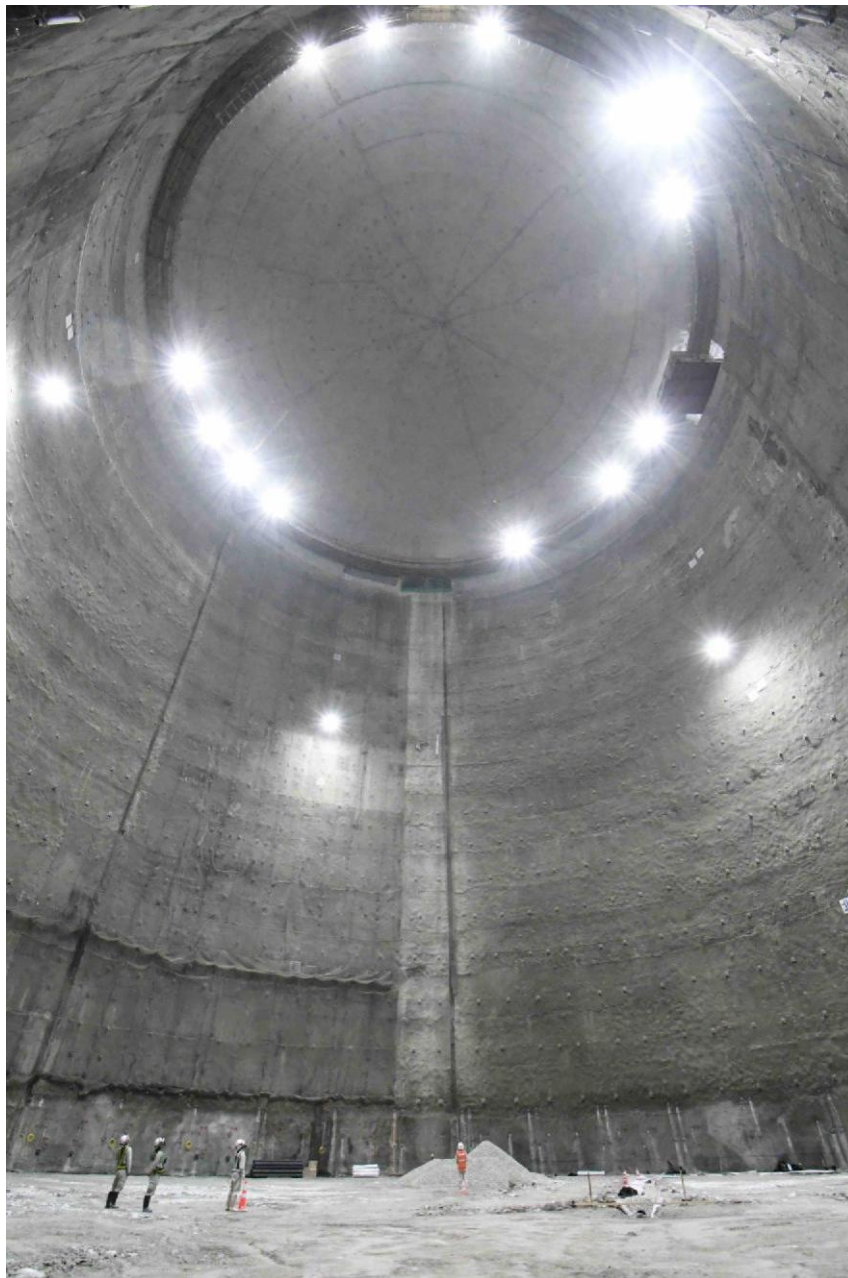


Finaliza la excavación de la colosal caverna para alojar el detector principal del experimento Hyper- Kamiokande

El 31 de julio de 2025, la colaboración Hyper-Kamiokande finalizó la excavación de la colosal caverna que albergará el detector principal de Hyper-Kamiokande, un detector Cherenkov de agua ultra-pura de nueva generación que se está construyendo actualmente en la ciudad de Hida, Gifu (Japón).

