



Uniformidad de la rueda externa del calorímetro electromagnético (EMEC) de ATLAS

Concepción Oliver

**XXX Reunión Bienal de la Real
Sociedad Española de Física**

Orense, Septiembre 2005



Índice

- 1. Descripción del calorímetro electromagnético de ATLAS: EMEC**
- 2. Análisis de la uniformidad**
- 3. Dependencia con el método de reconstrucción**
- 4. Conclusiones**

1. Calorímetro electromagnético

Detección del Higgs mediante los canales $H \rightarrow \gamma\gamma$, $H \rightarrow 4e$

→ término constante global resolución energética $\leq 0.7\%$



uniformidad celda a celda $< 0.6\%$

- 1 **barril** ($|\eta| < 1.475$) y 2 **endcaps (EMEC)** ($1.375 < |\eta| < 3.2$)



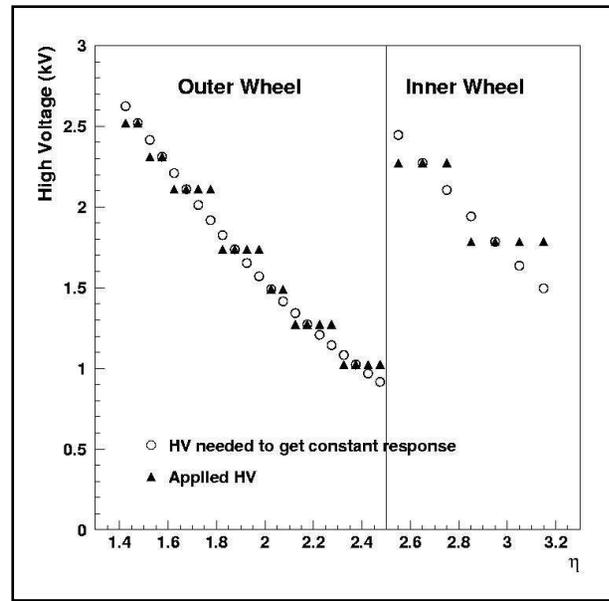
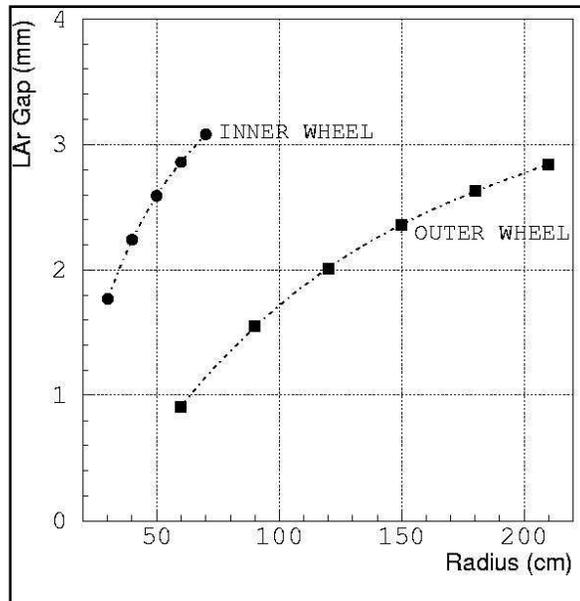
Absorbers de Plomo

Electrodos

Spacers

Geometría en forma de acordeón

- El ángulo de apertura del acordeón, α , es función del radio R
 - rueda externa ($1.375 < \eta < 2.5$) (objeto de estudio)
 - rueda interna ($2.5 < \eta < 3.2$)
- Respuesta uniforme $\rightarrow U/g$ constante

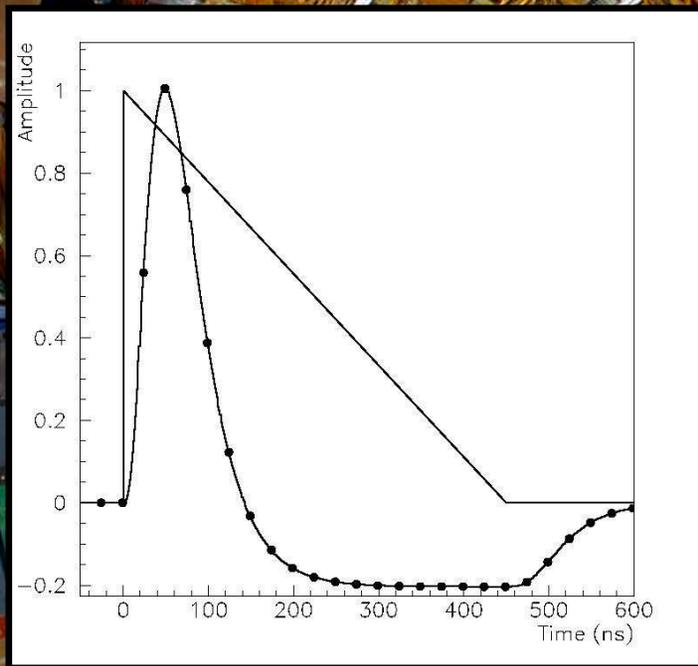


\rightarrow 7 (2)
sectores HV
constante en
rueda externa
(interna)

