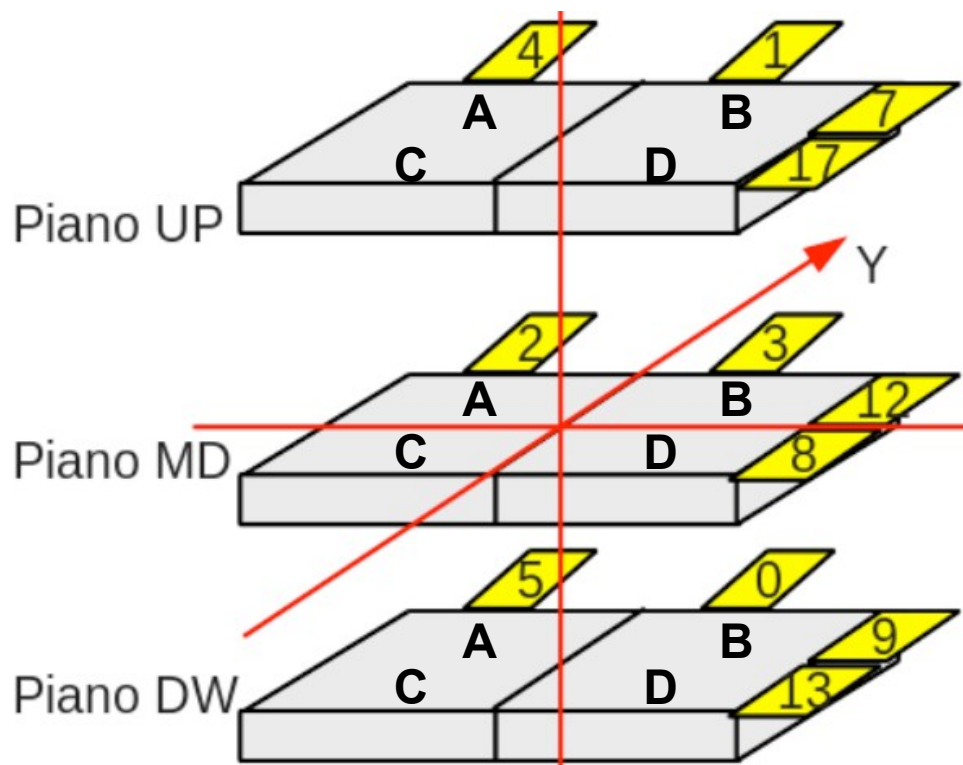


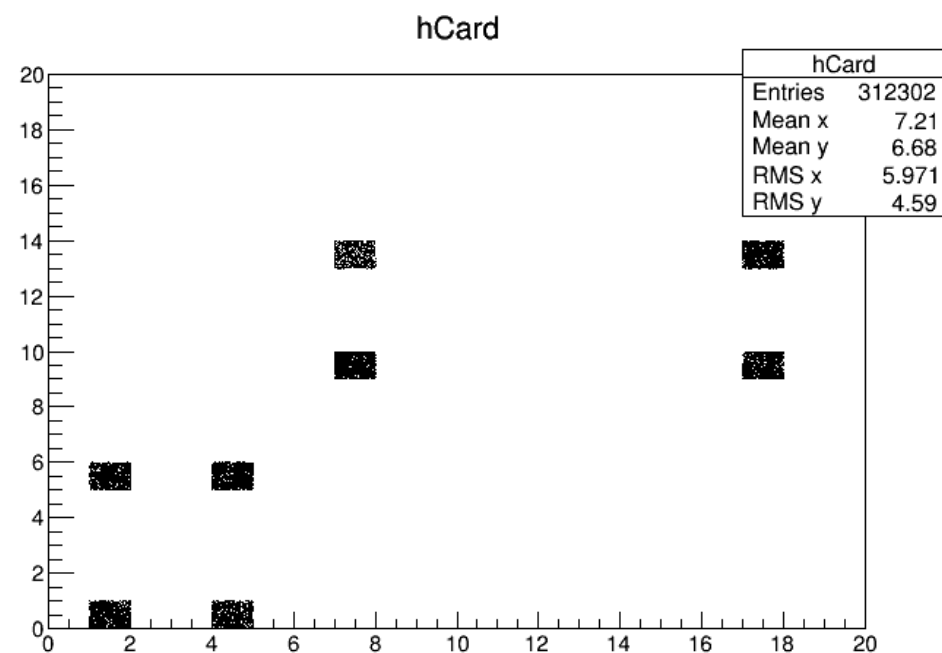
Studio del Time of Flight

- Quanto segue usa le formule inviate da Giulio a fine ottobre
- In tutti i plot, le unità sono nanosecondi
- Sto usando i nuovi dati (Marzo 2017):
 - top-middle = 95 cm
 - middle-down = 25 cm

Mi concentro per ora sui piani UP e DW



Safety check:



La mia selezione di traccia

- N.cluster non associati ≤ 3
- $E_{cMinX}, E_{cMinY} > 10$
- $Chi2X, Chi2Y < 5$
- Strip per cluster ≤ 2 ; richiesto per up, middle & down; sia in X che Y views
- Impongo $-45 \text{ cm} < x, y < -0.5 \text{ cm}, 0.5 \text{ cm} < x, y < 45 \text{ cm}$ per eliminare possibili effetti di bordo
- Nuova macro, disponibile a [questo link](#)

Formule

- Consideriamo una scheda 1 al piano top e la 2 al piano down
- Al tempo $t=0$ un muone passa per una barretta del modulo collegato alla scheda 1
- Segnali di start (local trigger) su 1 e 2:
 - $T_1 = T_{f1}$
 - $T_2 = T_{f2} + T_\mu$
- Ritardo dovuto alla fibra: $T_{fi} = r \cdot L_f / c$
 - La lunghezza di fibra è nota, vedasi prossima pagina
 - Indice di rifrazione (r): per ora uso 1.4, ma ci sono vari effetti che potrebbero dare un valore effettivo diverso
- Vero TOF: $T_\mu = \sqrt{[(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + z^2]} / c$
 - Le x e y le prendo dall'intersezione di traccia, non dal cluster

SCHEDA

MODULO = MEZZO PIANO

Lunghezza Fibre

1397 mm

1397

1379

1379

1362

1362

1348

1348

1335

1335

1335

1335

1324

1324

1324

1324

1324

1324

1324

1324

1335

1335

1335

1335

1348

1348

1362

1362

1379

1379

1397

1397

-0.5 m

0

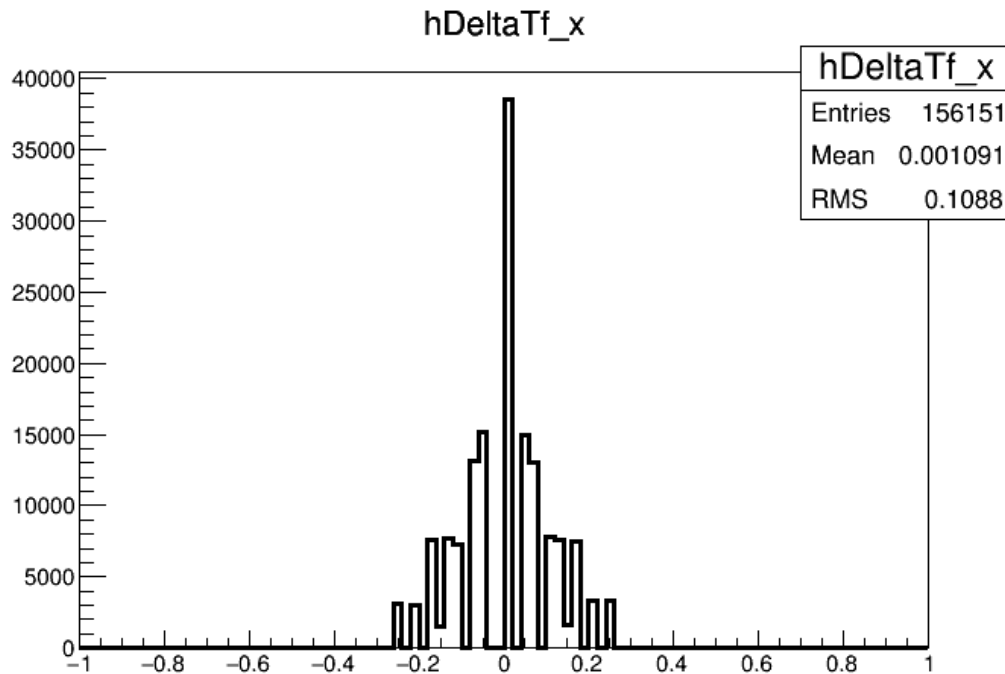
0

0.5 m

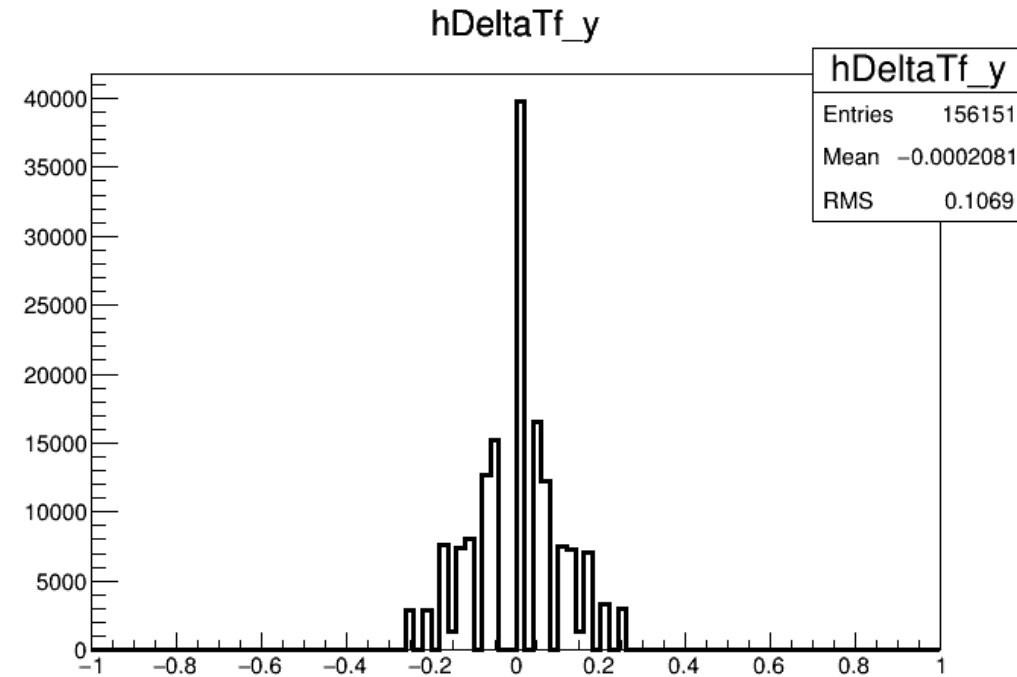
Fonte: mail di Pasquale in ottobre

Falso TOF introdotto dalle differenti lunghezze delle fibre

X-view:

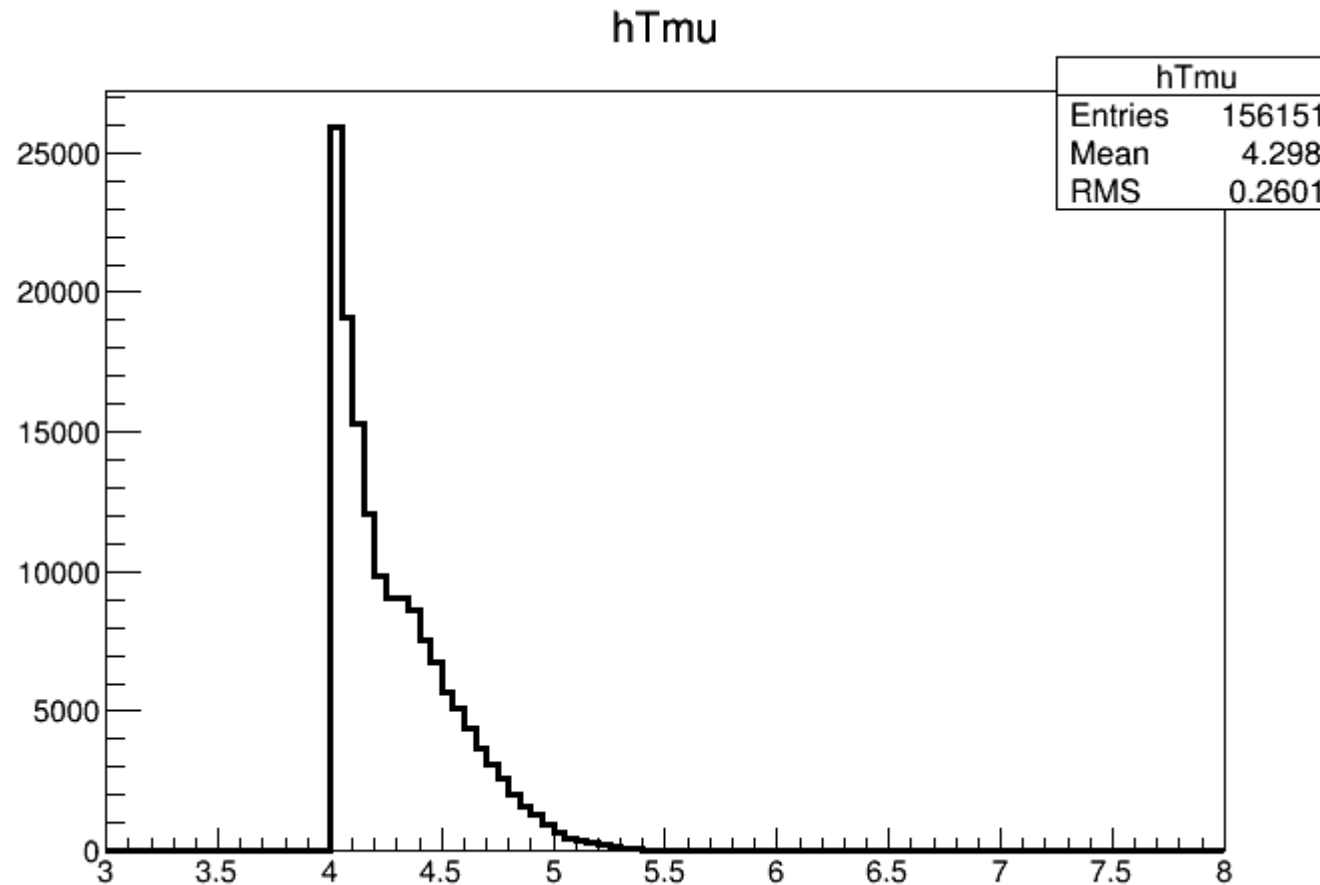


Y-view:



Definito come la differenza di lunghezza tra la fibra del segnale superiore e quella del segnale inferiore, diviso c e moltiplicato per 1.4 (ignorando complicazioni che possono variare l'indice di rifrazione effettivo). Conclusione: sembra un effetto molto piccolo (RMS ~ 0.1 ns)

Tempo di volo reale del muone



Definito come L/c , dove L è la distanza 3D tra l'hit nel piano superiore e quello nel piano inferiore e assumo $z=1.2$ m

Formule

- Supponiamo $T_2 > T_1$, i segnale di trigger globale GT vengono dati in concomitanza del segnale T_2 :
 - $T_{g1} = T_2 + T_{d1} + \Delta t = T_{f2} + T_{\mu} + T_{d1} + \Delta t$
 - $T_{g2} = T_2 + T_{d2} + \Delta t = T_{f2} + T_{\mu} + T_{d2} + \Delta t$
- T_{d1} e T_{d2} sono tempi dovuti al ritardo delle linee che portano i segnali dalle SLAVE alla MASTER, più un ritardo comune dovuto al tempo di formazione della logica di trigger
- Δt è la "fase" introdotta dalla formazione del segnale GT variabile da evento a evento in un intervallo di tempo pari a 20 ns
- In principio T_{d1} e T_{d2} si possono misurare in laboratorio, ma nel seguito proverò a mettere dei constraint dai dati di calibrazione con detector verticale; in ogni caso Δt è un'incertezza irriducibile

Formule

- Siano n_1 ed n_2 i valori digitali misurati sulle due schede dal TDC:
 - $n_1 T_{ck} = (T_{g1} - T_1)(E_1 + 1) = (T_{f2} + T_\mu + T_{d1} + \Delta t - T_{f1})(E_1 + 1)$
 - $n_2 T_{ck} = (T_{g2} - T_2)(E_2 + 1) = (T_{f2} + T_\mu + T_{d2} + \Delta t - T_{f2} - T_\mu)(E_2 + 1) = (T_{d2} + \Delta t)(E_2 + 1)$
- $T_{ck} = 4\text{ns}$, e le time expansions E sono note, vedasi prossima pagina.
- Otteniamo quindi la formula:
 - $n_2 T_{ck} - n_1 T_{ck} = (T_{f1} - T_{f2})(E_1 + 1) + [T_{d2}(E_2 + 1) - T_{d1}(E_1 + 1)] + \Delta t(E_2 - E_1) - T_\mu(E_1 + 1)$
- Nel seguito uso la forma equivalente:
 - $T_\mu = (n_1 - n_2) T_{ck} / (E_1 + 1) + (T_{f1} - T_{f2}) + [T_{d2}(E_2 + 1) / (E_1 + 1) - T_{d1}] + \Delta t(E_2 - E_1) / (E_1 + 1)$

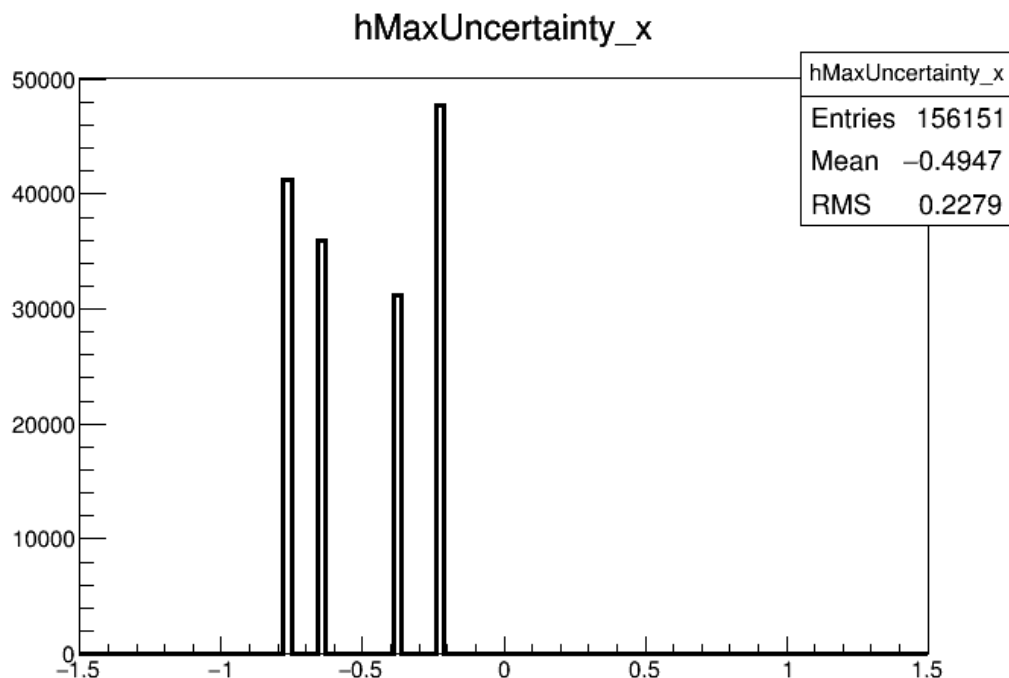
Time expansions

Sk.	Exp. Factor	RMS a 2 ns	CHIP
8	27.298	0.1942	SPIROC0
12	27.555	1.333	SPIROC0
2	26.635	0.2793	EASIROC1A
3	26.976	0.2971	EASIROC1A
0	26.516	0.2793	EASIROC1A
5	26.718	0.2831	EASIROC1A
4	27.031	0.3393	EASIROC1B
1	27.632	0.2971	EASIROC1B
17	27.082	0.2010	EASIROC1B
7	26.579	0.3707	EASIROC1B
13	26.602	0.3356	EASIROC1B
9	27.145	0.3761	EASIROC1B

