



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ**



Universidad Autónoma de San Luis Potosí

INSTITUTO DE FÍSICA

TESIS PROFESIONAL

Para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN FÍSICA

PRESENTA:

M. en C. Ernesto Alejandro Blanco Covarrubias

**MEDICIÓN DE LA SECCIÓN EFICAZ DE
HADRONES ENCANTADOS Y LA DEPENDENCIA NUCLEAR α**

ASESOR DE TESIS

Dr. Jürgen Engelfried

Profesor Investigador

SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.

3 de Diciembre de 2009.

Resumen

Con datos del experimento SELEX, se estudió la hadro-producción de charm. En este trabajo se reporta la sección eficaz diferencial de producción de 14 hadrones con charm como función del momento longitudinal y transversal, así como para 2 diferentes blancos de producción. Esta tesis reporta la más completa medición hecha hasta ahora para hadro-producción de charm. SELEX es un experimento de blanco fijo en Fermilab con gran aceptación para $x_F > 0.1$, el cual tomó datos durante 1996-1997 con 600 GeV/c Σ^- y π^- , y para proton y π^+ a 540 GeV/c. Se utilizaron 5 blancos de producción (2 de Cobre y 3 de diamante). Estos resultados fueron utilizados para determinar α , donde α es el parámetro en la parametrización de la sección eficaz, $\propto A^\alpha$, donde A es el número atómico. Se encontró que en nuestra estadística este parámetro α no muestra ninguna dependencia como función de x_F para ninguna combinación de charm dentro del intervalo $0.1 < x_F < 1.0$, donde el valor de $\alpha = 0.778 \pm 0.014$. Se encontró una diferencia del parámetro α para la producción de charm producida por los haces de mesones π^\pm $\alpha_{mesones} = 0.850 \pm 0.028$, y $\alpha_{bariones} = 0.755 \pm 0.016$ para los haces de bariones (Σ^- y protones).

Abstract

With data from the SELEX experiment we study charm hadro-production. We report the differential production cross sections as function of the longitudinal and transverse momentum, as well as for two different target materials, of 14 charmed hadron and/or their decay modes. This is the most extensive study to date. SELEX is a fixed target experiment at Fermilab with high forward acceptance; it took data during 1996-1997 with 600 GeV/c Σ^- and π^- , and 540 GeV/c proton and π^+ beams. It used 5 target foils (two copper and three diamond). We use the results to determine α , used in parametrizing the production cross section as $\propto A^\alpha$, where A is the mass number of the target nuclei. We found within our statistics that α is independent of the longitudinal momentum fraction x_F in the interval $0.1 < x_F < 1.0$, with $\alpha = 0.778 \pm 0.014$. The average value of α for charm production by pion beams is $\alpha_{meson} = 0.850 \pm 0.028$. This is somewhat larger than the corresponding average $\alpha_{baryon} = 0.755 \pm 0.016$ for charm production by baryon beams (Σ^- and protons).

Dedico mi tesis
con mucho cariño
a mi Papá y a mi Mamá.

Agradecimientos

Al **Dr. Jürgen Engelfried** por sus consejos para el desarrollo de este trabajo. Por compartir sus conocimientos y experiencias en partículas elementales.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACyT** por brindarme el apoyo económico por medio de la beca con número de registro 165688. Este proyecto fue realizado con recursos de la Secretaría de Educación Pública a través del convenio PROADU 2002-01-24-001-054, también con Fondos Sectoriales SEP-CONACyT a través del Proyecto 54988, de los cuales se obtuvieron los fondos necesarios para asistir a diferentes eventos y proporcionar el material necesario para la realización de este trabajo.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACyT** a través del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) por brindarme el apoyo económico por medio de la beca de ayudante de investigador, exp. 20226.

A mis padres **Alejandrino Blanco Frías y Odilia Covarrubias Lavat** por todo su amor y la ayuda que me brindaron para alcanzar mi doctorado.

A mis hermanos **Bertha Guadalupe, Fátima Esmeralda, Ubaldo Iván, José Heriberto y César Cuauhtémoc.**

A mi abuelita **Bertha Frías Rodríguez.**

A mis amigos **Eric Vázquez Jáuregui, Andrés García Castillo y Jorge Amaro Reyes.**

A mis amigas **Laura Xiomara Gutiérrez Guerrero y Ana Sofía.**

A la **Colaboración SELEX** por el inmenso trabajo que fue realizado para que el experimento haya sido llevado a cabo.

A los **Doctores Peter S. Cooper y James S. Russ** por compartir sus conocimientos y sus excelentes comentarios.

Al **Instituto de Física y a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí** por brindarme todas las facilidades para poder alcanzar esta meta.

A mis sinodales **Dra. Mariana Nikolova Arenhovel, Dr. Rubén Flores Mendieta, Dr. Manuel Mirabal García, Dr. Enrique González Tovar y a mi sinodal externo Dr. Peter S. Cooper** por haberme ayudado a darle la forma final a este trabajo.

A todos mis **profesores** del Posgrado del Instituto de Física Manuel Sandoval Vallarta, que han contribuido tanto académica como personalmente a mi superación.

A mis compañeros del grupo de física de altas energías en especial a **Jorge Amaro, Ibrahim Torres, Eric Vázquez, Miguel Olivo, José Luis Sánchez, Ángel Flores, Guillermo Hinojosa y Nora Estrada** por la ayuda que me brindaron.

A **Luz del Carmen Nuche Garza** técnico académico del grupo de altas energías.

A todo el personal del laboratorio de cálculo numérico, en especial al técnico académico **José Limón Castillo** por toda la ayuda brindada en los problemas de cómputo.

A todo el personal del Instituto de Física, en especial a la Secretaria del Posgrado **Elsa Cabrera**.

Índice general

Resumen	III
Abstract	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Introducción y Motivación	xxxvii
1. Teoría	1
1.1. Modelo estándar	1
1.1.1. Cromodinámica cuántica (<i>QCD</i>).	2
1.2. El quark charm	5
1.2.1. Descubrimiento del quark charm	5
1.2.2. <i>Charmonium</i>	5
1.2.3. <i>Open charm</i>	6
1.2.4. Mesones y Bariones con charm	7
1.3. Producción de partículas	7
1.4. Hadroproducción de charm	9
1.4.1. <i>Leading Particle Effect</i> y Modelos de producción	10
1.4.2. Situación experimental para la sección eficaz to- tal de charm	13
1.4.3. Sección eficaz diferencial	15
1.4.4. La asimetría partícula-antipartícula	18
1.4.5. Dependencia nuclear <i>A</i>	18
2. El experimento SELEX	23
2.1. Introducción	23
2.2. Aparato SELEX	24
2.2.1. El espectrómetro del haz	25
2.2.2. El espectrómetro de vértices	32
2.2.3. El espectrómetro M1	34
2.2.4. El espectrómetro M2	36
2.2.5. El espectrómetro M3	43

2.3.	El mecanismo disparador y el sistema de adquisición de datos	44
2.4.	El filtro en línea	44
2.5.	Los datos de SELEX y el conjunto de datos charm . . .	45
2.6.	<i>SOAP</i>	47
2.6.1.	<i>Unpack</i>	47
2.6.2.	<i>Tracking</i>	48
2.6.3.	<i>Pid</i>	48
2.6.4.	<i>Vertex</i>	49
2.6.5.	<i>Recon</i>	50
2.7.	Procesamiento de los datos	53
2.7.1.	Ftuples	54
2.7.2.	Vtuples	56
2.8.	Simulación	56
2.8.1.	La generación de los eventos	57
2.8.2.	Embeber eventos	58
3.	Procedimiento de análisis de datos	59
3.1.	Introducción	59
3.2.	Masa invariante	59
3.3.	Cortes	60
3.4.	Número de eventos	63
3.5.	Distribuciones en x_F y p_t para D^\pm	64
3.6.	El método de sustracción del ruido para D^\pm	64
3.7.	La aceptación para D^\pm	67
3.8.	Eventos corregidos para D^\pm producidos el haz de Σ^- .	68
3.9.	Separación por blanco	70
3.9.1.	La aceptación de D^\pm para los diferentes blancos	70
3.10.	Eventos corregidos para D^\pm producidos por el haz de Σ^- y los blancos de producción	70
3.11.	Asimetría para D^\pm	71
3.12.	Dependencia nuclear de D^\pm	71
3.13.	La sección eficaz total de charm	73
3.14.	La propagación de los errores	73
3.14.1.	Error para la aceptación	74
3.14.2.	Error para la asimetría partícula-antipartícula	75
3.14.3.	Error para la dependencia nuclear	75
4.	Estudio sistemático para los blancos de cobre y diamante	77
4.1.	Introducción	77
4.2.	Blancos de diamante	80
4.2.1.	D^- y D^+ para los blancos de diamante	84
4.3.	Blancos de cobre	87
4.3.1.	D^- y D^+ para los blancos de cobre	91

4.3.2. Resultados para los blancos de cobre	91
4.4. Conclusiones	95
5. Resultados para los mesones charm D^0 y \overline{D}^0 en $K\pi$	97
5.1. Introducción	97
5.2. Cortes	97
5.2.1. El método de sustracción del ruido	97
5.3. Resultados	99
5.4. Discusión de los resultados	109
5.5. Conclusiones	111
6. Resultados para los mesones charm D^0 y \overline{D}^0 en $K\pi\pi\pi$	113
6.1. Introducción	113
6.2. Cortes	113
6.2.1. El método de sustracción del ruido	113
6.3. Resultados	115
6.4. Discusión de los resultados	127
6.5. Conclusiones	129
7. Resultados para los mesones charm D^+ y D^-	131
7.1. Introducción	131
7.2. Cortes	131
7.3. Resultados	132
7.4. Discusión de los resultados	150
7.5. Conclusiones	153
8. Resultados para los mesones charm $D^{*+} \rightarrow D^0(K^-\pi^+)\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D}^0(K^+\pi^-)\pi^-$	155
8.1. Introducción	155
8.2. Cortes	155
8.2.1. El método de sustracción del ruido	155
8.3. Resultados	157
8.4. Discusión de los resultados	168
8.5. Conclusiones	169
9. Resultados para los mesones charm $D^{*+} \rightarrow D^0(K^-\pi^+\pi^+\pi^-)\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D}^0(K^+\pi^-\pi^+\pi^-)\pi^-$	171
9.1. Introducción	171
9.2. Cortes	171
9.2.1. El método de sustracción del ruido	172
9.3. Resultados	173
9.4. Discusión de los resultados	186
9.5. Conclusiones	188

10. Resultados para los mesones charm D_s^+ y D_s^-	189
10.1. Introducción	189
10.2. Cortes	189
10.2.1. El método de sustracción del ruido	189
10.3. Resultados	190
10.4. Discusión de los resultados	202
10.5. Conclusiones	204
11. Resultados para los bariones charm Λ_c^+ y $\bar{\Lambda}_c^-$	205
11.1. Introducción	205
11.2. Cortes	205
11.2.1. El método de sustracción del ruido	205
11.3. Resultados	207
11.4. Discusión de los resultados	221
11.5. Conclusiones	223
12. Dependencia nuclear de la producción de charm	225
12.1. Introducción	225
12.2. Dependencia nuclear	225
12.2.1. Ideogramas	226
12.2.2. Cortes	228
12.3. Promedios para el parámetro α	228
12.4. Mesones charm D^0 y \bar{D}^0 en $K\pi$	229
12.5. Mesones charm D^0 y \bar{D}^0 en $K\pi\pi\pi$	231
12.6. Mesones charm D^+ y D^-	233
12.7. Mesones charm $D^{*+} \rightarrow D^0(K^-\pi^+)\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \bar{D}^0(K^+\pi^-)\pi^-$	235
12.8. Mesones charm $D^{*+} \rightarrow D^0(K^-\pi^+\pi^+\pi^-)\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow$ $\bar{D}^0(K^+\pi^-\pi^+\pi^-)\pi^-$	237
12.9. Mesones charm D_s^+ y D_s^-	239
12.10. Bariones charm Λ_c^+ y $\bar{\Lambda}_c^-$	241
12.11. Dependencia nuclear y eventos para todos los decaimien- tos	243
12.12. Dependencia nuclear para todos los modos para el haz de Σ^-	248
12.13. Dependencia nuclear para todos los modos para el haz de π^-	252
12.14. Dependencia nuclear para todos los modos para el haz de protones	256
12.15. Dependencia nuclear para todos los modos para el haz de π^+	260
12.16. Dependencia nuclear para todos los modos	263
12.17. Razón para todos los decaimientos	267
12.18. Dependencia nuclear para Λ_c^+ para regiones pequeñas y grandes de p_t^2 para el haz de Σ^-	270

12.19.	Dependencia nuclear para el haz de Σ^- para los modos de mayor estadística, en regiones de p_t^2	271
12.20.	Dependencia nuclear para el haz de π^- para los mesones D en regiones de p_t^2	275
12.21.	Comparación del parámetro α con otros experimentos para el haz de π^-	278
12.22.	Discusión y Conclusiones de los resultados	280
13.	Conclusiones	287
A.	Tablas de los resultados para los mesones D^0 y \overline{D}^0 en $K\pi$	291
A.1.	Tabla de los resultados para los eventos corregidos producidos por los diferentes haces	291
A.2.	Tablas de los resultados para la asimetría	295
A.3.	Tablas de los resultados para los eventos corregidos para los blancos de producción	297
A.4.	Tablas de los resultados para los eventos corregidos para $D^0 + \overline{D}^0$ para el haz de π^-	299
B.	Tablas de los resultados para los mesones charm D^0 y \overline{D}^0 en $K\pi\pi\pi$	301
B.1.	Tabla de los resultados para los eventos corregidos producidos por los diferentes haces	301
B.2.	Tablas de los resultados para la asimetría	305
B.3.	Tablas de los resultados para los eventos corregidos para los blancos de producción	307
B.4.	Tablas de los resultados para los eventos corregidos para $D^0 + \overline{D}^0$ para el haz de π^-	309
C.	Tablas de los resultados para los mesones charm D^+ y D^-	311
C.1.	Tabla de los resultados para los eventos corregidos producidos por los diferentes haces	311
C.2.	Tablas de los resultados para la asimetría	316
C.3.	Tablas de los resultados para los eventos corregidos para los blancos de producción	319
C.4.	Tablas de los resultados para la asimetría	324
D.	Tablas de los resultados para los mesones charm $D^{*+} \rightarrow D^0(K^-\pi^+)\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D}^0(K^+\pi^-)\pi^-$	327
D.1.	Tabla de los resultados para los eventos corregidos producidos por los diferentes haces	327
D.2.	Tablas de los resultados para la asimetría	330

D.3. Tablas de los resultados para los eventos corregidos para los blancos de producción	332
D.4. Tablas de los resultados para la asimetría	333
E. Tablas de los resultados para los mesones charm $D^{*+} \rightarrow$ $D^0(K^-\pi^+\pi^+\pi^-)\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K^+\pi^-\pi^+\pi^-)\pi^-$	335
E.1. Tabla de los resultados para los eventos corregidos producidos por los diferentes haces	335
E.2. Tablas de los resultados para la asimetría	338
E.3. Tablas de los resultados para los eventos corregidos para los blancos de producción	340
E.4. Tablas de los resultados para la asimetría	341
F. Tablas de los resultados para los mesones charm D_s^+ y D_s^-	343
F.1. Tabla de los resultados para los eventos corregidos producidos por los diferentes haces	343
F.2. Tablas de los resultados para la asimetría	345
F.3. Tablas de los resultados para los eventos corregidos para los blancos de producción	346
F.4. Tablas de los resultados para la asimetría	347
G. Tablas de los resultados para los bariones charm Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$	349
G.1. Tabla de los resultados para los eventos corregidos producidos por los diferentes haces	349
G.2. Tablas de los resultados para la asimetría	353
G.3. Tablas de los resultados para los eventos corregidos para los blancos de producción	355
G.4. Tablas de los resultados para la asimetría	359
H. Tablas de los resultados para la dependencia nuclear de la producción de charm	361
H.1. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para los mesones D^0 y $\overline{D^0}$ en $K\pi$	361
H.2. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para los mesones D^0 y $\overline{D^0}$ en $K\pi\pi\pi$	363
H.3. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para los mesones D^+ y D^-	365
H.4. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para los mesones charm $D^{*+} \rightarrow D^0(K^-\pi^+)\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K^+\pi^-)\pi^-$	367
H.5. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para los mesones charm $D^{*+} \rightarrow D^0\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}\pi^-$, cuando D^0 y $\overline{D^0}$ decaen en $K\pi\pi\pi$	368

H.6. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para los mesones D_s^+ y D_s^-	370
H.7. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para los bariones Λ_c^+ y $\bar{\Lambda}_c^-$	371
H.8. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para el haz de Σ^-	373
H.9. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para el haz de π^-	375
H.10. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para el haz de protones	377
H.11. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para el haz de π^+	379
H.12. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para todos los modos	381
H.13. Tablas de los resultados para la razón R para todos los modos	384
H.14. Tabla de los Resultados de la dependencia nuclear para el haz de Σ^- para regiones de p_t^2	386
H.15. Tabla de los Resultados de la dependencia nuclear para el haz de π^- para regiones de p_t^2	390
H.16. Tabla de los Resultados de la dependencia nuclear de otros experimentos para el haz de π^-	392
Referencias	395

Índice de figuras

1.1. Interacciones fundamentales.	2
1.2. Partículas fundamentales.	3
1.3. Observables de QCD como función de Q^2	4
1.4. Estados del <i>charmonium</i>	6
1.5. Diagrama de mesones de $SU(4)_f$, a) pseudo escalares, b) vectores hechos con los quarks u, d, s y c	8
1.6. Múltiples de $SU(4)_f$ de bariones hechos con los quarks u, d, s y c	8
1.7. Diagramas de Feynman de orden más bajo para la pro- ducción hadronica de pares de charm: diagramas de creación.	10
1.8. Diagramas de Feynman de orden más bajo para la pro- ducción hadronica de pares de charm: diagramas de ex- citación de sabor.	11
1.9. Producción de algunas partículas con charm con el haz de Σ^- , en el esquema del modelo de cuerdas de Lund. .	12
1.10. Producción de algunas partículas con charm con el haz de π^- , en el esquema del modelo intrínseco de charm. .	12
1.11. Sección eficaz total de charm para el haz de protones como función de la energía del haz.	13
1.12. Sección eficaz total de charm para el haz de π^- , como función de la energía del haz.	15
1.13. Sección eficaz diferencial de $D^0 + \overline{D^0}$ en función de x_F y p_t^2 , para el haz de π^-	17
1.14. Asimetría de producción de partícula-antipartícula para D^\pm del experimento E791 y $D^{*\pm}$ del experimento WA92.	19
1.15. Situación experimental del parámetro α	21
2.1. Esquema del espectrómetro SELEX y la región de vértices.	26
2.2. Esquema de los espectrómetros de SELEX.	27
2.3. Sistema de coordenadas global de SELEX.	28
2.4. Esquema del espectrómetro del haz.	28
2.5. El canal de hiperones.	29
2.6. Distribución típica del número de planos k activados en el BTRD por el haz secundario negativo.	30

2.7.	Estaciones del detector de la trayectoria del haz.	31
2.8.	Esquema de la región de vértices.	32
2.9.	Esquema de los blancos de producción.	33
2.10.	Posiciones del vértice primario.	33
2.11.	Esquema del espectrómetro M1.	35
2.12.	Esquema de las cámaras PWC de M1.	37
2.13.	Localización de las 3 estaciones de LASD.	37
2.14.	Esquema del espectrómetro M2.	38
2.15.	Esquema de las cámaras PWC de M2.	40
2.16.	Esquema del detector <i>RICH</i>	41
2.17.	Radio y separación de las partículas en función del momento.	42
2.18.	Esquema del espectrómetro M3.	43
2.19.	Esquema de los elementos que componen el mecanismo disparador de SELEX.	45
2.20.	Esquema de la toma de datos.	46
2.21.	La tabla recdf.ocs.	51
2.22.	El archivo soap.cmd.	52
2.23.	Archivo generado por QQ para $\overline{D^0}$ producido por un haz de Σ^- a 600 GeV/c.	58
3.1.	Reconstrucción de la masa invariante de $K^+\pi^-\pi^-$ y $K^-\pi^+\pi^+$	60
3.2.	Esquema del decaimiento de D^+	61
3.3.	Distribución de la masa invariante de $K^-\pi^+\pi^+$ y $K^+\pi^-\pi^-$ para todos los haces.	63
3.4.	Distribución de la masa invariante de los candidatos a D^- para todos los haces.	64
3.5.	Distribución 2-D de los candidatos a D^- producidos por el haz de Σ^-	66
3.6.	Distribuciones en x_F de D^- ($K^+\pi^-\pi^-$) producidas por el haz de Σ^-	66
3.7.	Distribuciones en x_F de D^- generada por EDG, y reconstruida por SOAP.	67
3.8.	Aceptancias para D^+ y D^- en función de x_F	68
3.9.	Aceptancias para D^+ y D^- en función de p_t^2	69
3.10.	Eventos y eventos corregidos por aceptación en función de x_F para D^\pm producidos por el haz de Σ^-	69
3.11.	Aceptancia en x_F para D^\pm para los diferentes blancos.	70
3.12.	Eventos y eventos corregidos por aceptación en función de x_F para D^\pm producidos por el haz de Σ^- y los diferentes blancos.	71
3.13.	Asimetría de producción para $D^- - D^+$ en función de x_F , para el haz de Σ^-	72
3.14.	Eventos corregidos por aceptación, la razón y el parámetro α para la suma de $D^+ + D^-$ producidos por el haz de Σ^-	72

4.1. Esquema de los blancos de producción.	78
4.2. Posiciones del vértice primario.	79
4.3. Eventos, aceptación, y eventos corregidos para Λ^0 y $\bar{\Lambda}^0$, estos corresponden a los blancos de diamante.	82
4.4. Razón de los eventos corregidos para Λ^0 y $\bar{\Lambda}^0$ entre los diferentes blancos de diamante.	83
4.5. Eventos, aceptación, y eventos corregidos para D^+ y D^- , estos corresponden a los blancos de diamante.	85
4.6. Razón de los eventos corregidos para D^+ y D^- entre los diferentes blancos de diamante.	86
4.7. Eventos, aceptación, y eventos corregidos para Λ^0 y $\bar{\Lambda}^0$, estos corresponden a los blancos de cobre y no se aplicó la corrección del ancho.	88
4.8. Eventos, aceptación, y eventos corregidos para Λ^0 y $\bar{\Lambda}^0$, estos corresponden a los blancos de cobre y se aplicó la corrección del ancho.	89
4.9. Razón de los eventos corregidos para Λ^0 y $\bar{\Lambda}^0$ entre los diferentes blancos de cobre.	90
4.10. Eventos, aceptación, y eventos corregidos para D^+ y D^- , estos corresponden a los blancos de cobre y no se aplicó la corrección del ancho.	92
4.11. Eventos, aceptación, y eventos corregidos para D^+ y D^- , estos corresponden a los blancos de cobre y se aplicó la corrección del ancho.	93
4.12. Razón de los eventos corregidos para D^+ y D^- entre los diferentes blancos de cobre.	94
4.13. Ajuste a una constante para los valores obtenidos de los diferentes decaimientos para los blancos de cobre.	95
5.1. Distribuciones de masa invariante de D^0 y \bar{D}^0 para los diferentes haces.	99
5.2. Eventos en función x_F de D^0 y \bar{D}^0 para los diferentes haces.	100
5.3. Aceptancias para D^0 y \bar{D}^0 en función de x_F y p_t^2	101
5.4. Eventos corregidos por aceptación para D^0 y \bar{D}^0 en fun- ción de x_F para los diferentes haces.	102
5.5. Asimetría de producción de $D^0 - \bar{D}^0$ en función de x_F para Σ^- y π^-	104
5.6. Aceptancias de D^0 y \bar{D}^0 en función de x_F para los diferen- tes blancos.	105
5.7. Eventos corregidos por aceptación en función de x_F para D^0 y \bar{D}^0 , separados por blancos.	106

5.8. Eventos corregidos por aceptación en función de x_F para $D^0 + \overline{D^0}$ producidos por el haz de π^- (E781) y sección eficaz diferencial en función de x_F para el haz de π^- (E791).	108
6.1. Distribuciones de masa invariante de D^0 y $\overline{D^0}$ para los diferentes haces.	115
6.2. Eventos en función x_F de D^0 y $\overline{D^0}$ para los diferentes haces.	116
6.3. Aceptancias para D^0 y $\overline{D^0}$ en función de x_F y p_t^2	117
6.4. Eventos corregidos por aceptación en función de x_F para los diferentes haces.	118
6.5. Asimetría de producción de $D^0 - \overline{D^0}$ en función de x_F para Σ^- y π^-	120
6.6. Aceptancias de D^0 y $\overline{D^0}$ en función de x_F para los diferentes blancos.	121
6.7. Eventos corregidos por aceptación en función de x_F para D^0 y $\overline{D^0}$, separados por blancos.	122
6.8. Eventos corregidos por aceptación en función de x_F para $D^0 + \overline{D^0}$ producidos por el haz de π^- (E781) y sección eficaz diferencial en función de x_F para el haz de π^- (E791).	124
6.9. Comparación de ajustes obtenidos (parámetro n) para $D^0 \rightarrow K^-\pi^+$ y $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^+\pi^-$, para los diferentes haces.	125
6.10. Comparación de ajustes obtenidos (parámetro n) para $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-$ y $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-\pi^+\pi^-$, para los diferentes haces.	126
7.1. Distribuciones de masa invariante de D^+ y D^- para los diferentes haces.	132
7.2. Eventos en función x_F de D^+ y D^- para los diferentes haces.	133
7.3. Aceptancias para D^+ y D^- en función de x_F y p_t^2	134
7.4. Eventos corregidos por aceptación para D^+ y D^- en función de x_F para los diferentes haces.	135
7.5. Asimetría de producción de $D^+ - D^-$ en función de x_F para los diferentes haces.	137
7.6. Aceptancias de D^+ y D^- en función de x_F para los diferentes blancos.	138
7.7. Eventos corregidos por aceptación en función de x_F para D^+ y D^- , producidos por el haz de Σ^- y separados por blancos.	139

7.8. Eventos corregidos por aceptación en función de x_F para D^+ y D^- , producidos por el haz de π^- y separados por blancos.	140
7.9. Eventos corregidos por aceptación en función de x_F para D^+ y D^- , producidos por el haz de protones y separados por blancos.	141
7.10. Eventos corregidos por aceptación en función de x_F para D^+ y D^- , producidos por el haz de π^+ y separados por blancos.	142
7.11. Resultados de los ajustes para los mesones D^+ y D^- a la función $(1-x_F)^n$ para los haces de π^- y π^+	145
7.12. Resultados de los ajustes para los mesones D^+ y D^- a la función $(1-x_F)^n$ para los haces de protones y Σ^-	146
7.13. Resumen de los ajustes obtenidos de D^\pm para los haces de mesones y bariones.	147
7.14. Comparación del parámetro de asimetría de producción de $D^- - D^+$ para el haz de Σ^-	148
7.15. Comparación del parámetro de asimetría de producción de $D^- - D^+$ para el haz de π^-	149
8.1. Distribuciones de masa invariante de D^{*+} y D^{*-} para los diferentes haces.	157
8.2. Eventos en función x_F de D^{*+} y D^{*-} para los diferentes haces.	158
8.3. Aceptancias para D^{*+} y D^{*-} en función de x_F y p_t^2	159
8.4. Eventos corregidos por aceptación para D^{*+} y D^{*-} en función de x_F para los diferentes haces.	160
8.5. Asimetría de producción de $D^{*-} - D^{*+}$ en función de x_F para los diferentes haces.	162
8.6. Aceptancias de D^{*+} y D^{*-} en función de x_F para los diferentes blancos.	163
8.7. Eventos corregidos por aceptación en función de x_F para D^{*+} y D^{*-} , producidos por el haz de Σ^- y separados por blancos.	164
8.8. Comparación del parámetro de asimetría de producción de $D^{*-} - D^{*+}$ para el haz de π^-	167
9.1. Distribuciones de masa invariante de D^{*+} y D^{*-} para los diferentes haces.	173
9.2. Eventos en función x_F de D^{*+} y D^{*-} para los diferentes haces.	174
9.3. Aceptancias para D^{*+} y D^{*-} en función de x_F y p_t^2	175
9.4. Eventos corregidos por aceptación para D^{*+} y D^{*-} en función de x_F para los diferentes haces.	176