2. Análisis de la uniformidad

Estudio de tres módulos sometidos a haces de electrones

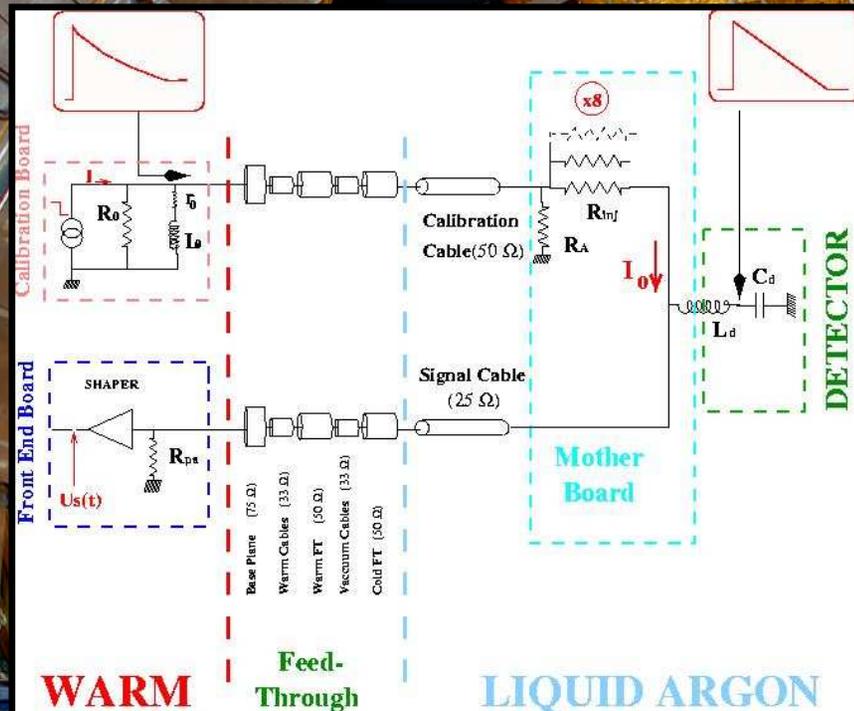
(ECC0, ECC1, ECC5)



- ionización de la partícula → señal triangular
- se amplifica la señal y se le da forma con un filtro CR-RC² multigangancia.
- Se muestrea la señal cada 25 ns.

Obtención del máximo → Optimal filtering

$$A = \sum_{i=1}^n a_i S_i$$



$$\hat{g}_p(s) = \hat{B}(s)\hat{g}_c(s)$$

$$\hat{B}(s) = \frac{\hat{H}_p(s) I_p(s)}{\hat{H}_c(s) I_c(s)}$$

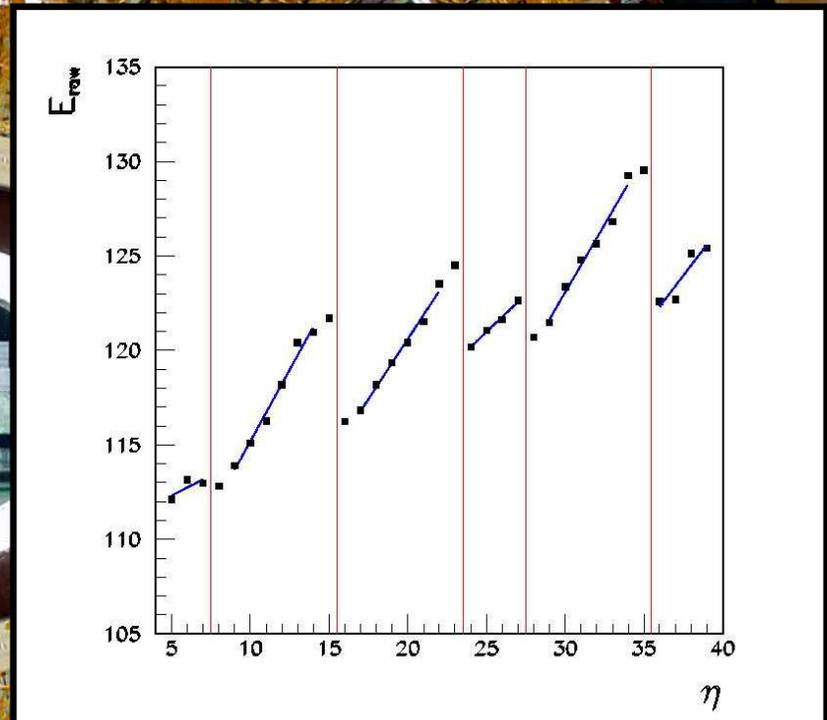
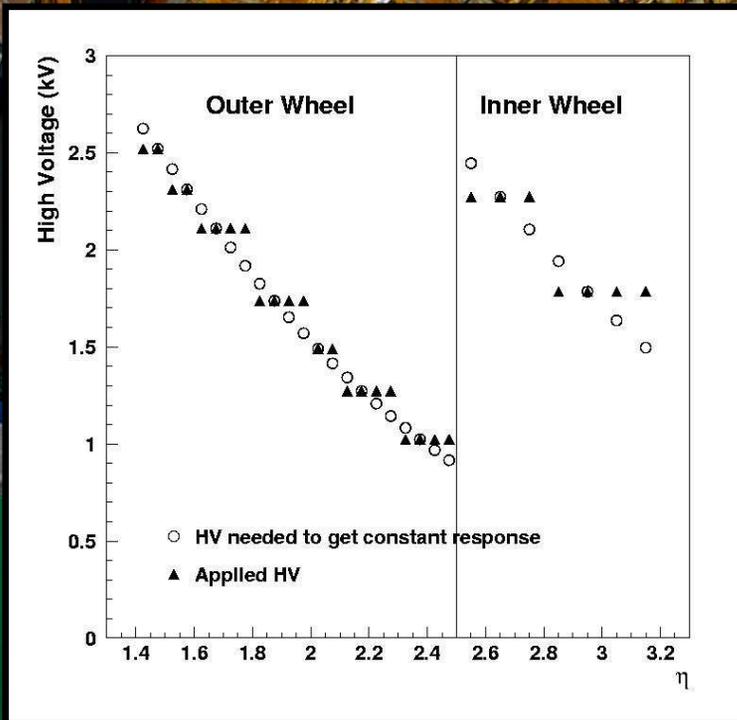
$$\hat{B}(s) = \frac{\omega^2}{s^2 + \omega^2} \frac{\hat{I}_p(0) \left(\frac{e^{-\tau_d s} - 1}{\tau_d^2 s^2} + \frac{1}{\tau_d s} \right)}{\hat{I}_c(0) \left(\frac{\tau_c(1-f)}{1 + \tau_c s} + \frac{f}{s} \right)}$$