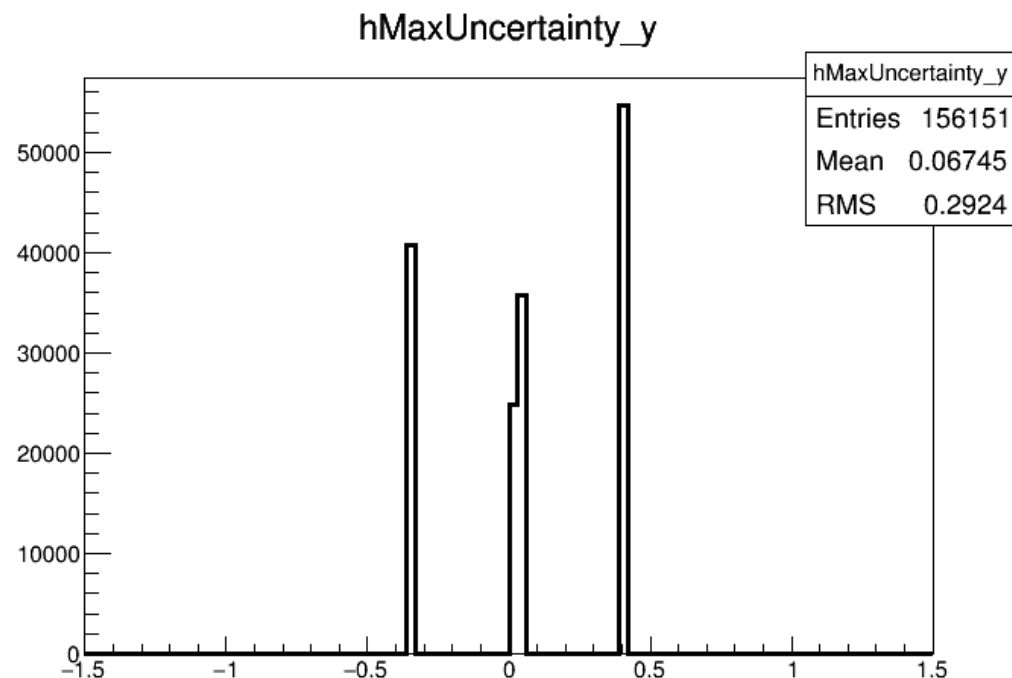
Incertezza tipica è $O(1\%)$

Falso TOF "irriducibile"

X-view:



Y-view:



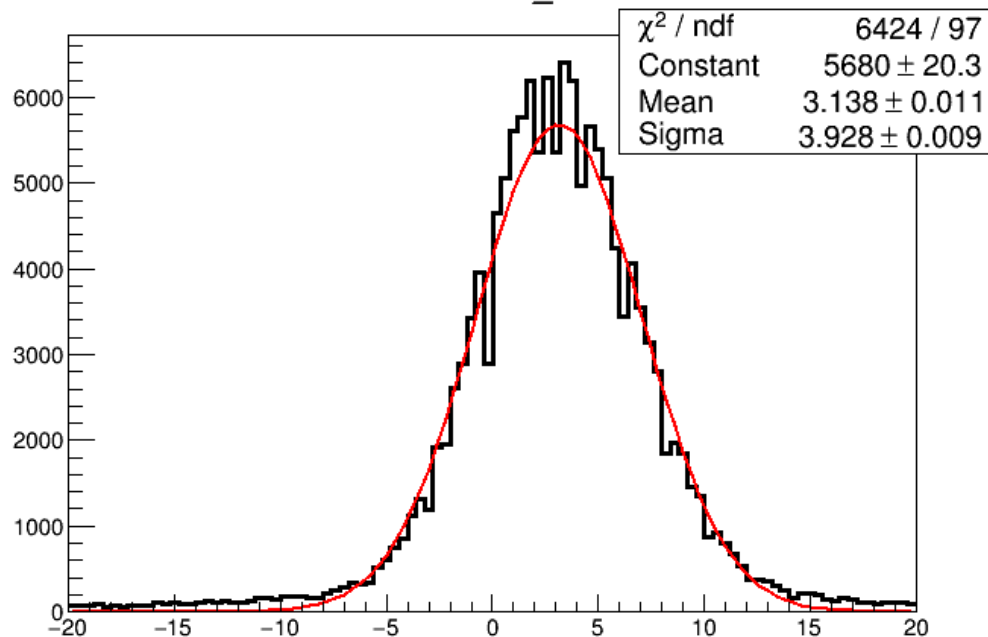
Definito come Δt (la fase per-evento che è incerta al livello di 20 ns) moltiplicato $(E_{\text{down}} - E_{\text{up}})/(E_{\text{up}} + 1)$.

Nel seguito applico una correzione pari alla metà, assumendo che la distribuzione di questa fase sia piatta tra 0 e 20 ns.

Tempo di volo "raw"

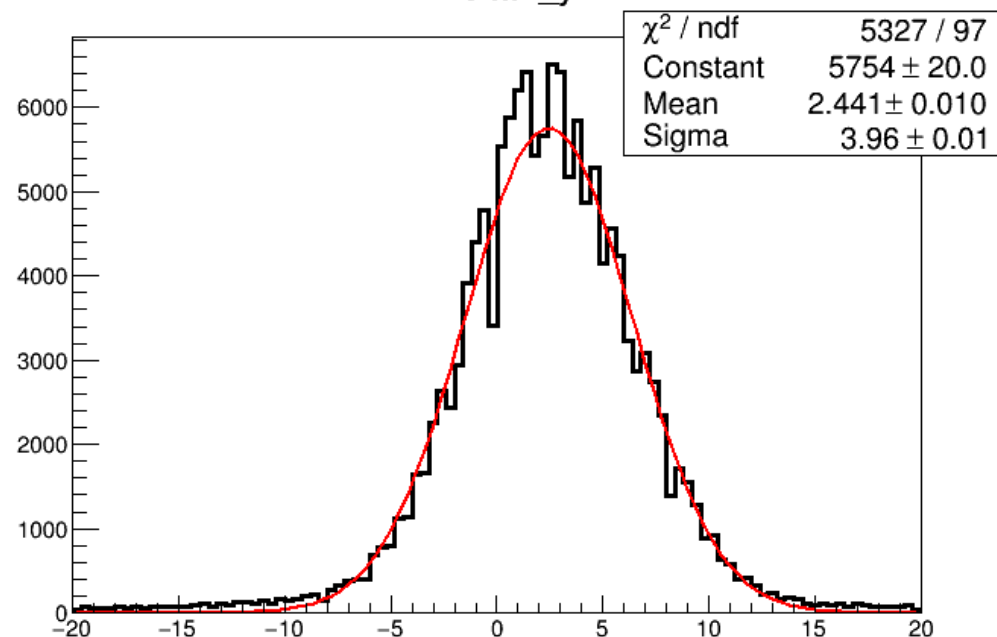
X-view:

hDeltaT_x



Y-view:

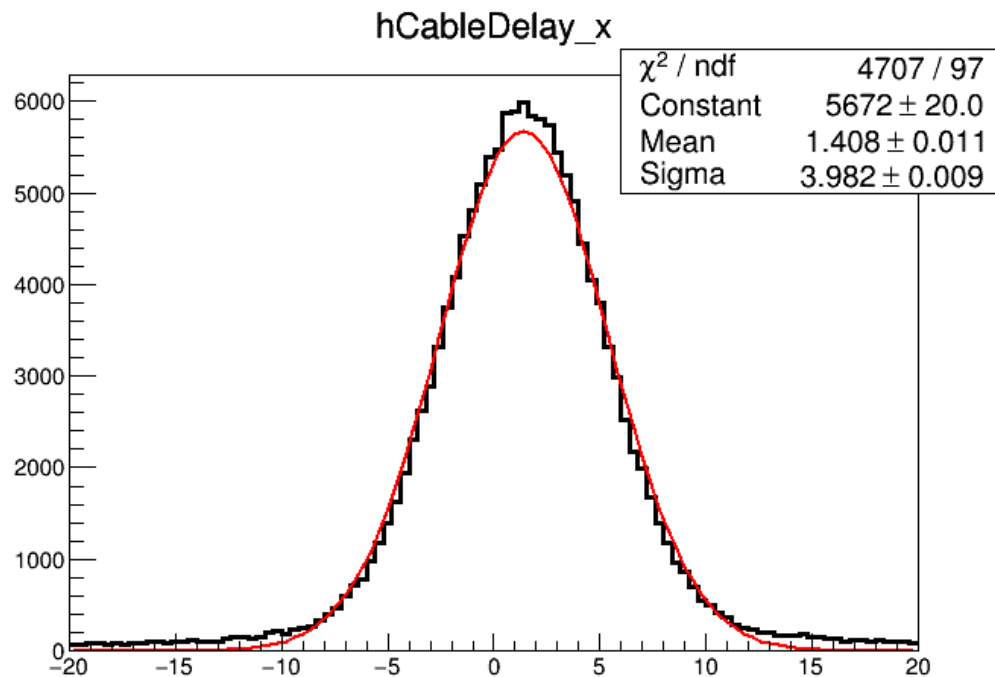
hDeltaT_y



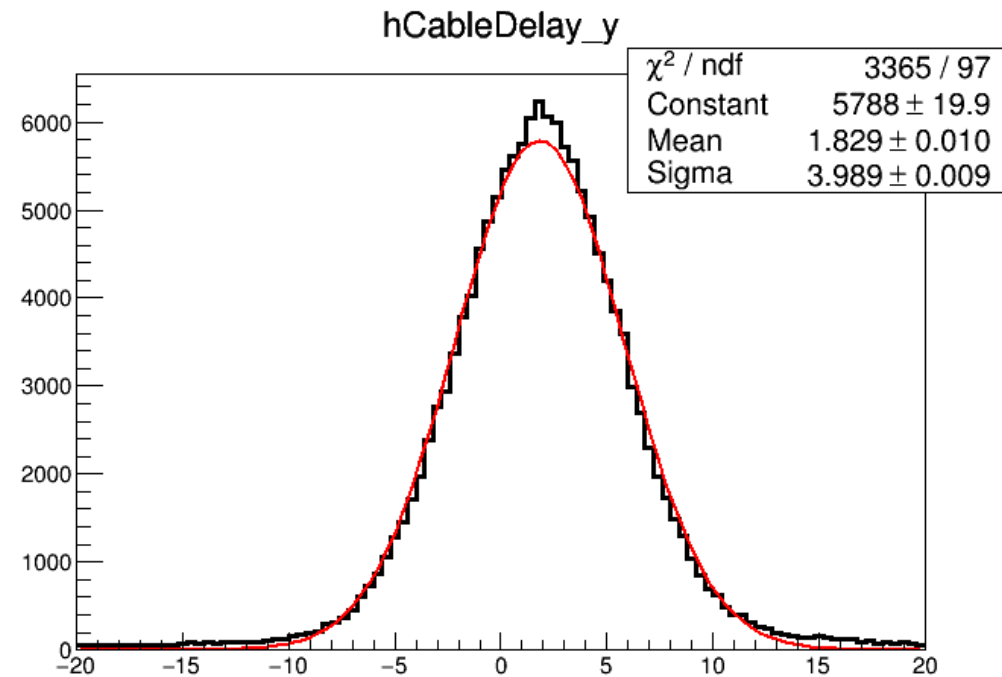
Definito come il numero di TDC counts nel piano up meno quello nel piano down, moltiplicato per 4 ns (tempo di clock) e diviso per (E+1) dove E è la time expansion del piano **superiore**

A quanto ammonta il "cable delay"

X-view:



Y-view:



Definito come il TOF reale meno il TOF raw meno il falso TOF
indotto dalle fibre meno metà del falso TOF irriducibile.

Secondo le formule di Giulio, dovrebbe corrispondere a:

$$Td2 * [(E2+1)/(E1+1)] - Td1$$

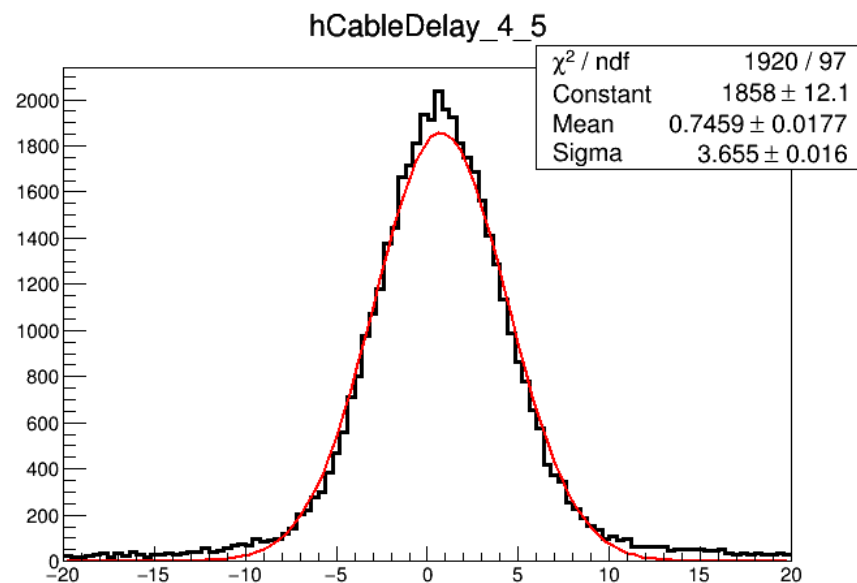
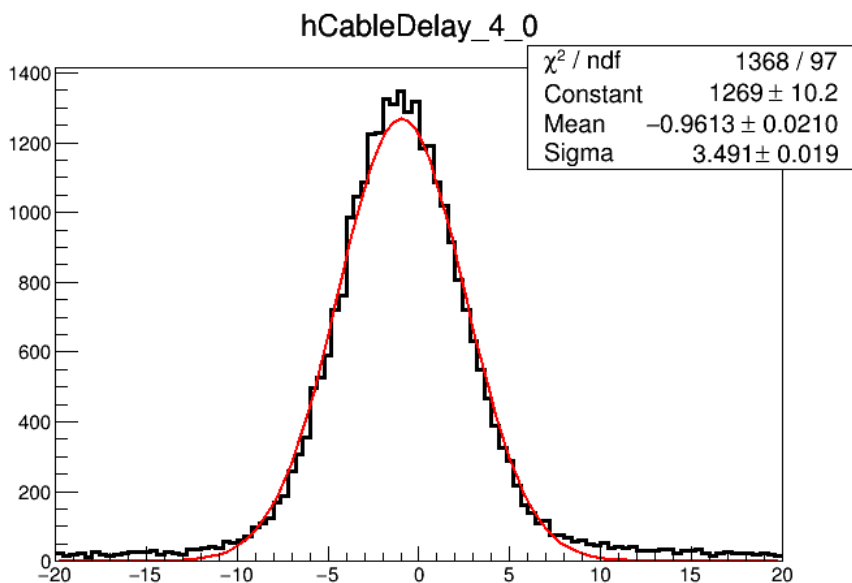
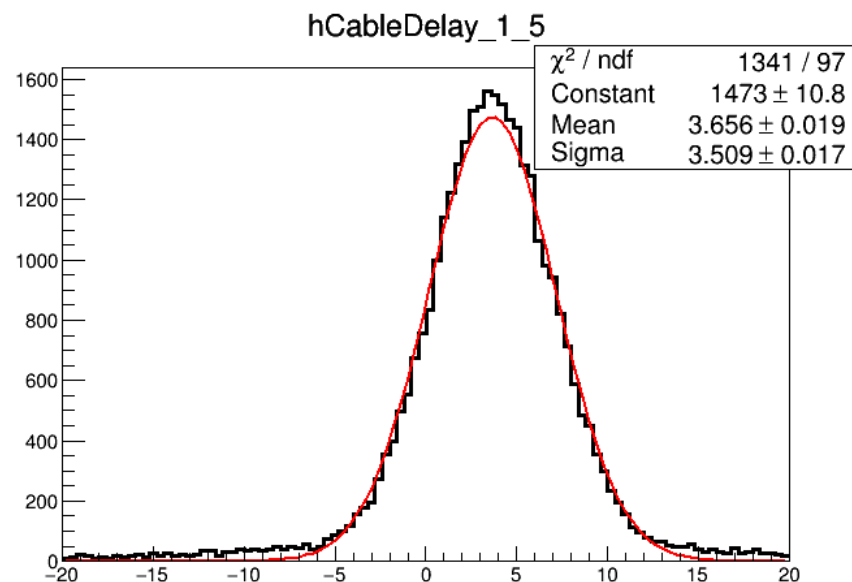
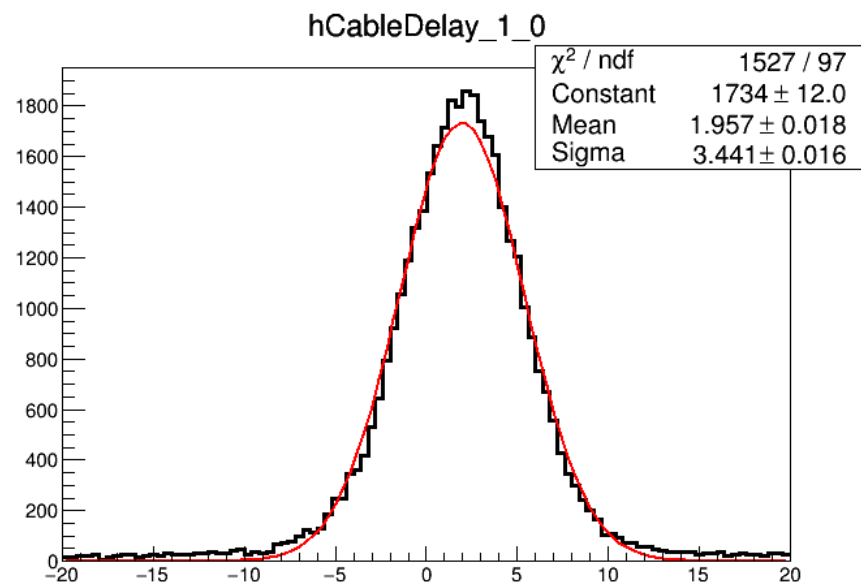
Se i ritardi slave-master sono ignoti

