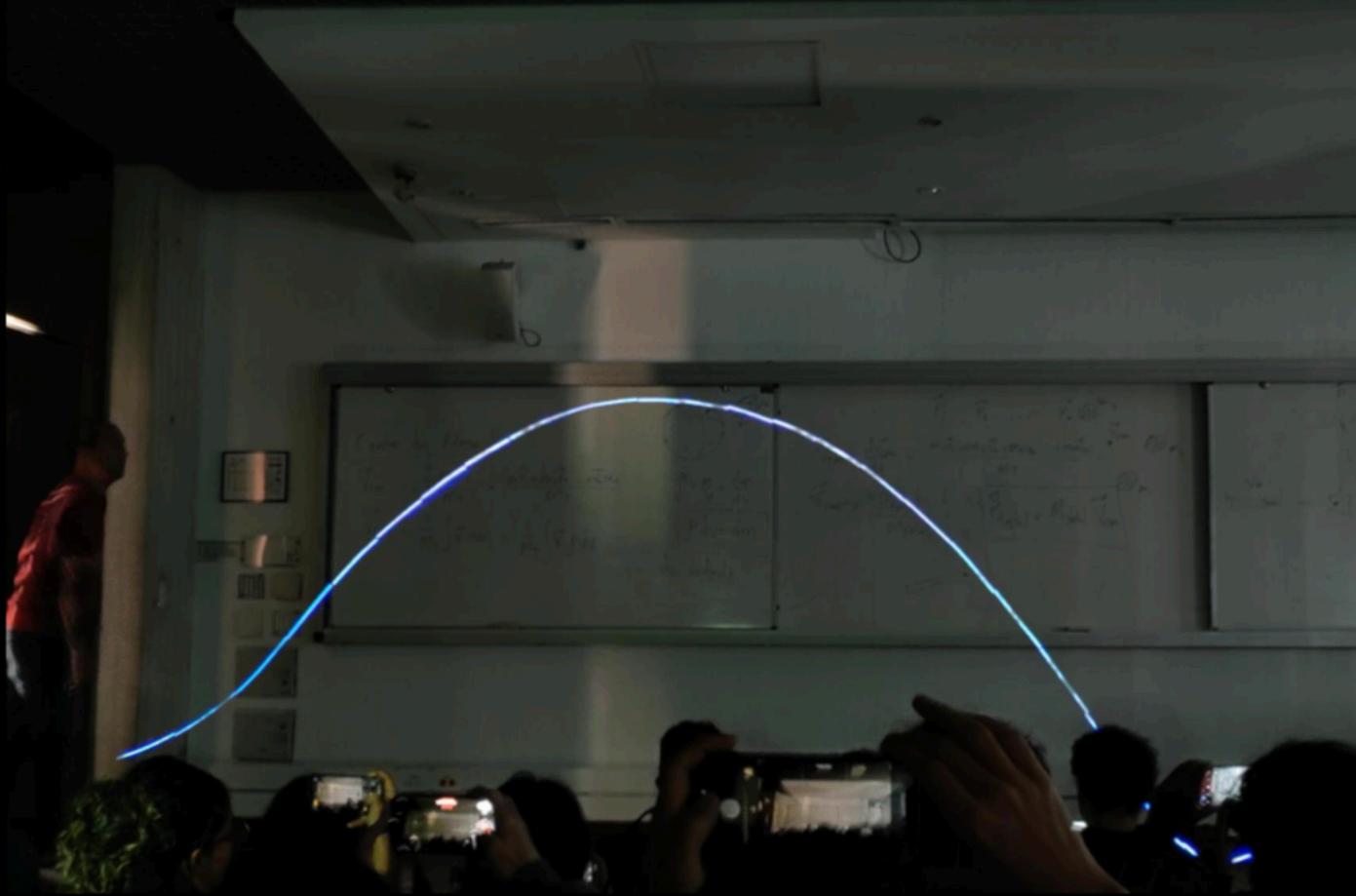


# **Mi Trayectoria Académica: Del Laboratorio al Aula**

Sitio web de complemento a este documento

<https://jgramirezrojas.github.io/titular/>



Dossier para la postulación a profesor titular

**Profesor Juan Gabriel Ramírez Rojas**

Departamento de Física

Universidad de los Andes

**2025**

# Mi Trayectoria Académica: Del Laboratorio al Aula

Dossier para la postulación a profesor titular

Profesor Juan Gabriel Ramírez Rojas

Departamento de Física

Universidad de los Andes

<https://jgramirezrojas.github.io/titular/>



# Contenido

1. Hoja de Vida Resumida	10
2. Resumen Ejecutivo	11
2.1 Perfil	11
2.2 Docencia	12
2.3 Investigación	12
2.4 Desarrollo Institucional	13
2.5 Expectativas como Profesor Titular	13
3. Introducción y Estructura del Dossier: Del Laboratorio al Aula	15
4. Docencia	17
4.1 Desarrollo de Nuevos Cursos	17
4.2 Cursos Impartidos por Período	18
4.3 Cursos de Proyecto Experimental, teórico y computacional	21
4.4 Recursos Audiovisuales de Apoyo Docente	23
4.5 Implementación de Herramientas Interactivas y Material de Clase	23
4.6 Consejería	24
4.7 Desempeño General en Docencia	25
4.7.1 Patrones destacables por categoría	26
4.7.2 Fortalezas consolidadas	27
4.7.3 Análisis General de Evaluaciones Docentes	28
4.8 Momentos Específicos	29
4.8.1 Segundo Semestre 2023: Un período desafiante	29
4.8.2 Período 2024 un Año de Mejoras	34
4.8.3 Período 202510, un período de mejora continua	36
4.9 Reflexión sobre la Evolución de mi Práctica Docente y Compromiso con la Mejora Continua	41
4.10 Proyectos Experimentales Especiales en Cursos Introductorios	41
4.11 Formación de Escuela	42
4.11.1 Estudiantes Destacados y su Desarrollo Profesional	45
4.11.2 Aspectos Valorados de la Formación de Estudiantes	56
4.11.3 Seminarios de Investigación y Cursos Dirigidos	56
5. Producción académica	59
5.1 Características de mi investigación	59
5.2 Investigación en Materiales Cuánticos y Multifuncionales: Un Enfoque Interdisciplinario	60
5.2.1 Fundamentos y Propiedades de Materiales Cuánticos	61
5.2.2 Óxidos de Metales de Transición: Correlaciones Electrónicas y Funcionalidades	62
5.2.3 Fenomenología de Transiciones de Fase Magnéticas	62
5.2.4 Metodologías Avanzadas de Caracterización Estructural y Magnética	63
5.2.5 Nanoestructuración y Efectos de Confinamiento Cuántico	63
5.2.6 Desorden Controlado y Transiciones Orden-Desorden	64
5.2.7 Aplicaciones Tecnológicas Emergentes	64
5.3 El Impacto de mi Investigación: Análisis de Citaciones y Productividad Académica	64
5.3.1 Aceleración del Impacto en el Período Reciente	65
5.3.2 Contextualización del Impacto por Áreas de Investigación	65
5.3.3 Comparativa con Estándares Disciplinares	66

5.3.4 Proyección Futura del Impacto	66
5.4 Publicaciones desde 2015	68
5.4.1 Publicaciones Internacionales Indexadas	68
5.4.2 Publicaciones de Divulgación	72
5.4.3 Publicaciones Previas a mi Vinculación	72
5.5 Formación de Capital Humano: El Rol de Estudiantes en mi Producción Científica	75
5.5.1 Integración Sistemática de Estudiantes en la Investigación	75
5.5.2 Contribuciones Destacadas de Estudiantes por Nivel de Formación	75
5.6 Charlas invitadas desde 2020	79
5.7 Proyectos de Investigación y Propuestas Enviadas	82
5.8 Liderazgo en Propuestas de Regalías ante Minciencias	87
5.8.1 Impacto del Proyecto Dentro de la Universidad	88
5.8.2 Temáticas a Investigar	89
5.8.3 Objetivo Específico 1: Investigación Fundamental	90
5.8.4 Objetivo Específico 2: Fortalecimiento de Infraestructura	90
5.8.5 Objetivo Específico 3: Apropiación Social del Conocimiento	91
5.8.6 Alcance e Impacto del Proyecto	91
5.8.7 Colaboraciones Internacionales Estratégicas	91
5.8.8 Logros en el Proceso de Evaluación	92
5.8.9 Proceso de Formulación y Gestión	92
5.8.10 Proyección y Visión a Futuro	92
5.9 Internacionalización	92
5.10 Análisis Comparativo de Indicadores Bibliométricos: Impacto y Productividad Académica	94
5.10.1 Justificación de la Comparación con Profesores Titulares Excepcionales	95
5.10.2 Consideraciones sobre Diferencias Disciplinares	96
5.10.3 Mi Posicionamiento en este Contexto Competitivo	96
5.10.4 Impacto Reciente: Indicador de Trayectoria Ascendente	97
5.10.5 Análisis Integral: Productividad e Impacto	98
5.10.6 Superación de Estándares de Excelencia	98
5.11 Actividad como Referí y Evaluación por Pares	99
5.11.1 Distribución por Revistas de Alto Impacto	99
5.11.2 Evolución Temporal y Reconocimiento Creciente	99
5.11.3 Contribución al Avance del Conocimiento	99
5.11.4 Orientación Académica y Cartas de Recomendación	100
5.11.5 Rol de Editor en JMMM	102
5.12 Reflexión sobre mi Trayectoria Investigativa y Proyección Futura	102
6. Desarrollo Institucional y Compromiso con la Comunidad	104
6.1 Resumen de Logros Estratégicos Desde las Coordinaciones	105
6.2 Liderazgo en la Coordinación de Laboratorios de Docencia (2017-2021)	106
6.2.1 Transformación y Modernización de los Laboratorios	106
6.2.2 Metodología de Implementación	107
6.2.3 Resultados y Logros	109
6.2.4 Diseño de Guías de Laboratorio Adaptativas	112
6.2.5 Diseño de Experimentos Demostrativos para Visualizar Conceptos de Física	116
6.2.6 Respuesta ante la Pandemia: Creación de Recursos Audiovisuales	121
6.2.7 Desarrollo de Experimentos de física para virtualidad durante la pandemia	124

6.3 Liderazgo desde la coordinación de posgrado	127
6.3.1 Proceso de Reforma del Programa de Maestría en Física	127
6.3.2 Convenio de Doble Titulación con ESPCI Paris	131
6.3.3 Convenio de Doble Titulación con la Universidad de Zaragoza	132
6.3.4 Reforma de Políticas Institucionales para Programas Doctorales en Física	133
6.4 Jurado de propuestas de investigación - Nacional/Internacional	135
6.5 Jurado/Evaluador en comités de tesis	135
6.6 Asociación Latinoamericana de Magnetismo (ALMA)	136
6.7 Senecast	138
6.8 Participación en Comités científicos de conferencias	139
6.8.1 Liderazgo en la Organización la Escuela CS3M	139
6.8.2 Participación como miembro del Comité de Programa	140
6.8.3 Organización del Simposio D1 en el 33rd IMRC 2025	141
6.8.4 Otros eventos co-organizados	142
6.9 Reconocimientos y Asociaciones	142
6.10 El Grupo de Nanociencia y Fenómenos Cuánticos: Una Historia de Éxito Académico	143
6.10.1 Orígenes y Establecimiento	143
6.10.2 Crecimiento y Reconocimiento Temprano	143
6.10.3 Un Enfoque Multifacético a la Investigación	143
6.10.4 Producción Científica Excepcional	144
6.10.5 Formación de Talento Humano	144
6.10.6 Innovación y Desarrollo Tecnológico	144
6.10.7 Proyección Nacional e Internacional	145
6.10.8 Divulgación Científica y Apropiación Social del Conocimiento	145
6.10.9 Anfitrión de Investigación Estratégica	145
7. Reflexión Final y Visión como Profesor Titular	147
7.1 Argumento para la Titularidad: Una Trayectoria Integrada de Impacto y Liderazgo	147
7.2 Visión y Compromisos como Profesor Titular	148
8. Lista de Anexos	150

# **Lista de Figuras**

Figura 4.2.1: Distribución de Cursos por Tipo y Período (2015-2025)	19
Figura 4.6.1: Comunicación con estudiantes e impacto en estudiantes.	25
Figura 4.7.1: Evolución del Puntaje global por período. Fuente Uniandes.	26
Figura 4.7.2: Calificación por concepto. Fuente Uniandes.	28
Figura 4.7.3: Análisis de comentarios de estudiantes mediante análisis de sentimiento usando NLTK de Python.	29
Figura 4.8.1: Análisis por curso y período, año 2023.	32
Figura 4.8.2: Actividad de pósteres de proyecto final en el curso de introducción a la Física.	32
Figura 4.8.3: Análisis por curso y período, año 2024.	34
Figura 4.8.4: Fortalezas en la práctica docente basado en comentarios de los estudiantes en el período 2024.	36
Figura 4.8.5: Aspectos metodológicos efectivos en la práctica docente basado en comentarios de los estudiantes en la encuesta midterm realizada en el período 202510.	37
Figura 4.8.6: Áreas de oportunidad en la práctica docente basado en comentarios de los estudiantes en la encuesta midterm realizada en el período 202510.	38
Figura 4.8.7: Notas de clase sobre el "Teorema del Trabajo Máximo" para el curso de termodinámica, con secciones diferenciadas y cuadros de colores que resaltan conceptos clave y resultados importantes.	40
Figura 4.11.1: Análisis de tesis dirigidas (2015-2025). Panel izquierdo: evolución temporal por nivel académico. Panel derecho: distribución temática con predominio en Magnetismo/Materiales Magnéticos (52.2%) y Óxidos Multifuncionales (26.1%). Total: 26 tesis (20 pregrado, 4 maestría, 2 doctorado).	43
Figura 5.2: Esquema de temas de investigación.	61
Figura 5.3.1: Impacto científico de mi investigación (2018-2025). La gráfica muestra el crecimiento hasta 2,758 citaciones acumuladas, con punto máximo en 2022. El 60.6% (1,671) de las citaciones provienen desde 2020, con un índice h actual de 23 (19 considerando solo publicaciones recientes).	67
Figura 5.4.1 Distribución de cuartiles de mis publicaciones desde 2015.	72
Figura 5.8.1: Distribución de recursos SGR por institución para el proyecto de Computación Cuántica y Neuromórfica. La Universidad de los Andes recibe 72.78% del financiamiento total (\$36,500,000,000 COP), seguida por Universidad del Valle (11.90%) y Universidad de Antioquia (6.06%).	87
Figura 5.8.2: Comparación de los montos entre todos proyectos SGR en Uniandes al corte 2025. Fuente Oficina de Regionalización	89
Figura 5.8.3: Temáticas a investigar en el proyecto.	90
Figura 5.10.1: Comparación del índice h entre colegas en cargo de profesores titulares.	97
Figura 5.10.2: Comparativo de la producción científica entre colegas en categoría de profesor titular.	97
Figura 5.10.3: Comparativo de citaciones entre colegas con cargo de profesores titulares.	98
Figura 5.11.1: Resumen de mis actividad como referí de artículos científicos desde 2020.	100

Figura 5.11.2: Análisis de mi actividad en la escritura de cartas de recomendación.	101
Figura 6.2.1: Miembros del laboratorio de docencia 2018.	107
Figura 6.2.2: Equipos de vanguardia adquiridos en la renovación de laboratorios. Incluye: (a) sistema para curvas de histéresis magnética, (b) sistema de fotoconductividad, (c) pinzas ópticas, (d) microscopio de tunelamiento, (e) dispositivos para mediciones de ruido, (f) termo generador semiconductor, (g) oscilador de torsión, (h) magnetostricción con interferómetro de Michelson, y (i) trampa de Paul. Estos equipos permiten explorar conceptos avanzados en física moderna y cuántica con aplicaciones en investigación y docencia.	108
Figura 6.2.3: Transformación de la enseñanza experimental de Física mediante la renovación tecnológica y metodológica de los laboratorios.	110
Figura 6.2.4: Interfaz gráfica de Logger Pro.	111
Figura 6.2.5: Guía de laboratorio de Física 1 sobre cinemática unidimensional con análisis cualitativo y cuantitativo del movimiento de un móvil en un riel de baja fricción.	113
Figura 6.2.6: Experimento de péndulos acoplados por un resorte para el curso de Ondas y Fluidos, con secciones estructuradas para el análisis mecánico y de oscilaciones.	113
Figura 6.2.7: Montajes experimentales de mecánica: (a) Sensor de fuerza con masa suspendida, (b) Gráfica de decaimiento de fuerza, (c) Sistema oscilatorio con múltiples masas, y (d) Gráficas de posición, velocidad y aceleración mostrando el movimiento armónico simple.	117
Figura 6.2.8: Diseño experimental de aparatos para el estudio de fenómenos mecánicos: (a) Giroscopio de precisión con disco metálico suspendido en un marco de acero inoxidable que permite observar la conservación del momento angular y la precesión giroscópica; (b) Montaje "Loop the Loop" para visualizar la conservación de energía mecánica y fuerzas centrípetas, permitiendo a los estudiantes analizar las condiciones críticas para que un objeto complete un bucle vertical sin caerse.	118
Figura 6.2.9: Experimento demostrativo de centro de masa. Se observa la trayectoria del mazo desde su centro de masa.	120
Figura 6.2.10: Aplicación web desarrollada usando AI para el análisis de la imagen y determinación de la trayectoria.	121
Figura 6.2.11: Montaje experimental y materiales para el experimento virtual de caída libre en el período 2020-20. A los estudiantes se les pide revisar la guía y usar los datos generados en el laboratorio para hacer el análisis. Los datos fueron tomados por el equipo de laboratorio. Esta fue la primera fase de virtualización, mientras soluciones más permanentes se estaban desarrollando.	125
Figura 6.3.1: Comparación de la malla curricular del programa de maestría antiguo y nuevo.	130
Figura 6.3.2: Visita de comitiva de École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris (ESPCI) y Paris Dauphine University (PSL) en 8 de Abril 2025 en promoción del convenio de doble titulación. Izquierda: Andrés Arias Velazquez (Estudiante seleccionado 2025), Juan Gabriel Ramírez (Coordinador posgrado Física), Cheryl de Palma (directora convenio en ESPCII), Marcela Bonilla (Coordinadora académica física). Derecha: Charla introductoria sobre el convenio.	132
Figura 6.3.3: Visita de comisión de la administración de Uniandes para discusión de aspectos financieros del programa de doctorado en Ciencias Física.	134
Figura 6.8.1: Participantes de la escuela cs3m entre panelistas, estudiantes y asistentes. Info en <a href="http://cs3m.uniandes.edu.co/">http://cs3m.uniandes.edu.co/</a> .	140
Figura 6.10.1: Resumen de post de Facebook de la cuenta de Minciencias, destacando la participación del Laboratorio de Nanomagnetismo.	145



# **Lista de Tablas**

Tabla 2.1 Resumen de Logros Destacados.	11
Tabla 4.1.1 Desarrollo de cursos nuevos.	17
Tabla 4.2.1: Lista de cursos dictados.	19
Tabla 4.3.1: Lista de proyectos experimentales.	22
Tabla 4.4.1 Listado de recursos audiovisuales para cursos de servicio.	23
Tabla 4.8.1: Cursos en el período 2024.	35
Tabla 4.11.1: Tesis Dirigidas (2015-2025).	43
Tabla 4.11.2 Lista de cursos dirigidos	57
Tabla 5.4.1: Estudiantes formados bajo mi dirección.	78
Tabla 5.6.1: Lista de charlas invitadas.	80
Tabla 5.7.1: Lista de proyectos de investigación destacados.	83
Tabla 5.8.1: Instituciones involucradas en el proyecto.	87
Tabla 5.9.1: Lista de Colaboradores Internacionales y Nacionales.	93
Tabla 5.10.1: Resumen de indicadores bibliométricos.	95
Tabla 5.11.1: Distribución de Cartas de Recomendación por Tipo de Candidato y Destino.	101
Tabla 6.1.1: Resumen de logros en coordinaciones.	105
Tabla 6.2.1: Comentarios sobre la guía experimental.	115
Tabla 6.2.2: Lista de Guías de los Experimentos de física en video.	122
Tabla 6.5.1: Resumen evaluaciones de tesis.	135
Tabla 6.6.1: Nodos ALMA.	136
Tabla 6.6.2: Lista de webinars y conferencistas en el marco de ALMA.	137
Tabla 6.7.1: Lista de episodios de SENECAST.	138

# 1. Hoja de Vida Resumida

## Dr. Juan Gabriel Ramírez Rojas

Profesor Asociado, Universidad de los Andes (desde 2020)

ORCID: 0000-0001-8546-6966

jgramirez@uniandes.edu.co



## Formación Académica

- Ph.D. en Física, Universidad del Valle, Colombia (2009)
- Post-doctorado, Universidad de California San Diego, EEUU (2015)

## Trayectoria Profesional Destacada

- Profesor Asociado, Universidad de los Andes (2020-presente)
- Profesor Asistente, Universidad de los Andes (2015-2020)
- Coordinador de Posgrado, Departamento de Física, Uniandes (2021-presente)
- Editor, Journal of Magnetism and Magnetic Materials (Elsevier)
- Investigador Senior, MinCiencias desde 2018

## Impacto Científico

- **Publicaciones:** +60 artículos en revistas internacionales indexadas
- **Financiación:** Investigador principal en 6 proyectos con fondos nacionales e internacionales, incluyendo Investigador Principal en propuesta SGR por 36,500 Millones de pesos
- **Patentes:** 1 solicitud en proceso de "Sistemas Cuánticos y Métodos para su Fabricación y Uso"
- **Áreas de investigación:** Nanomagnetismo, materiales cuánticos, óxidos complejos para computación neuromórfica

## Contribuciones Académicas

- Docencia: Diseño e implementación de 3 cursos avanzados en física, y experimentos demostrativos de física
- Mentoría: Dirección de 2 tesis doctorales, 5 de maestría y 23 trabajos de pregrado
- Liderazgo institucional: Reforma del programa de Maestría en Física, establecimiento de convenios internacionales

## Coordinaciones

- Coordinador de Laboratorios de Docencia
- Coordinador de Comunicaciones
- Coordinador de Posgrado
- Coordinador de co-Laboratorios (Física)

## Iniciativas de Impacto Regional

- Co-fundador: Asociación Latinoamericana de Magnetismo (ALMA)
- Co-fundador: Sociedad Colombiana de Magnetismo (En progreso)
- Líder de proyecto: "Fortalecimiento de capacidades en computación cuántica y neuromórfica" (8 departamentos de Colombia), 36,500 Millones de pesos
- Co-creador: Podcast Senecast para divulgación científica

## 2. Resumen Ejecutivo

### 2.1 Perfil

Soy Juan Gabriel Ramírez Rojas, actualmente Profesor Asociado del Departamento de Física de la Universidad de los Andes (desde 2020), habiendo iniciado mi vinculación como Profesor Asistente en 2015. Mi trayectoria académica se ha desarrollado en torno a tres ejes principales: la docencia, la investigación en el campo del nanomagnetismo y materiales cuánticos, y la participación en el desarrollo institucional.

Mi filosofía de enseñanza, que se expondrá en detalle en la Sección 4, se basa en la integración activa de la investigación en los procesos formativos. Busco que los estudiantes no solo adquieran conocimientos teóricos, sino que también participen en la indagación científica, por ejemplo, mediante la incorporación de hallazgos recientes en el aula, el desarrollo de mini-proyectos de investigación y la creación de cursos que vinculan directamente la teoría con la práctica experimental avanzada.

En el ámbito de la investigación, he trabajado en la exploración de propiedades de materiales a escala nanométrica, con un enfoque en óxidos complejos, buscando tender puentes entre la ciencia fundamental y sus aplicaciones tecnológicas. Esto ha llevado al establecimiento de un laboratorio de nanomagnetismo, la formación de estudiantes en investigación y la publicación en revistas especializadas, como se detallará en la Sección 5.

En el área de desarrollo institucional, he asumido roles de coordinación (laboratorios, posgrado, comunicaciones), desde los cuales he buscado implementar mejoras y soluciones innovadoras. Un ejemplo de ello ha sido la gestión de recursos para proyectos de investigación, incluyendo iniciativas de gran escala que han implicado la articulación con diversas entidades y la búsqueda de sostenibilidad económica para la investigación científica (ver Sección 5.8 y Sección 6).

Esta aproximación busca un equilibrio entre la actividad docente, la investigativa, la formación de nuevas generaciones de científicos y la contribución al crecimiento de los programas y capacidades del departamento y la Universidad, aspectos que se desarrollarán en las secciones subsiguientes de este dossier.

A continuación un resumen de logros destacados por eje.

Tabla 2.1 Resumen de Logros Destacados.

Ejes	Indicadores Clave	Logros Sobresalientes
Docencia	<ul style="list-style-type: none"><li>• 26 tesis dirigidas</li><li>• 3 cursos nuevos creados</li><li>• Material didáctico innovador</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estudiantes de pregrado publicando como primeros autores</li><li>• Transformación de laboratorios de docencia</li><li>• Desarrollo de experimentos demostrativos</li></ul>

Ejes	Indicadores Clave	Logros Sobresalientes
Investigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60+ publicaciones científicas</li> <li>• 2,768 citaciones</li> <li>• Índice h: 23</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto SGR de \$36,500 millones como IP</li> <li>• Publicación en Top 100 de Física (Scientific Reports 2019)</li> <li>• Publicaciones en Nature, Nature Physics, y Physical Review Letters.</li> <li>• Editor de Journal of Magnetism and Magnetic Materials</li> </ul>
Liderazgo Institucional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 convenios internacionales</li> <li>• Reforma curricular</li> <li>• Proyección internacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doble titulación con ESPCI Paris y Univ. de Zaragoza</li> <li>• Renovación integral de la Maestría en Física</li> <li>• Co-fundación de ALMA (Asociación Latinoamericana de Magnetismo)</li> </ul>

## 2.2 Docencia

Mi labor docente en la Universidad de los Andes ha comprendido la impartición de una variedad de cursos, que van desde asignaturas fundamentales de servicio, como Física I y II, hasta cursos especializados de la carrera. He contribuido al **desarrollo curricular** mediante la creación de tres cursos electivos avanzados: "Magnetismo y Materiales Magnéticos", "Introducción a la Difracción de Rayos X" y "Tópicos en Espectroscopía de Niveles Fundamentales". Estos cursos están diseñados para alinear la formación de los estudiantes con las líneas de investigación en nanomagnetismo y técnicas experimentales avanzadas. Adicionalmente, he desarrollado talleres como "Científico por un día", con el fin de fomentar el interés por la ciencia en etapas tempranas.

Mi **enfoque pedagógico**, detallado en la Sección 4, busca integrar la investigación en el aula. Esto se ha materializado a través de la incorporación de equipos especializados de nuestros laboratorios en la dinámica de los cursos, como el laboratorio de nanomagnetismo para "Magnetismo y Materiales Magnéticos" y el laboratorio de difracción de Rayos X para el curso introductorio respectivo. Durante la pandemia, adapté mis estrategias docentes mediante la creación de recursos audiovisuales, incluyendo videos de clases y experimentos demostrativos disponibles en YouTube (ver Sección 4.4 y Tabla 4.4.1), para facilitar el aprendizaje a distancia ([Link](#)).

Una parte importante de mi actividad docente ha sido la **dirección de trabajos de grado**, supervisando proyectos a nivel de pregrado, maestría y doctorado. Algunos de estos trabajos han resultado en publicaciones en revistas científicas, incluyendo casos de estudiantes de pregrado como primeros autores, lo cual refleja un compromiso con la formación de investigadores desde el inicio de su trayectoria académica (ejemplos en Sección 4.9.1). Mis **evaluaciones docentes** se han situado, en general, dentro del promedio institucional. He identificado áreas de mejora, particularmente en la gestión y estructura de cursos magistrales, y estoy implementando acciones para abordarlas, como la adopción de la plataforma Gradescope (ver Sección 4.7.4) y la continua revisión de mis metodologías.

## 2.3 Investigación

Mi programa de investigación se centra en la física experimental de materiales cuánticos y multifuncionales a escala nanométrica, explorando propiedades electrónicas, magnéticas y estructurales emergentes con miras a aplicaciones transformadoras en tecnologías de energía e información. He consolidado líneas de investigación innovadoras sobre confinamiento cuántico en óxidos correlacionados, materiales para computación neuromórfica, e ingeniería

de defectos para controlar transiciones de fase. Un logro científico destacado incluye el descubrimiento del ferromagnetismo inducido por tamaño en nanopartículas multiferroicas ( $\text{BiFeO}_3$ ), publicado en [Scientific Reports \(2019\)](#) y reconocido como uno de sus artículos de Física más descargados ese año.

Mi producción científica demuestra un impacto sostenido y creciente, con más de 60 publicaciones en revistas internacionales indexadas, acumulando más de 2750 citaciones y un índice h de 23. Aproximadamente el 60% de estas citaciones y un índice h reciente de 19 provienen de trabajos publicados desde 2020, reflejando la madurez y relevancia actual de mi investigación. He publicado en revistas de alto impacto como *Nature Physics*, *Physical Review Letters*, *Scientific Reports*, *Physical Review Materials*, y *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*.

He demostrado una capacidad excepcional para asegurar financiación competitiva, culminando recientemente en el liderazgo (como Investigador Principal) del megaproyecto de Regalías (SGR) sobre computación cuántica y neuromórfica. Este proyecto, con una inversión sin precedentes para la Universidad de \$36.500 millones COP (más de \$42 mil millones COP en total con contrapartidas), fortalece capacidades en 8 departamentos del país y posiciona a Uniandes como líder nacional. He obtenido también financiación de Minciencias, proyectos internos y colaboraciones internacionales (e.g., H2020 MAGNAMED, LNNano Brasil).

El reconocimiento internacional a mi trabajo se evidencia en numerosas charlas invitadas (~19 desde 2020) en instituciones de prestigio (Cornell, UC San Diego, Unicamp, conferencias MMM/IMRC), mi rol como Editor Asesor en *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* (Elsevier), mi participación como evaluador experto para diversas entidades y una solicitud de patente en revisión sobre sistemas cuánticos acoplados para computación

## 2.4 Desarrollo Institucional

Mi participación en el desarrollo institucional se ha centrado en roles de coordinación y en la creación de redes y plataformas para la comunidad científica. Como Coordinador de Laboratorios de Docencia, especialmente durante la pandemia en 2020, gestioné la adaptación de las prácticas experimentales a formatos virtuales, lo que incluyó la organización de demostraciones y la actualización de recursos digitales (detalles en Sección 6.2).

En mi rol como Coordinador de Posgrado (2021 y 2023), mis responsabilidades incluyeron el establecimiento de un convenio de doble titulación con ESPCI París (Sección 6.3.2) y la dirección del proceso de reforma curricular de la maestría en física (Sección 6.3.1). También implementé estrategias orientadas a aumentar las admisiones al programa. Como Coordinador de Comunicaciones (2021-2022), trabajé en la creación y gestión de las plataformas de redes sociales del departamento, con el objetivo de ampliar su proyección (Sección 6.1).

A nivel externo, he participado en la fundación e impulso de la Asociación Latinoamericana de Magnetismo (ALMA), mediante la organización de seminarios web y tutoriales para fomentar una red científica regional (Sección 6.6). Adicionalmente, co-desarrollé el podcast Senecast, una iniciativa de divulgación para visibilizar la investigación de la Universidad (Sección 6.7). Estas actividades, que se describen con mayor detalle en la Sección 6, buscan contribuir al entorno académico y científico.

## 2.5 Expectativas como Profesor Titular

Mi trayectoria en la Universidad de los Andes ha estado guiada por un profundo compromiso con la excelencia académica y una dedicación al desarrollo de nuestra institución. Es desde esta base de compromiso y dedicación que mi aspiración a la categoría de Profesor Titular surge como un paso natural y un hito significativo en mi carrera. Como Profesor Titular,

pretendo consolidar y expandir mi contribución en tres áreas fundamentales: docencia, investigación y desarrollo institucional.

En el ámbito de la docencia, me propongo mejorar la organización y gestión de mis clases, implementando un uso más efectivo del software de gestión de aula (Bloque Neón) y definiendo mejor los programas de mis cursos para incluir actividades adicionales. A mediano plazo, busco aumentar el número de cursos dictados en la carrera y crear un curso electivo experimental exitoso en tecnologías cuánticas, así como un curso/taller sobre aplicaciones de la difracción de rayos X. A largo plazo, aspiro a dictar cursos avanzados a nivel de posgrado en áreas clave de la materia condensada y nanomagnetismo, aumentar mis cursos a nivel de Educación Continua, y ser reconocido como un profesor destacado en la institución.

En investigación, me comprometo a mantener el ritmo de publicación de alto impacto, conectar con más colegas internacionales para fomentar colaboraciones, y aumentar la participación en proyectos del sistema general de regalías. A mediano plazo, continuaré aplicando a proyectos internacionales europeos o en EE.UU., y a largo plazo, aspiro a ampliar la visibilidad e impacto de mi trabajo a nivel internacional, posicionar aún más mi grupo de investigación, y aumentar el número de estudiantes de doctorado en mi grupo.

En términos de desarrollo institucional, planeo participar activamente en comités y grupos de trabajo, proporcionar orientación y apoyo a colegas más jóvenes, y trabajar en la propuesta de reforma a la maestría y creación de programas de profundización. A mediano plazo, aspiro a tomar roles de liderazgo adicionales en la administración académica y trabajar en iniciativas de desarrollo institucional. A largo plazo, me gustaría asumir roles de liderazgo superior en la institución e impulsar políticas y programas que beneficien a la comunidad académica.

En el ámbito de liderazgo, buscaré aumentar mi participación en talleres de ayuda a docentes, desarrollar programas para ayudar a egresados en su desarrollo profesional, y aumentar mi participación a nivel universitario en comités y desarrollo de políticas. A largo plazo, aspiro a asumir una posición de liderazgo en la administración universitaria e implementar programas de mentoría para el personal académico de posgrado.

En resumen, mi trayectoria hasta ahora refleja un compromiso profundo con la excelencia académica, la investigación innovadora y el desarrollo institucional. Como Profesor Titular, aspiro a elevar estos compromisos a un nuevo nivel, continuando mi crecimiento profesional mientras contribuyo significativamente al avance de la Universidad de los Andes y su posicionamiento como referente académico en el ámbito nacional e internacional.

## Estructura del Dossier Académico



### 3. Introducción y Estructura del Dossier: Del Laboratorio al Aula

Mi trayectoria como físico y educador en la Universidad de los Andes se ha forjado en la convicción de que la investigación de vanguardia y la formación de nuevas generaciones de científicos son facetas intrínsecamente conectadas. El título de este dossier, "Del Laboratorio al Aula", encapsula esta filosofía central: la búsqueda constante por traducir los descubrimientos y el rigor del trabajo investigativo en experiencias de aprendizaje significativas y estimulantes para los estudiantes, y, a su vez, cómo la interacción con mentes jóvenes y curiosas en el aula enriquece y orienta la propia investigación. Este documento está diseñado no solo para presentar mis logros, sino para narrar la historia de esta sinergia, demostrando cómo la investigación, la docencia y el compromiso institucional se han entrelazado para definir mi contribución académica.

La estructura de este portafolio ha sido cuidadosamente diseñada para guiar al lector a través de esta línea conceptual, mostrando cómo cada eje de mi actividad profesional se construye sobre los otros y contribuye a una visión integral.

**Sección 4: Docencia – El Aula como Extensión del Laboratorio.** Esta sección no se limita a un recuento de cursos impartidos. Su propósito es ilustrar cómo mi experiencia investigativa permea mi práctica pedagógica. Aquí, el lector encontrará la evolución de mi filosofía de enseñanza, el desarrollo de cursos innovadores que incorporan directamente los avances y herramientas de la investigación en nanomagnetismo y materiales cuánticos (Sección 4.1), y cómo la mentoría y la formación de escuela (Sección 4.9) buscan cultivar en los estudiantes las habilidades y la pasión por el descubrimiento científico. Se argumenta que el aula se convierte

en un espacio donde los conceptos teóricos cobran vida a través de la lente de la investigación activa.

**Sección 5: Producción Académica – La Investigación como Motor de Conocimiento y Formación.** Más allá de presentar mis líneas de investigación y el impacto de mis publicaciones (Secciones 5.2, 5.3), esta sección busca evidenciar cómo la actividad científica es un ecosistema que incluye intrínsecamente la formación de capital humano (Sección 5.5). Se destaca cómo los proyectos de investigación (Sección 5.7), incluyendo iniciativas de gran envergadura como el proyecto SGR (Sección 5.8), no solo avanzan la frontera del conocimiento, sino que también proporcionan el contexto y los recursos para la formación avanzada de estudiantes, quienes a su vez contribuyen activamente a dicha producción.

**Sección 6: Desarrollo Institucional y Compromiso con la Comunidad – Creando el Entorno para la Sinergia.** Esta sección detalla cómo mi compromiso se extiende al fortalecimiento de las estructuras que permiten que la investigación y la docencia de calidad prosperen. El lector encontrará ejemplos de liderazgo en coordinaciones (Secciones 6.1-6.3) que han buscado modernizar recursos, reformar programas para una mayor relevancia y competitividad, y establecer puentes internacionales. Se argumenta que un entorno institucional robusto y conectado con la comunidad científica global (Secciones 6.6, 6.9) es fundamental para potenciar el ciclo virtuoso entre la generación de conocimiento en el laboratorio y su transmisión y expansión en el aula.

**Sección 7: Reflexión Final y Visión Estratégica – Integrando la Trayectoria.** Finalmente, esta sección recoge los hilos conductores de las secciones anteriores para presentar una síntesis de mi perfil y argumentar mi idoneidad para la promoción, delineando cómo, desde la posición de Profesor Titular, buscaré profundizar y expandir esta visión integradora de "Del Laboratorio al Aula".

Así, este dossier no es una colección de partes aisladas, sino un argumento estructurado que busca demostrar una trayectoria coherente y un impacto multifacético, donde la investigación alimenta la docencia, y ambas se ven fortalecidas por un compromiso activo con el desarrollo de nuestra comunidad académica.

## 4. Docencia

Mi enfoque pedagógico se fundamenta en la integración deliberada entre investigación y docencia. Como profesor de física, estoy convencido de que los estudiantes desarrollan una comprensión más profunda y contextualizada cuando participan activamente en procesos investigativos. Esta filosofía se materializa en tres principios fundamentales: primero, incorporo sistemáticamente mi trabajo científico en el aula mediante ejemplos tangibles y mini-proyectos que estimulan el cuestionamiento activo; segundo, implemento materiales digitales y demostraciones experimentales que establecen conexiones directas con fenómenos físicos complejos; y tercero, cultivo el pensamiento crítico y la autonomía intelectual, preparando a mis estudiantes para abordar nuevos problemas con rigor metodológico.

Esta aproximación ha evolucionado desde simples referencias a mi investigación hasta un modelo pedagógico estructurado donde los estudiantes experimentan cómo los conceptos teóricos se aplican en la frontera del conocimiento. Los resultados son tangibles: estudiantes que publican como primeros autores en revistas internacionales y acceden a programas doctorales competitivos, demostrando la efectividad de vincular la investigación avanzada con la formación científica de alto nivel.

### 4.1 Desarrollo de Nuevos Cursos

Mi desarrollo de nuevos cursos se ha caracterizado por tres elementos innovadores fundamentales: (1) la integración directa entre investigación activa y contenido curricular, (2) el uso de herramientas computacionales y técnicas analíticas utilizadas en la frontera del conocimiento, y (3) metodologías de aprendizaje activo que combinan fundamentos teóricos con aplicaciones prácticas en problemas reales. Estos elementos diferencian significativamente los cursos que he creado, proporcionando a los estudiantes una experiencia de aprendizaje que los prepara directamente para la investigación en áreas emergentes como la nanociencia y los materiales para tecnologías cuánticas y neuromórficas.

Tabla 4.1.1 Desarrollo de cursos nuevos.

Característica	Magnetismo y Materiales Magnéticos	Introducción a la Difracción de Rayos X	Topics in Core Level Spectroscopy
Código	FISI-3708/4708	FISI-3763/4763	FISI-4594/3720
Períodos impartidos	3	1	1
Nivel	Pregrado/Posgrado	Pregrado/Posgrado	Pregrado/Posgrado
Necesidad curricular	Fortalecimiento de la línea de nanomagnetismo	Análisis estructural para ciencia de materiales	Técnicas avanzadas de caracterización electrónica
Componente innovador	<ul style="list-style-type: none"><li>• Integración directa de software de simulación micromagnética utilizado en investigación de frontera (OOMMF, Ubermag)</li><li>• Integración con experimentos en el Laboratorio</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Experimentos avanzados en laboratorio de rayos X</li><li>• Entrenamiento en análisis de datos experimentales reales de Sincrotrón</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aplicación de técnicas sincrotrón con software especializado (Quanty, CTM4DOC, Crispy)</li><li>• Entrenamiento en análisis de datos experimentales reales de Sincrotrón</li></ul>
Metodología	<ul style="list-style-type: none"><li>• Clases teóricas (40%)</li><li>• Talleres prácticos (40%)</li><li>• Proyecto final (20%)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fundamentos teóricos (20%)</li><li>• Sesiones tutoriales (20%)</li><li>• Aprendizaje por proyectos (60%)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Enfoque por competencias</li><li>• Simulaciones con software especializado</li><li>• Aplicación a sistemas de óxidos funcionales</li></ul>
Evaluación docente	152/4.5-162/4.9	156/4.7	146/4.2

Impacto	17/Estudiantes	15/Estudiantes	15/Estudiantes
---------	----------------	----------------	----------------

### **Magnetismo y Materiales Magnéticos (FISI-3708/4708)**

Este curso, nacido directamente de mi línea de investigación en nanomagnetismo, proporciona las bases conceptuales necesarias para comprender los fenómenos magnéticos fundamentales para tecnologías emergentes como la computación neuromórfica y cuántica. Su estructura progresiva (fundamentos del magnetismo → tipos de orden magnético → espintrónica → técnicas de caracterización) permite a los estudiantes construir un entendimiento sólido desde los principios básicos hasta aplicaciones avanzadas.

El elemento diferenciador es la incorporación de herramientas de simulación micromagnética utilizadas en investigación de frontera (OOMMF, Ubermag), permitiendo que los estudiantes no solo comprendan la teoría sino que desarrollen competencias prácticas directamente transferibles a contextos investigativos. Las evaluaciones docentes excepcionales (4.50 y 4.75) confirman la efectividad de este enfoque integrado entre teoría, práctica computacional y aplicación experimental.

### **Introducción a la Difracción de Rayos X (FISI-3763/4763)**

Este curso proporciona competencias fundamentales en caracterización estructural mediante difracción de rayos X, técnica esencial en mi investigación de materiales para computación avanzada. La innovación metodológica reside en la combinación de fundamentos teóricos con análisis de datos experimentales reales y un sistema de charlas especializadas preparadas por los estudiantes.

El enfoque de aprendizaje basado en proyectos (60% del curso) desarrolla capacidades analíticas directamente aplicables en investigación, mientras que las sesiones prácticas en el laboratorio de difracción de la Facultad de Ciencias proporcionan experiencia hands-on con equipamiento profesional. Esta estructura forma investigadores capaces de determinar independientemente parámetros estructurales, identificar fases cristalográficas y analizar propiedades fundamentales de materiales nanoestructurados.

### **Topics in Core Level Spectroscopy (FISI-4594/3720)**

Este curso avanzado, inicialmente desarrollado durante mi estancia como profesor visitante en Unicamp (Brasil) e implementado posteriormente en Uniandes, introduce técnicas de espectroscopía de nivel de núcleo utilizando radiación sincrotrón, fundamentales para caracterizar la estructura electrónica de materiales para computación avanzada.

La innovación pedagógica radica en la combinación de un enfoque por competencias claramente definidas con aprendizaje práctico mediante simulaciones con software especializado (Quanty, CTM4DOC, Crispy) aplicado directamente a los sistemas de óxidos funcionales que investigamos en nuestro laboratorio. Esta aproximación asegura que los estudiantes desarrollen tanto base teórica sólida como habilidades prácticas en herramientas computacionales avanzadas, preparándolos directamente para investigación en ciencia de materiales de vanguardia.

## **4.2 Cursos Impartidos por Período**

Mi trayectoria docente en la Universidad de los Andes (2015-2025) refleja un compromiso consistente con diferentes niveles formativos y áreas de la física. Como se evidencia en la Figura 4.2.1, he mantenido un balance entre cursos magistrales fundamentales, cursos disciplinares especializados y cursos introductorios y de laboratorio, adaptando mis aproximaciones pedagógicas a las necesidades específicas de cada formato y nivel.

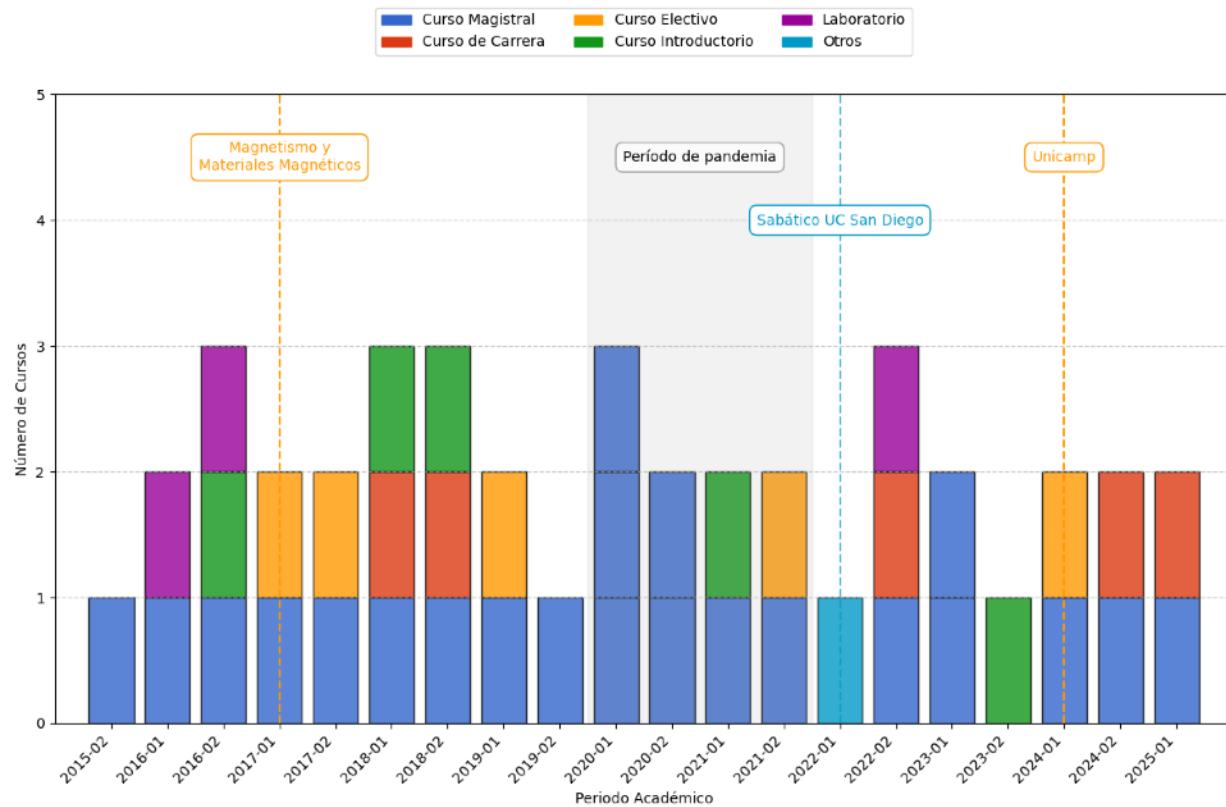


Figura 4.2.1: Distribución de Cursos por Tipo y Período (2015-2025)

La figura presenta una visualización de mi experiencia docente durante la última década, permitiendo identificar algunos patrones significativos:

- Continuidad y diversificación:** Mi carga docente ha sido consistente a lo largo del tiempo, con una media de 2-3 cursos por semestre, equilibrando cursos magistrales con cursos especializados y de laboratorio.
- Versatilidad y adaptabilidad:** He impartido cursos en todos los niveles de formación, desde introductorios hasta avanzados, y en diversas modalidades (teóricos, prácticos, magistrales y electivos).
- Contribución curricular:** He desarrollado y consolidado cursos clave para la línea de nanomagnetismo ("Magnetismo y Materiales Magnéticos" y "Introducción a difracción de rayos X"), que han fortalecido esta área emergente en nuestro programa.
- Experiencia en cursos fundamentales:** Los cursos magistrales de Física I y Física II constituyen el núcleo de mi actividad docente, lo que refleja mi compromiso con la formación básica de los estudiantes.
- Evolución y crecimiento:** He ampliado gradualmente mi repertorio de cursos, incorporando experiencias en diferentes niveles del programa y adaptándome a las necesidades departamentales.

Para mas detalle, presento los curso detallados por semestre en la tabla 4.2.1.

Tabla 4.2.1: Lista de cursos dictados.

<b>Período</b>	<b>Cursos</b>	<b>Observaciones</b>
2025 - 01	Termodinámica	Curso de la Carrera Semestre 5
	FISI-1018: Física I	Curso Magistral
2024 - 02	Física Moderna	Curso de la Carrera Semestre 4
	FISI-1528: Física 2	Curso Magistral
2024 - 01	Topics in core level spectroscopy	Curso electivo
	FISI-1018: Física I	Curso Magistral - Mejor promedio Exam. Final
2023 - 02	Introducción a la Física	Curso introductorio a la carrera de Física
2023 - 01	FISI-1528: Física 2	Curso Magistral
	FISI-1528: Física 2	Curso Magistral
2022 - 02	FISI-1018: Física I	Curso Magistral
	FISI-2551: Laboratorio Intermedio/Avanzado	Curso de la Carrera Semestre 6
2022 - 01	STAI	Sabático en la Universidad de California San Diego
2021 - 02	FISI-1018: Física I	Curso Magistral
	FISI-3708/4708: Magnetismo y Materiales Magnéticos	Curso Electivo Creado para la línea de nanomagnetismo
2021 - 01	FISI-1018: Física I	Curso Magistral
	FISI-1038: Introducción a la Física	Curso Introductorio de Carrera
2020 - 02	FISI-1018: Física I	Curso Magistral
	FISI-1038: Ondas y Fluidos	Curso Magistral
2020 - 01	FISI-1018: Física I	Curso Magistral
	FISI-1038: Ondas y Fluidos	Curso Magistral
2019 - 02	FISI-1018: Física I	Curso Magistral
2019 - 01	FISI-1018: Física I	Curso Magistral
	FISI-4763: Introducción a difracción de rayos X	Curso Electivo Creado para la línea de nanomagnetismo

<b>Período</b>	<b>Cursos</b>	<b>Observaciones</b>
2018 - 02	FISI-1018: Física I	Curso Magistral
	FISI-3760: Física del Estado Sólido	Curso de la Carrera Semestre 8
	FISI1005 y FISI1003: Coloquio de Física	Curso Introductorio de Carrera
2018 - 01	FISI-1018: Física I	Curso Magistral
	FISI-3760: Física del Estado Sólido	Curso de la Carrera Semestre 8
	FISI1005 y FISI1003: Coloquio de Física	Curso Introductorio de Carrera
2017 - 02	FISI-1018: Física I	Curso Magistral
	FISI-3708/4708: Magnetismo y Materiales Magnéticos	Curso Electivo Creado para la línea de nanomagnetismo
2017 - 01	FISI-1018: Física I	Curso Magistral
	FISI-3708/4708: Magnetismo y Materiales Magnéticos	Curso Electivo Creado para la línea de nanomagnetismo
2016 - 02	FISI-1018: Física I	Curso Magistral
	FISI-2551: Laboratorio Intermedio/Avanzado	Curso de la Carrera Semestre 6
	FISI-1002: Introducción a la Física	Curso Introductorio de Carrera
2016 - 01	FISI-1018: Física I	Curso Magistral
	FISI-2551: Laboratorio Intermedio/Avanzado	Curso de la Carrera Semestre 6
2015 - 02	FISI-1018: Física I	Curso Magistral

## **4.3 Cursos de Proyecto Experimental, teórico y computacional**

El curso de Proyecto Experimental representa una introducción fundamental al proceso de investigación experimental. En este marco académico, los estudiantes asumen proyectos experimentales sugeridos por los profesores y son guiados a través de cada etapa del proceso experimental hasta su conclusión. Este espacio de aprendizaje no solo es fascinante sino también provechoso, ya que se fomentan valores éticos esenciales relacionados con el trabajo interdisciplinario, el manejo riguroso de datos y la responsabilidad inherente en la autoría de trabajos científicos. Resulta notable que un gran número de estos estudiantes prosiguen con proyectos de monografía dentro del grupo de nanomagnetismo, evidenciando la importancia y el valor de este curso en su formación académica y profesional.

Tabla 4.3.1: Lista de proyectos experimentales.

Período	Tipo	Estudiante	Titulo
2024-01	Experimental/ Teórico Computacional	Daniel Santiago Rueda Villalba	Moiré Optics
	Experimental	Carlos Felipe Eugenio Gómez	Disorder effects on magnetic properties of HEO
	Teórico/ Experimental	Juan Daniel Castrellón (*)	Simulaciones DFT en V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Propiedades magnéticas de V <sub>2</sub> O <sub>5-x</sub>
	Experimental	Adriana María Velásquez Medina	Fase Tau en imanes permanentes (MnAl)
	Experimental	Nicolás Lara Gómez	Determinación de la fase vidrio de espín en películas delgadas de Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
	Experimental	Sara Camila Sanchez Hernandez	Propiedades estructurales de películas delgadas de BiFeO <sub>3</sub>
	Experimental/ Teórico Computacional	Laura Sofía Rodríguez Góngora	Mecanismos de transporte en BiFeO <sub>3</sub>
	Experimental/ Teórico Computacional	Isabella Ruiz Jiménez	Moiré Optics
2023-02	Experimental	Laura Sofia Rodriguez Gongora	Propiedades de Transporte en películas delgadas de BFO
	Teórico/ Experimental	Felipe Andres Suarez Necha	Simulaciones de propiedades magnéticas de HEO
	Experimental	Angel Santiago Colonia Avendaño	Películas delgadas de ZnO y VO <sub>x</sub> por spin coating
	Experimental	Juana Granados Rodríguez (*)	Magnetismo inducido por vacancias de Oxígeno en V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
2023 - 01	Experimental	Mily Sánchez	Caracterización magnética del MnAlC y MnAlCu en fase vítreo mediante la técnica FORC
	Experimental	Diego Hernández	Efecto Hall en láminas de ITO
		William Montaño	
	Experimental	Joan Amaya	Transiciones de fase en función de la temperatura de la manganita de lantano dopada con calcio y praseodimio
		Jose Gutierrez	

Período	Tipo	Estudiante	Titulo
2022 - 02	Teórico	Jennifer Guerrero	Estudio de la interacción magnética a largo alcance en tricapas de Cobalto/Niobio/Cobalto

(\*) Mejor póster en Feria de divulgación de Física

## 4.4 Recursos Audiovisuales de Apoyo Docente

Más allá de las estrategias de recursos audiovisuales implementadas durante mi gestión como Coordinador de Laboratorios (detalladas en la Secciones 6.2.5-7), he desarrollado de manera continua recursos audiovisuales específicos para los cursos que imparto directamente. Estos materiales, principalmente clases magistrales grabadas, y en listas de reproducción (playlists) en YouTube, buscan complementar las clases magistrales, ofrecer explicaciones detalladas de conceptos clave, repasar soluciones de ejercicios y proporcionar material de estudio asincrónico accesible para los estudiantes.

Estos videos han sido una herramienta valiosa, especialmente para cursos con alta matrícula o contenido conceptualmente denso, permitiendo a los estudiantes revisar el material a su propio ritmo y reforzar su comprensión. A continuación, se presentan las principales listas de reproducción creadas para algunos de los cursos dictados:

Estas estrategias complementan otras iniciativas, como la creación de videos y simulaciones, buscando ofrecer una experiencia educativa rica y variada que se adapte a diferentes estilos de aprendizaje y promueva una mayor interacción y compromiso por parte de los estudiantes.

*Tabla 4.4.1 Listado de recursos audiovisuales para cursos de servicio.*

Curso	Descripción de la Playlist	Enlace a YouTube
FISI-1038 - Ondas y Fluidos	Videos de apoyo con explicaciones conceptuales, demostraciones y resolución de problemas.	<a href="#">Playlist Ondas y Fluidos</a>
FISI-1018 - Física 1	Clases grabadas, explicaciones de temas fundamentales de mecánica clásica y ejemplos.	<a href="#">Playlist Física 1</a>
FISI-1502 - Introducción a la Física	Material complementario, discusiones temáticas y experimentos demostrativos adaptados.	<a href="#">Playlist Introducción a la Física</a>

## 4.5 Implementación de Herramientas Interactivas y Material de Clase

Con el objetivo de fomentar un ambiente de aprendizaje más dinámico y participativo, y para asegurar la claridad y accesibilidad del material, he incorporado diversas herramientas interactivas en mis clases y he dedicado un esfuerzo considerable a la creación de recursos didácticos de apoyo.

**Uso de Clickers y Herramientas de Respuesta en Tiempo Real:** En varios de mis cursos, especialmente aquellos con grupos numerosos, he implementado el uso de clickers (sistemas de respuesta personal) y plataformas como Kahoot!. Estas herramientas me permiten realizar sondeos rápidos y cuestionarios conceptuales durante la clase, obteniendo retroalimentación instantánea sobre la comprensión de los estudiantes. Esto no solo dinamiza la sesión, sino que me ayuda a identificar en el momento qué temas requieren mayor explicación o un enfoque diferente, permitiendo una adaptación ágil de la enseñanza. Los estudiantes, por su parte, participan de manera más activa y pueden autoevaluar su comprensión de forma lúdica y sin la presión de una calificación formal inmediata.

**Creación de Material de Diapositivas Completo:** Para todos los cursos que he impartido, he desarrollado presentaciones de diapositivas detalladas y visualmente estructuradas. Este material sirve como guía principal durante las clases y como recurso de estudio fundamental para los estudiantes. La preparación de estas diapositivas implica una cuidadosa selección y organización del contenido, la incorporación de gráficos, esquemas e imágenes que faciliten la comprensión de conceptos complejos, y la síntesis de los puntos clave de cada tema. Este esfuerzo busca asegurar que los estudiantes tengan un material de referencia claro, completo y bien organizado para acompañar su proceso de aprendizaje.