Método LAPP: espacio frecuencia Fourier, discretización y transformada de Fourier inversa numérica (FFT)

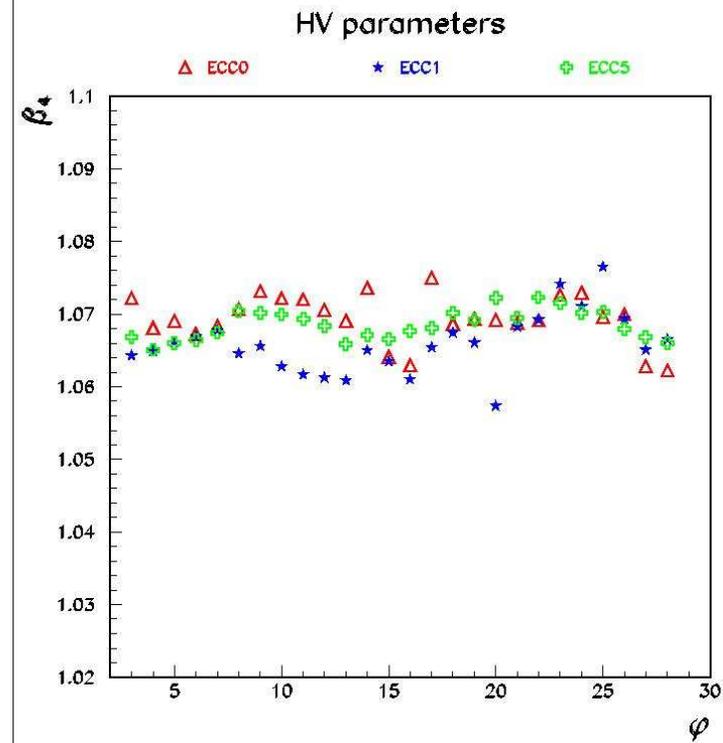
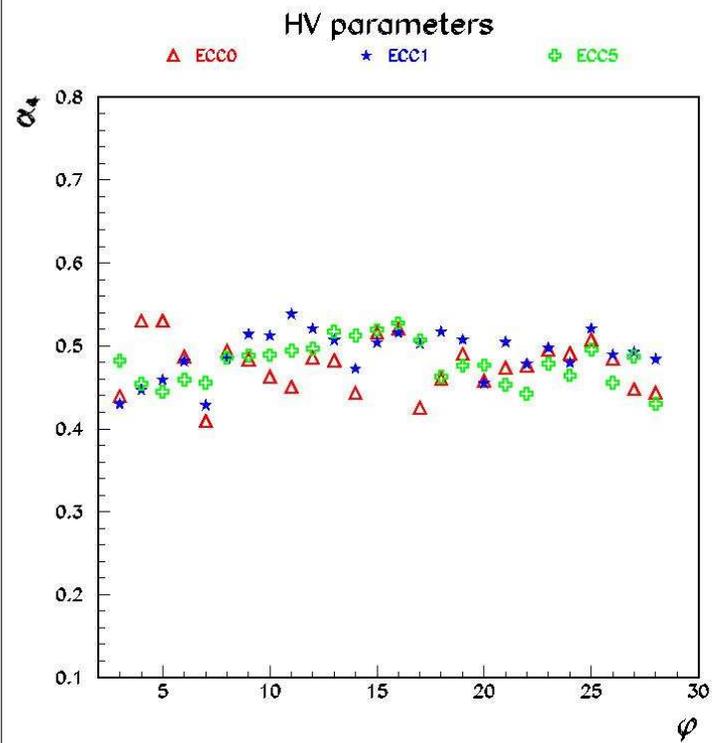
- Ajuste a datos Test beam → parámetros desconocidos
- Calidad predicción pulso física < 1%

Reconstrucción de la energía: definición cluster alrededor celda más energética y ajuste gaussiano a distribución de energía.

Corrección alto voltaje

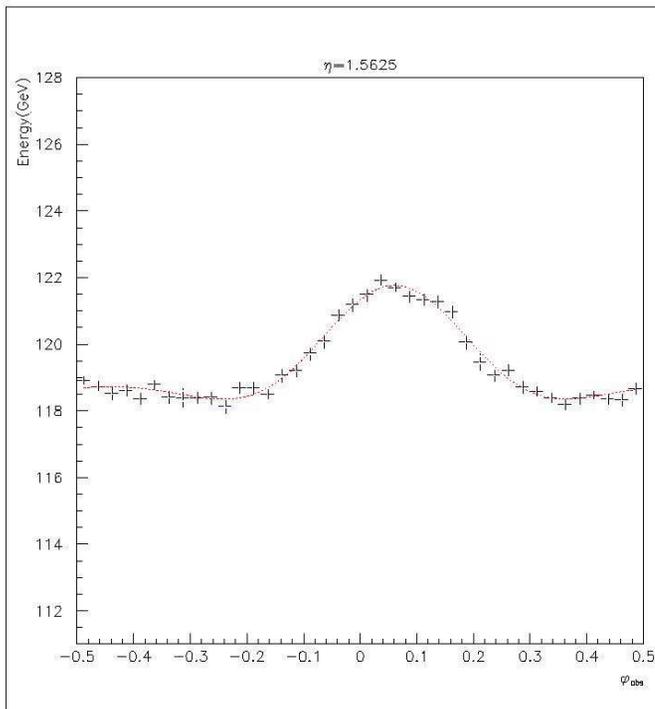


$$\omega^{(l)} = \beta^{(l)} (1 + \alpha^{(l)} (\eta_j - \eta^{(l)}))$$



Sector HV	B1	B2	B3	B4	B5	B6
	[1.5-1.6]	[1.6-1.8]	[1.8-2.0]	[2.0-2.1]	[2.1-2.3]	[2.3-2.4]
α	0.495	0.485	0.482	0.484	0.476	0.474
β	1.134	1.092	1.068	1.058	1.024	1.012