- Il mio punto di partenza è la formula:
 - $$T_{\mu} = (n_1 - n_2)T_{ck}/(E_1 + 1) + (T_{f1} - T_{f2}) + [T_{d2}(E_2 + 1)/(E_1 + 1) - T_{d1}] + \Delta t(E_2 - E_1)/(E_1 + 1)$$
- Al momento i T_{di} sono ignoti; come procedere?
- La mia idea iniziale era di fittare i T_{di} per tutte le schede, ma:
 - Impossibile mettere un constraint individuale sulle schede up e quelle down: compaiono sempre in coppia, e le differenze tra gli E_i sono molto piccole, quindi improbabile che possano rompere le degenerazioni nel fit
 - In linea di principio considerare il piano middle aiuterebbe a rompere le degenerazioni, ma la distanza modesta tra middle e down darebbe pochissimo potere statistico
- Nel seguito, quindi, estraggo $R_{ij} = [T_{dj}(E_j + 1)/(E_i + 1) - T_{di}]$ come unico parametro per ogni coppia ij

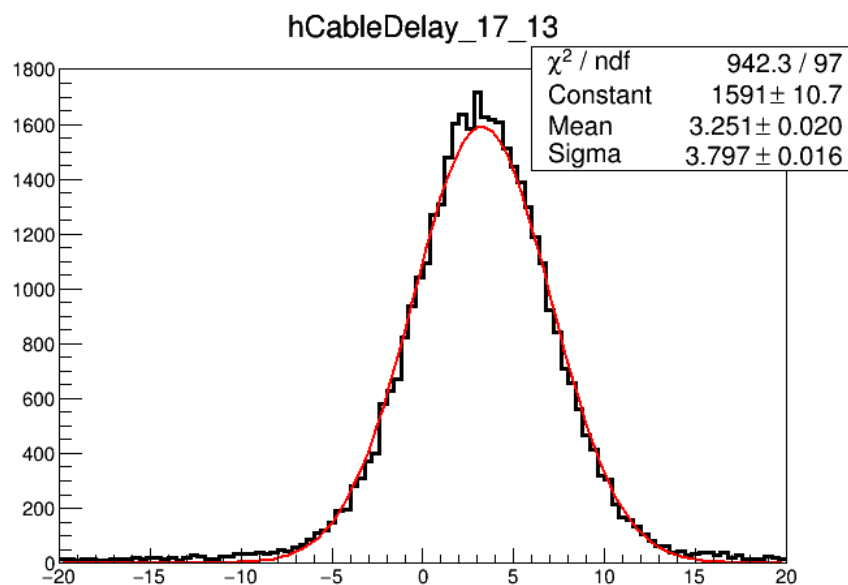
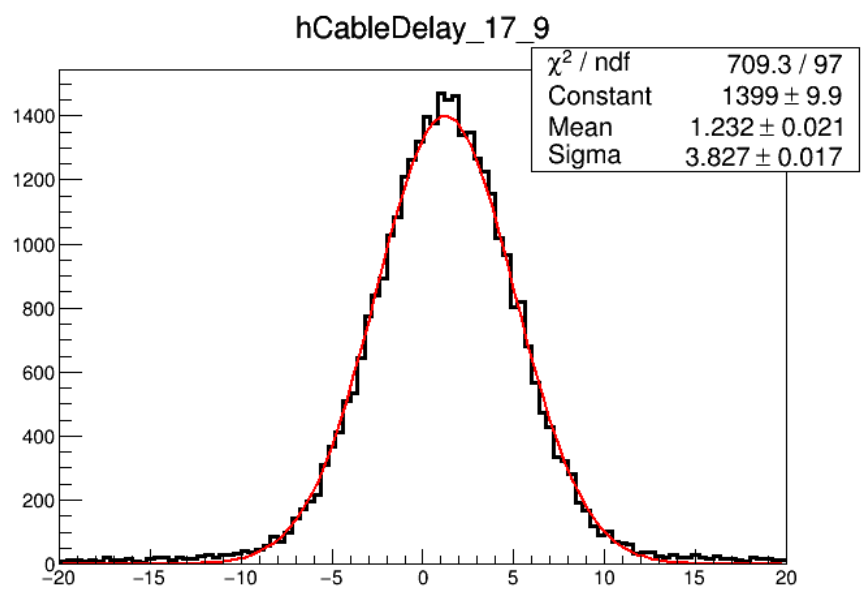
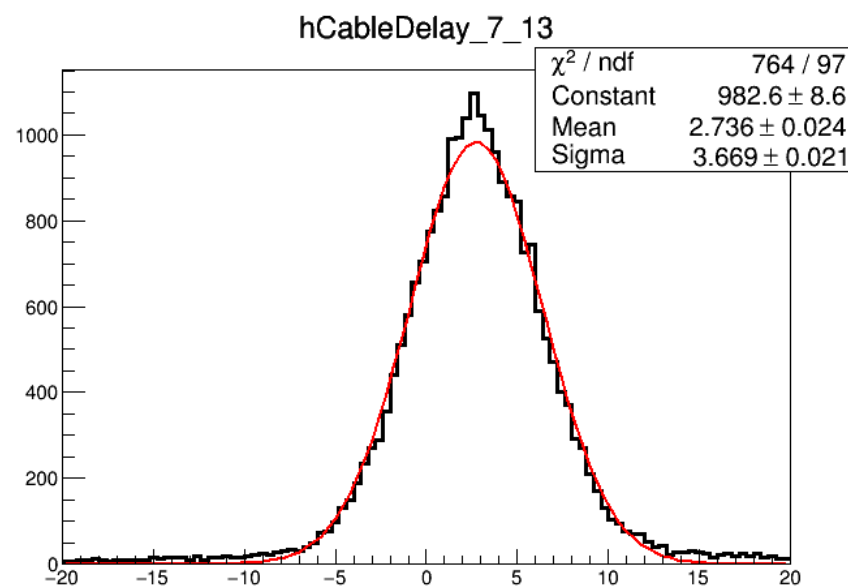
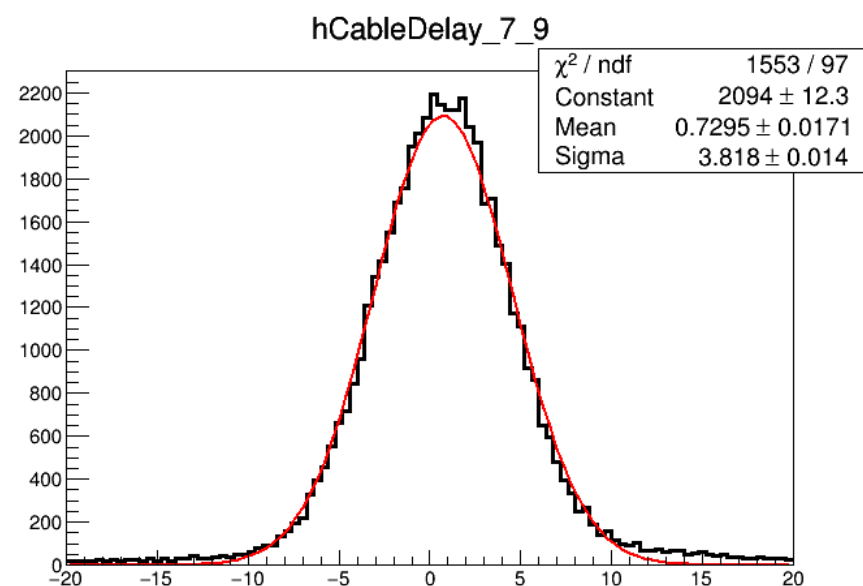
Parametro delle coppie up-down

- Divido il sample di tracce in due metà uguali
- Gli indici dispari li uso per estrarre gli R per ogni coppia di schede (una up e una down) usando la formula:
 - $R_{12} = T_{\mu} + (n_2 - n_1)T_{ck}/(E_1 + 1) + (T_{f2} - T_{f1}) + \Delta t(E_1 - E_2)/(E_1 + 1)$
- Gli indici pari li uso per applicare gli R misurati dai dispari, cioè:
 - $TOF = (n_1 - n_2)T_{ck}/(E_1 + 1) + (T_{f1} - T_{f2}) + R_{12} + \Delta t(E_2 - E_1)/(E_1 + 1)$
- Usando gli eventi con indici pari possiamo avere una misura unbiased di quante volte ci si azzecca, basta contare la frazione dei casi in cui $TOF > 0$
- Idealmente gli stessi valori di R li useremo per misure reali in cui il detector è orientato orizzontalmente, per discriminare tra muoni che vengono da davanti e da dietro