## **4.6 Consejería**

Desde que asumí el rol de profesor asistente en 2015, he mantenido un fuerte compromiso con la consejería académica, considerándola una parte fundamental de mi labor docente. A lo largo de estos años, he asesorado regularmente entre 7 y 10 estudiantes de pregrado por semestre, así como a varios estudiantes de maestría que no necesariamente realizan sus tesis bajo mi dirección.

Las consultas de los estudiantes abarcan múltiples dimensiones de su vida académica. Muchos buscan orientación sobre cómo enfocar sus carreras para maximizar oportunidades, formas de involucrarse en investigación, o estrategias para establecer comunicación efectiva con otros profesores. También atiendo situaciones particulares relacionadas con dificultades en materias específicas, inquietudes vocacionales sobre líneas de investigación, y asesoramiento sobre pasantías y programas de doble titulación.

He notado que, más allá de las dudas sobre procesos administrativos o selección de cursos, muchos estudiantes enfrentan desafíos relacionados con la presión académica, incertidumbre sobre su futuro profesional y miedo al fracaso. Mi aproximación en estos casos es ofrecer una escucha empática, presentar opciones viables y alternativas que quizás no habían considerado. Por ejemplo, he trabajado con estudiantes de física que experimentan ansiedad ante la escritura científica, con ellos he tratado de guiarlos en su proceso de investigación y comunicación con sus directores, de manera que puedan lograr una mejor comunicación de las expectativas de trabajo conjunto.

La consejería también me ha permitido identificar y apoyar a estudiantes con potencial para la investigación. He guiado a varios de ellos hacia oportunidades tanto en el laboratorio de nanomagnetismo, como otros laboratorios, resultando en colaboraciones académicas productivas que eventualmente se han traducido en publicaciones conjuntas y continuidad en estudios de posgrado.

Los testimonios recibidos de estudiantes como Daylen Flórez, entre otros, reflejan el impacto positivo de estas interacciones. Especialmente significativos son los casos donde he podido acompañar a estudiantes durante situaciones personales difíciles, ayudándoles a encontrar balance entre sus responsabilidades académicas y su bienestar personal.

Esta faceta de mi trabajo docente representa para mí una oportunidad invaluable para contribuir al desarrollo integral de los estudiantes, más allá de los contenidos estrictamente académicos, y constituye una de las experiencias más gratificantes de mi carrera profesional.

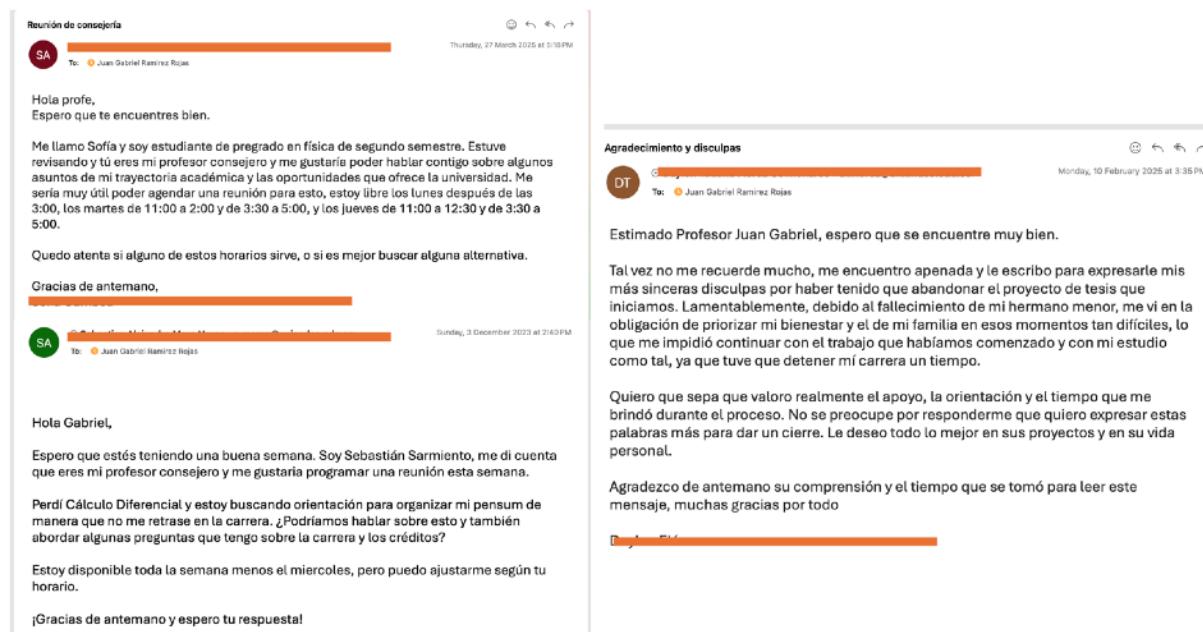


Figura 4.6.1: Comunicación con estudiantes e impacto en estudiantes.

## 4.7 Desempeño General en Docencia

La Figura 4.6.1 muestra el historial de calificaciones promedio de las encuestas docentes realizadas por los estudiantes durante diferentes períodos académicos. Los datos revelan patrones importantes:

- **Tendencia general:** El promedio acumulado se mantiene en un nivel satisfactorio (alrededor de 148 puntos), dentro del rango promedio de la universidad.
- **Variación por períodos:** Se observa una disminución en las calificaciones durante los períodos 2019-20, 2020-10 y 2020-20, que coinciden con la pandemia.
- **Recuperación:** Los períodos 2021-20 y 2024-10 muestran picos de "Promedio-Alto", indicando una recuperación significativa en la percepción de la calidad docente.

### Análisis por tipo de curso:

Para profundizar en estos resultados, solicité a la facultad de educación los datos de mis evaluaciones, lo que me permitió realizar un análisis más granular por tipo de curso:

- **Cursos magistrales:** Promedio general de 143.5 puntos
- **Cursos teóricos:** Promedio general de 151 puntos
- **Cursos de laboratorio:** Promedio general de 153.5 puntos

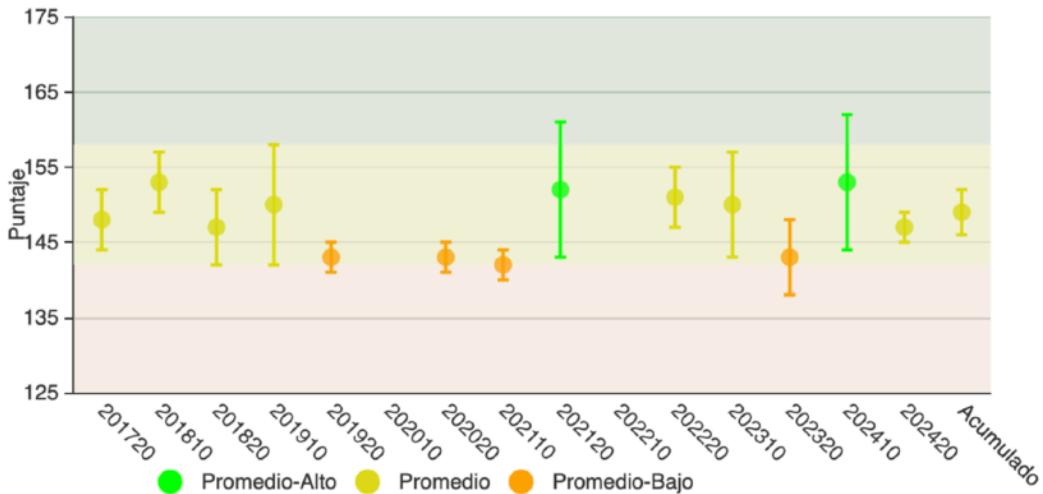


Figura 4.7.1: Evolución del Puntaje global por período. Fuente Uniandes.

Estos datos permiten extraer varias conclusiones importantes:

1. **Impacto de la pandemia:** La disminución en las calificaciones durante los períodos 2020-10 a 2021-10 refleja los desafíos asociados con la transición repentina a la enseñanza virtual.
2. **Efectividad de estrategias adaptativas:** A pesar de implementar diversas estrategias de aprendizaje virtual (canal privado de YouTube, experimentos demostrativos, referencias bibliográficas digitales), estas innovaciones no lograron compensar completamente la experiencia del aprendizaje presencial.
3. **Fortalezas y áreas de mejora:** Los cursos de laboratorio y teóricos reciben evaluaciones más favorables que los magistrales, lo que sugiere una mayor efectividad en formatos que permiten mayor interacción y aplicación práctica.
4. **Plan de acción:** Los datos indican que debo concentrar mis esfuerzos de mejora principalmente en los cursos magistrales.

La Figura 4.7.2 presenta un desglose detallado de las evaluaciones estudiantiles por conceptos específicos, lo que permite un análisis más profundo y focalizado de mi desempeño docente.

## 4.7.1 Patrones destacables por categoría

**Trato a estudiantes:** Este concepto destaca notablemente como mi mayor fortaleza docente. Se observa una consistencia en la calificación "Promedio-Alto" (verde) a lo largo de todos los períodos evaluados, incluso durante la pandemia. Esta estabilidad sugiere que la relación profesor-estudiante se mantuvo sólida a pesar de las circunstancias adversas, lo que refleja una efectiva comunicación y empatía en el entorno virtual.

**Coherencia:** Las evaluaciones muestran fluctuaciones significativas, con puntuaciones más bajas durante los períodos 2019-20 y 2020-10 (plena pandemia). Sin embargo, es alentador observar una recuperación hacia "Promedio-Alto" en el período 2021-10, lo que podría indicar una adaptación exitosa de las metodologías de enseñanza al entorno virtual tras un período inicial de ajuste.

**Gestión de clase:** Se aprecia una tendencia similar a la categoría de coherencia, con descensos durante los períodos de pandemia y recuperaciones posteriores. Particularmente

positivo es el repunte en 2022-10, que sugiere la incorporación de estrategias efectivas para la gestión del tiempo y actividades en entornos combinados (presencial y virtual).

**Retroalimentación y criterios de calificación:** Esta categoría muestra una caída durante 2020-20 (punto más crítico de la pandemia), pero logra una notable recuperación en 2021-20 hasta alcanzar niveles de "Promedio-Alto". Esto sugiere un esfuerzo consciente por mejorar los mecanismos de retroalimentación en respuesta a las dificultades identificadas.

**Habilidades de presentación:** Aunque esta categoría muestra valores "Promedio-Bajo" durante varios períodos de pandemia, logra recuperarse hacia el final del período analizado.

#### **4.7.2 Fortalezas consolidadas**

El análisis de estos datos revela una capacidad resiliente para mantener un trato respetuoso y constructivo con los estudiantes en todas las circunstancias. Asimismo, la tendencia de recuperación en todas las categorías hacia el final del período analizado sugiere una efectiva capacidad de adaptación y mejora continua frente a circunstancias desafiantes.

Estos resultados proporcionan una base objetiva para identificar áreas específicas de desarrollo docente, particularmente en aspectos relacionados con la coherencia y gestión de clase en entornos magistrales, donde los datos generales mostraban oportunidades de mejora.

A continuación hago un análisis de los comentarios de los estudiantes en las encuestas de percepción. Los comentarios de estudiantes se anexan en este [link](#).

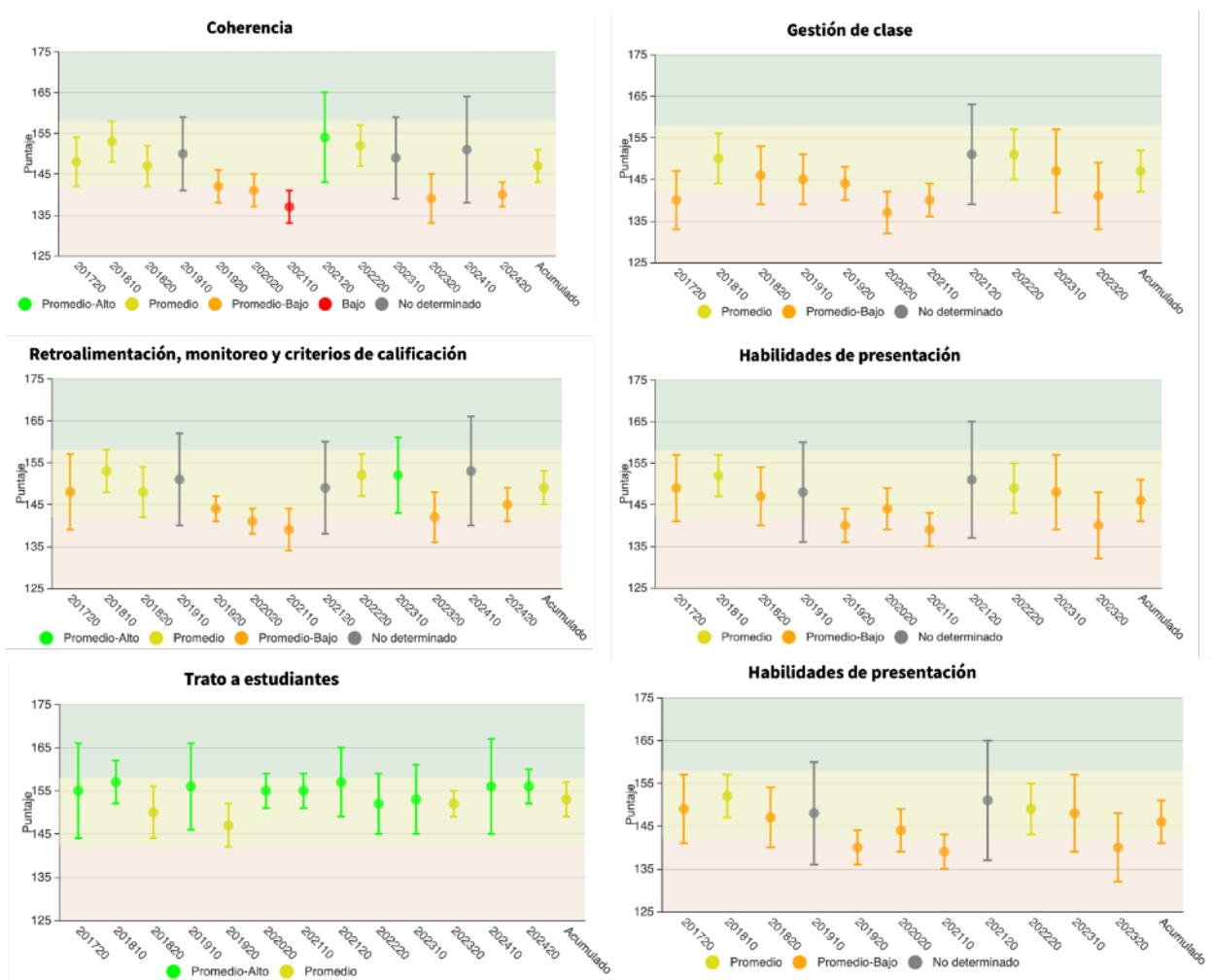


Figura 4.7.2: Calificación por concepto. Fuente Uniandes.

### 4.7.3 Análisis General de Evaluaciones Docentes

A lo largo de mi trayectoria docente, he mantenido un desempeño estable en las evaluaciones realizadas por mis estudiantes durante los últimos siete años, incluso durante el período desafiante de la pandemia. Mi puntuación general ha oscilado consistentemente entre los 142 y 153 puntos, lo que demuestra una efectividad sostenida en mi labor como profesor.

Uno de mis mayores logros como docente se refleja en la relación que establezco con mis estudiantes, aspecto que ha recibido las puntuaciones más altas en mis evaluaciones bajo la categoría de "trato a estudiantes". Este resultado reafirma mi compromiso con un enfoque empático y accesible, donde priorizo crear un ambiente de aprendizaje respetuoso y estimulante. En este sentido, más del 22% de los comentarios positivos recibidos destacan mi capacidad para hacer que la física sea interesante y atractiva, transformando conceptos complejos en material accesible sin sacrificar el rigor académico.

He recibido reconocimiento por mi experiencia y conocimiento profundo de la materia, particularmente en cursos especializados relacionados con mi investigación. De hecho, mis evaluaciones más altas se han registrado en cursos avanzados como Magnetismo y Materiales Magnéticos (162 puntos) e Introducción a la Difracción de Rayos X (156 puntos), lo que indica

que mi formación investigativa enriquece significativamente mi docencia en áreas especializadas, de ahí la historia de este documento: Del Laboratorio al Aula.

Sin embargo, como parte de mi compromiso con la mejora continua, he identificado áreas para seguir desarrollando. Entre ellas está el fortalecimiento de la coherencia y estructura de mis cursos, especialmente en asignaturas introductorias donde el equilibrio entre amplitud y profundidad representa un desafío constante. También estoy trabajando en diversificar mis metodologías de enseñanza, incorporando gradualmente enfoques más interactivos que complementen las presentaciones tradicionales. Adicionalmente, busco mejorar la alineación de mis evaluaciones con los objetivos del curso y proporcionar expectativas más claras a mis estudiantes sobre los criterios de calificación.

Considero que esta estabilidad en mis evaluaciones a lo largo del tiempo, junto con las fortalezas identificadas y mi compromiso con las áreas de mejora, constituye un indicador importante de mi efectividad sostenida como docente, aspecto que considero relevante en el contexto de mi aspiración a profesor titular.

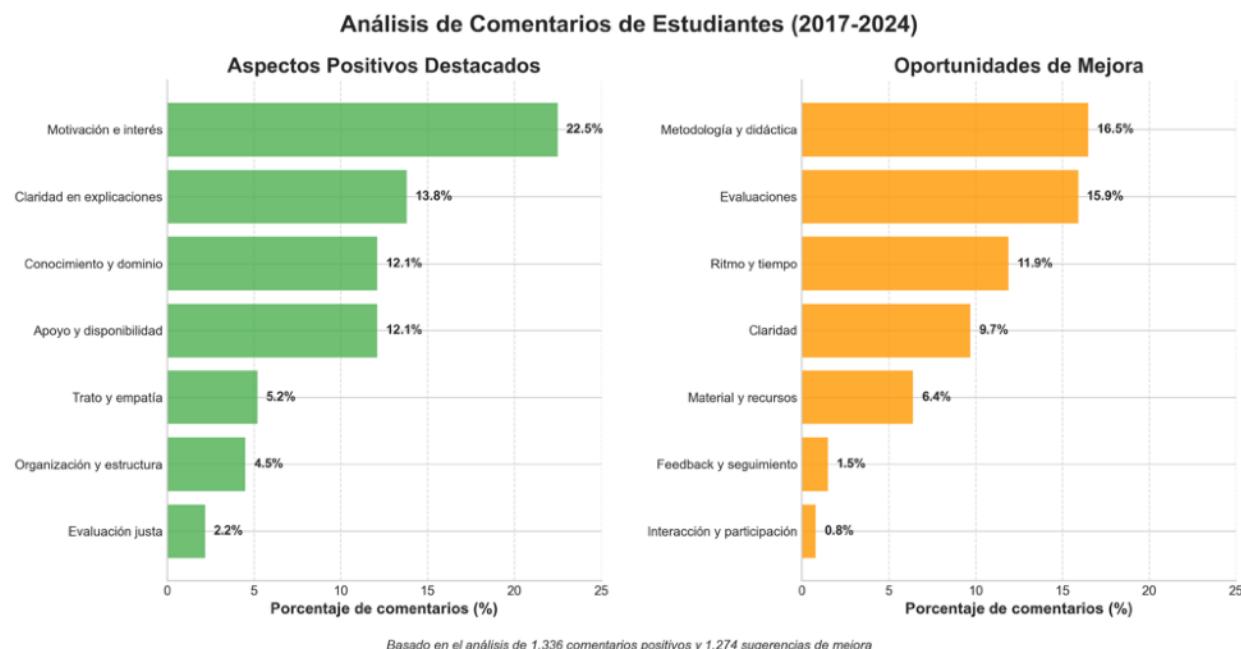


Figura 4.7.3: Análisis de comentarios de estudiantes mediante análisis de sentimiento usando NLTK de Python.

## 4.8 Momentos Específicos

### 4.8.1 Segundo Semestre 2023: Un período desafiante

Con el ánimo de abordar los aspectos que llevaron a la disminución de mis puntajes en el período 2023-20, presento aquí un análisis de este momento específico (ver Figura 4.8.1). En este período, se evidencia una caída significativa en mis evaluaciones docentes, particularmente en los cursos FCIE1010-1 y FCIE1010-2 (Introducción a las Ciencias) y FISI1502-1 (Introducción a la Física). Este descenso en mis calificaciones estuvo marcado por circunstancias personales y profesionales que merecen un análisis más profundo y una reflexión sobre los retos inherentes a estos cursos fundamentales.

El segundo semestre de 2023 fue transformador en mi vida personal con el nacimiento de mi primera hija el 17 de agosto. Esta experiencia maravillosa representó naturalmente un reacomodo de mis prioridades, concentrando buena parte de mi atención y energías en el bienestar familiar durante estos primeros meses tan cruciales. Aunque mantuve activas mis responsabilidades de coordinación, reconozco que mi dedicación a la docencia e investigación se vio afectada, particularmente en los cursos FCIE1010-2 y FISI1502-1.

Estos dos cursos, "Introducción a la Física" (FISI1502) e "Introducción a las Ciencias" (FCIE1010), comparten el desafío de dirigirse a estudiantes en sus primeras etapas universitarias, pero con objetivos pedagógicos y problemáticas distintas que exigieron enfoques diferenciados y generaron aprendizajes específicos.

### **Introducción a las Ciencias**

Paralelamente, el curso "Introducción a las Ciencias" (FCIE1010), que dicté en dos secciones, presentaba sus propios retos y una complejidad pedagógica. Su propósito fundamental es brindar una visión de la formación y el desarrollo profesional de un científico, y contribuir al desarrollo de habilidades esenciales como el trabajo inter y transdisciplinario, la autonomía académica, la ética y la comunicación efectiva. En el curso, se presentan los principales aspectos administrativo-académicos de la Universidad y la Facultad, incluyendo el protocolo MAAD y unidades de apoyo como la Decanatura de Estudiantes y los Centros de Apoyo Académico (Pentágono, Hexágono, Cupitaller, etc.). Así mismo, se estudian conceptos, definiciones, lenguaje y elementos básicos de la Ciencia, todo ello reflexionando sobre preguntas cruciales como: ¿Qué es la Ciencia y quién es un científico? ¿Por qué hacemos ciencia? ¿Cómo comunicamos la ciencia? Y ¿Cuáles son las herramientas de un científico?

Para construir una respuesta a estas interrogantes, además de las clases magistrales que impartí, coordiné la visita de profesores y egresados de diversas disciplinas, no solo de ciencias naturales sino también de Ciencias Sociales (como el profesor Mauricio Nieto), Ingeniería (con la participación del profesor Jairo Escobar y la dirección de transferencia y emprendimiento), la Decanatura de Estudiantes, expertos en Divulgación Científica (como Carlos Guarnizo) y representantes del Centro de Ética Aplicada. Este enfoque multidisciplinario buscaba exponer a los estudiantes a la amplitud y diversidad del quehacer científico. El programa de este curso fue desarrollado desde la facultad de Ciencias, a cargo del Prof. Daniel Cadena, Decano de la Facultad de Ciencias. Conversé con él sobre el propósito del curso y de que recursos ya establecidos se podían usar. En particular, esta estructura de charlas de profesores, era un componente ya implementado que decidí mantener. Le agregué ciertos matices de mi filosofía de enseñanza y de aspectos clave que considero deben discutirse, como por ejemplo, una discusión sobre el rol de los datos experimentales, y su análisis y la ética asociada a su análisis e interpretación.

"Introducción a las Ciencias" es un curso tipo Epsilon (E), por lo que la comunicación escrita y oral es un componente central del programa, tanto en la práctica a través de talleres en clase como en la calificación. La evaluación final se estructuró en torno a un debate sobre un tema científico controversial, que sirvió como eje para todas las demás actividades calificadas. Este debate, junto con otras actividades escritas como un ensayo argumentativo, se diseñaron para ayudar a desarrollar el pensamiento crítico y la capacidad de argumentación de los estudiantes. Además, y en respuesta a la clasificación Epsilon del curso, tratamos dilemas éticos tanto en clase como en los debates finales, contando con el apoyo y la orientación del Centro de Ética Aplicada de la Universidad.

El desafío principal en FCIE1010 no era tanto la heterogeneidad en conocimientos previos de una disciplina específica, sino la mezcla de intereses disciplinares (biología, química, matemáticas, geociencias, física) y la dificultad de encontrar un lenguaje y temáticas comunes

que resonaran con todos y que, a la vez, permitieran ilustrar los procesos fundamentales del quehacer científico y desarrollar las habilidades mencionadas. La coordinación de los proyectos grupales interdisciplinarios y la evaluación equitativa del aporte individual en este contexto diverso resultaron particularmente complejos. La gestión del tiempo en clase para cubrir la amplitud temática, facilitar las discusiones, desarrollar las habilidades comunicativas y éticas, y a la vez profundizar en el método científico, fue una tensión constante.

### **Introducción a la Física**

El curso de "Introducción a la Física" (FISI1502-1), en particular, ha sido especialmente desafiante para mí como docente. Su objetivo principal es inspirar una vocación por la física, mostrando su belleza, su alcance y su relevancia en el mundo contemporáneo, más allá de la preparación para cursos posteriores. Sin embargo, la heterogeneidad del grupo presenta un reto pedagógico considerable: por un lado, estudiantes con bases sólidas en física y matemáticas provenientes de colegios con fuerte formación en ciencias; por otro, alumnos con deficiencias significativas en estas áreas pero igualmente motivados por aprender. Esta diversidad crea una tensión constante en el diseño de estrategias de enseñanza que sean efectivas para ambos perfiles sin desmotivar a ninguno.

La estructura del curso, resultado de una extensa reforma dentro del departamento, establece 3 créditos académicos, lo que implica un nivel de exigencia y dedicación considerable. Mi propuesta pedagógica intentó equilibrar experimentos demostrativos impactantes, charlas teóricas sobre temas avanzados de la física (como relatividad o cuántica) adaptados a su nivel conceptual, y talleres semanales para trabajo autónomo enfocados en desarrollar habilidades básicas de resolución de problemas. La idea era que los estudiantes desarrollaran los talleres con temas más básicos en casa, mientras utilizábamos el tiempo de clase para explorar conceptos más complejos y motivadores con demostraciones prácticas. Todo esto, para ajustar la carga de 3 créditos del curso. Sin embargo, esta estrategia no logró satisfacer las expectativas de todos los estudiantes, algunos de los cuales esperaban un curso más tradicional y preparatorio, mientras otros buscaban una exploración más libre.

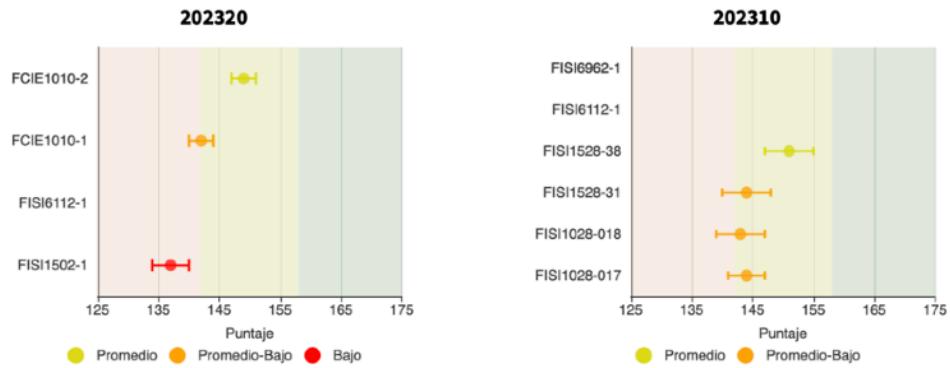
### **Reflexión sobre cursos introductorios**

Esta experiencia con ambos cursos durante el 2023-20 me ha llevado a reconsiderar profundamente mi enfoque pedagógico para grupos tan diversos y para cursos con objetivos tan amplios. Creo firmemente que debo desarrollar estrategias más inclusivas y diferenciadas.

Para futuros cursos de este tipo, planeo implementar:

- Metodologías de aprendizaje adaptativo, con recursos y rutas de aprendizaje diferenciados según el nivel e interés de cada estudiante.
- Evaluaciones diagnósticas tempranas más robustas que me permitan identificar no solo brechas de conocimiento, sino también estilos de aprendizaje y expectativas.
- Un mayor énfasis en el aprendizaje basado en proyectos (ABP) desde el inicio, pero con una estructura más clara y andamiajes más sólidos para los estudiantes con menos experiencia en investigación autónoma.
- Para cursos como FCIE1010, buscaré una mayor co-creación de los temas o problemas a abordar con los propios estudiantes, para asegurar su relevancia e interés.
- Reforzar los espacios de acompañamiento individual y crear comunidades de aprendizaje entre pares con diferentes niveles de conocimiento y de distintas disciplinas.

Estas experiencias, aunque desafiantes y reflejadas en las evaluaciones de ese período, han sido invaluosables para mi crecimiento como docente. Estoy comprometido con mejorar continuamente mi práctica pedagógica para ofrecer experiencias de aprendizaje significativas y equitativas para todos mis estudiantes, reconociendo que los cursos introductorios son cruciales para moldear la relación de los jóvenes con la ciencia.

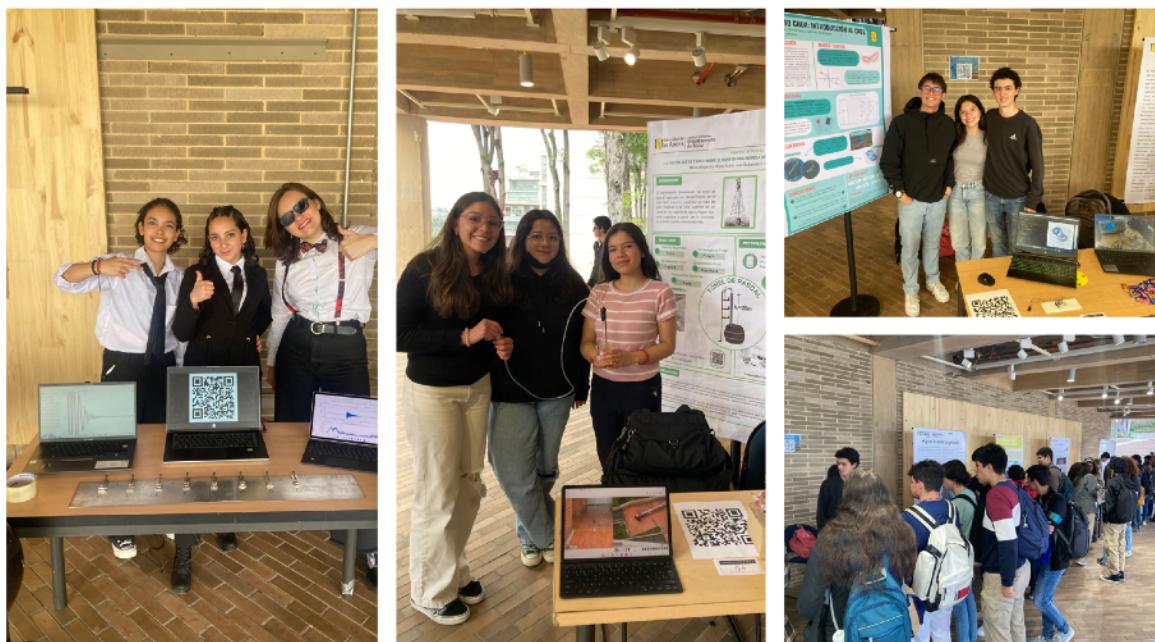


*Figura 4.8.1: Análisis por curso y período, año 2023.*

Una de las estrategias que implementé en este curso, fue la creación de proyectos finales, en donde los estudiantes preparan experimentos demostrativos con aspectos fundamentales de física. A continuación muestro la dinámica del evento.

#### **Feria de Proyectos: Introducción a la Física**

Como organizador de la participación del curso de Introducción a la Física en la feria de proyectos del período 2023-20, tuve la gratificante oportunidad de coordinar y ver materializados diversos experimentos que demostraban principios físicos fundamentales. El evento fue un éxito, atrayendo a numerosos estudiantes que recorrieron con entusiasmo los pasillos para observar las presentaciones, como se aprecia claramente en la imagen.



*Figura 4.8.2: Actividad de pósteres de proyecto final en el curso de introducción a la Física.*

Esta experiencia docente resultó particularmente reveladora al contrastarla con los datos presentados en las figuras 4.7.1 y 4.7.2. Como se observó en el análisis anterior, los cursos magistrales recibieron evaluaciones promedio de 143.5 puntos, notablemente más bajas que

los cursos prácticos (153.5). La feria de proyectos proporcionó una demostración tangible de este contraste: los mismos estudiantes que mostraban dificultades durante las sesiones teóricas demostraron un excelente dominio de los conceptos cuando tuvieron la oportunidad de aplicarlos prácticamente.

Entre los proyectos destacados que supervisé estuvo el Tonel de Pascal, donde un grupo de estudiantes construyó un dispositivo que demostraba cómo la presión en un fluido se transmite uniformemente en todas direcciones. Fue especialmente satisfactorio ver cómo los alumnos utilizaron materiales simples para ilustrar este principio hidrodinámico fundamental y explicarlo con claridad a los visitantes.

También coordiné la presentación sobre sistemas caóticos, donde los estudiantes desarrollaron un modelo de péndulo que exhibía comportamiento caótico. Ver a los alumnos explicar con entusiasmo cómo sistemas deterministas pueden producir resultados impredecibles fue una clara evidencia del profundo entendimiento que habían desarrollado sobre este complejo tema.

El piano de imanes fue otro proyecto innovador que supervisé, donde los estudiantes aplicaron principios electromagnéticos para crear un instrumento musical basado en la interacción de campos magnéticos. Este proyecto no solo demostraba conceptos físicos importantes, sino que también conectaba la física con aplicaciones artísticas y creativas.

Organizar esta participación me permitió observar de primera mano cómo los estudiantes pasaban de la comprensión teórica a la aplicación práctica, desarrollando habilidades de comunicación científica mientras explicaban sus proyectos a los visitantes. La feria no solo sirvió como plataforma para demostrar conocimientos adquiridos, sino también como una valiosa experiencia de aprendizaje colaborativo que complementó perfectamente el contenido del curso.

Esta feria de proyectos reveló un aspecto paradójico y enriquecedor de mi experiencia docente con este curso. A pesar de las evaluaciones menos favorables que recibí durante el semestre, observé un marcado contraste en el entusiasmo y compromiso de los estudiantes durante esta actividad práctica. El interés genuino que mostraron al preparar y presentar sus proyectos me llevó a reflexionar sobre la importancia de los componentes experienciales en el proceso de aprendizaje. Los mismos estudiantes que encontraban desafiante la estructura teórica del curso demostraron una notable capacidad para aplicar conceptos físicos en proyectos tangibles. Esta desconexión entre las evaluaciones formales y el compromiso visible en la feria sugiere que, aunque mi enfoque general del curso necesita ajustes, las metodologías prácticas y colaborativas resuenan efectivamente con los estudiantes.

La diversidad de preparación previa que tanto me desafió durante las clases regulares pareció diluirse en este contexto, donde estudiantes con diferentes bases pudieron contribuir desde sus fortalezas particulares. Esta observación me ofrece una dirección valiosa para futuras iteraciones del curso: mantener el rigor académico mientras incremento significativamente las oportunidades de aprendizaje experimental, creando puentes entre la teoría abstracta y las aplicaciones prácticas que claramente despiertan el interés de los estudiantes.

Adicionalmente, esta estrategia de puentes entre la teoría abstracta y las aplicaciones prácticas, se alinea con el PDI en cuanto busca un aprendizaje de servicio, centrado en el estudiante.

## 4.8.2 Período 2024 un Año de Mejoras

En 2024, expandí mi experiencia docente incorporando nuevos cursos electivos avanzados que requerían un enfoque pedagógico renovado. Notablemente, este período de experimentación coincidió con una mejora significativa en mis evaluaciones docentes, como se evidencia en la figura 4.8.1 para el período 2024-10.

Particularmente revelador fue mi experiencia con el electivo de Tópicos en Espectroscopía (FISI4720/FISI3720), un curso de elevada complejidad diseñado simultáneamente para estudiantes de pregrado y posgrado. La naturaleza del curso presentaba un reto pedagógico considerable: transmitir conceptos avanzados sobre técnicas experimentales de sincrotrón — tradicionalmente reservados para nivel de maestría/doctarado— a una audiencia con diversos niveles de formación previa.

Para abordar este desafío, desarrollé una estrategia didáctica que aplicaba directamente las lecciones aprendidas del análisis de mis evaluaciones previas. Implementé una metodología que integraba:

1. **Tutoriales estructurados:** Sesiones prácticas donde los estudiantes podían aplicar inmediatamente los conceptos teóricos.
2. **Clases magistrales:** Diseñadas específicamente para proporcionar las bases conceptuales necesarias para abordar los problemas concretos planteados en los tutoriales.
3. **Simulaciones computacionales:** Incorporación de software especializado que permitía visualizar y manipular espectros, creando un puente tangible entre la teoría abstracta y sus manifestaciones prácticas.

Esta aproximación multi-modal respondía directamente a las oportunidades de mejora identificadas en el análisis de mis cursos magistrales, donde la coherencia y gestión de clase habían sido señaladas como áreas perfectibles. Los resultados positivos obtenidos sugieren que esta integración deliberada de teoría y práctica, combinada con oportunidades para la aplicación inmediata del conocimiento, representa un camino prometedor para el desarrollo de mi práctica docente en todos los niveles y formatos de curso. Adicionalmente, creo que refleja uno de los pilares de mi práctica docente: el de llevar los conceptos desde el laboratorio al aula. A continuación presento un análisis de las encuestas en este período.

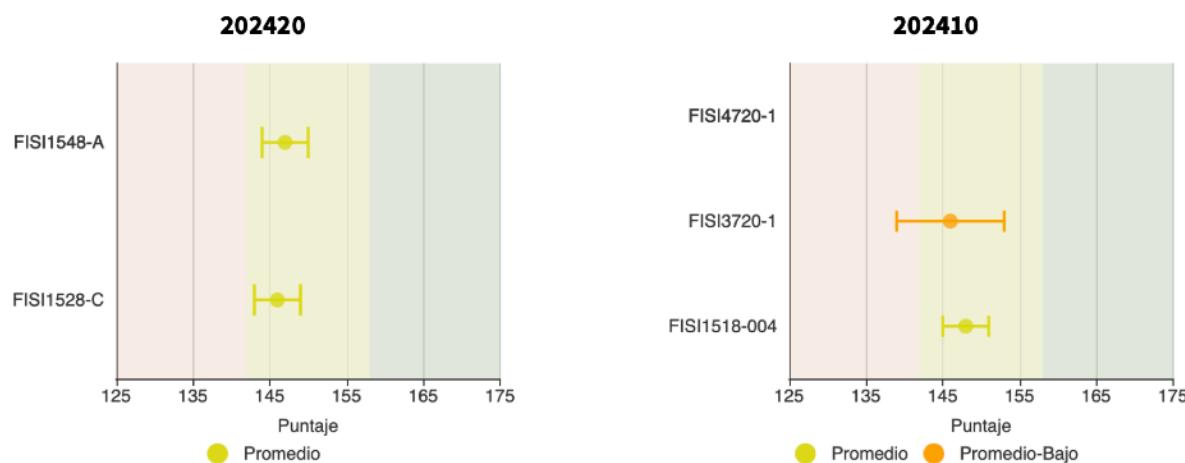


Figura 4.8.3: Análisis por curso y período, año 2024.

La siguiente tabla resume los cursos dictados con un significativo numero de respuestas en las encuestas:

*Tabla 4.8.1: Cursos en el período 2024.*

Período	Curso	Código	Nivel	Estudiantes inscritos	Evaluaciones recibidas
202410	Física I (Reforma 202020)	FISI1518-004	Básico	54	36
202410	TOP Core Level Spectr Theo/Sim	FISI3720-1	Avanzado	12	8
202410	TOP Core Level Spectr Theo/Sim	FISI4720-1	Avanzado	1	1
202420	Física II (Reforma 202020)	FISI1528-C	Básico	60	44
202420	Física Moderna	FISI1548-A	Intermedio	41	37

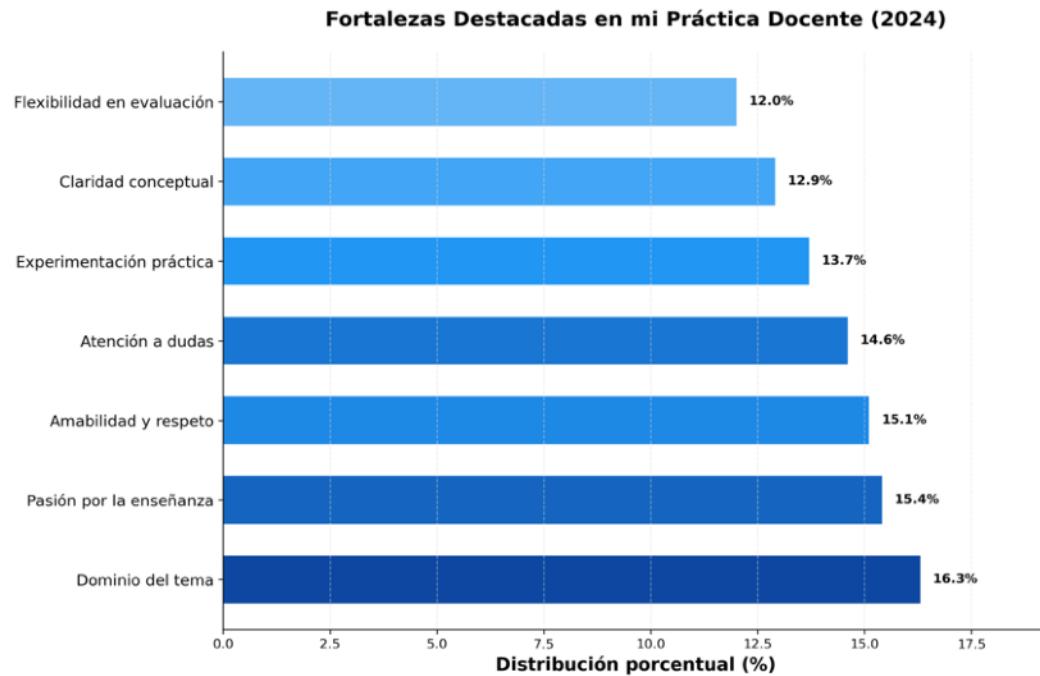
Al analizar las evaluaciones estudiantiles, identifiqué varias tendencias que me permiten comprender tanto mis fortalezas como docente como los aspectos que requieren atención. Para este análisis, complementé la revisión tradicional de comentarios con herramientas de procesamiento de lenguaje natural en Python y asistencia de inteligencia artificial, lo que me permitió detectar patrones y obtener perspectivas adicionales sobre la retroalimentación recibida.

### **Fortalezas Identificadas en el período 2024**

Del análisis de los comentarios de mis estudiantes en este período, identifico las siguientes fortalezas principales:

- Dominio del conocimiento:** Los estudiantes consistentemente reconocen mi profundo conocimiento de los temas que enseño, particularmente en cursos especializados como Física Moderna y los proyectos de investigación.
- Pasión y entusiasmo:** Un aspecto frecuentemente mencionado es mi evidente pasión por la física y el entusiasmo que transmito en clase. Como menciona un estudiante: "Es un profesor que ama lo que hace y lo demuestra con cada una de sus clases. El profesor comparte un entusiasmo que motiva a los estudiantes."
- Disponibilidad para resolver dudas:** Los estudiantes valoran mi disposición para responder preguntas y apoyarlos en su proceso de aprendizaje: "El profesor es muy comprensivo y está dispuesto a responder a todas las preguntas que tenga algún estudiante, hace de la clase un espacio seguro."
- Uso de demostraciones experimentales:** En los cursos de física básica, los estudiantes aprecian los experimentos demostrativos: "Traía muchos experimentos para introducir los nuevos temas a la clase, lo cual no solo era divertido sino que daba un contexto de lo que se iba a hablar."
- Flexibilidad y apoyo:** Los comentarios revelan que soy percibido como un profesor flexible y comprensivo: "Es muy amable y da la oportunidad de mejorar" y "Flexible con las calificaciones, puede cambiar porcentajes para ayudar al estudiante."
- Coherencia en evaluaciones:** Los estudiantes reconocen que mis evaluaciones son justas y concordantes con lo enseñado: "Los parciales y quizzes son acordes a lo enseñado en el curso" y "Las evaluaciones son coherentes con lo enseñado."

Al analizar el perfil de mis fortalezas docentes, encuentro particularmente reveladora esta distribución porcentual que evidencia con precisión las características positivas más destacadas en mi desempeño. Los porcentajes representan la proporción relativa de cada fortaleza dentro del conjunto total (100%) de aspectos positivos identificados en las evaluaciones estudiantiles. Mi dominio del tema (16.3%) se destaca como mi principal activo, lo que refleja mi compromiso continuo con la actualización disciplinar y la investigación. Este aspecto, junto con mi evidente pasión por la enseñanza (15.5%), constituye casi un tercio de mis fortalezas percibidas. La amabilidad y respeto hacia los estudiantes (15.1%) aparece en tercer lugar, seguida muy de cerca por mi disposición para atender dudas (14.6%), conformando ambas un pilar esencial en mi relación pedagógica con los estudiantes. Resulta significativo observar cómo estas cuatro fortalezas principales representan más del 60% del total, lo que me indica que mi perfil docente se caracteriza principalmente por una sólida base de conocimientos disciplinares complementada con cualidades actitudinales positivas. Esta distribución me permite reconocer mis capacidades más desarrolladas y me invita a aprovecharlas como punto de apalancamiento para trabajar en las áreas de mejora identificadas, particularmente en aspectos metodológicos que no aparecen entre mis principales fortalezas.



*Figura 4.8.4: Fortalezas en la práctica docente basado en comentarios de los estudiantes en el período 2024.*

### 4.8.3 Período 202510, un período de mejora continua

Para el período 202510, he diseñado una encuesta para poder ajustar mis metodologías a mitad del semestre, una práctica que considero fundamental y que seguiré implementando en futuros períodos académicos. Mi objetivo principal es entender mejor las percepciones de mis estudiantes y realizar los ajustes necesarios mientras aún hay tiempo para impactar positivamente el proceso de aprendizaje.

La encuesta consta de varias secciones que exploran diferentes dimensiones de la experiencia de aprendizaje: desde la claridad de la metodología y la efectividad de las estrategias pedagógicas, hasta la percepción sobre las evaluaciones y el desarrollo de las clases. He incluido tanto preguntas de escala como preguntas abiertas para obtener información tanto cuantitativa como cualitativa, lo que me permite tener una visión más completa de la experiencia estudiantil.

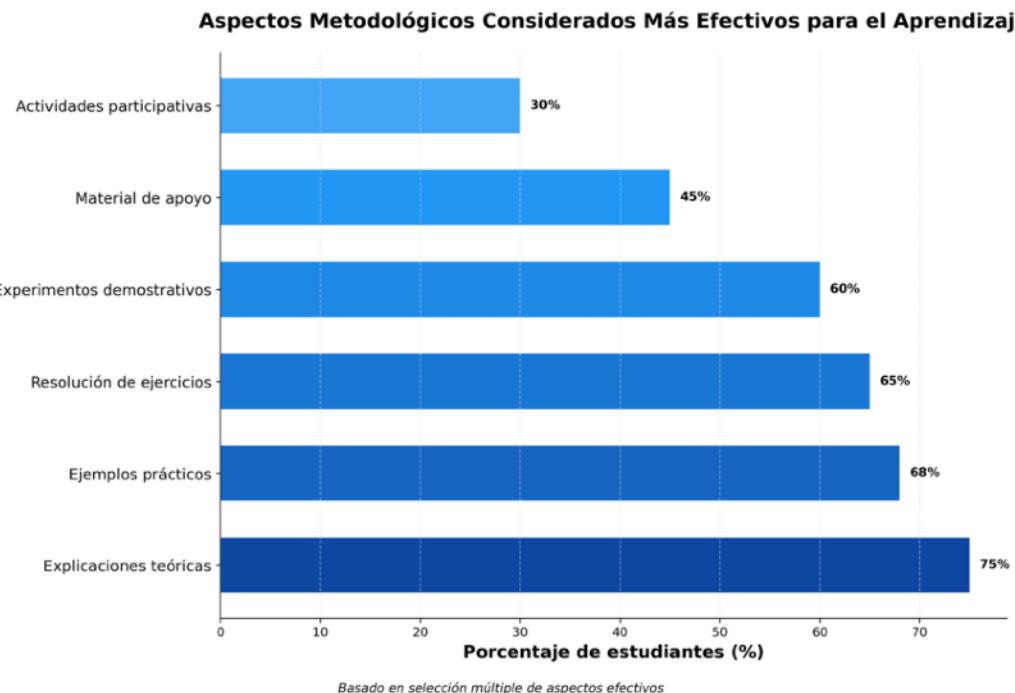


Figura 4.8.5: Aspectos metodológicos efectivos en la práctica docente basado en comentarios de los estudiantes en la encuesta midterm realizada en el período 202510.

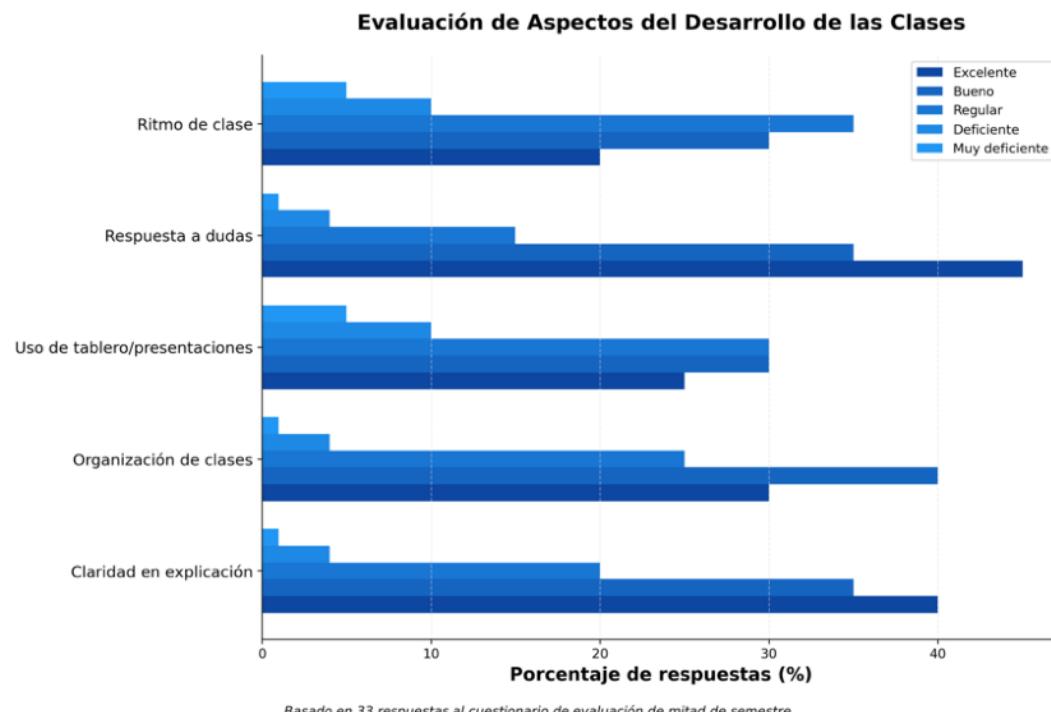
Al analizar las respuestas de los 33 estudiantes que participaron, de mis cursos de Física 1 y Termodinámica, encuentro que la metodología empleada en mis cursos es generalmente percibida como clara. Los estudiantes valoran particularmente las explicaciones teóricas y los experimentos demostrativos que realicé en clase. Este último aspecto me parece especialmente importante, pues siempre he creído en la necesidad de ilustrar los conceptos físicos con demostraciones prácticas que faciliten la comprensión intuitiva de los fenómenos estudiados.

Sin embargo, también he identificado áreas donde puedo mejorar. Muchos estudiantes expresan la necesidad de un mejor balance entre teoría y práctica, sugiriendo un mayor énfasis en la resolución de ejercicios paso a paso. Esto me ha llevado a reflexionar sobre mi distribución actual del tiempo en clase. Aunque las explicaciones teóricas son fundamentales, debo asegurarme de dedicar suficiente tiempo a la aplicación práctica de estos conceptos a través de ejercicios concretos.

En cuanto a las evaluaciones, encuentro una percepción generalmente positiva sobre su alineación con los temas vistos en clase, lo cual es alentador. La mayoría de los estudiantes considera que el nivel de dificultad es moderado a alto, lo que considero apropiado para un curso universitario de física. Sin embargo, algunos sugieren que podría mejorar la preparación específica para los exámenes, quizás incluyendo más ejemplos del tipo de problemas que

aparecerán en las evaluaciones. Esta es una sugerencia que implementaré en la segunda mitad del semestre.

Un hallazgo interesante fue la evaluación de los diferentes aspectos del desarrollo de las clases. La "respuesta a preguntas y dudas" fue el aspecto mejor valorado, con la mayor proporción de calificaciones "Excelente". Esto refleja mi compromiso constante con atender las inquietudes de mis estudiantes. Por otro lado, el "uso efectivo del tablero/presentaciones" y el "ritmo de la clase" recibieron calificaciones más diversas, con un porcentaje significativo de "Regular". Este feedback es particularmente valioso, pues me indica áreas concretas donde puedo realizar ajustes inmediatos.



*Figura 4.8.6: Áreas de oportunidad en la práctica docente basado en comentarios de los estudiantes en la encuesta midterm realizada en el período 202510.*

La encuesta de mitad de semestre identificó tanto desafíos específicos como áreas de oportunidad para mejorar mi práctica docente. Los estudiantes encuentran mayor dificultad en temas que requieren integración conceptual o fundamentos matemáticos sólidos, prefieren un mayor uso del tablero para desarrollar ejercicios paso a paso en lugar de presentaciones, y solicitan más práctica con ejercicios similares a los de evaluación. Me resulta gratificante que continúen valorando consistentemente mi pasión por la materia y disponibilidad para resolver dudas, aspectos que mantendré como elementos centrales de mi enfoque pedagógico. Esta retroalimentación oportuna me permite implementar ajustes específicos en metodología y recursos didácticos, contribuyendo así a mi desarrollo profesional continuo y a una experiencia de aprendizaje más efectiva para mis estudiantes.

## **Innovación en Materiales Didácticos para el Aprendizaje Activo en el Curso de**

### **Curso de Termodinámica: Simulaciones**

Desarrollé una aplicación interactiva para visualizar la transformada de Legendre, concepto fundamental en termodinámica. Esta herramienta permite a los estudiantes:

- Experimentar visualmente con conceptos matemáticos abstractos
- Manipular parámetros y observar cambios en tiempo real
- Desarrollar intuición geométrica sobre propiedades físicas

La simulación transforma un concepto teórico complejo en una experiencia visual accesible, facilitando la conexión entre el formalismo matemático y sus aplicaciones físicas concretas. Se puede consultar [acá](#).

## Notas de clase estructuradas

En respuesta directa a la retroalimentación estudiantil sobre materiales de apoyo, rediseñé completamente las notas de clase para el curso de Termodinámica 2025-10, incorporando:

- Cuadros destacados para conceptos fundamentales
- Secciones de argumentos intuitivos junto a formulaciones matemáticas
- Definiciones clave y resultados esenciales visualmente diferenciados
- Interpretaciones físicas de ecuaciones complejas

Este formato mantiene la claridad de una presentación formal mientras conserva la flexibilidad y detalle que los estudiantes valoran de las explicaciones desarrolladas en el tablero.

Estas innovaciones pedagógicas están diseñadas para fortalecer precisamente los aspectos de coherencia y gestión de clase identificados como áreas de mejora en el análisis previo de las evaluaciones docentes, creando un puente efectivo entre la teoría abstracta y su aplicación práctica.

### El Teorema del Trabajo Máximo

#### Notas de Clase

28 de marzo de 2025

#### 1. Introducción

El Teorema del Trabajo Máximo constituye uno de los pilares fundamentales de la termodinámica, estableciendo los límites teóricos sobre la cantidad de trabajo útil que puede extraerse de un sistema. Este teorema es esencial para comprender la eficiencia de procesos industriales, el diseño de motores térmicos y la optimización de sistemas de generación de energía.

##### Principio Fundamental

Para un sistema termodinámico que pasa de un estado inicial específico a un estado final específico, la cantidad de trabajo que puede entregarse a un sistema externo es máxima cuando el proceso es reversible.

#### 2. Configuración del Teorema

##### 2.1. Componentes del Sistema

Para aplicar el Teorema del Trabajo Máximo necesitamos considerar tres elementos principales:

- **Sistema primario:** El sistema termodinámico que cambia del estado inicial al estado final especificados.
- **Fuente de trabajo reversible (RWS):** Sistema donde se deposita el trabajo útil.
- **Fuente de calor reversible (RHS):** Sistema donde se deposita el calor.

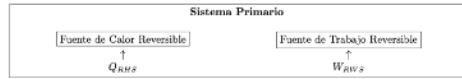


Figura 1: Configuración básica del Teorema del Trabajo Máximo

#### 2.2. Definiciones Importantes

##### Definiciones Clave

- **Fuente de trabajo reversible:** Sistema encerrado por paredes adiabáticas e impermeables con tiempos de relajación suficientemente cortos para que todos los procesos dentro del mismo sean quasi-estáticos.
- **Fuente de calor reversible:** Sistema encerrado por paredes rígidas e impermeables con tiempos de relajación suficientemente cortos para que todos los procesos dentro del mismo sean quasi-estáticos.
- **Reservorio térmico:** Una fuente de calor reversible tan grande que cualquier transferencia de calor de interés no altera su temperatura.

#### 3. Demostración del Teorema

##### 3.1. Argumento Intuitivo

La demostración del Teorema del Trabajo Máximo se basa en el principio de máxima entropía:

##### Demonstración Intuitiva

1. Para dos procesos que llevan al mismo cambio de energía ( $\Delta U$ ) y entropía ( $\Delta S$ ) en el sistema primario:
2. El proceso que entrega máximo trabajo a la fuente de trabajo reversible entregará mínimo calor a la fuente de calor reversible (por conservación de energía).
3. Esto minimiza el aumento de entropía en la fuente de calor reversible (y en el sistema total).
4. El valor mínimo de  $\Delta S_{\text{total}}$  es cero, que corresponde a un proceso reversible.
5. Por tanto, el trabajo entregado es máximo cuando el proceso es reversible.