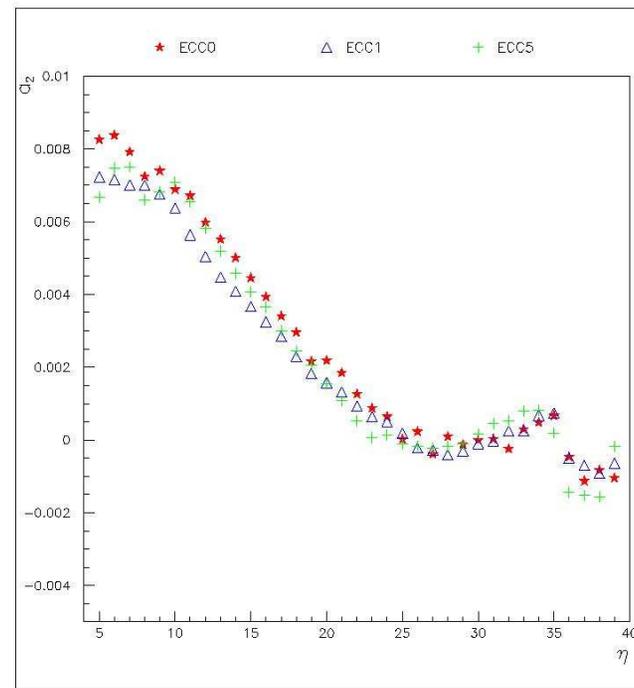
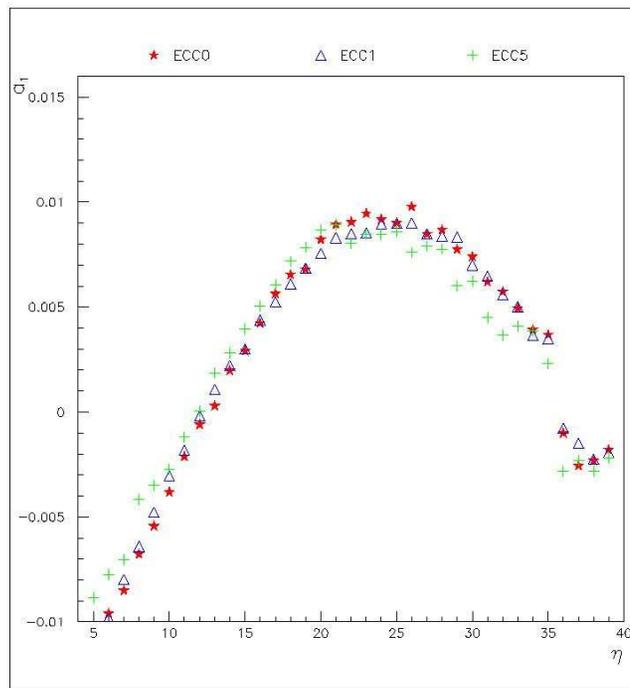
Corrección de la modulación en ϕ



- Debido a no uniformidades en el campo eléctrico
- Amplitud modulación decrece con η
- Ajuste a polinomio fourier

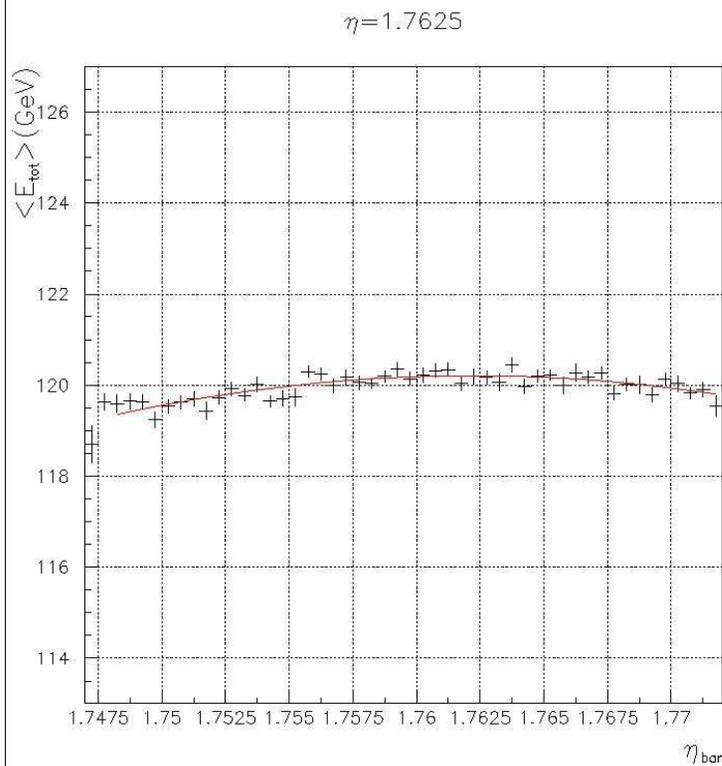
$$F_2(\phi_{abs}) = a_0 \cdot \left(1 + \sum_{i=1}^3 a_i \cdot \cos(2\pi i(\phi_{abs} - \phi_0)) + b_1 \cdot \sin(2\pi(\phi_{abs} - \phi_0)) \right)$$

Corrección de la modulación en ϕ



→ corrección universal de la modulación en ϕ

Corrección η lateral leakage



- Debido al tamaño finito del cluster.

