



MINISTERIO
DE DEFENSA

JORNADAS SOBRE CLIMA ESPACIAL

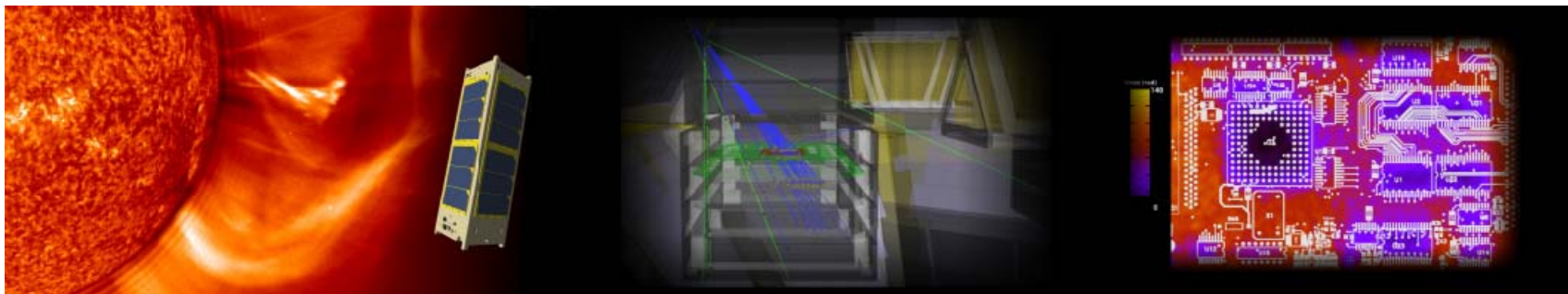
ACTIVIDADES SOBRE CLIMA ESPACIAL EN EL INTA

Héctor Guerrero, Sergio Ibarria, José Torres

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial

Ctra. Torrejón-Ajalvir P.K. 4

28850 Torrejón de Ardoz, Madrid



Madrid, 24 de marzo de 2011

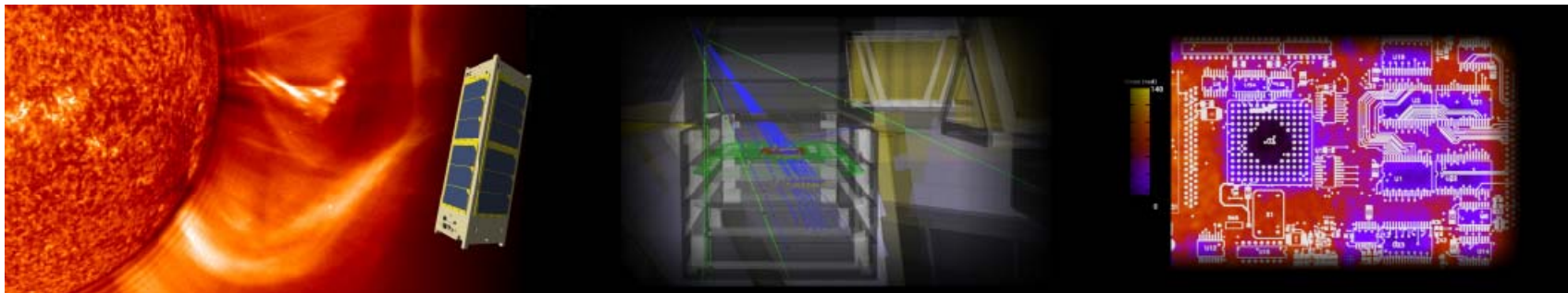


MINISTERIO
DE DEFENSA

CONTENIDO



- **Un poco de historia sobre la radiación espacial**
- **La seguridad en el Espacio cercano. Programa SSA**
- **Los satélites del INTA y la radiación**
- **Sensores, monitorización y resultados**
- **Actividades del INTA en SSA**
- **Conclusiones**



Madrid, 24 de marzo de 2011

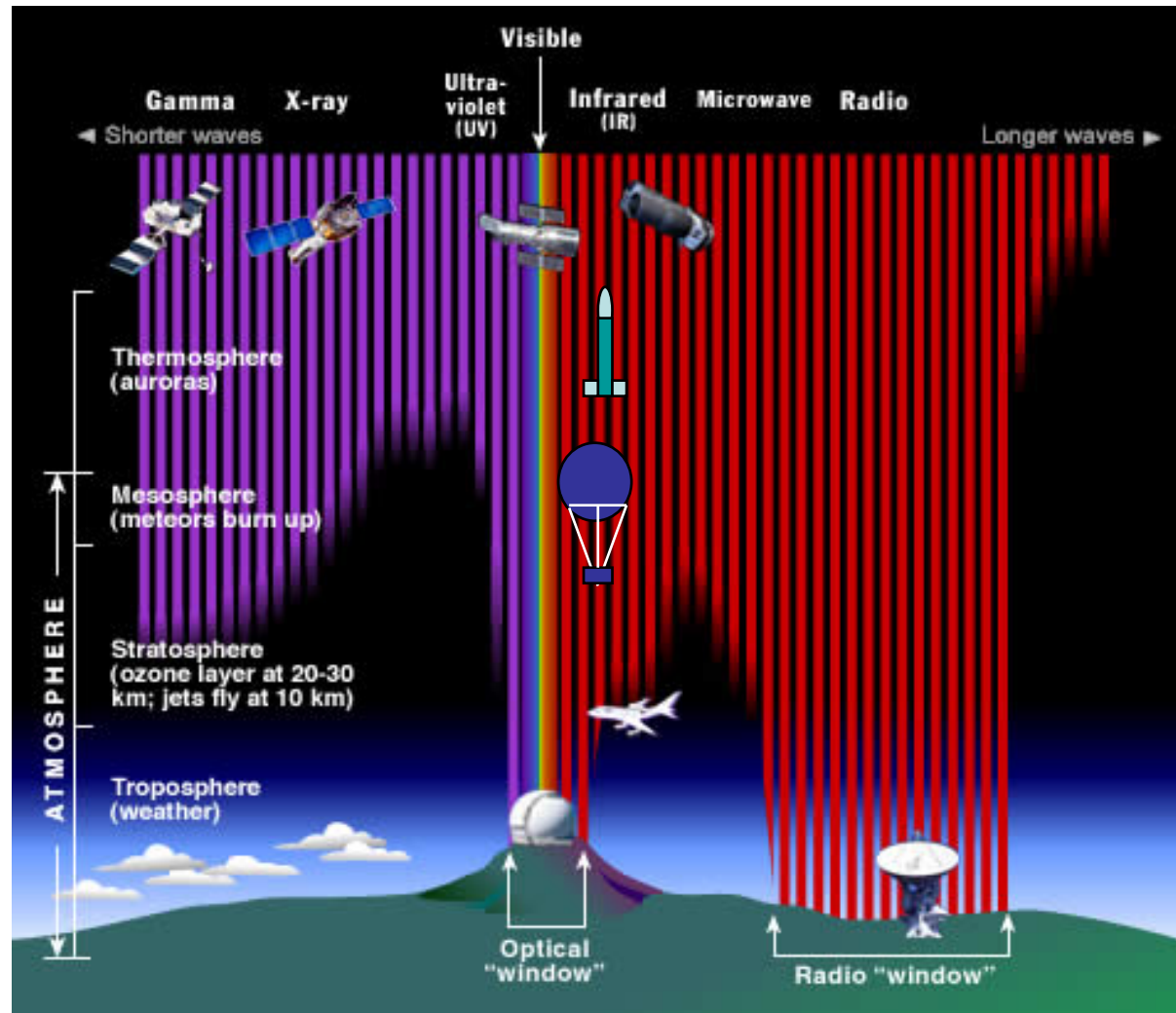


MINISTERIO
DE DEFENSA

EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

La atmósfera absorbe determinadas longitudes de onda del espectro electromagnético.

Esto nos protege de la radiación pero dificulta la observación desde tierra por lo que hay que situar los detectores fuera de la atmósfera con globos estratosféricos, cohetes de sondeo o satélites



Madrid, 24 de marzo de 2011



MINISTERIO
DE DEFENSA

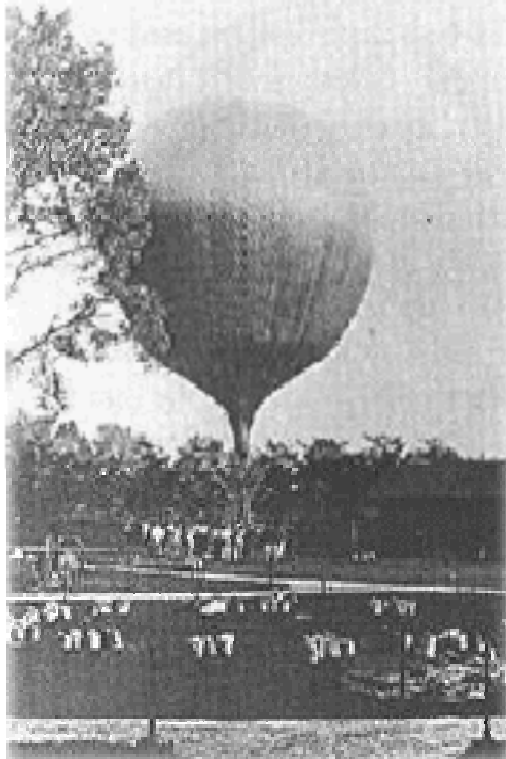
LOBOS ESTRATOSFERICOS



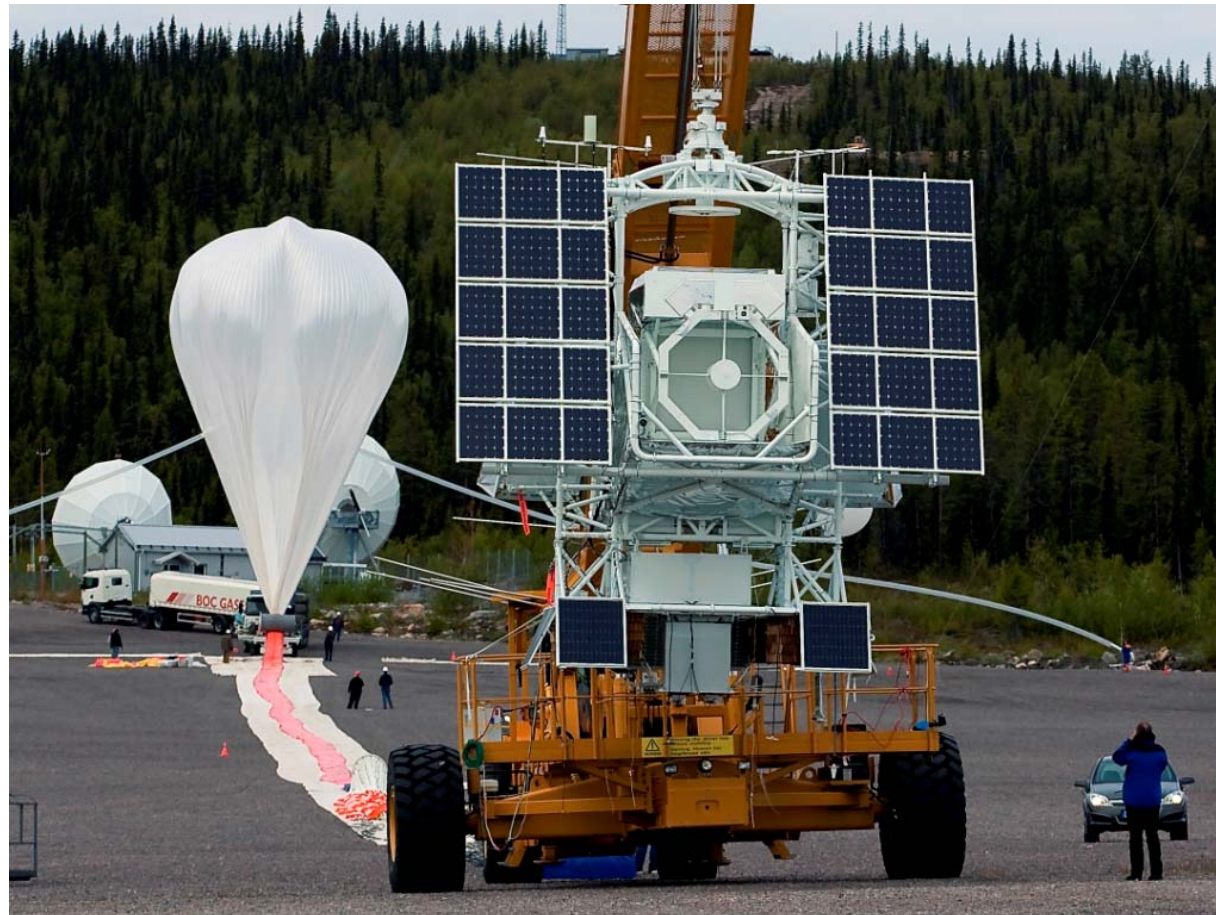
Los globos estratosféricos fueron pioneros y se siguen usando para situar instrumentos de observación a gran altura (30-40Km.)

Víctor HESS 1912

Descubrió el origen
cósmico de la radiación



IMAX - SUNRISE 2009



Madrid, 24 de marzo de 2011

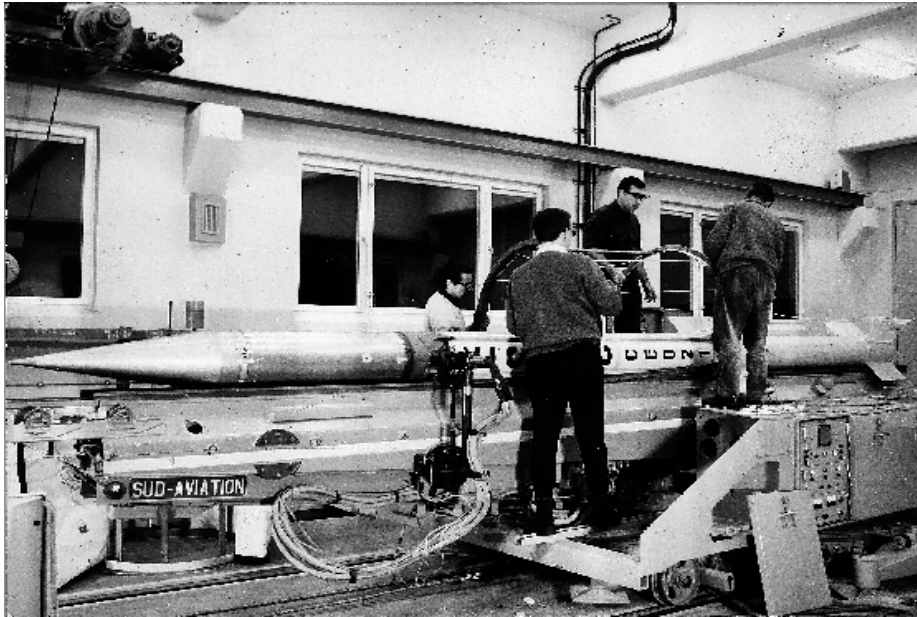


MINISTERIO
DE DEFENSA

COHETES DE SONDEO



Los cohetes de sondeo han sido y siguen siendo un medio para la investigación



La primera fuente cósmica de rayos X fue detectada en 1962. La NASA mantiene un programa de cohetes de sondeo desde la base White Sands en Nuevo Méjico

Primeros cohetes de sondeo lanzados desde la base de Kiruna (Suecia) en 1966. La ESA mantiene los lanzamientos con los cohetes TEXUS.



