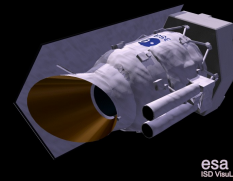


Exploración Sistema Solar

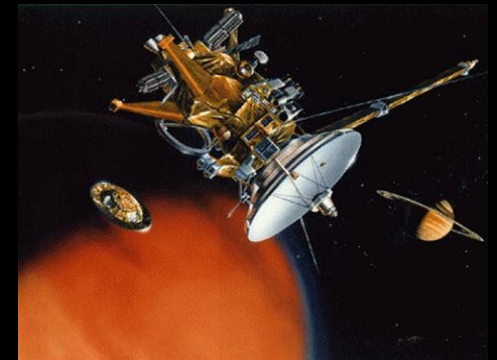


Gregorio J. Molina Cuberos
Universidad de Murcia

Índice



- Técnicas de observación
 - Los grandes telescopios
 - Observar desde el espacio
- Exploración "in situ"
- Una misión: Cassini/Huygens



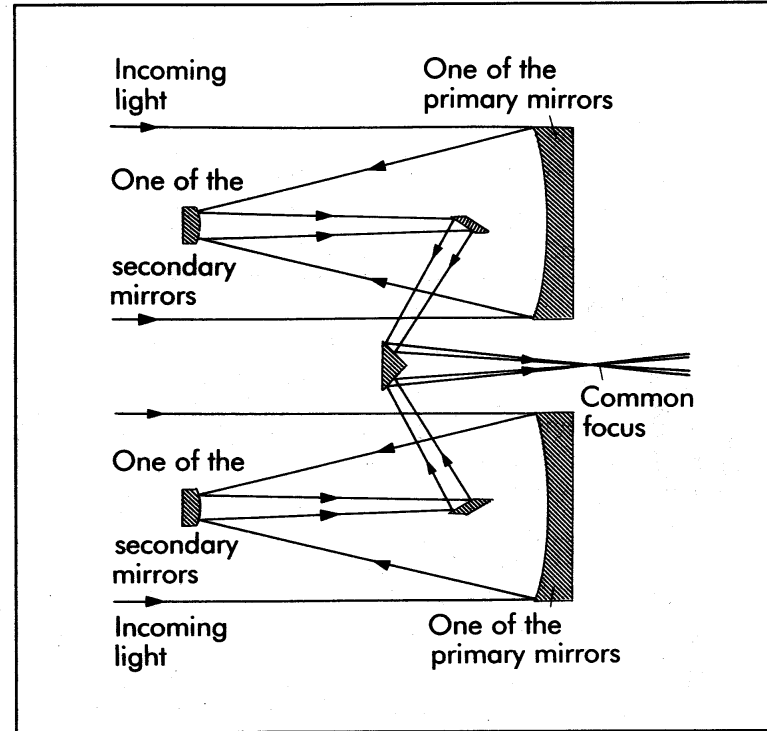
Los Grandes Telescopios

Problema:

- Dificultad en tallar grandes espejos
- Perturbación de la atmósfera

Soluciones:

- Sumar varios telescopios
- Espejos segmentados
- Óptica activa/adaptativa

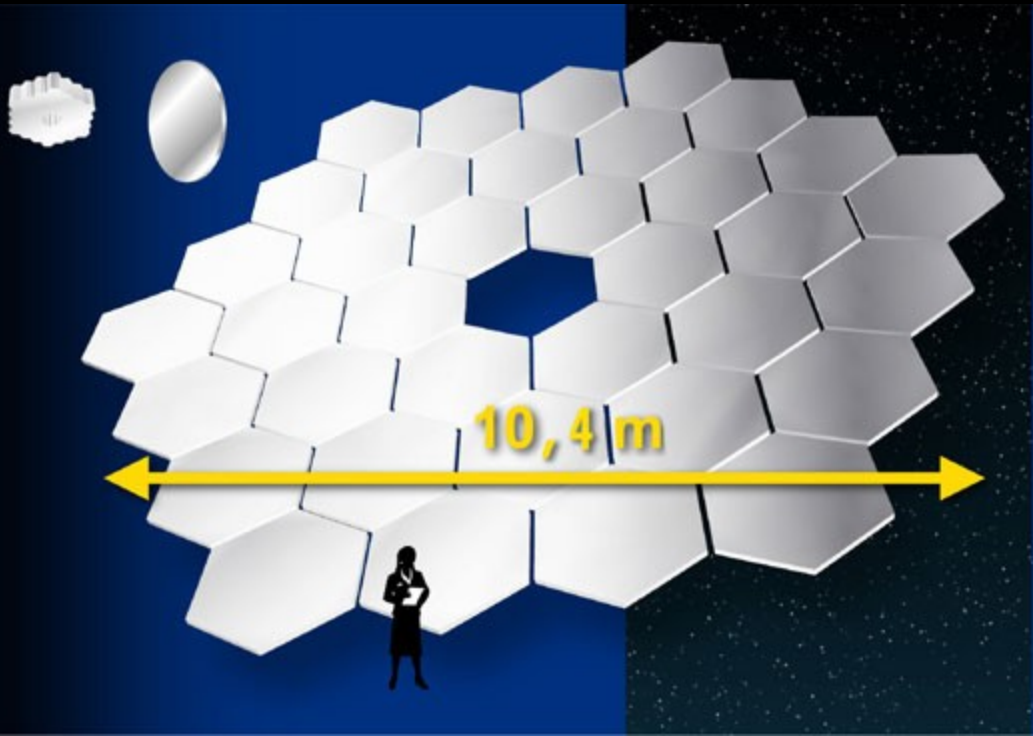


Keck:

- 2 telescopios de 10 metros
- 36 espejos de 1.8 metros

Los Grandes Telescopios (I)

- SALT: mosaico de 11.0 m Sudáfrica (2005)
- GranTeCan, mosaico de 10.4 m, Roque de los Muchachos (2007)
- Keck 1 y Keck 2, mosaico 36 espejos (10 m²), Hawaii (1993,96)



Gran Telescopio Canarias
- Incluye óptica activa y adaptativa (prevista)

Detalle de los espejos secundario, terciario y primario

Los Grandes Telescopios (III)

Problema:

- Distorsión del "frente de onda" de la luz

Solución:

- Óptica adaptativa



Figure 2 - VLT Primary mirror blank in production (courtesy SCHOTT)

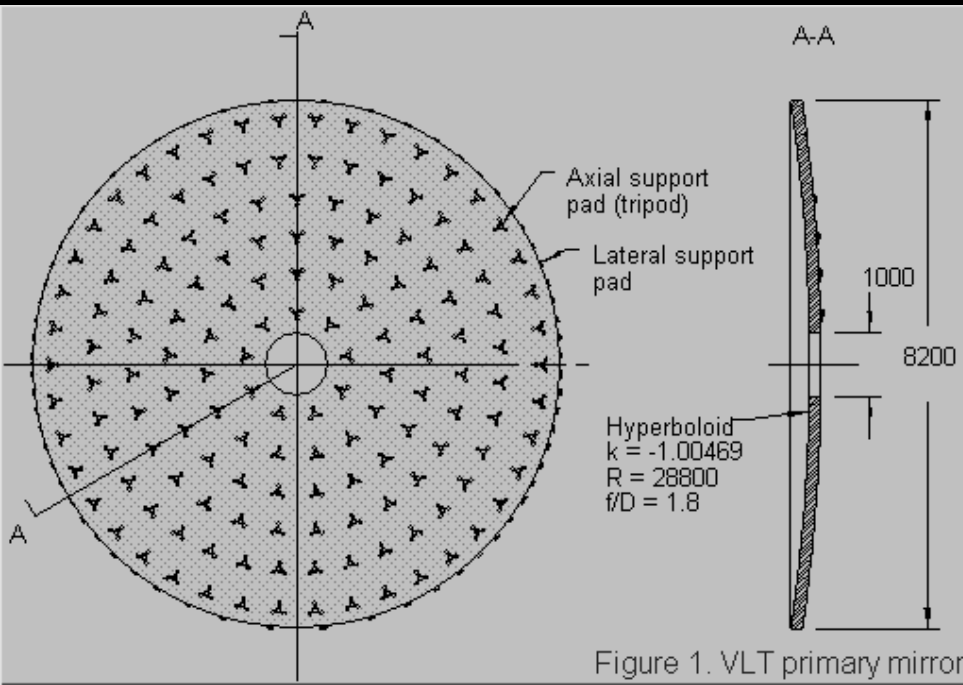
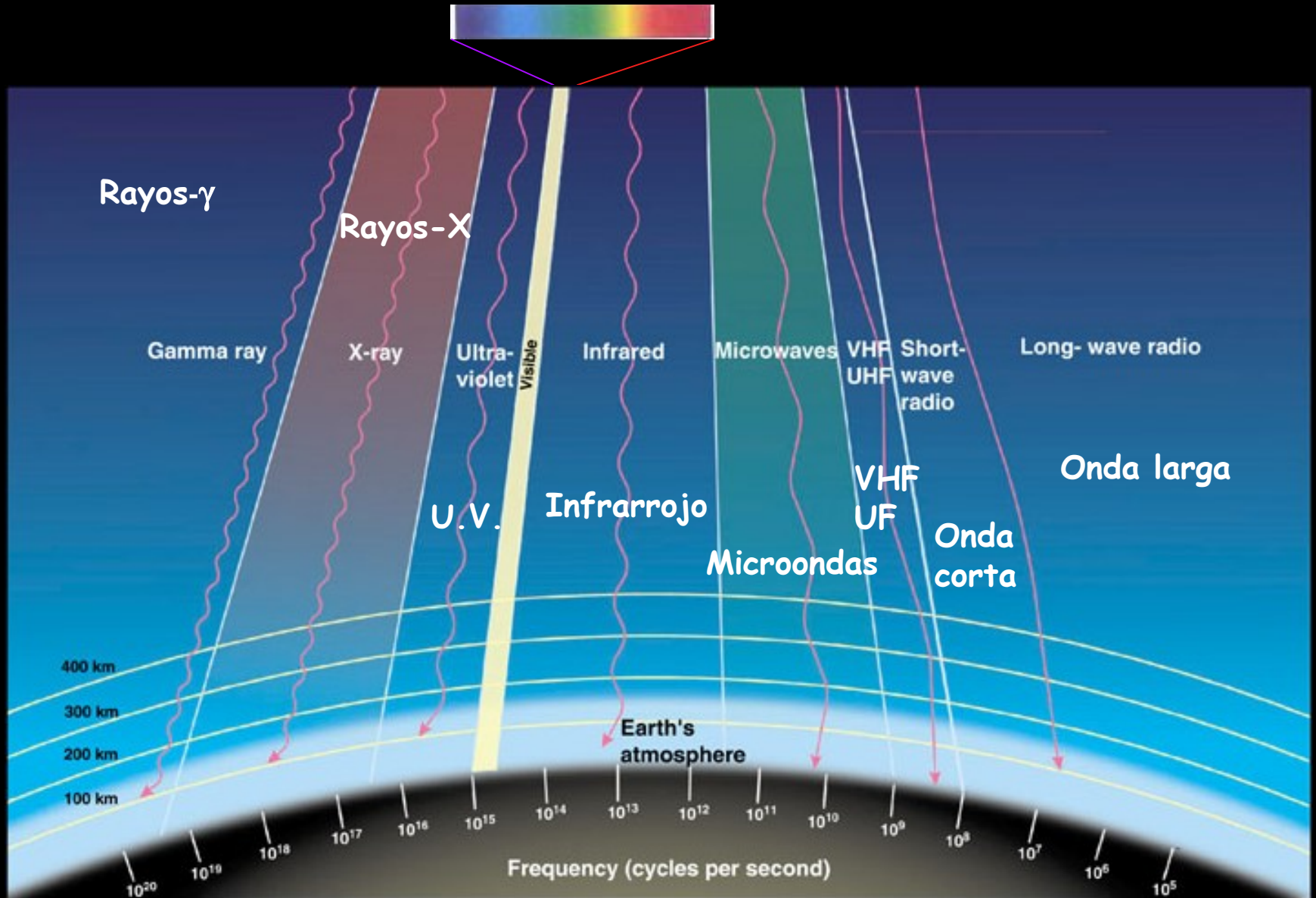


Figure 1. VLT primary mirror

Óptica adaptativa

Telescopios pueden corregir cualquier desviación modificando su forma instantáneamente mediante un mecanismo de control detrás del espejo

La atmósfera no es transparente ...



