

Potencial de descubrimiento del bosón de Higgs mediante $H \rightarrow ZZ \rightarrow ll\nu\nu$ con el detector ATLAS

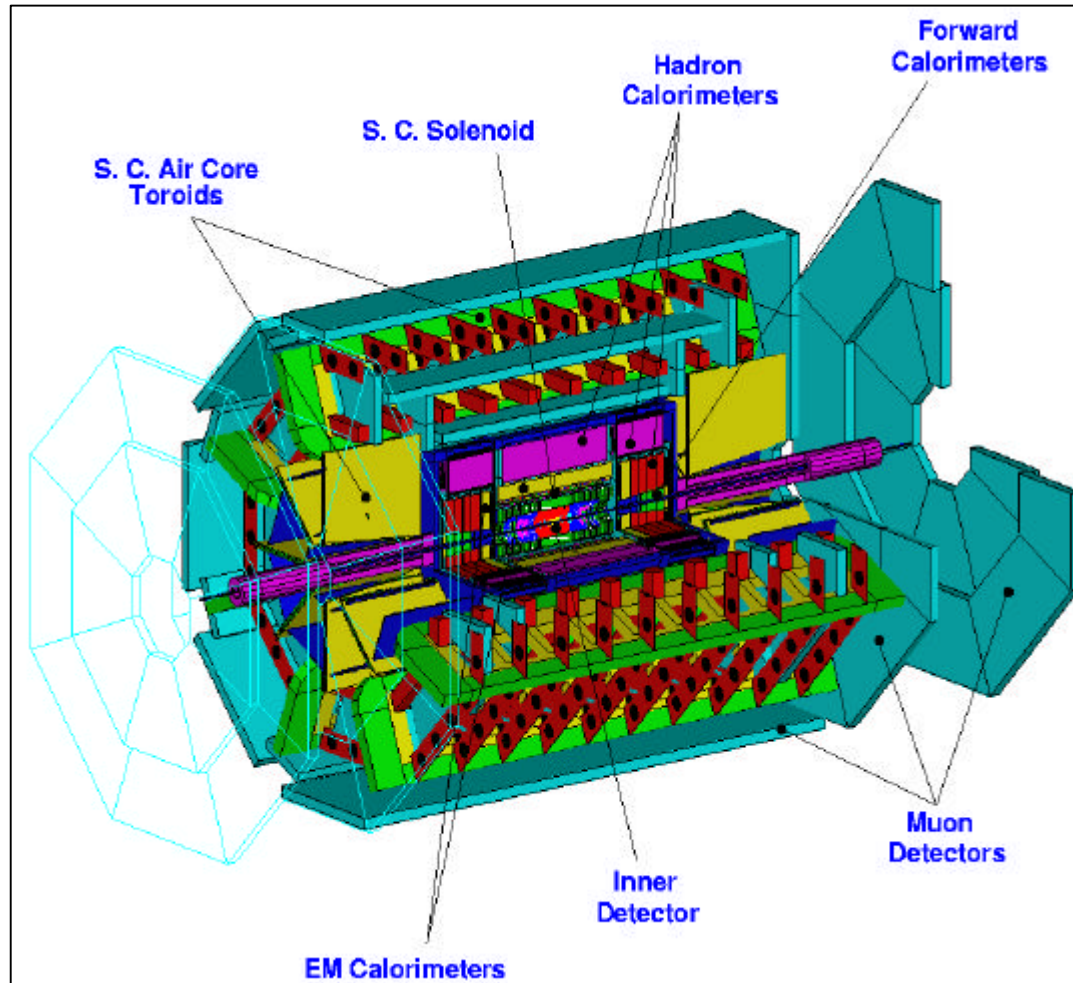
ESQUEMA:

1. LHC y ATLAS
2. La señal $H \rightarrow ZZ \rightarrow ll\nu\nu$
3. *Backgrounds*
4. Cortes de selección
5. Resultados
6. Conclusiones

1. LHC y ATLAS

- El *Large Hadron Collider (LHC)*:
 - Colisionador pp, en el túnel de LEP, a partir del 2005.
 - Energía en el CM de 14TeV ($\approx 1/6$ por partón).
- Diferencias con un colisionador de leptones:
 - Distribución de p_z de los partones que colisionan \Rightarrow
 - Imposible utilizar conservación de p_z .
 - E_t en lugar de E.
 - *Minimum Bias*: Gran σ para sucesos inelásticos sin interés físico \Rightarrow
 - Deterioramiento de la resolución de jets y trazas.
 - Dos periodos de funcionamiento:
 - Baja luminosidad ($10\text{fb}^{-1}/\text{año}$): 2.3 sucesos de MB por cruce de paquete de partículas. Tres primeros años de LHC.
 - Alta luminosidad ($100\text{fb}^{-1}/\text{año}$): 23 sucesos de MB por cruce.

El detector ATLAS

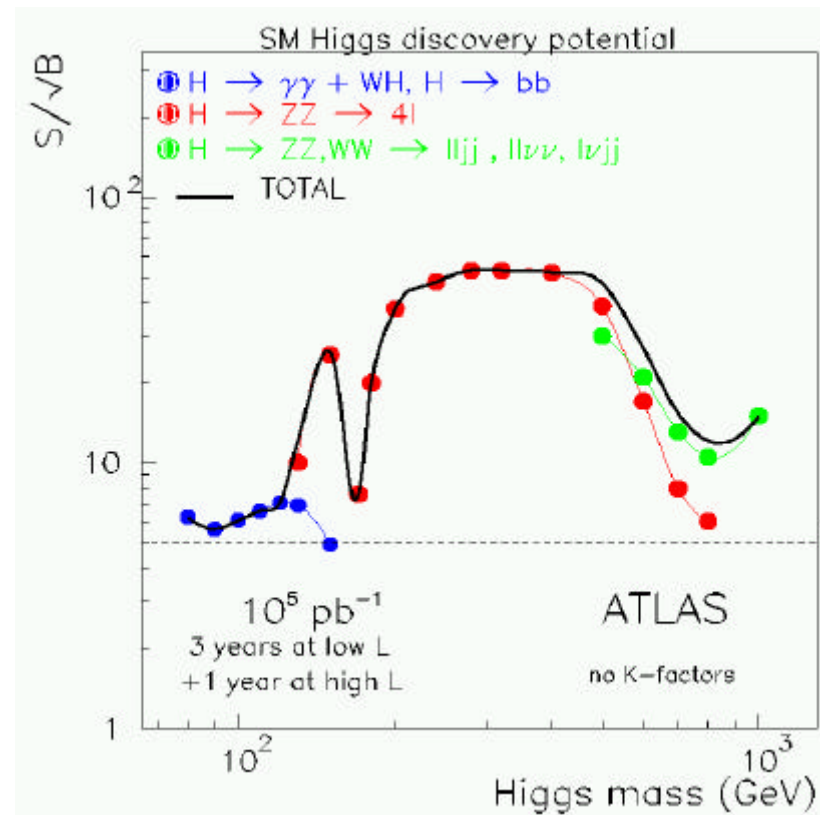


Principales características:

- Gran aceptación en η .
$$h = \tanh^{-1}(\sin \eta)$$
- *Triggering*, identificación y medida de leptones en un amplio rango de p_T .
- Buen funcionamiento a alta luminosidad.
- Reconstrucción y *vertexing* de *heavy flavours* y taus.
- Muy buena separación e/γ /hadrones.
- Gran hermeticidad.
- Sensibilidad a firmas muy diferentes.

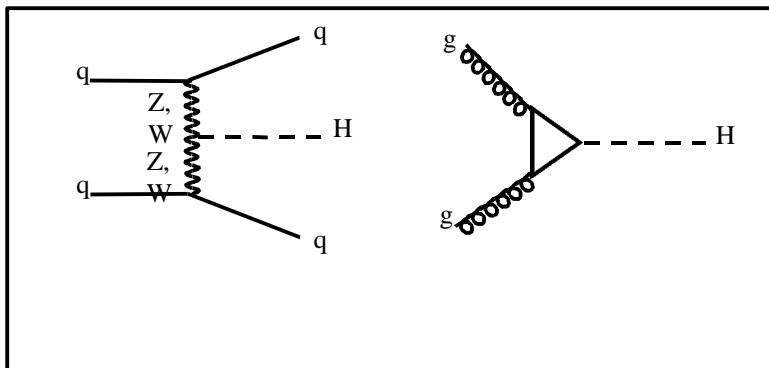
- Uno de los objetivos de LHC: hacer posible el descubrimiento del Higgs en el rango $100\text{GeV} < m_H < 1\text{TeV}$.
- Canales:

- $H \rightarrow \gamma\gamma$
- $H \rightarrow b\bar{b}$
- $H \rightarrow ZZ(ZZ^*) \rightarrow 4\ell$
- $H \rightarrow ZZ \rightarrow \ell\ell\nu\nu$
- $H \rightarrow WW \rightarrow \ell\nu jj$



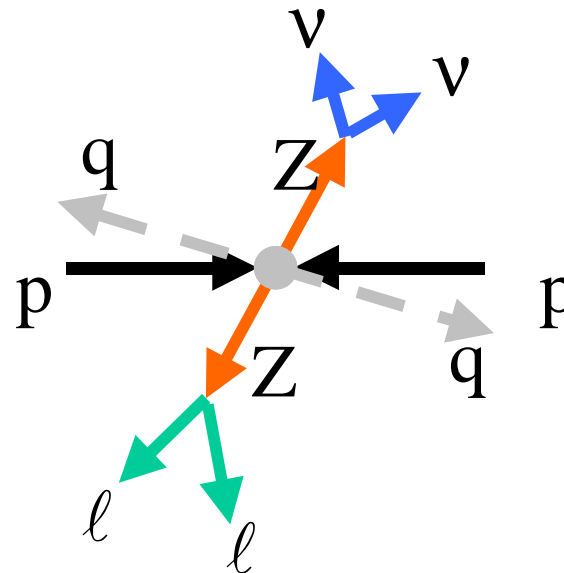
- ¿Por qué hacer un estudio suponiendo $m_H > 500 \text{ GeV}$?
 - El límite superior experimental (280 GeV, 95% NC) indirecto, sujeto a errores en los parámetros medidos.
 - Se sabe que el Modelo Estándar no puede ser una teoría final.
 - Existen modelos que predicen resonancias con $500 \text{ GeV} < m < 1 \text{ TeV}$ y los mismos canales de desintegración que el Higgs (*techni-color, modelos de interacciones fuertes entre bosones*).
 - Concretamente, en el canal de *scattering* entre bosones
$$WW \rightarrow WW \quad W=W^\pm, Z$$
ha de aparecer nueva física por debajo de la escala de 1 TeV, para preservar el principio de unitariedad perturbativa.
 - Los resultados de este trabajo se pueden extender a esos modelos.

