1 ACTIVIDAD DEL GRUPO INVESTIGADOR

La Unidad de Física de Partículas del CIEMAT viene desarrollando desde hace 25 años un Programa de Investigación en Física Experimental de Altas Energías íntimamente conectado con el Programa Experimental del LABORATORIO EUROPEO DE FÍSICA DE PARTÍCULAS (CERN, Ginebra, Suiza). Desde 1983 esta actividad se lleva a cabo dentro del contexto del PROGRAMA NACIONAL DE FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS integrado en el PLAN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO.

Las actividades de la Unidad de Física de Partículas tienen lugar en el marco de grandes colaboraciones internacionales y se fundamentan en una utilización amplia de los aceleradores, laboratorios, instalaciones y servicios del CERN. La ubicación de los sistemas de detección en las áreas de interacción de los aceleradores del CERN implica que una importante parte de la actividad investigadora deba necesariamente realizarse "in situ". La instalación, puesta a punto, mantenimiento y remodelación de los equipos de detección, los periodos de calibración y adquisición de datos, y los procesos de reducción y análisis de la información registrada requieren la presencia en Ginebra de un grupo significativo de investigadores y técnicos del CIEMAT durante periodos de tiempo prolongados.

Ha sido habitual en la Unidad de Física de Partículas simultanear la participación en varios experimentos. Más recientemente el progresivo aumento en la complejidad de los experimentos de física de altas energías ha favorecido la concentración de esfuerzos. Sin embargo, otra característica de los experimentos actuales, su larga duración, hace aconsejable para un grupo de la entidad de la Unidad de Física de Partículas del CIEMAT una cierta diversificación. De esta forma, mientras el experimento L3 se encuentra en plena fase de explotación científica de los datos de LEP con la activa participación de una parte de la Unidad en tareas de análisis, otra parte de la Unidad con experiencia en tareas de hardware prepara actualmente la fase de construcción de CMS. El previsible hueco para la actividad de análisis de datos en el periodo comprendido entre el final de la operación de LEP y el comienzo del LHC podrá cubrirse adecuadamente con la participación en el experimento AMS. Además del interés científico de cada uno de los experimentos, son estas consideraciones, junto con las de optimización de los recursos humanos disponibles, las que han contribuido a definir las líneas de actividad que actualmente desarrolla la Unidad. En lo que sigue se procederá a describir cada una de las tres líneas en más detalle.

EXPERIMENTO L3-LEP

La Unidad de Física de Partículas del CIEMAT tiene una larga experiencia en el campo de investigación al que se refiere el presente proyecto. Como se menciona a continuación, se ha participado de forma continuada a lo largo de los últimos años en experimentos realizados en las instalaciones mejor equipadas del mundo para estudiar la física de colisiones electrón - positrón a altas energías. La actividad investigadora se ha llevado a cabo en colaboración con otros grupos de científicos de reconocida calidad y prestigio a nivel internacional.

Durante el período 1981 - 1986 investigadores de la Unidad participaron en el Deutsches Elektronen Synchrotron (Laboratorio DESY, Hamburgo) en la operación, remodelación y análisis de datos del experimento MARK-J instalado en el anillo de colisiones PETRA y dirigido por el Prof. S.S.C. Ting, Premio Nobel de Física 1976, del Massachusetts Institute of Technology. Este experimento estudió los procesos de aniquilación electrón - positrón en el intervalo de energías $29 \leq \sqrt{s} \leq 47$ GeV. El resultado más importante de este experimento fué la identificación del agente propagador de la interacción fuerte: el *gluón*. En el MARK-J se hicieron tests fundamentales del Modelo Standard para las interacciones electrodébiles de Glashow, Weinberg y Salam y de QCD (Quantum Chromo Dynamics). Durante este período se publicaron 20 artículos en revistas internacionales y se realizaron 6 tesis doctorales.

