

Calibración temporal en el detector submarino de neutrinos ANTARES

J. D Zornoza¹, J. A. Aguilar¹, E. Carmona¹, J. J. Hernández¹, J. Zúñiga¹

¹ IFIC - Instituto de Física Corpuscular (CSIC - Universitat de València), apdo. 22085, E-46071, Valencia

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo de la colaboración ANTARES¹ es construir un telescopio de neutrinos cósmicos en el fondo del mar Mediterráneo. Este detector constará de 1080 PMTs fotomultiplicadores (PMTs) distribuidos en 12 líneas, que detectarán la luz Cherenkov emitida por el muon producido en la interacción del neutrino en las inmediaciones del detector. A partir de la información de la amplitud y el tiempo de llegada de la señal es posible reconstruir la dirección de la traza. Para ello, es esencial controlar las fuentes de incertidumbre. En el caso del tiempo de la señal, las contribuciones más importantes proceden de la fluctuación en el tiempo de tránsito de la señal en los fotomultiplicadores ($\sigma \sim 1.5$ ns), la precisión en la electrónica de lectura ($\sigma < 0.5$ ns), la estabilidad del reloj ($\sigma < 0.05$ ns) y el efecto de la dispersión en la transmisión de los fotones en el agua ($\sigma \sim 1.5$ ns). Para realizar la calibración temporal², se han diseñado tres sistemas complementarios³:

- LED interno para monitorizar el tiempo de tránsito en los PMTs,
- Sistema de distribución de señales de reloj para medir los retrasos temporales relativos en los módulos de control local. Este reloj proporciona una referencia temporal común para todos los ARSs (electrónica de digitalización de la señal del PM).
- Sistema de fuentes de luz externas (*Optical Beacons*) para medir los retrasos relativos globales. Además de permitir la calibración temporal, proporciona un método complementario de calibración espacial reconstruyendo la posición de dichas fuentes de luz. Por otra parte, las propiedades ópticas del agua, como la absorción y la dispersión, podrán ser monitorizadas con este sistema.

II. OPTICAL BEACONS

El sistema de calibración mediante fuentes externas se compone de un láser (*Laser Beacon*) en la llamada línea de instrumentación y en la línea central y cuatro balizas ópticas (*LED Beacons*) por línea y otra en la línea de instrumentación.

Cada *LED beacon* contiene un conjunto de 30 LEDs que emiten en el azul (470 nm) dentro de cilindros resistentes a la presión. En cada pulso se emiten entre $5 \cdot 10^6$ a $8 \cdot 10^7$ fotones. La cantidad de luz emitida es regulada mediante la electrónica asociada, que también permite elegir el número de LEDs que se encienden.

El principal componente del *laser beacon* es un láser de Nd-YAG que emite pulsos (< 1 ns) a 532 nm. Además, un fotodiodo interno proporciona información precisa de cuándo ha sido emitido el pulso. Estos dispositivos, junto con la electrónica asociada, están dentro de un contenedor de titanio, fijado a la parte inferior de la línea de instrumentación. Este emplazamiento permite iluminar precisamente los PMTs que son más difíciles de calibrar con los *LED beacons*.

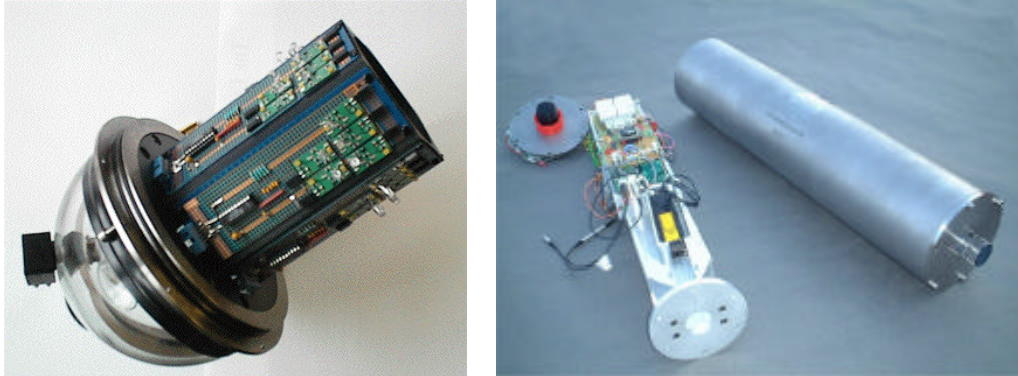


Figura 2 A la izquierda, prototipo del *LED beacon*, donde se pueden ver los LEDs y la electrónica asociada, así como una de las ‘tapas’ del contenedor de vidrio que protege el dispositivo de la alta presión. A la derecha, el *laser beacon*, donde se muestra tanto la mecánica que soporta y fija el láser y su electrónica como el contenedor de titanio.

Mediante un difusor y un cilindro de cuarzo se consigue que la luz salga lateralmente, evitando el problema de la sedimentación. Dado que la luz emitida resulta muy intensa ($\sim 1 \text{ ?J}$, con una estabilidad mejor del 3%), se pueden iluminar simultáneamente gran parte de los fotomultiplicadores⁴, lo que es muy conveniente desde el punto de vista de la calibración temporal.

Las pruebas realizadas desde la conexión de la línea de instrumentación y del prototipo de sector de línea, en primavera de este año, indican que el *laser beacon* funciona correctamente.

La precisión que se espera conseguir en la calibración temporal con todos estos sistemas es de 0.5 ns, lo que permite un resolución angular en la reconstrucción de trazas mejor que 0.3° para muones de energía superior al TeV.

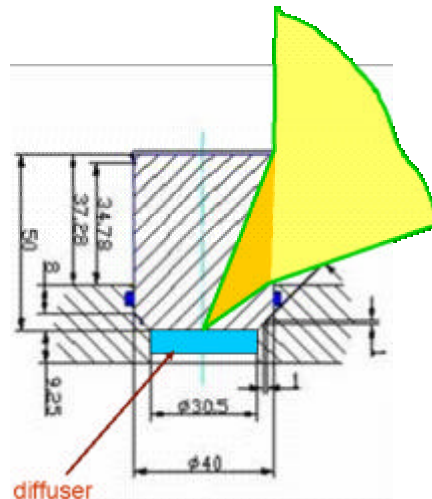


Figura 1 La luz emitida por el láser es difundida y refractada, de manera que sale lateralmente, iluminando la parte inferior de las líneas cercanas.

Referencias

- ¹ Colaboración ANTARES, *A deep sea telescope for high energy neutrinos*, astro-ph/9907432, 1999.
- ² V. Bertin et al, *Conclusions of the Time calibration Committee: the time calibration in ANTARES*, ANTARES internal note, Cali/2000-007.
- ³ Colaboración ANTARES, *Technical Design Report*, <http://antares.in2p3.fr>.
- ⁴ J.D. Zornoza, *Characterization of two photomultiplier models and study by Monte Carlo simulation of several calibration systems based on optical beacons for the ANTARES detector*, Trabajo de Investigación, 1999