9.5. Asimetría de producción de D^{*-} - D^{*+} en función de x_F para los diferentes haces.	178
9.6. Aceptancias de D^{*+} y D^{*-} en función de x_F para los diferentes blancos.	179
9.7. Eventos corregidos por aceptación en función de x_F para D^{*+} y D^{*-} , producidos por el haz de Σ^- y separados por blancos.	180
9.8. Comparación del parámetro de asimetría de producción de D^{*-} - D^{*+} para el haz de π^-	183
9.9. Comparación de ajustes obtenidos (parámetro n) para $D^{*+} \rightarrow D^0(K\pi)\pi^+$ y $D^{*+} \rightarrow D^0(K\pi\pi\pi)\pi^+$	184
9.10. Comparación de ajustes obtenidos (parámetro n) para $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K\pi)\pi^-$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K\pi\pi\pi)\pi^+$	185
10.1. Distribuciones de masa invariante de D_s^+ y D_s^- para los diferentes haces.	190
10.2. Eventos en función x_F de D_s^+ y D_s^- para los diferentes haces.	191
10.3. Aceptancias para D_s^+ y D_s^- en función de x_F y p_t^2	192
10.4. Eventos corregidos por aceptación para D_s^+ y D_s^- en función de x_F para los diferentes haces.	193
10.5. Asimetría de producción de D_s^+ - D_s^- en función de x_F para los diferentes haces.	195
10.6. Aceptancias de D_s^+ y D_s^- en función de x_F para los diferentes blancos.	196
10.7. Eventos corregidos por aceptación en función de x_F para D_s^+ y D_s^- , producidos por el haz de Σ^- y separados por blancos.	197
10.8. Resultados de los ajustes para los mesones D_s^+ y D_s^- a la función $(1-x_F)^n$ para el haz de Σ^- y los diferentes blancos.	200
10.9. Comparación del parámetro de asimetría de producción de D_s^- - D_s^+ para el haz de Σ^-	201
11.1. Distribuciones de masa invariante de Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para los diferentes haces.	207
11.2. Eventos en función x_F de Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para los diferentes haces.	208
11.3. Aceptancias para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ en función de x_F y p_t^2	209
11.4. Eventos corregidos por aceptación para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ en función de x_F para los diferentes haces.	210
11.5. Asimetría de producción de Λ_c^+ - $\overline{\Lambda}_c^-$ en función de x_F para los diferentes haces.	212
11.6. Aceptancias de Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ en función de x_F para los diferentes blancos.	213

11.7. Eventos corregidos por aceptancia en función de x_F para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$, producidos por el haz de Σ^- y separados por blancos.	214
11.8. Eventos corregidos por aceptancia en función de x_F para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$, producidos por el haz de π^- y separados por blancos.	215
11.9. Eventos corregidos por aceptancia en función de x_F para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$, producidos por el haz de protones y separados por blancos.	216
11.10. Resultados de los ajustes para los bariones Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ a la función $(1-x_F)^n$ para los diferentes haces.	219
11.11. Comparación del parámetro de asimetría de producción de Λ_c^+ - $\overline{\Lambda}_c^-$ para el haz de Σ^-	220
12.1. Eventos corregidos y parámetro α para el mesón D^- para el haz de Σ^-	226
12.2. Ideogramas del parámetro α para D^0 y \overline{D}^0 medidos en 4 bins de x_F para todos los haces.	227
12.3. Parámetro α y ideogramas para D^0 y \overline{D}^0 en función de x_F para los diferentes estados y haces.	230
12.4. Parámetro α y ideogramas para D^0 y \overline{D}^0 en función de x_F para los diferentes estados y haces.	232
12.5. Parámetro α y ideogramas para D^+ y D^- en función de x_F para los diferentes estados y haces.	234
12.6. Parámetro α y ideogramas para D^{*+} y D^{*-} en función de x_F para los diferentes estados y haces.	236
12.7. Parámetro α y ideogramas para D^{*+} y D^{*-} en función de x_F para los diferentes estados y haces.	238
12.8. Parámetro α y ideogramas para D_s^+ y D_s^- en función de x_F para los diferentes estados y haces.	240
12.9. Parámetro α y ideogramas para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ en función de x_F para los diferentes estados y haces.	242
12.10. Parámetro α y ideogramas para todos los modos en función de x_F para los diferentes estados y el haz de Σ^-	250
12.11. Parámetro α y ideograma para la suma de todos los modos en función de x_F para los diferentes estados y el haz de Σ^-	251
12.12. Parámetro α y ideogramas para todos los modos en función de x_F para los diferentes estados y el haz de π^-	254
12.13. Parámetro α y ideograma para la suma de todos los modos en función de x_F para los diferentes estados y el haz de π^-	255
12.14. Parámetro α y ideogramas para todos los modos en función de x_F para los diferentes estados y el haz de protones.	258

12.15. Parámetro α y ideograma para la suma de todos los modos en función de x_F para los diferentes estados y el haz de protones.	259
12.16. Parámetro α y ideogramas para todos los modos en función de x_F para los diferentes estados y el haz de π^+	261
12.17. Parámetro α y ideograma para la suma de todos los modos en función de x_F para los diferentes estados y el haz de π^+	262
12.18. Parámetro α y ideogramas para todos los modos en función de x_F para los diferentes estados y todos los haces de partículas.	265
12.19. Parámetro α y ideogramas para todos los modos en función de x_F para los diferentes estados y los haces de mesones y bariones.	266
12.20. Razón R para todos los decaimientos medidos en 4 bins de x_F para los diferentes estados y los diferentes haces.	269
12.21. Parámetro α para Λ_c^+ medidos en 3 bins de x_F para pequeños y grandes p_t^2 , este corresponde al haz de Σ^-	270
12.22. Parámetro α para mesones D y el barión Λ_c^+ medido en 3 bins de x_F para pequeños p_t^2 y grandes p_t^2	272
12.23. Parámetro α para mesones D y el barión Λ_c^+ como función de x_F para los diferentes estados, separados en pequeños y grandes p_t^2	273
12.24. Comparación del parámetro α para mesones D y el barión Λ_c^+ para pequeños y grandes p_t^2 , este corresponde al haz de Σ^-	274
12.25. Parámetro α para mesones D medidos en 3 bins de x_F para pequeños y grandes p_t^2 , este corresponde al haz de π^-	276
12.26. Parámetro α para mesones D como función de x_F para los diferentes estados, separados en pequeños y grandes p_t^2 , estos corresponden al haz de π^-	277
12.27. Comparación del parámetro α para mesones D producidos por los haces de π^\pm , con otros experimentos.	279

Índice de tablas

1.1.	Sección eficaz total de charm para $x_F > 0$	14
1.2.	Situación experimental de los parámetros n y b en la sección eficaz diferencial para el haz de π^-	17
1.3.	Situación experimental del parámetro α en la producción de charm.	22
2.1.	Propiedades de los blancos de producción.	34
2.2.	Conjunto de datos usados en el análisis de los datos	47
4.1.	Propiedades de los blancos de producción.	80
4.2.	Resultados de los ajustes para los diferentes decaimientos para los blancos de cobre.	95
5.1.	Resultados de los ajustes para los mesones D^0 y $\overline{D^0}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.	103
5.2.	Resultados de los ajustes para los mesones $D^0 + \overline{D^0}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.	107
5.3.	Resultados de los ajustes para los mesones $D^0 + \overline{D^0}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de diamante.	107
5.4.	Resultados de los ajustes para los mesones $D^0 + \overline{D^0}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de cobre.	107
6.1.	Resultados de los ajustes para los mesones D^0 y $\overline{D^0}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.	119
6.2.	Resultados de los ajustes para los mesones $D^0 + \overline{D^0}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.	123
6.3.	Resultados de los ajustes para los mesones $D^0 + \overline{D^0}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de diamante.	123

6.4.	Resultados de los ajustes para los mesones $D^0 + \overline{D^0}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de cobre.	123
7.1.	Resultados de los ajustes para los mesones D^+ y D^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.	136
7.2.	Resultados de los ajustes para los mesones D^+ y D^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.	143
7.3.	Resultados de los ajustes para los mesones D^+ y D^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de diamante.	143
7.4.	Resultados de los ajustes para los mesones D^+ y D^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de cobre.	144
8.1.	Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.	161
8.2.	Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.	165
8.3.	Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de diamante.	165
8.4.	Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de cobre.	166
9.1.	Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.	177
9.2.	Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.	181
9.3.	Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de diamante.	181
9.4.	Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de cobre.	182
10.1.	Resultados de los ajustes para los mesones D_s^+ y D_s^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.	194

10.2.	Resultados de los ajustes para los mesones D_s^+ y D_s^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.	198
10.3.	Resultados de los ajustes para los mesones D_s^+ y D_s^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de diamante.	198
10.4.	Resultados de los ajustes para los mesones D_s^+ y D_s^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de cobre.	199
11.1.	Resultados de los ajustes para los bariones Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.	211
11.2.	Resultados de los ajustes para los bariones Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.	217
11.3.	Resultados de los ajustes para los bariones Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de diamante.	217
11.4.	Resultados de los ajustes para los bariones Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de cobre.	218
12.1.	Eventos sin corregir para todas las partículas con charm, para los diferentes haces de partículas.	244
12.2.	Dependencia nuclear α para todos los modos medidos en 4 bins de x_F	245
12.3.	Eventos sin corregir para todos los modos producidos inclusivamente por los diferentes haces y blancos de cobre medidos en 4 bins de x_F	246
12.4.	Eventos sin corregir para todos los modos producidos inclusivamente por los diferentes haces y blancos de diamante medidos en 4 bins de x_F	247
12.5.	Estados charm, anti-charm, leading, y non-leading para todos los modos y el haz de Σ^-	249
12.6.	Estados charm, anti-charm, leading, y non-leading para todos los modos y el haz de π^-	253
12.7.	Estados charm, anti-charm, leading, y non-leading para todos los modos y el haz de protones.	257
12.8.	Estados charm, anti-charm, leading, y non-leading para todos los modos y el haz de π^+	260
12.9.	Estados charm, anti-charm, leading, y non-leading para todos los haces.	264
12.10.	Razón R par todos los modos para todos los haces en 4 bins de x_F	268

A.1. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos. .	291
A.2. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos. .	292
A.3. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos. .	292
A.4. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos. .	293
A.5. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos.293	
A.6. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos.294	
A.7. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos. .	294
A.8. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos. .	294
A.9. Asimetría de producción D^0 - \overline{D}^0 como función de x_F con el haz de Σ^-	295
A.10. Asimetría de producción D^0 - \overline{D}^0 como función de x_F con el haz de π^-	295
A.11. Asimetría de producción D^0 - \overline{D}^0 como función de x_F con el haz de protones.	296
A.12. Asimetría de producción D^0 - \overline{D}^0 como función de x_F con el haz de π^+	296
A.13. Eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	297
A.14. Eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	298
A.15. Eventos corregidos para $D^0 + \overline{D}^0$ como función de x_F para el haz de π^- para el experimento SELEX E781. .	299
A.16. Sección eficaz diferencial para $D^0 + \overline{D}^0$ en función de x_F para el haz de π^- para el experimento E791.	300
B.1. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos. .	301
B.2. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos. .	302
B.3. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos. .	302
B.4. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos. .	303
B.5. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos.303	

B.6. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos.	304
B.7. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos. .	304
B.8. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos. .	304
B.9. Asimetría de producción D^0 - \overline{D}^0 como función de x_F con el haz de Σ^-	305
B.10. Asimetría de producción D^0 - \overline{D}^0 como función de x_F con el haz de π^-	305
B.11. Asimetría de producción D^0 - \overline{D}^0 como función de x_F con el haz de protones.	306
B.12. Asimetría de producción D^0 - \overline{D}^0 como función de x_F con el haz de π^+	306
B.13. Eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	307
B.14. Eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	308
B.15. Eventos corregidos para $D^0 + \overline{D}^0$ como función de x_F para el haz de π^- para el experimento SELEX E781. .	309
B.16. Sección eficaz diferencial para $D^0 + \overline{D}^0$ en función de x_F para el haz de π^- para el experimento E791.	310
C.1. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^- producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos. .	311
C.2. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos. .	312
C.3. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^- producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos. .	312
C.4. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos. .	313
C.5. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^- producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos.	313
C.6. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos.	314
C.7. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^- producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos. .	314
C.8. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos. .	315
C.9. Asimetría de producción D^+ - D^- como función de x_F con el haz de Σ^-	316
C.10. Asimetría de producción D^+ - D^- como función de x_F con el haz de π^-	317

C.11. Asimetría de producción D^+-D^- como función de x_F con el haz de protones.	317
C.12. Asimetría de producción D^+-D^- como función de x_F con el haz de π^+	318
C.13. Eventos corregidos para D^- producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	319
C.14. Eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	320
C.15. Eventos corregidos para D^- producidos por el haz de π^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	320
C.16. Eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de π^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	321
C.17. Eventos corregidos para D^- producidos por el haz de protones, para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	321
C.18. Eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de protones, para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	322
C.19. Eventos corregidos para D^- producidos por el haz de π^+ , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	322
C.20. Eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de π^+ , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	323
C.21. Asimetría de producción $D^- - D^+$ como función de x_F con el haz de Σ^- para el experimento SELEX E781. . .	324
C.22. Asimetría de producción $D^- - D^+$ como función de x_F con el haz de Σ^- para el experimento WA89.	324
C.23. Asimetría de producción $D^- - D^+$ como función de x_F con el haz de π^- para el experimento SELEX E781. . .	325
C.24. Asimetría de producción $D^- - D^+$ como función de x_F con el haz de π^- para el experimento E791.	325
D.1. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos. .	327
D.2. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos. .	328
D.3. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos. .	328
D.4. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos. .	328
D.5. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos.	329
D.6. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos.	329

D.7. Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de Σ^-	330
D.8. Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^-	330
D.9. Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de protones.	331
D.10. Eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	332
D.11. Eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	332
D.12. Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^- , para el experimento E791.	333
D.13. Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^- , para el experimento WA92.	333
D.14. Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^- para el experimento SELEX E781. . .	334
E.1. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos. .	335
E.2. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos. .	336
E.3. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos. .	336
E.4. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos. .	336
E.5. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos.	337
E.6. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos.	337
E.7. Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de Σ^-	338
E.8. Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^-	338
E.9. Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de protones.	339
E.10. Eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	340
E.11. Eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	340
E.12. Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^- , para el experimento E791.	341

E.13. Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^- , para el experimento WA92.	341
E.14. Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^- para el experimento SELEX E781. . .	342
F.1. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D_s^- producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos. .	343
F.2. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D_s^+ producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos. .	344
F.3. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D_s^- producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos. .	344
F.4. Eventos, aceptación y eventos corregidos para D_s^+ producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos. .	344
F.5. Asimetría de producción $D_s^+D_s^-$ como función de x_F con el haz de Σ^-	345
F.6. Asimetría de producción $D_s^+D_s^-$ como función de x_F con el haz de π^-	345
F.7. Eventos corregidos para D_s^- producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	346
F.8. Eventos corregidos para D_s^+ producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	346
F.9. Asimetría de producción $D_s^-D_s^+$ como función de x_F con el haz de Σ^-	347
F.10. Asimetría de producción $D_s^-D_s^+$ como función de x_F con el haz de Σ^-	347
F.11. Asimetría de producción $D_s^-D_s^+$ como función de x_F con el haz de Σ^- para el experimento WA89.	348
G.1. Eventos, aceptación y eventos corregidos para Λ_c^+ producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos. .	349
G.2. Eventos, aceptación y eventos corregidos para $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos. .	350
G.3. Eventos, aceptación y eventos corregidos para Λ_c^+ producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos. .	350
G.4. Eventos, aceptación y eventos corregidos para $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos. .	351
G.5. Eventos, aceptación y eventos corregidos para Λ_c^+ producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos. 351	
G.6. Eventos, aceptación y eventos corregidos para $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos. 352	
G.7. Eventos, aceptación y eventos corregidos para Λ_c^+ producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos. .	352

G.8. Eventos, aceptancia y eventos corregidos para $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos.	352
G.9. Asimetría de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ como función de x_F con el haz de Σ^-	353
G.10. Asimetría de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ como función de x_F con el haz de π^-	353
G.11. Asimetría de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ como función de x_F con el haz de protones.	354
G.12. Asimetría de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ como función de x_F con el haz de π^+	354
G.13. Eventos corregidos para Λ_c^+ producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	355
G.14. Eventos corregidos para $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	356
G.15. Eventos corregidos para Λ_c^+ producidos por el haz de π^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	356
G.16. Eventos corregidos para $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por el haz de π^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	357
G.17. Eventos corregidos para Λ_c^+ producidos por el haz de protones, para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	357
G.18. Eventos corregidos para $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por el haz de protones, para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos.	358
G.19. Asimetría de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ como función de x_F con el haz de Σ^-	359
G.20. Asimetría de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ como función de x_F con el haz de Σ^-	359
G.21. Asimetría de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ como función de x_F con el haz de Σ^- para el experimento WA89.	360
H.1. Parámetro α para D^0 producidos por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ , medido en 4 bins de x_F	361
H.2. Parámetro α para \overline{D}^0 producidos por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ , medido en 4 bins de x_F	362
H.3. Parámetro α para D^0 y \overline{D}^0 , medido en 4 bins de x_F	362
H.4. Parámetro α para D^0 y \overline{D}^0 , medido en 4 bins de x_F	362
H.5. Parámetro α para D^0 producidos por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ , medido en 4 bins de x_F	363
H.6. Parámetro α para \overline{D}^0 producidos por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ , medido en 4 bins de x_F	363
H.7. Parámetro α para D^0 y \overline{D}^0 , medido en 4 bins de x_F	364
H.8. Parámetro α para D^0 y \overline{D}^0 , medido en 4 bins de x_F	364

H.9. Parámetro α para D^+ producidos por los haces $\Sigma^-, \pi^-,$ protones, y π^+ , medido en 4 bins de x_F	365
H.10. Parámetro α para D^- producidos por los haces $\Sigma^-, \pi^-,$ protones, y π^+ , medido en 4 bins de x_F	365
H.11. Parámetro α para D^+ y D^- , medido en 4 bins de x_F	366
H.12. Parámetro α para D^+ y D^- , medido en 4 bins de x_F	366
H.13. Parámetro α para D^{*+} producidos por los haces $\Sigma^-,$ $\pi^-,$ y protones, medido en 4 bins de x_F	367
H.14. Parámetro α para D^{*-} producidos por los haces $\Sigma^-,$ $\pi^-,$ y protones, medido en 4 bins de x_F	367
H.15. Parámetro α para D^{*+} y D^{*-} , medido en 4 bins de x_F	367
H.16. Parámetro α para D^{*+} producidos por los haces $\Sigma^-,$ $\pi^-,$ y protones, medido en 4 bins de x_F	368
H.17. Parámetro α para D^{*-} producidos por los haces $\Sigma^-,$ $\pi^-,$ y protones, medido en 4 bins de x_F	368
H.18. Parámetro α para D^{*+} y D^{*-} , medido en 4 bins de x_F	369
H.19. Parámetro α para D_s^+ producidos por los haces $\Sigma^-,$ y $\pi^-,$ medido en 4 bins de x_F	370
H.20. Parámetro α para D_s^+ y D_s^- , medido en 4 bins de x_F	370
H.21. Parámetro α para D_s^\pm , medido en 4 bins de x_F	370
H.22. Parámetro α para Λ_c^+ producidos por los haces $\Sigma^-, \pi^-,$ y protones, medido en 4 bins de x_F	371
H.23. Parámetro α para $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por los haces $\Sigma^-, \pi^-,$ y protones, medido en 4 bins de x_F	371
H.24. Parámetro α para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$, medido en 4 bins de x_F	371
H.25. Parámetro α para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$, medido en 4 bins de x_F	372
H.26. Parámetro α para charm y anti-charm producidos por el haz de Σ^- , medido en 4 bins de x_F	373
H.27. Diferencia del parámetro α para charm y anti-charm menos (0.764 ± 0.018), medida en 4 bins de x_F para el haz de Σ^-	373
H.28. Parámetro α para leading y non-leading producidos por el haz de Σ^- , medido en 4 bins de x_F	374
H.29. Diferencia del parámetro α para leading y non-leading menos (0.764 ± 0.018), medida en 4 bins de x_F para el haz de Σ^-	374
H.30. Parámetro α para charm y anti-charm producidos por el haz de π^- , medido en 4 bins de x_F	375
H.31. Diferencia del parámetro α para charm y anti-charm menos (0.840 ± 0.030), medida en 4 bins de x_F para el haz de π^-	375
H.32. Parámetro α para leading y non-leading producidos por el haz de π^- , medido en 4 bins de x_F	376

H.33. Diferencia del parámetro α para leading y non-leading menos (0.840 ± 0.030), medida en 4 bins de x_F para el haz de π^-	376
H.34. Parámetro α para charm y anti-charm producidos por el haz de protones, medido en 4 bins de x_F	377
H.35. Diferencia del parámetro α para charm y anti-charm menos (0.711 ± 0.040), medida en 4 bins de x_F para el haz de protones.	377
H.36. Parámetro α para leading y non-leading producidos por el haz de protones, medido en 4 bins de x_F	378
H.37. Diferencia del parámetro α para leading y non-leading menos (0.711 ± 0.040), medida en 4 bins de x_F para el haz de protones.	378
H.38. Parámetro α para charm y anti-charm producidos por el haz de π^+ , medido en 4 bins de x_F	379
H.39. Diferencia del parámetro α para charm y anti-charm menos (0.944 ± 0.092), medida en 4 bins de x_F para el haz de π^+	379
H.40. Parámetro α para leading y non-leading producidos por el haz de π^+ , medido en 4 bins de x_F	380
H.41. Diferencia del parámetro α para leading y non-leading menos (0.944 ± 0.092), medida en 4 bins de x_F para el haz de π^+	380
H.42. Parámetro α para charm, anti-charm y todos los modos producidos por todos los haces, medido en 4 bins de x_F	381
H.43. Diferencia del parámetro α para charm y anti-charm menos (0.778 ± 0.016), medida en 4 bins de x_F para todos los haces.	381
H.44. Parámetro α para leading, non-leading y todos los modos producidos por todos los haces, medido en 4 bins de x_F	382
H.45. Diferencia del parámetro α para leading y non-leading menos (0.778 ± 0.016), medida en 4 bins de x_F para todos los haces.	382
H.46. Parámetro α para los modos producidos por los haces de mesones y bariones, medido en 4 bins de x_F	383
H.47. Diferencia del parámetro α para todos los modos menos (0.778 ± 0.016), medida en 4 bins de x_F para los haces de mesones y bariones.	383
H.48. Razón R para charm, anti-charm y todos los modos producidos por todos los haces, medido en 4 bins de x_F	384
H.49. Razón R para leading y non-leading y todos los modos producidos por todos los haces, medido en 4 bins de x_F	384

H.50. Razón R para todos los modos producidos por los haces de mesones y bariones, medido en 4 bins de x_F	385
H.51. Parámetro α para D^0 , D^+ y Λ_c^+ producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a pequeños p_t^2	386
H.52. Parámetro α para \overline{D}^0 y D^- producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a pequeños p_t^2	386
H.53. Parámetro α para D^0 , D^+ y Λ_c^+ producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a grandes p_t^2	387
H.54. Parámetro α para \overline{D}^0 y D^- producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a grandes p_t^2	387
H.55. Parámetro α para todos los modos producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a pequeños p_t^2	387
H.56. Parámetro α para mesones D, producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a pequeños p_t^2	388
H.57. Parámetro α para todos los modos, producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a grandes p_t^2	388
H.58. Parámetro α para mesones D, producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a grandes p_t^2	388
H.59. Parámetro α para todos los modos, producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a pequeños y grandes p_t^2	389
H.60. Parámetro α para mesones D, producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a pequeños y grandes p_t^2	389
H.61. Parámetro α para Mesones D y el barión Λ_c^+ medido en 3 bins de x_F producidos por el haz de Σ^- para pequeños y grandes p_t^2	389
H.62. Parámetro α para D^0 , y D^+ producidos por el haz de π^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a pequeños p_t^2	390
H.63. Parámetro α para \overline{D}^0 , y D^- producidos por el haz de π^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a pequeños p_t^2	390
H.64. Parámetro α para D^0 , y D^+ producidos por el haz de π^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a grandes p_t^2	390

H.65. Parámetro α para $\overline{D^0}$, y D^- producidos por el haz de π^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a grandes p_t^2	391
H.66. Parámetro α para mesones D, producidos por el haz de π^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a pequeños p_t^2	391
H.67. Parámetro α para mesones D, producidos por el haz de π^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a grandes p_t^2	391
H.68. Parámetro α para mesones D producidos por el haz de π^- . Estos valores corresponden a la Colaboración E769.	392
H.69. Parámetro α para mesones D producidos por el haz de π^- . Estos valores corresponden a la Colaboración WA82.	392
H.70. Parámetro α para mesones D producidos por el haz de π^- . Estos valores corresponden a la Colaboración WA92.	393
H.71. Parámetro α para mesones D producidos por el haz de π^- . Estos valores corresponden a la Colaboración WA92.	393

Introducción y Motivación

Las mediciones de la sección eficaz son una prueba fundamental de la base de los cálculos de las interacciones fuertes. Dado que el quark charm es el más ligero de los quarks pesados, este es de especial interés debido a que la producción puede ser descrita usando métodos perturbativos y en la parte experimental puede ser accesible con estadística razonable. Los estudios de la hadroproducción de charm en experimentos de blanco fijo vienen de las tres últimas décadas, con la intención de probar ideas de *QCD* perturbativa en la escala del quark charm. Las 2 especies de sabor pesadas (*c* y *b*) se pueden comparar y nos permitiría probar la no dependencia de sabor de la hadroproducción predicha por *QCD*.

Los experimentos de hadroproducción de charm han sido realizados con la idea de comparar la producción de varias especies de charm a diferentes energías por diferentes haces de hadrones. En especial, en experimentos de blanco fijo, la producción de partículas con el quark charm ha sido estudiada por haces de protones y piones principalmente, con rangos de momentos de 200 a 920 GeV/*c* y 200 a 600 GeV/*c*, respectivamente. También se puede comparar con un único experimento que hizo estudios de producción con un haz de Σ^- , el cual es WA89 a 340 GeV/*c*.

El estudio de la hadroproducción de charm es importante debido a las siguientes razones:

- No existe teoría basada en primeros principios que describa de manera adecuada los mecanismos de producción.
- Los mecanismos de producción pueden ser estudiados cuando el haz incidente comparta o no, al menos un quark en común con la partícula producida.

La situación experimental de la hadroproducción de charm es:

- Muchos experimentos han medido la sección eficaz total de charm principalmente para los haces de protones y π , los experimentos con el haz de protones son NA32, NA27, E743, E653, E769, y HERA-B [1, 2, 3, 4, 5, 6], respectivamente, los experimentos

para el haz de π son NA27 [7], NA32 [1, 8], E653 [9], E769 [5], WA92 [10], y E791 [11], muchos de estos resultados son sólo para los mesones D (cargados y neutrales). Pero para obtener la sección eficaz total de charm además de sumar los valores obtenidos de los mesones D (neutrales y cargados), se tienen que tomar en cuenta la producción de otros hadrones con charm (D_s , Λ_c y otros bariones charm). Solamente E769, WA89, y NA32 midieron la sección eficaz de la hadroproducción de D_s y Λ_c [5, 12, 8] pero con muy poca estadística. El experimento WA89 [12] también midió la sección eficaz total de charm, este es el único experimento que utilizó un haz de Σ^- a 340 GeV/c.