2. La señal $H \rightarrow ZZ \rightarrow ll\nu\nu$ ($ll=e^+e^-, \mu^+\mu^-$)

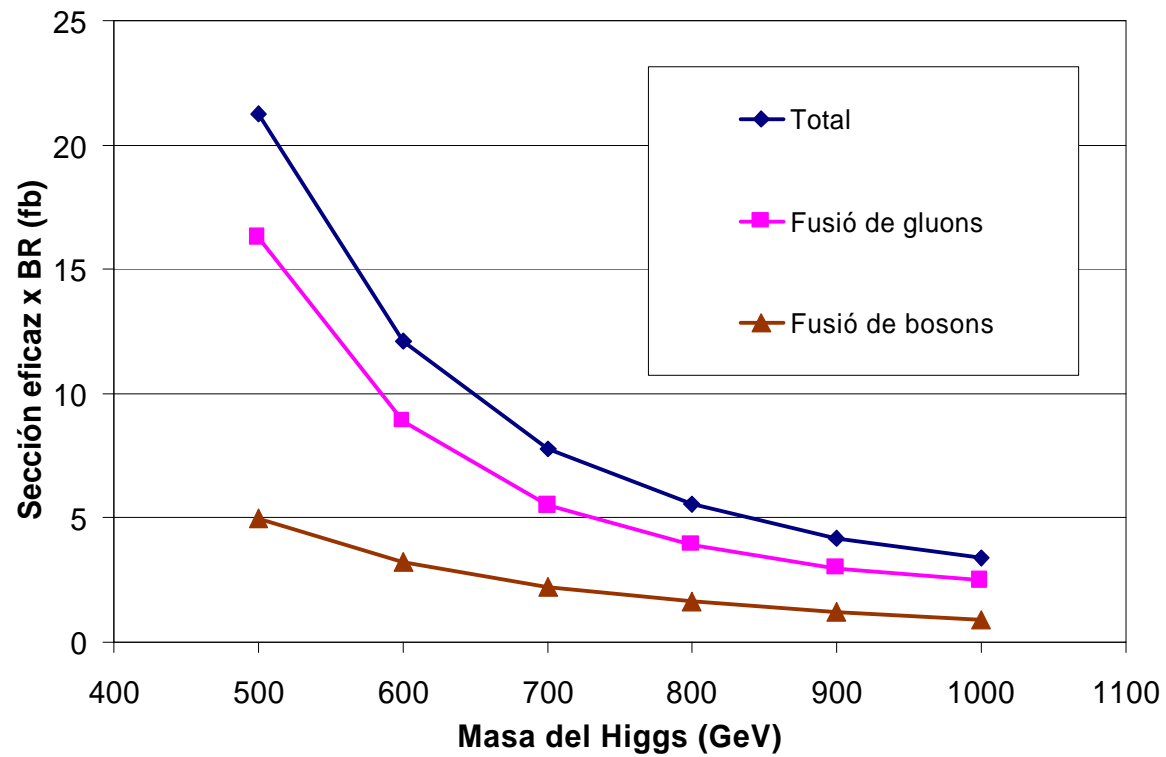


- Mecanismos de producción:
 - Fusión de bosones.
 - Fusión de gluones.

- Signaturas:
 - Dos leptones de p_T elevado en la región central.
 - Gran E_T miss, en dirección opuesta al momento de los dos leptones.
 - En el caso $qq \rightarrow qqH$ (fusión de bosones), dos *forward* jets.



- Sección eficaz ($\sigma \times BR$) de producción del Higgs del ME:



1 fb \Leftrightarrow 100 sucesos/año a alta luminosidad

3. Backgrounds

- Posibles *backgrounds*: procesos que generen:
 - Dos leptones de alto p_T .
 - Gran $E_{T\text{miss}}$, proveniente de:
 - neutrinos en los canales de desintegración.
 - jets mal reconstruidos debido a: material no sensible, ranuras del detector, cobertura limitada del detector (en η).
- Canales considerados:
 - **Continuo ZZ (irreducible)**: dos Zs \Rightarrow muy similar.
 - **Continuos ZW y WW**: diferentes fuentes de leptones y E_t^{miss} , según los canales de desintegración.
 - **tt \rightarrow WbWb \rightarrow $\ell\nu b \ell\nu b$.**
 - **Z+jets**: los 2 leptones de la Z. Fuentes de E_t^{miss} :
 - Verdadera: neutrinos dentro de los jets.
 - Jets mal reconstruidos \rightarrow requiere *full-sim*

Simulación de la física en ATLAS:

- Simulación de los procesos de interacción: PYTHIA 6.013.
- Simulación del comportamiento del detector:
 - ATLFAST 1.62: simulación rápida de ATLAS. Incluye:
 - Aceptancia del detector para electrones, muones y jets.
 - Efectos de resolución en la medida de:
 - momentos.
 - E_T^{miss} .
 - (Dos opciones, alta i baja luminosidad)
 - Reconstrucción de jets a *particle level*.
- Incertidumbres en el cálculo teórico de secciones eficaces:
 - LL (PYTHIA) \rightarrow NLL \Rightarrow *k-factor*.
 - Sólo introducido en el *background* continuo ZZ (el más importante): factor 1.5.
 - Distribuciones de momentos de los partones en los protones:
 - En el continuo ZZ: 20%.
 - En la señal: 5%.

4. Cortes de selección

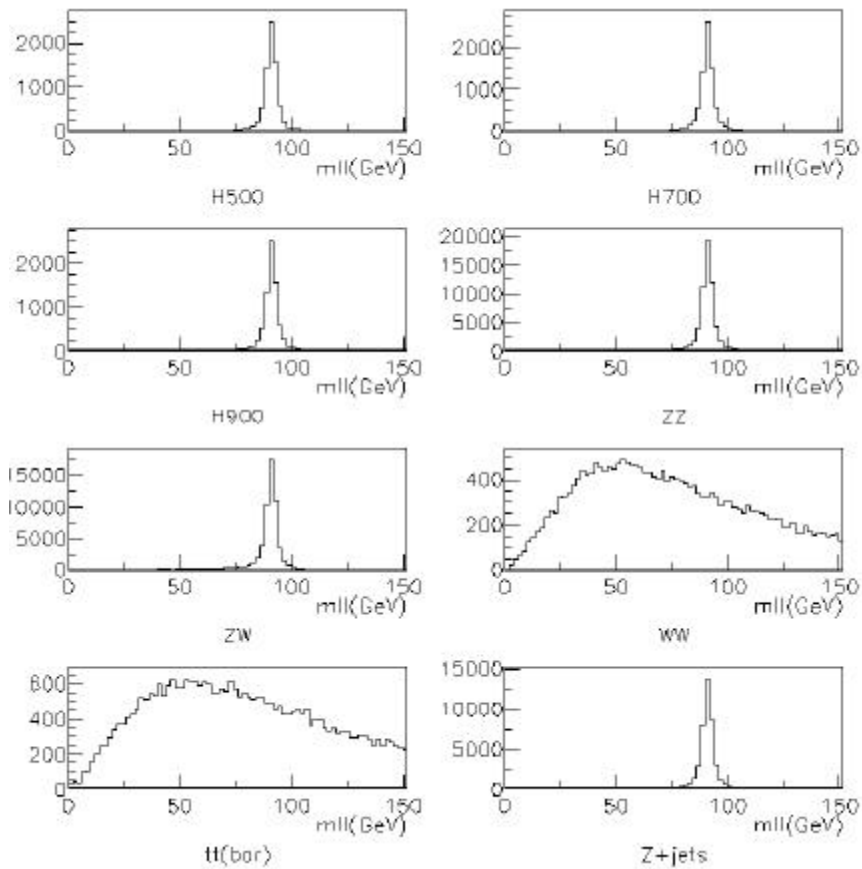
Corte de selección	Valor
Par de leptones	Dos de igual <i>sabor</i> , un único par
Masa invariante del par de leptones	$86\text{GeV} < m_{ll} < 96\text{GeV}$
E_T^{miss} y p_{Tll}	$>150\text{GeV}$ (dependiendo de m_H)
p_T de los leptones	$p_{Tl} > 40\text{GeV}$
<i>Forward-jet tagging</i>	1 o 2 jets

- **Par de leptones:**

- Se requieren sucesos con un único par de leptones del mismo sabor y carga opuesta.

