

# HISTORIAL CIENTÍFICO, ACADÉMICO Y CURRICULUM VITAE

Candidato:

**PABLO MARTÍNEZ RUIZ DEL ÁRBOL**

## **Oferta de Empleo Público 2021: Universidad de Cantabria**

Concurso 6/21:	Profesor Titular de Universidad
Area de conocimiento:	Física de Altas Energías
Departamento:	Física Moderna
Perfil Docente:	Asignaturas propias del área
Perfil Investigador:	Física experimental de Altas Energías

# Historial Científico

## 1.1. Introducción y notas preliminares

Mi carrera investigadora se enmarca en el contexto de la Física Experimental de Altas Energías y más concretamente, se encuentra ligada al experimento Compact Muon Solenoid (CMS) del Large Hadron Collider (LHC) instalado en el CERN. La política interna de estas grandes colaboraciones establece que la autoría de las publicaciones, más de 1000 en el caso de CMS, pertenece a todos los miembros de la colaboración, apareciendo en orden alfabético en los artículos. Por este motivo soy autor formal de todas esas publicaciones y poseo un h-index de 162. En este curriculum se aportan como méritos un total de 60 artículos en revistas del primer tercil (primer cuartil en su mayoría) y contribuciones a 2 libros, correspondientes a aquellos trabajos en los que he tenido una contribución directa y significativa.

## 1.2. Líneas de investigación

Mi trayectoria puede dividirse cronológicamente en tres grandes bloques: el periodo pre-doctoral (2005-2010) en el Instituto de Física de Cantabria (IFCA), el periodo post-doctoral (2010-2017) en el Instituto Tecnológico Federal Suizo en Zürich (ETHZ), y el periodo de Ramón y Cajal en el IFCA (2017-presente). Durante este tiempo he desempeñado posiciones de liderazgo en el *commissioning* del sistema de muones de CMS; análisis de búsqueda de Supersimetría (SUSY) y otros modelos exóticos; diseño y construcción del MIPs Timing Detector (MTD); y desarrollo de la técnica de Tomografía Muónica. A lo largo de estos años he participado en un total de 16 proyectos de investigación y he tenido contribuciones en 45 congresos nacionales e internacionales.

### 1.2.1. *Commissioning* del sistema de muones de CMS (2005-2010)

Comencé mi doctorado en el IFCA con una ayuda para la realización de tesis doctorales otorgada por el CSIC. En este periodo tuve un papel de liderazgo en las actividades de *commissioning* del sistema de muones de CMS, con contribuciones en la calibración de las cámaras de tubos de deriva, el desarrollo de algoritmos de reconstrucción de muones

y el desarrollo de algoritmos de alineamiento para el sistema de muones. Las primeras geometrías alineadas usadas por el detector CMS en el comienzo del LHC fueron producidas por mí. La Colaboración CMS me otorgó el premio *CMS Outstanding achievement award* y la Universidad de Cantabria (UC) el premio Extraordinario de doctorado por estos trabajos.

### 1.2.2. Búsquedas de Supersimetría con el detector CMS (2010-presente)

En el año 2010 me incorporé a la prestigiosa ETH Zürich y comencé a trabajar en búsquedas de Supersimetría (SUSY). Durante este tiempo he liderado a un grupo de postdocs y estudiantes de varias instituciones en búsquedas de SUSY con leptones del mismo sabor y signo opuesto. También he contribuido a otras búsquedas de SUSY, como las búsquedas con leptones del mismo signo, o búsquedas hadrónicas utilizando la variable  $MT_2$ . Durante este periodo fui elegido en dos ocasiones para representar a CMS en la conferencia ICHEP (2012 y 2014) y también se me fue concedido el privilegio de presentar los primeros resultados públicos de la colaboración relacionados con búsquedas de SUSY a una energía de 13 TeV, en el prestigioso *LHC Cern Seminar*. También fui elegido co-coordinador del grupo de *Trigger, Montecarlo e Interpretaciones* del grupo de SUSY de CMS, estando a cargo del diseño e implementación de las estrategias de trigger y simulación de todo el grupo. Finalmente, la colaboración me eligió también como co-coordinador del grupo de búsquedas de tercera generación, contribuyendo activamente en varios de sus análisis.

