

Informe de Tenencia  
2020-2024

**L. A. Núñez**  
*Escuela de Física, Facultad de Ciencias,*

20 de enero de 2025

# Índice

<b>1. Resumen de la actividad académica 2020-2024</b>	<b>4</b>
<b>2. Investigación</b>	<b>5</b>
2.1. Astrofísica y Astrofísica Relativista. . . . .	5
2.2. Astropartículas . . . . .	6
2.3. Participación de la UIS en el Observatorio Pierre Auger . . . . .	7
2.3.1. La UIS en Auger . . . . .	7
2.3.2. Visibilidad Internacional . . . . .	7
2.4. Publicaciones y tesis de pre/posgrado 2020-2024 . . . . .	7
<b>3. Docencia de pre y posgrado</b>	<b>8</b>
3.1. Docencia de Pregrado . . . . .	8
3.2. Docencia de Posgrado . . . . .	9
3.3. Producción de materiales de apoyo a la docencia . . . . .	9
<b>4. Extensión solidaria y apropiación social de la ciencia</b>	<b>11</b>
4.1. Actividades de extensión solidaria Halley . . . . .	11
4.1.1. Actividades durante el confinamiento 2020-2021 . . . . .	11
4.1.2. Funciones de planetario. . . . .	12
4.1.3. Curso Infantil de Astronomía. . . . .	12
4.1.4. Jóvenes Eco-Innovadores . . . . .	12
4.2. Semilleros de investigación GIRG . . . . .	12
4.3. Proyectos de Ciencia Ciudadana . . . . .	13
4.3.1. Investigadores por naturaleza: Astropáramo . . . . .	13
4.3.2. Racimo-Moncora . . . . .	14
<b>5. Proyectos I + D + I</b>	<b>14</b>
5.1. Integración de muongrafía con métodos geofísicos estándares. . . . .	15
5.2. Telescopio de muones portátil para el análisis de estructuras civiles. . . . .	15
5.3. Latin American Alliance for Capacity buildiNG in Advanced Physics, LA-CoNGA physics. . . . .	15
5.4. Red Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, RedCyTED LAGO-INDICA. . . . .	16
5.5. E-Latin american digital huB for OpeN Growing cOmmunities in physics, EL-BONGO physics. . . . .	17
<b>6. Reconocimientos</b>	<b>18</b>
6.1. Conferencista Invitado . . . . .	18
6.1.1. XVII Latin American Regional IAU Meeting . . . . .	18
6.1.2. Workshop on particle detectors for interdisciplinary applications . . . . .	18
6.2. Premios . . . . .	18
6.2.1. Permio Eloy Valenzuela 2020 . . . . .	18
6.2.2. Premio Mateo Valero en computación de alto rendimiento 2024 . . . . .	19
6.3. Investigador Principal Observatorio Gigante Latinoamericano (LAGO). . . . .	19
6.4. Representante por Venezuela en LASF4RI . . . . .	19
<b>7. Responsabilidades Administrativas</b>	<b>20</b>
7.1. Coordinador de Posgrado 2020-2021 . . . . .	20
7.2. Responsable de la autoevaluación de posgrados 2023-2024 . . . . .	20

<b>8. Otras Actividades</b>	<b>20</b>
8.1. Responsable de estudiantes de pasantías nacionales e internacionales . . . . .	20
8.2. Miembro del Comité Editorial, UIS . . . . .	21
8.3. <i>Team Leader International Physics Tournament 2020-2021</i> . . . . .	21
8.4. Arbitro de Revistas, proyectos de investigación y tesis doctorales . . . . .	21
8.5. Organizador de eventos nacionales/internacionales . . . . .	22
8.5.1. Jornadas Científicas de la Escuela de Física . . . . .	22
8.5.2. LA-CoNGA physics Network Schools . . . . .	22
8.5.3. International Physics Tournament . . . . .	22
8.5.4. Bucaramanga AstroFest . . . . .	23
<b>9. 2025-2029 ¿Qué hacer?</b>	<b>23</b>

## 1. Resumen de la actividad académica 2020-2024

Otro quinquenio para revisar qué se ha hecho. Este período fue, además, muy particular por que una pandemia nos obligó a confinarnos durante casi 18 meses y, desde esa reclusión, tratar de impulsar las actividades de investigación, formación de personal y extensión solidaria. Otra vez, hemos reflexionado sobre qué se considera lo más importante, lo más trascendente y de mayor impacto que hicimos en este lapso de tiempo donde la humanidad estuvo confinada. El informe de Tenencia sigue siendo un tremendo ejercicio, muy útil, nada menor y muy laborioso, que nos permite mirar y mirarnos en perspectiva. En lo personal, me sigue resultando valioso y agradezco la “motivación” institucional para realizarlo.

Duante el período 2020-2024, el resultado más resaltante de mi actividad de investigación es la consolidación de la línea de trabajo en muografía y aplicaciones tecnológicas de rayos cósmicos. Entre el 2020 y 2024 se han generado 23 artículos en revistas arbitradas y un reporte técnico de la colaboración Observatorio Pierre Auger. A pesar de la pandemia, tuvimos un exitoso período en la formación de personal. Participé en la dirección o codirección de nueve tesis de posgrado (dos de doctorado y siete de maestría) y 16 de pregrado.

En este quinquenio logramos obtener financiamiento para adelantar varios proyectos: uno interno VIE-UIS, uno nacional MinCiencias y tres proyectos internacionales (dos ERASMUS+ y uno financiado por CyTED). Adicionalmente, con mucho orgullo, fui acreedor a dos reconocimientos. Uno de ellos fue el premio Eloy Valenzuela, el mas importante de la UIS, en su edición 2020 y el otro fue el premio internacional Mateo Valero del 2024.

En mi actividad docente resalta la producción de material de apoyo para estudiantes. Eso se concretó al colaborar en la producción de contenido para cursos básicos de Física durante la pandemia y, sobre todo, en la culminación de un libro texto de Matemáticas Avanzadas, que saldrá publicado bajo el sello editorial UIS a mediados del 2025. También es indispensable mencionar el programa para la construcción de capacidades ERASMUS+ LA-CoNGA physics. Este programa permitió actualizar e internacionalizar nuestra Maestría en Física y se equipó un Laboratorio de Física Nuclear y de Partículas en el cual se desarrollaron experiencias de prácticas remotas con elementos de realidad virtual y aumentada.

Al igual que en quinquenios anteriores se le ha dedicado gran parte del tiempo a la extensión solidaria y la divulgación de la ciencia. Mi función al frente del grupo Halley se ha centrado en concebir proyectos, proponerlos a convocatorias y, luego hacer seguimiento de las actividades para poder llevarlos a feliz término. Como hubo un confinamiento por la pandemia, la actividad de divulgación se diversificó y las redes sociales jugaron un papel importante. En este período resaltan dos proyectos de ciencia ciudadana. Uno, Astropáramo, implementado durante la pandemia en el marco de *Investigadores por Naturaleza*. Una iniciativa de la VIE-UIS para llevar la ciencia a jóvenes de la provincia de Soto Norte en Santander. Astropáramo, consistió en mostrar la fragilidad de la habitabilidad de nuestro planeta y con esto generar conciencia ambiental. El segundo proyecto resaltante fue RACIMO-Moncora, que busca crear semilleros de ciencia en los colegios de Bucaramanga y, con ello, exponer tempranamente a los estudiantes de secundaria a ambientes y herramientas de investigación científica. Este año, además se cumplieron 40 años de actividad del Grupo Halley y pudimos realizar una serie de actividades para conmemorarlo.

La organización de este documento es la siguiente. En la próxima sección detallaré mi actividad en investigación, las líneas de trabajo que hemos venido desarrollando, su importancia, las contribuciones que considero más resaltantes y el impacto dentro de la UIS de la participación en el Observatorio Pierre Auger. Incluimos en esta sección el tipo de formación profesional para la investigación. En la sección 3 hago una reflexión sobre mi actividad docente, los aportes que creo que hay que destacar en este período. La sección 4 se la dedico a comentar mi participación en la divulgación de la ciencia, actividad que ha sido de mucho interés y dedicación. Luego, en la sección 5 detallo los proyectos de investigación que hemos venido desarrollando. Las secciones 6 y 7 describen los reconocimientos que he recibido y las responsabilidades administrativas que he asumido. Finalmente en la sección 8, hago una relatoría de la participación/organización de eventos nacionales/internacionales, y las funciones de jurado evaluador de propuestas, eventos, tesis y artículos.

## 2. Investigación

El resultado más resaltante de mi actividad de investigación en estos años es la consolidación de la línea de trabajo en aplicaciones tecnológicas de astropartículas. En particular de muografía, esto es el estudio de los interiores de estructuras geológicas utilizando los muones como radiación penetrante. Tal y como se muestra en la figura 1 Esta línea de trabajo tiene un puesto en la producción científica internacional.

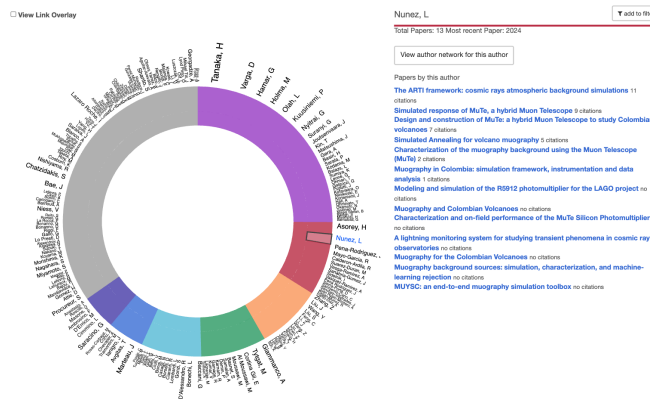


Figura 1: Publicaciones 2020-2024 relacionadas con muografía rastreadas por el *The SAO Astrophysics Data System* <https://shorturl.at/cc7U1>. Durante ese período se produjeron 255 artículos en el área y de esos, 13 fueron producidos por nuestro grupo.

Entre las contribuciones (listadas en la sección 2.4) considero que merecen especial atención las publicación [Sarmiento-Cano et al., 2022], la serie [Vesga-Ramírez et al., 2020, Vásquez-Ramírez et al., 2020, Peña-Rodríguez et al., 2020] y la línea de trabajo de condiciones de aceptabilidad física [Suárez-Urango et al., 2023, Suárez-Urango et al., 2022, Hernández et al., 2021]. A continuación comentaré estas publicaciones contextualizando su relevancia.

### 2.1. Astrofísica y Astrofísica Relativista.

Esta línea la inicié hace más de 40 años, en el 1983. En el período 2020-2024, han sido publicados cinco artículos en revistas internacionales [Suárez-Urango et al., 2023, Suárez-Urango et al., 2022, Ospino et al., 2022, Hernández et al., 2021, Ospino y Núñez, 2020] y dos se encuentran en evaluación [Ospino et al., 2024b, Ospino et al., 2024a]. Se han desarrollado dos tesis de maestría [Suárez-Urango, 2021, Castañeda Godoy, 2021] y tres trabajos de fin de master de la Universidad de Salamanca-España [Serrano-Martínez, 2021, Gutiérrez Benito, 2022, Padilla Expósito, 2022]. Los trabajos de fin de master, son trabajos de investigación que no tienen el alcance de nuestras tesis de maestría. En este momento, conjuntamente con el Dr. Justo Ospino Zúñiga y la Dra. Laura Becerra dirigimos la tesis doctoral de Daniel Suárez Urango, que esperamos culminarla a finales del 2025.

Es importante mencionar que en el 2020, durante la pandemia, con el Dr. Ospino Zúñiga del Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad de Salamanca, fundamos el Seminario de Relatividad y Astrofísica Relativista UIS-USal. Desde entonces nos reunimos dos veces por semana para discutir con estudiantes y colaboradores temas de investigación. Esta actividad está enmarcada en el convenio de cooperación UIS-USal. Las publicaciones y tesis que menciono arriba son producto de esta intensa colaboración internacional.

Durante este período la publicación *Karmarkar scalar condition* [Ospino y Núñez, 2020] ha recibido bastante atención por la comunidad superando las 50 citas. En este trabajo, utilizando el formalismo de tétradas 1+3 [Ospino et al., 2017], logramos escribir la condición de Karmarkar como una ecuación escalar. De esta manera, la forma de introducir anisotropía local en configuraciones materiales se expresa de forma invariante, independiente del sistema de coordenadas.

También es importante señalar el desarrollo de una línea de trabajo centrada en evaluar las condiciones de aceptabilidad física de los modelos de objetos compactos. Esta línea ha generado tres publicaciones [Suárez-Urango et al., 2023, Suárez-Urango et al., 2022, Hernández et al., 2021] que también han recibido interés de la comunidad acumulando, casi 40 citas entre los tres. En estos trabajos compilamos las condiciones que se tienen que imponer a las soluciones de las ecuaciones de Einstein para que puedan representar objetos físicos. Con un conjunto de nueve condiciones creamos espacios de parámetros en los cuales es posible obtener configuraciones de objetos compactos y comprobamos que varias de las observaciones recientes de pulsares cumplen con todas las condiciones.