- Aumenta con η

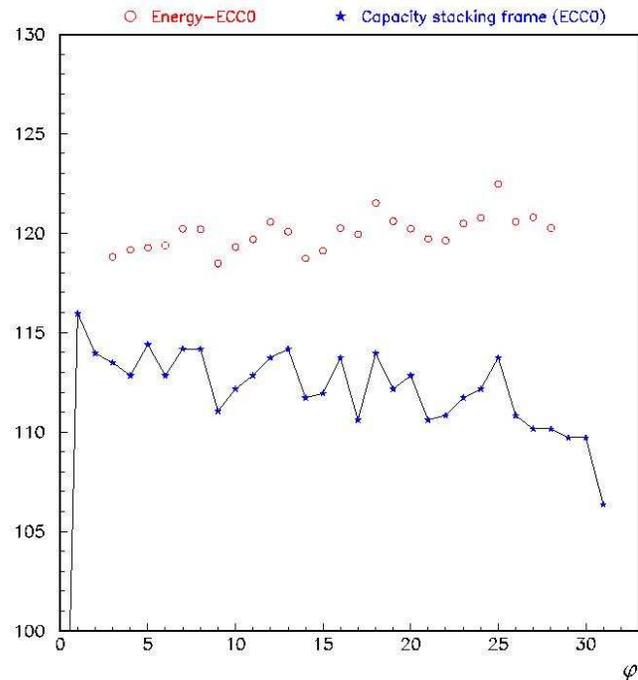
$$E_{\eta\text{-corr}} = E / [1 + K(\eta - \eta_c)^2]$$

siendo

$$K = p_0 + p_1 \eta$$

$$p_0 = 81.5 \quad p_1 = -60.7$$

Corrección con capacidades



$$E \sim \frac{f_s}{g} \left(\frac{U}{g}\right)^b$$

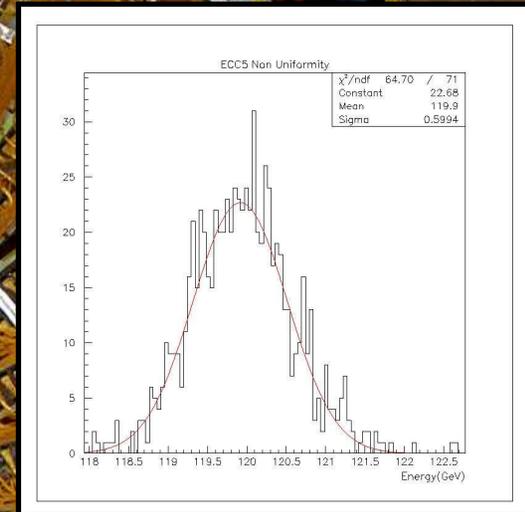
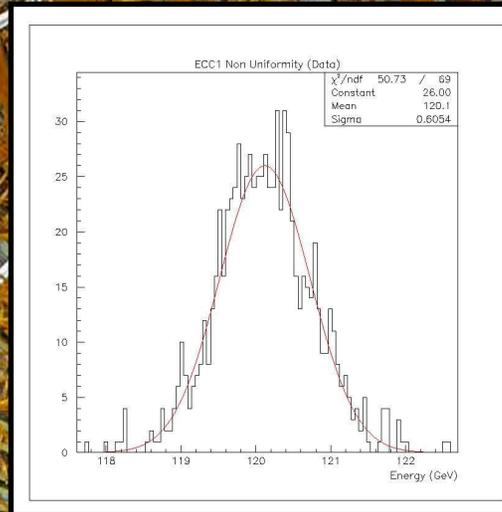
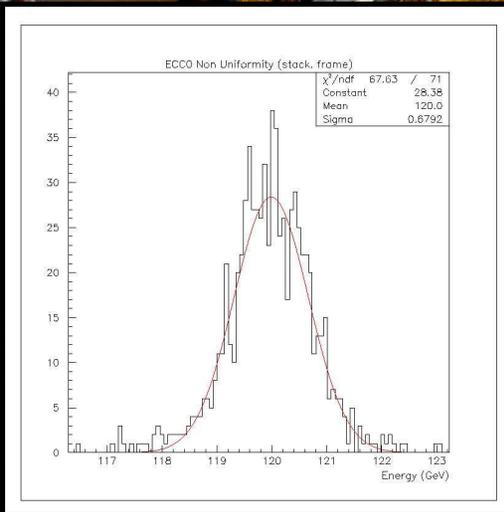
$$f_s = \frac{g \left(\frac{dE}{dx}\right)_{Ar}}{g \left(\frac{dE}{dx}\right)_{Ar} + e \left(\frac{dE}{dx}\right)_{Absorber}}$$