### 1.2.3. Búsquedas *exóticas* con el detector CMS (2017-presente)

En 2017 me incorporé al IFCA como investigador Ramón y Cajal y comencé a trabajar en búsquedas de Materia Oscura. Desde entonces lideré las búsquedas de Materia Oscura en asociación con quark(s) top, en las que co-dirigido una tesis doctoral y estoy co-dirigiendo otra actualmente. Durante este periodo fui seleccionado para dar una charla plenaria con las búsquedas de Materia Oscura de CMS en la conferencia *LHC Split Days*, entre otras. Recientemente, he comenzado una búsqueda de partículas de larga vida media en estados finales con leptones, en la que me encuentro co-dirigiendo otra tesis doctoral.

### 1.2.4. El detector MTD de CMS (2017- presente)

En 2018 comencé a trabajar en el proyecto para instalar un nuevo detector de tiempo, el MTD, en CMS. En el año 2019 fui elegido como representante español en el *Institutional Board* y en el *Financial Board* de dicho detector. También fui elegido como coordinador de los análisis de física del detector de cara a la elaboración del *Technical Design Report* (TDR). En este contexto, tuve varias contribuciones en análisis de búsqueda de partículas

de larga vida media y también en el análisis de producción de pares de Higgs, usando siempre el MTD para mejorar la *sensitividad* de los análisis. También fui el editor del capítulo de *Performance, Reconstruction and Physics* de dicho TDR. A finales del año 2019 fui elegido como co-coordinador L2 del grupo *Data Performance Group* (DPG) del MTD, estando a cargo de todo el software, simulación, reconstrucción y evaluación del desempeño del detector. En el año 2020 conseguí incluir al MTD en el software de *tracking* de CMS por primera vez. También en ese mismo año comencé las actividades para el ensamblado de módulos del MTD en el IFCA. En el año 2021 fui seleccionado para continuar como co-coordinador del MTD durante dos años más.

### 1.2.5. Muografía (2015-presente)

En el año 2015, cofundé la compañía Muon Systems con el objeto de aplicar la muografía a problemas de la industria. Durante los años 2015 a 2017 tuve varias contribuciones como consultor tanto en el desarrollo de algoritmos de reconstrucción como en la fabricación de detectores de muones. Desde el año 2017, he sido pionero a nivel mundial en la aplicación de esta técnica, habiendo sido invitado a importantes foros como la *Royal Society* o la Agencia Internacional de la Energía Atómica (AIEA), como representante español. En este contexto soy editor del documento técnico que la AIEA está elaborando para ofrecer como recomendación a sus países miembros en lo que se refiere a la muografía. Durante este periodo he tenido varias contribuciones a *workshops* y conferencias y he sido invitado a varios seminarios. También he sido Investigador Principal de un proyecto en el contexto de un convenio entre Muon Systems y la Universidad de Cantabria. Actualmente soy Investigador Principal de un proyecto para producir simulaciones ultrarápidas en el contexto de la muografía utilizando redes generativas adversarias. Finalmente, soy también miembro de la colaboración internacional MODE, que busca la aplicación de técnicas de *differential programming* para la optimización del diseño de detectores de partículas y concretamente en el contexto de la muografía.

# Historial Académico

## 2.1. Introducción

Mi experiencia docente comenzó en el año 2010 cuando, después de doctorarme, ingresé como profesor asistente e investigador postdoctoral en el Instituto Tecnológico Federal Suizo en Zúrich (ETHZ) y ha continuado desde el año 2017, en el que me incorporé a la Universidad de Cantabria (UC) como Investigador Ramón y Cajal. A día de hoy he impartido un total de 900 horas de docencia: 456 en la ETHZ y 444 en la Universidad de Cantabria, cubriendo un total de 12 cursos académicos y 10 asignaturas diferentes. También he dirigido una tesis doctoral, 5 Trabajos de Fin de Grado y 7 Trabajos de Fin de Máster.

