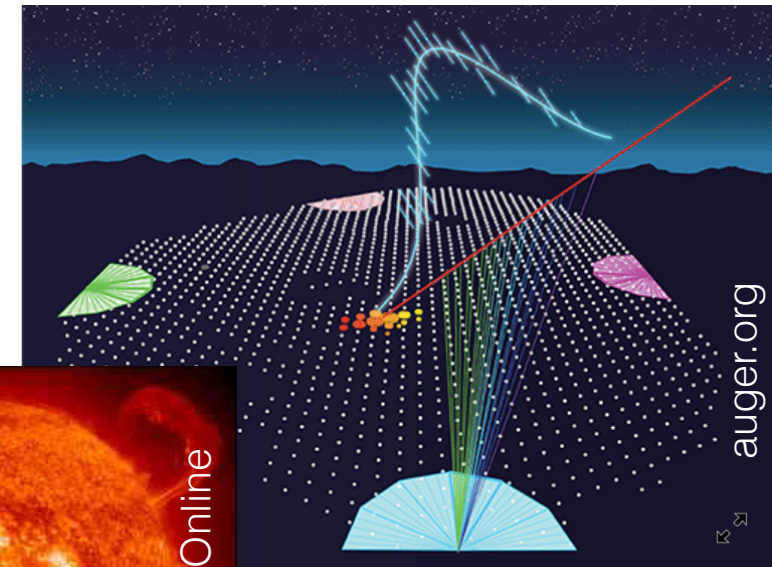
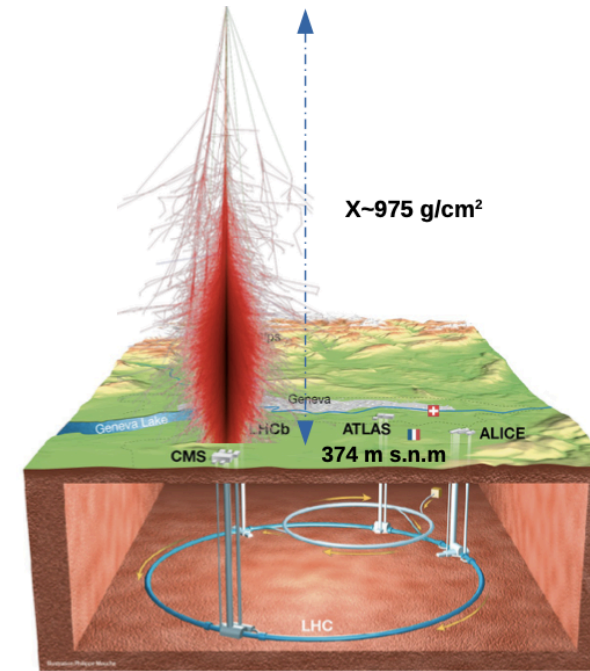
ASTROPARTÍCULAS



DETECTORES DE RAYOS CÓSMICOS



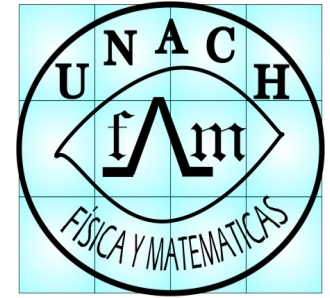
CLIMA ESPACIAL





Clima Espacial

LANCE-UNACH



Clima Espacial: Se define como la medición y el análisis en tiempo real del conjunto de propiedades físicas del Sol, el medio interplanetario, la magnetosfera, la atmósfera y la superficie terrestre que se encuentran influenciadas directa o indirectamente por la actividad solar y las cuales tienen un impacto en la infraestructura, tecnología, sociedad y salud.

Fenómenos asociados con las variaciones en el clima espacial

- 1 Eyecciones de masa coronal**
Nube de partículas cargadas eléctricamente que sale de la atmósfera solar

Efecto

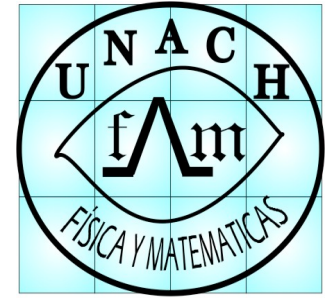
Fallas en las órbitas de los satélites y daños en las corrientes eléctricas de alta tensión (apagones)





Clima Espacial

LANCE-UNACH



Clima Espacial: Se define como la medición y el análisis en tiempo real del conjunto de propiedades físicas del Sol, el medio interplanetario, la magnetosfera, la atmósfera y la superficie terrestre que se encuentran influenciadas directa o indirectamente por la actividad solar y las cuales tienen un impacto en la infraestructura, tecnología, sociedad y salud.

Fenómenos asociados con las variaciones en el clima espacial

2

Fulguraciones solares

El Sol emite rayos X, gamma, ultravioleta, luz visible, infrarrojos, microondas y ondas de radio.

Efecto

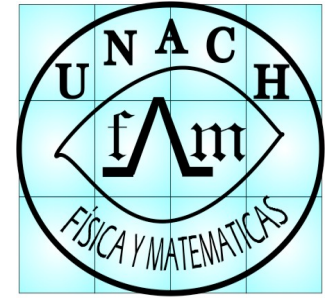
Interferencias en telecomunicaciones y radiocomunicaciones, fallas en los sistemas de posicionamiento global





Clima Espacial

LANCE-UNACH



Clima Espacial: Se define como la medición y el análisis en tiempo real del conjunto de propiedades físicas del Sol, el medio interplanetario, la magnetosfera, la atmósfera y la superficie terrestre que se encuentran influenciadas directa o indirectamente por la actividad solar y las cuales tienen un impacto en la infraestructura, tecnología, sociedad y salud.

Fenómenos asociados con las variaciones en el clima espacial

3

Partículas energéticas solares

Protones, neutrones y electrones acelerados por fulguraciones solares



Efecto

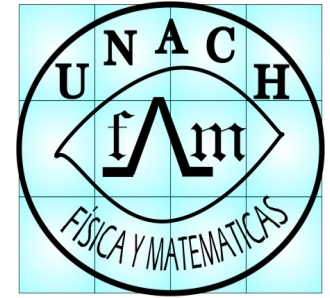
Daño en componentes de los satélites, dosis de radiación peligrosa para astronautas y afectaciones a las y los pasajeros de vuelos transpolares





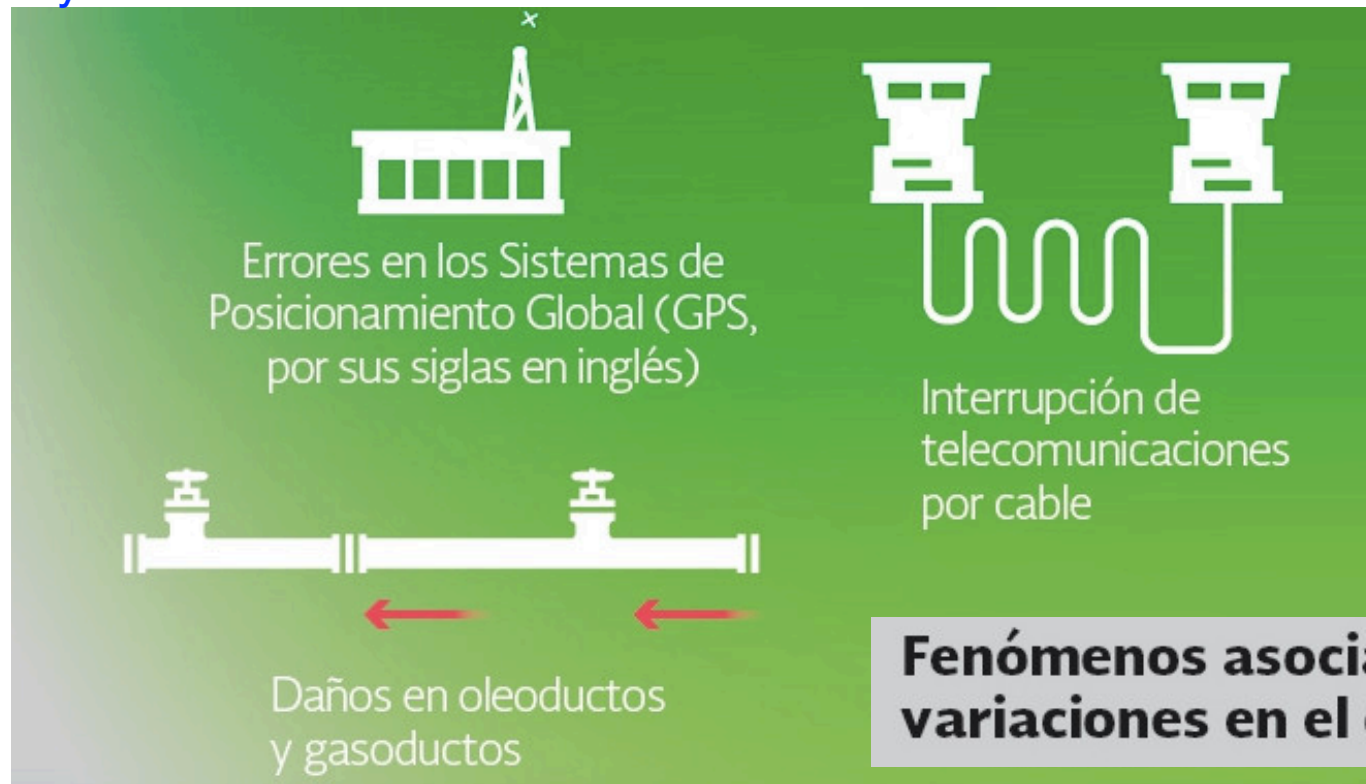
Clima Espacial

LANCE-UNACH



C.A. CIENCIAS FÍSICO-MATEMÁTICAS

Clima Espacial: Se define como la medición y el análisis en tiempo real del conjunto de propiedades físicas del Sol, el medio interplanetario, la magnetosfera, la atmósfera y la superficie terrestre que se encuentran influenciadas directa o indirectamente por la actividad solar y las cuales tienen un impacto en la infraestructura, tecnología, sociedad y salud.





Clima Espacial



Efectos de las principales tormentas solares registradas:

Evento Carrington (1859).

Es la tormenta solar más intensa registrada en la historia por Richard Carrington. Causó algunas auroras boreales visibles en regiones cercanas al Ecuador, como el Caribe y Colombia

Estados Unidos

(1921). Se registraron daños en la red de telégrafos al oeste del Misisipi. La Estación Central de Ferrocarril de Nueva Inglaterra fue destruida por el fuego, provocado por cortos circuitos

Quebec, Canadá

(1989). Un apagón dejó seis millones de personas sin energía eléctrica por nueve horas. Varios transformadores en New Jersey, Estados Unidos, hicieron corto circuito

Tormenta de Halloween

(2003). Ráfagas solares y eyecciones de masa coronal provocaron interrupciones en las telecomunicaciones. Se observaron auroras boreales en el sur de Texas y en países mediterráneos, además de provocar apagones en Suecia. Se emitieron alertas a las compañías de aviación para evitar que las aeronaves volaran a altas latitudes



Servicio de Clima Espacial - México
www.sciesmex.unam.mx

Centro Nacional de Prevención de Desastres
www.cenapred.gob.mx

Space Weather Prediction Center
<http://www.swpc.noaa.gov>



Clima Espacial con Escaramujo



Cosmic rays intensity, hourly counts
Corrected data

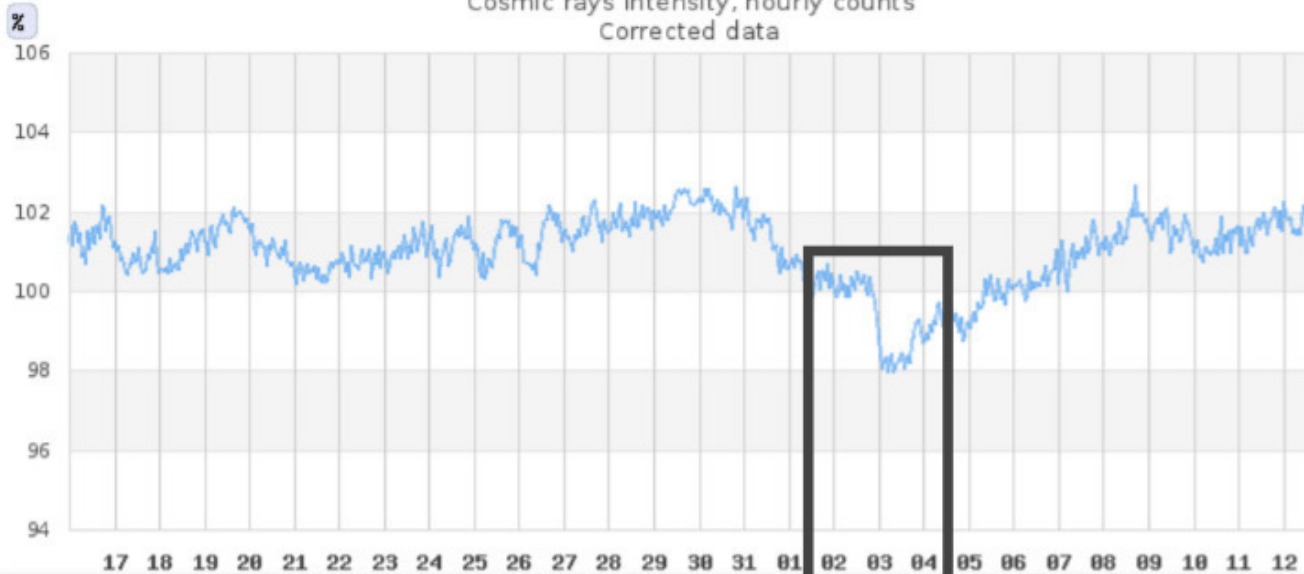
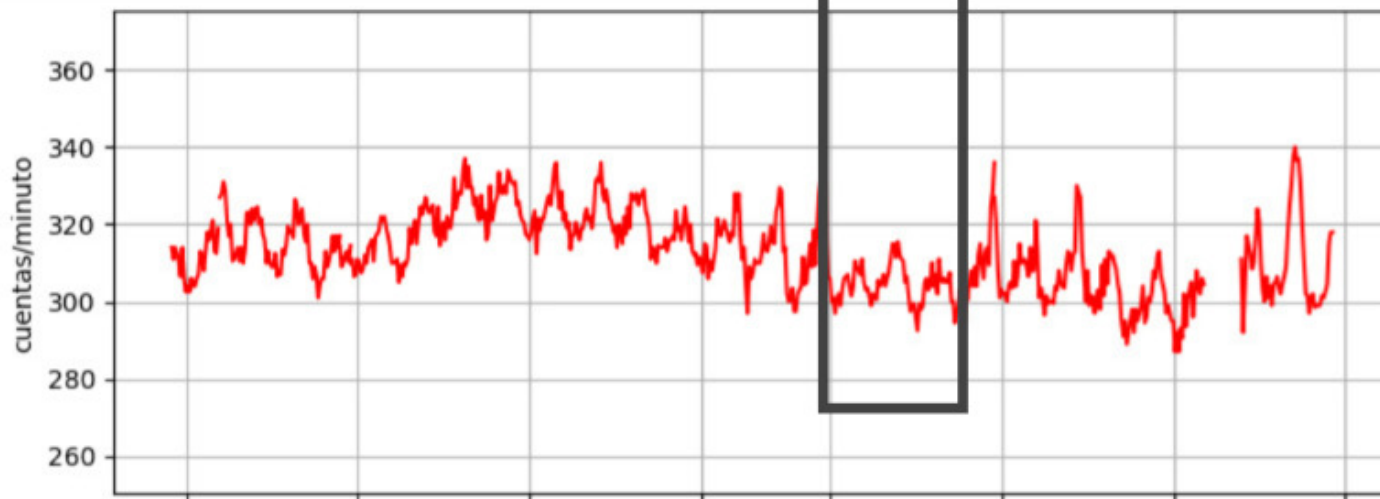