$$\frac{dC}{C} = -\frac{dg}{g}$$

$$\frac{dE}{E} = (f_s + b) \frac{dC}{C}$$

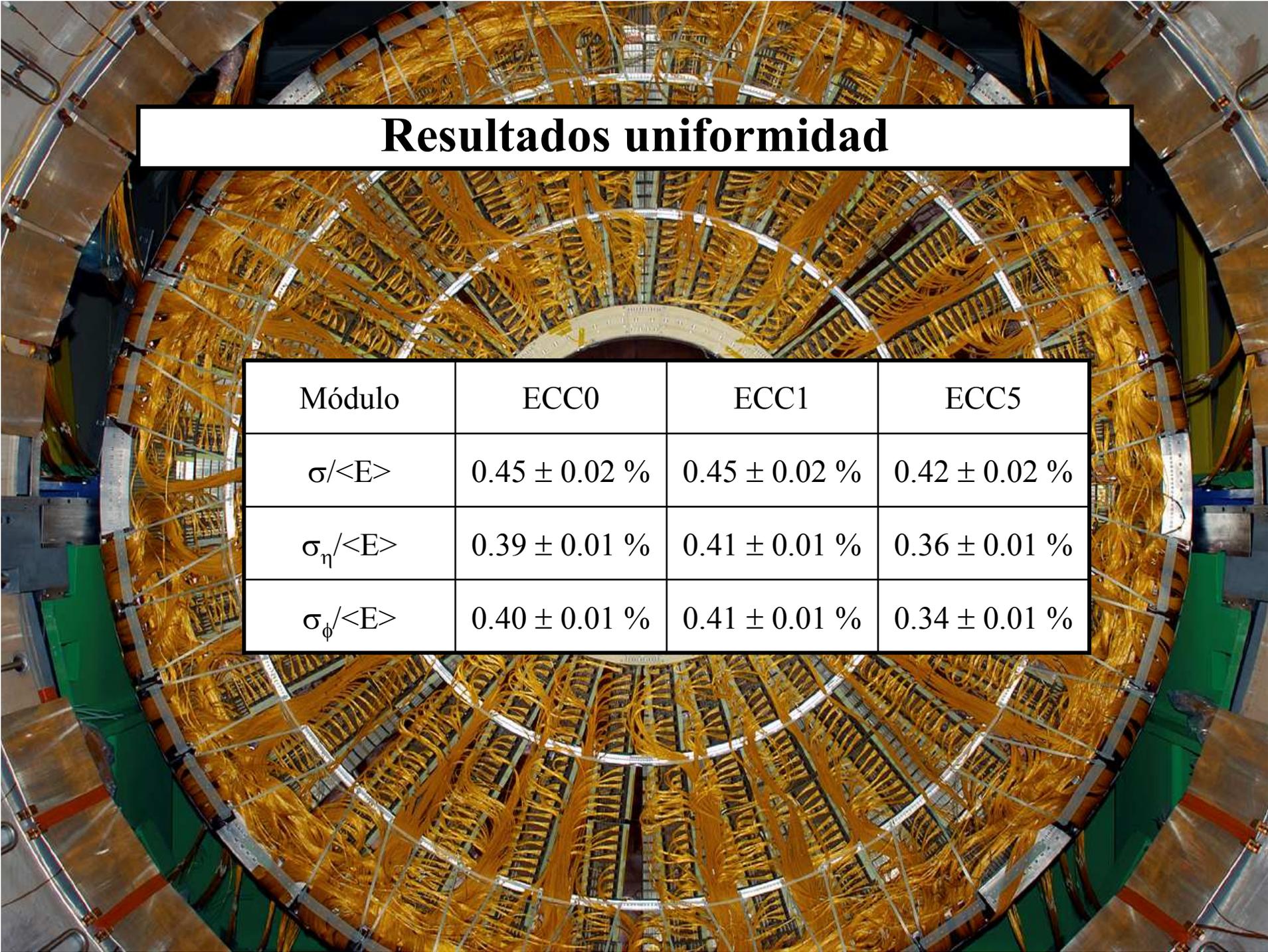
$$E_{correctada} = E_{sin\ correctar} \times \left(\frac{\langle C \rangle}{C}\right)^P$$

Resultados uniformidad



Módulo	ECC0	ECC1	ECC5
$\sigma/\langle E \rangle$	$0.57 \pm 0.02 \%$	$0.51 \pm 0.02 \%$	$0.50 \pm 0.02 \%$
$\sigma_\eta/\langle E \rangle$	$0.42 \pm 0.02 \%$	$0.49 \pm 0.02 \%$	$0.43 \pm 0.02 \%$
$\sigma_\phi/\langle E \rangle$	$0.47 \pm 0.02 \%$	$0.43 \pm 0.02 \%$	$0.38 \pm 0.02 \%$

De acuerdo con el TDR y con análisis independiente de Marsella



Resultados uniformidad

Módulo	ECC0	ECC1	ECC5
$\sigma/\langle E \rangle$	$0.45 \pm 0.02 \%$	$0.45 \pm 0.02 \%$	$0.42 \pm 0.02 \%$
$\sigma_{\eta}/\langle E \rangle$	$0.39 \pm 0.01 \%$	$0.41 \pm 0.01 \%$	$0.36 \pm 0.01 \%$
$\sigma_{\phi}/\langle E \rangle$	$0.40 \pm 0.01 \%$	$0.41 \pm 0.01 \%$	$0.34 \pm 0.01 \%$

3. Dependencia con el método de reconstrucción de la señal

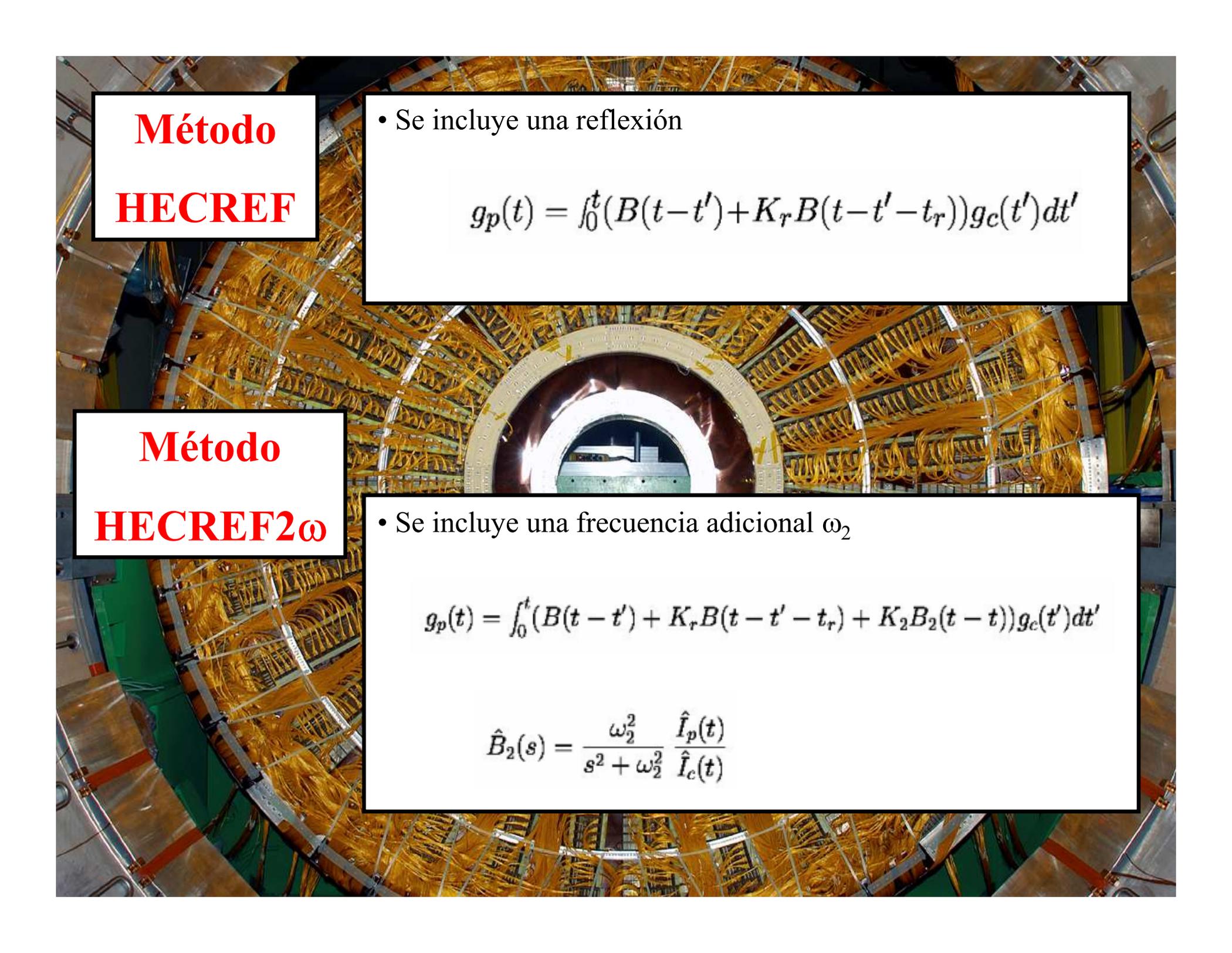
$$\hat{g}_p(s) = \hat{B}(s)\hat{g}_c(s) \quad \hat{B}(s) = \frac{\omega^2}{s^2 + \omega^2} \frac{\hat{I}_p(0)\left(\frac{e^{-\tau_d s} - 1}{\tau_d^2 s^2} + \frac{1}{\tau_d s}\right)}{\hat{I}_c(0)\left(\frac{\tau_c(1-f)}{1+\tau_c s} + \frac{f}{s}\right)}$$

