



IGFAE

Instituto Galego de Física de Altas Enerxías



EXCELENCIA
MARÍA
DE MAEZTU



Universitat
de les Illes Balears



**Institute of Applied Computing
& Community Code.**



VNIVERSITAT
D'VALENCIA



Valencia Virgo Group



**Institut de Física
d'Altes Energies**



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



Institut de Ciències del Cosmos
UNIVERSITAT DE BARCELONA



EXCELENCIA
MARÍA
DE MAEZTU

LIGO y Virgo reanudan la búsqueda de arrugas en el espacio-tiempo

Los detectores Virgo y LIGO están preparados para comenzar el nuevo período de observación llamado O3. La caza de ondas gravitacionales está lista para empezar el 1 de abril cuando el detector europeo Virgo, con base en Italia en el Observatorio Gravitacional Europeo (EGO, por sus siglas en inglés), y los detectores gemelos de LIGO financiados por la NSF, situados en los estados de Washington y Louisiana (EEUU), comenzarán a tomar datos para convertirse, conjuntamente, en el observatorio de ondas gravitacionales más sensible hasta la fecha. Durante este período, que durará un año, la Colaboración LIGO-Virgo registrará datos científicos de manera continua, y los tres detectores operarán

como un observatorio global. Desde agosto de 2017, cuando terminó el segundo período de observación (llamado O2), las dos colaboraciones han trabajado intensamente en sus interferómetros para mejorar la sensibilidad y fiabilidad.

“Para este tercer período de observación, hemos alcanzado mejoras significativamente más importantes con respecto a la sensibilidad de los detectores del último período”, dice Peter Fritschel, científico jefe del detector LIGO en el MIT. “Y con LIGO y Virgo observando juntos durante el próximo año, detectaremos con seguridad muchas más ondas gravitacionales y de más tipos de fuentes que jamás hemos visto. Estamos ansiosos por ver también nuevos eventos, tales como la colisión de un agujero negro y una estrella de neutrones.”

En 2015, después de que LIGO comenzara a observar por primera vez en un programa actualizado llamado LIGO Avanzado, pronto hizo historia al [realizar la primera detección directa de ondas gravitacionales](#). Las ondulaciones viajaron a la Tierra procedentes de la colisión de dos agujeros negros situados a 1.300 millones de años luz de distancia – un descubrimiento que condujo a la concesión del [Premio Nobel en Física en 2017](#).

Desde entonces, la red de detectores LIGO-Virgo ha descubierto nueve fusiones adicionales de agujeros negros y un choque explosivo de dos estrellas de neutrones. Ese evento, etiquetado como GW170817, generó no sólo ondas gravitacionales sino también luz, que fue observada por docenas de telescopios terrestres y espaciales.

“Con nuestros tres detectores operativos en este momento con una sensibilidad significativamente mejorada, la red global de detectores LIGO-Virgo espera realizar varias nuevas detecciones. Además permitirá la triangulación precisa de las fuentes de ondas gravitacionales. Esto será un paso importante hacia nuestra búsqueda en la astronomía de multi-mensajeros (fenómenos astronómicos observables por distintos canales, como luz y ondas gravitacionales)”, comenta Jo van den Brand de Nikhef (Dutch National Institute for Subatomic Physics) y VU University Amsterdam, portavoz de la colaboración Virgo.

“Ir desde la época pionera que condujo al descubrimiento histórico hasta la época actual de observaciones, donde el interferómetro y la infraestructura tendrán que operar impecablemente 24 horas al día, 7 días a la semana, durante un año completo, era y continúa siendo un desafío considerable”, dice Stavros Katsanevas, Director de EGO. “Confío sin embargo en que afrontaremos este desafío con el mismo éxito con el que afrontamos el anterior.”