Transparencia de la atmósfera a la radiación.

Observar desde el espacio

HST (Hubble Space Telescope, NASA/ESA, 1990-...)

- Quizás el instrumento astronómico más importante hasta la fecha
- Atmósferas planetarias (Neptuno, Saturno, Plutón)
- Agujeros negros estelares y en núcleo de galaxias
- Imagen directa de planetas extrasolares
- Detección de discos protoplanetarios (Nebulosa de Orión)

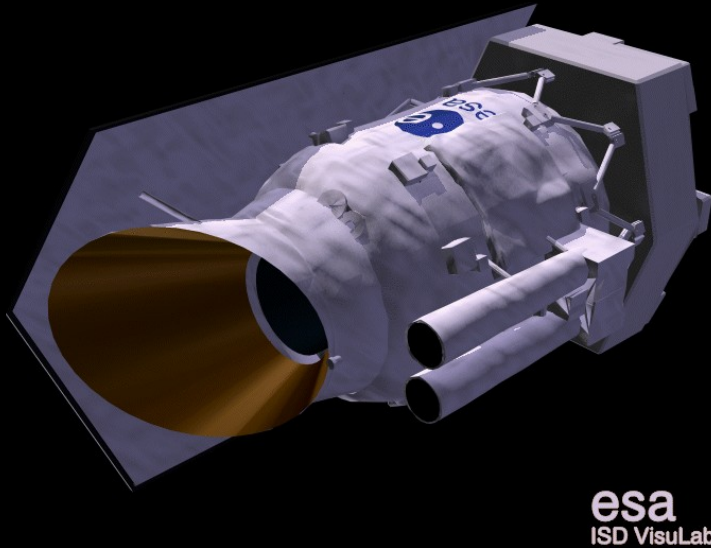


JWST (James Webb Space Teles. NASA/ESA, 2018 -...)

- Detectar luz de las primeras galaxias y estrellas tras el Big Bang
- Estudiar la formación y evolución de galaxias
- Comprender la formación de estrellas y sistemas planetarios
- Estudiar sistemas planetarios y el origen de la vida



Observar desde el espacio. Infrarrojo y ultravioleta



ISO (ESA, nov. 1995 - mayo 1998)

- Primer satélite en el infrarrojo (2.5 a 240mm)
- Estudios sobre el origen de planetas, química en el universo, composición atmosférica de planetas.
- Detección de agua en Titán, Planetas gaseosos, Nebulosa Orión,



Chandra (NASA, julio 1999)

- Incremento la resolución en rayos X en un factor 25
- Estudios de agujeros negros, supernovas y materia oscura para aumentar la comprensión sobre el origen, evolución y destino del universo.

Laboratorios espaciales

- Laboratorios con gravedad cero (biología, cristalografía)
- Comportamiento del hombre en el espacio durante largo periodos
- Situar instrumentos y sensores muy especializados



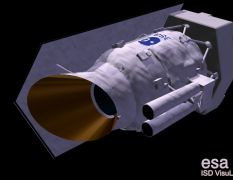
ISS "International Space Station"



Mir

- Presencia humana en el espacio durante años.
- Estudio de radiación y gravedad cero sobre el organismo
- Sensores de medio interplanetario

Índice

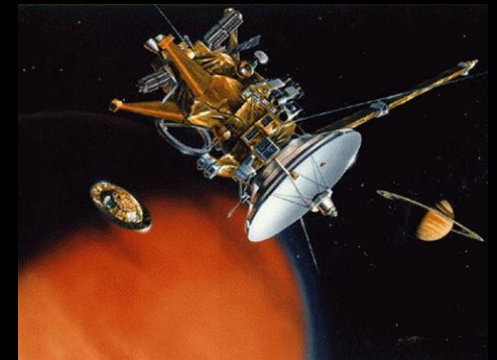


- Técnicas de observación

- Exploración "in situ"
 - Aterrizar, lo más difícil
 - Las comunicaciones
 - Algunas misiones
 - Mercurio, Venus, Luna
 - Marte, el gran objetivo



- Una misión: Cassini/Huygens



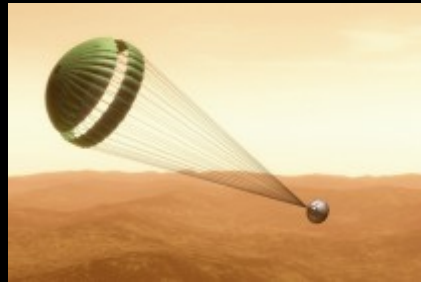
Aterrizar, lo más difícil



Entrada

Disipación de energía por frenado aerodinámico

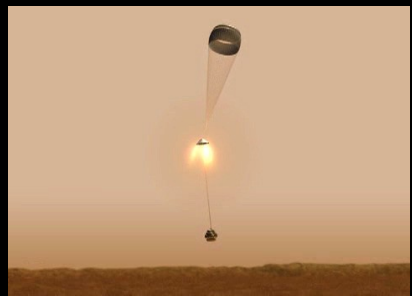
Velocidad inicial = 5.4 km/s; velocidad final = 430 m/s



Descenso en paracaídas

Disipación de energía por arrastre aerodinámico

Velocidad de ~ 430 m/s a ~ 85 m/s



Descenso controlado

Frenado por cohetes

Velocidad de ~ 85 m/s a $\sim 2-20$ m/s



Aterrizaje

La pérdida de energía es por cohetes, disipación viscosa, "airbag" Velocidad de $\sim 2 - 20$ m/s a ~ 0.0 m/s

Comunicación con las misiones

DEEP SPACE NETWORK

- Sistema de comunicaciones con las misiones espaciales
- Creado al inicio de la carrera espacial
- Necesita un mínimo de 3 estaciones: EEUU, Australia y España



Sustitución por receptores en órbita terrestre

Planetas y algunas misiones

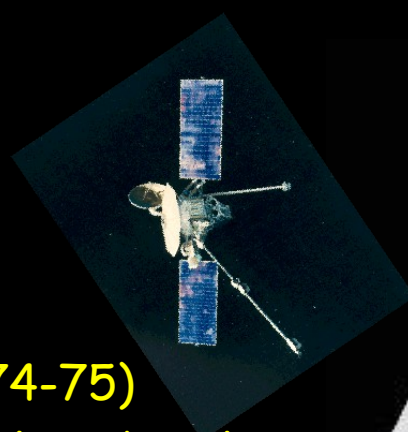
Qué veremos ☺ ...

- Mercurio
- Venus
- Luna
- Marte
- Saturno (Cassini/Huygens)

Qué no veremos ☹

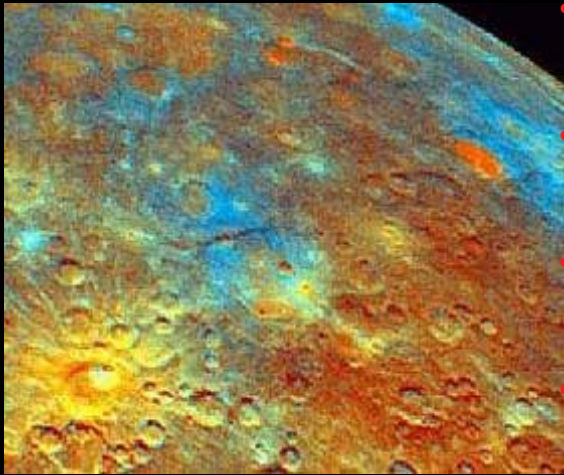
- Apolo
- Voyager 1, 2
- Misiones a cometas (Giotto, Roseta)

Mercurio



Mariner 10 (1974-75)

- Primera misión a dos planetas (Venus y Mercurio)
- Técnica de asistencia gravitacional.
- Primer instrumento de captación de imágenes
- Fotografió ~57% del planeta



Es el planeta más cercano al sol y muestra un gran parecido a la luna. Completamente marcado por cráteres y sin atmósfera y un débil campo magnético interno.

