

# 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 ( $0\nu 2\beta$ ) of two promising isotopes ( $^{100}\text{Mo}$  and  $^{130}\text{Te}$ ) 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 1<sup>st</sup>, 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  $^{232}\text{Th}$  in the CUORE cryostat, whose location is still under investigation, which contributes to the background almost only for  $^{130}\text{Te}$ , 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  $^{100}\text{Mo}$  embedded in  $\text{Li}_2\text{MoO}_4$  enriched crystals, one of the two isotopes studied in CROSS.

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 ( $0\nu 2\beta$ ) de dos isótopos prometedores ( $^{100}\text{Mo}$  y  $^{130}\text{Te}$ ) 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  $^{232}\text{Th}$  en el criostato CUORE, cuya ubicación aún está bajo investigación, lo que contribuye al fondo casi solo para  $^{130}\text{Te}$ , 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  $^{100}\text{Mo}$  incrustado en cristales enriquecidos con  $\text{Li}_2\text{MoO}_4$ , uno de los dos isótopos estudiados en CROSS.



The breakdown of the work performed during 2018 was: 1) Cryostat construction by Cryoconcept (<http://cryoconcept.com/>) is well advanced. The dilution unit (the inner part of the cryostat that produces the base temperature) was built and cooled down. The mixing chamber reached a temperature below 10 mK, confirming the CROSS technical specification. The cryostat will be fixed at a platform which will be kept 20 cm above the floor level in order to allow us to insert a polyethylene layer to moderate and absorb neutrons; 2) Preparation of the CROSS hut and the external lead castle in the Canfranc underground laboratory (LSC) to host CROSS; 3) achievement of  $\text{Li}_2\text{MoO}_4$  crystals enriched in  $^{100}\text{Mo}$  and plan for their test in an open CUORE-like structure in Laboratori Nazionali del Gran Sasso before the full availability of the CROSS cryostat; 4) development of the  $\text{TeO}_2$  CROSS program in collaboration with groups which are studying enrichment, purification and crystallization of  $\text{TeO}_2$  in the framework of the US CUPID R&D; 5) Demonstration of PSD induced by Aluminum film coating with temperature readout by neutron transmutation doped (NTD) Germanium thermistors in small-scale prototypes of both  $\text{Li}_2\text{MoO}_4$  and  $\text{TeO}_2$ .

El desglose del trabajo realizado durante 2018 fue: 1) construcción del criostato por Cryoconcept (<http://cryoconcept.com/>) está muy avanzada. La unidad de dilución (la parte interna del criostato que produce la temperatura base) está construida y enfriada. La cámara de mezcla alcanzó la temperatura de 10 mK, confirmando las especificaciones técnicas de CROSS. El criostato se fijará en una plataforma, 20 cm sobre el nivel del suelo, que aloje una capa de polietileno para moderar neutrones; 2) Preparación del habitáculo de CROSS y el castillo de plomo externo en el laboratorio subterráneo Canfranc (LSC); 3) obtención de cristales de  $\text{Li}_2\text{MoO}_4$  enriquecidos en  $^{100}\text{Mo}$  y pruebas en una estructura abierta tipo CUORE en el Laboratorio Nacional del Gran Sasso antes de la disponibilidad del criostato CROSS; 4) Desarrollo del programa  $\text{TeO}_2$  CROSS en colaboración con grupos que estudian el enriquecimiento, la purificación y la cristalización del  $\text{Te}_2\text{O}$  en el marco de la I+D de CUPID de EE.UU. 5) Demostración de la PSD inducida por recubrimiento de película de Aluminio con lectura de temperatura con termistores de Germanio dopados por transmutación de neutrones (NTD) en prototipos a pequeña escala de  $\text{Li}_2\text{MoO}_4$  y  $\text{TeO}_2$ .

