
ÍNDICE GENERAL

Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vii
1. Introducción	1
2. Contexto teórico y experimental	3
2.1. El Modelo Estándar	3
2.2. Conceptos de cromodinámica cuántica (QCD) y el modelo de partones	5
2.2.1. El teorema de factorización	6
2.3. Producción de fotones directos	9
2.3.1. Fotones directos aislados	11
2.4. Simulaciones Monte Carlo	12
2.4.1. PYTHIA	14
2.4.2. HERWIG	15
2.4.3. JETPHOX	15
2.4.4. Comparación entre PYTHIA y JETPHOX	15
2.5. Resultados previos	17
3. El detector ATLAS	23
3.1. El LHC	23
3.2. ATLAS	25
3.2.1. Sistema de coordenadas	26
3.3. Los subdetectores de ATLAS	27
3.3.1. Sistema de imanes	27
3.3.2. El detector de trazas	28
3.3.3. Calorímetros	31
3.3.4. El espectrómetro de muones	35
3.4. El sistema de Trigger	37
3.4.1. Level 1	38
3.4.2. High Level Trigger (HLT)	38
3.5. Modelo computacional y distribución de datos	40
4. Datos y Simulaciones. Selección de eventos	41
4.1. Muestras de Datos	41
4.2. Simulaciones Monte Carlo	42
4.3. Selección de eventos	46

4.3.1.	Criterios de calidad	46
4.3.2.	Vértice primario	47
4.3.3.	Trigger de fotones	47
4.4.	Preselección de fotones	48
5.	RecoID . I Algoritmos y estrategias	51
5.1.	Reconstrucción de electrones y fotones	51
5.2.	Identificación de electrones y fotones	52
5.2.1.	Variables y cortes de selección en los calorímetros	53
5.3.	Criterios de aislamiento	59
5.3.1.	Aislamiento calorimétrico	59
5.3.2.	Relación con el aislamiento a nivel partónico	63
6.	RecoID . II Estimación de Eficiencias	65
6.1.	Eficiencia de Reconstrucción	65
6.2.	Eficiencia de Identificación	66
6.2.1.	Variables de identificación en datos/MC	68
6.2.2.	Corrección del MC para la estimación de la eficiencia	70
6.2.3.	Elección del valor central e incertezas del método	71
6.3.	Eficiencia del Trigger	82
6.4.	Incertezas sistemáticas	83
6.4.1.	Reconstrucción	83
6.4.2.	Identificación	84
6.4.3.	Reco+ID	85
6.4.4.	Incertezas sistemáticas totales	86
7.	Estimación del fondo	89
7.1.	Caracterización del fondo	89
7.2.	El método de conteo bidimensional (ABCD)	91
7.2.1.	Corrección por fuga de señal y correlación entre las regiones de control	92
7.3.	Incertezas sistemáticas	96
7.4.	Otras fuentes de fondo	99
7.4.1.	Electrones	100
7.4.2.	Rayos cósmicos	102
7.4.3.	<i>Beam-gas</i> y <i>beam halo</i>	103
7.5.	Resultados	103
8.	Medida de la sección eficaz $pp \rightarrow \gamma + X$	107
8.1.	Estimación de la sección eficaz diferencial	107
8.1.1.	Deconvolución . El método SVD	109
8.1.2.	Corrección de la resolución MC	110
8.1.3.	Determinación de la matriz respuesta	110
8.1.4.	Regularización	111
8.1.5.	Incertezas sistemáticas	112
8.2.	Resultados de la medida	115
8.3.	Cálculos teóricos	117
8.3.1.	Incertezas sistemáticas	117
8.3.2.	Predicción de la sección eficaz a NLO	120
8.4.	Comparación de los resultados experimentales con la teoría	123

8.5. Extendiendo la medida	127
8.5.1. Sección eficaz de producción fotones directos aislados en asociación con jets	128
8.5.2. Sección eficaz de producción inclusiva de fotones directos aislados (2011/2012)	129
8.6. Sensibilidad a la función de distribución gluónica	132
9. Conclusiones	135
Bibliografía	137
Agradecimientos	147