Mercurio. Futuras misiones

MESSENGER (NASA)

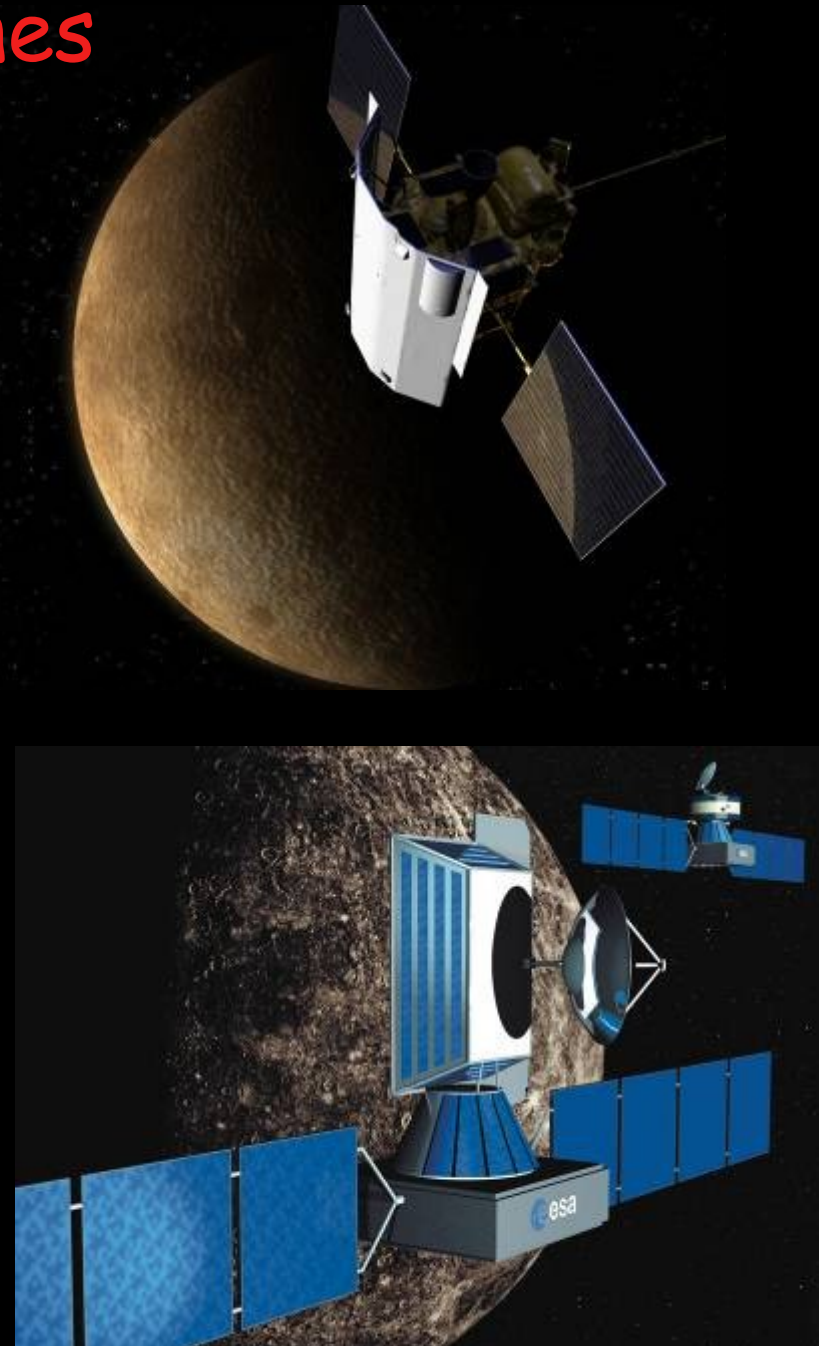
- Primer sobrevuelo 14 enero 2008
- En órbita el 2011
- Duración: 1 año
- Objetivos
 - Atmósfera y composición superficial

BEPICOLOMBO (ESA)

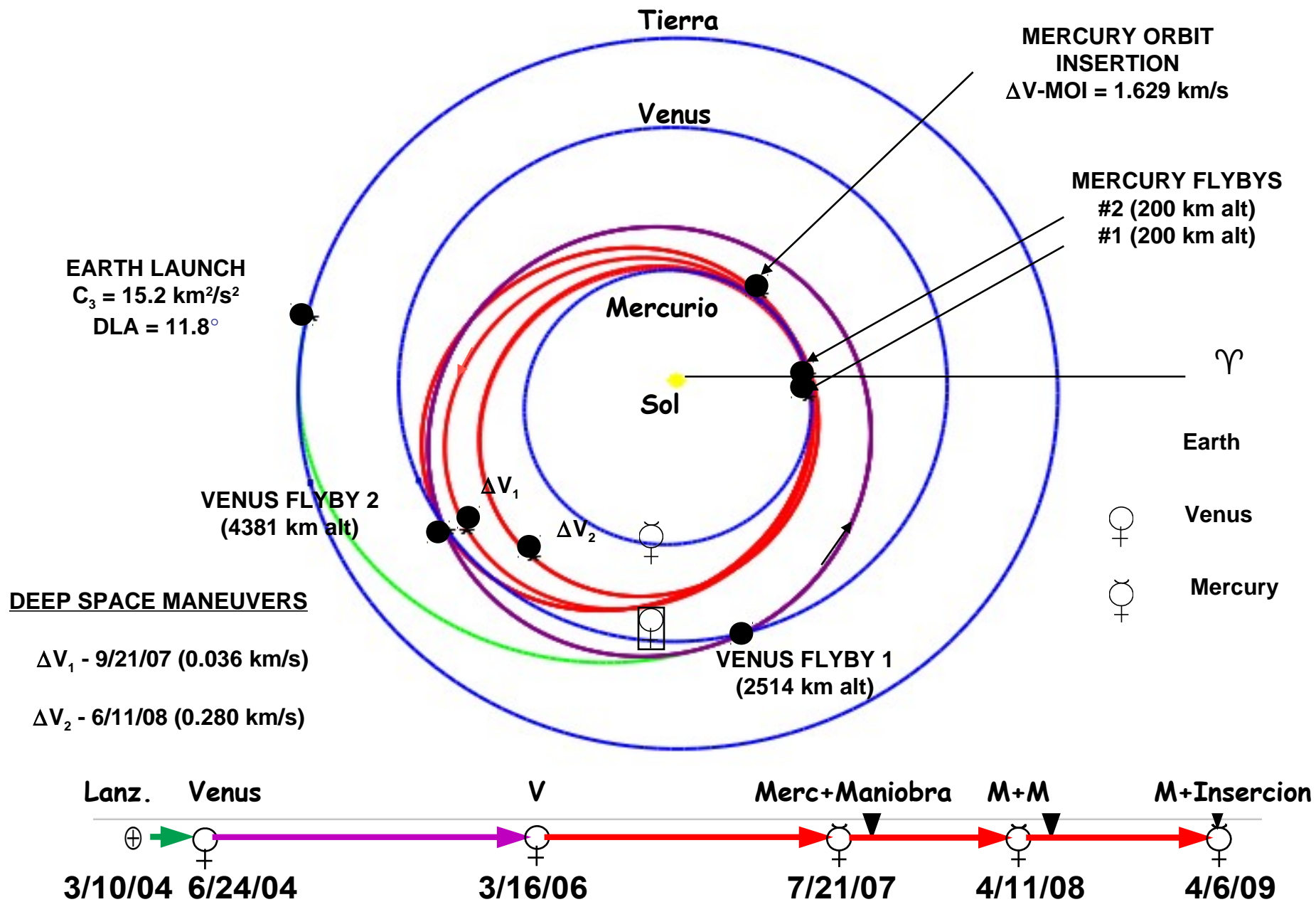
- Orbitadores 2 (ESA + JAXA)
- Lanzamiento: 2015, llegada 2012
- Duración 1 año, extensión 12(?)

Objetivos (ESA):

- Origen y evolución.
- Forma, interior, estructura, geología.
- Magnetosfera
- Origen campo magnético interno
- Confirmar la teoría general de la relatividad de Einstein.



Mercurio. Un objetivo difícil



Venus.

- Algunas de las 27 misiones espaciales
 - Programa Venera (14) y Vega (2) (URSS)
 - Orbitadores, sondas, "lander"
 - Programas Pioneer (1,2) EEUU
 - Orbitador y sondas
 - Magellan~ 1989 (EEUU)
 - Mapa de la superficie



- Mariner 2 (1962)

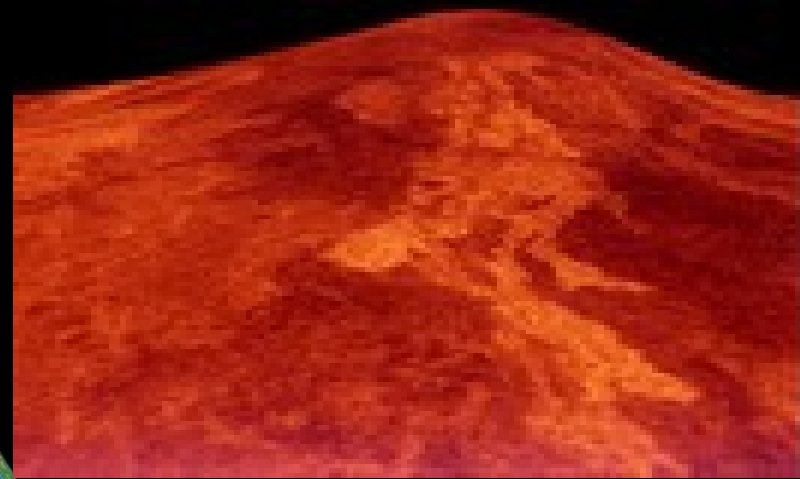
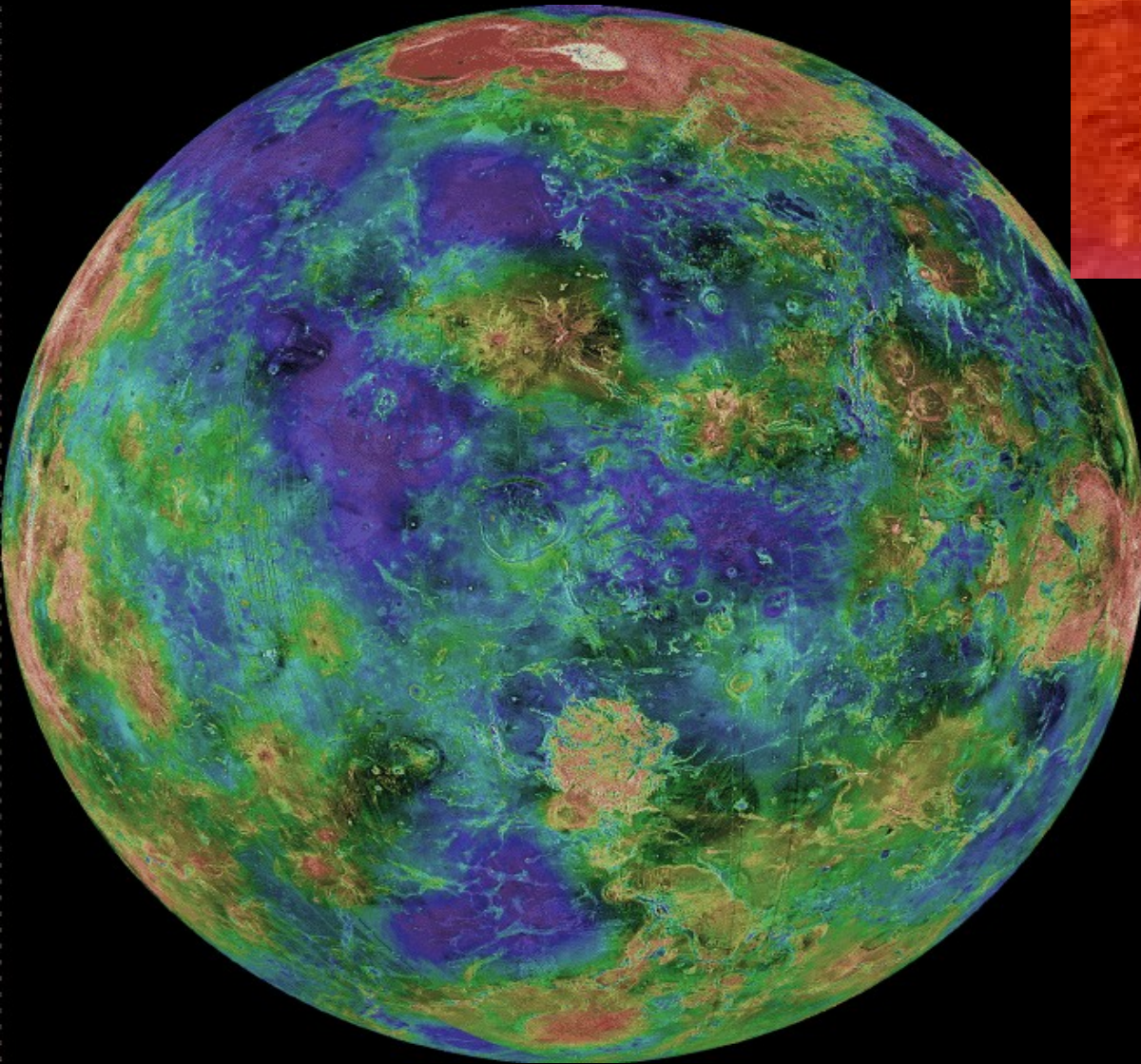