## 2.2. Astropartículas

Gracias al financiamiento de dos proyectos de nacionales de MinCiencias<sup>1</sup>, uno interno de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión<sup>2</sup> y uno internacional<sup>3</sup> fue posible desarrollar dos prototipos de telescopio de muones. El primero no se pudo poner en campo por la pandemia, pero el segundo ya se encuentra en las faldas del volcán cerro machín tomando datos. Estos proyectos permitieron el desarrollo de la tesis doctoral [Peña-Rodríguez, 2020] y casi una decena de artículos en revistas internacionales [Peña-Rodríguez et al., 2024, Peña-Rodríguez et al., 2023, Peña-Rodríguez et al., 2022b, Sarmiento-Cano et al., 2022, Peña-Rodríguez et al., 2021, Vesga-Ramírez et al., 2021, Vásquez-Ramírez et al., 2020, Vesga-Ramírez et al., 2020, Peña-Rodríguez et al., 2020].

El artículo mas significativo es, sin duda, [Sarmiento-Cano et al., 2022] que en estos dos años ha acumulado mas de 20 citas. Este artículo describe un ambiente de cálculo para estimar el flujo rayos cósmicos con alta precisión en cualquier parte de mundo. Ha sido utilizado por equipos de investigación con detectores en los polos terrestres [Santos et al., 2023, Mishev et al., 2023, Abbrescia et al., 2023], es la base para cálculo de dosis de radiación de tripulaciones areas [Asorey et al., 2023, Núñez-Chongo et al., 2023] y para estimar los errores en centros de supercomputación producidos por los rayos cósmicos [Asorey y Mayo-García, 2023]. Este ambiente de cálculo se inició en la Tesis Doctoral de Mauricio Suárez-Duran aquí en la UIS [Suárez-Durán, 2019] y su primera versión está reportada en la publicación derivada de ese trabajo doctoral [Asorey et al., 2018]. También fue el centro del ensayo *Astropartículas en el Oriente Colombiano* que obtuvo el premio Eloy Valenzuela en su edición 2020 como lo comentamos en la sección 6.2.1.

Como mencioné arriba, la serie [Vesga-Ramírez et al., 2020, Vásquez-Ramírez et al., 2020, Peña-Rodríguez et al., 2020] es relevante, porque, en alguna medida establece las bases de la Muografía en Colombia. Primero realizamos un estudio minucioso de todos los volcanes del país mediante simulaciones de alta precisión, identificando los posible sitios para la muografía [Vesga-Ramírez et al., 2020]. Luego simulamos con mucho detalle el telescopio de muones [Vásquez-Ramírez et al., 2020] y finalmente reportamos la construcción de MuTe en su primera versión [Peña-Rodríguez et al., 2020].

<sup>1</sup>Telescopio de Muones para Muografía Volcánica, Mute VIE8841-1836; y Integración de muografía con métodos geofísicos estándar para la construcción de un modelo 3D de densidad: aplicación al Volcán Cerro Machín VIE82242.

<sup>2</sup>MiniMuTe: Telescopio de muones portátil para el análisis de estructuras civiles. VIE2814

<sup>3</sup>Muon Tomography of Volcanoes in South America STFC-Research Grant ST/K001841/1 en cooperación con la Universidad Sheffield, Reino Unido

## 2.3. Participación de la UIS en el Observatorio Pierre Auger

### 2.3.1. La UIS en Auger

Nuestro grupo sigue participando en la sección de CosmoGeofísica, un equipo de trabajo que busca relacionar los rayos cósmicos de baja energía ( $\approx \text{GeV}$ ) con la dinámica Solar. En este período se desarrollaron una tesis de maestría [Grisales-Casadiago, 2021], una tesis doctoral [Vásquez-Ramírez, 2024] y una nota técnica de la colaboración [Vásquez-Ramírez et al., 2023]. En la tesis de maestría mostramos como la dinámica en corto y largo plazo afecta el flujo de fondo de rayos cósmicos, identificando periodicidades diarias, mensuales, semestrales y anuales. En la tesis doctoral utilizamos los datos de fluorescencia del observatorio para corroborar, la existencia de ELVES múltiples (por su acrónimo en inglés *Emission of Light and Very low frequency perturbations due to Electromagnetic pulse Sources*). Los ELVES son eventos electroatmósfericos que suelen aparecer como un resplandor tenue, en aros de unos 250 kilómetros de diámetro y que suele durar del orden de milisegundo. Se producen en la ionosfera, a 100 kilómetros por encima del suelo, sobre las tormentas eléctricas. En esa tesis y en un próximo artículo por aparecer mostramos la existencia de ELVES múltiples (dobles y triples) en tormentas sobre la provincia de Córdoba en Argentina, estimamos intervalos de tiempo entre los ELVES consecutivos y analizamos algunas posibles explicaciones para esos fenómenos.

De igual manera, continuamos manteniendo el repositorio de datos climáticos del observatorio en <http://auger.uis.edu.co/>, que le da una sustancial visibilidad internacional al dominio de internet de la UIS. Dada la pandemia que ocurrió este período, solo pudimos realizar una pasantía de investigación en el 2023 asumida por Alexander Martínez-Méndez estudiante de doctorado en Ingeniería de Sistemas.

### 2.3.2. Visibilidad Internacional

La participación de la UIS en el Observatorio Auger ha apuntalado nuestro destacado desempeño institucional en los *rankings* universitarios. Nuestra universidad aparece como coautora en 41 publicaciones en revistas de alto impacto [Colaboración-Auger, 2024f, Colaboración-Auger, 2024h, Colaboración-Auger, 2024e, Colaboración-Auger, 2024i, Colaboración-Auger, 2024b, Colaboración-Auger, 2024d, Colaboración-Auger, 2024g, Colaboración-Auger, 2024c, Colaboración-Auger, 2024a, Colaboración-Auger, 2023b, Colaboración-Auger, 2023g, Colaboración-Auger, 2023h, Colaboración-Auger, 2023a, Colaboración-Auger, 2023c, Colaboración-Auger, 2023f, Colaboración-Auger, 2023d, Colaboración-Auger, 2023e, Colaboración-Auger, 2022e, Colaboración-Auger, 2022b, Colaboración-Auger, 2022a, Colaboración-Auger, 2022d, Colaboración-Auger, 2022f, Colaboración-Auger, 2022c, Colaboración-Auger, 2021h, Colaboración-Auger, 2021e, Colaboración-Auger, 2021f, Colaboración-Auger, 2021i, Colaboración-Auger, 2021c, Colaboración-Auger, 2021b, Colaboración-Auger, 2021a, Colaboración-Auger, 2021d, Colaboración-Auger, 2021g, Colaboración-Auger, 2020a, Colaboración-Auger, 2020d, Colaboración-Auger, 2020e, Colaboración-Auger, 2020f, Colaboración-Auger, 2020g, Colaboración-Auger, 2020i, Colaboración-Auger, 2020h, Colaboración-Auger, 2020b, Colaboración-Auger, 2020c].

## 2.4. Publicaciones y tesis de pre/posgrado 2020-2024

Entre el 2020 y 2024 (hasta la entrega del presente reporte) mis contribuciones en investigación y formación de personal se han concretado en la participación en:

- 23 artículos en revistas arbitradas [Ospino y Núñez, 2020, Peña-Rodríguez et al., 2020, Vesga-Ramírez et al., 2020, Vásquez-Ramírez et al., 2020, Martínez-Méndez y Nuñez, 2020, Peña-Rodríguez et al., 2021, Peña-Rodríguez et al., 2021, Hernández et al., 2021, Vesga-Ramírez et al., 2021, Fuentes et al., 2021, Peña-Rodríguez et al., 2021, Martínez-Téllez et al., 2022, Grisales-Casadiagos et al., 2022, Sarmiento-Cano et al., 2022, Ospino et al., 2022, Suárez-Urango et al., 2022, Sierra-Porta et al., 2023, Peña-Rodríguez et al., 2023, Suárez-Urango et al., 2023, Basto-Pineda et al., 2024, Salamanca-Coy et al., 2024, Peña-Rodríguez et al., 2024];

- dos tesis de doctorado en Física [Vásquez-Ramírez, 2024, Peña-Rodríguez, 2020];
- siete tesis de maestría: una en Matemáticas Aplicada [Plata, 2020], cinco en Física [Grisales-Casadiegos, 2021, Castañeda Godoy, 2021, Suárez-Urango, 2021, Domínguez Ballesteros, 2023, Salamanca, 2023] y una en Ingeniería de Sistemas [Martínez-Méndez, 2023];
- tres trabajo de fin de master en modelización matemática en la Universidad de Salamanca [Serrano-Martínez, 2021, Padilla Expósito, 2022, Gutiérrez Benito, 2022].
- 16 tesis de pregrado: ocho en Física [Salazar Torrado, 2023, de León Barrios, 2022, Carvajal-Bohórquez, 2021, González-Matoma, 2021, Oliveros-Gómez, 2021, Rico Aparicio, 2021, Grisales-Casadiegos, 2020, Perez-Arias, 2020]; cinco en Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Comunicaciones [Ramírez Muñoz y Villabona Ardila, 2021, Bonilla-Neira y Aguilera-Bermúdez, 2020, Sánchez-Villafrades, 2020, Salgado-Meza y Florez-Villegas, 2020, Ballesteros-Delgado, 2020]; dos en Ingeniería de Sistemas [Jaimes-Teherán, 2023, Dlaikan-Castillo, 2023]; una en Ingeniería Química [Ariza-Gómez y Carrillo-Moreno, 2020].

### 3. Docencia de pre y posgrado

#### 3.1. Docencia de Pregrado

Durante este período he desarrollado los siguientes cursos de pregrado

- **2020-1** Métodos Matemáticos para Físicos 2 (25443)
- **2020-2** Métodos Matemáticos para Físicos 1 (25438), Seminario de Investigación (25450).
- **2021-1** Métodos Matemáticos para Físicos 2 (25443), Seminario de Investigación (25450).
- **2021-2** Métodos Matemáticos para Físicos 1 (25438).
- **2022-1** Métodos Matemáticos para Físicos 2 (25443).
- **2022-2** Métodos Matemáticos para Físicos 1 (25438), Retos Científicos (29475).
- **2023-1** Tópicos en Física Contemporanea (29457).
- **2023-2** Tópicos en Física Contemporanea (29457), Retos Científicos (29475).
- **2024-1** Métodos Matemáticos para Físicos 2 (25443), Retos Científicos (29475).
- **2024-2** Mecánica Clásica (25444), Retos Científicos (29475).

Para la mayor parte de estos cursos se han preparado calendarios detallados de las actividades a desarrollar. Esto incluye, para cada clase una presentación de los temas a considerar, ejemplos resueltos, lecturas antes de la clase y ejercicios para ser resueltos semanalmente<sup>4</sup>.

<sup>4</sup>Los programas detallados de los cursos desarrollados en este período se pueden encontrar en <https://github.com/nunezluis/MisCursos/tree/main>. Es importante mencionar la recopilación de retos de física que se encuentran en <https://github.com/nunezluis/MisCursos/blob/main/RetosFisicafull/RetosFisicafull.md>. Son una treintena de retos de bajo costo para ser desarrollado por los estudiantes.



### 3.2. Docencia de Posgrado

Durante este período he desarrollado los siguientes cursos de posgrado en las escuelas de Física, Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Comunicaciones:

- **2020-1** Metodos Matemáticos en Geofísica (26932), Matemáticas Avanzadas (23848), Trabajo de Investigación (25218 y 27621), Investigación II (25216), Investigación III (25189), Seminario I (25213), Seminario III (25217 y 26399), Seminario VII (25190).
- **2020-2** Tópicos en la Relatividad General I (25201), Matemáticas Avanzadas (23848), Modelado y Simulación I (27191), Investigación I (25214 y 28729), Investigación IV (25191), Seminario II (25215), Seminario VIII (25192), Tesis (25193), Trabajo de Investigación (25218 y 27621).
- **2021-1** Introducción a la Física de Partículas (25250), Instrumentación Científica (29468), Matemáticas Avanzadas (23848), Investigación II (25216 y 28730), Seminario I (25213), Seminario III (25217), Tesis (25193), Trabajo de Investigación (25218).
- **2021-2** Modelado y Simulación I (27191), Matemáticas Avanzadas (23848), Tópicos en Partículas Elementales (28759), Investigación I (25214), Investigación III (28731), Seminario I (26397), Seminario II (25215), Trabajo de Investigación (25218)
- **2022-1** Introducción a la Física de Partículas (25250), Instrumentación Científica (29468), Matemáticas Avanzadas (23848), Investigación I (27619), Investigación II (25216), Investigación IV (28732), Seminario I (26397), Seminario II (26398), Seminario III (25217), Trabajo de Investigación (25218)
- **2022-2** Investigación II (27620), Investigación V (28733), Seminario I (25213), Seminario II (26398), Seminario III (26399), Trabajo de Investigación (25218 y 27621), Tesis (28734).
- **2023-1** Matemáticas Avanzadas (23848), Introducción a la Física de Partículas (25250), Investigación I (28729), Seminario III (26399), Trabajo De Investigación (25218 y 27621), Tesis (28734).
- **2023-2** Matemáticas Avanzadas (23848), Tópicos en Partículas Elementales (25503), Investigación I (28729), Investigación II (28730), Seminario I (25213), Trabajo de Investigación (25218 y 27621), Tesis (28734).
- **2024-1** Matemáticas Avanzadas (23848), Investigación I (25214), Investigación II (28730), Investigación III (28731), Seminario I (26397), Seminario II (25215), Trabajo de Investigación (25218), Tesis (28734).
- **2024-2** Matemáticas Avanzadas (23848) Investigación II (25216), Investigación III (28731), Investigación IV (28732), Seminario III (25217), Trabajo de Investigación (25218 Y 27621).

