



## 1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

**Título:** Selección de sucesos de neutrino del electrón en el experimento SBND mediante técnicas de “Machine Learning”

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

### Breve descripción del trabajo:

El experimento SBND (Short-Baseline Near Detector) [1][2] forma parte del programa de búsqueda de neutrinos estériles en Fermilab, utilizando una cámara de proyección temporal de argón líquido (LArTPC) para detectar interacciones de neutrinos con alta precisión espacial y energética. Una parte esencial de su misión científica es estudiar la posible aparición de neutrinos del electrón, generados a partir de neutrinos del muon a través del fenómeno de oscilación [3].

Identificar con fiabilidad sucesos correspondientes a neutrinos del electrón entre todos los eventos registrados resulta clave para confirmar o refutar las anomalías observadas en experimentos previos. Esta tarea implica distinguirlos de un entorno dominado por otros tipos de sucesos, como los de neutrinos del muon o de origen cósmico, cuya firma puede imitar la señal buscada.

En este trabajo se propone aplicar técnicas de aprendizaje automático para desarrollar un clasificador capaz de identificar sucesos de neutrinos del electrón en los datos simulados de SBND. Se explorarán distintos algoritmos y metodologías con el fin de maximizar la eficiencia de identificación y minimizar las tasas de falso positivo, lo que repercutirá directamente en la sensibilidad del experimento a oscilaciones del tipo  $\nu\mu \rightarrow \nu e$ .

### Metodología:

El desarrollo del proyecto comenzará con una revisión de los conceptos teóricos necesarios, seguida por la instalación y familiarización con las herramientas de análisis utilizadas en física de neutrinos, principalmente ROOT y su paquete TMVA[5] para el entrenamiento de algoritmos de “Machine Learning”.

Una vez comprendida la estructura de los datos simulados del experimento, se procederá a seleccionar un conjunto de variables que puedan facilitar la discriminación entre sucesos de neutrinos del electrón y otros tipos de interacciones. Estas variables serán analizadas estadísticamente y se propondrán cortes simples como línea base de referencia.

Posteriormente, se implementarán distintos modelos de clasificación utilizando técnicas supervisadas. Se hará uso de conjuntos de entrenamiento y prueba, se aplicará validación cruzada y se optimizarán hiperparámetros, con el objetivo de construir un modelo robusto y eficiente. El rendimiento de los modelos será evaluado mediante métricas estándar como la eficiencia, pureza y matriz de confusión.

**Tipología:** Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

### Objetivos planteados:

- Adquirir una comprensión general del funcionamiento y principios físicos de los detectores LArTPC, con énfasis en su capacidad de reconstrucción tridimensional.
- Familiarizarse con el programa experimental del SBND y su papel dentro del marco del programa Short-Baseline Neutrino.
- Utilizar el entorno ROOT [4] para acceder, procesar y visualizar datos simulados del experimento.

- Analizar el contenido de los archivos de análisis de SBND y comprender la estructura de la información disponible para los sucesos.
- Identificar variables relevantes para la caracterización de sucesos de neutrinos del electrón y estudiar su poder discriminante frente a sucesos de fondo.
- Aplicar técnicas de “Machine Learning” para entrenar modelos clasificadores, evaluando el desempeño de algoritmos como k-vecinos más cercanos (kNN), árboles de decisión potenciados (BDT) y regresión regularizada. Si el tiempo lo permite, se considerará también el uso de redes neuronales simples.
- Elaborar un informe final con los resultados obtenidos, incluyendo un análisis crítico de las estrategias empleadas, limitaciones encontradas y posibles desarrollos futuros.

### **Bibliografía básica:**

#### **Bibliografía:**

[1] - <http://sbn-nd.fnal.gov/>

[2] - P. Machado, O. Palamara, D. Schmitz, “The Short-Baseline Neutrino Program at Fermilab”, *Ann.Rev.Nucl.Part.Sci.* 69 (2019) 363-387. <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-nucl-101917-020949>

[3] - <http://pdg.lbl.gov/2018/reviews/rpp2018-rev-neutrino-mixing.pdf>

[4] - <https://root.cern.ch/>

[5] - arXiv:physics/0703039 [Data Analysis, Statistics and Probability]

[6] - M. Thomson, “Modern Particle Physics”. Cambridge University Press

### **Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:**

Refrescar los contenidos de las asignaturas Física Nuclear y de Partículas y Programación

**Plazas:** 1

## **2. DATOS DEL TUTOR/A:**

**Nombre y apellidos:** BRUNO ZAMORANO GARCÍA

**Ámbito de conocimiento/Departamento:** FÍSICA TEÓRICA

**Correo electrónico:** bzamorano@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:**

**Centro de convenio Externo:**

**5. DATOS DEL ESTUDIANTE:**

**Nombre y apellidos:** ALVARO LORING GARCIA

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