



11 al 16 de marzo 2013

Héctor Bello Martínez

FCFM-BUAP, Pue. México

Dr. Arturo Fernández Téllez

FCFM-BUAP, Pue. México

Dr. Antonio Ortíz Velásquez

DoPP-Lund University, Suecia

March 16, 2013

Resumen

Se presenta un resumen de lo que se hizo del 11 al 16 de marzo del 2013

- 1 Se comenta en breve sobre Lund String Model.
- 2 Se corrigió las gráficas de σ y μ obtenidas de ajustes gaussianos a plots de St_{med} vs eventos normalizados,
- 3 Se obtuvo plots del χ^2/ndf vs Nch
- 4 Se obtuvo plots de σ vs Nch_{med} y de μ vs Nch_{med} ambos a St_{gen} fijo para $1 \geq St_{gen} \geq 0$, interpolando con exponenciales y funciones constantes respectivamente.
- 5 Se reconstruyó para $St_{gen} = 3.5$ para la matriz de respuesta de esfericidad a $Nch=34$

Por qué es importante medir p_t vs $\langle n_{ch} \rangle$?

- Da interpretación de componentes duras y semiduras en colisión (Eventos con minijets)[1].
- Interpreta resultados de interacciones multipartónicas[2].
- Diferencias con distribuciones de Poisson indican correlaciones[3].
- Efectos de colour reconnections modifican distribuciones de $\langle n_{ch} \rangle$ [4].

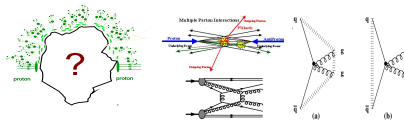
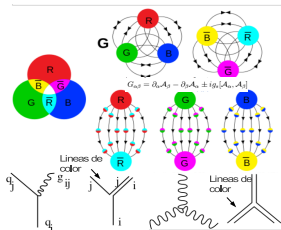


Figure 1: Diag. Feynman a) flujo planar del color, b) recombinación de color.

- [1] Giovannini and Ugoccioni, Phys. Rev. D. 59: 094020 (1999). arXiv:hep-ph/9810446
- [2] W. D. Walker, Phys. Rev. D69 034007 (2004).
- [3] Jan Fiete Grosse-Oetringhaus, Ph. D thesis (2009).
- [4] The OPAL collaboration, G. Abbiendi, et al., (2003) arXiv:hep-ex/0306021.

Colour Reconnection

Oscar W. Greenberg(1964) introduce la carga de color
 En colisiones hadrónicas los estados iniciales contienen campos de color con longitud de onda del orden de la escala de confinamiento[*].

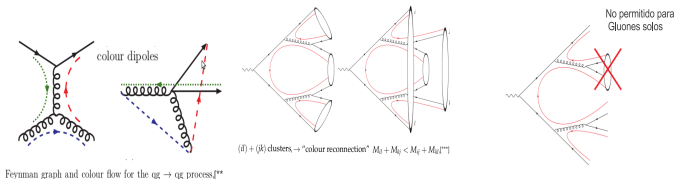


[*] Peter Skands, Daniel Wicke ,Non-perturbative QCD Effects and the Top Mass at the Tevatron. arXiv:hep-ph/0703081 (2008).

Se han modelado efectos de reconexión (reareglos) por color en estados finales. CR model MSTP(95).

Colour Reconnection, Algunos estudios

- Gustafson, Pettersson y Zerwas(GPZ)[*] observaron efectos de interferencia de color e intercambio de gluones en eventos de WW (de LEP) (nivel pQCD).
- Sjöstrand and Khoze (SK) consideran reconecciones como parte de fase de hadronización **no perturbativa**. (LundSMF) si 2 cuerdas de QCD se sobrelapan en espacio tiempo hay una posibilidad finita de que se fusionen o corten (SK-I,SK-II)



[**] R. Corke1 and T. Sjöstrand, Interleaved Parton Showers and Tuning Prospects. arXiv:1011.1759 (2010).
 [***] Christian Röhr, Colour Reconnection in Cluster Hadronisation. 8th MCnet Meeting, Cambridge, (2010).