ÍNDICE DE TABLAS

2.1. Partículas fundamentales en el Modelo Estándar (SM), con sus propiedades de <i>spin</i> , carga eléctrica y helicidad (L,R). [La existencia del bosón escalar H no ha sido aún comprobada experimentalmente].	4
2.2. Resumen cronológico de las medidas de la producción de fotones directos, realizadas al presente en diferentes aceleradores (colisionadores y de blanco fijo (<i>fixed target=f.t.</i>)). Para cada medida se indica el nombre del experimento, el nombre del acelerador, el tipo de partículas interactuantes, la energía de colisión, el año de publicación de los resultados y su referencia.	18
4.1. Luminosidad integrada en los períodos de toma de datos considerados en este análisis, calculada luego de aplicar la EgammaGRL y el trigger de fotones g40_loose	42
4.2. Procesos elementales incluidos en las muestras de QCD simuladas con PYTHIA.	43
4.3. Simulaciones Monte Carlo usadas en el presente análisis. Las muestras de QCD contienen tanto los procesos de señal como los más relevantes del fondo, detallados en la Tabla 4.2. El filtro aplicado en cada caso asegura una buena estadística total para el estudio de señal y de falsos candidatos en la selección de fotones a alto p_T	44
5.1. Tamaño del cluster utilizado para la reconstrucción de fotones y electrones en ATLAS, en unidades absolutas ($\Delta\eta \times \Delta\phi$) y en unidades de celda de la 2 ^{da} capa del ECAL ($N_\eta \times N_\phi$).	52
5.2. Definición de las diferentes variables usadas para la selección <i>loose</i> (L), <i>medium</i> (M) y <i>tight</i> (T) de fotones y electrones.	54
5.3. Cortes de selección sobre las variables de identificación <i>loose</i> , en las distintas regiones de η . Los mismos criterios son aplicados para fotones convertidos y no convertidos. R_{had} es usada en la región $0.8 \leq \eta < 1.37$, R_{had_1} en el resto del detector.	56
5.4. Cortes de selección sobre las variables de identificación <i>tight</i> , en las distintas regiones de η , para fotones convertidos y no convertidos. R_{had} es usada en la región $0.8 \leq \eta < 1.37$, R_{had_1} en el resto del detector.	56
5.5. Coeficientes de corrección ($c_{\text{leak}}^{\text{MC}}$) a la variable de aislamiento E_T^{iso} por la fuga de energía de la lluvia electromagnética del fotón dentro del cono. Los coeficientes son obtenidos separadamente para fotones convertidos y no convertidos, como función de η	61

