



Desarrollo de un Trigger de Muones de Bajo P<sub>T</sub> con los DSPs del Sistema de Adquisición de Datos del Calorímetro Hadrónico TileCal de ATLAS

Arantxa Ruiz Martínez

Dpto. Física Atómica, Molecular y Nuclear IFIC (Instituto de Física Corpuscular CSIC/UV)

XXX Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física 12 Septiembre de 2005



## Contenidos



- En este trabajo se va a presentar el estudio de un algoritmo de identificación de muones de bajo momento transverso de alta eficiencia y baja tasa de sucesos de fondo desarrollado en Pisa.
- Este algoritmo utiliza la característica deposición de energía de los muones en el Calorímetro Hadrónico TileCal de ATLAS.
- Este algoritmo será próximamente implementado a segundo nivel de trigger en los procesadores digitales de señal del Read Out Driver (electrónica de *back-end* del sistema de adquisición de datos de ATLAS) y procesado en tiempo real durante el funcionamiento del experimento.



## Motivaciones



- Los estados finales más útiles para la física de mesones B se caracterizan por la presencia de muones de bajo momento transverso.
- Baja eficiencia de detección de muones de bajo momento transverso ( $p_T < 5 \text{ GeV/c}$ ) por el sistema de trigger del espectrómetro de muones de ATLAS.
- Para dar robustez al sistema de trigger de muones.



### ATLAS: A Toroidal LHC ApparatuS





XXX Reunión Bienal de la RSEF 12-Sept-05

Vniver§itat d València





- Alta capacidad de rechazo de sucesos conservando la sensibilidad a procesos poco habituales.
- Basada en 3 niveles:
  - Primer Nivel (LVL1): 40 MHz  $\rightarrow$  75 kHz
    - A nivel hardware/firmware.
    - Busca regiones potencialmente interesantes (Regions of Interest).
    - Calorímetros:  $e^{-}$ ,  $\gamma$ ,  $\tau$ , jets, alta  $E_{T}$ ,  $E_{Tmiss}$
    - Muones de alto  $p_{\scriptscriptstyle T}$
  - Segundo Nivel (LVL2): 75 kHz  $\rightarrow$  1 kHz
    - Software.
    - Toma como input las RoI.
    - Algoritmos optimizados en velocidad.
    - Los sucesos aceptados por LVL2 son construidos como sucesos completos.
  - Event Filter: 1 kHz  $\rightarrow$  100 Hz
    - Software.
    - Algoritmos de selección (offline).
    - Datos aceptados son almacenados.



XXX Reunión Bienal de la RSEF 12-Sept-05



## Calorímetro Hadrónico TileCal



- El Calorímetro Hadrónico TileCal es un calorímetro de muestreo constituido por una matriz de hierro como absorbente y tejas de plástico centelleador como material activo.
- TileCal está dividido en tres secciones: el Barril Central y dos Barriles extendidos; cada sección se encuentra a su vez dividida en 64 módulos, constituyendo un total de 192 módulos y 4672 celdas.
- Las tejas están situadas en dirección perpendicular al haz de protones. La intensidad de luz en las tejas es proporcional a la energía depositada.





# Deposición de Energía de un Muón



- Signatura característica de un muón en TileCal:
  - Pequeña deposición de energía  $\rightarrow$  0 <  $\Delta E$  < 3 GeV
  - Pérdida de energía prácticamente constante a lo largo de las tres capas.





A. Ruiz

### Señal de un Muón en TileCal



- Estructura del Calorímetro de tejas:
  - Tres capas proyectivas con segmentación:  $\Delta \Phi \times \Delta \eta = 0.1 \times 0.1$  (para las 1° y 2° capas)
- Traza de un Muón en TileCal:
  - El muón seguirá la estructura proyectiva en n



#### • Algunos problemas:

- El campo magnético puede curvar la trayectoria de los muones en  $\Phi$
- Proyectividad no ideal.



#### TILECAL CELLS

XXX Reunión Bienal de la RSEF 12-Sept-05

## Algoritmo de Identificación de Muones

### Descripción:

• Búsqueda de un mip en las celdas desde la capa más externa (celdas D) utilizando un rango de energía:

#### Eumbral, inf < E<sub>3</sub> < E<sub>umbral, sup</sub>

 Búsqueda en la capa inmediatamente inferior (celdas BC) con la misma η y módulos Φ<sub>i</sub>, Φ<sub>i±1</sub> una señal comprendida:

### Eumbral, inf < E<sub>2</sub> < E<sub>umbral, sup</sub>

• Finalmente, búsqueda en la capa más interna (celdas A) con la misma  $\eta$  y módulos  $\Phi_i$ ,  $\Phi_{i\pm 1}$ ,  $\Phi_{i\pm 2}$  una señal:

### $E_{umbral, inf} < E_1 < E_{umbral, sup}$

Si se cumplen estas tres condiciones se supone el paso de un  $\mu$  por el Calorímetro.