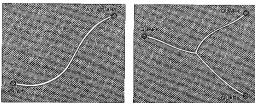
Lund String Model Fragmentation.

Scientific American, February 1975

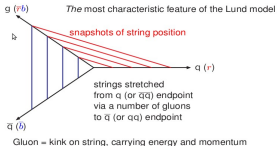
Dual-Resonance Models of Elementary Particles

In this new theoretical approach the strongly interacting particles classified as hadrons are viewed mathematically as massless strings whose ends move with the speed of light in multidimensional space

by John H. Schwarz



The Lund gluon picture



Gives modified fragmentation function:

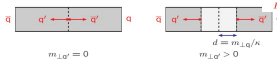
$$f(z) \propto \frac{1}{z} z^{a_\alpha} \left(\frac{1-z}{z} \right)^{a_\beta} \exp \left(-\frac{bm^2}{z} \right)$$

Scientific American, November 1976

The Confinement of Quarks

by Yoichiro Nambu

How does the string break?

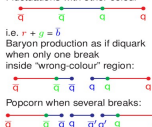


String breaking modelled by tunnelling:

$$P \propto \exp \left(-\frac{\pi m_{\perp q}^2}{\kappa} \right) = \exp \left(-\frac{\pi p_{\perp q}^2}{\kappa} \right) \exp \left(-\frac{\pi m_q^2}{\kappa} \right)$$

Baryon production

Meson production $\approx$ same colour everywhere.
Fluctuations with other colour $\rightarrow$ no net force.



The Lund String Model (1977 -)

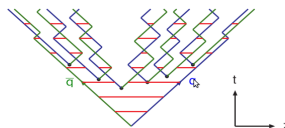
In QCD, for large charge separation, field lines seem to be compressed to tubelike region(s) $\Rightarrow$ **string(s)**



Gives linear confinement with string tension:

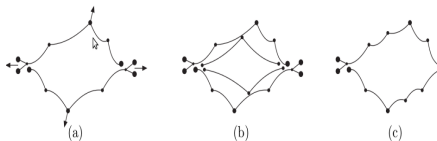
$$F(r) \approx \text{const} = \kappa \approx 1 \text{ GeV/fm} \iff V(r) \approx \kappa r$$

Motion of quarks and antiquarks in a $q\bar{q}$ system:



gives simple but powerful picture of hadron production

Colour Reconnection, Algunos estudios



- a) En colisiones gluón-gluón duras hadrónicas los productos serán reconectados por color.
- b) En una segunda dispersión nuevas cuerdas serán reconectadas a los remanentes.
- c) para ajustes de datos los gluones son reconectados tal que la longitud de la cuerda total se vuelve lo mas corta posible.

Modelo de Mueller dipolar[†].

CR Modifica secciones eficaces[†].

Colour Reconnection, Modelo de Mueller dipolar.

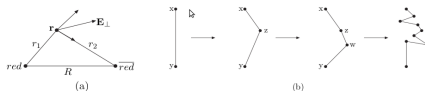


Fig. 4. (a) The transverse colour-electric field in a colour dipole. (b) Gluon emission splits the dipole into two dipoles. Repeated emissions give a cascade, which produces a chain of dipoles.

Un campo de Coulomb que es “Boosted” se contrae con un campo eléctrico transversal $E_T \sim g \frac{\vec{r}}{r^2}$. En un sistema $q - \bar{q}$ con color neutro (figura) el campo dipolar obtiene dos contribuciones como la anterior, resultando un campo de color-eléctrico transversal

$$E_T^2 \sim g^2 \frac{R^2}{r_1^2 r_2^2}.$$

La probabilidad de que se emita un gluón en el punto $\vec{r}$ es:

$\frac{dP}{dy} = \alpha \frac{d^2 r}{2\pi} \frac{R^2}{r_1^2 r_2^2}$. Cuando 2 cascadas colisionan dos dipolos pueden interactuar vía intercambio de gluones.

Colour Reconnection, Modifica secciones eficaces

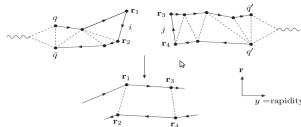


Fig. 5. A symbolic picture of a $\gamma^* \gamma^*$ collision in $y - \mathbf{r}_\perp$ -space. When two colliding dipoles interact via gluon exchange the colors are reconnected forming dipole chains stretched between the remnants of the colliding systems.