- Venus Express 2006 (ESA)



- Imagen superficial tomada Venera (URSS)

Venus. Magellan



Volcán activo

Entre 1990-94 realizó un mapa del 99% de la superficie de venus. 1994 se dejó caer en la atmósfera

Marte. El gran objetivo

Objetivos científicos de exploración marciana

- Objetivo 1: Determinar si la Vida existió alguna vez
- Objetivo 2: Caracterizar el Clima de Marte
- Objetivo 3: Caracterizar la Geología
- Objetivo 4: Preparar la Exploración Humana de Marte



Misiones NASA (I)



Viking 1 y 2 (1976-1980)

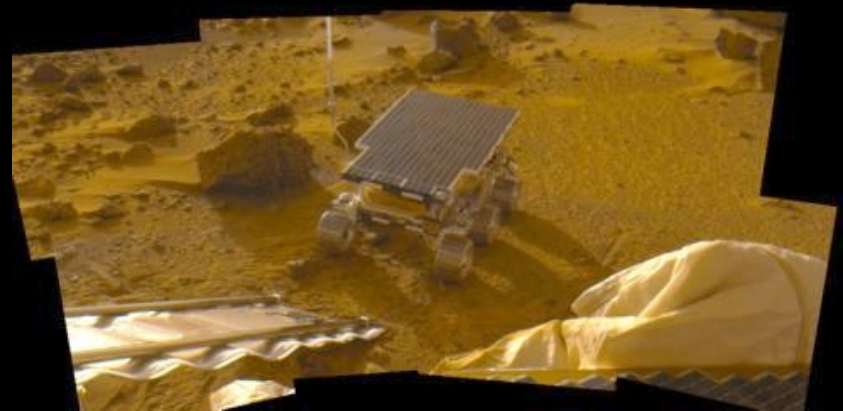
- Orbitador (900kg) y lander (600kg)
- Objetivo: Buscar vida en Marte
- Resultados ... parece que no

Mars Path Finder (1997)

- Primer rover marciano, funcionó 3 veces más tiempo que el previsto
- Transmitió medidas superficiales durante 14 meses.
- Buena, bonita y barata (y rápida).

MGS (1997-2006)

- Mapa de la superficie: composición, morfología, topografía, dinámica atmosférica, campos magnéticos, ...



Misiones NASA (II)



Mars Explorer Rover (2004- ...)

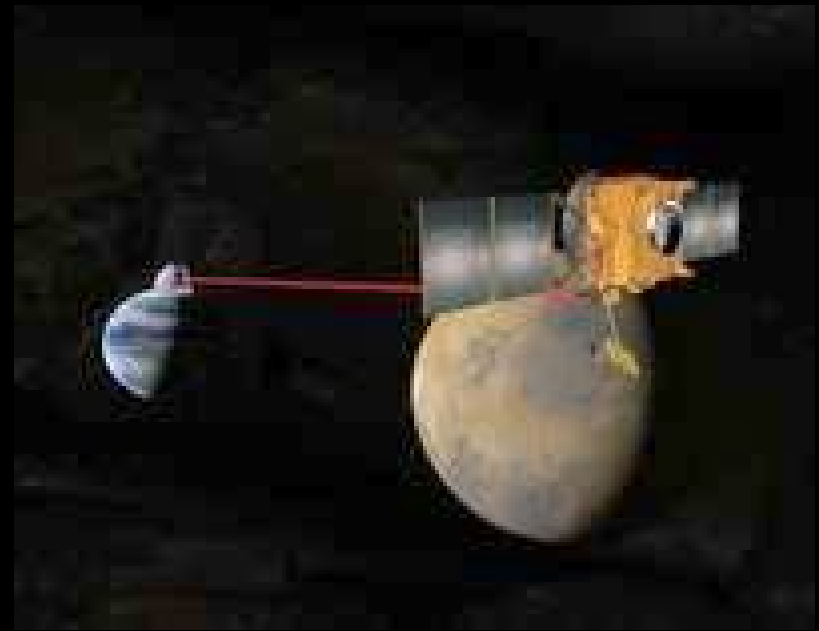
- Spirit y Opportunity (rovers, ~185kg)
- Explorar la superficie, análisis de rocas y suelo. Búsqueda de rastros de agua.
- Siguen funcionando 5ª misión



Mars Phoenix (llega en mayo 2008)

- Aterrizará en el polo norte marciano
- Estudiar el ciclo del hielo en Marte y caracterizar el clima polar
- Instrumentos diseñados para la búsqueda de vida microbiana.
- Brazo articulado con taladro (0.5 m)

Misiones NASA (III)



Mars Science Laboratory (2010)

- Rover (800kg) con más y mejores instrumentos (65 kg) que Spirit y Opportunity (~5 kg)
- Análisis de suelo y rocas con énfasis en sus condiciones biológicas
- Puede mantener su funcionamiento durante la noche, a la sombra y en las tormentas
- Fuente energética nuclear

Mars Telecommunications Orbiter

- Lanzamiento en 2009
- Diseñado como enlace para transmitir señales desde las sondas a la Tierra
- Órbita muy alta
- Testar comunicaciones con láser
- Cancelada ... por ahora

Misiones NASA (Resumen)

En Marte

En camino

Próximamente ...



Mars Global Surveyor



Mars Odyssey



Opportunity



Spirit

2005



Mars Reconnaissance Orbiter



2007



Phoenix Scout

2009



Mars Telesat Orbiter



Mars Science Laboratory

2011

Competed Scout Missions



Technology Testbed Lander

Misiones ESA: Mars Express

Orbitador y módulo de descenso (Beagle 2)

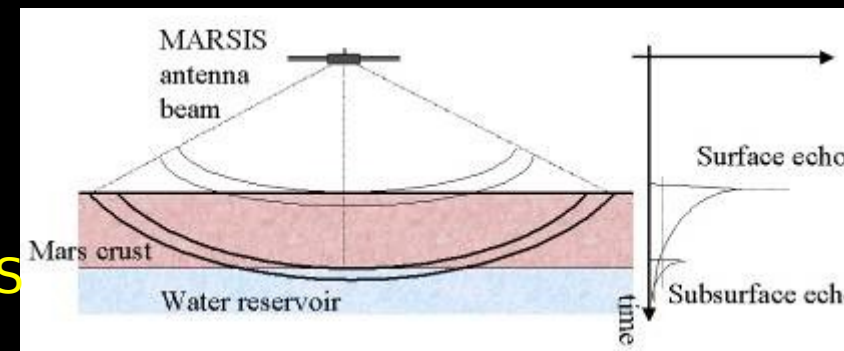
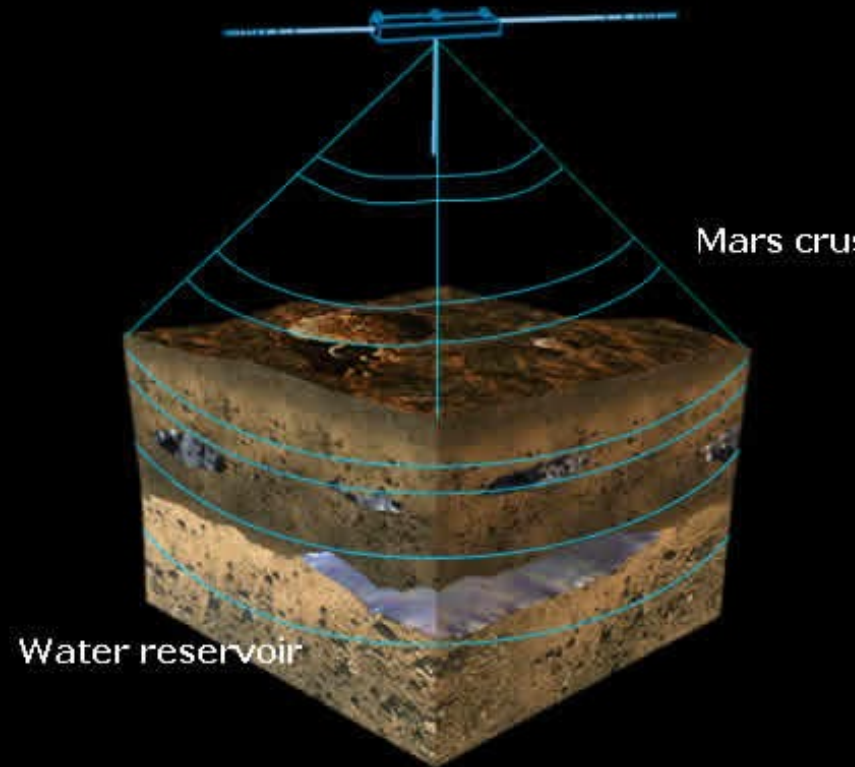
- Beagle desapareció sin rastro alguno (2004)
- Orbitador en perfecto funcionamiento (2004-...)

Descubrimientos notables:

- Cráteres de impacto enterrados en la arena, hielo de agua bajo superficie
- Metano atmosférico en regiones ecuatoriales cercanas al hielo sub-superficial.