Madrid, 24 de marzo de 2011



MINISTERIO
DE DEFENSA

LOS PRIMEROS SATELITES



La llegada de la era espacial supuso un antes y un después en el estudio de la radiación

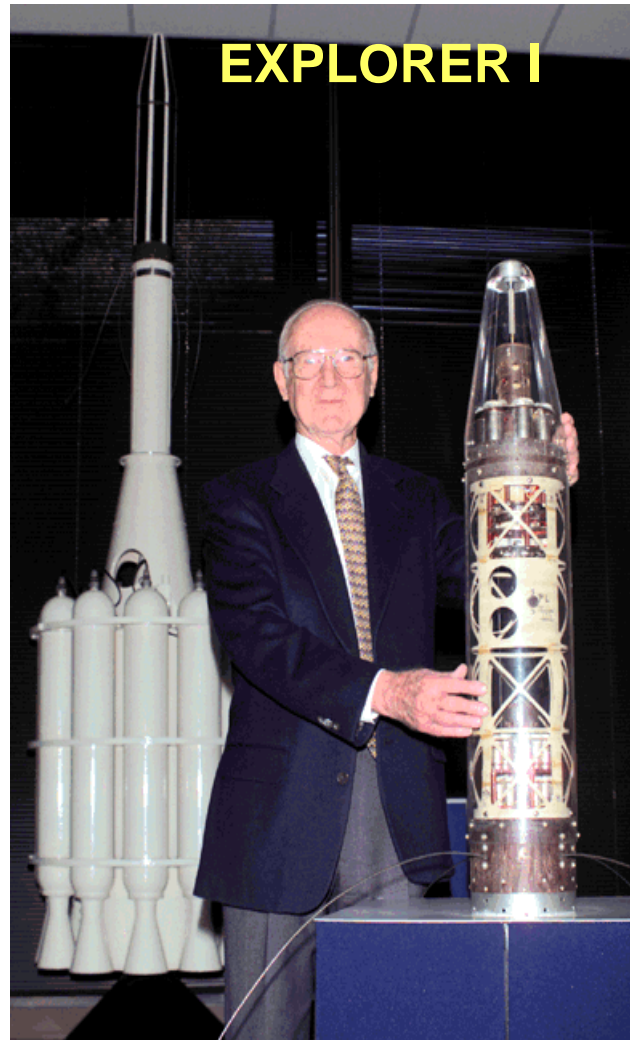


SPUTNIK I

Lanzado por la Unión Soviética el 4 de octubre de 1957

Lanzador Cohete R7.
Masa 84 Kg.

Investigación sobre las capas altas de la atmósfera y **la radiación**



EXPLORER I

Lanzado por EE.UU. en enero de 1958

Lanzado desde Cabo Cañaveral por un lanzador Júpiter C

Masa 20 Kg.

Exploración de los anillos de Van Allen

Responsable del proyecto Dr. William Pickering

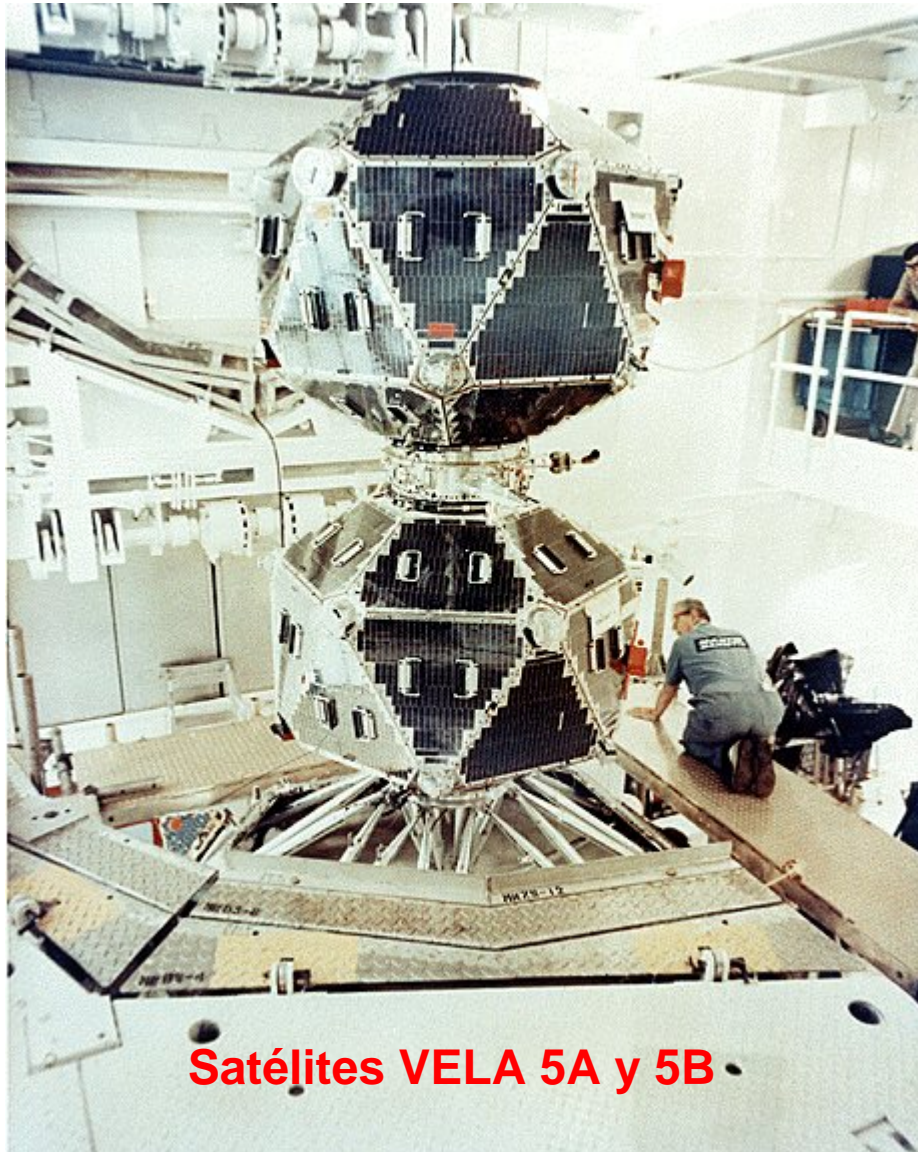
Responsable Lanzador E. Von Braun

Responsable Científico Dr. Van Allen



MINISTERIO
DE DEFENSA

EXPLOSIONES DE RAYOS GAMMA



Satélites VELA 5A y 5B

En la década de los 60, Estados Unidos desarrolló el programa **VELA**, una serie de satélites equipados con detectores de radiación para detectar explosiones nucleares en tierra. Estos satélites registraron numerosas **explosiones de rayos gamma**, determinando que su procedencia era de origen cósmico. Hoy en día se les conoce por sus siglas GRB's (Gamma Ray Bursts)

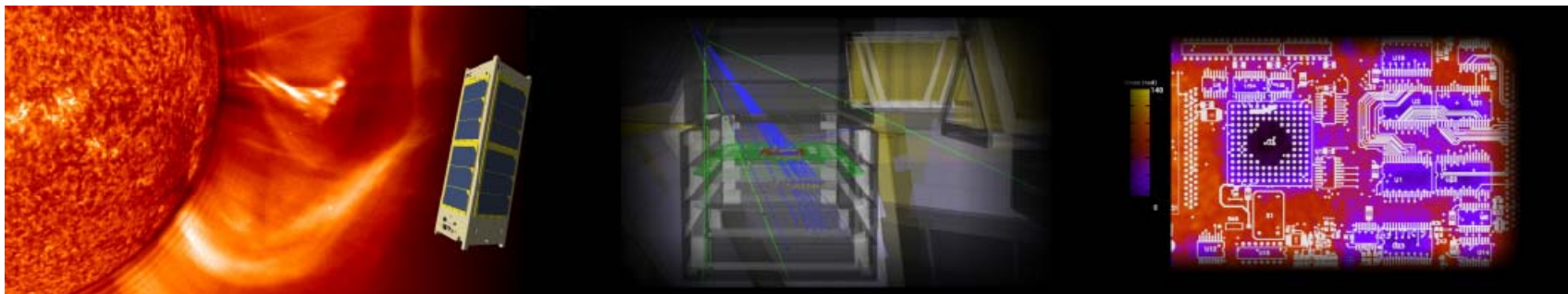


MINISTERIO
DE DEFENSA

CONTENIDO



- Un poco de historia sobre la radiación espacial
- **La seguridad en el Espacio cercano. Programa SSA**
- Los satélites y la radiación
- Sensores, Monitorización y resultados
- Actividades del INTA en SSA
- Conclusiones



Madrid, 24 de marzo de 2011



MINISTERIO
DE DEFENSA

PROPOSITO DEL PROGRAMA SSA



“The objective of the Space Situational Awareness (SSA) programme is to support the **European independent utilisation** of, and **access to, space** for research or services, through the **provision of timely and quality data**, information, services and knowledge regarding the **space environment**, the **threats** and the sustainable exploitation of the outer space **surrounding our planet Earth.**”



- **ESA Ministerial Council
November 2008**

Madrid, 24 de marzo de 2011



MINISTERIO
DE DEFENSA

PROMOTORES DEL PROGRAMA SSA

COMISION DE LA UNION EROPEA
AGENCIA EUROPEA DEL ESPACIO
AGENCIA EUROPEA DE DEFENSA

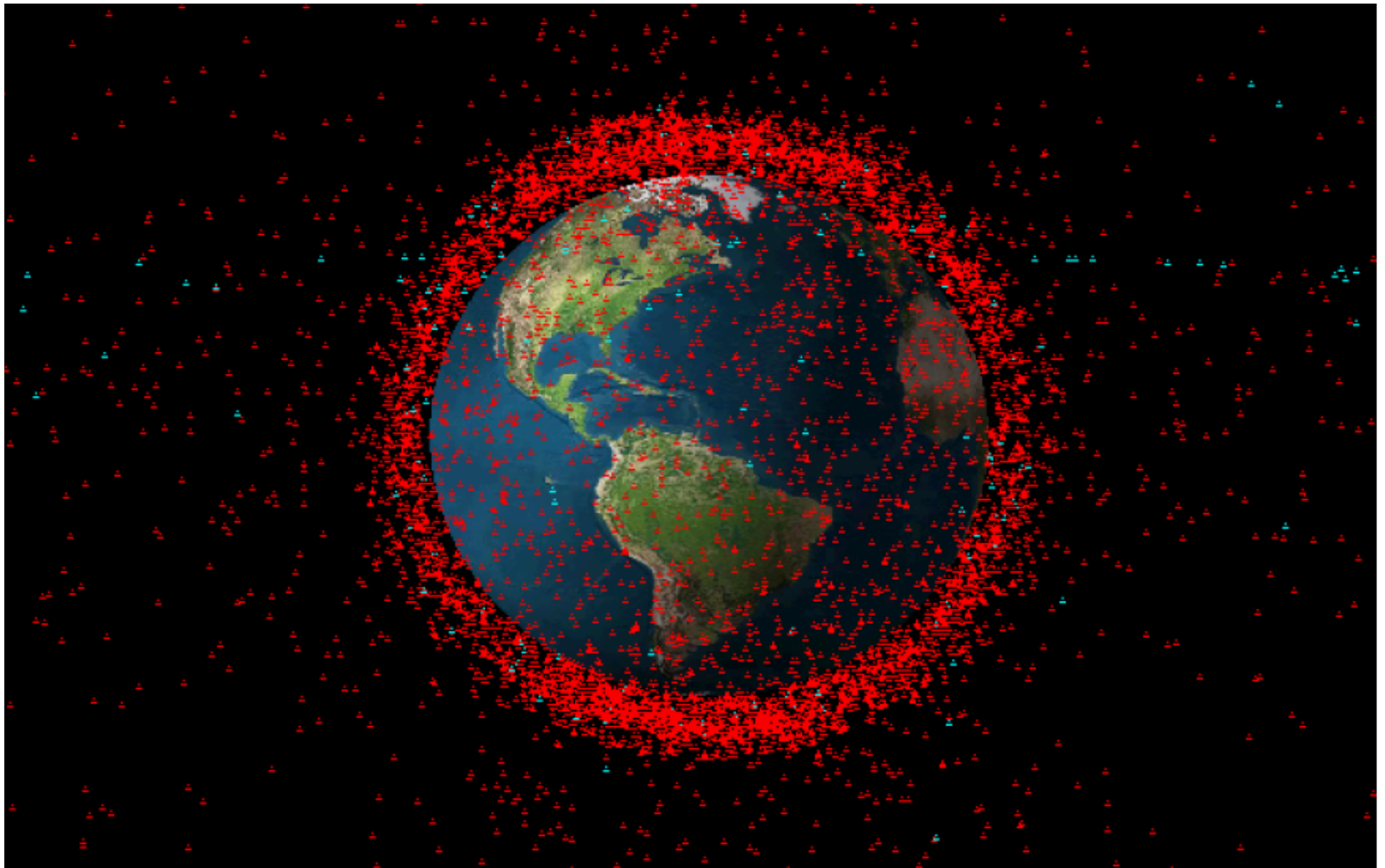
“Third, we need more security in space and from space. Our space assets and infrastructure are indispensable for our economy and security and we need to protect them. The EU should develop an independent capacity to monitor satellites and debris orbiting the Earth and the space environment, and tackle possible hazards.”
Jose Manuel Barroso, President of the European Commission. 15 October 2009.

Madrid, 24 de marzo de 2011



MINISTERIO
DE DEFENSA

OBJETOS Y RESIDUOS ESPACIALES



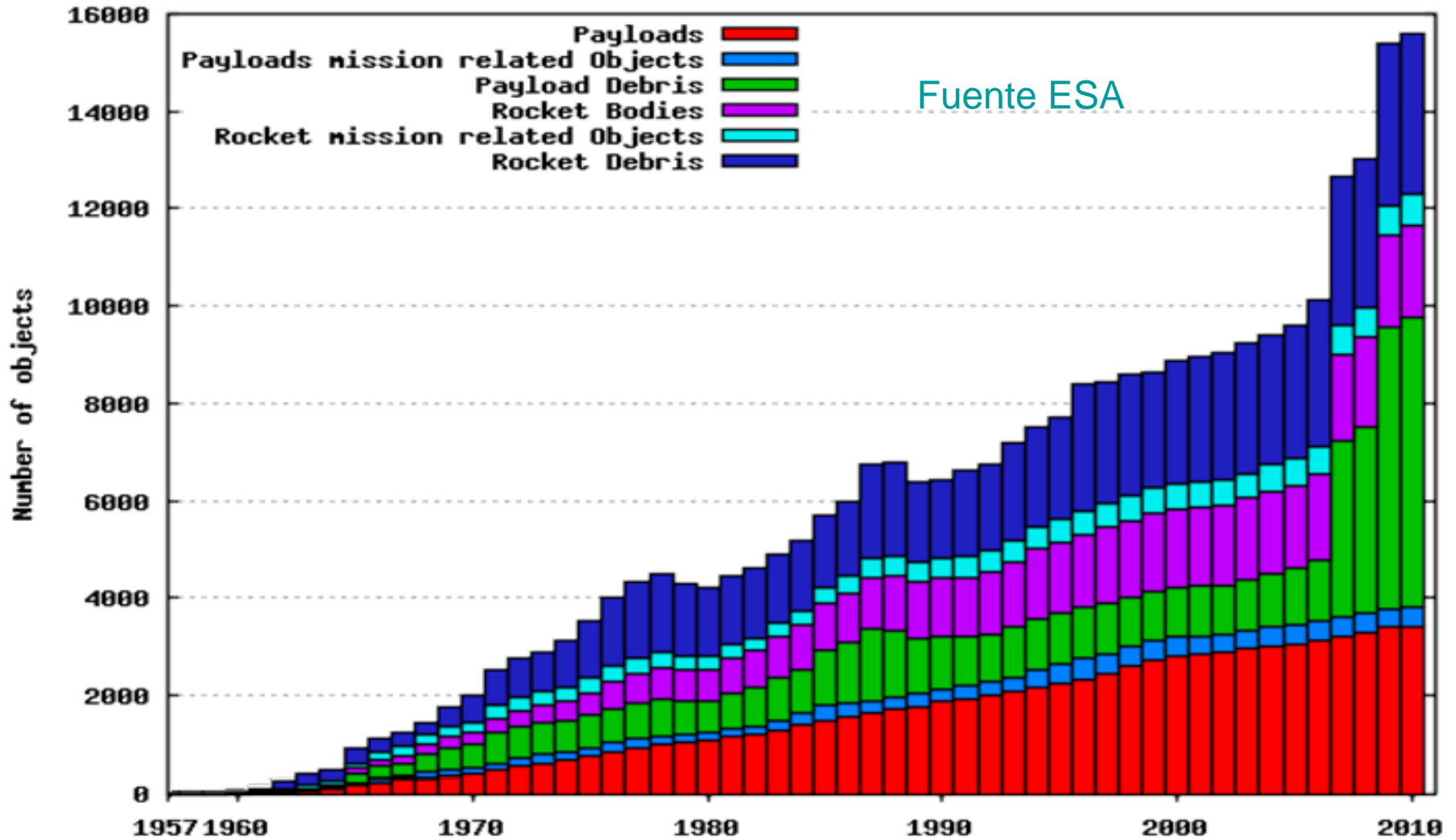


MINISTERIO DE DEFENSA

OBJETOS EN ORBITA



Catalogued Objects in Orbit
as of February 2010



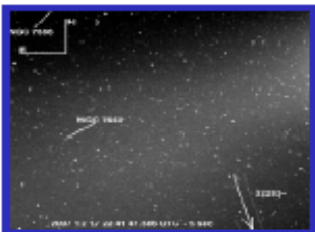


MINISTERIO
DE DEFENSA

HERRAMIENTAS PARA SSA



- **Sistemas RADAR: Vigilancia, seguimiento y visualización**
- **Sistemas ópticos: Vigilancia, seguimiento y visualización**
- **Sensores de radiación en el Espacio**
- **Fusión de datos y gestión de las instalaciones**





