

Diseño, calificación y ensamblaje del detector RICH de AMS-02 para la Estación Espacial Internacional

C. Díaz, M. Aguilar, J. Alcaraz, J. Berdugo, J. Casaus, C. Delgado, J. De Vicente, C. Díaz, L. García-Tabares, E. Lanciotti, C. Mañá, J. Marín, G. Martínez, M. Molla, C. Palomares, E. Sánchez, S. Sanz, N. Sevilla, F. Toral, A. Torrentó, C. Vazquez.

Todos los autores desde CIEMAT, avda. Complutense 22, 28040 Madrid.; e-mail: carlos.diaz@ciemat.es.

I. INTRODUCCIÓN

El detector RICH es uno de los múltiples subdetectores de los que está compuesto el experimento AMS-02¹, que se instalará en la Estación Espacial Internacional (ISS) a finales de 2007 por un periodo de al menos 3 años. El experimento tiene como objetivos principales detectar antimateria, indicios de materia oscura y profundizar en la física de los rayos cósmicos.

Los múltiples condicionantes en el diseño del detector derivados de su puesta en órbita provienen tanto de las limitaciones impuestas en su transporte como las que resultan de su propia operación en la ISS. AMS-02, con un volumen de 25 m³ y 6700 kg está diseñado para adaptarse a las dimensiones de la bodega del transbordador espacial y para soportar los efectos del despegue, que produce deformaciones debido a las aceleraciones estáticas, y vibraciones entre 20 y 2000 Hz, con niveles de 3,2 g que excitan las frecuencias propias y envejecen el detector. A lo largo de la vida del detector en la ISS la mayor de las restricciones es la falta de accesibilidad, lo que provoca que los sistemas deban aumentar su fiabilidad con redundancias y usar componentes con reducida tasa de fallos. Asimismo, dado que la energía necesaria para el funcionamiento del detector es obtenida de los paneles solares de la ISS, el diseño eléctrico debe minimizar el consumo (<2kW en el caso de AMS-02) y evitar las posibles interferencias electromagnéticas con los sistemas propios de la ISS. Por otra parte, el vacío que rodea al detector provoca que los componentes volátiles se evaporen y se condensen en las superficies más frías del detector. Esto, combinado con los elevados gradientes de temperatura debidos a la orientación del detector respecto al sol, dificulta la elección de los materiales y componentes. Finalmente, la radiación y el vacío generan fallos en los componentes electrónicos y arcos eléctricos en los sistemas de alto voltaje, los meteoritos y basura espacial pueden generar grandes desperfectos a nivel global.

El CIEMAT participa activamente en el diseño general del detector y en las pruebas de calificación realizadas en el INTA (Madrid). El ensamblaje del RICH se realizará a lo largo del año 2005 en las instalaciones del CIEMAT.

II. DESCRIPCIÓN DEL DETECTOR

El detector RICH con 0.7 m³ y 199 kg, esta compuesto por un radiador de luz Cherenkov, un plano de detección formado por 680 fotomultiplicadores (PMTs) con su óptica y electrónica asociadas y un espejo cónico entre ambos, todo esto según una disposición optimizada desde el punto de vista de la física².

Se han realizado detallados estudios por elementos finitos con el fin de optimizar el diseño obteniendo una estructura de aleación de aluminio que minimiza el peso y garantiza que la 1ª frecuencia propia es superior a 50 Hz (por motivos de seguridad durante el lanzamiento). El detector está provisto de un control térmico pasivo con el fin de reducir las grandes variaciones térmicas provenientes del exterior, evacua el calor generado en el

interior por la electrónica a través de la estructura de aluminio y uniformiza las temperaturas en el interior asegurando que no sobrepasen los límites de funcionamiento durante el mayor tiempo posible de la misión.

III. CALIFICACIÓN

El procedimiento de calificación espacial consiste en una serie de pruebas que aseguran el cumplimiento de los criterios y especificaciones antes mencionados. La calificación puede realizarse sobre componentes individuales, subsistemas o sobre sistemas completos.

Frecuentemente, los componentes utilizados han sido previamente calificados para su operación en el espacio. Sin embargo, en el caso del RICH de AMS-02, algunos de sus componentes no han sido utilizados en aplicaciones espaciales con anterioridad con lo que han tenido que superar pruebas de calificación. De este modo, tanto el aerogel³, los PMTs y diversos componentes electrónicos fueron sometidos a ensayos para demostrar que el mantienen sus propiedades y funcionalidad en condiciones de alto vacío (10^{-10} atm), gradientes de temperatura (entre -30° y 80°) y altos niveles de radiación (30krad). A nivel subsistema se han realizado test de vibraciones, ciclos térmicos en condiciones atmosféricas y en vacío del plano de detección y test de vibraciones y vacío del radiador de aerogel. Los módulos electrónicos de alimentación y lectura del detector se han sometido además a pruebas funcionales en vacío y a test de compatibilidad electromagnética.

Una vez finalizado el ensamblaje del RICH se procederá a realizar las pruebas de calificación del sistema completo similares a las descritas anteriormente. En este caso, se reducen los rangos de temperaturas y vibraciones aplicados para asegurar con una alta probabilidad el correcto funcionamiento del detector en el espacio y no causar un envejecimiento prematuro en el sistema. Tras la integración del RICH en AMS-02 se realizarán test funcionales⁴ en el CERN y de validación en ESTEC.

IV. ENSAMBLAJE

El ensamblaje del detector comenzará a partir de junio del 2005 en las instalaciones especialmente habilitadas para ello en el CIEMAT. Estas instalaciones garantizan unas condiciones de trabajo controladas desde el punto de vista de la temperatura, humedad y limpieza. Gracias al diseño modular del detector (el plano de detección está formado por 8 matrices individuales), el ensamblaje se realizará escalonadamente incluyendo test funcionales después de cada paso. Una vez validadas las 8 matrices se procederá a la integración de estas en la estructura general, ensamblaje del espejo cónico y estructuras auxiliares. En paralelo se ensamblará el radiador. Después de realizar test funcionales al detector completo, este será transportado al CERN para su integración en AMS-02.

V. REFERENCIAS.

¹ The AMS Collaboration. AMS on ISS: construction of a particle physics detector on the International Space Station (submitted to NIM).

² E. Lanciotti et al, esta misma conferencia.

³ A. Torrentó et al, esta misma conferencia.

⁴ P. Aguayo et al, Reunión bienal de la RSEF 2003.