Los cursos Introducción a la Física de Partículas (25250), Instrumentación Científica (29468), y Tópicos en Partículas Elementales (25503) se desarrollaron en el marco del proyecto Europeo ERASMUS+ LA-CoNGA physics (por *Latin American Latin American Alliance for Capacity buildiNG in Advanced Physics*) que describimos en la sección 5.

### 3.3. Producción de materiales de apoyo a la docencia

Este período que estuvo signado por la pandemia, fue propicio para la construcción de materiales de apoyo a la docencia autónoma y utilización remota de laboratorios. A continuación listo las iniciativas mas resaltantes.

**Presentaciones para cursos de la Escuela de Física UIS.** En este período se desarrollaron casi un centenar de presentaciones como apoyo a las clases de varias asignaturas que dicté (ver sección 3.1). Fueron: 28 presentaciones para el curso de Métodos Matemáticos para Físicos 1 (25438); 23 en el caso de Métodos Matemáticos para Físicos 2 (25443) y 32 para el curso de Mecánica Clásica (25444)<sup>5</sup>.

**Recursos de aprendizaje de presencialidad remota en cursos de Física Básica.** Impulsado por la necesidad impuesta por la pandemia se participó en la creación material de apoyo para los cursos de teoría en Física 1. Mi función fue conceptualizar y supervisar el desarrollo de algunos videos y textos del curso de Física 1. En total se realizaron 184 bloques para teoría y 90 bloques para laboratorios y la descripción de la metodología quedó plasmada en [Martínez-Téllez et al., 2022].

**Realidad aumentada para laboratorios remotos en LA-CoNGA Physics.** Otro aporte fue la participación en el equipo de trabajo que llevó a la implementación de laboratorios remotos en cursos avanzados de instrumentación, para estudiantes de posgrado de ocho universidades en cuatro países andinos (Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela). Esta iniciativa, bajo el proyecto LA-CoNGA Physics (que describimos en la sección 5), ofreció prácticas innovadoras en áreas como Física Nuclear (Espectroscopía de fotones, caracterización de fotomultiplicadores de Silicio y detección de muones cósmicos) y Sistemas Complejos (Péndulo doble). Me tocó coordinar el equipo, conceptualizar la aplicación de las herramientas de realidad aumentada en cada una de las prácticas. El desarrollo de esta experiencia innovadora que promueve el acceso remoto a equipos costosos y supera barreras geográficas/culturales fue reportada en [López-Rodríguez et al., 2023].

**Videos y calculadora interactiva para la enseñanza autónoma de la Astronomía.** Apoyados por INNOVA-TIC 2022 “Innovación didáctica mediante el uso de TIC en la UIS”, se desarrollaron una serie de videos diseñados para redes sociales, abordando temas de Astronomía con una narrativa y estética adaptadas al lenguaje de los nativos digitales<sup>6</sup>. Cada video se centra en un único aspecto, lo que garantiza dinamismo y facilita un aprendizaje progresivo. Como complemento, se ha creado una calculadora interactiva en Python que permite realizar cálculos y visualizar gráficos relacionados con los contenidos de los videos de manera intuitiva y accesible, sin necesidad de conocimientos previos de programación<sup>7</sup>. La secuencia didáctica comienza con la exploración de los videos, seguida de un cuestionario de autoevaluación que ayuda a identificar fortalezas y áreas de mejora, maximizando el uso de la calculadora interactiva [Basto-Pineda et al., 2024]. Mi función fue viabilizar la propuesta y evaluar la operatividad del desarrollo.

**Libro de texto de Matemáticas avanzadas.** Quizá la contribución mas importante en el desarrollo de materiales de apoyo a la docencia estuvo en la redacción del libro *Matemáticas avanzadas con aplicaciones en Python-SymPy*<sup>8</sup>, escrito en colaboración con Héctor Hernández y que saldrá publicado bajo el sello ediciones UIS a mediados del 2025. En estas notas confluyen: conceptos abstractos de espacios vectoriales lineales y álgebra tensorial; teoría de operadores en espacios de Hilbert y, finalmente análisis vectorial. Los conceptos se “aterrizan” con numerosos ejemplos y se emplea de forma intensiva la herramienta computacional SymPy para resolver problemas de forma algorítmica. Estas notas se desarrollan a lo largo de cinco capítulos y a través de 26 secciones, cada una estructurada con conceptos, ejemplos resueltos, ejercicios propuestos y códigos de SymPy. Acumulamos un total de 155 ejemplos, 26 códigos de SymPy<sup>9</sup>, y 243 ejercicios propuestos.

<sup>5</sup>Estas presentaciones se pueden encontrar en <https://github.com/nunezluis/MisCursos/tree/main/MisMateriales/Presentaciones>

<sup>6</sup>Los videos se pueden consultar en [https://youtube.com/playlist?list=PLZfVRLIp-II\\_m7JQHULo9mPftcq9MGp\\_j&si=GRTXwftG6VHRos9I](https://youtube.com/playlist?list=PLZfVRLIp-II_m7JQHULo9mPftcq9MGp_j&si=GRTXwftG6VHRos9I)

<sup>7</sup>Un video tutorial se encuentra en <https://youtu.be/6ByizAnGu8Q> y la calculadora en <https://bit.ly/3Fls4bz>.

<sup>8</sup>Una versión preliminar del libro se puede descargar desde [https://github.com/nunezluis/MisCursos/blob/main/MisMateriales/LibrosCapitulos/Volumen1\\_Lib60New.pdf](https://github.com/nunezluis/MisCursos/blob/main/MisMateriales/LibrosCapitulos/Volumen1_Lib60New.pdf)

<sup>9</sup>Los códigos Python se pueden consultar en el repositorio: <https://github.com/nunezluis/CodigosLibroMatematicas>

Los ejemplos son muy detallados para que puedan ser utilizados en el trabajo independiente de los estudiantes. A lo largo de los capítulos, en notas a pie de página, recomendamos referencias específicas para algunos de los temas tratados y cada capítulo culmina con una bibliografía recomendada para extender o contrastar nuestro enfoque. Los temas y la organización presentados en esta obra no corresponden a un curso particular. Distintas selecciones de materiales han sido utilizadas en el curso de pregrado de Métodos Matemáticos para Física. En posgrado las hemos empleado en el curso de Matemáticas avanzadas en la Maestría en Informática y el curso de Modelado y Simulación de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Comunicaciones<sup>10</sup>.

## 4. Extensión solidaria y apropiación social de la ciencia

La extensión solidaria y la divulgación de la ciencia ha sido otras de las áreas que se le ha dedicado gran parte de tiempo y energía en estos años.

### 4.1. Actividades de extensión solidaria Halley

Como he escrito en otras oportunidades, mi labor dentro del Grupo Halley es hacer viables (y, en alguna medida profesionalizar) las ideas, iniciativas y proyectos que surgen de este grupo de aficionados a la Astronomía. La dilatada trayectoria de este colectivo, que en el 2024 cumplió 40 años de funcionamiento, los hace muy autónomos y con gran capacidad de auto-organización. En este período la mayor parte de las iniciativas han sido coordinadas por Jhonattan Pisco y mi función se ha centrado, principalmente, en reforzar/organizar las ideas, ayudar a redactar proyectos, proponerlos a convocatorias y, luego, supervisarlos, haciéndole seguimiento a las actividades a cumplir.

#### 4.1.1. Actividades durante el confinamiento 2020-2021

Durante el período de confinamiento de la pandemia (en el 2020 y parte del 2021) bajo iniciativa de Jhonattan Pisco, el grupo Halley desarrolló una intensa actividad a través de redes sociales y el canal de youtube. Organizamos dos tipos de actividades. Una, pensando en estudiantes universitarios y otra para el público general. Mi función consistió en revisar los posibles temas, discutir el enfoque/objetivo general y contactar algunos invitados.

- **MasterClass para estudiantes universitarios** Primeramente, organizamos una serie de charlas con algún componente técnico pensando en los estudiantes que recién ingresaron, durante este nefasto período. Hicimos una selección de temas de Astrofísica, Astropartículas y Cosmología, organizándolos en el formato de clases, con una duración típica que ronda la hora<sup>11</sup>. El objetivo era servir de motivación a esos estudiantes que ingresaron a la Universidad pero tuvieron que permanecer en casa.
- **Charlas para público en general.** En este segmento apuntamos a dos públicos objetivos. Por un lado niños, niñas y adolescentes y por el otro, público con interés en cambios tecnológicos.
- **Experiencias científicas y Ciencia en Casas.** Para el público joven organizamos una serie de nueve videos que los llamamos *Experiencias científicas* que buscaban motivar a las niñas, niños y adolescentes a realizar durante la reclusión, experimentos sencillos pero interesantes<sup>12</sup>. Por su

<sup>10</sup>Ejemplos de cursos donde se ha usado este texto se pueden descargar desde: <https://github.com/nunezluisc/CodigosLibroMatematicas/tree/main/EjemplosCursos>. Allí encontrarán también las presentaciones asociadas a algunos tópicos desarrollados en el texto.

<sup>11</sup>MasterClass Halley UIS se encuentra en <https://www.youtube.com/playlist?list=PLY8m82pDQqkiYnoFkOc30KFnutN53RJwB>

<sup>12</sup><https://www.youtube.com/playlist?list=PLY8m82pDQqkgpD1AF8NwKu2YutG9wvBi>

parte la serie de nueve videos de *Ciencia en Casa*, consistió en charlas divulgativas de los temas que desarrolla el grupo Halley <sup>13</sup>.

- **Tecnología y modernidad.** Para el público en general interesado en la transformación tecnológica organizamos siete charlas con temas de actualidad alrededor de la informática y el cambio tecnológico <sup>14</sup>. Algunas de esas charlas han superado varias decenas de miles de vistas.

Al finalizar la reclusión obligatoria retomamos las actividades acostumbradas del grupo Halley y en las próximas secciones las describimos.

#### 4.1.2. Funciones de planetario.

Distinguimos dos tipos de funciones. Las *públicas* son, típicamente, cinco funciones semanales: una los jueves, dos los sábados en la tarde y otras dos los domingos en las mañanas. Estas últimas de los domingos las realizamos mientras existió la iniciativa de *Vecinos y Amigos UIS*. Normalmente asisten entre 15 y 20 personas. Son funciones temáticas mensuales que comparten la presentación de una película *full domo* de temas científicos con una exposición sobre el tema del mes. Las *funciones privadas* son exclusivas e incluyen visitas guiadas para grupos de colegios de la región. Igualmente, atendemos a grupos de la UIS, en particular los que organiza Bienestar Estudiantil, Admisiones y la División de Recursos Humanos <sup>15</sup>.

#### 4.1.3. Curso Infantil de Astronomía.

Este curso tiene por objetivo desarrollar en niños, niñas y jóvenes el interés por los fundamentos de la Astronomía y la Astrofísica, promoviendo desde temprana edad el estudio del cielo y estimulando su curiosidad por estas disciplinas y otras ciencias afines. Utiliza el juego como herramienta didáctica para facilitar el aprendizaje, fomentando experiencias que estimulen la formulación de hipótesis y la generación de ideas. Tiene una duración de 40h, se desarrollan los sábados y típicamente se atienden entre 10 y 15 niños/niñas <sup>16</sup>. Esta actividad estuvo coordinada por Jhonattan Pisco y hubo varias ediciones en la ventana de evaluación 2020-2024: *Cohorte 7*, junio-agosto, 2022; *Cohorte 8*, octubre-diciembre, 2023; *Cohorte 9*, marzo-mayo, 2024 y *Cohorte 10*, octubre-diciembre, 2024.

#### 4.1.4. Jóvenes Eco-Innovadores

El curso Eco-Innovadores usa un enfoque constructivista, promoviendo aprendizajes significativos. Los estudiantes construyen conocimiento mediante experiencia, inducción y deducción. Usando ideas previas y el método científico, desarrollan habilidades en programación y diseño 3D aplicados a problemas ambientales. Durante 48 horas académicas, entre agosto y noviembre 2024, el curso exploró temáticas como la programación con *Scratch* y *Python*, el análisis de datos ambientales y el diseño e impresión 3D. Participaron 17 niños/niñas mayores de 12 años de edad de instituciones educativas de primaria y secundaria públicas y privadas de la región <sup>17</sup>.

### 4.2. Semilleros de investigación GIRG

He sido el responsable del desarrollo de varias versiones de semilleros para exponer tempranamente a los estudiantes universitarios en temas de investigación. Este programa de semillero ha sido apoyado con fondos

<sup>13</sup><https://www.youtube.com/playlist?list=PLY8m82pDQqKhR-MXT4Hjn5LyiwqNSwMeC>

<sup>14</sup>[https://www.youtube.com/playlist?list=PLY8m82pDQqKig\\_LL3sFjEiYjvsPz6lDPQ](https://www.youtube.com/playlist?list=PLY8m82pDQqKig_LL3sFjEiYjvsPz6lDPQ)

<sup>15</sup>Las descripciones de las funciones de planetario aparecen anunciadas en <https://halley.uis.edu.co/planetario/>.

<sup>16</sup>La descripción de la última edición del curso infantil de Astronomía se encuentra en <https://halley.uis.edu.co/curso-infantil-astronomia/>

<sup>17</sup>Mas detalles sobre el curso se encuentran en <https://halley.uis.edu.co/extension/eco-innovadores/>

internos VIE-UIS. La variedad de las tesis de pregrado reseñadas en la sección 3 arriba, es muestra de esta política de captación de talento para la Astronomía y la Astrofísica.