Instrumento **MARSIS**

- Busca agua subterránea
- Reflexión del radar es muy distinta en agua y roca, puede ser detectada MARSIS
- Radar es capaz de penetrar en tierra varios kilómetros de profundidad

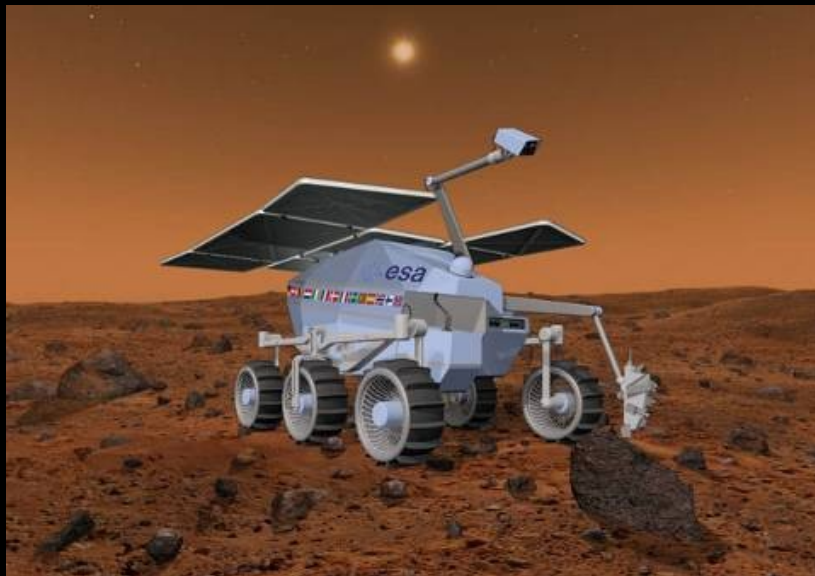


Misiones ESA: Exomars

- Orbitador y módulo de descenso con un rover
- Lanzamiento 2016 y 2017
- Duración : 1 año marciano (dos terrestres)

Carga útil:

- 10 kg Exobiología (Pasteur)
- Cámara panorámica (2 cámaras del Beagle)
- Paquete geofísico GEAP(Sismógrafo, impactos, ELF (IAA-CSIC))



Objetivos científicos.

- Investigar señales de vida presentes o pasadas.
- Aumentar el presente conocimiento del medio ambiente marciano
- Identificar y caracterizar la radiación superficial (misión tripulada).

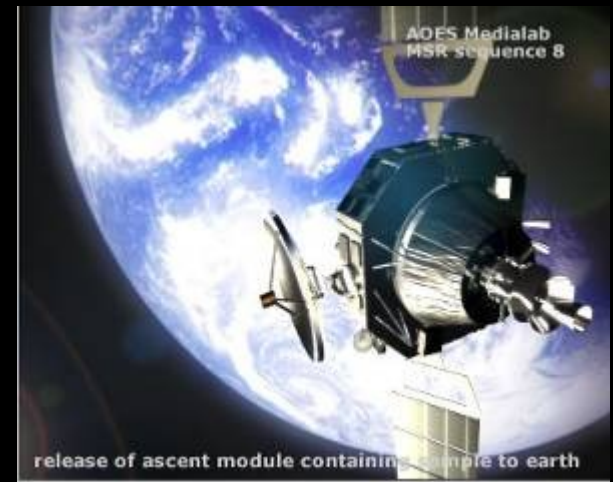
Misiones ESA/NASA: MSR

Mars Sample Return

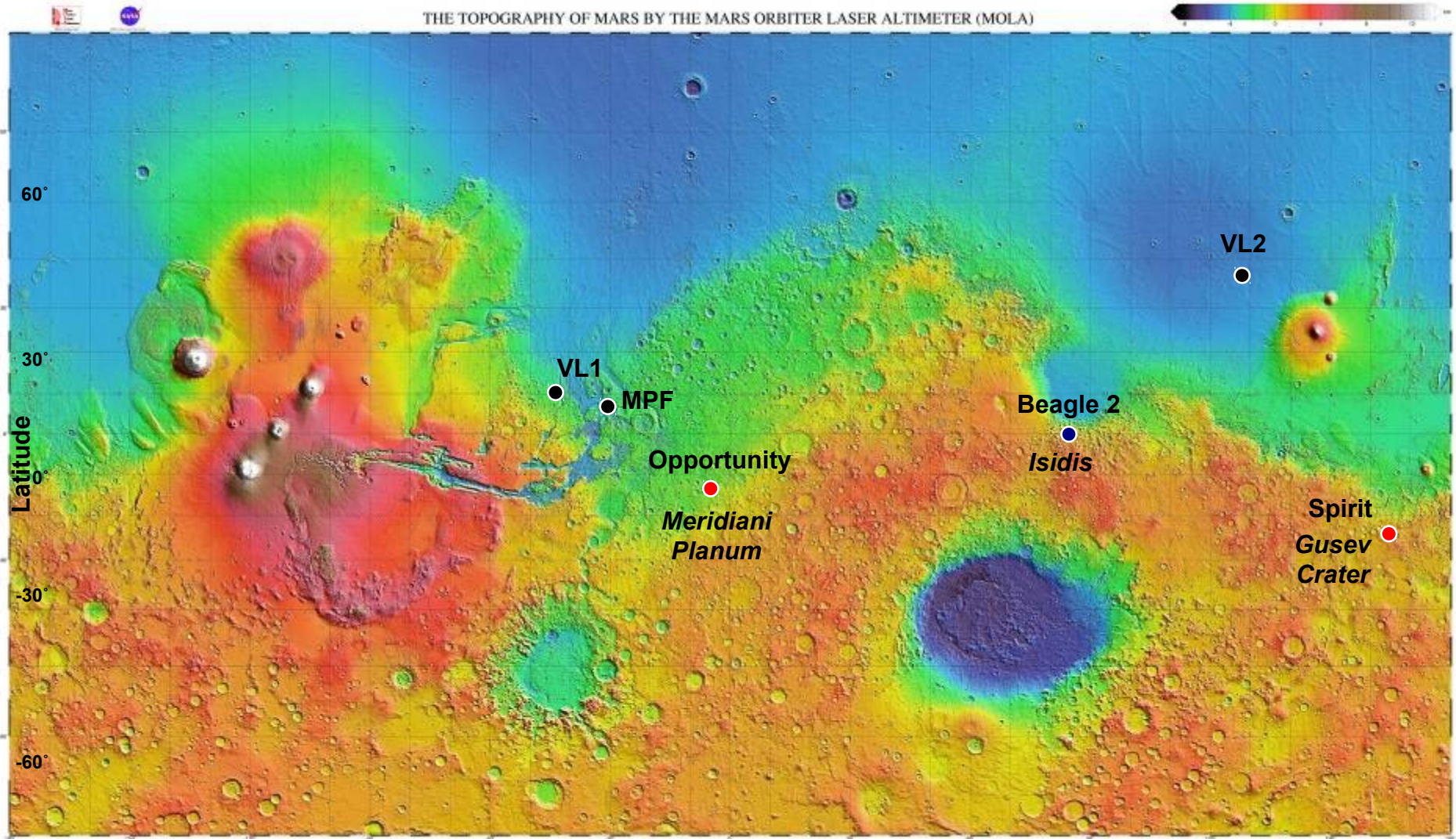
Traer muestras marcianas a la Tierra.

Laboratorios terrestres mucho más capacitados para el análisis

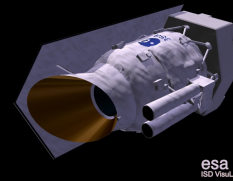
- Lanzamiento en 2015-2020
- Necesitaría de al menos dos misiones:
 - Orbitador y cápsula de reentrada
 - Módulo de descenso y vehículo salido
- Cooperación Internacional



Marte. Lugares de aterrizaje



Índice

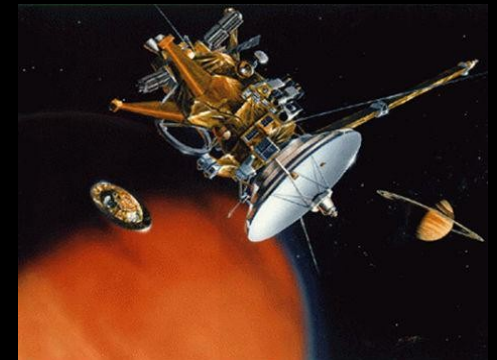


- Técnicas de observación

- Exploración "in situ"

→ • Una misión: *Cassini/Huygens*

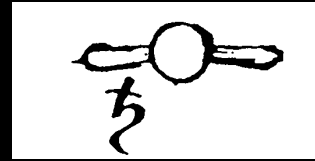
- La misión, objetivos
- La sonda Huygens
- Preparándose para el momento
- Por fin



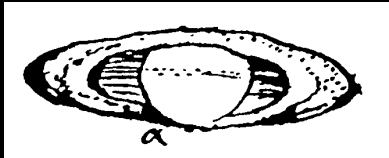
Cassini/Huygens. Descubriendo el Sistema de Saturno



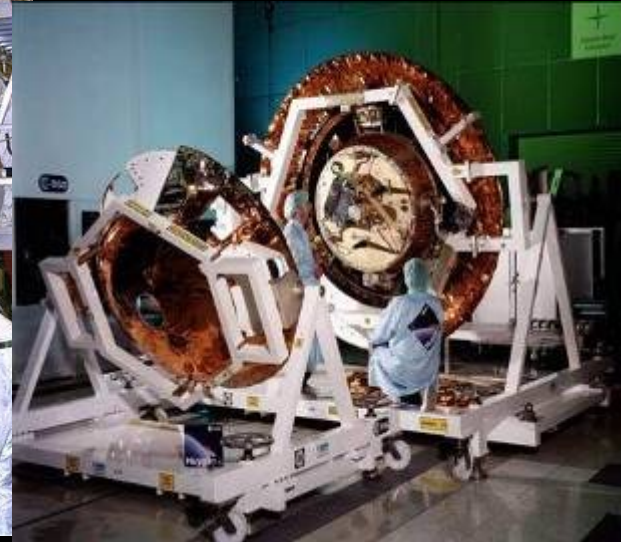
**Christiaan Huygens (1629-1695)
Su 1ª observación de Saturno (1655).**



Huygens probe



Cassini Orbiter

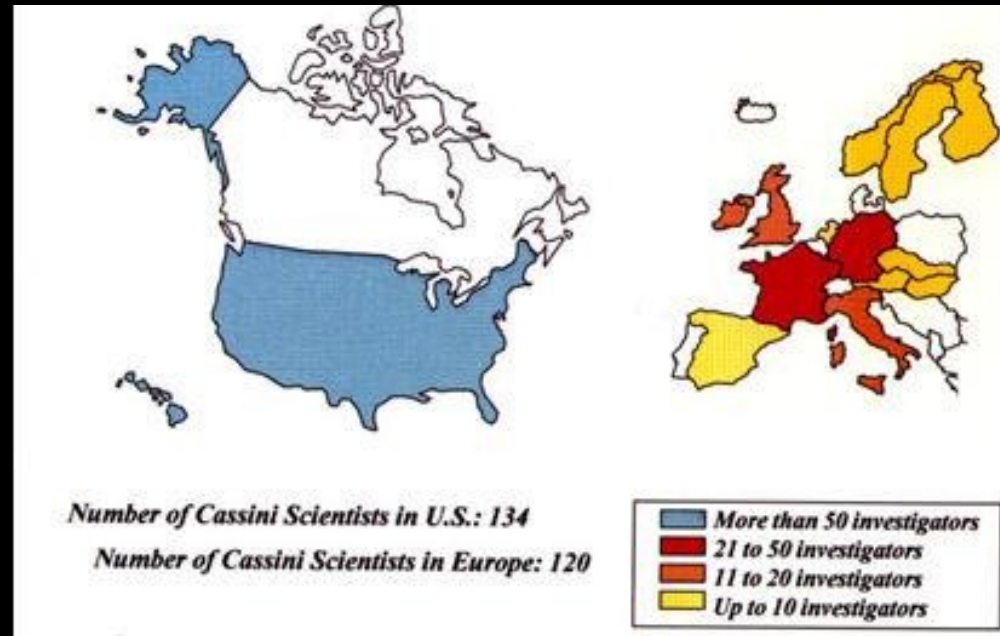


- **Cassini Orbiter (NASA):** Uno de los más grandes, pesados y completos vehículos espaciales. Observará el sistema Saturno durante 4 años.
- **Huygens Probe (ESA):** Se desprendió de Cassini, dedicada en exclusiva a la baja atmósfera y superficie de Titán (entre 180 y 0 km).