Figure 2



- **Conteo por minuto**

**EL FLUJO DE RAYOS CÓSMICOS
ES INVERSAMENTE PROPORCIONAL
A LA ACTIVIDAD SOLAR**

<http://132.248.105.25/index.php>



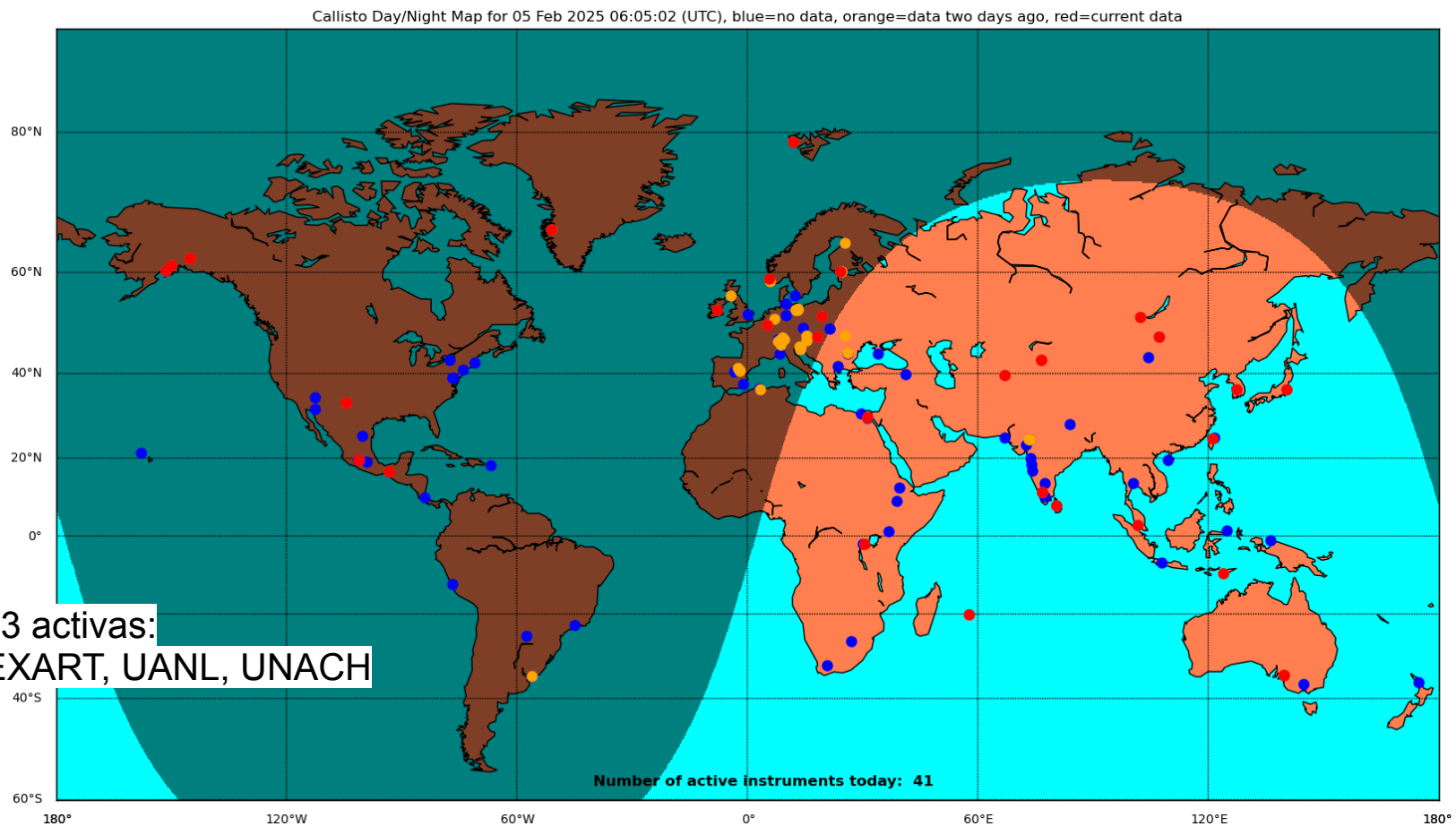
CALLISTO

Compound Astronomical Low frequency Low cost
Instrument for Spectroscopy and Transportable Observatory¹

Instrumento astronómico compuesto de baja frecuencia y bajo
costo para espectroscopia y observatorio transportable

e-Callisto

International Network of Solar Radio Spectrometers, a Space Weather Instrument Array



En México 3 activas:
LANCE:MEXART, UANL, UNACH

<https://e-callisto.org/>

Karen S. Caballero Mora UNACH karen.scm@gmail.com

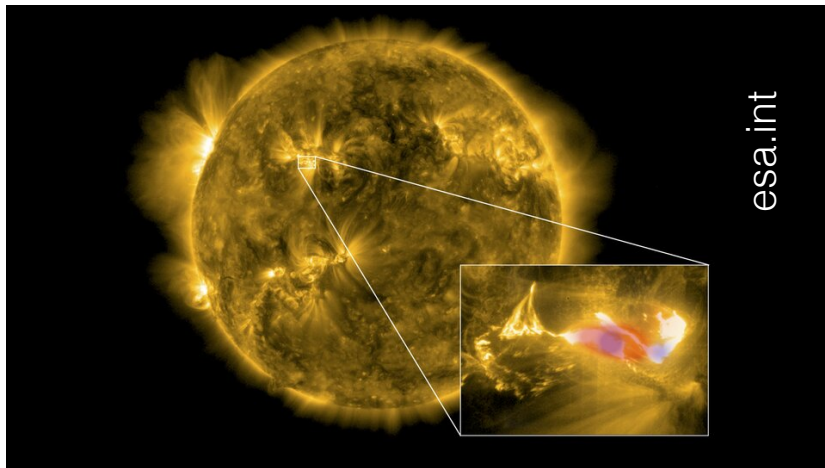


CALLISTO

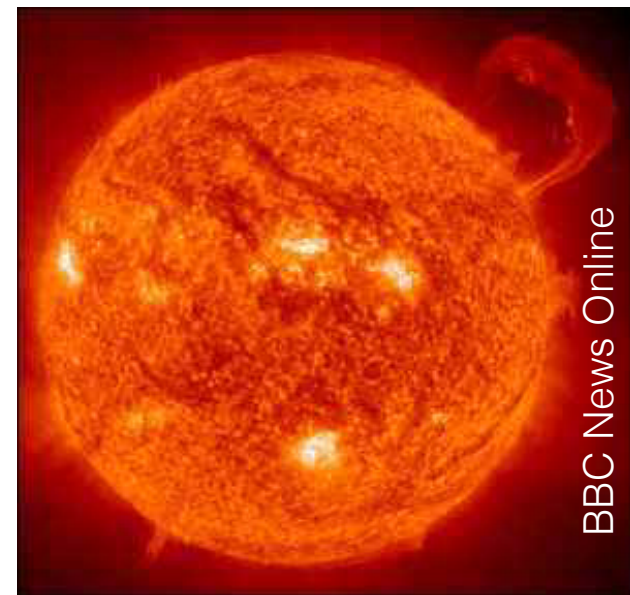
Compound **A**stronomical **L**ow frequency **L**ow cost
Instrument for **S**pectroscopy and **T**ransportable **O**bservatory'

- Erupciones solares (solar flares, explosiones en la atmósfera del sol)
- Eyecciones de masa coronal (CMEs, flujos de partículas cargadas)

Las señales de radio viajan más rápido que las partículas, por eso CALLISTO puede servir como Sistema de alerta temprana



Erupción solar vista por Solar Orbiter; los colores azul y rojo muestran fuentes de distintos tipos de rayos X



Eyección de masa coronal

<https://e-callisto.org/>
<https://celestina.web.uah.es/>

https://www.rice.unam.mx/?page_id=275



Instalación en Chiapas

- Septiembre de 2024
- Convenio con el Instituto de Geofísica, UNAM, unidad Michoacán, Campus Morelia
- Parte de la Red de Espectrómetros CALLISTO de México, REC-Mx
- Parte del Laboratorio de Clima Espacial (LANCE)
- Antena tipo Long Wavelength Array (LWA)
- Emisiones del Sol en Radio de 45 MHz a 230 MHz, en Chiapas de 45 a 90 MHz



Antena con corral

Una malla de metal en la base sirve como reflector para mejorar la ganancia de la antena
Contiene 2 cables coaxiales, uno por cada polarización lineal o dipolo



Durante las pruebas para la instalación



Instalación en Chiapas



Antena Instalada con el grupo de trabajo



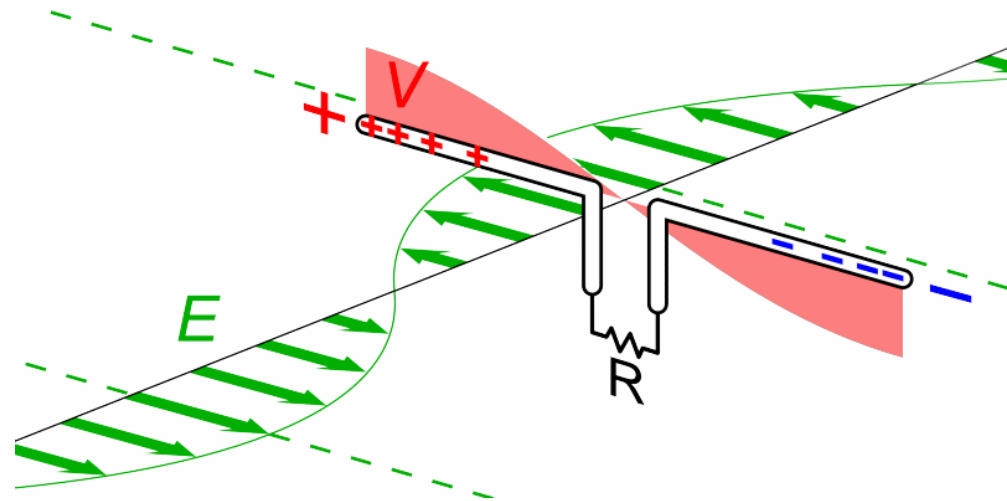
Instalación del Software
Actualmente el cuarto de control está en el
edificio C planta baja



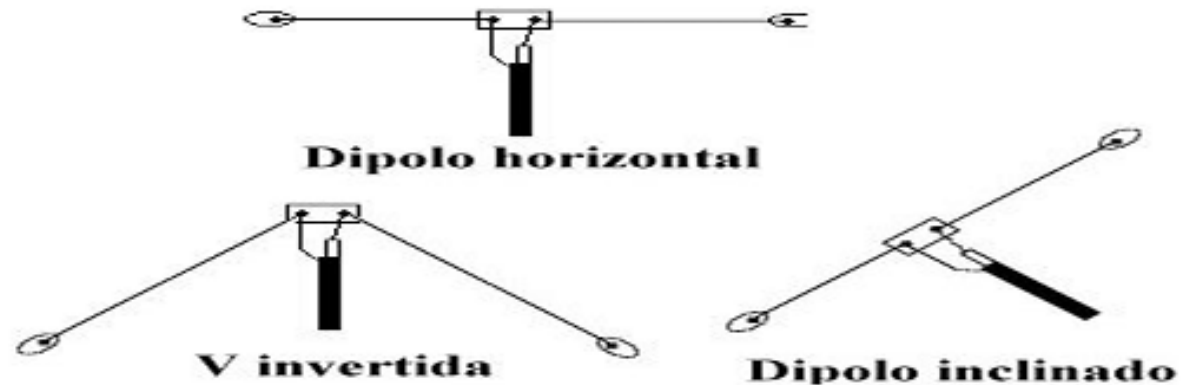
Funcionamiento



La amplitud del alcance depende de parámetros como la altura y el ángulo de inclinación de los dipolos



Antena dipolo recibiendo una onda de radio (Wikipedia)



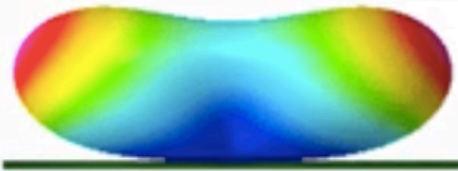
https://www.redtauros.com/Clases/Medios_Transmision/06_B_Antenas%20ondas%20electromagneticas.pdf

Funcionamiento

Diagrama de radiación

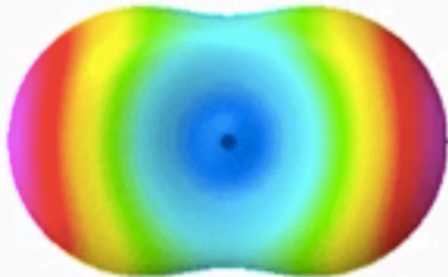
PODER TECNOLOGIA

20m Dipole
@35 ft. above Ground

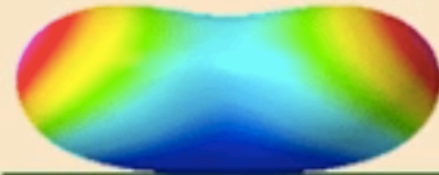


Elevation Pattern

Azimuth Pattern

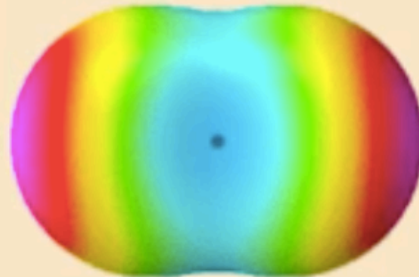


20m Inverted-V (90°)
@35 ft. above Ground

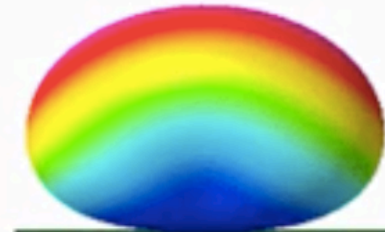


Elevation Pattern

Azimuth Pattern



40m Dipole
@35 ft. above Ground

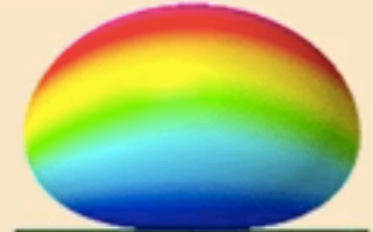


Elevation Pattern

Azimuth Pattern

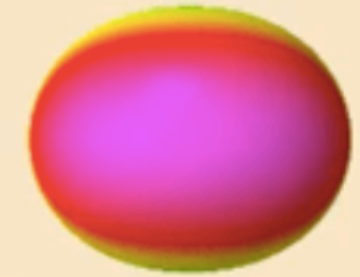


40m Inverted-V (90°)
@35 ft. above Ground



Elevation Pattern

Azimuth Pattern



Horizontal Dipole and Inverted-V @90° have been compared for radiation pattern performance on 40m and 20m bands. The height of antennas (or Apex) have been kept at 35 ft. (~10m) above ground to represent typical amateur station setups. NOTE: There are very small differences between the Dipole and Inverted-V patterns... Nothing much to fuss about.