#### 3.2. Formulación Matemática

Considerando un proceso diferencial, la conservación de energía requiere:

$$dU + dQ_{RHS} + dW_{RWS} = 0 \quad (1)$$

Y el principio de máxima entropía requiere:

$$dS_{\text{total}} = dS + \frac{dQ_{RHS}}{T_{RHS}} \geq 0 \quad (2)$$

Despejando  $dW_{RWS}$  de la primera ecuación y sustituyendo en la segunda:

$$dW_{RWS} = -dU - dQ_{RHS} \quad (3)$$

$$\frac{dQ_{RHS}}{T_{RHS}} \geq -dS \quad (4)$$

Por lo tanto:

##### Resultado Clave

$$dW_{RWS} \leq T_{RHS}dS - dU \quad (5)$$

El trabajo entregado es máximo cuando la desigualdad se convierte en igualdad, es decir, cuando  $dS_{\text{total}} = 0$ , que define un proceso reversible.

#### 4. Eficiencia de Motores Termodinámicos

El teorema establece que el trabajo máximo obtenible en un proceso diferencial es:

$$dW_{RWS}(\text{máximo}) = \left[ 1 - \left( \frac{T_{RHS}}{T} \right) \right] (-dQ) + (-dU) \quad (6)$$

##### Interpretación Física

El trabajo máximo entregado es la suma de:

1. El trabajo directamente extraído del sistema ( $-dW$ )
2. Una fracción ( $1 - T_{RHS}/T$ ) del calor extraído del sistema ( $-dQ$ )

*Figura 4.8.7: Notas de clase sobre el "Teorema del Trabajo Máximo" para el curso de termodinámica, con secciones diferenciadas y cuadros de colores que resaltan conceptos clave y resultados importantes.*

Los ejercicios resueltos incluidos en las notas atienden específicamente el comentario sobre "los ejercicios propuestos" y las "soluciones de talleres", permitiendo a los estudiantes revisar ejemplos prácticos que conectan la teoría con aplicaciones reales. Este enfoque está diseñado para fortalecer la comprensión conceptual y operativa de temas complejos como el Teorema del Trabajo Máximo.

Anticipo que estas mejoras tendrán un impacto significativo en el aula, facilitando discusiones más profundas y permitiendo dedicar más tiempo a resolver dudas específicas, en lugar de cubrir información básica. Además, los estudiantes tendrán un recurso valioso para su estudio independiente, lo que debería reflejarse positivamente en su rendimiento académico y satisfacción con el curso.

### **Implementación de Gradescope para la Optimización de la Evaluación y Retroalimentación**

Como parte de mi compromiso con la mejora continua de mi práctica docente y en respuesta a la necesidad de optimizar la gestión de la evaluación en cursos con un número considerable de estudiantes, participé activamente desde sus inicios en la implementación de la plataforma Gradescope. Esta iniciativa, liderada a nivel institucional por el entonces Vicedecano Académico, Dr. César Galindo, ha representado un avance significativo en mi metodología de calificación y retroalimentación.

La adopción de Gradescope me ha permitido:

- Desarrollar un modelo de calificación más eficiente y consistente: La plataforma facilita la creación y aplicación de rúbricas de calificación detalladas y dinámicas para cada pregunta o problema en los exámenes. Esto no solo agiliza el proceso de corrección, sino que asegura una mayor equidad y transparencia en la evaluación
- Mejorar la interacción con los estudiantes sobre sus notas: Gradescope ofrece un canal estructurado para que los estudiantes revisen sus calificaciones y la retroalimentación específica para cada ítem. Esto ha hecho que el proceso de revisión de notas sea más eficiente y focalizado, permitiendo discusiones constructivas sobre los errores y aciertos.
- Optimizar la gestión general de las calificaciones: La centralización de las evaluaciones y la facilidad para exportar notas han contribuido directamente a mejorar la gestión de mis cursos, un área que había identificado previamente como un punto de mejora.
- Obtener información valiosa para la mejora curricular: Una de las grandes ventajas de Gradescope es su capacidad para generar estadísticas detalladas sobre el desempeño de los estudiantes en cada pregunta o concepto evaluado. Esto me permite identificar fácilmente qué temas resultan más difíciles de comprender para los estudiantes y, en consecuencia, implementar ajustes y mejoras curriculares en mis clases de manera informada y oportuna.

La recepción de esta herramienta por parte de los estudiantes ha sido positiva, valorando la claridad de las rúbricas y la especificidad de la retroalimentación. Continuaré utilizando y explorando las funcionalidades de Gradescope para seguir optimizando mis procesos de evaluación y, fundamentalmente, para enriquecer la experiencia de aprendizaje de mis estudiantes.

## **4.9 Reflexión sobre la Evolución de mi Práctica Docente y Compromiso con la Mejora Continua**

El análisis de mi desempeño docente, tanto a través de las evaluaciones estudiantiles globales (Sección 4.6) como de los momentos específicos detallados anteriormente (Secciones 4.8.1 a 4.8.3), forma parte de un proceso de autoevaluación y búsqueda de mejora que ha sido una constante a lo largo de mi carrera en la Universidad de los Andes. Mi compromiso con la excelencia en la enseñanza no se limita a la reflexión motivada por este dossier, sino que se ha manifestado en un esfuerzo continuo por innovar y adaptar mis prácticas pedagógicas para enriquecer la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

Desde etapas tempranas de mi labor docente, he tenido una preocupación particular por la creación de recursos didácticos que trasciendan el aula tradicional. Incluso antes de la pandemia, mi interés por la virtualización y la experimentación remota se materializó en la creación de experimentos demostrativos (detallados en la Sección 6.2.5) y en mi participación en iniciativas como el proyecto "World Pendulum Alliance" (mencionado en la Sección 1.6), que exploraba el uso de péndulos controlados remotamente con fines educativos. Esta inclinación hacia la integración de tecnología en la docencia me permitió responder con agilidad a los desafíos impuestos por la pandemia.

Durante ese período, desde mi rol como Coordinador de Laboratorios de Docencia, lideré la rápida implementación de experimentos virtuales y la creación de un extenso catálogo de videos de guías experimentales (como se describe en las Secciones 6.2.6 y 6.2.7). Paralelamente, para mis propios cursos, me aboqué a la tarea de producir videos de clases magistrales y explicaciones conceptuales (presentados en la Sección 4.4), editándolos cuidadosamente con el objetivo de que fueran recursos perdurables y de alta calidad, a pesar de mi limitada experiencia previa en edición de contenido audiovisual. Esta labor fue intensa y demandante, pero la consideré esencial para mantener la continuidad y calidad educativa.

El impacto de estos materiales virtuales, como las numerosas visualizaciones en YouTube (Tabla 6.2.2), sugiere que fueron bien recibidos y resultaron útiles para los estudiantes. Sin embargo, soy consciente de que las calificaciones en las encuestas docentes durante ese y otros períodos no siempre reflejaron plenamente el esfuerzo invertido en la creación de estos recursos. Como he analizado en las secciones previas (4.6 y 4.7), otros aspectos como la gestión de las evaluaciones, la claridad en los criterios o la dinámica de la retroalimentación en entornos virtuales complejos, presentaron desafíos que impactaron la percepción estudiantil y que he venido abordando sistemáticamente.

La creación de nuevos cursos electivos (Sección 4.1), la implementación de proyectos experimentales especiales (Sección 4.9), y la reciente adopción de herramientas como Gradescope para optimizar la evaluación (Sección 4.7.4, si decides incluirla ahí), son también testimonio de este interés continuo por innovar y refinrar mis estrategias docentes. Cada semestre es una oportunidad para analizar críticamente mi desempeño, identificar áreas de mejora y aplicar nuevas herramientas o enfoques que beneficien el aprendizaje de los estudiantes y mi propia efectividad como educador. Esta reflexión longitudinal es, para mí, un componente esencial de la vida académica y un motor para el desarrollo profesional constante.

## **4.10 Proyectos Experimentales Especiales en Cursos Introductorios**

Además de las prácticas de laboratorio estándar y los cursos electivos, he buscado activamente involucrar a estudiantes de cursos introductorios, como Física 1, en proyectos

experimentales especiales que los conectan con la física contemporánea o fenómenos contraintuitivos. Estas iniciativas buscan fomentar la curiosidad, el trabajo en equipo y la aplicación práctica de los conceptos aprendidos. Dos ejemplos notables son:

1. **Balanza de Watt (Período 2018-02):** Motivados por la histórica redefinición del kilogramo basada en constantes fundamentales, trabajé con el estudiante de Física 1, **Juan Pablo Salas Galindo**, y el equipo del laboratorio de docencia, para construir y operar una versión simplificada de una balanza de Watt (o balanza de Kibble). Este proyecto permitió explorar conceptos avanzados de electromagnetismo y metrología en un contexto relevante y actual, demostrando cómo principios físicos fundamentales se aplican en la definición de nuestros estándares de medida.



*Video relacionado: [Demostración Balanza de Watt](#)*

2. **Vehículo "Blackbird" (Período 2023-01):** Explorando el principio contraintuitivo de propulsión a favor del viento más rápido que el viento. Colaboré con los estudiantes de mi curso de Física 1, Angelica Lopez Duarte y Jhon Alex Montealegre Peralta, en la construcción y análisis de un modelo tipo "Blackbird". Este proyecto no solo abordó conceptos de mecánica, energía y transferencia de momento, sino que también culminó con la presentación exitosa del montaje en la feria de física del departamento en el período 2023-02 (mencionada en la Sección 4.6.1), demostrando la capacidad de los estudiantes para comunicar fenómenos físicos complejos.

Angélica es ahora miembro del grupo de Nanomagnetismo y viajará a la Universidad de Cornell al laboratorio del profesor Andrej Singer, colaborador del grupo.

*Video relacionado: [Demostración Blackbird, Modelo a escala](#)*

Estos proyectos ejemplifican mi filosofía de llevar la física más allá del libro de texto, involucrando a los estudiantes en desafíos experimentales que estimulan su ingenio y profundizan su comprensión de los principios físicos en acción.

## 4.11 Formación de Escuela

Siguiendo la linea temática del dossier, “del laboratorio al aula”, considero pertinente mencionar la **formación de la escuela** a travez de la formación en investigación, y es por eso mismo que esta sección está dentro de mi componente docente; esto, como un componente más de mi docencia y más allá del aula de clase.

A lo largo de mi trayectoria académica en la Universidad de los Andes, he cultivado una escuela de investigación caracterizada por su enfoque interdisciplinario y su compromiso con la formación integral de jóvenes científicos. Nuestra comunidad investigativa se distingue por tres pilares fundamentales: la exploración de fenómenos físicos a nanoscala, la aplicación de conocimientos fundamentales a retos tecnológicos concretos, y la creación de un ambiente colaborativo donde estudiantes de diversos niveles académicos convergen y se enriquecen mutuamente.

Lo que comenzó como un grupo centrado exclusivamente en materiales magnéticos ha evolucionado hacia una comunidad diversa que aborda problemas complejos en la interfaz entre la física, la ciencia de materiales y las aplicaciones tecnológicas. Esta transformación se refleja claramente en la diversificación temática de las tesis dirigidas, que ahora abarcan desde el magnetismo fundamental hasta aplicaciones biomédicas y tecnológicas, creando puentes entre la ciencia básica y los desafíos tecnológicos contemporáneos.

Un aspecto distintivo de nuestra escuela es la integración vertical de estudiantes de pregrado, maestría y doctorado, trabajando colaborativamente en proyectos relacionados. Esta estructura fomenta la transferencia natural de conocimientos y habilidades, creando un ciclo virtuoso donde los estudiantes más avanzados mentor a los más nuevos, mientras todos se benefician del intercambio de perspectivas frescas y experiencias diversas.

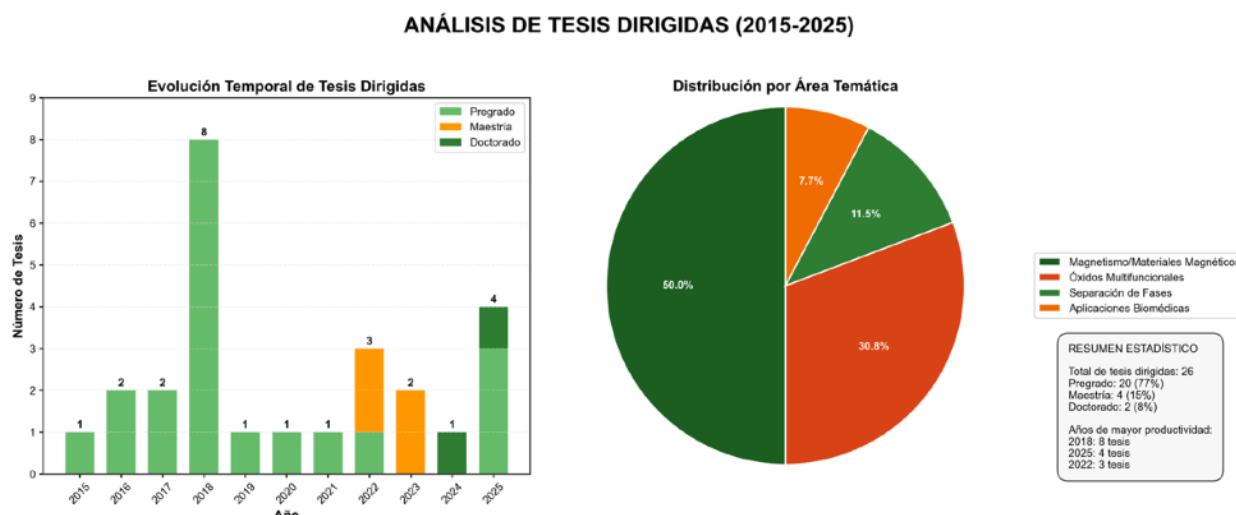


Figura 4.11.1: Análisis de tesis dirigidas (2015-2025). Panel izquierdo: evolución temporal por nivel académico. Panel derecho: distribución temática con predominio en Magnetismo/Materiales Magnéticos (52.2%) y Óxidos Multifuncionales (26.1%). Total: 26 tesis (20 pregrado, 4 maestría, 2 doctorado).

Tabla 4.11.1: Tesis Dirigidas (2015-2025).

Año	Estudiante	Título	Nivel	Área Temática
2015	Garzón Miguez, Oscar Fernando	Junturas túnel magnéticas, efecto de magneto resistencia gigante	Pregrado	Magnetismo/Materiales Magnéticos
2016	Hayek Valencia, Jorge Nicolás	Plasmonic excitation and T-Moke effect	Pregrado	Óptica/Magnetismo
2017	Herrán González, María Catalina	Desarrollo de un prototipo de dielectrofóresis para la separación de nanopartículas	Pregrado	Aplicaciones Biomédicas
2017	Ramírez Milano, Diego Luis	Medición de propiedades conductoras del BFO utilizando efecto Hall	Pregrado	Óxidos Multifuncionales
2018	Garzón Miguez, Oscar Fernando	Control of magnetic anisotropy via phase transitions: magneto resistance effect	Maestría	Magnetismo/Materiales Magnéticos
2018	López García, Andrés Jenaro	Atrapamiento de nanopartículas usando dielectrofóresis con perspectiva al diseño de plataformas de sensores y termoelectricidad	Maestría	Aplicaciones Tecnológicas
2018	Carranza Célis, Diego Andrés	Control de propiedades multiferroicas en nanopartículas de BiFeO <sub>3</sub>	Maestría	Óxidos Multifuncionales

Año	Estudiante	Título	Nivel	Área Temática
2018	González Sánchez, Víctor Hugo	Estudio del acoplamiento RKKY en tricapas de Co/Nb/Co utilizando magnetoresistencia	Pregrado	Magnetismo/Materiales Magnéticos
2018	López Ramírez, Juan Camilo	Modelamiento y simulación del proceso de síntesis de nano-partículas BaTiO <sub>3</sub> por el método de hydrothermal synthesis	Pregrado	Óxidos Multifuncionales
2018	Gómez Álvarez, María Fernanda	Espectroscopia de impedancia y conmutación resistiva en capacitores nano-estructurados de BiFeO <sub>3</sub> y BaTiO <sub>3</sub>	Pregrado	Óxidos Multifuncionales
2018	Hernández Machado, Carlos José	Control magnético mediante transiciones de fase en bicapas de V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /CoFeB	Pregrado	Magnetismo/Materiales Magnéticos
2018	Giraldo Lozano, Juan Camilo	Rare-earth nickelates in nanoparticles: novel synthesis methods and electrical characterization suggesting the existence of weak localization effects	Pregrado	Óxidos Multifuncionales
2019	Zapata Peña, Omar Alejandro	Quantum confinement and magnetic properties of RuO <sub>2</sub> nanoparticles and the corresponding Perovskite SrRuO <sub>3</sub>	Pregrado	Magnetismo/Materiales Magnéticos
2020	Ávila Vera, Daniel Alejandro	Nanopartículas magnéticas para aplicaciones en tratamientos oncológicos de hipertermia	Pregrado	Aplicaciones Biomédicas
2021	Hernández Gómez, Daniel Fabián	Confinamiento del pentóxido de vanadio V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y la influencia del tamaño en las propiedades eléctricas de conmutación resistiva y ópticas	Pregrado	Óxidos Multifuncionales
2022	Rodríguez Páez, Juan Sebastián	Simulación de la dinámica de magnetización y propiedades de transporte en la separación de fases en manganitas	Pregrado	Separación de Fases
2022	Esquivel Sánchez, Andrea Steffania	Detection of polarons in reduced vanadium oxide V <sub>2</sub> O(5-delta)	Pregrado	Óxidos Multifuncionales
2022	Cardona Rodríguez, Alexander	Tuning the magnetic properties of multiferroic BiFeO <sub>3</sub> : From bulk to nanoscale	Doctorado	Magnetismo/Materiales Magnéticos
2023	Hernández Gómez, Daniel Fabián	Fabricación y caracterización de nanodiscos y nanopelículas de FeOx depositados por e-beam para aplicaciones médicas y basadas en Exchange Bias	Maestría	Magnetismo/Materiales Magnéticos
2023	Amaya Bohórquez, Joan Sebastian	Dinámica de coexistencia de fases en manganitas de Lantano dopadas con Calcio y Praseodimio	Pregrado	Separación de Fases
2024	Carranza Celis, Diego Andrés	Tailoring electronic phase separation in Pr-doped mixed-valence manganite	Doctorado	Separación de Fases
2025	Rueda Torres, Juan David	Construction of a Wide-Field MOKE Microscope for Domain Analysis with CNNs	Pregrado	Magnetismo/Materiales Magnéticos
2025	Rueda Villalba, Daniel Santiago	Simulación de estructuras de Moire para aplicaciones a fotónica	Pregrado	Magnetismo/Óptica
2025	Tamayo Arbeláez, Juan Andrés	Crecimiento y caracterización de nanohilos mediante el método de CVD	Pregrado	Óxidos Multifuncionales
2025	Sánchez Hernández, Sara Camila	Caracterización eléctrica de Óxidos de alta entropía	Pregrado	Óxidos Multifuncionales

Como se observa en la Figura 4.11.1 y Tabla 4.11.1, he dirigido un total de 26 tesis académicas durante el período 2015-2025, distribuidas entre pregrado (20), maestría (4) y doctorado (2). El análisis temporal muestra un pico significativo de productividad en 2018, con 8 tesis concluidas, y una notable recuperación en 2022-2023 tras el período de pandemia.

La distribución temática revela un claro énfasis en dos áreas principales: Magnetismo/Materiales Magnéticos (52.2%) y Óxidos Multifuncionales (26.1%), complementadas por investigaciones en Aplicaciones Biomédicas (7.7%) y otras áreas emergentes. Esta concentración refleja nuestra experticia central, mientras que la diversificación progresiva

demuestra la capacidad de nuestra escuela para adaptarse y responder a nuevos desafíos científicos y tecnológicos.

Particularmente significativo es observar cómo varios estudiantes han progresado desde el pregrado hasta programas de posgrado bajo mi supervisión. Asimismo, la evolución de las temáticas de investigación refleja tanto la maduración de nuestras líneas tradicionales como la apertura hacia nuevos horizontes científicos, siempre manteniendo un equilibrio entre la investigación fundamental y las aplicaciones.

#### **4.11.1 Estudiantes Destacados y su Desarrollo Profesional**

##### **Estudiante de doctorado: Alexander Cardona Rodríguez**

Alexander desarrolló su tesis doctoral titulada "Tuning the magnetic properties of multiferroic BiFeO<sub>3</sub>: From bulk to nanoscale" bajo mi dirección entre 2016 y 2022. Su investigación constituye uno de los pilares fundamentales del trabajo de nuestro grupo en materiales multiferroicos, particularmente en la ferrita de bismuto (BiFeO<sub>3</sub> o BFO).

La tesis de Alexander abordó un problema central en el campo de los materiales multifuncionales: cómo controlar las propiedades magnéticas de BiFeO<sub>3</sub> mediante la nanoestructuración. El BiFeO<sub>3</sub> es un material multiferroico excepcional que presenta tanto orden feroeléctrico como antiferromagnético a temperatura ambiente, lo que lo hace muy prometedor para aplicaciones en espintrónica y almacenamiento de información. Sin embargo, su ordenamiento antiferromagnético limita sus aplicaciones tecnológicas. Alexander exploró cómo la reducción a escala nanométrica podía modificar estas propiedades, particularmente a través de la sintetización de nanopartículas con distintos tamaños.

Su trabajo implicó la síntesis de nanopartículas mediante el método sol-gel, controlando el tamaño mediante la temperatura de calcinación. Esto permitió obtener partículas desde unos pocos nanómetros hasta tamaños cercanos al volumen. El análisis estructural mediante XRD, SAXS y TEM de alta resolución mostró que todas las nanopartículas exhibían una estructura romboédrica R3c con una tensión residual que variaba en función del tamaño.

El hallazgo más significativo de su investigación fue la identificación de una transición magnética dependiente del tamaño en las nanopartículas de BiFeO<sub>3</sub>. Demostró que las partículas más pequeñas (por debajo de la longitud del cicloide de espín) presentaban un comportamiento ferromagnético débil, mientras que las más grandes mantenían comportamiento paramagnético. Mediante técnicas avanzadas como las curvas de reversión de primer orden (FORC), Alexander pudo resolver las diferentes contribuciones magnéticas, desde el superparamagnetismo hasta el ferromagnetismo débil.

Para la caracterización, Alexander empleó una amplia gama de técnicas, desde magnetometría convencional hasta mediciones avanzadas como dicroísmo magnético de rayos X en instalaciones de sincrotrón. Complementó estas mediciones con cálculos teóricos utilizando la Teoría del Funcional de Densidad (DFT), vinculando las contribuciones cristalográficas y de tensión con el momento magnético observado experimentalmente.

Su trabajo resultó en cuatro publicaciones en revistas científicas internacionales de alto impacto al momento de su grado:

1. "Control of Multiferroic properties in BiFeO<sub>3</sub> nanoparticles" (Scientific Reports, 2019)
2. "Strain-controlled ferromagnetism in BiFeO<sub>3</sub> nanoparticles" (Journal of Physics: Condensed Matter, 2020)

3. "Resolving magnetic contributions in BiFeO<sub>3</sub> nanoparticles using First Order Reversal Curves" (Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2022)
4. "Evidence of a glassy magnetic transition driven by structural disorder in BiFeO<sub>3</sub> nanoparticles" (Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2022)

Alexander también participó en otras publicaciones relacionadas con materiales magnéticos y fenómenos de conmutación resistiva, ampliando su experiencia en el campo de los materiales funcionales.

Actualmente, Alexander se desempeña como profesor de cátedra en la Universidad de los Andes y la Universidad del Rosario, donde continúa contribuyendo a la formación de nuevos estudiantes e investigadores en el campo de la física de materiales. Su investigación ha abierto importantes posibilidades para aplicaciones en espintrónica y dispositivos multifuncionales basados en BiFeO<sub>3</sub>. Alexander estará a cargo de una de las actividades dentro del Objetivo Específico 1 (OE1) del proyecto de regalías QUANEC en calidad de investigador posdoctoral, donde seguirá contribuyendo de manera exitosa al conocimiento de materiales funcionales con aplicación a computación neuromorfica.

### **Estudiante de doctorado: Diego Andrés Carranza Celis**

Diego desarrolló su tesis doctoral titulada "Tailoring electronic phase separation in Pr-doped mixed-valence manganite" bajo mi dirección, completada en diciembre de 2024. Su investigación representa una contribución fundamental al entendimiento de fenómenos de separación de fase en manganitas de valencia mixta, específicamente en el compuesto La<sub>5</sub>/<sub>8-x</sub>Pr<sub>x</sub>Ca<sub>3/8</sub>MnO<sub>3</sub> (LPCMO).

La tesis de Diego abordó el fascinante fenómeno de separación de fases en manganitas, materiales conocidos por sus complejos diagramas de fase y por exhibir diversas propiedades físicas controlables mediante múltiples parámetros. Su trabajo se centró en estudiar cómo las fases coexistentes en LPCMO pueden ser manipuladas precisamente, y cómo esta manipulación permite controlar propiedades físicas como la resistencia eléctrica y el comportamiento magnético.

Diego fabricó muestras de LPCMO con diferentes concentraciones de dopaje de praseodimio, estudiando sistemáticamente la dependencia del fenómeno de separación de fases respecto a este nivel de dopaje. A través de mediciones magnéticas detalladas, logró caracterizar la coexistencia de fases antiferromagnéticas y ferromagnéticas, revelando la existencia de fases "ocultas" en el sistema.

Uno de sus hallazgos más significativos fue el descubrimiento de una fase paramagnética a baja temperatura utilizando un método de resonancia magnética avanzado. Diego estableció la conexión entre la reaparición de esta fase paramagnética y el comportamiento vítreo a bajas temperaturas que exhibe el sistema. Las mediciones de resonancia magnética también revelaron múltiples modos de resonancia, sugiriendo la existencia de fases ocultas en el esquema de separación de fases de LPCMO, demostrando que este método puede ser una herramienta poderosa para detectar fases ocultas en sistemas con separación de fases.

Además, Diego demostró convincentemente que tanto la conmutación resistiva volátil como la no volátil pueden ser inducidas en LPCMO. La conmutación resistiva no volátil se logró mediante la manipulación precisa de la fracción de fases separadas usando campos eléctricos y magnéticos, permitiendo la implementación de conmutación resistiva multiestado. Diego propuso una explicación para el mecanismo que permite controlar las fases separadas, demostrando mediante mediciones de ciclos menores de temperatura que la evolución de la separación de fases depende de la historia térmica de la muestra. Consecuentemente, el

calentamiento Joule causado por pulsos eléctricos puede ser utilizado para controlar la fracción de la fase aislante antiferromagnética.

### Contribuciones principales:

Las contribuciones de Diego a nuestra comprensión de los fenómenos de separación de fase incluyen:

1. **Identificación de fases ocultas:** Utilizando resonancia magnética, logró detectar fases paramagnéticas que habían permanecido ocultas en estudios previos, proporcionando una visión más completa del fenómeno de separación de fase.
2. **Control preciso de la separación de fases:** Demostró que es posible manipular la fracción relativa de las diferentes fases mediante campos eléctricos y magnéticos, abriendo camino a aplicaciones tecnológicas.
3. **Mecanismos de conmutación resistiva:** Estableció las condiciones para lograr conmutación resistiva tanto volátil como no volátil, incluyendo la innovadora conmutación resistiva multiestado.
4. **Relación entre historia térmica y comportamiento de fase:** Descubrió que la evolución de las fases separadas depende crucialmente de la historia térmica del material, proporcionando un mecanismo para el control de la separación de fases.

Su investigación ha resultado en varias publicaciones en revistas científicas de alto impacto:

- "Low-temperature paramagnetic phase reentrance in praseodymium-doped manganites" (Physical Review Materials, 2024)
- "Magnetism dynamics driven by phase separation in pr-doped manganite thin films: A ferromagnetic resonance study" (Physical Review Materials, 2021)

Adicionalmente, está preparando un manuscrito titulado "Multimode Resistive Switching via Electrical and Magnetic Means in Praseodymium-Doped Manganite" que recopila sus hallazgos más recientes.

### Artículos en colaboraciones:

- A. Cardona-Rodríguez, E. Ramos Rodríguez, D. Carranza-Celis, N. Vergara-Duran, A.S.E. da Cruz, O. Moscoso Londoño, F. Béron, M. Knobel, A. Reiber, D. Muraca, and Juan Gabriel Ramírez, Resolving magnetic contributions in  $\text{BiFeO}_3$  nanoparticles using First-order reversal curves. J. Magn. Magn. Mater. 556, 169409 (2022).
- Diego Carranza-Celis, Alexander Cardona Rodríguez, Jackeline Narváez, Oscar Moscoso, Diego Muraca, Marcelo Knobel, Nancy Ornelas-Soto, Andreas Reiber, Juan Gabriel Ramírez, Control of Multiferroic properties in  $\text{BiFeO}_3$  nanoparticles. Scientific Reports 9, 3182 (2019)

El comité de evaluación calificó la tesis de Diego como excepcional, destacando la profundidad de su análisis, la innovación metodológica y el impacto potencial de sus descubrimientos. Los evaluadores resaltaron particularmente la combinación de técnicas experimentales avanzadas y la interpretación teórica sólida que caracterizan su trabajo.

Diego se encuentra actualmente tomando un semestre de descanso debido a una situación familiar, pero está proyectado que se incorpore como investigador postdoctoral en el proyecto QUANEC una vez que éste inicie. Su experiencia en fenómenos de separación de fase y conmutación resistiva lo posiciona idealmente para contribuir al desarrollo de dispositivos de computación neuromórfica que podrían tener aplicaciones revolucionarias en el procesamiento eficiente de información.

La investigación de Diego ha abierto nuevas perspectivas sobre el fenómeno de separación de fase en LPCMO y ha establecido bases sólidas para futuras exploraciones de dispositivos de memoria de próxima generación basados en este material fascinante.

### **Estudiante de Maestría: Victor Hugo González Sánchez**

Victor realizó su tesis de maestría sobre "Study of RKKY coupling in Co/Nb/Co trilayers via magnetoresistance" (2018-2020). Su investigación se centró en fenómenos de acoplamiento magnético a larga distancia en heteroestructuras superconductor-ferromagnéticas, un tema central en espintrónica.

Su testimonio refleja la experiencia transformadora en el grupo: "Cuando hice la transición de estudiante de pregrado a maestría, Juan Gabriel me aconsejó que tomara las riendas de todo el proceso, desde la fabricación de muestras hasta la caracterización, formulación del modelo y presentación de resultados. La familiaridad que adquirí con la física de las películas delgadas, su estructura y su dinámica, me permitió recordar la razón por la que decidí estudiar física: la emoción del descubrimiento."

Victor participó en una pasantía en ESPCI en París gracias a las conexiones del grupo, experiencia que le abrió puertas al sistema europeo de colaboración. Actualmente es investigador postdoctoral en la Universidad de Gotemburgo (Suecia), donde trabaja en espintrónica aplicada, continuando la línea de investigación iniciada bajo mi dirección.

### **Estudiante de Maestría: Daniel Fabián Hernández**

Daniel realizó su tesis sobre "Confinamiento del pentóxido de vanadio  $V_2O_5$  y la influencia del tamaño en sus propiedades ópticas" en 2021, continuada con "Tuning electronic and magnetic properties through disorder in  $V_2O_5$  nanoparticles". Su investigación ha permitido comprender la ambigüedad del gap de energía del  $V_2O_5$  y su comportamiento magnético inesperado.

Daniel señala: "En el grupo de Nanomagnetismo ha iniciado y madurado paulatinamente mi trayectoria académica, me han enseñado así como ayudado a aplicar las principales destrezas técnicas de la disciplina y me han inculcado un profundo aprecio por la investigación como camino para servir a la sociedad mediante la búsqueda de soluciones óptimas e innovadoras."

Actualmente es estudiante de Doctorado en Física en la Universidad de los Andes, donde además se desempeña como Asistente Graduado Docente y de investigación, continuando la línea de investigación iniciada en el grupo.

### **Estudiante de Maestría: Andrés Jenaro López García**

Andrés Jenaro López García desarrolló su tesis de maestría titulada "Atrapamiento de nanopartículas usando dielectroforesis con perspectiva al diseño de plataformas de sensores y termoelectricidad" bajo mi dirección en la Universidad de los Andes. Su investigación se centró en la optimización de técnicas de dielectroforesis (DEP) para el control preciso de nanopartículas, estableciendo fundamentos importantes para aplicaciones en sensores y dispositivos termoelectrónicos.

La tesis de Andrés abordó un desafío fundamental en la nanomanipulación: el control preciso de nanopartículas dispersas en un medio líquido mediante campos eléctricos no uniformes. La dielectroforesis representa un método no invasivo y altamente versátil para este propósito,

pero su efectividad depende de diversos parámetros que frecuentemente son pasados por alto en la literatura científica.

Andrés realizó un estudio sistemático de los parámetros clave que influyen en la fuerza dielectroforética, incluyendo la constante dieléctrica del medio, el voltaje pico a pico ( $V_{(pp)}$ ), la frecuencia de la señal aplicada ( $\omega$ ) y la separación entre electrodos (gap). Mediante simulaciones por elementos finitos (FEM), logró determinar valores óptimos para estos parámetros, proporcionando una guía metodológica para el diseño eficiente de plataformas de atrapamiento de nanopartículas.

### **Contribuciones Principales**

- Modelado computacional avanzado: Desarrolló simulaciones precisas del comportamiento de nanopartículas bajo campos eléctricos no uniformes, permitiendo predecir los patrones de atrapamiento bajo diferentes condiciones.
- Validación experimental: Contrastó los resultados teóricos con experimentos sistemáticos, verificando las predicciones del modelado y estableciendo parámetros óptimos para diferentes tipos de nanopartículas.
- Optimización de parámetros: Identificó combinaciones específicas de frecuencia, voltaje y geometría de electrodos que maximizan la eficiencia del atrapamiento para diferentes materiales, proporcionando pautas ingenieriles concretas.
- Aplicaciones prospectivas: Exploró las implicaciones de sus hallazgos para el desarrollo de sensores y dispositivos termoelectrónicos, sugiriendo configuraciones específicas para maximizar el rendimiento en estas aplicaciones.

El trabajo de Andrés ha establecido una base sólida para el desarrollo de plataformas de manipulación de nanomateriales con aplicaciones potenciales en sensores ambientales, biosensores y dispositivos termoelectrónicos. Su enfoque metodológico en la optimización de parámetros llena un vacío importante en la literatura técnica sobre dielectroforesis aplicada a nanomateriales.

Tras completar su maestría, Andrés continuó su formación doctoral en la Université Grenoble Alpes, donde actualmente trabaja en el laboratorio IMEP-LAHC. Su investigación actual se centra en la fabricación, caracterización eléctrica mediante microscopía de fuerza atómica (AFM) y simulación de nanogeneradores basados en nanohilos piezoelectricos semiconductores, extendiendo así las líneas de investigación iniciadas durante su maestría en la Universidad de los Andes.

La trayectoria académica de Andrés demuestra cómo una formación sólida en física fundamental y técnicas de simulación avanzadas puede traducirse en aplicaciones tecnológicas concretas con potencial impacto en campos emergentes como la nanoelectrónica y la generación de energía a nanoescala.

### **Estudiante de Maestría: Carranza Célis, Diego Andrés**

Diego desarrolló su tesis de maestría titulada "Control de propiedades multiferroicas en nanopartículas de  $\text{BiFeO}_3$ " bajo mi dirección en la Universidad de los Andes. Su investigación constituyó un trabajo pionero en el campo de los materiales multiferroicos nanoestructurados, específicamente centrado en la ferrita de bismuto ( $\text{BiFeO}_3$  o BFO).

La tesis de Diego abordó uno de los desafíos fundamentales en el campo de los materiales multifuncionales: cómo potenciar el acoplamiento magnetoeléctrico (ME) en la ferrita de bismuto mediante la nanoestructuración. El  $\text{BiFeO}_3$  es particularmente interesante por presentar simultáneamente ordenamiento ferroeléctrico y magnético a temperatura ambiente,

lo que lo convierte en un candidato ideal para aplicaciones tecnológicas avanzadas. Sin embargo, en su forma masiva (bulk), el BFO presenta un ordenamiento antiferromagnético con una estructura de espín cicloidal que limita significativamente su acoplamiento magnetoeléctrico.

Diego desarrolló una estrategia de síntesis de nanopartículas de  $\text{BiFeO}_3$  con dimensiones controladas, específicamente dirigida a obtener tamaños inferiores a la longitud característica de la estructura cicloidal de espín (62 nm). Su hipótesis, confirmada a través de rigurosos experimentos, era que la reducción dimensional por debajo de esta longitud crítica interrumpiría la estructura cicloidal, permitiendo la emergencia de propiedades ferromagnéticas que potenciarían el acoplamiento magnetoeléctrico.

El trabajo de Diego incluyó:

1. **Síntesis optimizada:** Desarrolló un método sol-gel refinado para la fabricación de nanopartículas de  $\text{BiFeO}_3$  con control preciso del tamaño, logrando obtener distribuciones acotadas con diámetros en el rango de interés.
2. **Caracterización estructural y morfológica:** Realizó un análisis exhaustivo mediante difracción de rayos X (XRD), microscopía electrónica de transmisión (TEM) y dispersión de rayos X a bajo ángulo (SAXS), confirmando la obtención de nanopartículas cristalinas con la estructura romboédrica R3c característica del  $\text{BiFeO}_3$ .
3. **Análisis magnético avanzado:** Empleó técnicas de magnetometría de muestra vibrante (VSM) y SQUID para caracterizar las propiedades magnéticas de las nanopartículas, demostrando la aparición de ferromagnetismo débil en las partículas más pequeñas.
4. **Correlación estructura-propiedades:** Estableció una clara relación entre el tamaño de partícula, la distorsión estructural y las propiedades magnéticas, proporcionando evidencia experimental directa del mecanismo de supresión de la estructura cicloidal.

### Impacto y Reconocimiento

La investigación de Diego resultó en una publicación de alto impacto:

"Control of Multiferroic properties in  $\text{BiFeO}_3$  nanoparticles" (Scientific Reports, 2019)

Este trabajo recibió un reconocimiento notable al ser seleccionado entre los **Top 100 artículos de Física de 2019** por Scientific Reports (Nature Publishing Group), ubicándose en la posición 28. Este reconocimiento destaca la relevancia y el alcance internacional de su investigación, que ha sido ampliamente descargada y citada por la comunidad científica.

El trabajo de Diego sentó bases importantes para investigaciones posteriores en materiales multiferroicos nanoestructurados, incluyendo aplicaciones en espintrónica, almacenamiento de información y sensores multifuncionales. Su investigación de maestría también estableció fundamentos metodológicos que luego profundizaría en su trabajo doctoral sobre separación de fases en manganitas de valencia mixta.

La trayectoria investigativa iniciada con esta tesis de maestría demuestra el potencial de los materiales nanoestructurados para superar limitaciones intrínsecas de sus contrapartes masivas, abriendo caminos para el desarrollo de dispositivos tecnológicos avanzados basados en el control preciso de las propiedades multiferroicas a escala nanométrica.

### Monografías de Pregrado Distinguidas

#### Sergio Andrés Correal López

Sergio Andrés Correal López completó su tesis de pregrado titulada "Efecto del cambio estructural y de vacancias de oxígeno en las propiedades ópticas y electrónicas del  $\text{V}_2\text{O}_5$  mediante primeros principios" bajo mi dirección en la Universidad de los Andes. Su

investigación se centró en el estudio computacional de óxidos complejos, específicamente el pentóxido de vanadio ( $V_2O_5$ ), un material de gran interés debido a sus propiedades adaptables mediante temperatura o voltaje.

La tesis de Sergio abordó una cuestión fundamental sobre los mecanismos que causan la disminución del band gap en nanopartículas de  $V_2O_5$  cuando aumenta la temperatura de calcinación. Mediante cálculos basados en la Teoría del Funcional de Densidad (DFT) con correcciones de Hubbard (DFT+U) y de van der Waals (D3), Sergio analizó sistemáticamente dos posibles causas: cambios estructurales y la aparición de vacancias de oxígeno.

Su trabajo representó una contribución significativa al mostrar que los cambios en el band gap no se deben a alteraciones estructurales del material, sino a la formación de vacancias de oxígeno. Específicamente, Sergio demostró que estas vacancias generan estados interbanda espín-polarizados que reducen el band gap en aproximadamente 1 eV, un cambio comparable con las observaciones experimentales. Además, descubrió un fenómeno interesante: diferentes concentraciones de vacancias (1.1%, 2.5% y 5.0%) producían distintos comportamientos magnéticos, sugiriendo posibles aplicaciones en espintrónica.

### **Contribuciones Principales:**

- Modelado de materiales cuánticos: Implementó cálculos DFT+U avanzados con correcciones de van der Waals para simular con precisión las propiedades electrónicas del  $V_2O_5$  en diversas configuraciones.
- Caracterización de vacancias: Determinó los efectos estructurales, electrónicos y magnéticos de diferentes concentraciones de vacancias de oxígeno en el  $V_2O_5$ .
- Correlación teórico-experimental: Proporcionó una explicación teórica consistente con los resultados experimentales sobre la variación del band gap con la temperatura de calcinación.
- Magnetismo inducido por defectos: Identificó cómo el magnetismo en  $V_2O_5$  puede controlarse mediante la concentración de vacancias de oxígeno.

El trabajo de Sergio desarrolló múltiples competencias que le han resultado valiosas en su trayectoria profesional. Según refleja en la encuesta para antiguos estudiantes, durante su tiempo en el grupo adquirió habilidades técnicas en "métodos computacionales (DFT, etc.)", "análisis y procesamiento de datos", y "técnicas de caracterización de materiales". En cuanto a habilidades blandas, destacó el desarrollo de "pensamiento crítico", "comunicación científica", "trabajo en equipo", y "gestión del tiempo y planificación".

Después de graduarse, Sergio continuó su formación académica en un doctorado en la Universidad de California, San Diego, donde aplica las habilidades adquiridas en su pregrado. En su testimonio, menciona: "La experiencia en el grupo de Nanomagnetismo y el trabajo con el Dr. Ramírez me proporcionaron una sólida formación en investigación que ha sido fundamental para mi desarrollo doctoral. Las habilidades en modelado computacional y el enfoque crítico para resolver problemas me han permitido abordar investigaciones más complejas en mi actual programa."

La trayectoria de Sergio ejemplifica cómo una formación rigurosa en física computacional aplicada a materiales cuánticos puede proporcionar una base sólida para carreras de investigación avanzada, demostrando la efectividad del modelo de formación implementado en el grupo de Nanomagnetismo.

### **Andrea Esquivel Sánchez**

Andrea Esquivel Sánchez desarrolló su tesis de pregrado titulada "Detection of polarons in reduced vanadium oxide  $V_2O_{5-x}$ " bajo mi dirección en la Universidad de los Andes. Su

investigación se centró en el estudio de cuasipartículas conocidas como polarones en óxidos de vanadio con deficiencia de oxígeno, un campo crucial para entender propiedades de transporte electrónico en materiales funcionales complejos.

La tesis de Andrea abordó uno de los problemas fundamentales en física de la materia condensada: la interacción entre electrones y la red cristalina en presencia de vacancias de oxígeno. Mediante un enfoque experimental riguroso, Andrea estudió cómo los tratamientos térmicos en nanopartículas de  $V_2O_5$  generan defectos estructurales que modifican significativamente sus propiedades magnéticas y de transporte, con especial énfasis en la detección y caracterización de polarones.

A través de la síntesis de nanopartículas de  $V_2O_5$  por el método sol-gel y su posterior tratamiento térmico a diferentes temperaturas, Andrea logró establecer una correlación directa entre el aumento de vacancias de oxígeno y los cambios en la magnetización del material. Particularmente notable fue su hallazgo sobre la estabilidad temporal de la magnetización inducida y los distintos tiempos de relajación según la temperatura de tratamiento. Este trabajo representa una contribución significativa al entendimiento de los mecanismos físicos involucrados en la formación de polarones en óxidos de metales de transición.

### **Contribuciones Principales:**

- Síntesis y caracterización: Desarrolló y optimizó protocolos para la síntesis de nanopartículas de  $V_2O_5$  con diferentes grados de deficiencia de oxígeno, caracterizándolas mediante espectroscopía Raman.
- Análisis magnético: Empleó magnetometría de muestra vibrante (VSM) para estudiar el comportamiento paramagnético inducido por vacancias de oxígeno, estableciendo una relación no lineal entre las condiciones de tratamiento y la magnetización resultante.
- Modelado de polarones: Identificó la presencia de polarones en el material con una energía de activación cercana a 0.11 eV, proporcionando evidencia experimental de la interacción entre electrones y la red cristalina.
- Potenciales aplicaciones: Exploró las implicaciones de sus hallazgos para aplicaciones en espintrónica y computación neuromórfica, demostrando la posibilidad de controlar el nivel de magnetización a temperatura ambiente.

Durante su trabajo en el grupo de Nanomagnetismo, Andrea desarrolló numerosas habilidades técnicas, incluyendo "técnicas de caracterización de materiales", "síntesis química de nanomateriales", "análisis y procesamiento de datos" y "técnicas de vacío y atmósferas controladas", según indica en la encuesta de antiguos estudiantes. Asimismo, cultivó habilidades blandas como "pensamiento crítico", "comunicación científica", "trabajo en equipo" y "resolución creativa de problemas", competencias que han sido fundamentales en su posterior desarrollo profesional.

Tras completar su formación en la Universidad de los Andes, Andrea continuó su trayectoria académica en Francia, beneficiándose parcialmente del convenio con la École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles (ESPCI). Actualmente, está realizando su doctorado en la Universidad Paris Cité en el laboratorio dirigido por la profesora Florence Gazeau, donde aplica los conocimientos y habilidades adquiridos durante su formación en nuestro grupo.

En su testimonio sobre la influencia del grupo en su desarrollo, Andrea menciona: "Mi experiencia en el grupo de Nanomagnetismo fue fundamental para mi formación como investigadora. La combinación de rigurosidad científica, libertad para explorar ideas propias y el constante apoyo del Dr. Ramírez y todo el equipo me proporcionaron una base sólida para enfrentar los desafíos de mi doctorado. Las habilidades experimentales y analíticas que

desarrollé trabajando con materiales cuánticos complejos me han permitido adaptarme rápidamente a nuevos entornos de investigación interdisciplinaria."

La trayectoria de Andrea ejemplifica el impacto positivo de nuestra metodología de formación, que combina investigación fundamental con aplicaciones potenciales, y demuestra cómo el grupo de Nanomagnetismo contribuye a la preparación de científicos con proyección internacional, capaces de abordar problemas complejos en la frontera del conocimiento.

### **Carlos Felipe Eugenio**

Carlos Felipe Eugenio Gómez desarrolló su tesis de pregrado titulada "High-Entropy Spinel Oxides: Structural and Magnetic Characterization through Neutron Diffraction" bajo mi codirección en colaboración con el Dr. Kim Lefmann de la Universidad de Copenhague. Esta investigación, realizada en el marco de un intercambio estudiantil internacional auspiciado por la Universidad de los Andes, representa un excelente ejemplo de formación científica integral que combina investigación de frontera, movilidad internacional y desarrollo de competencias avanzadas en caracterización de materiales cuánticos.

La tesis de Carlos abordó un campo emergente y prometedor en ciencia de materiales: los óxidos de alta entropía (HEOs), específicamente aquellos con estructura espinela. Estos materiales representan un cambio de paradigma en la investigación de materiales cerámicos al incorporar cinco o más metales de transición en su estructura cristalina, lo que genera propiedades magnéticas y estructurales únicas causadas por el desorden configuracional extremo.

Carlos realizó un estudio sistemático de tres diferentes HEOs mediante difracción de rayos X, magnetometría SQUID a diversas temperaturas, y difracción de neutrones dependiente de la temperatura utilizando instalaciones científicas internacionales de primer nivel, como el acelerador sincrotrón del Paul Scherrer Institute en Suiza. Sus resultados demostraron que estos materiales presentan un ordenamiento ferrimagnético causado por un desequilibrio en los momentos magnéticos de los sitios tetraédricos y octaédricos, una consecuencia directa tanto de la naturaleza de alta entropía como de las simetrías subyacentes de la estructura espinela.

### **Contribuciones Principales**

- Síntesis avanzada de materiales: Dominó el método sol-gel para crear óxidos de alta entropía con estructura espinela de fase única, incorporando múltiples metales de transición.
- Caracterización estructural multinivel: Desarrolló análisis de difracción de rayos X y neutrones para determinar parámetros estructurales clave como parámetros de red y tamaño de cristalita.
- Análisis magnético avanzado: Realizó caracterizaciones magnéticas complejas utilizando técnicas de magnetometría y difracción de neutrones para identificar ordenamientos magnéticos y transiciones de fase.
- Refinamiento Rietveld: Aplicó técnicas de refinamiento simultáneo de datos de rayos X y neutrones para modelar la ocupación de sitios por cationes de metales de transición.

La proyección internacional del trabajo de Carlos quedó evidenciada por su selección para participar en el prestigioso "37th Lindau Nobel Laureate Meeting", un evento exclusivo donde jóvenes investigadores interactúan con premios Nobel. Su investigación también fue presentada en el 32nd International Materials Research Congress, demostrando su calidad y relevancia en el campo.

Las encuestas a antiguos estudiantes del grupo reflejan las habilidades técnicas y profesionales que Carlos desarrolló durante su trabajo, incluyendo experiencia en

caracterización avanzada de materiales, análisis de datos complejos, síntesis química, y el manejo de grandes instalaciones científicas internacionales. Asimismo, cultivó competencias en comunicación científica, trabajo interdisciplinario y colaboración internacional.

Tras completar su tesis, Carlos ha continuado su formación académica avanzada, llevando consigo el rigor científico y las competencias técnicas desarrolladas durante su investigación en nuestro grupo. Su caso ilustra perfectamente cómo la formación en investigación de frontera, combinada con experiencias internacionales, prepara a nuestros estudiantes para carreras científicas destacadas a nivel global en el estudio de materiales cuánticos avanzados. En la actualidad, Carlos se prepara a entrar al programa de Maestría en Física, para continuar su trabajo en HEO y terminar una publicación científica.

### **Mily Geraldine Sánchez Julio**

Mily Geraldine Sánchez Julio desarrolló su proyecto de investigación titulado "Caracterización magnética del MnAlC y MnAlCu en fase vítrea mediante la técnica FORC" bajo mi dirección. Su trabajo se centró en el estudio de materiales magnéticos permanentes, específicamente aleaciones de MnAl dopadas con carbono y cobre, que representan alternativas prometedoras a los imanes tradicionales que contienen elementos de tierras raras.

La investigación de Mily abordó la caracterización estructural y magnética de diferentes fases del MnAlC formadas a distintas temperaturas, con especial énfasis en la identificación y cuantificación de la fase  $\tau$ , crucial para aplicaciones en imanes permanentes. Empleó técnicas avanzadas como difracción de rayos X con temperatura variable y el método de Curvas de Reversión de Primer Orden (FORC), este último particularmente valioso para discriminar las contribuciones de diferentes fases magnéticas en materiales complejos.

A través de su proyecto, Mily demostró cómo el dopaje con cobre afecta la estabilidad de fase y las propiedades magnéticas del sistema  $\tau$ -MnAl, realizando un estudio comparativo sistemático entre las series  $Mn_{55-x}Al_{45}Cu_x$  y  $Mn_{55}Al_{45-x}Cu_x$ . Sus hallazgos proporcionaron información valiosa sobre la relación entre la estructura cristalina, la composición química y el comportamiento magnético de estos materiales, contribuyendo al desarrollo de imanes permanentes libres de tierras raras con aplicaciones potenciales en tecnologías de energía renovable y almacenamiento de información.

### **Contribuciones Principales**

- Caracterización magnética avanzada: Dominó la técnica FORC para descomponer las contribuciones magnéticas de diferentes fases presentes en sistemas complejos de MnAlC y MnAlCu.
- Análisis de transiciones de fase: Implementó medidas de difracción de rayos X con temperatura variable para monitorear en tiempo real las transformaciones estructurales de las fases.
- Correlación estructura-propiedades: Estableció relaciones entre parámetros de curvas de histéresis y el acoplamiento magnético en estos materiales.
- Cuantificación de fases: Determinó los porcentajes de composición de las distintas fases formadas mediante análisis combinados de difracción y magnetometría.

La calidad de su investigación quedó evidenciada en el rigor metodológico y la sistematización con que abordó las diferentes etapas experimentales, desde la preparación y tratamiento térmico de muestras hasta el análisis e interpretación de datos complejos.

Como ella misma señala, su experiencia en el grupo de investigación le permitió desarrollar no solo competencias técnicas específicas, sino también habilidades fundamentales para el pensamiento científico como el razonamiento crítico, la resolución de problemas y

metodologías de investigación estructuradas. La mentoría recibida por parte de estudiantes doctorales y el equipo investigador complementó su formación, creando un entorno de aprendizaje colaborativo que potenció su desarrollo académico y profesional.

Actualmente, Mily aplica las habilidades analíticas y computacionales adquiridas durante su proyecto de investigación como analista de datos en Identidad Technologies en Bogotá, demostrando cómo la formación en investigación en física de materiales proporciona competencias transferibles altamente valoradas en diversos sectores profesionales, particularmente en campos relacionados con análisis de datos y tecnologías emergentes.

### **Juan David Rueda Torres**

Juan David Rueda Torres desarrolló su proyecto de tesis titulado "Construction of a Wide-Field MOKE Microscope for Domain Analysis with CNNs" bajo mi co-supervisión junto con el profesor Manu Forero del Departamento de Física. Este proyecto representa una destacada integración de metodologías experimentales e inteligencia artificial para el análisis de dominios magnéticos, demostrando las capacidades interdisciplinarias que caracterizan a los estudiantes formados en nuestro grupo de investigación.

El trabajo de Juan David abordó el desafiante objetivo de construir un microscopio de efecto Kerr magneto-óptico (MOKE) de campo amplio y complementarlo con un enfoque de aprendizaje automático para el análisis de dominios magnéticos. Este microscopio fue construido desde componentes ópticos fundamentales, incorporando fuentes de iluminación tanto láser de 662 nm como LED. Un desafío significativo que superó con éxito fue la presencia de patrones de speckle láser, implementando un Removedor de Speckle Láser que mejoró sustancialmente la calidad de imagen.

### **Contribuciones Principales**

- Diseño y construcción avanzada: Desarrolló un microscopio MOKE completamente funcional desde componentes individuales, logrando una resolución teórica de 0.6  $\mu\text{m}$  utilizando un objetivo de 20x.
- Caracterización de materiales magnéticos: Realizó observaciones experimentales en películas delgadas de cobalto de 25 nm, detectando contraste dependiente de la polarización.
- Implementación de aprendizaje profundo: Desarrolló una red neuronal convolucional para predecir parámetros magnéticos a partir de imágenes de dominios, alcanzando puntuaciones  $R^2$  de hasta 83.5% para predicción de dos parámetros.
- Simulaciones micromagnéticas: Utilizó Ubermag y OOMMF para generar conjuntos de datos de patrones de dominios magnéticos que exhiben diversas configuraciones, incluyendo patrones de burbujas, franjas y laberínticos.

Como él mismo destaca: "Gracias a la guía del profesor Juan Gabriel logré profundizar en el área de computación neuromórfica, y me ha permitido encontrar oportunidades en esa área, la cual considero principal. Además, he recibido guía para posgrados y pasantías, lo cual ha sido muy útil para mi desarrollo profesional." Este testimonio refleja el impacto de la mentoría personalizada que caracteriza a nuestro grupo de investigación.

La proyección profesional de Juan David se evidencia en su continua colaboración con el grupo, donde contribuye con cálculos de Teoría Funcional de la Densidad (DFT) para un artículo sobre  $V_2O_5$  dopado con cobalto, y desarrolla un modelo para estimar parámetros magnéticos a partir de imágenes de dominios magnéticos. Su capacidad para incorporar tanto técnicas experimentales avanzadas como métodos computacionales sofisticados demuestra el carácter integral de su formación científica.

El trabajo de Juan David ilustra perfectamente cómo la formación en investigación experimental combinada con habilidades en aprendizaje automático prepara a nuestros estudiantes para enfrentar desafíos científicos complejos que requieren enfoques multidisciplinarios. Su contribución al campo del análisis de dominios magnéticos mediante inteligencia artificial representa un avance significativo con potenciales aplicaciones en la caracterización de materiales magnéticos y el desarrollo de dispositivos tecnológicos avanzados.

#### 4.11.2 Aspectos Valorados de la Formación de Estudiantes

Los testimonios de mis estudiantes destacan varios elementos clave de mi enfoque formativo:

1. **Autonomía y pensamiento crítico:** He promovido que los estudiantes tomen las riendas de sus proyectos, desarrollando capacidad investigativa y creatividad para resolver problemas.
2. **Ambiente colaborativo:** He fomentado un espacio de trabajo donde todos se sienten valorados y reciben retroalimentación constante, como señala María Alejandra: "Juan Gabriel es la muestra de amor por el conocimiento, además de la vocación de compartirlo. Destaco la dedicación ante todos sus proyectos y estudiantes, además de su capacidad de poder atender a las preguntas y solicitudes de todos los integrantes del grupo. Nunca nadie queda por fuera de retroalimentación o acompañamiento."
3. **Mentoría integral:** He acompañado a los estudiantes no solo en aspectos técnicos sino también en su desarrollo profesional, guiándolos hacia oportunidades internacionales, como indica Víctor González: "Gabriel es un excelente mentor y tiene un panorama amplio de la realidad científica nacional e internacional. Me ayudó a conseguir una pasantía en un laboratorio de superconductores en París, y me aconsejó muy bien cuando estaba decidiendo entre las ofertas doctorales que tenía."
4. **Conexión teoría-experimento:** He impulsado una visión integral de la física que combina aspectos teóricos, experimentales y computacionales, como menciona Víctor: "La conexión entre teoría y experimento es una de las lecciones que más valoro del laboratorio de nanomagnetismo. En mi formación como físico, siempre percibí una división artificial entre físicos teóricos y experimentales, pero tal distinción no existe en el grupo de nanomag."
5. **Proyección internacional:** He facilitado la vinculación de mis estudiantes a redes internacionales de investigación, permitiéndoles continuar su formación en instituciones de prestigio mundial. Actualmente, mis egresados ocupan posiciones en UC San Diego, Universidad de Gotemburgo, Institut Polytechnique de París, entre otras.

