IEEC INSTITUT D'ESTUDIS ESPACIALS DE CATALUNYA

CSIC CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

DOSIER DE PRENSA

lisa pathfinder

LISA Pathfinder pone a prueba la tecnología que permitirá detectar las ondas gravitacionales

Esta misión de la Agencia Espacial Europea (ESA) cuenta con una destacada participación española, especialmente a través del grupo de Astronomía Gravitacional-LISA del Instituto de Ciencias del Espacio (IEEC-CSIC), que ha creado el ordenador a bordo, los sistemes de diagnóstico de altísima estabilidad y sensibilidad, y el software de control de ambos.

La misión **LISA Pathfinder** de la ESA tiene como objetivo probar las tecnologías necesarias para el futuro observatorio de ondas gravitacionales eLISA. Pero para poder detectar estas ondas hace falta primero controlar masas en caída libre en el espacio, y la complejidad que ello conlleva hizo que la ESA decidiera realizar primero una **misión tecnológica**, una especie de ensayo general para comprobar que, efectivamente, es viable.

Se trata de un **desarrollo tecnológico sin precedentes**, con precisiones del orden de los picómetros (la billonésima parte de un metro). Y buena parte de esta tecnología la ha desarrollado el grupo de Astronomía Gravitacional-LISA del **Instituto de Ciencias del Espacio**, un centro conjunto del **Institut d'Estudis Espacials de Catalunya (IEEC)** y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), con sede en el campus de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Las ondas gravitacionales, el sonido secreto del Universo

La evolución de la astronomía de las últimas décadas va unida al desarrollo de la observación de todo el espectro electromagnético: desde la luz visible a las frecuencias más extremas de la luz ultravioleta, los rayos infrarrojos o incluso las microondas y las ondas de radio. Se ha llegado muy lejos, pero aún quedan unos cuantos interrogantes por resolver.

La respuesta podría venir de un **campo totalmente diferente**, todavía por explorar, que esconde las claves del nacimiento y evolución del Universo, pero buena parte de su acción es oscura: no emite ninguna radiación electromagnética, no la 'vemos'. **Si hasta ahora nos hemos fijado en la luz, el estudio de las ondas gravitacionales permitirá 'escuchar' el sonido del Universo.** Y con ello, se espera, se desvelarán sus secretos.

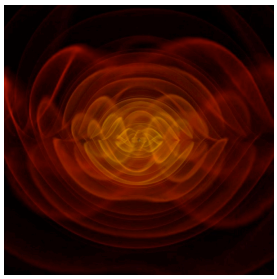


Imagen: NASA/C. Henze

Cien años después de la Teoría de la Relatividad

La existencia de las ondas gravitacionales la **predijo Albert Einstein** en la Teoría General de la Relatividad, que justamente **afora cumple cien años** de su publicación. Las ondas gravitacionales son ondulaciones en el tejido del espacio-tiempo producidas por los acontecimientos más violentos del Universo, como la fusión de agujeros negros o la explosión de supernovas.

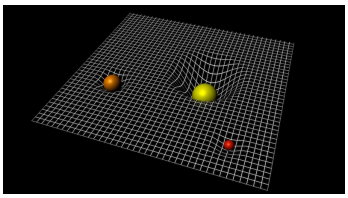


Imagen: ESA–C.Carreau

La teoría indica que las ondas gravitacionales han de ser abundantes en el Universo y que han de transportar información sobre los fenómenos que las originaron y sobre la naturaleza de la gravedad, **con datos imposibles de obtener mediante otras herramientas astronómicas**. Encontrarlas permitirá escuchar las ondas producidas por los sistemas binarios de objetos compactos como los agujeros negros y las estrellas de neutrones, por explosiones de supernovas y, probablemente, por el propio Big Bang que dio lugar al inicio del Universo conocido. Es posible que incluso se pueda llegar a saber más de la energía oscura. No hay duda de que **revolucionará muchas áreas de la astrofísica, la cosmología y la física fundamental** y pondrá a prueba la Teoría de la Relatividad como no se había hecho antes.

Hasta ahora sólo tenemos pruebas indirectas de las ondas gravitacionales gracias a las observaciones que realizaron Russell Hulse y Joseph Taylor a finales de los años 70 del primer púlsar en un sistema binario, descubrimiento que les comportó el Nobel de Física en 1993. Se espera que la segunda generación de detectores avanzados terrestres, que acaba de entrar en funcionamiento, realice las primeras detecciones antes del final de esta década.