En teoría no hay mucha diferencia, pero en la práctica la eficiencia cambia dependiendo de la proximidad al suelo

Poder Tecnología, Antena V Invertida, <https://www.youtube.com/watch?v=eR36cKz9iR8>, capturado el 6 de febrero de 2025

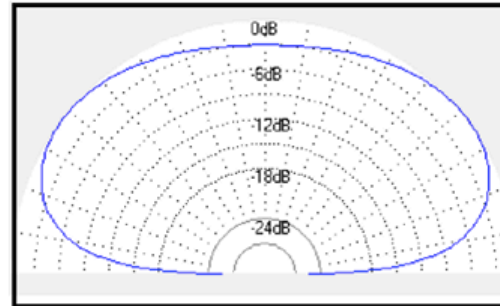


Funcionamiento

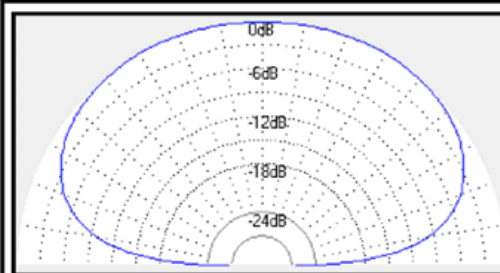
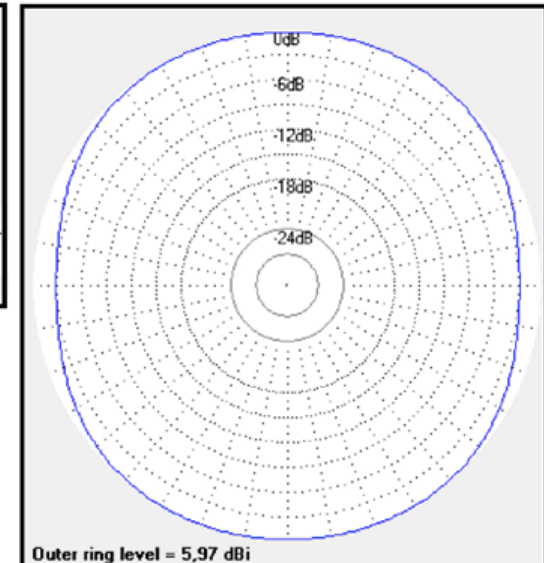
Por medio del software NEC-2 modelamos este diagrama de radiación:



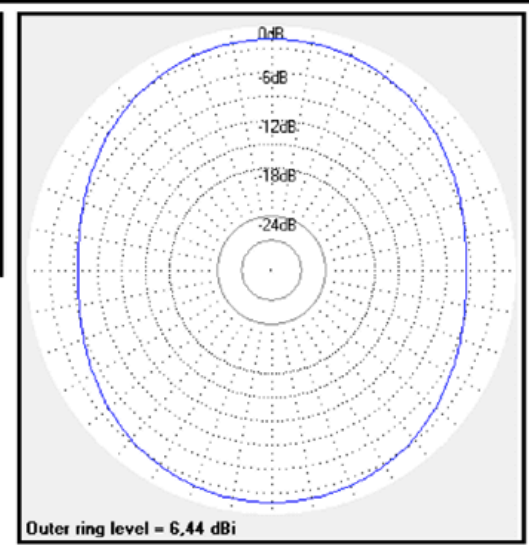
La amplitud del alcance depende de parámetros como la altura y el ángulo de inclinación de los dipolos



V invertida para 10 MHz con vértice a 12 m sobre galpón de techo metálico de 6 m de altura. Tierra con valores de conductividad y constante dieléctricas promedio (pampa húmeda)



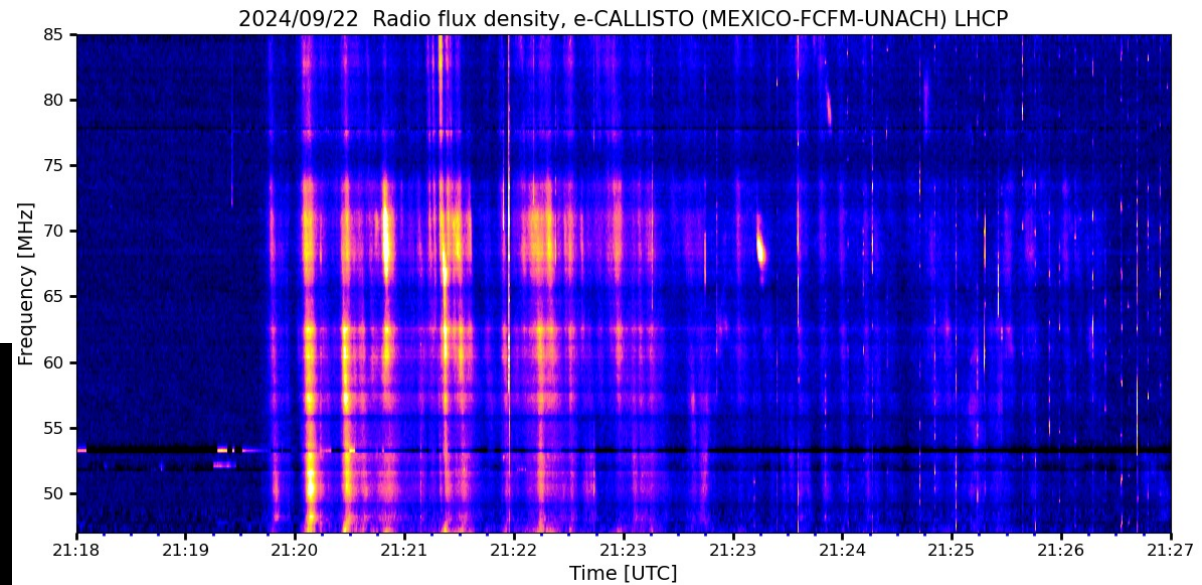
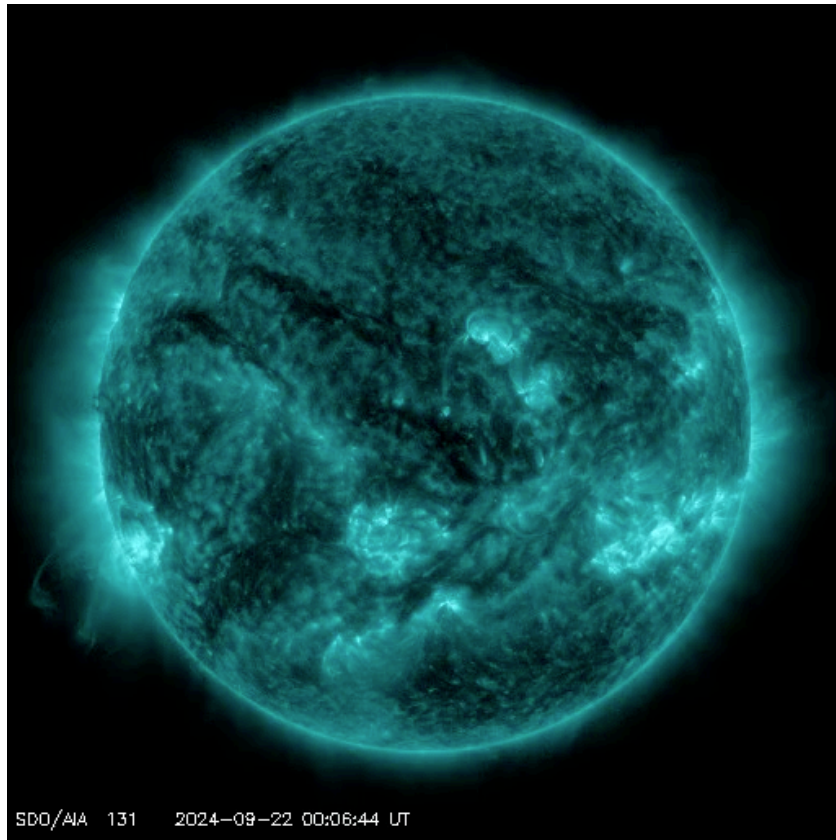
Antena V invertida estación de monitoreo, con vértice a 9 m de altura



Néstor Escala, Sistema Nacional de Monitoreo, Documento Base, Radio Club Argentino, 2018



Primeras mediciones



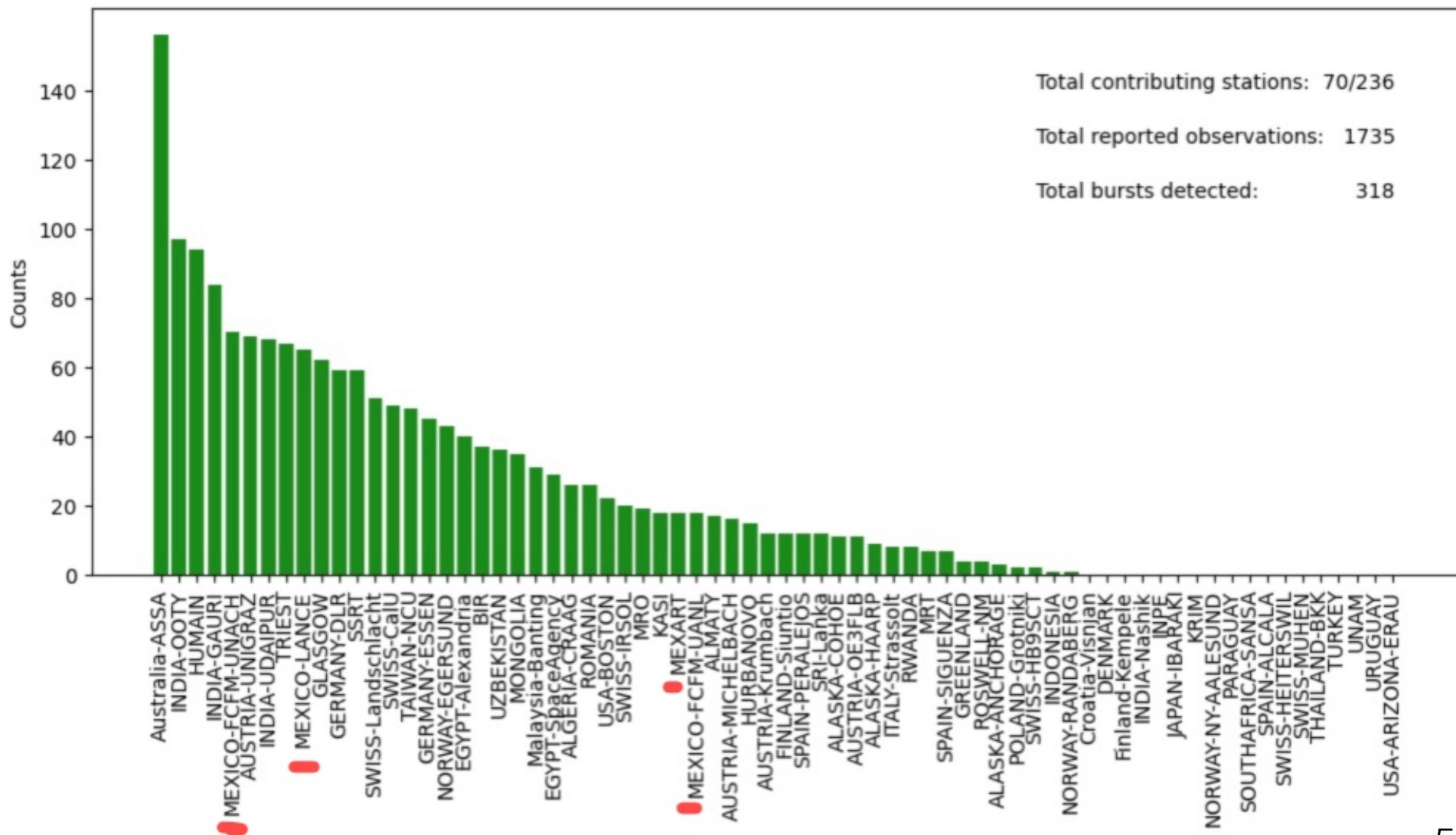
helioviewer.org

Primera medición observada el 22 de septiembre de 2024 después de un estallido de rayos X de magnitud 3.7



Primeras mediciones

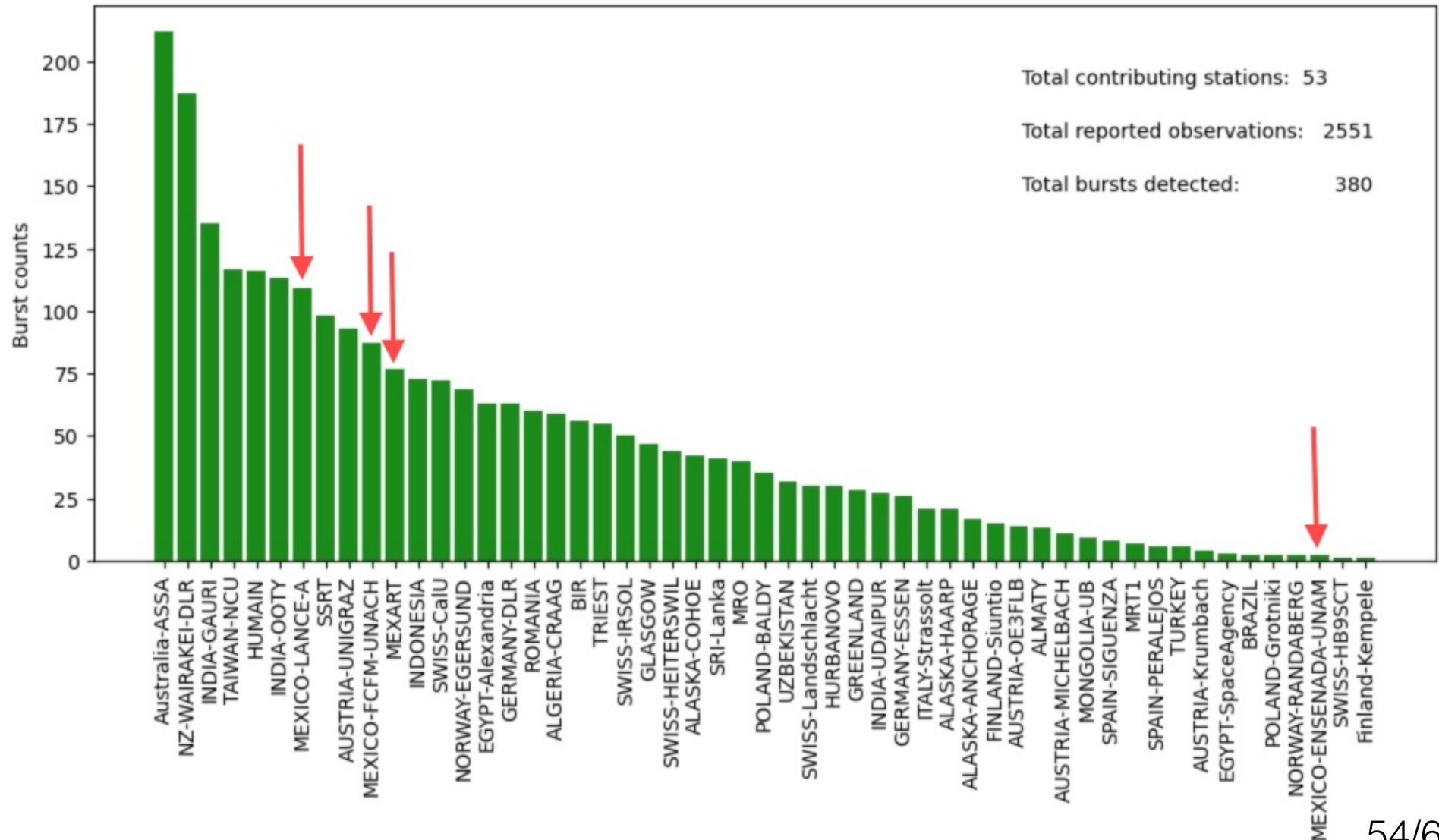
Number of solar radio bursts observed in December 2024 within the ISWI instrument network e-Callisto