La sensibilidad del detector se suele dar en términos de la distancia a la que se puede observar la fusión de un sistema binario de estrellas de neutrones. “Durante O2 Virgo Avanzado podía observar eventos asociados a estrellas de neutrones hasta una distancia de 88 millones de años luz”, comenta Alessio Rocchi, investigador del INFN y coordinador de la puesta en marcha de Virgo. “Ambas colaboraciones LIGO y Virgo han estado trabajando para mejorar la sensibilidad de los detectores, aprovechando también las actualizaciones instaladas en los interferómetros. No ha sido un camino directo en absoluto pero ciertamente muy gratificante.”

“La calidad de los datos registrados por los instrumentos es un factor determinante para detectar señales de ondas gravitacionales enterradas en el ruido y medir sus propiedades”, dice Nicolas Arnaud, investigador del CNRS actualmente promocionado a coordinador de caracterización del detector de EGO y Virgo. “Se ha conseguido progresar mucho en esa dirección desde O2, gracias al esfuerzo combinado de toda la colaboración, desde los instrumentalistas a los analistas de datos”.

Se espera que el resultado científico de O3 sea revolucionario, y potencialmente revelará nuevas señales emocionantes procedentes de nuevas fuentes tales como la fusión de sistemas binarios compuestos por un agujero negro y una estrella de neutrones. O3 tendrá asimismo como objetivo las ondas gravitacionales de larga duración, producidas por ejemplo por estrellas de neutrones girando de manera no simétrica con respecto a su eje de rotación. Sin embargo, la detección de tales señales, así como las de aquellas procedentes de explosiones supernova producidas tras el colapso de núcleos estelares y otras fuentes, es todavía un desafío enorme y la colaboración LIGO-Virgo está trabajando para conseguir este objetivo. Además, gracias a las actualizaciones de Virgo y LIGO, se espera que señales procedentes de la fusión de agujeros negros, tales como GW150914, la primera detección de ondas gravitacionales, sean muy comunes, hasta una por semana. Los científicos también esperan observar quizás hasta decenas de fusiones de estrellas de neutrones, como GW170817, que abrió la era de la astronomía de *multi-mensajeros* así como proporcionó revelaciones en la evolución de sistemas binarios, la física nuclear, la cosmología y la física fundamental.

Los científicos también han mejorado el análisis de los datos a posteriori y en tiempo real, y han desarrollado aún más los procedimientos para el comunicado de las Alertas Públicas Abiertas: notificarán en cuestión de minutos a las comunidades de física y astronomía la observación de un candidato potencial de ondas gravitacionales. “El nuevo software que hemos construido es capaz de enviar Alertas Públicas Abiertas en 5 minutos”, dice Sarah Antier, investigadora postdoctoral en la Université Paris Diderot y responsable del programa de baja latencia de la colaboración Virgo. “Esto permitirá hacer un seguimiento de la señal de onda gravitacional con búsquedas electromagnéticas y de neutrinos, conduciendo por tanto a descubrimientos en la astronomía de multi-mensajeros. Las observaciones de muchas señales, que se espera tengan lugar durante O3, proporcionarán un censo de la población de remanentes de masa estelar y una mejor comprensión del universo violento.”

Desde agosto de 2017 ambas colaboraciones, LIGO y Virgo, han actualizado sus observatorios y los han puesto a prueba. En particular, Virgo ha reemplazado por completo los cables de acero que fueron usados en O2 para suspender los 4 espejos principales del interferómetro de 3km de longitud: los espejos ahora están suspendidos con fibras de silicio fundidas muy finas (en esencia, cristal), un procedimiento que ha permitido incrementar la sensibilidad en la región de frecuencias bajas y medias, y que ha tenido un impacto dramático en las capacidades de detección de fusiones de sistemas binarios de objetos compactos. Una segunda importante actualización fue la instalación de una fuente de láser más potente, que mejora la sensibilidad a frecuencias altas. Por último, si bien no menos importante, ahora se inyectan estados de vacío comprimidos en Virgo Avanzado, gracias también a una colaboración con el Instituto Albert Einstein en Hannover, Alemania. Esta

técnica aprovecha la naturaleza cuántica de la luz y mejora la sensibilidad a altas frecuencias.