Lanzamiento



- Cabo Cañaveral, 15 de Octubre de 1997, Titan IVB inicia la mayor misión espacial desde que el hombre pisó la Luna.



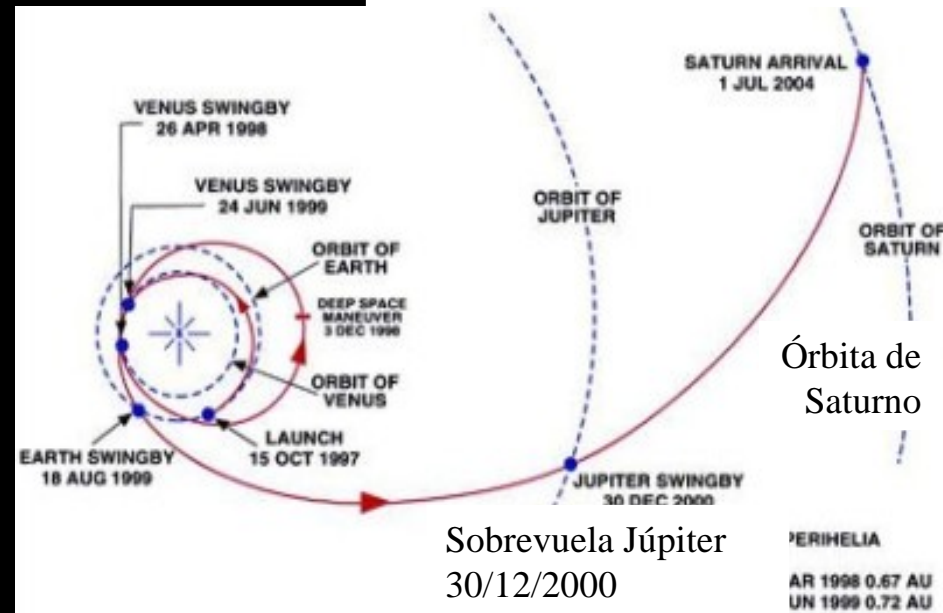
- Cassini/Huygens es una verdadera misión internacional

Las fechas

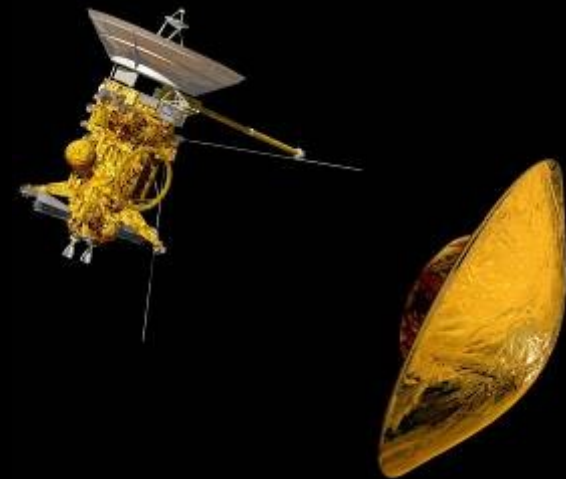
1980 Voyager llega a Titán
 90' Misión aprobación
 1997 Entrega instrumentos
 15 oct. 1997 Lanzamiento
 27 abr. 1998 Venus 284 km
 24 jun. 1999 Venus 603 km
 18 ago. 1999 Tierra 1173 km
 30 dic. 2000 Júpiter 9720 000 km
 1 julio 2004 Saturno
 dic. 2004 Huygens se separa
 14 ene. 2005 Huygens entra Titán

Órbita de Júpiter

Llega a Saturno 1/07/2004

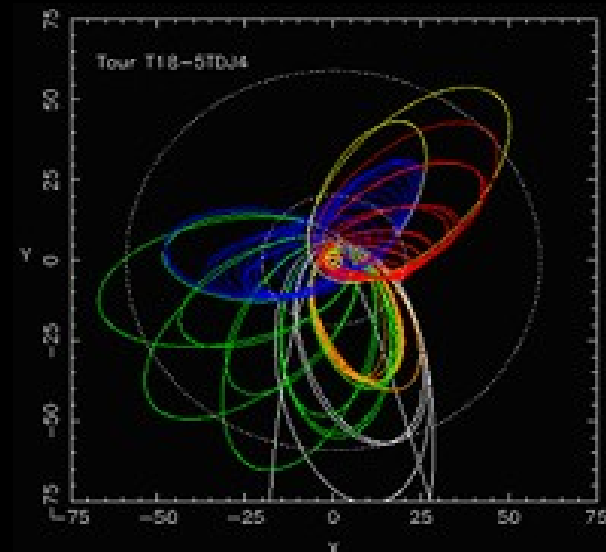


- Vuelo interplanetario de Cassini/Huygens



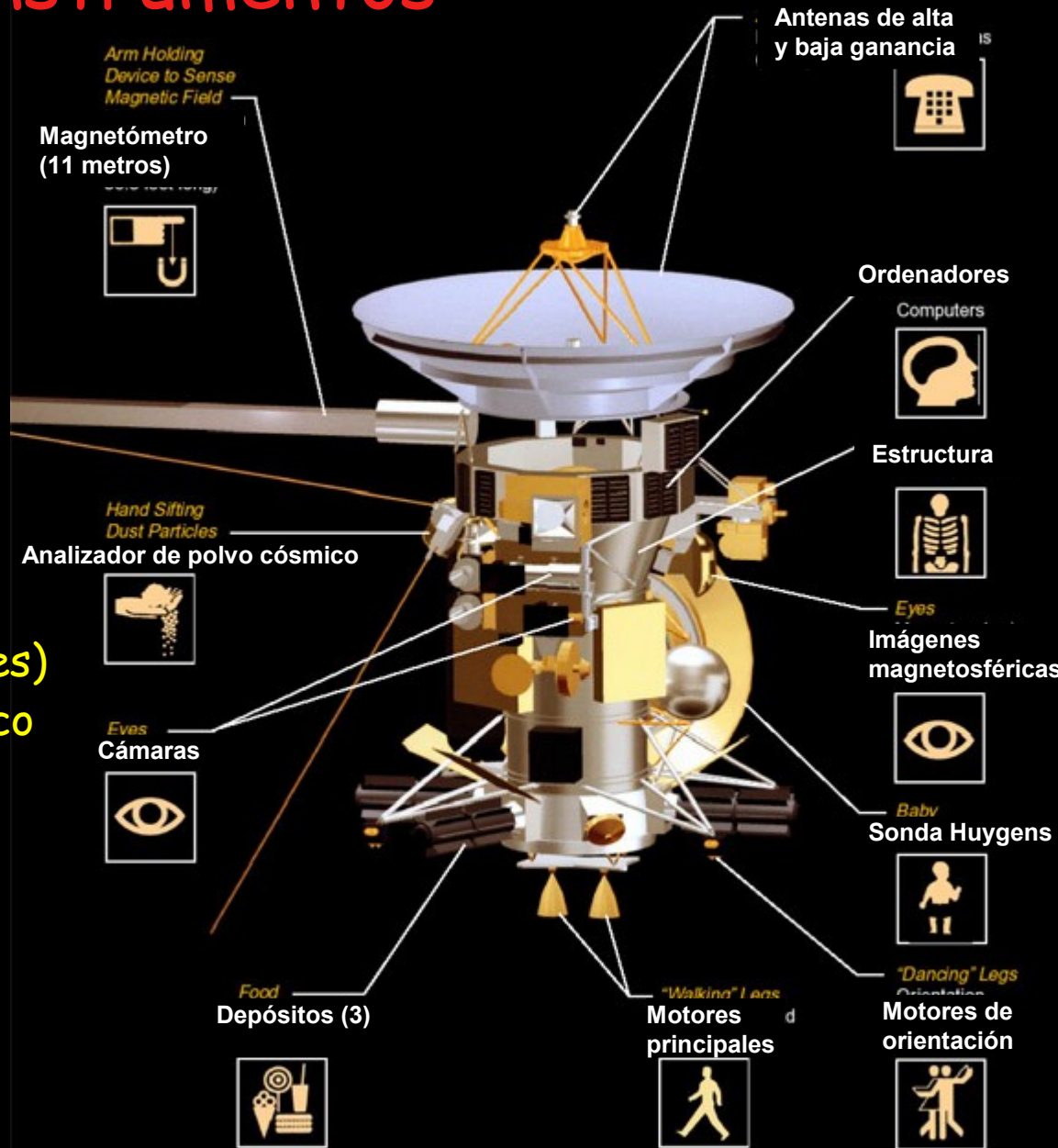
Cassini, un nuevo satélite de Saturno

- 74 órbitas a Saturno
- 44 pasadas por Titán
- 8 encuentros con satélites:
 - 3 Enceladus
 - Phoebe
 - Hypenon
 - Dione
 - Rea
 - Japetus
- 30 encuentros con satélites a distancia inferior a 100 000 km
- Muchas ocultaciones con Saturno y sus anillos



Dimensiones e Instrumentos

- Dimensiones 6.7x4 m
- Peso: 2.150 kg (Cassini)
3.132 kg (combustible)
350 kg (Huygens)
- Instrumentos:
 - Imágenes en infrarrojo, visible y ultravioleta.
 - Espectrómetro (i.r. y u.v.)
 - Espectrómetros de masas (iones, neutros y electrones)
 - Analizador de polvo cósmico
 - Magnetómetro
 - Sensores de ondas.
- Consumo 885 w, 633 w al final
- Combustible: generadores termoeléctricos por radioisótopos



Objetivos

- **Saturno** emite un 87% más de energía de la que recibe del Sol, ¿por qué?
- Origen de los **anillos** de Saturno
- Número y caracterización de todas las **lunas**
- Por qué no hay cráteres en la superficie de **Encelado**
- Origen de la materia oscura orgánica sobre **Iapeto**
- Que reacciones químicas ocurren en la atmósfera de **Titán**; ¿existen moléculas pre-bióticas?
- ¿Hay océanos en **Titán**?