Noviembre 2025



Number of solar radio bursts observed in November 2025 within the ISWI instrument network e-Callisto

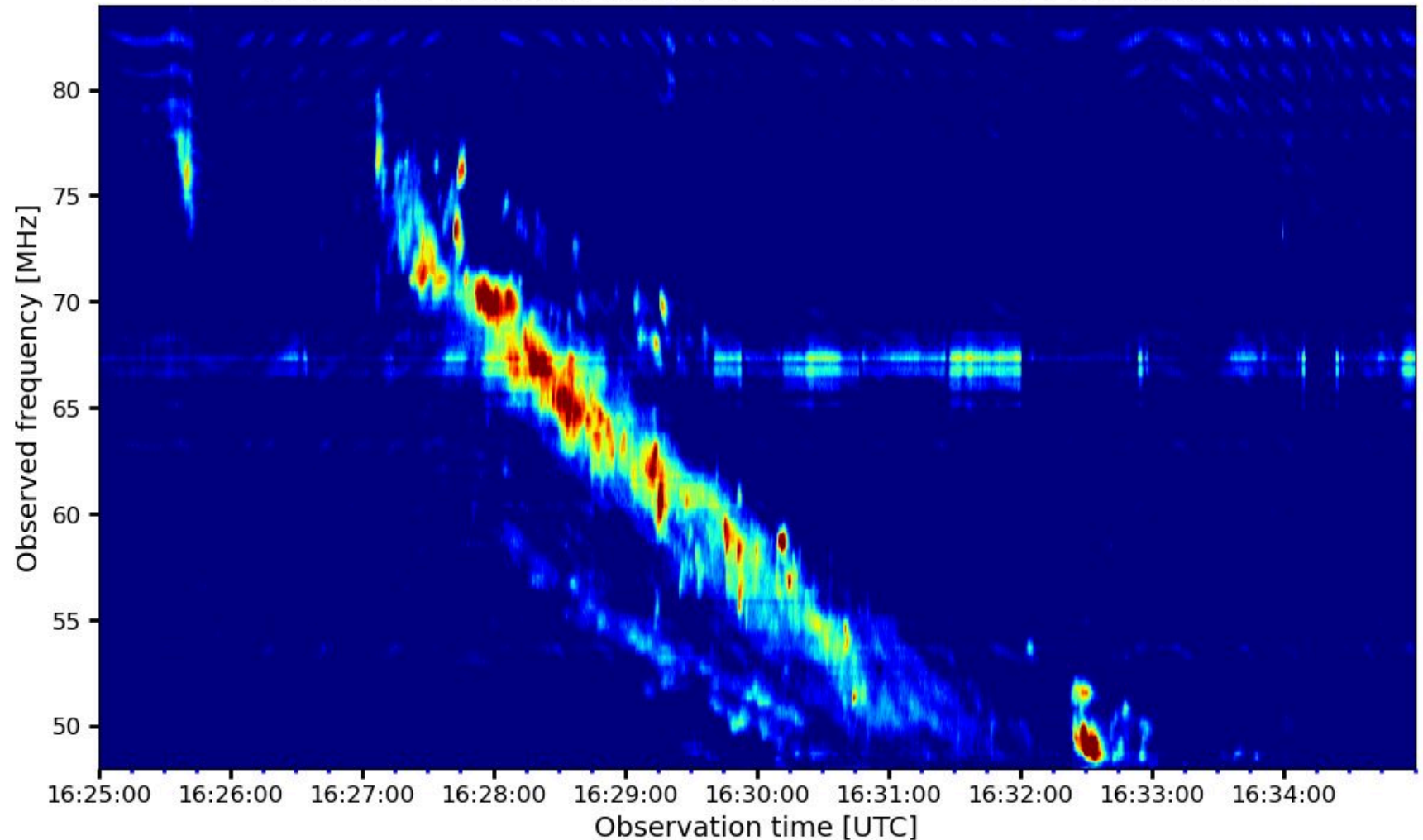




Tipos de eventos

Eventos observados por e-CALLISTO (MEXICO-FCFM-UNACH)

2025/01/06 Radio flux density, e-CALLISTO (MEXICO-FCFM-UNACH)

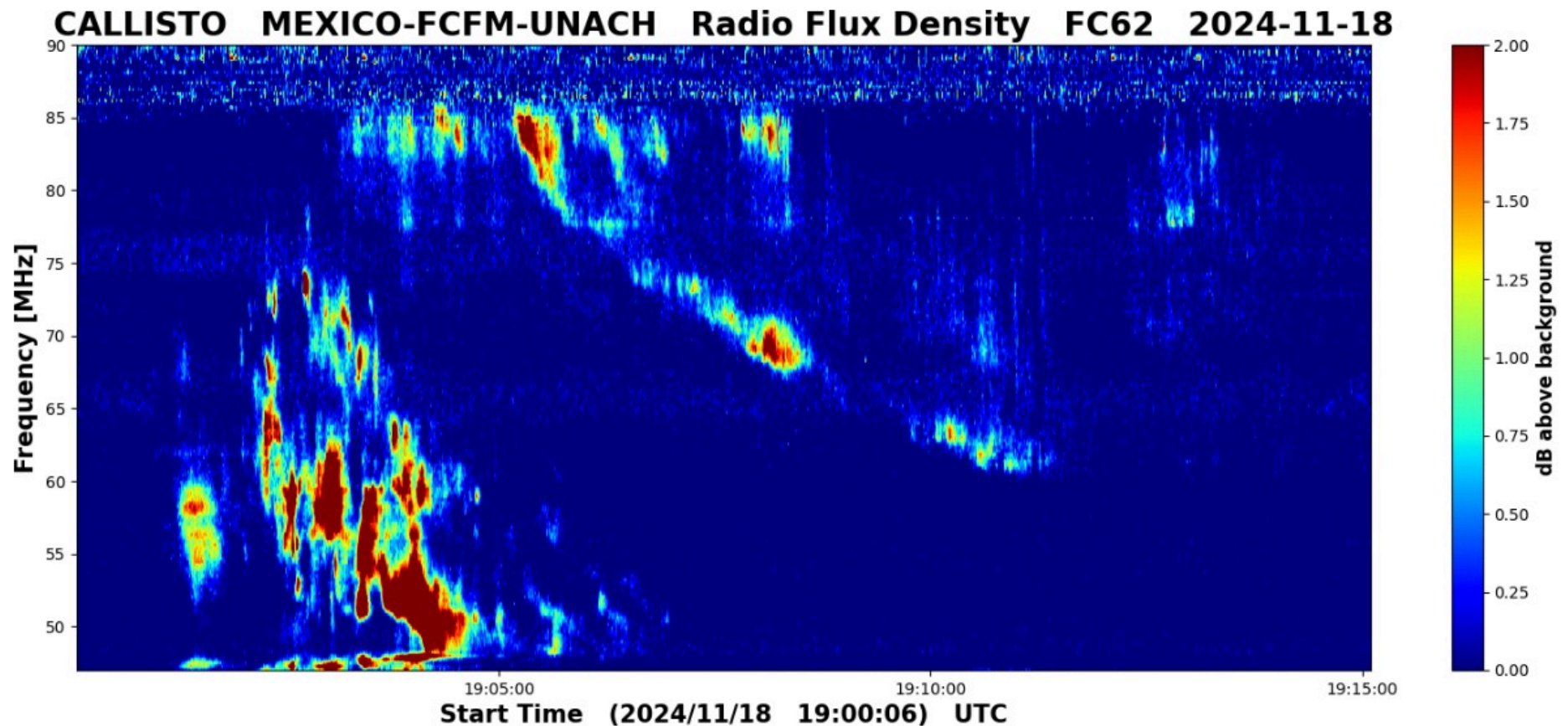


Nice type II after an x-ray flare M4.8, observed in Mexico (UNACH).



Tipos de eventos

Eventos observados por e-CALLISTO (MEXICO-FCFM-UNACH)

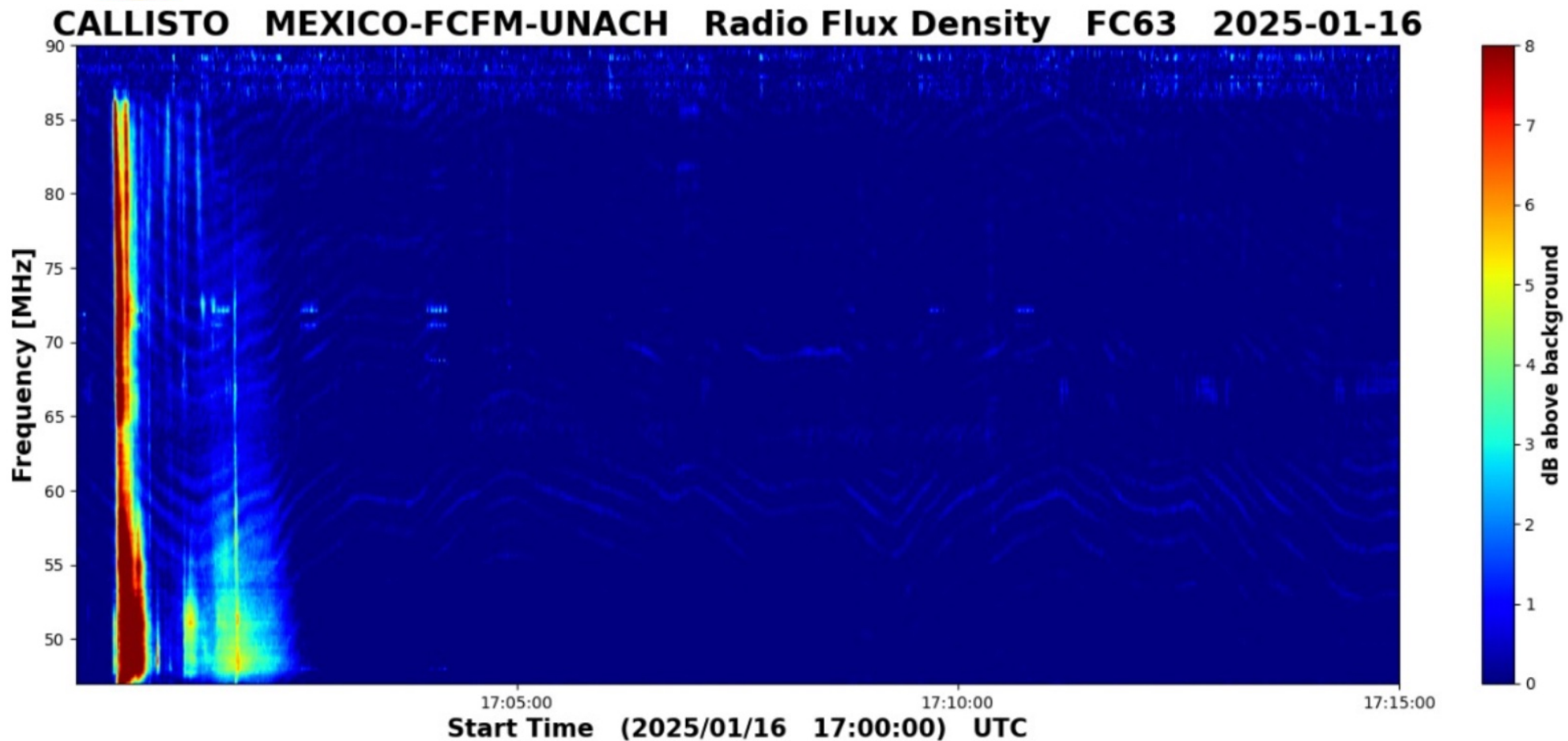


Tipo II



Tipos de eventos

Eventos observados por e-CALLISTO (MEXICO-FCFM-UNACH)



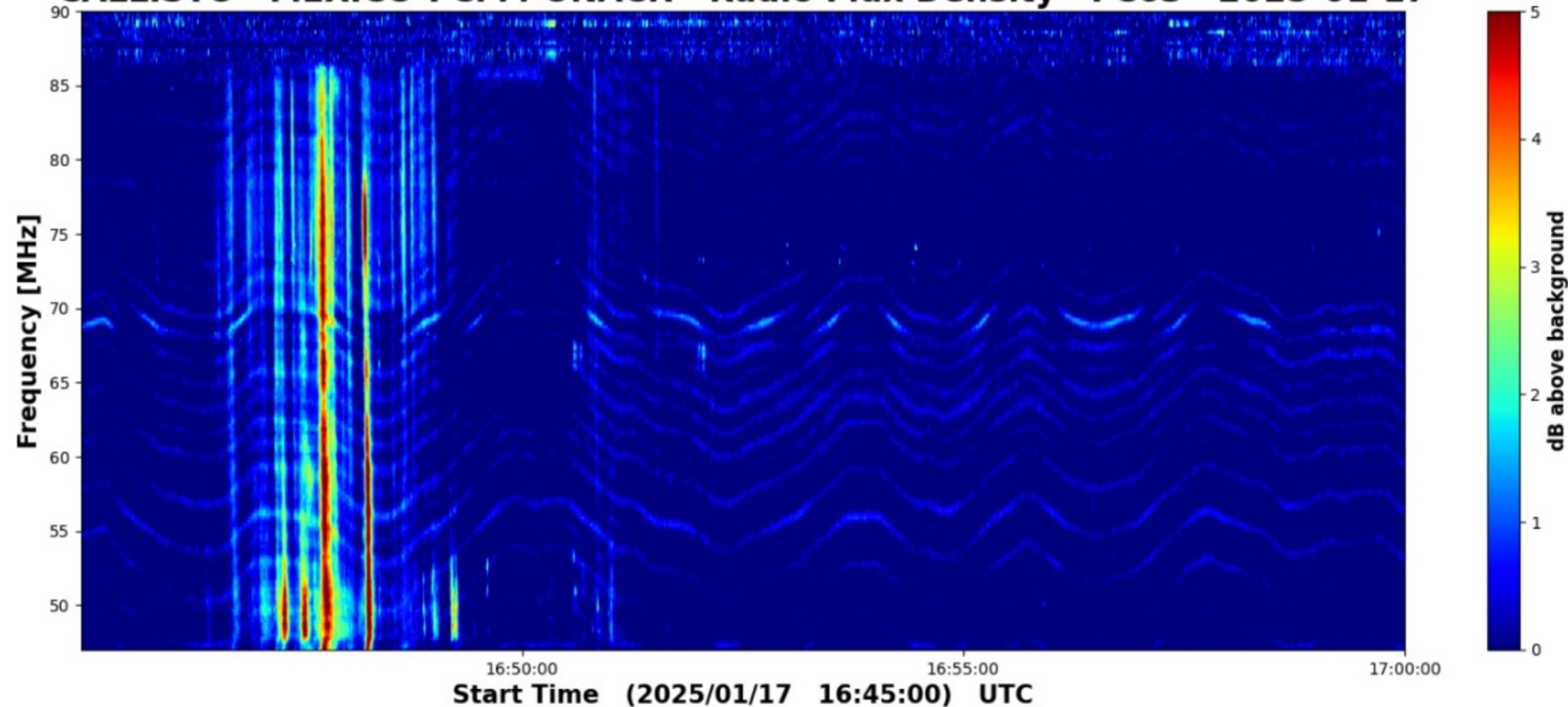
Tipo III + TipoV



Tipos de eventos

Eventos observados por e-CALLISTO (MEXICO-FCFM-UNACH)