### 4.3. Proyectos de Ciencia Ciudadana

Llevar la ciencia y construir consciencia ambiental en la ciudadanía ha sido una constante en la actividad del grupo Halley. Comenzamos en el 2012 con *Astrobiología y habitabilidad de planetas y exo-planetes como generador de Conciencia Ambiental* Proyecto VIE5717 que luego derivó en *Red Docente de Astronomía del Area Metropolitana de Bucaramanga* Proyecto VIE5173. Entre el 2015 y el 2016 iniciamos el proyecto RACIMO (siglas de *Red Ambiental Ciudadana de Monitoreo*), financiado el Fondo Regional para la Innovación Digital en América Latina y el Caribe (Programa FRIDA) <sup>18</sup>. Continuamos con *RACIMO AIRE*: Red Ambiental Ciudadana de Monitoreo de Aire, financiado por, en ese entonces, Colciencias (Contrato FP44842-423-2017 en el marco de la convocatoria 789-SETIC). En este período 2020-2024, luego de la pandemia, proseguimos, esta vez con dos adaptaciones. Con financiamiento de la VIE-UIS y el proyecto ERASMUS+ LA-CoNGA Physics desarrollamos *Astropáramo*. Gracias al apoyo de la Rectoría-UIS recuperamos/expandimos *RACIMO-AIRE*, con *RACIMO-MONCORA* y en la Convocatoria orquídea: mujeres en la ciencia 2024 de MinCiencias logramos financiamiento para llevar a RACIMO a las otras sedes de la UIS.

#### 4.3.1. Investigadores por naturaleza: Astropáramo

El proyecto *Investigadores por Naturaleza* fue una iniciativa de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión UIS para llevar la ciencia a la provincia de Soto Norte. Fuimos invitados a participar el Grupo de Investigación de Astronomía y Ciencias Aeroespaciales, HALLEY; el grupo de Educación Matemática, EDU-MAT; el grupo de investigación Cultura y Narración en Colombia, CUYNACO, y el Centro de Investigaciones en Catálisis, CICAT. Se implementó en tres fases 2020, 2021 y parte del 2022.

Desarrollar el proyecto durante la pandemia en el 2020 y el 2021 fue realmente un reto. En el Halley el proyecto fue coordinado por Jeniffer Grisales, apoyada técnicamente por Jhonattan Pisco y María José Villareal. La presentación de materiales multimedias en redes sociales estuvo a cargo principalmente de Alexa Serrano con el apoyo de Karen Anaya. Durante este período no fue posible llegar a las poblaciones ni estaban operativos los colegios. Tuvimos que fraccionar los equipos en “subkits” temáticos que pudieran rotar, de familia en familia, dentro del pueblo. Desarrollamos una serie de podcast para ilustrar los conceptos y la interacción entre estudiantes, docentes y nuestro equipo de estableción por *Whatsapp* por las limitaciones de ancho de banda y falta de equipamiento <sup>19</sup>. Mas de 250 niños, niñas y adolescentes participaron en esta tremenda experiencia.

Astropáramo, consistió en mostrar la fragilidad de la habitabilidad de nuestro planeta para generar conciencia ambiental. Utilizamos la Astrobiología y la Física del Cambio Climático para convencernos que la Tierra es un mundo muy especial en nuestra Galaxia que debemos preservar.

Se desarrollaron un cuatro módulos temáticos: De la observación astronómica a mundos desconocidos; atmósferas planetarias; la físico química atmosférica; elementos de condiciones para la vida en la tierra. En cada uno de estos módulos, abordan conceptos básicos de estadística y visualización de datos, las causas y consecuencias del cambio climático, cambios del clima en Colombia y las acciones ciudadanas para combatirlo. Cada módulo tiene asociado una discusión teórica y experiencias demostrativas disponibles para docentes y estudiantes a través de esta página web.

<sup>18</sup>Detalles del proyecto en sus primeras etapas pueden consultarse en <https://halley.uis.edu.co/tierra/> y también en [Peña-Rodríguez et al., 2022a]

<sup>19</sup>Los materiales y los audios del proyecto Astropáramo se encuentran en <https://halley.uis.edu.co/astroparamo/> y la descripción de la experiencia quedó plasmada en [Villarreal-Gómez et al., 2022].

Adicionalmente, se incluye una maleta con equipos de bajo costo para realizar experimentos y una estación meteorológica para registrar las variables climáticas (temperatura, presión, humedad). Además se incorporaron una batería cuadernos de Python para analizar los datos [González-Matoma, 2021].

Para desarrollar parte de los textos nos incorporamos al equipo del proyecto *Cambio Climático: Comprendiendo y Actuando* iniciado en la Universidad Ludwig-Maximilians de Múnich, Alemania<sup>20</sup>. Ayudamos en la traducción de algunos los textos sobre conceptos de Física y Química del cambio climático. También adaptamos las experiencias prácticas alemanas con insumos que fueran fáciles de conseguir en las ferretería y tiendas de Colombia. Sin duda, es de las experiencias mas edificantes que hemos desarrollado y los testimonios de los estudiantes que participaron son conmovedores<sup>21</sup>. Este proyecto fue posible gracias al apoyo de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión UIS, del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, de la Universidad Ludwig-Maximilians de Alemania y del proyecto Erasmus+ LA-CoNGA physics de la Unión Europea.

#### 4.3.2. Racimo-Moncra

Racimo-Moncra es un proyecto de ciencia ciudadana que busca crear semilleros de ciencia en los colegios de Bucaramanga y con ello exponer tempranamente a los estudiantes de secundaria a ambientes y herramientas de investigación científica. Es un proyecto educativo que se basa en la enseñanza del cambio climático por medio del análisis de datos meteorológicos, con el objetivo de identificar señales de contaminación y su correlación con los eventos de la vida cotidiana.

El proyecto fue coordinado por Laura M. Becerra con el apoyo técnico de Jhonattan Pisco y la participación de varios estudiantes del grupo Halley. Se desarrolló en dos fases. Fase I-2023 consistió en reactivar las estaciones de los colegios: Instituto Técnico Damaso Zapata, Colegio Santander, Escuela Normal Superior y I. E. Nuestra Señora del Pilar. Incorporamos en esta fase al Colegio Fundeuis. La segunda fase fue de ampliación de la red. Se sumaron el I. E. Piloto Simón Bolívar, I. E. Luis Carlos Galán Sarmiento y I.E Café Madrid.

La metodología consistió en, primero la formación de clubes, activando las estaciones meteorológicas e identificando los docentes y estudiantes que velarán por su operación. Luego desarrollamos seis talleres de capacitación de 10h académicas cada uno. Se cubrieron temas como: Ciencia ciudadana, Cambio climático, Variables climáticas, Monitoreo ambiental, Programación en Python y Tratamiento/Visualización de Datos<sup>22</sup>. Además cada uno de los colegios desarrolló un proyecto de “investigación” con la utilización de los datos generados por la red de estaciones meteorológicas. Los resultados de esos proyectos se expusieron en un encuentro realizado en noviembre 2023. El proyecto RACIMO-MONCORA impactó a mas de un centenar de estudiantes de esos ocho colegios.

## 5. Proyectos I + D + I

En este quinquenio logramos obtener financiamiento para adelantar un proyecto internos VIE-UIS, un proyecto nacional MinCiencias y tres proyectos internacionales (dos ERASMUS+ y uno financiado por CyTED)

<sup>20</sup><https://klimawandel-schule.de/es/acerca-de-nosotros>

<sup>21</sup>Pueden ver algunos de esos testimonios en <https://www.youtube.com/watch?v=o0g022b7ejE>.

<sup>22</sup>El alcance y la profundidad de estos temas se puede constatar en <https://class.redclara.net/halley/moncora/Racimo/intro.html>



### 5.1. Integración de muongrafía con métodos geofísicos estándares.

El presente proyecto fue aprobado en la convocatoria MinCiencias 890-2020, destinada al fortalecimiento de las capacidades en Ciencia, Tecnología e Innovación en instituciones de educación superior públicas. Desde una perspectiva científica, el proyecto busca abordar el desafío de reconstruir una imagen tridimensional de densidad a partir de información limitada, obtenida desde solo tres puntos de observación mediante muongrafía. Esta información se integrará con datos generados por métodos geofísicos estándar, como gravimetría, magnetometría, tomografía de resistividad eléctrica, polarización inducida y magnetotelúrica, para profundizar el conocimiento científico sobre un volcán colombiano.

La construcción de este modelo 3D de densidad permitirá determinar, con una precisión del orden de decenas de metros, la estructura del domo volcánico. En Colombia, no se han realizado estudios de esta naturaleza, lo que convierte a este proyecto en una iniciativa pionera en el ámbito. Además, el estudio empleará un telescopio híbrido innovador, diseñado y fabricado por investigadores colombianos, resaltando la importancia de llevar a cabo investigaciones en este tipo de volcanes activos del país.

Desafortunadamente, el cambio de gobierno hizo que el financiamiento de este proyecto empezara en el 2023. En estos momentos el hodoscopio de dos planos que se encuentra en las faldas del volcán cerro Machín. Mi función en este proyecto es ser el responsable científico para el desarrollo y operación del hodoscopio MuTe 2.0.

### 5.2. Telescopio de muones portátil para el análisis de estructuras civiles.

El proyecto MiniMuTe (VIE 2814 del 2021) tuvo como objetivo diseñar, simular y construir un prototipo de sistema de detección basado en la interacción de muones para reconstruir *in situ* el perfil de densidad dentro de reactores catalíticos de lecho fijo utilizados en procesos de hidrotatamiento para eliminar contaminantes en combustibles. Esto incluye el modelado físico-químico del reactor bajo condiciones de alta presión y temperatura para estimar la distribución de densidades internas, la simulación detallada de la interacción de muones con sólidos catalíticos y fluidos procesados, y el desarrollo un prototipo digital de un tomógrafo de muones capaz de determinar en tiempo real estas distribuciones. Además, el proyecto busca socializar los resultados obtenidos con la comunidad científica, estudiantes de secundaria y la sociedad en general, fomentando el conocimiento sobre las aplicaciones de la muografía en la industria.

Se logró avanzar en el desarrollo de un ambiente de simulación fenomenológico que fue reportado en [Peña-Rodríguez et al., 2024] y adicionalmente, se evaluó la utilización de una electrónica comercial ( tarjeta CAEN FERS A5202 de 62 canales) para el control de la detección del hodoscopio. Los resultados fueron muy buenos y nos permitió construir la versión MuTe 2.0 a partir del primer prototipo desarrollado en [Peña-Rodríguez, 2020]. Mi función en este proyecto fue ser el responsable científico para el desarrollo del modelo digital MuTe 2.0 y las pruebas de la electrónica CAEN FERS A5202.

### 5.3. Latin American Alliance for Capacity buildiNG in Advanced Physics, LA-CoNGA physics.

El proyecto LA-CoNGA physics (*Latin American Alliance for Capacity Building in Advanced Physics*) fue un proyecto ERASMUS + para generar capacidades en America Latina financiado por la Comisión Europea en su convocatoria 2019. Empezamos a ejecutarlo en plena pandemia. Impulsó la modernización, el acceso al conocimiento y la internacionalización en ocho universidades de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Buscó fortalecer relaciones entre Europa y América Latina mediante una comunidad virtual de investigación y aprendizaje, fomentando la convergencia curricular en Física Avanzada en línea con el modelo de Boloña<sup>23</sup>.

El programa ofreció un enfoque innovador basado en:

<sup>23</sup>Una descripción de proyecto se encuentra en [Peña-Rodríguez et al., 2022]

- Un año de especialización en Física Avanzada con instituciones de Europa y América Latina.
- Laboratorios de instrumentación científica interconectados.
- Una plataforma de aprendizaje virtual con filosofía de acceso abierto.
- Contenidos modulares orientados a resolver problemas.
- Pasantías en laboratorios de investigación y socios industriales.

La estructura académica incluyó tres ejes temáticos: teoría cuántica de campos, instrumentación científica y ciencia de datos. Estos cursos fueron diseñados para cumplir con los estándares del Sistema Europeo de Transferencia de Créditos (ECTS). Estos tres ejes corresponden a las asignaturas del primer ciclo de cursos de cada cohorte. En un segundo ciclo, se desarrollaron asignaturas electivas en cada eje, un hackatón y actividades complementarias de ciencia ciudadana. El programa concluyó con estancias de investigación en instituciones académicas o en socios industriales, fortaleciendo los lazos entre ciencia y sector productivo. Este enfoque asegura equivalencia con un año de maestría europea de investigación (M2). Mi función dentro del proyecto fue de coordinador de la operación en América Latina. Erámos dos reponsables uno por el proyecto general, José Ocaríz de la Universidad de Paris Cite, y yo para Latinoamérica.

LA-CoNGA physics pudo consolidarse en tres cohortes (2021, 2022, 2023), con los siguientes avances destacados:

- **Participación académica:** 34 instructores de América Latina y Europa contribuyeron al programa, capacitando a 52 estudiantes que siguieron todos los cursos. Por otro lado, más de 163 estudiantes de cuatro países culminaron al menos un curso.
- **Pasantías de investigación:** Cada año, entre 12 y 18 estudiantes realizaron pasantías en laboratorios de investigación o instituciones asociadas.
- **Infraestructura tecnológica:** Se implantaron ocho laboratorios (uno en cada universidad en América Latina) especializados en Física Nuclear y de Partículas, habilitados para acceso remoto e integrados con elementos de realidad aumentada[López-Rodríguez et al., 2023]. Adicionalmente se desarrolló una plataforma de integral de aprendizaje en línea que proporciona a los estudiantes acceso centralizado al contenido del programa de estudios, incluyendo videos, presentaciones y materiales complementarios<sup>24</sup>.
- **Recursos educativos abiertos:** Más de 200 clases están disponibles en acceso abierto, incluyendo videos, documentos, cuadernos interactivos y conjuntos de datos<sup>25</sup>. De igual manera 110 seminarios están accesibles a través del canal de youtube<sup>26</sup>.

