



LSC

Laboratorio Subterráneo de Canfranc

Delivering

2019
annual
report



DELIVERING

taking and handing over to / coming through with
tomando y entregando / consiguiendo

After several years of intense works and actions taken by the LSC staff, LSC holders and the collaborators with experiments placed underground, we are proud to deliver first-class scientific and technological results this year.

Tras varios años de intensos trabajos y medidas tomadas por el personal del LSC, los gestores del LSC y los colaboradores de los experimentos ubicados en el laboratorio subterráneo, nos enorgullecemos de entregar este año resultados científicos y tecnológicos de primera clase.

CONTENTS

ÍNDICE

Director's Statement.....	7	Presentación del Director.....	7
Introduction	9	Introducción.....	9
Report on LSC Activities 2019	15	Actividad del LSC 2019	15
Snapshots	17	Capturas.....	17
Events 2019	18	Eventos 2019.....	18
ANALIS	20	ANALIS	20
DArT in ArDM.....	25	DArT en ArDM	25
CROSS	28	CROSS	28
ETSEC	30	ETSEC	30
GEODYN.....	31	GEODYN.....	31
GOLLUM.....	32	GOLLUM.....	32
NEXT	33	NEXT	33
TREX-DM.....	38	TREX-DM.....	38
EoI-20-2018.....	40	EoI-20-2018.....	40
EoI-21-2018.....	41	EoI-21-2018.....	41
SUPERKGd.....	42	SUPERKGd.....	42
Publications	43	Publicaciones	43
Governing Bodies.....	46	Órganos de Gobierno	46
Advisory Committees	46	Comités Asesores	46
Acknowledgments.....	47	Agradecimientos	47

EDITING

Carlos Peña Garay
Yolanda Labarta

COVER PHOTO:

Photo: @j.larrea.com

EDICIÓN

Carlos Peña Garay
Yolanda Labarta

FOTO DE PORTADA

Foto: @j.larrea.com



DIRECTOR'S STATEMENT

The LSC (Laboratorio Subterráneo de Canfranc), second largest deep underground scientific laboratory in Europe, is run by a Consortium between the Spanish Ministry of Science and Innovation, the Government of Aragon and the University of Zaragoza. The LSC is part of the Spanish network of ICTS (Unique Scientific and Technological Facilities). The LSC offers to researchers from all over the world the opportunity to carry out cutting-edge science on fundamental physics, astrophysics as well as geophysics, biology and, environmental science in its facilities of unique characteristics. In fact, at the LSC the underground facilities, shielded from the natural cosmic rays' radiation, open the possibility to discover phenomena happening very rarely.

2019 has turned out to be the year where we have collected the best scientific results gathering the work of the experimental collaborations during the last decade. On one hand, the dark matter experiment ANAIS has presented the first scientific results: it does not observe annual modulation signal in sodium iodide crystals, disproving (at 95% CL) the results of the dark matter experiment DAMA/LIBRA. On the other hand, NEXT has visualized the first double beta decay events of Xenon-136, with very good energy resolution and track reconstruction resulting on important implications to keep on growing: it has been recommended by APPEC as one of the three future reference techniques in neutrinoless double beta decay searches in Europe. Also, ArDM has completed its measurements campaign, proving

PRESENTACIÓN DEL DIRECTOR

El Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC) es el segundo laboratorio subterráneo a gran profundidad más grande de Europa. Lo gestiona un Consorcio compuesto por el Ministerio de Ciencia e Innovación, el Gobierno de Aragón y la Universidad de Zaragoza. El LSC pertenece a la red nacional de las Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares (ICTS). El LSC ofrece a investigadores de todo el mundo la oportunidad de desarrollar ciencia de frontera en materia de física fundamental y astrofísica, además de geología, biología y ciencias medioambientales, en su ubicación de características únicas. Las instalaciones subterráneas del LSC, aisladas de la radiación cósmica natural, abren la posibilidad de descubrir sucesos que ocurren en una probabilidad muy baja.

El año 2019 ha sido el año con nuestra mejor cosecha de resultados científicos, que recoge el trabajo de las colaboraciones experimentales durante la última década. Por un lado, el experimento de búsqueda de materia oscura ANAIS ha presentado los primeros resultados científicos: no observa señal de modulación anual en cristales de ioduro de sodio, refutando (al 95% CL) los resultados del experimento de materia oscura DAMA/LIBRA. Por otro lado, NEXT ha visualizado los primeros sucesos de desintegración doble beta del Xenon-136, con muy buena resolución de energía y reconstrucción de trazas, que le han llevado a la recomendación por APPEC como una de las tres técnicas de futuro en búsquedas de desintegración doble beta sin neutrinos en Europa. Además, ArDM

the potential of the detection technique with argon in double phase ton scale detectors and SK-Gd collaboration has presented results of the program I+D EDGADS, which prove the huge potential of the technique of dissolution of Gadolinium salts in Super-Kamiokande.

This success comes together with new experiments which have started in 2019. The rise of activities of the global collaboration in dark matter with argon of which the LSC is one of the three underground laboratories involved, the installation of the dilution refrigerator and the first measurements of the experiment of neutrinoless double beta decay CROSS, the tuning of the prototype of dark matter detection in a gas phase TREX and the developments of a new Ge detector and of a facility of CCDs characterization, allow us to anticipate a promising future.

All the work and experience gathered so far gets reflected in: a) new facilities, such as the radon emanation detector, b) the RITA project, a new ultra-low background detector based on the technique of single molecule fluorescence imaging, approved with external funding with FEDER (Fondo Europeo de Desarrollo Regional) funds and c) agreements with the ENUSA group, over added value products in nuclear residues and with Mirion and Tecnasa, on the definition of a new Ge ultra-low background detector.

The aim of the LSC is to contribute to cutting edge scientific and technological knowledge by providing international access to a unique research infrastructure. We are eager to welcome both new scientific proposals, which could be hosted in the underground space and new requests for the LSC services. The LSC International Scientific Advisory Committee will study the scientific proposals received, giving its advice to the director based only on scientific and technological excellence.

ha completado su campaña de medidas, demostrando el potencial de la técnica de detección con argón en doble fase en detectores del tamaño de la tonelada y SK-Gd ha presentado los resultados del programa de I+D EGADS que demuestran el gran potencial de la técnica de disolución de sales de Gadolinio en Super-Kamiokande.

Tal éxito viene acompañado de nuevos experimentos que se han iniciado en el año 2019. El inicio de las actividades de la colaboración global en materia oscura con argón, del que el LSC forma parte, la instalación del criostato de dilución y primeras medidas del experimento de desintegración doble beta sin neutrinos CROSS, la puesta a punto del prototipo de detección de materia oscura en fase gas TREX los desarrollos de un nuevo detector de Germanio y de una instalación de caracterización de CCDs, nos permiten anticipar un futuro prometedor.

Todo el trabajo y experiencia acumulado se nos permite: a) nuevas instalaciones, como el detector de emanación de radón, b) el proyecto RITA, un nuevo detector de ultra-bajo fondo basado en la técnica de imagen por fluorescencia de molécula única, aprobado con financiación externa de fondos FEDER (Fondo Europeo de Desarrollo Regional) y c) acuerdos con el grupo ENUSA, sobre productos de valor añadido en residuos nucleares y con Mirion y Tecnasa, sobre la definición de un nuevo detector de germanio de ultra-bajo fondo.

El objetivo del LSC es el de aportar conocimiento en ciencia y tecnología de vanguardia y proporcionar acceso a una infraestructura única en investigación e innovación. Acogemos tanto nuevas propuestas científicas, que pueden ser ubicadas en el espacio subterráneo, como solicitudes para el uso de los servicios. El Comité Científico Internacional Asesor del LSC estudiará las propuestas científicas recibidas, aconsejando sobre ellas al director y basándose únicamente en la excelencia científica y técnica.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Carles Pascual".

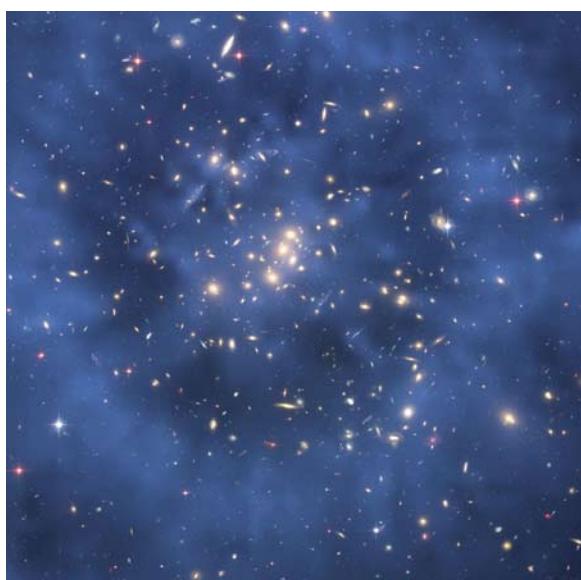
INTRODUCTION

The Canfranc Underground Laboratory (LSC) is a first-class deep underground laboratory designed for research in neutrino physics, dark matter and other unusual phenomena in nature which require very low environmental radioactivity to be observed. The location of the LSC at a depth of 800 meters below ground is excavated between the Somport road tunnel and the abandoned railway tunnel, about 8 km long at the Spain-France border. Nowadays, the LSC is the second largest and deepest laboratory in Europe, in close collaboration with the most important underground laboratories in the international context: LNGS (Italy), SNOLab (Canada) and Kamioka (Japan). The history of the laboratory begins in 1986, with the pioneering work in Spain of the team from the University of Zaragoza, led by Angel Morales. Today, the LSC is a unique multidisciplinary scientific and technical facility (ICTS), regulated as a Consortium formed by the Ministry of Science and Innovation, the Government of Aragon and the University of Zaragoza, with a surface area of 1600 m² and a volume of 10,000 m³ in the underground laboratory equipped with an outstanding number of facilities. The main underground infrastructure, called LAB2400, is divided into Hall A, the largest experimental area with 600 m², Hall B and C and a services area. The other underground infrastructures are called LAB2500 and LAB780 respectively, according to their distance from the Spanish entrance to the railway tunnel. In the LSC, ten international collaborations, with more than 450 scientists and



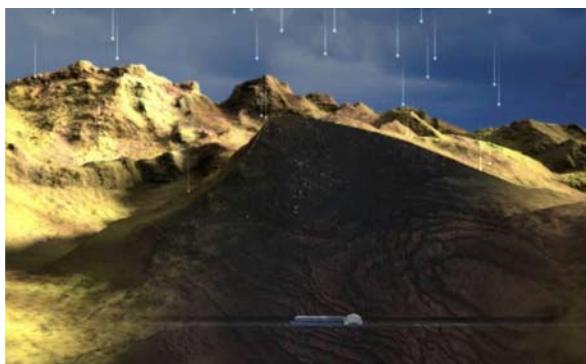
INTRODUCCIÓN

El Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC) es un laboratorio subterráneo a gran profundidad de primer nivel diseñado para la investigación en física de neutrinos, materia oscura y otros fenómenos inusuales en la naturaleza que requieren muy baja radioactividad ambiental para ser observados. La ubicación del LSC a 800 metros bajo tierra está excavada entre el túnel carretero de Somport y el antiguo túnel ferroviario, de unos 8 km en la frontera España-Francia. Actualmente, el LSC es el segundo laboratorio a gran profundidad más grande en Europa, en estrecha colaboración con los laboratorios subterráneos más importantes en el contexto internacional: LNGS (Italia), SNOLab (Canadá) y Kamioka (Japón). La historia del laboratorio comienza en 1986, con el trabajo pionero en España del equipo de la Universidad de Zaragoza, liderado por Angel Morales. Hoy, el LSC es una instalación científica y técnica singular (ICTS) multidisciplinar, regulada como consorcio formado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, el Gobierno de Aragón y la Universidad de Zaragoza, con 1600 m² de superficie y un volumen de 10000 m³ en el laboratorio subterráneo equipado con un número destacado de instalaciones. La infraestructura principal subterránea, denominada LAB2400, se divide en Hall A, el área experimental de mayor superficie con 600 m², Hall B y C y área de servicios. El resto de las infraestructuras subterráneas anexas se denominan LAB2500 y LAB780 respectivamente, según su distancia a la boca española del túnel ferroviario. En el LSC, diez colaboraciones internacionales, con más de 450 científicos e ingenieros, llevan a cabo sus investigaciones en la frontera entre la física de partículas y la física de astropartículas, la geodinámica o la biología.



engineers, carry out their research on the border between particle physics and astroparticle physics, geodynamics or biology.

Underground laboratories are dedicated to the search for extremely unusual nuclear and sub-nuclear phenomena. Such a search requires a very low radioactive background environment. The irreducible background noise is due to cosmic rays, originated by protons and other cosmic nuclei, by hitting the nitrogen or oxygen nuclei in the upper layer of the atmosphere. The interaction of protons causes a cascade of particles, being muons and neutrinos the most penetrating of such secondary particles. The muons reach the surface of the Earth with a flow of about 2 muons/cm²/second. At a depth of 800 meters, under Mount Tobazo, the cosmic ray flux is reduced by a factor of sixty thousand, which allows the search for very rare processes. In the framework of sub-atomic physics, we have a theoretical description of the elementary particles of matter and the basic forces of Nature, called the Standard Model (SM). All its predictions have been tested with increasing accuracy on the energies that are achievable with accelerators. Underground laboratories, such as the LSC, host experiments that provide scientific information that is complementary to that obtained by laboratories with accelerators. In fact, the first elements of physics beyond the standard model were obtained through underground experiments, such as the discovery of neutrino oscillations due to the change in flavour (family) of neutrinos between production and detection due to their different masses. The science being carried out in LSC underground laboratories is growing in interest worldwide. There is strong competition internationally with new proposals for underground infrastructures. Among them, the most relevant in the context of ultra-low radioactivity are the search for dark matter, the search for double-beta decay and the exploration of living conditions in



Los laboratorios subterráneos se dedican a la búsqueda de fenómenos, nucleares y sub-nucleares extremadamente inusuales. Dicha búsqueda necesita un ambiente de muy bajo fondo radioactivo. El ruido de fondo irreducible es debido a los rayos cósmicos, originado por los protones y otros núcleos cósmicos, al golpear los núcleos de nitrógeno u oxígeno en la capa alta de la atmósfera. La interacción de los protones provoca una cascada de partículas, siendo muones y neutrinos las más penetrantes de tales partículas secundarias. Los muones alcanzan la superficie de la Tierra con un flujo de unos 2 muones/cm²/segundo. A 800 metros de profundidad, bajo el Monte Tobazo, el flujo de rayos cósmicos se reduce en un factor de sesenta mil, lo que permite la búsqueda de procesos muy poco probables. En el marco de la física subatómica, disponemos de una descripción teórica de las partículas elementales de la materia y las fuerzas básicas de la Naturaleza, denominada Modelo Estándar (MS). Se ha probado con creciente precisión todas sus predicciones en las energías que son alcanzables con los aceleradores. Laboratorios subterráneos, como el LSC, alojan experimentos que proporcionan información científica que es complementaria a aquella obtenida por laboratorios con aceleradores. De hecho, los primeros elementos de la física más allá del modelo estándar se obtuvieron mediante experimentos subterráneos, cómo son el descubrimiento de las oscilaciones de neutrinos debidas al cambio de sabor (de familia) de los neutrinos entre producción y detección debido a sus diferentes masas. La ciencia que se está llevando a cabo en laboratorios subterráneos LSC está creciendo en interés en todo el mundo. Existe una gran competencia a nivel internacional con nuevas propuestas de infraestructuras subterráneas. De entre ellas, las más relevantes en el contexto de ultra-baja radioactividad son la búsqueda de material oscura, la búsqueda de la desintegración doble beta y la exploración de las condiciones de vida en bajo fondo radioactivo.

Únicamente el 16% de toda la materia que existe en el Universo es visible, formada por protones, neutrones (quarks arriba y abajo) y electrones en sus variadas agregaciones. El resto se denomina materia oscura, necesaria para explicar la dinámica de los objetos visibles en los campos de gravedad generados por ésta a escala cósmica. La naturaleza de la materia oscura se encuentra entre las

low radioactive background.

Only 16% of all matter in the Universe is visible, consisting of protons, neutrons (quarks up and down) and electrons in their various aggregations. The rest is called dark matter, which is needed to explain the dynamics of visible objects in the gravity fields generated by gravity on a cosmic scale. The nature of dark matter is among the major cutting-edge issues in science today. The LSC contributes to this international effort in the direct search for the interaction of dark matter with ultra-pure detectors. On the other hand, there are two experiments in operation at the LSC investigating the direct search for dark matter: ANAIS with NaI(Tl) scintillators, the most advanced international effort to verify the result of the Italian DAMA/LIBRA experiment, and ArDM with liquid argon, the largest double-phase argon detector in dark matter searches. A new project called TREX-DM, on the direct detection of dark matter with argon and neon in a high-pressure chamber, has been installed in Hall A.

Today we know that neutrinos have very little mass. A natural explanation for the tiny mass of the neutrino requires that the neutrino is a Majorana particle, which has the property of being its own antiparticle and of giving rise to reactions or disintegrations that do not conserve the number of leptons, with the necessary modification of the standard model of particle physics. The observation of neutrinoless double beta decay would demonstrate that neutrinos are Majorana particles and that the number of leptons is not preserved, a question related to the necessary matter-antimatter asymmetry observed in the Universe and not explained in the current conceptual framework. At the LSC these research activities are being carried out through various detectors built by international collaborations. On the one hand, the NEXT-White (NEW) double beta decay experiment, a high pressure xenon detector based on a temporary electroluminescent projection chamber is taking data from 2018 in Hall A and has measured the double beta spectrum with neutrinos, proving the expected energy resolution and trace reconstruction specifications of the two electrons. In 2020, we are completing the NEXT detector, with 100 kg of active material and a total of 50 tons, including shielding, to address the search for neutrinoless double-beta decay. In addition, the CROSS project for the

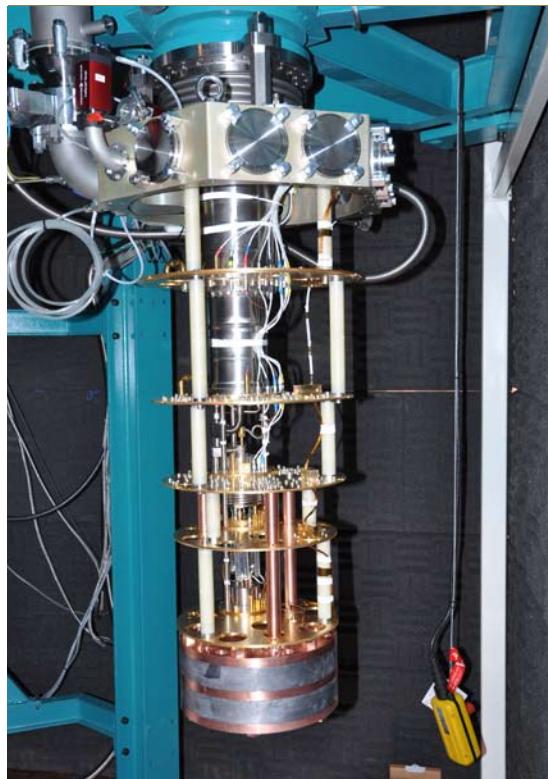
principales cuestiones frontera de la ciencia actual. El LSC contribuye a este esfuerzo internacional en la búsqueda directa de la interacción de la materia oscura con detectores ultrapuros. Por otro lado, en el LSC hay dos experimentos en funcionamiento que investigan la búsqueda directa de materia oscura: ANAIS con centelleadores de NaI(Tl), el esfuerzo internacional más avanzado en verificar el resultado del experimento italiano DAMA/LIBRA y ArDM con argón líquido, el mayor detector de argón de doble fase en búsquedas de materia oscura. Un nuevo proyecto denominado TREX-DM, sobre la detección directa de la materia oscura con argón y neón en una cámara de alta presión, se ha instalado en el Hall A.