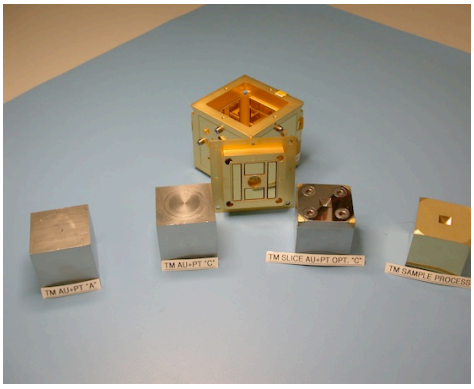
Sin embargo, desde la Tierra es imposible acceder a las ondas gravitacionales que emiten los agujeros negros supermasivos, sistemas binarios ultracompactos y otras fuentes que permitirían un programa científico sin precedentes. Por tanto, el próximo paso es tratar de **observarlas desde el espacio**, para lo cual se requiere una tecnología sin precedentes y de precisión extrema. Y eso es exactamente lo que hará LISA Pathfinder.

LISA Pathfinder, el experimento de la quietud absoluta

Para detectar las ondas gravitacionales hay que **medir la distancia entre dos cuerpos en caída libre con una precisión altísima**, sin ninguna otra perturbación que altere sus posiciones. De esta manera, si una onda gravitacional pasa entre ellos dos, afectará a su separación y se podrá detectar.

Conseguir las **condiciones casi perfectas de caída libre** resulta muy complejo: hay que **contrarrestar todo el resto de fuerzas**, desde la presión que causa la radiación solar a los efectos de temperatura o fuerzas magnéticas del propio satélite. Por eso la ESA decidió realizar primero una **misión de prueba tecnológica**, antes de desplegar un observatorio de ondas gravitacionales. LISA Pathfinder es por tanto un banco de pruebas en el que se ha desarrollado y se validará la tecnología que más adelante se usará en el futuro observatorio.

LISA Pathfinder incluye **dos masas de prueba idénticas** que flotarán libremente dentro de dos contenedores al vacío. Estas masas de prueba tienen forma de cubo de 46 milímetros de lado. Están hechas de una **aleación de oro y platino** (73% de oro y 27% de platino) que elimina cualquier influencia de las fuerzas magnéticas y pesan 1,96 kg cada una. Durante el lanzamiento y la puesta en órbita irán sujetas, y se liberarán para pasar a flotar en el vacío ya en un entorno totalmente controlado. Esta será, sin duda, la parte más sensible de la misión.



Masas de prueba
Imagen: ESA

Conjunto de tecnología de LISA Pathfinder
Imagen: ESA/ATG medialab

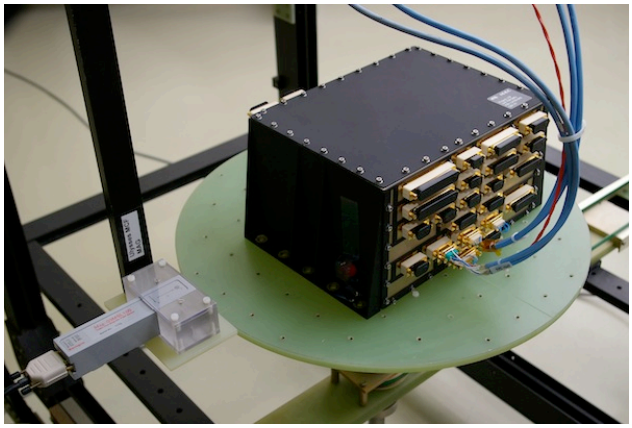
Vista esquemática de LISA Pathfinder
Imagen: ESA/ATG medialab

Una vez liberadas, las masas de prueba estarán a una distancia de 38 centímetros. Un interferómetro láser medirá continuamente la posición y orientación de estos dos cuerpos con una precisión de 10 picómetros (la billonésima parte de un metro, 10^{-12}). Lo más complicado será **mantener las condiciones de caída libre**. El ordenador principal recibirá la información de todos los sensores y mantendrá la posición relativa del satélite para que no afecte a las masas de prueba, con diversas maniobras minúsculas de reposicionamiento cada segundo. Hay que tener en cuenta que **la fuerza equivalente al peso de una bacteria sobre una de les masas de prueba desequilibraría todo el experimento**.