Estrazione degli R: x-view

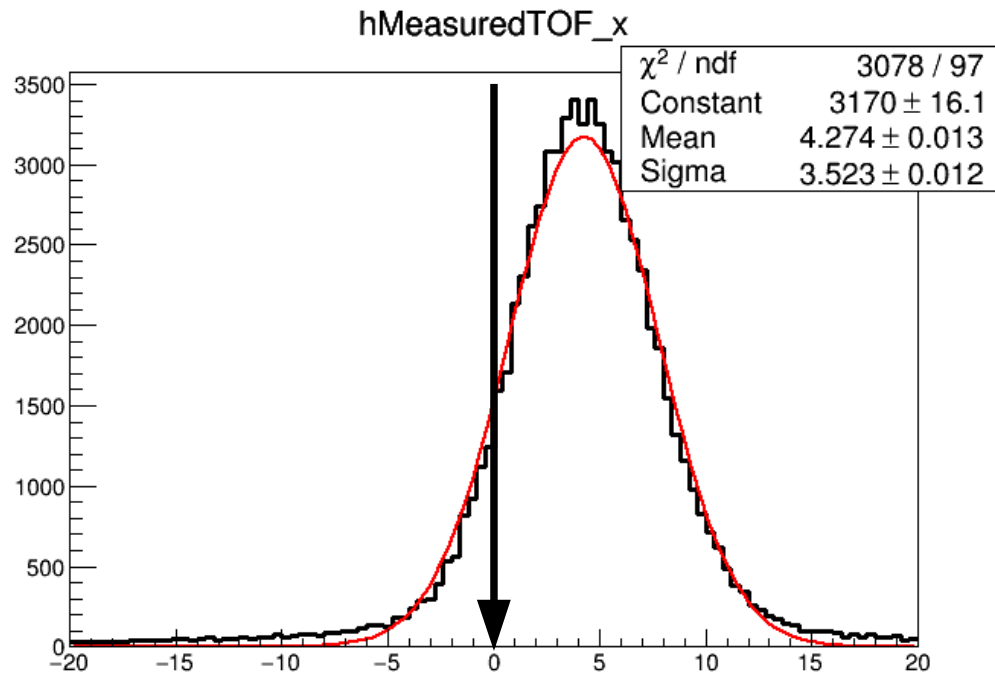


Estrazione degli R: y-view

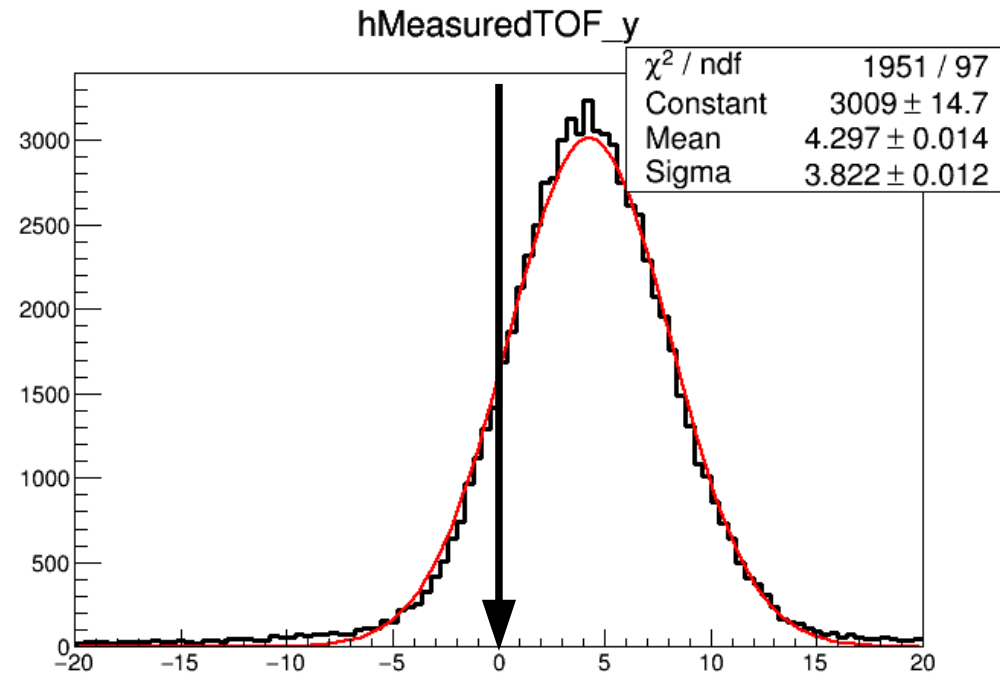


Test con gli eventi pari

X-view:



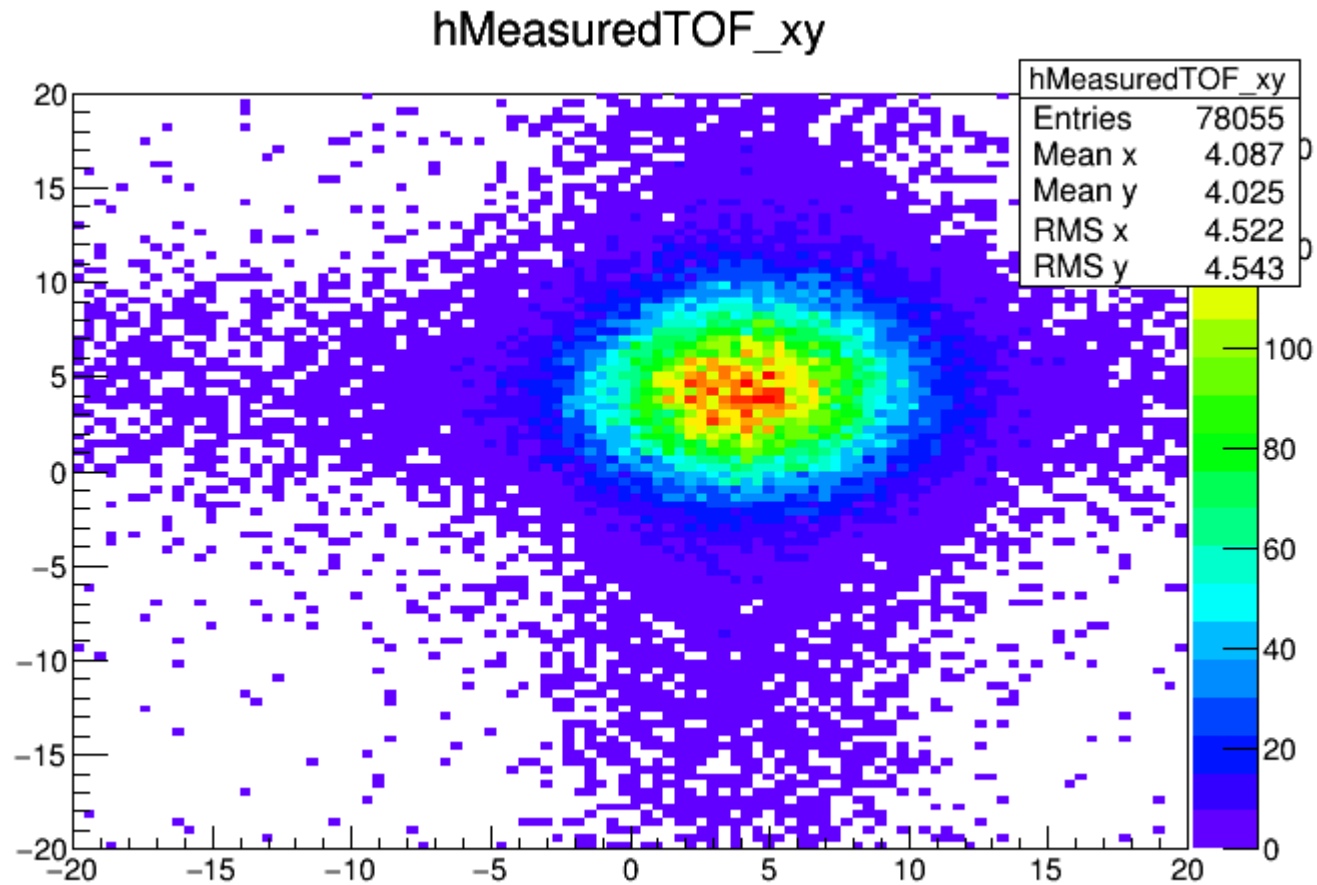
Y-view:



Conclusioni:

- la procedura funziona, e dà risultati coerenti nelle due view
- il TOF medio è in accordo statistico con quello vero
- il segno del TOF è corretto nell'85% degli eventi di „test“

TOF_y vs TOF_x



Al prim'ordine sembrano abbastanza correlate.

Prospettive

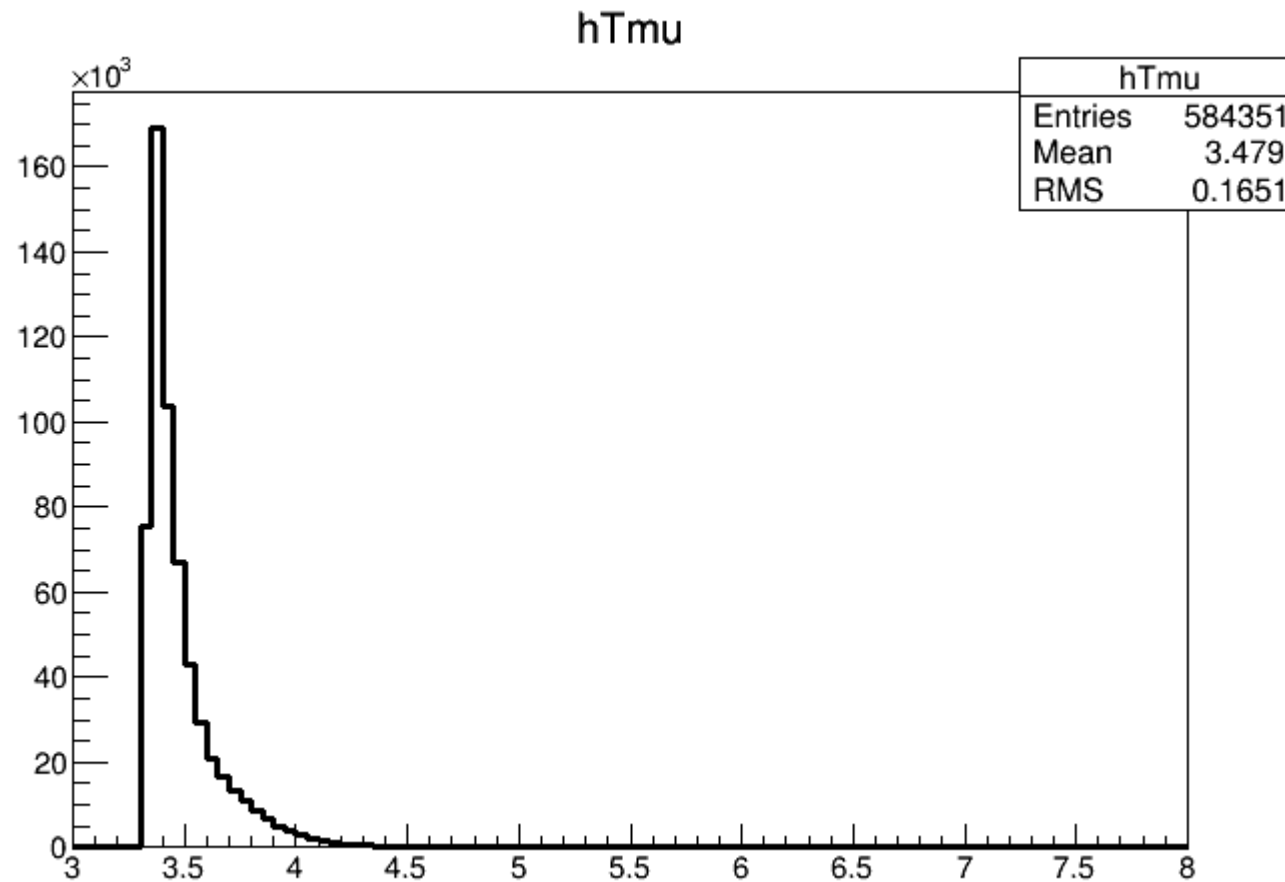
- Se potete misurare i delay slave-master in laboratori, questi parametri R diventano noti
- Possiamo a quel punto tornare all'idea iniziale del fit, ma per altri parametri (che per ora non ho considerato) come l'indice di rifrazione effettivo e la time slewing