Hoy en día sabemos que los neutrinos tienen muy poca masa. Una explicación natural para el diminuto tamaño de la masa del neutrino requiere que el neutrino sea una partícula de Majorana, que tiene la propiedad de ser su propia antipartícula y de dar lugar a reacciones o desintegraciones que no conservan el número de leptones, con la necesaria modificación del modelo estándar de física de partículas. La observación de la desintegración doble beta sin neutrinos demostraría que los neutrinos son partículas de Majorana y que el número de leptones no se conserva, cuestión relacionada con la necesaria asimetría materia-antimateria observada en el Universo y no explicada en el actual marco conceptual. En el LSC estas actividades de investigación se están llevando a cabo a través de diversos detectores construidos por colaboraciones internacionales. Por un lado, el experimento de desintegración doble beta NEXT-White (NEW), un detector con xenón a alta presión basado en una cámara de proyección temporal electroluminiscente está tomando datos desde 2018 en el Hall A y ha medido el espectro doble beta con neutrinos, demostrando las especificaciones esperadas de resolución de la energía y reconstrucción de trazas de los dos electrones. En 2020, estamos completando el detector NEXT, con 100 Kg de material activo y un total de 50 toneladas, incluyendo el aislamiento, para abordar la búsqueda de la desintegración doble beta sin neutrinos. Además, el proyecto CROSS para la búsqueda del decaimiento doble beta sin neutrinos con bolómetros basados en cristales de telurio o molibdeno está tomando datos en el Hall B, con el objetivo de determinar las mejores condiciones que reduzcan el ruido de

search of neutrinoless double-beta decay with bolometers based on tellurium or molybdenum crystals is taking data in Hall B, with the aim of determining the best conditions to reduce the surface background noise of the crystals with the help of the scintillation signal. Both projects have

fondo superficial de los cristales con ayuda de la señal de centelleo. Ambos proyectos han recibido financiación europea con sendas Advanced Grants de la ERC.

Otras áreas científicas se benefician de la ubicación única de las instalaciones subterráneas



CROSS & NEXT Detectors

received European funding with Advanced Grants from the ERC.

Other scientific areas benefit from the unique location of the LSC's underground facilities. Amongst them, the LSC, in collaboration with LNGS and SNOLab, is initiating a systematic exploration of the effects of low radioactivity on life. The reader will be familiar with studies on the damage of ionizing radiation to cells and organs, in particular to DNA. Extrapolation to the low radioactivity limit would seem to indicate, at first glance, that it benefits life. If so, it may surprise you that low radioactivity does not seem to benefit life processes, adapted to other conditions for billions of years. Preliminary experiments indicate that DNA repair mechanisms are slowed down, even stopped, when we grow replicas of bacteria, human cells or even organisms (fruit flies, ...) compared to their counterparts on the surface. Cells suffer oxidative stress, demonstrated in the laboratory with respect to their surface replicas. The nature of this adjustment to natural radioactivity is

del LSC. De entre ellas, el LSC, en colaboración con LNGS y SNOLab, está iniciando una exploración sistemática de los efectos de la baja radioactividad en la vida. El lector estará familiarizado con los estudios sobre los daños de las radiaciones ionizantes en las células y órganos, en particular en el ADN. La extrapolación hacia el límite de baja radioactividad parecería indicar a primera vista, que beneficia a la vida. Si es así, quizás le sorprenda, que la baja radioactividad no parece beneficiar los procesos vitales, adaptados a otras condiciones por miles de millones de años. Experimentos preliminares indican que los mecanismos de reparación del ADN se ralentizan, incluso se detienen, cuando cultivamos réplicas de bacterias, células humanas o incluso organismos (mosca de la fruta, ...) frente a sus homólogos en superficie. Las células sufren estrés oxidativo, demostrado en el laboratorio respecto a sus réplicas en superficie. La naturaleza de esta adaptación a la radioactividad natural aún es desconocida, y el impacto de las diferentes componentes (muones,

still unknown, and the impact of the different components (muons, neutrons, electrons, gamma) remains to be explored. In an analogous way to how our detectors see the cascade of particles and radiation generated by the interaction of an ionizing particle, such energetic cascades have a major impact on the cell. How this cascade degrades the energy in the cell to the energies of chemistry and biology is still an unknown area.

The location of the underground laboratories allows for the hosting of other types of detectors that benefit from seismic noise reduction. The LSC is equipped with a geophysical infrastructure, called GEODYN, which covers the entire geodynamic spectrum, from the closest seismicity, induced by the water dynamics of the mountain, to the tectonic deformations through the terrestrial tides or the nutation of the terrestrial core. This facility has three components: a seismic station equipped with a Titan accelerometer and a Trillium 240s seismometer, laser interferometers consisting of two 70 m long orthogonally oriented vacuum tubes, both underground, and an external GNSS station. The LSC GEODYN observatory has been integrated into the EPOS (European Plate Observing System), which was approved by the ESFRI Roadmap in 2008. The low and stable seismic noise inside the mountain has allowed it to be selected as a candidate to host the future Einstein Telescope gravity wave detector. The ETSEC project has studied Newtonian noise, important in the framework of gravitational wave detection. ETSEC consists of four seismic sensors (accelerometers) placed along the railway tunnel and two others in one of the galleries between the railway tunnel and the road tunnel. The results of this project place the LSC as the best location in continental Europe of all the points studied, only

neutrones, electrones, gamma) está por explorar. De una manera análoga a como nuestros detectores ven la cascada de partículas y radiación generada por la interacción de una partícula ionizante, tales cascadas energéticas tienen un impacto importante en la célula. Cómo esta cascada, degrada la energía en la célula para llegar a las energías de la química y la biología, es aún un área desconocida.

La localización de los laboratorios subterráneos permite alojar otro tipo de detectores que se benefician de la reducción del ruido sísmico. El LSC está equipado con una infraestructura geofísica, denominada GEODYN, que cubre el espectro geodinámico en su totalidad, desde la sismicidad más cercana, inducidas por la dinámica hídrica de la montaña, a las deformaciones tectónicas pasando por las mareas terrestres o la nutación del núcleo terrestre. Esta instalación tiene tres componentes: una estación sísmica equipada con un acelerómetro Titán y un sismómetro Trillium 240s., interferómetros láser que consisten en dos tubos de 70 m de longitud al vacío orientados ortogonalmente., ambos bajo tierra, y una estación GNSS externa. El observatorio LSC GEODYN ha sido integrado en el EPOS (European Plate Observing System), que fue aprobado por la Hoja de Ruta ESFRI en el 2008. El bajo y estable ruido sísmico dentro de la montaña ha permitido que sea seleccionada como candidata para alojar el futuro detector de ondas gravitacionales Einstein Telescope. El proyecto ETSEC ha estudiado el ruido Newtoniano, importante en el marco de la detección de ondas gravitacionales. ETSEC consiste en cuatro sensores sísmicos (acelerómetros) colocados a lo largo del túnel ferroviario y otros dos en una de las galerías entre el túnel ferroviario y el túnel carretero. Los resultados de este proyecto sitúan al LSC como la mejor localización en Europa continental de todos los puntos estudiados, solo superada por el punto analizado en la isla de Cerdeña.

Estas grandes preguntas sobre nosotros y nuestro entorno: ¿Qué es la mayoría de la materia del Universo?, ¿cómo ha generado el Universo la materia sin producir igualmente antimateria?, ¿por qué altera la vida celular la baja radioactividad?, requieren de equipamiento y soporte tecnológico de laboratorios y empresas tecnológicas. Espectrómetros gamma de ultra-bajo fondo, espectrómetros de masas con sensibilidad en ppq, sistemas de reducción de Radón y detectores alfa para medidas de muy bajo nivel de Radón (mBq/



ETSEC seismic sensor

surpassed by the location studied in the island of Sardinia.

These big questions about us and our environment: What is most of the matter in the Universe, how has the Universe generated matter without producing antimatter, why does low radioactivity alter cellular life, require equipment and technological support from laboratories and technology companies. Ultra-low background gamma spectrometers, mass spectrometers with sensitivity in ppq, Radon reduction systems and alpha detectors for very low-level Radon measurements (mBq/m^3), are among the technologies that the LSC develops and establishes collaboration with national and international technological companies. LSC is interested in developments associated with the improvement of the radio-purity of materials (acquisition of copper, lead, high purity polyethylene; production of ultra-pure copper by electroforming for the production of parts in 3D copper printers,...) and of the techniques necessary for their characterization (ultra-low background Germanium detectors, Radon emanation detectors,...). Among the emerging projects to be started during 2020: impact of radioactivity on quantum technologies, extraction of Xenon from spent nuclear fuel rods, Radio detection with single-molecule fluorescence imaging (with the newly invented FIB molecule).

m^3), se encuentran entre las tecnologías que el LSC desarrolla y establece colaboración con las empresas tecnológicas nacionales e internacionales. El LSC está interesado en desarrollos asociados a la mejora de la radio-pureza de los materiales (adquisición de cobre, plomo, polietileno de alta pureza; producción de cobre ultra-puro por electroformación para la producción de piezas en impresoras 3D de cobre...) y de las técnicas necesarias para su caracterización (detectores de Germanio de ultra-bajo fondo, detectores de emanación de Radón...). Entre los proyectos emergentes que se comenzarán a desarrollar durante 2020: impacto de la radioactividad en las tecnologías cuánticas, extracción de Xenón de las varillas de combustible nuclear gastado, detección de Radio con imagen por fluorescencia de molécula única (con la nueva molécula FIB recientemente inventada).



Ge Detectors in Hall C"

REPORT ACTIVITIES 2019

The work gathered in previous years has made it possible to turn 2019 into the best year in terms of production of important scientific results of the LSC. In the search for dark matter, ANAIS has presented the first scientific results on the result observed by DAMA/LIBRA and they place it as the most advanced experiment in the validation or refutation of this important experimental result. ArDM has completed its scientific activities, setting the record for the world's largest dual-phase TPC to date, and has reinvented itself to become DArT, a detector that is part of the constellation of the Global Argon Dark Matter Search Collaboration (GADMC). Two other experiments, TREX-DM and the new Expression of Interest DAMIC, have devoted their efforts to the preparation of the experiment. In double-beta decay, NEXT-White has proven that the technique of identification of two electrons at the energies of interest in double-beta decay is valid, with an energy resolution better than 1% at the end point of the double-beta decay of Xenon 136 and with a rejection factor between two-electron and single-electron events that allows 90% of the remaining background noise to be removed, with only a 10% decrease in the signal. This has led it to be selected as one of the three techniques of the European future by the APPEC double-beta decay commission. Also, the CROSS experiment has installed the dilution cryostat and has taken the first measurements of the scintillator bolometer properties which will be the future detectors of the CUPID experiment. The laboratory has contributed in recent years to another major international neutrino project, SuperKGd, with the radioactive study of gadolinium salts to be added to the SK experiment in Japan in 2020. In the field of geodynamics, ETSEC has completed its measurement campaign, identifying the LSC as one of the best locations in low seismic noise for a future location of the Einstein telescope for gravitational waves. Geodyn has continued with the monitoring of seismic phenomena and has demonstrated the importance of these measurements in the study of hydric phenomena associated to melting.

Furthermore, the laboratory has initiated technological collaborations with companies interested in technologies associated with the activities of the LSC. On the one hand,

ACTIVIDAD DEL LSC 2019

El trabajo acumulado en los años anteriores ha permitido convertir al 2019 en el mejor año en producción de importantes resultados científicos del LSC. En búsqueda de materia oscura ANAIS ha presentado los primeros resultados científicos sobre el resultado observado por DAMA/LIBRA y le sitúan como el experimento más avanzado en la validación o refutación de este importante resultado experimental. ArDM ha completado sus actividades científicas, estableciendo el record de la TPC de doble fase más grande del mundo en la actualidad y se ha reinventado para convertirse en DArT, un detector integrante de la constelación de la colaboración global de búsqueda de materia oscura con argón (GADMC). Otros dos experimentos, TREX-DM y la nueva expresión de interés DAMIC, han dedicado sus esfuerzos en la preparación del experimento. En desintegración doble beta, NEXT-White ha demostrado que técnica de identificación de dos electrones a las energías de interés en desintegración doble beta es válida, con una energía de resolución mejor al 1% en el punto final de la desintegración doble beta del Xenón 136 y con un factor de rechazo entre sucesos de dos electrones y de un electrón que permite eliminar el 90% del ruido de fondo restante, con solo una merma del 10% de la señal. Esto le ha llevado a ser seleccionada como una de las tres técnicas del futuro europeo por la comisión en desintegración doble beta de APPEC. Además, el experimento CROSS ha instalado el criostato de dilución y ha tomado las primeras medidas de las propiedades de bolómetros centelleadores que serán los futuros detectores del experimento CUPID. El laboratorio ha contribuido en los últimos años a otro gran proyecto internacional en neutrinos, SuperKGd, con el estudio radioactivo de las sales de gadolinio que se añadirán al experimento SK en Japón en el 2020. En el ámbito de la geodinámica, ETSEC ha completado su campaña de medidas, identificando el LSC como una de las mejores localizaciones en bajo ruido sísmico para una futura localización del telescopio Einstein para ondas gravitacionales. Geodyn ha continuado con la monitorización de los fenómenos sísmicos y ha demostrado la importancia de estas medidas en el estudio de los fenómenos hídricos asociados al deshielo.

Por otra parte, el laboratorio ha iniciado colaboraciones tecnológicas con empresas

a confidentiality agreement has been signed with Mirion and Tecnasa for the development of new ultra-low depth Germanium detectors (Germaniums by Mirion in Spain, GeMS). A collaboration agreement has also been signed with ENUSA for exploration of the extraction of Xenon from fuel used in nuclear reactors. On top of that, ITA-INNOVA has initiated the electromagnetic characterisation of underground facilities in order to identify sources of conducted noise and low and medium frequency radiated noise.

The creation of the Centre for Astroparticle and High Energy Physics (CAPA) at the University of Zaragoza in 2019 to promote research in the fields of high energy physics, nuclear and particle physics, astrophysics, cosmology, astroparticles and theoretical physics, as well as the technological developments associated with them. Among the centre's educational initiatives, the creation of the University Master's Degree in Physics of the Universe stands out, through which a collaboration agreement has been established between the LSC and the University of Zaragoza (BOE 18 October 2019, page 115112) for educational cooperation.

After several years of efforts, the new LSC museum, located in the "Casa de los Abetos" in Canfranc-Estación, opened its doors in the summer of 2019. There you can find both didactic material (videos and explanatory panels) and samples of experiments with QR links where you can access more detailed information. The museum hall is a living space that is constantly being updated. Visits to the museum, regulated by a collaboration agreement between the LSC and the Canfranc town council (BOE 26 April 2019, page 42752), can be arranged through the Canfranc Estación Tourist Office.

interesadas en tecnologías asociadas a las actividades del LSC. Por un lado, con Mirion y Tecnasa, se ha firmado un acuerdo de confidencialidad en el desarrollo de nuevos detectores de Germanio de ultra-bajo fondo (Germanios por Mirion en España, GeMS). También se ha firmado un acuerdo de colaboración con ENUSA, en la exploración de la extracción de Xenón del combustible gastado en reactores nucleares. Por otra parte, ITA-INNOVA ha iniciado la caracterización electromagnética de las instalaciones subterráneas para identificar las fuentes de ruido conducido y ruido radiado en baja y media frecuencia.

La creación del Centro de Astropartículas y Física de Altas Energías (CAPA) de la Universidad de Zaragoza en 2019 para el fomento de la investigación en los ámbitos de la física de altas energías, física nuclear y de partículas, astrofísica, cosmología, astropartículas y física teórica, así como de los desarrollos tecnológicos asociados a los mismos. Entre las iniciativas educativas del centro destaca la creación del Master Universitario en Física del Universo, por la que se ha establecido un convenio de colaboración entre el LSC y la Universidad de Zaragoza (BOE 18 de octubre de 2019, pag. 115112) para cooperación educativa.

Tras varios años de esfuerzos la nueva sala museo del LSC, situado en la Casa de los Abetos de Canfranc-Estación, abrió sus puertas en durante el verano del 2019. En él se puede encontrar tanto material didáctico (videos y paneles explicativos) como muestras de experimentos con enlaces QR donde se puede acceder a información más detallada. La sala museo es un espacio vivo que se va actualizando constantemente. Las visitas al museo, reguladas mediante convenio de colaboración entre el LSC y el ayuntamiento de Canfranc (BOE 26 de abril de 2019, pag. 42752), se pueden concertar a través de la Oficina de Turismo de Canfranc Estación.



SNAPSHOTS / CAPTURAS



Visita al LSC de Ministro
de Ciencia e Innovación
D. Pedro Duque.
Febrero 2019

Visit to the LSC by the Science
and Innovation Minister Pedro Duque.
February 2019



Grabación del programa
En Ruta con la Ciencia.
Abril 2019

Recording of the
program En Ruta
con la Ciencia.
April 2019

Firma con ENUSA
de Acuerdo de Colaboración.
Septiembre 2019

Signature of a
Collaboration Agreement
with ENUSA.
September 2019



EVENTOS / EVENTS



Congreso "PIC" Cardiología Computacional
Cardiology PIC Workshop
Marzo/March 2019



Escuela Invisibles 2019
Invisibles'19 School
Junio/June 2019



La noche de los investigadores (Zaragoza)
Researcher's Night (Zaragoza)
Septiembre/September 2019



International
Cosmic Day
Noviembre/November
2019



Reunión ACPUA (Agencia de Calidad y Prospectiva
Universitaria de Aragón)
Quality and Perspective University Agency of Aragon Meeting
Mayo/May 2019



24ª Reunión del Comité Científico del LSC
24th LSC Scientific Committee Meeting
Junio/June 2019



Jornadas Patrimonio Industrial del IPCE
IPCE Industrial Heritage Conference
Octubre/October 2019



25ª Reunión del Comité Científico del LSC
25th LSC Scientific Committee Meeting
Diciembre/Diciembre 2019



LRT 2019

The LSC was chosen to host the LRT 2019 held at the “Palacio de Congresos” in Jaca. The main objective of this series of workshops is to bring together experts in low radioactivity techniques to conduct presentations and discussions covering widely the issues related to these techniques. Some 100 scientists with international expertise in the field attended this edition, which also included cultural visits to Jaca.

El LSC fue elegido para albergar el LRT 2019 que celebró en el Palacio de Congresos de Jaca. El objetivo principal de esta serie de workshops es el de reunir a expertos en técnicas de baja radioactividad para llevar a cabo presentaciones y debates que cubran ampliamente los asuntos relacionados con dichas técnicas. Unos 100 científicos expertos en la materia de procedencia internacional asistieron a esta edición que incluyó además visitas culturales de Jaca.

OPEN DAY 2019

On Sunday, October 20, the LSC opened its doors to the public with an open day, for the third consecutive year, full of activities in which some 300 people participated. In addition to visiting the underground facilities, there were talks, children's workshops, visits to our new museum and demonstrations of detection techniques.

El domingo 20 de octubre el LSC abrió sus puertas al público con una jornada de puertas abiertas, por tercer año consecutivo, llena de actividades en la cual participaron unas 300 personas. Además de visitar las instalaciones subterráneas, se llevaron a cabo charlas, talleres infantiles, visitas a nuestro nuevo museo y demostraciones de técnicas de detección.