- El experimento E791 [11] midió la sección eficaz total de ($D^0 + \overline{D^0}$ para $x_F > 0$), este experimento utilizó un haz de π^- a 500 GeV/c y cuenta con gran estadística, este es un resultado típico de hadroproducción.
- En la sección eficaz diferencial los experimentos ajustan sus resultados a la forma $(1-x_F)^n$ (variable de escalamiento para el momento longitudinal) y $\exp(-bp_t^2)$ (momento transversal), estas funciones son fenomenológicas. Donde dan resultados para los parámetros n y b , respectivamente. Sin embargo cada experimento tiene rangos diferentes en x_F y p_t^2 .
- Algunos experimentos han medido el parámetro de asimetría de la producción de partículas, especialmente 2 experimentos con el haz de π^- , el experimento E791 con un haz de π^- a 500 GeV/c [13] midió la asimetría de producción de D^\pm , y el experimento WA92 con un haz de π^- a 350 GeV/c [14] midió la asimetría de producción de $D^{*\pm}$, es importante notar que al comparar estos decaimientos con los de los mesones D^\pm , estos tienen los mismos quarks de valencia, pero los mesones $D^{*\pm}$ no muestran una fuerte asimetría. Como estos datos no pueden ser explicados por QCD perturbativa surgen algunas preguntas. 1) ¿Por qué algunos y no todos los hadrones con quark charm muestran grandes asimetrías?. 2) ¿Depende este efecto del haz?. 3) ¿Por qué depende de x_F ?
- Los efectos del número atómico (A) sobre la producción de partículas a altas energías es conocida como la “dependencia de A ” y el estudio de la parte experimental en la producción de partículas en colisiones de $p - A$ puede ser una prueba de la propagación de hadrones a través de la materia nuclear. Al estudiar la dependencia de A uno puede obtener información acerca de la formación de nuevos estados. La mayoría de los experimentos usaron diferentes blancos de producción y publicaron la sección eficaz de mesones D para colisiones de $p - N$ y $\pi - N$, asumiendo una dependencia

líneal con el número atómico del blanco.

Algunos experimentos hicieron mediciones con 2 o más blancos y ajustaron sus datos a la forma A^α . Estos experimentos son BIS-2 [15], WA82 [16], E769 [17, 18], E789 [19], WA92 [10], E706 [20], y HERA-B [6], la mayoría de estos experimentos solamente publicaron un valor promedio para el parámetro α , aunque es importante señalar que 3 de estos experimentos muestran el parámetro α como función de x_F y p_t , estos son [16, 17, 10]. La mayoría de los valores son consistentes con $\alpha=1$ [21].

Sin embargo, la colaboración WA78 también estudió la dependencia nuclear de la producción de charm midiéndola con μ^+ y μ^- con haces de π^- a 320 GeV/c y protones a 300 GeV/c sobre blancos de Al, Fe, y U, esta colaboración obtuvo valores de $\alpha(\mu^+)=0.76 \pm 0.08$ y $\alpha(\mu^-)=0.83 \pm 0.06$ para $\pi^- - A$ [22] y $\alpha(\mu^+)=0.79 \pm 0.12$ y $\alpha(\mu^-)=0.76 \pm 0.12$ para $p - A$ [23]. Estos resultados son significativamente inferiores a $\alpha=1$, con lo cual surgen algunas dudas del valor para α . También es importante señalar que los experimentos tienen rangos diferentes de x_F y p_t^2 , energía del haz y blancos diferentes.

La producción del *charmonium* como función de x_F y p_t es reportada en [24, 25]. La producción de neutrinos es reportada en [26], aquí se asume que los neutrinos provienen de decaimientos de charm. También la producción de un par de $\mu^+\mu^-$ es reportada en [27].

$\alpha \approx 2/3$ cuando $x_F \rightarrow 1$, para la producción del *charmonium*, producción de neutrinos, y los datos para los muones.

La relevancia del presente trabajo radica en que se realizaron estudios de hadroproducción de 14 decaimientos con charm, con 4 haces diferentes y 2 tipos de blancos, en el mismo experimento.

En el presente trabajo usando datos del experimento SELEX se midió la sección eficaz diferencial (parámetro n), el parámetro de asimetría de partícula-antipartícula. Además se estudio la dependencia nuclear α con respecto a x_F y en algunos casos para regiones de p_t^2 con los diferentes haces. Debido a que ya no hay en planes correr experimentos (en el futuro cercano) que puedan contribuir con este parámetro, SELEX es la fuente definitiva para el parámetro α . Por lo tanto, podemos decir que nunca se había realizado hasta la fecha un trabajo de hadroproducción tan completo, como el que se presenta en esta tesis.

Se espera que los resultados de este trabajo sean útiles para entender un poco más de los mecanismos de producción de los hadrones. Además se esperan que sean de utilidad para los siguientes tópicos: modelo intrínseco de charm (ver sección 1.4.1), colisiones de iones pe-

sados [28], charm en rayos cósmicos, sección eficaz de ν_τ (experimento E872 DONUT), y sección eficaz de partículas con doble quark charm.

Objetivo principal del trabajo

En este trabajo se estudiaron los siguientes decaimientos:

- Los mesones con quark charm, $D^0 \rightarrow K^-\pi^+$, $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-$, $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^+\pi^-$, $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-\pi^+\pi^-$, $D^+ \rightarrow K^-\pi^+\pi^+$, $D^- \rightarrow K^+\pi^-\pi^-$, $D^{*+} \rightarrow D^0 (K^-\pi^+) \pi^+$, $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0} (K^+\pi^-) \pi^-$, $D^{*+} \rightarrow D^0 (K^-\pi^+\pi^+\pi^-) \pi^+$, $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0} (K^+\pi^-\pi^+\pi^-) \pi^-$, $D_s^+ \rightarrow K^-K^+\pi^+$, y $D_s^- \rightarrow K^+K^-\pi^-$.
- Los bariones con quark charm, $\Lambda_c^+ \rightarrow pK^-\pi^+$ y $\overline{\Lambda_c^-} \rightarrow \bar{p}K^+\pi^-$.

Para todos los decaimientos mencionados en los puntos anteriores se midió:

- Sección eficaz diferencial en función de x_F , parámetro n .
- Parámetro de asimetría de partícula-antipartícula.
- Dependencia nuclear (parámetro α).

Los candidatos de todos los modos fueron obtenidos del análisis de los datos del experimento SELEX, el cual es un experimento de blanco fijo en *FERMILAB*, el cual recolectó datos en 1996 y 1997 utilizando 4 haces diferentes (Σ^- y π^- a 600 GeV/c, protones y π^+ a 540 GeV/c), y 5 blancos de producción (2 de cobre y 3 de diamante).

Organización

Este trabajo está organizado de la siguiente manera.

En el capítulo 1 se hace una pequeña introducción a partículas elementales, haciendo énfasis en el modelo estándar, la cromodinámica cuántica, también se hace mención de la hadroproducción de charm, tanto en teoría como en la parte experimental, también se dan algunos detalles de los experimentos con los cuales podemos comparar nuestros resultados.

En el capítulo 2 se explica el experimento SELEX (E781), donde se describen las partes más importantes, haciendo énfasis en las utilizadas en el presente trabajo, también el software que utilizamos para el análisis de los datos.

En el capítulo 3 se presenta la metodología para el análisis de los datos.

En el capítulo 4 se presenta un estudio para los blancos de producción los cuales son una parte esencial en el presente trabajo.

En el capítulo 5 se presenta el análisis de los mesones charm D^0 y $\overline{D^0}$ en $K\pi$, así como la discusión de cada uno de los resultados mostrados a lo largo del capítulo, también se realiza una comparación de algunos resultados con experimentos previos.

En el capítulo 6 se presenta el análisis de los mesones charm D^0 y $\overline{D^0}$ en $K\pi\pi\pi$, así como la discusión de cada uno de los resultados mostrados a lo largo del capítulo, también se realiza una comparación de algunos resultados con experimentos previos.

En el capítulo 7 se presenta el análisis de los mesones charm D^+ y D^- , así como la discusión de cada uno de los resultados mostrados a lo largo del capítulo, también se realiza una comparación de algunos resultados con experimentos previos.

En el capítulo 8 se presenta el análisis de los mesones charm $D^{*+} \rightarrow D^0\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}\pi^-$, cuando D^0 y $\overline{D^0}$ decaen en $K\pi$, así como la discusión de cada uno de los resultados mostrados a lo largo del capítulo, también se realiza una comparación de algunos resultados con experimentos previos.

En el capítulo 9 se presenta el análisis de los mesones charm $D^{*+} \rightarrow D^0\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}\pi^-$, cuando D^0 y $\overline{D^0}$ decaen en $K\pi\pi\pi$, así como la discusión de cada uno de los resultados mostrados a lo largo del capítulo, también se realiza una comparación de algunos resultados con experimentos previos.

En el capítulo 10 se presenta el análisis de los mesones charm D_s^+ y D_s^- , así como la discusión de cada uno de los resultados mostrados a lo largo del capítulo, también se realiza una comparación de algunos resultados con experimentos previos.

En el capítulo 11 se presenta el análisis de los bariones charm Λ_c^+ y $\overline{\Lambda_c^-}$, así como la discusión de cada uno de los resultados mostrados a lo largo del capítulo, también se realiza una comparación de algunos resultados con experimentos previos.

En el capítulo 12 se presenta el análisis para la dependencia nuclear α para todos los modos, producidos por los diferentes haces del experimento SELEX. Así como una comparación de algunos resultados con experimentos previos.

En el capítulo 13 se presentan las conclusiones del presente trabajo.

Finalmente, en los apéndices A, B, C, D, E, F, G, y H se presentan las tablas de los resultados más importantes de los capítulos 5-12.

Capítulo 1

Teoría

1.1. Modelo estándar

El modelo estándar comprende el conocimiento que se tiene de las partículas fundamentales y sus interacciones. Es considerado un modelo y no una teoría debido a que cuenta con varios parámetros que deben determinarse por medio de la vía experimental. Este modelo consta de la teoría de las interacciones fuertes (*Quantum ChromoDynamics* ó *QCD*¹) [29] y la teoría unificada de las interacciones débiles y electromagnéticas (teoría electrodébil). Las fuerzas fundamentales son descritas por el intercambio de partículas intermediarias (bosones vectoriales con espín 1), estas se muestran en la figura 1.1. Las partículas fundamentales son fermiones con $J=1/2$, las cuales se muestran en la figura 1.2, estas se dividen en 2 tipos que son, leptones y quarks. Los 6 leptones son (ν_e, e) , (ν_μ, μ) y (ν_τ, τ) . Los 6 quarks son $(u, d)_i$, $(c, s)_i$ y $(t, b)_i$ donde i corresponde a 3 diferentes grados de libertad llamados colores, donde estos son rojo, verde y azul. Los leptones y quarks son agrupados en 3 familias o generaciones de acuerdo a la masa con la que cuentan. El número de leptones es conservado (e, μ, τ) tanto en la interacción fuerte como en la débil. Los quarks nunca pueden estar aislados, estos siempre están confinados en estados ligados (hadrones). Los hadrones pueden ser clasificados en 2 tipos: mesones y bariones. Las partículas que nosotros observamos en la naturaleza son neutrales en color, combinando un quark con color y un antiquark con anticolor formamos un mesón, y combinando 3 quarks con 3 diferentes colores formamos un barión. Todo sobre la tierra, en su mayoría está compuesta por materia bariónica, la cual a su vez se compone por los quarks ligeros u y d . En cuanto a los quarks pesados s , c , b , y t pueden ser estudiados en experimentos de altas energías.

Además, también debemos considerar parte fundamental al bosón de Higgs en el modelo estándar. Esta partícula hipotética, que tiene

¹cromodinámica cuántica

espín cero, es necesaria para que tenga sentido el mecanismo de Higgs, que es el que da la masa a los bosones W^\pm y Z^0 . Esta partícula, la cual fue predicha por este modelo aún no se ha descubierto.

Electroweak			Strong or Color		
boson	mass (GeV/c ²)	electric charge	boson	mass (GeV/c ²)	electric charge
γ	0	0	gluon	0	0
W^+	80	+1			
W^-	80	-1			
Z^0	91	0			
spin = 1					

Figura 1.1: Interacciones fundamentales.

1.1.1. Cromodinámica cuántica (QCD).

La cromodinámica cuántica (QCD) es la teoría de las interacciones fuertes. Los grados de libertad fundamentales de la QCD son, quarks y gluones, estos están bien establecidos aunque estos no se han observados como partículas libres, solamente se observan estados neutrales en color.

El surgimiento de la QCD se da como el resultado de tratar los quarks como campos de materia de una teoría de campo con el grupo $SU(3)_c$ de color como grupo de norma. El modelo del quark nos sirve para clasificar hadrones en términos de números cuánticos. Los bariones están compuestos por 3 quarks, mientras que los mesones se componen de quark-antiquark. Por ejemplo, el protón está compuesto de 2 quarks u y un quark d , $p= uud$, y el π^+ está compuesto por un quark u y un antiquark d , $\pi^+ = u\bar{d}$. Sin embargo, el modelo del quark está incompleto debido a que el principio de exclusión de Pauli no permitiría la existencia de la partícula $\Delta^{++} = uuu$. Debido a que la función de onda para esta partícula Δ^{++} debe ser completamente antisimétrica, por lo tanto, se postuló un número cuántico adicional, el cual se le llamó color, donde los quarks pueden tener 3 diferentes colores, rojo, verde y azul.

La función de estado de un barión es antisimétrica bajo el intercambio de uno de los quarks, esto se puede expresar de la siguiente forma.

$$|qqq\rangle_A = |color\rangle_A \times |espacio, espín, sabor\rangle_S \quad (1.1)$$

El lagrangiano de la QCD es:

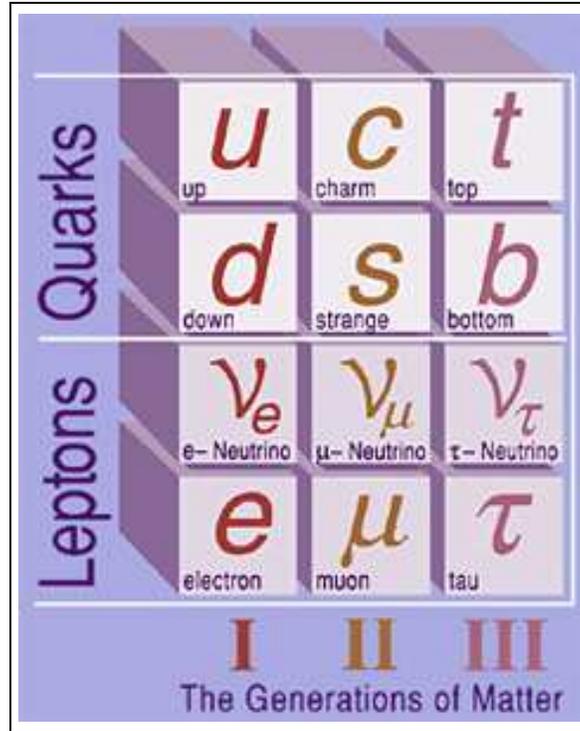


Figura 1.2: Partículas fundamentales.

$$\mathcal{L}_{QCD} = \sum_q \bar{q}(x)(i\gamma_\mu D^\mu - m_q)q(x) - \frac{1}{4g^2} \text{tr} G^{\mu\nu}(x)G_{\mu\nu}(x) \quad (1.2)$$

donde, el primer término describe la dinámica de los quarks y su acoplamiento con los gluones, el segundo término describe la dinámica del campo del gluón. La constante de acoplamiento g en QCD es análoga a la carga eléctrica e en QED . El campo del gluón está dado por

$$G^{\mu\nu}(x) = i[D^\mu, D^\nu] = \partial^\mu A^\nu(x) - \partial^\nu A^\mu(x) - i[A^\mu, A^\nu] \quad (1.3)$$

Constante de acoplamiento

En teoría cuántica de campo, la constante de acoplamiento describe la interacción entre dos partículas, la cual da como resultado una constante efectiva que depende del momento transferido al cuadrado Q^2 . Esta dependencia es fuerte debido a que los gluones cargan color y pueden acoplarse entre ellos.

La constante de acoplamiento $\alpha_s(Q^2)$ para cálculos de QCD usando la teoría de perturbaciones a primer orden es:

$$\alpha_s(Q^2) = \frac{12\pi}{(33 - 2n_f) \ln(Q^2/\Lambda_{QCD}^2)} \quad (1.4)$$

donde, n_f es el número de quarks con masa menor que la escala de energía Q y obviamente depende de Q , por lo tanto el único parámetro libre es Λ . Este se determina comparando teoría con experimentos y es alrededor de $\Lambda \approx 250 \text{ MeV}/c$. El uso de la teoría de perturbaciones en QCD es válida solamente si $\alpha_s(Q^2) \ll 1$, lo cual es correcto debido a que $Q^2 \gg \Lambda^2 \approx 0.06 \text{ (GeV}/c)^2$.

Otro límite en el cual podemos resolver QCD es a pequeñas energías, es decir, los quarks ligeros u y d son muy cercanos en masa y tienden a ser cero, también el quark s tiene masa relativamente pequeña. En el límite cuando las masas tienden a cero hay una nueva simetría, la cual es llamada simetría quiral y se refiere a la indistinguibilidad de los quarks con helicidades opuestas. Esta simetría es en realidad espontáneamente rota que cae en la necesidad de tener escalares sin masa, llamados bosones *Goldstone* [30].

La situación en medio de la figura 1.3 es peor debido a que es la región de resonancias, este es el verdadero dominio del régimen no perturbativo de QCD . Los diferentes campos en los que actúa QCD se muestra en la figura 1.3.

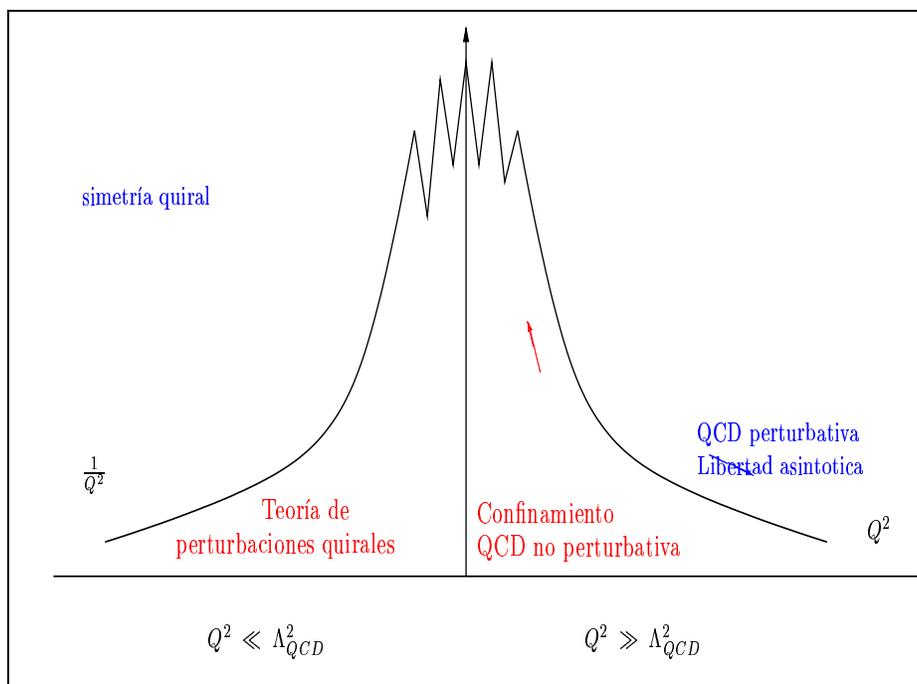


Figura 1.3: Observables de QCD como función de Q^2 , [31].

Libertad asintótica

La libertad asintótica fue estudiada por Gross, Wilczek y Politzer [32, 33] la cual dice que la fuerza es pequeña a distancias cortas y crece a distancias largas. A altos momentos transferidos corresponde a distancias cortas la constante de acoplamiento tiende a ser pequeña y entonces es posible aplicar teoría de perturbaciones, algunos de los procesos que están en la escala de altos momentos son dispersión inelástica profunda, producción de dileptones Drell-Yan, y aniquilación de e^+e^- en hadrones.

Confinamiento

La libertad asintótica nos dice que la teoría es simple y se puede tratar a distancias cortas, pero también nos dice que a distancias grandes el acoplamiento es muy fuerte [34], y en este régimen no vale la teoría de perturbaciones.

1.2. El quark charm

1.2.1. Descubrimiento del quark charm

En 1974, dos grupos experimentales descubren casi al mismo tiempo una partícula con quark charm. Primero el grupo de Brookhaven, un experimento de blanco fijo con protones de 30 GeV/c encontró esta partícula y la llamó J [35]. El otro de grupo de SLAC un colisionador de e^+e^- la nombró ψ [36]. Por lo tanto desde entonces se le conoce como J/ψ . Esta partícula tiene una masa de 3.1 GeV/c². Debido a que la J/ψ tiene momento angular 1 esto indica que es un mesón, es decir, su contenido en quarks es $c\bar{c}$. Existen 2 formas de estudiar decaimientos con el quark charm: *hidden* charm y *open* charm. Se tienen que separar estos casos ya que los escenarios son un poco diferentes, teóricamente y también experimentalmente. La diferencia entre *hidden* charm y *open* charm son los números cuánticos.

1.2.2. Charmonium

El J/ψ (1S) está compuesto de $c\bar{c}$, este estado ligado en analogía al *positronium* fue llamado *charmonium* (*hidden* charm). En la figura 1.4 se muestran los estados del *charmonium* y las posibles transiciones, los estados dudosos y transiciones son indicadas por líneas punteadas. La notación γ^* se refiere a procesos de decaimientos en los que intervienen fotones virtuales, incluyendo a e^+e^- y $\mu^+\mu^-$ [37]. Los diferentes estados en el *charmonium* tienen tiempo de vida finito, estos predominantemente decaen en hadrones por medio de la interacción fuerte. Los

estados excitados pueden decaer en estados de energía más baja por medio de la emisión de un fotón.

El potencial del *charmonium* se puede ajustar de la siguiente manera:

$$V = -\frac{k_1}{r} + k_2 r \quad (1.5)$$

donde, $k_1 \approx 0.05 \text{ GeV} \cdot \text{fm}$, $k_2 \approx 1 \text{ GeV/fm}$. El primer término corresponde a la atracción de tipo Coulomb, la cual domina a pequeños valores de r . El término lineal domina a valores grandes de r y es responsable del confinamiento de los quarks [37, 38, 39].

En la actualidad se han encontrado estados excitados que podrían ser estados del *charmonium*, aunque los cálculos no son triviales, en principio es posible calcular el potencial a partir de estos estados excitados.

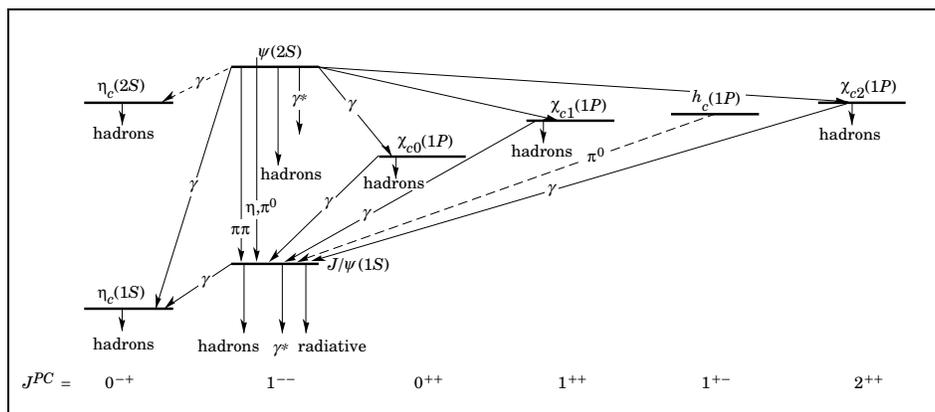


Figura 1.4: Estados del *charmonium*

1.2.3. Open charm

La J/ψ está compuesta de $c\bar{c}$, combinando el quark charm con los otros antiquarks (\bar{u} , \bar{d} , \bar{s}), y el antiquark charm con los quarks (u , d , s), deben de existir otros mesones, a este tipo de mesones se les llamó (*open charm*).

Después del descubrimiento de la J/ψ , una intensa búsqueda por estos hadrones con charm comenzó en los aceleradores, la colaboración Mark I encontró evidencia experimental en la masa invariante de los estados finales $K^-\pi^+$, $K^-\pi^+\pi^+$ y $K^-\pi^+\pi^+\pi^-$, donde estos corresponden a los mesones D^0 ($1864 \text{ MeV}/c^2$), D^+ ($1869 \text{ MeV}/c^2$) y D^0 ($1864 \text{ MeV}/c^2$), respectivamente. Los mesones con quark charm son D^+ , D^0 y F^+ (D_s^+) y sus correspondientes antipartículas con quark anti-charm D^- , \bar{D}^0 y F^- (D_s^-).

1.2.4. Mesones y Bariones con charm

Los quarks tienen espín $1/2$ y número bariónico $1/3$, y el antiquark tiene espín $1/2$ y número bariónico $-1/3$. Combinando quark y antiquark tenemos que $B=0$ y el espín $S=1$ ó $S=0$, y los estados ligados son llamados mesones. Los bariones están compuestos por 3 quarks; combinándolos tenemos que $B = 1$ ó $B = -1$ y el espín $S = 1/2$ ó $S = 3/2$.

En la figura 1.5 se muestran los mesones para $SU(4)_f$: a) pseudo escalares (espín=0), b) vectores (espín=1) hechos con los quarks u , d , s , y c , como función del isoespín I , charm C y la hipercarga $Y = S+B-C/3$. Los nonetes de los quarks ligeros ocupan los planos centrales, en los cuales los estados con $c\bar{c}$ han sido incorporados. Los mesones neutrales que están en el centro de estos planos son mezclas de $u\bar{u}$, $d\bar{d}$, $s\bar{s}$, y $c\bar{c}$ [37].

En la figura 1.6 se muestran los múltipletes de $SU(4)_f$ de bariones hechos con los quarks u , d , s , y c . a) Los 20 pletes con un octete de $SU(3)_f$, y b) los 20 pletes con un decuplete de $SU(3)_f$ [37].

Es importante notar que la simetría $SU(3)_c$ de color es diferente a la simetría $SU(3)_f$ de sabor, la diferencia principal entre estas 2 simetrías es que la simetría $SU(3)_c$ de color es una simetría exacta, mientras que la simetría $SU(3)_f$ no lo es. La simetría $SU(3)_f$ de sabor sólo toma en cuenta a los quarks u , d y s . La simetría $SU(4)_f$ de sabor es una extensión de la simetría $SU(3)_f$ de sabor y toma en cuenta al quark charm. La simetría $SU(4)_f$ está rota debido a que los quarks tienen masas diferentes, y es más evidente en el caso del quark charm. Sin embargo la simetría $SU(4)_f$ nos sirve para clasificar los mesones y bariones con el quark charm.