CALLISTO MEXICO-FCFM-UNACH Radio Flux Density FC63 2025-01-17

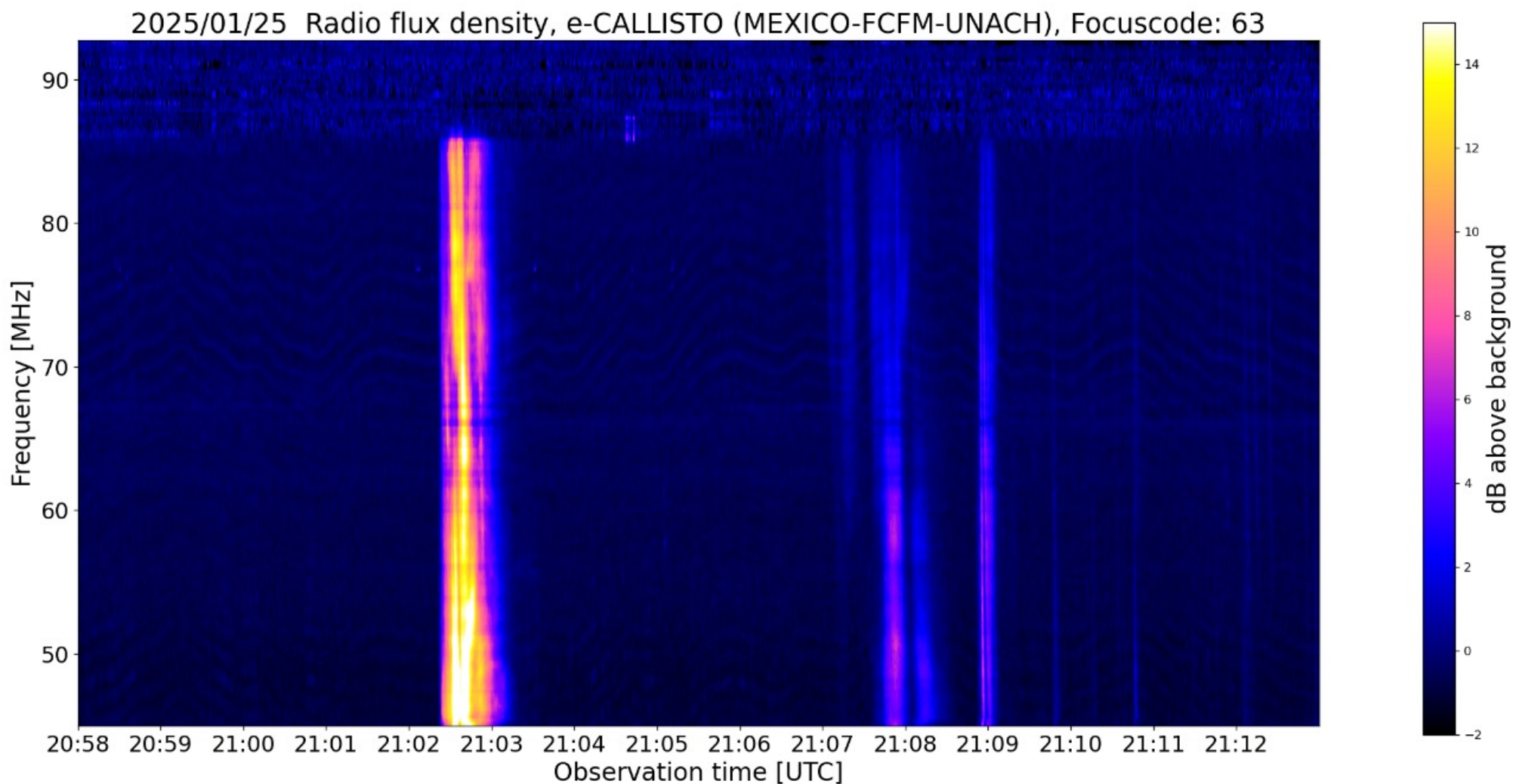


Tipo III



Tipos de eventos

Eventos observados por e-CALLISTO (MEXICO-FCFM-UNACH)



Tipo III

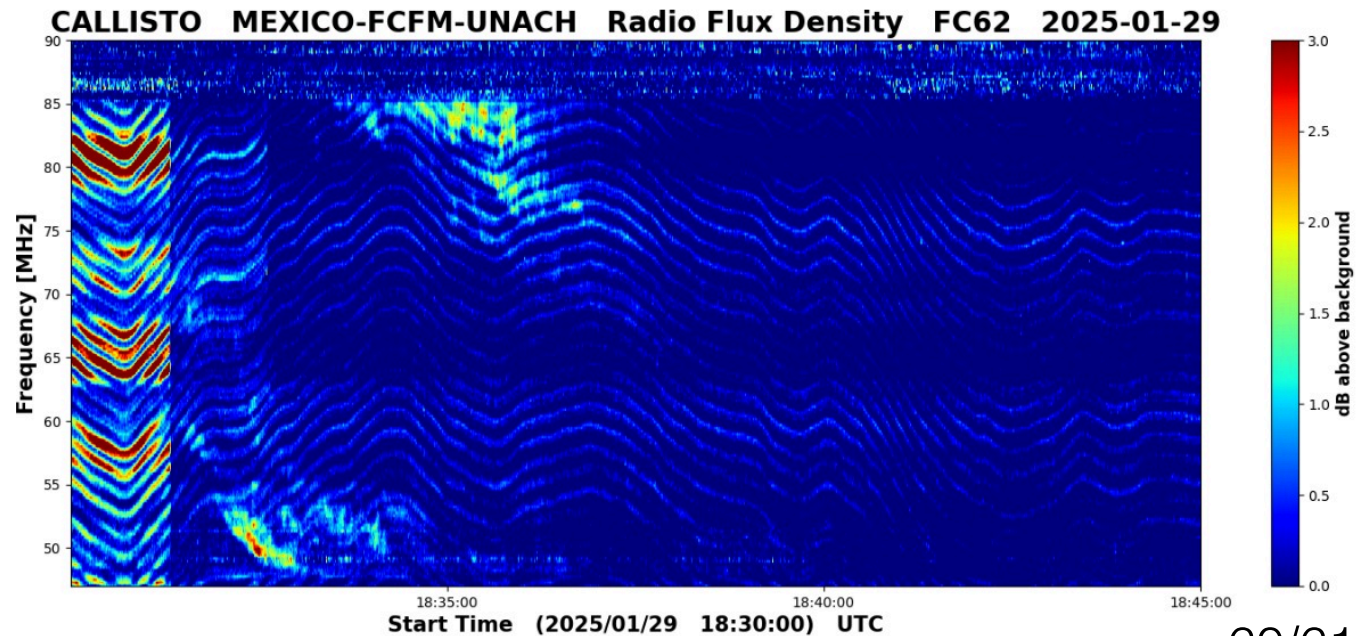
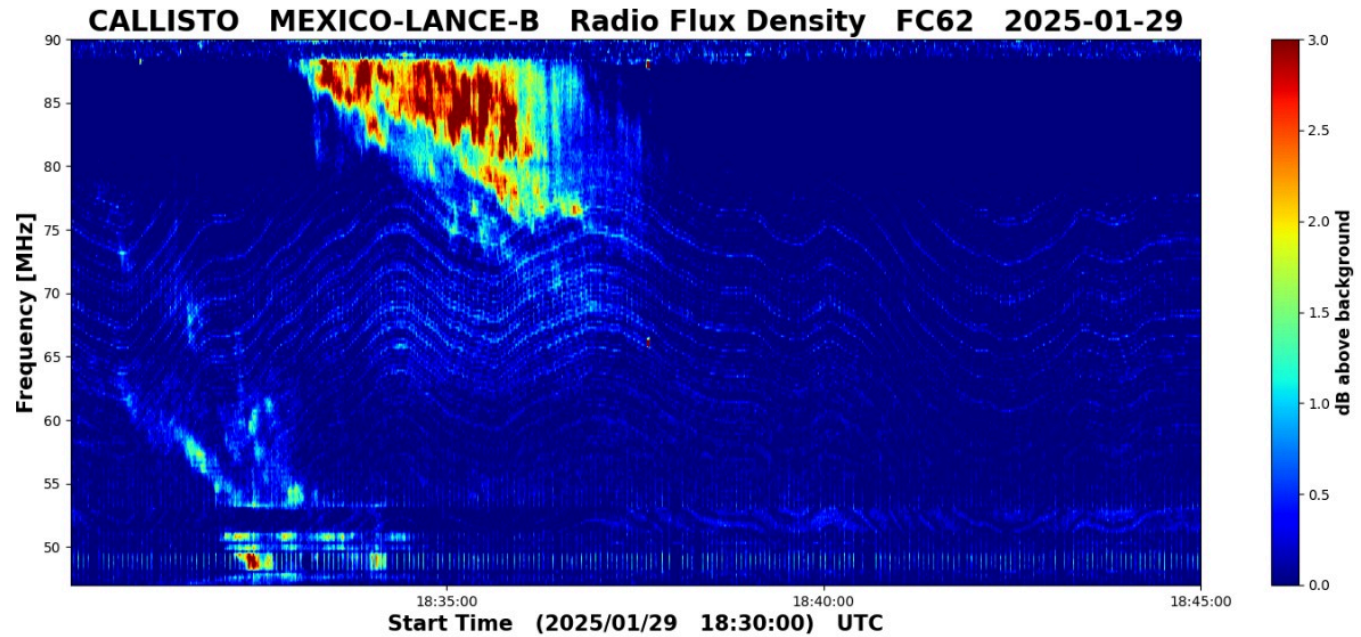


Tipos de eventos

Eventos observados por e-CALLISTO (MEXICO-FCFM-UNACH)

Comparación de un evento Tipo II

Arriba visto con LANCE
Abajo visto por FCFM-UNACH



Interferencia probablemente debida
a lámparas de LED cercanas

utz
Bukux-awulú
Tioj-bätyix
iGRACIAS!
Miac tlazocamatic
NIB ÓOLA
Diosï meyamu
Ts'akatal
Hocolawal
dyos bo'otik
Tak'

Backup

Género y Divulgación

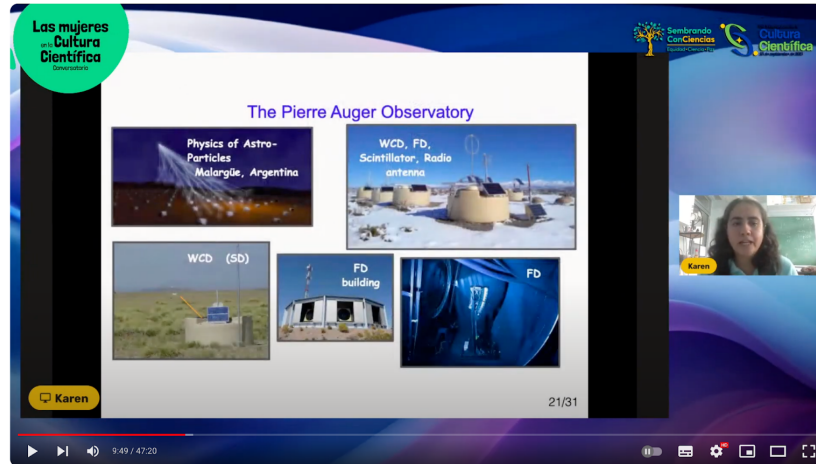
- CUWIP (<https://www.cuwip-mexico.mx/>)
- Observatorio Pierre Auger (<https://www.auger.org/outreach/education/auger-masterclasses>)
- Red de Mujeres Sembrando ConCiencias (<https://sembrandoconciencias.cudi.edu.mx/>)

CUWIP
MX 2023

23, 24 y 25 de marzo
cuwip@cuwip-mexico.mx

CONFERENCIA PARA
MUJERES
ESTUDIANTES
DE FÍSICA

Inscripciones abiertas desde el 11 de Febrero
(<https://indico.buap.mx/event/71/>)



Las mujeres en la Cultura Científica

Mujeres Sembrando ConCiencias
6 suscriptores

Suscribirse

5

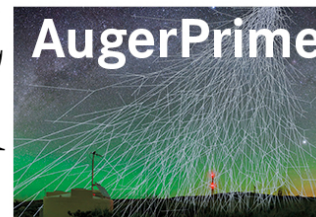
Compartir

Descargar

Recortar



**PIERRE
AUGER**
OBSERVATORY



**Sembrando
ConCiencias**
Equidad • Ciencia • Paz

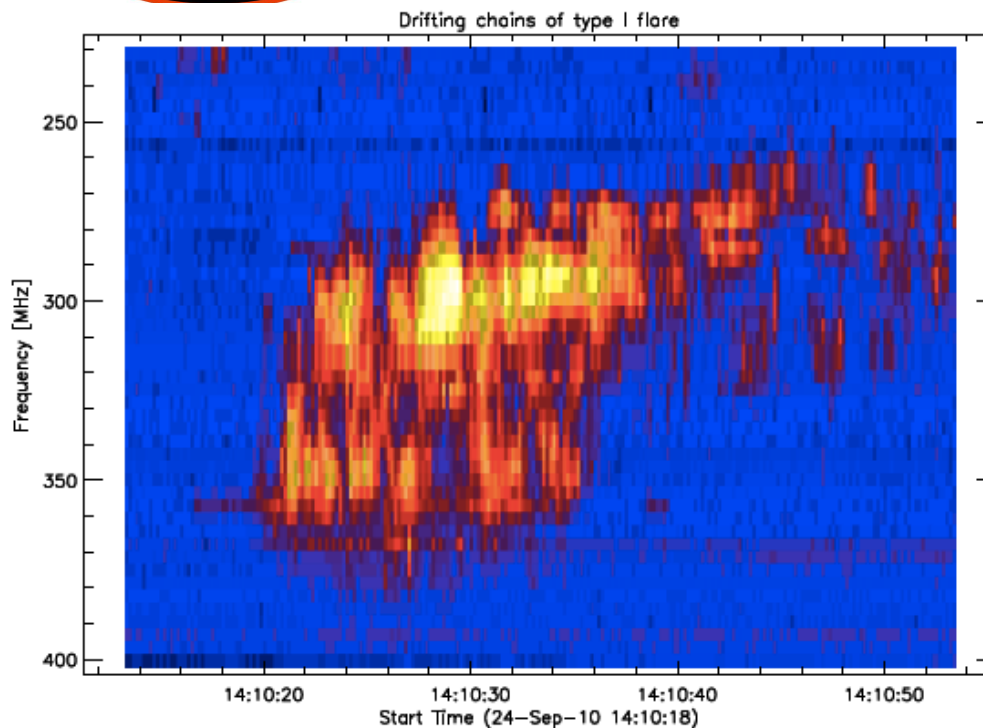
- Día Internacional Cósmico
- Feria de Ciencias
- Jornadas de divulgación



