



## Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

<b>Tutor/a:</b>	Bruno Zamorano García
<b>Departamento y Área de Conocimiento:</b>	Dpto. Física Teórica y del Cosmos, sección Física Teórica
<b>Correo electrónico:</b>	bzamorano@ugr.es
<b>Cotutor/a:</b>	
<b>Departamento y Área de Conocimiento:</b>	
<b>Correo electrónico:</b>	

**Título del Trabajo:** Selección de sucesos de tipo cuasielástico en el experimento SBND mediante técnicas de “Machine Learning”

<b>Tipología del Trabajo:</b> (Segun punto 3 de las Directrices del TFG aprobadas por Comisión Docente el 10/12/14)	(Marcar con X)	1. Revisión bibliográfica		4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio	
		2. Estudio de casos teórico-prácticos	X	5. Elaboración de un proyecto	
		3. Trabajos experimentales		6. Trabajo relacionado con prácticas externas	

### Breve descripción del trabajo:

El experimento SBND [1] [2] es esencialmente una cámara de deriva de argón líquido expuesta a un haz de neutrinos. Parte de su programa científico consiste en el estudio de la aparición de neutrinos del electrón a partir de oscilaciones de neutrinos del muon [3], a fin de revelar si las anomalías observadas en experimentos de oscilaciones de neutrinos de corto recorrido son compatibles con la existencia de un neutrino estéril. Uno de los canales más limpios para realizar el análisis de oscilaciones es el consistente en neutrinos del muon de tipo cuasielástico, puesto que el sistema hadrónico es particularmente simple.

Separar esta topología de sucesos de manera automática en base a observables experimentales es por tanto de gran interés para el análisis de oscilaciones. La reconstrucción de estos sucesos es lo bastante madura como para que sea viable explorar vías de separación basadas en técnicas de “Machine Learning”. Estas técnicas se han empleado con éxito en otros experimentos, por lo que esperamos ser capaces de hacerlo también en SBND.

En este trabajo se pretende separar los sucesos de señal (neutrinos del muon de tipo cuasielástico), de los de fondo (neutrinos del muon de cualquier otro tipo).

### Objetivos planteados:

- Familiarizarse con la técnica de detección de las cámaras de deriva de argón líquido (LArTPCs)
- Entender los objetivos experimentales de SBND y del programa de corto recorrido (“short-baseline”) de búsqueda de neutrinos estériles
- Aprender a utilizar la herramienta de análisis ROOT [4], estándar en el campo de la Física de Partículas experimental
- Entender la estructura de los archivos de análisis de SBND
- Realizar un estudio estadístico de viabilidad de separación en función de las distintas variables disponibles
- Entrenar distintos algoritmos de “Machine Learning” y utilizar criterios genéricos para escoger el más adecuado en este caso. Como primera aproximación a estas técnicas se emplearán los algoritmos de kNN, “Boosted decision trees” y regresión penalizada. Si el tiempo lo permite se explorará asimismo el uso de redes neuronales sencillas (“Multilayer perceptron”).
- Escribir un informe final en base a los hallazgos, problemas encontrados y soluciones adoptadas



**Metodología:**

En primer lugar, será necesario introducir los conceptos teóricos necesarios, así como las herramientas a utilizar. Fundamentalmente se utilizará ROOT para el estudio de los archivos de análisis de SBND, con Python como herramienta preferida a la hora de aplicar las técnicas de “Machine Learning”. A continuación, se tratará de filtrar las variables de interés en base a algún criterio cualitativo y/o cuantitativo de separación de señal-fondo. Una vez que se haya demostrado que la separación es viable en función de cortes rígidos en estas variables, se procederá a utilizar soluciones de “Machine Learning” para optimizar el proceso.

Para ello, se propone emplear el paquete Scikit-Learn [5], pues permite una aproximación a estas técnicas muy sencilla y modular, sin necesidad de conocimientos demasiado especializados de programación.

En esta fase se seguirán los procedimientos habitualmente prescritos en el campo, como son el uso de conjuntos de entrenamiento y prueba, “cross-validation” y optimización de hiperparámetros, aunque el principal énfasis se pondrá en la comprensión cualitativa de estas técnicas y en los criterios de selección que permiten decantarse por una u otra. Finalmente se evaluará el rendimiento del algoritmo escogido y se propondrán futuras líneas de mejora.

**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] - <https://sklearn.org>
- [6] – M. Thomson, “Modern Particle Physics”. Cambridge University Press

***A rellenar sólo en el caso que el alumno sea quien realice la propuesta de TFG***

*Alumno/a propuesto/a:* Maravillas García González

Granada, 17 de mayo de 2023

Sello del Departamento