1.3. Producción de partículas

El estudio de la producción de partículas se divide en 2 tipos de producción, conocidas como producción inclusiva y exclusiva. La producción inclusiva es cuando sólo se identifica a una de las partículas del estado final, el estado final es representado como la partícula identificada más una X que representa a las partículas no identificadas, la reacción se denota de la siguiente manera:

$$pN \rightarrow D^+ X$$

En caso contrario, si se conocen todas las partículas en el estado final, se conoce como producción exclusiva, la reacción se denota de la siguiente manera:

$$pp \rightarrow p \Lambda^0 K^+ \pi^+ \pi^-$$

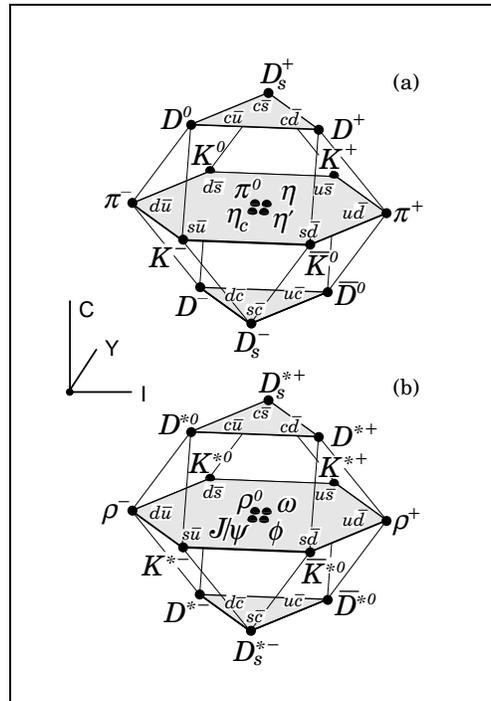


Figura 1.5: Diagrama de mesones de $SU(4)_f$, a) pseudo escalares, b) vectores hechos con los quarks u, d, s , y c , [37].

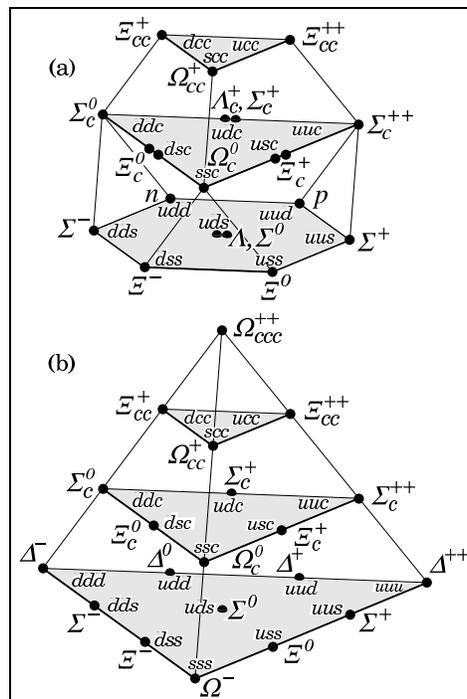


Figura 1.6: Múltipletes de $SU(4)_f$ de bariones hechos con los quarks u, d, s , y c . a) espín=1/2, b) espín=3/2, [37].

Para el estudio de la producción son a menudo caracterizadas por 2 variables cinemáticas x_F y p_t . Si consideramos al eje z como la dirección del haz, entonces la magnitud del momento longitudinal es,

$$p_l = p_z$$

y la magnitud del momento transversal es,

$$p_t = \sqrt{(p_x^2 + p_y^2)}$$

la otra opción para el momento longitudinal de las partículas producidas es, la variable de escalamiento de Feynman x_F [40]:

$$x_F = \frac{p_l}{p_{max}} = \frac{p_l^{cm}}{p_{max}^{cm}}$$

donde, p_{max} es el momento máximo que puede tener la partícula producida.

1.4. Hadroproducción de charm

La producción de partículas con el quark charm se puede dividir en un proceso de 3 partes.

- La descripción de como los partones son involucrados en la distribución de producción dentro de los hadrones incidentes.
- La producción de un par de quark charm y anti-charm ($c\bar{c}$) que provienen de una interacción en el que intervienen los partones antes mencionados.
- La hadronización, que es cuando los pares de quarks ($c\bar{c}$) se fragmentan en hadrones.

La sección eficaz total de la hadroproducción del quark charm está dada por:

$$\sigma_{c\bar{c}} = \sum_{i,j} \int dx_1 dx_2 f_1(x_1, Q^2) f_2(x_2, q^2) \sigma_{i,j} \quad (1.6)$$

donde, σ es la sección eficaz del proceso elemental, x_1 y x_2 son las fracciones de momentos de los partones que vienen de los hadrones, f_1 y f_2 son las funciones de distribución de los partones que vienen de los hadrones, y finalmente Q^2 es el cuadrado del momento transferido.

Los subíndices i y j son los subprocesos en los cuales incluyen interacciones de creación de sabor: $q\bar{q} \rightarrow c\bar{c}$, fusión de gluones: $gg \rightarrow c\bar{c}$ y interacciones de excitación de sabor: $qc \rightarrow qc$ y $gc \rightarrow gc$ [41]. Las primeras contribuciones para la sección eficaz total son los términos

de orden dominante (*Leading Order LO*), con α_s^2 , los diagramas de Feynman se muestran en las figuras 1.7 y 1.8. En el diagrama a) de la figura 1.7 es la fusión de quarks ligeros u, d, s que producen un gluón virtual, el cual decae en par $c\bar{c}$. Los diagramas b), c), y d) de la figura 1.7 es la producción de estados a través de la fusión de gluones a un simple gluón, después decae a un par $c\bar{c}$ donde la emisión de un gluón suave implica la formación de un estado sin color como en el inciso a). Dado que el diagrama b) no es invariante de norma, c) y d) son invariantes de norma y además son los compañeros del diagrama a).

En la figura 1.8 se muestran los diagramas de excitación de sabor, $qc \rightarrow qc$ y $gc \rightarrow gc$. Estos subprocesos o mecanismos tienen efectos diferentes, los cuales dependen de la energía, por ejemplo a altas energías el proceso que domina para la sección eficaz total $\sigma_{c\bar{c}}$ es el de fusión de gluones [21]. En los trabajos realizados por Nason, Dawson y Ellis [42], Mangano, Nason y Ridolfi [43] se tienen cálculos completos del próximo orden (*Next to Leading Order NLO*).

Es importante señalar que también existen modelos que incorporan efectos para explicar observaciones experimentales. En la sección 1.4.1 se explican algunos de ellos.

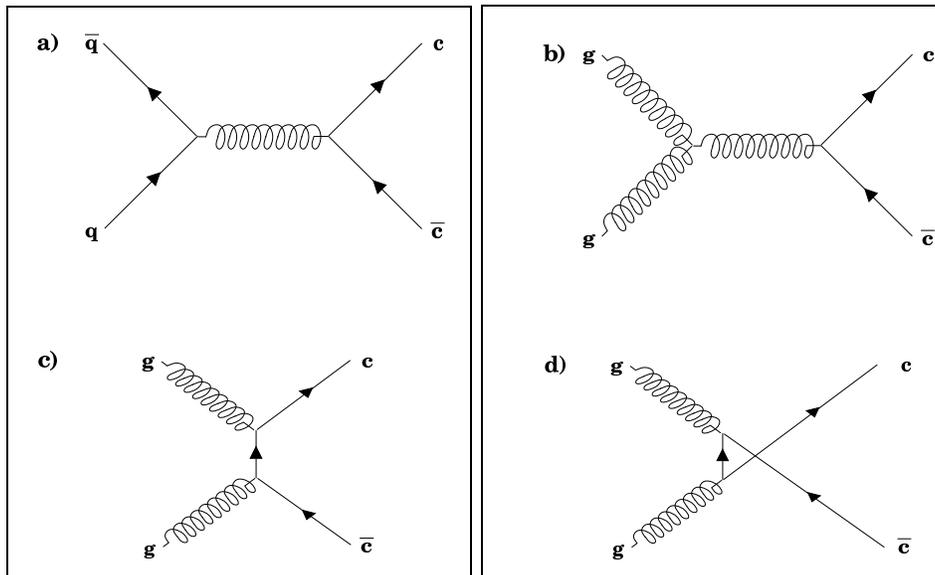


Figura 1.7: Diagramas de Feynman de orden más bajo para la producción hadrónica de pares de charm: diagramas de creación $q\bar{q} \rightarrow c\bar{c}$ y $gg \rightarrow c\bar{c}$.

1.4.1. *Leading Particle Effect* y Modelos de producción

Leading Particle Effect

El “*Leading Particle Effect*” es uno de los efectos que no puede ser explicado por los modelos que utilizan fragmentación. Este efecto puede

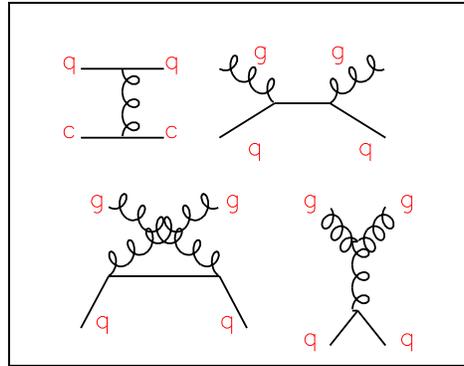


Figura 1.8: Diagramas de Feynman de orden más bajo para la producción hadrónica de pares de charm: diagramas de excitación de sabor $qc \rightarrow qc$ y $gc \rightarrow gc$.

observarse de manera muy clara al observar la distribución de asimetría de partícula-antipartícula. Este efecto se debe a la correlación que hay entre el contenido de quarks de sabor (quarks de valencia)² que tiene el hadrón incidente y el contenido de sabor del hadrón producido en el estado final, donde hay un incremento a grandes x_F en la producción de los hadrones que tienen uno o varios quarks en común con el hadrón que los produce.

Modelo de cuerdas de Lund

El modelo de cuerdas de Lund es uno de los modelos basados en la fragmentación, en este tipo de modelos se dice que todos los quarks constituyen la estructura de los quarks de valencia de los hadrones producidos que tienen que provenir de los gluones o de los pares emitidos $q\bar{q}$ emitidos de los partones que se fragmentan dentro de la “caja negra” llamada función de fragmentación. El modelo de cuerdas de Lund intenta describir este proceso de fragmentación que es la transición de este estado intermedio de partones (gluones y pares $q\bar{q}$) a la partícula observada (hadrones producidos) [44, 45]. En la figura 1.9 se muestra un esquema del proceso de este modelo.

Modelo intrínseco de charm

Otro tipo de modelos que existen para quarks pesados son basados en modelos fenomenológicos de hadronización. Uno de ellos es el modelo de coalescencia del quark intrínseco que combinan los subprocesos de fusión $gg \rightarrow q\bar{q}$ y $q\bar{q} \rightarrow q\bar{q}$ con la producción de quarks charm por

²Los quarks responsables de los números cuánticos del nucleón son llamados quarks de valencia

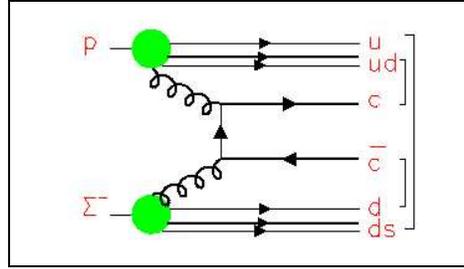


Figura 1.9: Producción de algunas partículas con charm con el haz de Σ^- , en el esquema del modelo de cuerdas de Lund.

medio de estados de Fock de quarks pesados intrínsecos. La idea principal de este modelo son los procesos de coalescencia de estos quarks intrínsecos con los quarks de valencia del hadrón incidente o del blanco de producción para formar hadrones con quark charm.

El modelo intrínseco de charm nos dice que un par de quarks charm anti-charm ($c\bar{c}$) es producido por quarks del mar³ los cuales se aniquilan con los quarks de valencia, debido a que tienen una rapidez similar, el proceso nos da como resultado el *leading particle effect*.

La coalescencia de quarks charm con los quarks de valencia pueden ocurrir en el estado final. La función de onda del haz de partículas puede fluctuar en estados de Fock. Para ver este hecho con un ejemplo claro, podemos pensar el Σ^- (dds) puede fluctuar en $|ddsc\bar{c}\rangle$ y producir D^+ ($c\bar{d}$) y D^- ($\bar{c}d$).

Este modelo nos dice que la asimetría de producción se incrementa a grandes x_F y decrece a grandes p_t^2 [46, 47, 48]. En la figura 1.10 se muestra un esquema del proceso de este modelo.

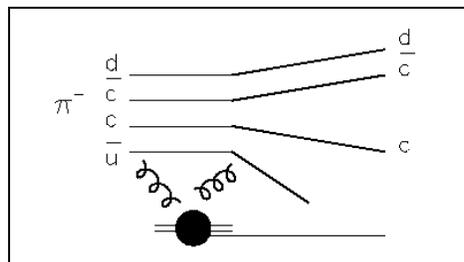


Figura 1.10: Producción de algunas partículas con charm con el haz de π^- , en el esquema del modelo intrínseco de charm.

Como vimos en esta sección existen diferentes modelos, pero las propuestas de estos necesitan ser confirmadas por los experimentos.

³Pares de quark-antiquark son encontradas en el interior de los nucleones. Estos se producen y se aniquilan como partículas virtuales de los gluones en el campo de la interacción fuerte. A estos se les llama quarks del mar.

1.4.2. Situación experimental para la sección eficaz total de charm

En las figuras 1.11 y 1.12 se hace una comparación de la sección eficaz total de los resultados de los diferentes experimentos como función de la energía del haz. Los valores de la sección eficaz total de charm se comparan con cálculos de QCD (NLO). En la figura 1.11 corresponde al haz de protones, se puede comparar el resultado del experimento WA89 con haz de Σ^- , ya que protones y Σ^- son bariones. En la figura 1.12 es para el haz de π^- . Los detalles son ilustrados en la tabla 1.1.

Todos los experimentos mencionados en la tabla 1.1 midieron la sección eficaz para los mesones D^+ y D^0 . Pero para obtener la sección eficaz total de charm además de sumar los valores obtenidos de los mesones D (neutrales y cargados), se tiene que tomar en cuenta la producción de otros hadrones con charm (D_s , Λ_c , y otros bariones charm). Solamente NA32, E769, y WA89 midieron la sección eficaz de la hadroproducción de D_s y Λ_c [8, 5, 12] pero con muy poca estadística. Con esto debemos tomar con cuidado estos valores para la sección eficaz total de charm [49].

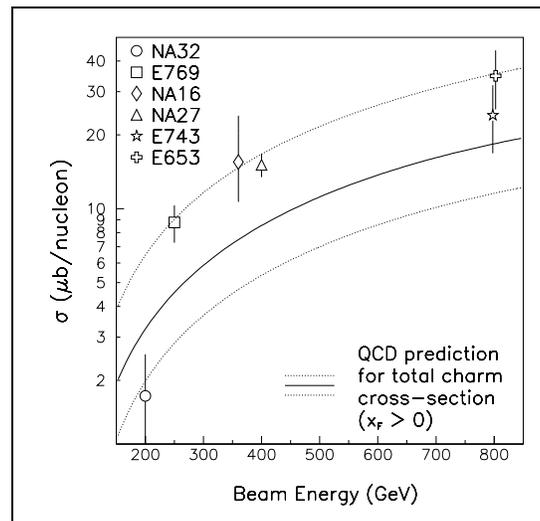


Figura 1.11: Sección eficaz total de charm para el haz de protones como función de la energía del haz, comparada con predicciones teóricas [51].

En la figura 1.11 podemos observar la sección eficaz total de charm en función de la energía del haz, este corresponde al haz de protones, donde se comparan con cálculos de QCD (NLO), de esta figura podemos extrapolar la energía de SELEX, la cual es de 600 GeV/c, se tendría una sección eficaz entre 7 y 25 μb /nucleón. Es importante señalar que la sección eficaz total reportada por SELEX $\sigma_{tot}(\Sigma^- N) = 37.0 \pm 0.7$ (mb) [50], por lo tanto entre la sección eficaz total $\sigma_{tot}(\Sigma^- N)$ y la sec-

Tabla 1.1: Sección eficaz total de charm para $x_F > 0$, ver figuras 1.11 y 1.12 [5, 49].

Experimento	Reacción	Energía del haz	σ (μb)
NA32 [1]	pN	200 GeV/ c	1.5 ± 0.7
NA27 [2]	pp	400 GeV/ c	15.1 ± 1.5
E743 [3]	pp	800 GeV/ c	24 ± 6
E653 [4]	pN	800 GeV/ c	38 ± 10
E769 [5]	pN	250 GeV/ c	8.8 ± 1.5
WA89 [12]	$\Sigma^- N$	340 GeV/ c	5.3 ± 0.4
HERA-B [6]	pN	920 GeV/ c	48.7 ± 4.7
NA27 [7]	$\pi^- p$	360 GeV/ c	12.6 ± 2.2
NA32 [1]	$\pi^- N$	200 GeV/ c	4.1 ± 0.6
NA32 [8]	$\pi^- N$	230 GeV/ c	7.6 ± 1.1
E653 [9]	$\pi^- N$	600 GeV/ c	24.6 ± 4.3
E769 [5]	$\pi^- N$	210 GeV/ c	6.4 ± 0.8
E769 [5]	$\pi^- N$	250 GeV/ c	9.4 ± 0.7
WA92 [10]	$\pi^- N$	350 GeV/ c	8.8 ± 0.5
E791 [11]	$\pi^- N$	500 GeV/ c	15.4 ± 1.8

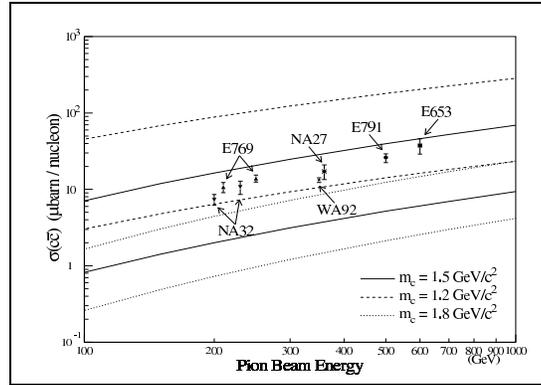


Figura 1.12: Sección eficaz total de charm para el haz de π^- , como función de la energía del haz, comparada con predicciones teóricas [11].

ción eficaz total de charm para el haz de Σ^- , hay aproximadamente un factor 1000 mas grande. En esta parte podemos comparar la sección eficaz de protones con la la sección eficaz para el haz de Σ^- , ya que Σ^- y protones son bariones.

En la figura 1.12 podemos observar la sección eficaz total de charm en función de la energía del haz, este corresponde al haz de π^- , donde se comparan con algunas predicciones teóricas, de esta figura podemos extrapolar la energía de SELEX, la cual es de 600 GeV/c, se tendría una sección eficaz entre 3 y 25 $\mu\text{b}/\text{nucleón}$. Es importante señalar que la sección eficaz total reportada por SELEX $\sigma_{tot}(\pi^- N) = 26.6 \pm 0.9$ (mb) [50], por lo tanto entre la sección eficaz total $\sigma_{tot}(\pi^- N)$ y la sección eficaz total de charm para el haz de π^- , hay aproximadamente un factor 1000 mas grande.

1.4.3. Sección eficaz diferencial

En la sección 1.3 se mostraron las 2 variables cinemáticas para la producción. La sección eficaz diferencial para la variable x_F se parametriza de la siguiente forma:

$$\frac{d\sigma}{dx_F} \propto (1 - x_F)^n \quad (1.7)$$

En la ecuación 1.7 se utiliza la variable x_F , pero al principio los resultados experimentales para la sección eficaz diferencial se ajustaron a la variable p_l (momento longitudinal), aunque después se dieron cuenta que con la variable de escalamiento de Feynman x_F [52], era una mejor opción ya que al utilizar esta variable se podían comparar los resultados para los diferentes experimentos, ya que es independiente de la energía del experimento, pero la comparación se debe hacer para el mismo tipo de partícula producida y el mismo haz que la produjo.

La sección eficaz diferencial para el momento transversal p_t se parametriza de la siguiente manera:

$$\frac{d\sigma}{dp_t^2} \propto \exp(-bp_t^2) \quad (1.8)$$

La ecuación 1.8 tiene una forma muy parecida a la distribución de Maxwell-Boltzmann, la cual es una exponencial.

Las ecuaciones 1.7 y 1.8 fueron obtenidas por unas reglas de conteo de quarks y argumentos de espacio fase [53]. Es importante mencionar que estas ecuaciones son utilizadas por que describen de manera aceptable el comportamiento de la mayoría de los datos experimentales para la sección eficaz diferencial. Sin embargo, como no describen el comportamiento de todas las partículas producidas por los diferentes haces, existen en la literatura otras parametrizaciones [11].

Situación experimental para la sección eficaz diferencial

En la tabla 1.2 se muestran algunos de los experimentos previos para la sección eficaz diferencial para el haz de π^- , donde se muestran los resultados de los parámetros n y b de las ecuaciones 1.7 y 1.8, respectivamente.

Cada experimento de la tabla 1.2 tiene sus propios rangos en x_F y p_t^2 , con lo cual debemos tomarlos con cuidado al realizar alguna comparación.

En la figura 1.13 (izquierda) se muestran las características generales de los datos para el experimento E791 (500 GeV/c) en función de x_F para los mesones $D^0 + c.c$ cubriendo las regiones de producción para la parte central y delantera de x_F para el haz de π^- . En esta figura 1.13 se puede ver que para todo x_F la forma pega bien con cálculos de niveles de quarks. En este caso la normalización se realizó con los datos, los cálculos caen abajo de los datos y tienen un rango grande de la dependencia de la escala. Existen algunas sugerencias experimentales de un decrecimiento más suave a grandes x_F que los cálculos (*NLO*). El cálculo para la hadronización (fragmentación de Petersen) es más suave que los datos. En la misma figura 1.13 (derecha) se muestra la sección eficaz diferencial de $D^0 + c.c$ para el experimento E791 (500 GeV/c) en función de p_t^2 . El rango es de $0 < p_t^2 < 4$ (GeV/c)² se muestra en la parte superior de la figura, mientras que en la parte inferior se muestra todo el rango, $0 < p_t^2 < 18$ (GeV/c)² [11].

Estos resultados son típicos de la mayoría de datos de hadroproducción.

Tabla 1.2: Situación experimental de los parámetros n y b en la sección eficaz diferencial para el haz de π^- .

Exp.	Energía del Haz GeV/ c	n	b	Rango en x_F	Rango en p_t^2 (GeV/ c) ²
NA32 [1]	200	2.5 ± 0.4	1.06 ± 0.11	0.0-0.8	0-4.5
WA75 [54]	350	3.5 ± 0.5	0.77 ± 0.04	(-0.5-0.5)	0-10.0
E653 [9]	600	4.25 ± 0.24	0.76 ± 0.03	0.0-0.8	0-9.0
WA82 [55]	340	2.9 ± 0.3	0.86 ± 0.05	0.1-0.7	0-7.0
E769 [56]	250	4.03 ± 0.18	1.08 ± 0.05	0.0-0.7	0-4.0
WA92 [10]	350	4.27 ± 0.22	0.87 ± 0.02	0.0-0.7	0-4.0

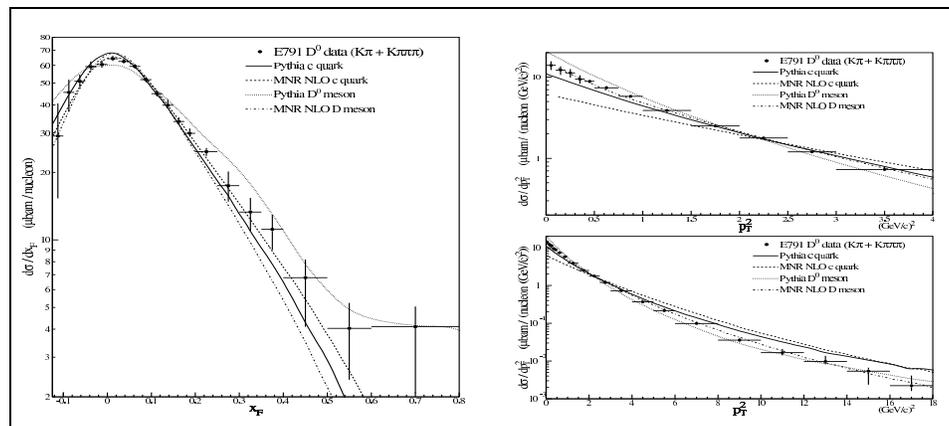


Figura 1.13: Sección eficaz diferencial de $D^0 + \overline{D}^0$ para el haz de π^- , en función de x_F (izquierda) y p_t^2 (derecha) comparada con varias predicciones teóricas [11].

1.4.4. La asimetría partícula-antipartícula

Para caracterizar la producción de partículas y antipartículas se utiliza por lo general el siguiente parámetro de asimetría, el cual se define de la siguiente manera:

$$\text{Asimetría} = \frac{N_L - N_{NL}}{N_L + N_{NL}} \quad (1.9)$$

donde, N_L es el número de partículas con más quarks en común con el hadrón incidente, y N_{NL} es el número de partículas que tenga menos quarks en común con el hadrón incidente. Como se mencionó en la sección 1.3, las variables cinemáticas que se usaran para caracterizar la producción, y por tanto, también la asimetría, son x_F y p_t .

Es importante señalar que se tienen algunos casos límites.

- Si $N_L \cong N_{NL}$, entonces, $\text{Asimetría} \rightarrow 0$.
- Si $N_L \gg N_{NL}$, entonces, $\text{Asimetría} \rightarrow 1$.
- Si $N_L \ll N_{NL}$, entonces, $\text{Asimetría} \rightarrow -1$.

Los esquemas de hadroproducción de charm LO y NLO , ambos predicen pequeñas asimetrías en una simple distribución de partículas comparando partícula y antipartícula.

Situación experimental para el parámetro de asimetría

En la figura 1.14 en la parte izquierda se muestra el parámetro de asimetría para la producción de D^\pm para los datos del experimento E791 con un haz de π^- a 500 GeV/c [13]. Sin embargo, en la misma figura 1.14 pero en la parte derecha se muestra el parámetro de asimetría para la producción de $D^{*\pm}$ para los datos del experimento WA92 con un haz de π^- a 350 GeV/c [14], es importante notar que al comparar estos decaimientos con los de los mesones D^\pm , estos tienen los mismos quarks de valencia, pero los mesones $D^{*\pm}$ no muestran una fuerte asimetría. Como estos datos no pueden ser explicados por QCD perturbativa surgen algunas preguntas. 1) ¿Por qué algunos y no todos los hadrones con quark charm muestran grandes asimetrías?. 2) ¿Depende este efecto del haz?. 3) ¿Por qué depende de x_F ?. Como ya vimos en las secciones anteriores, existen 2 posibles esquemas de efectos grandes no-perturbativos: el modelo de cuerdas de Lund y el modelo intrínseco de charm.

1.4.5. Dependencia nuclear A

Los efectos del número atómico (A) sobre la producción de partículas a altas energías es conocida como la “dependencia de A ” y el estudio

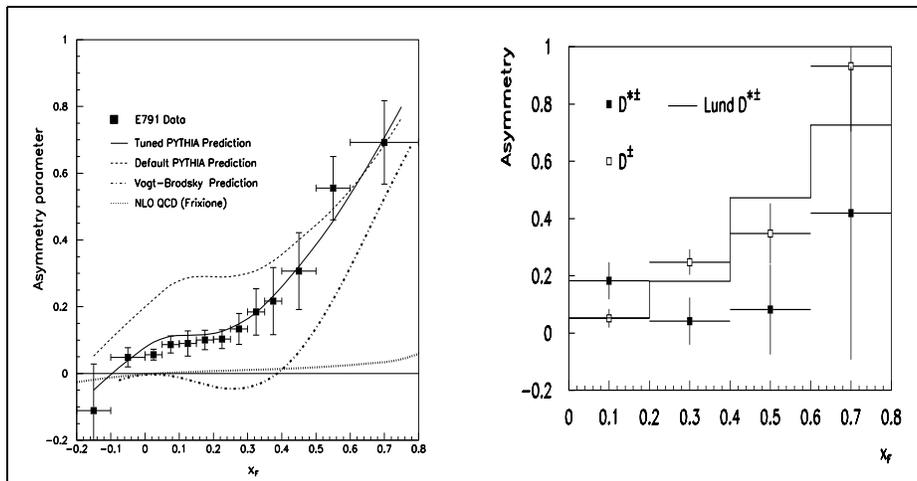


Figura 1.14: Asimetría de producción para D^\pm del experimento E791 con un haz de π^- a 500 GeV/c (izquierda) y asimetría de producción para $D^{*\pm}$ del experimento WA92 para el haz de π^- a 350 GeV/c (derecha).

de la parte experimental en la producción de partículas en colisiones de $p - A$ puede ser una prueba de la propagación de hadrones a través de la materia nuclear. Al estudiar la dependencia de A uno puede obtener información acerca de la formación de nuevos estados. La dependencia de A de la sección eficaz se expresa en una simple ley de potencias, la cual es frecuentemente parametrizada de la siguiente manera:

$$\sigma(A) = \sigma_0 A^\alpha. \quad (1.10)$$

donde:

- σ es la sección eficaz nuclear.
- σ_0 es la sección eficaz nucleónica.
- A es el número atómico.
- α es el parámetro que mide la dependencia de A .