PROGRAMA

ACTIVIDADES:

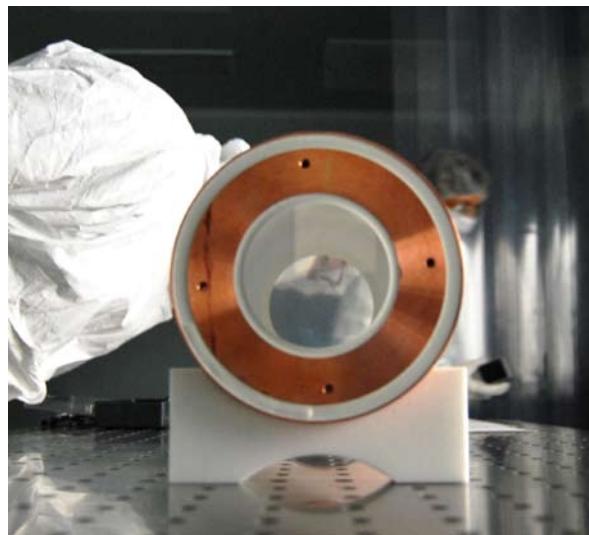
- 1. VISTA EL MUSEO:
 - “Radioactividad natural a la vista”
 - “¿Qué son los rayos cósmicos?”
- 11:00 - 12:00 - 13:00 - 14:00
- 2. TALLERES INFANTILES:
 - “Prepara tu Universo”
 - “Atrapa la Materia Oscura”
- 10:00 - 11:00 - 12:00 - 13:00 - 14:00
- 3. PHOTOCALL
 - “De Canfranc al Universo”
- 10:00 - 14:00 (Paseo cada 30 min)
- 4. TÉCNICAS EXPERIMENTALES
 - “Detectores y blindajes”
 - “Espectrometría de masas”
- 10:00 - 11:00 - 12:00 - 13:00 - 14:00

CHARLAS:

- 10:15 - 10:25 “A la caza de astropartículas: neutrinos”
- 10:25 - 10:35 “A la caza de astropartículas: materia oscura”
- 10:35 - 11:25 “De los núcleos a las galaxias: logros de científicas”
- 11:25 - 11:35 “A la caza de astropartículas: materia oscura”
- 11:35 - 12:25 “Historias del LSC”
- 12:45 - 13:35 “A la caza de astropartículas: materia oscura”
- 13:35 - 13:45 “Historias del LSC”
- 13:45 - 14:30 “Monólogos de la materia oscura”
- 14:30 - 15:20 “Historias del LSC”
- 15:20 - 16:10 “La ciencia en YouTube”
- 16:10 - 17:00 “Historias del LSC”
- 17:00 - 17:50 “La ciencia en YouTube”
- 17:50 - 18:40 “Historias del LSC”
- 18:40 - 19:30 “La ciencia en YouTube”
- 19:30 - 20:20 “Historias del LSC”
- 20:20 - 21:10 “La ciencia en YouTube”
- 21:10 - 22:00 “Historias del LSC”
- 22:00 - 22:50 “La ciencia en YouTube”
- 22:50 - 23:40 “Historias del LSC”
- 23:40 - 24:30 “La ciencia en YouTube”
- 24:30 - 25:20 “Historias del LSC”
- 25:20 - 26:10 “La ciencia en YouTube”
- 26:10 - 27:00 “Historias del LSC”
- 27:00 - 27:50 “La ciencia en YouTube”
- 27:50 - 28:40 “Historias del LSC”
- 28:40 - 29:30 “La ciencia en YouTube”
- 29:30 - 30:20 “Historias del LSC”
- 30:20 - 31:10 “La ciencia en YouTube”
- 31:10 - 32:00 “Historias del LSC”
- 32:00 - 32:50 “La ciencia en YouTube”
- 32:50 - 33:40 “Historias del LSC”
- 33:40 - 34:30 “La ciencia en YouTube”
- 34:30 - 35:20 “Historias del LSC”
- 35:20 - 36:10 “La ciencia en YouTube”
- 36:10 - 37:00 “Historias del LSC”
- 37:00 - 37:50 “La ciencia en YouTube”
- 37:50 - 38:40 “Historias del LSC”
- 38:40 - 39:30 “La ciencia en YouTube”
- 39:30 - 40:20 “Historias del LSC”
- 40:20 - 41:10 “La ciencia en YouTube”
- 41:10 - 42:00 “Historias del LSC”
- 42:00 - 42:50 “La ciencia en YouTube”
- 42:50 - 43:40 “Historias del LSC”
- 43:40 - 44:30 “La ciencia en YouTube”
- 44:30 - 45:20 “Historias del LSC”
- 45:20 - 46:10 “La ciencia en YouTube”
- 46:10 - 47:00 “Historias del LSC”
- 47:00 - 47:50 “La ciencia en YouTube”
- 47:50 - 48:40 “Historias del LSC”
- 48:40 - 49:30 “La ciencia en YouTube”
- 49:30 - 50:20 “Historias del LSC”
- 50:20 - 51:10 “La ciencia en YouTube”
- 51:10 - 52:00 “Historias del LSC”
- 52:00 - 52:50 “La ciencia en YouTube”
- 52:50 - 53:40 “Historias del LSC”
- 53:40 - 54:30 “La ciencia en YouTube”
- 54:30 - 55:20 “Historias del LSC”
- 55:20 - 56:10 “La ciencia en YouTube”
- 56:10 - 57:00 “Historias del LSC”
- 57:00 - 57:50 “La ciencia en YouTube”
- 57:50 - 58:40 “Historias del LSC”
- 58:40 - 59:30 “La ciencia en YouTube”
- 59:30 - 60:20 “Historias del LSC”
- 60:20 - 61:10 “La ciencia en YouTube”
- 61:10 - 62:00 “Historias del LSC”
- 62:00 - 62:50 “La ciencia en YouTube”
- 62:50 - 63:40 “Historias del LSC”
- 63:40 - 64:30 “La ciencia en YouTube”
- 64:30 - 65:20 “Historias del LSC”
- 65:20 - 66:10 “La ciencia en YouTube”
- 66:10 - 67:00 “Historias del LSC”
- 67:00 - 67:50 “La ciencia en YouTube”
- 67:50 - 68:40 “Historias del LSC”
- 68:40 - 69:30 “La ciencia en YouTube”
- 69:30 - 70:20 “Historias del LSC”
- 70:20 - 71:10 “La ciencia en YouTube”
- 71:10 - 72:00 “Historias del LSC”
- 72:00 - 72:50 “La ciencia en YouTube”
- 72:50 - 73:40 “Historias del LSC”
- 73:40 - 74:30 “La ciencia en YouTube”
- 74:30 - 75:20 “Historias del LSC”
- 75:20 - 76:10 “La ciencia en YouTube”
- 76:10 - 77:00 “Historias del LSC”
- 77:00 - 77:50 “La ciencia en YouTube”
- 77:50 - 78:40 “Historias del LSC”
- 78:40 - 79:30 “La ciencia en YouTube”
- 79:30 - 80:20 “Historias del LSC”
- 80:20 - 81:10 “La ciencia en YouTube”
- 81:10 - 82:00 “Historias del LSC”
- 82:00 - 82:50 “La ciencia en YouTube”
- 82:50 - 83:40 “Historias del LSC”
- 83:40 - 84:30 “La ciencia en YouTube”
- 84:30 - 85:20 “Historias del LSC”
- 85:20 - 86:10 “La ciencia en YouTube”
- 86:10 - 87:00 “Historias del LSC”
- 87:00 - 87:50 “La ciencia en YouTube”
- 87:50 - 88:40 “Historias del LSC”
- 88:40 - 89:30 “La ciencia en YouTube”
- 89:30 - 90:20 “Historias del LSC”
- 90:20 - 91:10 “La ciencia en YouTube”
- 91:10 - 92:00 “Historias del LSC”
- 92:00 - 92:50 “La ciencia en YouTube”
- 92:50 - 93:40 “Historias del LSC”
- 93:40 - 94:30 “La ciencia en YouTube”
- 94:30 - 95:20 “Historias del LSC”
- 95:20 - 96:10 “La ciencia en YouTube”
- 96:10 - 97:00 “Historias del LSC”
- 97:00 - 97:50 “La ciencia en YouTube”
- 97:50 - 98:40 “Historias del LSC”
- 98:40 - 99:30 “La ciencia en YouTube”
- 99:30 - 100:20 “Historias del LSC”
- 100:20 - 101:10 “La ciencia en YouTube”
- 101:10 - 102:00 “Historias del LSC”
- 102:00 - 102:50 “La ciencia en YouTube”
- 102:50 - 103:40 “Historias del LSC”
- 103:40 - 104:30 “La ciencia en YouTube”
- 104:30 - 105:20 “Historias del LSC”
- 105:20 - 106:10 “La ciencia en YouTube”
- 106:10 - 107:00 “Historias del LSC”
- 107:00 - 107:50 “La ciencia en YouTube”
- 107:50 - 108:40 “Historias del LSC”
- 108:40 - 109:30 “La ciencia en YouTube”
- 109:30 - 110:20 “Historias del LSC”
- 110:20 - 111:10 “La ciencia en YouTube”
- 111:10 - 112:00 “Historias del LSC”
- 112:00 - 112:50 “La ciencia en YouTube”
- 112:50 - 113:40 “Historias del LSC”
- 113:40 - 114:30 “La ciencia en YouTube”
- 114:30 - 115:20 “Historias del LSC”
- 115:20 - 116:10 “La ciencia en YouTube”
- 116:10 - 117:00 “Historias del LSC”
- 117:00 - 117:50 “La ciencia en YouTube”
- 117:50 - 118:40 “Historias del LSC”
- 118:40 - 119:30 “La ciencia en YouTube”
- 119:30 - 120:20 “Historias del LSC”
- 120:20 - 121:10 “La ciencia en YouTube”
- 121:10 - 122:00 “Historias del LSC”
- 122:00 - 122:50 “La ciencia en YouTube”
- 122:50 - 123:40 “Historias del LSC”
- 123:40 - 124:30 “La ciencia en YouTube”
- 124:30 - 125:20 “Historias del LSC”
- 125:20 - 126:10 “La ciencia en YouTube”
- 126:10 - 127:00 “Historias del LSC”
- 127:00 - 127:50 “La ciencia en YouTube”
- 127:50 - 128:40 “Historias del LSC”
- 128:40 - 129:30 “La ciencia en YouTube”
- 129:30 - 130:20 “Historias del LSC”
- 130:20 - 131:10 “La ciencia en YouTube”
- 131:10 - 132:00 “Historias del LSC”
- 132:00 - 132:50 “La ciencia en YouTube”
- 132:50 - 133:40 “Historias del LSC”
- 133:40 - 134:30 “La ciencia en YouTube”
- 134:30 - 135:20 “Historias del LSC”
- 135:20 - 136:10 “La ciencia en YouTube”
- 136:10 - 137:00 “Historias del LSC”
- 137:00 - 137:50 “La ciencia en YouTube”
- 137:50 - 138:40 “Historias del LSC”
- 138:40 - 139:30 “La ciencia en YouTube”
- 139:30 - 140:20 “Historias del LSC”
- 140:20 - 141:10 “La ciencia en YouTube”
- 141:10 - 142:00 “Historias del LSC”
- 142:00 - 142:50 “La ciencia en YouTube”
- 142:50 - 143:40 “Historias del LSC”
- 143:40 - 144:30 “La ciencia en YouTube”
- 144:30 - 145:20 “Historias del LSC”
- 145:20 - 146:10 “La ciencia en YouTube”
- 146:10 - 147:00 “Historias del LSC”
- 147:00 - 147:50 “La ciencia en YouTube”
- 147:50 - 148:40 “Historias del LSC”
- 148:40 - 149:30 “La ciencia en YouTube”
- 149:30 - 150:20 “Historias del LSC”
- 150:20 - 151:10 “La ciencia en YouTube”
- 151:10 - 152:00 “Historias del LSC”
- 152:00 - 152:50 “La ciencia en YouTube”
- 152:50 - 153:40 “Historias del LSC”
- 153:40 - 154:30 “La ciencia en YouTube”
- 154:30 - 155:20 “Historias del LSC”
- 155:20 - 156:10 “La ciencia en YouTube”
- 156:10 - 157:00 “Historias del LSC”
- 157:00 - 157:50 “La ciencia en YouTube”
- 157:50 - 158:40 “Historias del LSC”
- 158:40 - 159:30 “La ciencia en YouTube”
- 159:30 - 160:20 “Historias del LSC”
- 160:20 - 161:10 “La ciencia en YouTube”
- 161:10 - 162:00 “Historias del LSC”
- 162:00 - 162:50 “La ciencia en YouTube”
- 162:50 - 163:40 “Historias del LSC”
- 163:40 - 164:30 “La ciencia en YouTube”
- 164:30 - 165:20 “Historias del LSC”
- 165:20 - 166:10 “La ciencia en YouTube”
- 166:10 - 167:00 “Historias del LSC”
- 167:00 - 167:50 “La ciencia en YouTube”
- 167:50 - 168:40 “Historias del LSC”
- 168:40 - 169:30 “La ciencia en YouTube”
- 169:30 - 170:20 “Historias del LSC”
- 170:20 - 171:10 “La ciencia en YouTube”
- 171:10 - 172:00 “Historias del LSC”
- 172:00 - 172:50 “La ciencia en YouTube”
- 172:50 - 173:40 “Historias del LSC”
- 173:40 - 174:30 “La ciencia en YouTube”
- 174:30 - 175:20 “Historias del LSC”
- 175:20 - 176:10 “La ciencia en YouTube”
- 176:10 - 177:00 “Historias del LSC”
- 177:00 - 177:50 “La ciencia en YouTube”
- 177:50 - 178:40 “Historias del LSC”
- 178:40 - 179:30 “La ciencia en YouTube”
- 179:30 - 180:20 “Historias del LSC”
- 180:20 - 181:10 “La ciencia en YouTube”
- 181:10 - 182:00 “Historias del LSC”
- 182:00 - 182:50 “La ciencia en YouTube”
- 182:50 - 183:40 “Historias del LSC”
- 183:40 - 184:30 “La ciencia en YouTube”
- 184:30 - 185:20 “Historias del LSC”
- 185:20 - 186:10 “La ciencia en YouTube”
- 186:10 - 187:00 “Historias del LSC”
- 187:00 - 187:50 “La ciencia en YouTube”
- 187:50 - 188:40 “Historias del LSC”
- 188:40 - 189:30 “La ciencia en YouTube”
- 189:30 - 190:20 “Historias del LSC”
- 190:20 - 191:10 “La ciencia en YouTube”
- 191:10 - 192:00 “Historias del LSC”
- 192:00 - 192:50 “La ciencia en YouTube”
- 192:50 - 193:40 “Historias del LSC”
- 193:40 - 194:30 “La ciencia en YouTube”
- 194:30 - 195:20 “Historias del LSC”
- 195:20 - 196:10 “La ciencia en YouTube”
- 196:10 - 197:00 “Historias del LSC”
- 197:00 - 197:50 “La ciencia en YouTube”
- 197:50 - 198:40 “Historias del LSC”
- 198:40 - 199:30 “La ciencia en YouTube”
- 199:30 - 200:20 “Historias del LSC”
- 200:20 - 201:10 “La ciencia en YouTube”
- 201:10 - 202:00 “Historias del LSC”
- 202:00 - 202:50 “La ciencia en YouTube”
- 202:50 - 203:40 “Historias del LSC”
- 203:40 - 204:30 “La ciencia en YouTube”
- 204:30 - 205:20 “Historias del LSC”
- 205:20 - 206:10 “La ciencia en YouTube”
- 206:10 - 207:00 “Historias del LSC”
- 207:00 - 207:50 “La ciencia en YouTube”
- 207:50 - 208:40 “Historias del LSC”
- 208:40 - 209:30 “La ciencia en YouTube”
- 209:30 - 210:20 “Historias del LSC”
- 210:20 - 211:10 “La ciencia en YouTube”
- 211:10 - 212:00 “Historias del LSC”
- 212:00 - 212:50 “La ciencia en YouTube”
- 212:50 - 213:40 “Historias del LSC”
- 213:40 - 214:30 “La ciencia en YouTube”
- 214:30 - 215:20 “Historias del LSC”
- 215:20 - 216:10 “La ciencia en YouTube”
- 216:10 - 217:00 “Historias del LSC”
- 217:00 - 217:50 “La ciencia en YouTube”
- 217:50 - 218:40 “Historias del LSC”
- 218:40 - 219:30 “La ciencia en YouTube”
- 219:30 - 220:20 “Historias del LSC”
- 220:20 - 221:10 “La ciencia en YouTube”
- 221:10 - 222:00 “Historias del LSC”
- 222:00 - 222:50 “La ciencia en YouTube”
- 222:50 - 223:40 “Historias del LSC”
- 223:40 - 224:30 “La ciencia en YouTube”
- 224:30 - 225:20 “Historias del LSC”
- 225:20 - 226:10 “La ciencia en YouTube”
- 226:10 - 227:00 “Historias del LSC”
- 227:00 - 227:50 “La ciencia en YouTube”
- 227:50 - 228:40 “Historias del LSC”
- 228:40 - 229:30 “La ciencia en YouTube”
- 229:30 - 230:20 “Historias del LSC”
- 230:20 - 231:10 “La ciencia en YouTube”
- 231:10 - 232:00 “Historias del LSC”
- 232:00 - 232:50 “La ciencia en YouTube”
- 232:50 - 233:40 “Historias del LSC”
- 233:40 - 234:30 “La ciencia en YouTube”
- 234:30 - 235:20 “Historias del LSC”
- 235:20 - 236:10 “La ciencia en YouTube”
- 236:10 - 237:00 “Historias del LSC”
- 237:00 - 237:50 “La ciencia en YouTube”
- 237:50 - 238:40 “Historias del LSC”
- 238:40 - 239:30 “La ciencia en YouTube”
- 239:30 - 240:20 “Historias del LSC”
- 240:20 - 241:10 “La ciencia en YouTube”
- 241:10 - 242:00 “Historias del LSC”
- 242:00 - 242:50 “La ciencia en YouTube”
- 242:50 - 243:40 “Historias del LSC”
- 243:40 - 244:30 “La ciencia en YouTube”
- 244:30 - 245:20 “Historias del LSC”
- 245:20 - 246:10 “La ciencia en YouTube”
- 246:10 - 247:00 “Historias del LSC”
- 247:00 - 247:50 “La ciencia en YouTube”
- 247:50 - 248:40 “Historias del LSC”
- 248:40 - 249:30 “La ciencia en YouTube”
- 249:30 - 250:20 “Historias del LSC”
- 250:20 - 251:10 “La ciencia en YouTube”
- 251:10 - 252:00 “Historias del LSC”
- 252:00 - 252:50 “La ciencia en YouTube”
- 252:50 - 253:40 “Historias del LSC”
- 253:40 - 254:30 “La ciencia en YouTube”
- 254:30 - 255:20 “Historias del LSC”
- 255:20 - 256:10 “La ciencia en YouTube”
- 256:10 - 257:00 “Historias del LSC”
- 257:00 - 257:50 “La ciencia en YouTube”
- 257:50 - 258:40 “Historias del LSC”
- 258:40 - 259:30 “La ciencia en YouTube”
- 259:30 - 260:20 “Historias del LSC”
- 260:20 - 261:10 “La ciencia en YouTube”
- 261:10 - 262:00 “Historias del LSC”
- 262:00 - 262:50 “La ciencia en YouTube”
- 262:50 - 263:40 “Historias del LSC”
- 263:40 - 264:30 “La ciencia en YouTube”
- 264:30 - 265:20 “Historias del LSC”
- 265:20 - 266:10 “La ciencia en YouTube”
- 266:10 - 267:00 “Historias del LSC”
- 267:00 - 267:50 “La ciencia en YouTube”
- 267:50 - 268:40 “Historias del LSC”
- 268:40 - 269:30 “La ciencia en YouTube”
- 269:30 - 270:20 “Historias del LSC”
- 270:20 - 271:10 “La ciencia en YouTube”
- 271:10 - 272:00 “Historias del LSC”
- 272:00 - 272:50 “La ciencia en YouTube”
- 272:50 - 273:40 “Historias del LSC”
- 273:40 - 274:30 “La ciencia en YouTube”
- 274:30 - 275:20 “Historias del LSC”
- 275:20 - 276:10 “La ciencia en YouTube”
- 276:10 - 277:00 “Historias del LSC”
- 277:00 - 277:50 “La ciencia en YouTube”
- 277:50 - 278:40 “Historias del LSC”
- 278:40 - 279:30 “La ciencia en YouTube”
- 279:30 - 280:20 “Historias del LSC”
- 280:20 - 281:10 “La ciencia en YouTube”
- 281:10 - 282:00 “Historias del LSC”
- 282:00 - 282:50 “La ciencia en YouTube”
- 282:50 - 283:40 “Historias del LSC”
- 283:40 - 284:30 “La ciencia en YouTube”
- 284:30 - 285:20 “Historias del LSC”
- 285:20 - 286:10 “La ciencia en YouTube”
- 286:10 - 287:00 “Historias del LSC”
- 287:00 - 287:50 “La ciencia en YouTube”
- 287:50 - 288:40 “Historias del LSC”
- 288:40 - 289:30 “La ciencia en YouTube”
- 289:30 - 290:20 “Historias del LSC”
- 290:20 - 291:10 “La ciencia en YouTube”
- 291:10 - 292:00 “Historias del LSC”
- 292:00 - 292:50 “La ciencia en YouTube”
- 292:50 - 293:40 “Historias del LSC”
- 293:40 - 294:30 “La ciencia en YouTube”
- 294:30 - 295:20 “Historias del LSC”
- 295:20 - 296:10 “La ciencia en YouTube”
- 296:10 - 297:00 “Historias del LSC”
- 297:00 - 297:50 “La ciencia en YouTube”
- 297:50 - 298:40 “Historias del LSC”
- 298:40 - 299:30 “La ciencia en YouTube”
- 299:30 - 300:20 “Historias del LSC”
- 300:20 - 301:10 “La ciencia en YouTube”
- 301:10 - 302:00 “Historias del LSC”
- 302:00 - 302:50 “La ciencia en YouTube”
- 302:50 - 303:40 “Historias del LSC”
- 303:40 - 304:30 “La ciencia en YouTube”
- 304:30 - 305:20 “Historias del LSC”
- 305:20 - 306:10 “La ciencia en YouTube”
- 306:10 - 307:00 “Historias del LSC”
- 307:00 - 307:50 “La ciencia en YouTube”
- 307:50 - 308:40 “Historias del LSC”
- 308:40 - 309:30 “La ciencia en YouTube”
- 309:30 - 310:20 “Historias del LSC”
- 310:20 - 311:10 “La ciencia en YouTube”
- 311:10 - 312:00 “Historias del LSC”
- 312:00 - 312:50 “La ciencia en YouTube”
- 312:50 - 313:40 “Historias del LSC”
- 313:40 - 314:30 “La ciencia en YouTube”
- 314:30 - 315:20 “Historias del LSC”
- 315:20 - 316:10 “La ciencia en YouTube”
- 316:10 - 317:00 “Historias del LSC”
- 317:00 - 317:50 “La ciencia en YouTube”
- 317:50 - 318:40 “Historias del LSC”
- 318:40 - 319:30 “La ciencia en YouTube”
- 319:30 - 320:20 “Historias del LSC”
- 320:20 - 321:10 “La ciencia en YouTube”
- 321:10 - 322:00 “Historias del LSC”
- 322:00 - 322:50 “La ciencia en YouTube”
- 322:50 - 323:40 “Historias del LSC”
- 323:40 - 324:30 “La ciencia en YouTube”
- 324:30 - 325:20 “Historias del LSC”
- 325:20 - 326:10 “La ciencia en YouTube”
- 326:10 - 327:00 “Historias del LSC”
- 327:00 - 327:50 “La ciencia en YouTube”
- 327:50 - 328:40 “Historias del LSC”
- 328:40 - 329:30 “La ciencia en YouTube”
- 329:30 - 330:20 “Historias del LSC”
- 330:20 - 331:10 “La ciencia en YouTube”
- 331:10 - 332:00 “Historias del LSC”
- 332:00 - 332:50 “La ciencia en YouTube”
- 332:50 - 333:40 “Historias del LSC”
- 333:4