Huygens

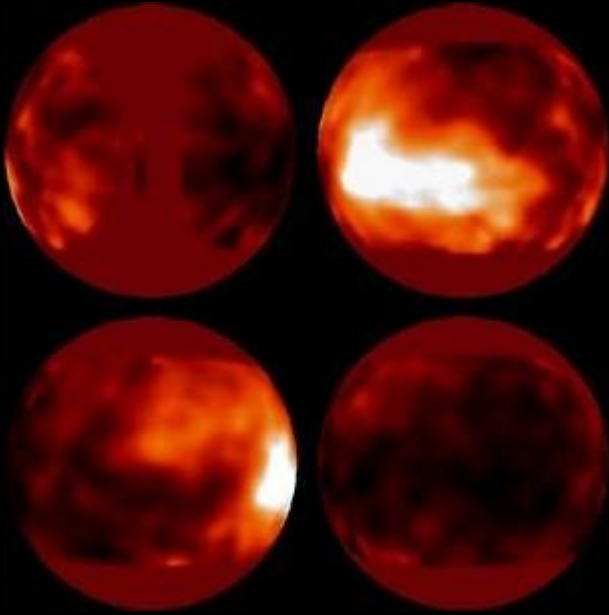


Imagen de la superficie de Titán en el infrarrojo.



Recreación de la entrada de la sonda Huygens en Titán el 14 de enero de 2005

- Titán, uno de los cuerpos más misteriosos del Sistema Solar, en parte por estar cubierto por densas nubes que dificultan su observación.
- Es un infierno helado, con temperaturas entre 90 y 95 K (-180°C) sobre su superficie, sin campo magnético protector.
- Lluvias de metano lavan la superficie helada de agua, amoníaco y dióxido de carbono. Posiblemente existan mares de metano e hidrocarburos.

Instrumentos a bordo de Huygens

- **Aerosol Collector and Pyrolyser (ACP),**
 - composición y propiedades de los aerosoles
- **Descent Imager/Spectral Radiometer (DISR)**
 - imágenes durante el descenso
- **Doppler Wind Experiment (DWE)**
 - propiedades de la atmósfera y movimientos de la sonda
- **Gas Chromatograph and Mass Spectrometer (GCMS)**
 - identificar y cuantificar constituyentes atmosféricos.
- **Huygens Atmosphere Structure Instrument (HASI)**
 - Presión, temperatura, propiedades eléctricas
- **Surface Science Package (SSP).**
 - aceleración, temperatura, conductividad térmica, calor de vaporización y velocidad del sonido en la superficie

HASI - International Cooperation

Observatoire de Paris (OPM), University of Paris, Meudon, France	HASI Principal Investigator
Department of Communication Engineering and Wave Propagation, University of Technology, Graz, Austria	HASI Acoustic Unit Calibration
Finnish Meteorological Institute (FMI), Department of Geophysics, Helsinki, Finland	HASI Pressure Sensor and Radar Interface
Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement (LPCE), CNRS, Orléans, France	PWA Pre-Amplifier and Science
University of Padova (UPD), Department of Mechanical Engineering, Padova, Italy	HASI Instrument Manager
Officine Galileo (OG), Florence, Italy	HASI Technical Management, Production of the HASI Electronics
Agenzia Spaziale Italiana (ASI), Rome, Italy	HASI Management
ESTEC, Noordwijk, The Netherlands	PWA Booms, Science
Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA), CSIC, Granada, Spain	PWA Analogue Electronics
University of Kent (UKC), England, UK	HASI Accelerometer



Back to **Huygens** main page

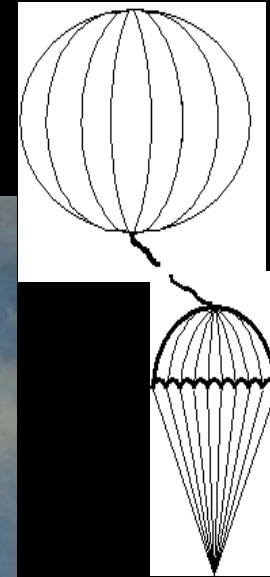
Preparándose para el momento

Objetivos:

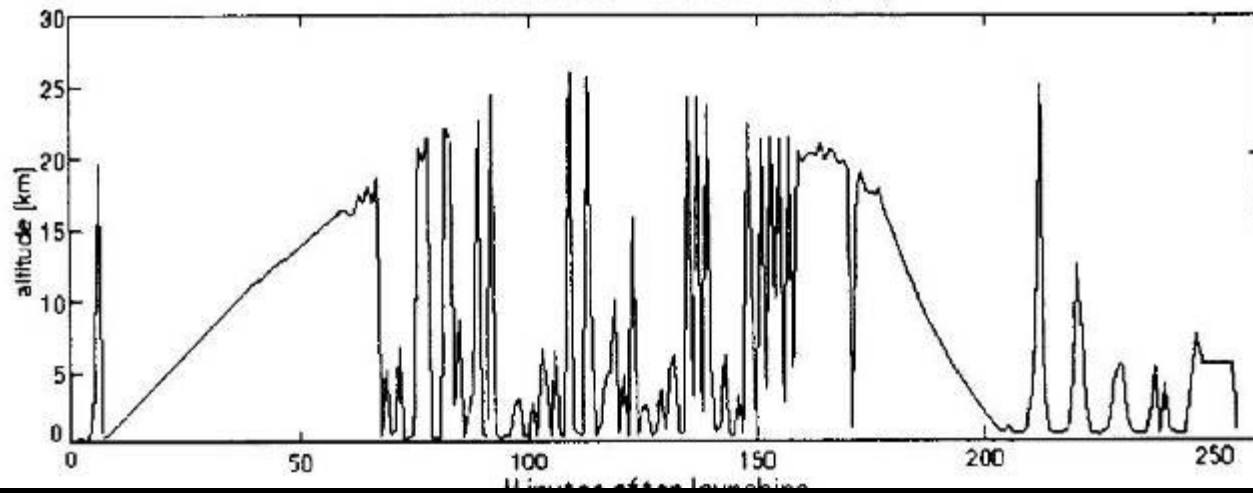
- Comprobar el funcionamiento de HASI en una atmósfera *real* y conocida
- Adquirir experiencia con las medidas.

Campañas

- León1995 (Comas Solá I)
 - Funcionamiento correcto temperatura, presión, aceleración
 - Corrección al RADAR
- Trápani1997 (Comas Solá II), Italia
 - Funcionamiento correcto
 - Caída precipitada del globo
- Trápani2003, Italia
 - Funcionamiento correcto
- Antártida 2005/2006 (cancelado)

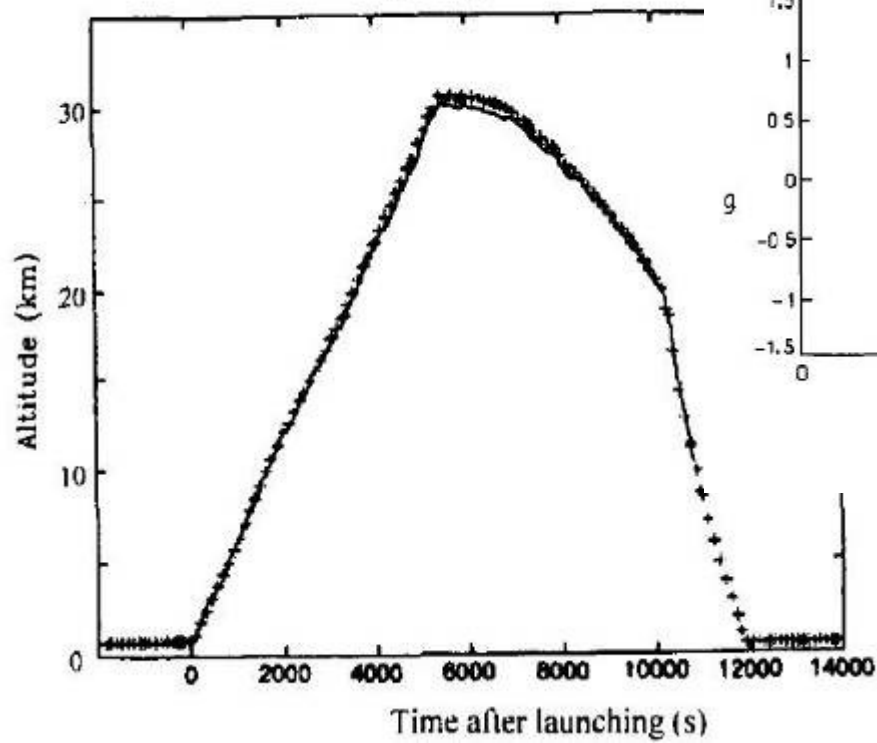


HASI balloon test: measured altitude (radar)