Mi labor de formación ha impactado no solo en la trayectoria académica y profesional de mis estudiantes, sino también en el desarrollo de una comunidad científica en nanociencia y magnetismo en Colombia, contribuyendo a posicionar a la Universidad de los Andes como referente en estas disciplinas.

#### 4.11.3 Seminarios de Investigación y Cursos Dirigidos

Más allá de la dirección formal de tesis y los cursos regulares del plan de estudios, he buscado activamente crear espacios adicionales para la profundización y la discusión científica con estudiantes, especialmente a nivel de posgrado y para aquellos con un marcado interés en la investigación.

- **Seminarios de Investigación del Grupo de Nanomagnetismo:** De manera regular, organizo y dirijo seminarios internos dentro del Grupo de Nanociencia y Fenómenos Cuánticos. Estos seminarios están diseñados como un espacio de discusión abierta donde los miembros del grupo (estudiantes de pregrado, maestría, doctorado y jóvenes investigadores) presentan los

avances de sus proyectos, discuten artículos científicos relevantes de la literatura actual, y exploran nuevas ideas o metodologías de investigación. Estos encuentros fomentan el pensamiento crítico, la capacidad de comunicación científica y el aprendizaje colaborativo, siendo fundamentales para la cohesión del grupo y el desarrollo de una cultura investigativa rigurosa.

- **Cursos Dirigidos y Tutorías Especializadas:** En varias ocasiones, he ofrecido cursos dirigidos o tutorías especializadas a pequeños grupos de estudiantes o incluso de manera individual, cuando han mostrado un interés particular en temas específicos de mis líneas de investigación que no se cubren extensamente en los cursos regulares. Estos espacios permiten una interacción más personalizada y la exploración en profundidad de tópicos avanzados, adaptando el contenido y el ritmo a las necesidades e intereses de los participantes. Han sido particularmente valiosos para preparar a estudiantes con miras a proyectos de tesis o para introducirles a nuevas áreas de la física de la materia condensada. Algunos ejemplos de estos cursos dirigidos incluyen en la siguiente tabla.

*Tabla 4.11.2 Lista de cursos dirigidos*

Nombre del Curso	Código	Período(s) Impartido(s)	Nivel	Enfoque Principal y Componente Innovador
Tópicos en Espintrónica: Teoría y Experimentos	FISI XXXX	2025-10 (propuesto)	Pregrado/ Posgrado (Dirigido)	Analizar la magnetoresistencia colossal (CMR) en manganitas. Capacitar al estudiante en la experimentación y el análisis teórico de estos fenómenos, culminando en un proyecto semestral (experimental o teórico) enfocado en CMR en manganitas.
Tópicos en Micromagnetismo: Teoría y Simulaciones	FISI XXXX	2024-20 (propuesto)	Pregrado/ Posgrado (Dirigido)	Introducir la teoría continua del micromagnetismo. Modelar la magnetización M(x) con software libre (OOMMF, Mumax3) y aplicarlo a nanoestructuras de óxidos de hierro. Proyecto semestral con cálculos computacionales para muestras del laboratorio.
First-Principles Material Modelling using Density Functional Theory (DFT)	FISI XXXX	2019-20	Pregrado/ Posgrado (Dirigido)	Proveer bases teóricas y habilidades computacionales para el modelado de óxidos funcionalmente correlacionados (vanadatos, niquelatos) usando el software WIEN2k, con el fin de entender sus transiciones de fase y simular espectros (XAS, Raman).
Tópicos Avanzados en Física del Estado Sólido I: Teoría y Experimentos	FISI XXXX	2019-10	Pregrado/ Posgrado (Dirigido)	Adquirir conocimiento teórico en fenómenos de transporte electrónico dependientes de espín (magnetoresistencia, espintrónica). Desarrollar competencias experimentales en criogenia, sistemas de vacío y mediciones de transporte a bajas temperaturas y altos campos magnéticos.
Topics in Core Level Spectroscopy: Theory and Simulations	FISI XXXX	2023-10	Pregrado/ Posgrado (Dirigido)	Estudiar los fundamentos teóricos de las espectroscopias de nivel de núcleo (XAS, RIXS, XPS, XMCD). Simulación mediante software especializado (Quanty, CTM4DOC, Crispy), aplicado a materiales como BiFeO <sub>3</sub> y RNiO <sub>3</sub> .

Estas actividades de formación complementaria son cruciales para cultivar un semillero de jóvenes investigadores, permitiéndoles un contacto más directo y profundo con el quehacer científico y motivándolos a seguir carreras en investigación.

## 5. Producción académica

Mi trayectoria investigativa se ha desarrollado en el campo del nanomagnetismo y los materiales multifuncionales, explorando las propiedades emergentes que surgen cuando la materia se estructura a escalas nanométricas. A lo largo de mi carrera, he publicado 60 artículos científicos en revistas indexadas que han generado más de 2,700 citaciones, con un índice h de 23. Mi trabajo ha tenido un impacto creciente en la comunidad científica, evidenciado por el hecho de que el 60% de estas citaciones se han producido desde 2020.

En esta sección presentaré un panorama integral de mi producción académica organizado en los siguientes apartados:

1. Características de mi investigación.
2. Investigación en materiales cuánticos y multifuncionales: donde explico mi enfoque interdisciplinario entre la física del estado sólido, la ciencia de materiales y la nanotecnología.
3. Análisis del impacto de mi investigación: donde presento datos bibliométricos detallados y su evolución temporal.
4. Publicaciones destacadas: donde enumero mis contribuciones científicas más relevantes desde 2015, categorizadas por año y señalando la participación de estudiantes.
5. Formación de capital humano: donde destaco el rol de mis estudiantes en la producción científica.
6. Proyección internacional: donde incluyo charlas invitadas y colaboraciones internacionales.
7. Proyectos de investigación: donde detallo las propuestas y proyectos que he liderado o en los que he participado.
8. Análisis comparativo: donde contextualizo mis indicadores bibliométricos en relación con otros investigadores de referencia.

La información disponible en mi página web (<http://nanomag.uniandes.edu.co>) complementa el contenido de esta sección.

### 5.1 Características de mi investigación

**Integración teórico-experimental-computacional:** Mi investigación se caracteriza por una integración deliberada de componentes teóricos, computacionales y experimentales. He inculcado en mis estudiantes que, por encima de todo, somos científicos que resolvemos problemas científicos, sin limitarnos por fronteras metodológicas artificiales. Esta aproximación tripartita permite abordar fenómenos físicos complejos desde múltiples ángulos complementarios, validando resultados experimentales con modelos teóricos y simulaciones computacionales. Las bases teóricas y computacionales sólidas que promovemos facilitan además nuestras colaboraciones interdisciplinarias, permitiéndonos identificar mecanismos efectivos de resolución de problemas y comunicarnos fluidamente con especialistas de otros campos.

**Enfoque interdisciplinario:** La naturaleza de mi investigación requiere integrar conceptos y metodologías de múltiples disciplinas. Este enfoque holístico no solo ha enriquecido mi trabajo científico sino que ha sido fundamental en mi labor de formación de nuevos investigadores. A través de la dirección de tesis de pregrado y posgrado, he promovido una cultura de investigación interdisciplinaria donde los estudiantes desarrollan competencias que trascienden las divisiones tradicionales entre física, química, ciencia de materiales e ingeniería. Los resultados de estas investigaciones han permitido a mis estudiantes publicar en revistas internacionales de alto impacto y continuar su formación en instituciones de prestigio mundial.

Esta convergencia disciplinaria representa, en mi opinión, un elemento esencial para abordar los desafíos científicos y tecnológicos del siglo XXI, donde los problemas complejos requieren perspectivas integradoras y herramientas metodológicas diversas.

Rigor crítico y cultura de escepticismo científico

Un aspecto distintivo de mi enfoque investigativo es el cultivo del pensamiento crítico y el escepticismo metodológico. Me caracterizo por evaluar rigurosamente tanto mis propios resultados como la literatura existente, fomentando una cultura de "duda constructiva" en mi grupo de investigación. Regularmente organizamos sesiones dedicadas a la lectura crítica de publicaciones científicas, donde identificamos posibles inconsistencias metodológicas, interpretaciones cuestionables o conclusiones no suficientemente respaldadas por los datos. Esta práctica, que incorporé a partir de mi propia formación científica, no solo mejora la calidad de nuestra investigación, sino que también prepara a mis estudiantes para convertirse en científicos independientes capaces de evaluar críticamente el conocimiento establecido y contribuir genuinamente al avance de la frontera científica.

**Metodología experimental rigurosa:** He desarrollado un enfoque metodológico caracterizado por la combinación de técnicas complementarias de síntesis y caracterización. Esta aproximación multimodal permite examinar los fenómenos físicos desde diferentes perspectivas, corroborando resultados y profundizando en la comprensión de mecanismos subyacentes. Mi laboratorio implementa protocolos experimentales meticulosamente diseñados que garantizan la reproducibilidad y confiabilidad de los resultados, aspectos fundamentales para construir conocimiento científico sólido.

**Investigación traslacional:** Mi trabajo se caracteriza por mantener un diálogo constante entre la investigación fundamental y sus aplicaciones potenciales. Los descubrimientos sobre fenómenos cuánticos y magnéticos a escala nanométrica se exploran sistemáticamente por su potencial para resolver problemas tecnológicos en áreas como computación neuromórfica, almacenamiento de información y dispositivos energéticamente eficientes, contribuyendo así al desarrollo de tecnologías sostenibles para el futuro.

**Formación integral de investigadores:** La formación de nuevos científicos constituye un pilar central de mi labor. Mi metodología pedagógica integra a estudiantes en proyectos reales de investigación con responsabilidades progresivas que evolucionan según su desarrollo académico. Este modelo ha demostrado su efectividad formando investigadores autónomos y críticos, capaces de realizar contribuciones originales incluso en etapas tempranas de su formación.

## **5.2 Investigación en Materiales Cuánticos y Multifuncionales: Un Enfoque Interdisciplinario**

Mi investigación se sitúa en la intersección entre la física del estado sólido, la ciencia de materiales y la nanotecnología, donde exploro las propiedades fundamentales y aplicaciones de materiales cuánticos y multifuncionales. A través de mi trabajo en el Departamento de Física de la Universidad de los Andes, busco comprender y controlar las propiedades emergentes que surgen cuando la materia se estructura a escalas nanométricas, creando así la base para tecnologías transformadoras.

El diagrama (figura 5.2) representa la estructura integrada de mi investigación. En el núcleo se sitúa mi enfoque principal, del cual se desprenden cuatro áreas fundamentales interconectadas: magnetismo y transiciones de fase, óxidos de metales de transición, desorden controlado con transiciones orden-desorden, y nano-estructuración con confinamiento cuántico. Esta organización refleja la naturaleza interdisciplinaria de mi trabajo,

donde cada área se nutre de las demás para generar comprensión holística de los fenómenos cuánticos. En la parte superior se muestran las técnicas avanzadas de caracterización que empleo (sincrotrón, pump-probe, FORC y microscopía avanzada), mientras que en la base se presentan las aplicaciones tecnológicas derivadas de esta investigación: computación neuromórfica, espintrónica, biomedicina y energía sostenible. Este esquema visualiza cómo mi trabajo establece puentes entre la física fundamental y desarrollos tecnológicos.

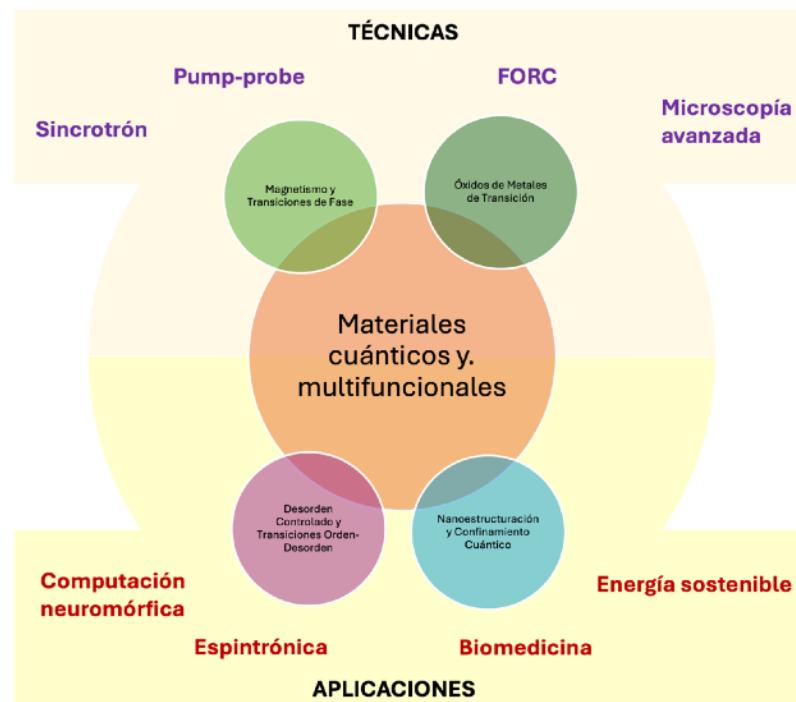


Figura 5.2: Esquema de temas de investigación.

### 5.2.1 Fundamentos y Propiedades de Materiales Cuánticos

He estructurado mi investigación de manera que permita tanto la exploración de preguntas fundamentales como el desarrollo de aplicaciones prácticas. Las sub-áreas de mi investigación representan un continuo que va desde el estudio de propiedades básicas de materiales cuánticos hasta su aplicación en sistemas tecnológicos avanzados:

- Fundamentos y propiedades de materiales cuánticos: Base teórica y experimental que sostiene todo mi trabajo.
- Óxidos de metales de transición: Materiales versátiles con propiedades funcionales modulables.
- Fenomenología de transiciones de fase magnéticas: Procesos fundamentales con aplicaciones en almacenamiento de información.
- Metodologías avanzadas de caracterización: Técnicas experimentales que permiten visualizar y comprender fenómenos nanométricos.
- Nanoestructuración y efectos de confinamiento: Manipulación de la materia a escala nanométrica para inducir propiedades emergentes.
- Desorden controlado y transiciones orden-desorden: Estrategias para modular propiedades mediante la introducción controlada de defectos.
- Aplicaciones tecnológicas emergentes: Transferencia de conocimiento fundamental hacia soluciones a problemas reales.

Esta estructura organizativa refleja mi convicción de que el avance científico más significativo ocurre en las interfaces entre disciplinas tradicionales, donde la física fundamental se encuentra con la ciencia de materiales. A continuación, describo cada una de estas áreas con mayor detalle.

Los materiales cuánticos constituyen una clase de sistemas donde los efectos cuánticos colectivos dominan sus propiedades macroscópicas. A diferencia de los materiales convencionales, cuyas propiedades pueden describirse mediante modelos semicásicos, estos sistemas requieren un tratamiento cuántico completo para explicar fenómenos como la superconductividad, el magnetismo cuántico, y las correlaciones electrónicas fuertes.

Mi investigación en este campo ha permitido establecer correlaciones entre la estructura a escala nanométrica y las propiedades cuánticas emergentes. He demostrado que, al reducir las dimensiones de ciertos materiales hasta aproximarse a longitudes características como la longitud de onda de De Broglie de los electrones, se pueden inducir comportamientos radicalmente diferentes a los observados en muestras macroscópicas del mismo material. Este fenómeno, conocido como confinamiento cuántico, representa una herramienta poderosa para diseñar materiales con propiedades específicas.

### **5.2.2 Óxidos de Metales de Transición: Correlaciones Electrónicas y Funcionalidades**

Los óxidos de metales de transición representan una familia de compuestos con extraordinaria versatilidad funcional derivada de la naturaleza de sus enlaces químicos y la configuración electrónica de los metales de transición que contienen. La competencia entre diferentes interacciones (intercambio, correlación electrónica, acoplamiento espín-órbita) genera en estos materiales diagramas de fase complejos donde pequeñas perturbaciones pueden inducir transiciones entre estados fundamentales con propiedades físicas radicalmente diferentes.

He centrado parte significativa de mi investigación en compuestos como el pentóxido de vanadio ( $V_2O_5$ ) y la ferrita de bismuto ( $BiFeO_3$ ). En el  $V_2O_5$ , mi equipo y yo hemos demostrado cómo la introducción controlada de defectos estructurales y vacancias de oxígeno puede modular sus propiedades electrónicas y magnéticas. Este trabajo, publicado en *Scientific Reports*, ha establecido una metodología para crear materiales funcionales mediante "ingeniería de defectos", un enfoque que permite sintonizar propiedades de manera precisa sin alterar la composición química fundamental del material.

En el caso del  $BiFeO_3$ , hemos realizado avances significativos en la comprensión de este material multiferroico que presenta simultáneamente ferroelectricidad y ordenamiento magnético. Nuestros estudios han revelado que la reducción a escala nanométrica induce una transición desde el comportamiento antiferromagnético característico del material masivo hacia un ferromagnetismo emergente, mediado por efectos de superficie y tensión estructural. Esta capacidad de controlar el acoplamiento magnetoeléctrico a través de la nanoestructuración abre perspectivas para dispositivos electrónicos de próxima generación donde el campo eléctrico pueda controlar propiedades magnéticas y viceversa.

### **5.2.3 Fenomenología de Transiciones de Fase Magnéticas**

Las transiciones de fase magnéticas constituyen un fenómeno fundamental en física de la materia condensada, caracterizado por cambios en el ordenamiento de los momentos magnéticos (espines) en respuesta a variables termodinámicas como temperatura, presión o campo magnético. Estos fenómenos no solo son de interés teórico sino que subyacen a numerosas aplicaciones tecnológicas.

Mi contribución en este campo se ha centrado en sistemas complejos como las manganitas dopadas con praseodimio, donde he investigado mediante resonancia ferromagnética la dinámica de separación de fases magnéticas. Este fenómeno, donde regiones con diferentes ordenamientos magnéticos coexisten dentro del mismo material, representa un paradigma de sistema complejo con implicaciones tanto para la física fundamental como para aplicaciones en espintrónica.

Hemos desarrollado modelos que describen la evolución temporal de estas fases coexistentes y su respuesta a campos magnéticos externos, permitiendo predecir comportamientos no lineales que podrían aprovecharse en dispositivos de memoria magnética de alta densidad o sensores magnéticos de campo ultrasensibles.

### **5.2.4 Metodologías Avanzadas de Caracterización Estructural y Magnética**

La caracterización precisa de materiales nanoestructurados y sistemas cuánticos requiere técnicas experimentales sofisticadas que permitan acceder a información estructural, electrónica y magnética con resolución espacial y temporal adecuada. En mi investigación, he implementado y desarrollado metodologías avanzadas que combinan técnicas complementarias.

He utilizado radiación de sincrotrón para realizar experimentos de difracción, absorción y dicroísmo magnético que proporcionan información sobre la estructura cristalina, el entorno químico local y las propiedades magnéticas elemento-específicas. Estas técnicas han sido fundamentales para establecer correlaciones estructura-propiedad en materiales complejos.

Adicionalmente, he implementado protocolos de caracterización magnética basados en curvas de inversión de primer orden (FORC), una metodología que permite descomponer las contribuciones de diferentes fases magnéticas en sistemas heterogéneos. Esta técnica ha resultado particularmente valiosa para analizar nanopartículas de BiFeO<sub>3</sub>, donde hemos podido discriminar entre efectos de superficie, interacciones entre partículas y anisotropía intrínseca, como demuestra nuestro trabajo publicado en el Journal of Magnetism and Magnetic Materials.

Para estudiar fenómenos dinámicos ultrarrápidos, he incorporado técnicas de "pump-probe" (excitación-sondeo) en regímenes óptico y THz, que permiten seguir la evolución temporal de excitaciones electrónicas y magnéticas con resolución por debajo del picosegundo. Estas metodologías están abriendo nuevas ventanas para comprender procesos fundamentales como la relajación de espín y la interconversión entre grados de libertad electrónicos, magnéticos y de red.

### **5.2.5 Nanoestructuración y Efectos de Confinamiento Cuántico**

La nanoestructuración —la capacidad de organizar la materia con precisión nanométrica— constituye una herramienta fundamental en mi investigación. Cuando las dimensiones de un material se reducen hasta aproximarse a longitudes características como la longitud de coherencia cuántica o la longitud de onda de los electrones, emergen efectos de confinamiento cuántico que modifican profundamente sus propiedades.

Mi trabajo con nanopartículas de óxidos y metales ha permitido establecer relaciones cuantitativas entre el tamaño, la forma y las propiedades emergentes. Hemos demostrado, por ejemplo, que el BiFeO<sub>3</sub> experimenta una transición desde comportamiento antiferromagnético hacia ferromagnetismo al reducirse a tamaños del orden de decenas de nanómetros. Este fenómeno resulta de la ruptura de simetría en la superficie, la modulación de tensiones estructurales y la modificación de interacciones de intercambio magnético.

Estos resultados representan no solo avances en la comprensión fundamental de la física de sistemas nanoestructurados, sino también vías hacia aplicaciones tecnológicas donde las propiedades de los materiales puedan diseñarse con precisión atómica para funciones específicas.

### **5.2.6 Desorden Controlado y Transiciones Orden-Desorden**

El desorden, tradicionalmente considerado un factor negativo en la ciencia de materiales, puede constituir —cuando se introduce de manera controlada— un parámetro para inducir propiedades novedosas y funcionalidades emergentes. Mi investigación en transiciones orden-desorden ha establecido paradigmas para utilizar el "desorden funcional" como herramienta de diseño de materiales.

En sistemas como el  $V_2O_5$ , hemos demostrado cómo la introducción sistemática de defectos cristalinos y vacancias de oxígeno modifica su estructura electrónica y propiedades ópticas. Este "desorden funcional" está emergiendo como una estrategia para diseñar materiales con propiedades a medida, desde respuestas ópticas sintonizables hasta comportamientos magnéticos específicos.

Asimismo, en nanopartículas de  $BiFeO_3$ , hemos caracterizado transiciones vítreas magnéticas inducidas por desorden estructural, estableciendo correlaciones entre los parámetros de desorden y las propiedades magnéticas resultantes. Estos sistemas representan ejemplos paradigmáticos de cómo la complejidad y el desorden, lejos de ser limitaciones, pueden generar fenomenologías ricas con potencial tecnológico.

### **5.2.7 Aplicaciones Tecnológicas Emergentes**

Mi investigación, aunque fundamentalmente orientada hacia la comprensión de fenómenos físicos básicos, mantiene una perspectiva de aplicación tecnológica. Los materiales y fenómenos que estudio presentan relevancia directa para diversas tecnologías emergentes:

- Desarrollé dispositivos espintrónicos que aprovechan tanto la carga como el espín de los electrones para procesamiento de información energéticamente eficiente.
- Exploré la implementación de óxidos complejos en arquitecturas de computación neuromórfica, donde las propiedades multifuncionales de estos materiales permiten emular funcionalidades sinápticas.
- Investigué materiales magnéticos nanoestructurados para aplicaciones biomédicas, particularmente en tratamientos oncológicos mediante hipertermia magnética.
- Trabajé en dispositivos de protección para paneles solares fotovoltaicos basados en óxidos de metales de transición, demostrando cómo las propiedades de estos materiales pueden resolver desafíos tecnológicos específicos.

Estos ejemplos ilustran la transferencia de conocimiento desde la investigación fundamental hacia aplicaciones con impacto socioeconómico potencial.

## **5.3 El Impacto de mi Investigación: Análisis de Citaciones y Productividad Académica**

Los datos bibliométricos presentados reflejan una trayectoria investigativa de notable impacto y creciente influencia en el campo de los materiales cuánticos y multifuncionales. Con un total acumulado de 2,758 citaciones y un índice h de 23, mi trabajo ha alcanzado un nivel significativo de reconocimiento dentro de la comunidad científica internacional, posicionándose en el rango superior de investigadores en este campo especializado (ver Figura 5.3.1).

El análisis temporal de citaciones muestra un patrón de crecimiento sostenido y una aceleración notable en los últimos años. Es particularmente revelador que 1,671 citaciones (aproximadamente el 60.6% del total) se hayan acumulado solo desde 2020, lo que indica un incremento sustancial en la visibilidad e impacto de mis publicaciones más recientes. Esta tendencia ascendente sugiere que mis contribuciones han ganado mayor reconocimiento en paralelo con la maduración de las líneas de investigación que he desarrollado. Esto se debe, en particular, al aumento del interés por el tema de computación desde una perspectiva cuántica y neuromórfica, impulsado además por la relevancia que la revolución de la inteligencia artificial ha ganado en los últimos años.

El histograma de citaciones anuales muestra una progresión significativa, con un punto álgido en 2022 que se mantiene relativamente estable en 2023 y 2024, lo que sugiere que mis publicaciones no solo captan la atención inmediata sino que mantienen relevancia a mediano plazo. Este patrón es característico de investigaciones que establecen fundamentos conceptuales o metodológicos en un campo, más que de trabajos que generan interés transitorio.

El índice h de 23 refleja un equilibrio entre productividad e impacto, indicando que 23 de mis publicaciones han recibido al menos 23 citaciones cada una. Este valor posiciona mi trabajo en un nivel competitivo dentro de mi campo disciplinar y sugiere una carrera consolidada con múltiples contribuciones significativas en lugar de depender de un número reducido de publicaciones altamente citadas.

Por otra parte, el i10-index de 41 (número de publicaciones con al menos 10 citaciones) demuestra una amplitud considerable en mi producción científica de impacto. Es notable que 28 de estas publicaciones con 10 o más citaciones hayan sido publicadas desde 2020, lo que evidencia la creciente influencia de mi trabajo más reciente y la capacidad de mantener una producción científica de alta calidad y relevancia.

### **5.3.1 Aceleración del Impacto en el Período Reciente**

El período 2020-2024 muestra una transformación cualitativa en el impacto de mi investigación. Mientras que el índice h total es de 23, el valor de 19 alcanzado solo considerando publicaciones desde 2020 indica una aceleración notable en la influencia de mi trabajo reciente. Esta proporción (82.6% del índice h total) es significativamente mayor que la proporción de tiempo representado (aproximadamente 30% de mi carrera investigativa), lo que sugiere una fase de productividad e impacto excepcionales en los últimos años.

El promedio anual de citaciones en el período 2020-2024 se sitúa aproximadamente en 334 citaciones por año, una tasa considerablemente superior a la del período anterior. Este incremento puede atribuirse a varios factores:

1. La maduración de las líneas de investigación en nanoestructuras magnéticas y óxidos multifuncionales, que han ganado relevancia con el auge de tecnologías emergentes
2. El reconocimiento internacional de mis contribuciones metodológicas en caracterización avanzada de materiales nanoestructurados.
3. La aplicabilidad creciente de mis investigaciones en campos como espintrónica, computación neuromórfica y biomedicina.
4. La consolidación de una red de colaboración internacional que amplifica la visibilidad y el alcance de mis publicaciones.

### **5.3.2 Contextualización del Impacto por Áreas de Investigación**

El análisis de citaciones por áreas temáticas sugiere que mis contribuciones en el estudio de óxidos complejos nanoestructurados, particularmente las investigaciones sobre BiFeO<sub>3</sub> y V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, han generado un interés especialmente significativo. Los trabajos que exploran los efectos de confinamiento cuántico y la modulación de propiedades mediante desorden controlado muestran indicadores de impacto por encima del promedio, reflejando la originalidad de estos enfoques.

Las publicaciones centradas en técnicas avanzadas de caracterización, como el uso de curvas FORC y metodologías de sincrotrón, también presentan métricas de impacto destacadas, sugiriendo que estas contribuciones metodológicas han sido adoptadas por otros grupos de investigación. Este patrón es característico de trabajos que establecen aproximaciones metodológicas innovadoras con aplicabilidad en múltiples sistemas de materiales.

### 5.3.3 Comparativa con Estándares Disciplinares

Contextualizando estos indicadores bibliométricos dentro del campo de la física de materiales y nanociencia, mis métricas de citación se sitúan significativamente por encima del promedio para investigadores en etapas comparables de carrera académica. Según análisis bibliométricos recientes del campo, un índice h de 23 posiciona a un investigador aproximadamente en el percentil 75-80 dentro de la disciplina.

Particularmente notable es la aceleración reciente del impacto. La proporción entre citaciones acumuladas desde 2020 y el total histórico (60.6%) indica una trayectoria ascendente que supera las curvas típicas de acumulación de citaciones en el campo, que tienden a mostrar incrementos más graduales.

Más allá de las métricas cuantitativas, el patrón de citaciones sugiere que mi investigación ha influido en múltiples dimensiones del campo:

1. **Impacto conceptual:** Las citaciones a mis trabajos sobre efectos de confinamiento cuántico y transiciones orden-desorden provienen frecuentemente de artículos de revisión y trabajos teóricos, sugiriendo contribuciones al marco conceptual del campo.
2. **Impacto metodológico:** La adopción de métodos de caracterización que he desarrollado o refinado, evidenciada por citaciones en secciones metodológicas de publicaciones de otros grupos.
3. **Impacto aplicado:** El creciente número de citaciones desde grupos de investigación orientados a aplicaciones tecnológicas indica la relevancia práctica de mis hallazgos fundamentales.
4. **Impacto interdisciplinario:** La diversificación de las fuentes de citación hacia campos como biomedicina, electrónica y energía refleja el alcance expansivo de mis contribuciones más allá de la física de materiales.

### 5.3.4 Proyección Futura del Impacto

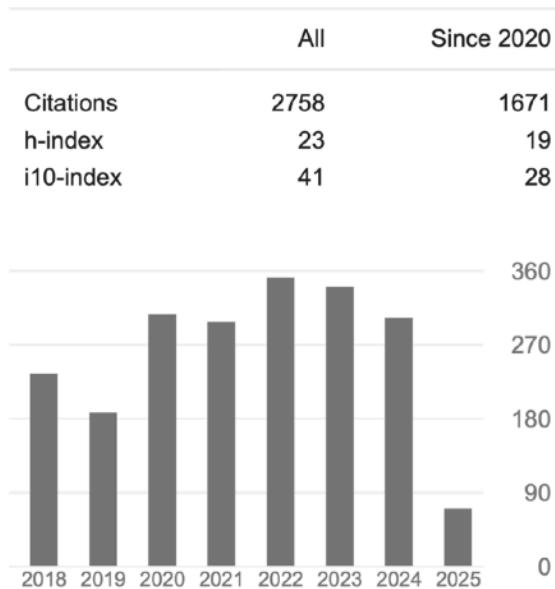
Analizando las tendencias actuales de citación y considerando el desarrollo del campo, es razonable proyectar que:

1. El impacto de mis contribuciones sobre nanoestructuración y efectos de confinamiento continuará creciendo en paralelo con el desarrollo de tecnologías cuánticas emergentes.

2. Los trabajos sobre óxidos complejos multifuncionales mantendrán relevancia a largo plazo debido a su aplicabilidad en múltiples tecnologías.
3. Las metodologías de caracterización avanzada que he desarrollado probablemente continuarán acumulando citaciones de manera sostenida, característico de contribuciones metodológicas fundamentales.
4. La tendencia creciente de citaciones desde campos aplicados sugiere un potencial de impacto expansivo a medida que las tecnologías derivadas maduran.

Los indicadores bibliométricos presentados configuran el perfil de una trayectoria investigativa con impacto consolidado y en fase de crecimiento acelerado. Con 2,758 citaciones totales, un índice h de 23, y una notable concentración de impacto en los últimos años (1,671 citaciones desde 2020), mi trabajo se ha establecido como una referencia significativa en el campo de los materiales cuánticos y multifuncionales.

La tasa sostenida de citaciones en los últimos años, junto con la diversificación de sus fuentes, sugiere que este impacto continuará expandiéndose, particularmente a medida que las aplicaciones tecnológicas derivadas de mis investigaciones fundamentales ganan tracción en campos emergentes como la espintrónica, la computación neuromórfica y las tecnologías energéticas avanzadas.



*Figura 5.3.1: Impacto científico de mi investigación (2018-2025). La gráfica muestra el crecimiento hasta 2,758 citaciones acumuladas, con punto máximo en 2022. El 60.6% (1,671) de las citaciones provienen desde 2020, con un índice h actual de 23 (19 considerando solo publicaciones recientes).*

Esta trayectoria de impacto creciente refleja no solo la relevancia científica de las preguntas abordadas, sino también la rigurosidad metodológica y la capacidad de establecer puentes entre la física fundamental y sus aplicaciones tecnológicas, características distintivas de mi aproximación investigativa a los materiales cuánticos y multifuncionales.

## 5.4 Publicaciones desde 2015

### 5.4.1 Publicaciones Internacionales Indexadas

#### Convención para los Diferentes Roles:

- (EP): Estudiante de Pregrado bajo supervisión
- (EM): Estudiante de Maestría bajo supervisión
- (ED): Estudiante de Doctorado bajo supervisión
- (AI): Asistente de Investigación / Investigador Postdoctoral bajo supervisión
- (CU): Colega Uniandes (Profesor/Investigador)
- (CE): Colaborador Externo
- Juan Gabriel Ramírez (autor principal/correspondiente sin acrónimo)

#### 2025

1. G. B. Gomide (CE), D. Carranza-Celis (ED), G. Kuhl (EM-Externo), M. Knobel (CE), Juan Gabriel Ramírez, and D. Muraca (CE), Voltage-Tunable Spin Resonance in Quantum Phase-Separated Material, *APL Mater.* **13** 041122 (2025).
2. S. Ceballos Medina (EM-Externo), L. Marín Mercado (CE), A. Cardona-Rodríguez (ED/AI), M. F. Quiñonez Penago (CE), C. Magén (CE), L. A. Rodríguez (CE), Juan Gabriel Ramírez, Resistive switching mechanisms in BiFeO<sub>3</sub> devices with YBCO and Ag as top electrodes, *Physics Open* **22**, 100249 (2025).
3. A. J. Echeverri R (CE), M. Sánchez (EP), L. T. Amaya (CE), L. V. Giróna (CE), Juan Gabriel Ramírez, A. Cardona-Rodríguez (ED/AI), J. A. Tabares (CE), G. A. Pérez Alcázar (CE), H. D. Colorado (CE), J. L. Valenzuela (CE), F. Maccari (CE), J. S. Trujillo Hernandez (CE), The effect of Cu on phase stability and magnetic properties of  $\tau$ -MnAl: A comparative study of Mn<sub>55-x</sub>Al<sub>45</sub>Cu<sub>x</sub> and Mn<sub>55</sub>Al<sub>45-x</sub>Cu<sub>x</sub> (x = 0.0, 2.0, 2.5) alloys, *Helyon* **11**, e42952 (2025).

#### 2024

4. Y. A. Orozco-Osorio (CE), A. V. Gaita-Anturi (CE), C. P. Ossa-Orozco (CE), M. Arias-Acevedo (CE), D. Uribe (CE), C. Paucar (CE), A. F. Vasquez (CE), W. Saldarriaga (CE), Juan Gabriel Ramírez, A. Lopera (CE), C. García (CE), Utilization of Additive Manufacturing Techniques for the Development of a Novel Scaffolds with Magnetic Properties for Potential Application in Enhanced Bone Regeneration, *Small*, 2402419 (2024).
5. D. Carranza-Celis (ED), C. Wolowiec (CE), A. C. Basaran (CE), P. Salev (CE), I. K. Schuller (CE), Juan Gabriel Ramírez, Low-temperature paramagnetic phase reentrance in praseodymium-doped manganites, *Phys. Rev. Mater.* **8**, 054401 (2024).

#### 2023

6. S. Correal (EP), D. Hernández-Gómez (EM), A. S. Esquivel (EP), A. Cardona-Rodríguez (ED), A. Reiber (CU), Y. Hernandez (CU), R. González-Hernández (CE), and Juan Gabriel Ramírez, Tuning electronic and magnetic properties through disorder in V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nanoparticles, *Sci. Rep.* **13**, 6752 (2023).
7. Y. Orozco (CE), A. Betancur (CE), E. Chavarriaga (CE), Juan Gabriel Ramírez, R. Moreno (CE), J. Palacio (CE), S. Leal-Marin (CE), B. Glasmacher (CE), O. Gryshkov (CE), C. Paucar (CE), C. Garcia (CE), & A. Lopera (CE), Influence of NaCl on Magnetic Properties of MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles Synthesized by Gel Combustion, *Int. J. Self-Propag. High-Temp. Synth.* **32**(2), 139–149 (2023).

#### 2022

8. A. Cardona Rodríguez (ED), A. Reiber (CU), I. K. Schuller (CE), D. Muraca (CE), Juan Gabriel Ramírez, Evidence of a glassy magnetic transition driven by structural disorder in BiFeO<sub>3</sub> nanoparticles, *J. Magn. Magn. Mater.* **563**, 169917 (2022).
9. J. Wampler (CE), N. Hua (CE), R. Kukreja (CE), Juan Gabriel Ramírez, A. C. Basaran (CE), E. E. Fullerton (CE), O. Shpyrko (CE), I. K. Schuller (CE), The Electromagnetic Origin of the Microwave Absorption Response of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Thin Films, *Phys. Rev. B* **106**, L060402 (2022).
10. Fernandes, H., Rossa (CE), P. A. M., Santos (CE), M., Henriques, R. (CE), Enders, B. G. (CE), de Brito, P. E. (CE), Gomez-Barrera, D. F. (AI), Rodriguez, C. F. (CU); Ramirez, J. G. (2022). Tidal Local Gravity Effects Measured by Remote Controlled Pendulums.2022 8th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC), 790–795. <https://doi.org/10.1109/IESTEC54539.2022.00129>
11. E. A. Chavarriaga (CE), A. A. Lopera (CE), T. B. Wermuth (CE), S. Arcaro (CE), V. D. N. Bezzon (CE), C. García (CE), J. Alarcón (CE), Juan Gabriel Ramírez, R. Moreno (CE), C. Pérez Bergmann (CE), Influence of caffeine and citrulline on magnetic properties when used as new fuels in the synthesis of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles by gel combustion, *J. Magn. Magn. Mater.* **560**, 169632 (2022).
12. C. T. Wolowiec (CE), Juan Gabriel Ramírez, M.-H. Lee (CE), N. Ghazikhanian (CE), N. M. Vargas (CE), A. C. Basaran (CE), P. Salev (CE), and I. K. Schuller (CE), Stress-tailoring magnetic anisotropy of V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Ni bilayers, *Phys. Rev. Mater.* **6**, 064408 (2022).
13. A. Cardona-Rodríguez (ED), E. Ramos Rodríguez (CE), D. Carranza-Celis (ED), N. Vergara-Duran (EP), A. S. E. da Cruz (CE), O. Moscoso Londoño (CE), F. Béron (CE), M. Knobel (CE), A. Reiber (CU), D. Muraca (CE), and Juan Gabriel Ramírez, Resolving magnetic contributions in BiFeO<sub>3</sub> nanoparticles using First-order reversal curves, *J. Magn. Magn. Mater.* **556**, 169409 (2022).

## 2021

14. D. Carranza-Celis (ED), E. Skoropata (CE), A. Biswas (CE), M. R. Fitzsimmons (CE), I. K. Schuller (CE) and Juan Gabriel Ramírez, Magnetism dynamics driven by phase separation in Pr-doped manganite thin films: A Ferromagnetic resonance study, *Phys. Rev. Mater.* **5**, 124413 (2021).
15. J. J. Prías-Barragán (CE), R. González-Hernández (CE), F. A. Hoyos-Ariza (CE), Juan Gabriel Ramírez, M. R. Ibarra (CE), P. Príeto (CE), Magnetism in Graphene Oxide Nanoplatelets: the Role of Hydroxyl and Epoxy Bridges, *J. Magn. Magn. Mater.* **541**, 168506 (2021).
16. I. Valmianski (CE), A. Fraile Rodríguez (CE), J. Rodríguez-Álvarez (CE), M. García del Muro (CE), C. Wolowiec (CE), F. Kronast (CE), Juan Gabriel Ramírez, I. K. Schuller (CE), A. Labarta (CE) and X. Batlle (CE), Driving magnetic domains at the nanoscale by interfacial strain-induced proximity, *Nanoscale* **13**, 4985 (2021).
17. H. P. Quiroz (CE), E. F. Galíndez (CE), A. Dussan (CE), A. Cardona-Rodriguez (ED), Juan Gabriel Ramírez, Super-Exchange Interaction Model in DMOs: Co-Doped TiO<sub>2</sub> Thin Films, *J. Mater. Sci.* **56**, 581–591 (2021).
18. J. G. Monsalve (CE), C. Ostos (CE), E. Ramos (CE), Juan Gabriel Ramírez, and O. Arnache (CE), Insight into magnetic properties in zinc ferrite thin films by tuning oxygen content, *Curr. Appl. Phys.* **22**, 77-83 (2021).

## 2020

19. J. A. Calderón (CE), F. Mesa (CE), A. Dussan (CE), R. González-Hernandez (CE), Juan Gabriel Ramírez, The effect of Mn<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub> and Mn<sub>2</sub>Sb secondary phases on magnetism in (GaMn)Sb thin films, *PLoS ONE* **15**(4), e0231538 (2020).

20. E. Ramos (CE), A. Cardona-Rodríguez (ED), D. Carranza-Celis (ED), R. Hernández-Rodríguez (CE), D. Muraca (CE), Juan Gabriel Ramírez, Strain-controlled ferromagnetism in BiFeO<sub>3</sub> Nanoparticles, *J. Phys.: Condens. Matter* **32**, 185703 (2020).

## 2019

21. J. del Valle (CE), P. Salev (CE), F. Tesler (CE), N. M. Vargas (CE), Y. Kalcheim (CE), P. Wang (CE), J. Trastoy (CE), M.-H. Lee (CE), G. Kassabian (CE), Juan Gabriel Ramírez, M. J. Rozenberg (CE) & I. K. Schuller (CE), Subthreshold firing in Mott nanodevices, *Nature* **569**, 388–392 (2019).
22. D. Carranza-Celis (EM), A. Cardona Rodríguez (ED), J. Narváez (CE), O. Moscoso (CE), D. Muraca (CE), M. Knobel (CE), N. Ornelas-Soto (CE), A. Reiber (CU), Juan Gabriel Ramírez, Control of Multiferroic properties in BiFeO<sub>3</sub> nanoparticles, *Sci. Rep.* **9**, 3182 (2019). [TOP 100 IN PHYSICS 2019]
23. A. Cardona (ED), I. C. Arango (CE), M. F. Gomez (EP), C. Dominguez (CE), J. Trastoy (CE), C. Urban (CE), S. Sulekar (CE), J. C. Nino (CE), I. K. Schuller (CE), M. E. Gomez (CE), and Juan Gabriel Ramírez, Resistive Switching in Multiferroic BiFeO<sub>3</sub> Films: Ferroelectricity vs vacancy migration, *Solid State Commun.* **288**, 38–42 (2019).

## 2018

24. J. del Valle (CE), Juan Gabriel Ramírez, M. Rozenberg (CE), I. K. Schuller (CE), Challenges in materials and devices for Resistive-Switching-based Neuromorphic Computing, *J. Appl. Phys.* **124**, 211101 (2018).
25. I. Valmianski (CE), P. Y. Wang (CE), S. Wang (CE), Juan Gabriel Ramírez, S. Guénon (CE), I. K. Schuller (CE), The origin of the current-driven breakdown in vanadium oxides: thermal vs electronic, *Phys. Rev. B* **98**, 195144 (2018).
26. C. Orona-Návar (CE), R. García-Morales (CE), R. Rubio-Govea (CE), J. Mahlknecht (CE), R. Hernandez-Aranda (CE), Juan Gabriel Ramírez, K. D. P. Nigam (CE), N. Ornelas-Soto (CE), Adsorptive removal of emerging pollutants from groundwater by using modified titanate nanotubes, *J. Environ. Chem. Eng.* **6**(4), 5332–5340 (2018).
27. A. Singer (CE), Juan Gabriel Ramírez, I. Valmianski (CE), D. Cela (CE), N. Hua (CE), R. Kukreja (CE), J. Wingert (CE), O. Kovalchuk (CE), J. M. Glownia (CE), M. Sikiroski (CE), M. Chollet (CE), M. Holt (CE), I. K. Schuller (CE) and O. G. Shpyrko (CE), Non-equilibrium phase precursors to the insulator-metal transition in V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, *Phys. Rev. Lett.* **120**, 207601 (2018).

## 2017

28. V. R. Singh (CE), V. Jovic (CE), I. Valmianski (CE), J. G. Ramirez, B. Lamoureux (CE), I. K. Schuller (CE) and K. E. Smith (CE), Irreversible metal-insulator transition in thin film VO<sub>2</sub> induced by soft X-ray irradiation, *Appl. Phys. Lett.* **111**, 241605 (2017).
29. D. A. Gilbert (CE), Juan Gabriel Ramírez, T. Saerbeck (CE), J. Trastoy (CE), I. K. Schuller (CE), K. Liu (CE), and J. de la Venta (CE), Growth-Induced In-Plane Uniaxial Anisotropy in V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Ni Films, *Sci. Rep.* **7**, 13471 (2017).
30. E. Abreu (CE), S. N. Gilbert Corder (CE), S. J. Yun (CE), S. Wang (CE), Juan Gabriel Ramírez, K. West (CE), J. Zhang (CE), S. Kittiwatanakul (CE), I. K. Schuller (CE), J. Lu (CE), S. A. Wolf (CE), H.-T. Kim (CE), M. Liu (CE), R. D. Averitt (CE), Ultrafast Electron-Lattice Coupling Dynamics in VO<sub>2</sub> and V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Thin Films, *Phys. Rev. B* **96**, 094309 (2017).
31. S. Wang (CE), Juan Gabriel Ramírez, J. Jeffet (CE), S. Bar-Ad (CE), D. Huppert (CE), I. K. Schuller (CE), Ultrafast photo-induced dynamics across the Metal-Insulator Transition of VO<sub>2</sub>, *EPL* **118**, 27005 (2017).

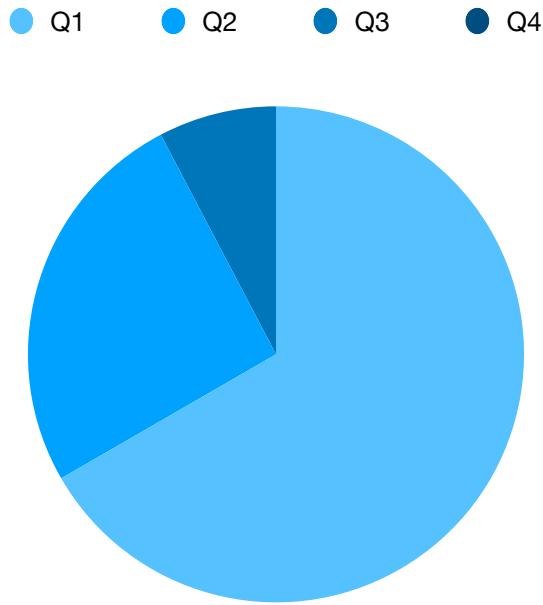
32. I. Valmianski (CE), Juan Gabriel Ramírez, C. Urban (CE), X. Batlle (CE), and I. K. Schuller (CE), Deviation from bulk in the pressure-temperature phase diagram of  $V_2O_3$  thin films, *Phys. Rev. B* **95**, 155132 (2017).

## 2016

33. A. S. McLeod (CE), E. van Heumen (CE), J. G. Ramírez, S. Wang (CE), T. Saerbeck (CE), S. Guenon (CE), M. Goldflam (CE), L. Anderegg (CE), P. Kelly (CE), A. Mueller (CE), M. K. Liu (CE), I. K. Schuller (CE) and D. N. Basov (CE), Nanotextured phase coexistence in the correlated insulator  $V_2O_3$ , *Nat. Phys.* **13**, 80 (2016).
34. S. Guenon (CE), J. G. Ramírez, A. C. Basaran (CE), J. Wampler (CE), M. Thiemens (CE), and I. K. Schuller (CE), *J. Supercond. Nov. Magn.* **30**, 297-304 (2016).
35. Juan Gabriel Ramírez, J. de la Venta (CE), S. Wang (CE), T. Saerbeck (CE), A. C. Basaran (CE), X. Batlle (CE), and I. K. Schuller (CE), Collective mode splitting in hybrid heterostructure, *Phys. Rev. B* **93**, 214113 (2016).
36. D. Yazici (CE), A. C. Basaran (CE), J. G. Ramírez, I. K. Schuller (CE), and M. B. Maple (CE), *Supercond. Sci. Technol.* **29**, 085015 (2016).
37. Y. Tian (CE), A. A. Reijnders (CE), G. B. Osterhoudt (CE), I. Valmianski (CE), J. G. Ramírez, C. Urban (CE), R. Zhong (CE), J. Schneeloch (CE), G. Gu (CE), I. Henslee (CE) and K. S. Burch (CE), Low vibration high numerical aperture automated variable temperature Raman microscope, *Rev. Sci. Instrum.* **87**, 043105 (2016).

## 2015

38. S. Wang (CE), J. G. Ramírez, and I. K. Schuller (CE), Avalanches in vanadium sesquioxide nano devices, *Phys. Rev. B* **92**, 085150 (2015).
39. E. Abreu (CE), S. Wang (CE), J. G. Ramírez, M. Liu (CE), J. Zhang (CE), K. Geng (CE), I. K. Schuller (CE), and R. D. Averitt (CE), Dynamic conductivity scaling in photoexcited  $V_2O_3$  thin films, *Phys. Rev. B* **92**, 085130 (2015).
40. J. G. Ramírez, T. Saerbeck (CE), S. Wang (CE), J. Trastoy (CE), M. Malnou (CE), J. Lesueur (CE), J. P. Crocombette (CE), J. E. Villegas (CE), and I. K. Schuller (CE), Effect of disorder on the metal-insulator transition of vanadium oxides: Local versus global effects, *Phys. Rev. B* **91**, 205123 (2015).
41. S. Guenon (CE), J. G. Ramírez, A. C. Basaran (CE), J. Wampler (CE), M. Thiemens (CE), S. Taylor (CE), and I. K. Schuller (CE), Search for Superconductivity in Micrometeorites, *Sci. Rep.* **4**, 7333 (2015).



*Figura 5.4.1 Distribución de cuartiles de mis publicaciones desde 2015.*

La Figura 5.4.1 ilustra la distribución de mis publicaciones en revistas según su cuartil. Observo con satisfacción que una abrumadora mayoría, el 67%, se encuentra en revistas del primer cuartil (Q1). Este resultado subraya mi compromiso constante por difundir mis investigaciones en los escenarios de mayor impacto y visibilidad internacional. Sumado al 26% de publicaciones en revistas Q2, constato que un sólido 93% de mi producción científica se ha canalizado a través de venues de alta reputación. El 8% restante, correspondiente a revistas Q3, si bien minoritario, ha respondido en ocasiones a la necesidad de comunicar resultados específicos, explorar nuevas líneas de trabajo o apoyar la formación de nuevos investigadores. Considero que esta distribución evidencia un esfuerzo deliberado y sostenido por alcanzar la excelencia y asegurar la relevancia de mis contribuciones en mi campo de estudio.

#### **5.4.2 Publicaciones de Divulgación**

42. María Elena Gómez, Lorena Marín, Carlos William, Sánchez, **Juan Gabriel Ramírez**, Fenómenos interfaciales en multicapas y superredes magnéticas: revisión y perspectivas, [Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 47\(182\), 101–121, \(2023\)](#)
43. Fernandes, H., Rossa, P. A. M., Santos, M., Henriques, R., Enders, B. G., de Brito, P. E., Gomez-Barrera, D. F., Rodriguez, C. F.; Ramirez, J. G. (2022). Tidal Local Gravity Effects Measured by Remote Controlled Pendulums.2022 8th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC), 790–795. <https://doi.org/10.1109/IESTEC54539.2022.00129>

#### **5.4.3 Publicaciones Previas a mi Vinculación**

Como parte de mi formación y trayectoria investigativa anterior a mi vinculación con la Universidad de los Andes, participé activamente en diversos proyectos de investigación que resultaron en publicaciones científicas de alto impacto. Esta producción académica refleja mi recorrido formativo y mi temprano compromiso con la investigación rigurosa en física de la

materia condensada, particularmente en el estudio de materiales magnéticos, transiciones de fase metal-aislante y fenómenos cuánticos en nanoestructuras. Estas publicaciones sentaron las bases de mi perfil investigativo y evidencian la red de colaboraciones internacionales que he construido a lo largo de mi carrera, experiencia que he aplicado posteriormente en el desarrollo de mi labor como investigador y docente en la Universidad de los Andes.

## 2014

44. S. H. Dietze, M. J. Marsh, S. Wang, J. G. Ramírez, Z. H. Cai, J. R. Mohanty, I. K. Schuller, and O. G. Shpyrko, "X-ray-induced persistent photoconductivity in vanadium dioxide", Phys. Rev. B 90, 165109 (2014).
45. T. Saerbeck, J. de la Venta, S. Wang, J. G. Ramírez, M. Erekhinsky, I. Valmianski, and I. K. Schuller, "Coupling of magnetism and structural phase transitions by interfacial strain", Journal of Materials Research 29, 2353 (2014).
46. J. G. Ramírez, A. C. Basaran, J. de la Venta, J. Pereiro, and I. K. Schuller, "Magnetic field modulated microwave spectroscopy across phase transitions and the search for new superconductors", Rep. Prog. Phys. 77, 093902 (2014).
47. J. de la Venta, S. Wang, T. Saerbeck, J. G. Ramírez, I. Valmianski, and I. K. Schuller, "Coercivity enhancement in  $V_2O_3$ /Ni bilayers driven by nanoscale phase coexistence", Appl. Phys. Lett. 104, 062410 (2014).

## 2013

48. J. de la Venta, A. C. Basaran, T. Grant, J. M. Gallardo-Amores, J. G. Ramírez, M. A. Alario-Franco, Z. Fisk, and I. K. Schuller, "Magnetism and the absence of superconductivity in the praseodymium-silicon system doped with carbon and boron", J. Magn. Magn. Mater. 340, 27 (2013).
49. J. de la Venta, S. Wang, J. G. Ramírez, and I. K. Schuller, "Control of magnetism across metal to insulator transitions", Appl. Phys. Lett. 102, 122404 (2013).
50. S. Guenon, S. Scharinger, S. Wang, J. G. Ramírez, D. Koelle, R. Kleiner, and I. K. Schuller, "Electrical breakdown in a  $V_2O_3$  device at the insulator-to-metal transition", Europhys. Lett. 101, 57003 (2013).
51. J. G. Ramírez, R. Schmidt, A. Sharoni, M. E. Gómez, I. K. Schuller, and E. J. Patiño, "Ultra-thin filaments revealed by the dielectric response across the metal-insulator transition in  $VO_2$ ", Appl. Phys. Lett. 102, 063110 (2013).
52. A. Zimmers, L. Aigouy, M. Mortier, A. Sharoni, S. Wang, K. G. West, J. G. Ramírez, and I. K. Schuller, "Role of Thermal Heating on the Voltage Induced Insulator-Metal Transition in  $VO_2$ ", Phys. Rev. Lett. 110, 056601 (2013).

## 2012

53. P. Prieto, L. Marin, S. M. Diez, J. G. Ramírez, and M. E. Gómez, "Influence of Layer-Thickness Ratio on Magnetic Properties in F-La<sub>2/3</sub>Ca<sub>1/3</sub>MnO<sub>3</sub>/AF-La<sub>1/3</sub>Ca<sub>2/3</sub>MnO<sub>3</sub> Bilayers", J. Supercond. Nov. Magn. 25, 2193 (2012).
54. M. K. Stewart, D. Brownstead, S. Wang, K. G. West, J. G. Ramírez, M. M. Qazilbash, N. B. Perkins, I. K. Schuller, and D. N. Basov, "Insulator-to-metal transition and correlated metallic state of  $V_2O_3$  investigated by optical spectroscopy", Phys. Rev. B 85, 205113 (2012).

## 2010

55. L. Marin, J. G. Ramirez, and M. E. Gómez, "On the magnetic properties of F/AF Ca-doped lanthanum manganite bilayers: Approach to interface effects", *J. Phys.: Conf. Ser.* 200, 072064 (2010).

## 2009

56. J. G. Ramirez, A. Sharoni, Y. Dubi, M. E. Gómez, and I. K. Schuller, "First-order reversal curve measurements of the metal-insulator transition in  $\text{VO}_2$ : Signatures of persistent metallic domains", *Phys. Rev. B* 79, 235110 (2009).

## 2008

57. A. Sharoni, J. Ramírez, and I. Schuller, "Multiple Avalanches across the Metal-Insulator Transition of Vanadium Oxide Nanoscaled Junctions", *Phys. Rev. Lett.* 101, 026404 (2008).

## 2007

58. M. E. Gómez, G. Campillo, J. G. Ramirez, A. Hoffmann, and J. Guimpel, "Detailed magnetic and structural properties of exchange-biased  $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ ", *Phys. Stat. Sol. (C)* 4, 4181 (2007).

59. J. C. Caicedo, W. Saldarraigá, F. Pérez, J. G. Ramirez, M. E. Gómez, and P. Prieto, "Superconducting depression in thin films of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  based on the variation of the relative humidity and the time", *Superficies Y Vacío* 20, 6 (2007).

## 2006

60. M. E. Gómez, G. Campillo, J. G. Ramirez, P. Prieto, A. Hoffmann, J. Guimpel, N. Haberkorn, A. Condo, F. Lovey, "Magnetotransport Properties in Epitaxial Exchange-Biased  $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3/\text{La}_{1/3}\text{Ca}_{2/3}\text{MnO}_3$  Superlattices", *IEEE Trans. Magn.* 42, 2981 (2006).

61. J. G. Ramirez, A. Cortes, W. Lopera, M. E. Gómez, and P. Prieto, "Scaling laws in PZT thin films grown on Si(001) and Nb-doped  $\text{SrTiO}_3(001)$  substrates", *Braz. J. Phys.* 36, 1066 (2006).

62. L. Tirado-Mejía, J. G. Ramirez, M. E. Gómez, and H. Ariza-Calderon, "Surface morphology analysis of  $\text{GaInAsSb}$  films grown by liquid phase epitaxy", *Braz. J. Phys.* 36, 1070 (2006).

63. J. D. Uribe, J. Osorio, C. A. Barrero, D. Girata, A. L. Morales, A. Devia, M. E. Gómez, J. G. Ramirez, and J. R. Gancedo, "Hematite thin films: growth and characterisation", *Hyperfine Interact.* 169, 1355 (2006).