ANALIS

There is overwhelming evidence from cosmological and astrophysical observations supporting the existence of dark matter (DM). Weakly Interacting Massive Particles (WIMPs) are among the better motivated candidates to explain DM, which could be detected in direct, indirect or accelerator searches, complementary to each other. Only one experiment, DAMA/LIBRA, has provided a long-standing positive result: the observation of a highly statistically significant annual modulation in the detection rate, compatible with that expected for galactic halo dark matter particles. This result has neither been reproduced by any other experiment, nor ruled out in a model independent way. Compatibility among the different experimental results in most conventional WIMP-DM scenarios is actually disfavoured. Then, a similar annual modulation search using the same target is mandatory to shed light on the DAMA/LIBRA conundrum, which is the goal of the ANAIS (Annual modulation with NaI Scintillators) experiment.



An annual modulation in the dark matter interaction rate is expected by the revolution of the Earth around the Sun, which distorts the DM particle velocity distribution function as seen by the detector, typically assumed Maxwellian boosted by the Sun velocity. The effect is present unless the DM halo is co-rotating with the Solar System. However, it is strongly dependent on the specific halo model, both in amplitude and in phase. It is natural to assume that the Sun is moving through a locally isotropic DM halo, with the Earth orbiting

Una evidencia abrumadora de observaciones cosmológicas y astrofísicas respaldan la existencia de materia oscura (DM). Las partículas masivas con interacción débil (WIMP) son uno de los candidatos mejor motivados para explicar la DM, y podrían detectarse en búsquedas directas, indirectas o en aceleradores, técnicas de detección complementarias entre sí. Únicamente el detector DAMA/LIBRA, ha proporcionado un resultado positivo: la observación de una modulación anual significativa en la tasa de detección, compatible con la señal esperada para las partículas de materia oscura en el halo galáctico. Este resultado no ha sido reproducido por ningún otro experimento, ni descartado con un análisis independiente de modelo. La compatibilidad entre los diferentes resultados experimentales en la mayoría de los escenarios WIMP-DM convencionales está desfavorecido. Así, una búsqueda de modulación anual similar usando el mismo objetivo es necesaria para resolver el enigma DAMA / LIBRA, que es el objetivo del experimento de Modulación Anual con Centelleadores de NaI (ANAIS).

Se espera una modulación anual en la tasa de interacción de la materia oscura por la traslación de la Tierra alrededor del Sol, que distorsiona la función de distribución de velocidad de partículas de DM tal como la ve el detector, una distribución Maxwelliana de velocidades incrementada por la velocidad del Sol. El efecto está presente a menos que el halo DM rote solidariamente con el Sistema Solar. Sin embargo, depende en gran medida del modelo de halo específico, tanto en amplitud como en fase. La hipótesis más simple es suponer que el Sol se mueve a través de un halo de DM localmente isotrópico, con la Tierra en órbita y se realizan búsquedas para una modulación de la señal debida a DM con un período de un año y una fase bien definida. Un análisis completo y consistente requiere varios años de medidas en condiciones muy estables. Este es el objetivo a largo plazo de nuestro experimento. ANAIS-112, que consta de 112,5 kg de detectores de NaI (Tl), se instaló en 2017 en el Laboratorio Subterráneo Canfranc (LSC). ANAIS-112 recibe un flujo de rayos cósmicos residuales y condiciones ambientales diferentes a las de DAMA / LIBRA (800 m frente a una sobrecarga de roca de 1400 m, por ejemplo). En consecuencia, la confirmación

aside. Consequently, searches are performed for a modulation of DM-like events with a period of one year and a well-defined phase.

A full and consistent analysis requires then several years of measurement in very stable conditions. This is the long-term goal of our experiment. ANAIS-112, consisting of 112.5 kg of NaI(Tl) detectors, was installed in 2017 at the Canfranc Underground Laboratory (LSC) in Spain. The ANAIS-112 set-up undergoes a different residual cosmic ray flux and environmental conditions than DAMA/LIBRA (800 m versus 1400 m rock overburden, for instance). Consequently, the potential confirmation of a modulation with same phase and amplitude would be very difficultly explained as an effect of backgrounds or systematics.

We briefly summarize here the most relevant features of the experimental apparatus. ANAIS-112 uses nine NaI(Tl) modules produced by Alpha Spectra Inc. in Colorado. These modules have been manufactured from 2012 to 2017 and shipped to Spain avoiding air travel in order to prevent cosmogenic activation of the module materials. Each crystal is cylindrical (4.75" diameter and 11.75" length), with a mass of 12.5 kg, and it is housed in OFE (Oxygen Free Electronic) copper. This encapsulation has a Mylar window allowing low energy calibration using external gamma sources. It incorporates two quartz optical windows to couple the photomultiplier tubes (PMTs). All PMT units and all relevant materials used in the building of the detectors, have been screened for radiopurity using HPGe detectors in the low background facilities at LSC. Their contribution to the experiment background has been estimated and included in our background model. Our modules show an outstanding light collection, at the level of 15 photoelectrons (phe) per keV.

ANAIS-112 is calibrated every two weeks using external ^{109}Cd sources: all the nine modules are simultaneously calibrated using a multi-source system which minimizes down time periods. Background events from the decay of ^{40}K and ^{22}Na in the crystal bulk, associated to 3.2 and 0.9 keV energy depositions, and selected by coincidence with an energy deposition in a second module of 1461 and 1275 keV, respectively, are also used to

potencial de una modulación con la misma fase y amplitud se explicaría muy difícilmente por el fondo o errores sistemáticos.

Resumimos aquí las características más relevantes del experimento. ANAIS-112 utiliza nueve módulos NaI (Tl) producidos por Alpha Spectra Inc. en Colorado. Estos módulos se fabricaron entre 2012 y 2017 y se trajeron a España evitando los viajes aéreos con el objetivo de reducir la activación cosmogénica de los materiales del módulo. Cada cristal es cilíndrico (4.75" de diámetro y 11.75" de largo), con una masa de 12.5 kg, y está alojado en una cápsula de cobre libre de oxígeno (OFE). Esta encapsulación tiene una ventana tipo Mylar para calibración de baja energía con fuentes gamma externas. Incorpora dos ventanas ópticas de cuarzo para acoplar los tubos fotomultiplicadores (PMT). Todos los PMT y materiales relevantes utilizados en la construcción de los detectores han sido caracterizados radioactivamente en las instalaciones de bajo fondo en LSC. Su contribución al fondo del experimento se ha incluido en nuestro modelo de fondo. Nuestros módulos muestran un excelente nivel de 15 fotoelectrones (phe) por keV.



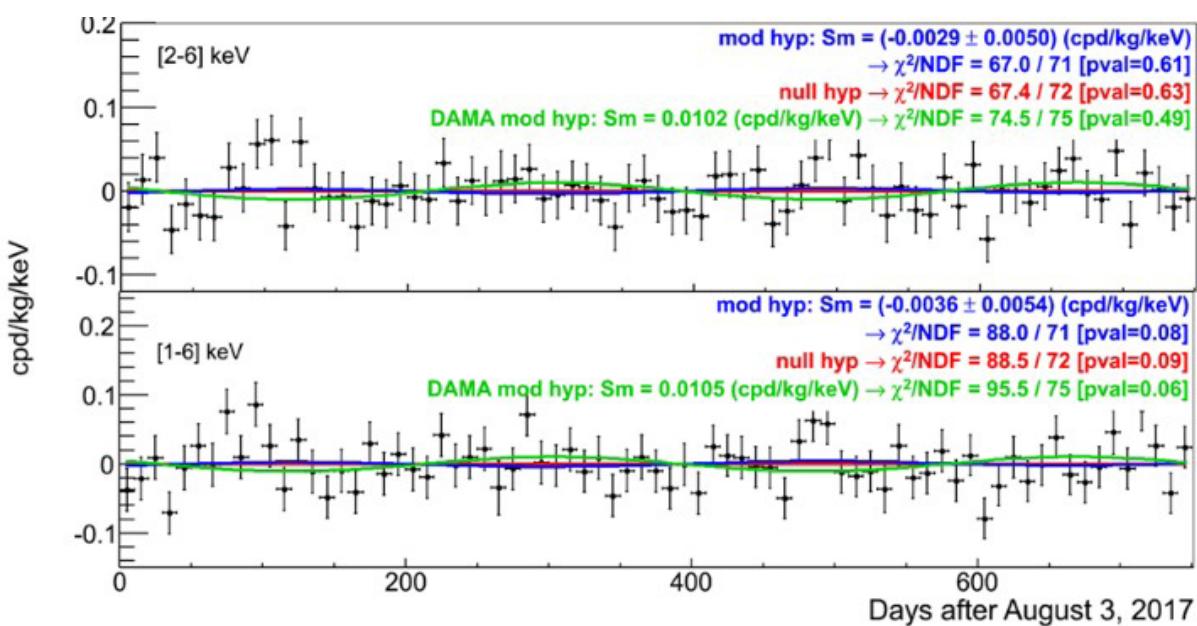
ANAIS-112 se calibra cada dos semanas, usando fuentes externas de ^{109}Cd : los nueve módulos se calibran simultáneamente usando un sistema de múltiples fuentes. Los eventos de fondo de la desintegración de ^{40}K y ^{22}Na en la masa de cristal, asociados a depósitos de energía de 3.2 y 0.9 keV, y seleccionados por coincidencia con un depósito de energía en un segundo módulo de 1461 y 1275 keV, respectivamente, también se utilizan para mejorar la precisión de la calibración hasta el umbral de energía.

improve the accuracy of the calibration down to the energy threshold.

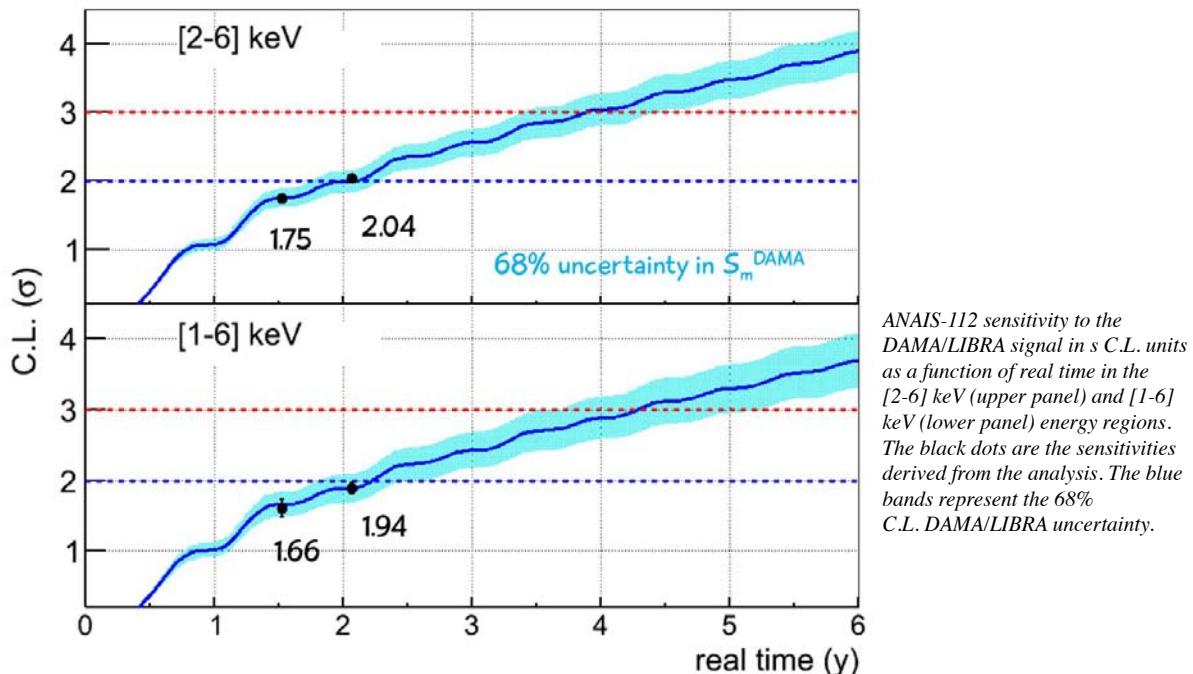
The ANAIS-112 shielding consists of 10 cm of archaeological lead, 20 cm of low activity lead, anti-radon box (continuously flushed with radon-free nitrogen gas), active muon veto system made up of 16 plastic scintillators designed to cover top and sides of the whole ANAIS set-up and 40 cm of neutron moderator (a combination of water tanks and polyethylene blocks). In the design of the muon veto system we followed a tagging strategy instead of a hardware vetoing. The goal was twofold: on the one hand, to discard events in the NaI(Tl) crystals coincident with muon veto triggers. On the other hand, to analyse eventual correlations between muon hits in the plastic scintillators and events in the NaI(Tl) crystals, especially in the region of interest (ROI), of 1-6 keV.

The ANAIS-112 electronic chain and data acquisition system (DAQ) is shortly described here. Each PMT charge signal is independently processed and divided into: (1) a trigger signal; (2) a low energy (LE) signal that goes to the digitizers which sample the waveforms at 2 Gs/s with high resolution (14 bits); and (3) a high energy (HE) signal, conveniently attenuated. The trigger of each PMT signal is done at phe level, while the single module trigger is done by the coincidence (logical AND) of the two PMT triggers in a 200 ns window. The global trigger is the logical OR of the

El blindaje ANAIS-112 consta de 10 cm de plomo arqueológico, 20 cm de plomo de baja actividad, caja anti-radón (continuo flujo de gas nitrógeno sin radón), sistema de voto de muones compuesto por 16 centelleadores de plástico que cubren la parte superior y los lados de toda la configuración de ANAIS y 40 cm de moderador de neutrones (una combinación de tanques de agua y bloques de polietileno). En el diseño del sistema de voto de muones, seguimos una estrategia de identificación en lugar de un voto por hardware. El objetivo es doble: descartar eventos en los cristales de NaI (Tl) que coinciden con los debidos a los muones vetados y analizar correlaciones eventuales entre los muones y los eventos en los cristales de NaI (Tl), especialmente en la región de interés (ROI), de 1-6 keV. La electrónica y el sistema de adquisición de datos (DAQ) se describen brevemente aquí. Cada señal de carga del PMT se procesa independientemente y se divide en: (1) señal de activación; (2) señal de baja energía (LE) que va a los digitalizadores que muestran las formas de onda con alta resolución a 2 Gs/s (14 bits); y (3) una señal de alta energía (HE) atenuada. El disparador de cada señal del PMT se realiza a nivel de phe, mientras que el disparador de módulo único se realiza por coincidencia (AND lógico) de los dos disparadores PMT en una ventana de 200 ns. El activador global es el OR lógico de las señales de activación de los nueve módulos. La eficiencia de activación es cercana al 100% hasta el umbral de análisis a 1 keV.



Best fit results for two years of ANAIS-112 data in the modulation hypothesis and for the null hypothesis.
DAMA/LIBRA modulation is shown for comparison, indicating the corresponding p-value



ANAIS-112 sensitivity to the DAMA/LIBRA signal in s C.L. units as a function of real time in the [2-6] keV (upper panel) and [1-6] keV (lower panel) energy regions. The black dots are the sensitivities derived from the analysis. The blue bands represent the 68% C.L. DAMA/LIBRA uncertainty.

nine modules trigger signals. Trigger efficiency is close to 100% down to the analysis threshold established at 1 keV.

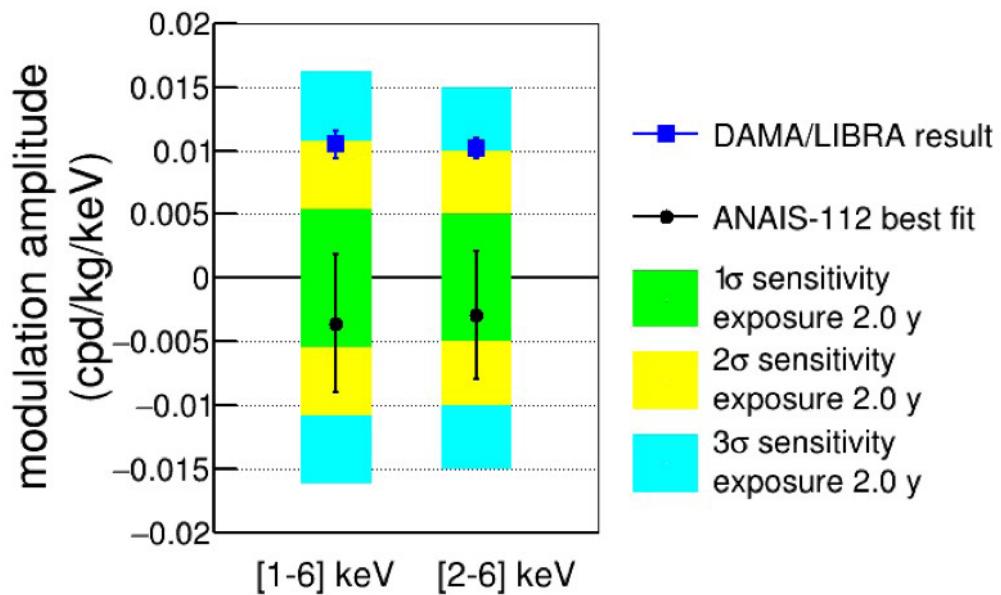
ANAlis-112 started taking data in the DM mode on August 3rd, 2017. It has accumulated more than two years of data-taking time in quite stable conditions. The blind analysis of one year and a half of ANAlis data was accepted for publication in Physical Review Letters, appearing in July 2019. After the completion of the second year of data at the end of August 2019, ANAlis applied the same analysis to the full two years, presenting these results at the TAUP 2019 conference, held in Toyama, Japan, from 9 to 13 September 2019. In this analysis, ANAlis collaboration calibrated the region of interest (ROI) in all the modules using energies even below the ROI; developed robust filtering protocols for different noise populations, estimated the corresponding efficiencies; checked them with a MC specifically developed; completed the background model for the ANAlis-112 set-up; and reevaluated the sensitivity prospects of the experiment for testing the DAMA/LIBRA result on annual modulation. All of the details from this analysis, established with the blind full first year of data and 10% of unblinded data in the ROI (randomly selected days), were incorporated into three papers, submitted for publication in European Physical Journal C before the unblinding of the ROI and available at arXiv server.