Mi actividad docente ha estado vinculada al grado de Física o a cursos de postgrado (Máster) en Física de Partículas y del Cosmos o de Ciencia de Datos. En este sentido ha existido y existe una vinculación entre mi actividad investigadora como físico de partículas experimental experto en análisis de datos y mi actividad docente. También me gustaría resaltar que he tenido experiencia docente tanto en los primeros cursos de grado como en los últimos, dando asignaturas de laboratorio y también de teoría. Toda mi actividad docente ha estado contenida en programas de evaluación de la calidad docente.

## 2.2. Docencia en la ETH Zürich

Toda la docencia impartida en la ETHZ tuvo como lengua oficial el Inglés. El total de horas de clase asciende a 456. A las clases presenciales hay que añadir la dirección de un Trabajo de Fin de Máster relacionado con una de las búsquedas de SUSY en las que trabaja en ese momento, tal y como se detalla en el curriculum anexo a este historial.

### **2.2.1. Docencia de grado en asignaturas de teoría**

#### **Physics I (Año 2011) - 24 horas y Physics II (Año 2012 y 2013) - 48 horas**

Estas asignaturas se corresponden con los cursos de introducción a la Física para estudiantes de primer año del grado de física. El reto principal de la asignatura consistía en el número de estudiantes que ascendía típicamente a unos 400 alumnos repartidos en clases de hasta 50 o 60, estando yo a cargo de una de ellas. La coordinación entre los diferentes miembros del equipo docente fue fundamental y destacable, manteniendo reuniones semanales para hacer que el progreso de la asignatura fuera uniforme. Cabe destacar que en la asignatura de Physics II obtuve una evaluación de mi actividad docente correspondiente con 4.6 / 5.0 y 4.8 / 5.0 (ver certificado de docencia de la ETH).

#### **Introduction to Nuclear and Particle Physics (Años 2011, 2014, 2015 y 2016) - 128 horas**

Esta asignatura se corresponde con el último curso (en la ETHZ) del grado de Física y cubre los principios básicos de la física nuclear y de partículas, especialmente desde una perspectiva experimental y fenomenológica. La conexión con mi ámbito de investigación es evidente lo cual siempre permitió la incorporación en las clases de material adicional directamente relacionado con los últimos avances en Física de Partículas. El número de alumnos ascendía a unos 30-40 por clase, dependiendo del año.

### **2.2.2. Docencia en grado en asignaturas de laboratorio**

#### **Physics Lab I (Año 2012, 2015 y 2016) - 192 horas**

Esta asignatura, obligatoria para los estudiantes de primer año de Física (en la ETHZ), tiene como reto también el gran número de alumnos (en torno a 400) lo cuál hacía necesaria la perfecta coordinación del equipo docente a través de reuniones bi-semanales. La asignatura introduce a los alumnos de primer año en las técnicas de laboratorio y sobre todo el tratamiento y análisis estadístico de los datos. De nuevo, esta disciplina, estuvo siempre en consonancia con mi actividad investigadora, usando continuamente ejemplos reales de mi experiencia para ilustrar la importancia del correcto análisis de los datos y su interpretación.

#### **Advanced Physics Lab I (Año 2014) - 64 horas**

Este laboratorio es obligatorio para los estudiantes de tercer año de Física (en la ETHZ). El laboratorio puede verse como una extensión del curso Physics Lab I, con experimentos más complejos y sofisticados y análisis de datos más elaborados.