Sumando el intercambio entre carga o anticarga en ambos dipolos da la probabilidad de interacción:

$$f_{ij} = \frac{\alpha_s^2}{8} \ln^2 \left(\frac{(\vec{r}_1 - \vec{r}_3)^2 (\vec{r}_2 - \vec{r}_4)^2}{(\vec{r}_1 - \vec{r}_4)^2 (\vec{r}_2 - \vec{r}_3)^2} \right)$$

En la aproximación eikonal las secciones eficaces totales, difractivas y elásticas son:

$$\begin{aligned} \sigma_{tot} &\sim 2d^2 b \langle (1 - e^{-f_{ij}}) \rangle \\ \sigma_{diff} &\sim d^2 b \langle (1 - e^{-f_{ij}})^2 \rangle \\ \sigma_{el} &\sim d^2 b \langle (1 - e^{-f_{ij}}) \rangle^2 \end{aligned} \quad (1)$$

Se obtuvo la corrección y el error de de esta, de las gráficas de $\langle p_t \rangle$ vs n_{ch} con respecto a TUNE perugia0 (p_{tcorr}/p_{tMC}) para los 14 millones de eventos ESD

Selección de eventos:

más de 2 partículas cargadas y primarias

$|\eta| > 0.8$,

$p_T > 0.5 \text{ GeV}$,

vértice reconstruido $|z_{vtx}| < 10 \text{ cm}$.

rechazo de pileup: eventos más de 1 vértice primario (ITS rec).

Selección de trazas:

trazas de TPC independientes

almenos 70 clusters TPC

se requiere reajuste en TPC y ITS

rechazo de "hijas torcidas"

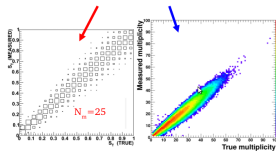
Distribuciones de S_t vs N_{ch}

Para obtener la esfericidad verdadera ($S_{Tt} = S_{Ttrue}$) se realiza como sigue:

$$\begin{aligned}\langle S_{Tt} \rangle(N_{tch}) &= \sum_m \langle S_T \rangle_{unf}(N_m) R(N_{tch}, N_m), \\ \langle S_T \rangle_{unf}(N_m) &= \sum_t \langle S_T \rangle_{med}(N_m) R(S_t(N_t), S_m(N_m)) \quad (2)\end{aligned}$$

donde N_m es la multiplicidad medida, y $\langle S_T \rangle_{unf}$ es la esfericidad transversa promedio unfolded.

$$\langle S_T \rangle | N_t = \sum_m \langle S_T^{unfolded} \rangle | N_m R | N_t, N_m \rangle \longrightarrow$$



1. Unfolding of S_t spectra.

2. Correction by multiplicity.

Se obtuvo la matriz de respuesta ($R(S_t(N_t), S_m(N_m))$) para distintas multiplicidades de partículas cargadas. $N_m = \text{fijo}$ y $3 \leq N_g$. con $60 > N_m = \text{fijo} > 3$.

Esto se logro haciendo un **for** para cada N_m .

Se muestran algunas gráficas que resultaron. Se verificó que:

$$\sum_{N_{ch}=3}^{60} \text{Entries}_{N_{ch}} = \text{Entries}_{tot} = 3653996.$$