El núcleo es frecuentemente aproximado por una esfera uniformemente cargada. El radio R de la esfera es entonces el radio nuclear. Este se define de la siguiente manera: $R = r_0 A^{1/3}$, donde, $r_0 = 1.2$ fm. Para realizar una interpretación de manera adecuada de la dependencia de A , tenemos en general 3 casos:

- El término $\alpha = 1.0$, es el término del volumen, el cual nos dice que no hay efectos nucleares. Como se mencionó en la sección 1.4 el subproceso que domina a altas energías es el de fusión de gluones. Si la distancia es pequeña comparada al tamaño del nucleón, y

si la distribución del gluón es la misma en los diferentes núcleos, entonces la sección eficaz por nucleón no debe depender del blanco de producción.

- El término $\alpha = 2/3$, es el término de la superficie, significa que la dependencia es proporcional a la área de la superficie del núcleo, es decir, la dispersión para una esfera totalmente absorbente, entonces la sección eficaz por nucleón depende del blanco de producción, por lo tanto esto significa que existen algunos efectos adicionales, tales como la absorción nuclear y la hadronización con componentes intrínsecos de los nucleones.
- El término $\alpha = 1/3$, este término se espera para grandes momentos, ya que sólo tiene la contribución de un anillo.

Situación experimental para el parámetro α

En la figura 1.15 se muestra la evidencia experimental para el parámetro α . Los detalles son ilustrados en la tabla 1.3. La mayoría de estos experimentos usaron diferentes blancos de producción y publicaron la sección eficaz de mesones D para colisiones de $p-N$ y $\pi-N$, asumiendo una dependencia lineal con el número atómico del blanco. Algunos experimentos hicieron mediciones con 2 o más blancos y ajustaron sus datos a la ecuación 12.1. La mayoría de los valores son consistentes con $\alpha=1$. Sin embargo, la colaboración WA78 también estudió la dependencia nuclear de la producción de charm midiéndola con los muones con haces de π^- a 320 GeV y protones a 300 GeV sobre blancos de Aluminio, Hierro, y Uranio, esta colaboración obtuvo valores de $\alpha(\mu^+) = 0.76 \pm 0.08$ y $\alpha(\mu^-) = 0.83 \pm 0.06$ para $\pi^- - A$ [22] y $\alpha(\mu^+) = 0.79 \pm 0.12$ y $\alpha(\mu^-) = 0.76 \pm 0.12$ para $p - A$ [23]. Estos resultados son significativamente inferiores a $\alpha=1$, con lo cual surgen algunas dudas de el valor para α . También es importante señalar que los experimentos tienen rangos diferentes de x_F y p_t^2 , energía del haz y blancos diferentes.

El experimento E789 [19] utilizó un haz de protones a 800 GeV/c sobre blancos de Berilio y Oro, observaron 2400 mesones D^0 , su rango en x_F es de 0.0-0.08 y para $p_t < 1.1$ GeV/c. WA92 [10] utilizó un haz de π^- a 350 GeV/c sobre blancos de Cobre y Tungsteno, observaron 7172 mesones D^0 y D^+ , su rango en $x_F > 0.0$. E769 utilizó un haz de π^\pm a 250 GeV/c sobre blancos de Berilio, Aluminio, Cobre, y Tungsteno, observaron 1426 mesones D^0 y D^+ [17], para $x_F > 0.0$, también observaron 519 mesones D^* [18]. WA82 [16] utilizó un haz de π^- a 340 GeV/c sobre blancos de Silicio, Cobre, y Tungsteno, observaron 1647 mesones D^0 y D^+ , para $x_F > 0$. E706 [20] utilizó un haz de π^- a 515 GeV/c sobre blancos de Berilio y Cobre, observaron 110 mesones D^+ para $x_F > -0.2$ y $1 < p_t < 8$. El experimento HERA-B [6] utilizó un

haz de protones a 920 GeV/c sobre blancos de Cobre, Tungsteno, y Titanio, observaron 378 mesones D^0 , D^+ , D_s^+ , y D^{*+} , su rango en x_F es de -0.15-0.05. Finalmente, la colaboración BIS-2 [15] reporta $\alpha = 0.73 \pm 0.20$, para Λ_c^+ producidos por un haz de neutrones, ellos utilizaron blancos de Carbono, Aluminio, y Cobre.

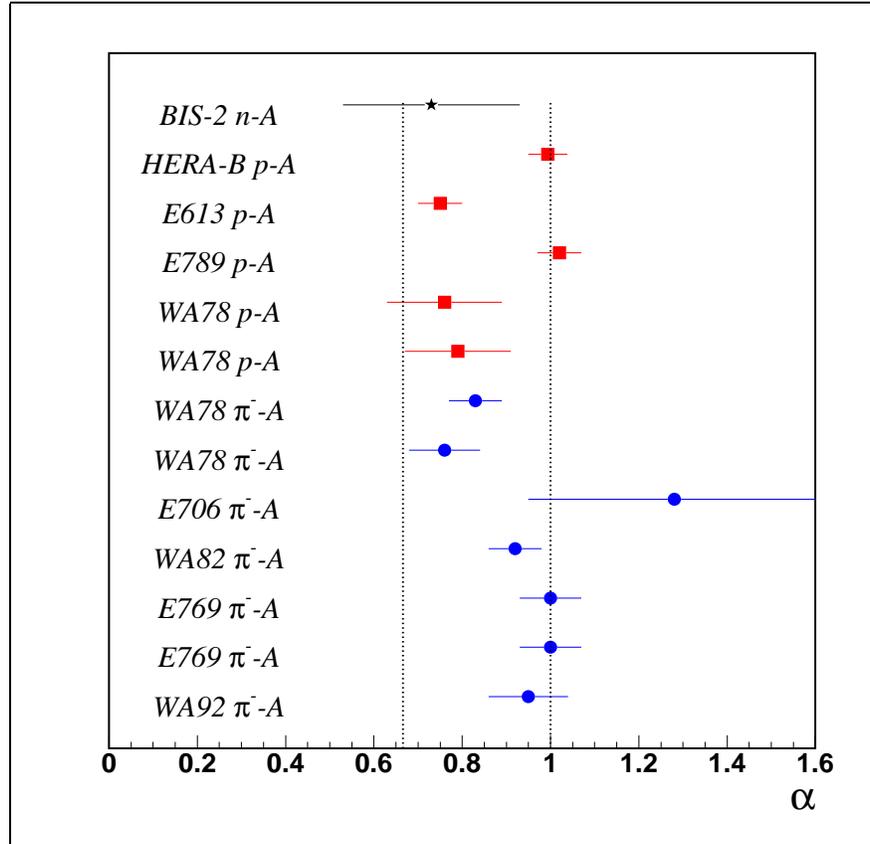


Figura 1.15: Situación experimental del parámetro α . Las líneas punteadas indican $\alpha = 2/3$ y $\alpha = 1$, el símbolo en negro (estrella) es para el haz de neutrones, los símbolos en rojo (cuadros) son para el haz de protones, y los símbolos en azul (círculos) son para el haz de π^- .

Tabla 1.3: Situación experimental del parámetro α en la producción de charm, ver figura 1.15, para más detalles de los experimentos ver la sección 1.4.5.

Experimento	Energía del haz	α	Blancos
WA82 [16]	π^- 340 GeV/ c	0.92 ± 0.06	Si, Cu, W
E769 [17]	π^\pm 250 GeV/ c	$1.00 \pm 0.05 \pm 0.02$	Be, Al, Cu, W
E769 [18]	π^\pm 250 GeV/ c	$1.00 \pm 0.07 \pm 0.02$	Be, Al, Cu, W
WA92 [10]	π^- 350 GeV/ c	$0.95 \pm 0.06 \pm 0.03$	Cu, W
E706 [20]	π^- 515 GeV/ c	1.28 ± 0.33	Be, Cu
E789 [19]	p 800 GeV/ c	$1.02 \pm 0.03 \pm 0.02$	Be, Au
HERA-B [6]	p 920 GeV/ c	$0.994 \pm 0.044 \pm 0.025$	C, Ti, W
BIS-2[15]	n 58 GeV/ c	0.73 ± 0.20	C,Al,Cu

Capítulo 2

El experimento SELEX

El estudio de la producción de los mesones D^0 , $\overline{D^0}$, D^+ , D^- , D^{*+} , D^{*-} , D_s^+ , y D_s^- , y bariones Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ fue realizado con datos del experimento SELEX. En este capítulo se presenta de manera detallada el experimento.

2.1. Introducción

SELEX (E781) *Segmented Large x_F Baryon Spectrometer* es un experimento de blanco fijo en *FERMILAB Fermi National Accelerator Laboratory*, diseñado para realizar un estudio sistemático de bariones charm. SELEX es un espectrómetro multi-segmento con gran aceptación en interacciones y decaimientos a altos x_F , ya que estas partículas se producen dentro de un cono delantero en el marco de referencia del laboratorio. SELEX recolectó datos en 1996–1997 usando haces de Σ^- y π^- a 600 GeV/c, protones y π^+ a 540 GeV/c. El objetivo de SELEX es obtener una muestra grande de decaimientos de bariones charm haciendo uso de los diferentes haces y blancos. En particular, en SELEX se puede estudiar la producción de mesones y bariones con charm para los diferentes haces y blancos, así como medir la sección eficaz total de charm. El experimento SELEX tiene un programa amplio el cual incluye física de partículas con charm y sin charm.

SELEX fue el primer experimento en reportar la existencia del decaimiento suprimido por Cabibbo, $\Xi_c^+ \rightarrow pK^-\pi^+$ [57], también el primero en reportar la existencia del mesón $D_s(2632) \rightarrow D_s\eta$ y D^0K^+ [58]. También es el único experimento el cual tiene bariones con doble quark charm en 2 modos, $\Xi_{cc}^+ \rightarrow \Lambda_c^+K^-\pi^+$ [59] y $\Xi_{cc}^+ \rightarrow pD^+K^-$ en 3520 GeV/c² [60]. También en 2008, se reportó la primera observación de los decaimientos suprimidos por Cabibbo $\Xi_c^+ \rightarrow \Sigma^+\pi^-\pi^+$ y $\Xi_c^+ \rightarrow \Sigma^-\pi^+\pi^+$, además de la medición de sus razones de decaimiento [61]. Otros trabajos publicados en SELEX son:

- Mediciones de la sección eficaz total con π^- , Σ^- y protones sobre núcleos y nucleones a 600 GeV/c [50].

- Mediciones de los tiempos de vida de Λ_c^+ y D^0 [62].
- Medición del tiempo de vida del mesón D_s [63].
- Medición del radio de carga Σ^- por medio de la dispersión elástica Σ^- -electrón [64].
- Primera medición del pión virtual vía dispersión de Compton $\pi^- - e \rightarrow \pi^- e \gamma$ [65].
- Decaimiento radiativo del mesón $a_2(1320)^-$ [66].
- Polarización del hiperón Σ^+ producidos por un haz de protones a 800 GeV/c sobre núcleos de cobre y berilio [67].
- Medición del límite superior de la sección eficaz del decaimiento $\Sigma(1385)^- \rightarrow \Sigma^- \gamma$ para $\gamma \Sigma^- \rightarrow \Lambda \pi^-$ [68].
- Hadroproducción de Λ_c^+ a 600 GeV/c para los haces de π , Σ^- , y protones [69].
- Asimetría de producción del mesón D_s a 600 GeV/c para los haces Σ^- y π^- [70].

Además se pueden estudiar estados exóticos [71], medir polarización [72], decaimientos semileptónicos [73], entre otros estudios.

2.2. Aparato SELEX

El detector SELEX es un espectrómetro de 60 m de largo. Se divide principalmente en 5 partes: espectrómetro del haz, región de vértices, y los espectrómetros M1, M2 y M3.

Un espectrómetro es un conjunto de detectores de partículas cargadas, cada espectrómetro incluye un imán con la excepción de la región de vértices. SELEX (E781) es un espectrómetro de 3 etapas con identificación de partículas. El detector tiene una aceptación de $x_F > 0.1$. El diagrama general del detector se muestra en la figura 2.1. Una de las partes más importantes es la región de vértices (VSSD¹), ya que a grandes x_F los tracks poseen mayor momento y menor dispersión múltiple, esto mejora la resolución espacial, por lo tanto se pueden reconstruir decaimientos de partículas con tiempos de vida corto.

Los haces de partículas Σ^-/π^- , p/π^+ fueron separados con el detector de radiación de transición (BTRD²). Los 2848 fototubos del detector cherenkov (RICH³) fueron usados para identificar partículas

¹Vertex Silicon Strip Detector

²Beam Transition Radiation Detector

³Ring Imaging Cherenkov Counter

secundarias como e , μ , π , K , y p . El detector de radiación de transición para electrones (ETRD⁴) fue usado para separar electrones de los hadrones. Hay detectores que fueron utilizados para identificar y medir la energía de los fotones y electrones. SELEX también tiene un sistema muy preciso de *tracking* y 3 imanes para medir el momento de la partícula. En las siguientes secciones se analizarán las partes del aparato que se utilizan en el análisis de nuestros decaimientos.

La figura 2.2 muestra los diferentes espectrómetros.

El origen del sistema de coordenadas global está en el centro de la superficie trasera del último blanco. El eje z está en la dirección del haz, el eje y está verticalmente hacia arriba, y el eje x completa el sistema de coordenadas que es de mano derecha. En la figura 2.3 se muestra el sistema de coordenadas. Además cabe señalar que cada espectrómetro tiene su propio sistema de coordenadas local.

2.2.1. El espectrómetro del haz

El espectrómetro del haz consiste del blanco de producción de hiperones, el imán de hiperones, los detectores para la identificación de las partículas del haz, los detectores de la trayectoria del haz y los centelladores usados por el mecanismo activador⁵. El diseño del espectrómetro del haz se muestra en la figura 2.4.

El imán de hiperones

Del acelerador *Tevatron* en *Fermilab* sale el haz de protones a $800 \text{ GeV}/c$ y golpea con una interacción al blanco de berilio de $1 \times 2 \times 400 \text{ mm}^3$ [74]. El blanco de producción tiene el 98 % de una longitud de interacción y se encuentra a la entrada del canal de hiperones. El tamaño del lugar que ocupa el haz de protones es del orden de 1 mm FWHM⁶. El canal de hiperones se utiliza para absorber los protones que no interactuaron con el blanco de producción y para colimar el haz secundario. En la región del blanco a $600 \text{ GeV}/c$ el haz negativo consiste aproximadamente 50.9 % π^- , 46.3 % Σ^- , 1.2 % Ξ^- , y 1.6 % K^- . Con la polaridad opuesta del campo magnético, el haz positivo consiste aproximadamente 89.2 % p , 5.7 % π^+ , 2.7 % Σ^+ , y 2.4 % K^+ [74].

El imán de hiperones tiene 7.3 m de largo y la magnitud de la fuerza de su campo es de 3.5 Tesla. El canal de hiperones se muestra en la figura 2.5.

⁴Electron Transition Radiation Detector

⁵Comúnmente conocido por la palabra en inglés “trigger”.

⁶Full Width at Half-Maximum

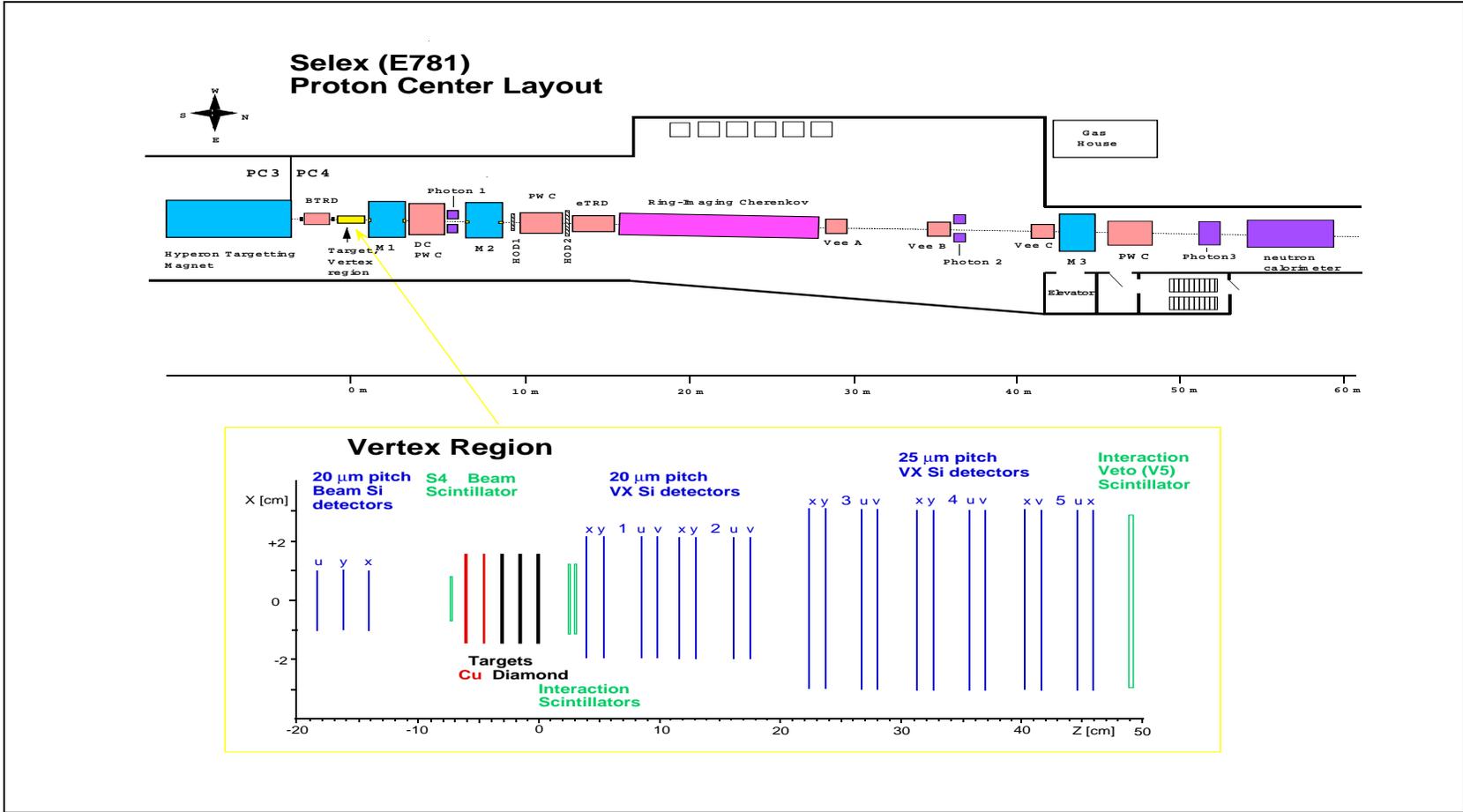


Figura 2.1: Esquema del espectrómetro SELEX y la región de vértices.

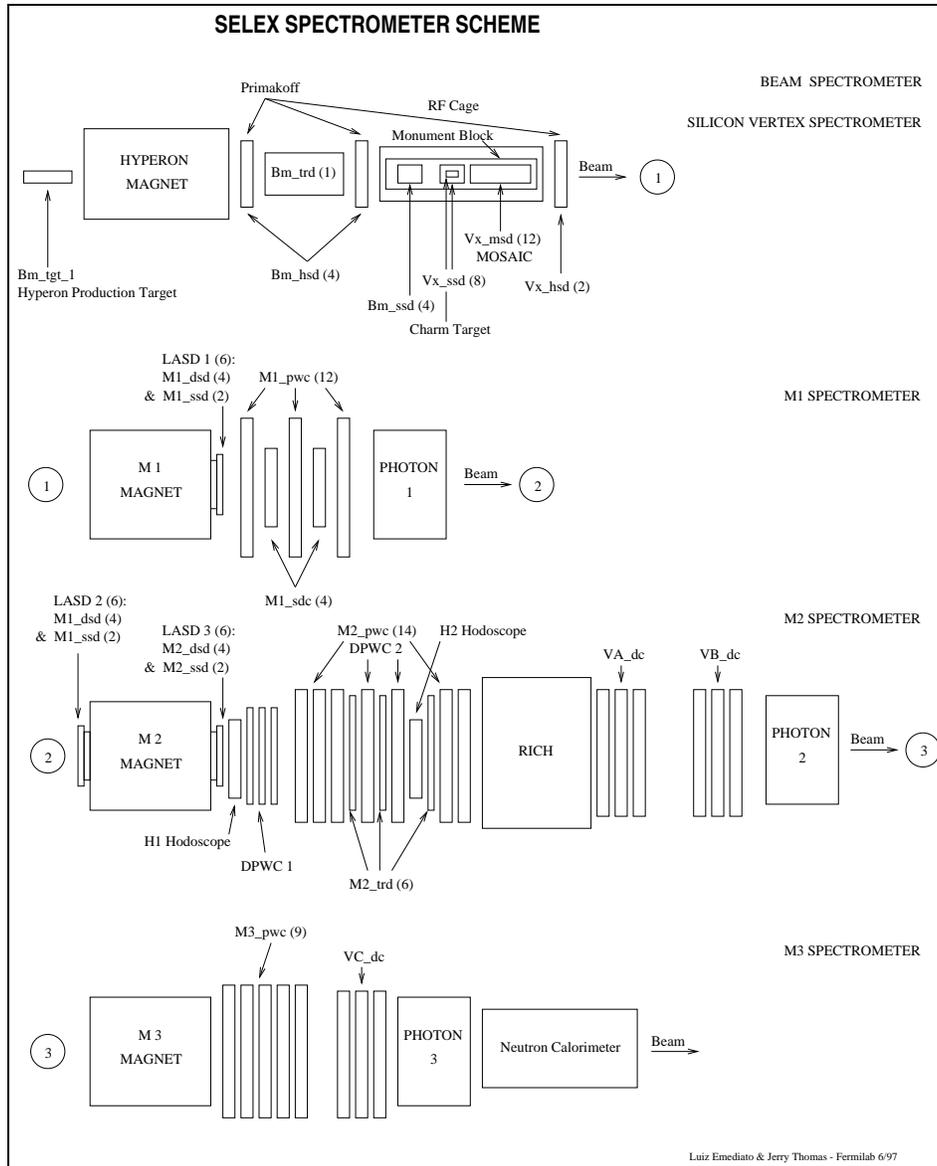


Figura 2.2: Esquema de los espectrómetros de SELEX.

El detector de radiación de transición

El detector de radiación de transición (BTRD) detecta radiación electromagnética emitida por partículas cargadas, cuando estas interactúan con un medio, la energía de estos fotones es típica de los Rayos-X, aproximadamente unos KeV.

El BTRD consiste de 10 módulos idénticos, cada módulo contiene un radiador hecho de 200 láminas de polipropileno, de $17 \mu\text{m}$ de ancho, separadas por un espacio de $500 \mu\text{m}$. Después del radiador se en-

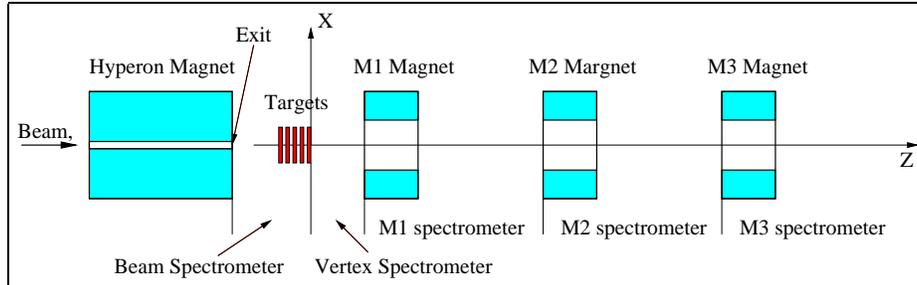


Figura 2.3: Sistema de coordenadas global de SELEX.

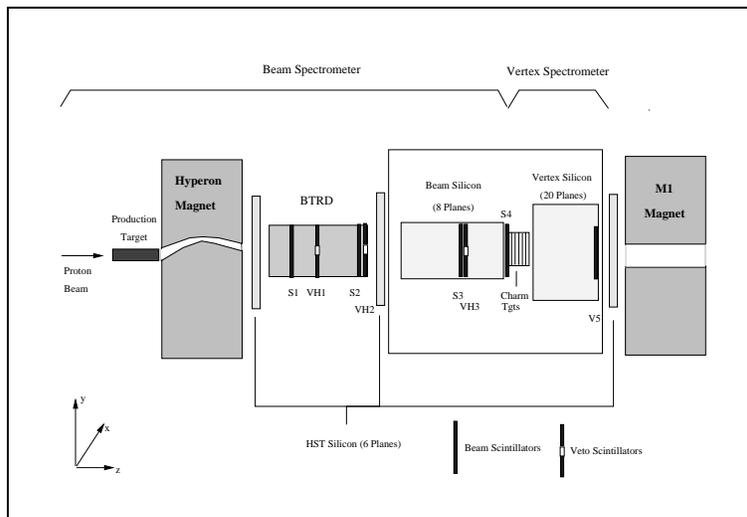


Figura 2.4: Esquema del espectrómetro del haz.

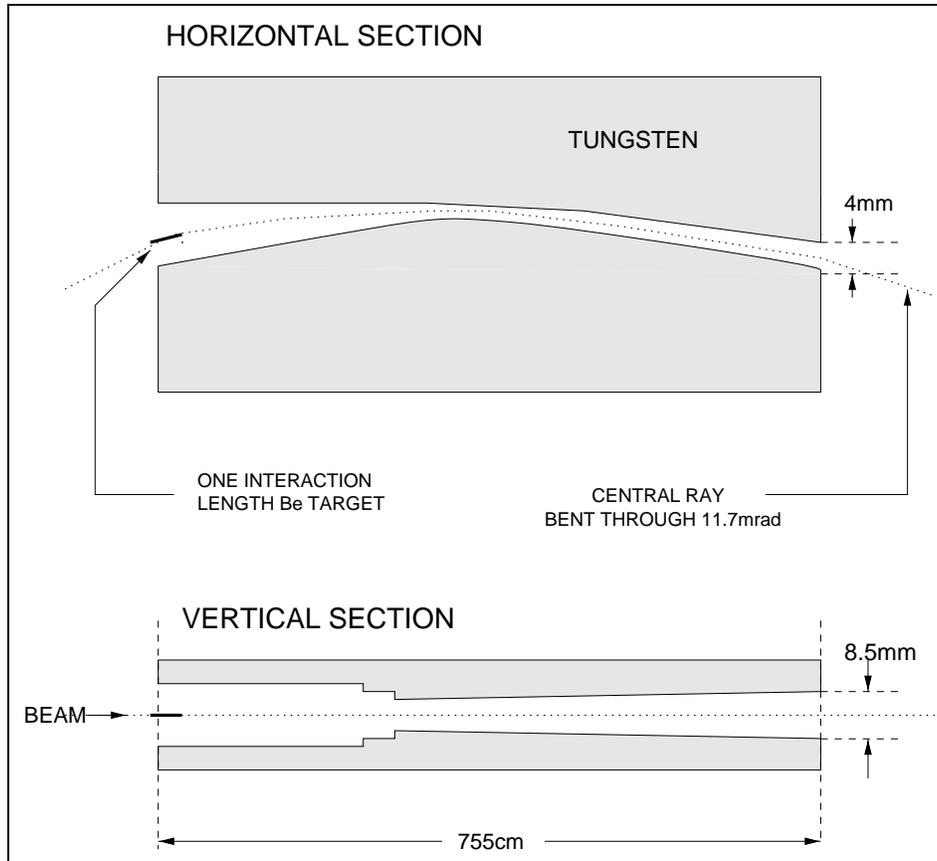


Figura 2.5: El canal de hiperones.

cuentran tres cámaras de alambre proporcionales (PWC⁷). El gas que contienen es una mezcla de $\text{Xe}+30\% \text{CH}_4$ para optimizar el tiempo de respuesta de la señal y para maximizar la absorción de los fotones de la radiación de transición. Estas cámaras consisten de placas aluminizadas, que funcionan como cátodos, con espacios de 2mm para arrastre, y mallas con alambres de tungsteno de $15\ \mu\text{m}$ de ancho, que están separados por 1mm , y que funcionan como ánodos. Cada PWC del BTRD da una salida digital cuando se detecta energía sobre un umbral fijo. La suma de todas las PWC que detectan una señal por encima del umbral es igual al número k de planos activados en el BTRD.