Appendice:

confronto con i vecchi dati

- Nel seguito uso i vecchi dati (2016):
 - top-middle = 50 cm
 - middle-down = 50 cm
- Voglio verificare se i valori di R ottenuti dal fit sono gli stessi

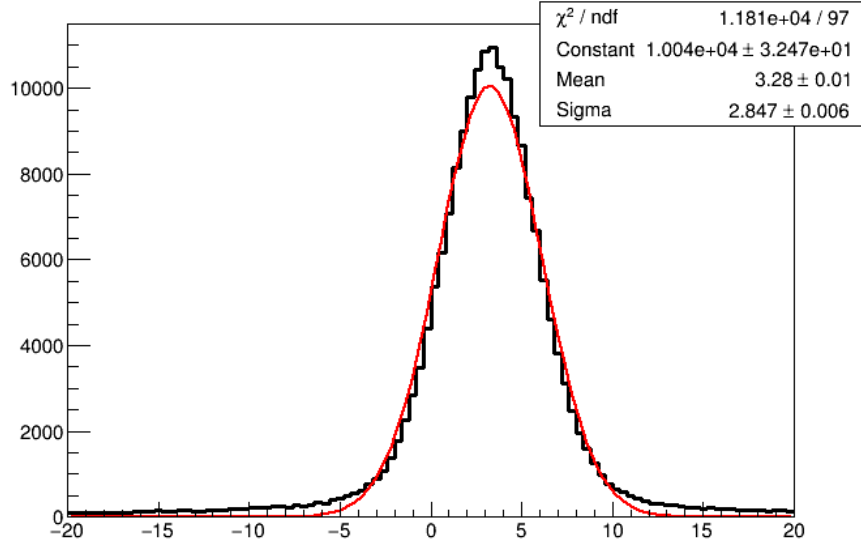
Tempo di volo reale del muone



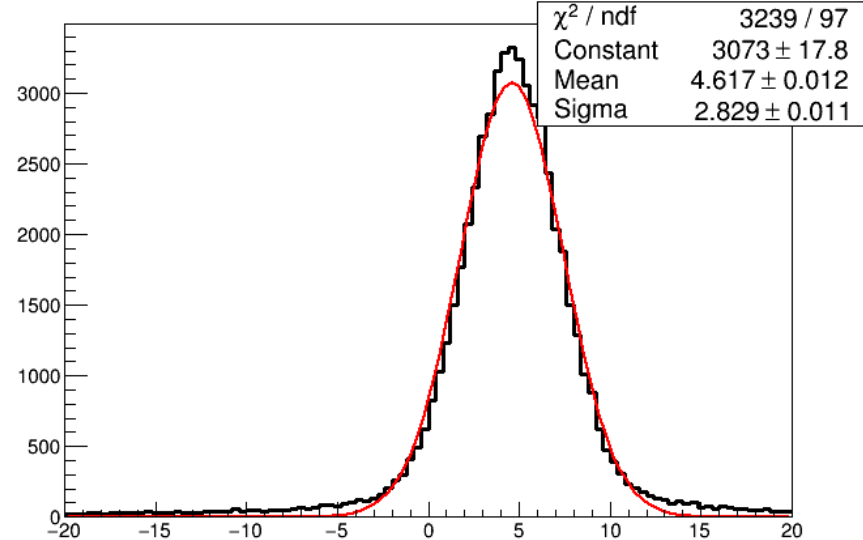
Definito come L/c , dove L è la distanza 3D tra l'hit nel piano superiore e quello nel piano inferiore e assumo $z=1.0$ m