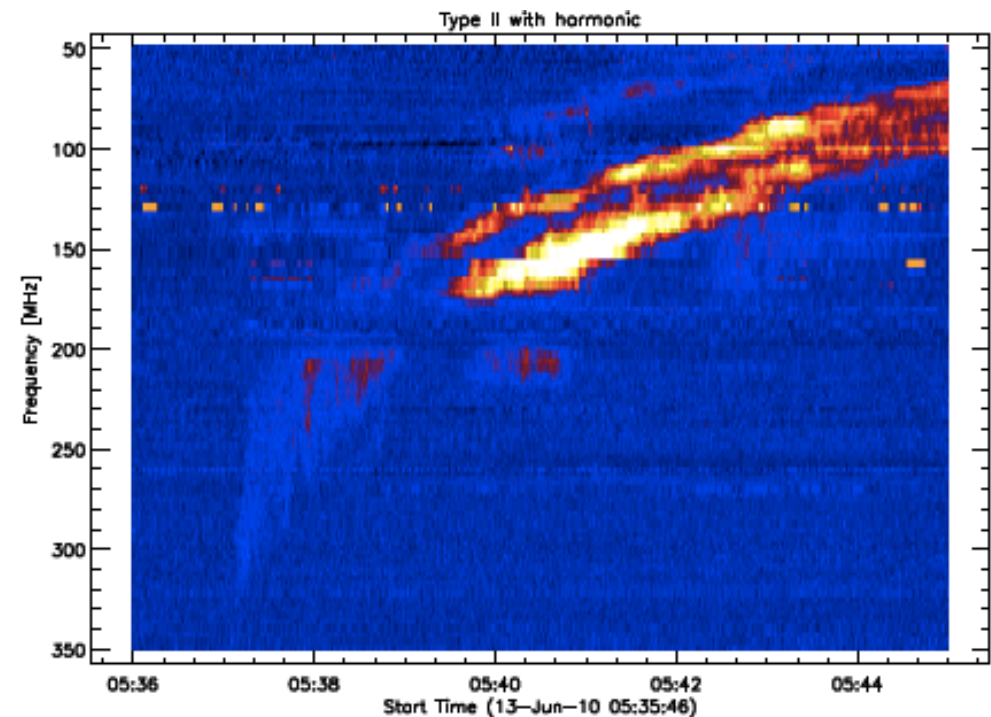


Tipos de eventos

De: Catalog of dynamic electronic spectra, Christian Monstein,
Physics, Astronomy and Electronics Work Bench



Estallido Tipo I, Tormenta de ruido
Series largas de estallidos
cortos y angostos que duran
horas o días

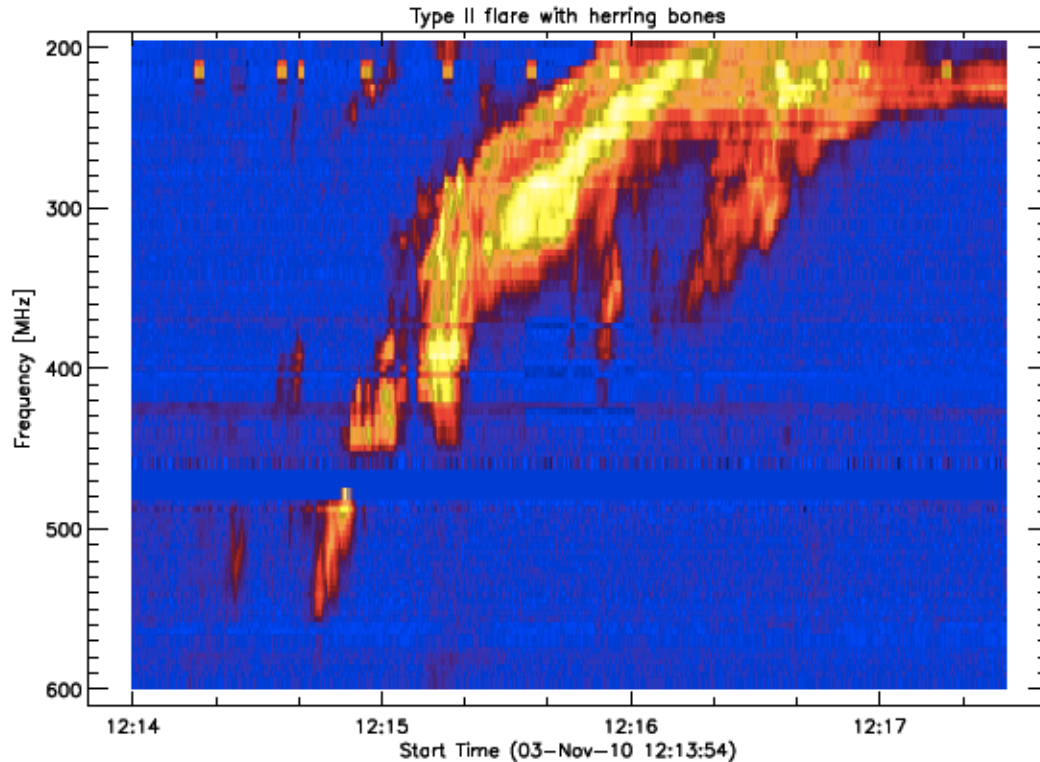


Estallido Tipo II, erupción solar de
radio con armónicos, duración de
4 minutos

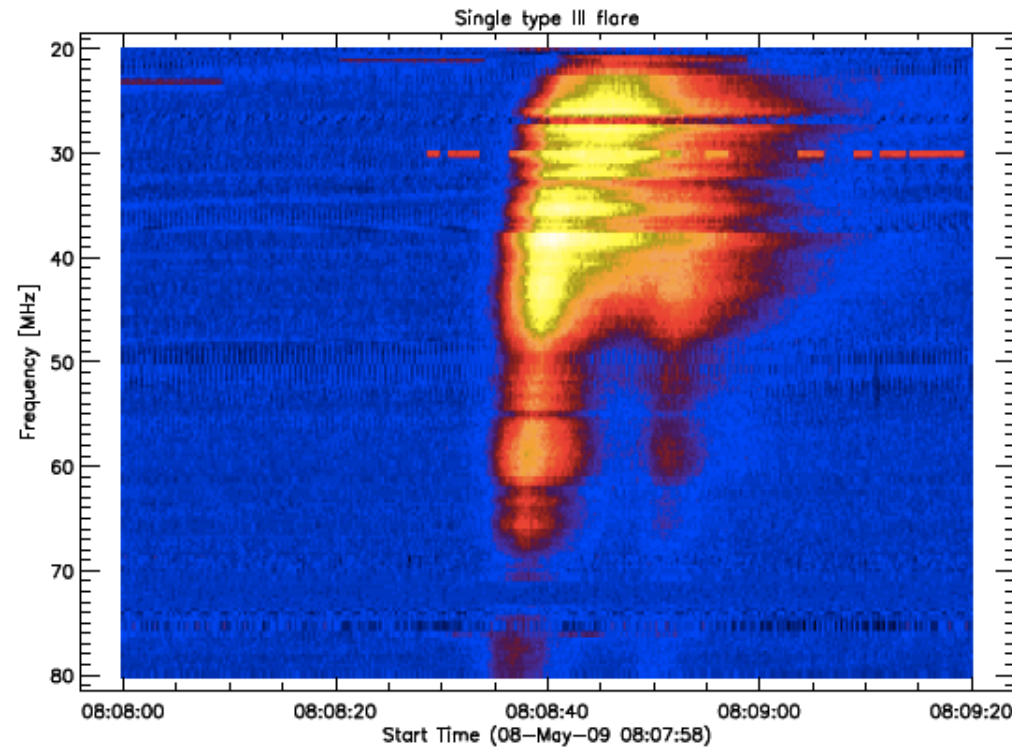


Tipos de eventos

De: Catalog of dynamic electronic spectra, Christian Monstein,
Physics, Astronomy and Electronics Work Bench



Estallido Tipo II, erupción solar de radio con armónicos, y “espinas de pescado”, duración de 4 minutos



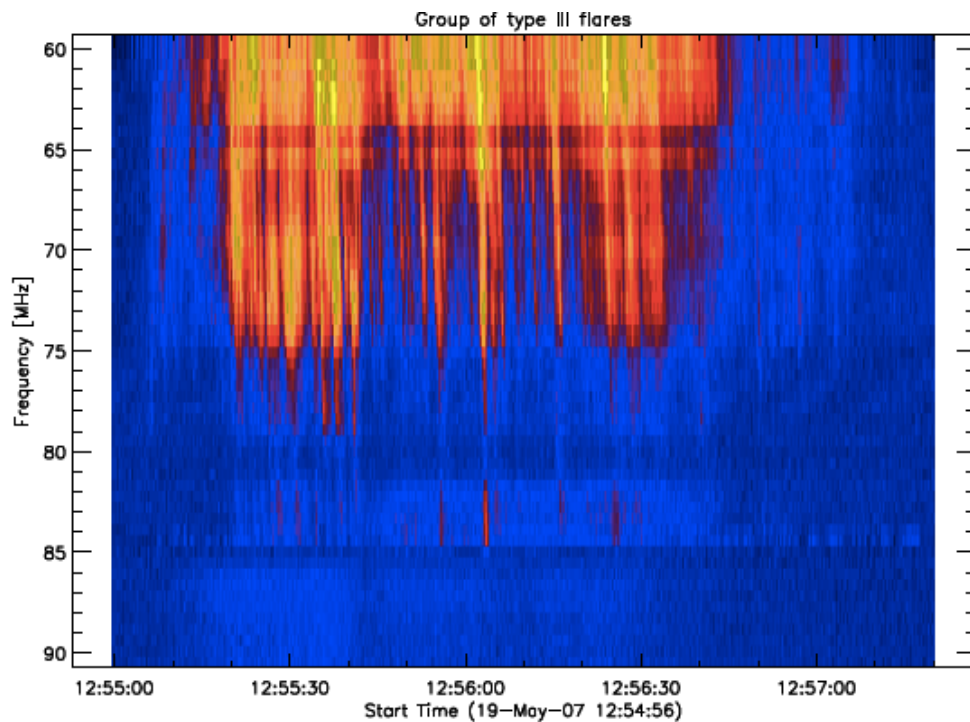
Estallido Tipo III, dos estallidos aislados de baja frecuencia, duración de 25 segundos



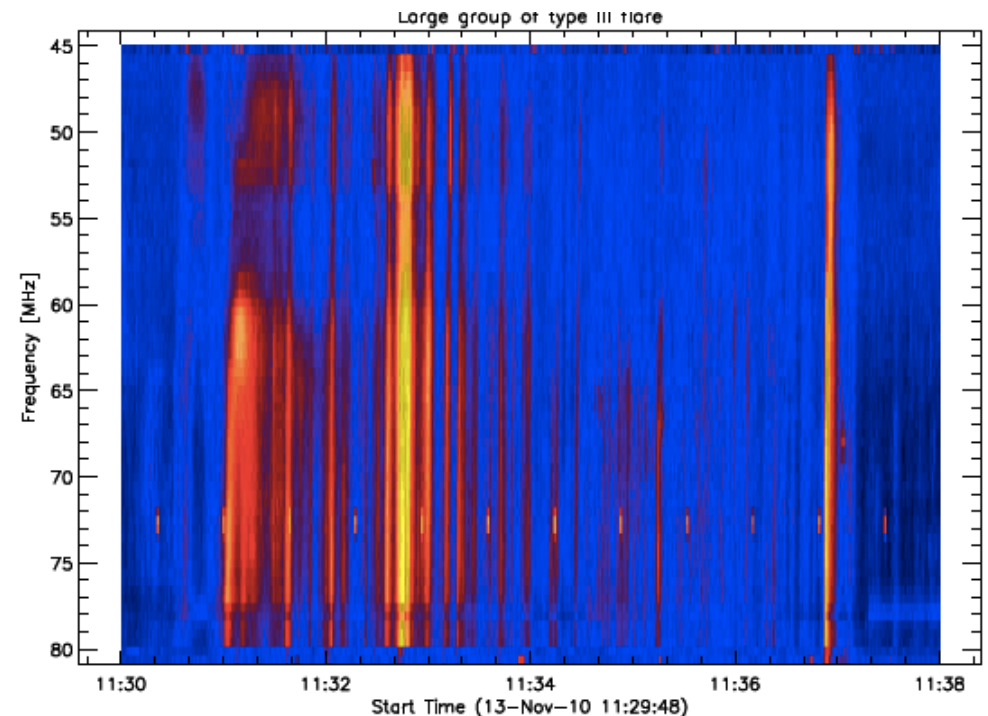
Tipos de eventos

De: Catalog of dynamic electronic spectra, Christian Monstein,
Physics, Astronomy and Electronics Work Bench

La emisión de radio es causada por haces de electrones acelerados que se propagan a través de la corona a alta velocidad (hasta la mitad de la velocidad de la luz).



Estallido Tipo III, grupo de estallidos, duración de 2 minutos

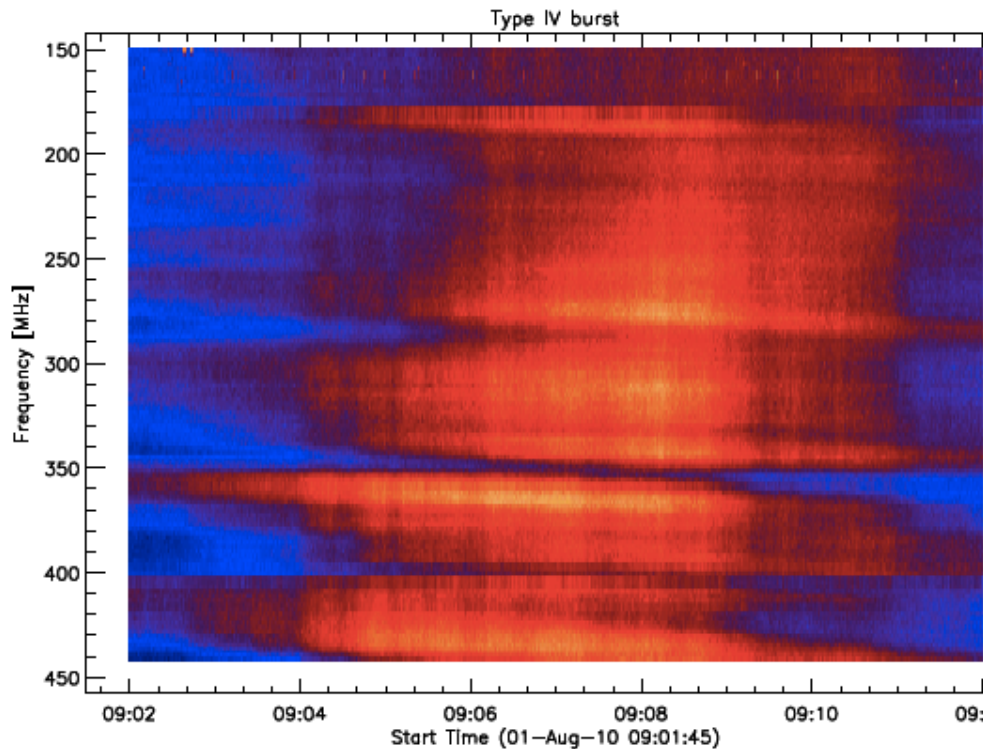


Estallido Tipo III, erupción solar de radio, duración de 7 minutos

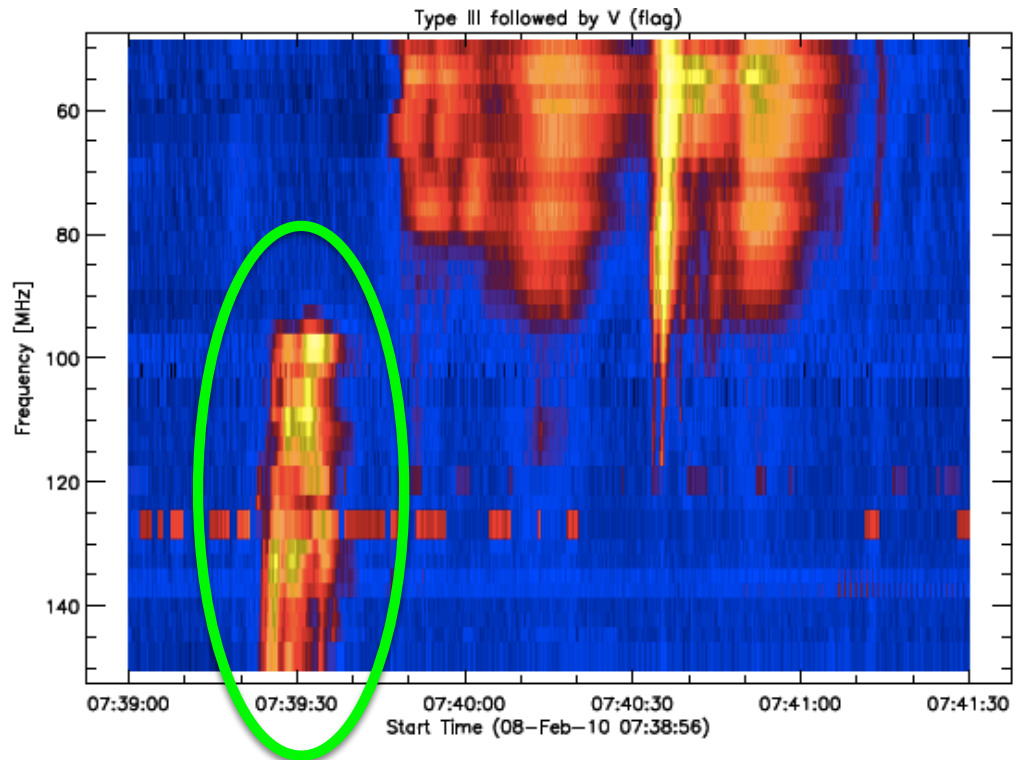


Tipos de eventos

De: Catalog of dynamic electronic spectra, Christian Monstein,
Physics, Astronomy and Electronics Work Bench