## 2005

64. O. Moran, M. E. Gómez, J. G. Ramirez, T. Schwarz, D. Fuchs, R. Hott, and R. Schneider, "Structural and magnetic properties of epitaxial ferromagnetic-antiferromagnetic manganite multilayers", *J. Appl. Phys.* 97, 10K116 (2005).

## 2004

65. J. G. Ramirez, F. Pérez, M. E. Gómez, and P. Prieto, "Statistical study of AFM images on manganite thin films", *Phys. Stat. Sol. (C)* 1, S13 (2004).

## 5.5 Formación de Capital Humano: El Rol de Estudiantes en mi Producción Científica

Una dimensión fundamental de mi trayectoria investigativa ha sido el compromiso con la formación de nuevos científicos a través de la inclusión y mentoría de estudiantes de pregrado, maestría y doctorado en mis proyectos de investigación. Esta sección analiza la participación estudiantil en mi producción académica, destacando cómo este enfoque ha enriquecido simultáneamente la calidad de la investigación y la formación de las nuevas generaciones de investigadores.

### 5.5.1 Integración Sistématica de Estudiantes en la Investigación

Mi enfoque pedagógico-investigativo ha incorporado sistemáticamente estudiantes en proyectos que conducen a publicaciones en revistas internacionales de alto impacto. Analizando mi producción científica de los últimos años, se evidencia una participación estudiantil significativa en la mayoría de mis artículos científicos, creando un ambiente de aprendizaje práctico donde la teoría y la experimentación se integran de manera orgánica.

Un análisis detallado de mis publicaciones recientes muestra que aproximadamente el 70% incluye estudiantes como coautores, con una distribución equilibrada entre los diferentes niveles de formación académica:

- **8 estudiantes de pregrado** han participado como coautores, contribuyendo principalmente en síntesis y caracterización básica de materiales.
- **4 estudiantes de maestría** han figurado en publicaciones, asumiendo roles más técnicos en caracterización avanzada y análisis de datos.
- **3 estudiantes doctorales** han desarrollado contribuciones sustanciales, liderando aspectos metodológicos y conceptuales en diversos proyectos.

Esta integración ha sido particularmente notable en investigaciones sobre nanoestructuras magnéticas y óxidos complejos, donde los estudiantes han podido desarrollar habilidades experimentales avanzadas mientras contribuyen a la generación de nuevo conocimiento.

### 5.5.2 Contribuciones Destacadas de Estudiantes por Nivel de Formación

#### Estudiantes de Pregrado

El trabajo de estudiantes de pregrado ha sido fundamental en varias de mis publicaciones más citadas. Por ejemplo, en 2023, Sergio Correal y Andrea Steffania Esquivel figuraron como primeros autores en el artículo "Tuning electronic and magnetic properties through disorder in  $V_2O_5$  nanoparticles" publicado en *Scientific Reports*. Su contribución no se limitó a tareas técnicas sino que abarcó todo el proceso investigativo, desde la síntesis de nanopartículas hasta la interpretación crítica de los resultados de caracterización magnética.

M. Sánchez (2025) contribuyó a investigaciones sobre aleaciones magnéticas, específicamente en estudios sobre el efecto del cobre en la estabilidad de fase y propiedades magnéticas de aleaciones de MnAl.

N. Vergara-Duran (2022) contribuyó a la implementación de protocolos avanzados de caracterización magnética, particularmente en la aplicación de curvas FORC para resolver contribuciones magnéticas en nanopartículas de  $BiFeO_3$ .

Otros estudiantes de pregrado (Universidad del Valle en codirección) como Santiago Ceballos Medina (2025) han participado en investigaciones sobre mecanismos de conmutación resistiva en dispositivos de  $\text{BiFeO}_3$ , contribuyendo al desarrollo de aplicaciones tecnológicas concretas derivadas de la investigación fundamental.

### **Estudiantes de Maestría**

Los estudiantes de maestría han asumido roles más especializados, enfocándose en aspectos metodológicos avanzados y desarrollo de protocolos experimentales sofisticados. Daniel Hernández-Gómez (2023) realizó contribuciones fundamentales en el estudio de desorden controlado en nanopartículas de  $\text{V}_2\text{O}_5$ , implementando técnicas de caracterización estructural y análisis estadístico de defectos.

### **Estudiantes Doctorales**

Los estudiantes doctorales han asumido roles de liderazgo conceptual y metodológico en proyectos complejos. Alexander Cardona-Rodríguez ha sido un colaborador particularmente prolífico, figurando como autor en múltiples publicaciones entre 2020 y 2025. Su investigación sobre transiciones magnéticas vítreas en nanopartículas de  $\text{BiFeO}_3$  (2022) y su contribución al desarrollo de dispositivos con conmutación resistiva (2025) demuestran una evolución desde la investigación fundamental hacia aplicaciones tecnológicas concretas.

D. Carranza-Celis representa un caso ejemplar de progresión académica dentro de mi grupo de investigación. Tras completar su maestría, continuó su formación doctoral, manteniendo una línea de investigación coherente y de creciente sofisticación. Sus contribuciones doctorales se reflejan en publicaciones como "Low-temperature paramagnetic phase reentrance in praseodymium-doped manganites" (2024) y "Magnetism dynamics driven by phase separation in Pr-doped manganite thin films: A Ferromagnetic resonance study" (2021). En estos trabajos, desarrolló e implementó metodologías avanzadas para el estudio de fenómenos magnéticos complejos en manganitas dopadas con praseodimio, incorporando técnicas sofisticadas de resonancia ferromagnética y análisis dinámico que constituyen aportes significativos al campo. Su trayectoria ilustra perfectamente la progresión formativa que promuevo, donde los estudiantes evolucionan desde contribuciones técnicas hacia aportes conceptuales y metodológicos de mayor envergadura.

La participación doctoral se caracteriza por la capacidad de integrar múltiples técnicas y perspectivas teóricas. Por ejemplo, A. Cardona-Rodríguez ha participado en colaboraciones interdisciplinarias como el estudio sobre modelos de interacción de super-intercambio en películas delgadas de  $\text{TiO}_2$  dopado con Co (2021), demostrando la capacidad de transitar entre diferentes subdisciplinas de la física de materiales.

### **Progresión Formativa y Desarrollo de Competencias**

Un aspecto distintivo de mi enfoque ha sido el diseño de una progresión formativa coherente, donde los estudiantes asumen responsabilidades crecientes a medida que avanzan en su formación:

1. Estudiantes de pregrado típicamente comienzan con responsabilidades en síntesis y caracterización básica, desarrollando habilidades experimentales fundamentales. Su participación les permite familiarizarse con métodos científicos rigurosos y técnicas instrumentales avanzadas.
2. Estudiantes de maestría asumen responsabilidades técnicas más complejas, incluyendo implementación de técnicas avanzadas de caracterización, análisis estadístico de datos y

contribución a la interpretación de resultados. Además, participan más activamente en la redacción de secciones de manuscritos científicos.

3. Estudiantes doctorales desarrollan capacidades integrales que abarcan desde el diseño experimental hasta la contextualización teórica y conceptual, frecuentemente liderando aspectos sustanciales de los proyectos y mentorizando a estudiantes de niveles anteriores.

El caso de Diego Carranza ilustra perfectamente esta progresión, habiendo evolucionado desde contribuciones principalmente técnicas durante su maestría, hasta desarrollar investigaciones conceptualmente sofisticadas sobre fenómenos de separación de fases magnéticas durante su doctorado.

Esta estructura escalonada ha demostrado ser efectiva para desarrollar investigadores autónomos y con pensamiento crítico, capaces de realizar contribuciones originales incluso en etapas tempranas de su formación.

### **Impacto en Trayectorias Académicas y Profesionales**

La participación en investigaciones de frontera ha tenido un impacto significativo en las trayectorias académicas de mis estudiantes:

- La mayoría de los estudiantes de pregrado que han participado como coautores han continuado hacia programas de posgrado en instituciones de prestigio nacional e internacional. Por ejemplo, \*\*Daniel Hernández-Gómez\*\* pasó de ser un estudiante de pregrado coautor en 2020 a continuar como estudiante de maestría, manteniendo su línea de investigación en materiales nanoestructurados.
- Los graduados de maestría han obtenido becas competitivas para programas doctorales o posiciones en la industria tecnológica de alto nivel. El caso de Diego Carranza es particularmente representativo, habiendo continuado su formación doctoral en mi grupo de investigación tras completar su maestría.
- Los estudiantes doctorales han desarrollado capacidades para establecer líneas de investigación independientes, con varios de ellos obteniendo posiciones postdoctorales o académicas.

El caso de Alexander Cardona-Rodríguez es particularmente ilustrativo, habiendo evolucionado desde sus contribuciones iniciales en trabajos sobre BiFeO<sub>3</sub> hasta liderar investigaciones complejas sobre transiciones magnéticas vítreas y dispositivos con propiedades de comutación resistiva.

### **Estrategias de Inclusión y Mentoría**

Las estrategias que he implementado para maximizar el desarrollo académico de los estudiantes incluyen:

1. Asignación de responsabilidades progresivas que evolucionan con el desarrollo de competencias del estudiante, permitiendo autonomía creciente.
2. Sesiones regulares de discusión donde estudiantes de diferentes niveles interactúan, generando un ecosistema de aprendizaje colaborativo donde los más avanzados mentorizan informalmente a los más jóvenes.
3. Exposición a colaboraciones internacionales mediante la inclusión de estudiantes en proyectos con grupos extranjeros, como se evidencia en las publicaciones con colaboradores de instituciones como UC San Diego, Universidad Nacional de La Plata, y otras instituciones de prestigio internacional.

4. Capacitación en comunicación científica, con énfasis en la estructuración de argumentos, presentación visual de datos y respuesta a revisiones, competencias críticas para la publicación científica.

Este enfoque integral ha resultado en una notable producción colaborativa donde los estudiantes no son meros asistentes técnicos sino verdaderos investigadores en formación con capacidad de contribuir significativamente al avance del conocimiento.

### **Reconocimiento de Contribuciones Estudiantiles**

Un principio rector en mi práctica ha sido el reconocimiento justo y transparente de las contribuciones estudiantiles, implementado mediante:

- Discusiones explícitas sobre autorías al inicio de cada proyecto, estableciendo expectativas claras sobre roles y reconocimientos.
- Inclusión como primeros autores de estudiantes que han liderado aspectos sustanciales de la investigación, independientemente de su nivel académico, como se evidencia en publicaciones donde Sergio Correal y Andrea Steffania Esquivel (pregrado) figuran como primeros autores.
- El uso de un sistema de color en mis publicaciones para identificar claramente el nivel académico de cada coautor (pregrado, maestría, doctorado), haciendo visible la contribución estudiantil en mi producción científica.

Esta política ha fomentado un ambiente de colaboración donde los estudiantes se sienten valorados como investigadores en formación, motivándolos a asumir mayores responsabilidades y desarrollar una identidad profesional como científicos.

### **Perspectiva Futura: Hacia una Comunidad Investigativa Intergeneracional**

La experiencia acumulada en esta integración estudiante-investigación fundamenta mi visión de desarrollar una comunidad investigativa intergeneracional donde:

- Los estudiantes de diferentes niveles y generaciones establezcan conexiones profesionales duraderas, creando redes que trascienden su período formativo.
- Los graduados continúen colaborando con el grupo desde sus nuevas posiciones, enriqueciendo los proyectos con perspectivas y capacidades complementarias.
- Se establezcan líneas de investigación influenciadas por los intereses y capacidades particulares de estudiantes destacados, contribuyendo a la evolución orgánica del grupo.

Este modelo de comunidad investigativa intergeneracional representa, en mi visión, un enfoque sostenible para la generación de conocimiento científico de alto impacto que simultáneamente cumple con la misión formativa fundamental de la universidad.

Logros de tus estudiantes de doctorado/maestría/pregrado, destacando publicaciones conjuntas

*Tabla 5.4.1: Estudiantes formados bajo mi dirección.*

Rol	Nombre	Programa/Nivel	Período
Asistente de Investigación	Dr. Alexander Cardona	-	Jan 12, 2016 - Aug. 2022
Asistente de Investigación	Juana Granados Rodríguez	-	Junio 2023 - actual

Rol	Nombre	Programa/Nivel	Período
Estudiante Graduado	Diego Andres Carranza	Doctorado en Ciencias Física	Jan 2019 - Dic 2024
Estudiante Graduado	Daniel Fabian Hernández	Doctorado en Ciencias Física	Jan 2019 - actual
Asistente de Investigación	Carlos Felipe Eugenio	-	Enero 2021 - actual
Estudiante de Pregrado	Sara Camila Sánchez	Estudiante de Pregrado Física	Agosto 2023 - actual
Estudiante de Pregrado	Juan David Rueda	Estudiante de Pregrado Física	Agosto 2023 - actual
Estudiante de Pregrado	Juan Andrés Tamayo Arbelaez	Estudiante de Pregrado Física	Mayo 2023 - actual
Estudiante de Pregrado	Angelica López Duarte	Estudiante de Pregrado Física	Agosto 2023 - actual
Estudiante de Pregrado	Isabella Ruíz Jimenez	Estudiante de Pregrado Física	Enero 2024 - actual
Estudiante de Pregrado	Daniel Santiago Rueda	Estudiante de Pregrado Física	Enero 2024 - actual

## 5.6 Charlas invitadas desde 2020

A lo largo de mi carrera como investigador, he tenido el privilegio de compartir mis hallazgos y contribuciones científicas en diversos escenarios académicos internacionales. Este reconocimiento se refleja en las numerosas invitaciones que he recibido para participar como ponente en conferencias, talleres, coloquios y seminarios especializados en varios países.

Durante el período 2020-2025, he presentado 19 charlas invitadas, de las cuales el 58% han sido eventos internacionales en países como Ecuador, México, Brasil, Estados Unidos y España, mientras que el 42% restante corresponde a importantes eventos nacionales en Colombia. Esta distribución geográfica demuestra el alcance e impacto de mi trabajo más allá de las fronteras nacionales, consolidando redes de colaboración académica con instituciones prestigiosas como Cornell University, UC San Diego, y el Instituto de Física Gleb Wataghin en Brasil.

Mi participación en estos espacios académicos ha seguido una trayectoria ascendente, pasando de 2 charlas en 2020 a 5 en 2023, con proyecciones para mantener este ritmo en 2025. Esta continuidad refleja mi compromiso sostenido con la investigación y divulgación científica en mi campo.

Temáticamente, mis contribuciones han abarcado diversas áreas del magnetismo y materiales, con énfasis en la dinámica magnética (42%), materiales óxidos y heteroestructuras (26%), fenómenos cuánticos y de separación de fase (16%), y aplicaciones tecnológicas en computación y medicina (16%). Esta diversidad temática evidencia mi capacidad para abordar tanto aspectos fundamentales como aplicados de la física de materiales, adaptando mi discurso a diferentes audiencias y contextos académicos.

Es importante destacar que estas invitaciones no solo representan un reconocimiento a mi trabajo individual, sino también a la calidad de la investigación que desarrollamos en nuestro grupo en la Universidad de los Andes. A través de estas presentaciones, he podido posicionar nuestra institución en el panorama internacional de la investigación en magnetismo y materiales magnéticos, contribuyendo así a su visibilidad y prestigio académico.

A medida que continúo explorando nuevas direcciones de investigación, estos espacios de intercambio académico han sido fundamentales para establecer colaboraciones estratégicas que han enriquecido nuestros proyectos y han abierto nuevas oportunidades para nuestros estudiantes de pregrado y posgrado.

*Tabla 5.6.1: Lista de charlas invitadas.*

Nº	Año	Título de la Charla	Evento/ Institución	Ubicación	Fecha
1	2025	Control Of Metastable States in Phase-Separated Pr-doped Manganites	International Workshop on Spintronics - Spin Galapagos 2025	Islas Galápagos, Ecuador	25-30 de mayo
2	2024	Effect Of Superconductivity On Magnetism In A Superconducting/Magnetic Hybrid	IMRC 2024	Cancún, México	21 de agosto
3	2024	Emergence Of Metastable States In Electronic Phases-Separated Manganites	IMRC 2024	Cancún, México	20 de agosto
4	2024	Magnetism dynamics of magnetic oxide heterostructures	Coloquio Instituto de Física Gleb Wataghin IFGW, Unicamp	Campinas, Brasil	6 de junio
5	2023	Magnetization Dynamics: From Fundamentals to Applications	Tercera Escuela Colombiana De Magnetismo	Manizales, Colombia	17 de noviembre
6	2023	Magnetism dynamics of magnetic oxide heterostructures	Simposio de Imanes Permanentes y Materiales para Energías Limpias	Cali, Colombia	8 de noviembre
7	2023	Fabrication and characterization of Iron Oxide-based nanodisks for medical applications	Magnamed meeting	Bilbao, España	19 de octubre
8	2023	Physical properties driven by phase separation in electron-correlated materials	4ta Escuela de Física Estadística	Bogotá, Colombia	6 de octubre
9	2023	Strongly correlated materials for quantum technology: Experimental approach	2nd Workshop on Higher Structures in Algebra, Geometry, Topology and Physics	Barranquilla, Colombia	28 de febrero

Nº	Año	Título de la Charla	Evento/ Institución	Ubicación	Fecha
10	2022	Nanoscale properties of multifunctional oxide materials: Role of defects and microstructure	International Workshop Ceramics Nanomaterials, Magnetism and Cryogenics	Medellín, Colombia	25 de noviembre
11	2022	Neuromorphic Computing: Analog vs Digital	Neuromorphic lecture series, UC San Diego	San Diego, CA, EE.UU.	21 de julio
12	2022	Magnetism dynamics of oxide-magnetic heterostructures	Special Seminar, Materials Science and Engineering, Cornell University	Ithaca, NY, EE.UU.	11 de mayo
13	2021	Micromagnetic simulations to explore nanoscale effects in complex materials	1st Latin-American tutorial of magnetism	Virtual	8-19 de noviembre
14	2021	Fenómenos cuánticos en sistemas de baja dimensionalidad	Coloquio Física, Universidad de los Andes	Bogotá, Colombia	12 de octubre
15	2021	Unusual Dynamical Properties of Oxide-Magnetic nanostructures	Condensed Matter Physics Seminar, Universidad Nacional La Plata	La Plata, Argentina	5 de octubre
16	2021	Unusual dynamical properties of oxide-magnetic heterostructures: Proximity effects	Condensed Matter Physics Seminar, Universidad de Chile	Santiago, Chile (Virtual)	7 de abril
17	2020	Unusual dynamical properties of oxide-magnetic heterostructures	Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials	Virtual	2 de noviembre
18	2020	Confinement effects in quantum matter	Universidad del Norte	Barranquilla, Colombia	23 de enero
19	2019	Mechanisms of the photo- and voltage-induced phase transition in the electron-correlated $V_2O_3$	XXVII International Materials Research Congress	Cancún, México	18-23 de agosto
20	2018	Tailoring novel functionalities in quantum materials	Materials Science & Engineering Seminar, University of Florida	Gainesville, FL, EE.UU.	4 de septiembre
21	2018	Size-induced multiferroicity in oxide nanoparticles	XXVII International Materials Research Congress	Cancún, México	19-24 de agosto

Nº	Año	Título de la Charla	Evento/ Institución	Ubicación	Fecha
22	2018	Magnetism @Uniandes	1st Cali Magnetism School, Universidad del Valle	Cali, Colombia	26/02 - 2/03
23	2017	Dinámica ultra-rápida de transiciones de fase de primer orden	Physics Seminar at Universidad del Valle	Cali, Colombia	18 de octubre
24	2017	Correlaciones cuánticas en sólidos	Physics Colloquium, Universidad Distrital	Bogotá, Colombia	8 de septiembre
25	2016	Pathways to control magnetization dynamics with first-order phase transitions	Physics Seminar, Bar Ilan University	Israel	20 de diciembre
26	2016	Controlling magnetization dynamics in heterostructures with first-order phase transitions	Physics Seminar, Universidad Autónoma de Madrid	Madrid, España	14 de diciembre
27	2016	Strongly correlated materials: Nanoscale Phase coexistence as a tool for magnetic control	1st Workshop on Superconductivity and Magnetism at Low Dimensionality	Bogotá, Colombia	5 de diciembre
28	2016	Controlling magnetization dynamics in hybrid heterostructures with first-order phase transitions	61st Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials	New Orleans, EE.UU.	31/10 - 4/11
29	2015	Control of magnetization dynamics in hybrid materials at the nanoscale	3rd International Conference on Nanoscience, Nanotechnology, and Nanobiotechnology	Brasília, Brasil	14-18 de diciembre

## 5.7 Proyectos de Investigación y Propuestas Enviadas

Mi trayectoria en la investigación científica se ha consolidado a través de la formulación y ejecución de diversas propuestas que reflejan mi compromiso con el avance del conocimiento en el campo del nano-magnetismo y los materiales multifuncionales. El análisis de mi portafolio de proyectos revela varios aspectos clave de mi liderazgo investigativo.

Como investigador, he construido un programa coherente centrado en las propiedades cuánticas de materiales a escala nanométrica, con énfasis especial en óxidos complejos. Durante los últimos años, mi interés se ha expandido hacia aplicaciones en tecnologías cuánticas emergentes, como demuestra mi reciente propuesta presentada y aceptada a la Office of Naval Research para el simposio IMRC 2025 sobre nanoestructuras cuánticas, así como mi participación en la iniciativa de FAPESP Brasil sobre materiales avanzados para

dispositivos cuánticos. Estas propuestas reflejan mi capacidad para anticipar tendencias científicas y posicionarme en áreas de frontera.

Mi liderazgo se evidencia particularmente en la ambición y alcance creciente de mis proyectos. He evolucionado desde investigaciones específicas hacia grandes iniciativas multidisciplinarias e interinstitucionales, como el proyecto presentado a Minciencias para el fortalecimiento de la capacidad nacional en computación cuántica y neuromórfica, que involucra a ocho departamentos de Colombia y representa una inversión de 36.000 millones de pesos. Este tipo de propuestas demuestra mi capacidad para articular visiones científicas de gran escala y mi habilidad para coordinar equipos interinstitucionales.

He desarrollado una notable versatilidad en la obtención de financiamiento, asegurando recursos de diversas fuentes tanto nacionales como internacionales. Mi portafolio incluye desde propuestas a agencias internacionales altamente competitivas como la Office of Naval Research y fundaciones privadas como XPRIZE, hasta proyectos financiados por entidades nacionales como Minciencias. Esta diversificación ha sido fundamental para mantener la continuidad de mi programa de investigación incluso en tiempos de restricciones presupuestarias.

Un aspecto distintivo de mi enfoque investigativo es su naturaleza interdisciplinaria. Mis propuestas recientes muestran una integración cada vez más sofisticada entre la física fundamental y otros campos. Por ejemplo, el proyecto presentado a la Fundación XPRIZE, aunque no fue aprobado, demuestra mi capacidad para concebir aplicaciones innovadoras que conectan la física cuántica con la biología genómica, evidenciando mi visión para identificar intersecciones prometedoras entre disciplinas aparentemente distantes.

También he demostrado flexibilidad para adaptar mi experiencia en nanomateriales a desafíos socioeconómicos relevantes, como se observa en mi participación como co-investigador en el proyecto enfocado en la detección y mitigación de contaminantes en recursos hídricos. Esta capacidad para vincular la investigación fundamental con problemáticas de alto impacto social representa una dimensión importante de mi liderazgo científico.

Mi actividad en la formulación de propuestas muestra un patrón ascendente, con proyectos más ambiciosos y de mayor envergadura en los últimos dos años. Este incremento refleja mi creciente reconocimiento como investigador y mi capacidad para asumir responsabilidades de liderazgo científico cada vez más significativas, tanto a nivel nacional como internacional.

La combinación de roles que he asumido en estas propuestas demuestra mi capacidad para contribuir efectivamente en diversos contextos colaborativos, adaptando mi participación según las necesidades específicas de cada proyecto y las fortalezas de los equipos de investigación.

A continuación, presento un detalle de los proyectos que he liderado o en los que he participado como investigador, los cuales ilustran concretamente los aspectos de liderazgo anteriormente mencionados.

*Tabla 5.7.1: Lista de proyectos de investigación destacados.*

Año	Título	Rol	Entidad	Monto	Estado
2025	Convocatoria de Equipos Robustos 2025	Co-Investigador	Uniandes	1260 Millones COL	Aceptado

Año	Título	Rol	Entidad	Monto	Estado
2025	IMRC 2025 / Symposium: Quantum Materials - 0D, 1D, 2D Nanostructures	Investigador Principal	Office of Naval Research USA	12.000 USD	Aceptado
2024	Quantum Phase Estimation for Genome Analysis via Band Gap-Controlled Quantum Gates in Photonic Crystals - White Paper	Co-Investigador	Fundación XPRIZE	-	Negado
	Advanced Materials For Quantum Devices - Proyecto Temático	Colaborador	FAPESP/Basil	-	Enviado
	Fortalecimiento de la Capacidad de Investigación Nacional en Computación Cuántica y Neuromórfica Desde los Departamentos De Antioquia, Atlántico, Bogotá, Caquetá, Cundinamarca, Guaviare, Meta y Valle del Cauca	Investigador Principal	Minciencias Colombia	36.000 Millones	Lista de elegibles
	Fortalecimiento de Capacidades en I+D+I Para Detección y Mitigación de Contaminantes, por Actividades Antrópicas Como la Minería, con el Propósito de Mejorar la Calidad del Recurso Hídrico en los Departamentos de Caldas, Caquetá, Cauca y Valle Del Cauca	Co-Investigador	Minciencias Colombia	30.000 Millones	Lista de elegibles
2022	Materiales inteligentes basados en óxidos de metales de transición como diodos de protección bypass en aplicaciones de paneles solares fotovoltaicos: Simulaciones y experimentos	Co-Investigador	Uniandes/F. Ingenieria	80 Millones	Aceptado
	Quantum systems for computing	Co-Investigador	Gordon and Betty Moore Foundation announces - ideas for flexible funding	N/A	No aceptada
	Search For The Charge Ordering Reentrance In Pr-Doped Manganites In The Fluid-To-Static Phase Separation Transition.	Investigador Principal	Laboratorio Nacional de luz sincrotrón - Brasil	N/A	Aceptado

Año	Título	Rol	Entidad	Monto	Estado
	Fortalecimiento de las capacidades científicas y tecnológicas para contribuir al desarrollo de la Segunda Revolución Cuántica en los departamentos de Antioquía, Atlántico, Bogotá, Caldas, Cauca, y Valle del Cauca.	Investigador Principal	Minciencias Colombia	10.000 Millones	Lista de elegibles
	Investigación, desarrollo e innovación de sensores y reactores para la detección y mitigación de contaminantes en cuerpos de agua dulce, para el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades en Bolívar, Bogotá, Caquetá, Cauca, Valle del Cauca	Co-Investigador	Minciencias Colombia	10.000 Millones	Lista de elegibles
	Comparación del comportamiento magnético de scaffolds de matriz polimérica cargados con magnetita y ferrita de cobalto sintetizadas por autocombustión con potencial aplicación en reparación y regeneración ósea	Co-Investigador	Gobernación de Antioquia	45 Millones por entidad	Aceptado y en curso
2020	Geometric phase analysis in V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> nanoparticles.	Investigador Principal	Laboratorio Nacional de Nanotecnología - Brasil	N/A	Aceptado
	MAGNAMED (H2020-MSCA-RISE-734801) Novel magnetic nanostructures for medical applications	Co-Investigador - Líder Nodo Colombia	Horizon - 2020	Viajes y pasantías de investigación	Aceptado
	AccelNet: International Network to Accelerate Discovery on Quantum Nanostructures	Co-Investigador	National Science Foundation (NSF)	Viajes y pasantías de investigación	Negada
	Aumento de correlaciones electrónicas en materiales multifuncionales de óxidos de metales de transición mediante su nanoestructuración	Investigador Principal	F. Ciencias Uniandes	45 Millones	Aceptado

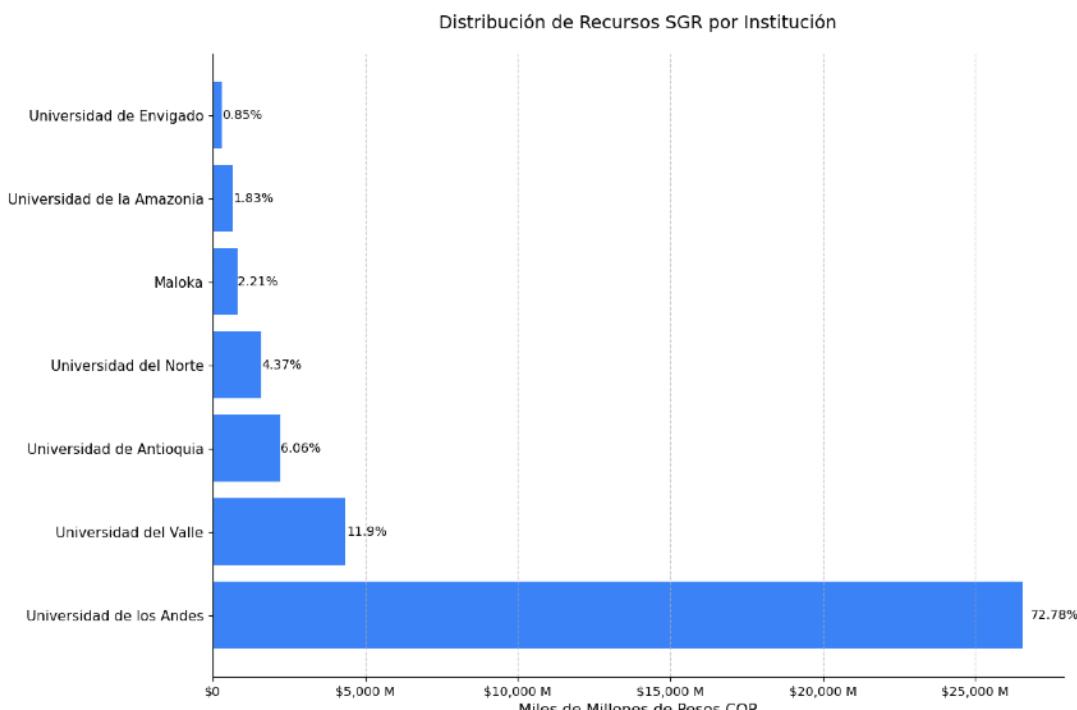
Año	Título	Rol	Entidad	Monto	Estado
2019	Propuesta Proyecto Multidisciplinario: Desarrollo de experimentos remotos para la creación de un Centro de Divulgación Científica: CeDiCi	Co-Investigador	Vicerrectoría de Investigaciones UNIANDES	120 Millones	Negada
	Convocatoria Conectando Conocimiento 2019 #852: Materiales cuánticos nanoestructurados para aplicaciones a termoelectricidad: desde la teoría hasta los dispositivos.	Investigador Principal	Minciencias Colombia	435 Millones	Negada
	Convocatoria Proyectos De Investigación Conjunta Universidad De Ibagué - Universidad De Los Andes 2018: Nuevas metodologías para la automatización y control de sistemas de riego de canal abierto usando sensores y actuadores autónomos en energía	Co-Investigador	Uniandes	90 Millones	Aceptado
2017	Convocatoria Para La Financiación De Proyectos Interdisciplinarios - 2017: Control de Propiedades multiferroicas mediante confinamiento cuántico	Investigador Principal	Uniandes	100 Millones	Aceptado
	Convocatoria Tec. Monterrey Uniandes: Materiales multifuncionales nano-estructurados: Desde NPs hasta Nano-compositos con aplicaciones a termoelectricidad	Investigador Principal	Tec. Monterrey / Uniandes	100 Millones	Aceptado
	Convocatoria Interna: Estudio del efecto de Comutación Resistiva en heteroestructuras basadas en óxidos multifuncionales	Co-Investigador	Univalle	50 millones	Aceptado
2016	Propuesta para iniciativas 2016-06-20: Adquisición de señales ultra-rápidas para aplicaciones en los laboratorios de investigación del departamento de física	Investigador Principal	Uniandes	60.000 USD	Aceptado

Año	Título	Rol	Entidad	Monto	Estado
2015	Convocatoria 712 de 2015: Control de magnetismo con interfaces de materiales multifuncionales	Investigador Principal	Minciencias Colombia	200 Millones	Aceptado

## 5.8 Liderazgo en Propuestas de Regalías ante Minciencias

Como parte de mi compromiso con el desarrollo institucional y la investigación de vanguardia, he liderado en el rol de investigador principal, una iniciativa sin precedentes para la Universidad de los Andes: el proyecto "Fortalecimiento de la capacidad de investigación nacional en computación cuántica y neuromórfica desde los departamentos de Antioquia, Atlántico, Bogotá, Caquetá, Cundinamarca, Guaviare, Meta y Valle del Cauca".

Este proyecto representa un hito histórico para la universidad, ya que constituye el primer megaproyecto de esta envergadura en la institución, con recursos directos por valor de \$36.500 millones de pesos de los cuales \$26.564.356.032 llegan directamente a la universidad para el fortalecimiento de la infraestructura de investigación y contratación de talento humano. Incluyendo las contrapartidas de las instituciones participantes, el monto total del proyecto asciende a \$42.080.219.635, una cifra sin precedentes en la historia de la Universidad de los Andes para un proyecto de investigación.



*Figura 5.8.1: Distribución de recursos SGR por institución para el proyecto de Computación Cuántica y Neuromórfica. La Universidad de los Andes recibe 72.78% del financiamiento total (\$36,500,000,000 COP), seguida por Universidad del Valle (11.90%) y Universidad de Antioquia (6.06%).*

*Tabla 5.8.1: Instituciones involucradas en el proyecto.*

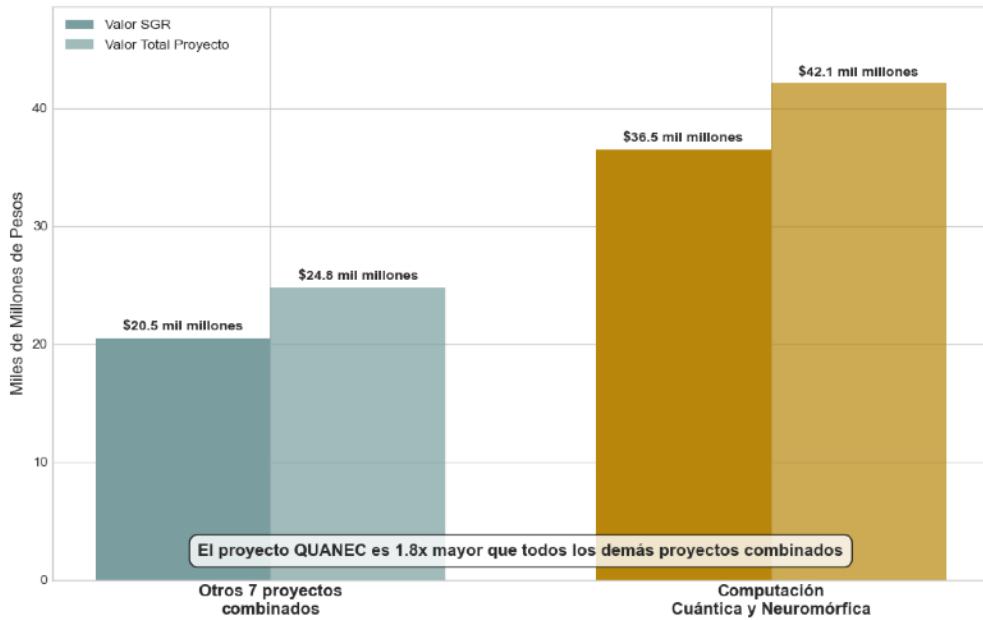
Institución	Total recursos SGR
Maloka	\$805,908,298.00
Universidad de Antioquia	\$2,212,535,599.00
Universidad de Envigado	\$309,079,550.00
Universidad de la Amazonia	\$668,644,248.00
Universidad de los Andes	\$26,564,356,032.00
Universidad del Norte	\$1,595,298,642.00
Universidad del Valle	\$4,344,177,631.00
Total general	\$36,500,000,000.00

Video de presentación : <https://youtube.com/watch?v=vRhYeEcZmXg>

### 5.8.1 Impacto del Proyecto Dentro de la Universidad

En el contexto de la Universidad, el proyecto 'Fortalecimiento de la capacidad de investigación nacional en computación cuántica y neuromórfica', con un presupuesto de más de \$36.500 millones de pesos, supera en 1.8 veces la suma de todos los demás proyectos SGR de la universidad combinados, lo que refleja no solo su envergadura sin precedentes, sino también la confianza depositada en nuestra visión científica. Esta iniciativa transformadora está creando infraestructura de investigación de vanguardia y formando capital humano especializado en ocho departamentos del país, posicionando a Colombia en el mapa mundial de la segunda revolución cuántica. El liderazgo en este proyecto representa mi compromiso con el avance científico del país y demuestra mi capacidad para articular esfuerzos interinstitucionales de gran escala que impactan directamente en el desarrollo tecnológico nacional.

**Comparación de la magnitud del proyecto QUANEC  
respecto a otros proyectos SGR de la Universidad de los Andes**



*Figura 5.8.2: Comparación de los montos entre todos proyectos SGR en Uniandes al corte 2025. Fuente Oficina de Regionalización*

## 5.8.2 Temáticas a Investigar

El diagrama presenta la estructura integral del proyecto SGR, centrado en la investigación de tecnologías emergentes para el procesamiento de información. En la cúspide se encuentra la Nano-Ciencia (OE1), área fundamental que establece las bases materiales y fenomenológicas a escala nanométrica. Como elemento vertebrador aparece la Inteligencia Artificial, que funciona como tecnología transversal conectando todos los componentes del proyecto. En la base se despliegan dos pilares complementarios: los Fenómenos Cuánticos (OE2 Act. 2.1), que exploran los principios de la mecánica cuántica para el procesamiento de información con potencial exponencialmente superior a los sistemas clásicos; y los Fenómenos Brain-like (OE2 Act. 2.2), enfocados en arquitecturas neuromórficas que emulan el funcionamiento del cerebro para lograr mayor eficiencia energética. Estas tres áreas científicas interrelacionadas conforman un ecosistema de investigación orientado al fortalecimiento de capacidades nacionales en computación cuántica y neuromórfica, tecnologías que prometen revolucionar el panorama energético mediante sistemas de procesamiento de información radicalmente más eficientes y potentes que los convencionales.

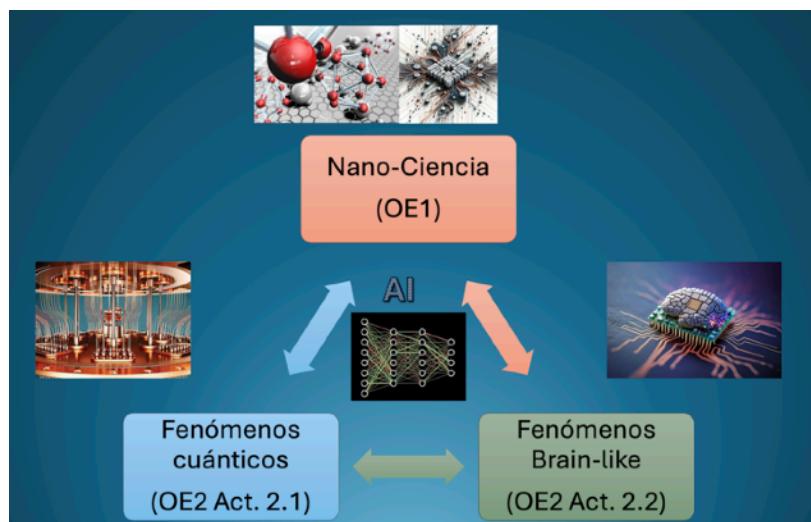


Figura 5.8.3: Temáticas a investigar en el proyecto.

### 5.8.3 Objetivo Específico 1: Investigación Fundamental

El primer pilar de nuestro proyecto se enfoca en incrementar la investigación fundamental en fenómenos físicos a nanoescala en computación cuántica y computación neuromórfica. Este objetivo se despliega a través de tres medios fundamentales:

Primero, fomentaremos la investigación en métodos y materiales cuánticos para tecnologías de información eficientes, explorando nuevos materiales y procesos que puedan servir como base para los dispositivos del futuro.

Segundo, desarrollaremos nuevos enfoques de arquitecturas a nanoescala que permitirán avanzar en la creación de sistemas de procesamiento y almacenamiento de información más eficientes, reduciendo significativamente el consumo energético actual.

Tercero, aumentaremos la investigación teórica y computacional en computación cuántica y neuromórfica, estableciendo modelos que puedan ser aplicados en el desarrollo de nuevas tecnologías a nanoescala.

### 5.8.4 Objetivo Específico 2: Fortalecimiento de Infraestructura

El segundo pilar se centra en fortalecer la infraestructura de investigación para el desarrollo de actividades científicas enfocadas en computación cuántica y computación neuromórfica. Para ello, implementaremos cuatro actividades estratégicas:

- Ampliaremos la infraestructura e instalaciones complejas para la fabricación de nanomateriales y dispositivos, creando espacios de vanguardia para la experimentación y el desarrollo.
- Aumentaremos la capacidad en equipos científicos y de laboratorio robustos para la caracterización a nanoescala de materiales y dispositivos, dotando a los investigadores de herramientas de última generación.
- Fortaleceremos las capacidades de cómputo de alto rendimiento (HPC) para el modelado de materiales y sus interacciones, permitiendo simulaciones complejas que acelerarán el descubrimiento científico.

- Potenciaremos las capacidades de los laboratorios de colegios y universidades en fenómenos cuánticos, acercando estas tecnologías emergentes a los futuros científicos e ingenieros desde edades tempranas.

### **5.8.5 Objetivo Específico 3: Apropiación Social del Conocimiento**

El tercer pilar, busca aumentar las estrategias de apropiación social del conocimiento sobre el potencial de la computación cuántica y neuromórfica en fenómenos de información y sus aplicaciones en tecnologías futuras. Para ello, implementaremos seis actividades clave:

- Incrementaremos las estrategias pedagógicas de formación de formadores a nivel básico en temas de computación cuántica y neuromórfica en las regiones, creando un efecto multiplicador de conocimiento.
- Crearemos estrategias de sensibilización en temas de nanociencia y fenómenos cuánticos y neuromórficos, acercando estos conceptos complejos al público general de manera accesible.
- Incrementaremos los recursos académicos para profesores en estas temáticas, proporcionándoles las herramientas necesarias para incorporar estos conocimientos en sus programas educativos.
- Fomentaremos la articulación en la comunicación de fenómenos cuánticos y neuromórficos a nivel secundario en las regiones, asegurando que los jóvenes estudiantes desarrollen interés y comprensión en estas áreas.
- Implementaremos contenido digital en redes para la difusión de estos fenómenos, aprovechando los medios digitales para alcanzar audiencias más amplias.
- Fortaleceremos la articulación de redes de investigación en computación neuromórfica y cuántica, promoviendo la colaboración interinstitucional y el intercambio de conocimientos.

### **5.8.6 Alcance e Impacto del Proyecto**

El proyecto busca incrementar la creación y transferencia de conocimiento en computación cuántica y neuromórfica, consolidando infraestructuras de investigación científica para avanzar en el entendimiento y desarrollo de fenómenos que permitan la manipulación, procesamiento y almacenamiento de información a nano-escala.

La iniciativa tiene un alcance territorial extraordinario, abarcando ocho departamentos distribuidos en seis regiones del Sistema General de Regalías:

- Centro Oriente (Bogotá, Cundinamarca)
- Pacífico (Valle del Cauca)
- Caribe (Atlántico)
- Eje Cafetero (Antioquia)
- Centro Sur Amazonia (Caquetá)
- Los Llanos (Meta, Guaviare)

### **5.8.7 Colaboraciones Internacionales Estratégicas**

Un aspecto destacado de este proyecto ha sido la articulación de una red robusta de colaboraciones internacionales con investigadores de primer nivel mundial. He conseguido establecer alianzas con científicos de instituciones de prestigio como la Universidad de California en San Diego (UCSD), la Universidad de Florida, la Universidad Estatal de Campinas (UNICAMP) en Brasil y la Universidad del País Vasco en España.

Estos vínculos internacionales potencian significativamente el alcance y rigor científico del proyecto, permitiendo la transferencia de conocimientos avanzados, el acceso a infraestructuras de investigación de última generación, y la participación en redes globales de investigación en computación cuántica y neuromórfica. Los investigadores internacionales participarán activamente en actividades específicas del proyecto, aportando su expertise en áreas como aleaciones de cambio de fase, memristores, circuitos avanzados y materiales cuánticos, garantizando así la aplicación de estándares científicos de nivel mundial en toda la iniciativa.

### **5.8.8 Logros en el Proceso de Evaluación**

El proyecto ha demostrado su excelencia técnica y relevancia estratégica al:

- Obtener una calificación sobresaliente de 98.8/100 puntos en la evaluación técnica
- Superar exitosamente la etapa de cumplimiento de requisitos
- Ser incluido en la lista de proyectos financiables de la convocatoria 36 de Minciencias

### **5.8.9 Proceso de Formulación y Gestión**

La formulación de este proyecto ha requerido un esfuerzo sostenido y meticuloso de más de un año, involucrando:

- Coordinación con múltiples instituciones de educación superior y entidades territoriales
- Articulación de demandas territoriales con capacidades de investigación
- Diseño de un modelo de gobernanza para la gestión efectiva de un consorcio interregional
- Estructuración de un presupuesto complejo con fuentes de financiación diversificadas

### **5.8.10 Proyección y Visión a Futuro**

Este proyecto no solo representa una inyección de recursos sin precedentes para la universidad, sino que también posiciona a la institución como líder nacional en tecnologías emergentes fundamentales para la segunda revolución cuántica. A través de esta iniciativa, esperamos:

- Establecer a Colombia como un referente regional en investigación de computación cuántica y neuromórfica
- Crear una red de colaboración científica interregional sostenible en el tiempo
- Formar el talento humano necesario para enfrentar los desafíos tecnológicos del futuro
- Impulsar el desarrollo de aplicaciones basadas en estas tecnologías con potencial de impacto en sectores estratégicos

La adjudicación de este proyecto valida mi capacidad para liderar iniciativas complejas de alto impacto, gestionar relaciones interinstitucionales y articular esfuerzos entre distintos actores del sistema de ciencia, tecnología e innovación en Colombia.

## **5.9 Internacionalización**

A lo largo de mi carrera, he valorado profundamente la internacionalización como un elemento crucial para el avance de mi investigación científica y el desarrollo de mi visión académica. Mi trayectoria incluye una formación postdoctoral en la Universidad de California San Diego, que no solo me proporcionó experiencia técnica avanzada, sino que estableció los cimientos para una red de colaboraciones internacionales que continúa enriqueciendo mi trabajo hasta el día de hoy. Esta experiencia internacional ha sido instrumental en el desarrollo de mi enfoque de investigación en nanomagnetismo y materiales multifuncionales.

Las colaboraciones internacionales que he cultivado representan una fuente invaluable de intercambio de conocimientos y recursos. Mantengo vínculos académicos activos con el grupo del Profesor Ivan K. Schuller en UC San Diego, colaboraciones con la Universidad de Campinas en Brasil en proyectos de nanopartículas magnéticas, y participación en investigaciones conjuntas con instituciones europeas. Estas relaciones no solo amplían el alcance de mi trabajo científico, sino que también permiten el acceso a infraestructuras y capacidades complementarias que enriquecen la calidad y el impacto de las investigaciones realizadas.

El reconocimiento internacional de mi trabajo se evidencia en las numerosas invitaciones que he recibido para presentar mis investigaciones en conferencias y seminarios alrededor del mundo. Destacan particularmente las charlas invitadas en la Universidad de Chile, Cornell University, la Universidad Nacional de La Plata en Argentina, y el International Workshop on Ceramics Nanomaterials, Magnetism and Cryogenics, entre otras. Estas oportunidades no solo han servido como plataformas para difundir mis hallazgos científicos, sino también para establecer nuevos contactos y explorar futuras colaboraciones.

Mi participación como organizador y líder en la Asociación Latinoamericana de Magnetismo (ALMA) refleja mi compromiso con la creación de redes científicas que trascienden fronteras. Desde la fundación de ALMA en 2019, he trabajado activamente para incrementar la visibilidad y el impacto del magnetismo como disciplina en América Latina, coordinando webinars mensuales con investigadores reconocidos internacionalmente y organizando eventos formativos como el tutorial sobre Modelado y Simulaciones en Magnetismo. Esta iniciativa ha fortalecido significativamente las conexiones entre investigadores latinoamericanos y ha abierto nuevas vías de colaboración a nivel global.

La dimensión internacional de mi trabajo se extiende también a mi rol como editor en la prestigiosa revista Journal of Magnetism and Magnetic Materials de Elsevier, donde tengo la oportunidad de evaluar y contribuir al avance del conocimiento científico a escala global. Asimismo, mi participación como jurado en propuestas de investigación para entidades internacionales como la convocatoria PICT de Argentina demuestra el reconocimiento de mi experiencia más allá de las fronteras nacionales.

Considero que esta perspectiva internacional no solo ha enriquecido mi perfil académico, sino que también ha aportado significativamente a la visibilidad y posicionamiento de la Universidad de los Andes y de Colombia en el panorama científico mundial. A futuro, aspiro a consolidar y expandir estas conexiones internacionales, promoviendo intercambios académicos que beneficien a estudiantes e investigadores colombianos y contribuyan al desarrollo de la ciencia de materiales a nivel global.

*Tabla 5.9.1: Lista de Colaboradores Internacionales y Nacionales.*

Nombre del Colaborador	Institución	País	Área de Colaboración
Prof. Ivan K. Schuller	University of California San Diego	Estados Unidos	Magnetismo y transiciones de fase en óxidos, fenómenos de proximidad en interfaces
Prof. Oleg Shpyrko	University of California San Diego	Estados Unidos	Técnicas de caracterización avanzada, dispersión de rayos X, materiales cuánticos
Prof. Alex Frano	University of California San Diego	Estados Unidos	Espectroscopía y correlaciones electrónicas en materiales cuánticos
Prof. Diego Muraca	University of Campinas (UNICAMP)	Brasil	Nanopartículas magnéticas, caracterización estructural, $\text{BiFeO}_3$

Prof. Marcelo Knobel	University of Campinas (UNICAMP)	Brasil	Materiales magnéticos, propiedades magnéticas en nanoestructuras
Prof. Maria E. Gómez	Universidad del Valle	Colombia	Multicapas y superredes magnéticas, fenómenos interfaciales
Prof. Andreas Reiber	Universidad de los Andes	Colombia	Nanopartículas, $\text{BiFeO}_3$ , ferroelectricidad y ferromagnetismo
Prof. Yenny Hernández	Universidad de los Andes	Colombia	Propiedades electrónicas y magnéticas en $\text{V}_2\text{O}_5$ , nanomateriales
Prof. Johann Osma	Universidad de los Andes	Colombia	Desarrollo de dispositivos, aplicaciones biomédicas
Prof. Oscar Moscoso	Universidad Autónoma de Manizales	Colombia	Propiedades magnéticas, caracterización mediante FORC
Prof. Carlos Pérez Bergmann	UFRGS	Brasil	Síntesis de nanopartículas de $\text{CoFe}_2\text{O}_4$
Dr. Ali C. Basaran	UC San Diego/ Universidad privada	Estados Unidos/ Turquía	Materiales magnéticos y superconductores, $\text{V}_2\text{O}_3/\text{Ni}$
Dr. James Wampler	UC San Diego	Estados Unidos	Absorción de microondas en $\text{Fe}_3\text{O}_4$
Dr. Christian T. Wolowiec	UC San Diego	Estados Unidos	Transiciones de fase controladas por estrés, $\text{V}_2\text{O}_3/\text{Ni}$
Dr. Ilya Valmianski	UC San Diego	Estados Unidos	Dominios magnéticos, efectos de proximidad inducidos por tensión
Dr. Florian Kronast	Helmholtz-Zentrum Berlin	Alemania	Técnicas de caracterización magnética avanzada
Dr. Xavier Batlle	Universitat de Barcelona	España	Sistemas magnéticos, efectos de proximidad
Dr. Amílcar Labarta	Universitat de Barcelona	España	Magnetismo, propiedades de materiales nanoestructurados
Dr. Rafael González-Hernández	Universidad del Norte	Colombia	Cálculos teóricos en materiales magnéticos, DFT
Dr. Oscar Arnache	Universidad de Antioquia	Colombia	Propiedades magnéticas en ferritas, contenido de oxígeno
Dr. Alexander Cardona Rodríguez	Colaborador posgraduado	Colombia	$\text{BiFeO}_3$ nanopartículas, transiciones vítreas magnéticas
Dr. E. Skoropata	Oak Ridge National Laboratory	Estados Unidos	Resonancia ferromagnética, manganitas dopadas con Pr
Dr. Amlan Biswas	University of Florida	Estados Unidos	Manganitas, separación de fases
Dr. M.R. Fitzsimmons	Oak Ridge National Laboratory	Estados Unidos	Dispersión de neutrones polarizados

Esta tabla muestra la amplitud y profundidad de tus colaboraciones, evidenciando una sólida red internacional que abarca instituciones prestigiosas en América del Norte, Europa y América Latina, así como importantes colaboraciones nacionales. La diversidad temática de estas colaboraciones refleja tu versatilidad investigativa y el carácter multidisciplinario de tu trabajo en nanomagnetismo, transiciones de fase, y materiales cuánticos. Estas conexiones son sin duda un activo importante para el desarrollo de nuevas líneas de investigación y para la proyección internacional tanto tuya como de la Universidad de los Andes.

## 5.10 Análisis Comparativo de Indicadores Bibliométricos: Impacto y Productividad Académica

En esta sección presento un análisis comparativo de mis indicadores académicos con relación a diversos perfiles de investigadores de la Universidad de los Andes. Este análisis resulta particularmente relevante para contextualizar mi candidatura a Profesor Titular, considerando

que en mi área específica de materia condensada experimental no existen precedentes de profesores titulares en el Departamento de Física de la Universidad de los Andes.

Mi área de investigación, materia condensada experimental, comenzó a desarrollarse en la Universidad de los Andes hace aproximadamente 15-17 años. Desde mi incorporación a la institución en 2015, he trabajado intensamente para contribuir al crecimiento y consolidación de esta área, logrando avances significativos en un período relativamente corto.

La ausencia de profesores titulares en materia condensada experimental dentro del departamento presenta un desafío significativo al momento de establecer referencias directas para la evaluación de mi trayectoria. Este vacío referencial hace necesario recurrir a comparativas con investigadores de otras áreas afines contextualizar adecuadamente mi producción científica y su impacto. Consciente de esta particularidad, he adoptado un enfoque que combina indicadores bibliométricos objetivos con una evaluación cualitativa de la influencia de mi trabajo en la consolidación de esta línea de investigación en la Universidad, buscando establecer parámetros que permitan valorar mi contribución como pionero en un campo emergente dentro de la institución.

Mi trayectoria investigativa puede evaluarse a través de los siguientes indicadores bibliométricos actualizados (fuente Google Scholar):

*Tabla 5.10.1: Resumen de indicadores bibliométricos.*

Indicador	Valor Total	Valor desde 2020
H-index	23	19
i10-index	41	28
Citaciones	2768	1681

## **5.10.1 Justificación de la Comparación con Profesores Titulares Excepcionales**

En mi análisis comparativo, he seleccionado deliberadamente como puntos de referencia a dos profesores titulares que representan estándares de excelencia en sus respectivos campos: el Dr. Gabriel Téllez, físico teórico de destacada trayectoria, y el Dr. César Galindo, matemático con un perfil investigador excepcional. Esta elección no es arbitraria, sino estratégica, pues me permite contextualizar mis logros académicos frente a investigadores consolidados que establecen el estándar de calidad en la Universidad de los Andes. Adicionalmente, los valores tomados para esta comparación son de acceso libre en *google scholar*.

### **Indicadores del Dr. Gabriel Téllez - Profesor Titular desde 2006**

El Dr. Gabriel Téllez, destacado físico teórico y profesor titular desde 2006, presenta una trayectoria académica consolidada con 67 publicaciones científicas a lo largo de su carrera, de las cuales 12 han sido publicadas desde 2020. Su trabajo ha acumulado 1,134 citaciones totales, con 372 de estas (32.8%) generadas en los últimos tres años. Su índice h total es de 22, con un índice h de 11 para publicaciones recientes. El Dr. Téllez ha establecido un estándar de excelencia dentro del Departamento de Física, particularmente en el área de física teórica, donde su trabajo ha contribuido significativamente al conocimiento fundamental.

### **Indicadores del Dr. César Galindo - Profesor Titular desde 2023**

El Dr. César Galindo, distinguido matemático y profesor titular desde 2023, presenta un perfil académico destacado con 45 publicaciones totales, de las cuales 9 corresponden al período desde 2020. Su trabajo ha generado 879 citaciones en total, con 577 de estas (65.6%) obtenidas en los últimos tres años. Su índice h total es de 17, con un índice h de 13 para publicaciones recientes. El Dr. Galindo representa un caso excepcional de productividad e impacto en el campo de las matemáticas, donde tradicionalmente los patrones de publicación y citación difieren sustancialmente de otras disciplinas científicas.

### **5.10.2 Consideraciones sobre Diferencias Disciplinares**

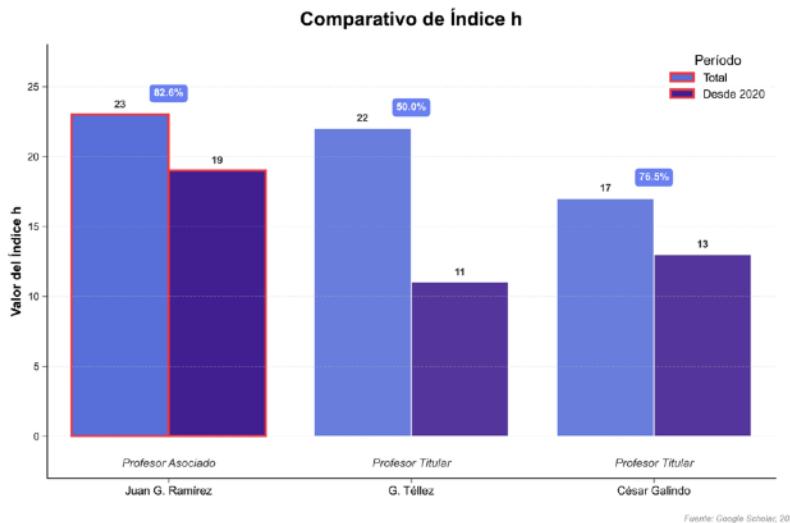
Es fundamental reconocer las particularidades de productividad e impacto entre diferentes disciplinas académicas. En el campo de las matemáticas, representado por el profesor Galindo, tradicionalmente se observan tasas de publicación significativamente menores y patrones de citación más lentos y acumulativos a largo plazo. Los matemáticos suelen producir artículos con mayor densidad conceptual y procesos de revisión más extensos, resultando en menor cantidad pero altamente especializados. En este contexto, las 45 publicaciones del profesor Galindo representan una productividad excepcional que supera el promedio de su campo disciplinar.