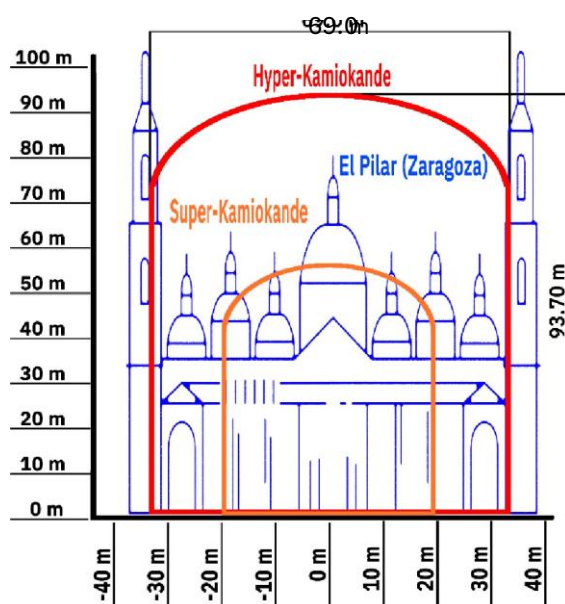


La caverna principal de Hyper-Kamiokande tras la finalización de la excavación

El proyecto Hyper-Kamiokande (HK) es una colaboración internacional de investigación científica liderada por la Universidad de Tokio y la Organización japonesa de Investigación de Aceleradores de Alta Energía (KEK) y cuenta actualmente con 640 investigadores de 22 países que contribuyen activamente al desarrollo del proyecto, de ellos 45 españoles.

HK es un detector de partículas de nueva generación equipado con más de 20.000 fotodetectores alojados en un gigantesco tanque de agua, cuyo volumen útil es 8,4 veces mayor al de su predecesor Super-Kamiokande. Se está construyendo a 600 metros bajo tierra en una montaña de la ciudad de Hida, en la prefectura de Gifu (Japón), liderado por la Universidad de Tokio. Paralelamente, el KEK lidera la mejora del haz de neutrinos del acelerador de partículas J-PARC y la construcción de un nuevo detector intermedio en la localidad de Tokai, en la prefectura de Ibaraki. Mediante la combinación de estos desarrollos, el HK pretende descubrir la sutil asimetría entre materia y antimateria y medir con precisión las propiedades de los neutrinos y buscar la desintegración de protones, contribuyendo en última instancia a resolver misterios fundamentales del universo y a poner a prueba las ideas de las Grandes Teorías Unificadas. El proyecto HK comenzó oficialmente en febrero de 2020.

La caverna principal de HK consta de una sección de techo en forma de cúpula de unos 69 metros de diámetro y 21 metros de altura, seguida de una porción cilíndrica de 73 metros de altura situada justo debajo. La caverna es uno de los mayores espacios artificiales jamás excavados en lecho rocoso. La construcción se realiza en la ciudad de Hida, que cuenta con una de las formaciones rocosas más robustas de Japón.



Comparación transversal de las principales cavernas subterráneas de Japón y el extranjero

Dicho esto, las características de la masa rocosa y el estado de la tensión in situ en el lecho rocoso influyen significativamente en la estabilidad de la caverna durante la excavación e incluso después de terminada. Antes de iniciar la excavación, se realizaron estudios geológicos a gran escala en el año 2020, con un total de 730 metros de perforaciones, y la excavación de nuevos túneles. Dichos estudios se vienen realizando desde las primeras fases del proyecto. Basándose en los resultados de estas investigaciones, el trabajo de diseño de la caverna incluyó las decisiones sobre su forma y los métodos de refuerzo de las paredes, se llevó a cabo paralelamente a la excavación de los túneles que conducen al lugar de construcción. La sección en cúpula de la caverna principal es crucial para la estabilidad estructural, ya que soporta una gran tensión vertical in situ mediante un efecto de arco tridimensional. Tras acceder a la parte superior de la sección de la cúpula a través de un túnel en espiral temporal, a partir de noviembre de 2022 el espacio de la caverna se expandió hacia el exterior por etapas mientras se estabilizaba el techo utilizando hormigón proyectado y anclajes pretensados. Para llevar a cabo de forma segura y eficiente esta difícil excavación, que implicaba el riesgo de derrumbe del techo, se adoptó un enfoque de <<diseño y construcción adaptativos basados en datos >>. Este método actualiza continuamente el diseño de la caverna basándose en la información geológica y las mediciones en tiempo real del movimiento del lecho rocoso obtenidas durante la excavación.