ANAlis-112 comenzó a tomar datos para detección de DM el 3 de agosto de 2017. Ha acumulado más de dos años en tiempo de toma de datos en condiciones estables.

El análisis de un año y medio de datos de ANAlis se ha publicado en Physical Review Letters en julio de 2019. Tras la finalización del segundo año de datos a finales de agosto de 2019, ANAlis aplicó el mismo análisis a los dos años completos, presentando estos resultados en la conferencia TAUP 2019, celebrada en Toyama, Japón, del 9 al 13 de septiembre de 2019. En este análisis, ANAlis ha calibrado la región de interés (ROI) en todos los módulos que utilizan energías incluso por debajo de la ROI; desarrollado protocolos de filtrado robustos para diferentes poblaciones de ruido, estimado las eficiencias correspondientes; comprobado con un MC específicamente desarrollado; completado el modelo de fondo radioactivo del montaje del ANAlis-112; y reevaluado las perspectivas de sensibilidad del experimento para probar el resultado de DAMA/LIBRA sobre la modulación anual. Todos los detalles de este análisis, establecido con el análisis ciego del primer año completo de datos y el 10% de los datos en el ROI (días seleccionados al azar), se incorporaron en tres trabajos, presentados para su publicación en el European Physical Journal C antes de analizar los datos en la ROI y disponibles en el servidor arXiv.

In February 2019, the ROI was unblinded and the search for an annual modulation in the rate was carried out, using data corresponding to the first year and a half of measurement, amounting to 157.55 kg year. In September ANAIS did the same for two years, amounting to 213.6 kg x year of exposure (after muon veto filtering). ANAIS focused on the model independent analysis searching for modulation and the validation of our sensitivity prospects. ANAIS-112 updated results are consistent with the null hypothesis and best fits for the modulation hypothesis are consistent with the absence of modulation both in the [2-6] keV and [1-6] keV energy regions. These results are in agreement with ANAIS estimated sensitivity for the accumulated exposure, supporting ANAIS projected goal of reaching a 3σ sensitivity to the DAMA/LIBRA result in 5 years of data taking.

En febrero de 2019 se analizaron los datos en la ROI y se realizó la búsqueda de una modulación anual de la tasa, utilizando datos correspondientes al primer año y medio de medición, que ascendían a 157,55 kg x año. En septiembre se hizo lo mismo durante dos años, ascendiendo a 213,6 kg x año de exposición (después de filtrar el veteo de muones). La colaboración ANAIS realizó un análisis independiente de modelo buscando la existencia de modulación y verificó la sensibilidad futura del experimento. Los resultados analizados del experimento ANAIS-112 son consistentes con la hipótesis nula y los mejores ajustes para la hipótesis de modulación son consistentes con la ausencia de modulación tanto en las regiones de energía [2-6] keV y [1-6] keV. Estos resultados concuerdan con la sensibilidad estimada por ANAIS para la exposición acumulada, lo que apoya el objetivo proyectado por el experimento de alcanzar una sensibilidad 3σ al resultado de DAMA/LIBRA en 5 años de toma de datos.



Sensitivity of ANAIS-112 for 2 years of data (coloured bands), best fit results, and DAMA/LIBRA result for the two analysed ROI: from 1 to 6 keV, and from 2 to 6 keV.

ArDM & DArT

Argon Dark Matter (ArDM) is a direct dark matter experiment for Weakly Interacting Massive Particles (WIMPs) searches. The ArDM detector is designed as a tonne-scale dual-phase liquid-argon time projection chamber (LAr TPC) to detect elastic scattering of WIMPs on argon nuclei, by observing ionisation and scintillation events, which are produced by the recoiling nucleus in the argon medium. The ArDM experiment consists of a cylindrical TPC installed in a LAr dewar of 1 m diameter. A layer of 10 cm of LAr is available around the target to shield particles entering from the outside. The detector active volume is confined by an optical surface made of high-reflectivity Polytetrafluoroethylene (PTFE) foils to collect as many photons as possible. The PTFE reflectors are coated with a thin layer of a wavelength shifter (WLS), to convert the argon scintillation VUV light to a range of maximal sensitivity of the photomultiplier tubes (PMTs).

The 24 low-radioactivity cryogenic 8" PMTs are distributed in two equal arrays for light readout, the top PMT array above the LAr target in the gaseous phase and the bottom array immersed in LAr. Nuclear recoils induced by WIMPs or neutrons, or electron recoils by radiation, as well as charged particle (alphas, betas or muons) interactions in the argon medium generate scintillation light (S1) and electron-ion pairs. When the detector works in the dual-phase (liquid and gaseous) mode, the electrons can be separated from their ions in an electric field and drift upwards to the argon surface. After being extracted from the LAr to the gaseous argon (GAr) on top, these electrons are accelerated and the secondary scintillation light (S2), which is proportional to the amount of electrons extracted, is produced. Both S1 and S2, which are vacuum ultraviolet (VUV) light with a wavelength around 127 nm, can be wavelength shifted to visible range by a layer of tetraphenyl butadiene (TPB) deposited on the inner surfaces and read out by the PMT arrays. In the single-phase commissioning Run I, with zero electric field, only S1 signals were recorded.

During ArDM Run I no voltages were applied to the drift cage ($E=0$) and the detector was operated in single-phase mode with a slightly different geometry than for double phase operation creating an active LAr target of around 850 kg.

Materia Oscura con Argón (ArDM) es un experimento de búsqueda de partículas masivas con interacción débil (WIMP). El detector ArDM consiste en una cámara de proyección temporal de argón líquido de doble fase de una tonelada (LAr TPC) para detectar la dispersión elástica de WIMP en los núcleos de argón, al observar los eventos de ionización y centelleo, que se producen por el retroceso del núcleo en el medio de argón. ArDM consiste en una TPC cilíndrica instalada en un recipiente de LAr de 1 m de diámetro. Una capa de 10 cm de LAr alrededor del volumen activo identifica las partículas incidentes del exterior. El volumen activo del detector está recubierto por una superficie óptica construida con láminas de politetrafluoroetileno (PTFE) de alta reflectividad para recoger la mayor cantidad de luz. Los reflectores están recubiertos con una capa delgada de un cambiador de longitud de onda (WLS), para convertir la luz VUV de centelleo del argón en luz en el rango de sensibilidad máxima de los tubos fotomultiplicadores (PMT).

Los PMT criogénicos de baja radiactividad de 8" (24) se distribuyen en dos conjuntos iguales para la lectura de luz, el conjunto superior de PMT en la fase gaseosa y el conjunto inferior sumergido en LAr. Los retrocesos nucleares inducidos por WIMPs o neutrones, los de electrones por radiación, así como las interacciones de partículas cargadas (alfa, betas o muones) en el medio argón generan luz de centelleo (S1) y pares de ion-electrón. Cuando el detector funciona en el modo de doble fase, los electrones pueden separarse de sus iones en un campo eléctrico y derivar hacia al argón gaseoso (GAr). Después de extraerse del LAr al GAr, estos electrones se aceleran y la luz de centelleo secundaria (S2), que es proporcional a la cantidad de electrones extraídos. Tanto S1 como S2, consisten en luz ultravioleta en vacío (VUV) con una longitud de onda de alrededor de 127 nm, pueden ser desplazados a un rango visible por una capa de tetrafenilbutadieno (TPB) depositado en las superficies internas y leídas por los PMT. En la puesta en marcha del RunI de fase única, con campo eléctrico cero, solo se registraron señales S1.

Durante el Run I de ArDM no se aplicó voltaje en la jaula de deriva ($E = 0$) y el detector funcionó en modo monofásico con una geometría ligeramente

During ArDM Run II the active target volume, defined by the drift cage, amounts to about 540 liters, corresponding to about 750kg of LAr and the detector is operated in double-phase with an approximately uniform vertical electric field is created in the active volume. By applying negative HV to the cathode electrons are drifted to the top where they are extracted into the gaseous phase of the detector producing the secondary signal S2. The drift cage has a shape of vertical cylinder, 112 cm in height and 80 cm in diameter, owning a flat section on the side to accommodate the large HV feedthrough. The drift cage is formed by 27 field shaper rings vertically arranged with a pitch of 40 mm. The rings are mounted onto seven 40 mm thick pillars made out of high-density polyethylene (HDPE). Top and bottom of the active volume are electrically closed by an extraction and cathode grid, respectively. The maximal design value of the cathode voltage is -100 kV creating a drift field up to about 1 kV/cm. A further grid is mounted 13 cm below the cathode grid biased to a voltage similar to the one for the PMTs as HV protection.

ArDM entered the final phase of its present experimental program, mass data taking in the dual phase (DP) operational mode. More than 20×10^9 events, in more than 270'000 runs were taken, transferred to CERN and were reconstructed and

diferente que en la operación de doble fase, con una masa de LAr de alrededor de 850 kg. Durante el Run II de ArDM, el volumen activo, definido por la jaula de deriva, es 540 litros, que corresponde a 750 kg de LAr y el detector se opera en fase doble con un campo eléctrico vertical aproximadamente uniforme en el volumen activo. Al aplicar alto voltaje negativo al cátodo, los electrones se derivan hacia la parte superior, donde se extraen a la fase gaseosa del detector que produce la señal secundaria S2. La jaula de deriva tiene una forma de cilindro vertical, 112 cm de altura y 80 cm de diámetro, con una sección plana en el lateral para acomodar el gran paso de alto voltaje. La jaula de deriva tiene 27 anillos dispuestos verticalmente con un paso de 40 mm. Los anillos se montan en siete pilares de 40 mm de espesor hechos de polietileno de alta densidad (HDPE). La parte superior e inferior del volumen activo están eléctricamente cerradas por una rejilla de extracción y cátodo, respectivamente. El valor de diseño máximo del voltaje del cátodo es -100 kV, creando un campo de deriva de aproximadamente 1 kV/cm. Una rejilla adicional se monta 13 cm por debajo de la rejilla del cátodo con un voltaje similar al de los PMT.

El ArDM entró en la fase final de su actual programa experimental, toma de datos masivos



Foto: @javierlarrea.com

analysed. Since December 2017, the detector was running in the double phase operational mode under very stable experimental conditions. Data taking is done at a charge drift field around 28 kV/m and an extraction field around 4 kV/cm at event rates around 2 kHz, which is governed by ^{39}Ar decays, each producing a S1/S2 signal pair. With the dual-phase operation of the ArDM detector a major milestone was achieved in the project. Hardware and software modifications were necessary to reach this final aim of the experiment, e.g. the installation of the heated getter filter, or the introduction of the zero skipping method. By those means the technological limits were reached for a ton scale detector, operating with natural argon, and completed data taking, as planned, in summer 2019. The next phase of the project, depleted argon tests within the DarkSide framework is well under preparation and will continue with the activities at LSC.

DArT at ArDM is a proof-of-concept for a facility to determine the radio-purity of argon with high precision. The goal is to measure the intrinsic contamination by ^{39}Ar and ^{85}Kr , of argon samples purified at the distillation column (Aria), and/or recuperated from the CO₂ gas well (Urana) of the Kinder-Morgan plant, Colorado (USA). In a first phase, DArT plan to operate a small single-phase LAr chamber of about 1 liter volume inside ArDM at LSC. For this purpose, the ArDM detector will run in the single phase operational mode as an active veto for internal and external backgrounds. The collaboration decided to build a new single phase setup with two sets of each 6 low background PMTs in the top and in the bottom, of the same type as presently used in ArDM. This allows for a dedicated and optimised setup for DArT, which can be easily swapped with the installed dual phase setup. The dual phase setup can be re-used later for measurements with highest sensitivities where a large detector volume is needed, once depleted argon is available in large quantities.

en el modo de fase dual (DP). Se tomaron 20×10^9 sucesos, se transfirieron al CERN y fueron reconstruidos y analizados. Desde diciembre'17, ArDM ha funcionado en el modo de doble fase en condiciones muy estables. La toma de datos se realiza en un campo de deriva de carga alrededor de 28 kV/m y un campo de extracción alrededor de 4 kV/cm a tasas de eventos alrededor de 2 kHz, que se rige por decaimientos de ^{39}Ar , produciendo cada uno un par de señales S1/S2. Con la operación en doble fase de ArDM se ha logrado un importante hito en el proyecto. Con modificaciones de hardware y software, instalación de un filtro calentado o la introducción del método de salto cero, se alcanzó el objetivo final del experimento. Por esos medios se alcanzaron los límites tecnológicos para un detector en la escala de la tonelada, que funciona con argón natural, y se completó la toma de datos, según lo previsto, en el verano de 2019. La siguiente fase del proyecto, las pruebas del argón no radioactivo en el marco de DarkSide, está bien preparada y continuará con las actividades en el LSC.

DArT en ArDM es una prueba de concepto para una instalación que determina la pureza radioeléctrica del argón con alta precisión. El objetivo es medir la contaminación de ^{39}Ar y ^{85}Kr , de muestras de argón purificadas en la columna de destilación (Aria), recuperadas del pozo de gas CO₂ (Urana) de la planta de Kinder-Morgan, Colorado. En una primera fase, DarT planea operar una pequeña cámara LAr de 1 litro dentro de ArDM en LSC. Para este propósito, el detector ArDM se usará en el modo de una fase como voto activo para fondos internos y externos. La colaboración ha decidido construir la configuración de fase única con dos conjuntos de 6 PMT de bajo fondo en la parte superior y en la inferior, del mismo tipo que los utilizados actualmente en ArDM. Esto permite una configuración dedicada y optimizada para DArT, que puede intercambiarse con la configuración de fase dual. La configuración de fase dual se puede reutilizar para medidas con sensibilidad mayor donde se necesita un gran volumen de detector, una vez que el argón puro esté disponible en grandes cantidades.

CROSS

The goal of the Cryogenic Rare-event Observatory with Surface Sensitivity (CROSS) is the development of a technology capable of investigating lepton number violation and the nature of neutrino with unprecedented sensitivity, by searching for neutrinoless double beta decay ($0\nu2\beta$) of two promising isotopes (^{100}Mo and ^{130}Te) with the bolometric approach. The CROSS key idea is to provide the bolometric detection technique – ideally tailored to the study of this rare nuclear transition as it features high energy resolution, large efficiency and wide flexibility in the detector material choice – with an additional decisive characteristic: an effective pulse-shape-discrimination (PSD) capability, enabling the rejection of events from surface radioactive impurities and other background-inducing phenomena. This new detector property will pave the way to bolometric experiments with background levels so low – less than 0.5 counts/y in 1 tonne of isotope in the region of interest (ROI) – to make possible future large searches penetrating in prospects the direct-ordering region of the neutrino masses.

The CROSS ERC Advanced Grant project started officially on January 1st, 2018. In these first eleven months, we made important progresses concerning most of the CROSS activity branches, closely following the CROSS program. However, two major events occurred outside CROSS, though strictly related to it, which will influence strongly the CROSS future developments: a) detection of a residual contamination of ^{232}Th in the CUORE cryostat, whose location is still under investigation, which contributes to the background almost only for ^{130}Te , due to the lower Q-value of this isotope. b) the CUPID collaboration decided to fix the baseline for CUPID, the proposed follow-up of CUORE exploiting the same cryogenic infrastructure. This baseline foresees the study of the nuclide ^{100}Mo embedded in Li_2MoO_4 enriched crystals, one of the two isotopes studied in CROSS.

The first underground long run of CROSS was held from April to August 2019 with 98% duty cycle, after the first successful cooling down of the CROSS cryostat down to less than 9 mK. Three detectors were installed in the cryostat to test performance and background level. Several interventions on the external lead shielding were

El objetivo del Observatorio criogénico de eventos raros con detección superficial (CROSS) es el desarrollo de una tecnología capaz de investigar la violación del número leptónico y la naturaleza del neutrino con una sensibilidad sin precedentes, mediante la búsqueda de la desintegración doble beta sin neutrinos ($0\nu2\beta$) de dos isótopos prometedores (^{100}Mo y ^{130}Te) con la técnica bolométrica. La idea clave de CROSS es proporcionar a la técnica de detección, idealmente diseñada para el estudio de esta rara transición nuclear, ya que presenta alta resolución energética, gran eficiencia y amplia flexibilidad en la elección del material del detector, con una característica decisiva adicional: la capacidad de discriminación de la forma del pulso (PSD), que permite el rechazo de eventos de impurezas radiactivas de superficie y otros fenómenos generadores de fondo. Esta nueva propiedad podrá permitir el desarrollo de experimentos bolométricos con niveles de fondo tan bajos - menos de 0.5 eventos/año en 1 tonelada de isótopo en la región de interés (ROI) - para hacer posibles las futuras búsquedas de la señal producida en la región de las masas de neutrinos con ordenación normal.

El proyecto CROSS financiado con una ERC Advanced Grant comenzó oficialmente el 1 de enero de 2018. En el primer año, se han hecho progresos importantes en la mayoría de áreas del programa CROSS. Sin embargo, dos importantes sucesos externos a CROSS, estrictamente relacionados con él, influyen en los desarrollos futuros de CROSS: a) detección de una contaminación residual de ^{232}Th en el criostato CUORE, cuya ubicación aún está bajo investigación, lo que contribuye al fondo casi solo para ^{130}Te , debido al menor valor Q de este isótopo. b) la colaboración de CUPID decidió fijar la línea de base para CUPID, el seguimiento propuesto de CUORE que explota la misma infraestructura criogénica. Esta línea de base prevé el estudio del nucleido ^{100}Mo incrustado en cristales enriquecidos con Li_2MoO_4 , uno de los dos isótopos estudiados en CROSS.

Las primeras medidas subterráneas de CROSS se llevaron a cabo de abril a agosto de 2019 con un ciclo de trabajo del 98%, después del primer enfriamiento con éxito del criostato CROSS a menos de 9 mK. Se instalaron tres detectores en el criostato para probar el rendimiento y el ruido

performed, to cover better the experimental volume. In October 2020, CROSS improved the cryostat configuration with the aim to get a better alignment and to simplify the closure-opening operations. A publication was accepted in JHEP, illustrating the CROSS concept, the results achieved so far on surface sensitivity in above-ground tests, and the prospect of a CROSS demonstrator in LSC. Other actions in the second half of the year included: a) improvement of the external lead shield of the CROSS cryostat, b) continuous operation of three pilot bolometers (two of them are provided with an optical bolometer) for a characterization of the CROSS cryogenic facility, c) execution of a PSD above-ground test on a large-mass prototype, d) demonstration of the possibility to reject also surface beta events in an aboveground test, and e) test of an 8-detector array in the Gran Sasso underground laboratory using cubic Li_2MoO_4 crystals enriched in ^{100}Mo , prefiguring at the same time the structure of CUPID and of a section of the future CROSS demonstrator.

de fondo. Se realizaron varias intervenciones en el blindaje de plomo externo, para cubrir mejor el volumen experimental. En octubre de 2020, CROSS mejoró la configuración del criostato con el objetivo de conseguir una mejor alineación y simplificar las operaciones de cierre-apertura. Se aceptó una publicación en JHEP, que ilustra el concepto de CROSS, los resultados logrados sobre la sensibilidad a los sucesos de la superficie en las pruebas en laboratorio, y las perspectivas del demostrador CROSS en el LSC. Otras acciones en la segunda mitad del año incluyeron: a) mejora del escudo de plomo externo del criostato CROSS, b) funcionamiento continuo de tres bolómetros piloto (dos de ellos provistos de un bolómetro óptico) para una caracterización de la instalación criogénica CROSS, c) ejecución de una prueba PSD sobre la superficie en un prototipo de gran masa, d) demostración de la posibilidad de rechazar también los eventos beta de superficie, y e) prueba de un conjunto de 8 detectores en el laboratorio subterráneo del Gran Sasso utilizando cristales cúbicos de Li_2MoO_4 enriquecidos en ^{100}Mo , prefigurando al mismo tiempo la estructura del CUPID y de una sección del futuro demostrador CROSS.