6.1.	Eficiencia total de reconstrucción de fotones directos aislados, $\varepsilon^{\text{reco},k}$, como función de la energía transversa y los distintos intervalos de pseudorapidez simulados. Se incluyen las ineficiencias de la preselección de calidad y del criterio de aislamiento calorimétrico. Las incertezas son sólo estadísticas.	66
6.2.	Diferencia absoluta entre la eficiencia obtenida luego de la corrección del MC nominal y la obtenida directamente en el MC distorsionado, en los distintos intervalos de E_T y η	76
6.3.	Definiciones de las muestras de referencia utilizadas para el cálculo de los factores de corrección $\Delta\mu_V^s$	77
6.4.	Incertezas sistemáticas de la eficiencia de identificación asociadas a la elección de la muestra de referencia utilizada para calcular los factores de corrección $\Delta\mu_V^s$	79
6.5.	Incerteza sistemática total asociada al método de corrección al MC para la estimación de la eficiencia de identificación, como función de E_T y η , y separadamente para fotones convertidos y no convertidos.	80
6.6.	Valor central de la eficiencia de identificación, ε^{ID} , estimado en el MC luego de las correcciones lineales aplicadas para modelar las distribuciones en datos (Ver texto para más detalles). Las muestras simuladas contienen tanto fotones producidos en la interacción dura como fotones de fragmentación, combinados de acuerdo a la sección eficaz de producción de cada tipo predicha por PYTHIA. Las incertezas son sólo estadísticas.	81
6.7.	Contribuciones a la incerteza sistemática en la eficiencia de reconstrucción e identificación ($\varepsilon^{\text{reco}} \times \varepsilon^{\text{ID}}$) utilizada para la medida de la sección eficaz de producción de fotones directos aislados, como función de E_T en las distintas regiones de η . La incerteza total $\sigma_{\text{reco+ID}}^{\text{total}}$ es calculada como la suma cuadrática de las contribuciones individuales.	87
7.1.	Fracción de señal observada en cada una de las regiones de control, según las predicciones de PYTHIA, en los distintos intervalos de E_T y η . Las incertezas son en todos los casos < 0.01	94
7.2.	Incertezas sistemáticas (σ_i) sobre el número de fotones de señal estimado mediante el método de conteo bidimensional, en las distintas regiones de E_T y η . (Véase el texto para más detalles)	101
7.3.	Número de eventos de señal y la correspondiente pureza en la muestra de datos final, estimada mediante el método de conteo bidimensional (ABCD), para cada intervalo de E_T y η . La primera incerteza es estadística, la segunda es la sistemática total.	104
8.1.	Sección eficaz de producción de fotones directos aislados, con sus incertezas estadísticas y sistemáticas, medida como función de E_T en las distintas regiones de η . La incerteza total ($\delta\sigma_{\text{tot}}$) se obtiene como la suma cuadrática de todas las fuentes de incerteza, excepto $\delta\sigma_{\text{lumi}}$ asociada a la determinación de la luminosidad integrada.	116
8.2.	Predicción a NLO para $d\sigma/dp_T$ (pb GeV $^{-1}$) y sus incertezas estadísticas y sistemáticas, como función de p_T y η , para distintas PDFs: CTEQ 6.6, MSTW 2008 y NNPDF 2.0.	122

ÍNDICE DE FIGURAS

- 2.1. Diagrama de la interacción hadrónica $A + B \rightarrow C + X$. El proceso es descrito como la convolución de las funciones de distribución partónica (PDF) de los partones dentro de los hadrones iniciales. La sección eficaz (σ) de la interacción dura puede ser calculada perturbativamente a nivel partónico. Finalmente, el partón producido puede fragmentar en otras partículas (D_{c_k}). 6
- 2.2. Funciones de distribución partónica (Izq.) CTEQ 6.6 y (Der.) MSTW 2008, en comparación con HERAPDF 0.2 ($Q^2 = 10$ TeV) [28]. 7
- 2.3. Diagramas de producción de fotones directos en colisiones pp a LO (a,d) y NLO (e,h). A LO, la dispersión Compton (a) domina ($\sim 80\%$) la sección eficaz de producción en todo el rango de E_T . Los diagramas de fragmentación a NLO (g,h) representan toda cadena partónica con la emisión final de un fotón por un quark, absorbida dentro de las funciones de fragmentación $D_{q,g}^\gamma$. 10
- 2.4. Esquema de un proceso de producción $t\bar{t}H \rightarrow X$ en colisiones pp [43,44]. En las elipses punteadas se indican las distintas etapas de la simulación: la interacción dura (HS) dependiente de las funciones de distribución partónicas (PDF), la radiación del estado inicial (ISR) y final (FSR), la hadronización, el decaimiento de las partículas y el evento subyacente (UE). La radiación de fotones (QED) puede ocurrir en cualquier etapa del evento. 13
- 2.5. Contribución relativa de los subprocesos de producción de fotones directos (dispersión Compton, aniquilación $q\bar{q}$ y fragmentación) según las predicciones de JETPHOX (PDF CTEQ 6.6, $\mu = E_T$, FF BFG-II) para el LHC a $\sqrt{s} = 14$ TeV en la región central ($y=0$) como función de E_T . La comparación entre las predicciones inclusivas (A) y aquellas luego de aplicar el criterio de aislamiento (B) muestra un claro efecto, especialmente en la supresión de la componente de fragmentación. En este caso se ha utilizado un cono de aislamiento de radio $R = 0.4$, donde la de energía hadrónica transversa en el cono debe ser menor al 10% de la E_T del fotón. Extraída de [53]. 16
- 2.6. Razón de las contribuciones relativas de los subprocesos de producción de fotones directos (dispersión Compton, aniquilación $q\bar{q}$ y fragmentación) entre las predicciones de JETPHOX (PDF CTEQ 6.6, $\mu = E_T$, FF BFG-II) y PYTHIA (PDF CTEQ5L, UE PERUGIA hard) para el LHC a $\sqrt{s} = 14$ TeV en la región central ($y=0$) como función de E_T , antes (A) y después (B) de aplicar el criterio de aislamiento $E_T^h < \varepsilon \cdot E_T$, donde E_T^h es la de energía hadrónica transversa en un cono de radio $R = 0.4$ y $\varepsilon = 0.1$. Extraída de [54]. 17