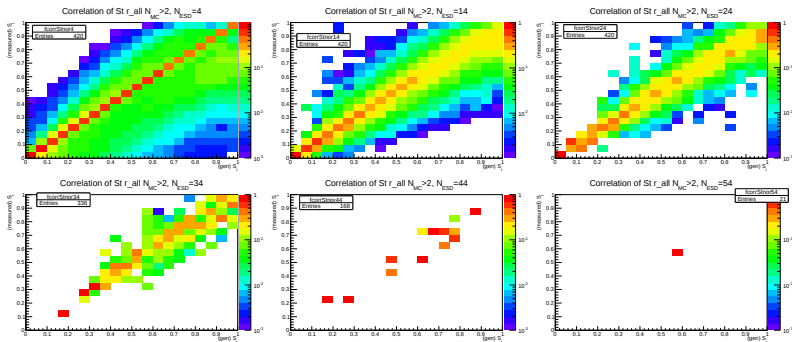
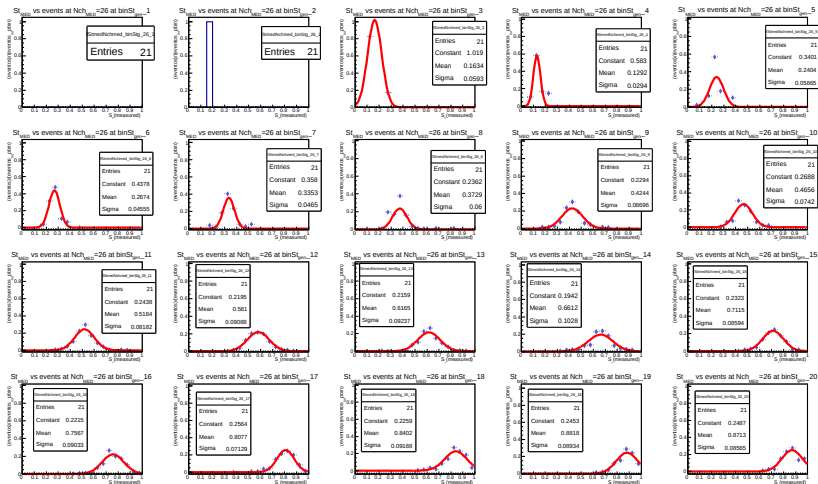
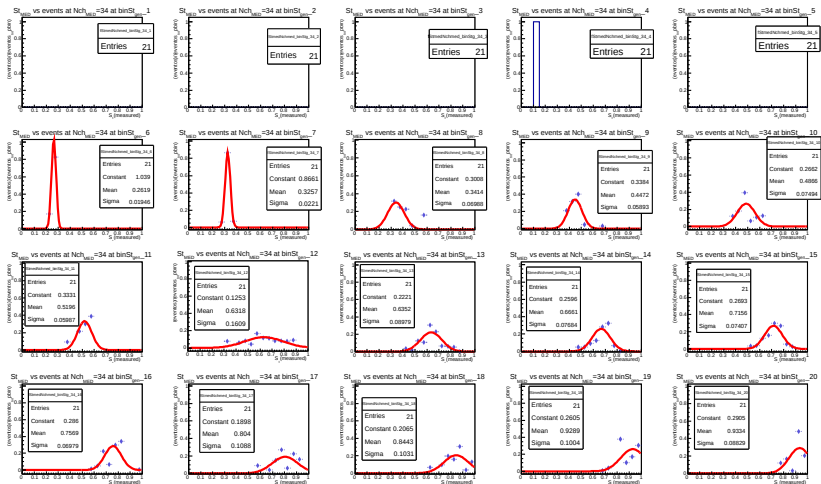
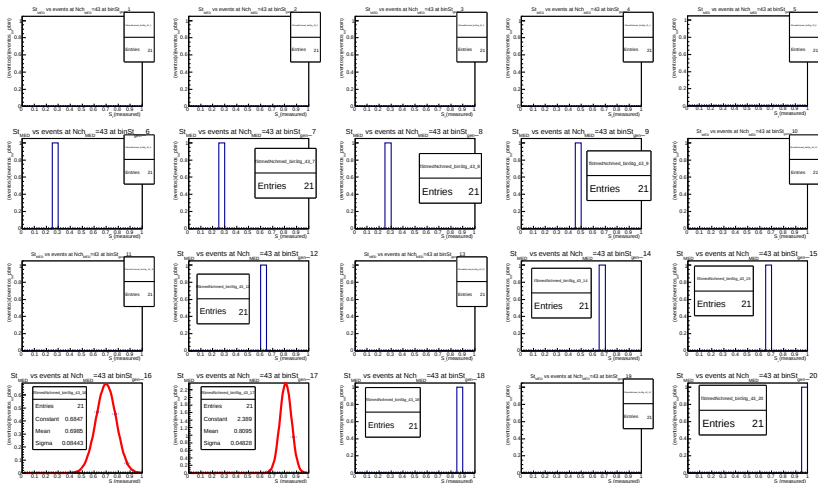