El experimento L3, objeto de la presente propuesta, empezó a ser diseñado en 1981, y desde esa fase inicial de gestación a nivel conceptual la Unidad ha participado activamente. Se ha contribuido desde entonces de forma significativa no solamente al diseño, sino también a la construcción, operación y mantenimiento, toma de datos y análisis de los mismos, del experimento L3 en el anillo de colisiones LEP del CERN, que ha sido dirigido también por el Prof. S.C.C. Ting. En colaboración con el M.I.T., NIKHEF, la Universidad de Harvard y la Universidad de Nápoles, la Unidad construyó el detector central de muones. La aportación de la Unidad fue la fabricación de las 96 cámaras de deriva para la medida de la coordenada z, la construcción de las estructuras mecánicas de 48 cámaras destinadas a medir las coordenadas (r, ϕ), la fabricación de las 16 estructuras soporte de las cámaras de deriva, así como de componentes de los sistemas de alineamiento, monitorización y gases. La Unidad asumió la responsabilidad del ensamblaje e instalación del espectrómetro de muones en el área experimental P2 del CERN en la que se ubica el detector. Durante el período 1992 - 1995 la Unidad ha participado en la construcción de los espectrómetros de muones en la zona delantera, fabricando partes mecánicas estructurales y numerosos componentes.

Durante el período 1989 - 1995 el colisionador LEP operó en la región de energías dominada por el bosón vectorial Z^0, acumulándose un total de aproximadamente 4 millones de aniquilaciones. Entre los numerosos resultados obtenidos por L3 destaca la determinación del número de generaciones de fermiones, la medida ultraprecisa ($\approx 2 \times 10^{-5}$) de la masa del Z^0 y la predicción de la masa del quark *top*. Los experimentos en LEP han establecido la validez de la naturaleza mecano-cuántica (correciones radiativas electródébiles) del Modelo Standard con una extraordinaria precisión y han permitido contrastar las predicciones de QCD en una amplia variedad de procesos. Con estos datos se han publicado hasta la fecha más de 100 artículos en revistas internacionales de la especialidad y se han presentado 10 tesis doctorales.

A finales de 1995 LEP inició su funcionamiento a mayor energía ($\sqrt{s} \approx 130$ GeV) y se espera alcanzar en los próximos años $\sqrt{s} \approx 195$ GeV. La exploración de este nuevo rango de energías tiene un enorme potencial científico en vistas a la identificación de nuevas partículas e interacciones. LEP funcionará previsiblemente hasta el año 2000 y el análisis de los datos se prolongará hasta el año 2002.

La participación de la Unidad en la construcción del experimento L3 necesitó la identificación e integración de recursos dentro del CIEMAT y en empresas e industrias de ingeniería, fabricación de equipos y componentes y servicios. Algunas de estas entidades colaboradoras han podido, gracias a este proyecto, conocer las posibilidades tecnológicas e industriales del CERN así como introducirse en la relación de proveedores.

Investigadores formados en nuestra Unidad, a lo largo de este Proyecto, se encuentran actualmente desarrollando tareas académicas, o de investigación y desarrollo, en otras Universidades y Centros de Investigación y en empresas del sector informático.

La actividad desarrollada hasta la fecha por la Unidad en este proyecto ha estado financiada con cargo a los presupuestos del CIEMAT y a Proyectos de Investigación y Desarrollo del Programa Nacional de Altas Energías de la CICYT. Se ha hecho un importante esfuerzo para asegurar que la mayor parte de los fondos asignados a inversiones se destinaran a la adquisición de equipos, componentes y servicios, suministrados por entidades nacionales.

EXPERIMENTO CMS-LHC

La Unidad de Física de Partículas del CIEMAT realiza desde 1986 actividades investigadoras en experimentos en colisionadores hadrón - hadrón a altas energías.

Durante el período 1986-1990 investigadores de la Unidad participaron en el anillo de colisiones protón - antiprotón $SP\bar{P}S$ (Super Proton Antiproton Synchrotron) del CERN en la operación y análisis de datos del experimento UA1 y en un proyecto I + D para la remodelación de la calorimetría existente.