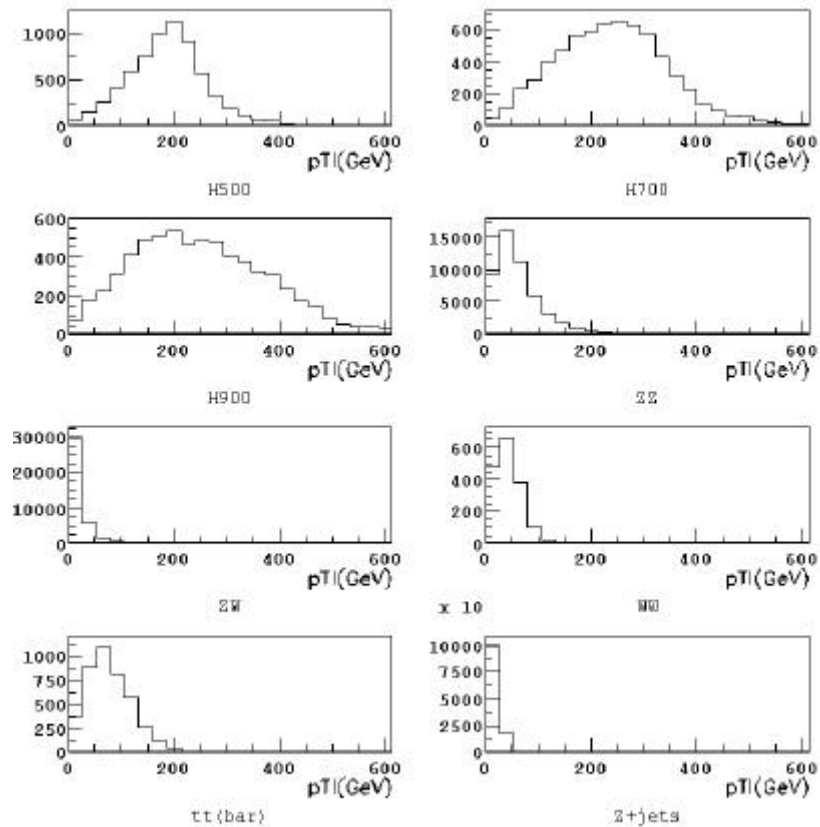
Muestra	Aceptancia	Eficiencia	Combin.
H500	0.813	0.996	0.810
H700	0.818	0.996	0.815
H900	0.804	0.998	0.803
ZZ	0.80	0.997	0.79
ZW	0.622	0.998	0.621
WW	0.623	0.772	0.480
tt(bar)	0.752	0.480	0.361
Z+jets	0.718	0.996	0.716

- Masa invariante del sistema de dos leptones:



Muestra	Eficiencia
H500	0.821
H700	0.815
H900	0.813
ZZ cont.	0.810
ZW cont.	0.782
WW cont.	0.060
tt(bar)	0.058
Z+jets	0.808

- Cortes en el p_T de las Zs: E_T^{miss} y p_{TII} .

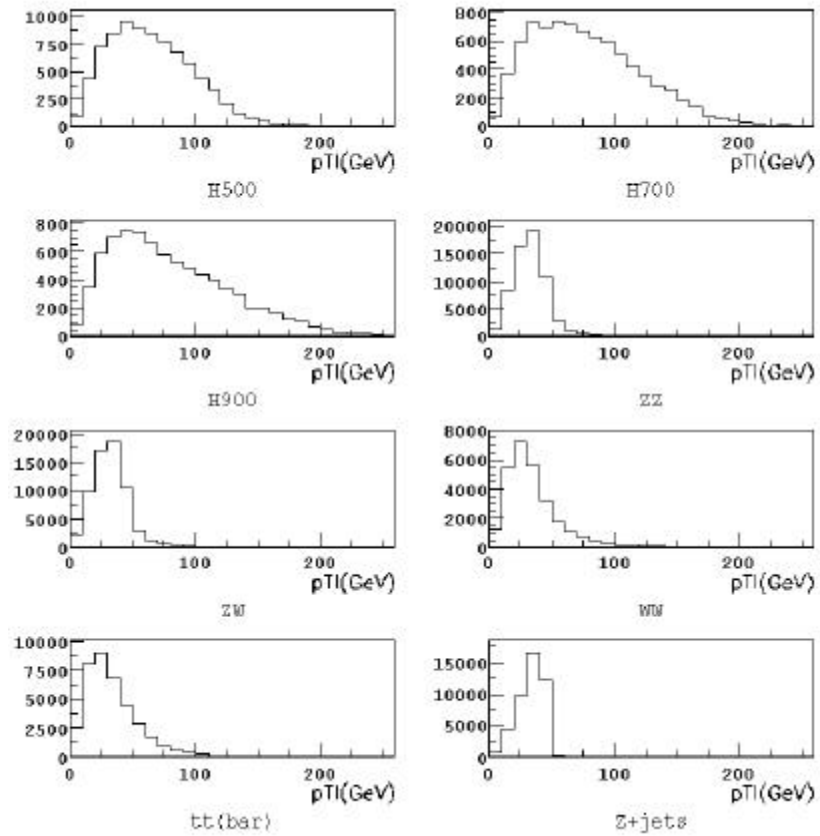


E_t^{miss} (sucesos que pasan cortes anteriores)

El valor óptimo del corte depende de m_H . Para 150GeV:

Muestra	Eficiencia
H500	0.60
H700	0.71
H900	0.69
ZZ cont.	0.048
ZW cont.	0.0041
WW cont.	0.0018
tt(bar)	0.0062
Z+jets	0.00014

- p_T de los leptones:



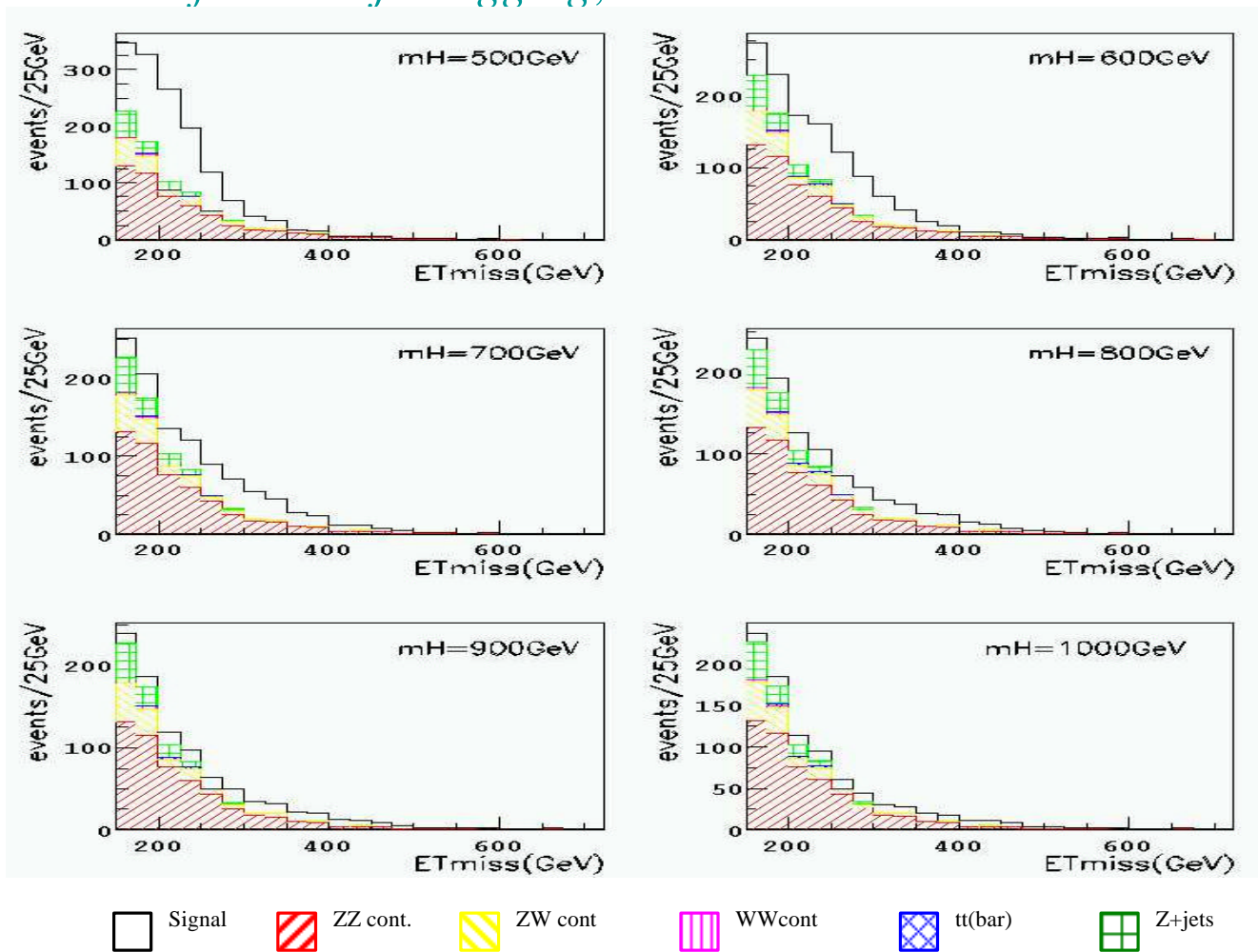
Sucesos con dos leptones en la aceptación del detector

Muestra	Eficiencia
H500	0.799
H700	0.840
H900	0.857
ZZ cont.	0.491
ZW cont.	0.546
WW cont.	0.200
tt(bar)	0.037
Z+jets	0.611

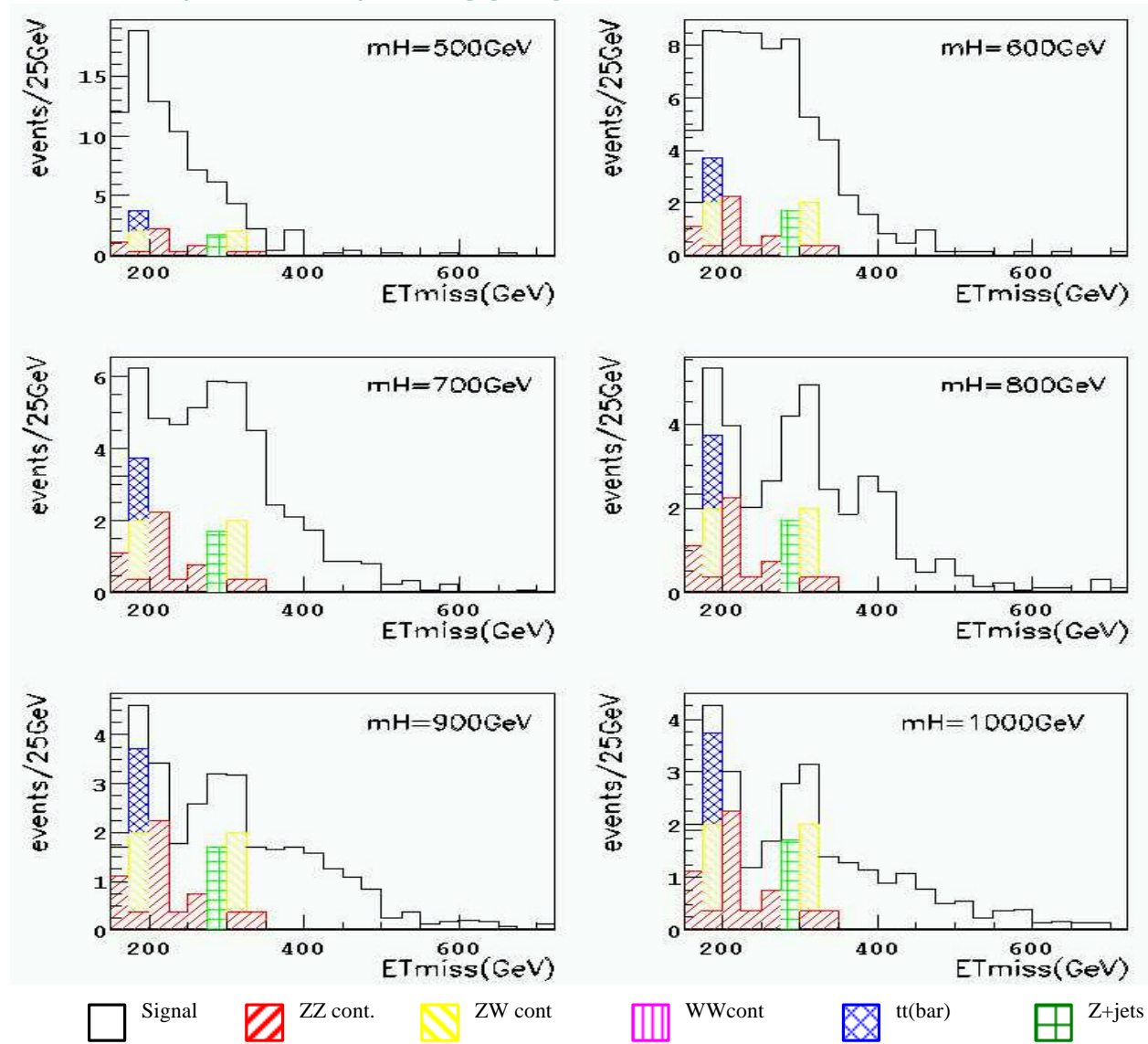
- *Forward-jet tagging:*
 - Consiste en requerir jets con $|\eta| > 2$. Dos opciones:
 - 1 jet.
 - 1 jet con η positivo y uno con η negativo.
 - Ventaja:
 - Gran eficiencia en la eliminación de los *backgrounds*.
 - Inconvenientes:
 - Sólo selecciona $qq \rightarrow qqH \rightarrow qqZZ$ (fusión de bosones).
 - A alta luminosidad, gran probabilidad de encontrar *forward-jets* introducidos por el *minimum bias*. Para hacerla disminuir, es necesario variar los parámetros del algoritmo de reconstrucción de jets, haciéndolo más selectivo.
 - » $\Delta R = 0.4 \Rightarrow \langle E_T \rangle \approx 7.5 \text{ Gev}$
 - » $\Delta R = 0.7 \Rightarrow \langle E_T \rangle \approx 18 \text{ Gev}$
- ⇒ En este estudio se han introducido la probabilidad de ‘falsos’ jets y la reducción en la eficiencia.