MINISTERIO
DE DEFENSA

AMBIENTE ESPACIAL



**Estudios de Meteorología Espacial y ensayos de radiación
en componentes (COTS) y equipos**

Protones, electrones, iones, γ rayos, UV, etc.

Studio HIRMAASA

Madrid, 24 de marzo de 2011

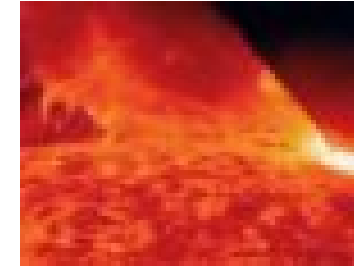


MINISTERIO
DE DEFENSA

EL PROBLEMA DE LA RADIACIÓN EN LAS MISIONES ESPACIALES

Las principales fuentes de radiación que amenazan a los satélites son:

- 1) Protones y electrones atrapados en los cinturones de Van Allen
- 2) Iones pesados atrapados en la magnetosfera
- 3) Protones y núcleos pesados de origen cósmico
- 4) Protones e iones pesados procedentes de tormentas solares



Esta radiación puede producir efectos como:

- Envejecimiento y pérdida de propiedades en dispositivos electrónicos y materiales debido a la dosis acumulada (TID)
- Efectos aislados de fallo en dispositivos electrónicos (SEU's)
- Efectos de avalancha de corriente en dispositivos electrónicos (SEL's)
- Daños por desplazamiento de los átomos en la red cristalina de los semiconductores

Para prevenir y paliar estos efectos hay que:

- Usar componentes tolerantes o resistentes a la radiación y/o apantallamientos
- Introducir en el diseño redundancias y dispositivos inhibidores
- Introducir herramientas software de corrección de errores (EDAC's)
- Calcular las dosis de radiación esperada para la misión y ensayar los componentes críticos para estos valores

Madrid, 24 de marzo de 2011



MINISTERIO
DE DEFENSA

VOYAGER 1,2



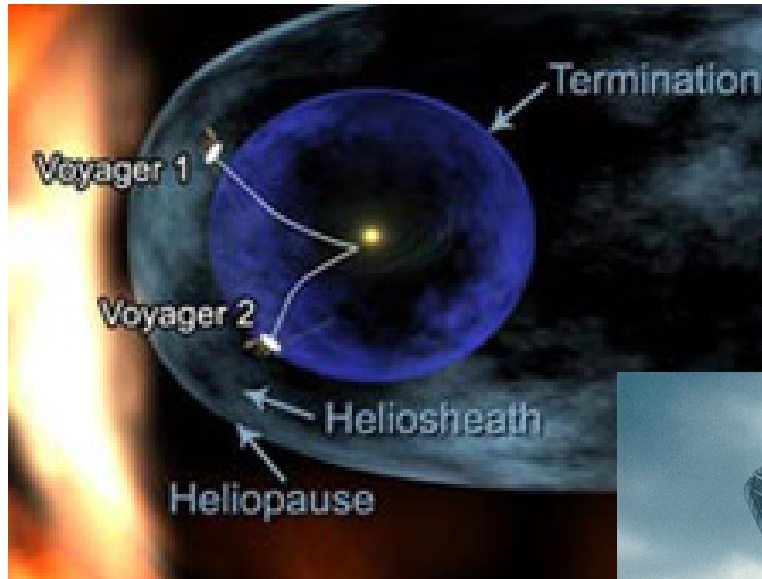
UN EJEMPLO DE SUPERVIVENCIA EN EL ESPACIO

VOYAGER 1,2

- 33 años en el Espacio
- 17.000 M de Km. del Sol
- 16 horas en llegar la señal

Las naves se encuentran al final de la zona de influencia del Sol.

La microelectrónica actual y el uso de componentes comerciales (COTS) hacen irreplicable esta odisea en el Espacio.



Madrid, 24 de marzo de 2011



MINISTERIO
DE DEFENSA

ACTIVIDADES DEL INTA EN SSA



- Pequeños satélites con sensores de radiación: OPTOS (3 kg), Nanosat (18 Kg) y MicroSat (100-120 Kg)
- Desarrollo de sensores de radiación para la monitorización de los satélites (TTT Monitor de protones)
- Experiencia en el desarrollo de cargas útiles e instrumentación científica. (IMAX-SUNRISE)
- Herramientas operacionales para monitorización del clima espacial y alerta a los operadores de satélites (Proyectos SESS, SEISOP)
- Estudio de la Ionosfera en la Estación 'El Arenosillo'

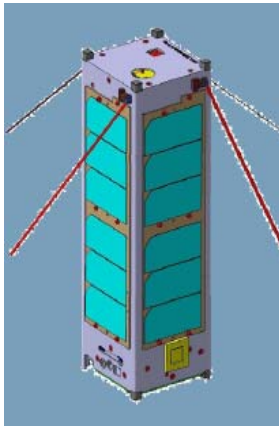


MINISTERIO
DE DEFENSA

CLASIFICACION DE LOS SATELITES

Las constelaciones de pequeños satélites se espera que jueguen un papel importante en la monitorización del ambiente espacial y el seguimiento de residuos espaciales

PICOSAT



NANOSAT



INTASAT



MINISAT



Picosatélites

Nanosatélites

Microsatélites

Minisatélites

1

10

100

1000

Masa en Kilogramos

Madrid, 24 de marzo de 2011



MINISTERIO
DE DEFENSA

INTASAT PRIMER SATELITE ESPAÑOL



INTASAT

Vida : 2 años (temporizador de fin de vida)

Masa: 25 Kg

Experimento : Sondeador inosférico



Efecto de la radiación sobre circuitos CMOS

S/S : Desarrollados en el INTA e industrias nacionales

Lanzamiento : Cohete Delta (Vandenberg-USA Sep. 74, con HITOS-G)

AIT: Integrado, calificado y ensayado en el INTA

Madrid, 24 de marzo de 2011



MINISTERIO
DE DEFENSA

MINISAT 01



MINISAT-01 Mar. 1997 - Feb. 2002 190 Kg.

- Lanzado por un Pegasus XL desde las Islas Canarias.
- La campaña de integración en el cohete se hizo en las instalaciones del INTA en Torrejón.
- Tres instrumentos principales en la CU:
- **LEGRI (INTA-UV-RAL), Low Energy Gamma Ray Detector**
- EURD (INTA-UCB) y
- CPLM (INTA-ETSIA)
- El Minisat-01 reentró en la atmósfera a los 5 años (2002) funcionando correctamente



Madrid, 24 de marzo de 2011



MINISTERIO
DE DEFENSA

NANOSAT 01



Vida: Diseño para 3 años (posible hasta los 5)

Masa Sat. : 18 Kg (estructura de aluminio no optimizada)

Unidades: 6 Kg con diseño modular (166 x 106 mm)

Misión: Comunicaciones en banda UHF (400 MHz)

Experimentos: Micro-Nanotecnología.
Comunicaciones Ópticas Intrastélite. Sensores Magnéticos

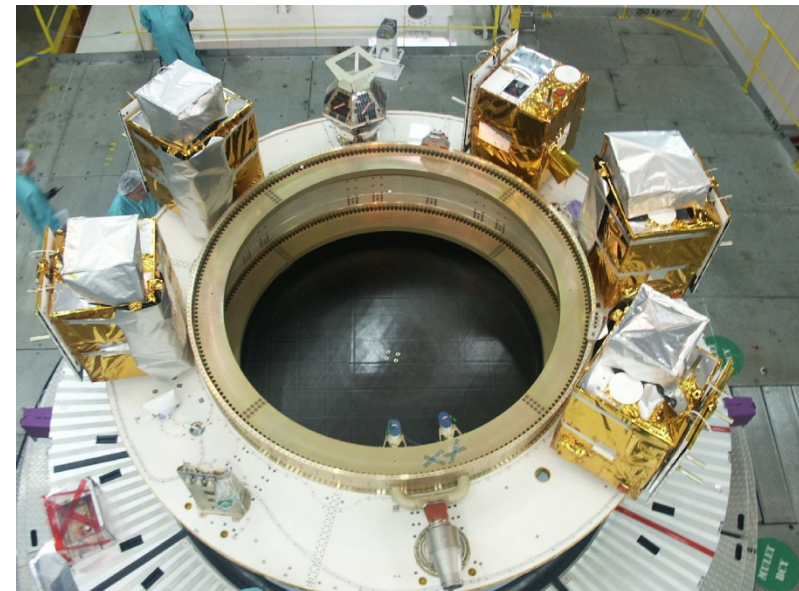
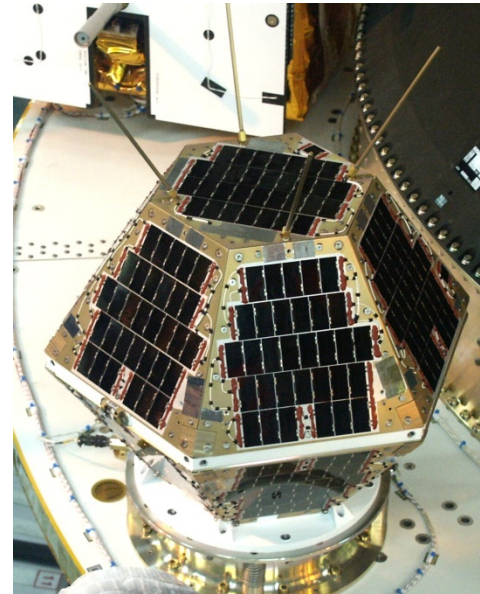
Desarrollo : INTA

Baterías : Ión Litio (AEA Technology - UK)

Paneles Solares : GaAs/Ge (Galileo Avionica - Italia)

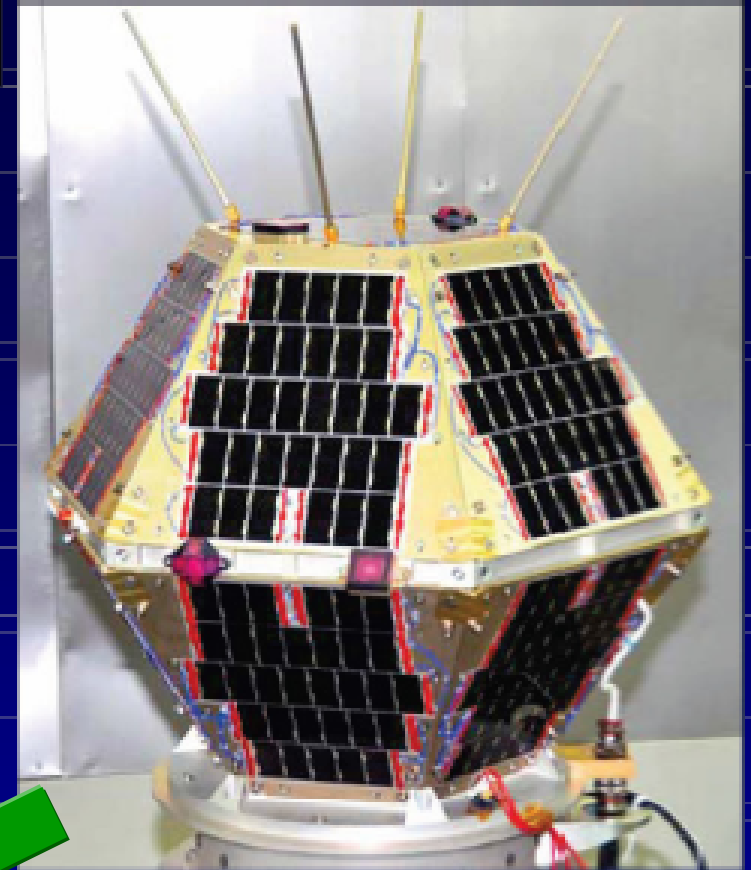
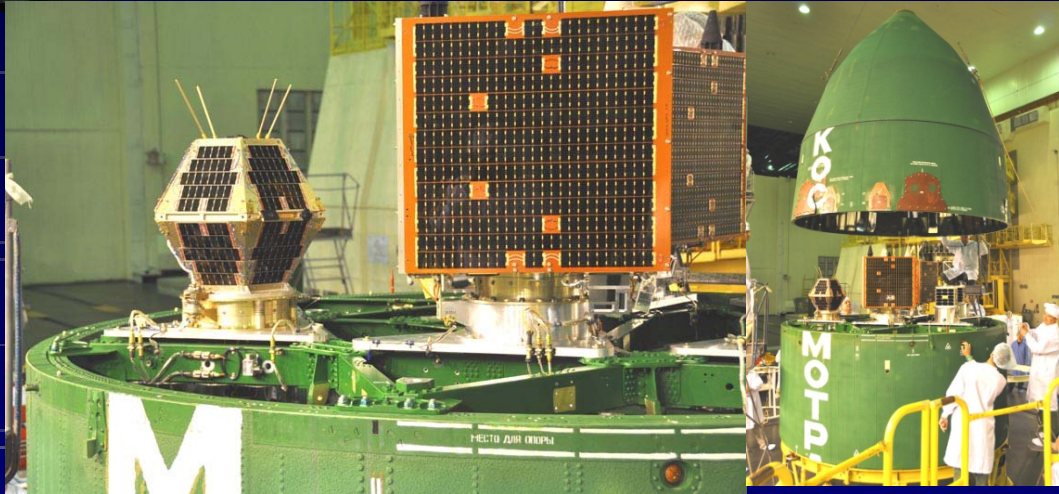
Lanzamiento: Ariane-5 ASAP 18 Dic. 04

AIT: Integrado, calificado y ensayado en el INTA





NANOSAT-1B FM



Vida útil: Nominal 3 años. Extendida 5-7 años

Masa total: 23,9 Kg. con estructura de aluminio

Misión: Comunicaciones en diferido (400 Mhz)

Carga útil exp.: Sensor de protones. Sensor mag.