La longitud total del BTRD es de 1.4m , este tiene una longitud de interacción de 4.4% y una longitud de radiación de 8.2% . EL BTRD fue colocado entre el imán de hiperones y el detector del vértice. El campo magnético en el primer módulo del BTRD (a 86cm del canal de hiperones) es menor a 0.05 Tesla y no afecta la operación del BTRD.

En la figura 2.6 se muestra una distribución de probabilidad para el número de planos, se pueden observar las componentes mesónica y

⁷Proportional Wire Chamber

bariónica. Para la parte bariónica se tienen pocos planos activados, mientras que para la componente mesónica, esta cuenta con una gran cantidad de planos activados, esto es debido a que, para que ocurra emisión de radiación de transición la energía es proporcional al factor de Lorentz γ , entonces un mesón como el π , al pasar por el BTRD activa más planos que un barión (Σ^- o protón) cuando tienen la misma energía.

El ajuste que se muestra en la figura 2.6 son ajustadas a la función

$$p_{fit}(k) = \underbrace{\sum_{i=1}^2 \kappa_i \binom{n}{k} p_i^k (1-p_i)^{n-k}}_{comp. \text{ barionica}} + \underbrace{\sum_{i=3}^4 \kappa_i \binom{n}{k} p_i^k (1-p_i)^{n-k}}_{comp. \text{ mesonica}} \quad (2.1)$$

donde, k es el número de planos activados, el número máximo de planos activados es de $n = 30$, p_i y κ_i son parámetros del ajuste con las restricciones $\kappa_1 + \kappa_2 + \kappa_3 + \kappa_4 = 1$ y $p_1, p_2 < p_3, p_4$. El significado de los parámetros p_i es la probabilidad de respuesta de una PWC.

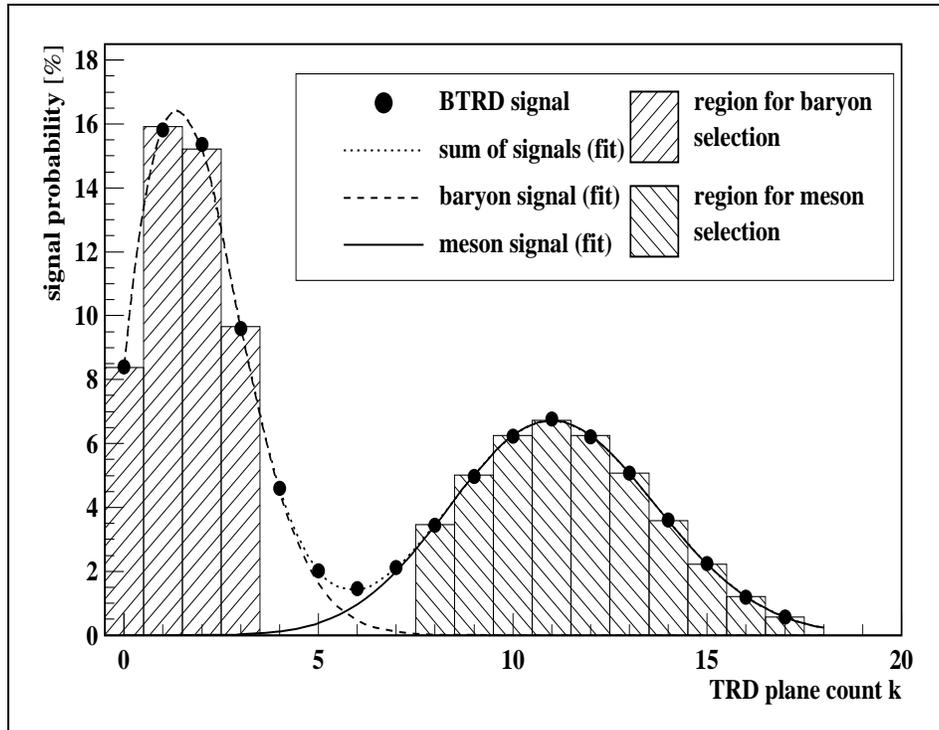


Figura 2.6: Distribución típica del número de planos k activados en el BTRD por el haz secundario negativo [50].

Entonces, en la región del blanco de producción, para el haz secundario negativo se tiene que [50]:

- La fracción bariónica $\kappa_1 + \kappa_2 = 47.5 \pm 1.6 \%$
- La fracción mesónica $\kappa_3 + \kappa_4 = 52.5 \pm 1.6 \%$

Y para el haz secundario positivo se tiene que [50]:

- La fracción bariónica $\kappa_1 + \kappa_2 = 91.9 \pm 1.4 \%$
- La fracción mesónica $\kappa_3 + \kappa_4 = 8.1 \pm 1.4 \%$

En la figura 2.6 se muestra como la componente bariónica (mesónica) tiene una fracción contaminante de la componente mesónica (bariónica). Para eliminar esta contaminación en cada componente se utilizan los siguientes cortes en la distribución: $k \leq 4$ para la componente bariónica, y $k \geq 7$ para la componente mesónica.

El detector de la trayectoria del haz

El detector de tiras de silicio (BSSD⁸) es utilizado para medir las trayectorias del haz, este consiste de 8 detectores organizados en 3 grupos, de los cuales 2 grupos consisten de 3 planos y un grupo de 2 planos. Cada grupo de planos es montado sobre un bloque de granito y colocadas en una caja blindada contra radiofrecuencias. Cada detector tiene 1024 tiras, las cuales son leídas por medio de chips y tienen una área de $2 \times 2 \text{ cm}^2$ [75, 76]. En la figura 2.7 se muestra el esquema para este detector.

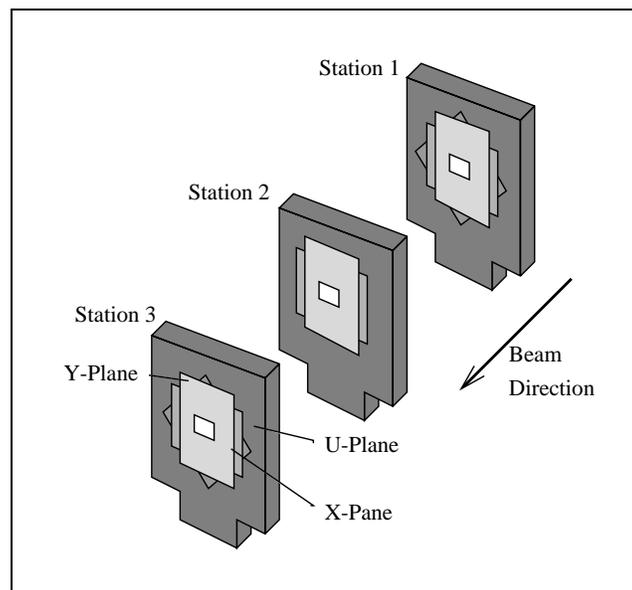


Figura 2.7: Estaciones del detector de la trayectoria del haz.

⁸Beam Silicon Strip Detector

2.2.2. El espectrómetro de vértices

Este espectrómetro consiste de 2 partes importantes, los blancos de producción y los detectores de microtiras de silicio. En la figura 2.8 se muestra el esquema para este espectrómetro.

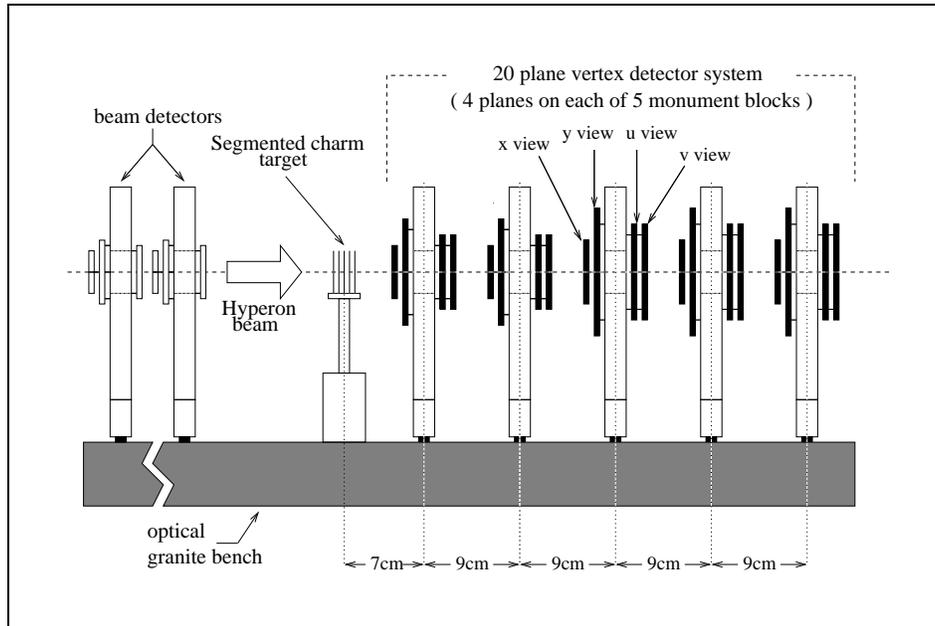


Figura 2.8: Esquema de la región de vértices.

El blanco de producción

Los blancos de producción son 2 de cobre y 3 de diamante, estos están separados por una distancia de 1.5 cm . En la tabla 2.1 se detallan algunas de las propiedades de los blancos de producción. La posición que se muestra en la tabla 2.1 es el centro de cada blanco, respectivamente.

En la figura 2.9 se muestra el esquema de los blancos de producción. En la figura 2.10 se muestra la posición del vértice primario, la cual es la posición donde se produjo la interacción del haz con alguno de los blancos de producción.

El detector del vértice de microtiras de silicio

El detector de vértices de microtiras de silicio (VSSD) tiene 20 planos silicio, estos son utilizados para reconstruir decaimientos de partículas con tiempos de vida cortos, esto gracias a la alta resolución espacial para trayectorias secundarias. Los primeros 8 detectores tienen $20\ \mu\text{m}$ de separación y $5.1 \times 5.0\text{ cm}^2$ de área efectiva, los detectores

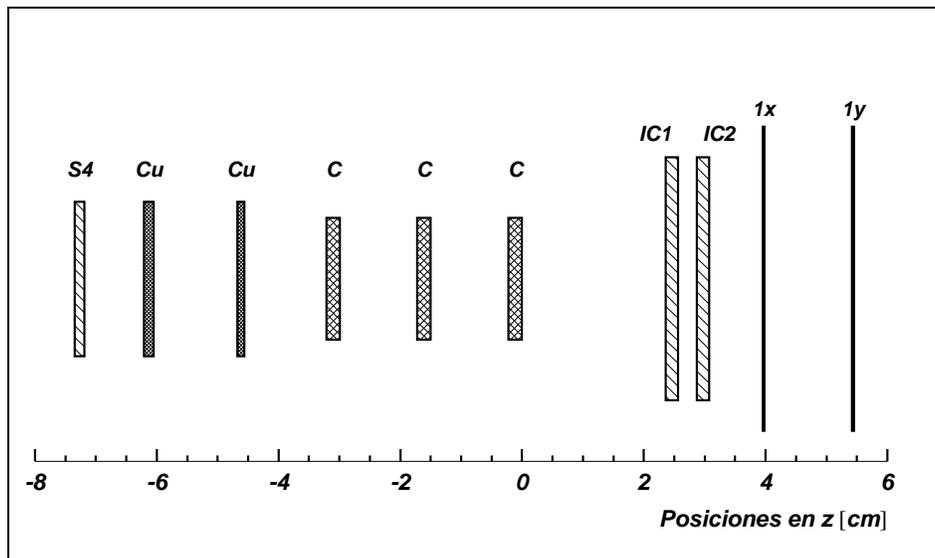


Figura 2.9: Esquema de los blancos de producción.

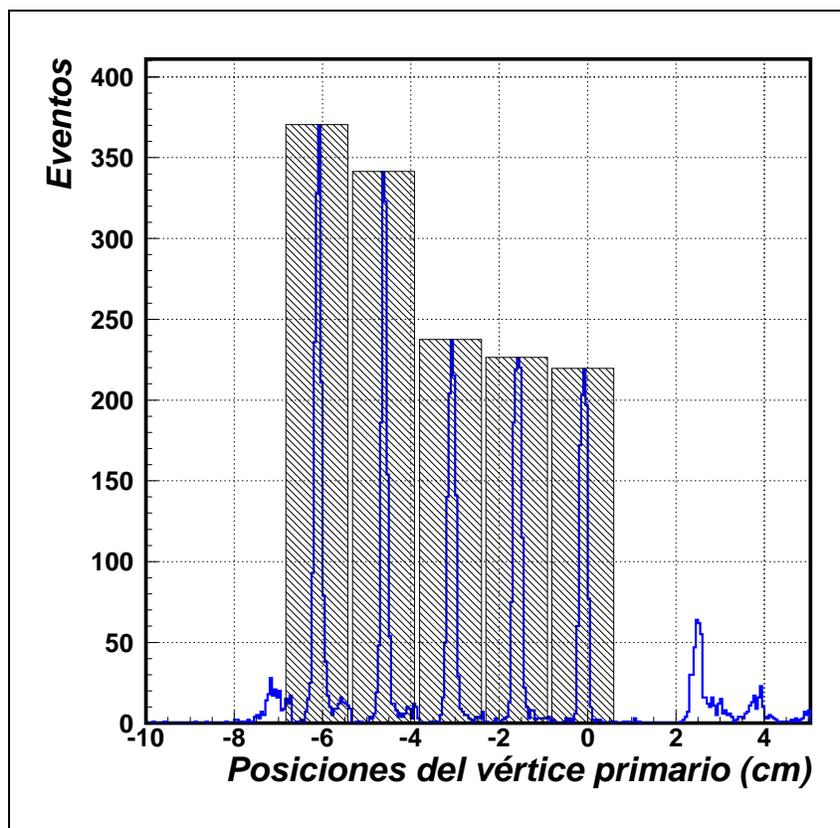


Figura 2.10: Posiciones del vértice primario.

Tabla 2.1: Propiedades de los blancos de producción. La posición de los blancos de muestra en la figura. 2.9.

Nombre	Material	Ancho L [cm]	Posición [cm]	A	Densidad ρ [g/cm^3]	λ_{int} [%]
S4	Centellador	0.158	-7.27	–	1.03	0.20
6	Cobre	0.159	-6.13	63.5	8.96	1.06
7	Cobre	0.119	-4.62	63.5	8.96	0.76
8	Diamante	0.220	-3.10	12	3.25	0.82
9	Diamante	0.220	-1.61	12	3.25	0.82
10	Diamante	0.220	-0.11	12	3.25	0.82
IC1	Centellador	0.200	2.46	–	1.03	0.25
IC2	Centellador	0.200	2.97	–	1.03	0.25

miden trayectorias en las proyecciones x , y , u , y v , estas dos últimas a 45 grados con respecto a las primeras. Los 12 detectores restantes, son llamados detectores mosaico, estos tienen $25 \mu m$ de separación y $8.3 \times 9.6 cm^2$ de área efectiva. Cada detector tiene una eficiencia de detectar una interacción mayor al 98 %, y una resolución espacial de $0.5 mm$, cabe señalar que son los mismos detectores de silicio que se utilizaron para el espectrómetro del haz, sólo que los que se utilizaron en el espectrómetro de vértices son más grandes que los del haz.

2.2.3. El espectrómetro M1

El espectrómetro M1 consiste del imán M1 y los detectores entre los imanes M1 y M2. En la figura 2.11 se muestra el esquema de este espectrómetro.

Las cámaras de alambre proporcionales M1

El espectrómetro M1 tiene 3 cámaras de alambre proporcionales (PWC⁹), las cámaras consisten de alambres con una separación de 3

⁹Proportional Wire Chamber

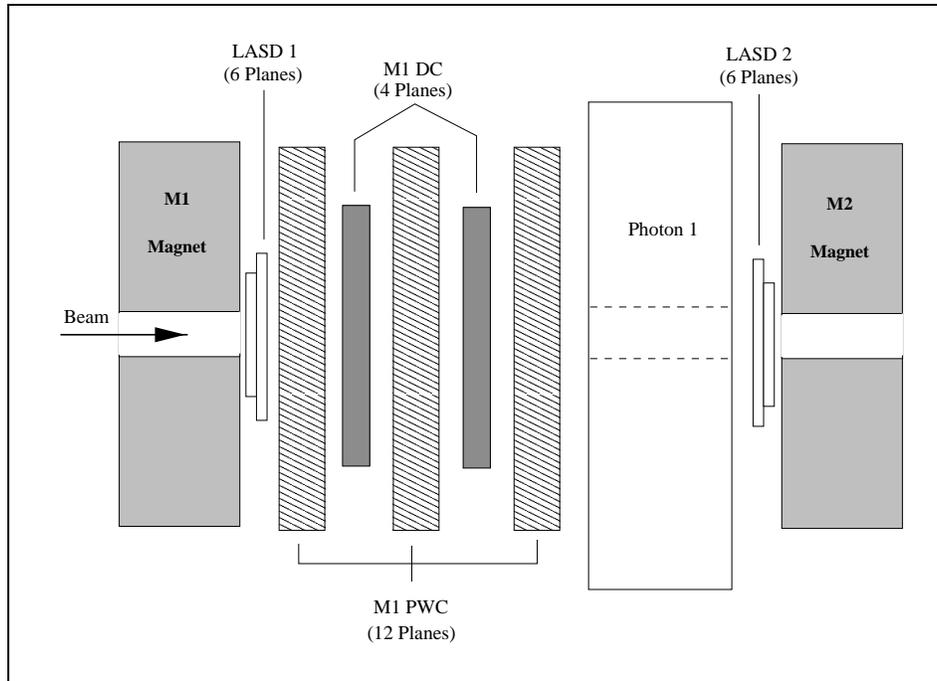


Figura 2.11: Esquema del espectrómetro M1.

mm que funcionan como ánodos los cuales están entre 2 placas (cátodos) y tienen una área efectiva de $2 \times 2 m^2$. Las cámaras se llenan con un gas el cual se ioniza cuando pasa una partícula cargada a través de él. Este gas está compuesto de (75 % argón, 24.5 % isobutano, y 0.5 % freón). Los iones positivos son arrastrados por el campo eléctrico hacia el cátodo y los electrones hacia el ánodo. Cuando los electrones están cerca de un ánodo, una avalancha es generada incrementando la señal que se recolecta en el ánodo. Se puede determinar la posición del alambre (ánodo) donde la partícula pasó extrayendo la señal del ánodo. Cada PWC tiene cuatro mallas (planos) de alambres, cada uno en las proyecciones x , y , u , v , a fin de que se pueda determinar la posición de la partícula. El espacio entre cámara y cámara es de $70 cm$. Estas PWC tienen una eficiencia mayor que el 90 % para detectar una interacción y tienen una resolución espacial de $0.9 mm$ [75]. En la figura 2.12 se muestra el esquema de estas cámaras.

Las cámaras de arrastre M1

El espectrómetro M1 también cuenta con 2 cámaras de arrastre (DC¹⁰), estas fueron diseñadas para mejorar la resolución angular del rastreo de partículas en el plano horizontal donde el imán M1 curva las partículas cargadas. Esto es necesario para mejorar la resolución en

¹⁰Drift Chamber.

momento para partículas de bajo momento. Cada cámara cuenta con 2 planos sensitivos midiendo la posición en la proyección x . Las cámaras tienen una eficiencia del 80 %, con una área efectiva de $2.4 \times 1.7 \text{ m}^2$ y una resolución espacial de aproximadamente 0.7 mm [67].

Estas cámaras usan el hecho de que si las velocidades de arrastre de los electrones son constantes y conocidas, y si el tiempo que tarda en atravesar la partícula también se conoce, entonces se puede determinar la posición con una resolución más fina.

Los detectores de silicio de ángulo grande (LASD)

El propósito de los (LASD¹¹) es cubrir la región del haz de las PWC y DC de la parte final del experimento para mejorar la resolución de las trayectorias y la separación en esta región y lograr una medición precisa del momento. Hay 3 estaciones de detectores de silicio de ángulo grande (LASD) localizadas al final del imán M1, así como al inicio y al final del imán M2. En la figura 2.13 se muestra la localización de estos detectores.

Cada estación tiene 2 planos de doble cara de detectores de tiras de silicio (SSD) con $50 \mu\text{m}$ entre sus electrodos, los cuales miden *hits* en las proyecciones x y y , estas tienen una área sensitiva de $3.2 \times 2.6 \text{ cm}^2$. Otros 2 planos de una cara de detectores de tiras de silicio (SSD) con $50 \mu\text{m}$ entre sus electrodos y una área sensitiva de $3.2 \times 3.2 \text{ cm}^2$, los cuales miden *hits* en las proyecciones u y v . Los detectores tienen una eficiencia del 95 % al 99 % en la detección y $15 \mu\text{m}$ de resolución espacial.

Los calorímetros electromagnéticos

Tres calorímetros electromagnéticos (LGEC¹²) fueron colocados al final de los espectrómetros M1, M2 y M3, [ver figura 2.1]. Cada calorímetro tiene un orificio en el centro que permite el paso del haz y partículas con alta energía. Los calorímetros tienen una densidad de 4.1 g/cm^3 y una longitud de radiación de 2.5 cm .

2.2.4. El espectrómetro M2

El espectrómetro M2 consiste del imán M2 y de todos los detectores entre los imanes M2 y M3. En la figura 2.14 se muestra el esquema de este espectrómetro.

¹¹Large Area Silicon Strip Detectors

¹²Lead Glasss Electromagnetic Calorimeters

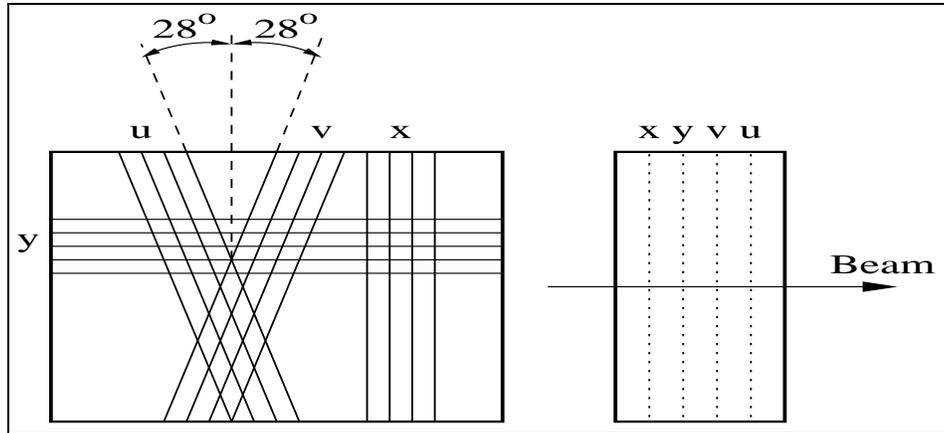


Figura 2.12: Esquema de las cámaras PWC de M1.

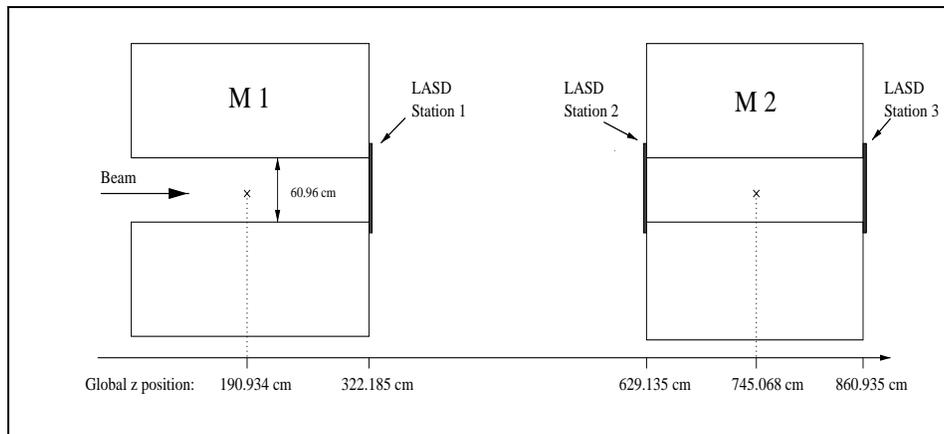


Figura 2.13: Localización de las 3 estaciones de LASD, [77].

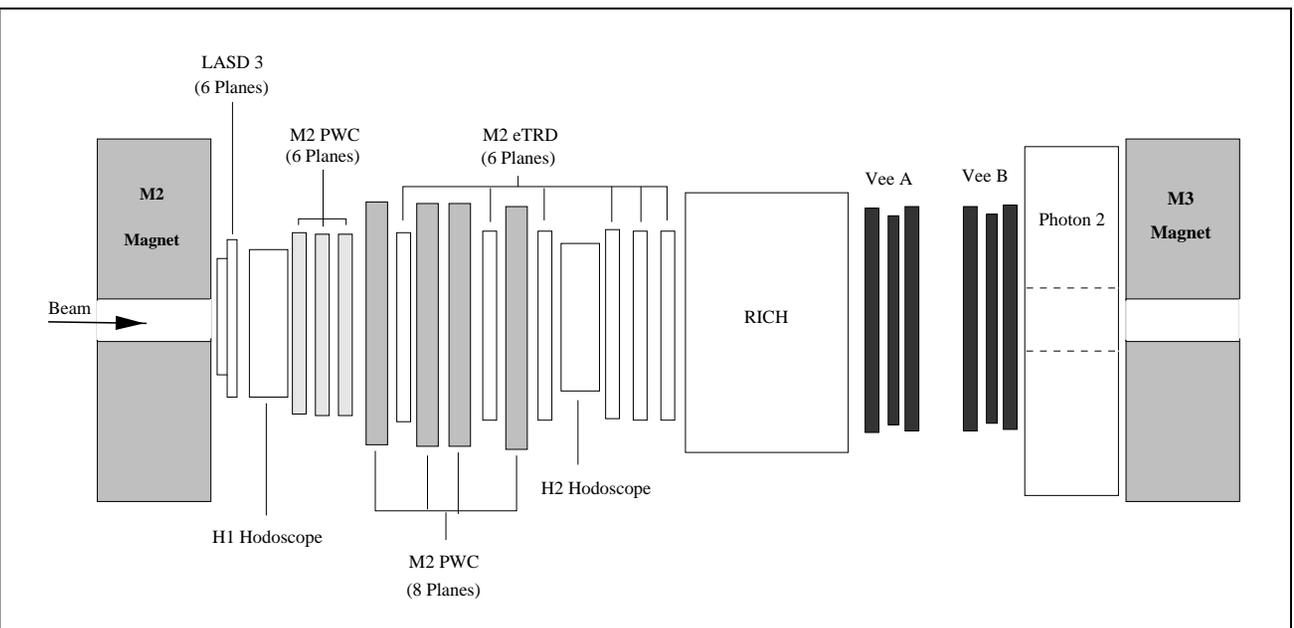


Figura 2.14: Esquema del espectrómetro M2.