#### 5.4. Red Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, RedCyTED LAGO-INDICA.

El Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CyTED) fue creado por los gobiernos de los países iberoamericanos con el propósito de fomentar la cooperación en ciencia, tecnología e innovación, promoviendo el desarrollo armónico de la región.

Esta subvención la propusimos a mediados del 2023, la obtuvimos a finales del 2023 y empezó a ejecutarse a principios del 2024. Son fondos centrados en la movilidad de estudiantes e investigadores entre el 2024 y el 2028. En este contexto, la red CyTED LAGO-INDICA se centra en optimizar y consolidar el uso eficiente

<sup>24</sup>Detalles de las prestaciones de la plataforma MiLAB pueden consultarse en <https://milab.redclara.net/>.

<sup>25</sup>Una selección de los videos de los cursos se encuentra en <https://zenodo.org/communities/laconga/records?q=&l=list&p=1&s=10&sort=newest>. La totalidad de los materiales están disponibles en <https://laconga.redclara.net/courses/>.

<sup>26</sup>Los videos de los seminarios y otras actividades se encuentran en [https://www.youtube.com/channel/UCcXSolyKpCW\\_iYxHrnSJw0w](https://www.youtube.com/channel/UCcXSolyKpCW_iYxHrnSJw0w).



de la infraestructura desarrollada por el Observatorio Gigante Latinoamericano (LAGO, por sus siglas en inglés). La propuesta busca estandarizar las capacidades de los distintos nodos de la colaboración, capacitar a estudiantes de posgrado en astropartículas y maximizar los resultados científicos del observatorio mediante el uso intensivo de infraestructura computacional. Además, pretende inspirar el interés por la investigación científica mediante la organización de MasterClasses dirigidas a estudiantes de secundaria. Los objetivos específicos incluyen: explotar eficazmente la infraestructura de datos y computación avanzada entre Europa y América Latina, explorar el uso continuo de los detectores en una cadena EDGE/FOG/CLOUD, capacitar en astropartículas bajo los principios FAIR, fomentar el interés por la ciencia y desarrollar aplicaciones con impacto social <sup>27</sup>. Mi función en esta red es la de coordinador general, responsable del desarrollo y ejecución de la propuesta.

### 5.5. E-Latin american digital huB for OpeN Growing cOmmunities in physics, EL-BONGO physics.

A principios del 2024 propusimos EL-BONGO, a mediados de año fuimos informados que lo obtuvimos y su ejecución comenzó el primero de diciembre. Es un proyecto a tres años y como Por la UIS participamos la escuela de Física (maestrías de Física y Geofísica) y la escuela de Ingeniería en Sistemas (maestría en informática). El proyecto EL-BONGO busca transformar digitalmente la educación superior en América Latina mediante el fortalecimiento de comunidades virtuales de investigación y aprendizaje, y la promoción de la ciencia abierta. Inspirado en el programa LA-CoNGA, EL-BONGO conecta 16 universidades de América Latina y Europa en una red que abarca nueve países, incluyendo Guatemala, Honduras, El Salvador, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, además de Francia y España. En total, 29 instituciones participan, incluyendo centros de investigación, socios industriales y organizaciones multilaterales como el CERN y el ICTP.

El proyecto se centra en la creación de comunidades de investigación y aprendizaje en áreas clave: Física de Altas Energías, Astropartículas y Meteorología Espacial, Geofísica, Sismología y Riesgos Terrestres, e Inteligencia Artificial y computación de alto rendimiento. Utilizando plataformas digitales avanzadas y recursos de acceso libre, EL-BONGO fomentará la colaboración entre estudiantes, investigadores y profesionales, mientras impulsa la educación digital y la democratización del conocimiento.

Entre sus objetivos principales está el desarrollo de habilidades prácticas en entornos FABLab y la implementación de cursos de Maestría compatibles con el modelo de Boloña. Además, se integra Diplomacia Científica mediante la colaboración con la diáspora latinoamericana y actividades como hackatones y proyectos de ciencia ciudadana para conectar la investigación académica con desafíos del mundo real. EL-BONGO también establecerá un Portal de la Ciencia colaborativo (*Science Gateway*) para superar barreras geográficas y socioeconómicas, facilitando el acceso a recursos educativos y oportunidades de desarrollo profesional.

El plan de trabajo incluye seis paquetes enfocados en desarrollo, formación, calidad, difusión y gestión, liderados por instituciones clave como la Universidad Antonio Nariño y la UIS en Colombia, mientras que la Université Paris Cité desde Francia aseguran la transferencia de práctica de gestión de proyectos entre Europa y América Latina <sup>28</sup>. Mi función en el proyecto se concentra en compartir la gestión administrativa y técnica de la propuesta, conjuntamente con Gabriela Navarro de la Universidad Antonio Nariño y José Ocaríz de la Universidad de Paris Cité.

<sup>27</sup>Detalles de la propuesta y los ejecutores pueden encontrarse en <https://www.cyted.org/LAGO-INDICA>.

<sup>28</sup>Mayores detalles del proyecto se encuentran en la presentación [https://docs.google.com/presentation/d/1zym3\\_p\\_7zWWcwrwQVCG\\_gg40hnMY9R9wWbh4ozYmV00/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/presentation/d/1zym3_p_7zWWcwrwQVCG_gg40hnMY9R9wWbh4ozYmV00/edit?usp=sharing).

## 6. Reconocimientos

### 6.1. Conferencista Invitado

Durante este período fui invitado a participar en una conferencia internacional y en un taller de aplicaciones de detectores de radiación.

#### 6.1.1. XVII Latin American Regional IAU Meeting

En noviembre del 2023 fui seleccionado para representar a Colombia en la XVII Reunión latinoamericana de la Unión Astronómica Internacional (LARIM por sus siglas en inglés) que tuvo lugar en Montevideo Uruguay. Esta es una conferencia bienal organizada por la Unión Astronómica Internacional (IAU) con el propósito de impulsar el desarrollo de la astronomía en América Latina. Uno de los ejes centrales de LARIM es la educación astronómica y la divulgación, fomentando la participación pública y el desarrollo de estrategias para incrementar la integración regional en el ámbito astronómico. Además, la reunión subraya la importancia de vincular la astronomía de América Latina con proyectos internacionales y de promover la diversidad y la inclusión en el campo. Mi presentación se centró en como potenciar la comunidad de astrónomos en América Latina en un momento en que la ciencia está plagada de inmediateismos. Mostrar ejemplos de organización a escala regional que se vienen construyendo desde la comunidad de Física de Altas Energías, Astropartículas y Cosmología<sup>29</sup>

#### 6.1.2. Workshop on particle detectors for interdisciplinary applications

En octubre 2024 fui como conferencista invitado al Taller sobre detectores de partículas para aplicaciones interdisciplinarias, que tuvo lugar en la Universidad de Los Andes en Bogotá<sup>30</sup>. El fue una actividad presencial de tres días se centrada en mostrar el uso de las tecnologías de detectores de partículas y las técnicas experimentales más allá de la física fundamental. Hizo hincapié en las aplicaciones en medicina, geología e ingeniería, con el objetivo de destacar el potencial multidisciplinar de estas herramientas. El taller se estructuró en conferencias y sesiones prácticas. El objetivo principal del taller fue introducir a los estudiantes colombianos a las tecnologías de detectores de radiación, inspirarlos a seguir investigando en física experimental de partículas y promover la adopción más amplia de detectores de partículas en campos interdisciplinarios. Mi presentación se centró en la utilización de la muografía para detectar distribuciones de densidad dentro de estructura geológicas. Los criterios que utilizamos para los diseños de MuTe 1.0 y MuTe 2.0. También discutimos otras aplicaciones de los rayos cósmicos<sup>31</sup>

### 6.2. Premios

En este período tuve el honor de recibir dos premios y ser elegido como representante en dos organizaciones internacionales.

#### 6.2.1. Premio Eloy Valenzuela 2020

En el 2020 tuve el honor de recibir el Premio Eloy Valenzuela en la categoría de Investigador Consolidado. En esta edición el galardón tenía como propósito distinguir los trabajos de investigación científica y tecnológi-

<sup>29</sup>Mi presentación puede ser accedida desde <https://docs.google.com/presentation/d/1Pgk1SVASVgk8EkFsmhVykCC6vCtFsNOLv12hQDV3J0/edit?usp=sharing>.

<sup>30</sup><https://fisindico.uniandes.edu.co/event/16/>

<sup>31</sup>Mi presentación puede ser accedida desde el índice del evento <https://fisindico.uniandes.edu.co/event/16/contributions/197/> o directamente desde [https://docs.google.com/presentation/d/1ICV6Gn6IoUd\\_a\\_rSEEx4GkqPNoDyNGiT/edit?usp=sharing&ouid=111698804100718023619&rtfpof=true&sd=true](https://docs.google.com/presentation/d/1ICV6Gn6IoUd_a_rSEEx4GkqPNoDyNGiT/edit?usp=sharing&ouid=111698804100718023619&rtfpof=true&sd=true).

ca realizados por los miembros de la comunidad UIS. Nuestro ensayo ganador se titulaba *Astropartículas en el Oriente Colombiano* y mostraba los resultados del programa de Clima Espacial de LAGO. Estos resultados estuvieron apoyados en simulaciones Monte Carlo, analizando componentes de las cascadas y su espectro energético. Las simulaciones detallan el transporte de radiación considerando dirección, altitud, latitud y longitud. Usando los códigos MAGNETOCOSMICS y CORSIKA, se calcula la rigidez magnética y los flujos secundarios en la superficie, permitiendo estudiar las peculiaridades de distintas localidades geográficas. Una innovación clave es la generalización del concepto de Rigidez de Corte, para ello utilizamos una función continua basada en probabilidades acumulativas que mejora la correlación con registros globales de monitores de neutrones. Presentamos resultados sobre flujos secundarios en Bucaramanga (Colombia) y San Carlos de Bariloche (Argentina) durante el periodo geomagnéticamente activo de mayo 2005. Este ensayo muestra la labor desarrollada durante casi una década y que, para ese entonces, generó 20 publicaciones y formado personal a través de 11 tesis de pregrado y 6 de maestría<sup>32</sup>.

### 6.2.2. Premio Mateo Valero en computación de alto rendimiento 2024

En el 2024 tuve el placer de recibir el premio Mateo Valero. Este reconocimiento internacional, creado en 2023 por el Sistema de Computación Avanzada para América Latina y el Caribe (SCALAC), enaltece a las personas que han realizado contribuciones sobresalientes y sostenidas en el desarrollo de la computación de alto rendimiento en América Latina. El galardón se otorga anualmente durante la Conferencia Latinoamericana de Computación de Alto Rendimiento (CARLA). El premio inaugural fue concedido a Mateo Valero, director del *Barcelona Supercomputing Center*, en reconocimiento a su compromiso con el fortalecimiento de la cooperación en computación avanzada en la región. El proceso de selección está a cargo de un comité conformado por miembros de SCALAC, el comité directivo de CARLA y representantes de la comunidad HPC latinoamericana. Las nominaciones, presentadas por miembros activos de la comunidad, son evaluadas y votadas por dicho comité. El premio se entrega en una ceremonia especial durante la conferencia CARLA.

### 6.3. Investigador Principal Observatorio Gigante Latinoamericano (LAGO).

En Diciembre del 2022 fui elegido como Investigador Principal del Observatorio Gigante Latinoamericano. LAGO es una red colaborativa de investigadores en meteorología espacial, distribuida en 10 países de Iberoamérica. Esta red opera detectores de astropartículas instalados en una amplia variedad de ubicaciones, que van desde México hasta la Antártida, abarcando diversas altitudes y rigideces geomagnéticas. Cada año, LAGO genera aproximadamente 20 TB de datos, de los cuales 12 TB están curados conforme a los principios FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*). La posición se mantiene por tres años, y puede ser renovada.

### 6.4. Representante por Venezuela en LASF4RI

En agosto del 2024 fui electo representante por Venezuela ante el Foro Estratégico Latinoamericano para Infraestructuras de Investigación (LASF4RI<sup>33</sup>). Esta es una iniciativa diseñada para coordinar y optimizar los recursos destinados a colaboraciones científicas de gran escala en América Latina y el Caribe. Fundado en 2018, LASF4RI se enfoca en el desarrollo y fortalecimiento de infraestructuras de investigación, especialmente en las áreas de Física de Altas Energías, Cosmología y Física de Astropartículas (HECAP). Entre sus objetivos principales se encuentra la formulación de planes estratégicos para guiar los esfuerzos científicos en la región. En 2020, concluyó su primer Plan Estratégico para HECAP tras un proceso exhaustivo que

<sup>32</sup>El ensayo lo pueden encontrar en <https://github.com/nunezluis/MisCursos/blob/main/MisMateriales/LibrosCapitulos/EloyValenzuela.pdf>.

<sup>33</sup><https://lasf4ri.org/>

incluyó la presentación y análisis de 40 libros blancos por parte de la comunidad científica. Con el objetivo de mantenerse actualizado con los avances científicos, LASF4RI inició en noviembre de 2023 una actualización de su Plan Estratégico, solicitando la presentación de nuevos libros blancos o la revisión de los existentes. Estas propuestas fueron debatidas en el “III Simposio LASF4RI para HECAP: Actualización del Plan Estratégico”, realizado del 26 al 29 de agosto de 2024 en el ICTP-SAIFR, en São Paulo, Brasil.