2.7.	Sección eficaz (inclusiva y aislada) de producción de fotones directos medida en diversos experimentos de colisiones pp y $p\bar{p}$ en comparación con las predicciones de JETPHOX a NLO (PDF CTEQ6M, FF BFG II, $\mu_R = \mu_F = \mu_f = p_T/2$) (Izq.). Por razones de claridad, las medidas de E706 (y sus predicciones teóricas) son multiplicadas por un factor 10^{-4} . Se muestra también la razón entre las medidas de la sección eficaz para los experimentos de colisiones y de blanco fijo, y las predicciones de pQCD a NLO (Der.). Para CDF y DØ se muestra la sección eficaz de producción de fotones aislados; para los experimentos de más baja energía se muestra el caso inclusivo [31].	19
2.8.	Sección eficaz de producción de fotones directos aislados medida por la Colaboración a) DØ, b) CDF y c-f) CMS, como función de E_T y η , con respecto a las predicciones teóricas de JETPHOX a NLO.	21
2.9.	Sección eficaz de producción de fotones directos aislados medida por la colaboración ATLAS, como función de E_T en las distintas regiones $ \eta $, comparada con las predicciones teóricas de JETPHOX a NLO.	22
3.1.	Complejo de aceleradores del CERN y sus experimentos. El LHC es el último eslabón en la cadena de inyección del haz de protones, donde alcanza una energía máxima de diseño de 7 TeV por haz.	24
3.2.	Esquema del corte transversal del sistema de dipolos del LHC (Izq.) y del mapa de flujo magnético típico (Der.) en torno a las secciones por donde circulan los haces de protones (en dirección opuesta).	25
3.3.	Esquema del detector ATLAS y sus subdetectores.	26
3.4.	Sistema de imanes superconductores del experimento ATLAS.	28
3.5.	Esquema del detector de trazas de ATLAS. En la Fig. se indica los sensores y los elementos estructurales que atraviesa una partícula cargada de $p_T = 10$ GeV y a) $\eta = 0.3$ en la región del <i>barrel</i> , b) $\eta = 1.4, 2.2$ en la región del <i>endcap</i>	29
3.6.	El sistema de calorímetros de ATLAS.	31
3.7.	Esquema de la geometría del ECAL, en la región del <i>barrel</i> ($\eta = 0$). La granularidad en el espacio $\eta - \phi$ se indica para cada una de las capas del ECAL, además de aquella utilizada por el sistema de <i>trigger</i>	33
3.8.	Distribución de material, en unidades de longitud de radiación (X_0), atravesado por una partícula como función de la pseudorapidez: (Izq.) previo al presampler y el ECAL, (Der.) dentro de los límites del detector interno. La línea punteada indica el material extra colocado en la simulación para el estudio de las incertezas sistemáticas.	33
3.9.	Diagrama esquemático de la estructura del TileCal y de la lectura óptica correspondiente a una cuña en la dirección ϕ	34
3.10.	Espectrómetro de muones de ATLAS. Con una superficie total de ~ 5000 m ² es el subdetector más grande de ATLAS y el mayor responsable de su tamaño característico.	36
3.11.	Diagrama esquemático del sistema de niveles del trigger y del flujo de datos en ATLAS. La frecuencia de lectura a la salida de cada nivel corresponde a los parámetros de diseño del LHC.	37