The Einstein Telescope (ET) project aims to the realization of a crucial research infrastructure in Europe: a third generation Gravitational Wave (GW) observatory. ET has been supported as Design Study by the European Commission under the Framework Programme 7 (FP7, Grant Agreement 211743). This phase is concluded, and a Conceptual Design Document was released by the original eight partners. Currently a new phase is open addressed to the realization of the ET scientific collaboration. This process started in February 2018 and will conclude with the definition of the rules and bodies of the collaboration. The next step will be the submission of the ET proposal to the 2020 updated of the ESFRI roadmap.

The aim of the Einstein Telescope Seismic Explorer (ETSEC) was to characterize the seismic noise in Canfranc for the verification of site quality with respect to the construction of the Einstein Telescope. The principal data analysis concentrated on the properties of the seismic noise in the Newtonian Noise range, i.e. between 1 and 30 Hz. ETSEC studied the spectra, the variability of the noise, properties of the seismic waves and their dispersion relation, and the micro-quakes frequency and magnitude. The main findings were that the Canfranc site is low noise, with the presence of the road tunnel not being a significant problem for the construction of ET. Nevertheless, the ET collaboration has decided to narrow down the list of possible sites to Sos Enattos in Sardinia and Maastricht in the Netherlands. The further detailed characterization of the sites will concentrate on new studies at Sos Enattos. All the results will be published in a comparative analysis with all three ET candidate sites: Canfranc, Matra and Sos Enattos.

El proyecto del Telescopio Einstein (ET) propone la realización de una infraestructura de investigación crucial en Europa: un observatorio de Ondas Gravitacionales (GW) de tercera generación. ET está financiado como Estudio de Diseño por la Comisión Europea bajo el Programa Marco 7 (FP7, Grant Agreement 211743). Esta fase concluyó con un documento con el diseño conceptual por los ocho socios iniciales. Actualmente está abierta una nueva fase dirigida a la creación de la colaboración científica ET. Este proceso comenzó en febrero de 2018 y concluirá con la definición de las reglas y los participantes en la colaboración. En el año 2020 se presentará la propuesta ET en la actualización de la hoja de ruta de ESFRI.

El objetivo del Explorador Sísmico del Telescopio Einstein (ETSEC) era caracterizar el ruido sísmico en Canfranc para la verificación de la calidad del sitio con respecto a la construcción del Telescopio Einstein. El principal análisis de los datos se concentró en las propiedades del ruido sísmico en el rango del ruido Newtoniano, es decir, entre 1 y 30 Hz. ETSEC ha estudiado los espectros, la variabilidad del ruido, las propiedades de las ondas sísmicas y su relación de dispersión, y la frecuencia y magnitud de los micro-terremotos. Los principales hallazgos fueron que la localización de Canfranc es de bajo ruido, donde la presencia del túnel de la carretera no representa un problema significativo para la construcción del telescopio. No obstante, la colaboración ET ha decidido reducir la lista de posibles sitios a Sos Enattos en Cerdeña y Maastricht en los Países Bajos. La caracterización más detallada de los sitios se concentrará en los nuevos estudios en Sos Enattos. Un análisis comparativo con las localizaciones de los tres candidatos: Canfranc, Matra y Sos Enattos se publicará en el futuro.

GEODYN

GEODYN is a geophysics observatory that covers the whole geodynamic spectrum, from near-field seismicity to tectonic deformations, Earth tides or Earth-core nutation. The facility has three components: two continuous GPS stations at the surface, and a broad-band seismometer, an accelerometer and two high-resolution laser strainmeters installed inside the tunnel. Three different teams: Seismic (CSIC, Barcelona), GPS (University of Barcelona) and Laser Interferometer (University of Salerno) are involved in the Geodyn Structure. The seismic sensors (broad-band seismometer and accelerometer) and the two CGPS antennas and recorders have been working correctly during 2018. Both interferometers have no recorded data during 2019 and the study on the future plans for this installation was initiated in 2019.

One very interesting result was published in 2019, based on data accumulated in previous years. The soundscape of rivers can reveal changes in the overall flow triggered by natural or anthropogenic agents. In 2014, using the seismic station at the LSC, Geodyn first identified the seismic waves associated with the Aragón River's discharge. isolating the snowmelt signal as the seismic source. Using algorithms to pick through Aragón's albums from 2011 to 2016, Geodyn team have now managed to hear tunes specifically linked to the thaw of the Pyrenees snowpack. Instruments tend to hear large discharge increases during the central hours of the day, a little while after the snow has had a chance to melt and percolate down to the river. On average, each year has 35 days of snowmelt, usually unleashed in two or three major melting outbursts between March and June.

GEODYN es un observatorio de geofísica que cubre todo el espectro geodinámico, desde sismicidad de campo cercano hasta deformaciones tectónicas, mareas terrestres o nutación del núcleo terrestre. La instalación tiene tres componentes: dos estaciones GPS continuas en la superficie, un sismómetro de banda ancha, un acelerómetro y dos interferómetros láser de alta resolución instalados dentro del túnel. Tres equipos diferentes: Sísmico (CSIC, Barcelona), GPS (Universidad, Barcelona) e interferómetro láser (Universidad, Salerno) están involucrados en Geodyn. Los sensores sísmicos (sismómetro de banda ancha y acelerómetro) y las dos antenas y grabadoras CGPS han funcionado continuamente durante 2019. Ambos interferómetros no han registrado datos durante 2019 y se ha iniciado un estudio sobre el futuro de la instalación.

En 2019 se publicó un resultado muy interesante, basado en los datos acumulados en años anteriores. El paisaje sonoro de los ríos puede revelar cambios en el flujo general causados por agentes naturales o antropogénicos. En 2014, utilizando la estación sísmica del LSC, Geodyn identificó por primera vez las ondas sísmicas asociadas a la descarga del río Aragón, aislando la señal de deshielo como la fuente sísmica. Usando algoritmos para revisar los álbumes de Aragón de 2011 a 2016, Geodyn ha logrado escuchar señales específicamente relacionadas con el deshielo de la nieve de los Pirineos. Los instrumentos tienden a escuchar grandes incrementos de descarga durante las horas centrales del día, un poco después de que la nieve se derrita y filtre al río. En promedio, cada año hay 35 días de deshielo de nieve, liberados en dos o tres grandes deshielos entre marzo y junio.



GOLLUM

Although most microorganisms cannot be cultured in a laboratory setting, advances in genome-sequencing technology now allow organisms to be probed in their natural environments. The decreasing cost of high-throughput sequencing have prompted a number of tag-sequencing experiments, including such large-scale efforts as the Human Microbiome Project or the Earth Microbiome Project. This improvement demands larger efforts in bioinformatics, handling larger databases (Terabyte sizes) and many more comparisons. Faster and efficient codes have been built to satisfy this demand, but data management and analysis tools are still limited.

GOLLUM project sampled different depths and rocks by collecting one-meter length cylinders of rock drilled along the Somport tunnel, minimizing external contamination. Rock types in the tunnel include several types of limestones. Rock samples were easily broken in pieces with a high-pressure press (14 tons/cm²) and inner core pieces were pulverized inside a sterile steel cylinder with a pestle. Samples of cores, powder and DNA are stored for validation and further studies. GOLLUM demonstrated that there is native DNA in samples. Some bacterial taxa were classified as extremophiles, lithophiles or alkaliphiles, either anaerobic or aerobic. Very significantly, archaeal taxa were found (firstly identified in submarine soil samples, consistent with the historical origin of the limestones), strongly correlated with the Molybdenum content in the sample.

During 2019, the results of Project Gollum were presented at the Dulia-bio conference, co-organized by LNGS and LSC. This previous works have led to the international project coordinated by LSC, LNGS and SNOLab, which starts with the construction of surface and underground biology labs to study the implications of low radioactivity in life, both in the mechanisms of DNA repair and in the response to oxidative stress.



Aunque la mayoría de los microorganismos no pueden cultivarse en un entorno de laboratorio, los avances en la tecnología de secuenciación del genoma ahora permiten que los organismos sean sondeados en sus entornos naturales. El coste decreciente de la secuenciación ha generado una multitud de experimentos, incluidos los esfuerzos a gran escala como los proyectos del Microbioma Humano o del Microbioma de la Tierra. Esta mejora exige mayores esfuerzos en bioinformática, manejo de bases de datos más grandes y muchas más comparaciones. Se han creado códigos más rápidos y eficientes para satisfacer esta demanda, pero las herramientas de análisis y gestión de datos siguen siendo limitadas.

El proyecto GOLLUM tomó muestras de roca a diversas profundidades recolectando cilindros de roca de un metro de longitud perforados a lo largo del túnel de Somport, minimizando la contaminación externa. Las muestras de roca se rompieron fácilmente en pedazos con una prensa de alta presión (14 tons/cm²) y las piezas del núcleo interno se pulverizaron dentro de un cilindro de acero estéril. Las muestras, polvo de roca y ADN, se almacenaron para validación y estudios posteriores. GOLLUM ha identificado ADN nativo en las muestras. Algunos taxones bacterianos extremófilos se clasifican como litófilos o alcalófilos, anaeróbicos o aeróbicos. Se han identificado taxones de arqueas (identificados por primera vez en muestras de suelo submarino, consistentes con el origen histórico de las calizas), fuertemente correlacionados con el contenido de molibdeno en la muestra.

Durante 2019, los resultados del Proyecto Gollum se presentaron en la conferencia Dulia-bio, co-organizada por LNGS y LSC. Estos trabajos previos han dado lugar a un proyecto internacional coordinado por LSC, LNGS y SNOLab, que se inicia con la construcción de laboratorios de biología en superficie y profundidad para el estudio de las implicaciones de la baja radioactividad en la vida, tanto en los mecanismos de reparación de ADN como en la respuesta al estrés oxidativo.

NEXT

Searches for neutrinoless double beta decay, the observation of which would imply total lepton number violation and would show that neutrinos are Majorana particles require excellent energy resolution to eliminate background events that occur at energies similar to the Q-value of the decay ($Q_{\beta\beta}$). The Neutrino Experiment with a Xenon Time projection chamber (TPC), in short NEXT, collaboration intends to search for this decay by using 100 kg of xenon enriched to 90% in the candidate isotope ^{136}Xe ($Q_{\beta\beta} = 2457.8$ keV). In recent years, NEXT collaboration has developed and operated several gaseous xenon TPCs, including kg-scale detectors at Lawrence Berkeley National Lab (LBNL) and at Instituto de Física Corpuscular (IFIC) and more recently the 5 kg-scale NEXT-White at the Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC) in the Pyrenees.

The detector NEXT-White (named after our late mentor and friend Prof. James White) is an electroluminescent (EL) TPC filled with xenon gas and equipped with photosensors to detect the UV light emitted in interactions occurring within the active volume. Charged particles deposit energy within the drift region, producing a track of ionized and excited xenon atoms. The UV light emitted in the relaxation of the excited xenon atoms, called primary scintillation or S1, is detected immediately and the ionized electrons are drifted toward a readout plane consisting of a narrow region of high electric field, the EL gap. In passing through the EL gap, the electrons are accelerated to energies high enough to further excite, but not ionize, the atoms of the xenon gas, leading to the production of an amount of secondary scintillation photons (S2) proportional to the number of electrons traversing the gap. This amplification process, electroluminescence, allows for gains on the order of thousand photons per electron with lower fluctuations than by avalanche gain. In addition, the time elapsed between the observation of S1 and the arrival of S2 can be used to determine the axial (z) coordinate at which the interaction took place.

In NEXT-White detector the primary (S1) and secondary (S2) scintillation are detected by an array of 12 Hamamatsu R11410-10 photomultiplier tubes (PMTs), called the energy plane, placed 130mm from a transparent wire mesh cathode

La búsqueda de la desintegración doble beta sin neutrinos, cuya observación implicaría una violación total del número de leptones y mostrarían que los neutrinos son partículas de Majorana, requiere excelente resolución energética para eliminar eventos de fondo en energías similares a la desintegración ($Q_{\beta\beta}$). La colaboración del Experimento de Neutrinos con una cámara de proyección Temporal (TPC) de Xenón (NEXT) busca esta desintegración mediante el uso de 100 kg de xenón enriquecido al 90% en el isótopo candidato ^{136}Xe ($Q_{\beta\beta} = 2457.8$ keV). En los últimos años, la colaboración NEXT ha desarrollado y operado varias TPC de xenón gaseoso, incluidos los detectores a escala de kg en Lawrence Berkeley National Lab (LBNL) y en el Instituto de Física Corpuscular (IFIC) y más recientemente el detector NEXT-White en la escala de 5 kg en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC) en el Pirineo.

El detector NEXT-White (en honor a nuestro mentor y amigo Prof. James White) es una TPC electroluminiscente (EL) llena de gas xenón y equipada con sensores para detectar la luz UV emitida en las interacciones que ocurren dentro del volumen activo. Las partículas cargadas depositan energía dentro de la región de deriva del campo eléctrico, produciendo una traza de átomos de xenón ionizados y excitados. La luz UV emitida en la relajación de los átomos de xenón excitados, llamada centelleo primario o S1, se detecta de inmediato y los electrones ionizados se derivan hacia un plano de lectura que consiste en una región estrecha de alto campo eléctrico, la banda EL, donde se aceleran a energías lo suficientemente altas como para excitar aún más, pero no ionizar, los átomos del gas xenón, con la producción de fotones de centelleo secundario (S2) proporcional. Este proceso de amplificación, la electroluminiscencia, permite ganancias del orden de mil fotones por electrón con fluctuaciones más bajas que la ganancia de avalancha. Además, el tiempo transcurrido entre la observación de S1 y la llegada de S2 se puede utilizar para determinar la coordenada axial (z) en la que tuvo lugar la interacción.

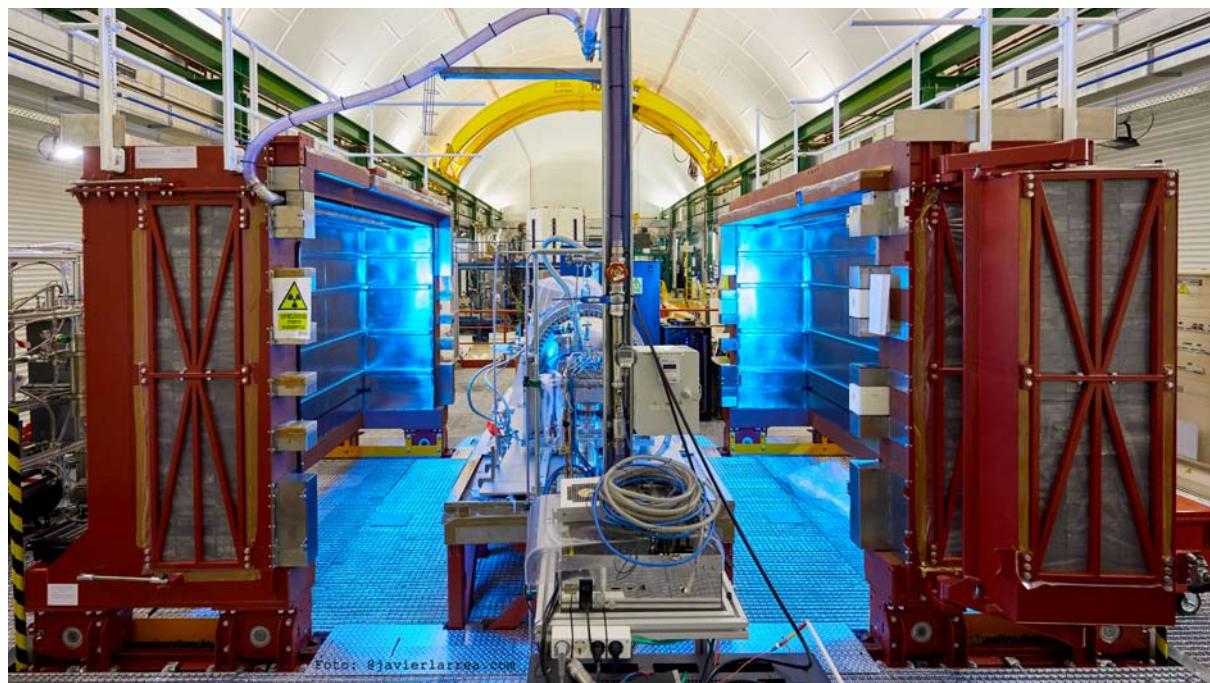
En el detector NEXT-White, el centelleo primario (S1) y secundario (S2) se detecta mediante 12 tubos fotomultiplicadores (PMTs) Hamamatsu

held at negative high voltage. An electric field is established in the drift region defined by the cathode and another transparent mesh (the gate) located about 53 cm away. The EL region is defined by the mesh and a grounded quartz plate coated with indium tin oxide (ITO), placed 6mm behind it. A grid (10mm pitch) of 1792 SensL series-C silicon photomultipliers (SiPMs) is located behind the EL gap and measures the S2 scintillation, providing precise information on where the EL light was produced in xy. The active volume is shielded by an 60mm thick ultra-pure inner copper shell, and the sensor planes are mounted on pure copper plates of thickness 120mm. The sensor planes and active volume are enclosed in a pressure vessel constructed from the titanium-stabilized stainless-steel alloy ^{316}Ti . The vessel sits on top of a seismic table, and a lead shield that can be mechanically opened and closed surrounds the vessel. The vessel is connected to a gas system through which the xenon gas is continuously purified via the use of a hot getter. The entire experimental area, including gas system, electronics, pressure vessel, and seismic table, are stationed on an elevated tramez platform at LSC.

After the operation of the NEXT-White detector with xenon depleted in ^{136}Xe (Run-I to Run-IV), the data taking with xenon enriched in ^{136}Xe (Run-V) started in February 2019. As in previous runs, Run-V comprised both high energy calibration campaigns (deployment of

R11410-10, llamados plano de energía, colocados a 130 mm de un cátodo de malla de alambre transparente sostenido en negativo alto voltaje. Se establece un campo eléctrico en la región de deriva definida por el cátodo y otra malla transparente (la puerta) ubicada a unos 53 cm de distancia. La región EL está definida por la malla y una placa de cuarzo con conexión a tierra recubierta con óxido de indio y estaño (ITO), colocada 6 mm detrás de ella. Una rejilla (paso de 10 mm) de 1792 fotomultiplicadores de silicio (SiPM) serie-C SensL se encuentra detrás del espacio EL y mide el centelleo S2, proporcionando información precisa sobre dónde se produjo la luz EL en xy. El volumen activo está protegido por una carcasa de cobre interno ultra puro de 60 mm de espesor, y los planos del sensor están montados en placas de cobre puro de 120 mm de espesor. Los planos del sensor y el volumen activo están encerrados en un recipiente a presión construido con la aleación de acero inoxidable al titanio. El recipiente encima de una mesa sísmica está rodeado por un escudo de plomo que se puede abrir y cerrar mecánicamente y conectado a un sistema de gas a través del cual el gas xenón se purifica continuamente. Toda el área experimental, incluido el sistema de gas, la electrónica, el recipiente a presión y la mesa sísmica, están estacionados en una plataforma elevada de tramez en el LSC.

Tras el funcionamiento del detector NEXT-White con Xenón empobrecido en ^{136}Xe (Run-I a Run-



^{137}Cs and ^{232}Th sources) and low-background (inner and outer lead castles closed and radon abatement system in operation) data-taking periods. Collected calibration data were used for the measurement of the energy resolution, the energy scale and the event selection efficiencies. Instead, low-background data were devoted to the measurement of the half-life of the two neutrino double beta decay, and to the measurement and understanding of the backgrounds for double beta decay searches. Run-V was in turn divided into two periods: Run-Va (calibration and preliminary double beta decay results presented in the LSC Scientific Committee meeting held in June 2019) and Run-Vb (results in the LSC Scientific Committee meeting held in November 2019). Run-Vb concluded in November 2019, when the detector was brought to a safe state (gas recovered and electronics and HV off) during the works in HALL A for the extension of the platform.