## 2.3. Docencia en la Universidad de Cantabria

La docencia en la Universidad de Cantabria fue impartida en lengua española e inglesa. La valoración total obtenida por parte de la Universidad de Cantabria en cuanto a mi actividad docente es de 4.7/5.0 calificada como de MUY FAVORABLE. A las clases presenciales hay que añadir también la dirección de 5 Trabajos de Fin de Grado y 6 Trabajos de Fin de Máster con temáticas relacionadas siempre con mi trabajo investigador: desarrollo de ideas nuevas en el contexto de las búsquedas de SUSY o Materia Oscura, nueva algoritmia en el contexto de la Muografía, o instrumentación para el detector MTD. El curriculum anexo contiene una lista detallada de estos trabajos.

### 2.3.1. Docencia en grado en asignaturas de teoría

**Física de Partículas elementales (Años 2017, 2018, 2019, 2020, 2021) - 174 horas**

Esta asignatura, de la que soy responsable, pertenece al cuarto curso del grado en Física y está directamente relacionada con mi actividad investigadora al tener como contenidos la formulación matemática del Modelo Estándar de Física de Partículas.

**Mecánica Cuántica (Años 2020, 2021) - 50 horas**

Esta asignatura provee a los alumnos con los fundamentos teóricos y el formalismo matemático de la Mecánica Cuántica. La asignatura se encuentra muy relacionada con la de Física de Partículas elementales, así que resulta importante mantener una buena sincronización en términos de explicaciones y notaciones.

### 2.3.2. Docencia en grado en asignaturas de laboratorio

**Advanced Experimental Techniques (Años 2017, 2018) - 66.8 horas**

Esta asignatura, impartida en inglés, se cursa en cuarto año de grado y es muy similar a la asignatura de Laboratorio Avanzado impartida en la ETHZ. Cabe destacar que en esta asignatura yo fui responsable de un experimento relacionado con la detección de muones cósmicos de la que soy experto y que guarda relación con mis actividades de transferencia tecnológica además de investigadora.

### 2.3.3. Docencia en postgrado en asignaturas de teoría

#### **Máster de Ciencia de Datos (UC-UIMP) - Estadística para la Ciencia de Datos (Años 2017, 2018 y 2019, 2020 y 2021) - 89 horas**

Esta asignatura troncal del Máster de Ciencia de Datos da una introducción a conceptos estadísticos para el análisis de datos. Gracias a mi campo de especialización en el análisis de datos del LHC la asignatura proporciona ejemplos modernos aplicados a dicho campo entre otros. Cabe destacar también que participé en esta asignatura desde el comienzo del Máster habiendo creado todo el material docente.

#### **Máster de Física de Partículas y del Cosmos (UC-UIMP) - Modelo Estándar de Física de Partículas - 20 horas**

Esta asignatura, impartida en inglés, es una extensión de la asignatura “Física de Partículas Fundamentales”, incidiendo en aspectos concretos de la formulación matemática del Modelo Estándar y perteneciendo a mi ámbito de investigación.

## 2.4. Otros méritos docentes

### 2.4.1. Profesor del *CMS Data Analysis School* en Pisa

En el año 2012, CMS me seleccionó como profesor de la *CMS Data Analysis School* celebrada en Pisa. Esta escuela tiene como objetivo introducir a doctorandos y jóvenes postdocs en las técnicas de análisis del detector CMS. Mi contribución consistió en 32 horas de clase en las que introduje a un grupo de 10 estudiantes los fundamentos de las técnicas de búsqueda de Supersimetría. Con este objetivo, no sólo impartí las clases, sino que preparé un ejercicio completo e interactivo en el que los estudiantes podían hacer por sí mismos todos los pasos del análisis, de manera simplificada, cubriendo todos los aspectos del mismo.

### 2.4.2. Actividades de divulgación

En los últimos años he desarrollado también una intensa actividad divulgadora. He participado en eventos de alto impacto como *Pint of Science* o *Aquae Talent Hub*, en Cafés Científicos, tanto en Cantabria como fuera de la comunidad, y también soy miembro activo del programa de *Expandiendo la ciencia*, con más de siete charlas en colegios e institutos de la región, o en la Noche de los Investigadores organizada por la Universidad de Cantabria.