



## 1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

**Título:** Caracterización de un novedoso sensor de silicio de la empresa Hamamatsu para su aplicación en el experimento de neutrinos DUNE

**Descripción general (resumen y metodología):**

### Introducción y resumen:

La física de neutrinos de la próxima década estará liderada por el futuro experimentos de neutrinos DUNE. Este experimento estudiará interacciones de un haz de neutrinos producido en el acelerador de Fermilab (EE.UU). Los neutrinos serán medidos dos veces: primero, muy cerca de la fuente, con un detector cercano y después, con un detector lejano, 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 producen electrones libres (señal de carga). ii) Otros átomos simplemente se excitan y al desexcitarse emiten fotones (señal de luz o centelleo) en el rango del ultravioleta en el vacío, 128nm. En DUNE se usarán modernos sensores de silicio, denominados SiPMs, para detectar esta señal de luz. Estos nuevos sensores han mostrado ser una alternativa óptima a la tecnología tradicional (PMTs) alcanzando una excelente resolución a sucesos de un solo fotón. Otras características muy ventajosas son su reducido tamaño (~mm<sup>2</sup>), su precio económico y su pureza. Los SiPMs que se instalarán en los primeros dos módulos de DUNE son sensibles a luz en el rango visible (~400 nm). Por ello, para detectar los fotones de 128 nm que emite el argón hay que utilizar una serie de filtros que desplazan esta longitud de onda. Esto se traduce en una eficiencia global de detección de fotones de ~3%. Este valor es suficiente para alcanzar los primeros objetivos de DUNE. Sin embargo, de cara a mejorar las prestaciones del detector con los módulos futuros se ha decidido que los módulos 3 y 4 deben llevar sensores de luz que sean sensibles al rango ultravioleta en el vacío.

Es por ello que el objetivo de este proyecto sea caracterizar uno de los nuevos SiPMs desarrollados por la empresa japonesa Hamamatsu para detección de longitudes de onda por debajo de los 200 nm. En particular estudiaremos el modelo S13370-6075CN y evaluaremos su idoneidad para ser instalado en DUNE. A lo largo del trabajo se determinará la ganancia, el voltaje de ruptura y las curvas de intensidad y voltaje, así como las cuentas oscuras y el ruido correlacionado. Las medidas se harán tanto a temperatura ambiente como a temperatura criogénica. En el supuesto de que los primeros resultados sean prometedores, pasaremos a una segunda fase de caracterización que incluye iluminación con una fuente ultravioleta. Para esta parte habrá que poner en funcionamiento y pulsar una lámpara de xenon.

### Metodología:

Para la realización de este proyecto se trabajará en el laboratorio de criogenia del Dpto. de Física Teórica y del Cosmos (situado en el Polígono Tecnológico de los Ogíjares), el cual cuenta con personal de apoyo cualificado para tareas de electrónica y un suministro regular de nitrógeno líquido.

En la primera fase del proyecto será necesario estudiar los fundamentos teóricos sobre el funcionamiento de los fotosensores de silicio. Tras esto, se pasará a una siguiente fase de trabajo práctico en el laboratorio en el que primeramente será necesario familiarizarse con el correcto uso del instrumental que se encuentra en el mismo.

El SiPM modelo S13370-6075CN se encuentra disponible en el laboratorio. Para la puesta en funcionamiento de los SiPMs se deberá establecer un pequeño montaje experimental que contará

con una fuente de alimentación, un generador de ondas y un osciloscopio. Para las pruebas se usará un soporte en el que se encontrará la electrónica y que también podrá sumergirse en nitrógeno líquido. El SiPM se hará funcionar tanto expuesto a una fuente de luz como en condiciones de extrema oscuridad. Además, para el estudio del comportamiento de dichos sensores a temperaturas criogénicas se sumergirán los mismos en un Dewar lleno con nitrógeno líquido. Los datos adquiridos y las señales registradas durante el transcurso de este proyecto deberán analizarse usando códigos en C++ o Python. Los datos se estudiarán para evaluar la idoneidad del dispositivo para el experimento DUNE en función de su resistividad a la temperatura criogénica y su ruido intrínseco.

**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.
- Aprender el manejo del equipo estándar de laboratorio (osciloscopio, fuentes de alimentación, generador de ondas...).
- Estudiar el comportamiento de un SiPM 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).
- Determinar el factor de ganancia de los SiPMs mediante iluminación con luz LED.
- Determinar la tasa cuentas oscuras a temperatura criogénica.
- Puesta en marcha de una fuente de luz ultravioleta (lámpara de xenon).
- Escribir un informe final en base a los hallazgos, problemas encontrados y soluciones adoptadas.

**Bibliografía básica:**

- [1] - DUNE Collaboration, Long-baseline neutrino oscillation physics potential of the DUNE experiment, Eur. Phys. J. C (2020) 80:978.
- [2] - 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).
- [3] - S. Gundacker, A. Heering, The silicon photomultiplier: fundamentals and applications of a modern solid-state photon detector, Phys. Med. Biol. (2020) 65 17TR01.
- [4] - A. Falcone et al., Cryogenic SiPM arrays for the DUNE photon detection system, Nucl. Instrum. Meth. A 985 (2021) 164648.
- [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. En particular, 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:** NATALIA DEL CARMEN RODRIGUEZ REY

**Correo electrónico:** nataliarodrey@correo.ugr.es