4.1. Luminosidad integrada (a) y número medio de interacciones por colisión $\langle \mu \rangle$ (b) durante el año 2010. Los intervalos en rojo indican los períodos utilizados en el análisis de esta tesis.	42
4.2. Número de vértices primarios reconstruidos por evento en la muestra seleccionada para este análisis, correspondiente a los períodos G-I.	43
4.3. Esquema de las regiones definidas en la lógica de asociación cluster \leftrightarrow partícula.	46
4.4. Mapas de calidad de las celdas de la primera (Izq.) y segunda capa (Der.) del ECAL correspondiente al período de toma de datos de este análisis (<i>Run 167521</i>). Aquellos clusters que yacen total o parcialmente sobre las zonas rojas (= 3) —correspondientes a un OTx inoperante o a una línea de HV inactiva— son ignorados.	49
4.5. Distribución de la energía transversa de todos los candidatos a fotón reconstruidos y preseleccionados en los datos, con $45 \text{ GeV} \leq E_T < 400 \text{ GeV}$ y $(\eta < 1.37 \parallel 1.52 \leq \eta < 2.37)$	50
5.1. Distribuciones normalizadas de las variables de identificación de fotones, en muestras MC de señal (γ +jet) y de fondo (jets QCD), para candidatos a fotones (a) convertidos y (b) no convertidos reconstruidos con $E_T > 20 \text{ GeV}$ en la región $ \eta < 0.6$	55
5.2. Efecto del campo magnético en las lluvias electromagnéticas producidas por γ convertidos.	57
5.3. Deposiciones de energía típicas para un fotón aislado (Izq.) y para un π^0 decayendo a dos fotones (Der.). Ambas corresponden a eventos de datos reales y fueron obtenidos con ATLANTIS [123], uno de los programas oficiales de visualización de eventos en ATLAS.	58
5.4. Representación de la variable de aislamiento calorimétrico $E_T^{\text{iso}}(R = 0.4)$ utilizada en este análisis.	60
5.5. Aislamiento calorimétrico $E_T^{\text{iso}}(R = 0.4)$ reconstruido como función de la energía transversa simulada (E_T^{truth}), en la región $0.1 \leq \eta < 0.6$, para fotones convertidos (Izq.) y no convertidos (Der.). Extraído de [127].	61
5.6. Densidad de energía subyacente estimada en datos, para los períodos G-I utilizados en este análisis. La contribución proveniente del UE se muestra por separado (en rojo), en eventos con un solo vértice primario reconstruido.	62
5.7. La variable de aislamiento calorimétrico, E_T^{iso} , antes y después de corregir, observada en los datos. Las correcciones (Ec. 5.9) tienen en cuenta tanto la fuga remanente de energía del fotón dentro del cono como la energía de la actividad total subyacente (i.e. UE/ <i>pile-up</i>).	63
5.8. Distribución de la energía de aislamiento a nivel partónico, a nivel partícula y reconstruida, para fotones producto de la interacción dura (Izq.) y de fragmentación (Der.). La contribución del UE/ <i>pile-up</i> es sustraída en forma similar a nivel partícula y de la reconstrucción, estimando la densidad de energía subyacente media a partir de los jets de bajo p_T en el evento.	64
6.1. Eficiencia de reconstrucción para fotones creados en la interacción dura y fotones de fragmentación, como función de $E_{T,\text{true}}$ en los cuatro intervalos de pseudorapidez estudiados.	67