Llamada Tipo IV, continuo,
duración de 12 minutos

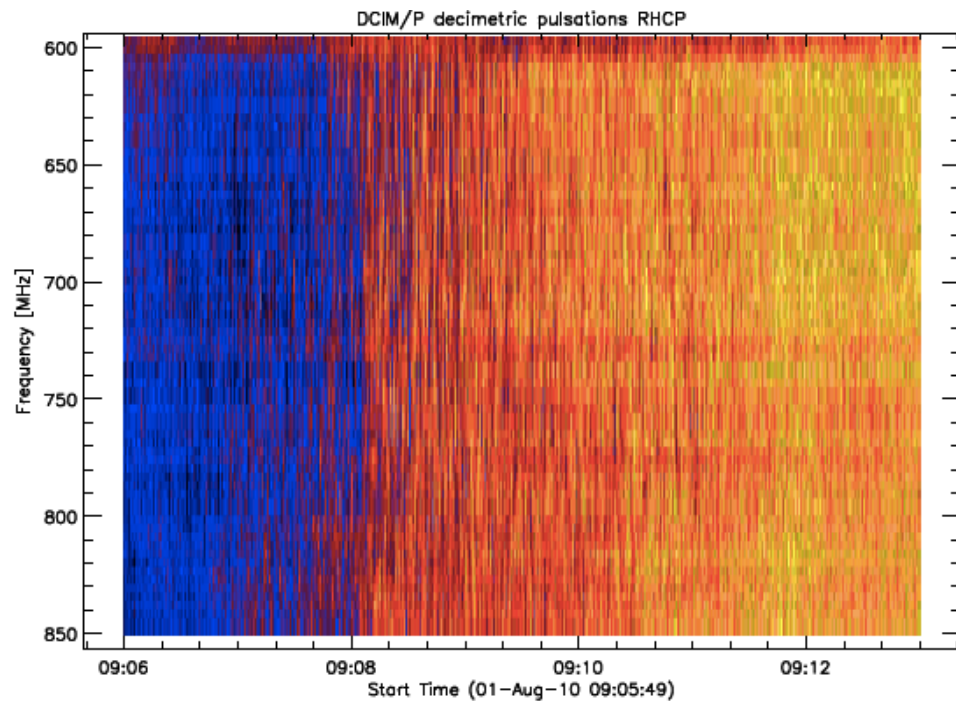


Estallido Tipo V, continuo, siempre
asociado con un Tipo III, duración
menos de 1 minuto

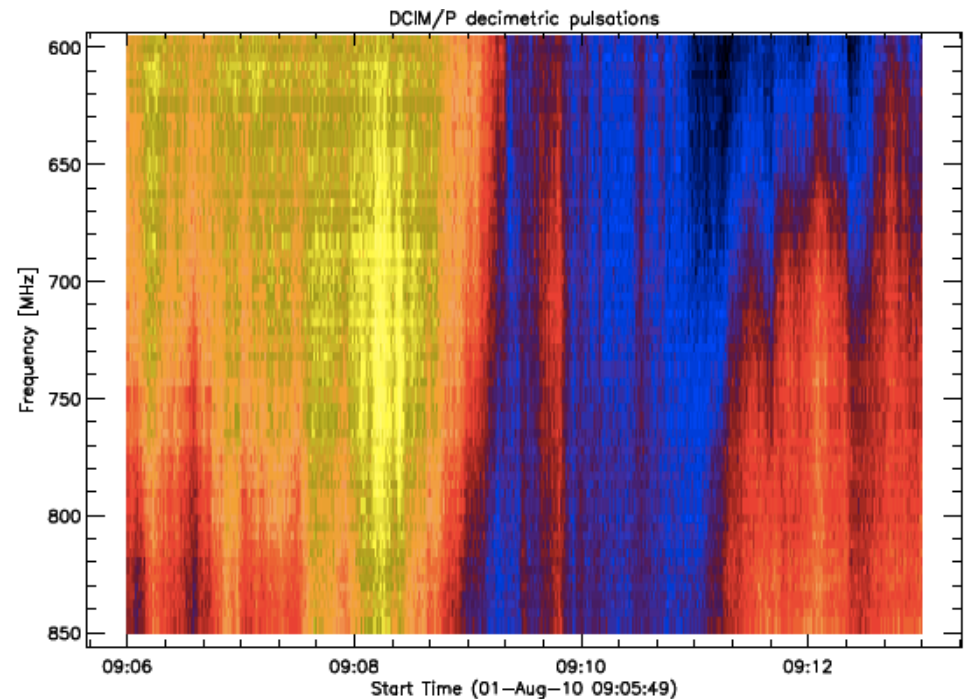


Tipos de eventos

De: Catalog of dynamic electronic spectra, Christian Monstein,
Physics, Astronomy and Electronics Work Bench



DCIM Estallido decimétrico con
pulsaciones, duración 5 minutos

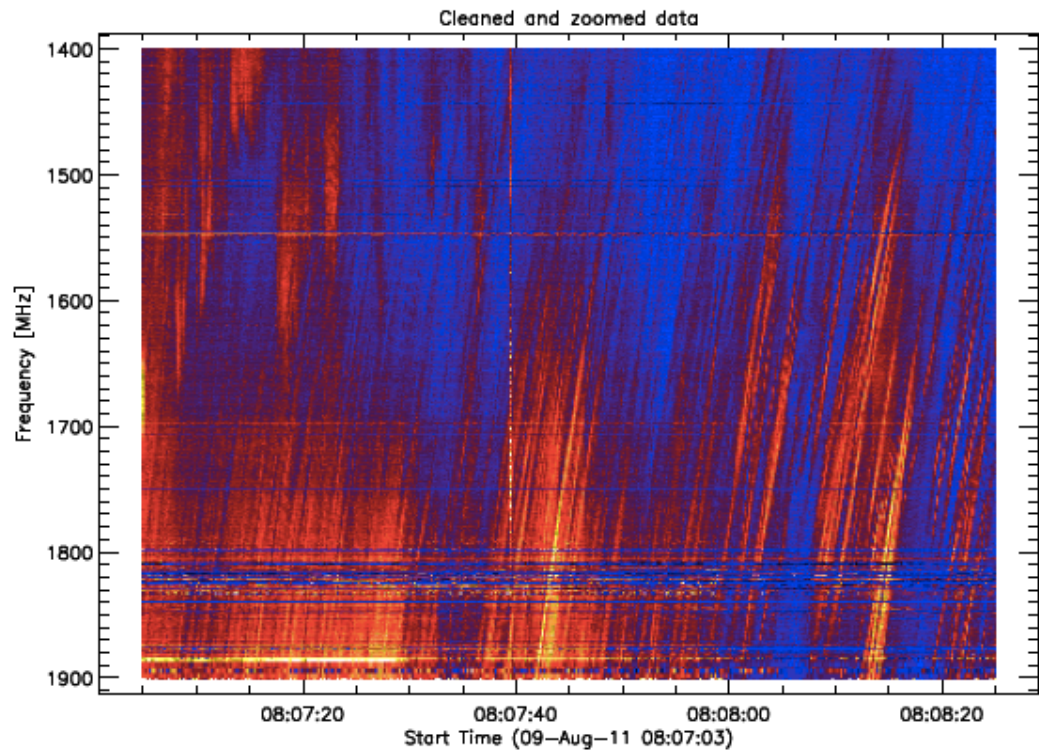


DCIM Estallido decimétrico con
continuo, duración 6 minutos

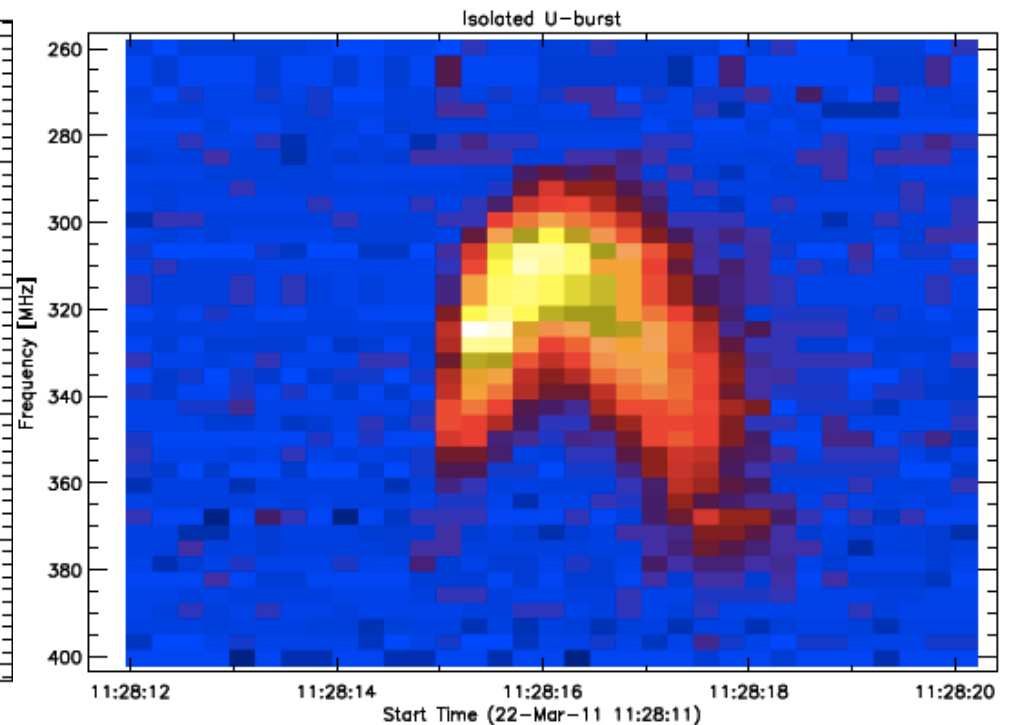


Tipos de eventos

De: Catalog of dynamic electronic spectra, Christian Monstein,
Physics, Astronomy and Electronics Work Bench



DCIM Estallido decimétrico de
microondas con estructuras de
fibras, duración 1 minuto

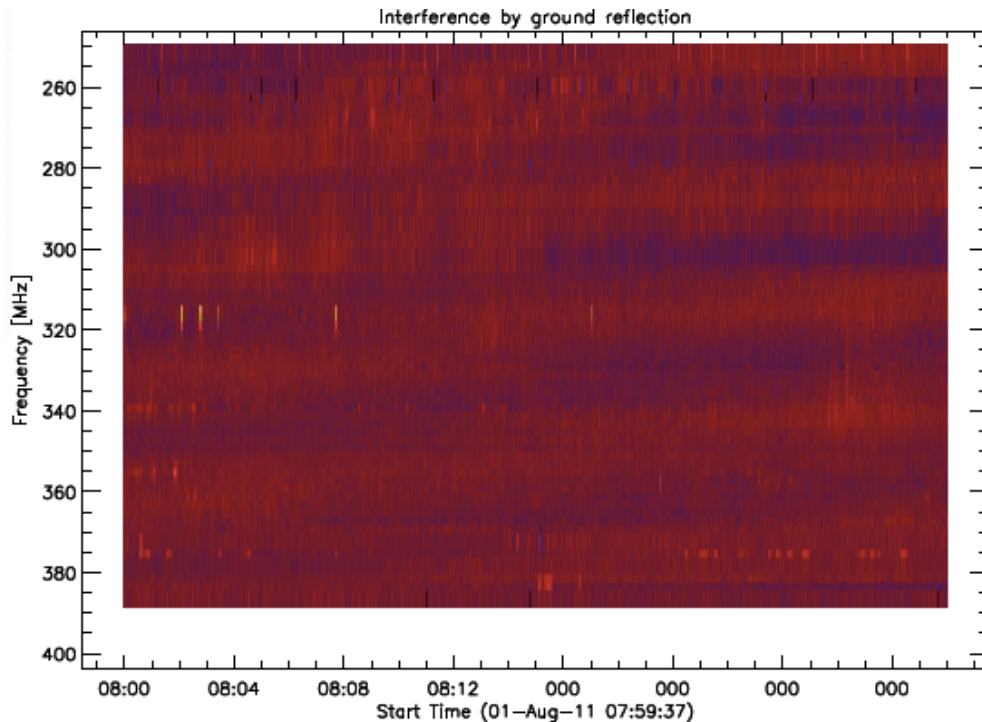


Estallido tipo U 4 segundos

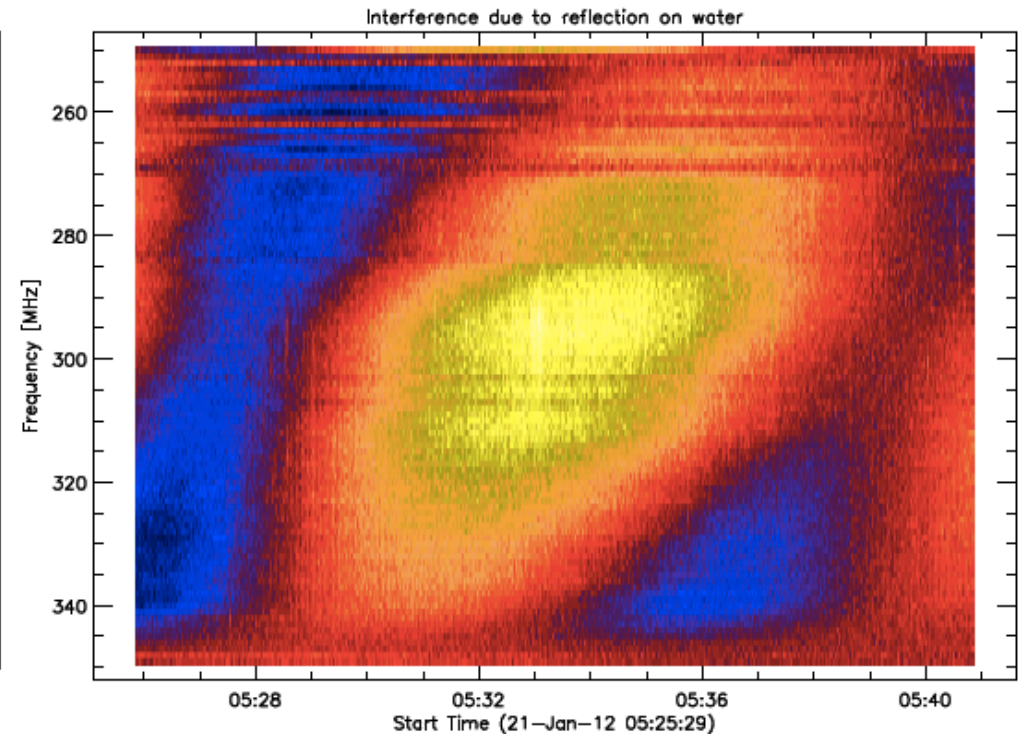


Tipos de eventos

De: Catalog of dynamic electronic spectra, Christian Monstein,
Physics, Astronomy and Electronics Work Bench