Desarrollo: Liderado por INTA.

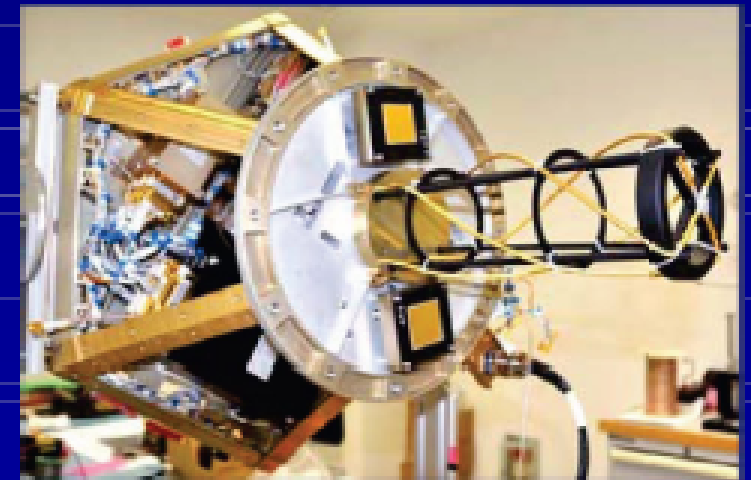
Batería: Ion-Li 5,8 Ah, 2V. Fabric. SAFT-Francia

Paneles solares: GaAs/Ge Fabric. Galileo Aviónica

Comunicaciones: AD Telecom/INTA

Lanzador: DNEPR Julio 2009.

AIT: Integrado y calificado en el INTA

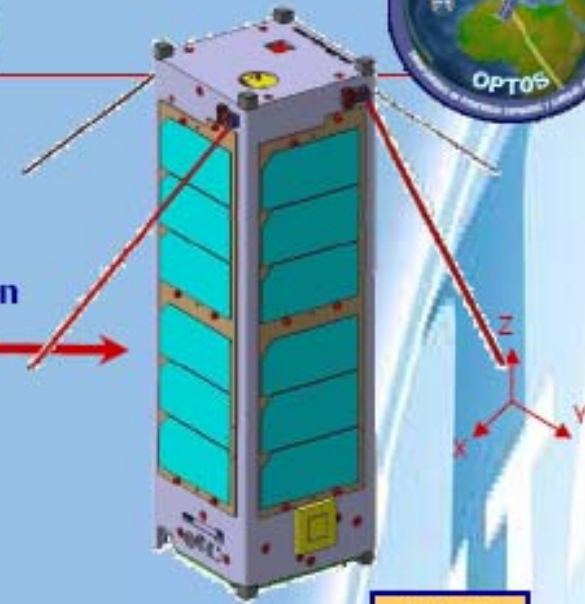


SYSTEM CONFIGURATION (I)

OPTOS



External Configuration



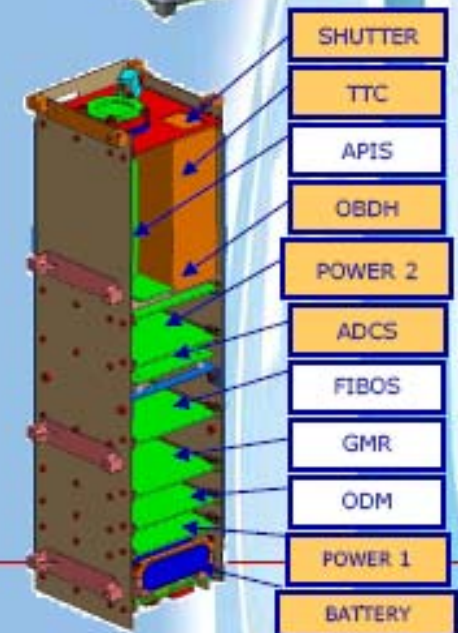
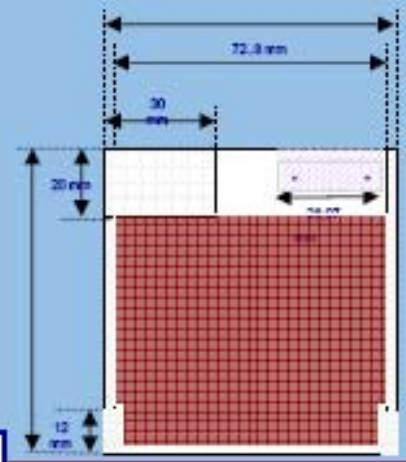
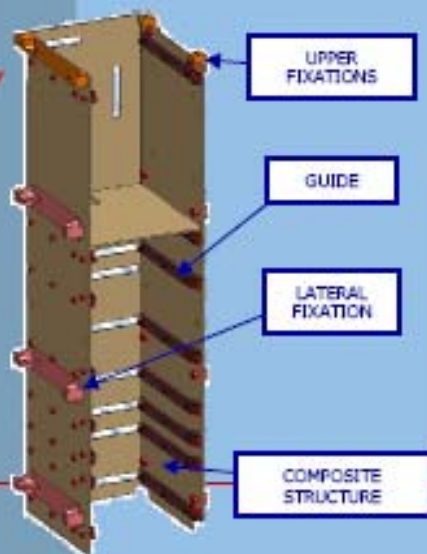
ODM: OPTOS Dose Monitor



Internal Configuration



External Structure:
CUBESAT KIT 3U



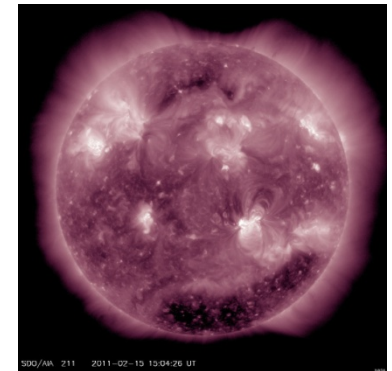


MINISTERIO
DE DEFENSA

ACTIVIDADES DEL INTA EN SSA



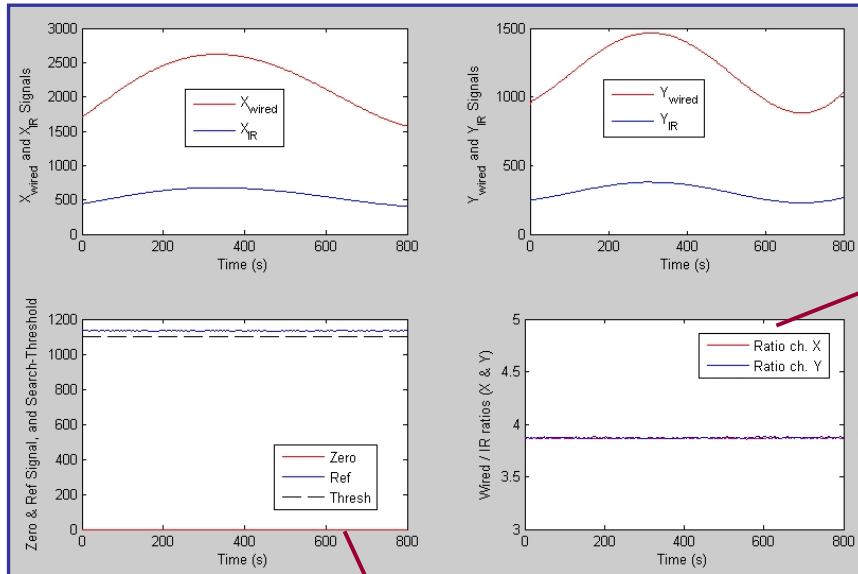
- Pequeños satélites con sensores de radiación: OPTOS (3 kg), Nanosat (18 Kg) y MicroSat (100-120 Kg)
- Desarrollo de sensores de radiación para la monitorización de los satélites (TTT Monitor de protones)
- Experiencia en el desarrollo de cargas útiles e instrumentación científica. (IMAX-SUNRISE)
- Herramientas operacionales para monitorización del clima espacial y alerta a los operadores de satélites (Proyectos SESS, SEISOP)
- Estudio de la Ionosfera en la Estación 'El Arenosillo'



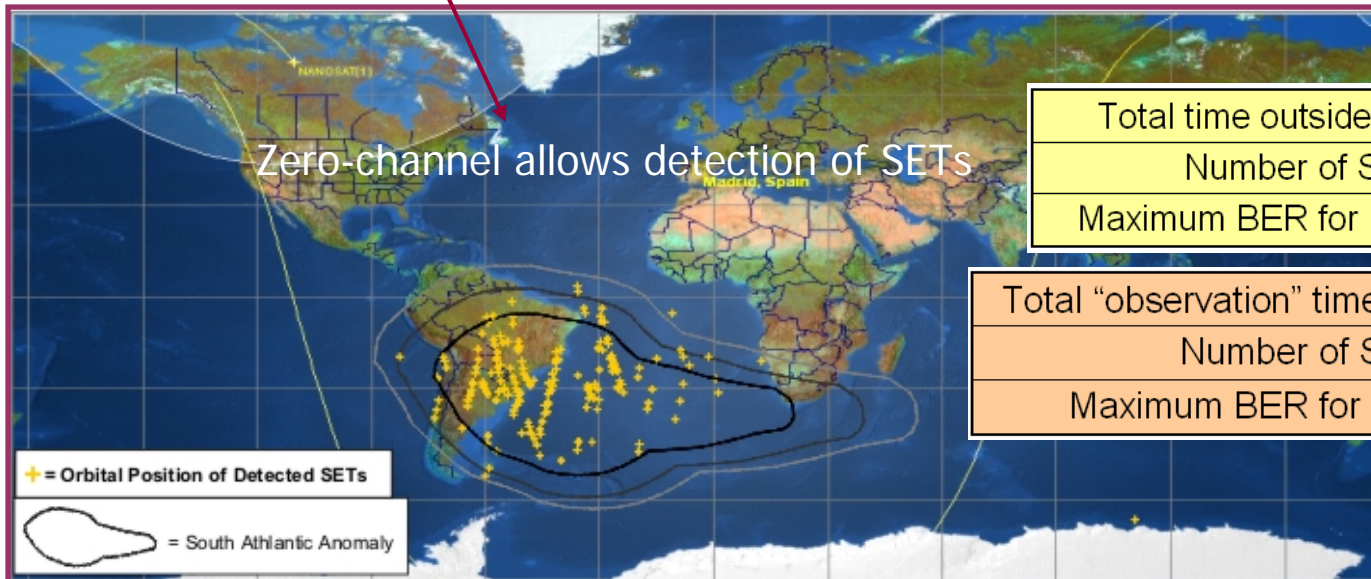
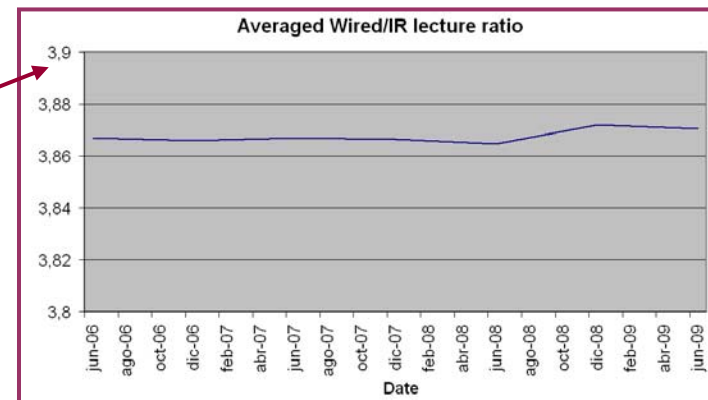


MINISTERIO DE DEFENSA

NANOSAT 01



Incremento del BER sobre la SAA

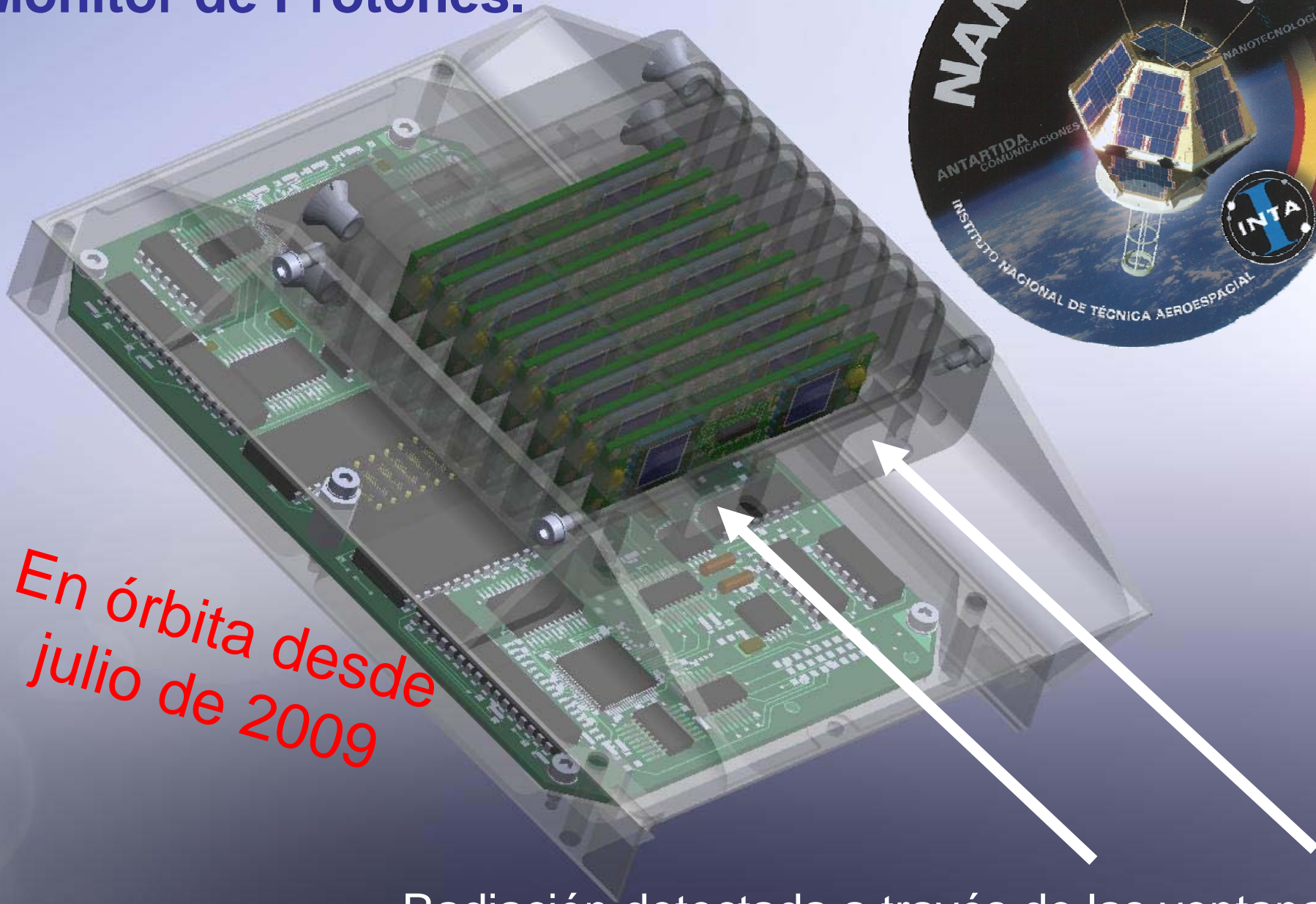


Total time outside S.A.A. (s)	467,77
Number of SETs	1
Maximum BER for 1Mbps links	2,14E-09

Total "observation" time over S.A.A. (s)	204,57
Number of SETs	258
Maximum BER for 1Mbps links	1,26E-06

24 de marzo de 2011

Las Dos Torres precursor de un Monitor de Protones.