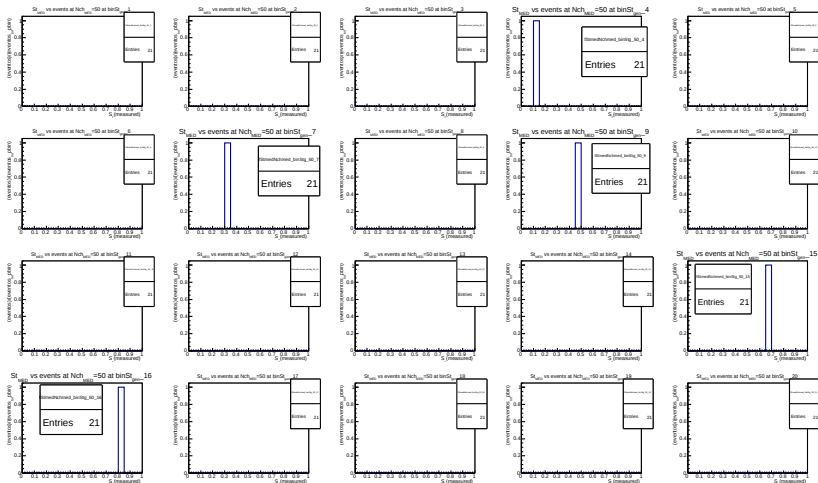
Figure 3: Matrices de respuesta obtenidas a: a) $N_{ch}=4$, b) $N_{ch}=14$, c) $N_{ch}=24$, d) $N_{ch}=34$, e) $N_{ch}=44$, f) $N_{ch}=54$,

Como se observa para altas multiplicidades hace falta estadística por lo que hay que extrapolar, para esto obtenemos para cada bin de St_{gen} plots de St_{med} vs eventos normalizados, obtenemos μ y σ . Esto se ha hecho para matrices de respuesta con $3 < N_{ch} < 60$ (completo), los ajustes se han echo con gaussianas, el metodo aplicado ha sido el de Chi-Square y Likelihood (donde habia poca estadística). Se muestran algunos resultados ($N_{ch}=26,34,43,50$).









¿Que tan buenos son los fits?

Recurrimos a la prueba χ^2/ndf [†], donde $ndf = \nu = N - r$ es el num. de grados de libertad y para ν variables independientes normalmente distribuidas $\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \mu)^2}{\sigma^2}$.

$$\chi^2 = \begin{cases} \infty & \text{si } (x_i - \mu)^2 \gg \sigma^2 \text{ (mal ajuste)} \\ 1 & \text{si } (x_i - \mu)^2 = \sigma^2 \text{ (buen ajuste)} \\ 0 & \text{si } (x_i - \mu)^2 \ll \sigma^2 \text{ (muy buen ajuste)} \end{cases} \quad (3)$$

nos dice que tanto se desvían de la media las mediciones en términos de la desviación estándar.

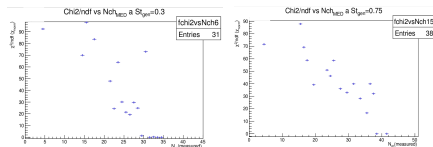


Figure 4: χ^2/ndf vs Nch_{med} para nuestros ajustes a) $St_{gen} = 0.3$ b) $St_{gen} = 0.75$.

buen ajuste para altas multiplicidades (lo que se buscaba)

Se obtuvo las gráficas de μ vs St_{gen} a Nch_{med} fijo para $60 \geq Nch_{med} \geq 3$. Cada gráfica fue ajustada a funciones lineales para extrapolar a altas multiplicidades.

Se obtuvo las gráficas de σ vs St_{gen} a Nch_{med} fijo para $60 \geq Nch_{med} \geq 3$. Dado que para los primeros bins de esfericidad en la gráfica de σ hay problemas por falta de estadística, cada gráfica fue ajustada a una función lineal en el rango de 0 a 0.5 (debido al comportamiento de la esfericidad con máximo alrededor 0.7) así se estima las características de la función para baja esfericidad.