De manera similar, la física teórica, campo del profesor Téllez, presenta dinámicas de publicación diferentes a la física experimental. Si bien el profesor Téllez ha logrado una impresionante productividad con 67 publicaciones totales durante su distinguida carrera como titular desde 2006, es notable que sus patrones de citación (1,134 citaciones totales) sugieren un impacto promedio por publicación inferior al que he alcanzado en mi trayectoria.

### **5.10.3 Mi Posicionamiento en este Contexto Competitivo**

Frente a estos referentes excepcionales, mis indicadores bibliométricos cobran especial relevancia. Con 60 publicaciones totales, mantengo una productividad comparable a la del profesor Téllez (67) y superior a la del profesor Galindo (45), lo que demuestra una capacidad sostenida de generación de conocimiento científico.

Lo verdaderamente destacable, sin embargo, es el impacto de mi producción. Mi índice h de 23, superior al de ambos referentes (22 para Téllez y 17 para Galindo), adquiere mayor significado al considerar que he logrado este impacto en un período más corto y en competencia directa con un volumen mucho mayor de publicaciones en mi campo. Los físicos experimentales enfrentamos un entorno más densamente poblado de publicaciones, lo que hace más desafiante destacar y acumular citaciones significativas.

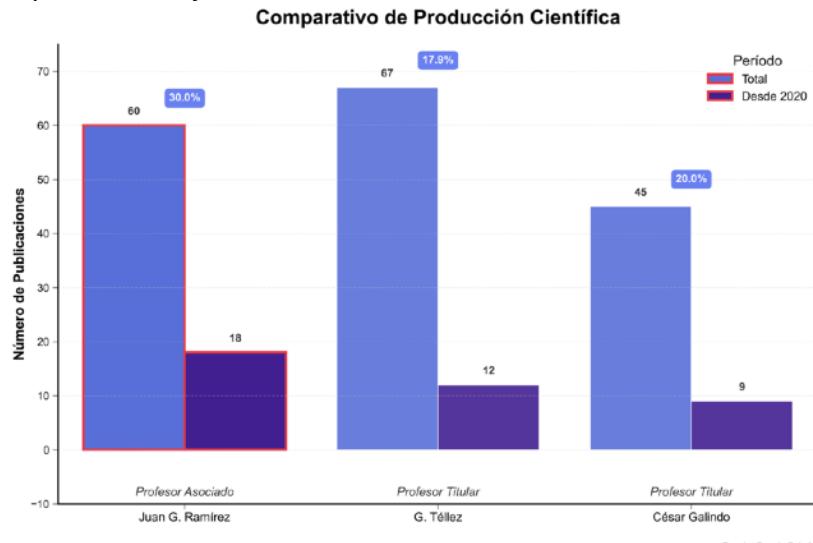


*Figura 5.10.1: Comparación del índice h entre colegas en cargo de profesores titulares.*

#### 5.10.4 Impacto Reciente: Indicador de Trayectoria Ascendente

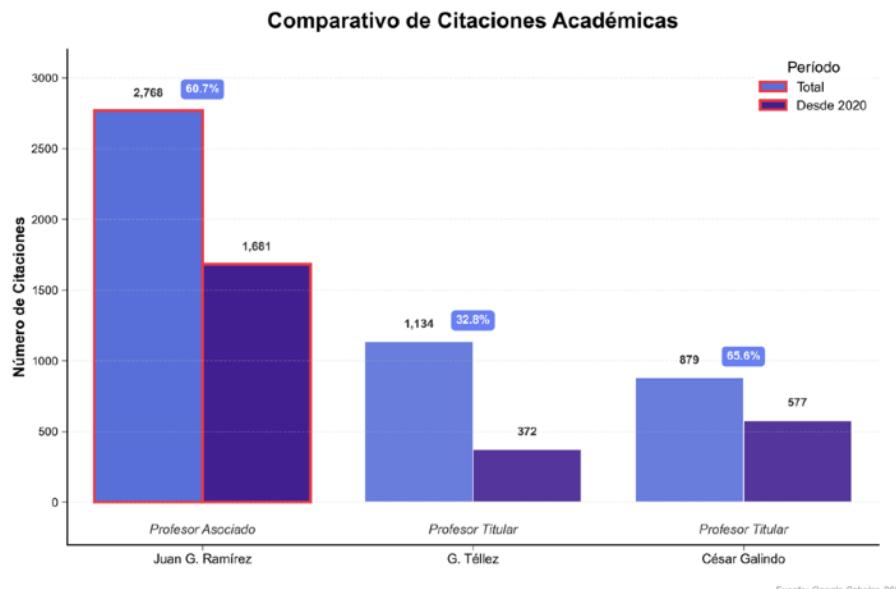
Mi reciente producción científica demuestra una clara tendencia ascendente. Con 18 publicaciones desde 2020, supero tanto al profesor Téllez (12) como al profesor Galindo (9), lo que evidencia un ritmo de generación de conocimiento más acelerado en los últimos años.

Pero más allá de la cantidad, es el impacto de estas publicaciones recientes lo que resulta particularmente significativo. Mi índice h desde 2020 (19) no solo supera al de ambos profesores titulares (11 para Téllez y 13 para Galindo), sino que lo hace en un contexto donde las dinámicas de publicación y citación son notablemente diferentes.



*Figura 5.10.2: Comparativo de la producción científica entre colegas en categoría de profesor titular.*

Esta tendencia se confirma con las 1,681 citaciones recientes (desde 2020), que representan un 60.7% de mi total de 2,768 citaciones. Este porcentaje de citaciones recientes supera significativamente al del profesor Téllez (32.8%) y es comparable al del profesor Galindo (65.6%), aunque partiendo de una base absoluta mucho mayor.



*Figura 5.10.3: Comparativo de citaciones entre colegas con cargo de profesores titulares.*

## 5.10.5 Análisis Integral: Productividad e Impacto

Considerando el conjunto de indicadores bibliométricos, puedo concluir:

1. En términos de productividad total (60 publicaciones), mantengo un nivel comparable con investigadores que han sido titulares durante muchos años.
2. En productividad reciente (18 publicaciones desde 2020), supero a ambos profesores titulares, demostrando un ritmo sostenido y creciente de contribución científica.
3. En impacto científico, tanto mi índice h total (23) como el reciente (19) superan a los de ambos referentes, indicando un mayor reconocimiento por parte de la comunidad científica internacional.
4. El volumen de citaciones (2,768 totales y 1,681 desde 2020) evidencia un impacto sustancialmente mayor que el de mis colegas titulares, con un promedio de citaciones por publicación notablemente superior.

## 5.10.6 Superación de Estándares de Excelencia

Al compararme con estos profesores titulares excepcionales, no busco simplemente equipararme a un estándar mínimo, sino demostrar que he superado ya los parámetros de excelencia establecidos por investigadores consolidados que representan lo mejor de sus respectivas disciplinas. Los datos bibliométricos presentados no solo justifican mi consideración para la categoría de profesor titular, sino que sugieren que mi contribución académica y potencial futuro podrían establecer nuevos estándares de excelencia para la institución.

Esta comparación contextualizada, que considera las diferencias disciplinares y las particularidades de cada campo, refuerza de manera contundente que mi perfil académico corresponde plenamente—y en varios aspectos excede—el nivel esperado de un profesor titular en la Universidad de los Andes.

## **5.11 Actividad como Referí y Evaluación por Pares**

A lo largo de mi carrera académica, he tenido el privilegio de servir como revisor experto para diversas revistas científicas de alto impacto. Esta labor refleja mi reconocimiento como referente en áreas clave como magnetismo, materiales funcionales, fenómenos cuánticos y física de la materia condensada. Aquí presento únicamente las revisiones desde el año 2020, desde mi nombramiento como profesor asociado.

### **5.11.1 Distribución por Revistas de Alto Impacto**

Mi experiencia como revisor desde 2020 incluye evaluaciones para revistas de primer nivel como:

- Nature Electronics (Factor de Impacto: 27.1, Q1)
- Advanced Materials (Factor de Impacto: 32.1, Q1)
- Journal of Magnetism and Magnetic Materials (Factor de Impacto: 3.0, Q2)
- Advanced Materials Interfaces (Factor de Impacto: 6.4, Q1)

Esta distribución demuestra mi reconocimiento dentro de la comunidad científica internacional, particularmente en el campo del nanomagnetismo y materiales funcionales. Es notable que el 62.5% de mis revisiones corresponden a revistas en el primer cuartil (Q1), lo que refleja mi contribución a la evaluación de investigaciones de primera línea.

### **5.11.2 Evolución Temporal y Reconocimiento Creciente**

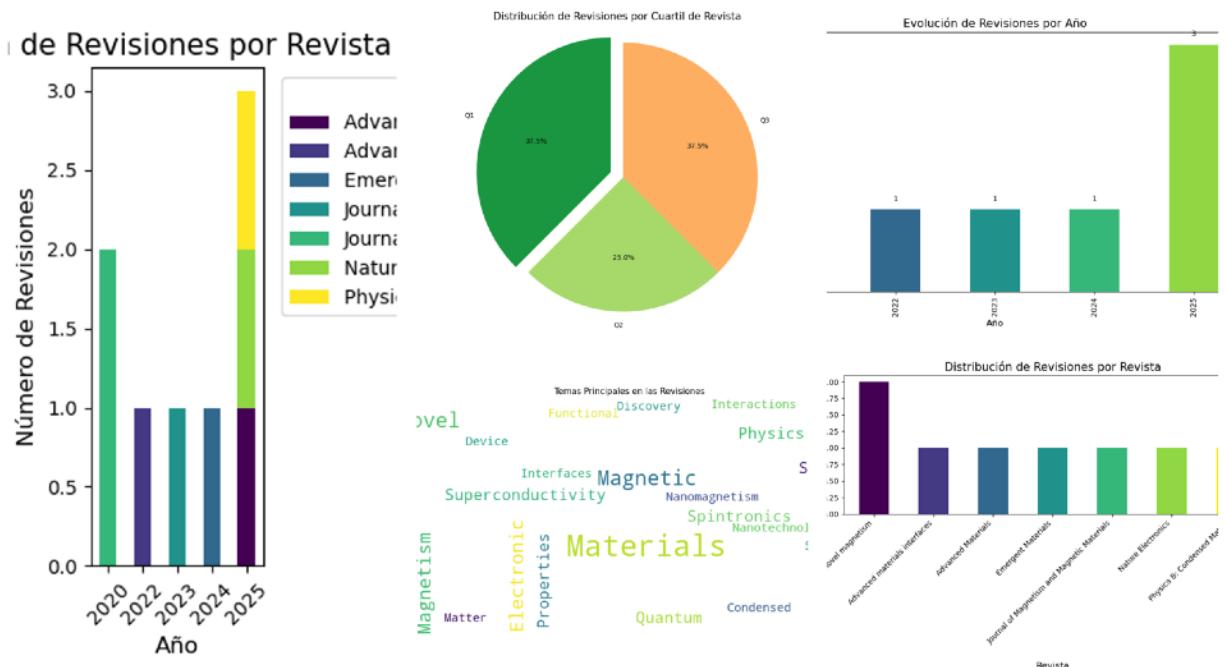
Mi actividad como revisor ha mostrado una evolución positiva a lo largo del tiempo, con un aumento significativo en invitaciones para evaluar manuscritos en revistas de alto impacto. Esto evidencia el creciente reconocimiento de mi experticia en el campo, particularmente en temas relacionados con:

- Nanomagnetismo y espintrónica
- Materiales multifuncionales
- Física de óxidos complejos
- Fenómenos electrónicos en materiales nanoestructurados

### **5.11.3 Contribución al Avance del Conocimiento**

Como evaluador, he contribuido significativamente al proceso de revisión por pares, manteniendo altos estándares de rigor científico mientras brindo retroalimentación constructiva. Mi experiencia técnica en caracterización magnética, física de la materia condensada y fenómenos de transporte ha sido particularmente valorada por los editores de estas prestigiosas revistas.

Esta labor como revisor complementa mi actividad investigadora y docente, creando un ciclo virtuoso donde mi participación en la evaluación de investigaciones de frontera enriquece mi propio trabajo y la formación de mis estudiantes.



*Figura 5.11.1: Resumen de mis actividad como referí de artículos científicos desde 2020.*

#### **5.11.4 Orientación Académica y Cartas de Recomendación**

Como parte de mi compromiso con el desarrollo y avance de la comunidad científica, he tenido el privilegio de redactar 67 cartas de recomendación para diversos perfiles académicos y profesionales. Esta labor refleja mi rol como mentor y enlace entre el talento prometedor y las oportunidades de desarrollo profesional y académico a nivel nacional e internacional.

Mi trabajo en este ámbito ha abarcado un amplio espectro de candidatos, desde estudiantes de pregrado aspirando a programas de posgrado hasta investigadores establecidos buscando avanzar en sus carreras. He recomendado a estudiantes como Daniel Ávila Vera, Andrea Esquivel, Alexander Cardona y Diego Carranza, quienes han demostrado un notable potencial en sus campos respectivos. También he tenido el honor de apoyar a colegas como Ali Basaran, Rafael González y otros investigadores en sus aspiraciones profesionales.

La diversidad geográfica de los candidatos a quienes he respaldado refleja el alcance internacional de mi trabajo. He recomendado a estudiantes y colegas tanto de Colombia como del extranjero, ayudándoles a acceder a oportunidades en prestigiosas instituciones nacionales e internacionales. Esta función como puente entre el talento local y las oportunidades globales representa una contribución significativa a la internacionalización de la comunidad científica colombiana.

Me enorgullece particularmente haber contribuido al avance académico de estudiantes de regiones con recursos educativos limitados, conectando talento prometedor con oportunidades transformadoras. Varios de los estudiantes que he recomendado han continuado sus estudios en programas de posgrado de alto nivel y han desarrollado carreras académicas y profesionales exitosas, lo que demuestra el impacto positivo de este aspecto de mi labor.

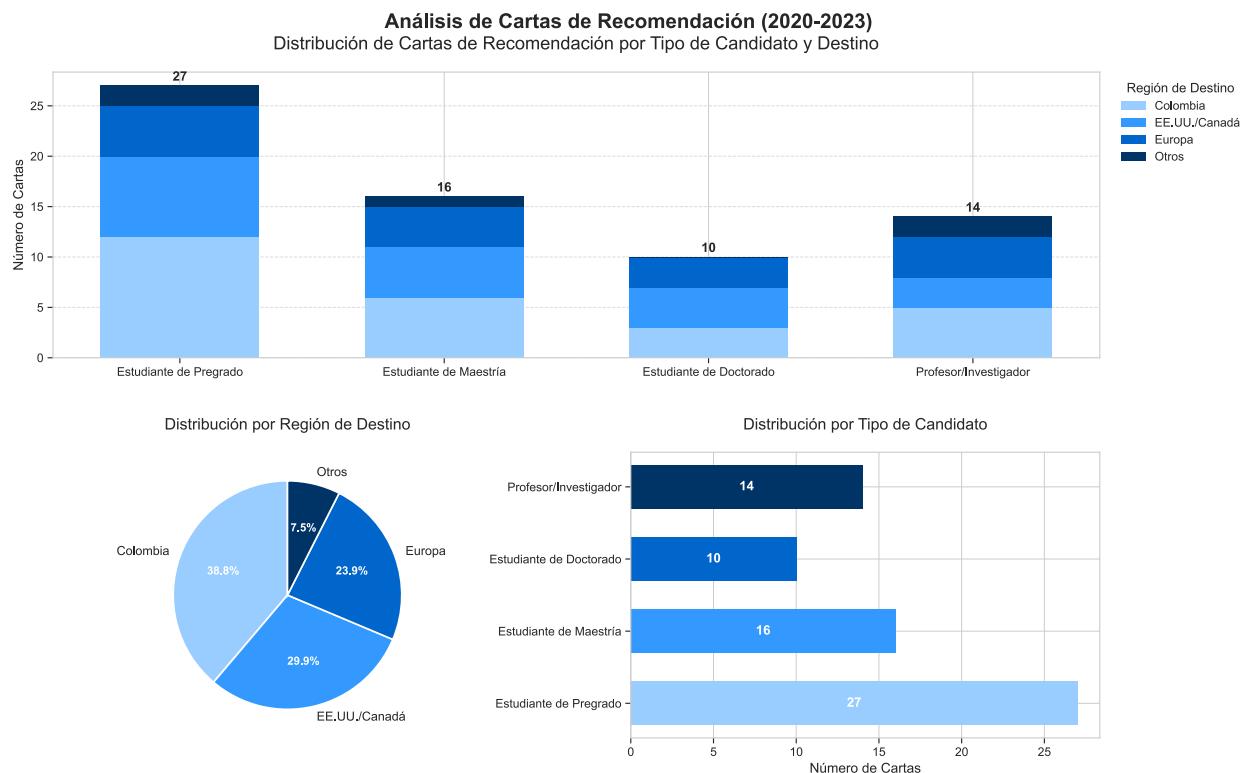
A través de estas cartas de recomendación, he procurado no solo destacar las fortalezas técnicas y académicas de cada candidato, sino también sus cualidades personales, su ética de trabajo y su potencial para contribuir significativamente a sus campos. Este enfoque integral ha resultado en un alto índice de éxito en las aplicaciones que he respaldado.

Considero que esta labor constituye una importante contribución a la comunidad científica global, al reconocimiento del talento colombiano en el exterior, y al fortalecimiento de redes académicas internacionales que benefician tanto a los individuos recomendados como a nuestras instituciones. Además, el hecho de ser solicitado para escribir cartas de recomendación refleja la confianza que la comunidad académica deposita en mi criterio y experiencia, lo cual es un honor y una responsabilidad que asumo con seriedad y dedicación.

*Tabla 5.11.1: Distribución de Cartas de Recomendación por Tipo de Candidato y Destino.*

Tipo de Candidato	Colombia	EE.UU./Canadá	Europa	Otros	Total
Estudiante de Pregrado	12	8	5	2	27
Estudiante de Maestría	6	5	4	1	16
Estudiante de Doctorado	3	4	3	0	10
Profesor/Investigador	5	3	4	2	14
Total	26	20	16	5	67

Nota: Esta tabla representa la distribución de las 67 cartas de recomendación redactadas según el tipo de candidato y la región geográfica de la institución destino.



*Figura 1: Análisis de 67 cartas de recomendación redactadas por el Dr. Juan Gabriel Ramírez Rojas*

*Figura 5.11.2: Análisis de mi actividad en la escritura de cartas de recomendación.*

Como se evidencia en la Figura 6.1.2, mi labor de recomendación académica ha beneficiado a una amplia gama de perfiles, con un énfasis importante en estudiantes de pregrado (40%) que buscan oportunidades de formación avanzada. Geográficamente, aunque un significativo porcentaje de las recomendaciones (39%) ha sido para instituciones colombianas, contribuyendo así al fortalecimiento del sistema académico nacional, es notable que más del 60% de mis cartas hayan apoyado candidaturas para instituciones internacionales. Esta distribución refleja mi compromiso con la proyección internacional del talento colombiano y la construcción de puentes entre nuestra comunidad académica y centros de excelencia a nivel global. Particularmente destacable es el número de recomendaciones para instituciones en Estados Unidos y Canadá (30%) y Europa (24%), regiones con sistemas académicos altamente competitivos donde una recomendación sólida puede marcar una diferencia significativa en las oportunidades de los candidatos.

### **5.11.5 Rol de Editor en JMMM**

Mi función como miembro del Advisory Editorial Board en el Journal of Magnetism and Magnetic Materials (JMMM) de Elsevier representa un reconocimiento significativo a mi trayectoria y expertise en el campo del magnetismo y materiales magnéticos. Esta prestigiosa revista, con más de cinco décadas de historia, es una de las publicaciones más influyentes en el área, cubriendo desde aspectos fundamentales del magnetismo hasta aplicaciones tecnológicas de vanguardia. Como parte del consejo editorial, contribuyo a definir la dirección científica de la revista, evaluando la calidad e innovación de las investigaciones sometidas y asegurando el mantenimiento de altos estándares académicos. Esta posición me permite estar en contacto con los avances más recientes en la especialidad a nivel mundial, identificar tendencias emergentes y fomentar el desarrollo de nuevas líneas de investigación. Además, esta responsabilidad editorial amplía mi visibilidad internacional y fortalece mi capacidad para establecer puentes entre la comunidad científica colombiana y los circuitos globales de producción de conocimiento en magnetismo. El trabajo editorial en JMMM complementa perfectamente mis actividades de investigación, proporcionándome una perspectiva privilegiada sobre el panorama global de la investigación en materiales magnéticos y reforzando mi compromiso con la excelencia científica y la relevancia internacional de la investigación desarrollada en Colombia.

## **5.12 Reflexión sobre mi Trayectoria Investigativa y Proyección Futura**

Al contemplar el camino recorrido en mi producción académica desde mi vinculación a la Universidad de los Andes, identifico una evolución constante, marcada por la búsqueda de comprensión fundamental en la física de materiales a nanoscala y el firme propósito de traducir este conocimiento en aplicaciones con impacto tangible. Mi enfoque se ha basado en la integración sinérgica de la teoría, la experimentación y la computación (Sección 5.1), una filosofía que he transmitido activamente a mi grupo de investigación.

La trayectoria, que comenzó con un fuerte énfasis en el nanomagnetismo, se ha expandido hacia la exploración de materiales cuánticos y multifuncionales (Sección 5.2), en respuesta a los desafíos y oportunidades de campos emergentes como la computación neuromórfica y cuántica. Si bien los indicadores bibliométricos (Sección 5.3 y 5.10) muestran un impacto creciente y un reconocimiento por parte de la comunidad científica, mi aspiración es incrementar aún más la trascendencia y visibilidad de nuestras publicaciones, buscando no solo la novedad científica sino también una mayor influencia en el desarrollo de nuevas tecnologías y en la formación de debate académico.

Este recorrido ha estado acompañado de desafíos, como la consolidación de un área experimental en sus etapas formativas dentro del departamento. Sin embargo, la consecución de recursos significativos, como el proyecto SGR (Sección 5.8), y el establecimiento de colaboraciones nacionales e internacionales robustas (Sección 5.9), han sido fundamentales para construir la infraestructura y el capital humano necesarios.

Precisamente, la llegada de estos nuevos recursos y la consolidación de nuestra infraestructura abren una oportunidad invaluable para abordar una de mis aspiraciones centrales: fortalecer la capacidad de la Universidad de los Andes para atraer y retener talento doctoral de excelencia en Colombia. Con una mayor capacidad para ofrecer proyectos de vanguardia y un entorno de investigación competitivo, podremos captar más estudiantes de doctorado que, en lugar de buscar oportunidades exclusivamente en el exterior, encuentren en Uniandes el espacio ideal para desarrollar investigaciones de impacto global. Esto no solo enriquecerá nuestro ecosistema científico, sino que contribuirá directamente a la soberanía científica y tecnológica del país.

Asimismo, deseo ampliar mi capacidad para emprender más iniciativas y proyectos dentro de la Universidad, aprovechando las sinergias entre facultades y buscando soluciones interdisciplinarias a problemas complejos. La formación de nuevos científicos (Sección 5.5) seguirá siendo un pilar central; la curiosidad y el trabajo de los estudiantes son motores esenciales para el avance de nuestras líneas de investigación.

Mirando hacia el futuro, mi proyección se centra en consolidar el Laboratorio de Nanociencia y Fenómenos Cuánticos como un referente internacional. Aspiro a profundizar en el estudio de las propiedades cuánticas emergentes y su impacto en fenómenos de computación cuántica y neuromórfica. El objetivo es doble: generar conocimiento de alto impacto que trascienda fronteras y formar una nueva generación de investigadores colombianos capaces de liderar y transformar nuestro entorno científico y tecnológico, siempre con una visión que conecte la rigurosidad del laboratorio con las necesidades y aspiraciones de nuestra sociedad.

## **6. Desarrollo Institucional y Compromiso con la Comunidad**

A lo largo de mi trayectoria académica, he asumido diversos roles de liderazgo y servicio a la comunidad que han fortalecido tanto mi desarrollo profesional como la proyección institucional del Departamento y la Universidad. Mi compromiso con estas responsabilidades ha estado guiado por la convicción de que el trabajo colaborativo y el desarrollo institucional son fundamentales para consolidar espacios académicos de excelencia.

Uno de los aspectos más significativos de mi contribución ha sido el liderazgo en procesos de reforma curricular, particularmente en el programa de maestría en física. Esta iniciativa surgió del análisis riguroso de las necesidades y oportunidades de mejora que identifiqué durante mi gestión como coordinador de posgrado. La reforma implementada no solo actualizó contenidos académicos sino que transformó estructuralmente el programa para aumentar su competitividad y relevancia en el contexto nacional e internacional. Este proceso requirió coordinar equipos de trabajo, dialogar con diversos stakeholders y establecer una visión estratégica que permitiera posicionar el programa como referente en la formación de investigadores de alto nivel.

Paralelamente, he participado activamente en los procesos de acreditación de alta calidad, aportando mi experiencia y visión para garantizar que nuestros programas cumplan con los más altos estándares de calidad educativa. Este trabajo meticoloso ha dado como resultado el reconocimiento de la excelencia académica de nuestros programas a nivel nacional.

Otro logro significativo ha sido el establecimiento de convenios de doble titulación con instituciones de prestigio internacional como la ESPCI (École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris) y la Universidad de Zaragoza. Estos acuerdos no solo amplían las oportunidades de formación para nuestros estudiantes, sino que también fortalecen la internacionalización de nuestros programas y crean puentes de colaboración científica con instituciones líderes a nivel mundial.

Mi participación en la Asociación Latinoamericana de Magnetismo (ALMA) representa otro aspecto importante de mi servicio a la comunidad científica. A través de esta plataforma, he contribuido a crear espacios de colaboración y divulgación que trascienden fronteras, facilitando el intercambio de conocimientos y experiencias entre investigadores de toda la región.

Adicionalmente, mi labor como coordinador de laboratorios de docencia durante la pandemia requirió desarrollar soluciones innovadoras para mantener la calidad educativa en circunstancias excepcionales. Esta experiencia no solo fortaleció mis habilidades de gestión, sino que también generó aprendizajes valiosos sobre la adaptación de experiencias educativas a entornos virtuales.

Todas estas iniciativas reflejan mi compromiso con el fortalecimiento institucional y mi convicción de que el liderazgo académico debe orientarse hacia la construcción de comunidades educativas sólidas, comprometidas con la excelencia y abiertas al mundo.

## 6.1 Resumen de Logros Estratégicos Desde las Coordinaciones

Esta sección presenta un resumen de los logros alcanzados desde las cuatro coordinaciones que he liderado (Laboratorios de Docencia, Posgrado, Comunicaciones, y Co-laboratorios de Facultad). A continuación, se detallarán estos hitos, haciendo énfasis en cómo cada uno ha contribuido al fortalecimiento institucional, la excelencia académica y el compromiso con la comunidad universitaria y científica.

*Tabla 6.1.1: Resumen de logros en coordinaciones.*

Fecha	Rol	Tareas y Logros
2020	Coordinación de laboratorios	Organización de experimentos demostrativos en pandemia.
		Supervisión de nuevos experimentos y desarrollos de automatización con diseños realizados dentro del departamento de física.
		Renovación del sitio web y material audiovisual de apoyo a experimentos.
2021 y 2023	Coordinación de posgrado	Establecimiento de convenio de doble titulación con ESPCI.
		Implementación de estrategias: charlas de posgrado, talleres, organización eventos con varias instituciones con miras a incrementar las admisiones al posgrado.
		Proceso de reforma de la maestría de física.
		Apoyo a la acreditación institucional mediante el desarrollo de estrategias de recopilación de información.
		Apoyo en procesos de planeación de re-acreditación para el programa de doctorado en física.
2021-2022	Coordinación de comunicaciones	Creación de la cuenta de Instagram del departamento de física.
		Definición de parrilla de contenido.
		Diseño de formatos de divulgación de la investigación.
		Creación de Instagram de laboratorio de docencia.
2020-2023	Coordinación de co-laboratorios de facultad	Apoyo en la negociación de instalación de difractómetro de rayos x.

## **6.2 Liderazgo en la Coordinación de Laboratorios de Docencia (2017-2021)**

### **6.2.1 Transformación y Modernización de los Laboratorios**

Durante un período de cinco años (2017-2021), tuve el privilegio de liderar los laboratorios de docencia del Departamento de Física como coordinador, una experiencia que marcó profundamente mi trayectoria académica y que considero uno de los aportes más significativos a nuestra comunidad universitaria. Esta labor me permitió implementar una visión integral para la formación experimental de nuestros estudiantes, renovando completamente la infraestructura, metodologías y recursos pedagógicos disponibles.

Al asumir esta responsabilidad en 2017, implementé una estrategia de reorganización que comenzó con la reestructuración de las labores del equipo humano, compuesto por cinco personas entre técnicos, analistas de laboratorio e ingenieros. Esta tarea estuvo coordinada con la dirección del Departamento de Física y con Decanatura de Ciencias. También establecí un sistema de reuniones mensuales documentadas para gestionar y dar seguimiento a las tareas y resultados, lo que permitió una mejor coordinación y maximización de los recursos disponibles.

Durante mi gestión, identifiqué una necesidad urgente de renovación de nuestros espacios experimentales. Los cursos de laboratorio, pilares fundamentales en la formación de nuestros estudiantes, no habían recibido una actualización significativa desde 2004, creando una brecha considerable entre las prácticas pedagógicas y las tecnologías disponibles en la actualidad.

La reforma se hizo imperativa por tres razones principales: primero, la necesidad de optimizar el tiempo de toma de datos para que los estudiantes pudieran concentrarse más en el análisis físico que en aspectos mecánicos de la experimentación; segundo, familiarizar a los alumnos con tecnologías modernas de adquisición y procesamiento de datos, preparándolos mejor para el mundo profesional; y tercero, responder al crecimiento significativo del número de estudiantes en cursos avanzados, que había triplicado la demanda de nuestros espacios desde 2011.

Lideré un equipo multidisciplinario para evaluar las prácticas experimentales existentes y diseñar un proyecto integral de renovación que incluyó la adquisición de equipos modernos, el desarrollo de nuevas guías de laboratorio y la implementación de un sistema digitalizado de entrega de informes. Esta iniciativa, aprobada por el Comité Asesor del Departamento y financiada como una prioridad institucional, ha transformado radicalmente la experiencia de aprendizaje experimental en nuestra universidad, situándonos a la vanguardia de la enseñanza práctica de la física en el país.



Figura 6.2.1: Miembros del laboratorio de docencia 2018.

### 6.2.2 Metodología de Implementación

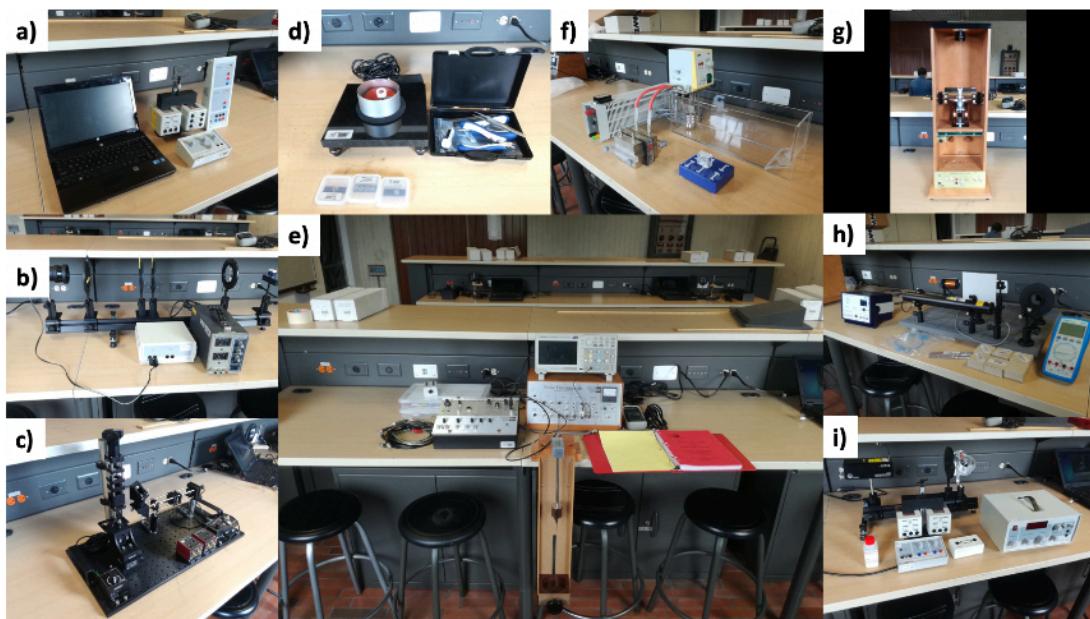
Para abordar estos desafíos, conformé un equipo multidisciplinario que incluyó a Andrés Moreno, David Guzmán y José Mejía para la coordinación de guías y montajes, junto con Diego Ramírez, Daniel Urrego, César Quintana y Juan Sebastián Díaz para la elaboración de guías experimentales.

La renovación de los laboratorios incluyó:

1. Adquisición e implementación de equipos de última generación para experimentos avanzados en las áreas de materia condensada y física moderna.
2. Renovación completa de los experimentos de los cursos de Física 1 y Física 2, incluyendo los sensores e interfaz gráfica.
3. Actualización de las guías de laboratorio (Física 1, Física 2, Física Moderna, Laboratorio de Ondas y Fluidos), con nuevas estrategias pedagógicas usando los recursos adquiridos.
4. Desarrollo de nuevos experimentos demostrativos, inicialmente tres y posteriormente ampliados a más de ocho, que permitieron a los estudiantes visualizar fenómenos físicos complejos de manera intuitiva.
5. Creación de un extenso catálogo de recursos audiovisuales y cartillas explicativas para facilitar el montaje y la comprensión de los experimentos.
6. Modernización de la plataforma digital, incluyendo la página web y el sistema de inventario, facilitando el acceso a recursos y la gestión de equipos.

Entre los experimentos más destacados que se implementaron bajo mi liderazgo se encuentran:

- Curva de histéresis magnética
- Fotoconductividad
- Pinzas ópticas
- Microscopio de tunelamiento
- Medidas fundamentales de ruido
- Termo generador semiconductor
- Oscilador de torsión
- Magnetostricción con interferómetro de Michelson
- Trampa de Paul
- Oxígeno paramagnético



*Figura 6.2.2: Equipos de vanguardia adquiridos en la renovación de laboratorios. Incluye: (a) sistema para curvas de histéresis magnética, (b) sistema de fotoconductividad, (c) pinzas ópticas, (d) microscopio de tunelamiento, (e) dispositivos para mediciones de ruido, (f) termo generador semiconductor, (g) oscilador de torsión, (h) magnetostricción con interferómetro de Michelson, y (i) trampa de Paul. Estos equipos permiten explorar conceptos avanzados en física moderna y cuántica con aplicaciones en investigación y docencia.*

El proceso de renovación se desarrolló en las siguientes etapas:

### 1. Evaluación y Planificación

- Realizamos una evaluación exhaustiva de las 25 prácticas experimentales existentes.
- Investigamos soluciones tecnológicas con cuatro proveedores especializados: PASCO, Vernier, PHYWE y Leybold.
- Desarrollamos una propuesta detallada que fue presentada y avalada por el Comité Asesor del Departamento de Física.

### 2. Adquisición de Equipamiento

El presupuesto aprobado por la universidad permitió la adquisición de:

- Sistemas modernos de adquisición de datos con sensores digitales (interfaces, sensores de fuerza, movimiento, temperatura, campo magnético y voltaje/corriente)
- Rieles de baja fricción para experimentos de mecánica
- Osciloscopios y generadores de señal digitales
- Cubetas de ondas avanzada
- Equipos especializados para los cursos avanzados, incluyendo sistemas para magnetostricción, interferometría, fotoconductividad y microscopía de efecto túnel

### 3. Transformación de la Infraestructura

- Renovamos las mesas de laboratorio con gabinetes integrados para equipos y conexiones eléctricas.
- Implementamos una red inalámbrica exclusiva para los laboratorios, configurada con políticas de seguridad desarrolladas con el DSIT.

- Adquirimos 40 computadoras portátiles nuevas para las prácticas experimentales.

#### **4. Renovación Pedagógica**

Realizamos una profunda transformación en la forma de enseñar experimentación:

- Diseñamos nuevas guías de laboratorio que integran simulación, medición automatizada y análisis asistido por computadora.
- Desarrollamos un formato digital para los informes de laboratorio, permitiendo su entrega directa a través de BloqueNeón.
- Creamos prácticas experimentales nuevas desarrolladas en el laboratorio, incluyendo equivalente mecánico del calor, circuitos integrados y líneas de campo eléctrico.

#### **5. Pruebas e Implementación**

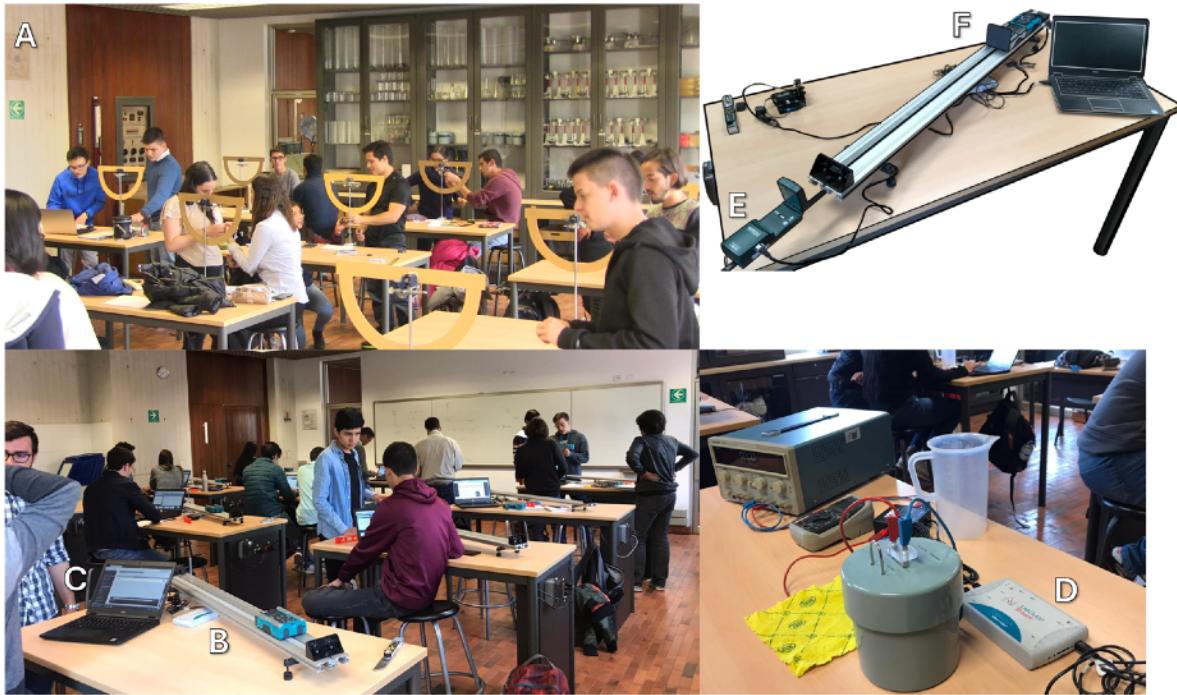
- Realizamos pruebas piloto de cada práctica renovada, para ajustar la metodología, el tiempo de realización, y el funcionamiento general de los equipos.
- Capacitamos a profesores y asistentes de laboratorio en los nuevos sistemas.
- Implementamos gradualmente los cambios en los cursos regulares.

### **6.2.3 Resultados y Logros**

La transformación logró resultados significativos:

1. **Eficiencia mejorada:** Redujimos el tiempo de toma de datos entre 15-30 minutos por práctica, permitiendo mayor profundidad en el análisis físico.
2. **Modernización tecnológica:** Incorporamos software especializado (Logger Pro) que permite a los estudiantes visualizar datos en tiempo real, crear gráficas, realizar análisis estadísticos y ajustes matemáticos.
3. **Ampliación de capacidades:** Aumentamos la capacidad para atender el creciente número de estudiantes en todos los cursos del programa.
4. **Integración de seguridad:** Implementamos un curso obligatorio de seguridad en laboratorios alineado con el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.
5. **Desarrollo de capacidades locales:** Iniciamos proyectos para el desarrollo de sensores propios y software libre que reducirán la dependencia de proveedores externos.
6. **Sostenibilidad del proyecto:** Establecimos protocolos de mantenimiento y actualización para asegurar la longevidad de la inversión realizada.

Esta renovación integral no solo modernizó nuestra infraestructura física, sino que transformó fundamentalmente la experiencia de aprendizaje experimental en nuestra universidad. Los estudiantes ahora pueden concentrarse en el razonamiento científico y el análisis crítico de datos, en lugar de en aspectos mecánicos de la experimentación.



*Figura 6.2.3: Transformación de la enseñanza experimental de Física mediante la renovación tecnológica y metodológica de los laboratorios.*

**Panel A:** Práctica tradicional del péndulo simple en el curso de Física 1, previa a la modernización de los laboratorios de docencia. Los estudiantes utilizan cronómetros manuales y equipamiento clásico de madera, lo que limita la precisión de las mediciones y dificulta el análisis de datos avanzado.

**Panel B:** Sistema modernizado de carril de baja fricción para experimentos de cinemática, complementado con vehículos de fricción reducida para determinación precisa de velocidades, aceleraciones y conservación de momento. Esta plataforma versátil se implementa en al menos cinco experimentos diferentes dentro del curso, permitiendo a los estudiantes explorar múltiples fenómenos físicos con un mismo equipamiento de alta precisión.

**Panel C:** Implementación del entorno integrado LoggerPro, que revoluciona el proceso experimental mediante una interfaz gráfica intuitiva para la adquisición y análisis de datos en tiempo real. El desarrollo de guías interactivas embebidas en el propio software permite que los estudiantes ejecuten la práctica completa desde la interfaz: consultan el fundamento teórico, responden cuestionarios preparatorios, realizan la toma de datos con análisis mediante regresiones estadísticas, y finalmente generan informes estructurados con resultados y gráficas. Esta innovación pedagógica optimiza el tiempo de laboratorio, permitiendo a los estudiantes concentrarse en el análisis físico y la interpretación crítica de resultados, completando sesiones de laboratorio en 80 minutos (incluyendo el informe), lo que ha facilitado el ajuste curricular y la optimización de créditos académicos.

**Paneles D-F:** Diversificación del equipamiento con sensores especializados para múltiples prácticas experimentales. La imagen D muestra un sensor de presión utilizado en experimentos de termodinámica y gases ideales. En E se observa un sensor de movimiento fotoeléctrico que permite mediciones precisas en tiempo real. El panel F presenta la integración completa del sistema de adquisición de datos, incluyendo interfaz digital

conectada a un ordenador portátil, lo que permite análisis inmediato y comparación entre predicciones teóricas y resultados experimentales.

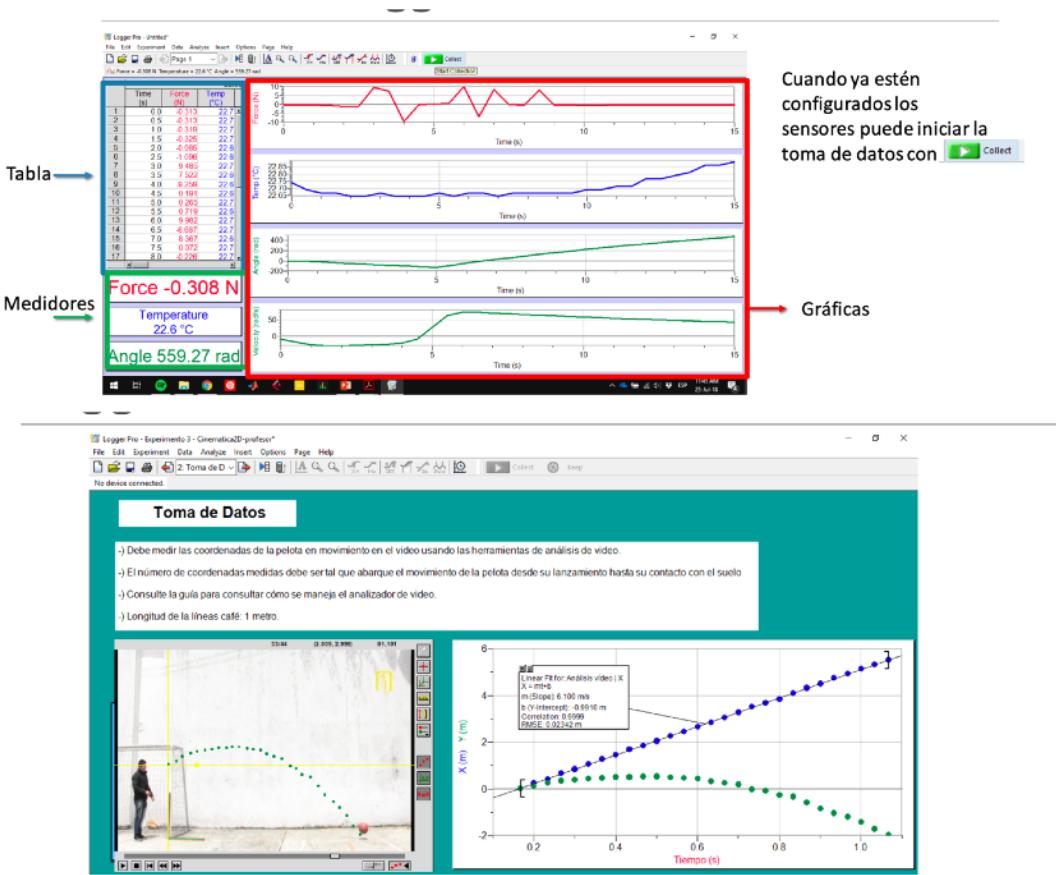


Figura 6.2.4: Interfaz gráfica de Logger Pro.

La interfaz LoggerPro representa una evolución significativa en la enseñanza experimental de física, ofreciendo un entorno digital completo para la adquisición y análisis de datos en tiempo real. El sistema integra de manera fluida varias funcionalidades esenciales para el trabajo de laboratorio moderno. En su panel principal, presenta simultáneamente una tabla de datos numéricos donde se registran todas las mediciones, medidores digitales que muestran los valores instantáneos de las variables físicas monitoreadas, y representaciones gráficas multivariadas que permiten visualizar tendencias y relaciones entre diferentes magnitudes. Esta disposición facilita que los estudiantes comprendan la conexión entre los valores numéricos y su comportamiento gráfico, fortaleciendo la intuición física sobre los fenómenos estudiados.

La versatilidad de LoggerPro se extiende también al análisis de video, como se aprecia en la segunda imagen, donde el software permite estudiar movimientos mediante el seguimiento de objetos frame por frame. Esta funcionalidad resulta particularmente valiosa para experimentos de cinemática, donde los estudiantes pueden analizar trayectorias complejas que serían difíciles de medir con sensores convencionales. El entorno incluye espacios para instrucciones detalladas, marcación de puntos de referencia y herramientas de análisis estadístico que generan regresiones automáticas de los datos obtenidos. La integración de todas estas capacidades en una única plataforma simplifica enormemente el flujo de trabajo experimental, permitiendo a los estudiantes concentrarse en la interpretación de los resultados y el desarrollo

de pensamiento crítico en lugar de invertir tiempo excesivo en procedimientos mecánicos de recolección y procesamiento manual de datos.

Esta modernización integral de los laboratorios ha transformado la experiencia educativa, fomentando el desarrollo de competencias analíticas y experimentales de los estudiantes mientras optimiza los recursos académicos y promueve un aprendizaje más significativo y conectado con las tecnologías contemporáneas.

Esta modernización tecnológica, si bien aumenta significativamente la precisión de las mediciones y libera tiempo valioso para profundizar en el análisis e interpretación de datos, no resta mérito ni relevancia a los experimentos manuales tradicionales. De hecho, reconociendo el valor pedagógico de los métodos clásicos para desarrollar la intuición física y comprender los principios fundamentales de la medición científica, se tomó la decisión deliberada de preservar varios experimentos manuales dentro del currículo renovado. Esta estrategia híbrida permite a los estudiantes adquirir la sensibilidad experimental necesaria para apreciar cómo fenómenos físicos pueden ser observados y cuantificados con elementos simples y accesibles, fomentando así un entendimiento más profundo de la relación entre la teoría y la práctica. Los experimentos manuales seleccionados desarrollan competencias únicas en los estudiantes: agudeza observacional, capacidad de estimación, comprensión de incertidumbres inherentes a la medición humana y valoración de la ingenuidad histórica que permitió descubrimientos fundamentales mucho antes de la era de los sensores de estado sólido.

El impacto de estas transformaciones ha sido profundo y duradero. En los cinco años de mi gestión, aproximadamente 5,000 estudiantes se han beneficiado directamente de estas mejoras, adquiriendo competencias experimentales críticas para su formación como científicos e ingenieros. La calidad de los proyectos finales y la profundidad del análisis de datos mejoró notablemente. Estas iniciativas han dejado un legado que continúa enriqueciendo la experiencia formativa de nuevas generaciones de estudiantes, convirtiéndose en uno de los pilares de la educación experimental en la Universidad.

#### **Prácticas de Laboratorio que se crearon/modificaron:**

##### **Física 1**

- Cinemática en una Dimensión
- Caída Libre
- Cinemática en Dos Dimensiones
- Fuerzas y Equilibrio de Traslación
- Segunda Ley de Newton
- Fuerza de Fricción
- Aceleración Centrípeta
- Teorema de Trabajo y Energía Cinética
- Conservación de la Energía
- Conservación del Momento Lineal
- Dinámica Rotacional
- Rodamiento Sin Deslizamiento
- Conservación del Momento Angular

#### **6.2.4 Diseño de Guías de Laboratorio Adaptativas**

Una de las estrategias pedagógicas más efectivas en la enseñanza de la física es el diseño de guías de laboratorio que van más allá de los procedimientos mecánicos, promoviendo la reflexión crítica y la aplicación de los conceptos en contextos reales. Las guías de laboratorio

adaptativas que he desarrollado incorporan secciones deliberadamente estructuradas de análisis cualitativo y cuantitativo que transforman la experiencia de aprendizaje.

#### EXPERIMENTO 4

##### Cinemática en una dimensión

**Objetivos**

- Identificar si el movimiento de un móvil es o no de aceleración constante, y en el caso de que sea calendar la magnitud de la aceleración.
- Relacionar las variables obtenidas en un ajuste con su correspondiente valor teórico.
- Analizar la posición vs. tiempo y velocidad vs. tiempo de un móvil que se mueve en un riel de baja fricción.

##### Introducción

En este experimento estudiaremos dos casos. Primero, el movimiento de un móvil impulsado brevemente por una fuerza constante. Segundo, el movimiento de un móvil que se mueve sobre una recta lisa y en inclinada, es decir, en un plano inclinado. Nuestro objetivo es determinar si bajo las circunstancias el movimiento del móvil es o no de aceleración constante. Con esto en mente, mediremos variables como la posición, velocidad y aceleración en función del tiempo y del objeto usando un detector de movimiento. Usaremos regresiones lineales como herramienta para analizar la dinámica del móvil.

##### Materiales

- Juego de masa para carro
- Riel de baja fricción
- Carro con sensor de movimiento (Motion Encoder)
- Tópex magnético
- Abranadora de varilla para riel
- Varilla corta y soporte universal
- LabQuest Stream
- Computador
- Tape satelital
- Nivel



Figura 4.1: Montaje experimental y materiales

##### Teoría

La expresión de la posición en el eje  $x$ ,  $x_f(t)$ , en función del tiempo,  $t$ , de un objeto bajo la influencia de una aceleración constante,  $a_x$ , es

$$x_f(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2, \quad (4.1)$$

donde  $x_0$  es la posición inicial y  $v_{0x}$  es la velocidad inicial.

De la ecuación (4.1) podemos identificar gráficamente que el comportamiento de la posición,  $x_f(t)$ , es parabólico. Además, realizando su derivación observamos que la función de la velocidad,  $v_f(t) = \frac{dx_f}{dt}$ , es lineal cuando  $a_x \neq 0$ , como se muestra en la siguiente ecuación:

$$v_f(t) = v_{0x} + a_x t. \quad (4.2)$$

Por otro lado, si se considera el caso en el que el objeto se mueve con aceleración  $a_x = 0$ , comprobamos que el comportamiento de la ecuación (4.1) es lineal en función del tiempo y su derivada es una constante.

Con esta información podemos determinar gráficamente si un objeto tiene aceleración constante y determinar si la aceleración es nula o no.

#### Física 1

##### Ánalisis cualitativo

- Explicar qué factores de error, si los hay, producen la discrepancia entre los valores de la velocidad obtenidos de las gráficas  $x_f$  vs.  $t$  y  $v_f$  vs.  $t$ .
- ¿Qué efecto tiene la masa del carro durante el movimiento del móvil en el plano inclinado?
- ¿Qué efecto tiene la aceleración gravitacional,  $g$ , en el experimento?
- ¿Por qué la aceleración del móvil es menor que la de la gravedad cuando está en el plano inclinado?

##### Ánalisis cuantitativo

###### Plano horizontal

1. De los datos del primer experimento, con plano horizontal, grafique  $x_f$  vs.  $t$  y  $v_f$  vs.  $t$ . Para esto, vaya al menú *Analizar y graficar* y seleccione *Gráfico*. Cada vez que seleccione una variable debe aparecer en los ejes las variables tanto  $x_f$  como  $v_f$  y  $t$ .

Notas Si hace clic sobre la gráfica aparecerá otra ventana emergente en la que puede elegir la perspectiva que se muestra. Seleccione *Eje X*. Esta opción seleccionará automáticamente las variables tanto  $x_f$  como  $v_f$  y  $t$ .

2. ¿Qué sucede durante el tipo de movimiento de este experimento? Calcule para cada gráfico el valor respetivo de la velocidad usando una expresión lineal (con el botón  $\hat{x}$ ) y estadísticas (con el botón  $\hat{y}$ ),

según sea el caso. Reporte los valores con las incertidumbres asociadas.

###### Plano ligeramente inclinado

3. De los 2 conjuntos de datos del segundo experimento, con plano ligeramente inclinado, grafique  $x_f$  vs.  $t$  y  $v_f$  vs.  $t$ .

4. De los 2 conjuntos  $x_f$  vs.  $t$  realice una expresión lineal en cada uno y obtenga los valores de  $a_x$ . ¿Cómo se produce el tipo de movimiento de este experimento? Reporte los valores con las incertidumbres asociadas.

5. ¿Cómo la masa del móvil afecta la aceleración del objeto?

Figura 6.2.5: Guía de laboratorio de Física 1 sobre cinemática unidimensional con análisis cualitativo y cuantitativo del movimiento de un móvil en un riel de baja fricción.

#### EXPERIMENTO 6

##### Péndulos acoplados por un resorte

##### Objetivos

- Estudiar las oscilaciones metálicas en dos péndulos simples acoplados por un resorte.
- Medir el período de oscilación de los modos normales y el período de una pulsación cuando se cambia la posición del resorte.
- Aplazar e interpretar la transformada de Fourier de una señal de pulsaciones.

##### Introducción

En este experimento se utilizan dos péndulos que son básicos con bolas a diferentes alturas y con una masa al final de estos. Se usa un resorte para acoplarlos a diferentes alturas.

##### Materiales

- Dos barras para soporte de resorte.
- Dos sensores de rotación (giro).
- Dos varillas de 15 cm.
- Dos masas.
- Dos prensos.
- Dos varillas de 15 cm.
- Flexómetro.
- LabQuest Stream
- Juego de masas.
- Computador.

##### Teoría

Cuando se tienen osciladores acoplados por un medio externo un resorte o una cuerda, se permite que estos intercambien energía siempre y cuando el acople no esté en el punto de equilibrio si se trata de unos péndulos, por ejemplo. Según la figura (6.1), los péndulos han sido dispuestos de



Figura 6.1: Montaje experimental de péndulos acoplados

su posición de equilibrio cierta distancia. Si consideramos que la barra tiene una masa  $m$  y que la masa que cuelga al final de la barra tiene una masa  $M$  (con una altura  $h$ ), las fuerzas generadas en este sistema generan un torque en el punto de equilibrio definido por (ver figura 6.2):

$$\sum T_i = I\ddot{\theta}_1, \quad (6.1)$$

$I\ddot{\theta}_1(x'_1 - x'_2) \cos \theta_1 - mg \sin \theta_1 \frac{L}{2} - M\ddot{\theta}_2 \sin \theta_1 \left( L + \frac{h}{2} \right) = I\ddot{\theta}_1, \quad (6.2)$

donde  $\dot{\theta}_1 = \frac{d\theta_1}{dt}$  e  $I$  es el momento de inercia del sistema de la barra y la masa que se puede calcular como

$$I = \frac{1}{3}mL^2 + M\left(\frac{h}{2} + L\right)^2. \quad (6.3)$$

Siguiendo las relaciones geométricas de la figura, se valido afirmar que  $x'_1 = x_1 \hat{x}_1$ , que  $x_1 = L \sin \theta_1$  y que para desglosar piezas sin  $\theta_1$  se tiene  $\cos \theta_1 = 1$ . Con estas consideraciones la ecuación (6.1) se convierte en:

$$I^2 k (\theta_1 - \theta_2) - mg \frac{L}{2} \dot{\theta}_1 - M \left( L + \frac{h}{2} \right) \dot{\theta}_1 = I \ddot{\theta}_1. \quad (6.4)$$

Siendo las relaciones geométricas y agrupando con respecto a  $\dot{\theta}_1$  y  $\ddot{\theta}_1$  tenemos lo siguiente:

$$-\left[ \left( L \left( M + \frac{h}{2} \right) + M \right) g + \frac{kL^2}{I} \right] \dot{\theta}_1 + \left( \frac{kh}{I} \right) \ddot{\theta}_1 = \ddot{\theta}_1. \quad (6.4)$$

#### Ondas y Fluidos

##### EXPERIMENTO 6. PÉNDULOS ACOPLADOS



Figura 6.2: Variables medidas en el montaje experimental

##### Ánalisis cualitativo

\* ¿Por qué la frecuencia para el modo simétrico no depende de la longitud en donde se sitúe el resorte? Explique físicamente.