Los hodoscopios

Los dos hodoscopios H1 y H2 empleados en el espectrómetro M2 utilizan contadores de centelleo para dar una respuesta rápida del número de partículas que pasan a través del espectrómetro y para obtener su momento [78, 79]. Esta información la utiliza el mecanismo disparador para decidir si activa o no un evento.

El hodoscopio consiste de tres regiones: la región de carga negativa, la región central, y la región de carga positiva. El signo de la carga se asume basado en la región del detector. Los imanes curvan a las partículas negativas hacia la derecha cuando estas pasan a través de ellos.

Las cámaras de alambre proporcionales M2

Este espectrómetro M2 tiene 7 cámaras multialambres proporcionales (PWC) con una separación entre alambres de 2 mm , 3 cámaras tienen una apertura de $60 \times 60\text{ cm}^2$, las 4 cámaras restantes tienen una apertura de $60 \times 100\text{ cm}^2$. En la figura 2.15 se muestra el esquema de estas cámaras. Cada cámara tiene 2 planos sensitivos en las 2 proyecciones ortogonales. Las cámaras tienen una eficiencia de 95% en la detección con una resolución de 0.6 mm .

El detector de radiación de transición para electrones

En este espectrómetro M2 hay 6 detectores de electrones por radiación de transición (ETRD) con el propósito fundamental de identificar electrones. La radiación de transición se genera en 200 placas de polipropileno con una separación de $17\text{ }\mu\text{m}$ al frente de cada cámara. La radiación fue detectada por cámaras (MPWC) multialambres de $103 \times 63\text{ cm}^2$ con una separación entre alambres de 4 mm y llenados con una mezcla de Xe y metano.

El detector Cherenkov (RICH)

El detector Cherenkov (RICH¹³) es el mejor dispositivo para la identificación de partículas cargadas en SELEX. Este detector consiste principalmente de 3 partes: un fotocátodo formado por una matriz de fototubos, el tanque contenedor de radiador y el arreglo de espejos montados en la parte posterior del tanque. El tanque que contiene el radiador tiene 10 m de longitud, 2.4 m de diámetro y está lleno de Ne altamente puro a 1.05 atm , el uso del gas Ne evita problemas de dispersión del detector. El arreglo tiene 16 espejos hexagonales, cada espejo tiene 40 cm de ancho por 1 cm de espesor. La luz cherenkov es reflejada

¹³Ring Imaging Cherenkov Detector

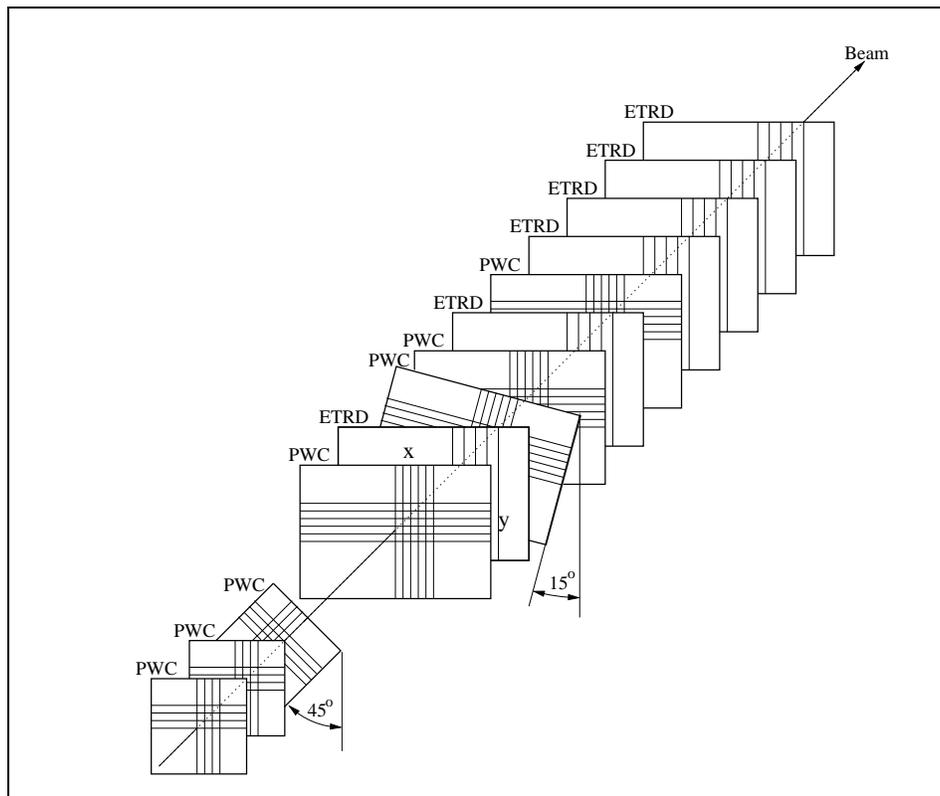


Figura 2.15: Esquema de las cámaras PWC de M2.

por estos espejos, esta luz incide sobre una matriz que consta de 2848 fototubos, es decir, 89 columnas de 32 fototubos. En la figura 2.16 se muestra el esquema del RICH.

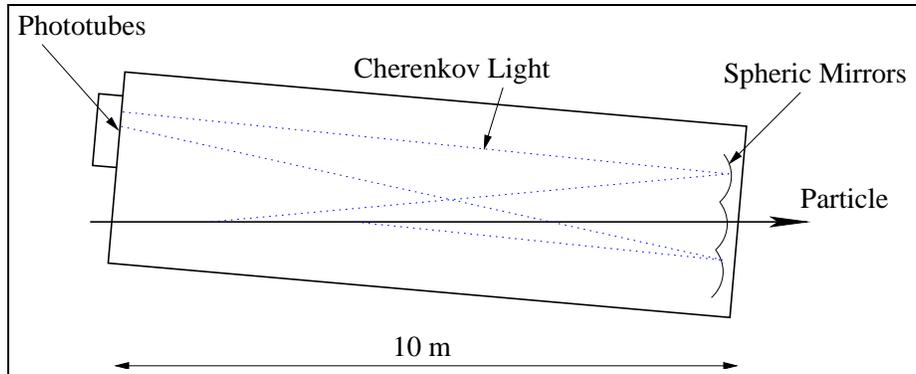


Figura 2.16: Esquema del detector *RICH*.

Cuando una partícula pasa por el detector y genera luz cherenkov con un frente de onda circular expandiéndose en un cono, tanto la posición del centro del anillo en la superficie focal, como el radio del anillo pueden ser calculados por medio del track y el momento medido en el espectrómetro M2, para cada partícula hipotética, las cuales son e , μ , π , K , p , Σ , Ξ , y Ω [80].

La identificación de partículas se hace mediante un método de máxima verosimilitud, este método consiste en medir coordenadas espaciales para cada fotón, y este depende de cada hipótesis. Como es posible que haya varios fotones se le asigna una cierta probabilidad, si la hipótesis resulta cierta, entonces se espera tener más fotones distribuidos sobre un anillo de radio r alrededor del centro predicho. Para discriminar diferentes hipótesis i , j se debe aplicar un corte para la razón entre verosimilitudes $R_{ij} = \mathcal{L}_i / \mathcal{L}_j$, este corte depende generalmente del momento.

El radio del anillo crece con la velocidad de la partícula [ver figura 2.17]. Cuando $\beta=1$ la partícula tiene un radio de 11.5 cm y una resolución de 1.8 mm en eventos multitrayectoria, con lo cual obtenemos una separación de 2σ en K/π hasta 165 GeV.

Cabe mencionar que la eficiencia del detector disminuye a medida que el momento de las partículas aumenta, ya que el radio del anillo tiende a ser el mismo.

Las cámaras de arrastre vectoriales

En SELEX se tienen 9 cámaras de arrastre vectoriales (VDC¹⁴) las cuales están en 3 estaciones VeeA, VeeB, y VeeC, de las cuales las 2

¹⁴Vector Drift Chamber

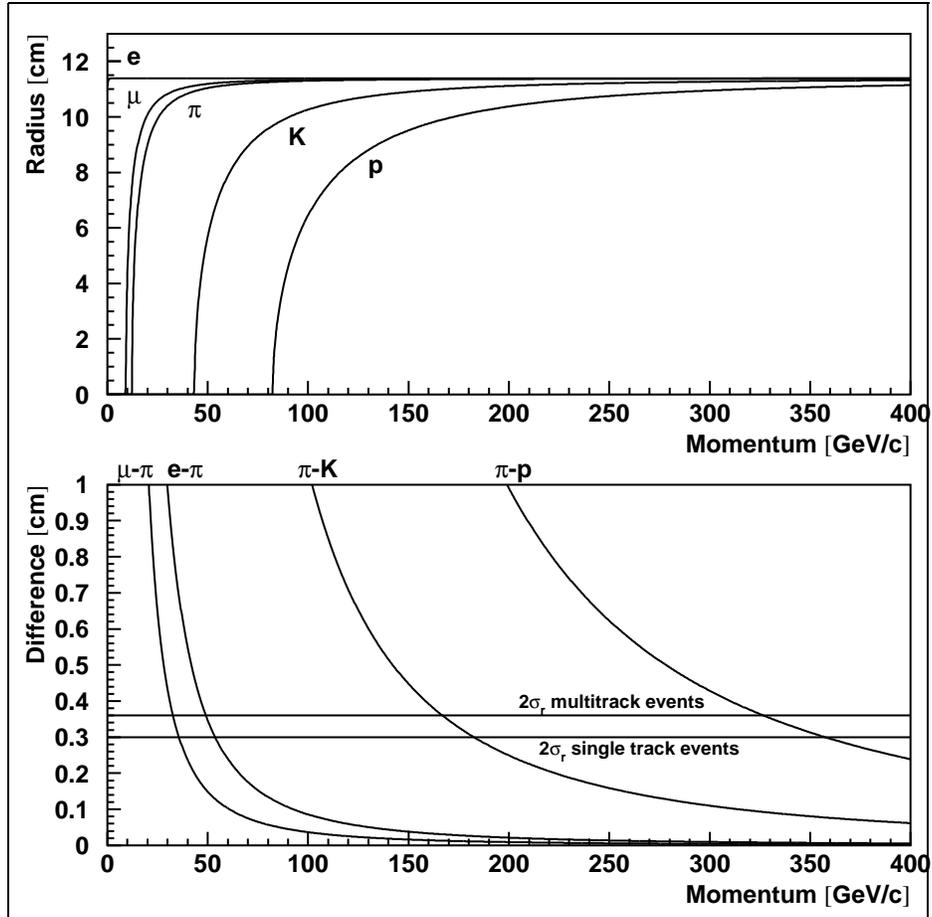


Figura 2.17: En la gráfica de la parte superior se muestra el radio, y en la parte inferior la separación para diferentes partículas, [80].

primeras están localizadas en el espectrómetro M2 y la tercera en el espectrómetro M3. Cada estación tiene una área activa de $1.16 \times 1.16 \text{ m}^2$ y una eficiencia de aproximadamente 90 % con una resolución de $100 \mu\text{m}$. Las estaciones midieron trayectorias en las proyecciones (x, y, u) o (x, y, v) . Cada cámara tiene ocho alambres sensitivos para cada vista o proyección, y las cámaras con las celdas burdas están provistas de seis alambres sensitivos. Por lo tanto, cada cámara mide una trayectoria con seis o con ocho puntos, entonces, no sólo mide la posición sino que también el vector de la trayectoria [81].

2.2.5. El espectrómetro M3

El espectrómetro M3 consiste del imán M3 y de todos los detectores después de este imán M3. En la figura 2.18 se muestra el esquema de este espectrómetro.

Este espectrómetro fue diseñado para medir momentos de los productos de decaimientos que viven por mucho tiempo.

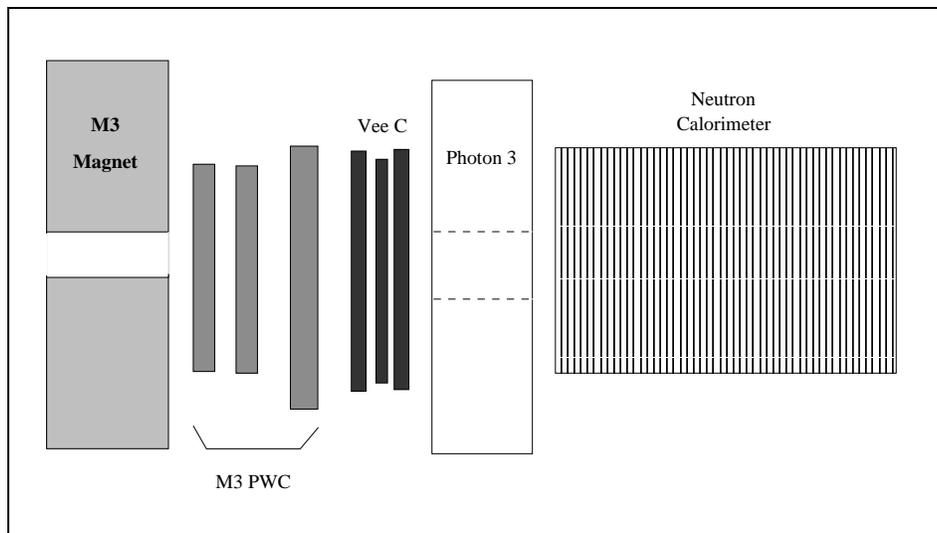


Figura 2.18: Esquema del espectrómetro M3.

El espectrómetro M3 cuenta con dos PWC de $64 \times 64 \text{ cm}^2$, y de una tercera PWC de $115 \times 89 \text{ cm}^2$, también tiene una estación VeeC con tres cámaras VDC. Además tiene un detector de fotones y, por último el calorímetro de neutrones que está en la parte final del experimento.

2.3. El mecanismo disparador y el sistema de adquisición de datos

El sistema del mecanismo disparador (trigger¹⁵) es el responsable de indicar el instante en que se ha producido una interacción preseleccionada del haz con los blancos, de tal forma que se pueda reconstruir la interacción.

El mecanismo disparador en SELEX tiene un conjunto de cuatro centelladores (S1-S4), dos contadores *veto* (VH1,VH2), contadores de interacción (IC), y dos hodoscopios (H1,H2), en la figura 2.19 se muestra el esquema del arreglo de los elementos que componen este mecanismo.

Los contadores de interacción (IC) producen una señal de salida cuya amplitud es proporcional al número de partículas que los cruzan. Estos contadores consisten en dos contadores delgados separados y colocados después de los blancos y la amplitud de la señal es medida en cada contador. Utilizando la amplitud más pequeña de los dos contadores para la prueba de multiplicidad de partículas y se suprime en gran cantidad los efectos de las fluctuaciones de Landau de las amplitudes de los contadores individuales.

El mecanismo disparador tiene cuatro niveles. Los primeros tres niveles T0, T1, y T2 están implementados en hardware, mientras que el cuarto nivel T3 está implementado en software y en el filtro en tiempo real [82].

El nivel T0 se define como un haz de partículas que tiene coincidencia en los contadores S1, S2, S4 pero que no tiene *hits* en los contadores *veto* VH1 y VH2.

El nivel T1 requiere una interacción en los blancos, una interacción en los blancos es definida como la señal de mínimo 3 partículas ionizantes, una señal del (BTRD) y 2 *hits* en la región positiva del hodoscopio H1. En las primeras corridas la señal del (BTRD) no fue utilizada y las interacciones de π^- y Σ^- fue aceptada. En corridas posteriores el (BTRD) fue utilizado en el mecanismo disparador y solamente con bariones Σ^- y p.

Ahora si el evento pasa por el mecanismo disparador, es digitalizado y guardado.

2.4. El filtro en línea

Unas de las innovaciones del experimento SELEX es el filtro en línea *Online filter*. Este programa procesa datos para rechazar eventos que no tienen evidencia de un vértice secundario.

¹⁵trigger

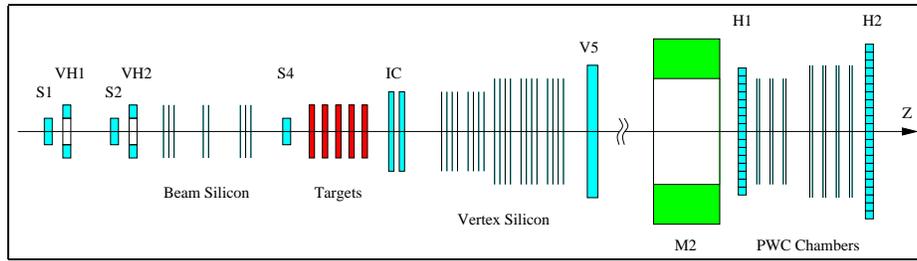


Figura 2.19: Esquema de los elementos que componen el mecanismo disparador de SELEX.

El filtro reconstruye trayectorias en las cámaras (PWC) esto en el espectrómetro M2, y solamente trayectorias con un momento mayor a $15 \text{ GeV}/c$ pueden alcanzar a llegar a las cámaras PWC atravesando el imán M2. Un programa de reconstrucción especial busca trayectorias en el detector de vértices, el haz y las trayectorias reconstruidas en el detector de silicio y las cámaras son analizadas en el vértice primario. El filtro en línea pasa aproximadamente 1 evento de cada 8.

Un estudio especial muestra que el filtro en línea es aproximadamente equivalente a realizar un corte en $L/\sigma > 3$ donde L es la distancia entre el vértice primario y secundario.

Esto lo que nos quiere decir, es que el filtro en línea reduce el *background* por un factor de 8 y cerca del 50 % de eficiencia en una señal típica de charm. Por lo tanto este factor juega un papel muy importante en el análisis de obtener resultados físicos.

2.5. Los datos de SELEX y el conjunto de datos charm

SELEX empezó a tomar los datos en Julio de 1996. Las primeras corridas fueron para verificar el mecanismo disparador, checar los aparatos del experimento, establecer eficiencias de las cámaras, calibrar los detectores de fotones y optimizar el filtro en línea.

En la primera parte de la toma de los datos el BTRD no fue utilizado en el nivel T1 del mecanismo disparador, de tal forma que, las interacciones de π^- y Σ^- se escribieron en las cintas.

En la segunda parte de la toma de datos se prendió el BTRD en respuesta al nivel T1 del mecanismo disparador, por lo tanto las interacciones del haz de Σ^- fueron escritas en las cintas.

En la tercera parte de la toma de los datos la polaridad del imán fue cambiada y el haz en su mayoría fue de protones.

SELEX tomó datos de un total de 15.2×10^9 interacciones inelásticas y se grabaron en las cintas un total de 1×10^9 eventos, tanto del haz secundario negativo como del positivo. En la figura 2.20 se muestra

el porcentaje de las interacciones inelásticas [75].

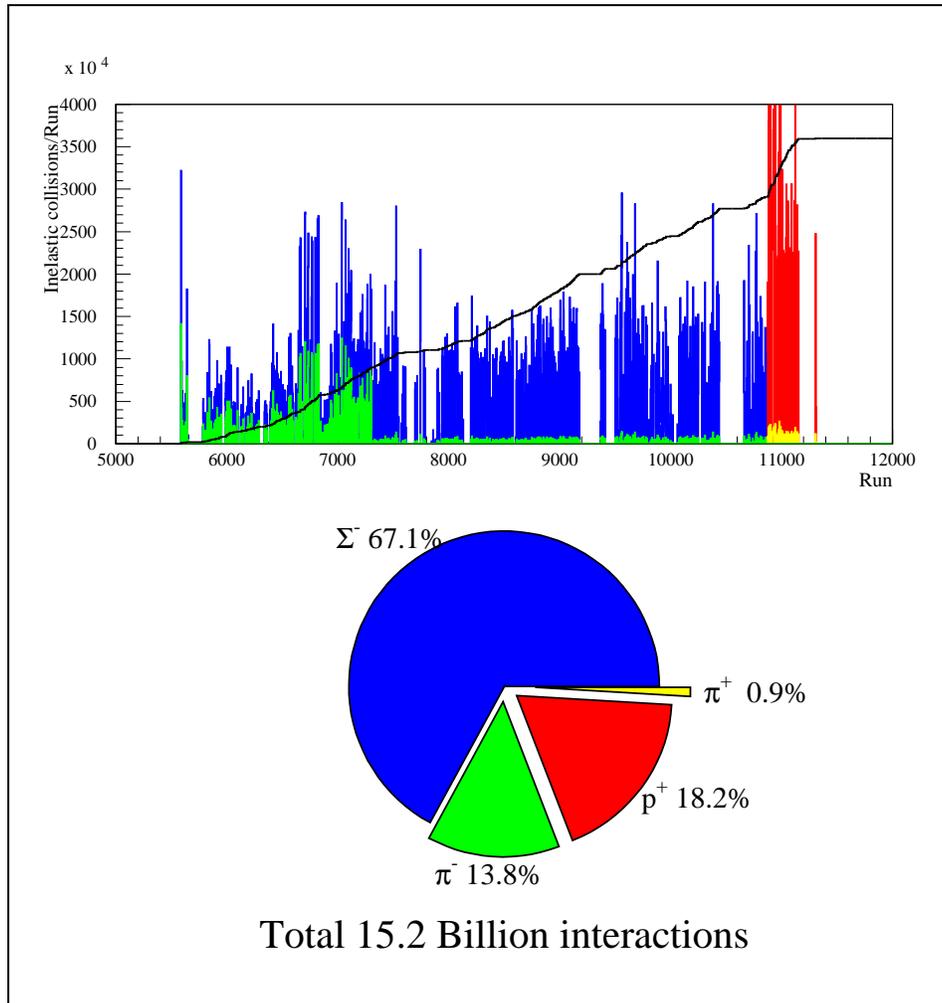


Figura 2.20: Esquema de la toma de datos [75].

Los datos utilizados en el presente trabajo están divididos en 13 grupos. En la tabla 2.2 se muestra el conjunto de datos y las corridas.

Estos grupos tienen nombres diferentes para clasificarlos, ya que para cada grupo se utilizó una versión de los niveles del mecanismo disparador y un filtro diferente. Todos estos grupos, excepto el grupo pp, fueron para eventos con un haz negativo, mientras que el pp fue con la polaridad positiva del haz.

También existe una corrida especial, el grupo pu, el cual no es mostrado en la tabla 2.2, fue cuando el experimento corrió sin filtro *unfilter*. Estos datos no fueron tomados en cuenta en este análisis.

Tabla 2.2: Conjunto de datos usados en el análisis de los datos

Cojunto de datos	Corrida (Run).
pb1	5587 → 6312
pb2	6313 → 7012
pc1	7018 → 7301
pc2	7302 → 7381
pd	7382 → 8079
pe	8089 → 8673
pf	8683 → 9046
pg	9057 → 9411
ph	9502 → 9789
px	9806 → 10215
py	10220 → 10243
pz	10244 → 10858
pp	10876 → 11313

2.6. SOAP

El software para el análisis de los datos en SELEX es SOAP¹⁶. Este paquete es el que se utiliza en el análisis de datos, el cual en su mayor parte está escrito en el lenguaje de programación FORTRAN. SOAP consta de varios paquetes, los cuales son: El desempacador (UNPACK), el reconstructor de trayectorias (TRACKING), el identificador de partículas (PID), el reconstructor de vértices (VERTEX), el de fotones (PHOTON), y el paquete (RECON). En las siguientes subsecciones se hablará de estos paquetes.

En la figura 2.22 se muestra el archivo soap.cmd, en el se encuentran todos los *switches* para prender y apagar según lo que se desee realizar.

2.6.1. Unpack

Como se mencionó anteriormente los datos fueron escritos en cintas, primero para un evento en particular se tiene que desempacar los datos. Para cada detector, el hardware crea una lista donde hubo alguna señal, ya sea de un alambre, tira de silicio o de un fototubo. En la parte del software, otra lista es creada al convertir la información anterior a posiciones pero en el sistema de coordenadas locales de cada detector. Esta información es utilizada para encontrar la trayectoria de las partículas a través de los detectores [83].

¹⁶SELEX Off-line Analysis Program

2.6.2. *Tracking*

El objetivo principal de este paquete es encontrar y medir correctamente los parámetros de todas las trayectorias cargadas dentro de la aceptación del aparato SELEX. Una trayectoria cargada es completamente descrita por 8 parámetros, las 3 coordenadas espaciales del punto donde fue vista por primera vez, la coordenada z donde fue vista por última vez, 2 de las 3 componentes del momento, la curvatura de la trayectoria (q/P), y la identificación de la partícula. Tracking es un proceso de varios pasos los cuales son detallados a continuación:

Tracking tiene diferentes algoritmos para encontrar las trayectorias de las partículas.

- Se encuentran todos los segmentos de las trayectorias cargadas en cada detector. Un algoritmo usa la lista de las coordenadas de los puntos espaciales de un detector en particular para encontrar todas las combinaciones posibles de los puntos espaciales que sean consistentes a un ajuste a una línea recta. Si el código determina que el ajuste es aceptable basado en χ^2 y en el número de puntos usados, entonces se forma con ellos un segmento de una trayectoria cargada y los puntos se suprimen de la lista de las coordenadas de los puntos. Con los segmentos formados se hace una lista en cada detector en particular.
- Los segmentos de cada detector son entrelazados para formar candidatos a trayectorias. La idea básica del algoritmo que realiza este trabajo es análogo al algoritmo anterior. Todos los segmentos, en pares de espectrómetros, son ajustados a una trayectoria continua. Los segmentos que tienen una χ^2 aceptable se asignan a una trayectoria.
- Finalmente, los puntos espaciales individuales en cada plano (PWC, SSD, DC) que forman una trayectoria son ajustados para obtener el momento de la trayectoria. Un algoritmo ajusta los puntos espaciales que forman una trayectoria a la función que describe la trayectoria de una partícula que pasa a través de los imanes y las cámaras de los espectrómetros. Los parámetros del ajuste son la pendiente, la ordenada al origen, y la curvatura de la trayectoria (q/P).

2.6.3. *Pid*

El paquete PARTID es para la identificación de las partículas, este consiste de una rutina principal partid. Esta llama a 3 subrutinas: la del BTRD, la del ETRD, y la del RICH. El bloque común de este paquete une los resultados de las subrutinas antes mencionadas. Cada una de las trayectorias que se encontraron por medio del paquete Tracking, se

extrapolan a los detectores de la identificación de partículas (BTRD, ETRD, RICH) donde se identifica a la trayectoria cargada basándose en los parámetros (momento, etc.) de la trayectoria y en la respuesta de los detectores.

En el presente trabajo solamente se identificaron partículas en el BTRD y el RICH. La identificación de las partículas del haz por medio del BTRD fue explicada en la sección del BTRD. De la misma forma se explicó para la identificación de partículas en el RICH.

El archivo `recon` cuenta con toda la información acerca de la identificación de partículas con la información de probabilidad requerida para cada partícula. Esta tabla es utilizada por el paquete `recon`, la cual se muestra en la parte inferior de la figura 2.21.

La información que aparece en esta tabla es: el nombre abreviado de la partícula (ver la subsección de `recon` para más detalles), el sistema usado para su identificación (RICH, ETRD, ninguna), y cortes en la probabilidad, el momento mínimo y máximo, la distancia mínima y máxima, el momento transversal mínimo y máximo de la partícula, también se cuenta con el espectrómetro y combinaciones lógicas entre la identificación de partículas. Es importante señalar que estos son cortes suaves, los cuales nos ayudan a reducir tiempo de cómputo y tamaño.

2.6.4. *Vertex*

El siguiente paso en SOAP es tratar de encontrar las coordenadas del vértice primario, vértice secundario y puntos en el espacio donde 2 o más trayectorias se intersectan. Un vértice primario es la posición donde se produjo la interacción del haz con alguno de los blancos de producción, un vértice secundario es la posición donde la partícula madre decae en otras partículas ya sea cargadas o neutras, otro caso puede ser donde las partículas de la interacción primaria chocan con algún material del detector y produce una interacción secundaria.

