

Un nuevo método de reconstrucción para el telescopio de neutrinos ANTARES

E. Carmona

Instituto de Física Corpuscular, CSIC - Universitat de València
Edificio Institutos de Investigación . E-46071 Valencia - España

I. INTRODUCCION

Desde 1996 la colaboración ANTARES trabaja en la construcción de un telescopio de neutrinos en el mar Mediterráneo¹. Terminada la primera fase de 3 años de I+D, en la actualidad la colaboración se encuentra en el proceso de construcción del detector. Está previsto en 2001 ya esté operativo en el fondo del mar un sector de una de las líneas que lo constituyen. A lo largo de 2002 y hasta 2004 se irán desplegando más líneas hasta completar un detector de 0.1 km².

Una matriz tridimensional de detectores luminosos de gran superficie activa y capaces de detectar un solo fotón (fotomultiplicadores) será la encargada de detectar el paso de los muones. A partir de la información temporal recogida en los distintos fotomultiplicadores que han visto luz (*impactos*) es posible reconstruir la dirección de un muon que pase por el detector. Para lograr la reconstrucción de la trayectoria del muon es necesario la utilización de programas de reconstrucción a los que se exige una buena resolución angular y la máxima eficiencia de reconstrucción. En este trabajo presentamos los desarrollos que hemos llevado a cabo para el perfeccionamiento del proceso de reconstrucción.

II. NUEVO PRE-AJUSTE PARA ANTARES

La reconstrucción de los sucesos en ANTARES se basa en la minimización de una función de verosimilitud que es el producto de las probabilidades de que un fotón llegue a un fotomultiplicador en un tiempo dado cuando proviene de una traza dada. La traza está caracterizada por 5 parámetros que son: los ángulos (θ , ϕ) del vector director de la traza, las coordenadas (X , Y) del punto de corte de la traza en el plano perpendicular que pasa por el centro de coordenadas del detector, y el tiempo (t_0).

El proceso de reconstrucción necesita de una primera estimación de los parámetros, lo que suele llamarse "pre-ajuste". Tradicionalmente se ha usado un ajuste lineal en 3 dimensiones de los *impactos*². Nuestro trabajo explota, sin embargo, el hecho de que los fotones Cherenkov son emitidos a un determinado ángulo con respecto a la dirección del muon incidente. Así, resulta que si se conoce de antemano la dirección del muon se pueden escribir relaciones que permiten asociar los parámetros θ y ϕ de la traza con los parámetros X , Y , t_0 .

A partir de la información de los *impactos* se pueden escribir relaciones entre dos *impactos* que hacen desaparecer el tiempo. Así, para un *impacto* tenemos que el tiempo en que se ha producido debe venir dado por [1]. Combinando los tiempos de 2 *impactos*, tenemos que la diferencia de distancia transversa viene dada por la expresión [2].

$$r_i = (ct_i - ct_0 - L_i) / \tan(q_C) \quad [1]$$

$$r_{ij} = (ct_{ij} - L_{ij}) / \tan(q_C) \quad [2]$$

donde $r_{ij}=r_i-r_j$ (distancias transversales), $t_{ij}=t_i-t_j$, y $L_{ij}=L_i-L_j$ (distancias a lo largo de la traza). En el plano perpendicular a la traza, es posible establecer relaciones entre *impactos* de

manera que la proyección de la traza debe estar contenida en la hipérbola definida por los dos *impactos* que son los focos y la diferencia de distancias r_{ij} . Agrupando los *impactos* en grupos de 3 se obtiene el punto de intersección de las hipérbolas y por tanto el punto de paso de la traza, como aparece en la figura 1. Conociendo el punto de paso (parámetros X e Y) se puede volver a la ecuación [1] y calcular t_0 . Este método permite obtener X, Y, t_0 a partir de la dirección del muon (θ, ϕ).

Sin embargo, aún cuando no se conoce la dirección del muon, es posible utilizar estas relaciones para estimar la mejor dirección. Esto permite obtener una determinación de los 5 parámetros de la traza del muon que es muy próxima a la real, de modo que el ajuste final sólo realiza un retoque fino de los parámetros.

III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en las simulaciones con el nuevo pre-ajuste son muy satisfactorios. El área efectiva del detector se incrementa entre un 52% y un 73%, dependiendo de la energía de los muones, con respecto al anterior método de reconstrucción. Estos valores aumentan hasta un 93% y 113% si se comparan las trazas reconstruidas a menos de 2° del muon verdadero (la figura 2 muestra el área efectiva del detector tras los cortes). A su vez, la resolución angular obtenida en las simulaciones muestra que los resultados con la nueva reconstrucción son mucho mejores que con la anterior. Así, mientras antes se obtenían valores entre 0.30° y 0.51° dependiendo de la energía y del modelo de difusión de la luz en el agua, ahora se obtienen valores que van desde 0.15° a 0.29° . A la vez, los cortes de selección que hemos desarrollado aprovechando también las técnicas presentadas en la sección anterior, han servido para poner límites mucho mejores en las tasas de sucesos mal reconstruidos. Frente a los ~14000 sucesos de fondo al año debidos a multi-muones atmosféricos que se obtendrían con la reconstrucción anterior, con la reconstrucción aquí presentada este número se reduce a tan solo 81.

Referencias

- ¹ Colaboración ANTARES, *ANTARES Proposal*, 1999, astro-ph/9907432.
- ² V.J. Stenger, *Track Fitting for the Dumand Octagon*, HDC-1-90, 1990

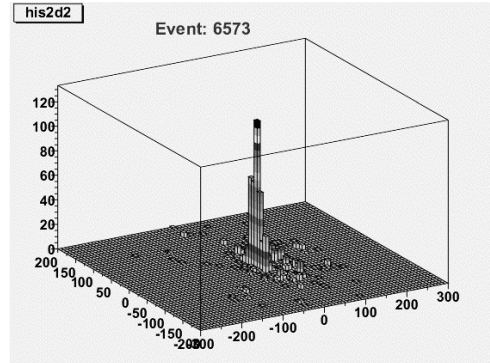


Figura 1. Histograma de las posiciones posibles para la proyección de la traza en el plano perpendicular.

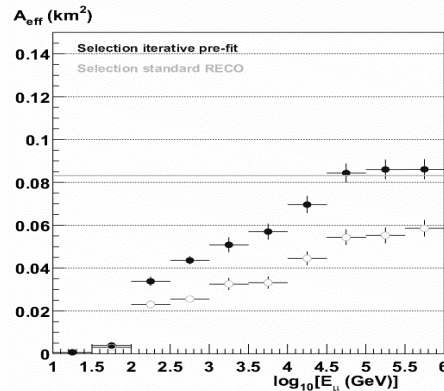


Figura 2. Área efectiva del detector en función de la energía obtenida por la reconstrucción estándar ("standard RECO") y la nueva reconstrucción ("iterative pre-fit").