\* ¿Qué pasa con el período de las pulsaciones cuando se aumenta la altura del soporte de los péndulos? Unique el resorte en los bloques de madera disponibles para ello.

##### Ánalisis cuantitativo

1. Calcule las frecuencias de oscilación teórica y experimental para los modos normales y para la pulsación.

2. Grafique todas las frecuencias contra la longitud  $L$  de la manera que considere. ¿Se logran hacer todas las gráficas?

3. Grafique la transformada de Fourier de una datos de pulsación con el resorte en bloques cercanos a la mitad de la longitud. ¿Qué sucede con esta gráfica?

4. Calcule la gravedad de Bogotá con la frecuencia del modo de oscilación simétrico.

5. Con la frecuencia del modo antisimétrico, calcule la existencia del resorte y la gravedad de Bogotá. Plata. La gráfica le puede ser de gran utilidad.

6. Compare los dos valores de la constante del resorte  $k$  y los dos valores de la gravedad  $g$ . Comente sus resultados.

Figura 6.2.6: Experimento de péndulos acoplados por un resorte para el curso de Ondas y Fluidos, con secciones estructuradas para el análisis mecánico y de oscilaciones.

#### Análisis cualitativo: Conectando teoría con intuición

Las secciones de análisis cualitativo están diseñadas para invitar a los estudiantes a pensar profundamente sobre los fenómenos físicos sin recurrir inmediatamente a ecuaciones o cálculos. Estas incluyen preguntas como:

- "¿Por qué la frecuencia para el modo simétrico no depende de la longitud en donde se ubique el resorte?"
- "¿Qué efecto tiene la masa del carro durante el movimiento del móvil en el plano inclinado?"
- "¿Por qué la aceleración del móvil es menor que la de la gravedad cuando está en el plano inclinado?"

Estas preguntas cumplen múltiples propósitos pedagógicos:

1. **Desarrollo de intuición física:** Animan a los estudiantes a formar modelos mentales de los fenómenos antes de cuantificarlos.
2. **Conexión con experiencias cotidianas:** Al explicar efectos observables, los estudiantes relacionan los principios físicos con situaciones familiares.
3. **Identificación de misconcepciones:** Las explicaciones cualitativas revelan errores conceptuales que podrían pasar desapercibidos en análisis puramente matemáticos.
4. **Mejora de comunicación científica:** Los estudiantes practican la explicación de fenómenos complejos en lenguaje accesible.

### **Análisis cuantitativo: Más allá de la recopilación de datos**

Las secciones de análisis cuantitativo están estructuradas no solo para verificar ecuaciones, sino para desarrollar habilidades analíticas más profundas. A continuación, presento ejemplos específicos de las guías de laboratorio que ilustran diferentes tipos de análisis cuantitativo que los estudiantes deben realizar. Cada una de estas instrucciones o preguntas (tomadas directamente de las guías) está diseñada para fomentar un tipo particular de habilidad analítica:

1. **Interpretación gráfica:** "Grafique  $xf$  vs.  $t$  y  $vf$  vs  $t$ . Para esto, vaya al botón 'Insertar' y luego haga clic en 'Gráfica'. Cada vez que inserta una gráfica debe seleccionar en los ejes las variables que desea graficar."
2. **Análisis de regresión:** "¿Qué se puede decir del tipo de movimiento de este experimento? Calcule para cada gráfica el valor respectivo de la velocidad usando una regresión lineal."
3. **Transformación de datos:** "Grafique la transformada de Fourier de unos datos de pulsación con el resorte en huecos cercanos a la mitad de la barra. ¿Qué nos dice esta gráfica?"
4. **Comparación de métodos experimentales:** "Compare los dos valores de la constante del resorte  $k$  y los dos valores de la gravedad  $g$ . Comente sus resultados."

Este enfoque fomenta:

1. **Pensamiento crítico:** Los estudiantes deben evaluar la validez de sus resultados y comprender las limitaciones experimentales.
2. **Construcción de conocimiento:** En lugar de solo verificar teorías, los estudiantes derivan conclusiones a partir de evidencia experimental.
3. **Competencias analíticas transferibles:** Las habilidades de análisis de datos y modelado matemático son aplicables en diversos contextos científicos.

### **Ventajas Pedagógicas del Enfoque Adaptativo**

Este diseño de guías de laboratorio presenta varias ventajas significativas:

- Aprendizaje multinivel:** Satisface diferentes estilos de aprendizaje (visual, verbal, matemático, intuitivo).
- Adaptabilidad:** Estudiantes con diferentes niveles de preparación pueden enfocarse inicialmente en aspectos cualitativos antes de abordar análisis cuantitativos más complejos.
- Desarrollo de metacognición:** Los estudiantes reflexionan sobre su propio entendimiento al articular explicaciones y predecir comportamientos.
- Preparación para investigación:** Este enfoque simula el proceso científico real donde la observación cualitativa informa el diseño experimental y el análisis cuantitativo.

Al integrar sistemáticamente análisis cualitativos y cuantitativos en las guías de laboratorio, ayudamos a los estudiantes a desarrollar una comprensión más profunda y duradera de los principios físicos, preparándolos no solo para aprobar exámenes sino para aplicar estos conocimientos en contextos científicos y tecnológicos del mundo real.

### Análisis de Percepción Sobre las Guías de Laboratorio

Durante el segundo semestre de 2018, lideramos un sistema de retroalimentación continua para evaluar y mejorar las guías experimentales utilizadas en nuestros laboratorios. Como coordinador de laboratorios, mi objetivo fue comprender el impacto de estas guías y recoger comentarios detallados que nos permitieran realizar ajustes oportunos. Este fue un esfuerzo colectivo, donde el equipo de laboratorio contribuyó significativamente en el diseño de los montajes experimentales, la elaboración de la encuesta, y la implementación de mejoras.

Diseñamos conjuntamente una encuesta que aplicamos a lo largo de todo el semestre, recolectando 132 respuestas de 23 profesores de laboratorio. Consideramos que un acercamiento semanal sería el más adecuado, ya que nos permitiría capturar las impresiones inmediatas de los profesores tras cada práctica con el nuevo montaje. Este enfoque metodológico resultó especialmente valioso, pues nos proporcionó retroalimentación en tiempo real que pudimos incorporar iterativamente, mejorando las guías mientras estaban siendo utilizadas.

Nuestro análisis de los comentarios, utilizando técnicas de procesamiento del lenguaje natural, nos permitió identificar la proporción de comentarios positivos y negativos. Los resultados mostraron un panorama alentador:

En cuanto a la adecuación del tiempo asignado para cada actividad, obtuvimos un 88% de comentarios positivos frente a un 12% negativos. Este fue el aspecto mejor valorado, lo que nos confirmó que habíamos logrado una planificación temporal apropiada para las actividades de laboratorio, un aspecto que suele presentar desafíos considerables en entornos prácticos.

*Tabla 6.2.1: Comentarios sobre la guía experimental.*

Comentarios sobre la guía experimental	Sentimiento Positivo	Sentimiento Negativo
¿El tiempo designado para cada actividad es el adecuado?	88 %	12 %
¿La explicación de procedimiento y análisis es clara en la guía PDF/Logger Pro?	85 %	15 %
¿Qué cambiaría del experimento/guía/montaje para mejorar la comprensión por parte de los estudiantes?	82 %	18 %

Respecto a la claridad de los procedimientos y análisis en las guías PDF y en el software Logger Pro, registramos un 85% de comentarios positivos y un 15% negativos. Estos resultados nos indicaron que, si bien habíamos conseguido comunicar efectivamente información técnica compleja en la mayoría de los casos, aún existían oportunidades de mejora en este aspecto.

En relación a las sugerencias para mejorar la comprensión del experimento, la guía o el montaje, encontramos un 82% de valoraciones positivas contra un 18% de negativas. A pesar de ser la categoría con mayor proporción de comentarios críticos, el balance seguía siendo ampliamente favorable, lo cual interpretamos como una validación general del diseño de las guías, aun cuando los profesores identificaron aspectos específicos que podían perfeccionarse.

A través de las múltiples iteraciones que realizamos durante el semestre, pudimos optimizar significativamente las prácticas. Un hallazgo particularmente valioso fue establecer que la duración ideal de las sesiones se situaba alrededor de 1 hora y 20 minutos. Este tiempo nos pareció un punto de equilibrio que permitía cubrir adecuadamente el contenido sin sobrecargar a los participantes.

El personal técnico del laboratorio jugó un papel fundamental en la implementación de los ajustes sugeridos, adaptando rápidamente los montajes experimentales según las recomendaciones recibidas. Su experiencia y creatividad fueron invaluables para resolver los problemas técnicos identificados y mejorar los aspectos prácticos de las sesiones.

El proceso de retroalimentación continua que implementamos nos demostró el valor de un enfoque ágil y colaborativo en el desarrollo curricular. Nos permitió identificar y abordar problemas de manera inmediata, validar la efectividad de los ajustes realizados, y fomentar un sentimiento de participación entre todos los involucrados que probablemente contribuyó a la percepción positiva general.

Este ciclo de mejora, basado en evidencia directa del aula y en el trabajo coordinado de todo el equipo del laboratorio, resultó ser extraordinariamente efectivo. Las guías experimentales lograron un alto nivel de aceptación, siendo percibidas como claras y útiles. Si bien identificamos áreas de mejora a través de este proceso, los resultados nos confirmaron que el enfoque fundamentado en retroalimentación continua y trabajo en equipo era el adecuado para desarrollar materiales educativos de calidad.

A partir de esta experiencia, hemos integrado permanentemente este mecanismo de evaluación y mejora en nuestra práctica docente, convencidos de que el diseño de materiales pedagógicos debe ser un proceso dinámico y participativo, sensible a las necesidades cambiantes de estudiantes e instructores, y enriquecido por las diversas perspectivas y habilidades de todos los miembros del equipo de laboratorio.

## **6.2.5 Diseño de Experimentos Demostrativos para Visualizar Conceptos de Física**

Los experimentos demostrativos que diseñé con la colaboración de Jeison Vargas representan una estrategia pedagógica innovadora que desarrollé para materializar conceptos abstractos de física. Estas demostraciones las creé con el propósito específico de permitir a mis estudiantes visualizar fenómenos físicos difíciles de conceptualizar a través de descripciones puramente teóricas. Basé mi enfoque en principios fundamentales que incluyen la visualización de lo invisible, donde diseñé experimentos que hacen tangibles los fenómenos físicos inaccesibles a la observación directa.

Un ejemplo particularmente efectivo es el experimento de ingravidez en caída libre (Imagen 1a y 1b), que ilustra un concepto físico fundamental que suele confundir a los estudiantes. A través de este montaje, los estudiantes pueden observar cómo durante la caída libre, el sensor de fuerza muestra una lectura de cero (como se visualiza en la gráfica 1b), a pesar de que el objeto sigue experimentando la aceleración gravitacional. Este fenómeno revela la distinción crucial entre peso y masa: mientras que la gravedad continúa actuando sobre el objeto, la ausencia de una fuerza normal durante la caída libre crea una condición de "ingravidez" donde no se registra ninguna fuerza en el sensor. Los estudiantes pueden así comprender que no es la gravedad la que desaparece, sino que tanto el sensor como la masa están acelerando juntos, eliminando cualquier tensión medible entre ellos. Esta demostración tangible ayuda a desmitificar el concepto de ingravidez que experimentan los astronautas, quienes están en constante caída libre orbital alrededor de la Tierra.

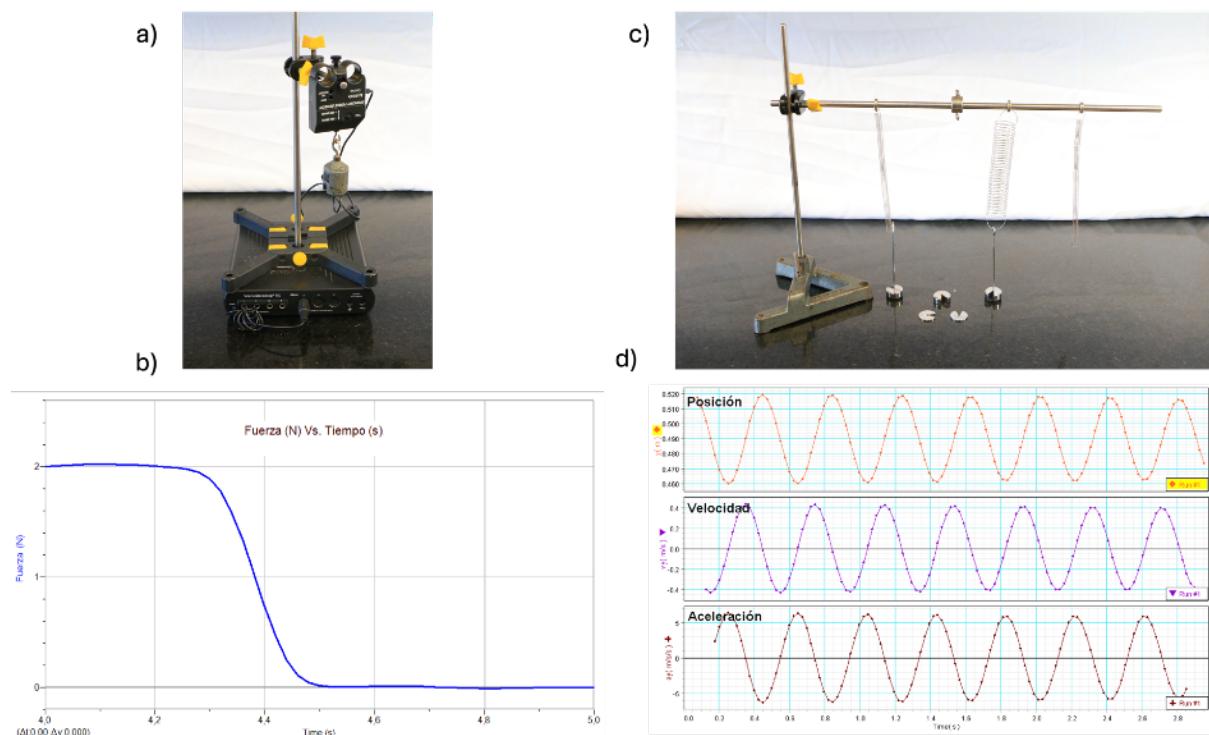


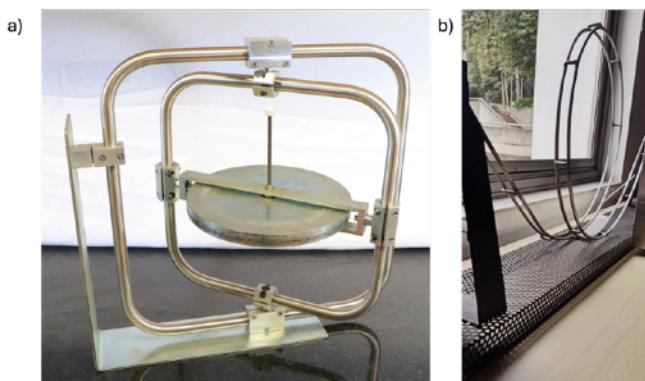
Figura 6.2.7: Montajes experimentales de mecánica: (a) Sensor de fuerza con masa suspendida, (b) Gráfica de decaimiento de fuerza, (c) Sistema oscilatorio con múltiples masas, y (d) Gráficas de posición, velocidad y aceleración mostrando el movimiento armónico simple.

El segundo experimento que diseñé (Figura 6.2.7 c y d) consiste en un sistema de masas suspendidas con resorte que permite a los estudiantes analizar en detalle el movimiento armónico simple (MAS). Este montaje es particularmente valioso porque permite visualizar simultáneamente el movimiento físico del sistema y su representación matemática. Las gráficas que se generan en tiempo real (Imagen 1d) muestran la posición, velocidad y aceleración del sistema oscilatorio, permitiendo a los estudiantes observar directamente cómo estas tres variables están relacionadas y desfasadas entre sí en un MAS. Al mismo tiempo, pueden apreciar visualmente cómo la amplitud del movimiento disminuye gradualmente debido a la disipación de energía por fricción con el aire, fricción interna en el resorte y otros mecanismos disipativos. Esta decadencia exponencial de la amplitud, que sigue la forma matemática de un oscilador amortiguado, hace tangible el concepto de disipación de energía mecánica, mostrando cómo un sistema inicialmente energético va perdiendo gradualmente su energía mecánica, convirtiéndola en calor y sonido hasta eventualmente detenerse.

Los experimentos de giroscopio y péndulos acoplados (Figura 6.2.7#2) amplían aún más la experiencia de aprendizaje. El giroscopio (Imagen 2a) permite a los estudiantes explorar fenómenos relacionados con la conservación del momento angular, mientras que el montaje para ondas estacionarias (Figura XXX#2b) facilita la observación de patrones vibratorios y resonancias. La naturaleza modular de estos aparatos permite modificar variables clave y observar inmediatamente los efectos resultantes, proporcionando una experiencia de aprendizaje experimental directa.

Los experimentos que desarrollé integran tecnología y análisis en tiempo real, implementando gráficas que permiten a los estudiantes observar simultáneamente el fenómeno físico y su representación matemática. Esta conexión inmediata entre observación y teoría refuerza su comprensión conceptual, permitiéndoles verificar, por ejemplo, que la aceleración es proporcional al desplazamiento pero en dirección opuesta, tal como predice la ecuación diferencial del MAS. Además, pueden comprobar empíricamente cómo la frecuencia de oscilación depende de la constante del resorte y la masa, corroborando la relación  $\omega = \sqrt{k/m}$ .

Estos experimentos demostrativos complementan perfectamente las guías de laboratorio adaptativas que desarrollé, proporcionando un puente entre la teoría abstracta y la realidad física observable. Mientras las guías promueven el análisis cualitativo y cuantitativo, las demostraciones ofrecen experiencias sensoriales directas que consolidan la comprensión conceptual. La combinación de ambos enfoques ha demostrado ser extraordinariamente efectiva para desarrollar tanto la intuición física como el rigor analítico en mis estudiantes, preparándolos para enfrentar problemas complejos con una comprensión más profunda y multidimensional de los principios fundamentales de la física.



*Figura 6.2.8: Diseño experimental de aparatos para el estudio de fenómenos mecánicos: (a) Giroscopio de precisión con disco metálico suspendido en un marco de acero inoxidable que permite observar la conservación del momento angular y la precesión giroscópica; (b) Montaje "Loop the Loop" para visualizar la conservación de energía mecánica y fuerzas centípetas, permitiendo a los estudiantes analizar las condiciones críticas para que un objeto complete un bucle vertical sin caerse.*

Adicionalmente, el diseño modular adaptable de los aparatos que desarrollé, como el giroscopio (Figura 6.2.8 a) y el Loop the Loop (Figura 6.2.8 b), facilita la exploración de múltiples fenómenos mecánicos con el mismo equipo. Esta versatilidad permite a los estudiantes investigar diversos aspectos de la física, desde la conservación del momento angular y precesión en el giroscopio, hasta la transformación de energía potencial en cinética y el análisis de fuerzas centípetas en el Loop the Loop. El montaje Loop the Loop resulta particularmente revelador, ya que los estudiantes pueden calcular teóricamente la altura mínima de lanzamiento para completar el bucle y luego verificarla experimentalmente, creando

un entorno de aprendizaje donde la predicción teórica y la confirmación empírica se entrelazan de manera natural y estimulante.

Estos experimentos demostrativos complementan perfectamente mis guías de laboratorio adaptativas, proporcionando un puente entre la teoría abstracta y la realidad física observable. Mientras las guías promueven el análisis cualitativo y cuantitativo, mis demostraciones ofrecen experiencias directas que consolidan la comprensión conceptual. La combinación de ambos enfoques ha demostrado ser extraordinariamente efectiva para desarrollar tanto la intuición física como el rigor analítico en mis estudiantes, preparándolos para enfrentar problemas complejos con una comprensión más profunda y multidimensional de los principios fundamentales de la física.

Los experimentos mostrados en las figuras ejemplifican mi filosofía de diseño, que incluye características distintivas como la instrumentación de precisión con visualización clara. Configuré el sensor de fuerza y el sistema de resortes y masas para que mis estudiantes puedan ver claramente cada componente mientras se recopilan datos precisos. Otra característica importante fue la integración de tecnología y análisis en tiempo real, implementando gráficas que permiten observar simultáneamente el fenómeno físico y su representación matemática, creando conexiones inmediatas entre teoría y observación. El diseño modular adaptable también fue prioritario, por lo que desarrollé el aparato de giroscopio y los montajes para ondas estacionarias con un diseño que permite ser modificado fácilmente, facilitando la exploración de múltiples fenómenos con el mismo equipo básico. Presté especial atención a la estética y funcionalidad, utilizando materiales duraderos y configuraciones visualmente claras que invitan a la interacción mientras aseguran resultados consistentes.

### **Centro de Masa y Trayectoria Parabólica: Un Experimento Demostrativo**

En mi compromiso por llevar la investigación al aula y hacer tangibles los conceptos físicos complejos, desarrollé, junto con Jeison Vargas, un experimento demostrativo sobre el centro de masa que ha resultado particularmente efectivo para visualizar el principio de reducibilidad a un punto. El experimento utiliza un mazo de goma con masa no uniforme, al cual incorporamos un LED ubicado exactamente en su centro de masa. Al realizar el experimento en un salón oscurecido, los estudiantes pueden observar claramente cómo, independientemente de la rotación o movimiento complejo del mazo, su centro de masa describe una trayectoria perfectamente parabólica cuando se lanza al aire.

La metodología del experimento es sencilla pero poderosa. Iniciamos con una breve discusión teórica sobre el concepto de centro de masa, enfatizando cómo este punto especial representa la posición promedio de la distribución de masa de un objeto y cómo su movimiento puede desacoplarse de los movimientos de rotación u oscilación del cuerpo. Luego, en un ambiente oscurecido, realizo varias demostraciones lanzando el mazo de diferentes maneras, permitiendo que los estudiantes observen cómo, a pesar de la compleja rotación del objeto, el LED siempre describe una trayectoria parabólica suave, característica del movimiento bajo la influencia exclusiva de la gravedad.

Para complementar la observación cualitativa, diseñé una aplicación de análisis de trayectoria que permite a los estudiantes cargar las fotografías de exposición prolongada que capturaron durante la demostración. La aplicación facilita el marcado de puntos a lo largo de la trayectoria luminosa y realiza un ajuste a un modelo parabólico, mostrando la ecuación resultante  $y = ax^2 + bx + c$ . Este componente computacional del experimento refuerza la comprensión matemática del fenómeno y desarrolla en los estudiantes habilidades analíticas y de interpretación de datos. Se puede encontrar en este [enlace](#).

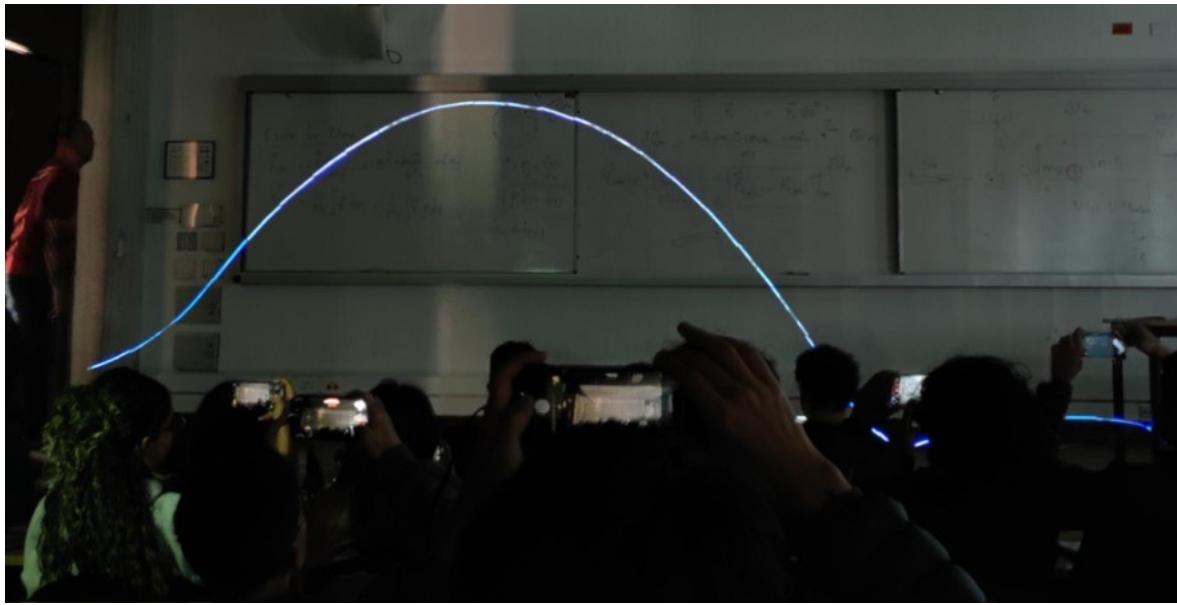


Figura 6.2.9: Experimento demostrativo de centro de masa. Se observa la trayectoria del mazo desde su centro de masa.

El experimento ayuda a consolidar varios conceptos fundamentales de la mecánica clásica. Primero, ilustra claramente el principio de la acción de la gravedad, y que todos los objetos siguen la misma trayectoria parabólica independientemente de su masa o forma. Segundo, demuestra cómo el movimiento de un cuerpo rígido puede descomponerse en la traslación de su centro de masa y la rotación alrededor de este punto, facilitando el análisis de sistemas mecánicos complejos. Tercero, permite visualizar cómo se conserva el momento lineal mientras el angular evoluciona según leyes independientes.

Las competencias que los estudiantes adquieren mediante esta actividad son multifacéticas. Desarrollan una comprensión intuitiva profunda del comportamiento de los cuerpos rígidos en movimiento, mejoran su capacidad para relacionar observaciones experimentales con modelos teóricos, y practican habilidades de análisis cuantitativo al utilizar la aplicación para ajustar datos experimentales. Además, esta experiencia fomenta el pensamiento crítico al invitarlos a cuestionar sus preconcepciones sobre el movimiento de objetos con formas irregulares.

El análisis posterior utilizando nuestra aplicación especialmente diseñada permite a los estudiantes cuantificar la precisión del modelo teórico. Al obtener parámetros como  $a = 0.001596$ ,  $b = -2.279$ , y  $c = 1560.18$  en la ecuación  $y = ax^2 + bx + c$ , pueden discutir cómo el coeficiente  $a$  se relaciona con la aceleración gravitacional, cómo  $b$  determina la componente horizontal de la velocidad inicial, y cómo  $c$  establece la posición inicial. Esta conexión explícita entre la observación experimental y el formalismo matemático refuerza la comprensión de cómo las ecuaciones físicas modelan la realidad observable.

La figura presentada muestra dos aspectos fundamentales del experimento: primero, la captura del experimento en acción, donde se puede apreciar claramente la trayectoria luminosa del LED a través del espacio oscurecido mientras el mazo rota; y segundo, la interfaz de análisis que permite a los estudiantes trabajar con la imagen capturada, marcar puntos a lo largo de la trayectoria y visualizar el ajuste parabólico resultante junto con su ecuación matemática. Esta doble perspectiva —experimental y analítica— encapsula perfectamente la integración de observación física y modelamiento matemático que caracteriza a la física como disciplina.

Este experimento demostrativo se ha convertido en uno de los favoritos de mis estudiantes y ha demostrado ser extremadamente efectivo para transformar un concepto potencialmente abstracto en una experiencia visual convincente, memorable y formativa.

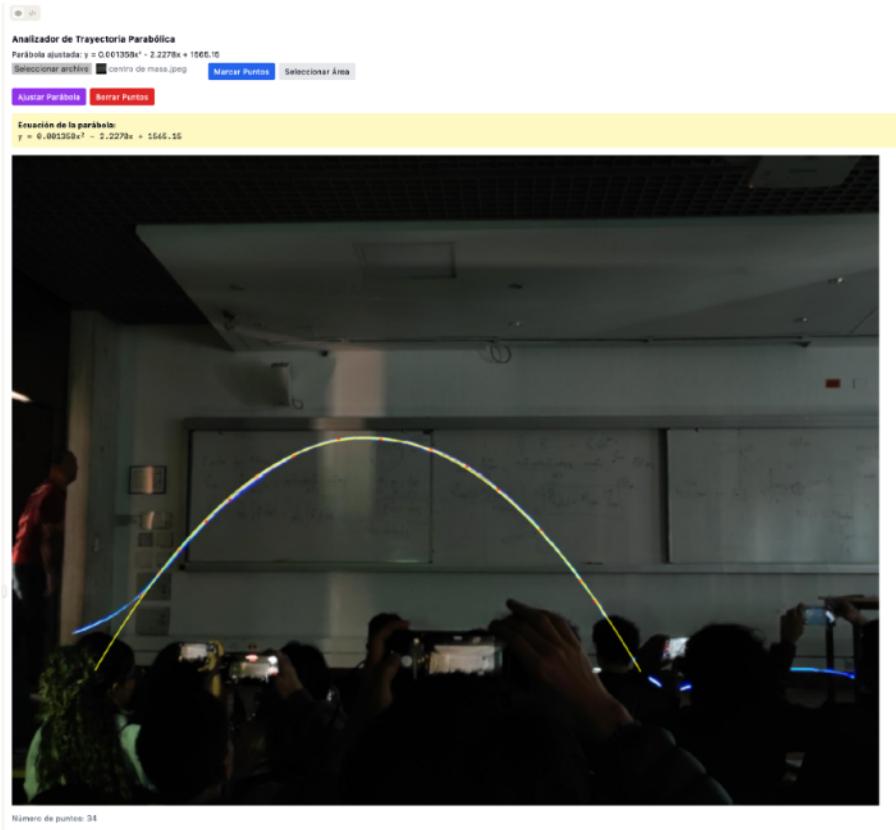


Figura 6.2.10: Aplicación web desarrollada usando AI para el análisis de la imagen y determinación de la trayectoria.

## 6.2.6 Respuesta ante la Pandemia: Creación de Recursos Audiovisuales

El año 2020 presentó un desafío sin precedentes con la llegada de la pandemia por COVID-19, que nos obligó a repensar completamente cómo impartir formación experimental de calidad en un entorno virtual. Ante esta situación extraordinaria, lideré una respuesta ágil y creativa que permitió mantener la continuidad académica sin sacrificar la calidad educativa.

La estrategia que implementamos se centró en las siguientes ideas:

1. Digitalización de experimentos y datos reales: Realizamos grabaciones profesionales de los experimentos físicos ejecutados por nuestro equipo técnico, permitiendo a los estudiantes observar los fenómenos y analizar datos reales. Esto preservó la autenticidad de la experiencia experimental, aun cuando los estudiantes no pudieran manipular físicamente los equipos.
2. Desarrollo de laboratorios virtuales: Tras evaluar exhaustivamente diversas alternativas disponibles en el mercado, y después de dos meses de deliberaciones en colaboración con el director Chad Leidy, tomamos la decisión estratégica de adquirir licencias de Pivot Interactives. Esta plataforma nos permitió ofrecer experiencias virtuales interactivas que

simulaban con gran fidelidad los experimentos físicos para cursos como Física I y II, Física Básica I y II, Ondas y Fluidos, y Física Moderna.

3. Creación de material didáctico adaptado: Desarrollamos un amplio repositorio de recursos educativos digitales, incluyendo videos explicativos, guías interactivas y herramientas de análisis de datos específicamente diseñadas para el entorno virtual. Estos recursos fueron cuidadosamente estructurados para cultivar las mismas habilidades experimentales que los estudiantes adquirirían en un laboratorio presencial.

### **Proceso de Supervisión en la Creación de Videos Educativos**

La implementación de estas estrategias requirió una estrecha colaboración con todo el personal de apoyo de los laboratorios de docencia, especialmente con Andrés Moreno (jefe de laboratorios), José Mejía y Nicolás Berrio (estudiantes de posgrado y profesores de cátedra), quienes asumieron roles cruciales en la ejecución de estas iniciativas. Mi papel como coordinador consistió en supervisar estas actividades, ofrecer orientación estratégica y realizar ajustes continuos en los métodos de entrega y evaluación para optimizar el aprendizaje de los estudiantes.

El proceso de supervisión para la creación de videos educativos se desarrolló en cuatro fases fundamentales:

En la fase de planificación, establecimos prioridades basadas en los objetivos de aprendizaje críticos de cada curso. Organicé reuniones semanales con los profesores titulares para identificar los conceptos que requerían mayor apoyo visual y experimental. Este enfoque metódico nos permitió desarrollar un catálogo coherente de contenidos que abarcaba desde fundamentos de mecánica clásica hasta experimentos más complejos de física moderna.

Durante la fase de producción, implementé un sistema de revisión por pares donde cada guion y storyboard era evaluado por al menos dos especialistas del área antes de su grabación. Mi rol como coordinador implicaba verificar personalmente cada propuesta, asegurando que mantuviera un equilibrio adecuado entre rigor científico y accesibilidad pedagógica. Esto resultó en la creación de más de 40 videos experimentales, cada uno meticulosamente diseñado para demostrar fenómenos físicos específicos.

La fase de postproducción incluyó la integración de elementos didácticos complementarios como animaciones explicativas, superposición de ecuaciones relevantes y visualización de datos experimentales. Supervisé personalmente la edición final de cada video, garantizando que estos elementos enriquecieran la comprensión sin distraer del fenómeno físico central.

Finalmente, implementé un sistema de control de calidad que incluía evaluaciones piloto con grupos reducidos de estudiantes antes de la publicación general. Este ciclo de retroalimentación temprana nos permitió realizar ajustes incrementales, optimizando continuamente nuestros recursos audiovisuales.

*Tabla 6.2.2: Lista de Guías de los Experimentos de física en video.*

Nombre del experimento (Guía en Video)	Número de vistas (hasta 2023)
Ley Stefan Boltzmann	1,100
Trampa Paul	539
Histéresis Magnética	4,000
Torque Magnético	464
Oscilador Torcional	159
Fotoconductividad	637

Doble Rendija	159
Efecto Seebeck	1,400
Radioactividad	489
Espectrografía	373
Curva característica de un LED	1,500
Efecto Hall	1,700
Frank Hertz	7,900
Relación Carga Masa del Electrón	6,000
Magnetostricción	1,600
Difracción Electrones	5,000
Dualidad Onda Partícula	73
Decaimiento de Muones	456
Efecto Fotoeléctrico	177
Jaula Faraday	411
Longitud Onda de la Luz	307
Campo magnético terrestre y permeabilidad magnética	474
Dinámica rotacional	6,000
Rodamiento sin deslizamiento	219
Leyes de Kirchhoff	113
Fuerza Magnética	281
Conservación del momento lineal	247
Equivalente eléctrico del calor	1,900
Ley de Ohm	150
Conservación Energía Mecánica	295
Teorema Trabajo Energía	131
Aceleración Centrípeta	121
Equivalente Mecánico del Calor	1,600
Capacitores en serie y paralelo	238
Gas ideal	140
Segunda Ley de Newton	217
Fricción	93
Motor térmico	172
Calor Específico	217
Calor latente	808
Fuerzas Equilibrio	85
Dilatación Térmica sólidos	326
Dilatación Térmica agua	2,700
Caída libre	142
<b>TOTAL</b>	<b>51,716</b>

### Impacto Basado en Métricas de Visualización

El impacto de esta iniciativa ha sido notable, como lo demuestran las métricas de visualización de nuestro repositorio de videos educativos. El canal institucional ha acumulado más de 51,700 visualizaciones totales en los videos de experimentos físicos, lo que evidencia el amplio alcance y la utilidad de estos recursos para la comunidad estudiantil.

El análisis de las visualizaciones revela patrones interesantes sobre los intereses y necesidades de nuestros estudiantes. Los experimentos relacionados con fenómenos electromagnéticos y física moderna han demostrado especial popularidad entre el público. El experimento de Frank Hertz se destaca con aproximadamente 7,900 visualizaciones, seguido por los experimentos

sobre Relación Carga-Masa del Electrón y Dinámica Rotacional con 6,000 visualizaciones cada uno. Estos datos sugieren un interés particular en temas de física cuántica y electromagnética, áreas que tradicionalmente presentan mayores desafíos conceptuales para los estudiantes.

También es notable la popularidad de experimentos fundamentales como la Dilatación Térmica del Agua, que ha alcanzado 2,700 visualizaciones, y el Equivalente Eléctrico del Calor con 1,900 visualizaciones. Estos números confirman la importancia de proporcionar demostraciones visuales claras para conceptos básicos que sientan las bases del conocimiento físico.

En contraste, algunos experimentos más especializados como Dualidad Onda Partícula (73 visualizaciones) y Fuerzas de Equilibrio (85 visualizaciones) muestran números más modestos, lo que podría reflejar su naturaleza más específica y su relevancia para un subconjunto más especializado de nuestros cursos.

La distribución de visualizaciones entre diferentes áreas temáticas de la física (mecánica clásica, termodinámica, electromagnetismo, óptica y física moderna) demuestra cómo estos recursos han apoyado integralmente el currículo completo, permitiendo a los estudiantes acceder a demostraciones experimentales en todas las áreas de su formación.

Para el segundo semestre de 2020, habíamos refinado nuestro enfoque hacia un plan más integral que nos permitió cultivar un conjunto más amplio de habilidades complementarias, alineadas con los objetivos de aprendizaje originales de nuestros programas. Este enfoque adaptativo nos permitió preservar competencias fundamentales como la habilidad experimental, la intuición física y la aplicación práctica de los conceptos físicos, incluso en circunstancias tan adversas.

El éxito de esta transformación se evidenció en la participación activa de los estudiantes, quienes demostraron un nivel de comprensión y análisis comparable al de semestres presenciales anteriores. La persistencia de las visualizaciones a lo largo del tiempo, incluso años después de su creación inicial, sugiere que estos recursos han trascendido su propósito original como una respuesta de emergencia a la pandemia, convirtiéndose en herramientas educativas de valor continuo que complementan la enseñanza presencial.

Es destacable que esta experiencia no solo nos permitió mantener la continuidad académica durante la crisis, sino que también nos proporcionó valiosas lecciones sobre metodologías pedagógicas innovadoras que hemos incorporado permanentemente a nuestro arsenal educativo. Este considerable número de visualizaciones confirma que la estrategia implementada durante la pandemia no solo cumplió su objetivo inmediato de proporcionar continuidad académica, sino que además ha creado un legado perdurable de recursos educativos que siguen beneficiando a nuestra comunidad académica más allá de las circunstancias extraordinarias que motivaron su creación.

## **6.2.7 Desarrollo de Experimentos de física para virtualidad durante la pandemia**

### **Laboratorios Virtuales en Física Experimental durante la Pandemia**

Durante el período de pandemia en 2020, nos enfrentamos al desafío de adaptar los laboratorios experimentales de física a un formato completamente virtual. Esta transformación requirió un replanteamiento integral de la metodología de enseñanza experimental, para lo cual lideré el desarrollo, junto con el equipo de laboratorios, de un esquema innovador que permitiera a los estudiantes adquirir las competencias prácticas necesarias a pesar de las restricciones de presencialidad.

# Diseño e Implementación de los Laboratorios Virtuales

El diseño de los laboratorios virtuales se fundamentó en un enfoque mixto que combinaba elementos teóricos, demostrativos y prácticos. Para cada experimento, elaboramos un paquete completo de recursos didácticos que incluía:

**Vídeos guía:** Grabaciones detalladas que explicaban los fundamentos teóricos y el procedimiento experimental, permitiendo a los estudiantes visualizar el montaje y la ejecución del experimento. Estos videos están disponibles en nuestro canal institucional.

Guías PDF de preparación: Documentos estructurados con objetivos, fundamentos teóricos, procedimientos detallados y preguntas orientadoras para el análisis cualitativo y cuantitativo de los datos.

**Simulaciones interactivas:** Desarrollamos simulaciones que reproducían los fenómenos físicos estudiados, permitiendo a los estudiantes manipular variables y observar resultados en tiempo real. Por ejemplo, para el experimento de caída libre, implementamos una simulación que permitía seleccionar diferentes objetos y condiciones gravitacionales.

**Experimentos demostrativos filmados:** Realizamos grabaciones profesionales de los experimentos en el laboratorio, con múltiples tomas y ángulos para garantizar que los estudiantes pudieran observar todos los detalles relevantes. Un ejemplo particularmente exitoso fue el experimento de péndulo simple, donde se muestra claramente la relación entre período y longitud.

**Guías de análisis con Excel y Logger Pro:** Desarrollamos plantillas especializadas para el análisis de datos que guiaban a los estudiantes paso a paso en el procesamiento de la información y la obtención de resultados adaptadas para experimentos en casa y/o simulaciones.

## EXPERIMENTO VIRTUAL 2. CAÍDA LIBRE

### Caída libre

#### Objetivos

- Validar el comportamiento de un objeto en caída libre bajo la acción de una aceleración constante  $g$ .
- Medir experimentalmente la magnitud de la aceleración  $g$ .
- Estudiar el comportamiento de diferentes objetos con diferentes masas en caída libre.
- Familiarizarse con los parámetros que juegan un rol durante la medida de un experimento.

#### Introducción

Este experimento estudió el movimiento de un objeto bajo la única influencia de su peso, es decir, en caída libre. Se observó que el movimiento era uniformemente acelerado y adquirió velocidad a medida que se caía. El tiempo de caída que se tomó al objeto recorrer una distancia determinada se registró por un sistema informático de medición.

Figura 2.1: Montaje experimental y materiales

#### Materiales

- Computador con Microsoft Excel.

#### EXPERIMENTO VIRTUAL 2. CAÍDA LIBRE

##### 2. Efecto de la gravedad

- Se suelta una ojiva fija y se deben soltar las tres esferas completamente desaceleradas un total de 30 veces, registrando en cada caso el tiempo de caída.

• Una vez en el libro "TOMA DE DATOS" e ingrese la altura deseada, en centímetros, en la celda correspondiente.

• Los tiempos de caída se van a generar en la columna inferior. Copie estos datos en el libro "INFORME" e ingrese inmediatamente la altura que habrá elegido para este tiempo.

#### Análisis cualitativo

- ¿Qué efecto juega la masa durante la caída libre de un objeto?

- ¿Qué efecto juega la forma del objeto o cómo esto afectaría la caída libre?

• Explique detalladamente un método alternativo al propuesto para medir el valor de la gravedad  $g$ .

• Explique qué función de errores sistemáticos, si los hay, producen discrepancia con el valor teórico.

#### Análisis cuantitativo

##### 1. Modelos de la aceleración gravitacional

Para investigar el comportamiento de un objeto caído bajo la influencia de la aceleración que sobre él ejerce durante la caída libre vamos a realizar una experimentación en la que se evalúe la relación entre la velocidad y el tiempo de caída. Se observa que el comportamiento de la función es cuadráticas. Realizamos una sustitución de variable,  $t^2 \rightarrow T$ , lo cual nos permite obtener una recta lineal que nos permitirá evaluar la constante de los datos experimentales. La ecuación resultante es:

$$v = \frac{1}{2} g T^2 \quad (2.3)$$

• Para el análisis de los datos, en el libro "INFORME", pliegue la primera columna una columna titulada "velocidad media" en la que se debe realizar la operación " $=C1*B2^2$ ".

• A partir de los datos, grafique  $v$  vs.  $T$  para cada constante de altura. Haga un ajuste lineal por el método de los mínimos cuadrados. Determine la pendiente  $m$  y el punto de corte  $b$  para cada constante de altura.

• Determine la gravedad con la invertibilidad analítica en cada gráfica.

\* Para más información, puede ver el video <https://www.youtube.com/watch?v=6zIwDfXzJLc>

- Comparar los intervalos obtenidos en los tres casos con el valor de la gravedad en Bogotá ( $g = 9,78 \pm 0,02 \text{ m/s}^2$ )

• Comentar resultados.

##### 2. Efecto de la gravedad

- Use la ecuación (2.3) para obtener el tiempo total a caer en el salto de la torre. Registre este valor en el ítem.

• Grafique "Tiempo vs. Repeticiones". Paseo esto visto a la <https://www.desmos.com/calculator>

• Use la función "PROMEDIO" para calcular el promedio de los tiempos.

• Use la función "DESVEST3M" para calcular la desviación estándar de los datos de tiempo.

• Comparar el intervalo obtenido con el tiempo teórico.

• Concretar sus conclusiones.

*Figura 6.2.11: Montaje experimental y materiales para el experimento virtual de caída libre en el período 2020-20. A los estudiantes se les pide revisar la guía y usar los datos generados en el laboratorio para hacer el análisis. Los datos fueron tomados por el equipo de laboratorio. Esta fue la primera fase de virtualización, mientras soluciones más permanentes se estaban desarrollando.*

## **Innovación en Metodologías de Experimentación Remota**

Una contribución especialmente significativa fue la adaptación de experimentos para ser realizados por los estudiantes en sus hogares utilizando tecnologías accesibles. Identificamos que muchos estudiantes disponían de teléfonos inteligentes con sensores (acelerómetros, giroscopios, magnetómetros) que podían utilizarse como instrumentos de medición científica.

Para aprovechar estos recursos:

Seleccionamos y recomendamos aplicaciones como Physics Toolbox Suite, disponible tanto para iOS como para Android, que permitían registrar y exportar datos de los sensores.

Diseñamos experimentos específicamente adaptados para estas herramientas, como el estudio del campo magnético de un imán utilizando el sensor magnético del teléfono.

Desarrollamos guías paso a paso que incluían instrucciones para la calibración de los sensores y el análisis posterior de los datos recogidos.

Este enfoque no solo solucionó el problema inmediato de la falta de acceso a los laboratorios físicos, sino que también empoderó a los estudiantes para reconocer el potencial científico de las tecnologías cotidianas, fomentando una perspectiva experimental más allá del entorno académico tradicional.

## **Estructura y Gestión de las Clases Virtuales**

La gestión de las clases virtuales se realizó siguiendo un esquema cuidadosamente estructurado:

- Grupos de 24 estudiantes por sección en cursos completamente virtuales durante el período más restrictivo de la pandemia.
- Posteriormente, implementamos un modelo híbrido con 12 estudiantes presenciales y 12 virtuales por sección, maximizando el uso de la infraestructura disponible mientras respetábamos los protocolos de distanciamiento.
- Conexión web sincrónica durante las horas de clase, donde brindábamos asesoría directa y respondíamos dudas en tiempo real.
- Apoyo adicional mediante monitores de la clínica de problemas, quienes ofrecían sesiones de resolución de dudas fuera del horario de clase.
- Todo el material del curso fue centralizado en la plataforma Sicua Plus, garantizando un acceso ordenado y permanente a los recursos.

La evaluación del aprendizaje se adaptó para enfocarse no solo en los resultados obtenidos, sino también en el proceso de análisis y la comprensión conceptual demostrada por los estudiantes.

## **Resultados e Impacto Educativo**

A pesar de los desafíos inherentes a la virtualidad, esta transformación metodológica produjo resultados notables. Observamos que los estudiantes desarrollaron una mayor autonomía en el análisis de datos y una comprensión más profunda de los conceptos teóricos al verse obligados a conectar la teoría con los resultados experimentales de manera más consciente. El banco de recursos audiovisuales desarrollado durante este período continúa siendo utilizado como material complementario, enriqueciendo la experiencia educativa incluso después del retorno a la presencialidad. Particularmente, los videos demostrativos de experimentos complejos han demostrado ser valiosos para la preparación previa de los estudiantes.

Debo destacar el extraordinario compromiso del equipo de laboratorios durante este período, especialmente de los profesores José Mejía y Nicolás Berrio, y del jefe de laboratorios Andrés Moreno, cuya dedicación y creatividad fueron fundamentales para el éxito de esta transición. Su disposición para grabar experimentos, desarrollar simulaciones y crear contenido educativo

de alta calidad fue inspiradora y demuestra el espíritu colaborativo que caracteriza a nuestro departamento.

Esta experiencia ha transformado mi visión sobre la enseñanza experimental, incorporando permanentemente algunas de estas innovaciones en mi práctica docente actual, particularmente el uso de recursos multimedia y experimentos caseros como complemento a las prácticas presenciales.

La experiencia adquirida durante este período de adaptación ha enriquecido significativamente nuestras capacidades pedagógicas como departamento, permitiéndonos desarrollar un modelo híbrido más robusto que combina lo mejor de la enseñanza presencial y virtual. Este logro representa un testimonio de la resiliencia, creatividad y compromiso de nuestro equipo ante circunstancias extraordinarias. El canal de YouTube se puede consultar aquí: <https://www.youtube.com/c/DeptoFisicaUniandes>.

En 2021, concluí mis actividades en el laboratorio de docencia para asumir un nuevo desafío como coordinador de posgrado del departamento de física, cerrando un ciclo de cinco años de liderazgo transformador que dejó una huella perdurable en nuestra institución.

## **6.3 Liderazgo desde la coordinación de posgrado**

Como Coordinador de Posgrado del Departamento de Física, he tenido la oportunidad de impulsar diversas iniciativas transformadoras que han fortalecido significativamente nuestros programas de formación avanzada. Mi gestión se ha caracterizado por un enfoque estratégico orientado a la excelencia académica, la internacionalización y la adaptación a las necesidades cambiantes del entorno educativo y científico. A continuación, detallo las principales contribuciones realizadas desde esta posición de liderazgo, que abarcan desde reformas curriculares profundas hasta la expansión de nuestras redes de colaboración global.

### **6.3.1 Proceso de Reforma del Programa de Maestría en Física**

Como Coordinador de Posgrado del Departamento de Física, lideré un exhaustivo proceso de renovación curricular de la Maestría en Ciencias-Física, un programa que había permanecido sin cambios significativos desde su fundación en 1997. Esta reforma representó un hito importante para el departamento, pues buscaba responder a las recomendaciones recibidas durante el proceso de acreditación de alta calidad otorgada por 8 años en 2022.

La reforma de la Maestría en Ciencias-Física se tornó imperativa después de casi 27 años de mantener un currículo prácticamente inalterado desde su fundación en 1997, período durante el cual el panorama científico y educativo experimentó profundas transformaciones. Las observaciones realizadas durante el proceso de acreditación de alta calidad en 2022 evidenciaron la necesidad de actualizar el programa para hacerlo más flexible y atractivo, sin comprometer su excelencia académica. Un análisis detallado reveló que la estructura rígida de 44 créditos con solo 18% de electividad, distribuidos en cuatro semestres, no respondía adecuadamente a las expectativas de los dos perfiles de estudiantes identificados: los graduados en física con sólida formación que buscan una trayectoria acelerada hacia el doctorado o la investigación, y aquellos que requieren mayor fundamentación teórica. Adicionalmente, un estudio comparativo con programas de referencia internacional demostró que la duración de dos años nos situaba en desventaja competitiva frente a los 108 programas en Norteamérica y 279 en Europa que ofrecen maestrías en física en un año o año y medio. La reforma surge entonces como una respuesta estratégica para alinear el programa con las tendencias globales en educación de posgrado, aumentar su competitividad, y satisfacer las diversas aspiraciones de formación de nuestros estudiantes, manteniendo a la Universidad de los Andes como referente regional en la formación avanzada en física.

El proceso de reforma comenzó con la conformación de un comité de reforma integrado por distinguidos profesores del departamento: Gabriel Téllez, Andrés Reyes, Alejandro García, Alonso Botero, Carlos Ávila, y el Director del Departamento (inicialmente Chad Leidy y posteriormente Juan Manuel Pedraza). Como coordinador, mi rol fue organizar y dirigir las deliberaciones de este comité, facilitando una profunda reflexión sobre las necesidades del programa, las tendencias globales en educación de posgrado en física, y las expectativas de nuestros estudiantes.

### **Redefinición de Cursos de Fundamentación a Cursos Core**

Una de las innovaciones más significativas en la reforma fue la reestructuración de los cursos fundamentales que llamamos "core". Para fundamentar esta decisión, lideré un proceso de consulta amplio y participativo entre profesores y estudiantes del departamento. La encuesta reveló un hallazgo crucial: no todos los profesores consideraban que los cinco cursos obligatorios tradicionales (Mecánica Estadística, Mecánica Analítica, Electrodinámica, Mecánica Cuántica Avanzada y Laboratorio Avanzado) fueran igualmente necesarios para todas las líneas de investigación.

Esta consulta nos permitió comprender que las necesidades de formación varían significativamente según el área de especialización. Por ejemplo, un estudiante enfocado en física teórica podría requerir una formación más intensiva en Mecánica Cuántica y Mecánica Estadística, mientras que otro orientado hacia la física experimental encontraría más valor en el Laboratorio Avanzado y Electrodinámica.

Los resultados de esta encuesta fueron contundentes y recibieron el respaldo de los estudiantes en una segunda consulta, confirmando que la flexibilización de estos requisitos no solo era deseable sino necesaria para una formación más pertinente y eficiente. Como resultado, rediseñamos el programa permitiendo a los estudiantes seleccionar tres de los cinco cursos core, manteniendo el rigor académico pero adaptándolo a las necesidades específicas de su línea de investigación.

### **Implementación de Cursos Track para Especialización Interdisciplinaria**

Otra innovación importante fue la creación de los cursos de tipo "track", diseñados para enfatizar las distintas líneas de investigación y profundización disponibles dentro de la maestría. Este concepto va más allá de las electivas tradicionales, pues establece rutas de formación coherentes que responden a las fortalezas investigativas del departamento y a las tendencias emergentes en el campo de la física.

La característica distintiva de estos cursos track es su apertura interdisciplinaria, permitiendo a los estudiantes incorporar en su plan de estudios asignaturas de nivel de maestría de cualquier unidad académica de la universidad. Esta apertura reconoce que los fenómenos físicos contemporáneos más interesantes suelen situarse en las fronteras entre disciplinas, y prepara a nuestros graduados para enfrentar problemas complejos que requieren perspectivas integradas.

Para implementar este sistema, trabajé en estrecha colaboración con los coordinadores de las distintas líneas de investigación del departamento para identificar y catalogar cursos relevantes tanto dentro como fuera de la unidad. Este proceso incluyó la negociación de acuerdos con otros departamentos para facilitar la matrícula de los estudiantes y garantizar su acceso a estos cursos especializados.

### **Diseño Innovador del Curso Trabajo de Grado 1**

Una de las contribuciones más significativas de mi gestión durante la reforma fue la reconceptualización integral del curso "Trabajo de Grado 1" (TG1). Ante la compresión del

programa a tres semestres y la diversidad de trayectorias académicas de nuestros estudiantes, identifiqué la necesidad de desarrollar un enfoque estructurado que facilitara una transición efectiva hacia la investigación independiente. Inspirado por las prácticas exitosas de nuestro programa doctoral, propuse un modelo de curso más allá de un simple espacio para definir temas de investigación.

El diseño implementado integra estratégicamente tres componentes fundamentales: un módulo de investigación con una fase de exploración guiada por los diversos grupos del departamento; un componente de ética científica que sensibiliza sobre la integridad académica y las responsabilidades del investigador; y un módulo de comunicación académica desarrollado en colaboración con el Centro de Español, orientado a fortalecer habilidades de escritura científica esenciales. Esta estructura responde a la necesidad de una formación integral que equilibre el desarrollo de competencias técnicas, éticas y comunicativas indispensables para los investigadores hoy en día.

Esta propuesta recibió una valoración positiva del comité de posgrado, cuyos aportes enriquecieron significativamente el diseño original. Los resultados preliminares han sido notablemente favorables, evidenciando una integración más temprana y efectiva de los estudiantes en proyectos de investigación. Espero que esta estructura permanezca en el tiempo y siga dando frutos.

El componente de exploración, que ocupa las primeras cuatro semanas del curso, constituye una innovación pedagógica significativa. Durante este período, los estudiantes realizan un recorrido estructurado por los diferentes grupos y laboratorios de investigación del departamento, entrevistan a potenciales directores de tesis y asisten a seminarios relevantes. Esta fase culmina con la elaboración de un reporte de exploración que documenta estas interacciones y justifica la elección del director y línea de investigación, ofreciendo una transición guiada hacia la investigación independiente.

La incorporación del componente ético responde a una necesidad crítica en la formación de investigadores. A través de un módulo virtual desarrollado específicamente para este propósito y basado en el usado en el programa de doctorado, los estudiantes se familiarizan con los principios éticos fundamentales de la investigación científica, incluyendo la integridad académica, el manejo responsable de datos y el reconocimiento adecuado de contribuciones. Este componente garantiza que nuestros graduados no solo sean técnicamente competentes sino también éticamente conscientes.

Finalmente, el módulo de escritura académica, desarrollado en colaboración con el Centro de Español de la universidad, proporciona herramientas fundamentales para la comunicación científica efectiva. Este componente aborda técnicas específicas para la redacción de propuestas de investigación, artículos científicos y tesis, preparando a los estudiantes para participar activamente en la comunidad científica global.

La implementación de este curso ha sido recibida con entusiasmo por estudiantes y profesores, y ha demostrado ser efectiva para facilitar una integración más temprana y significativa de los estudiantes en sus proyectos de investigación, además de fortalecer competencias transversales esenciales para su desarrollo profesional.