El éxito de LISA Pathfinder permitirá replicar estas condiciones a una escala mucho mayor. De hecho, la Agencia Espacial Europea ya ha aprobado que la tercera misión de clase grande, la misión L3, se dedicará a un observatorio espacial de ondas gravitacionales. Este observatorio seguirá el concepto de LISA (Antena Espacial de Ondas Gravitacionales, Laser Interferometer Space Antenna en inglés), de aquí el nombre de LISA Pathfinder. Este observatorio también medirá con altísima precisión la distancia entre parejas de masas, pero ahora estas masas estarán en tres naves espaciales diferentes separadas por más de un millón de kilómetros. Es con estas distancias con las que se podrán llegar a detectar las ondas gravitacionales provenientes de los fenómenos más interesantes del Universo.

El papel del Instituto de Ciencias del Espacio (IEEC-CSIC)

El grupo de Astronomía Gravitacional-LISA del Instituto de Ciencias del Espacio (centro conjunto del IEEC y el CSIC) ha tenido un papel muy destacado en el desarrollo de la misión LISA Pathfinder. Este grupo ha diseñado y construido la **Unidad de Gestión de Datos (DMU), el ordenador a bordo que controla los experimentos científicos** de LISA Pathfinder. Para la construcción de la DMU han colaborado los investigadores del instituto y la **empresa SENER**. También se ha encargado de la programación: **todo el software** de la DMU, tanto el sistema operativo com el software de aplicaciones científicas. La **empresa GMV** ha participado en la verificación de este software.



Data Management Unit (DMU), el ordenador a bordo diseñado en el Instituto de Ciencias del Espacio (IEEC-CSIC)

Imagen: ESA

Además, el ICE (IEEC-CSIC) ha sido el responsable del **sistema de diagnósticos, un conjunto de actuadores y sensores de alta sensibilidad y precisión para el control térmico y magnético**, y un **monitor de radiación de partículas cósmicas ionizadas**. También se ha encargado del desarrollo de **toda la electrónica asociada con el sistema de diagnósticos** que permitirá medir con una precisión sin precedentes. Finalmente, el grupo de Astronomía Gravitacional-LISA ha tenido una participación muy importante en el desarrollo de las herramientas de análisis científico que se usarán en el procesado de los datos, así como en el diseño de los experimentos que se llevarán a cabo en Pathfinder.

El subsistema de diagnóstico térmico, en el que ha colaborado el **Grup de Recerca en Ciències i Tecnologies de l'Espai de la Universitat Politècnica de Catalunya (IEEC-UPC)**, es un conjunto de sensores y actuadores que permiten medir y aplicar calor para analizar los efectos de la temperatura sobre las masas en caída libre con gran precisión. De una manera parecida, el subsistema de diagnóstico magnético estudia las fuerzas magnéticas.

El monitor de radiación de partículas, en el qe ha participado el **Institut de Física d'Altes Energies (IFAE) de la Universitat Autònoma de Barcelona,** es un contador de partículas que estima la carga que llega y se acumula en las masas de prueba.

Todo ello permitirá demostrar y calibrar cuáles son las contribuciones de ruido que hacen que las masas se desvíen de seguir una trayectoria geodésica pura. Es decir, la caída libre sin interferencias.

La participación del ICE (IEEC-CSIC) en la misión LISA Pathfinder comenzó hace más de una década y actualmente ocupa a una decena de investigadores, con Carlos F. Sopuerta como investigador principal actual de este grupo. El impulso inicial tuvo lugar en el año 2004 de la mano del profesor Alberto Lobo, quien lideró el proyecto hasta su fallecimiento en 2012. En reconocimiento a su labor, la Agencia Espacial Europea ha decidido incorporar una placa con su nombre en el instrumento que ahora se lanzará al espacio.

Miembros del grupo de Astronomía Gravitacional - LISA del Instituto de Ciencias del Espacio (IEEC-CSIC)

Carlos F. Sopuerta, investigador principal del grupo de Astronomía Gravitacional-LISA de l'ICE (IEEC-CSIC) en la misión LISA Pathfinder, y César García Marirrodriga, Project Magager de la misión en la ESA. En las instalaciones de IABG, en Alemania, donde se acabó de realizar la integración de LISA Pathfinder y se entregó el satélite. 1 de septiembre de 2015.

