



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Validación de SiPMs para el experimento de neutrinos DUNE mediante análisis de datos tomados por la instalación criogénica CACTUS

Descripción general (resumen y metodología):

Introducción y resumen:

DUNE es el experimento de oscilaciones de neutrinos de la próxima generación. Su construcción empezará en 2025 y el plan es que tenga dos detectores: uno cercano a la fuente de producción de neutrinos (Fermilab) y otro lejano, que detectará los neutrinos tras un viaje de 1300 km. El detector lejano de DUNE estará compuesto de 4 módulos que se basarán en la tecnología criogénica de las cámaras de proyección temporal con argón líquido. En estas cámaras, cuando una partícula interactúa y deposita energía ocurren dos cosas: i) algunos átomos se ionizan y liberan electrones (señal de carga). ii) Otros átomos simplemente se excitan y al desexcitarse emiten fotones (señal de luz o centelleo). Esta señal de luz es crucial en el detector para determinar el tiempo de las interacciones.

El grupo de neutrinos de la Universidad de Granada es miembro de la colaboración DUNE y está encargado de la compra y caracterización de los 300.000 fotomultiplicadores de silicio (SiPMs) que se instalarán en el primer módulo de DUNE para detectar la señal de luz. 150.000 SiPMs han sido producidos por la empresa Hamamatsu y los restantes por FBK. Para garantizar que todos los SiPMs que se han producido están en perfectas condiciones y cumplen los requisitos que demanda el experimento DUNE, es necesario verificar uno a uno sus características. El grupo de Granada, como responsable de la compra de los SiPMs, tiene un papel de liderazgo en esta caracterización: opera una instalación criogénica diseñada por la colaboración DUNE para validar de forma masiva todos estos SiPMs antes de su instalación definitiva en el experimento. Esta instalación criogénica se llama CACTUS (Cryogenic Apparatus for Control Tests Upon SiPMs) y se encuentra en nuestro laboratorio de física de partículas en Granada. Con CACTUS es posible caracterizar 120 SiPMs al día, a los cuales se les mide tanto a temperatura ambiente como criogénica el voltaje de ruptura, la resistencia de extinción y el ruido no correlacionado. CACTUS-Granada empezó a tomar datos a finales de 2023 y se espera que esté en funcionamiento durante los próximos dos años.

El objetivo de este trabajo es analizar un mes de los datos tomados por la instalación CACTUS-Granada. Un mes de toma de datos se corresponde que la caracterización de 2400 SiPMs. Los resultados asociados a la caracterización de dichos SiPMs habrá que compararlos con las especificaciones del fabricante y evaluar si los valores se encuentran dentro de los rangos que admite como válidos el experimento DUNE. Aunque la toma de datos con CACTUS está automatizada, existe la posibilidad de participar de forma activa en la toma de datos asumiendo turnos de vigilancia junto con el personal técnico del laboratorio.

Metodología:

Durante primera fase de este proyecto será necesario estudiar los fundamentos teóricos del funcionamiento de los fotosensores de silicio. Además, habrá que comprender qué uso tendrán estos sensores en el contexto del experimento de neutrinos DUNE y saber identificar qué parámetros son indicativos del buen comportamiento de un SiPM y cuales definen su idoneidad para ser usados en DUNE. Aunque no es imprescindible, para saber cuáles son los datos que toma la instalación criogénica CACTUS y en qué etapas, se recomienda estar presente varios días en la toma de datos y ver como se guardan y almacenan los datos.

Una vez que se tengan todos los datos de caracterización de los 2400 SiPMs correspondientes a un mes, habrá que:

- Para un sensor individual tomar las curvas I-V, tanto en polarización directa como en polarización inversa, para ilustrar y explicar el método de cálculo del voltaje de ruptura y la resistencia de extinción. Esto se hará para los datos tomados a temperatura ambiente y a temperatura criogénica.
- Procesar los datos de los 2400 SiPMs usando la herramienta ROOT y presentar los datos de voltaje de ruptura y resistencia de extinción para los casos de temperatura ambiente, primer y tercer ciclo térmico. Comparar resultados entre diferentes SiPMs, entre las diferentes situaciones y con los datos proporcionados por el fabricante.
- Procesar los datos de los 2400 SiPMs usando la herramienta ROOT y presentar los datos de cuentas oscuras tomadas durante una ventana de 120s. Presentar los resultados en forma de histograma y ver si se ajustan a los requisitos marcados por la colaboración DUNE. Estudiar eventos outliers y encontrarles una posible explicación.
- Tras el estudio y comparación de resultados, decidir cuantos de los 2400 SiPMs son válidos para ser instalados en el experimento DUNE y cuantos tienen que ser descartados.

Tipología: Trabajos experimentales, de toma de datos de campo o de laboratorio.

Objetivos planteados:

- Familiarizarse con la técnica de detección de luz en el experimento de oscilaciones de neutrinos DUNE.
- Entender el principio de operación de un tipo particular de fotosensor denominado fotomultiplicador de silicio (SiPM de sus siglas en inglés) y hacerlo funcionar en el laboratorio.
- Estudiar el comportamiento de los SiPMs cuando se introduce una diferencia de potencial en modo directo y en inverso para calcular el voltaje de ruptura y la constante de proporcionalidad (quenching resistance). Estudio de curvas I-V.
- Estudio de ruido no correlacionado (cuentas oscuras) a temperatura criogénica.
- Manejar, procesar y analizar una muestra masiva de datos. Información correspondiente a 2400 SiPMs
- Aprendizaje de la herramienta de análisis de datos del CERN ROOT
- Estudiar las distribuciones de parámetros encontradas para los 2400 SiPMs analizados
- Escribir un informe final en base a los hallazgos, problemas encontrados y soluciones adoptadas.

Bibliografía básica:

- [1] - DUNE Collaboration, Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE), Far Detector Technical Design Report Volume IV: Far Detector Single-phase Technology, JINST 15 (2020) 08, T08010. (Only Chapter 5).
- [2] - S. Gundacker, A. Heering, The silicon photomultiplier: fundamentals and applications of a modern solid-state photon detector, Phys. Med. Biol. (2020) 65 17TR01.
- [3] - P. Sanchez-Lucas, The DUNE Photon Detection System, LIDINE2023 (Oral Contribution).
- [4] - M. Guarise, Mass test setup for DUNE SiPMs characterization, NUFACT2022 (Oral Contribution).
- [5] - <https://root.cern.ch>

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Se recomienda repasar el temario de la asignatura física nuclear y de partículas antes de comenzar con el proyecto. Especialmente la parte de física de partículas

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: PATRICIA SÁNCHEZ LUCAS

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA TEÓRICA

Correo electrónico: patriciasl@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos:

Ámbito de conocimiento/Departamento:

Correo electrónico:

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos: AMANDA GARCIA MEMBRIVES

Correo electrónico: amandagarcia@correo.ugr.es