Interferencia de la reflexión del
suelo, debida al metal, agua,
edificios o plantas

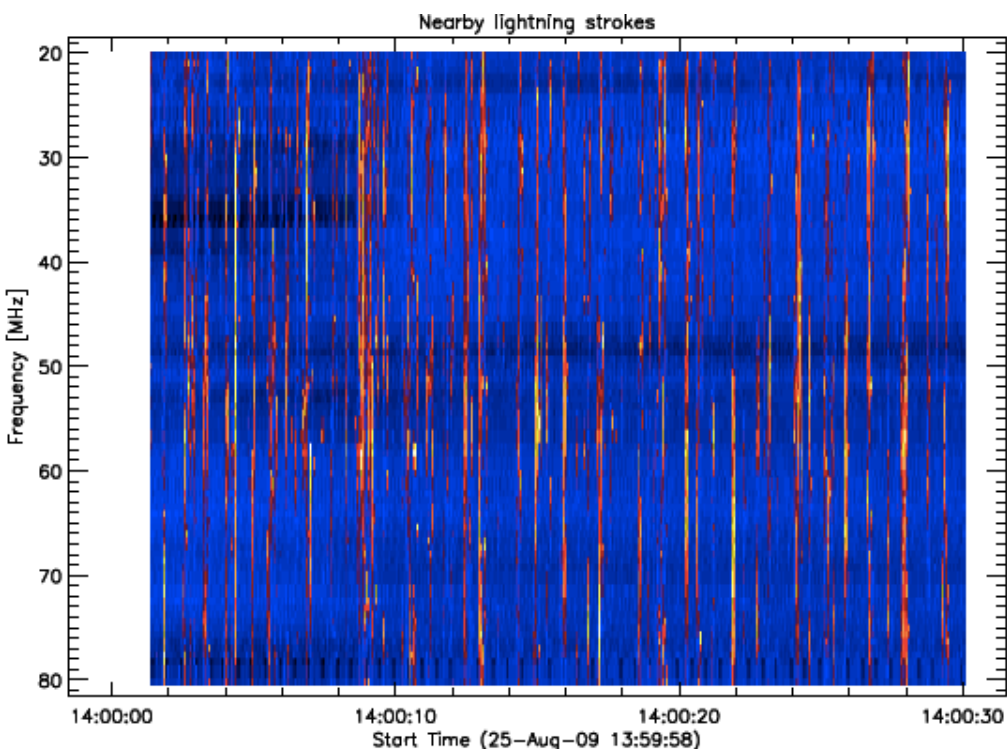


Interferencia de la reflexión en el
agua (superficie del mar)

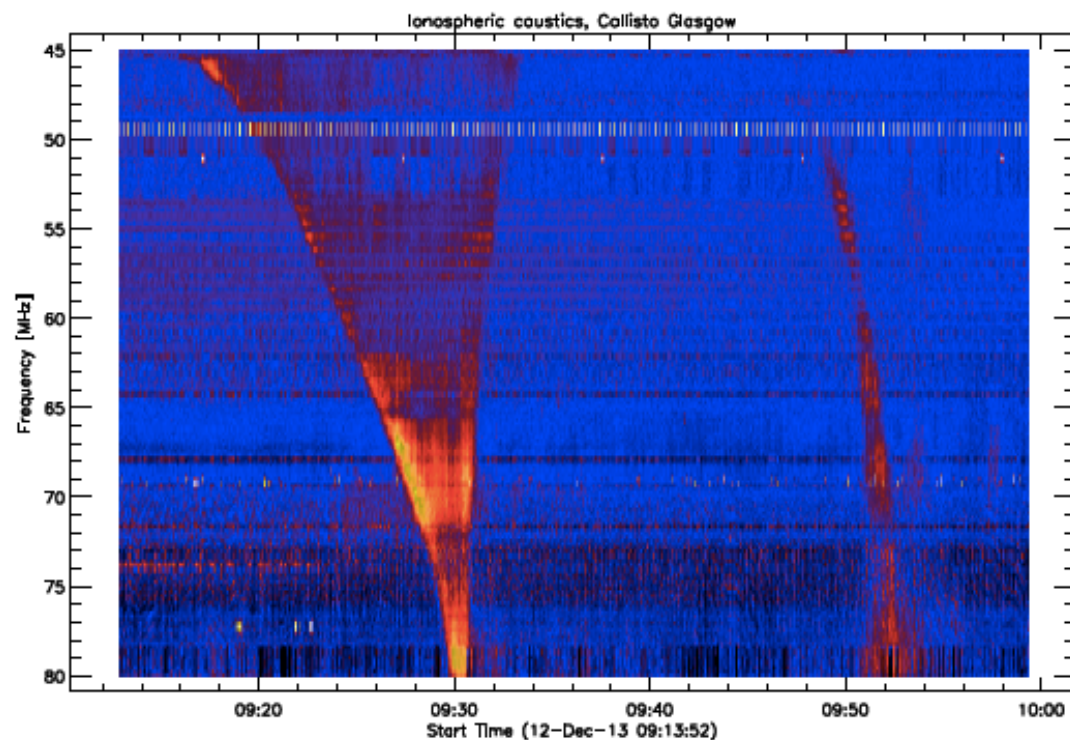


Tipos de eventos

De: Catalog of dynamic electronic spectra, Christian Monstein,
Physics, Astronomy and Electronics Work Bench



Relámpagos terrestres cercanos,
estructura similar al Tipo III

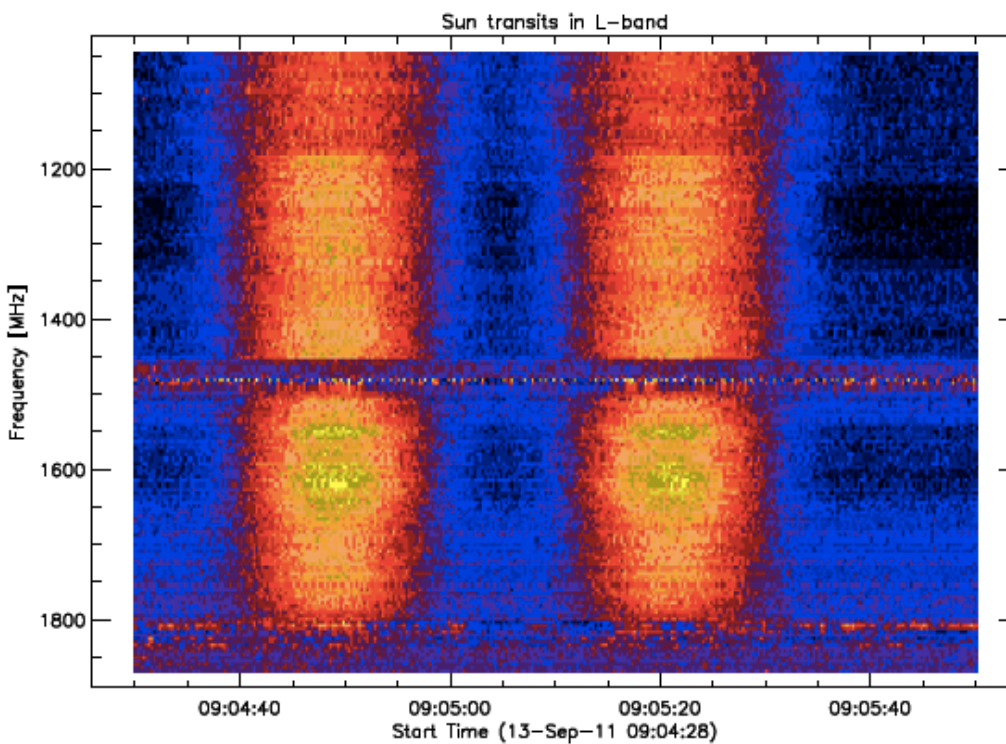


Efectos de enfoque en la ionosfera
(lentes que producen efectos tipo
ondas gravitacionales)

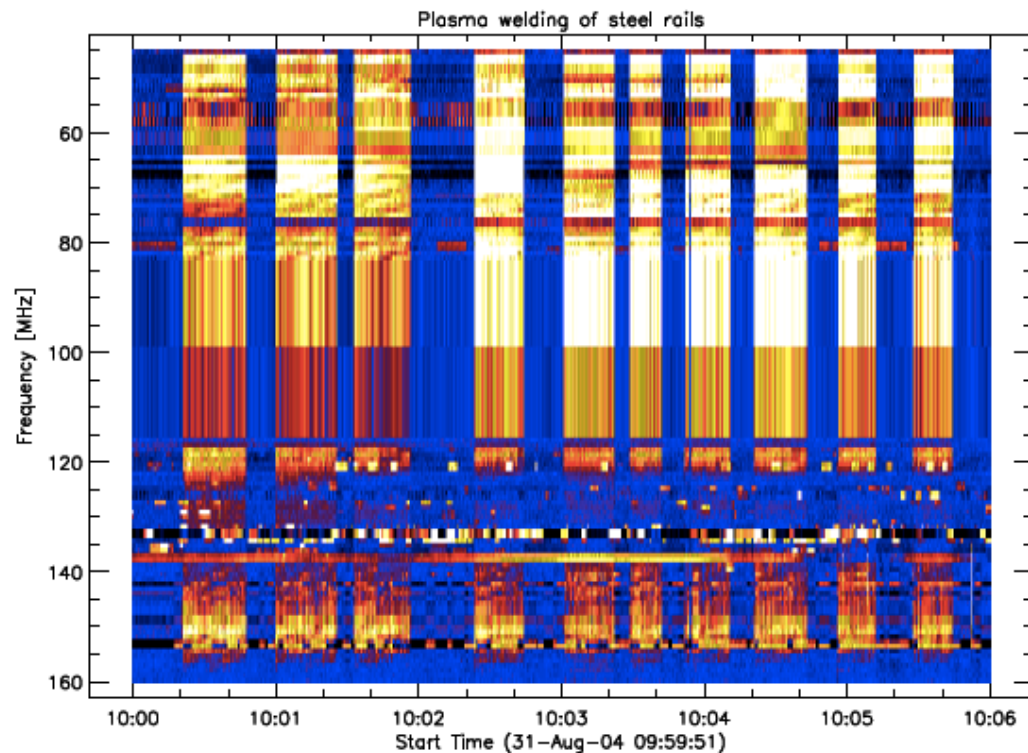


Tipos de eventos

De: Catalog of dynamic electronic spectra, Christian Monstein,
Physics, Astronomy and Electronics Work Bench



Tránsito del sol, líneas horizontales, interferencia de antena de teléfono celular

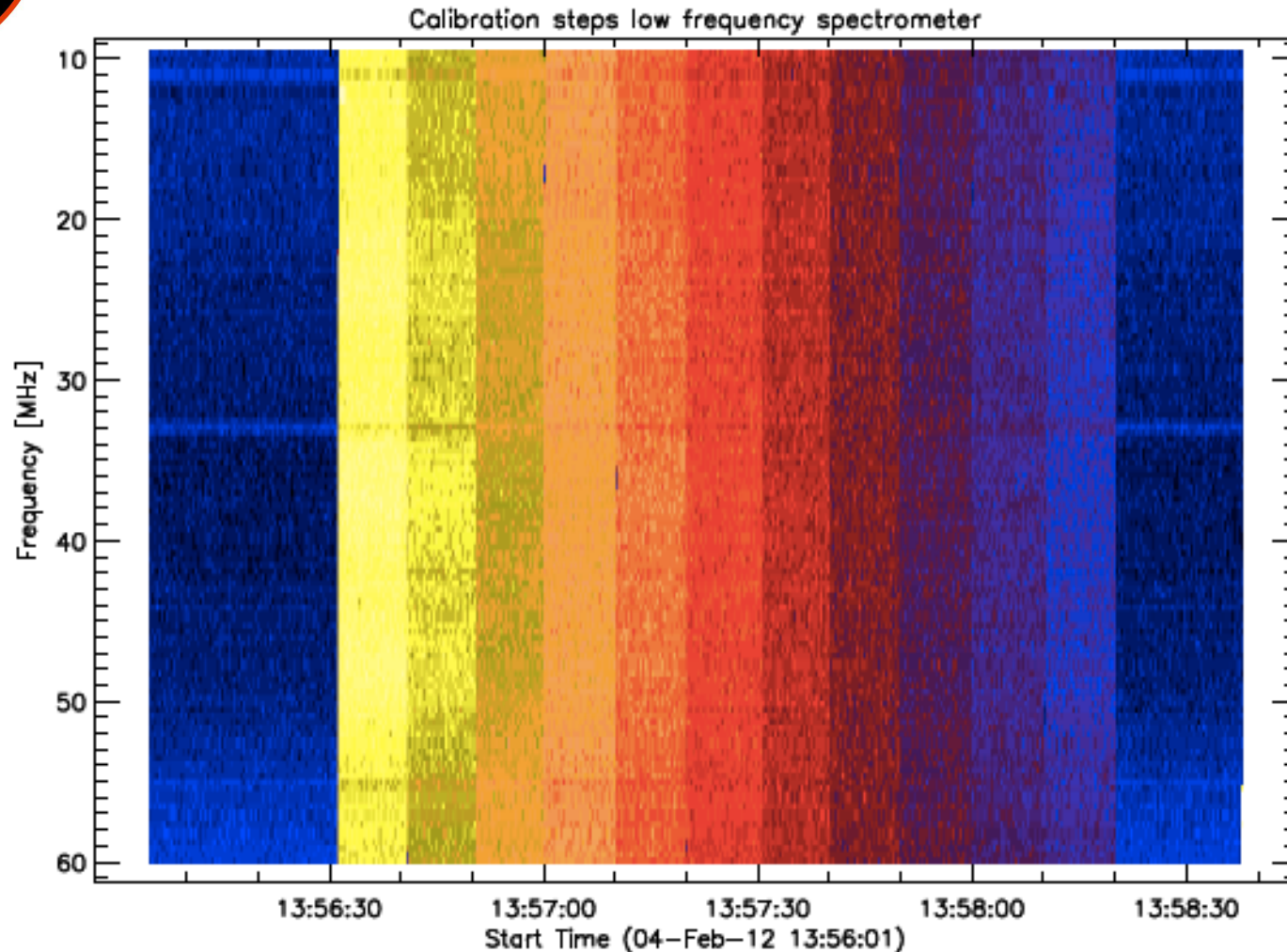


Interferencia debida al plasma durante la soldadura



Tipos de eventos

De: Catalog of dynamic electronic spectra, Christian Monstein,
Physics, Astronomy and Electronics Work Bench



Pasos de calibración generados por un atenuador ajustable desde 0 dB en pasos de 1 dB hasta 10 dB aplicados a Callisto de baja frecuencia. Intensidad de las barras: amarillo=caliente, rojo=cálido y azul=frío