Colaboración internacional

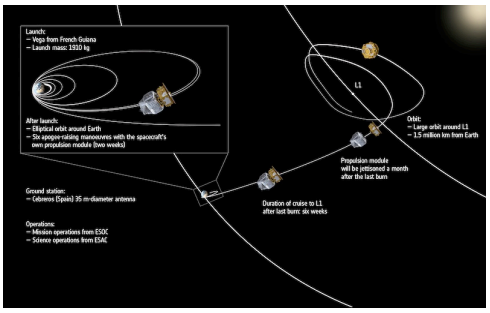
LISA Pathfinder es una misión de la Agencia Espacial Europea (ESA), y ha contado también con una pequeña participación de la NASA.

La carga científica ha sido desarrollada por consorcio de siete países: Alemania, Reino Unido, Italia, España, Francia, Suiza y Países Bajos. El grupo de Astronomía Gravitacional-LISA del Instituto de Ciencias del Espacio (IEEC-CSIC) es el responsable de la contribución española.

Lanzamiento y calendario

La carga científica se integró en el satélite a principios de verano. En septiembre se trasladó todo el conjunto al puerto espacial que la Agencia Espacial Europea tiene en Kourou (Guayana francesa). Desde allí se **lanzará** en la madrugada del **próximo 2 de diciembre** (hora europea continental), rumbo al **punto L1 de Lagrange, a 1,5 millones de kilómetros de la Tierra** en dirección al Sol, donde está previsto que llegue a mediados de enero. Esta ubicación garantiza la energía solar necesaria para el funcionamiento del satélite y mantiene una distancia casi constante para comunicarse con la Tierra. Y, sobre todo, es un **lugar tranquilo del espacio**, alejado de cualquier cuerpo masivo que pudiera afectar al satélite y al experimento.

Impresión artística del lanzamiento
Imagen: ESA/ATG medialab



Del lanzamiento hasta el punto L1 de Lagrange
Imagen: ESA/ATG medialab

Un mes más tarde, a mediados de febrero, se liberarán las masas de prueba, en el que será el momento crucial de la misión. Entonces podrán comenzar a realizarse los experimentos programados, hasta el mes de septiembre de 2016.

Durante los meses de experimentos científicos, LISA Pathfinder enviará la información diariamente a través de la antena parabólica de 35 metros de diámetro que la Agencia Espacial Europea tiene en Cebreros (provincia de Ávila), desde donde se transmitirá al centro de operaciones de la misión en Darmstadt (Alemania). El grupo de Astronomía Gravitacional-LISA contará con **un centro de control para la misión** LISA Pathfinder en el edificio del **Instituto de Ciencias del Espacio (IEEC-CSIC)** en el campus de la UAB en Bellaterra.

LISA, el experimento del futuro

El éxito de LISA Pathfinder será un paso decisivo que conducirá al desarrollo de un observatorio de ondas gravitacionales en el espacio. Está previsto que la Agencia Espacial Europea comience las actividades tecnológicas en esta dirección el mismo 2016. Se estima que el lanzamiento de la misión tendrá lugar hacia el año 2034. Este observatorio espacial, según ha recomendado recientemente el comité GOAT (siglas de Gravitational Observatory Advisory Team) de la ESA, se basará en el concepto de la misión LISA/eLISA que se ha estudiado durante más de dos décadas. El grupo de Astronomía Gravitacional-LISA del ICE (IEEC-CSIC) está muy bien posicionado para participar de manera significativa, ya que ha tomado parte en todas las actividades que han llevado a la aceptación de un observatorio espacial de ondas gravitacionales en el espacio como misión de la ESA. Estas actividades han estado organizadas por el consorcio de eLISA, donde el grupo de Astronomía Gravitacional-LISA del ICE (IEEC-CSIC) cuenta con miembros en el comité ejecutivo y en los principales grupos de trabajo.

Más información y contacto con los investigadores:

Anna Boluda
Comunicació IEEC
Tel: +34 619774516
comunicacio@ieec.cat

Dr. Carlos F. Sopuerta
Institut de Ciències de l'Espai (IEEC-CSIC)
Campus UAB,
Carrer de Can Magrans s/n
08193 Cerdanyola del Vallès (Barcelona), Spain
Tel: + 34 93 737 9788 (933021)
Email: sopuerta@ieec.cat
http://gwart.ice.csic.es

Dr. Miquel Nofrarias
Institut de Ciències de l'Espai (IEEC-CSIC)
Campus UAB,
Carrer de Can Magrans s/n
08193 Cerdanyola del Vallès (Barcelona), Spain
Tel: + 34 93 737 9788 (933010)
Email: nofrarias@ieec.cat
http://gwart.ice.csic.es