The NEXT Collaboration published in October 2019 a first work on the “Demonstration of the event identification capabilities of the NEXT-White detector” via the topological discrimination of single- and double-electron tracks. Briefly, single- (background-like) and double-electron (signal-like) events with energy $1570 < E < 1615$ keV were selected from ^{208}Tl calibration data. The single- and double-electron events in this energy range are induced by Compton and pair production interactions of ^{208}Tl 2615 keV gamma-rays the topological performance using NEXT-White data. Efforts focused on two fronts. On the one hand, use of the same two-blob selection strategy but applied to sharper 3D reconstructed images. Sharper images are obtained via Lucy-Richardson deconvolution techniques to unfold electron diffusion and optical spread effects. On the other

IV), la toma de datos con xenón enriquecido en ^{136}Xe (Run-V) comenzó en febrero de 2019. Al igual que en las anteriores fases, Run-V incluyó tanto campañas de calibración de alta energía (con fuentes de ^{137}Cs y ^{232}Th) como períodos de toma de datos de bajo fondo (castillos de plomo interior y exterior cerrados y sistema de reducción del radón en funcionamiento). Los datos de calibración recopilados se utilizaron para medir la resolución energética, la escala de energía y las eficiencias de selección de eventos. En cambio, los datos de fondo bajo se dedicaron a la medición de la vida media de la desintegración doble beta con dos neutrinos, y a la medida y caracterización de los fondos para las búsquedas de la desintegración doble beta. El Run-V se dividió a su vez en dos períodos: Run-Va (calibración y resultados preliminares de desintegración doble beta presentados en la reunión del Comité Científico del LSC celebrada en junio de 2019) y Run-Vb (resultados en la reunión del Comité Científico del LSC celebrada en noviembre de 2019). Run-Vb concluyó en noviembre de 2019, cuando el detector se puso a un estado seguro (gas recuperado y electrónica y HV apagados) durante los trabajos en el HALL A para la ampliación de la plataforma.

La Colaboración NEXT publicó en octubre de 2019 un primer trabajo sobre la “Demostración de las capacidades de identificación de eventos del detector NEXT-White” a través de la discriminación topológica de los canales de un solo electrón y de doble electrón. Brevemente, se seleccionaron eventos de electrones simples (fondo) y dobles (señal) con una energía de $1570 < E < 1615$ keV a partir de datos de calibración de ^{208}Tl . Los eventos de electrones simples y dobles en este rango de energía son inducidos por interacciones de producción de Compton y de pares de rayos gamma de 2615 keV del ^{208}Tl , respectivamente. Se hicieron grandes progresos en la discriminación topológica utilizando los datos de NEXT-White. Los esfuerzos se centraron en dos frentes. Por un lado, el uso de la misma estrategia de selección, pero aplicada a imágenes reconstruidas en 3D más nítidas. Las imágenes más nítidas se obtuvieron mediante las técnicas de deconvolución de Lucy-Richardson para desplegar los efectos de difusión de electrones y de difusión óptica. Por otra parte, el uso de un clasificador de eventos diferente obtenido a partir de técnicas de redes neuronales profundas (DNN)

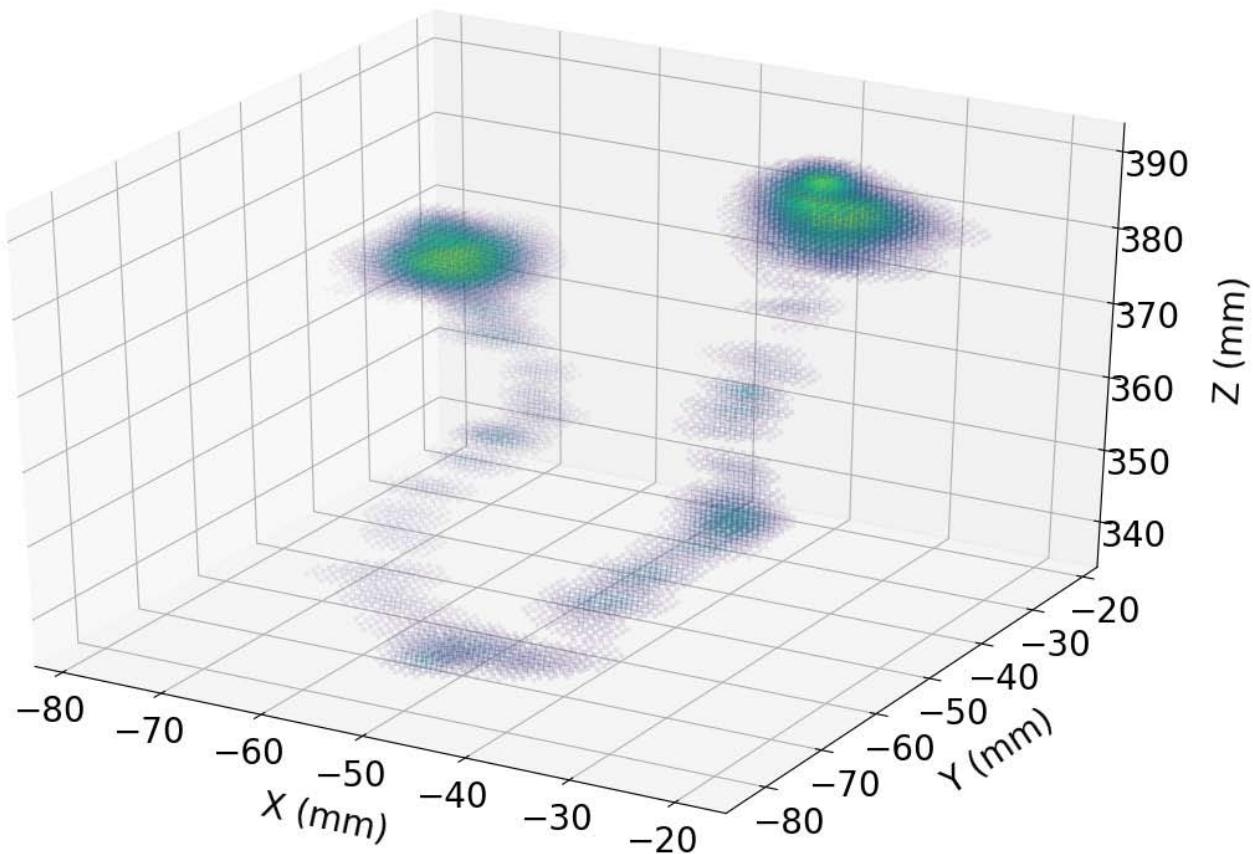
hand, use of a different event classifier obtained from deep neural network (DNN) techniques and applied to the (non-deconvolved) 3D reconstructed images. Improvements in topology-based event classification is essential for both analyses, and the anticipated signal efficiency 90% for a background acceptance of 10% is within reach, in good agreement with Monte Carlo simulations.

The performance and stability of the energy reconstruction in NEXT-White throughout Run-V was also studied. Both low-energy ^{83m}Kr calibration data and high-energy data from ^{137}Cs and ^{208}Tl sources have been used. The energy resolution was monitored on a daily basis and remained reasonably stable around 4.2% FWHM during this time. Continuous ^{83m}Kr monitoring was crucial and allowed the collaboration to identify a noise problem during July 2019. During this time, an Ethernet cable was inadvertently connected to our electronics rack. The noise induced by this cable had a visible and negative impact on energy resolution as well as other key detector performance indicators.

y aplicado a las imágenes tridimensionales (no reconvertidas) imágenes reconstruidas. Las mejoras en la clasificación de eventos basada en la topología son esenciales para ambos análisis, y la eficiencia de la señal prevista del 90% para una aceptación de fondo del 10% está al alcance, en buen acuerdo con las simulaciones de Monte Carlo.

También se estudió el rendimiento y la estabilidad de la reconstrucción energética en NEXT-White a lo largo de Run-V. Se han utilizado tanto datos de calibración de baja energía de ^{83m}Kr como datos de alta energía de fuentes de ^{137}Cs y ^{208}Tl . La resolución de energía fue caracterizada diariamente, estable alrededor del 4,2% FWHM durante este período. El seguimiento continuo de la calibración con ^{83m}Kr fue crucial y permitió a la colaboración identificar un problema de ruido durante julio de 2019. Durante este tiempo, un cable de Ethernet fue conectado inadvertidamente a nuestro rack de electrónica.

El ruido inducido por este cable tuvo un impacto visible y negativo en la resolución de la energía,



The problem went away by removing this cable from the electronics rack. A new high-energy calibration campaign with ^{137}Cs and ^{208}Tl sources was performed in August 2019 and compared with the two previous campaigns of October-November 2018 and January 2019. Data from the October-November 2018 campaign has been published in JHEP in October 2019.

Using the NEXT-White detector, the collaboration showed for the first time that an energy resolution better than 1% FWHM can be achieved at 2.6 MeV, establishing the present technology as the one with the best energy resolution of all xenon detectors for neutrinoless double beta decay searches. In summary, Run-V demonstrated good data/MC agreement using calibration data and excellent performance over a range of energies.

A preliminary two-neutrino double beta decay analysis was presented to the LSC Scientific Committee in 2019, yielding a half-life of $(1.49 \pm 0.41) \times 10^{21}\text{yr}$, a result which will improve with more statistics and improved event reconstruction during 2020. Double beta decay is back in Canfranc.



Nuevo tanque de expansión de NEXT
New NEXT expansion tank

así como en otros indicadores clave de rendimiento del detector. El problema desapareció al retirar este cable del rack de electrónica. Una nueva campaña de calibración de alta energía con fuentes de ^{137}Cs y ^{208}Tl se realizó en agosto de 2019, y se comparó con las dos campañas anteriores de octubre-noviembre de 2018 y enero de 2019.

Los datos de la campaña de octubre-noviembre de 2018 se publicaron en JHEP en octubre de 2019. Utilizando el detector NEXT-White, la colaboración demostró por primera vez que se puede lograr una resolución energética mejor que el 1% de FWHM a 2,6 MeV, estableciendo el ruido inducido por este cable tuvo un impacto visible y negativo en la resolución de la energía, así como en otros indicadores clave de rendimiento del detector. El problema desapareció al retirar este cable del rack de electrónica. Una nueva campaña de calibración de alta energía con fuentes de ^{137}Cs y ^{208}Tl se realizó en agosto de 2019, y se comparó con las dos campañas anteriores de octubre-noviembre de 2018 y enero de 2019. Los datos de la campaña de octubre-noviembre de 2018 se publicaron en JHEP en octubre de 2019. Utilizando el detector NEXT-White, la colaboración demostró por primera vez que se puede lograr una resolución energética mejor que el 1% de FWHM a 2,6 MeV, estableciendo la tecnología actual como la de mejor resolución energética de todos los detectores de Xenón para las búsquedas de desintegración doble beta sin neutrinos. En resumen, el Run-V demostró un buen acuerdo entre datos y FWHM utilizando datos de calibración y un excelente rendimiento en un amplio intervalo de energías. En 2019, se presentó al Comité Científico del LSC un análisis preliminar de la desintegración doble beta con neutrinos, con una vida media de $(1,49 \pm 0,41) \times 10^{21}$ años, resultado que mejorará con más estadística y una mejor reconstrucción durante 2020. La desintegración doble beta está de vuelta en Canfranc.

TREX-DM

The use of gas time projection chambers (TPCs) with Micromegas readouts has been recently proposed to search for low mass WIMPs, as part of the T-REX project. Many of the technical advantages exploited in the development of the detectors for axion research are of direct application also in this case. Namely, the possibility to build Micromegas readouts with radiopure materials and with a signal extraction scheme of extreme radiopurity or the capability to use topological discrimination techniques based on the highly granular readout. In addition, the way event detection happens in gas (i.e. drift of charge and signal amplification confined in the Micromegas structure) allows, in principle, to reach very low energy threshold even in relatively large size detectors. Another aspect, very important for application to WIMP searches, are the scaling-up prospects. Technical solutions for scaling-up via tessellation of identical microbulk detectors have been defined.

The TREX-DM TPC has been designed to host 0.3 kg of argon mass at 10 bar (or, alternatively, 0.16 kg of neon). It is composed of a cylindrical vessel made of radiopure copper, with an inner diameter of 0.5 m, a length of 0.5 m and a wall thickness of 6 cm. These dimensions are set by the requirements that the vessel holds up to 10 bar of pressure, while at the same time constitutes the innermost part of the shielding. The vessel is divided into two active volumes by a central mylar cathode, which is connected to high voltage by a tailor-made feedthrough. At each side there is a 19 cm long field cage defined by a series of copper strips imprinted on a kapton substrate supported by four teflon walls.



Recientemente se ha propuesto el uso de las cámaras de proyección temporal (TPC) de gas con lecturas de Micromegas para buscar WIMP de baja masa, como parte del proyecto T-REX. Muchas de las ventajas técnicas explotadas en el desarrollo de los detectores de axiones son de aplicación directa: la posibilidad de construir lecturas de Micromegas con materiales radiopuros y con un esquema de extracción de señal de radiopuridad extrema o la capacidad de utilizar técnicas de discriminación topológica basadas en la lectura altamente granular. Además, la forma en que ocurre la detección de eventos en el gas (es decir, deriva de carga y amplificación de señal confinada en la estructura de Micromegas) permite, en principio, alcanzar un umbral de energía muy bajo incluso en detectores de tamaño relativamente grande. Otro aspecto, muy importante para la aplicación a las búsquedas WIMP, son las perspectivas de ampliación a través de la teselación de detectores idénticos.



La TPC TREX-DM ha sido diseñado para albergar 0,3 kg de masa de argón a 10 bar (o, alternativamente, 0,16 kg de neón). Se compone de un recipiente cilíndrico de cobre radiopuro, con un diámetro interno de 0,5 m, una longitud de 0,5 m y un espesor de pared de 6 cm, dimensiones establecidas por los requisitos de que el recipiente soporte hasta 10 bares de presión, mientras que al mismo tiempo constituya la parte más interna del blindaje. El recipiente está dividido en dos volúmenes activos por un cátodo central de mylar, que está conectado a alta tensión. A cada lado, hay una jaula de campo uniforme de 19 cm de largo definida por una serie de tiras de cobre impresas en un sustrato de kapton sostenido por cuatro paredes de teflón.

La instalación del detector TREX-DM en LSC se completó en 2018 y el experimento ha estado

TREX-DM detector installation at LSC has been completed in 2018 and the experiment has been in the commissioning phase during 2019. The gas system is fully installed, the shielding mounted (except for the neutron shielding), and the slow control system, readout electronics, and one detector plane are already operative. First commissioning (calibration and background) data have been already taken at low pressure Ar, and their preliminary assessment is positive. The main points developed are: a) The detector is fully equipped and installed inside its lead castle. The gas system installation has been completed and certified by an authorized body to operate at high pressure. A first complete version of the slow control, sufficient to efficiently and safely operate the detector is already in place and has been operative in continuous way for several weeks now. b) The inner part of the shielding, including the lead castle with the inner copper lining, the top structure, and the plastic enclosure to allow evaporated N₂ (or Rn-free air) flushing, are completed. c) Both calibration (with a ¹⁰⁹Cd source) and few-days-long background runs have already been taken with Ar + 1% Isobutane at 1.5 bar. d) The background model of the TREX-DM setup is complete.

en la fase de pruebas durante 2019. El sistema de gas está completamente instalado, el blindaje montado (excepto el blindaje de neutrones) y el sistema de control, la electrónica de lectura y uno de los planos del detector ya están operativos. Los primeros datos de la puesta a punto (calibración y antecedentes) ya se han tomado con argón a baja presión, y su evaluación preliminar es positiva. Los principales puntos desarrollados son: a) El detector está totalmente equipado e instalado dentro de su castillo principal. Se ha completado la instalación del sistema de gas y certificado para operar a alta presión. Ya existe una primera versión completa del sistema de control, suficiente para operar el detector de manera eficiente y segura, operativa de manera continua durante varias semanas. b) se ha completado la parte interna del blindaje, incluido el castillo de plomo con el revestimiento interno de cobre, la estructura superior y el recinto de plástico para permitir el evaporado de N₂ (o aire libre de Rn). c) Tanto la calibración (con una fuente de ¹⁰⁹Cd) como los fondos ya se han tomado en argón con isobutano al 1% a 1,5 bar. d) Se ha completado el modelo de fondo de la configuración TREX-DM.



Low-level γ spectroscopy with High Purity Germanium (HPGe) detectors has become an essential tool for material screening in rare event physics experiments, which demand the lowest radioactivity levels. Typical examples are searches for solar neutrinos, neutrinoless double beta decay and dark matter. Compared to other methods, such as mass spectrometry or neutron activation, spectroscopy provides a comprehensive method in a non-destructive way without complex sample treatment. The primordial radioisotopes ^{232}Th , ^{238}U and ^{40}K represent the main sources of contamination in common materials. Concerning the two former isotopes, only HPGe spectroscopy can verify secular equilibrium as it is capable of measuring the concentration of their progenies near the end of their respective decay chains – in particular ^{208}Tl and ^{214}Bi .

The best HPGe spectrometer operates deep underground and reaches specific count rate sensitivity of 10 $\mu\text{Bq}/\text{kg}$. This requires long counting periods (100 days). Consequently, several spectrometers must run in order to serve the needs of various experiments. The group led by M. Wojcik and G. Zuzel is very experienced in low background counting techniques with participation in experiments like Gallex/GNO, Borexino, GERDA and DarkSide. In the last months the group received 0.5 M€ from the Polish Ministry of Science and Higher Education to construct an ultralow background γ -ray spectrometer, with parameters: a) ultra-low background crystal and cryostat. b) 2.5 kg inverted coaxial geometry crystal with well, with very effective pulse shape discrimination for further software background reduction and to screen large samples (up to 60 kg in case of copper) and very small components (electronic parts) placed in the well (high detection efficiency). c) massive shield with several layers: Ultra-High Purity (UHP) copper (5 cm), UHP lead ($^{210}\text{Pb} \sim 2 \text{ Bq/kg}$, 5 cm), HP lead ($^{210}\text{Pb} \sim 5 \text{ Bq/kg}$, 10 cm), normal lead (5 cm), PE with 5% Boron (15 cm). d) Sensitivity better than 10 $\mu\text{Bq}/\text{kg}$ (better than 1 ppt U equivalent).

La espectroscopía γ de bajo fondo con detectores de germanio (HPGe) se ha convertido en una herramienta esencial para la detección de materiales en experimentos de física de eventos raros, que exigen los niveles más bajos de radiactividad, como neutrinos solares, desintegración beta doble sin neutrinos y materia oscura. Respecto a otros métodos, espectrometría de masas o activación de neutrones, proporciona un método integral no destructivo sin un tratamiento complejo de la muestra. Los radioisótopos primordiales ^{232}Th , ^{238}U y ^{40}K son las principales fuentes de contaminación en materiales comunes. Con respecto a los dos primeros isótopos, la espectroscopía con HPGe puede verificar el equilibrio secular, ya que es capaz de medir la concentración de sus progenies cerca del final de sus respectivas cadenas de descomposición, en particular ^{208}Tl y ^{214}Bi .

El mejor espectrómetro HPGe opera bajo tierra y tiene una sensibilidad de 10 $\mu\text{Bq} / \text{kg}$. Esto requiere largos períodos de conteo (100 días). En consecuencia, deben utilizarse varios espectrómetros para satisfacer las necesidades de los múltiples experimentos. El grupo dirigido por M. Wojcik y G. Zuzel tiene mucha experiencia en técnicas de conteo de bajo nivel de fondo y participan en los experimentos Gallex/GNO, Borexino, GERDA y DarkSide. En los últimos meses, el grupo ha recibido 0,5 M€ del Ministerio de Ciencia y Educación Superior de Polonia para construir un especlómetro de rayos γ de fondo ultrabajo, con parámetros: a) cristal y criostato de fondo ultra bajo. b) cristal de geometría coaxial invertida de 2.5 kg con pozo, con discriminación por la forma del pulso para una mayor reducción del fondo por software y para medir muestras grandes (hasta 60 kg para cobre) y pequeñas (partes electrónicas) colocadas en el pozo (alta eficiencia de detección). c) escudo masivo con varias capas: cobre de ultra alta pureza (UHP) (5 cm), plomo UHP ($^{210}\text{Pb} \sim 2 \text{ Bq/kg}$, 5 cm), plomo HP ($^{210}\text{Pb} \sim 5 \text{ Bq/kg}$, 10 cm), plomo normal (5 cm), polietileno con 5% de boro (15 cm). d) sensibilidad inferior a 10 $\mu\text{Bq}/\text{kg}$ (inferior a 1 ppt U equivalente).