5. Resultados

Sin forward-jet tagging, un año a alta luminosidad



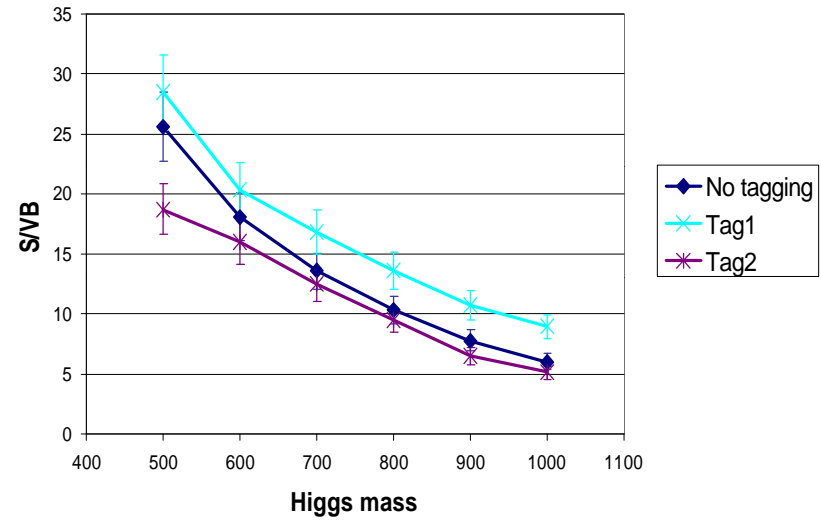
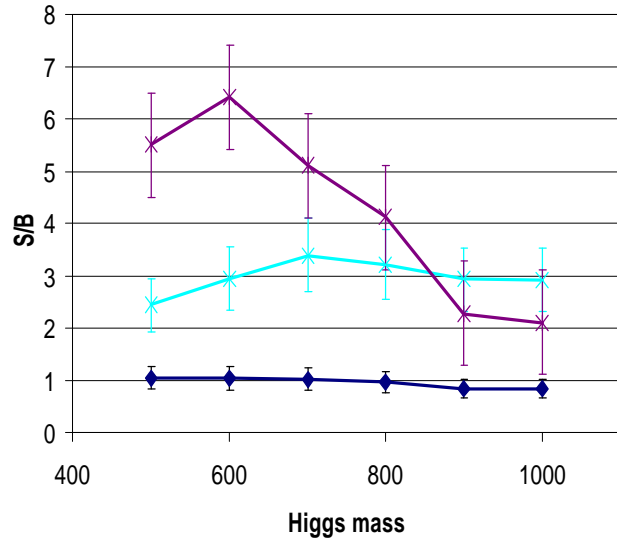
Dos *forward-jet tagging*, un año a alta luminosidad



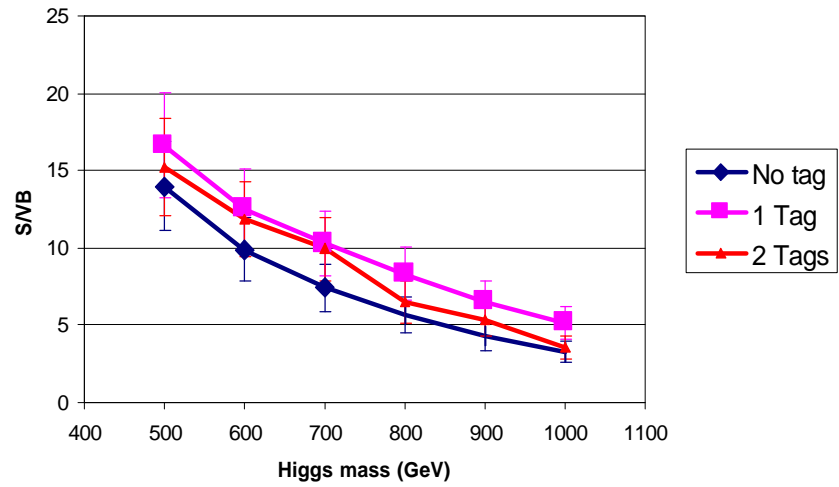
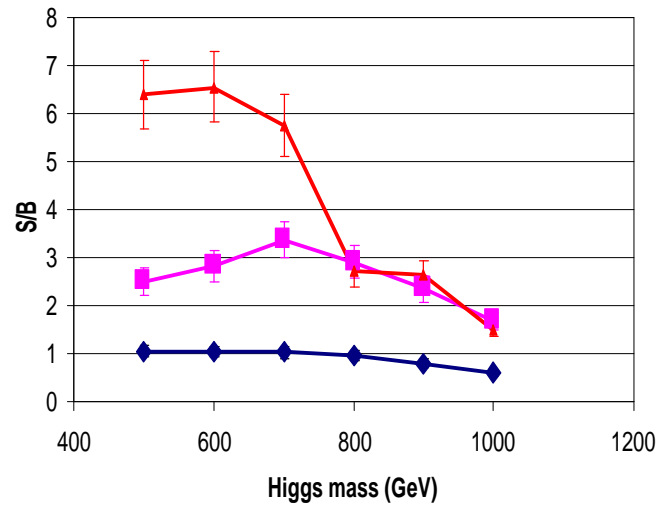
Significancia:

- Dos posibles estimadores:
 - S/\sqrt{B} : adecuado cuando la señal aparece como un pico sobre el *background*.
 - S/B : adecuado para distribuciones de señal y de *background* similares.
- Para cada m_H se ha utilizado el corte en E_T^{miss} y p_{Tll} que maximiza S/B .