En órbita desde julio de 2009

Radiación detectada a través de las ventanas

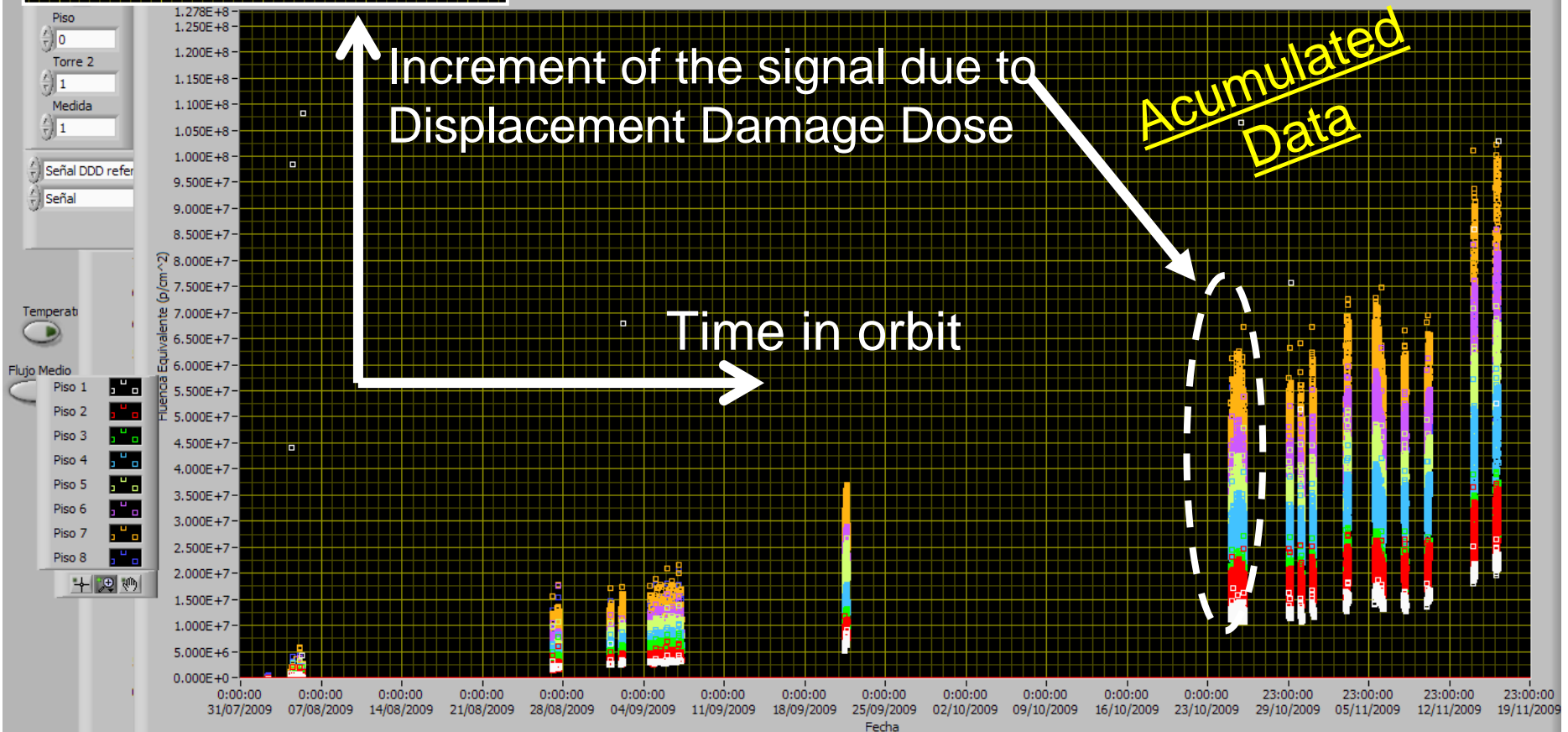
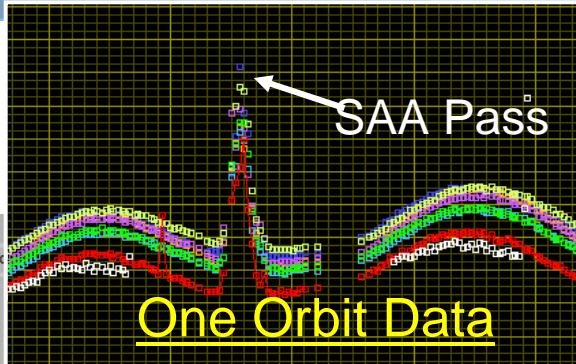


MINISTERIO DE DEFENSA

LAS DOS TORRES ESPECTROGRAFO DE PROTONES



In-Orbit Data



Piso 0

Torre 2 1

Medida 1

Señal DDD refer

Señal

Temperat

Flujo Medio

Piso 1

Piso 2

Piso 3

Piso 4

Piso 5

Piso 6

Piso 7

Piso 8

Numeric 3984

Grafica Pantalla completa

Inicio 0

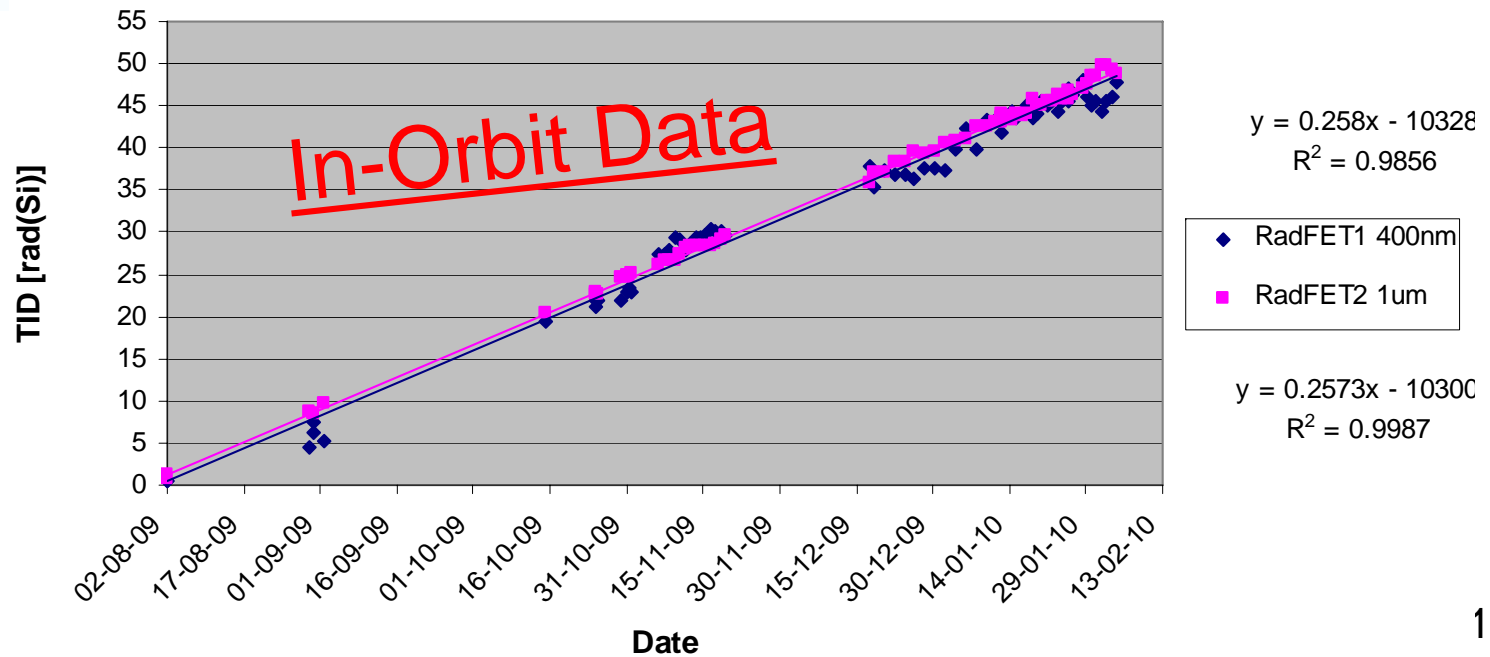
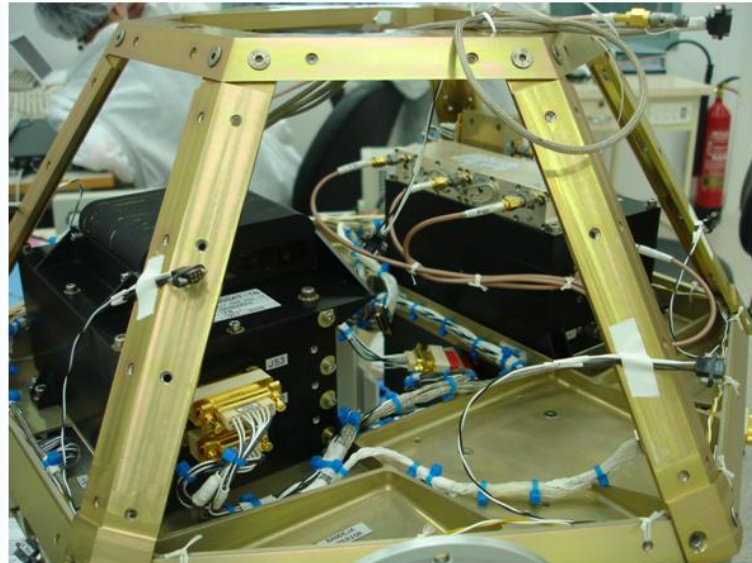
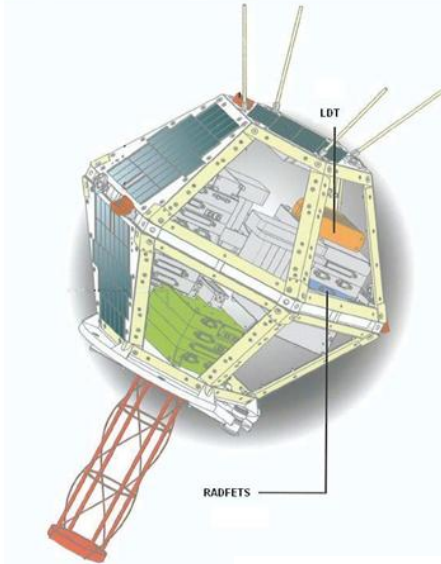
Nº de Archivos 6000

Archivo TM DAT EXP 2



MINISTERIO DE DEFENSA

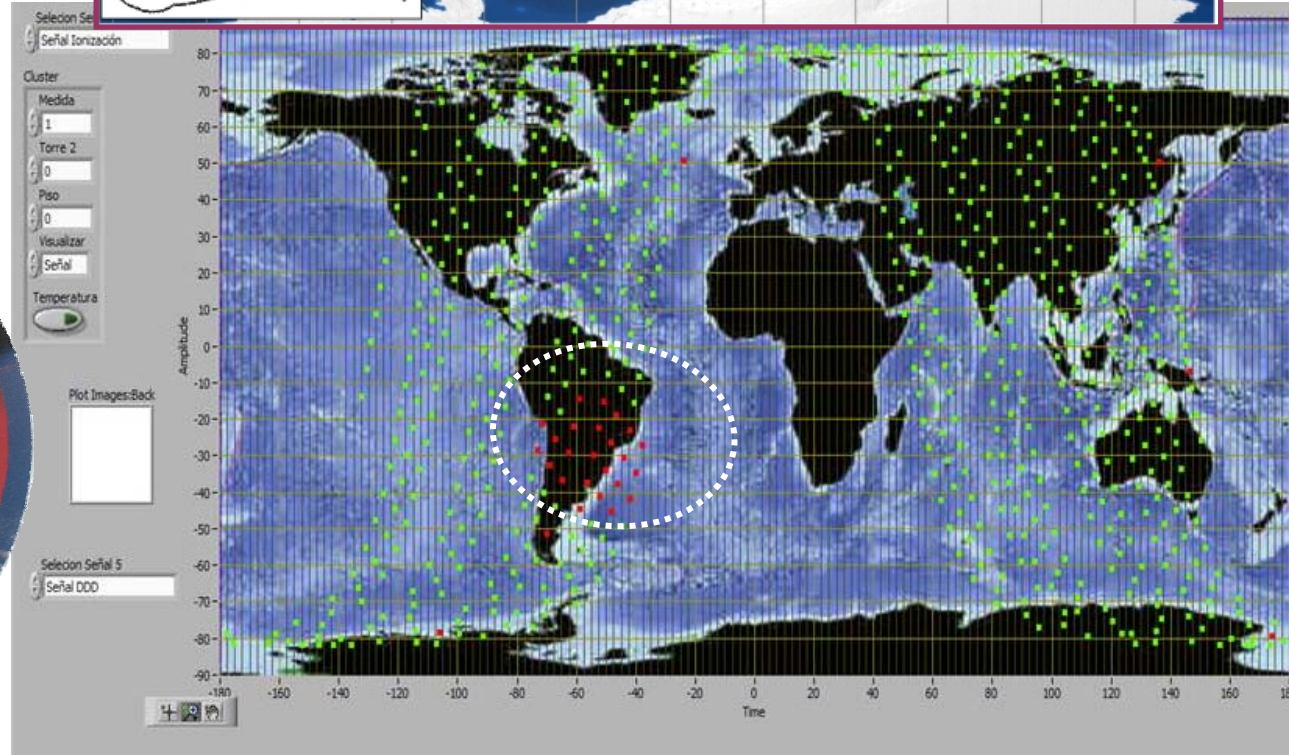
DOSIMETRO RADFET A BORDO NANOSAT 1B





MINISTERIO DE DEFENSA

COMPARACION DE DATOS OBTENIDOS POR LOS DOS SATELITES



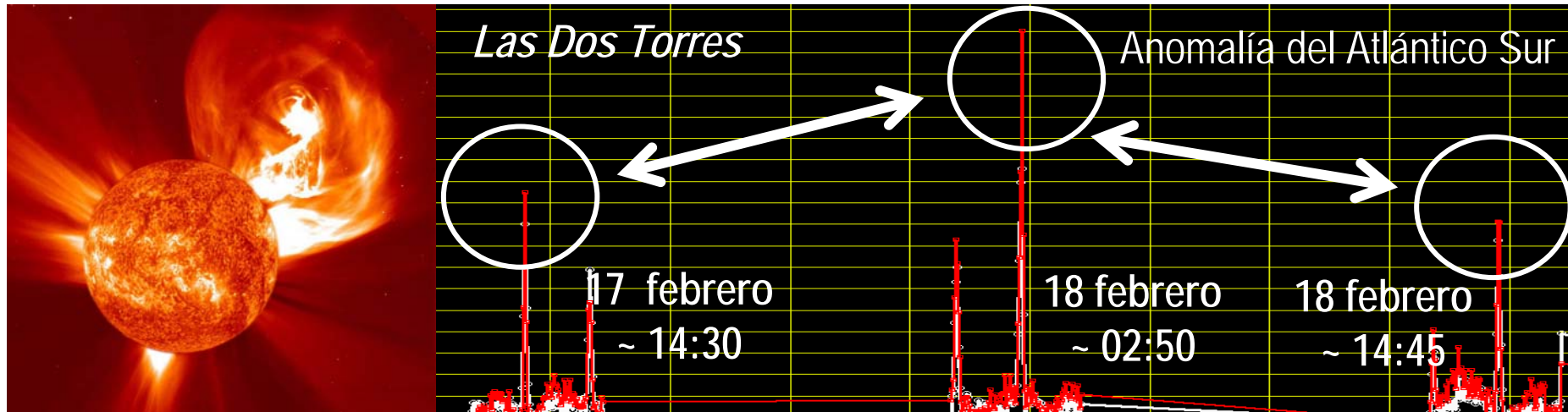


MINISTERIO
DE DEFENSA

ALERTA DE CME RECIENTE (14/02/2011)

PRESTO FROM SIDC - RWC BELGIUM Tue Feb 15 2011, 0651 UT

NOAA AR 1158 has produced an X2.2 flare peaking at 01:56 UT, associated with an Earth directed CME. Furthermore, an M2.2 flare (from the same AR) peaking at 17:26 UT on February 14 had also an associated Earth directed CME. They are expected to arrive to the Earth around February 17.