6.2. Ejemplo de la distribución R_η en datos y en MC para fotones convertidos (a) y no convertidos (b) en la región $ \eta < 0.6$ y $E_T \in [45, 55)$ GeV, pasando la selección $tight_y$. La distribución en MC ha sido normalizada al número de eventos en datos.	69
6.3. Ejemplo de la distribución w_{η_2} para fotones convertidos (a) y no convertidos (b) en datos y en MC para fotones con $E_T \in [45, 55)$ GeV y $ \eta < 0.6$, pasando la selección $tight_y$. La distribución en MC ha sido normalizada al número de eventos en datos.	69
6.4. Distribución de R_η como función de E_T [GeV] para fotones convertidos (a) y no convertidos (b) en datos y en MC para fotones en la región $ \eta < 0.6$, pasando la selección $tight_y$. La distribución en MC ha sido normalizada al número de eventos en datos.	70
6.5. Diferencia $\Delta\mu(R_{had_1})$ y $\Delta\mu(R_{had_1})$ entre la distribución de cada variable en datos y en Monte Carlo como función de E_T , para fotones convertidos y no convertidos luego de la identificación $tight$. R_{had_1} se utiliza en la identificación sólo para fotones con $ \eta < 0.8$ o $ \eta \geq 1.37$, mientras que R_{had} se aplica sólo en la región $0.8 \leq \eta < 1.37$	71
6.6. Diferencia $\Delta\mu(R_\eta)$, $\Delta\mu(R_\phi)$ y $\Delta\mu(w_{\eta_2})$ entre la distribución de cada variable en datos y en Monte Carlo como función de E_T , para fotones convertidos y no convertidos luego de la identificación $tight$	72
6.7. Diferencia $\Delta\mu(F_{side})$, $\Delta\mu(w_{s,tot})$ y $\Delta\mu(w_{s,3})$ entre la distribución de cada variable en datos y en Monte Carlo como función de E_T , para fotones convertidos y no convertidos luego de la identificación $tight$	73
6.8. Diferencia $\Delta\mu(\Delta E)$ y $\Delta\mu(E_{ratio})$ entre la distribución de cada variable en datos y en Monte Carlo como función de E_T , para fotones convertidos y no-convertidos luego de la identificación $tight$	74
6.9. Eficiencia de identificación $tight$, ε^{ID} , obtenida en MC antes (puntos negros) y después (triángulos rojos) de la corrección $\Delta\mu_V^{tight}$, como función de la energía transversa en el rango $45 \text{ GeV} \leq E_T < 400 \text{ GeV}$ para fotones (a) convertidos y (b) no convertidos.	75
6.10. Composición de señal y fondo en la muestra remanente luego de cada categoría de identificación de fotones y del corte de aislamiento calorimétrico.	77
6.11. Correlación entre las variables de identificación y de aislamiento, para fotones (a) convertidos y (b) no convertidos reconstruidos con $E_T > 45 \text{ GeV}$ y $ \eta < 2.37$, en los datos utilizados en este análisis (Períodos G-I). La región $1.37 \leq \eta < 1.52$ ha sido excluida.	78
6.12. Eficiencia del trigger de fotones, <code>g40_loose</code> , con respecto a la selección <i>offline</i> medida en datos (puntos sólidos) y en MC (puntos vacíos), para candidatos satisfaciendo los criterios de identificación $tight$ y de aislamiento calorimétrico $E_T^{iso} < 3 \text{ GeV}$	83
7.1. Distribución de la variable de aislamiento calorimétrico (E_T^{iso}) extraída de las muestras de datos y MC enriquecidas en fondo mediante la inversión de los cortes de identificación, en comparación a la observada en muestras MC de fondo (jets QCD), para candidatos con $45 \leq E_T < 55 \text{ GeV}$ como función de η	90