La técnica de inyección de estados de vacío comprimidos es una actualización significativa también implementada en los dos interferómetros LIGO en los Estados Unidos para el próximo período de observación. Además, se ha doblado la potencia del láser con el objetivo de medir de manera más precisa el efecto del paso de ondas gravitacionales. Se han llevado a cabo otras actualizaciones en los espejos de LIGO en ambos observatorios, con un total de 5 de los 8 espejos reemplazados por versiones con mejor rendimiento.

“Teníamos que romper las fibras que sostenían a los espejos, sacarlos con mucho cuidado y reemplazarlos”, comenta Calum Torrie, jefe de ingeniería del sistema óptico-mecánico de LIGO en Caltech. “Fue una tarea de ingeniería enorme.”

Durante O3, la colaboración LIGO-Virgo continuará comunicando los nuevos hallazgos a la comunidad científica y a la sociedad. Además, los científicos seguirán extrayendo todos los resultados físicos posibles de los datos.

La red global LIGO-Virgo proporcionará localizaciones rápidas de señales de ondas gravitacionales e informará sobre eventos con alta fiabilidad a través del sistema de Alertas Públicas Abiertas, con el objetivo de maximizar la ciencia que la comunidad científica al completo puede llevar a cabo con las detecciones de ondas gravitacionales, y minimizar la oportunidad de perder cualquier contrapartida electromagnética o de neutrinos.

Se espera que el detector japonés KAGRA se una a la red global LIGO-Virgo en la última parte de O3, aumentando las capacidades de detección y apuntamiento de la red global.

Cinco grupos en España están contribuyendo a la astronomía de ondas gravitacionales de LIGO-Virgo, en áreas que van desde el modelado teórico de las fuentes astrofísicas hasta la mejora de la sensibilidad del detector para los períodos de observación actuales y futuros. Dos grupos, en la UIB y el IGFAE-USC, forman parte de la Colaboración Científica LIGO, mientras que la Universitat de València (UV), el ICCUB y el IFAE de Barcelona son miembros de Virgo.

Después de los maravillosos descubrimientos que trajeron los dos primeros períodos de observación, los grupos LIGO-Virgo españoles están esperando ansiosamente el inminente período de observación O3. Las mejoras significativas en la sensibilidad y los grandes avances tecnológicos logrados en los tres detectores por parte de los equipos de puesta en marcha desde O2 han sido absolutamente notables. Sus esfuerzos pronto se verán recompensados con otra esperada e importante ola de nuevos y emocionantes descubrimientos, que impulsará aún más el campo emergente de la astrofísica de multi-mensajeros.

El grupo de física gravitacional en la UIB seguirá un amplio programa científico para estudiar las ondas gravitacionales emitidas por agujeros negros y estrellas de neutrones. El equipo continuará liderando las búsquedas de señales de ondas continuas provenientes de

estrellas de neutrones desconocidas, así como las señales transitorias emitidas después de la fusión de dos estrellas de neutrones. Los modelos de la señal de onda gravitacional provenientes de la fusión de agujeros negros son una parte esencial del proceso de análisis de datos, y la UIB participa en el desarrollo de uno de los dos modelos clave utilizados hasta ahora. Después de aproximadamente tres años de desarrollar una descripción mejorada y más precisa de la fusión de los agujeros negros, el grupo UIB está ansioso por probar el valor del modelo al hacer nuevos descubrimientos. Además, un estudiante de doctorado del grupo, Pep Covas, pasará los próximos tres meses en LIGO Hanford, y contribuirá directamente a operar el detector durante este emocionante tiempo.