Estrazione degli R: x-view

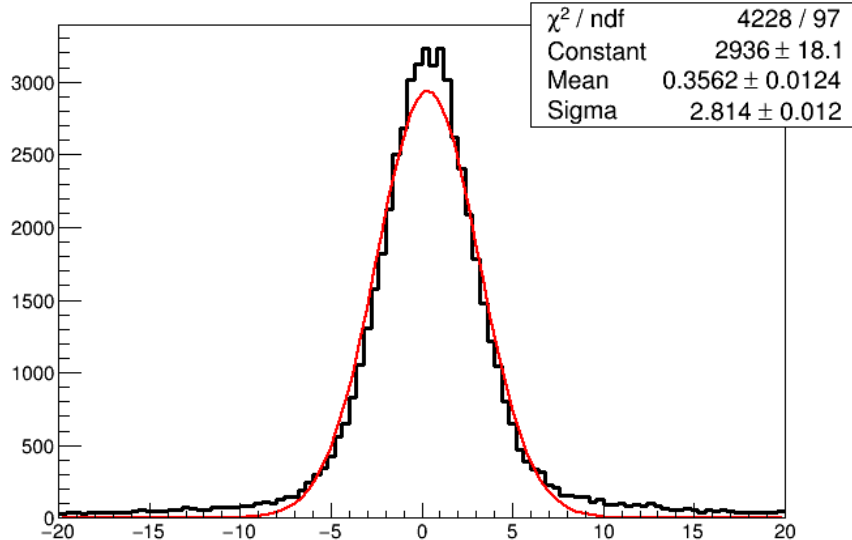
hCableDelay_1_0



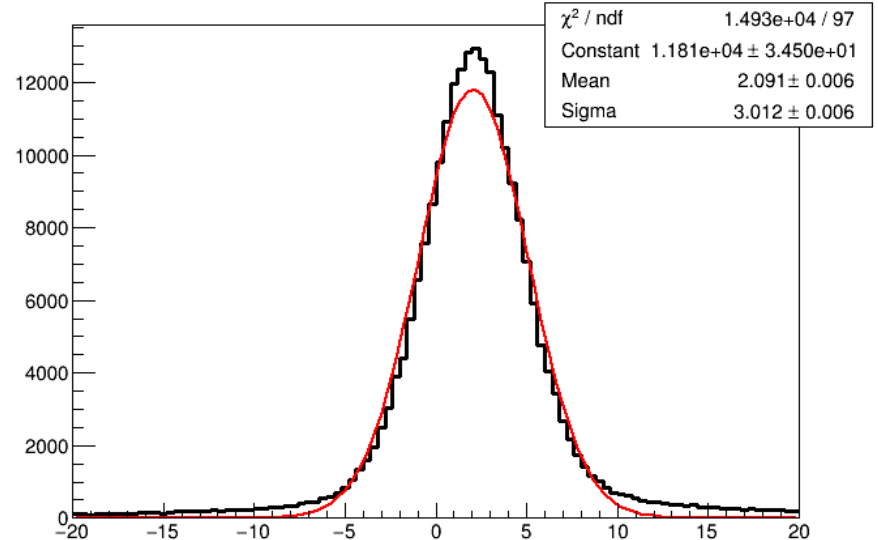
hCableDelay_1_5



hCableDelay_4_0

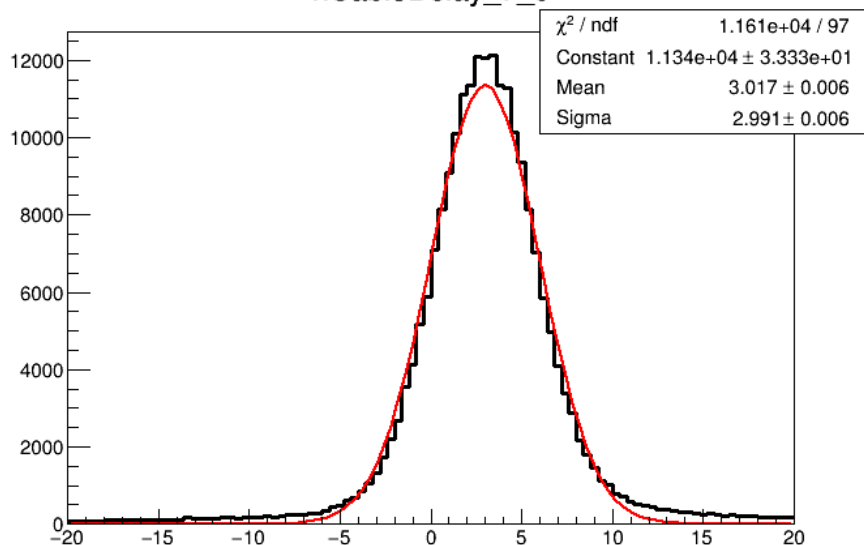


hCableDelay_4_5

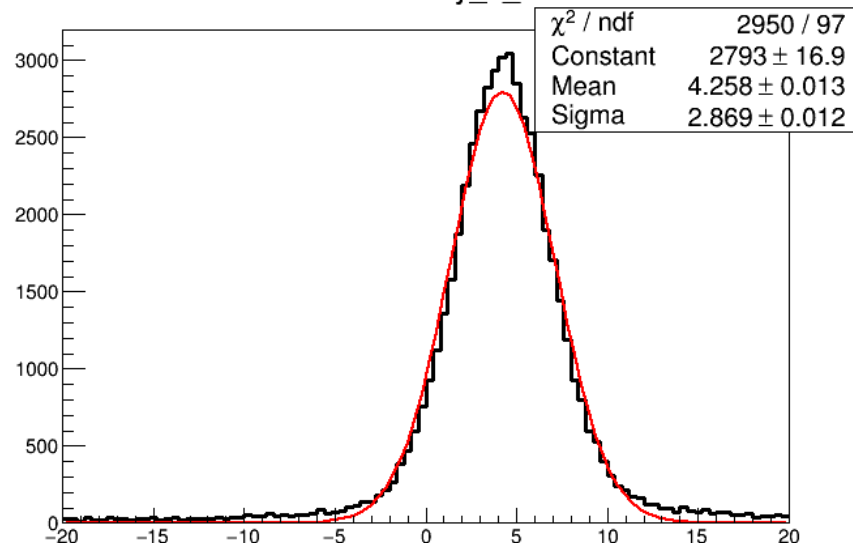


Estrazione degli R: y-view

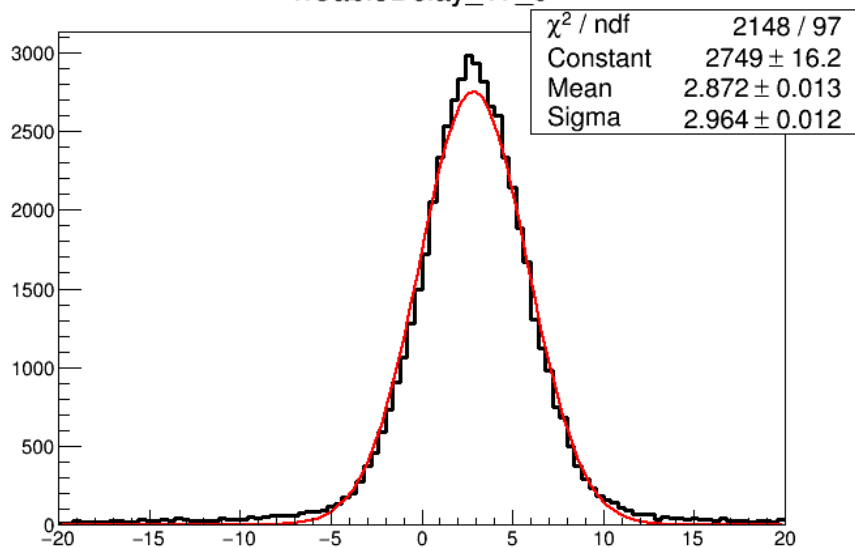
hCableDelay_7_9



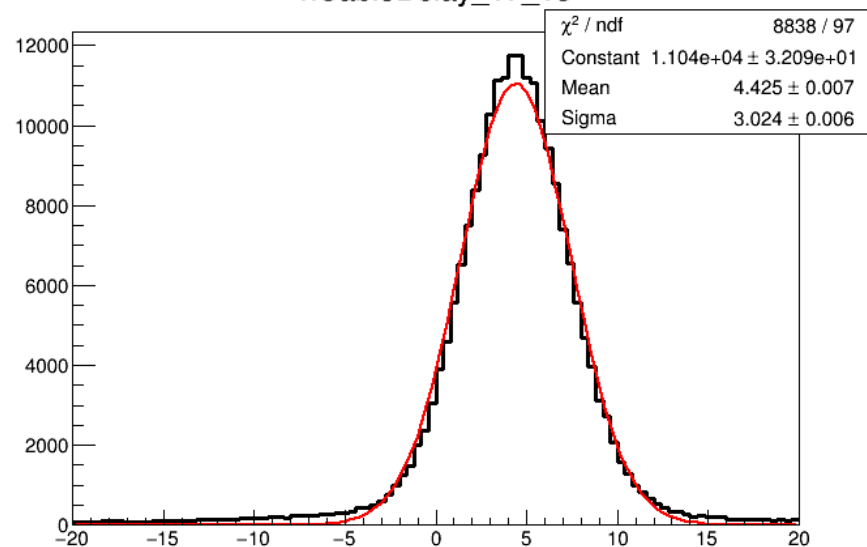
hCableDelay_7_13



hCableDelay_17_9



hCableDelay_17_13



Estrazione degli R: confronto vecchio/nuovo run

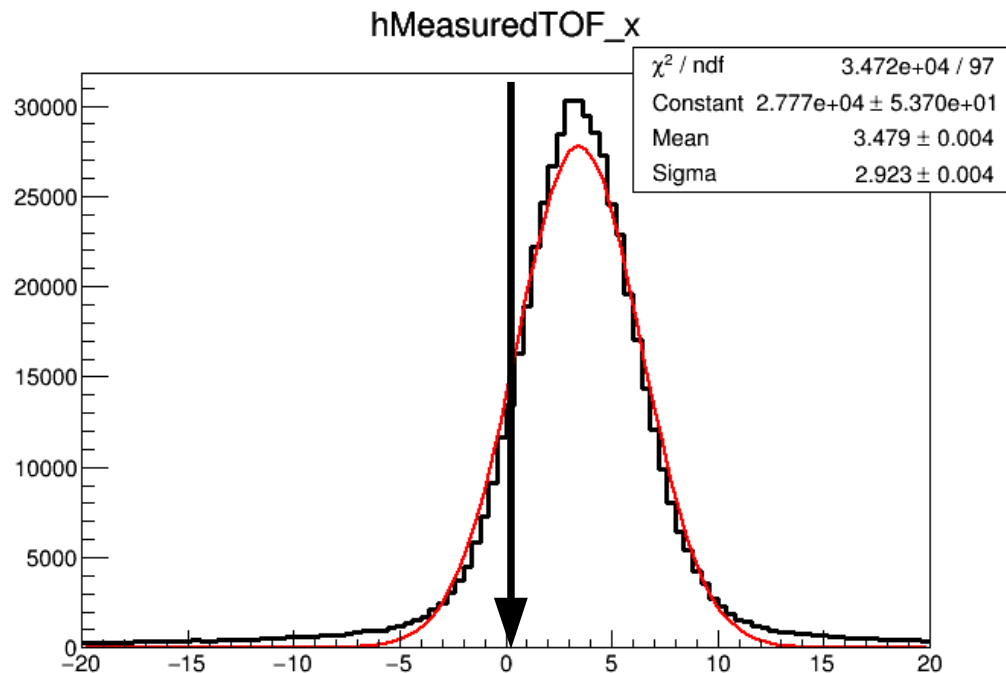
Scheda up/down	Vecchi dati (2016)	Nuovi dati (2017)
1/0	3.28	1.96
1/5	4.62	3.66
4/0	0.36	-0.96
4/5	2.09	0.75
7/9	3.02	0.73
7/13	4.26	2.74
17/9	2.87	1.23
17/13	4.43	3.25

Conclusioni:

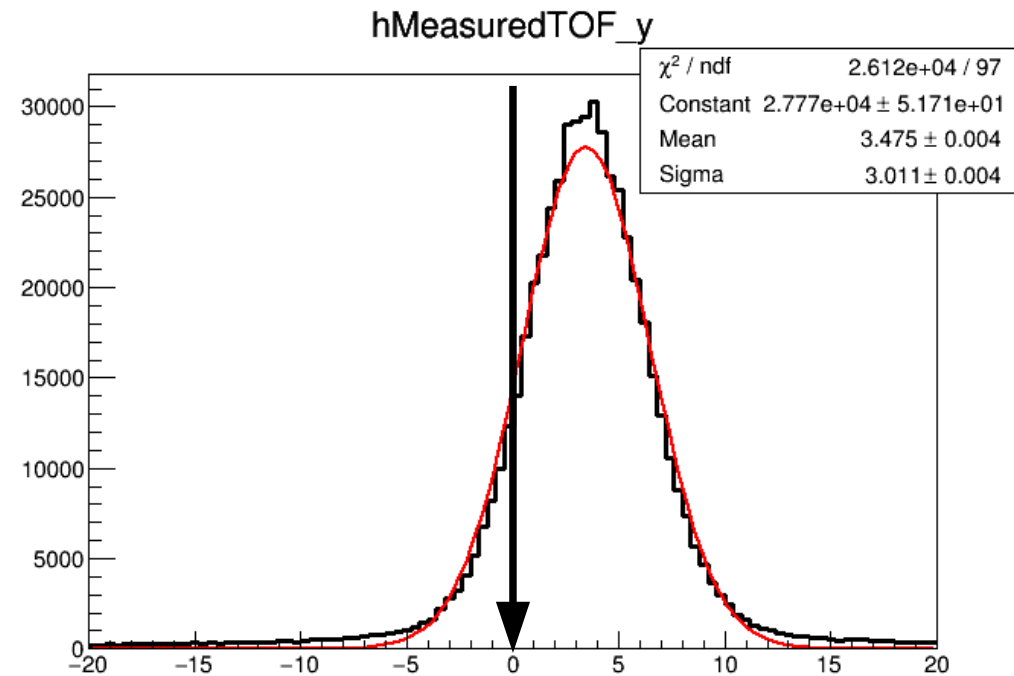
- Le differenze (R) in cable delay sono sistematicamente più piccole nel setup del 2017 che in quello del 2016!
- Grosso modo un pò più di 1 ns di differenza
- Ma la differenza non è uguale per tutte le schede

Test con gli eventi pari

X-view:



Y-view:



Conclusioni:

- Anche in questo caso il TOF misurato è in accordo col vero
- Anche in questo caso il segno del TOF è corretto nell'84% degli eventi di „test“