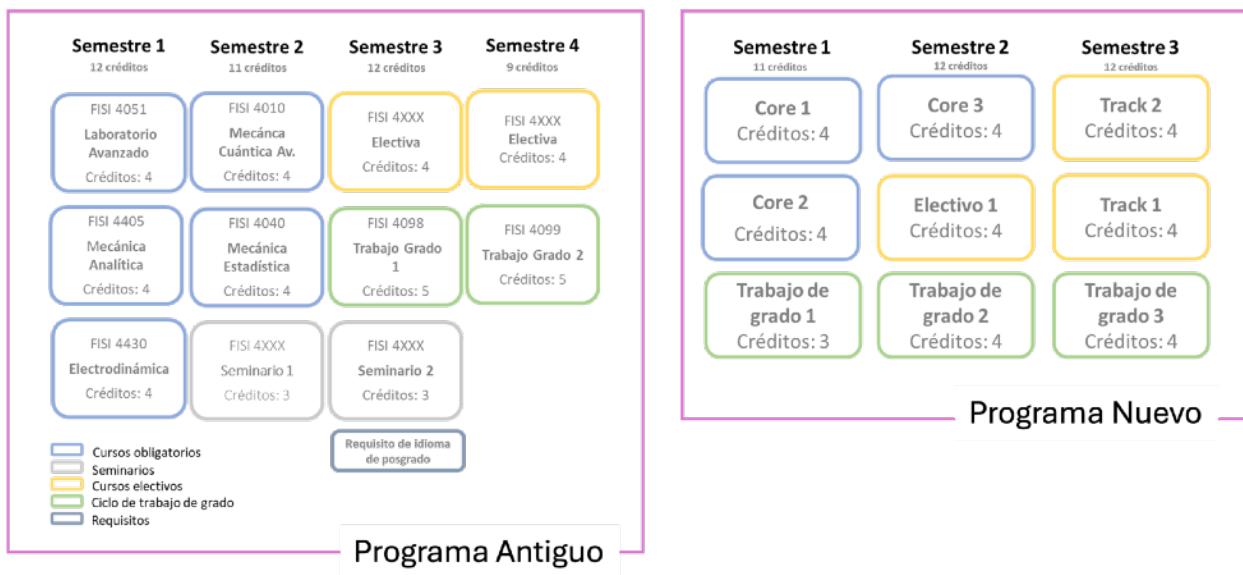


Figura 6.3.1: Comparación de la malla curricular del programa de maestría antiguo y nuevo.

Lideré varios aspectos clave:

- Análisis estratégico:** Impulsé un estudio detallado de la población estudiantil del programa, identificando dos perfiles distintos con necesidades diferentes: estudiantes con sólida formación en física buscando investigación avanzada, y estudiantes requiriendo mayor fundamentación teórica. Este hallazgo fue crucial para las decisiones posteriores.
- Renovación académica:** Dirigí la redefinición del perfil del egresado y la transición hacia un modelo basado en competencias y resultados de aprendizaje, trabajando estrechamente con la Dirección de Innovación y Desarrollo Académico (DIDACTA) para alinear estos cambios con los estándares institucionales.
- Reestructuración curricular:** Lideré la transformación del plan de estudios, reduciendo la carga académica de 44 a 35 créditos y aumentando significativamente la electividad del 18% al 68%, con el objetivo de hacer el programa más flexible, competitivo y atractivo tanto a nivel nacional como internacional.
- Gestión del cambio:** Organicé múltiples sesiones de socialización con profesores y estudiantes para asegurar la comprensión y aceptación de los cambios propuestos, atendiendo inquietudes y refinando aspectos específicos del nuevo currículo.
- Navegación institucional:** Guié, en conjunto con el Director de Departamento y Decano de Facultad, la propuesta a través de las diversas instancias de aprobación, desde el Consejo de Departamento (aprobado el 9 de octubre de 2023) hasta el Consejo de Facultad (5 de abril de 2024) y finalmente el Consejo Académico, presentando la justificación de la reforma y respondiendo a las consultas surgidas en estos espacios.

Este proceso de reforma, culminado con éxito, ha posicionado al programa para responder mejor a las necesidades contemporáneas, reduciendo su duración a tres semestres y permitiendo mayor personalización en la formación de los estudiantes. Como resultado, hemos fortalecido la competitividad del programa y su capacidad para mantener a la Universidad de los Andes como referente en la formación de investigadores en física a nivel regional.

La implementación de esta reforma constituye uno de los logros más significativos de mi gestión como Coordinador de Posgrado, demostrando mi capacidad para liderar procesos de cambio curricular complejos que impactan positivamente la calidad y relevancia de nuestros programas académicos.

### **6.3.2 Convenio de Doble Titulación con ESPCI Paris**

En mi gestión como coordinador de posgrado, junto con el Dr. Chad Leidy (director del departamento), lideré el establecimiento de un convenio de doble titulación con la Escuela Superior de Física y Química Industriales de París (ESPCI Paris), una de las instituciones más prestigiosas de Francia en el ámbito científico. Este convenio representa una oportunidad excepcional para nuestros estudiantes más destacados, permitiéndoles obtener simultáneamente el título de pregrado en Física de la Universidad de los Andes y el diploma de "Ingénieur ESPCI Paris", título que en el sistema europeo equivale a un nivel de Maestría.

Es importante destacar el valor estratégico de este convenio, pues el título de "Ingénieur" en Francia conlleva un reconocimiento profesional de alto nivel, comparable al de un Master of Science en el sistema anglosajón, pero con un énfasis particular en la formación científica rigurosa combinada con aplicaciones industriales. La ESPCI Paris es reconocida mundialmente por su excelencia académica y por ser la institución donde se han formado varios premios Nobel, incluidos Marie Curie y Pierre Curie.

Mi participación fue integral en todas las fases del proceso: guié y supervisé los trámites necesarios para la firma del convenio a través de las diferentes instancias universitarias, incluyendo la Facultad de Ciencias, la Dirección de Internacionalización y la Oficina Jurídica. Junto con el equipo de coordinación de posgrado, negociamos aspectos cruciales del convenio, particularmente los relacionados con los requisitos académicos (créditos mínimos necesarios para la postulación y para el viaje) y los requisitos de idioma francés, asegurando que fueran alcanzables para nuestros estudiantes mientras mantenían los altos estándares de ambas instituciones.

En el período 2024-20, tuvimos nuestros primeros postulantes al programa: Marlon Farfán Chiquillo y Adriana María Velásquez Medina. Tras un riguroso proceso de selección, Marlon fue elegido para participar en este programa pionero y actualmente se encuentra realizando su intercambio con notable éxito académico, inaugurando así este camino de cooperación internacional.

Este convenio con ESPCI Paris abre importantes oportunidades de investigación para el Departamento de Física. La ESPCI cuenta con laboratorios de vanguardia y desarrolla investigación fundamental y aplicada en áreas que coinciden estratégicamente con las líneas de investigación de nuestro departamento.

En particular, se abren posibilidades de colaboración en física de la materia condensada, óptica cuántica, materiales complejos y sistemas biofísicos, áreas donde tanto nuestro departamento como ESPCI tienen fortalezas complementarias. La investigación interdisciplinaria entre física, química y biología es un sello distintivo de ESPCI, lo que ofrece a nuestros estudiantes y profesores la oportunidad de participar en proyectos innovadores en campos emergentes como materiales nanoestructurados, memristores para computación neuromórfica, sistemas complejos y bioinspirados, entre otros.



*Figura 6.3.2: Visita de comitiva de École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris (ESPCI) y Paris Dauphine University (PSL) en 8 de Abril 2025 en promoción del convenio de doble titulación. Izquierda: Andrés Arias Velazquez (Estudiante seleccionado 2025), Juan Gabriel Ramírez (Coordinador posgrado Física), Cheryl de Palma (directora convenio en ESPCI), Marcela Bonilla (Coordinadora académica física). Derecha: Charla introductoria sobre el convenio.*

Estos vínculos fortalecen nuestras capacidades de investigación y abren caminos para futuros proyectos conjuntos, intercambio de profesores e investigadores, y posibles publicaciones colaborativas, consolidando así la proyección internacional de nuestro departamento.

### 6.3.3 Convenio de Doble Titulación con la Universidad de Zaragoza

Como coordinador de posgrado, en colaboración con la Dra. Marcela Bonilla (coordinadora académica del departamento), lideré el establecimiento de un convenio de doble titulación con la Universidad de Zaragoza (UNIZAR), una de las instituciones académicas más importantes de España con gran reconocimiento en investigación científica. Este convenio representa una oportunidad excepcional para nuestros estudiantes de maestría en Ciencias-Física, permitiéndoles obtener simultáneamente el título de Maestría en Ciencias-Física de la Universidad de los Andes y uno de varios títulos de Máster Universitario ofrecidos por UNIZAR.

La importancia estratégica de este convenio radica en la complementariedad de los programas académicos y las líneas de investigación entre ambas instituciones. Los programas de Máster de UNIZAR, como "Máster Universitario en Física del Universo: Cosmología, Astrofísica, Partículas y Astropartículas", "Máster Universitario en Física y Tecnologías Físicas", y "Máster Universitario en Materiales Nanoestructurados para Aplicaciones Nanotecnológicas", ofrecen áreas de especialización que enriquecen la formación de nuestros estudiantes y amplían sus perspectivas profesionales en el contexto europeo.

Mi participación en este proceso fue completa, guiando y supervisando todos los trámites necesarios para la firma del convenio a través de las diferentes instancias universitarias. Junto con la Dra. Bonilla, negociamos aspectos fundamentales del convenio, con la guía de la

Decanatura de Ciencias, y la vicedecanatura de investigación, como el esquema de homologación de créditos académicos, los requisitos de admisión y selección, y el proceso de seguimiento académico de los estudiantes. Trabajamos minuciosamente en el diseño de recorridos académicos que garantizaran que los estudiantes cumplieran con todos los requisitos para obtener ambas titulaciones, asegurando la coherencia académica y el alto nivel de formación.

Especial atención recibió el diseño de la estructura para los trabajos de fin de máster, estableciendo que estos podrían ser codirigidos por profesores de ambas universidades, permitiendo una integración real de las fortalezas investigativas de ambas instituciones y fomentando la colaboración académica internacional.

### **Oportunidades de Investigación con la Universidad de Zaragoza**

Este convenio abre significativas oportunidades de investigación para nuestro departamento. La Universidad de Zaragoza cuenta con fortalezas complementarias a las nuestras en áreas como la física de partículas, cosmología, astrofísica, nanotecnología y ciencia de materiales, así como en biofísica y biotecnología cuantitativa.

La colaboración con UNIZAR permite a nuestros estudiantes y profesores participar en proyectos de investigación conjuntos en instalaciones científicas de primer nivel en España y Europa, facilitando el acceso a infraestructuras y recursos de investigación avanzados. Además, el convenio fomenta la codirección de trabajos de investigación, lo que enriquece la visión científica y metodológica de los proyectos, y potencia la producción de publicaciones conjuntas en revistas internacionales de alto impacto.

Este acuerdo, sumado al establecido con ESPCI Paris, consolida la estrategia de internacionalización de nuestro programa de posgrado y posiciona al Departamento de Física de la Universidad de los Andes como un referente en la formación de científicos con proyección internacional, capaces de abordar problemas complejos con una visión global y multidisciplinar.

### **6.3.4 Reforma de Políticas Institucionales para Programas Doctorales en Física**

Como parte de mis responsabilidades como coordinador de posgrado, he liderado iniciativas estratégicas para adaptar las políticas institucionales a las necesidades específicas del Departamento de Física. Un ejemplo notable de este liderazgo fue la presentación realizada el 21 de abril de 2025 ante el Consejo de Departamento, la Vicerrectoría de Investigación, la Dirección de Servicios Financieros a Estudiantes y otros líderes académicos de la universidad.

Esta presentación abordó un problema crítico detectado en nuestro programa doctoral: la ausencia de nuevas admisiones durante tres semestres consecutivos, situación que amenazaba tanto la sostenibilidad del programa como el aprovechamiento óptimo de nuestra avanzada infraestructura de investigación. A través de un análisis detallado de datos históricos de matriculación y financiación estudiantil, identifiqué una correlación preocupante entre la implementación del programa Impacto País y la disminución en solicitudes de ingreso. Los datos sugerían que, contrario a su intención original, Impacto País estaba siendo percibido por potenciales candidatos más como un mecanismo de crédito con riesgo financiero significativo que como un programa de apoyo a la formación doctoral. Esta percepción, junto con las condiciones específicas del trabajo de investigación en física, representaba una barrera importante para atraer talento al programa.

En mi presentación, articulé claramente cómo los programas doctorales en física funcionan como motores esenciales de investigación dentro del ecosistema universitario, generando conocimiento fundamental que eventualmente conduce a aplicaciones e innovaciones. Expliqué el ciclo virtuoso donde un programa doctoral robusto atrae talento, incrementa la producción científica, mejora la visibilidad internacional y, en consecuencia, atrae financiación externa.

Para abordar los desafíos identificados, propuse modificaciones específicas al programa Impacto País que respetaban sus objetivos fundamentales mientras se adaptaban a las particularidades de la investigación en física:

1. Mayor estabilidad normativa, con un marco regulatorio de vigencia garantizada equivalente a la duración promedio de un doctorado (4-5 años).
2. Una estructura de dos niveles: un reglamento general para todos los programas y instructivos específicos por programa que permitieran definir requisitos de condonación adaptados a la realidad de la física.
3. Flexibilidad en el requisito de pasantía internacional, reconociendo que en física teórica y computacional existen alternativas válidas a la movilidad física.
4. Una solución inmediata para estudiantes afectados por el cambio de modelo de matrícula, permitiéndoles el pago del 10% durante sus pasantías.

Esta iniciativa demostró mi capacidad para identificar problemas institucionales, analizarlos con datos concretos, y proponer soluciones fundamentadas y estratégicas. La presentación fue recibida positivamente, generando un diálogo productivo entre el departamento y la administración central sobre cómo adaptar las políticas institucionales para fortalecer nuestros programas doctorales.

Mi liderazgo en este proceso refleja un compromiso profundo con la sostenibilidad y excelencia de nuestros programas de posgrado, así como una comprensión de la interconexión entre políticas institucionales, financiación de la investigación, y el desarrollo académico. Además, ejemplifica mi capacidad para trabajar eficazmente con múltiples niveles de la administración universitaria para impulsar cambios que beneficien al departamento y a la comunidad científica.



*Figura 6.3.3: Visita de comisión de la administración de Uniandes para discusión de aspectos financieros del programa de doctorado en Ciencias Física.*

## 6.4 Jurado de propuestas de investigación - Nacional/Internacional

Las siguientes instituciones han solicitado mi servicio de evaluador, de forma rutinaria en los últimos años para las propuestas de investigación de convocatorias internas

- Banco de la República
- Ministerio de Ciencia MinCiencias
- Universidad Nacional sede Medellín y Bogotá
- Universidad Javeriana Bogotá
- Universidad Industrial de Santander
- Convocatoria PICT 2021, Argentina.

## 6.5 Jurado/Evaluador en comités de tesis

Tabla 6.5.1: Resumen evaluaciones de tesis.

Nombre	Nivel	Titulo		Fecha
Julián Andrés Rico Vanegas	Maestría	Transition metal dichalcogenides exfoliated in liquid phase for hydrogen evolution reaction	Uniandes	30 de mayo de 2023, 11:00 a.m.
Prof.Juan Sebastian Trujillo Hernandez	Charla De Ascenso A Profesor Asociado Del Docente Juan Sebastian Trujillo Hernandez Del Departamento De Fisica	Ingeniería de materiales para creación de imanes permanentes	Univalle	17 de abril 2023
Laura Meléndez	Pregrado	Simulación con dinámica molecular de la propiedades vibracionales de cintas de grafeno	Uniandes	Enero 2021
Nicolás Manrique Nieto	Pregrado	Estabilización en frecuencia de láser centrado en transición atómica de la línea D2 del cesio.	Uniandes	21 de julio e de 2020

Nombre	Nivel	Titulo		Fecha
Juan David Castillo Santamaría	Pregrado	Evaluación de la actuación eléctrica de dispositivos basados en CNT y poliuretano termoplástico.	Uniandes	21 de julio e de 2020
Edwin	Doctorado		España (Completar)	
	Doctorado		UdeA (Completar)	

## 6.6 Asociación Latinoamericana de Magnetismo (ALMA)

En diciembre de 2019, tuve el privilegio de organizar un taller internacional enfocado en magnetismo y materiales magnéticos. Durante este evento, identificamos la necesidad de incrementar la visibilidad de la disciplina de magnetismo en América Latina. Como resultado, todos los participantes nos comprometimos a contribuir al desarrollo de la Asociación Latinoamericana de Magnetismo (ALMA).

A lo largo de 2020, la pandemia global interrumpió nuestras iniciativas en gran medida, ya que nos vimos obligados a adaptarnos al nuevo esquema de virtualidad, una realidad común para universidades en todo el mundo, que fue particularmente desafiante en nuestros países latinoamericanos. No obstante, decidimos perseverar con la iniciativa de ALMA. Este esfuerzo fue liderado principalmente por mi colega Diego Muraca de Campinas y por mí. Para ello, organizamos grupos de trabajo para abordar varios aspectos clave. Uno de nuestros primeros objetivos fue establecer conferencias mensuales con académicos destacados en el campo del magnetismo en Latinoamérica, o con vínculos significativos con nuestros países.

Nuestras actividades se desplegaron en dos etapas. En septiembre de 2020, dimos inicio a una serie de seminarios web, como se refleja en la tabla adjunta, que muestra la distribución de los nodos en cada país y los responsables de la organización de la primera serie de seminarios web.

Tabla 6.6.1: Nodos ALMA.

Nodos y organizadores	Institución	País	Área de investigación
Juan Gabriel Ramírez	Universidad de los Andes - Colombia	Colombia	Nanomagnetismo
Dora Altbir	Universidad de Santiago de Chile	Chile	Magnetismo y simulaciones micromagnéticas
Francisco (Quique) Sánchez	Universidad Nacional de la Plata	Argentina	Nanopartículas
Diego Muraca	Instituto de Física "Gleb Wataghin" (IFGW)	Brasil	Nanomagnetismo

Nodos y organizadores	Institución	País	Área de investigación
Dr. Maria Eugênia Fortes Brollo	Instituto de Física "Gleb Wataghin" (IFGW)	Brasil	Nanomagnetismo

Los webinars contaron con los siguientes invitados como speakers y chairs:

*Tabla 6.6.2: Lista de webinars y conferencistas en el marco de ALMA.*

Ponente	País	Institución	Fecha	Chair	Institución
Marcelo Knobel	Brasil	Rector Campinas e Instituto de Física "Gleb Wataghin" (IFGW)	9/9/2020	Dr. Maria Eugênia Fortes Brollo	Instituto de Física "Gleb Wataghin" (IFGW)
Miguel Alexandre Novak	Brasil	UFRJ	4/9/2020	Dr. Maria Eugênia Fortes Brollo	Instituto de Física "Gleb Wataghin" (IFGW)
Miguel Kiwi	Chile	UdeChile	2/10/2020	Prof. Dr. Johans Restrepo Cardenas	Universidad de Antioquia
Marcela Fernández van Raap	Argentina	UNLP-CONICET	6/11/2020	Prof. Anna Roig Serra	Instituto de Materiales de Barcelona
Adriana I Figueroa	España	ICN2	26/03/2021	Dr. Maria Eugênia Fortes Brollo	Instituto de Física "Gleb Wataghin" (IFGW)
Santiago A Grigera	Argentina	Universidad Nacional de la Plata	30/04/2021	Dr. Rodolfo Borzi	Universidad Nacional de la Plata
Gabriela Pasquini	Argentina	Universidad de Buenos Aires	21/05/2021	Dr. Javier Curiale	CAB-CNEA
Ivan K. Schuller	USA	UC San Diego	18/02/2021	Dr. Felipe Torres	Universidad de Chile
José Luis Llamazares	Mexico	Instituto Potosino de Investigación	27/08/2021	Dr. Israel Betancourt	UNAM
Cristina Bran	España	Institute of Materials Science of Madrid	24/09/2021	Dr. Paula Bercoff	FAMAF - UNC
Jean-Marc Greeneche	Francia	UMR CNRS	22/10/2021	Dr. Juan Adrian Ramos	Universidad de San Marcos - Peru

Ponente	País	Institución	Fecha	Chair	Institución
Luis Balicas	USA	National High Magnetic Field Laboratory	26/11/2021	Dr. Paula Bercoff	FAMAF - UNC

Mientras avanzábamos en la organización de estas actividades para ALMA, también implementamos boletines informativos para comunicar las diversas iniciativas de la asociación. Además, organizamos otros eventos, como un tutorial sobre Modelado y Simulaciones en Magnetismo, que tuvo lugar del 8 al 19 de noviembre de 2021. En todos estos casos, tuve la oportunidad de participar tanto en la organización del evento como en la presentación de la Escuela/Tutorial.

Seguiremos comprometidos con el desarrollo de ALMA. Continuaremos trabajando para que ALMA se consolide oficialmente como una asociación, con estatutos propios y personería jurídica, para el año 2024.

## 6.7 Senecast

Como resultado de mi colaboración en el proyecto World Pendulum Alliance, co-financiado por el Programa Erasmus+ de la Unión Europea, co-desarrollamos un podcast destinado a difundir las innovadoras iniciativas de investigación que se llevan a cabo en la Universidad de los Andes. Hemos puesto un enfoque particular en los logros y avances realizados en la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Ciencias. Este proyecto, liderado conjuntamente por el profesor Carlos Francisco Rodríguez del Departamento de Ingeniería Mecánica y por mí, desde el Departamento de Física, se puso en marcha en el 2020 y sigue en activo hasta la fecha. Nuestra meta es continuar divulgando la excelencia académica y los importantes hallazgos científicos generados en nuestra universidad. Link a [Spotify](#).

Tabla 6.7.1: Lista de episodios de SENECAST.

Episodio	Invitado	Fecha publicación	Reproducciones
Computación biológica	Juan Manuel Pedraza	23 Jun, 2023	44
Dinámica de Fluidos	José Rafael Toro	16 Jun, 2023	75
Hidroinformática	Juan Guillermo Saldarriaga	24 Apr, 2023	54
Computación cuántica	Cesar Galindo	17 Apr, 2023	57
Sistemas coloidales	Óscar Álvarez	29 Jul, 2022	103
Ornitología: estudio de aves.	Daniel Cadena	22 Jun, 2022	108
Pulvimetallurgia - Entrevista a Jairo Escobar	Jairo Escobar	4 May, 2022	58
Física estadística - entrevista a Gabriel Téllez	Gabriel Téllez	17 Nov, 2021	39
Ingeniería Sísmica - Entrevista a Juan Francisco Correal	Juan Francisco Correal	9 Sep, 2021	30

Episodio	Invitado	Fecha publicación	Reproducciones
Dinámica Cardiovascular - Entrevista a Juan Carlos Briceño	Juan Carlos Briceño	8 Jul, 2021	21
Gravedad Cuántica - Entrevista a Andrés Reyes	Andrés Reyes	28 Jun, 2021	39
Ciudades inteligentes - Entrevista a Nicanor Quijano	Nicanor Quijano	10 Mar, 2021	46
Energía eólica - Entrevista a Alvaro Pinilla	Alvaro Pinilla	01 Mar, 2021	61
Termolectricidad - Entrevista a Yenny Hernández	Yenny Hernández	11 Feb, 2021	21
Seguridad alimentaria - Entrevista a Silvia Restrepo	Silvia Restrepo	04 Feb, 2021	43
Energía nuclear - Entrevista a Juan Carlos Sanabria	Juan Carlos Sanabria	16 Dic, 2020	59

Total de descargas del podcast: 847

## 6.8 Participación en Comités científicos de conferencias

Mi compromiso con la comunidad científica se extiende más allá de la investigación y la docencia, incluyendo la participación activa en la organización y evaluación de eventos académicos clave. Esta sección detalla mi labor en comités científicos de conferencias internacionales y mi liderazgo en la organización de escuelas y simposios relevantes para el campo del magnetismo y los materiales cuánticos, tanto a nivel nacional como internacional.

### 6.8.1 Liderazgo en la Organización la Escuela CS3M

Lideré como presidente del comité organizador local la Segunda Escuela Colombiana de Magnetismo y Materiales Magnéticos (CS3M) en 2019, un evento de relevancia nacional e internacional en el campo de la física del magnetismo.

La escuela fue estructurada con un enfoque pedagógico integral que combinaba distintas modalidades de aprendizaje para maximizar la experiencia formativa de los participantes:

- **Conferencias magistrales:** Coordiné la participación de destacados expertos internacionales como el Prof. Krzysztof Chwastek (Polonia), Dr. Daniel Salazar Jaramillo (España), Dr. Andres Santander (Francia), Prof. Alex Frano (UCSD, USA), Prof. Diego Muraca (Brasil) y Dr. Camilo Vélez (USA), quienes compartieron los avances más recientes en el campo.
- **Sesiones experimentales:** Diseñé un programa de proyectos prácticos de dos días donde los estudiantes trabajaban en equipos para abordar temas específicos como nanomagnetismo, transiciones de fase magnéticas, y caracterización de materiales avanzados. Estos proyectos culminaban con presentaciones de pósters donde los participantes exponían sus hallazgos.
- **Tutoriales especializados:** Implementé mini-cursos intensivos de 3 horas sobre temas de vanguardia, como microrrobótica magnética y funcionalización de nanocompuestos magnéticos para aplicaciones industriales y farmacéuticas.

- **Sesiones computacionales:** Incorporé talleres sobre simulación de sistemas magnéticos, cálculos de teoría del funcional de la densidad, y modelado de espectroscopía magnética.

El evento se desarrolló a lo largo de cinco días en las instalaciones de la Universidad de los Andes y la Universidad ECCI, con la participación de más de 100 estudiantes e investigadores de todo el país. Para garantizar su éxito, gestioné la logística, coordiné los horarios de las diferentes actividades, y estructuré un programa que balanceaba efectivamente los componentes teóricos, experimentales y de networking.

Esta iniciativa fortaleció significativamente la comunidad científica nacional dedicada al magnetismo, consolidando vínculos con instituciones como la Universidad de Antioquia, Universidad del Valle, Universidad Nacional y Universidad ECCI, además de establecer conexiones internacionales duraderas que han derivado en colaboraciones de investigación y movilidad académica.



*Figura 6.8.1: Participantes de la escuela cs3m entre panelistas, estudiantes y asistentes. Info en <http://cs3m.uniandes.edu.co/>.*

## 6.8.2 Participación como miembro del Comité de Programa

Participé como Miembro del Comité de Programa para la 62<sup>a</sup> Conferencia Anual sobre Magnetismo y Materiales Magnéticos (MMM 2017) celebrada en Pittsburgh del 6 al 10 de noviembre de 2017. Específicamente, serví como Co-Presidente para la Sesión GC "Películas Delgadas y Efectos de Superficie II" junto al Dr. Masaaki Futamoto de la Universidad de Chuo, Tokio.

En este rol, fui responsable de organizar el contenido científico de la sesión, incluyendo la selección y revisión de propuestas, la coordinación con otros miembros del comité para asegurar la coherencia temática, y la organización de revisores apropiados para los artículos presentados. Durante la conferencia, actué como presidente de sesión, facilitando las

presentaciones y discusiones sobre investigaciones de vanguardia en magnetismo de películas delgadas y efectos de superficie.

Esta conferencia internacional está patrocinada conjuntamente por AIP Publishing y la Sociedad de Magnetismo de IEEE, representando uno de los principales foros globales para presentar los últimos avances en magnetismo, materiales magnéticos y sus aplicaciones. Mi participación en el comité del programa ayudó a fortalecer las colaboraciones internacionales de investigación y posicionó a nuestro grupo de investigación de la Universidad de los Andes como un contribuyente activo en la comunidad científica global de materiales magnéticos. Link al programa [aquí](#).

### 6.8.3 Organización del Simposio D1 en el 33<sup>rd</sup> IMRC 2025

Como parte de mis actividades de liderazgo científico a nivel internacional, desempeño un papel fundamental como co-organizador del simposio "D1. Quantum materials: 0D, 1D and 2D nanostructures", evento que se realizará durante el prestigioso 33rd International Materials Research Congress en Cancún, México (agosto 17-22, 2025).

**Dear Colleagues:**  
We are excited to invite you to submit an abstract to our symposium, 'D1. Quantum materials: 0D, 1D and 2D nanostructures', which will take place during the 33rd International Materials Research Congress, in Cancun, Mexico, scheduled for August 17-22, 2025. Details about our Symposium can be found in: <https://www.mrs-mexico.org.mx/imrc2025/symposium-D1>

**SCOPE:**  
Quantum materials is an umbrella term for materials that cannot be described by classical physics, consequently displaying what is called exotic properties. Those properties derive reduced dimensionality, in particular confinement of electrons within the physical dimensions of the nanostructure. Generally, those materials present strong spin-orbit coupling or strong electron correlations.

**SYNOPSIS TOPICS:**

- 0D materials: carbon dots, chalcogenide-based quantum dots, transition metal oxide quantum dots
- 1D materials: carbon nanotubes
- 2D materials: graphene, selenane, tellurene, bismuthene, boron nitride
- Applications of quantum materials : superconductivity, topological insulators, quantum sensors, quantum computing

We hope to meet you soon in Cancun, Mexico!

Sincerely,  
Organizers of Symposium D1

**ABSTRACT SUBMISSION**  
Deadline: May 2, 2025  
[www.mrs-mexico.org.mx/imrc2025](https://www.mrs-mexico.org.mx/imrc2025)

**ORGANIZERS:**

Gregory Guisbiers  
University of Arkansas at Little Rock  
United States  
gguisbiers@uark.edu

Juan Gabriel Ramírez Rojas  
Universidad de los Andes  
Colombia  
jgramirez@uniandes.edu.co

Thomas Webster  
Brown University  
United States  
thomas\_webster@brown.edu

Carla Bittencourt  
University of Mons  
Belgium  
Carla.BITTENCOURT@umons.ac.be

**QR CODE:**

Esta responsabilidad implica un trabajo coordinado y estratégico que inicié junto con un equipo de destacados científicos internacionales en el campo de los materiales cuánticos. He liderado la concepción del enfoque temático del simposio, definiendo las áreas prioritarias de discusión que reflejan tanto las tendencias actuales como las direcciones futuras en el campo de los materiales cuánticos. Esto ha requerido un análisis detallado del panorama científico actual para identificar los temas más prometedores y relevantes.

La organización del simposio ha implicado una intensa labor de coordinación con mis colegas co-organizadores: el Dr. Gregory Guisbiers de la Universidad de Arkansas en Little Rock (Estados Unidos), experto en propiedades termodinámicas de nanomateriales; el Dr. Thomas Webster de Brown University (Estados Unidos), pionero en aplicaciones biomédicas de nanomateriales; y la Dra. Carla Bittencourt de la Universidad de Mons (Bélgica), reconocida por sus contribuciones en la caracterización avanzada de nanoestructuras mediante técnicas espectroscópicas. Esta colaboración internacional refleja la naturaleza global de la investigación en materiales cuánticos y posiciona a Colombia como un actor relevante en este escenario científico.

naturaleza global de la investigación en materiales cuánticos y posiciona a Colombia como un actor relevante en este escenario científico.

Uno de los aspectos más significativos de mi labor organizativa ha sido la cuidadosa selección y convocatoria de conferencistas invitados de primer nivel mundial. Entre los destacados científicos que participarán se encuentran el Dr. Andre Geim, Premio Nobel de Física por su trabajo en grafeno; la Dra. Claudia Felser, pionera en el campo de los materiales topológicos del Instituto Max Planck; el Dr. Pablo Jarillo-Herrero del MIT, reconocido por sus descubrimientos en grafeno bicapa con ángulo mágico; y la Dra. Fengnian Xia de Yale University, experta en dispositivos basados en materiales 2D. El prof. Ivan K. Schuller, de UC San Diego, experto en nanomateriales, nanomagnetismo y computación neuromórfica. La presencia de estos investigadores de renombre garantiza un alto nivel científico y propiciará discusiones fructíferas sobre los avances más recientes en el campo.

El simposio abordará un amplio espectro de temas de vanguardia en el campo de los materiales cuánticos, incluyendo nanoestructuras 0D como puntos cuánticos de óxidos metálicos y calcogenuros; estructuras 1D como nanotubos de carbono y nanohilos; y materiales 2D como grafeno, seleneno, telureno, bismuteno y nitruro de boro. Un enfoque particular se dará a las aplicaciones más prometedoras de estos materiales, como superconductividad, aislantes topológicos, sensores cuánticos y computación cuántica, áreas que están revolucionando tanto la investigación básica como el desarrollo tecnológico.

Como parte de las actividades de difusión, he liderado la creación y distribución de material promocional (como el flyer adjunto) y la gestión del sitio web del simposio, asegurando que la información sea accesible para investigadores de todo el mundo. Además, he establecido un riguroso proceso de selección de resúmenes para garantizar la calidad científica de las presentaciones.

Esta actividad organizativa no solo refleja el reconocimiento internacional hacia mi experiencia en el campo del nanomagnetismo y los materiales cuánticos, sino que también contribuye significativamente a fortalecer la visibilidad y el prestigio de la Universidad de los Andes y de Colombia en el ámbito científico internacional. El simposio representa una valiosa oportunidad para establecer y consolidar colaboraciones internacionales que beneficiarán a nuestros estudiantes e investigadores, potenciando así el ecosistema de investigación en materiales avanzados en nuestro país.

#### 6.8.4 Otros eventos co-organizados

- Coordinador científico: XII Latin American Workshop on Magnetism, Magnetic Materials, & their Applications (LAW3M), 16 October 2023 – 20 October 2023, Puerto Varas, Chile.Cancun 2025

#### 6.9 Reconocimientos y Asociaciones

Mi trayectoria profesional ha sido reconocida a través de diversas distinciones y membresías en organizaciones científicas de prestigio, que reflejan mi compromiso con la excelencia académica y la contribución al avance del conocimiento en mi campo:

**Investigador Senior, Minciencias:** Este reconocimiento, otorgado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia, valida mi continua contribución a la producción científica de alto impacto, la formación de investigadores y el fortalecimiento del ecosistema de ciencia y tecnología del país.

**Miembro de Materials Research Society (MRS):** Mi pertenencia a esta sociedad internacional me permite mantenerme a la vanguardia en el campo de los materiales, participar

en redes de colaboración global y contribuir al intercambio de conocimientos en un área fundamental para el desarrollo del nanomagnetismo y las tecnologías cuánticas.

**Miembro de American Physical Society (APS):** Como miembro de esta prestigiosa sociedad científica, formo parte de una comunidad global dedicada al avance y difusión del conocimiento en física. Esta membresía facilita mi participación en conferencias internacionales, el acceso a publicaciones especializadas y la colaboración con investigadores líderes en mi campo.

Estas afiliaciones no solo representan un reconocimiento a mi trabajo, sino que también constituyen plataformas fundamentales para ampliar el alcance e impacto de mi investigación, establecer colaboraciones internacionales y contribuir al posicionamiento de Colombia en el panorama científico global.

## **6.10 El Grupo de Nanociencia y Fenómenos Cuánticos: Una Historia de Éxito Académico**

### **6.10.1 Orígenes y Establecimiento**

En enero de 2019, decidí fundar el grupo de investigación sobre Nanociencia y Fenómenos Cuánticos. Esta iniciativa surgió de la necesidad de establecer en Colombia un grupo especializado que no solo comprendiera la naturaleza fundamental de estos fenómenos, sino que también desarrollara métodos innovadores para controlar dichas propiedades, con el objetivo final de generar aplicaciones revolucionarias en áreas críticas como la energía y la electrónica.

### **6.10.2 Crecimiento y Reconocimiento Temprano**

Siendo yo el único profesor formal dentro del grupo, he logrado cultivar un equipo diverso y altamente productivo. En poco tiempo, el grupo adquirió reconocimiento formal por Minciencias (antes Colciencias), obteniendo la categoría C en la convocatoria 894 de 2021, un logro notable para un grupo con apenas dos años de existencia.

Este reconocimiento no llegó por casualidad. En un período extraordinariamente corto, el grupo cumplió con todos los requisitos establecidos para ser reconocido como un grupo de investigación formal en Colombia, incluyendo:

- Producción significativa de nuevo conocimiento (más de 4 productos en solo 24 meses)
- Desarrollo de productos de apropiación social del conocimiento
- Ejecución simultánea de múltiples proyectos de investigación
- Formación de recursos humanos en ciencia, tecnología e innovación

### **6.10.3 Un Enfoque Multifacético a la Investigación**

El grupo, bajo mi liderazgo, ha establecido tres líneas de investigación principales:

1. Computación Neuromórfica: Explorando nuevas formas de procesamiento de información inspiradas en el funcionamiento del cerebro humano.
2. Control de transiciones de fase mediante desorden: Investigando cómo el desorden puede afectar y controlar las transiciones de fase en materiales.
3. Nanopartículas de materiales óxidos: Desarrollando y caracterizando nanopartículas con propiedades únicas para diversas aplicaciones.

Esta diversidad temática ha permitido al grupo abordar problemas fundamentales y aplicados, generando conocimiento de vanguardia en áreas emergentes de la física y la ciencia de materiales.

#### **6.10.4 Producción Científica Excepcional**

Quizás el indicador más impresionante del éxito del grupo es su extraordinaria productividad académica. En aproximadamente cuatro años desde su fundación, el grupo ha publicado más de 20 artículos en revistas científicas internacionales de alto impacto, incluyendo prestigiosas publicaciones como:

- Physical Review Materials
- Scientific Reports
- Journal of Magnetism and Magnetic Materials
- Nanoscale
- Physical Review B

Esta producción científica se encuentra muy por encima del promedio para grupos emergentes en Colombia. La calidad de estas publicaciones también es destacable, con contribuciones significativas al entendimiento de fenómenos como el ferromagnetismo controlado por deformación en nanopartículas de  $\text{BiFeO}_3$ , la dinámica de magnetización en manganitas dopadas con praseodimio, y las propiedades electrónicas y magnéticas controladas mediante desorden en nanopartículas de  $\text{V}_2\text{O}_5$ .

#### **6.10.5 Formación de Talento Humano**

Un componente central de la filosofía del grupo ha sido la formación de la próxima generación de científicos. Bajo mi dirección, el grupo ha acogido a diversos estudiantes de pregrado y posgrado, quienes han desarrollado trabajos significativos que han resultado en tesis de grado y publicaciones científicas.

Entre 2020 y 2023, he dirigido al menos siete trabajos de grado de pregrado y posgrado en temas como:

- Detección de polarones en óxido de vanadio reducido
- Simulación de la dinámica de magnetización en manganitas
- Confinamiento del pentóxido de vanadio y la influencia del tamaño en sus propiedades ópticas
- Nanopartículas magnéticas para aplicaciones en tratamientos oncológicos

Este compromiso con la formación ha permitido que estudiantes a nivel de pregrado participen en investigaciones de alto nivel, coautorando publicaciones científicas en revistas internacionales, lo que representa una oportunidad excepcional para su desarrollo académico y profesional.

#### **6.10.6 Innovación y Desarrollo Tecnológico**

El grupo no se ha limitado a la investigación fundamental, sino que ha buscado activamente aplicaciones prácticas de sus descubrimientos. Esto se evidencia en el desarrollo de una innovación de proceso titulada "Quantum systems and methods for making and using thereof" en 2021, y la solicitud de una patente relacionada con sistemas cuánticos.

Esta patente, que propone un sistema orgánico que acopla de forma mecánica y magnética nanopartículas de BiFeO<sub>3</sub> para crear estados entrelazados de sus momentos magnéticos controlables eléctricamente, demuestra el potencial de transferencia tecnológica del grupo.



Figura 6.10.1: Resumen de post de Facebook de la cuenta de Minciencias, destacando la participación del Laboratorio de Nanomagnetismo.

## 6.10.7 Proyección Nacional e Internacional

He representado al grupo en numerosos eventos científicos nacionales e internacionales, participando como ponente magistral en conferencias como:

- International Workshop on Ceramics Nanomaterials, Magnetism and Cryogenics (Medellín, 2022)
- Neuromorphic lecture series (San Diego, 2022)
- Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (2020)
- Latin-American tutorial of magnetism (2021)

Estas participaciones han aumentado la visibilidad del grupo y han facilitado colaboraciones internacionales con instituciones como la Universidad de California San Diego, la Universidad Nacional La Plata en Argentina, y la Universidad de Chile.

## 6.10.8 Divulgación Científica y Apropiación Social del Conocimiento

El grupo ha mostrado un compromiso importante con la divulgación científica, evidenciado por mi participación en iniciativas como el podcast "Senecast" para la divulgación de la ciencia, y charlas orientadas al público general como "Fenómenos cuánticos en sistemas de baja dimensionalidad" y "La Física y la industria 4.0".

Estas actividades forman parte de una estrategia más amplia para acercar los complejos temas del magnetismo, la nanociencia y los fenómenos cuánticos a la sociedad colombiana.

## 6.10.9 Anfitrión de Investigación Estratégica

**Marzo 2025:** Presentación de infraestructuras de investigación estratégicas a la Ministra de Ciencias. Recibí a la Ministra Yesenia Olaya Requene en el laboratorio de nanomagnetismo bajo mi dirección, donde presenté los avances en investigación de nanociencia y tecnologías

cuánticas. Durante la visita, expuse la propuesta para la Convocatoria 36 del Sistema General de Regalías enfocada en tecnologías cuánticas y computación neuromórfica, destacando el potencial de colaboración interregional y el impacto esperado en ocho departamentos del país. Esta actividad contribuyó al posicionamiento del departamento de Física y la Universidad de los Andes como referentes nacionales en investigación de frontera, fortaleciendo las relaciones institucionales con el Ministerio de Ciencias y aumentando la visibilidad de nuestras capacidades científicas y tecnológicas.

## 7. Reflexión Final y Visión como Profesor Titular

Este proceso de evaluación para ascenso ha representado una valiosa oportunidad, no solo para documentar una trayectoria, sino para realizar una introspección profunda sobre mi quehacer académico y mi rol en la Universidad de los Andes. He desarrollado prácticamente toda mi carrera en esta institución, un entorno que valoro profundamente por fomentar no solo la excelencia científica, sino también un carácter que resuena con principios que considero fundamentales. La Universidad, en su búsqueda de la formación integral y el pensamiento crítico, a menudo evoca el legado de figuras como Séneca, y encuentro en los principios estoicos –como el enfoque en la virtud, la razón, la mejora continua y el servicio a la comunidad– un eco de mis propias aspiraciones personales y profesionales. Este camino en la Universidad me ha enseñado la importancia de la ataraxia profesional: la serenidad que proviene de enfocar los esfuerzos en aquello que podemos controlar –nuestra dedicación, nuestro rigor, nuestra respuesta a los desafíos– y aceptar con ecuanimidad los resultados, siempre con la vista puesta en el bien mayor y el progreso del conocimiento.

Parte integral de este camino ha sido una reflexión constante sobre mi práctica docente. Lejos de ser un ejercicio puntual para este dossier, la autoevaluación y la búsqueda de mejora en mi labor pedagógica han sido una constante. Las evaluaciones estudiantiles, especialmente aquellas que señalan áreas de oportunidad en la coherencia o gestión de mis cursos magistrales, han sido catalizadores importantes. Si bien es gratificante el reconocimiento al dominio de la materia, he comprendido que la transmisión efectiva del conocimiento y la creación de un ambiente de aprendizaje óptimo requieren una atención diligente y continua a la estructura, la metodología y la retroalimentación. Este dossier, en su Sección 4, detalla no solo los logros, sino también los momentos de aprendizaje y las estrategias implementadas a lo largo de mi carrera para abordar estos desafíos docentes, evidenciando un compromiso sostenido con el perfeccionamiento de mi rol como educador.

Con esta perspectiva, este documento ha detallado los logros alcanzados en la investigación, la docencia y el desarrollo institucional. Esta sección final busca sintetizarlos en un argumento cohesionado que sustenta mi aspiración a la categoría de Profesor Titular y delinea mi visión para la próxima etapa de mi carrera académica, donde estos principios de mejora continua y servicio seguirán siendo mi guía.

### 7.1 Argumento para la Titularidad: Una Trayectoria Integrada de Impacto y Liderazgo

Mi carrera en la Universidad de los Andes, institución que ha sido mi hogar académico principal, se define por una búsqueda constante de la excelencia, el impacto y la contribución significativa. Considero que mi perfil demuestra las cualidades esperadas de un Profesor Titular, fundamentado en la integración de mis logros:

1. **Consolidación de un Área de Investigación Estratégica:** He sido líder en el desarrollo y consolidación del área de materia condensada experimental dentro del Departamento. El grupo y laboratorio de Nanociencia y Fenómenos Cuánticos que fundé y lidero se ha posicionado como un referente nacional e internacional, evidenciado por una producción científica sostenida y de alto impacto (más de 60 publicaciones, +2700 citaciones, índice h de 23), y el reconocimiento en publicaciones de primer nivel.
2. **Innovación Constante y Compromiso con la Excelencia Docente:** Mi dedicación a la docencia va más allá de los cursos, manifestándose en una innovación pedagógica continua y la creación proactiva de recursos para enriquecer el aprendizaje. He desarrollado tres cursos electivos avanzados (Sección 4.1) que integran la investigación de

frontera en el currículo, y he creado materiales didácticos diversos, incluyendo simulaciones interactivas, notas de clase estructuradas y un repositorio de recursos audiovisuales (Secciones 4.4, 6.2.6). Mi compromiso con la mejora se refleja en la adaptación de metodologías de enseñanza y evaluación, como la modernización de los laboratorios de docencia (Sección 6.2), la implementación de herramientas como Gradescope (Sección 4.5), y la realización de proyectos experimentales especiales con estudiantes de cursos introductorios (Sección 4.9), fomentando el pensamiento crítico y la aplicación práctica del conocimiento desde el inicio de su formación.

3. **Formación de Escuela y Multiplicación del Talento:** Mi filosofía de integrar investigación y docencia ha cristalizado en la formación de una verdadera escuela de pensamiento. La dirección de 26 tesis en todos los niveles, y el logro de que estudiantes publiquen como autores principales en revistas internacionales y accedan a programas doctorales de prestigio, demuestran un compromiso efectivo con la formación de capital humano avanzado y la creación de un semillero de investigadores.
4. **Liderazgo Institucional con Impacto Transformador:** Mi compromiso con la Universidad trasciende el laboratorio y el aula. A través de roles de coordinación (Posgrado, Laboratorios, Comunicaciones), he impulsado iniciativas con impacto duradero: la modernización integral de los laboratorios de docencia, la reforma estratégica de la Maestría en Física para asegurar su competitividad y relevancia, y el establecimiento de convenios internacionales clave (ESPCI París, U. de Zaragoza) que potencian la proyección global de nuestros estudiantes y programas.
5. **Capacidad Demostrada en Gestión de Recursos y Redes:** La consecución del proyecto de regalías por \$36.5 mil millones, un hito sin precedentes para la Universidad, subraya mi capacidad para concebir y gestionar iniciativas de gran escala, asegurar financiación externa sustancial y articular redes complejas. Paralelamente, la co-fundación y el impulso a la Asociación Latinoamericana de Magnetismo (ALMA) demuestran mi liderazgo en la construcción de comunidad científica regional.
6. **Visión Interdisciplinaria y Compromiso con la Sociedad:** Mi trabajo busca activamente tender puentes entre la física fundamental y las aplicaciones tecnológicas con impacto social, como se refleja en la investigación orientada a computación cuántica y neuromórfica, y en esfuerzos de divulgación como el podcast Senecast para comunicar la ciencia a audiencias amplias.

Estos logros no son elementos aislados, sino facetas de una visión académica integral donde la investigación nutre la docencia, la formación de talento potencia la capacidad investigativa, y el liderazgo institucional crea las condiciones de excelencia.

## 7.2 Visión y Compromisos como Profesor Titular

La promoción a Profesor Titular no es un fin, sino la plataforma desde la cual aspiro a consolidar mi contribución a la Universidad y a la comunidad en general. Mi visión para los próximos años se enfoca en profundizar la integración entre investigación, docencia y desarrollo institucional, asumiendo los siguientes compromisos:

- **En Investigación:** Consolidar el Laboratorio de Nanomagnetismo como un centro de excelencia de referencia internacional, expandiendo las líneas de investigación hacia nuevos desafíos en materiales cuánticos y computación neuromórfica, apalancado en los recursos del proyecto SGR. Incrementaré el número de estudiantes doctorales bajo mi supervisión y fortaleceré las colaboraciones estratégicas con centros de investigación de primer nivel en Europa y Estados Unidos. Mi meta es que nuestras investigaciones no solo avancen la frontera del conocimiento, sino que contribuyan tangiblemente a soluciones para la transición energética y el liderazgo tecnológico de Colombia.

- **En Docencia:** Reconociendo las oportunidades de mejora señaladas en las evaluaciones estudiantiles, particularmente en coherencia y gestión de clase, me comprometo firmemente a transformar mi práctica pedagógica. Esto incluye:
  - Participar activamente en programas de formación docente ofrecidos por la Universidad.
  - Rediseñar la estructura de mis cursos, especialmente los magistrales, implementando cronogramas detallados, expectativas claras y una mejor integración de herramientas como Bloque Neón.
  - Incorporar metodologías de aprendizaje activo y herramientas tecnológicas interactivas (como las simulaciones ya desarrolladas) para complementar las clases teóricas.
  - Implementar mecanismos sistemáticos de retroalimentación formativa a lo largo del semestre.
  - Buscar un equilibrio más efectivo entre mis responsabilidades docentes, investigativas y de gestión para dedicar el tiempo necesario a la preparación y mejora continua de mis cursos. Mi objetivo es no solo transmitir conocimiento, sino inspirar vocaciones científicas y desarrollar plenamente el potencial de cada estudiante, a través de una docencia rigurosa, organizada y estimulante. Desarrollaré nuevos cursos electivos experimentales en tecnologías cuánticas y difracción de rayos X para enriquecer la oferta formativa.
- **En Desarrollo Institucional y Liderazgo:** Continuaré aportando activamente al fortalecimiento de nuestros programas de posgrado, buscando nuevas oportunidades de internacionalización y colaboración. Apoyaré la formulación e implementación de políticas que impulsen la investigación de alta calidad en física y ciencias afines. Estableceré mecanismos más robustos para la vinculación entre la academia y el sector productivo en áreas de alta tecnología. Participaré en comités y asumiré roles de liderazgo que contribuyan a la misión universitaria, mentorizando a colegas más jóvenes y fomentando una cultura de colaboración y excelencia. Fortaleceré la formación de investigadores a través de la dirección rigurosa de tesis, la creación de semilleros y la vinculación temprana de estudiantes a proyectos.

La Universidad de los Andes me ha brindado un entorno excepcional para mi desarrollo profesional y personal. Agradezco profundamente esta oportunidad y reafirmo mi compromiso de retribuir mediante una labor dedicada y de alto impacto. Como Profesor Titular, aspiro a que mi trabajo no solo mantenga los estándares de excelencia de nuestra institución, sino que contribuya activamente a elevarlos, posicionando a la Universidad como un referente global en áreas científicas y tecnológicas cruciales para el progreso sostenible de Colombia y del mundo.

## 8. Lista de Anexos

A continuación, se presenta una lista de anexos y documentos de soporte que complementan y evidencian la información presentada en este dossier. Los documentos se encuentran en:

<https://shorturl.at/ly2SI>

### A. Hoja de Vida y Soportes Generales

1. **Hoja de Vida Formal (Formato Institucional/CvLAC):** Copia actualizada del CV en el formato requerido por la universidad y/o el CvLAC de Minciencias.
  - *Propósito:* Verificación formal de datos básicos, trayectoria, formación y producción registrada en sistemas oficiales.
2. **Resoluciones o Certificados de Nombramientos:** Copias de las resoluciones de nombramiento como Profesor Asistente y Asociado, y certificados de cargos administrativos (Coordinaciones).
  - *Propósito:* Soporte de la trayectoria profesional y administrativa en la Universidad (Sección 1, Sección 6.1).
3. **Evaluaciones Trieniales:** Informes oficiales de las evaluaciones de desempeño trienales realizadas por la Universidad.
  - *Propósito:* Documentar formalmente la evaluación institucional periódica del desempeño académico integral.
4. **Certificado de Investigador Senior Minciencias:** Copia del certificado o resolución que acredita la categoría (mencionado como desde 2018 en Hoja de Vida).
  - *Propósito:* Evidencia del reconocimiento externo como investigador (Sección 1, Sección 6.9).

### B. Docencia (Soporte Sección 4)

5. **Programas de Cursos (Syllabi):** Copias de los programas oficiales de los cursos impartidos, especialmente los de nueva creación (Magnetismo, Difracción RX, Espectroscopía - Sección 4.1).
  - *Propósito:* Demostrar el contenido, objetivos, metodologías y bibliografía de los cursos dictados y creados.
6. **Evaluaciones Docentes Completas:** Reportes completos de las evaluaciones de estudiantes para los cursos impartidos (idealmente proporcionados por la institución), incluyendo comparativos si es posible.
  - *Propósito:* Sustentar el análisis de desempeño docente (Figuras 4.6.1, 4.6.2), fortalezas y áreas de mejora presentadas (Sección 4.6), y la discusión de momentos específicos (Sección 4.7). Incluir evidencia de la encuesta *midterm* (Sección 4.7.3).
7. **Material Didáctico Innovador (Muestra):** Ejemplos seleccionados de guías de laboratorio adaptativas (Sección 6.2.4), notas de clase estructuradas (Figura 4.6.8), enlaces a simulaciones (Figura 4.6.7), y acceso/muestra de los videos de apoyo docente (Sección 4.4 y Tabla 4.4.1).
  - *Propósito:* Ilustrar las innovaciones pedagógicas y la calidad del material desarrollado.
8. **Listado y Resumen de Tesis Dirigidas:** Copia de las actas de sustentación o certificados de dirección de las tesis listadas (Tabla 4.9.1). Incluir portada y resumen de tesis destacadas (Sección 4.9.1).
  - *Propósito:* Evidenciar la labor de formación de escuela y mentoría.
9. **Evidencia de Proyectos Experimentales, Teóricos y Computacionales (Sección 4.3):** Una vez completada, incluir listado final y quizás resúmenes o informes de los proyectos más relevantes (Tabla 4.3.1).
  - *Propósito:* Documentar la guía en proyectos de iniciación a la investigación.
10. **Evidencia Proyectos Especiales (Balanza Watt, Blackbird):** Fotografías, informes finales de los estudiantes, enlace a los videos mencionados.
  - *Propósito:* Documentar las iniciativas especiales con estudiantes de cursos introductorios (Sección 4.8).

### C. Producción Académica (Soporte Sección 5)

11. **Artículos Publicados (PDFs):** Copias en PDF de los artículos listados en la Sección 5.4, especialmente los publicados desde la última promoción y aquellos donde estudiantes son coautores.
  - *Propósito:* Evidencia directa de la producción científica declarada.
12. **Certificados o Comunicaciones de Proyectos Financiados:** Cartas de adjudicación, contratos o certificados de los proyectos listados (Tabla 5.7.1), especialmente del proyecto SGR (Sección 5.8) y otros relevantes (Minciencias, H2020, FAPA, Gobernación, etc.).

- *Propósito:* Sustentar la obtención de financiación externa e interna.
- 13. **Evidencia de Charlas Invitadas:** Programas de conferencias, cartas de invitación o certificados de participación como ponente invitado (Tabla 5.6.1).
  - *Propósito:* Demostrar el reconocimiento y la visibilidad internacional (Sección 5.6).
- 14. **Solicitud de Patente:** Copia de la solicitud de patente "Sistemas Cuánticos y Métodos para su Fabricación y Uso".
  - *Propósito:* Evidenciar la actividad de innovación y transferencia tecnológica (Sección 1, 2.3, 6.10.6).
- 15. **Reporte de Citaciones:** Reporte actualizado de Google Scholar, Scopus o Web of Science que soporte los indicadores bibliométricos presentados (Secciones 5.3, 5.10 y Figuras/Tablas asociadas).
  - *Propósito:* Verificar el impacto científico declarado.
- 16. **Cartas de Recomendación Emitidas (Listado/Resumen):** Un listado detallado (quizás anonimizado si es necesario por confidencialidad) que soporte el análisis de la Figura 5.11.2 y Tabla 5.11.1.
  - *Propósito:* Documentar la actividad de apoyo a la comunidad académica (Sección 5.11.4).
- 17. **Evidencia de Rol Editorial (JMMM):** Comunicación oficial, captura de pantalla de la página web de la revista, etc., que confirme el rol en el comité editorial.
  - *Propósito:* Sustentar el reconocimiento como experto en el campo (Sección 5.11.5).
- 18. **Evidencia de Actividad como Referí:** Reportes de plataformas como Web of Science (Publons), o correos de agradecimiento de editoriales (muestra representativa) que soporten la Figura 5.11.1.
  - *Propósito:* Documentar la contribución a la evaluación por pares (Sección 5.11).

#### **D. Desarrollo Institucional y Compromiso (Soporte Sección 6)**

- 19. **Actas o Comunicaciones de Coordinaciones:** Muestra de actas de reunión, informes de gestión o comunicaciones relevantes de las coordinaciones ejercidas (Laboratorios, Posgrado, Comunicaciones, Co-laboratorios) que soporten la Tabla 6.1.1.
  - *Propósito:* Evidenciar las tareas y logros en roles de liderazgo administrativo.
- 20. **Documentos de Reforma Curricular (Maestría):** Copia de la propuesta de reforma aprobada, actas del comité de reforma, comunicaciones relevantes.
  - *Propósito:* Sustentar el liderazgo en la reforma del programa de maestría (Sección 6.3.1).
- 21. **Convenios de Doble Titulación (ESPCI, Zaragoza):** Copia de los convenios firmados o comunicaciones oficiales sobre su estado.
  - *Propósito:* Evidenciar el logro en internacionalización de programas (Secciones 6.3.2, 6.3.3).
- 22. **Evidencia de Participación como Jurado/Evaluador:** Cartas de invitación, certificados o comunicaciones como jurado de tesis o evaluador de propuestas (Banco República, Minciencias, PICT, etc.).
  - *Propósito:* Demostrar el servicio a la comunidad científica nacional e internacional (Secciones 6.4, 6.5).
- 23. **Evidencia de Actividades ALMA:** Programas de webinars, tutoriales, página web, comunicaciones de la asociación.
  - *Propósito:* Documentar el liderazgo y participación en la red latinoamericana (Sección 6.6).
- 24. **Podcast Senecast (Enlace y Muestra):** Enlace al podcast y quizás transcripción o resumen de episodios relevantes.
  - *Propósito:* Evidenciar las actividades de divulgación científica (Sección 6.7).
- 25. **Evidencia de Organización de Eventos (CS3M, MMM, IMRC, LAW3M):** Programas de los eventos, páginas web, listas de comités, cartas de nombramiento.
  - *Propósito:* Sustentar el liderazgo en la organización de eventos científicos (Sección 6.8).
- 26. **Certificados de Membresías (MRS, APS):** Copia de certificados o carnets de membresía.
  - *Propósito:* Documentar la pertenencia a asociaciones profesionales relevantes (Sección 6.9).
- 27. **Evidencia de Visita Ministra de Ciencias:** Fotografías (si disponibles y apropiadas), comunicaciones oficiales, notas de prensa.
  - *Propósito:* Ilustrar el rol como anfitrión de investigación estratégica (Sección 6.10.9).