El grupo de Ondas Gravitacionales IGFAE en la Universidad de Santiago de Compostela es el miembro más 'joven' de la Colaboración LIGO en España. El grupo tiene una gran experiencia en los métodos de análisis para detectar señales de ondas gravitacionales procedentes de la fusión de sistemas binarios de agujeros negros y estrellas de neutrones, tales como los 11 eventos catalogados hasta el momento por la colaboración LIGO-Virgo. IGFAE-GW está actualmente trabajando en la actualización de los canales de detección de este tipo de eventos por medio del software PyCBC con el objetivo de maximizar el alcance de las búsquedas de binarias en la nueva toma de datos denominada O3. El grupo está también involucrado en la deducción de información referente a las poblaciones de fuentes de ondas gravitacionales, incluyendo los indicios que las docenas de nuevas detecciones probables de binarias de agujeros negros proporcionarán sobre la formación y evolución de estos misteriosos sistemas binarios. Miembros del grupo IGFAE-GW también trabajan en el observatorio de rayos cósmicos Pierre Auger, siendo de hecho coautores junto con las colaboraciones LIGO y Virgo de trabajos en los que se han establecido los límites más restrictivos a la emisión de neutrinos de ultra-alta energía procedentes de la fusión del sistema binario de estrellas de neutrones GW170817. Estos investigadores continuarán trabajando en el seguimiento multimensajero de los eventos de O3 usando los datos recogidos en el observatorio Pierre Auger.

El grupo Virgo de la Universitat de València espera con expectación la promesa de O3 de aumentar el número de detecciones de sistemas binarios de estrellas de neutrones y, quizás, las primeras observaciones de sistemas aún no detectados jamás, como las fusiones mixtas de un agujero negro y una estrella de neutrones y las explosiones supernova producidas tras el colapso de núcleos estelares (este último escenario bastante improbable debido a la baja amplitud de la onda gravitacional y la reducida tasa de eventos). Fuentes astrofísicas de ondas gravitacionales como estrellas de neutrones y progenitores de supernovas son los focos principales del grupo Virgo en Valencia, con respecto a la investigación relativa al modelado de formas de onda a través de simulaciones de relatividad numérica, estimación de parámetros, y análisis de datos. Además, estos escenarios son los candidatos principales para realizar el seguimiento de observaciones de señales electromagnéticas asociadas, un programa de investigación en el que el grupo de la Universitat de València estará también involucrado durante O3.

El grupo Virgo del Instituto de Ciencias del Cosmos de la Universidad de Barcelona (ICCUB) ayudará en el procesado y análisis de una cantidad vasta de datos de O3 de una manera más eficiente y fiable. La experiencia del grupo en cuanto a la manipulación de datos

masivos e instrumentación y electrónica puntera, adquirida gracias a la exitosa participación del ICCUB en grandes proyectos de física de altas energías (LHCb) y enormes censos astronómicos (Gaia), está siendo transferida a Virgo. De este modo, los expertos multidisciplinares del ICCUB contribuirán a la detección y análisis de ondas gravitacionales proporcionando instrumentación y software, además de análisis de datos y sus grandes conocimientos científicos especialmente en el campo de la cosmología.

IFAE ha asumido responsabilidades significativas en el experimento Virgo relacionadas con el control de la luz difusa dentro del experimento. El grupo ha jugado ya un papel importante en la puesta a punto del interferómetro, previa al comienzo de O3. Esta implicación energética en el experimento continuará en aspectos relacionados con operaciones y la actualización del interferómetro. Para ello, IFAE está trabajando en la construcción de nuevos deflectores instrumentados con fotosensores alrededor de los espejos principales en las áreas suspendidas, permitiendo a la postre un alineamiento mucho más eficiente y un ajuste preciso de los parámetros del interferómetro durante las operaciones; una mejor descripción dinámica de los espejos usando las distribuciones de luz difusa y simulaciones; y la supresión del desarrollo de altos modos en el interferómetro, conduciendo a patrones reconocibles en la distribución de la luz en los deflectores. El equipo de IFAE ha desarrollado un programa de investigación completo que se centra en aspectos relacionados con física fundamental. Esto incluye pruebas de modelos exóticos de Gravedad más allá de la Relatividad General; búsquedas de agujeros negros primordiales como candidatos de materia oscura; la determinación precisa del factor de expansión del universo; y el uso de ondas gravitacionales como pruebas de la inflación y las transiciones de fase en el universo temprano. En colaboración con el equipo de IFAE en CTA/MAGIC y Cosmología Observacional, el grupo en Virgo está en una posición privilegiada para aprovechar al máximo el enfoque de la astronomía de multimensajero.