## 7. Responsabilidades Administrativas

### 7.1. Coordinador de Posgrado 2020-2021

Durante los años 2020 y 2021 continúe como coordinador de posgrado. Durante ese período recibimos la resolución que otorga la acreditación de alta calidad al Doctorado en Física por seis (6) años y renueva de oficio el registro calificado del programa por siete (7) años.

### 7.2. Responsable de la autoevaluación de posgrados 2023-2024

En el 2023 fui responsable de coordinar el proceso de autoevaluación maestría en Física y en el 2024 del programa de doctorado.

## 8. Otras Actividades

### 8.1. Responsable de estudiantes de pasantías nacionales e internacionales

1. Rafael Armando Martínez Rivero, Universidad Simón Bolívar, Caracas-Venezuela  
Pasantía de investigación: Desarrollo de muografía para la industria petroquímica  
Octubre-Noviembre de 2023.
2. Daniel Arturo Brito Urbina, Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela  
Pasantía de investigación: Astrofísica Relativista. Octubre-diciembre de 2023
3. Patricia Carolina Rosales Noriega, Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela  
Pasantía de investigación: Astrofísica Relativista. Octubre-noviembre de 2023
4. Daniel Alfredo Rodríguez de Sousa, Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela  
Pasantía de investigación: Astrofísica Relativista. Octubre-noviembre de 2023
5. Pedro Rodrigo Arango Zúñiga. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima-Perú.  
Pasantía de investigación: Desarrollo de muografía para la industria petroquímica  
Septiembre-diciembre de 2023.
6. Luigui Joel Miranda Leuro, Universidad de EAFIT, Medellín-Colombia.  
Pasantía de investigación: Rayos Cósmicos y la detección de Minas antipersonales  
Septiembre-diciembre de 2022.
7. Yessica Domínguez Ballesteros, Universidad de Ruanda, Kigali-Ruanda  
Pasantía de investigación: Rayos Cósmicos y Agricultura Inteligente  
Septiembre-diciembre de 2022.
8. Víctor Clarizio Canelón, Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela  
Pasantía de investigación: Optimización de la eficiencia de detección de neutrones de un detector Cherenkov de agua. Septiembre-diciembre de 2022.

9. Diego Ignacio Orozco Montero, Universidad Simón Bolívar, Caracas-Venezuela  
Pasantía de investigación: Análisis de estabilidad de interfases en desplazamiento bifásico  
Septiembre-diciembre de 2022.
10. Frank Chico Azabache, Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima-Perú  
Pasantía de Investigación: Estudio de la entalpía de formación de la aleación NiTi con impureza de Al en la estructura B2 por cálculos de primeros principios, Septiembre-diciembre de 2022.
11. Rafael Armando Martínez Rivero, Universidad Simón Bolívar, Caracas-Venezuela  
Pasantía de investigación: Desarrollo de muografía para la industria petroquímica  
Septiembre-diciembre de 2022.

## 8.2. Miembro del Comité Editorial, UIS

Durante todo ese período continué formando parte, del Comité Editorial de nuestra universidad como representante de la Facultad de Ciencias. He tratado (sin éxito) de impulsar la fusión del Comité Editorial con el equipo de Editores de Revistas UIS para implantar políticas de ciencia abierta.

## 8.3. *Team Leader International Physics Tournament 2020-2021*

Entre el 2020 y el 2023 colaboré como *Team Leader* acompañando la preparación del equipo de la UIS. De cuatro años que nos presentamos a la competencia nacional en el período de este informe, ganamos cuatro años. En el 2020, 2022 y 2023. Hay que destacar que en la competencia mundial de 2020 quedamos de semifinalistas en el cuarto lugar a escala mundial. Definitivamente, este tipo de competencia muestran la elevada calidad de nuestros estudiantes a escala nacional e internacional. Lamentablemente, no hemos asumido como escuela el interés en la participación en este evento que nos evalúa a internacionalmente.

## 8.4. Arbitro de Revistas, proyectos de investigación y tesis doctorales

Durante este período he sido árbitro y/o evaluador de tres tesis doctorales, una de maestría y dos propuestas de tesis de maestría.

- *Impacto de una didáctica que integra recursos TIC en la comprensión de conceptos de la mecánica cuántica* de la estudiante Karen Lorena Cristiano Rodríguez, del propuesta de tesis de maestría, programa Maestría en Física UIS. 2024
- *Modelos relativistas de objetos compactos esféricamente simétricos con fuente material polarizada eléctricamente* del estudiante Daniel Mauricio Celis Mantilla, propuesta de tesis de maestría, del programa Maestría en Física UIS 2024.
- *Méthode de reconstruction des traces basée sur la transformée de Hough pour le trajectographe de l'expérience de Neutrinos JUNO* del estudiante Luis Felipe Pineros Rico, tesis doctoral, Doctorat de L'Université de Strasbourg, Francia. 2022.
- *Ajuste de la Función de Distribución de Probabilidad de las masas planetarias* del estudiante Fabio Onier Osorio Peláez, Tesis de maestría, Maestría en Física, Universidad de Antioquia, 2022.
- *Discos de acreción con magnetización alrededor de agujeros negros de Kerr* del estudiante Óscar Mauricio Pimentel Díaz, Tesis doctoral, Doctorado en Física UIS 2020
- *Propagación de ondas magnetohidrodinámicas en la atmósfera solar* de la estudiante Anamaría Navarro Noguera, Tesis doctoral, Doctorado en Física UIS 2020.

Durante este período fui árbitro de las siguientes revistas *Science of the Total Environment*, 2023; *IS-science*, 2022; *General Relativity and Gravitation*, 2022; *Communications in Physics*, 2021; *European Physical Journal C*, 2021; *Modern Physics Letters A*, 2021; *Pramana J. Phys.* 2021; *Proc. R. Soc. A*. 2021. Adicionalmente, evalué una propuesta de ascenso a profesor titular de la Universidad Nacional de Colombia y formé parte del comité evaluador de la convocatoria de proyectos de la *4th EU-LAC Multi Thematic Joint Call 2022*, de la Comisión Europea.

## 8.5. Organizador de eventos nacionales/internacionales

### 8.5.1. Jornadas Científicas de la Escuela de Física

Participé en la organización de tres jornadas científicas de la Escuela de Física. En estos eventos los tesistas presentan los avances de sus trabajos de investigación. Las jornadas fueron:

- V Jornadas Científicas de la Escuela de Física los días 25, 26 y 27 nov 2020 <sup>34</sup>
- VI Jornadas Científicas de la Escuela de Física, del 2 al 3 de diciembre de 2021 <sup>35</sup>
- VII Jornadas Científicas de la Escuela de Física del 23 al 24 de noviembre de 2023 <sup>36</sup>

### 8.5.2. LA-CoNGA physics Network Schools

Hice parte del comité organizador de tres escuela internacionales desarrolladas en el marco del proyecto ERASMUS+ LA-CoNGA physics. En estos eventos los estudiantes de cada cohorte presentaban los resultados de sus pasantías de investigación desarrolladas en varias instituciones miembros del consorcio. Las escuelas fueron:

1. LA-CoNGA physics International Network School 2021. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga Colombia 6dic a 8dic 2022<sup>37</sup>.
2. LA-CoNGA physics International Network School 2022. Universidad Antonio Nariño, Santa Marta Colombia 5dic a 7dic 2022<sup>38</sup>.
3. LA-CoNGA physics International Network School 2023. Université Paris Cité, Paris Francia 11dic a 15dic 2023<sup>39</sup>.

### 8.5.3. International Physics Tournament

El Torneo Internacional de Físicos ( por su siglas en inglés, IPT) 2022, en su 14 edición, se llevó a cabo del 9 al 14 de mayo en Bucaramanga, Colombia. Este evento congregó a estudiantes de física de 20 países<sup>40</sup>, quienes participaron en la resolución colaborativa de problemas y en debates. La exitosa participación de Colombia, representada por la UIS nos llevó a solicitar la sede del evento, reconocido internacionalmente por su formato único, el torneo integra desafíos teóricos, experimentales y de presentación en un entorno competitivo, pero también marcado por un espíritu de colaboración y camaradería. Por primera vez, el IPT se celebró en América Latina, y nosotros tuvimos el honor de ser los anfitriones. Mi función en este evento, fue

<sup>34</sup><https://eventos.redclara.net/event/1091/>

<sup>35</sup><https://eventos.redclara.net/event/1110/>

<sup>36</sup><https://eventos.redclara.net/event/1146/>

<sup>37</sup><https://eventos.redclara.net/event/1109/>

<sup>38</sup><https://eventos.redclara.net/event/1120/>

<sup>39</sup><https://jupyterhd.redclara.net/event/3/>

<sup>40</sup>Detalles del evento pueden consultarse en <https://2022.iptnet.info/>

la coordinación general de la ejecución a través de un comité organizador local integrado por la Universidad Nacional del Colombia y la Universidad de Antioquia.

#### 8.5.4. Bucaramanga AstroFest

El 2024 marcó un hito para la divulgación de la ciencia en el oriente colombiano. Ese año celebramos el 40 aniversario del Grupo Halley de Astronomía, Astrofísica y Ciencias Aeroespaciales. El Grupo Halley, es, sin duda, el grupo de aficionados a la Astronomía más longevo y activo del país. Del 13 al 23 de noviembre 2024, convertimos a Bucaramanga en el centro de la Astronomía del país y de la región (Andes Tropicales y Centro América) para esas fechas. Para conmemorar el aniversario del Halley desarrollamos de dos eventos internacionales y uno nacional <sup>41</sup>:

- 3er Encuentro Internacional Julio Garavito (13nov-15nov). Este evento, desarrollado en cooperación con el Centro Internacional de Astrofísica Relativista (ICRANet por sus siglas en ingles), reunió a destacados investigadores en el campo de la Astrofísica, abordando una amplia gama de temas relacionados con la Astrofísica Relativista, Cosmología, Astrofísica Solar, Astronomía y Ciencias Planetarias.
- 1er Encuentro de la Red Iberoamericana CyTED LAGO INDICA (18nov-20nov). Fue el punto de encuentro del Observatorio Gigante Latinoamericano (LAGO), una colaboración hispanoamericana dedicada al estudio del clima y la meteorología espacial. LAGO lidera una red de colaboración en Tecnologías de Información y Comunicación dentro de CyTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) y desarrolló un encuentro internacional en aplicaciones de Rayos Cósmicos y Clima Espacial.
- 8vo Congreso Colombiano de Astronomía y Astrofísica, CoCoA24 (20nov-22nov). Organizado en cooperación con UNal, UdeA, UniCórdoba, UTB, UniAtlántico, UPTC, UDistrital y UniValle, reunió a la comunidad colombiana de Astronomía y Astrofísica. Tuvo como tema central la construcción del país desde la perspectiva de la Astronomía. Además, ofreció el acostumbrado escenario para presentar los avances disciplinares de los grupos de Astronomía y Astrofísica del país y, como siempre, brindó la permanente oportunidad de compartir ideas y proyectos con la diáspora de profesionales de Astronomía y Astrofísica.

Cada evento tuvo objetivos y públicos específicos, pero en su conjunto hizo de Bucaramanga el epicentro de las Ciencias del Espacio en este noviembre. Además, estudiantes y colegas de instituciones de la región pudieron participar en todas las actividades, brindando así la oportunidad de compartir ideas y establecer relaciones con importantes profesionales de Europa y América Latina. Los eventos contaron con charlas plenarias en las mañanas y en las tardes se propiciaron espacios de interacción entre estudiantes, profesores e investigadores a través de secciones de pósters y talleres. Además, se realizaron conferencias públicas (una por evento) para estrechar nuestros lazos con la comunidad, brindando una plataforma única para el aprendizaje, la colaboración y el *networking* entre profesionales y estudiantes interesados en la Astrofísica. Mi función en los tres eventos fue liderar el equipo de organización local.

## 9. 2025-2029 ¿Qué hacer?

Durante el período 2025 al 2027 tendré como reto impulsar las comunidades de aprendizaje-investigación de EL-BONGO. Será importante la creación de la red de FABLab en América Latina, que nos permita construir equipos de medición de bajo costo para nuestras instituciones.

En el área de Astrofísica Relativista, tenemos dos metas a mediano plazo. Utilizar las soluciones analíticas que estamos obteniendo para las geodésicas (luminosas y espaciales) y explorar su ajuste para trayectorias

<sup>41</sup>Destalles de los tres eventos pueden consultarse en <https://jupyterhd.redclara.net/category/11/>

de objetos estelares en entornos de núcleos activos de galaxias. Tenemos también planeado la escritura de un libro texto sobre el formalismo 1+3 y sus aplicaciones en Astrofísica.

Continuaremos con entusiasmo con las aplicaciones de los rayos cósmicos para la agricultura. La detección de humedad y composición del suelo, producto de la interacción de los rayos cósmicos con los elementos que lo constituyen, cada vez mas luce mas prometedor. Le dedicaremos un esfuerzo especial a construir gemelos digitales de los detectores, para poder desarrollar mediciones mas precisas.