Un año a alta luminosidad



Tres años a baja luminosidad



	Masa Higgs	<i>Sin forward-jet tagging</i>			<i>Dos forward-jet tagging</i>		
		S/B	S/ \sqrt{B}	# suc.	S/B	S/ \sqrt{B}	# suc.
Un año a alta lum	500GeV	1.1	26	517	5.5	19	66
	700GeV	1.0	14	151	5.1	12	30
	900GeV	0.85	7.7	34	2.3	6.5	19
Tres años a baja lum	500GeV	1.1	14	155	6.4	15.3	26
	700GeV	1.0	8.4	45	5.8	10	17
	900GeV	0.85	4.3	18	2.6	5.4	11

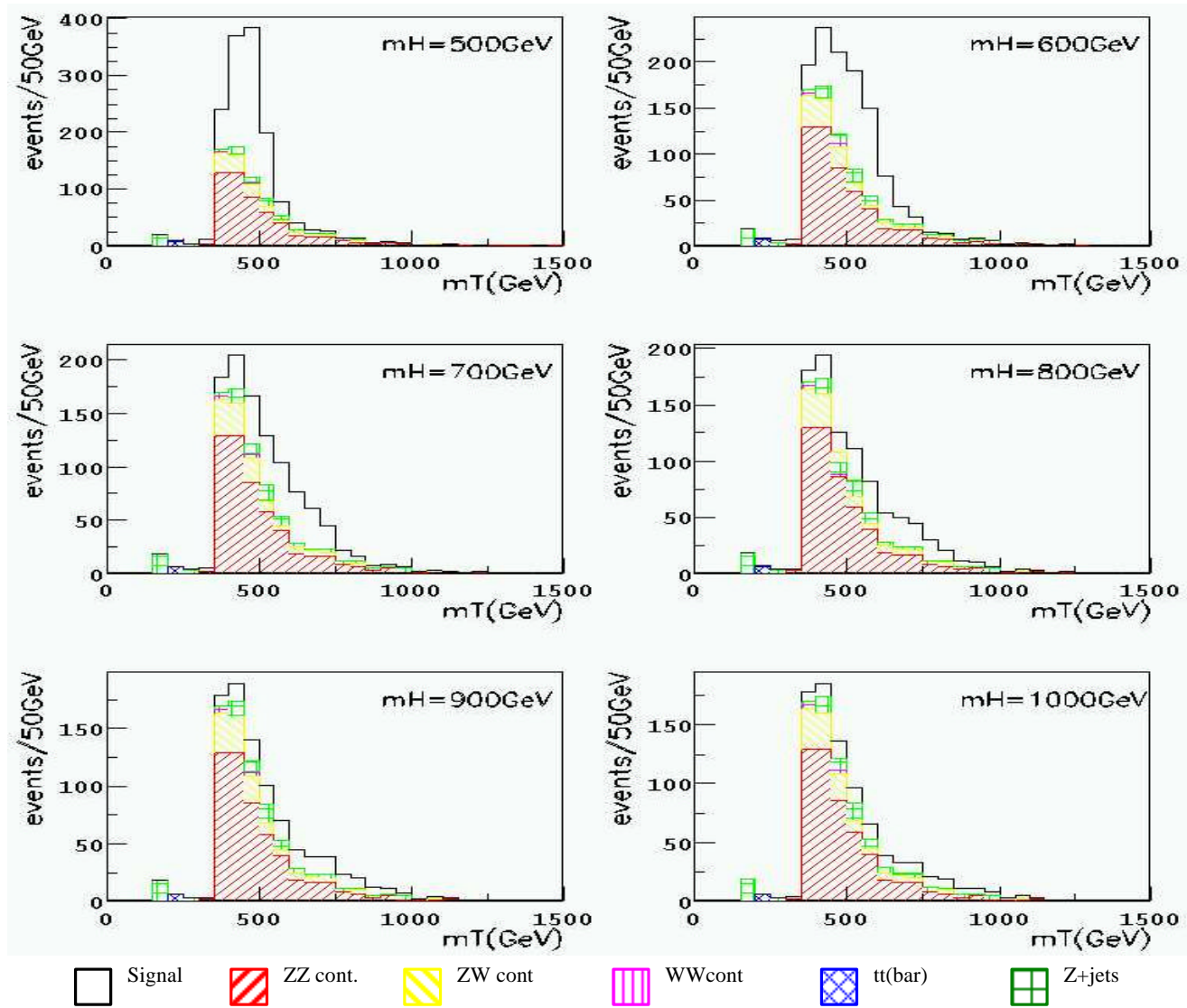
Sensibilidad a la masa

- m_T es el observable que contiene más información sobre m_H .