7.2. Método de conteo bidimensional (ABCD) : el número de eventos de fondo en la región A —donde yace la mayoría de los eventos de señal— es determinado por extrapolación de los eventos observados en las regiones de control dominadas por el fondo (B,C,D). La distribución de eventos en el espacio (Id vs E_T^{iso}) incluye todos los datos utilizados en este análisis (períodos G-I), aceptados por la preselección detallada en la Sec. 4.3.	92
7.3. Distribución de la energía de aislamiento, E_T^{iso} , como función de E_T (columnas) y η (filas), observada en datos para fotones <i>tight</i> (puntos) y <i>non-tight</i> (triángulos). Esta última es normalizada a la primera en la región no aislada, $E_T^{\text{iso}} > 5$ GeV, dominada por el fondo de QCD.	93
7.4. Factores de correlación (R_{bkg} , R') como función de E_T y η . Los valores de R_{bkg} (azul) y R' (rojo) son calculados en eventos de dijets generados con PYTHIA (Véase Tabla 4.3). En negro se muestran los valores de R' extraídos directamente de los datos. Las incertezas verticales son sólo estadísticas, las líneas horizontales indican el tamaño del intervalo de E_T considerado.	95
7.5. Esquema de las regiones de control redefinidas (A',B',C',D'), para estudiar la correlación del fondo directamente en datos.	95
7.6. Valor medio (μ) de la energía de aislamiento estimado en los datos para fotones <i>tight</i> , como función de E_T en las distintas regiones de pseudorapidez. Las distribuciones de E_T^{iso} fueron ajustadas a una función Gaussiana en la región de alta pureza de señal ($-2 \text{ GeV} \leq E_T^{\text{iso}} \leq 3 \text{ GeV}$), de la cual se extrae el valor de μ . La dependencia de E_T^{iso} con E_T es clara evidencia de una fuga lateral de energía dentro del cono de aislamiento, más allá de aquella predicha por el MC.	99
7.7. Valor medio de la energía de aislamiento estimado para electrones en eventos $W \rightarrow e\nu$ como función del número de vértices primarios reconstruidos, en las distintas regiones de pseudorapidez. Las distribuciones de E_T^{iso} fueron ajustadas a una función Gaussiana en la región de alta pureza de señal ($-2 \text{ GeV} \leq E_T^{\text{iso}} \leq 3 \text{ GeV}$), de la cual se extrae el valor de la media (μ). El impacto residual del <i>in-time pile-up</i> aun luego de las correcciones derivadas en MC es evidente, tanto en datos como en la simulación.	100
7.8. Fracción de candidatos a fotón correspondientes a electrones mal identificados provenientes del decaimiento de los bosones W y Z , como función de p_T , separadamente para la región del a) <i>barrel</i> y del b) <i>endcap</i> . La contribución más importante proviene del decaimiento $W \rightarrow e\nu$	102
7.9. Fracción de los candidatos a fotón originados a) por rayos cósmicos o b) en eventos sin colisión pp (i.e. <i>beam-gas+beam-halo</i>), estimada en datos como función de p_T para las distintas regiones de η . En a) se han aplicado sólo los criterios de identificación <i>loose</i> , en b) se incluyen todos los candidatos reconstruidos.	103
7.10. Número de eventos de señal estimados con el método de conteo bidimensional (ABCD), como función de E_T y η . Las bandas representan las incertezas sistemáticas totales.	105
7.11. Pureza de señal en la muestra final estimada con el método de conteo bidimensional (ABCD), como función de E_T y η . Las bandas representan las incertezas sistemáticas totales.	105

8.1. Matriz respuesta de la energía transversa (luego de aplicar todos los criterios de selección), calculada en simulaciones PYTHIA de fotones directos en las distintas regiones de η	111
8.2. Distribución de los coeficientes $ d_i $ en la deconvolución del espectro de energía transversa vía SVD.	112
8.3. Número de fotones directos estimados con el método de conteo bidimensional en cada toma de datos (<i>Run</i>) para los períodos analizados en este estudio.	114
8.4. Sección eficaz de producción inclusiva de fotones directos aislados, medida como función de la energía transversa del fotón en las regiones $ \eta < 0.6$, $0.6 \leq \eta < 1.37$, $1.52 \leq \eta < 1.81$ y $1.81 \leq \eta < 2.37$. La medida en cada región de η ha sido normalizada por un factor arbitrario para facilitar la presentación.	115
8.5. Efecto del criterio de aislamiento sobre las predicciones de JETPHOX para la sección eficaz diferencial de fotones directos aislados a NLO. Se observa la variación relativa de los resultados para una variación de ± 2 GeV en torno al valor de corte nominal (4 GeV), como función de η (Izq.) y p_T (Der.).	118
8.6. Efecto de la variación de escalas (coherente e incoherente) sobre las predicciones de la sección eficaz diferencial de fotones directos aislados en JETPHOX (CTEQ 6.6), como función de E_T (Izq.) y η (Der.).	119
8.7. Comparación de las incertezas en las predicciones de la sección eficaz asociadas a la PDF en el caso de a) CTEQ 6.6 (rojo) vs MSTW 2008 (verde) y b) CTEQ 6.6 (rojo) vs NNPDF 2.0 (violeta). Los valores centrales obtenidos con cada PDF se muestran en ambos casos a modo de referencia.	121
8.8. Sección eficaz de producción inclusiva de fotones directos aislados medida (puntos) y esperada (área sombreada)(a), y la razón respectiva (b), como función de E_T en las regiones $ \eta < 0.6$, $0.6 \leq \eta < 1.37$, $1.52 \leq \eta < 1.81$ y $1.81 \leq \eta < 2.37$. Las predicciones teóricas fueron obtenidas con el generador MC JETPHOX, usando la PDF CTEQ 6.6. En la región $ \eta < 1.81$ y $E_T < 100$ GeV se han incluido los resultados de la primera medida de ATLAS [11].	124
8.9. Sección eficaz de producción inclusiva de fotones directos aislados medida (puntos) y esperada (área sombreada)(a), y la razón respectiva (b), como función de E_T en las regiones $ \eta < 0.6$, $0.6 \leq \eta < 1.37$, $1.52 \leq \eta < 1.81$ y $1.81 \leq \eta < 2.37$. Las predicciones teóricas fueron obtenidas con el generador MC JETPHOX, usando la PDF MSTW 2008. En la región $ \eta < 1.81$ y $E_T < 100$ GeV se han incluido los resultados de la primera medida de ATLAS [11].	125
8.10. Sección eficaz de producción inclusiva de fotones directos aislados medida (puntos) y esperada (área sombreada)(a), y la razón respectiva (b), como función de E_T en las regiones $ \eta < 0.6$, $0.6 \leq \eta < 1.37$, $1.52 \leq \eta < 1.81$ y $1.81 \leq \eta < 2.37$. Las predicciones teóricas fueron obtenidas con el generador MC JETPHOX, usando la PDF NNPDF 2.0. En la región $ \eta < 1.81$ y $E_T < 100$ GeV se han incluido los resultados de la primera medida de ATLAS [11].	126