## Referencias

- [Abbrescia et al., 2023] Abbrescia, M., Avanzini, C., Baldini, L., Feroli, R., Batignani, G., Battaglieri, M., Boi, S., Bossini, E., Carnesecchi, F., y Cavazza, D. (2023). Measurement of the cosmic charged particle rate at sea level in the latitude range  $35^{\circ} \rightarrow 82^{\circ}$  n with the polarqueseest experiment. *The European Physical Journal C*, 83(4):293.
- [Ariza-Gómez y Carrillo-Moreno, 2020] Ariza-Gómez, M. y Carrillo-Moreno, M. F. (2020). Simulación de las respuestas de la interacción de la radiación cósmica con las minas antipersonales en colombia. Trabajo de grado, Escuela de Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Asorey y Mayo-Garcia, 2023] Asorey, H. y Mayo-Garcia, R. (2023). Calculation of the high-energy neutron flux for anticipating errors and recovery techniques in exascale supercomputer centres. *The Journal of Supercomputing*, 79(8):8205–8235.
- [Asorey et al., 2018] Asorey, H., Núñez, L., y Suárez-Durán, M. (2018). Preliminary results from the latin american giant observatory space weather simulation chain. *Space Weather*, 16(5):461–475.
- [Asorey et al., 2023] Asorey, H., Suárez-Durán, M., y Mayo-García, R. (2023). Acorde: A new application for estimating the dose absorbed by passengers and crews in commercial flights. *Applied Radiation and Isotopes*, 196:110752.
- [Colaboración-Augur , 2020a] Colaboración-Augur (2020a). A Search for Ultra-high-energy Neutrinos from TXS 0506+056 Using the Pierre Auger Observatory. *The Astrophysical Journal*, 902(2):105.
- [Colaboración-Augur , 2020b] Colaboración-Augur (2020b). A Three Year Sample of Almost 1600 Elves Recorded Above South America by the Pierre Auger Cosmic-Ray Observatory. *Earth Space Sci.*, 7(4):e2019EA000582.
- [Colaboración-Augur , 2020c] Colaboración-Augur (2020c). Cosmic-ray anisotropies in right ascension measured by the Pierre Auger Observatory. *The Astrophysical Journal*, 891:142.
- [Colaboración-Augur , 2020d] Colaboración-Augur (2020d). Direct measurement of the muonic content of extensive air showers between  $2 \times 10^{17}$  and  $2 \times 10^{18}$  eV at the Pierre Auger Observatory. *The European Physical Journal C*, 80(8):751.
- [Colaboración-Augur , 2020e] Colaboración-Augur (2020e). Features of the Energy Spectrum of Cosmic Rays above  $2.5 \times 10^{18}$  eV Using the Pierre Auger Observatory. *Phys. Rev. Lett.*, 125(12):121106.
- [Colaboración-Augur , 2020f] Colaboración-Augur (2020f). Measurement of the cosmic-ray energy spectrum above  $2.5 \times 10^{18}$  eV using the Pierre Auger Observatory. *Phys. Rev. D*, 102(6):062005.
- [Colaboración-Augur , 2020g] Colaboración-Augur (2020g). Reconstruction of events recorded with the surface detector of the Pierre Auger Observatory. *JINST*, 15(10):P10021.



- [Colaboración-Auger , 2020h] Colaboración-Auger (2020h). Search for magnetically-induced signatures in the arrival directions of ultra-high-energy cosmic rays measured at the Pierre Auger Observatory. *JCAP*, 06:017.
- [Colaboración-Auger , 2020i] Colaboración-Auger (2020i). Studies on the response of a water-Cherenkov detector of the Pierre Auger Observatory to atmospheric muons using an RPC hodoscope. *JINST*, 15(09):P09002.
- [Colaboración-Auger , 2021a] Colaboración-Auger (2021a). Calibration of the underground muon detector of the Pierre Auger Observatory. *JINST*, 16(04):P04003.
- [Colaboración-Auger , 2021b] Colaboración-Auger (2021b). Deep-learning based reconstruction of the shower maximum  $X_{max}$  using the water-Cherenkov detectors of the Pierre Auger Observatory. *JINST*, 16(07):P07019.
- [Colaboración-Auger , 2021c] Colaboración-Auger (2021c). Design and implementation of the AMIGA embedded system for data acquisition. *JINST*, 16(07):T07008.
- [Colaboración-Auger , 2021d] Colaboración-Auger (2021d). Design, upgrade and characterization of the silicon photomultiplier front-end for the AMIGA detector at the Pierre Auger Observatory. *JINST*, 16(01):P01026.
- [Colaboración-Auger , 2021e] Colaboración-Auger (2021e). Extraction of the muon signals recorded with the surface detector of the Pierre Auger Observatory using recurrent neural networks. *JINST*, 16(07):P07016.
- [Colaboración-Auger , 2021f] Colaboración-Auger (2021f). Measurement of the Fluctuations in the Number of Muons in Extensive Air Showers with the Pierre Auger Observatory. *Phys. Rev. Lett.*, 126(15):152002.
- [Colaboración-Auger , 2021g] Colaboración-Auger (2021g). Stable convergence of the algorithm computing the coefficients of the LMS filter suppressing RFI in radio detection of cosmic rays in the Auger Engineering Radio Array. *Nucl. Instrum. Meth. A*, 985:164607.
- [Colaboración-Auger , 2021h] Colaboración-Auger (2021h). The energy spectrum of cosmic rays beyond the turn-down around  $10^{17}$  eV as measured with the surface detector of the Pierre Auger Observatory. *The European Physical Journal C*, 81(11):966.
- [Colaboración-Auger , 2021i] Colaboración-Auger (2021i). The FRAM robotic telescope for atmospheric monitoring at the Pierre Auger Observatory. *JINST*, 16(06):P06027.
- [Colaboración-Auger , 2022a] Colaboración-Auger (2022a). A Search for Photons with Energies Above  $2 \times 10^{17}$  eV Using Hybrid Data from the Low-Energy Extensions of the Pierre Auger Observatory. *The Astrophysical Journal*, 933(2):125.
- [Colaboración-Auger , 2022b] Colaboración-Auger (2022b). Arrival Directions of Cosmic Rays above 32 EeV from Phase One of the Pierre Auger Observatory. *The Astrophysical Journal*, 935(2):170.
- [Colaboración-Auger , 2022c] Colaboración-Auger (2022c). AugerPrime - The upgrade of the Pierre Auger Observatory. *Int. J. Mod. Phys. A*, 37(07):2240012.
- [Colaboración-Auger , 2022d] Colaboración-Auger (2022d). Search for Spatial Correlations of Neutrinos with Ultra-high-energy Cosmic Rays. *The Astrophysical Journal*, 934(2):164.
- [Colaboración-Auger , 2022e] Colaboración-Auger (2022e). Searches for Ultra-High-Energy Photons at the Pierre Auger Observatory. *Universe*, 8(11):579.

- [Colaboración-Auger , 2022f] Colaboración-Auger (2022f). Testing effects of Lorentz invariance violation in the propagation of astroparticles with the Pierre Auger Observatory. *JCAP*, 01(01):023.
- [Colaboración-Auger , 2023a] Colaboración-Auger (2023a). A Catalog of the Highest-Energy Cosmic Rays Recorded during Phase I of Operation of the Pierre Auger Observatory. *The Astrophysical Journal Suppl.*, 264(2):50.
- [Colaboración-Auger , 2023b] Colaboración-Auger (2023b). Augerprime surface detector electronics. *Journal of instrumentation*, 18(10):P10016.
- [Colaboración-Auger , 2023c] Colaboración-Auger (2023c). Constraining the sources of ultra-high-energy cosmic rays across and above the ankle with the spectrum and composition data measured at the Pierre Auger Observatory. *JCAP*, 05:024.
- [Colaboración-Auger , 2023d] Colaboración-Auger (2023d). Cosmological implications of photon-flux upper limits at ultrahigh energies in scenarios of Planckian-interacting massive particles for dark matter. *Phys. Rev. D*, 107(4):042002.
- [Colaboración-Auger , 2023e] Colaboración-Auger (2023e). Limits to Gauge Coupling in the Dark Sector Set by the Nonobservation of Instanton-Induced Decay of Super-Heavy Dark Matter in the Pierre Auger Observatory Data. *Phys. Rev. Lett.*, 130(6):061001.
- [Colaboración-Auger , 2023f] Colaboración-Auger (2023f). Search for Photons above  $10^{19}$  eV with the Surface Detector of the Pierre Auger Observatory. *JCAP*, 05:021.
- [Colaboración-Auger , 2023g] Colaboración-Auger (2023g). Search for Ultra-high-energy Photons from Gravitational Wave Sources with the Pierre Auger Observatory. *The Astrophysical Journal*, 952(1):91.
- [Colaboración-Auger , 2023h] Colaboración-Auger (2023h). The cosmic ray energy spectrum measured with the Pierre Auger Observatory. *Adv. Space Res.*, 72:3531–3537.
- [Colaboración-Auger , 2024a] Colaboración-Auger (2024a). Constraining models for the origin of ultra-high-energy cosmic rays with a novel combined analysis of arrival directions, spectrum, and composition data measured at the pierre auger observatory. *Journal of cosmology and astroparticle physics*, 2024(01):022.
- [Colaboración-Auger , 2024b] Colaboración-Auger (2024b). Constraints on metastable superheavy dark matter coupled to sterile neutrinos with the pierre auger observatory. *Physical Review D*, 109(8):L081101.
- [Colaboración-Auger , 2024c] Colaboración-Auger (2024c). Demonstrating agreement between radio and fluorescence measurements of the depth of maximum of extensive air showers at the pierre auger observatory. *Physical review letters*, 132(2):021001.
- [Colaboración-Auger , 2024d] Colaboración-Auger (2024d). Ground observations of a space laser for the assessment of its in-orbit performance. *Optica*, 11(2):263–272.
- [Colaboración-Auger , 2024e] Colaboración-Auger (2024e). Impact of the magnetic horizon on the interpretation of the pierre auger observatory spectrum and composition data. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2024(07):094.
- [Colaboración-Auger , 2024f] Colaboración-Auger (2024f). Large-scale cosmic-ray anisotropies with 19 yr of data from the pierre auger observatory. *The Astrophysical Journal*, 976(1):48.
- [Colaboración-Auger , 2024g] Colaboración-Auger (2024g). Radio measurements of the depth of air-shower maximum at the pierre auger observatory. *Physical Review D*, 109(2):022002.

- [Colaboración-Auger , 2024h] Colaboración-Auger (2024h). Search for photons above 10 18 ev by simultaneously measuring the atmospheric depth and the muon content of air showers at the pierre auger observatory. *Physical Review D*, 110(6):062005.
- [Colaboración-Auger , 2024i] Colaboración-Auger (2024i). Testing hadronic-model predictions of depth of maximum of air-shower profiles and ground-particle signals using hybrid data of the pierre auger observatory. *Physical Review D*, 109(10):102001.
- [Ballesteros-Delgado, 2020] Ballesteros-Delgado, D. (2020). Implementación de un sistema para el registro de eventos relacionados con rayos cósmicos. Trabajo de grado, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Basto-Pineda et al., 2024] Basto-Pineda, J., Núñez, L. A., Guarín-Rojas, J. A., and Guarín-Velásquez, K. F. (2024). Aprendizaje autónomo de la astronomía con python y tic. *Revista Docencia Universitaria*, Volumen Especial Docencia TIC.
- [Bonilla-Neira y Aguilera-Bermúdez, 2020] Bonilla-Neira, J. y Aguilera-Bermúdez, E. (2020). Diseño e implementación de un sistema para la detección de pulsos de radio producidos por astropartículas. Trabajo de grado, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Carvajal-Bohórquez, 2021] Carvajal-Bohórquez, C. (2021). Eficiencia de los indicadores cinemáticos para la identificación de fusiones de galaxias. Trabajo de grado, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Castañeda Godoy, 2021] Castañeda Godoy, L. (2021). Propagación lenta de discontinuidades en ambientes de hidrodinámica y radiación en esferas relativistas. Tesis maestría en física, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [de León Barrios, 2022] de León Barrios, R. (2022). Estimación de la contribución del forward scattering de muones en la señal registrada por el detector mute. Trabajo de grado (laureado), Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Dlaikan-Castillo, 2023] Dlaikan-Castillo, K. (2023). Estimación de la distribución de densidad interna de objetos geológicos mediante tomografía de muones. Trabajo de grado, Escuela de Ingeniería en Sistemas, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Domínguez Ballesteros, 2023] Domínguez Ballesteros, Y. (2023). Cosmic neutron applications for smart agriculture. Master thesis in physics, School of Physics, University of Ruanda, Kigaly, Ruanda.
- [Fuentes et al., 2021] Fuentes, J., Villamizar-Mantilla, D., Flores-González, S., Núñez, L., y Stashenko, E. (2021). Plants growing in colombia as sources of active ingredients for sunscreens. *International Journal of Radiation Biology*, 97(12):1705–1715.
- [González-Matoma, 2021] González-Matoma, V. (2021). Elaboración de una herramienta para la enseñanza del cambio climático a nivel local para generar conciencia en estudiantes de colegios. Trabajo de grado, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Grisales-Casadiegos, 2021] Grisales-Casadiegos, J. (2021). Estudio de los efectos de la actividad solar a largo plazo sobre el flujo de rayos cósmicos secundarios en el observatorio pierre auger. Tesis de maestría, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