Se muestran las correspondientes para valores $Nch_{med} = 9, 25, 29, 49$.

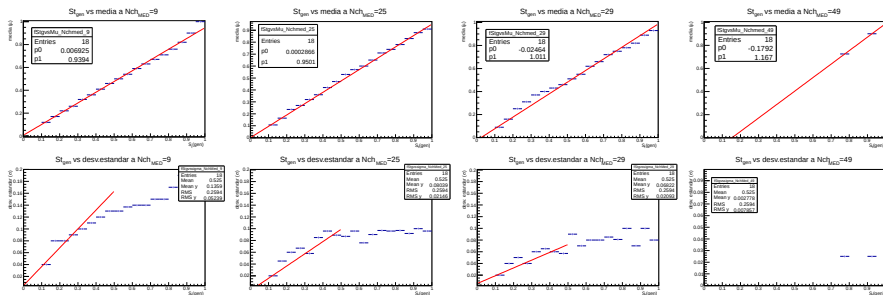
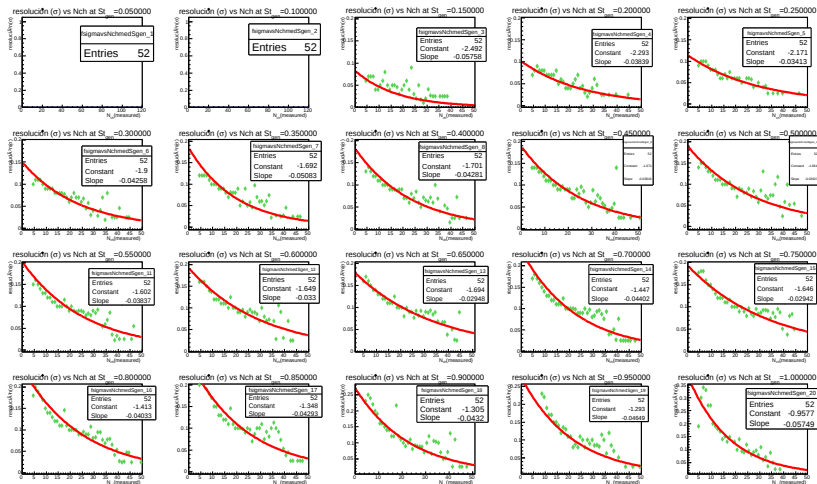


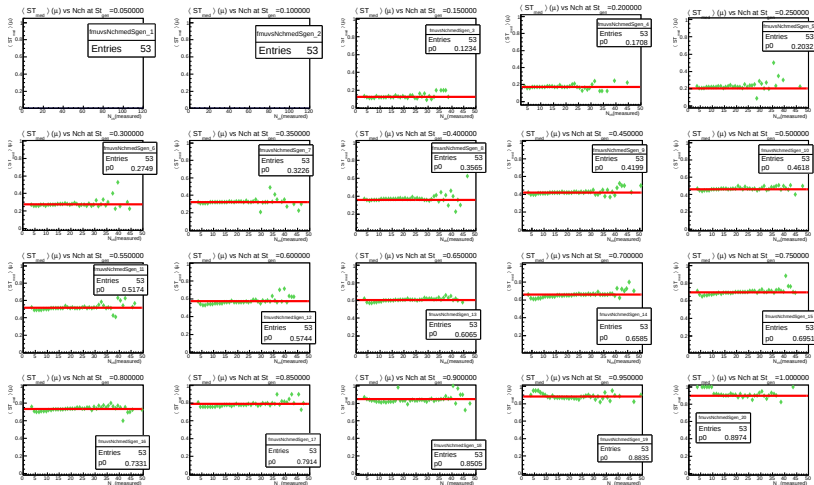
Figure 5: St_{gen} vs μ a $Nch_{med} =$ a) 9 b) 25, c) 29, d) 49; St_{gen} vs σ a $Nch_{med} =$ f) 9, g) 25, h) 29, i) 49.

En las gráficas de σ vs Nch_{med} los dos primeros bins estan fuera de la tendencia por que fueron calculados con poca estadística.