La excavación de la sección cilíndrica comenzó en octubre de 2023, y la eficiencia en la extracción de roca fue un factor clave que influyó en el ritmo de construcción. Para resolver este problema, se excavó un pozo vertical de 3,4 metros de diámetro en el centro de la sección cilíndrica hasta el túnel de acceso en su parte inferior. Durante la excavación, la roca generada se extrajo eficazmente a través de este pozo y se transportó en camiones volquete desde el nivel inferior hasta la superficie del terreno. La excavación, que avanzaba por fases, se llevó a cabo con rapidez y con la seguridad como máxima prioridad. Teniendo en cuenta que fueron necesarios realizar trabajos adicionales de refuerzo de la pared de la caverna, que requirieron andamiaje a gran escala, la excavación de la caverna principal con un total aproximado de 330.000 metros cúbicos de roca extraídos se completó en julio de 2025, con seis meses de retraso sobre el calendario original.

La terminación de todos los trabajos de excavación para la construcción de la caverna de HK constituye un logro significativo que marca uno de los hitos más importantes del proyecto. A partir de agosto comenzarán las obras para transformar la caverna principal en el gigantesco depósito de agua diseñado para contener 260.000 metros cúbicos de agua ultrapura. La construcción de la estructura de detectores de dos capas dentro del tanque comenzará en 2026, y la instalación de fotodetectores y otros componentes comenzará a partir de entonces. Como preparación para esta fase, la producción en serie de los tubos fotomultiplicadores (PM T) de 50 cm de diámetro de nuevo desarrollo ha progresado sin problemas en Japón. Mientras tanto, las instituciones europeas responsables de las cubiertas protectoras de los PM T, los módulos multi-PMT, las unidades para el detector

exterior y los módulos electrónicos subacuáticos han completado el desarrollo de los componentes y se está iniciando la fase la producción en serie. La instalación de todos los componentes del detector en el tanque está prevista para 2027, tras lo cual se llenará el tanque con el agua ultrapura y se instalará el sistema de reducción de radón con el objetivo de que el telescopio Hyper-Kamiokande comience a tomar datos en 2028.

Colaboración española en la construcción y explotación de Hyper-Kamiokande

España forma parte de la colaboración internacional del experimento y concretamente los grupos de investigación y la industria españoles participan en el estudio, diseño y construcción de las cápsulas de protección de los fotodetectores, en el diseño y construcción del sistema de compensación geomagnética y de la instalación principal del sistema de provisión de aire libre de radón en toda la infraestructura subterránea. Asimismo, España aporta el diseño de componentes electrónicos y de los sistemas de almacenamiento para el uso de la inteligencia artificial en la reconstrucción y análisis de datos de la instalación.

La contribución española a la construcción del experimento HK está financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y por la Unión Europea "Next Generation EU/PRTR" y sitúa a España como uno de los miembros de pleno derecho del mayor telescopio de neutrinos del mundo lo que permitirá que los equipos españoles, participen en los experimentos, compartirán datos y contribuirán a los futuros descubrimientos de esta infraestructura que se prevé que esté a pleno rendimiento durante más de dos décadas.

El consorcio HK español, coordinado por el Laboratorio Subterráneo de Canfranc desde Aragón, se completa con los centros ICTEA de la Universidad de Oviedo, I3M de la Universidad Politécnica de Valencia, AMADE de la Universidad de Girona, IGFAE de la Universidad de Santiago de Compostela, CAPA de la Universidad de Zaragoza, el Centro Internacional de Física de Donostia, el Instituto de Física de Altas Energías y la Universidad Autónoma de Madrid.

Nota de prensa, en inglés, preparada por la Universidad de Tokio: [ENLACE](#)