- [Grisales-Casadiegos, 2020] Grisales-Casadiegos, J. (2020). Caracterización de perfiles atmosféricos para la cadena de simulación de la colaboración LAGO. Trabajo de grado, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Grisales-Casadiegos et al., 2022] Grisales-Casadiegos, J., Sarmiento-Cano, C., y Núñez, L. (2022). Impact of global data assimilation system atmospheric models on astroparticle showers. *Canadian Journal of Physics*, 100(3):152–157.
- [Gutiérrez Benito, 2022] Gutiérrez Benito, P. (2022). Escalares de estructura en perturbaciones al campo gravitatorio de un agujero negro estacionario. Trabajo de fin master modelización matemática, Departamento de Matemática Aplicada, Universidad de Salamanca, Salamanca, España.
- [Hernández et al., 2021] Hernández, H., Suárez-Urango, D., y Núñez, L. (2021). Acceptability conditions and relativistic barotropic equation of state. *The European Physical Journal C*, 81(241).
- [Jaimes-Teherán, 2023] Jaimes-Teherán, J. A. (2023). Desarrollo de una herramienta de simulación para el estudio de estructuras geológicas mediante muografía. Trabajo de grado, Escuela de Ingeniería en Sistemas, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [López-Rodríguez et al., 2023] López-Rodríguez, J., Sarmiento-Cano, C., Núñez, L., y LA-CoNGA Physics Community (2023). Concepto e impactos iniciales de laboratorios remotos para cursos avanzados de física en la-conga physics. In *Memorias VII Encuentro Internacional sobre la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales*.
- [Martínez-Méndez, 2023] Martínez-Méndez, A. (2023). Modelo de gestión de recursos computacionales para asistir la reproducibilidad de experimentos científicos. Tesis de maestría, Escuela de Ingeniería en Sistemas, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Martínez-Méndez y Nuñez, 2020] Martínez-Méndez, A. y Nuñez, L. (2020). Academia, datos y reproducibilidad de la ciencia. *Revista UIS Ingenierías*, 19(4):315–324.
- [Martínez-Téllez et al., 2022] Martínez-Téllez, J. H., Miranda Mercado, D. A., Núñ, L. A., Paredes Gutiérrez, H., Plata Gómez, A., Beltrán Ríos, C. L., Ospina Ospina, R., Valdivieso Bohórquez, R. F., y Arenas Navas, H. A. (2022). Modelo de presencialidad remota para física i, ii y iii. *Revista Docencia Universitaria*, 23.
- [Mishev et al., 2023] Mishev, A., Kodaira, S., Kitamura, H., Ploc, O., Ambrožová, I., Toloček, R., Kartsev, I., Shurshakov, V., Artamonov, A., y Inozemtsev, K. (2023). Radiation environment in high-altitude antarctic plateau: Recent measurements and model studies. *Science of the Total Environment*, 890:164304.
- [Núñez-Chongo et al., 2023] Núñez-Chongo, O., Carretero, M., Mayo-García, R., y Asorey, H. (2023). The cloud-based implementation and standardization of anthropomorphic phantoms and their applications. In *2023 Winter Simulation Conference (WSC)*, pages 2932–2943. IEEE.
- [Oliveros-Gómez, 2021] Oliveros-Gómez, N. (2021). Estudio del último eclipse cromosférico de zeta aurigae, otoño 2019. Trabajo de grado, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Ospino et al., 2022] Ospino, J., Hernandez-Pastora, J., y Nunez, L. (2022). All analytic solutions for geodesic motion in axially symmetric space-times. *The European Physical Journal C*.
- [Ospino et al., 2017] Ospino, J., Hernández-Pastora, J. L., y Núñez, L. A. (2017). An equivalent system of einstein equations. *Journal of Physics Conference Series*, 831:012011.

- [Ospino et al., 2024a] Ospino, J., Hernández-Pastora, J. L., Araujo-Salcedo, A. V., y Núñez, L. A. (2024a). A methodological framework for solving einsteins equations in axially symmetric spacetimes. *arXiv preprint arXiv:2412.15480*.
- [Ospino y Núñez, 2020] Ospino, J. y Núñez, L. A. (2020). Karmarkar scalar condition. *The European Physical Journal C*, page 166.
- [Ospino et al., 2024b] Ospino, J., Suárez-Urango, D., Becerra, L. M., Hernández, H., and Núñez, L. A. (2024b). Relativistic non-pascalian fluid as a density contribution. *arXiv preprint arXiv:2410.18231*.
- [Padilla Expósito, 2022] Padilla Expósito, E. (2022). Órbitas de las estrellas s2 y g2. Trabajo de fin master modelización matemática, Departamento de Matemática Aplicada, Universidad de Salamanca, Salamanca, España.
- [Peña-Rodríguez, 2020] Peña-Rodríguez, J. (2020). *Diseño y calibración de un telescopio de muones híbrido para estudios vulcanológicos*. Tesis doctorado (laureada), Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Peña-Rodríguez et al., 2021] Peña-Rodríguez, J., Hernández-Barajas, S., León-Carreño, Y., y Núñez, L. (2021). Modeling and simulation of the r5912 photomultiplier for the LAGO project. *IEEE Sensors Journal*, 21(18):20184–20191.
- [Peña-Rodríguez et al., 2024] Peña-Rodríguez, J., Jaimes-Teherán, J., Dlaikan-Castillo, K., y Núñez, L. (2024). Muysc: an end-to-end muography simulation toolbox. *Geophysical Journal International*, 237(1):540–556.
- [Peña-Rodríguez et al., 2022] Peña-Rodríguez, J., Núñez, L. A., y LA-CoNGA Physics Community (2022). LA-CoNGA physics: an open science education collaboration between Latin America and Europe for High Energy Physics. In *European Physical Society Conference on High Energy Physics*, page 907.
- [Peña-Rodríguez et al., 2021] Peña-Rodríguez, J., Núñez, L., y Asorey, H. (2021). Characterization of the muography background using the muon telescope (mute). *PoS, ICHEP2020*:984.
- [Peña-Rodríguez et al., 2020] Peña-Rodríguez, J., Pisco-Guabave, J., Sierra-Porta, D., Suárez-Durán, M., Arenas-Flórez, M., Pérez-Archila, L., Sanabria-Gómez, J., Asorey, H., y Núñez, L. (2020). Design and construction of mute: a hybrid muon telescope to study colombian volcanoes. *Journal of Instrumentation*, 15(09):P09006–P09006.
- [Peña-Rodríguez et al., 2023] Peña-Rodríguez, J., Sánchez-Villafrades, J., Asorey, H., and Núñez, L. (2023). Characterization and on-field performance of the mute silicon photomultipliers. *Instruments*, 7(1):7.
- [Peña-Rodríguez et al., 2022a] Peña-Rodríguez, J., Salgado-Meza, P. A., Asorey, H., Núñez, L. A., Núñez-Castiñeyra, A., Sarmiento-Cano, C., y Suárez-Durán, M. (2022a). RACIMO@Bucaramanga: A Citizen Science Project on Data Science and Climate Awareness. *arXiv e-prints*, page arXiv:2203.05431.
- [Peña-Rodríguez et al., 2022b] Peña-Rodríguez, J., Vesga-Ramírez, A., Vásquez-Ramírez, A., Suárez-Durán, M., de León-Barrios, R., Sierra-Porta, D., Calderón-Ardila, R., Pisco-Guavabe, J., Asorey, H., Sanabria-Gómez, J., y Núñez, L. (2022b). Muography in colombia: Simulation framework, instrumentation, and data analysis. *Journal of Advanced Instrumentation in Science*, 2022.
- [Perez-Arias, 2020] Perez-Arias, C. (2020). Nuevo método para determinar los pesos estadísticos de radiación y tejido humano en la evaluación de dosis de radiación absorbida efectiva para la aviación en la atmósfera terrestre. Trabajo de grado, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

- [Plata, 2020] Plata, D. A. R. (2020). Modelos de integración de información multimodal en cnn para el análisis de imagen satelital en entornos urbanos. Tesis de maestría en matemáticas aplicadas, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Ramírez Muñoz y Villabona Ardila, 2021] Ramírez Muñoz, A. y Villabona Ardila, D. (2021). Discriminación del ruido de fondo en muografía usando técnicas de aprendizaje automatizado. Trabajo de grado, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Rico Aparicio, 2021] Rico Aparicio, S. (2021). Generación de un modelo para la extracción de la topología de una red compleja a partir de la evolución de las interacciones entre agentes sociales. Trabajo de grado, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Salamanca, 2023] Salamanca, D. L. R. (2023). Study of magnetic skyrmions in square lattice antiferromagnets. Tesis de maestría en física, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Salamanca-Coy et al., 2024] Salamanca-Coy, J., Forero-Gutiérrez, K., Núñez, L., Pisco-Guabave, J., y Escobar-Díaz, F. (2024). Assessing and monitoring air quality in cities and urban areas with a portable, modular and low-cost sensor station: calibration challenges. *International Journal of Remote Sensing*, 45(17):5713–5736.
- [Salazar Torrado, 2023] Salazar Torrado, P. F. (2023). Caracterización espectroscópica de la componente estelar más deficiente en hierro del cúmulo globular omega centauri con apogee-2. Trabajo de grado, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Salgado-Meza y Florez-Villegas, 2020] Salgado-Meza, P. y Florez-Villegas, L. (2020). Diseño e implementación de una estación meteorológica para la medición de campo eléctrico atmosférico en observatorios de rayos cósmicos. Trabajo de grado, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Santos et al., 2023] Santos, N., Dasso, S., Gulisano, A., Areso, O., Pereira, M., Asorey, H., Rubinstein, L., y la colaboración LAGO. (2023). First measurements of periodicities and anisotropies of cosmic ray flux observed with a water-cherenkov detector at the marambio antarctic base. *Advances in Space Research*, 71(6):2967–2976.
- [Sarmiento-Cano et al., 2022] Sarmiento-Cano, C., Suárez-Durán, M., Calderón-Ardila, R., Vásquez-Ramírez, A., Jaimes-Motta, A., Núñez, L., Dasso, S., Sidelnik, I., y Asorey, H. (2022). The arti framework: Cosmic rays atmospheric background simulations. *The European Physical Journal C*, 82(11):1019.
- [Serrano-Martínez, 2021] Serrano-Martínez, P. (2021). Parametrización de órbitas de partículas mediante escalares de estructura. Trabajo de fin master modelización matemática, Departamento de Matemática Aplicada, Universidad de Salamanca, Salamanca, España.
- [Sierra-Porta et al., 2023] Sierra-Porta, D., Solano-Correa, Y., Tarazona-Alvarado, M., y Nuñez, L. A. (2023). Linking pm10 and pm2.5 pollution concentration through tree coverage in urban areas. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 51(5):2200222.
- [Suárez-Durán, 2019] Suárez-Durán, M. (2019). *Variaciones del flujo de radiación cósmica en distintos escenarios geofísicos*. Tesis doctorado, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

- [Suárez-Urango, 2021] Suárez-Urango, D. (2021). Estudio de las condiciones de aceptabilidad física en esferas politropas anisótropas relativistas. Tesis de maestría (laureada), Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Suárez-Urango et al., 2023] Suárez-Urango, D., Becerra, L., Ospino, J., y Núñez, L. (2023). The physical acceptability conditions and the strategies to obtain anisotropic compact objects. *The European Physical Journal C*, 83(11):1018.
- [Suárez-Urango et al., 2022] Suárez-Urango, D., Ospino, J., Hernández, H., y Núñez, L. (2022). Acceptability conditions and relativistic anisotropic generalized polytropes. *The European Physical Journal C*, 82(2):1–22.
- [Sánchez-Villafrades, 2020] Sánchez-Villafrades, J. (2020). Diseño e implementación de un sistema de caracterización para los fotomultiplicadores de silicio (sipm) del telescopio de muones (mute). Trabajo de grado, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Vásquez-Ramírez, 2024] Vásquez-Ramírez, A. (2024). *Correlation Between Multiple Elves and Storm Dynamics at The Pierre Auger Observatory*. Tesis doctorado, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [Vásquez-Ramírez et al., 2020] Vásquez-Ramírez, A., Suárez-Durán, M., Jaimes-Motta, A., Calderón-Ardila, R., Peña-Rodríguez, J., Sánchez-Villafrades, J., Sanabria-Gómez, J., Asorey, H., and Núñez, L. (2020). Simulated response of mute, a hybrid muon telescope. *Journal of Instrumentation*, 15(08):P08004.
- [Vesga-Ramírez et al., 2021] Vesga-Ramírez, A., Sanabria-Gómez, J., Sierra-Porta, D., Arana-Salinas, L., Asorey, H., Kudryavtsev, V., Calderón-Ardila, R., and Núñez, L. (2021). Simulated annealing for volcano muography. *Journal of South American Earth Sciences*, 109:103248.
- [Vesga-Ramírez et al., 2020] Vesga-Ramírez, A., Sierra-Porta, D., Peña-Rodríguez, J., Sanabria-Gómez, J., Valencia-Otero, M., Sarmiento-Cano, C., Suárez-Duran, M., Asorey, H., y Núñez, L. (2020). Muon tomography sites for colombian volcanoes. *Annals of Geophysics*, 63(6):661.
- [Villarreal-Gómez et al., 2022] Villarreal-Gómez, M., Grisales-Casadiegos, J., Pisco-Guavabe, J., González-Matoma, V., Nuñez, L., y Scorza, C. (2022). Astroparamo. science club of planetary habitability and climate change. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica Serie de Conferencias (RMxAC)*, 54:75–79.
- [Vásquez-Ramírez et al., 2023] Vásquez-Ramírez, A., Mussa, R., Núñez, L., y Arnone, E. (2023). Analysis of the time difference between the multi-elves rings. Technical Report GAPNote 2023-056, Pierre Auger Observatory, Malargüe-Argentina.