Madrid, 24 de marzo de 2011

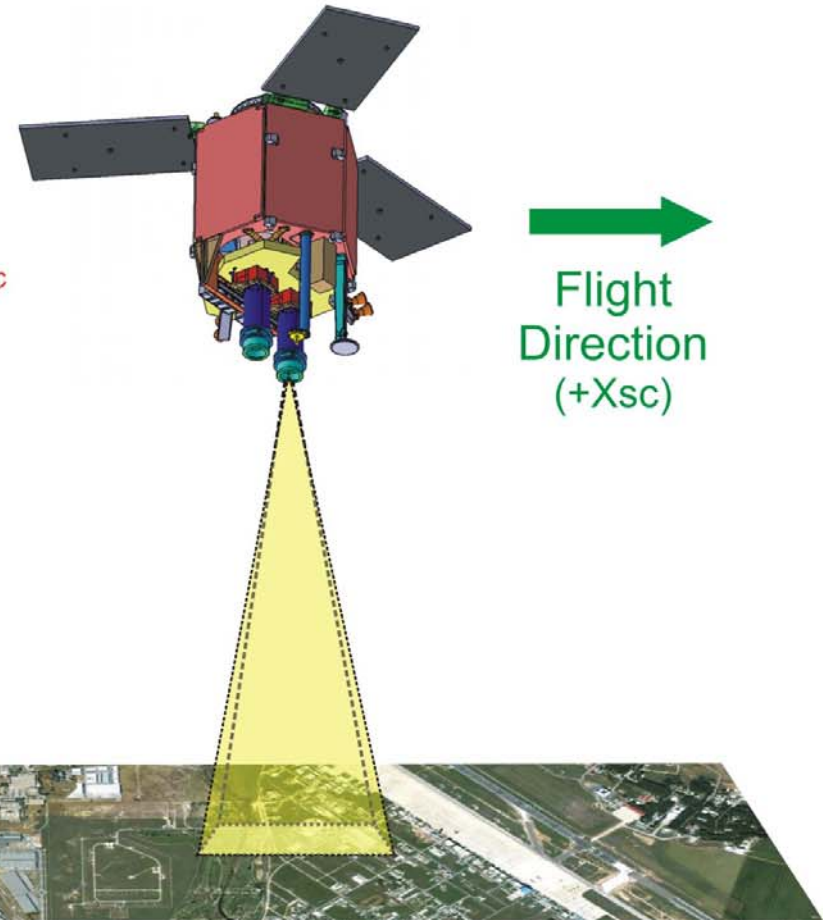
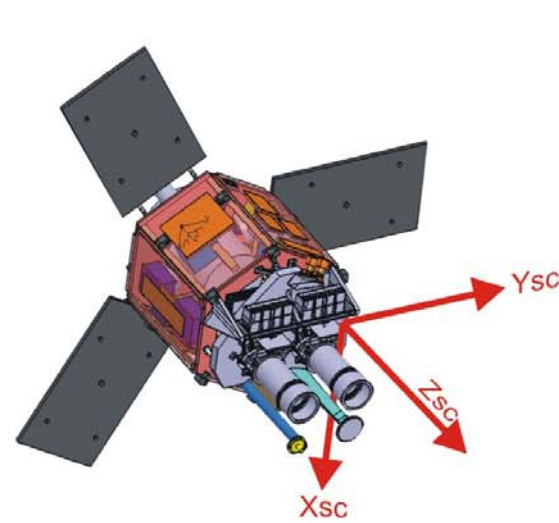
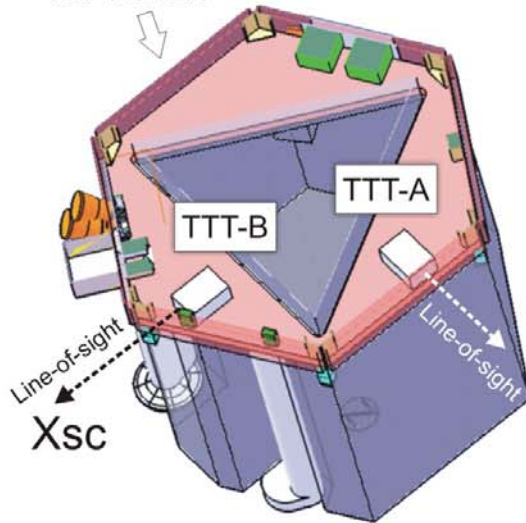


MINISTERIO DE DEFENSA

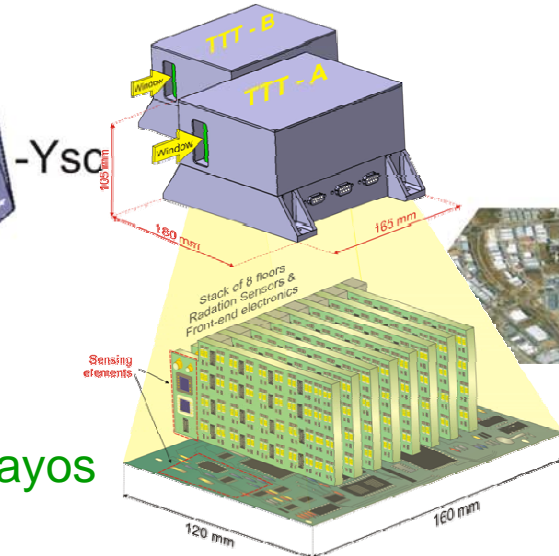
LAS DOS TORRES EN SEOSAT-INGENIO

TTT Accommodation in SEOSAT / INGENIO

INNER SKIN of the TOP FLOOR



Hacia una misión laboratorio de ensayos de componentes



TTT-A - Microprocessing Unit + PDU
TTT-B - Power conditioning electronics

Madrid, 24 de marzo de 2011



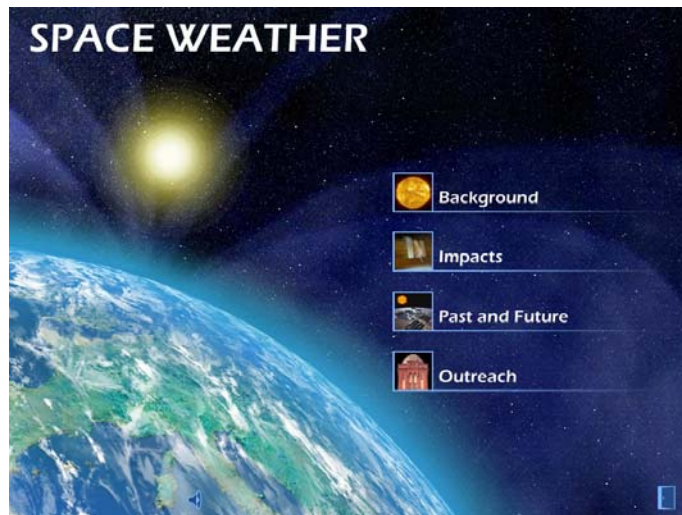
MINISTERIO
DE DEFENSA

OBJETIVOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DE LAS DOS TORRES

Las Dos Torres como **INSTRUMENTO CIENTÍFICO** servirá para

- E. *Aumentar el estudio y el conocimiento de las **poblaciones de protones en la órbita del SEOSAT/INGENIO** – Comparación con los modelos de protones atrapados y solares*
- F. *Análisis de la **isotropía** del flujo de partículas y el **campo magnético***
- G. *Análisis de los protones emitidos en los **eventos solares***

- H. *Apoyo a investigaciones de **Meteorología Espacial***



Madrid, 24 de marzo de 2011

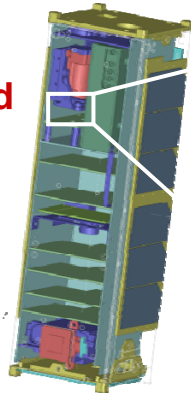


MINISTERIO DE DEFENSA

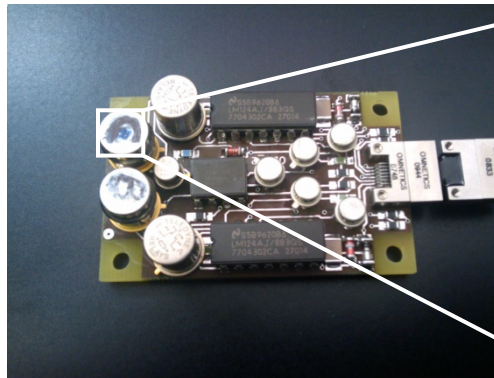
DOSIMETRIA DE RADIACION ESPACIAL

“Highly reliable and sensitive dosimeters for space”

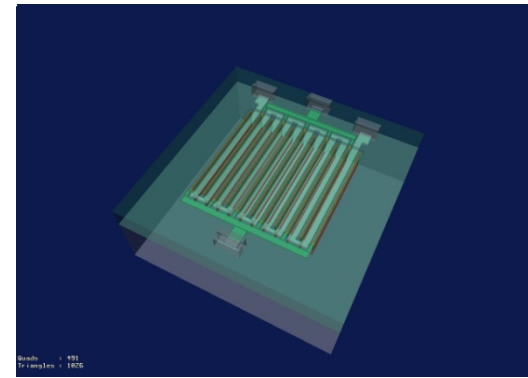
ODM Payload



OPTOS Mission



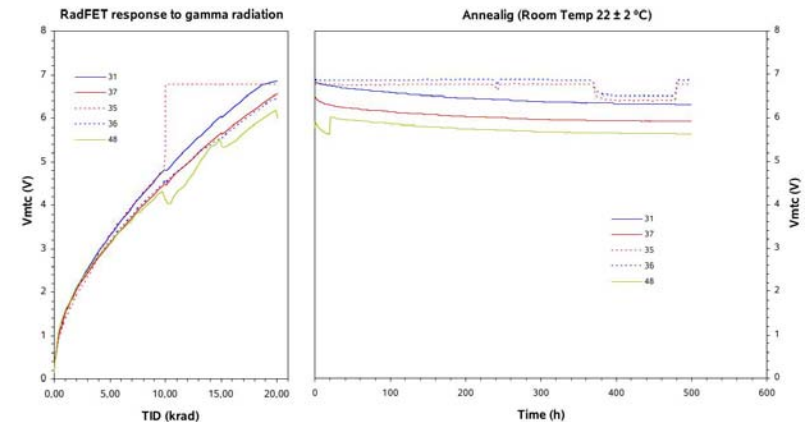
ODM Engineering Model



High sensitivity dose sensors (CNRS LAAS RadFETs)

Other dosimeters for space:

Bulk damage (DDD) sensors will be tested on XatCobeco mission



Dosimeters Calibration

Madrid, 24 de marzo de 2011



MINISTERIO
DE DEFENSA

ACTIVIDADES DEL INTA EN SSA



- Pequeños satélites con sensores de radiación: OPTOS (3 kg), Nanosat (18 Kg) y MicroSat (100-120 Kg)
- Desarrollo de sensores de radiación para la monitorización de los satélites (TTT Monitor de protones)
- Experiencia en el desarrollo de cargas útiles e instrumentación científica. (IMAX-SUNRISE)
- Herramientas operacionales para monitorización del clima espacial y alerta a los operadores de satélites (Proyectos SESS, SEISOP)
- Estudio de la Ionosfera en la Estación 'El Arenosillo'