Se obtuvo también las gráficas de σ vs Nch_{med} para St_{gen} fijo con $1 \geq St_{gen} \geq 0$, cada gráfica fue ajustada a funciones exponenciales para extrapolar a altas multiplicidades.

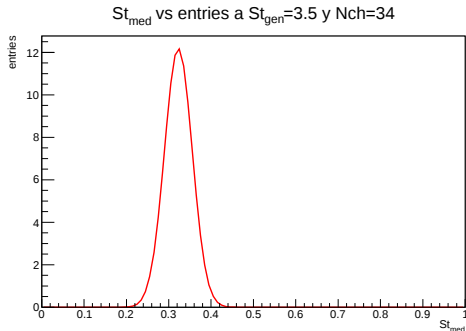
Así también se obtuvo las gráficas de μ vs Nch_{med} para St_{gen} fijo con $1 \geq St_{gen} \geq 0$, cada gráfica fue ajustada a funciones constantes para extrapolar a altas multiplicidades.





En principio ya tenemos toda la información para construir las matrices de respuesta a altas multiplicidades,
ahora ¿qué hay que hacer para obtener ls matrices de respuesta?
Para extrapolar las matrices de respuesta solo hay que usar la información de los 2 últimos conjuntos de plots.

Para $N_{ch}=34$ y $St_{gen}=3.5$ se reconstruyó St_{med} de la extrapolación como se muestra. Hace falta para los demás bins de St_{gen} y para varios N_{ch} .



Conclusiones

- Se obtuvo plots del χ^2/ndf vs Nch
- Se obtuvo plots de σ vs Nch_{med} y de μ vs Nch_{med} ambos a St_{gen} fijo para $1 \geq St_{gen} \geq 0$, interpolando con exponenciales y funciones constantes respectivamente.
- Se reconstruyó para $St_{gen} = 3.5$ para la matriz de respuesta de esfericidad a $Nch=34$
- Faltarreconstruir las matrices de respuesta para todos los bins de St_{gen} y para todas las multiplicidades
- Faltaria obtener el revelado de $< S_t >$

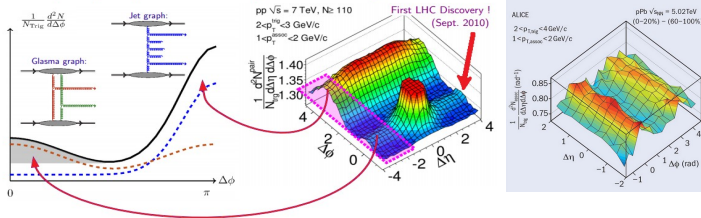
Good News from Moriond.

In Moriond Kevin Dusling slides:

moriond.in2p3.fr/QCD/2013/FridayMorning/Dusling.pdf

Double ridge explanation: The Color Glass Condensate

Anatomy of a proton-proton collision – explanation of the ridge



Kevin Dusling, Raju Venugopalan 5 nov 2012
 Kevin Dusling, Raju Venugopalan 15 nov 2012
 Kevin Dusling, Raju Venugopalan 27 feb 2013

arXiv:12100.389
 arXiv:1211.3701
 arXiv:1302.7018

Bibliography



F. Carminati et. al., J. Phys. G30 (2004)..



Y. L. Dokshitzer, V. Khoze, A. Mueller, and S. Troyan, Basics of Perturbative QCD, Editions Fronti'eres, (1991).



S. Albino, Rev. Mod. Phys, 82 (2010).



A. Ortíz Velasquez, Measurement of the transverse Sphericity in Minnimum Bias proton- proton collisions at $s=0.9, 2.76$ y 7 TeV with ALICE at the LHC. 2011.



http://cepa.fnal.gov/psm/simulation/mcgen/lund/pythia_manual/pythia6.3/pythia6301/node214.htm

[http : // cepa.fnal.gov / psm / simulation / mcgen / lund / pythia_manual / pythia6.3 / pythia6301 / node213.h](http://cepa.fnal.gov/psm/simulation/mcgen/lund/pythia_manual/pythia6.3/pythia6301/node213.htm)



<http://pythia6.hepforge.org/>