Comas Sola Mission to Test HUYGENS/HASI Instrument

Flight profile



accelerometer data

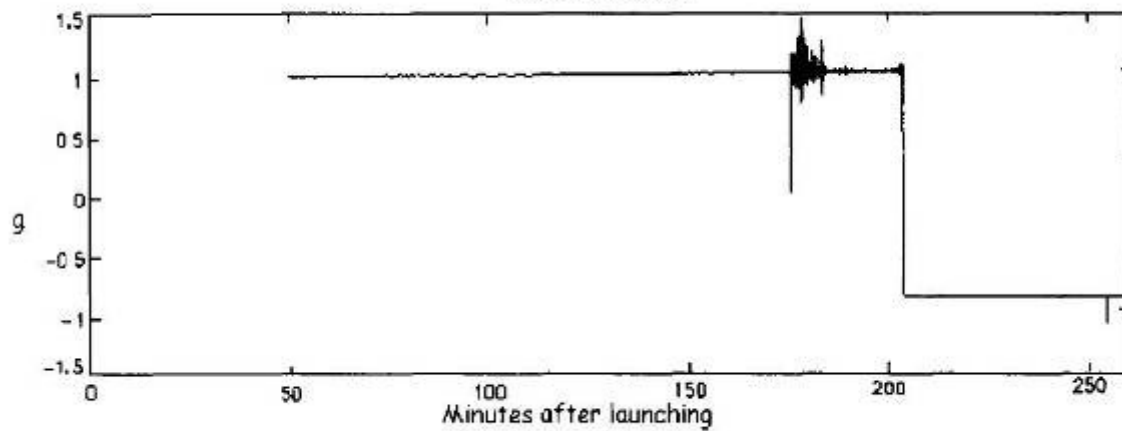
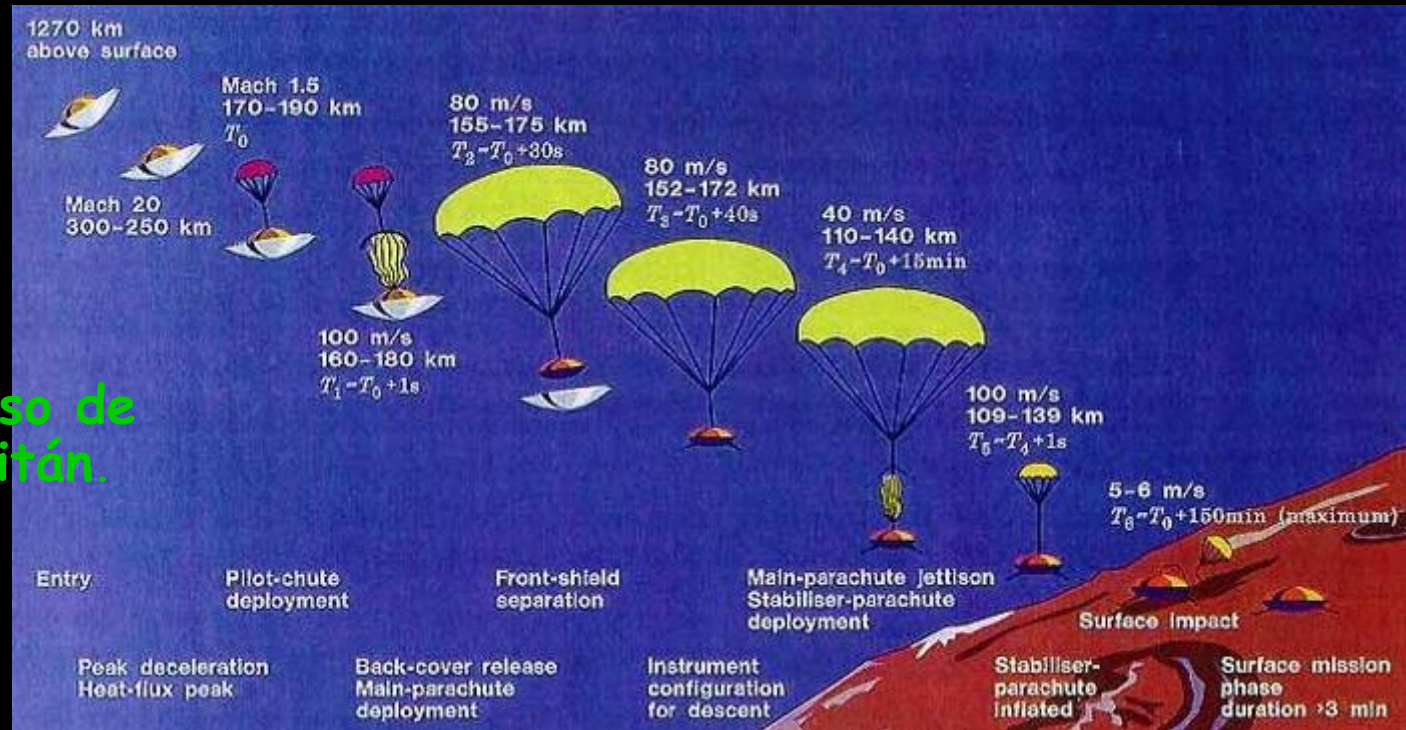


Fig. 7. Acceleration in units of gravity obtained by ACC.

El descenso

Fases del descenso de Huygens sobre Titán.



- La sonda Huygens (ESA) se separó del satélite orbital Cassini (NASA) cerca de Titán y después de 22 días de viaje en solitario el 14 de enero entró en la atmósfera de Titán.
- La entrada de la sonda Huygens en la atmósfera de Titán fue un acontecimiento espectacular. El plasma delante del escudo protector alcanzó los 12 000 grados. El descenso entre las nubes de metano se suavizó con varios paracaídas. Tardó unas 2 horas y media en recorrer los últimos 170 km de atmósfera. Durante este tiempo la mayoría de los dispositivos científicos estuvieron operativos.

Huygens aterriza con éxito sobre Titán



ESA Life in Space Expanding Frontiers Improving Daily Life Protecting the Environment Benefits for Europe

14-Jan-2005

ESA activities

- Aurora
- Observing the Earth
- Human Spaceflight
- Launchers
- Navigation
- Space Science
- Spacecraft Engineering
- Spacecraft Operations
- Telecommunications
- Future activities

Multimedia

- ESA Multimedia gallery
- National galleries

Media Centre

- Press Releases
- Information Notes
- ESA Television

ESA and the EU

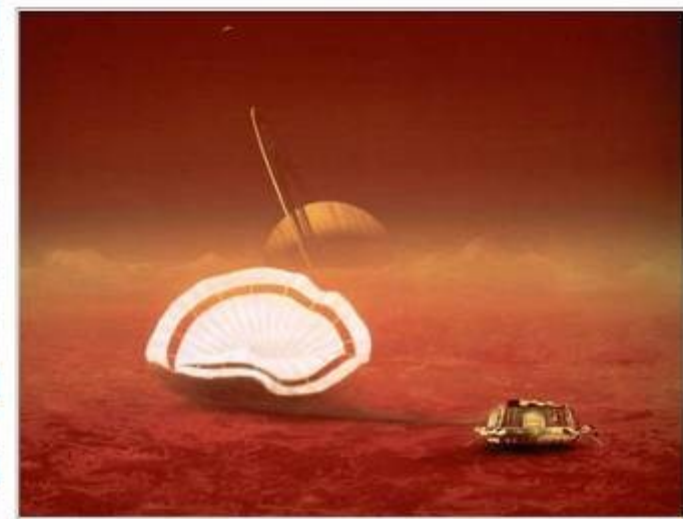
- Cooperation

Business with ESA...

Services

- Calendar
- Publications
- Frequently asked questions
- ESA-sponsored Conferences
- Help

National News



Europe reaches new frontier – Huygens lands on Titan

14 January 2005 ESA PR 03-2005. Today, after its seven-year journey through the Solar System on board the Cassini spacecraft, ESA's Huygens probe has successfully descended through the atmosphere of Titan, Saturn's largest moon, and safely landed on its surface.

Full story >



Radio astronomers confirm Huygens entry in the atmosphere of Titan

Focus on



- Cassini-Huygens
- ESOC Virtual Tour
- Webcam from ESOC

'Focus on' Archive

Mars images



- Latest Mars images
- Mars Express

Space Live



- See the ISS
- Building the ISS
- The Sun now
- Weather today
- Ozone watch
- Earth observation orbits



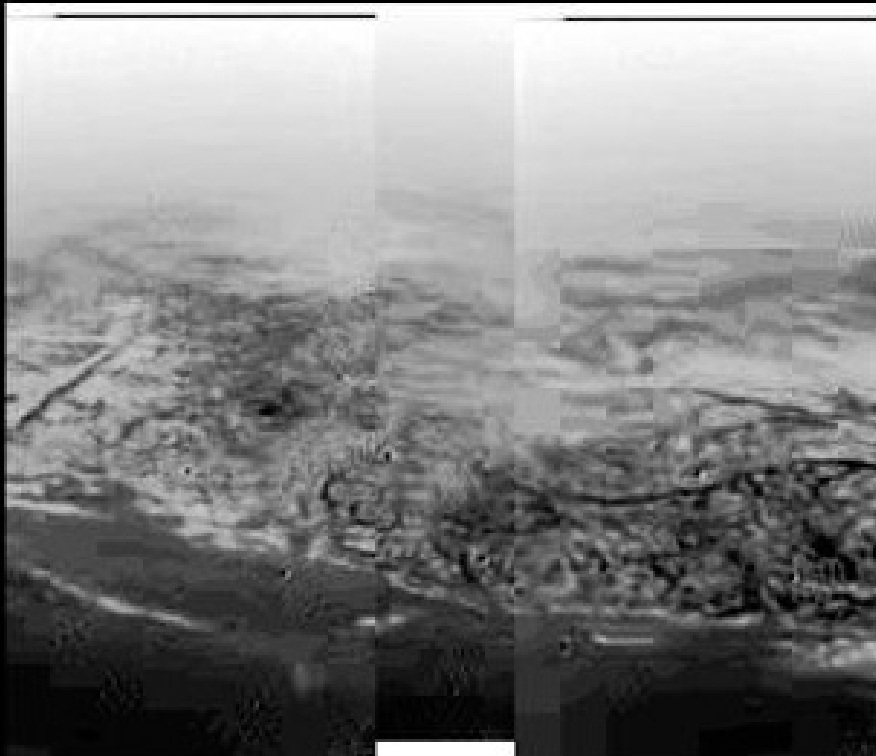
Education

- Education

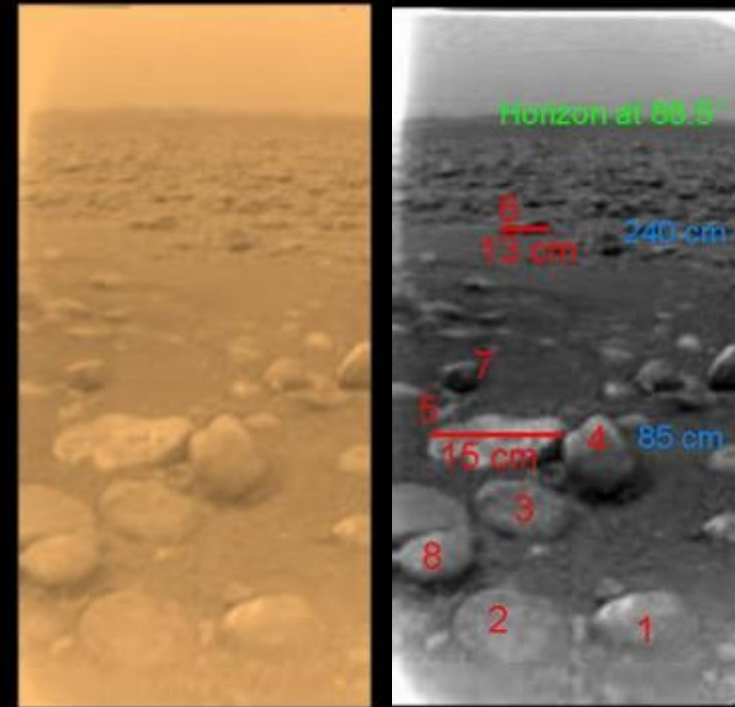
Careers in Space

- Careers at ESA

Primeras imágenes de Huygens (DISR)



Mosaico de imágenes obtenidas durante el descenso, se aprecia la frontera entre tierras altas (brillantes) y tierras bajas (oscuras)



- Imagen tomada desde la superficie

Propiedades de la superficie

- Aterrizó sobre superficie sólida con indicios de cambios de fase
- Superficie rocosa con hielos
- Canales de drenaje

Conclusiones

- La investigación espacial vive una nueva etapa dorada, marcada por la colaboración entre países
- El número, calidad y variedad de las misiones ha experimentado un aumento destacable en los últimos años.
- Un futuro marcado por consideraciones políticas, no científicas ni económicas.
- La tecnología actual permite abordar objetivos cada vez más ambiciosos (Roseta, New Horizons, MSR).
- Los resultados obtenidos permiten conocer mejor el Sistema Solar: origen, evolución y propiedades actuales.

Gracias por su atención