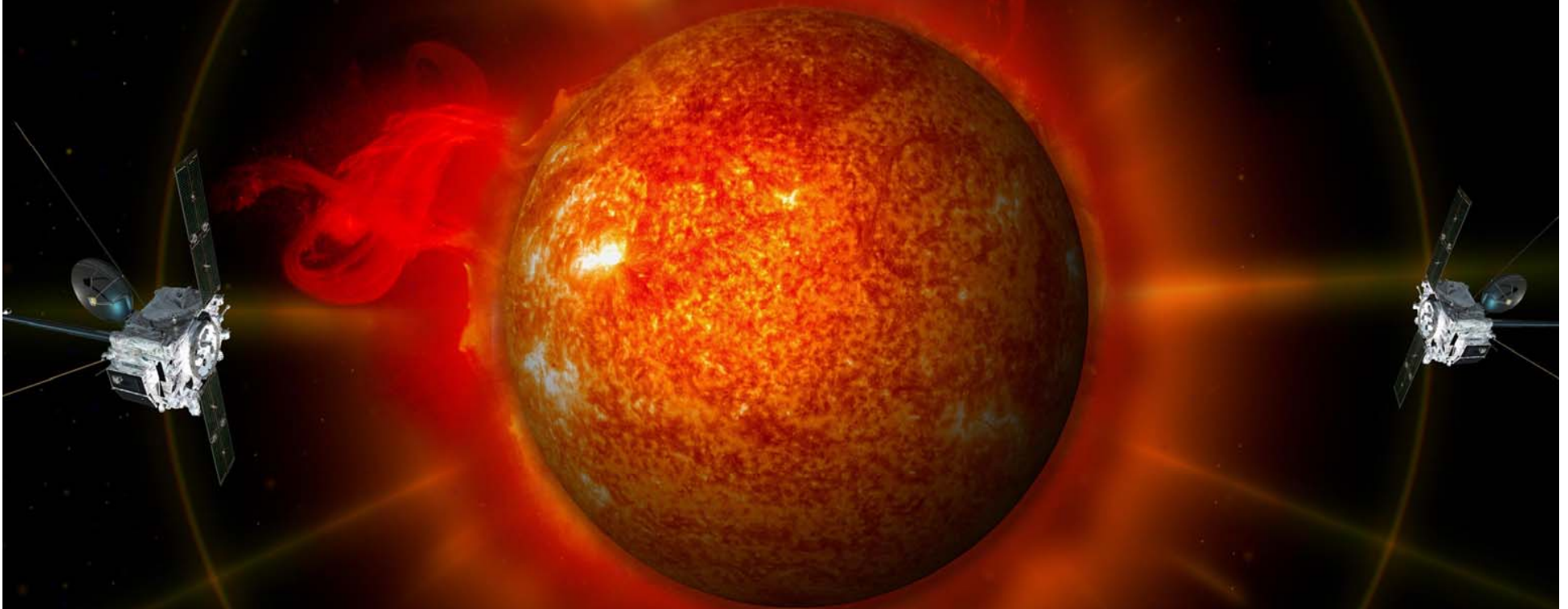


MINISTERIO
DE DEFENSA

MISIONES PARA EL ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD SOLAR



ESA/NASA SOHO - NASA - Misión STEREO

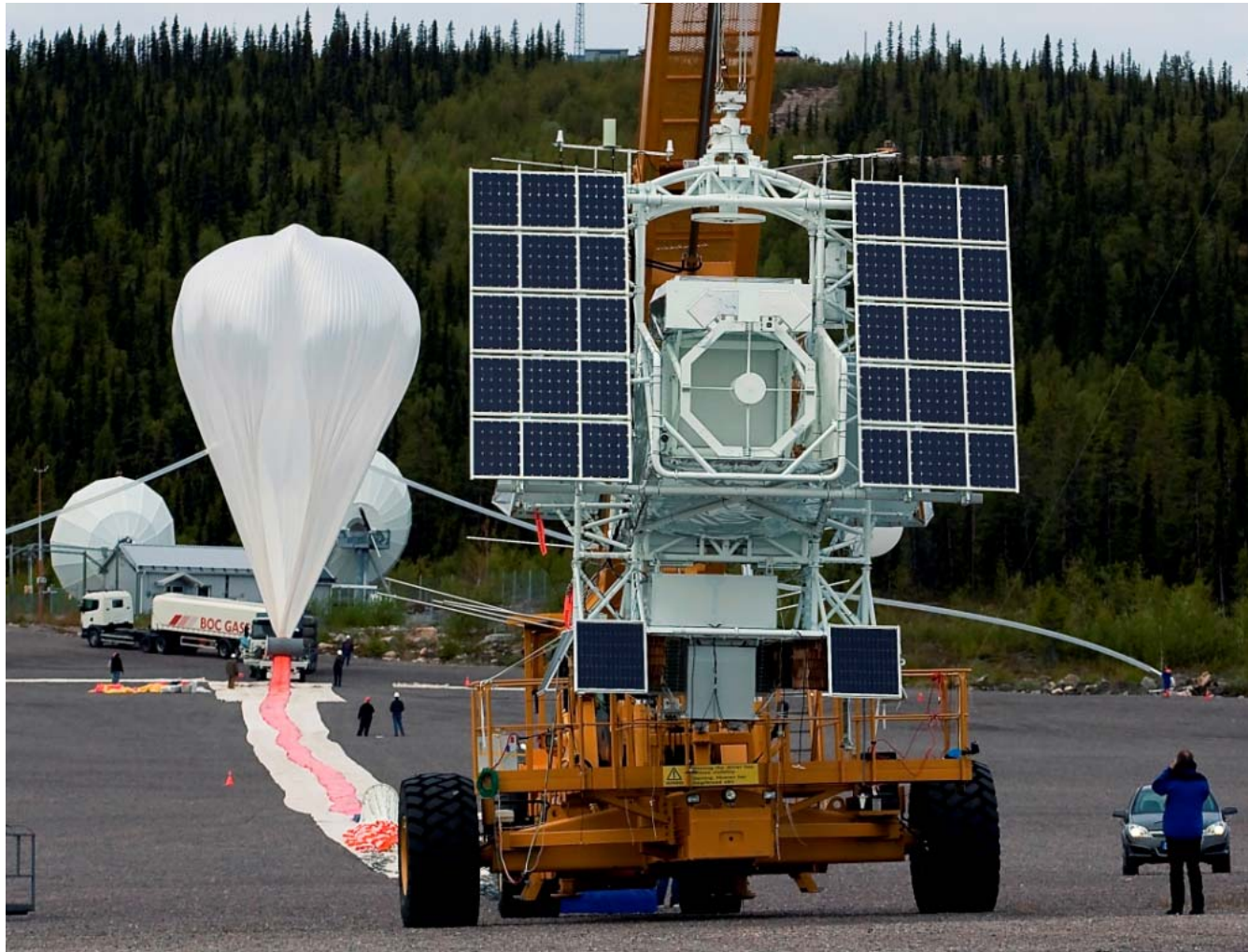


EL SOLAR ORBITER (ESA / España – *En desarrollo*)



MINISTERIO
DE DEFENSA

IMAX-SUNRISE PRECURSOR DE SOLAR ORBITER



SUNRISE fue lanzado el 8 de junio de 2009 con un globo estratosférico perteneciente al programa de globos de larga duración de la NASA. Uno de los instrumentos fue **IMAX (Imaging Magnetograph eXperiment)**. El objetivo es la observación de los campos magnéticos del Sol y es precursor de la misión **Solar Orbiter**

Lanzamiento del instrumento SUNRISE desde Kiruna

Madrid, 24 de marzo de 2011

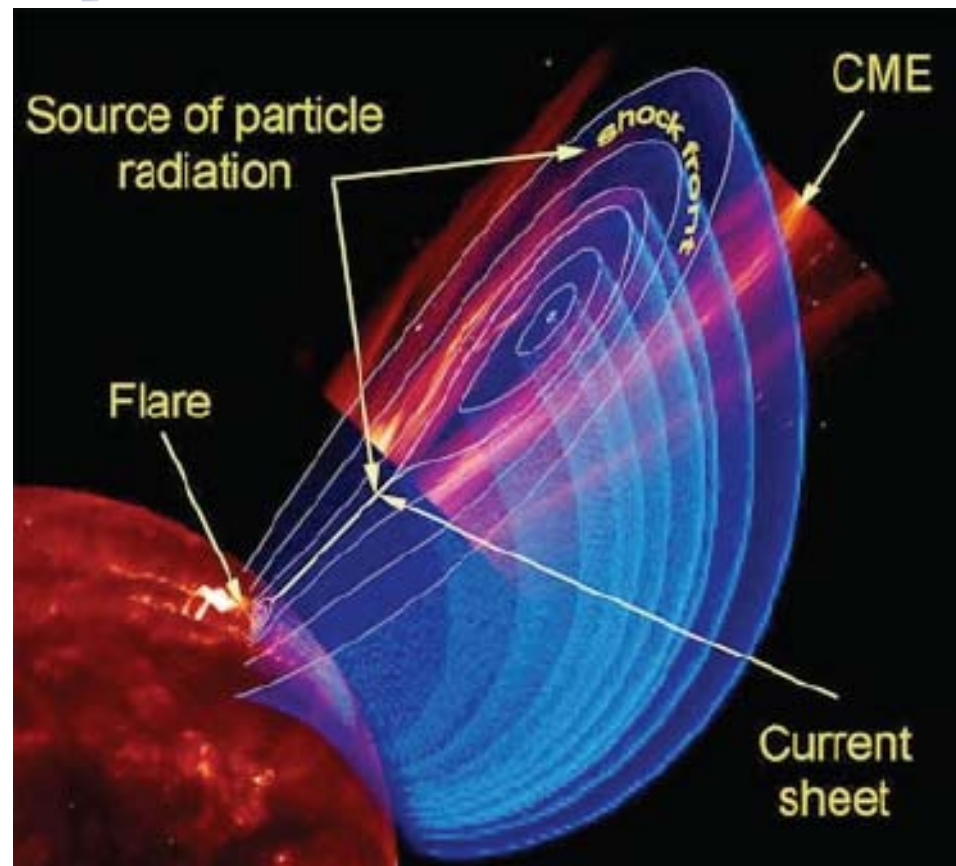


MINISTERIO
DE DEFENSA

SOLAR ORBITER ESA MISSION



Energetic Particle Detector



EPD will address the high priority questions identified by the 2009 Assessment Study Report:

- **What are the sources of energetic particles and how are they accelerated to high energy?**
- **How are solar energetic particles released from their sources and distributed in time?**

Madrid, 24 de marzo de 2011



MINISTERIO
DE DEFENSA

ACTIVIDADES DEL INTA EN SSA



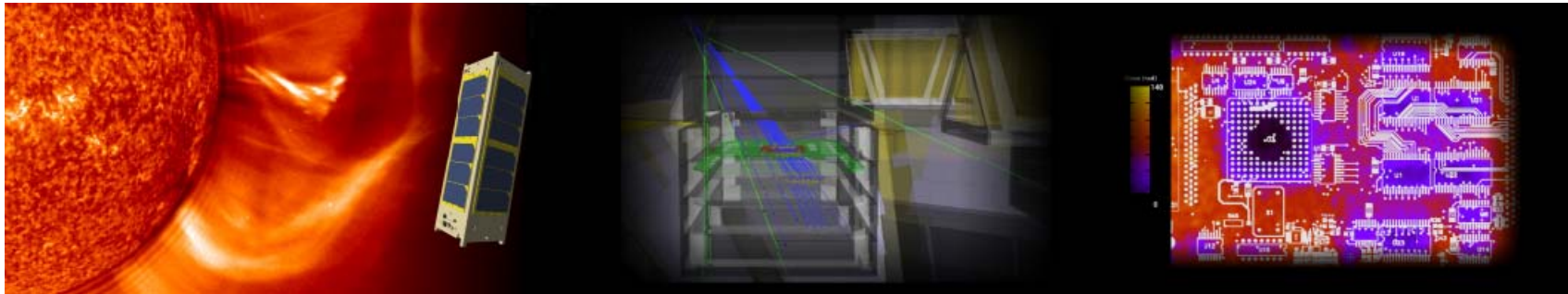
- Pequeños satélites con sensores de radiación: OPTOS (3 kg), Nanosat (18 Kg) y MicroSat (100-120 Kg)
- Desarrollo de sensores de radiación para la monitorización de los satélites (TTT Monitor de protones)
- Experiencia en el desarrollo de cargas útiles e instrumentación científica. (IMAX-SUNRISE)
- Herramientas operacionales para monitorización del clima espacial y alerta a los operadores de satélites (Proyectos SESS, SEISOP)
- Estudio de la Ionosfera en la Estación 'El Arenosillo'



MINISTERIO
DE DEFENSA

AMBIENTE ESPACIAL Y SUS EFECTOS

Ambiente Espacial y sus efectos. Actividades en el INTA



Herramientas Clima Espacial

SESS / SEISOP
G4MRES

Análisis del efecto de la Radiación

ExoMARS – RLS
BepiColombo – MIXS
CMRS
Nanosat

Dosimetría de Radiación

Ionizing damage – ODM
Bulk damage – RDS



MINISTERIO
DE DEFENSA

SEISOP



Space Environment Information System for Operations

*“provides satellite operators, mission teams and scientists with a **multi-mission** environment, **modular** and **expandable**, capable to supply, in a structured manner, **information** and extracted **knowledge** related to the **space environment** and its **effects** on the monitored spacecraft”*



Madrid, 24 de marzo de 2011



MINISTERIO DE DEFENSA

SEISOP

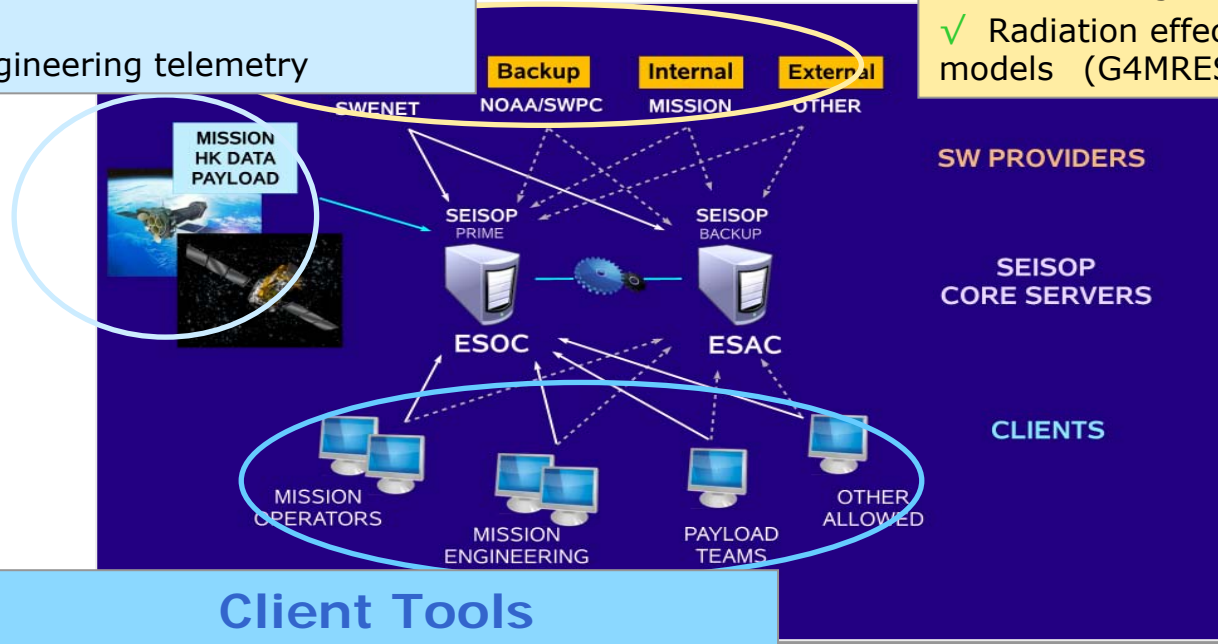
Space Environment Information System for Operations

Mission Data

- ✓ Archiving HK data
- ✓ Archiving Payload data
- ✓ Mission orbital information
- ✓ S/C events, anomalies, ground coverage,...
- ✓ Any other engineering telemetry

Space Weather

- ✓ Monitoring SW real-time data
- ✓ Structured archiving of SW data
- ✓ Retriving data from any provider
- ✓ Forecasting capabilities models
- ✓ Radiation effects on 3D S/C models (G4MRES TOOL)



Client Tools

- ✓ Monitoring SW/HK data - Fully Configurable
- ✓ Automatic anomalies reporting
- ✓ Warning/Alarm defintion
- ✓ Correlation SW Event vs. HK anomaly

Madrid, 24 de marzo de 2011



MINISTERIO DE DEFENSA

SEISOP

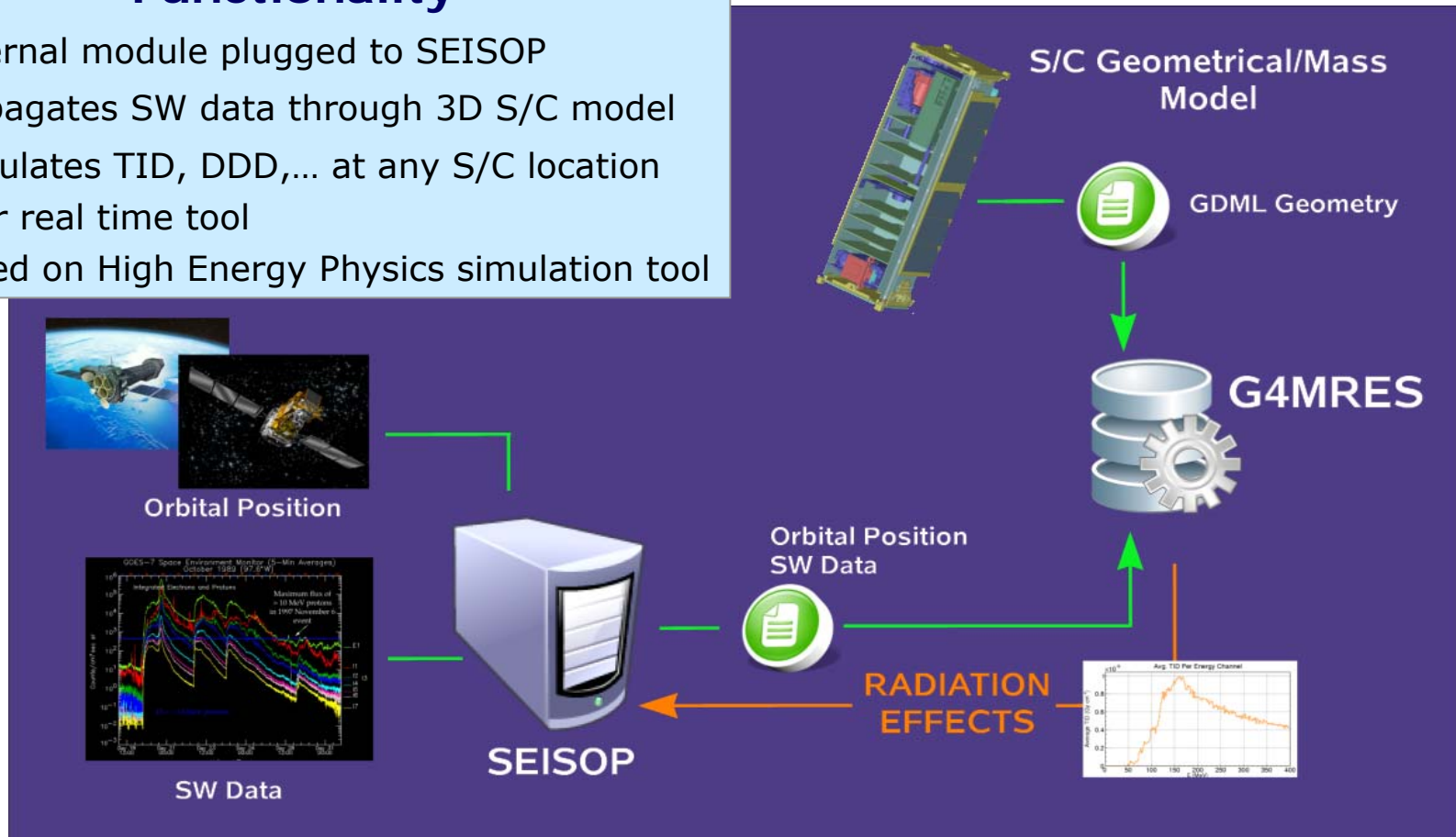
Space Environment Information System for Operations