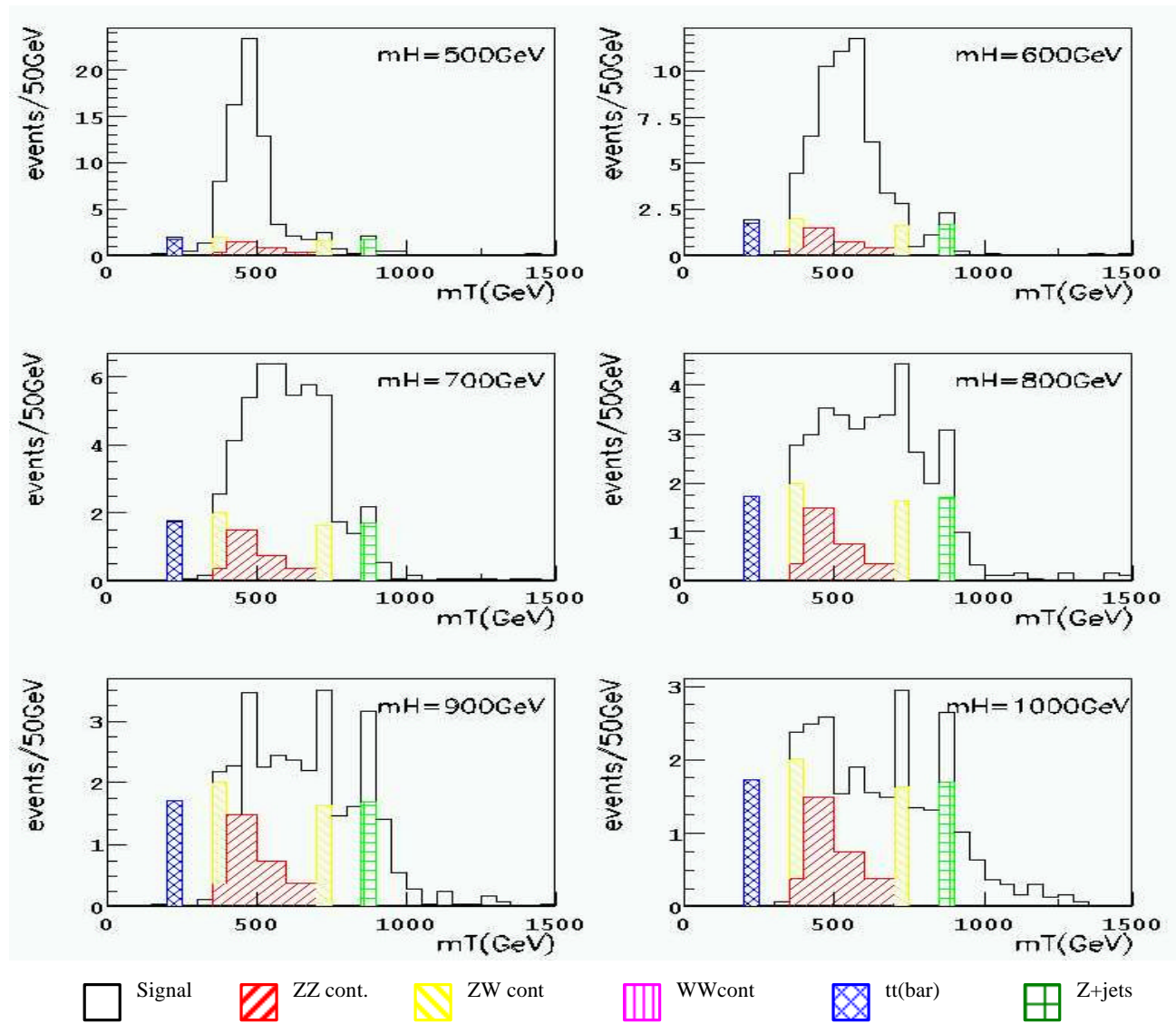
$$m_T^2 \equiv \left[\sqrt{m_Z^2 + p_{T\ell\ell}^2} + \sqrt{m_Z^2 + |p_T^{miss}|^2} \right]^2 - \left[p_{T\ell\ell} + p_T^{miss} \right]^2 \approx m_{ZZ}$$

- Método óptimo: ajustar distribuciones de m_T con MC generado con diferentes masas del Higgs.
 - La distribución es complicada (diferente a una Breit-Wigner):
 - Corte natural $m_T > 2m_Z$.
 - m_T no contiene p_z .
 - La anchura de la distribución es $\propto m^3$, i contiene información sobre m_H .
- No obstante, en l' análisis con *forward-jet tagging* se puede realizar una aproximación simple, con los siguientes estimadores:
 - $massa \rightarrow \langle m_T \rangle$
 - incertidumbre estadística $\rightarrow RMS/\sqrt{N}$.
 - máximo efecto sistemático introducido por el desconocimiento de los *backgrounds* $\rightarrow \langle m_T \rangle - \langle m_T \rangle_{sin\ background}$

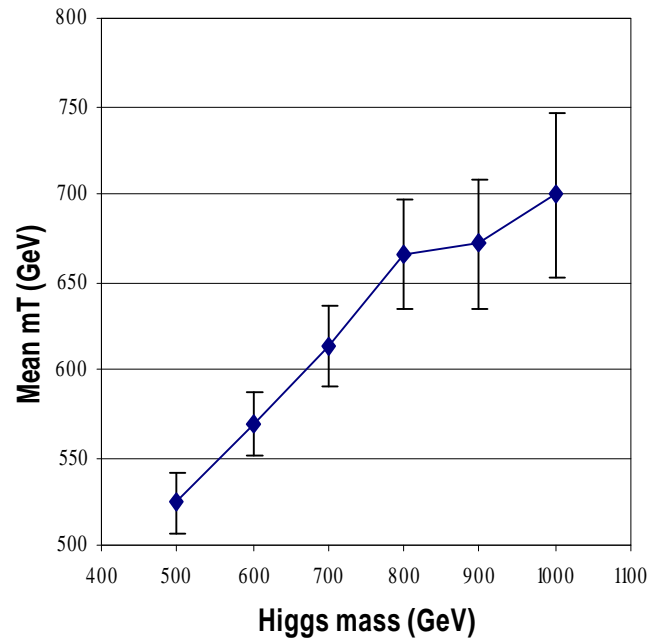
Sin forward-jet tagging, un año a alta luminosidad



Dos *forward-jet tagging*, un año a alta luminosidad



- Estimación de la sensibilidad a m_H con dos *forward-jet tagging*:



Barras de error: indet. estadística

Masa del Higgs	Incertidumbre estadística	Máximo efecto sistemático
500GeV	±40	±20
600GeV	±40	±10
700GeV	±50	±10
800GeV	+200 -60	+170 -50
900GeV	+220 -160	+220 -160
1000GeV	+ -230	+ -270

6. Conclusiones

1. El canal $H \rightarrow ZZ \rightarrow ll\nu\nu$ proporciona una buena significancia de descubrimiento con 10^5pb^{-1} para $500 \text{GeV} < m_H < 1000 \text{GeV}$.
2. La técnica del *forward-jet tagging* ayuda a controlar el *background* más peligroso: el continuo ZZ . Aplicandola, $S/\sqrt{B} > 5$ se satisface para todo el rango de masas estudiado.
3. El canal $H \rightarrow ZZ \rightarrow ll\nu\nu$ proporciona una buena sensibilidad a la masa del Higgs al aplicarse el *forward-jet tagging*. La medida óptima de la masa se obtiene ajustando las distribuciones de m_T a muestras de Monte Carlo generadas con diferentes valores de m_H .
4. Los resultados de este estudio se pueden extender a otros modelos que predigan resonancias en los canales de fusión de gluones o de bosones. Para los dos casos, el criterio $S/\sqrt{B} > 5$ fija $\sigma \times \text{BR} \approx 3 \text{fb}$ como mínimo visible.