#### POSIBLES PATRONES DE BÚSQUEDA











• El **Read Out Driver (ROD)**, módulo principal de la electrónica de *back-end* de TileCal, es una tarjeta 9U VME que puede leer hasta 8 fibras ópticas de la electrónica de *front-end*, correspondiente a 8 *superdrawers* del calorímetro hadrónico.





### ROD DSP PU



- La DSP PU está compuesta de dos bloques, cada uno con una input FPGA, un TMS320C6414 DSP y una output FIFO externa. También cuenta con una output FPGA utilizada como interfaz con VME y TTC.
- La DSP PU tiene las siguientes funcionalidades:
  - Gestionar el flujo de datos.
  - Formateo de los datos.
  - Recepción del TTC.
  - Buffering y sincronización.
  - Procesado de los datos con algoritmos de reconstrucción.
  - Detección de errores, varios chequeos pueden ser llevados a cabo como verificar la presencia del principio y final de un suceso, la paridad de cada palabra, etc.

Los algoritmos de reconstrucción de la señal deberán procesarse en ~2 µs



• La DSP PU permite la reconstrucción de la señal digital. Es responsable de calcular la energía depositada en las celdas del calorímetro y la fase de estas señales. Adicionalmente, lleva a cabo monitoraje y formateo de los datos para el siguiente elemento en la cadena electrónica.

### Adaptación del Algoritmo para su Implementación en las DSPs del ROD



- Cada TMS320C6414 DSP funcionando en modo Staging procesará los datos procedentes de dos *superdrawers*.
- <u>Limitación</u>: sólo será posible utilizar un patrón de búsqueda en el plano transverso. Los muones cuya trayectoria pase por varios módulos no podrán ser identificados.





### Análisis de Datos Reales de **TestBeams**



• Distribución de Landau de la señal de un haz de muones en el calorímetro hadrónico TileCal durante los periodos de TestBeams.





### Análisis de Datos de Simulación Monte Carlo



• Reconstrucción con Athena de sucesos simulados en el detector.





 $Z^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ 

XXX Reunión Bienal de la RSEF 12-Sept-05

# Puesta a punto (Commissioning)



 Detección de muones usando triggers back-to-back en el propio calorímetro.



VNIVERSITAT

**D** VALÈNCIA

![](_page_15_Picture_0.jpeg)

## Análisis de Muones Cósmicos

![](_page_15_Picture_2.jpeg)

 Primeros runs de muones cósmicos tomados con el software MobiDAQ y con el ROD.

![](_page_15_Picture_4.jpeg)

![](_page_16_Picture_0.jpeg)

## Planes futuros

![](_page_16_Picture_2.jpeg)

- Análisis en curso:
  - de datos de Test Beams.
  - de datos de simulación Monte Carlo.
  - de datos de cósmicos en el Commissioning.
- Evaluar la posible implementación del algoritmo de trigger de muones de bajo  $p_{\rm T}$  en las DSP PUs del ROD:
  - Compromiso entre alcanzar altas eficiencias (~60% obtenido en Pisa) en la detección de muones y bajas tasas de sucesos de fondo.
  - Obtener latencias aceptables para el segundo nivel de trigger de ATLAS (cálculo del tiempo de procesado del algoritmo de identificación de muones tras la reconstrucción de energía y tiempo de la señal por el algoritmo Optimal Filtering, t < 2 µs).</li>

![](_page_17_Picture_0.jpeg)

### Referencias

![](_page_17_Picture_2.jpeg)

[i] Studio di un algoritmo per l'identificazione di muoni a basso impulso trasverso usando il calorimetro adronico dell'esperimento ATLAS ad LHC. Andrea Dotti. Tesi di Laurea.

[ii] TileCal ROD Hardware and Software Requirements,

J. Castelo et al. ATLAS internal note ATL-TILECAL-2005-003.

[iii] ATLAS Collaboration, Tile Calorimeter Technical Design Report. CERN/LHCC/96-42 (1996).

http://ific.uv.es/tical

Arantxa.Ruiz@ific.uv.es