**Método
HEC**

- Transformada Laplace inversa analítica $B(s) \rightarrow B(t)$
- Solución numérica de la integral

$$g_p(t) = k \int_0^t B(t - t')g_c(t')dt'$$

- Ajuste del pulso predicho a los datos del Test Beam
→ obtención de los parámetros libres ω, t_0



**Método
HECREF**

- Se incluye una reflexión

$$g_p(t) = \int_0^t (B(t-t') + K_r B(t-t'-t_r)) g_c(t') dt'$$

**Método
HECREF 2ω**

- Se incluye una frecuencia adicional ω_2

$$g_p(t) = \int_0^t (B(t-t') + K_r B(t-t'-t_r) + K_2 B_2(t-t)) g_c(t') dt'$$

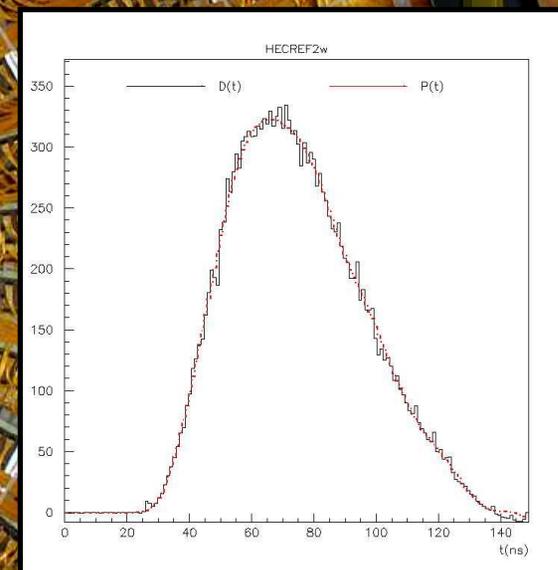
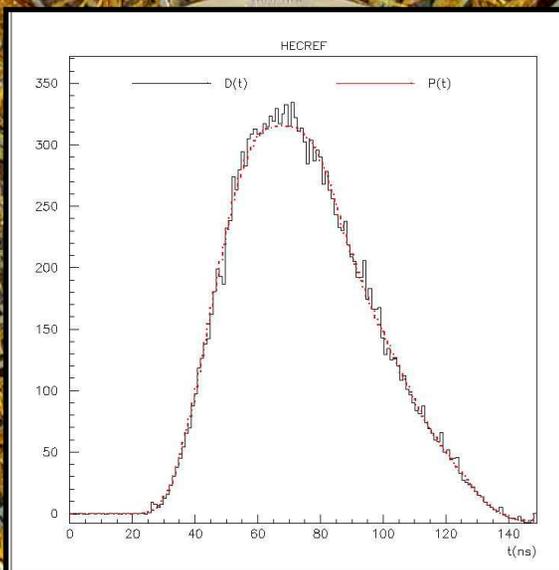
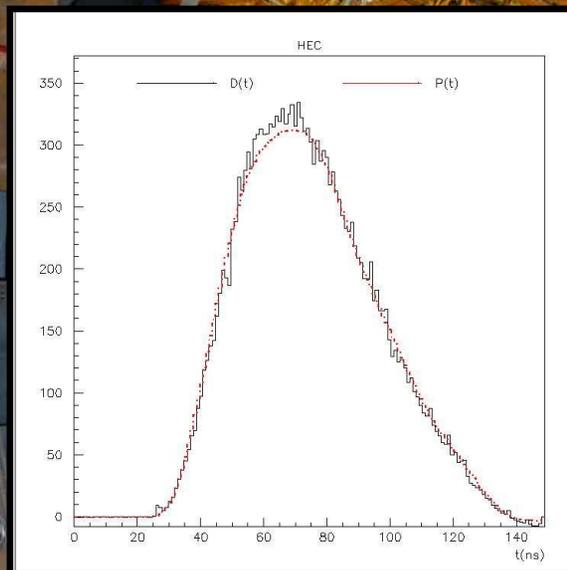
$$\hat{B}_2(s) = \frac{\omega_2^2}{s^2 + \omega_2^2} \frac{\hat{I}_p(t)}{\hat{I}_c(t)}$$