EOI-21-2018

Dark Matter in CCDs (DAMIC) has pioneered the detection of nuclear and electronic recoils induced by Dark Matter (DM) particles in charge-coupled devices (CCDs). Scientific CCDs are commonly used in the focal plane of astronomical telescopes for the digital imaging of faint astrophysical objects. Our non-standard use of CCDs was demonstrated at SNOLAB (Sudbury, Canada) where a 40-g prototype detector is currently operating. DAMIC-M is a 1 Kg detector to be installed at Laboratoire Souterrain de Modane (LSM) in France which profits from this experience and, at the same time, will greatly improve in sensitivity by further innovating the detector technology. CCDs show unique properties: a) unprecedented charge resolution, b) low leakage current, c) spatial resolution and 3D reconstruction, d) background identification and rejection.

A truly unique capability of DAMIC is that background can be identified and rejected as spatially correlated events occurring at different times, particularly relevant for ^{32}Si , a naturally occurring isotope in silicon and a dominant background contribution in the current generation of silicon detectors. DAMIC identifies by spatial correlation the ^{32}Si decay sequence, what would reduce this background by more than two orders of magnitude. DAMIC-M aims to limit the background to 0.1 event/kg/day/keV by detector shielding, careful screening and selection of materials, proper handling of several detector components to minimise cosmogenic activation. Specific activities to be carried out at LSC will include: 1) radiopurity measurements of DAMIC-M components for selection of materials. 2) installation of a low-background CCD test setup to characterize contamination of the new generation of CCDs, a new facility for LSC with unique screening capabilities, e.g. for cosmogenic ^{32}Si (a dominant background for next-generation silicon DM detectors) and surface backgrounds.

Materia Oscura en CCDs (DAMIC) ha sido pionero en las técnicas de detección de retrocesos nucleares y electrónicos inducidos por partículas de Materia Oscura (DM) en dispositivos de carga acoplada (CCD). Los CCD de uso científico se usan comúnmente en el plano focal de las cámaras de telescopios astronómicos para obtener imágenes digitales de objetos astrofísicos. Nuestro uso no estándar de los CCD se demostró en SNOLAB (Sudbury, Canadá) donde actualmente funciona un prototipo de 40 g. DAMIC-M es un detector de 1 Kg que se instalará en el Laboratorio Subterráneo de Modane (LSM) en Francia, que se beneficiará de esta experiencia y, al mismo tiempo, mejorará su sensibilidad al innovar aún más la tecnología del detector. Los CCD muestran propiedades únicas: a) resolución de carga sin precedentes, b) baja corriente de fuga, c) resolución espacial y reconstrucción 3D, d) identificación y rechazo del fondo.

Una capacidad única de DAMIC es que el fondo se puede identificar y rechazar como eventos espacialmente correlacionados que ocurren en diferentes momentos, relevante para ^{32}Si , un isótopo natural del silicio y una contribución de fondo dominante en la generación actual de detectores de silicio. DAMIC identifica por correlación espacial la secuencia de descomposición ^{32}Si , lo que reduciría este fondo en más de un factor 100. DAMIC-M tiene como objetivo limitar el fondo a 0.1 eventos/kg/día/keV mediante el blindaje del detector, la medida radioactiva y selección de materiales, el manejo adecuado de componentes del detector para minimizar la activación cosmogénica. Las actividades específicas que se llevarán a cabo en LSC incluirán: 1) medidas de radiopureza de componentes para la selección de materiales. 2) instalación de un detector de bajo fondo para medir la contaminación de la nueva generación de CCD, una nueva instalación en el LSC con capacidades de detección únicas para el ^{32}Si cosmogénico (un fondo dominante para los detectores DM de silicio de próxima generación) y otros fondos radioactivos en superficie.

SuperK Gd

Used for both proton decay searches and neutrino physics, large water Cherenkov (WC) detectors, Super-Kamiokande being the largest one, have been very successful tools in particle physics. They are notable for their large masses and charged particle detection capabilities. While current WC detectors reconstruct charged particle tracks over a wide energy range, they cannot efficiently detect neutrons. Gadolinium (Gd) has the largest thermal neutron capture cross section of all stable nuclei and produces an 8 MeV gamma cascade that can be detected with high efficiency. Because of the many new physics opportunities that neutron tagging with a Gd salt dissolved in water would open up, a large-scale R&D program called EGADS was established to demonstrate this technique's feasibility. EGADS features all the components of a WC detector, chiefly a 200-ton stainless steel water tank furnished with 240 photo-detectors, DAQ, and a water system that removes all impurities in water while keeping Gd in solution.

Radioactive contamination levels in ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{228}Th , ^{235}U and $^{225}\text{Ac}/^{225}\text{Th}$ of Gd sulfate achieved by three companies were characterized during 2019. We tested the radiopurity with low background germanium detectors at Canfranc (Spain) and Boulby (UK), as well as with ICPMS measurements at Kamioka (Japan). There is one company that already met the radiopurity required for detecting solar neutrinos and the diffuse supernova neutrino background, while others are still working on increasing the radiopurity of their Gd sulfate powder. EGADS has shown that Gd sulfate is essentially transparent to Cherenkov light, dissolves easily and homogeneously and can be produced to the required levels of radio-purity. Moreover, it can be removed in an efficient and economical way whenever needed. The success of EGADS has been key to the decision made by the Super-Kamiokande collaboration to refurbish the Super-K detector as a first step to load Gd sulfate and benefit from effective neutron tagging capabilities.

Utilizados tanto para búsquedas de la posible desintegración de protones como para el estudio de la física de neutrinos, los grandes detectores Cherenkov de agua (WC), siendo Super-Kamiokande el más grande, han sido instrumentos con grandes descubrimientos en física de partículas. Son notables por su gran masa y su capacidad de detección de partículas cargadas. Si bien los detectores de WC actuales reconstruyen las trazas de las partículas cargadas en un amplio intervalo de energías, no son eficientes en la detección de los neutrones. El gadolinio (Gd) es, entre los núcleos estables, el de mayor sección eficaz de captura de neutrones térmicos y produce una cascada gamma de 8 MeV que se puede detectar con alta eficiencia. Debido a las muchas oportunidades que introduce, se ha creado un programa de I+D llamado EGADS para demostrar la viabilidad de esta técnica. EGADS tiene las características de un detector de WC: un tanque de agua de acero inoxidable de 200 toneladas equipado con 240 fotodetectores, DAQ y un sistema de purificación de agua que elimina todas las impurezas mientras Gd sigue en solución.

Durante 2019, se caracterizaron los niveles de contaminación radiactiva en ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{228}Th , ^{235}U y $^{225}\text{Ac} / ^{225}\text{Th}$ de sulfato de Gd logrados por tres compañías. Se midió la radiopureza con detectores de germanio de bajo fondo en Canfranc (España) y Boulby (Reino Unido), así como con mediciones ICPMS en Kamioka (Japón). Hay una compañía que ya cumple los requisitos exigidos para la detección de neutrinos solares y del fondo difuso de neutrinos de supernova, mientras que otras todavía están trabajando en aumentar la radiopureza de su polvo de sulfato de Gd. EGADS ha demostrado que el sulfato de Gd es esencialmente transparente a la luz de Cherenkov, se disuelve homogéneamente y puede producirse a los niveles requeridos de radio pureza. Además, se puede eliminar de manera eficiente y económica cuando sea necesario. El éxito de EGADS ha sido clave para la decisión tomada por la colaboración de Super-Kamiokande de restaurar el detector Super-K como un primer paso para añadir sulfato de Gd al agua ultra-pura y beneficiarse de la detección de neutrones.

PUBLICATIONS / PUBLICACIONES

The CROSS experiment: search for $0\nu\beta\beta$ decay with surface sensitive bolometers

CROSS Collaboration•Anastasiia Zolotarova(CNSM, Orsay) for the collaboration. (Mar 21, 2020)

Published in: J.Phys.Conf.Ser. 1468 (2020) 1, 012147 • Contribution to: TAUP 2019

Status of the NEXT project

NEXT Collaboration•Lior Arazi(Ben Gurion U. of Negev) for the collaboration. (Feb 28, 2020)

Published in: Nucl.Instrum.Meth.A 958 (2020) 162126 • Contribution to: VCI2019

The NEXT experiment for neutrinoless double beta decay searches

NEXT Collaboration•A. Simón (Valencia U. and Valencia U., IFIC) for the collaboration. (Jan 17, 2020)

Published in: J.Phys.Conf.Ser. 1342 (2020) 1, 012046 • Contribution to: TAUP 2017

Coherent Elastic Neutrino-Nucleus Scattering at the European Spallation Source

D. Baxter(Chicago U., EFI and Chicago U., KICP), J.I. Collar(Chicago U., EFI and Chicago U., KICP), P. Coloma(Valencia U., IFIC), C.E. Dahl(Northwestern U. and Fermilab), I. Esteban(Barcelona U., ECM and ICC, Barcelona U.) et al. (Nov 2, 2019)

Published in: JHEP 02 (2020) 123 • e-Print: 1911.00762 [physics.ins-det]

ANAIS-112 status: two years results on annual modulation

J. Amaré(U. Zaragoza (main) and LSC, Zaragoza), S. Cebrián(U. Zaragoza (main) and LSC, Zaragoza), D. Cintas(U. Zaragoza (main) and LSC, Zaragoza), I. Coarasa(U. Zaragoza (main) and LSC, Zaragoza), E. García(U. Zaragoza (main) and LSC, Zaragoza) et al. (Oct 30, 2019)

Published in: J.Phys.Conf.Ser. 1468 (2020) 1, 012014 • Contribution to: TAUP 2019 •

e-Print: 1910.13365 [astro-ph.IM]

The NEXT experiment for neutrinoless double beta decay searches

NEXT Collaboration•Justo Martín-Albo (Harvard U.) for the collaboration. (Oct 16, 2019)

Contribution to: 31st Rencontres de Blois on Particle Physics and Cosmology •

e-Print: 1910.07314 [physics.ins-det]

Results and future plans of the NEXT double beta decay experiment

NEXT Collaboration•Andrew Laing(Texas U., Arlington) for the collaboration. (Oct 16, 2019)

Published in: PoS LeptonPhoton2019 (2019) 060 • Contribution to: LP2019, 060

Hierarchical classification of snowmelt episodes in the Pyrenees using seismic data

Díaz J, Sánchez-Pastor P, Ruiz M (2019)

PLoS ONE 14(10): e0223644. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223644>

Evaluation of gadolinium's action on water Cherenkov detector systems with EGADS

Ll. Martí(Kamioka Observ.), M. Ikeda(Kamioka Observ.), Y. Kato(Kamioka Observ.), Y. Kishimoto (Kamioka Observ. and Tokyo U., IPMU), M. Nakahata(Kamioka Observ. and Tokyo U., IPMU) et al. (Aug 30, 2019) Published in: Nucl.Instrum.Meth.A 959 (2020) 163549 • e-Print: 1908.11532 [physics.ins-det]

The $0\nu2\beta$ -decay CROSS experiment: preliminary results and prospects

CROSS Collaboration•I.C. Bandac(LSC, Canfranc) et al. (Jun 24, 2019)

Published in: JHEP 01 (2020) 018 • e-Print: 1906.10233 [nucl-ex]

Low-diffusion Xe-He gas mixtures for rare-event detection: Electroluminescence Yield

NEXT Collaboration•A.F.M. Fernandes (Coimbra U.) et al. (Jun 10, 2019)

Published in: JHEP 04 (2020) 034 • e-Print: 1906.03984 [physics.ins-det]

Status and prospects of the NEXT experiment for neutrinoless double beta decay searches

J.J. Gomez-Cadenas (Donostia Intl. Phys. Ctr., San Sebastian and IKERBASQUE, Bilbao) (Jun 4, 2019)

Contribution to: Moriond EW 2019, 201-206 • e-Print: 1906.01743 [hep-ex]

Radiogenic Backgrounds in the NEXT Double Beta Decay Experiment

NEXT Collaboration•P. Novella (Valencia U., IFIC) et al. (May 31, 2019)

Published in: JHEP 10 (2019) 051 • e-Print: 1905.13625 [physics.ins-det]

Demonstration of the event identification capabilities of the NEXT-White detector

NEXT Collaboration•P. Ferrario(Donostia Intl. Phys. Ctr., San Sebastian and IKERBASQUE, Bilbao) et al.

(May 30, 2019) Published in: JHEP 10 (2019) 052 • e-Print: 1905.13141 [physics.ins-det]

Energy calibration of the NEXT-White detector with 1% resolution near $Q\beta\beta$ of ^{136}Xe

NEXT Collaboration•J. Renner (Valencia U., IFIC) et al. (May 30, 2019)

Published in: JHEP 10 (2019) 230 • e-Print: 1905.13110 [physics.ins-det]

First Results on Dark Matter Annual Modulation from the ANAIS-112 Experiment

J. Amaré(LSC, Canfranc and U. Zaragoza, LFNAE), S. Cebrián(LSC, Canfranc and U. Zaragoza, LFNAE), I. Coarasa(LSC, Canfranc and U. Zaragoza, LFNAE), C. Cuesta(U. Zaragoza, LFNAE and Madrid, CIEMAT), E. García(LSC, Canfranc and U. Zaragoza, LFNAE) et al. (Mar 10, 2019)

Published in: Phys.Rev.Lett. 123 (2019) 3, 031301 • e-Print: 1903.03973 [astro-ph.IM]

High Pressure Gas Xenon TPCs for Double Beta Decay Searches

Juan J. Gomez-Cadenas(Donostia Intl. Phys. Ctr., San Sebastian), Francesc Monrabal Capilla(Donostia Intl. Phys. Ctr., San Sebastian), Paola Ferrario(Donostia Intl. Phys. Ctr., San Sebastian) (Mar 6, 2019)

Published in: Front.in Phys. 7 (2019) 51 • e-Print: 1903.02435 [physics.ins-det]

Electron Drift and Longitudinal Diffusion in High Pressure Xenon-Helium Gas Mixtures

NEXT Collaboration•A.D. McDonald (Texas U., Arlington) et al. (Feb 14, 2019)

Published in: JINST 14 (2019) 08, P08009 • e-Print: 1902.05544 [physics.ins-det]

Cosmic-ray muon flux at Canfranc Underground Laboratory

Wladyslaw Henryk Trzaska, Maciej Słupecki, Iulian Bandac, Alberto Bayo, Alessandro Bettini et al. (Feb 3, 2019)

Published in: Eur.Phys.J.C 79 (2019) 8, 721 • e-Print: 1902.00868 [physics.ins-det]

Progress toward Barium Tagging in High Pressure Xenon Gas with Single Molecule Fluorescence Imaging

NEXT Collaboration•N. Byrnes et al. (Jan 9, 2019)

Published in: J.Phys.Conf.Ser. 1312 (2019) 1, 012001 • Contribution to: TPC2018 • e-Print: 1901.03369 [physics.ins-det]

Analysis of backgrounds for the ANAIS-112 dark matter experiment

J. Amare(LSC, Canfranc and U. Zaragoza, LFNAE), S. Cebrián(LSC, Canfranc and U. Zaragoza, LFNAE), I. Coarasa(LSC, Canfranc and U. Zaragoza, LFNAE), C. Cuesta(LSC, Canfranc and Madrid, CIEMAT), E. García(LSC, Canfranc and U. Zaragoza, LFNAE) et al. (Dec 4, 2018)

Published in: Eur.Phys.J.C 79 (2019) 5, 412 • e-Print: 1812.01377 [astro-ph.GA]

Performance of ANAIS-112 experiment after the first year of data taking

J. Amaré(LSC, Canfranc and U. Zaragoza, LFNAE), S. Cebrián(LSC, Canfranc and Zaragoza U.), I. Coarasa(LSC, Canfranc and Zaragoza U.), C. Cuesta(Madrid, CIEMAT and Zaragoza U.), E. García(LSC, Canfranc and U. Zaragoza, LFNAE) et al. (Dec 4, 2018)

Published in: Eur.Phys.J.C 79 (2019) 3, 228 • e-Print: 1812.01472 [astro-ph.IM]

ANAIS-112 sensitivity in the search for dark matter annual modulation

I. Coarasa(LSC, Canfranc and Zaragoza U.), J. Amaré(LSC, Canfranc and U. Zaragoza, LFNAE), S. Cebrián(Zaragoza U. and LSC, Canfranc), C. Cuesta(ARAID, Zaragoza and Madrid, CIEMAT and Zaragoza U.), E. García(LSC, Canfranc and U. Zaragoza, LFNAE) et al. (Dec 4, 2018)

Published in: Eur.Phys.J.C 79 (2019) 3, 233 • e-Print: 1812.02000 [astro-ph.IM]

During 2019, 43 presentations have been given at International Scientific Conferences by LSC users

A lo largo del 2019 los usuarios del LSC han realizado 43 presentaciones en Conferencias Internacionales.

GOVERNING BODIES / ORGANOS DE GOBIERNO

Governing Council/Consejo Rector

Rafael Rodrigo Montero, Secretario General de Coordinación de Política Científica
Ministry of Science and Innovation / Ministerio de Ciencia e Innovación

Enrique Navarro Rodríguez, Director General de Investigación e Innovación
Government of Aragon / Gobierno de Aragón

Luis Miguel García Vinuesa, Vicerrector de Política Científica
University of Zaragoza / Universidad de Zaragoza

Ángela Fernández Curto, Subdirectora General Adjunta de Grandes Instalaciones Científico-Técnicas
Ministry of Science and Innovation / Ministerio de Ciencia e Innovación

Enrique Playán Jubilar, Director Agencia Estatal de Investigación
Ministry of Science and Innovation / Ministerio de Ciencia e Innovación

Iván Andrés Martínez, Secretario General Técnico de Ciencia, Universidad y Sociedad del Conocimiento
Government of Aragon / Gobierno de Aragón

Pilar Zaragoza Fernández, Vicerrectora de Transferencia e Innovación Tecnológica
University of Zaragoza / Universidad de Zaragoza

Executive Committee / Comisión Ejecutiva

Ángela Fernández Curto, Subdirectora General Adjunta de Grandes Instalaciones Científico-Técnicas
Ministry of Science and Innovation / Ministerio de Ciencia e Innovación

Francisco Herrada Martín, Jefe del Área de la Subdirección General Adjunta de Grandes Instalaciones Científico-Técnicas
Ministry of Science and Innovation / Ministerio de Ciencia e Innovación

Iván Andrés Martínez, Secretario General Técnico de Ciencia, Universidad y Sociedad del Conocimiento
Government of Aragon / Gobierno de Aragón

Enrique Navarro Rodríguez, Director General de Investigación e Innovación
Government of Aragon / Gobierno de Aragón

Luis Miguel García Vinuesa, Vicerrector de Política Científica
University of Zaragoza / Universidad de Zaragoza

Eduardo García Abancéns, Delegado del Rector para el LSC
University of Zaragoza / Universidad de Zaragoza

ADVISORY COMMITTEES / COMITÉS ASESORES

International Advisory Committee

Comité Científico Asesor Internacional

Mark Chen (Chairman) - Queen's University, Ontario (Canada)

Frank T. Avignone - University of South Carolina (USA)

Teresa Marrodan - Max-Planck-Institut für Kernphysik (Germany)

Elvio Acciari - INFN, Bari (Italy)

Paola Tropea - CERN, Geneva (Switzerland)

Gabriella Catanese - INFN, Bari (Italy)

Carlos Lacasta - CSIC, Inst. de Física Corpuscular, Valencia (Spain)

Olof Tengblad - CSIC, Madrid (Spain)

Mª José García Borge - CSIC, Madrid (Spain)

Acknowledgments / Agradicimientos

The LSC would like to thank the Spanish Ministry of Science and Innovation, the Government of Aragón and the University of Zaragoza for providing the financial support without which it could not pursue its mission of fundamental research and outreach. The LSC would also like to thank the Major of Canfranc and the Somport Tunnel Control Centre for the positive collaboration

El LSC agradece al Ministerio de Ciencia e Innovación, al Gobierno de Aragón y la Universidad de Zaragoza su apoyo financiero sin el cual no podría perseguir su misión de investigación y divulgación. El LSC también quiere agradecer al alcalde de Canfranc y al Centro de Control del Túnel de Somport su positiva colaboración.