G4MRES

“A Monte-Carlo plug-in to estimate radiation effects on any S/C part”

Functionality

- ✓ External module plugged to SEISOP
- ✓ Propagates SW data through 3D S/C model
- ✓ Calculates TID, DDD,... at any S/C location
- ✓ Near real time tool
- ✓ Based on High Energy Physics simulation tool

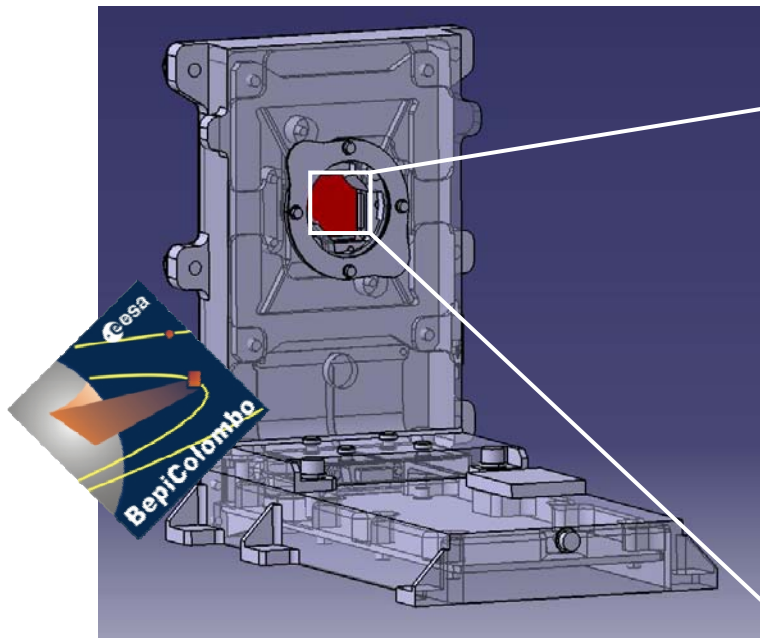




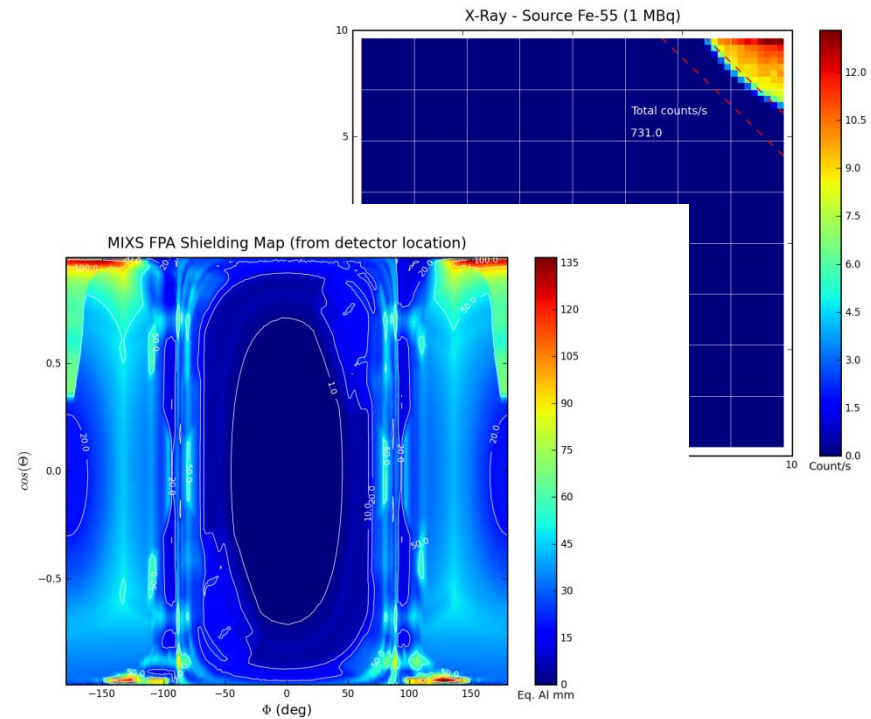
MINISTERIO
DE DEFENSA

Radiation Effects Analysis

“Supporting ESA mission instruments on Space Radiation Effects”



**BepiColombo MIXS Instrument
FPA Design**



Radiation studies on MIXS FPA Design

Madrid, 24 de marzo de 2011

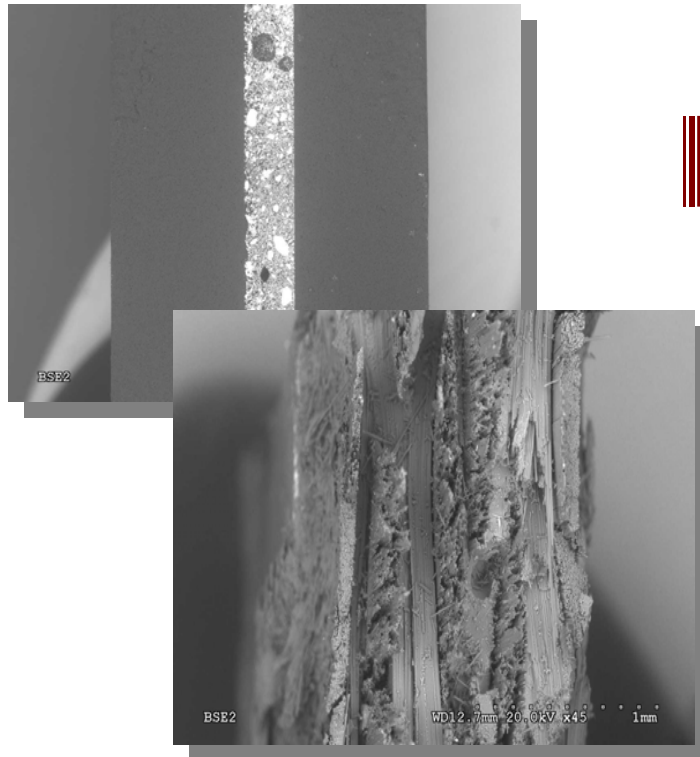


MINISTERIO
DE DEFENSA

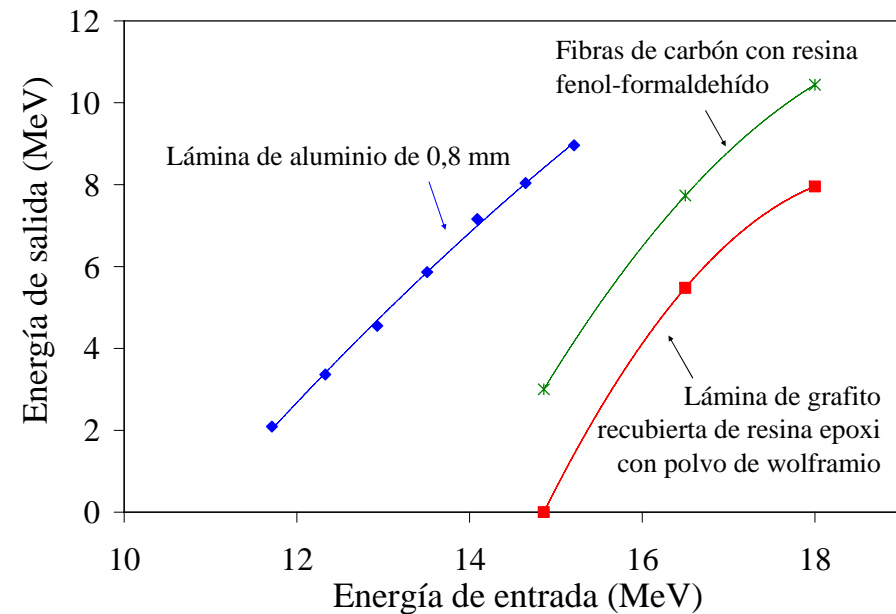
Radiation Effects Analysis

“CMRS: new Carbon-based Materials for Radiation Shielding”

Multi-layer Carbon + Tantalum



Carbon Fiber Structure
from OPTOS S/C



Madrid, 24 de marzo de 2011

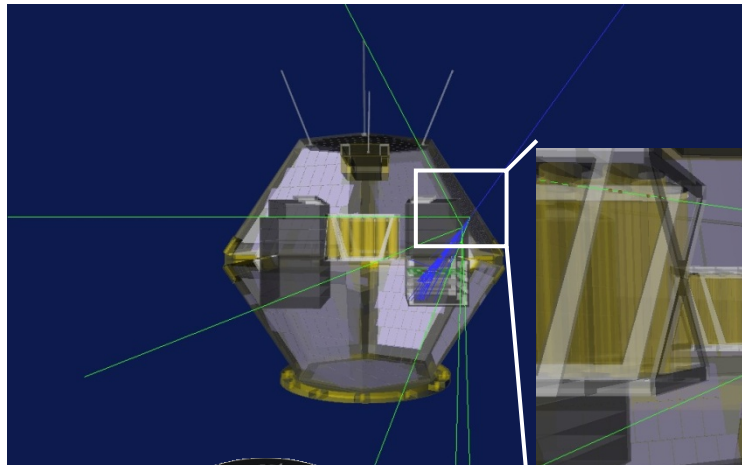


MINISTERIO
DE DEFENSA

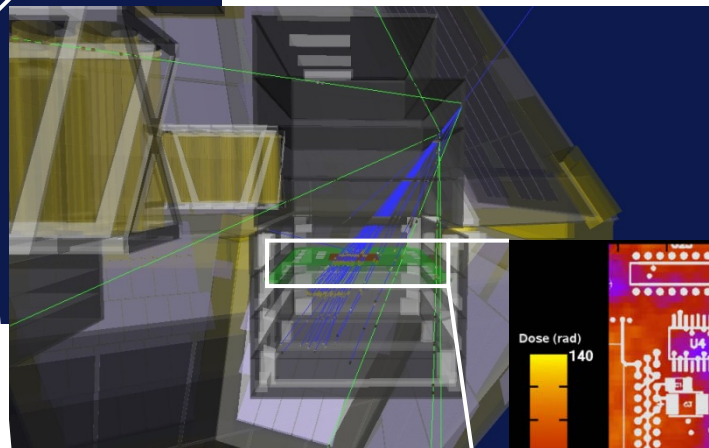
Radiation Effects Analysis

"S/C Radiation Simulation: From particle fluxes to radiation damages"

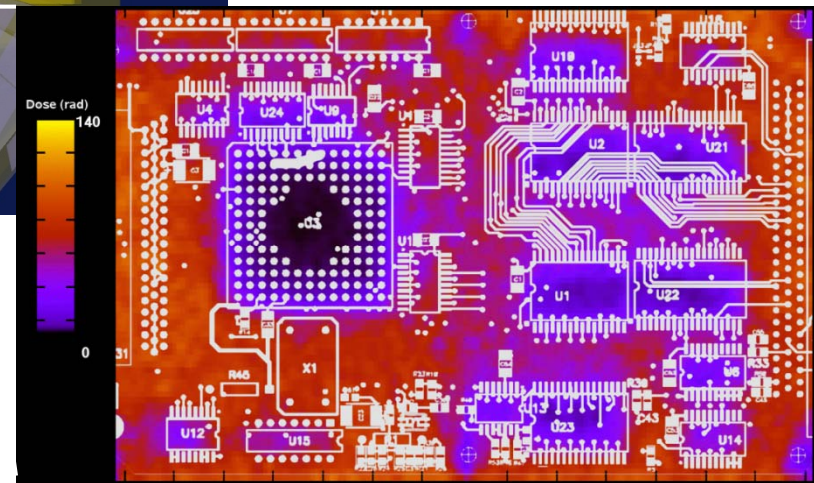
Environment simulation on Nanosat-01 S/C



Propagation of particles



Dose levels at electronics



Madrid, 24 de marzo de 2011



MINISTERIO
DE DEFENSA

ACTIVIDADES DEL INTA EN SSA



- Pequeños satélites con sensores de radiación: OPTOS (3 kg), Nanosat (18 Kg) y MicroSat (100-120 Kg)
- Desarrollo de sensores de radiación para la monitorización de los satélites (TTT Monitor de protones)
- Experiencia en el desarrollo de cargas útiles e instrumentación científica. (IMAX-SUNRISE)
- Herramientas operacionales para monitorización del clima espacial y alerta a los operadores de satélites (Proyectos SESS, SEISOP)
- Estudio de la Ionosfera en la Estación 'El Arenosillo'



MINISTERIO DE DEFENSA

ESTACIÓN DE SONDEOS ATMOSFÉRICOS

“El Arenosillo”

Estación de estudios atmosféricos

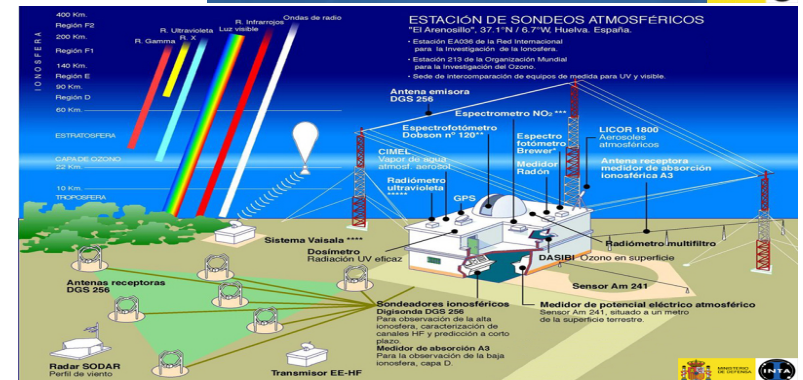
Medio Ambiente

- Aerosoles
- Ozono troposférico
- Radiación UV solar
- Influencia del ozono los aerosoles y la nubosidad
- Efectos del ozono en la vegetación local
- Comparaciones internacionales y calibraciones

Ionosfera

Observaciones y estudios de la variabilidad ionosférica

Efectos de la Ionosfera en las comunicaciones por satélite



LA CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE LA RADIACION
Y SUS EFECTOS SE CELEBRA EN SEVILLA ORGANIZADA
POR ESPAÑA (INTA, UNIVER. SEVILLA, TALES- ALENIA)

¡Muchas
gracias!

RADECS 
SEVILLASpain → ⚡ → SEPTEMBER 19/23 2011