8.11. Razón entre la sección eficaz de producción de fotones aislados esperada (área en color) y medida (puntos), como función de la energía transversa del fotón en las regiones $|\eta| < 0.6$, $0.6 \leq |\eta| < 1.37$, $1.52 \leq |\eta| < 1.81$ y $1.81 \leq |\eta| < 2.37$. Las predicciones teóricas fueron obtenidas con el generador MC JETPHOX, usando las PDFs CTEQ 6.6 (panel superior), MSTW 2008 (panel medio) y NNPDF 2.0 (panel inferior). Las incertezas de escala en las predicciones a NLO ($\sim 10\%$) han sido excluidas para esta comparación. En la región $|\eta| < 1.81$ y $E_T < 100$ GeV se muestran también los resultados previos de ATLAS [11]. 127

8.12. Sección eficaz de producción $\gamma + jet$ medida (puntos) y esperada (área sombreada)(panel superior), y su razón respectiva (panel inferior), como función de la energía transversa del fotón central ($|\eta^\gamma| < 1.37$) para las distintas configuraciones angulares estudiadas : $y^{jet} < 1.2$, $1.2 \leq y^{jet} < 2.8$, $2.8 \leq y^{jet} < 4.4$. [SS= ($\eta^\gamma \cdot y^{jet} \geq 0$) , OS= ($\eta^\gamma \cdot y^{jet} < 0$)]. Las predicciones teóricas fueron obtenidas con el generador MC JETPHOX, usando la PDF CTEQ 10 [160]. Las barras verticales (bandas) representan la incerteza experimental (teórica) total. 130

8.13. Resultados preliminares de la sección eficaz de producción inclusiva de fotones directos aislados medida (puntos) y esperada (área sombreada), y la razón respectiva, como función de la energía transversa del fotón en las regiones $|\eta| < 1.37$ (Izq.) y $1.52 \leq |\eta| < 2.37$ (Der.). Las predicciones teóricas fueron obtenidas con el generador MC JETPHOX, usando la PDF CTEQ 10. 132

8.14. Comparación entre la PDF del gluón, $g(x, Q^2)$, a NLO antes (en verde) y despues (en azul) de la inclusión de los datos de la producción de fotones aislados del LHC en el set NNPDF 2.1, a la escala $Q = 10$ GeV (Izq.). Reducción relativa de la incerteza en $g(x, Q^2)$, a las escalas $Q = 3.16, 10, 100$ GeV (Der.). Extraído de [87]. 133