Calidad de la predicción

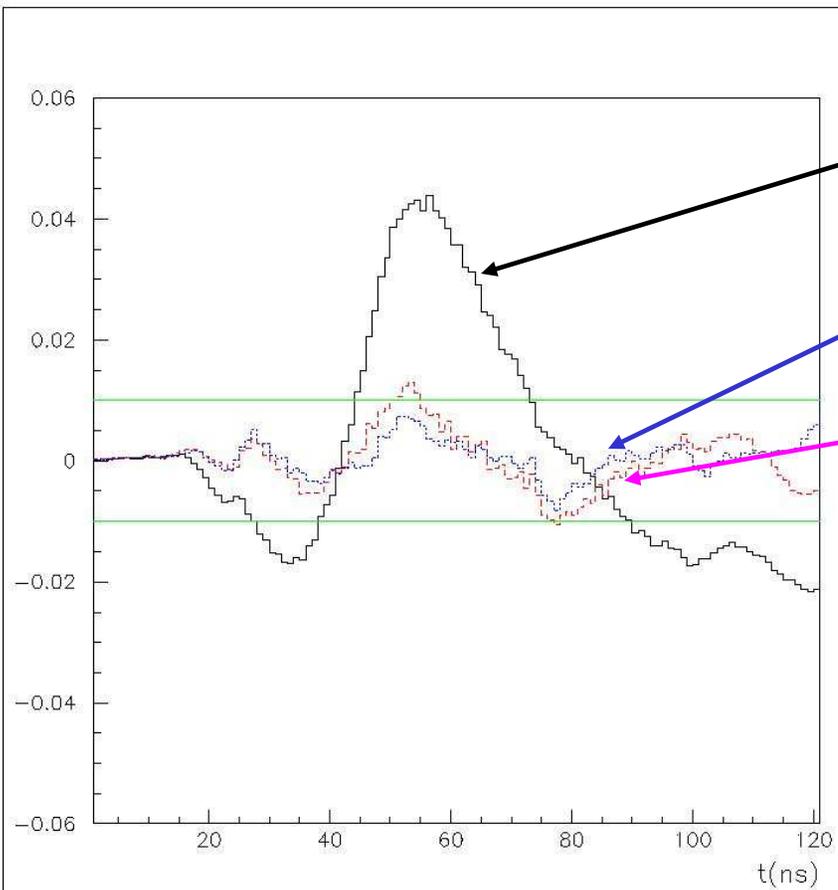
HEC

HECREF

HECREF2 ω



Residuales



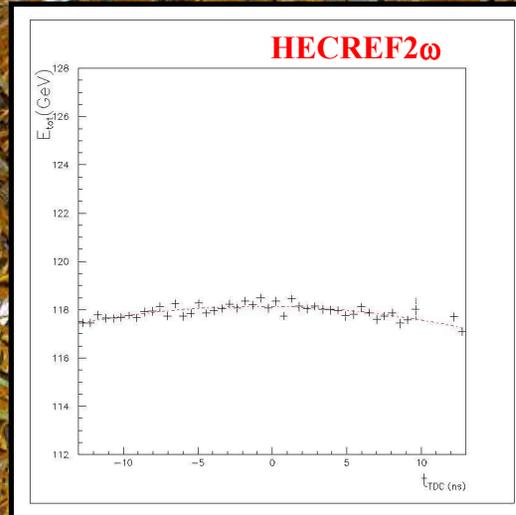
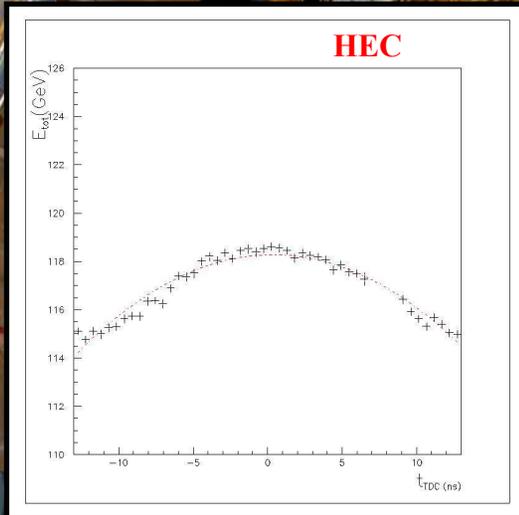
HEC

HECREF2 ω

HECREF

Método	r_{\max}
Hec	4.2%
Hecref	1.3%
Hecref2 ω	0.8%

Dependencia E con TDC vs método



Método	C_t	r_{\max}
Hec	2%	4.2%
Hecref	1.5%	1.3%
Hecref2 ω	1.3%	0.8%
Lapp	1.1%	0.8%

Uniformidad ECC1 vs método

Método	$\sigma/\langle E \rangle$	$\sigma_{\eta}/\langle E \rangle$	$\sigma_{\phi}/\langle E \rangle$	r_{\max}	C_t
Hec	$0.58 \pm 0.04 \%$	$0.54 \pm 0.03 \%$	$0.47 \pm 0.03 \%$	4.2%	2%
Hecref	$0.54 \pm 0.05 \%$	$0.51 \pm 0.02 \%$	$0.43 \pm 0.03 \%$	1.3%	1.5%
Hecref2 ω	$0.59 \pm 0.05 \%$	$0.54 \pm 0.03 \%$	$0.46 \pm 0.03 \%$	0.8%	1.3%
Lapp	$0.51 \pm 0.02 \%$	$0.49 \pm 0.02 \%$	$0.43 \pm 0.02 \%$	0.8%	1.1%

4. CONCLUSIONES

- ✓ Comportamiento similar de las correcciones para los tres módulos analizados
 - Corrección universal
- ✓ Valores de la uniformidad $< 0.6\%$
 - compatibles con las especificaciones requeridas para ATLAS
- ✓ Reproducibilidad de los módulos
- ✓ Uniformidad independiente del método de reconstrucción de la señal si $r_{\max} < 4\%$
- ✓ Dependencia energía con TDC disminuye con el residual