El proyecto I + D consistió en el diseño, construcción y evaluación en haces de prueba de prototipos de módulos calorimétricos "delanteros" (*forward*) y "muy delanteros" (*very forward*) a escala real, basados en uranio como material absorbente y cámaras de ionización conteniendo tetrametilpentano como elemento activo.

Producto del análisis de datos y del desarrollo y evaluación de los módulos calorimétricos construídos fueron 30 artículos aparecidos en revistas, 1 tesis doctoral y numerosas Notas Técnicas UA1.

Desde 1991 la Unidad participa en programas de I + D para el LHC, auspiciados por el Comité DRDC (Detector Research and Development Committee) del CERN.

Desde la Unidad se ha dirigido el proyecto de diseño, construcción de prototipos y evaluación en haces de prueba de módulos calorimétricos basados en hierro como material pasivo y cámaras de gas de planos paralelos como material activo. Esta investigación tenía como objetivo la calorimetría a pequeño ángulo en experimentos LHC y se desarrolló en el marco de los proyectos RD5 y RD37.

En enero de 1996 un miembro del CIEMAT fue nombrado por el portavoz de CMS, jefe del proyecto de calorimetría a bajo ángulo para CMS. Esta calorimetría consiste en fibras de cuarzo inmersas en bloques de cobre. Un grupo del CIEMAT ha participado en el diseño, construcción de prototipos, pruebas con haces de test y cálculos Monte-Carlo que se han integrado en el documento "The Hadron Calorimeter Project: Technical Design Report" (CERN/LHCC 97-31, June 1997), presentado al LHCC en Julio de 1997.

Paralelamente miembros del CIEMAT han intervenido en el proyecto de diseño y desarrollo del Sistema de Alineamiento de CMS y desde 1994 la Unidad participa en el proyecto de construcción de cámaras de deriva del Detector Central de Muones de CMS.

Además, la Unidad colaboró en la elaboración de la Carta de Intención de CMS (Compact Muon Solenoid, Octubre 1992) y en la posterior Propuesta Técnica

(CMS Technical Proposal, Diciembre 1994) para la construcción de dicho experimento. En diciembre de 1994 el Consejo del CERN aprobó la construcción del colisionador LHC y en enero de 1996 el Director General del CERN aprobó los experimentos propuestos: ATLAS y CMS.

Fruto de este periodo de I + D ha sido la publicación de 12 artículos en revistas, 25 Notas Técnicas (CMS, RD5 y RD37), 4 documentos DRDC, 6 documentos LHCC y una tesis doctoral.

La experiencia adquirida por la Unidad durante la construcción del espectrómetro de muones del experimento L3, ha sido decisiva en la elección de la actividad investigadora que se propone en este Proyecto de Investigación y Desarrollo. Al igual que en el caso de L3 este Proyecto requerirá la utilización de numerosos recursos del CIEMAT, no solo de la Unidad, sino también de los Programas de Electrónica y Automática e Ingeniería y la estrecha colaboración con empresas e industrias de ingeniería, fabricación de equipos y componentes y servicios. Algunas de estas entidades tienen ya experiencia en proyectos relacionados con los programas del CERN.

EXPERIMENTO AMS

La colaboración internacional que va a construir el experimento AMS (ALPHA MAGNETIC SPECTROMETER) está liderada por el Prof. Ting e integrada por Institutos de Investigación que participan en el experimento L3 en LEP. La Unidad de Física de Partículas considera que la participación en este Proyecto supone una oportunidad única, que va a permitir diversificar el campo de actividades y aplicar técnicas desarrolladas en experimentos en aceleradores al ámbito espacial. La posibilidad de potenciar la presencia española en el programa científico de la Agencia Europea del Espacio es muy positiva. En una primera fase, la Unidad desarrollará técnicas de calibración de subdetectores, paquetes de software de simulación, reconstrucción y análisis de datos. En esta fase se explorará la posibilidad de contribuir a la construcción de módulos para el experimento final.