LIGO está financiado por la NSF y operado por Caltech y MIT, que concibieron LIGO y condujeron a los proyectos de LIGO Inicial y Avanzado. El apoyo económico para el proyecto LIGO Avanzado fue liderado por la NSF junto con Alemania (Sociedad Max Planck), el Reino Unido (Consejo de Instalaciones Científicas y Tecnológicas, Science and Technology Facilities Council en inglés) y Australia (Consejo OzGrav australiano de Investigación, Australian Research Council-OzGrav en inglés) realizando compromisos significativos y contribuciones al proyecto. Casi 1300 científicos de todo el mundo participan en el esfuerzo conjunto a través de la Colaboración Científica LIGO Scientific Collaboration, que incluye a la Colaboración GEO. Una lista de los socios adicionales está disponible en <https://my.ligo.org/census.php>.

La Colaboración Virgo está compuesta actualmente por unos 350 científicos, ingenieros y técnicos de alrededor de 70 instituciones de Bélgica, Francia, Alemania, Hungría, Italia, los Países Bajos, Polonia y España. El Observatorio Europeo Gravitacional (EGO, por sus siglas en inglés) acoge al detector Virgo cerca de Pisa en Italia, y ha sido fundado por el Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) en Francia, el Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) en Italia, y Nikhef en los Países Bajos. Una lista de los grupos en la Colaboración Virgo puede encontrarse en <http://public.virgo-gw.eu/the-virgo-collaboration/>. Más información está disponible en la página web de Virgo: <http://www.virgo-gw.eu>.

Contactos de medios de comunicación de EGO-Virgo

INFN Press Office

Antonella Varaschin, Eleonora Cossi

+39 06 6868162

antonella.varaschin@presid.infn.it ; eleonora.cossi@presid.infn.it

CNRS Press Office

Clémence EPITALON

Clemence.EPITALON@cnrs.fr + 33 1 44 96 40 35

Nikhef Press Office

Martijn Van Calmthout

martijn.van.calmthout@nikhef.nl

Livia Conti

Coordinadora de Divulgación de Virgo

livia.conti@pd.infn.it , +39 049 8068 826

Valerio Boschi

Coordinador de Divulgación de EGO

valerio.boschi@ego-gw.it; +39 050 752 463

Isabel Cordero-Carrión

Universitat de València

Coordinadora de Divulgación del grupo Virgo en Valencia

isabel.cordero@uv.es; +34 963543233

Sebastian Grinschpun

IFAE Outreach Officer

sgrinschpun@ifae.es; +34 93 170 2723

Esther Pallarés Guimerà

Institute of Cosmos Sciences (University of Barcelona) Communication Office

estpallqui@icc.ub.edu; 934020146

Contactos de medios de comunicación de LIGO

Kimberly Allen

Director of Media Relations and Deputy Director

MIT News Office

allenkc@mit.edu; +1 617-253-2702

Whitney Clavin

Senior Content and Media Strategist

Caltech Communications
wclavin@caltech.edu; +1 626-395-1856

John Toon
Institute Research and Economic Development Communications
Georgia Institute of Technology
john.toon@comm.gatech.edu; +1 404-894-6986

Amanda Hallberg Greenwell
Head, Office of Legislative and Public Affairs
National Science Foundation
agreenwe@nsf.gov; +1 703-292-8070

Andreu Perelló Ferrando
Servei de Comunicació, Promoció i Imatge
Universitat de les Illes Balears
andreu.perello@uib.cat
Tel. + 34 971 17 34 74 / 971 17 25 51/ 620 881 284

Ricardo Rodriguez
Chief Operating Officer
IGFAE, University of Santiago de Compostela
ricardojulio.rodriquez@usc.es
+34 881 81 40 68
IGFAE Outreach team
outreach@igfae.usc.es