Para encontrar estos vértices, SELEX cuenta con 3 rutinas principalmente, `v1`, `v2`, y `candidate`. A continuación se explican las rutinas que se utilizaron en el presente trabajo, `v2` y `candidate`.

- `v2`

Este es un paquete de reconstrucción puramente geométrico, hace una lista de todas las posibles trayectorias, después hace un ajuste de cada trayectoria a un punto, por último tiene un corte implícito $L/\sigma > 3$, esto para verificar que la distancia entre el error sea pequeña, toma 2 de todas las posibles trayectorias, después 3, 4, y 5 hasta verificar que el χ^2 sea bueno, en la práctica esto pasa cuando $n > 5$ y de esta manera verificar que todas las trayectorias vengán de un mismo punto.

- *candidate c*

Este paquete de reconstrucción sólo toma trayectorias que identifica como una posible hipótesis, después toma todas las posibles hipótesis, y de todas estas sólo toma trayectorias que tengan un punto en común. *Candidate* no es como el paquete *v2* que es un paquete de reconstrucción puramente geométrico.

2.6.5. *Recon*

Este es un paquete de reconstrucción, la intención es proveer un código estándar manejado por un lenguaje de alto nivel para reconstruir partículas hipotéticas usando información de la región de vértices, identificación de la partícula (*pid*), *tracking*, y fotón.

Una hipótesis de las partículas reconstruidas con un conjunto de partículas identificadas como trayectorias (cargadas y/o neutrales) las cuales se supone que se originan de un punto común en el espacio *vertex*.

Los parámetros de una partícula hipotética reconstruida son la localización del vértice, la separación del vértice primario (*L*), el error (σ), 4-momento, masa y error, identificación de las trayectorias, y su carga.

Para reconstruir la partícula hipotética es construida de otros objetos reconstruidos por SOAP, como son vértices, *kinks*, *vees*, *tracks*, fotones, etc.

El paquete *recon* ejecuta un programa de alto nivel guardado en la tabla *ocs* (*recdf*).

En la figura 2.21 se muestra la tabla (*recdf.ocs*), en la cual se muestran los decaimientos estudiados en el presente trabajo.

Los criterios para cada línea del *recdf* son:

- *id*: El número de identificación único para la reconstrucción.
- *name*: El nombre asignado a la reconstrucción.
- *from*: El tipo de búsqueda deseada usando alguna subrutina como (*c*, *tr* y algunas otras).
- *pr*: El número de prongs que tiene la reconstrucción.
- *q*: La carga de la reconstrucción.
- *pid*: Cortes para los prongs, ver subsección 2.6.3.
- *ls_min*: El rango mínimo en L/σ .
- *ls_max*: El rango máximo en L/σ .
- *mass_min*: El rango mínimo en masa de la reconstrucción.

```

#recdf      0      0 fill anal v02.21 07-May-1998 12:23 syj ! Recon list
id name      from pr q pid  ls_min ls_max mass_min mass_max out
!
  2 lambda    c  2  0 p+i-      5.  800.  1.090  1.140 $1
  3 alambda   c  2  0 p-i+      5.  800.  1.090  1.140 $2
!
! D0
100 d0_kpi    c  2  0 k-i+      0.  800.  1.664  2.064 $1
101 d0b_kpi   c  2  0 k+i-      0.  800.  1.664  2.064 $2
102 d0_k3pi   c  4  0 k-i-i+i+    3.  800.  1.764  1.964 $1
103 d0b_k3pi  c  4  0 k+i+i-i-    3.  800.  1.764  1.964 $2
!
! D+
200 d+_k2pi   c  3 +1 k-i+i+    3.  800.  1.769  1.969 $1
201 d-_k2pi   c  3 -1 k+i-i-    3.  800.  1.769  1.969 $2
202 d+_kpi    tr  3 +1 i+d0_kpi  0.   0.  1.800  2.200 $1
203 d-_kpi    tr  3 -1 i-d0b_kpi 0.   0.  1.800  2.200 $2
204 d+_k3pi   tr  5 +1 i+d0_k3pi 0.   0.  1.800  2.200 $1
205 d-_k3pi   tr  5 -1 i-d0b_k3pi 0.   0.  1.800  2.200 $2
!
! D_s+
300 ds+_kkpi  c  3 +1 k-k+i+    0.  800.  1.765  2.165 $1
301 ds-_kkpi  c  3 -1 k-k+i-    0.  800.  1.765  2.165 $2
!
! Lambda_c+
400 lc+_pkpi  c  3 +1 p+k-i+    0.  800.  2.085  2.585 $1
401 lc-_pkpi  c  3 -1 p+k+i-    0.  800.  2.085  2.485 $2
!
name system cut  pmin pmax mdistmin mdistmax ptmin ptmax spectro logic
e  etrd e>0.5   0. 120.  0.   0.   0.   0.   0.   m2   none
i  rich i<0.1   0.  0.   0.   0.   0.   0.   0.   any  not
k  rich k/i>=1   0.  0.   0.   0.   0.   0.   0.   m2   none
p  rich p/i>=1   0.  0.   0.   0.   0.   0.   0.   m2   none
e1 etrd e>0.5   0. 120.  0.0020 0.0500 0.300 2.000 vxm2 none
k1 none none    0.  0.   0.   0.   0.   0.   0.   any  none
k2 rich k/i>=1   0.  0.   0.   0.   0.   0.   0.   any  not
p1 rich p/i>2. 100. 600.  0.   0.   0.   0.   0.   any  none
p2 rich p/i>2.   0.  0.   0.   0.   0.   0.   0.   m1m2 none
s  none none    40. 600.  0.   0.   0.   0.   0.   vxm1nm2 none
x  none none    40. 600.  0.   0.   0.   0.   0.   vxm1nm2 none
o  none none    100. 600.  0.   0.   0.   0.   0.   vxm1nm2 none
*end

```

Figura 2.21: La tabla recdf.ocs.

- mass_max: El rango máximo en masa de la reconstrucción.
- out: Los bits de salida.

El paquete *recon_track* lo que hace es juntar una trayectoria a una reconstrucción. Primero se busca la reconstrucción, esto se hace con algún paquete de vertex, en nuestro caso lo hicimos con *candidate*, una vez que se encontró la reconstrucción, el siguiente paso es sumar una trayectoria al vértice primario de la reconstrucción. Este paquete se usó en la reconstrucción de los decaimientos del mesón D^* (2010).

El archivo soap.cmd

En las secciones anteriores hemos descrito el programa SOAP, se tiene un archivo general donde están algunos comandos básicos. En la figura 2.22 se muestra este archivo, donde se pueden apreciar los 5 paquetes mencionados a lo largo de estas últimas subsecciones.

```

! Command file pass2.cmd ! command file used for passII production
noexec filter
set on driver wrt_savebk save_all prod
execute unpack
set on unpack adc cros rmh svx ! hist
! set on unpack ! adc !cros !rmh !svx ! hist ! set off unpack all
execute tracking
set on tracking segment link fit0 silmatch silm3d guided fit hist
set on tracking vx_radial m1_guide vx_lasd tr_seg2 ! tr_subset tr_user
set on tracking m1_share ! mipwc s-y hit share
set cut tracking lasd_wid 2. ! inflate LASD res by factor 2
set cut tracking max_bmsi 250.
set cut tracking max_vxsi 1000.
set cut tracking max_pwc 260.
set cut tracking max_svx 1000.
set cut tracking segment 0 ! all spectrometers on in track_segment
set cut tracking ptm1 0.7371 ! use fixed spectrometer pt_kicks
set cut tracking ptm2 0.8285 ! use fixed spectrometer pt_kicks
set cut tracking trajectory parabolic ! parabolic trajectory as a default
prog tracking pass2.tseg
ocs class main anal
exec photon
exec partid
set on partid rich btr btr_hist etr etr_track ! etr_hist
execute user
set on user hist
set cut user report 1000
exec vertex
set on vertex vtx2 err2 secint prim sec
set cut vertex prong 4
set cut vertex vtxd 4.0
set cut vertex vtx2 9.0
set off vertex secint ! set on vertex bmvtx2 !!!!!
exec recon
set on recon hist ftuple ftup1 ftup2 ftup3
set cut recon tgt_rec 0.05
set cut recon pscale 1.0000 ! pass11_11_v1
set cut recon cand_csec 5.0
set cut recon cand_cpri 5.0
! exec ncal ! set on ncal nctr nwc l2trk l2pht hist
! in ds_defaults.cmd
disk in reset
disk in infile
ana 1; idump tseg -d; tseg; trk; vertex -d; vertex; partid; phtgam; recn; q
ana 0
exit

```

Figura 2.22: El archivo soap.cmd.

En este programa se pueden activar o desactivar diferentes opciones de cada paquete de SOAP, así como aplicar cortes sobre diferentes

variables en cada paquete. Al procesar los datos en SOAP, se pueden producir 3 diferentes tipos de salida ntuples, vtuples y ftuples. En el presente trabajo se usaron ftuples. Los ntuples, vtuples y ftuples pueden ser manejados con el lenguaje de programación FORTRAN, una de las desventajas de los ntuples es que cuando estos archivos son más grandes de 128 MB ó cuando hay muchos archivos que se tienen que sumar, tienden a fallar. En este aspecto los ftuples no tienen este problema. Más adelante hablaremos de ftuples y vtuples de forma más detallada.

2.7. Procesamiento de los datos

Para procesar los datos crudos usamos SOAP, a este proceso se le dio el nombre de *pass*. El objetivo de *pass* es procesar los datos crudos por medio de algoritmos y usando algunos cortes para reducir el tamaño de estos y poder hacer el análisis de manera posterior.

Se tienen 2 tipos de *pass*, los cuales son:

- *pass1*.

La producción de *pass1* fue hecha en 1998, el conjunto total de datos experimentales crudos (*raw data*) coleccionados por SELEX fueron procesados. En esta versión de SOAP se escribieron 5 archivos de salida que contienen eventos correspondientes a 5 principales canales de reconstrucción, los mesones con quark charm (ftup1), bariones con quark charm y estados parciales (ftup2), estados exóticos (ftup3), de partículas con quark extraño (ftup4), y decaimientos semileptónicos (ftup5), además omitiendo todos los otros eventos que no caían en estas clases de reconstrucción.

- *pass2*.

En *pass2* se utilizaron vtuples, en lugar de ftuples, y se produjeron cinco vtuples de salida que contienen información de mesones con quark charm (vtup1), de bariones con quark charm (vtup2), de las reconstrucciones V0 (vtup3), de partículas extrañas (vtup4), y de reconstrucciones en la parte trasera (vtup5). En *pass2* se decidió conservar todos los eventos en 2 clases de salida (*out1* y *out2*), si al menos una reconstrucción de la lista fue encontrada el evento fue guardado en *out1*. Si ninguna reconstrucción de la lista fue encontrada el evento fue guardado en *out2*. Estas dos salidas son aproximadamente iguales en tamaño y la suma de sus tamaños es cerca de 2 veces más grande que el tamaño de los archivos de los datos crudos.

Para nombrar a cada conjunto de datos crudos procesados en *pass1* se preservó el mismo nombre de cada conjunto de los datos crudos.

Para el *pass2* se utilizó este mismo esquema, excepto que en lugar del prefijo “p” se usó el prefijo “p2”. Por ejemplo, al conjunto “pb01” de datos crudos, al procesarlos en el *pass2*, se le denominó “p2b01” [84].

2.7.1. Ftuples

Los archivos de salida para el *pass1* fueron escritos en formato de ftuples. En los archivos ftuples se guardaron 82 variables. En estas variables se tiene información de las reconstrucciones que se buscan, de hasta 4 partículas en el estado final. En la información de las 82 variables, tenemos información acerca del vértice primario, vértice secundario, haz, las trayectorias que intervinieron en el vértice secundario, y algunas variables importante como la masa, momento de la partícula madre entre otras. Los ftuples son producidos cuando se prende en SOAP el paquete de recon el comando es “set on recon ftuple ftupl1”, se pueden generar hasta 5 ftuples.

A continuación se muestra el arreglo de los ftuples y la información que podemos obtener al generar un archivo ftuple.

```

-----
*
* Include file: recon_ntuple.inc
*
* $Id: recon_ntuple.inc,v 1.6 1998/03/04 23:11:51 pcooper Exp $
* $Author: pcooper $
*
* Author: Peter Cooper -- Fermilab
*
* Brief Description:
*
* Format of ntuple written by the recon package
*
-----
*
* tags_tuple(01) = 'run'           ! run number
* tags_tuple(02) = 'event'        ! 100000*processor+event
* tags_tuple(03) = 'bitsor'       ! event reconstruction ored bits
*                               ! primary vertex      [I*4]
* tags_tuple(04) = 'pvx_x'        ! x_vertex      [cm]
* tags_tuple(05) = 'pvx_y'        ! y_vertex      [cm]
* tags_tuple(06) = 'pvx_z'        ! z_vertex      [cm]
* tags_tuple(07) = 'pvx_sx'       ! x_vertex error [cm]
* tags_tuple(08) = 'pvx_sy'       ! y_vertex error [cm]
* tags_tuple(09) = 'pvx_sz'       ! z_vertex error [cm]
* tags_tuple(10) = 'pvx_chi2'     ! reduced chi-squared
* tags_tuple(11) = 'pvx_nf'       ! tracks in fit
* tags_tuple(12) = 'pvx_nt'       ! tracks in event
*                               ! secondary vertex
* tags_tuple(13) = 'svx_x'        ! x_vertex      [cm]
* tags_tuple(14) = 'svx_y'        ! y_vertex      [cm]
* tags_tuple(15) = 'svx_z'        ! z_vertex      [cm]
* tags_tuple(16) = 'svx_sx'       ! x_vertex error [cm]
* tags_tuple(17) = 'svx_sy'       ! y_vertex error [cm]
* tags_tuple(18) = 'svx_sz'       ! z_vertex error [cm]
* tags_tuple(19) = 'svx_chi2'     ! reduced chi-squared
* tags_tuple(20) = 'svx_isol'     ! vertex isolation distance
*                               ! beam track
* tags_tuple(21) = 'btk_x0'       ! x0 in vx_spec [cm]
* tags_tuple(22) = 'btk_y0'       ! y0 in vx_spec [cm]
* tags_tuple(23) = 'btk_px'       ! px in vx_spec [GeV/c]
* tags_tuple(24) = 'btk_py'       ! py in vx_spec [GeV/c]
* tags_tuple(25) = 'btk_pz'       ! pz0 in vx_spec [GeV/c]
* tags_tuple(26) = 'btk_pid'      ! pid word
*                               ! each decimal digit is 10*ratio
*                               ! e, mu, pi, K, P, S
*                               ! 975310 .9, .7, .5, .3, .1, .0
* tags_tuple(27) = 'btk_chi2'     ! segment reduced chi-squared
* tags_tuple(28) = 'btk_type'     ! q*[1000*nplanes+track_type]
*                               ! 1st secondary vertex track
* tags_tuple(29) = 'tk1_x0'       ! x0 in vx_spec [cm]
* tags_tuple(30) = 'tk1_y0'       ! y0 in vx_spec [cm]
* tags_tuple(31) = 'tk1_px'       ! px in vx_spec [GeV/c]
* tags_tuple(32) = 'tk1_py'       ! py in vx_spec [GeV/c]

```

```

*      tags_tuple(33) = 'tk1_pz'      ! pz in vx_spec      [GeV/c]
*      tags_tuple(34) = 'tk1_pid'     ! pid word
*      tags_tuple(35) = 'tk1_chi2'    ! trk reduced chi-squared
*      tags_tuple(36) = 'tk1_type'    ! q*[1000*nplanes + track_type]
*      ! 2nd secondary vertex track
*      tags_tuple(37) = 'tk2_x0'     ! x0 in vx_spec      [cm]
*      tags_tuple(38) = 'tk2_y0'     ! y0 in vx_spec      [cm]
*      tags_tuple(39) = 'tk2_px'     ! px in vx_spec      [GeV/c]
*      tags_tuple(40) = 'tk2_py'     ! py in vx_spec      [GeV/c]
*      tags_tuple(41) = 'tk2_pz'     ! pz in vx_spec      [GeV/c]
*      tags_tuple(42) = 'tk2_pid'    ! pid word
*      tags_tuple(43) = 'tk2_chi2'    ! trk reduced chi-squared
*      tags_tuple(44) = 'tk2_type'    ! q*[1000*nplanes + track_type]
*      ! 3rd secondary vertex track
*      tags_tuple(45) = 'tk3_x0'     ! x0 in vx_spec      [cm]
*      tags_tuple(46) = 'tk3_y0'     ! y0 in vx_spec      [cm]
*      tags_tuple(47) = 'tk3_px'     ! px in vx_spec      [GeV/c]
*      tags_tuple(48) = 'tk3_py'     ! py in vx_spec      [GeV/c]
*      tags_tuple(49) = 'tk3_pz'     ! pz in vx_spec      [GeV/c]
*      tags_tuple(50) = 'tk3_pid'    ! pid word
*      tags_tuple(51) = 'tk3_chi2'    ! trk reduced chi-squared
*      tags_tuple(52) = 'tk3_type'    ! q*[1000*nplanes + track_type]
*      ! 4th secondary vertex track
*      tags_tuple(53) = 'tk4_x0'     ! x0 in vx_spec      [cm]
*      tags_tuple(54) = 'tk4_y0'     ! y0 in vx_spec      [cm]
*      tags_tuple(55) = 'tk4_px'     ! px in vx_spec      [GeV/c]
*      tags_tuple(56) = 'tk4_py'     ! py in vx_spec      [GeV/c]
*      tags_tuple(57) = 'tk4_pz'     ! pz in vx_spec      [GeV/c]
*      tags_tuple(58) = 'tk4_pid'    ! pid word
*      tags_tuple(59) = 'tk4_chi2'    ! trk reduced chi-squared
*      tags_tuple(60) = 'tk4_type'    ! q*[1000*nplanes + track_type]
*
*      tags_tuple(61) = 'id'          ! id of reconstruction definition
*      tags_tuple(62) = 'status'      ! 100*number of reconstructions
*      ! + number of this reconstruction
*      tags_tuple(63) = 'tgt'         ! target number assigned to primary vertex
*      tags_tuple(64) = 'l'          ! z distance from primary vertex
*      tags_tuple(65) = 'sigma'      ! l uncertainty
*      tags_tuple(66) = 'q'          ! charge of recon
*      tags_tuple(67) = 'e'          ! energy
*      tags_tuple(68) = 'px'         ! px momentum
*      tags_tuple(69) = 'py'         ! py momentum
*      tags_tuple(70) = 'pz'         ! pz momentum
*      tags_tuple(71) = 'mass'       ! effective mass
*      tags_tuple(72) = 'dmass'      ! effective mass uncertainty
*      tags_tuple(73) = 'pvtx'      ! point-back reduced chi-squared
*      tags_tuple(74) = 'chi2'      ! tgt-prim_vtx reduced chi-squared
*      tags_tuple(75) = 'ndof'      ! tgt-prim_vtx degrees of freedom
*      tags_tuple(76) = 'bit'       ! mode bits
*      tags_tuple(77) = 'pmtrk1'     ! pid, mass ass., trk index [I*4]
*      tags_tuple(78) = 'pmtrk2'     ! pid, mass ass., trk index [I*4]
*      tags_tuple(79) = 'pmtrk3'     ! pid, mass ass., trk index [I*4]
*      tags_tuple(80) = 'pmtrk4'     ! pid, mass ass., trk index [I*4]
*      tags_tuple(81) = 'pmtrk5'     ! pid, mass ass., trk index [I*4]
*      tags_tuple(82) = 'pmtrk6'     ! pid, mass ass., trk index [I*4]

integer      ltuple
parameter    (ltuple = 82)
character*8  tags_tuple(ltuple)
real         tuple(ltuple)

real
+run         ,event      ,pvx_x ,pvx_y ,pvx_z ,
+pvx_sx ,pvx_sy ,pvx_sz ,pvx_chi2,pvx_nf ,pvx_nt ,
+svx_x ,svx_y ,svx_z ,svx_sx ,svx_sy ,svx_sz ,
+svx_chi2,svx_isol,btk_x0 ,btk_y0 ,btk_px ,btk_py ,
+btk_pz ,btk_pid ,btk_chi2,btk_type,tk1_x0 ,tk1_y0 ,
+tk1_px ,tk1_py ,tk1_pz ,tk1_pid ,tk1_chi2,tk1_type,
+tk2_x0 ,tk2_y0 ,tk2_px ,tk2_py ,tk2_pz ,tk2_pid ,
+tk2_chi2,tk2_type,tk3_x0 ,tk3_y0 ,tk3_px ,tk3_py ,
+tk3_pz ,tk3_pid ,tk3_chi2,tk3_type,tk4_x0 ,tk4_y0 ,
+tk4_px ,tk4_py ,tk4_pz ,tk4_pid ,tk4_chi2,tk4_type,
+id         ,status ,tgt ,l ,sigma ,q ,
+e          ,px ,py ,pz ,mass ,dmass ,
+pvtx      ,chi2 ,ndof ,bit

*
*      equivalence (run, tuple)
*
integer
+bitsor ,
+pmtrk1 ,pmtrk2 ,pmtrk3 ,pmtrk4 ,pmtrk5 ,pmtrk6

logical      chain
character*128 cfile
integer      nchevt,ichevt,idnevt,vidn1,vidn2,vidn3,vidn

*
common /pawchn/ chain, nchevt, ichevt
common /pawhc/ cfile

```

```

*
common/pawidn/idnevt,vidn1,vidn2,vidn3,vidn(10),
+run ,event ,bitsor ,pvx_x ,pvx_y ,pvx_z ,
+pvx_sx ,pvx_sy ,pvx_sz ,pvx_chi2,pvx_nf ,pvx_nt ,
+svx_x ,svx_y ,svx_z ,svx_sx ,svx_sy ,svx_sz ,
+svx_chi2,svx_isol,btk_x0 ,btk_y0 ,btk_px ,btk_py ,
+btk_pz ,btk_pid ,btk_chi2,btk_type,tk1_x0 ,tk1_y0 ,
+tk1_px ,tk1_py ,tk1_pz ,tk1_pid ,tk1_chi2,tk1_type,
+tk2_x0 ,tk2_y0 ,tk2_px ,tk2_py ,tk2_pz ,tk2_pid ,
+tk2_chi2,tk2_type,tk3_x0 ,tk3_y0 ,tk3_px ,tk3_py ,
+tk3_pz ,tk3_pid ,tk3_chi2,tk3_type,tk4_x0 ,tk4_y0 ,
+tk4_px ,tk4_py ,tk4_pz ,tk4_pid ,tk4_chi2,tk4_type,
+id ,status ,tgt ,l ,sigma ,q ,
+e ,px ,py ,pz ,mass ,dmass ,
+pvtx ,chi2 ,ndof ,bit ,pmtrk1 ,pmtrk2 ,
+pmtrk3 ,pmtrk4 ,pmtrk5 ,pmtrk6

data tags_tuple/
+run ,event ,bitsor ,pvx_x ,pvx_y ,pvx_z ,
+pvx_sx ,pvx_sy ,pvx_sz ,pvx_chi2',pvx_nf ,pvx_nt ,
+svx_x ,svx_y ,svx_z ,svx_sx ,svx_sy ,svx_sz ,
+svx_chi2',svx_isol',btk_x0 ,btk_y0 ,btk_px ,btk_py ,
+btk_pz ,btk_pid ,btk_chi2',btk_type',tk1_x0 ,tk1_y0 ,
+tk1_px ,tk1_py ,tk1_pz ,tk1_pid ,tk1_chi2',tk1_type',
+tk2_x0 ,tk2_y0 ,tk2_px ,tk2_py ,tk2_pz ,tk2_pid ,
+tk2_chi2',tk2_type',tk3_x0 ,tk3_y0 ,tk3_px ,tk3_py ,
+tk3_pz ,tk3_pid ,tk3_chi2',tk3_type',tk4_x0 ,tk4_y0 ,
+tk4_px ,tk4_py ,tk4_pz ,tk4_pid ,tk4_chi2',tk4_type',
+id ,status ,tgt ,l ,sigma ,q ,
+e ,px ,py ,pz ,mass ,dmass ,
+pvtx ,chi2 ,ndof ,bit ,pmtrk1 ,pmtrk2 ,
+pmtrk3 ,pmtrk4 ,pmtrk5 ,pmtrk6 /

```

2.7.2. Vtuples

Los archivos de salida del *pass2* fueron escritos en el formato de vtuples. A diferencia de los ftuples que son de tamaño fijo, estos vtuples son objetos de tamaño variable. Los vtuples consisten de un encabezado y un número de bloques, en total 9 bloques [88], donde en los diferentes bloques se tiene la información del recon, vértice primario, haz, vértice secundario, trayectorias que participaron en los vértices secundarios, kinks usadas por recon_sv, vees, y kinks usadas por recon_vk1, información de partículas neutras y una parte para el usuario donde esta última parte es reservada para otra información que se requiera por el usuario. Es importante señalar que cada block de información representa un objeto físico. Los vtuples son producidos cuando se prende en SOAP el paquete de recon el comando es “set on recon vtuple vtup1”, se pueden generar hasta 5 vtuples.

2.8. Simulación

Para entender el comportamiento de las variables, se necesita checar la eficiencia del aparato SELEX. Para entender esta parte se necesita realizar simulación de eventos, que en nuestro caso usamos el método de Monte Carlo. Esta simulación se divide en 2 partes, primero generar los eventos, y después estos eventos son embebidos en el aparato SELEX.

Embeber eventos es una herramienta incorporada a SOAP, que simula eventos generados en el aparato SELEX [85]. Esta herramienta puede ser usada para desarrollar y probar nuevas reconstrucciones, además estudia la aceptación geométrica de nuestro aparato y la eficiencia de reconstrucción para modos de física interesantes.

2.8.1. La generación de los eventos

La generación de los eventos en SELEX, se realiza por medio del generador (EDG¹⁷) [86], cuyo nombre es QQ, y fue desarrollado por la colaboración CLEO, este consiste de dos partes: La producción y el decaimiento [87]. La producción se simula con una distribución fenomenológica que está dada por

$$\frac{d\sigma}{dx_F dp_t^2} = A \cdot (1 - x_F)^n \cdot \exp(-bp_t^2) \quad (2.2)$$

Esta ecuación fue obtenida por unas reglas de conteo de quarks y argumentos de espacio fase [53]. También se necesita un archivo para generar los eventos (archivo.dec), donde los parámetros del generador son:

- El número de eventos que van a ser generados.
- El tipo de partículas que van a ser generadas.
- El tipo de partículas del haz incidente.
- El momento del haz incidente.
- El parámetro b de la ecuación 2.2.
- El parámetro n de la ecuación 2.2.

En la parte del decaimiento, se especifica el modo de decaimiento de la partícula que se va a generar y la razón de decaimiento. Un ejemplo del (archivo.dec) utilizado para generar \overline{D}^0 en el canal $K^+\pi^-$ es:

```
DECAY DOB
CHANNEL 0 1.0 K+ PI-
ENNDECAY
```

En este ejemplo, las propiedades del decaimiento incluyen el \overline{D}^0 (en el canal $K^+\pi^-$). Una propiedad importante es la razón de decaimiento, la cual es incluida en el archivo.dec (CHANNEL 0 1.0 K+ PI-). La razón de usar 1.0 en el archivo de ejemplo es porque en la determinación de la eficiencia solamente un canal a la vez es medido, por lo tanto el conjunto total de eventos que va a ser embebido, y no sólo una parte de estos eventos. Si se utilizara el valor real, la eficiencia necesitaría ser corregida por la razón de decaimiento del canal de la partícula generada.

Los eventos son generados en un archivo `.emb`. Como se muestra en la figura 2.23 este archivo consiste de:

- En la primer línea se especifica el número de trayectorias y la carga eléctrica por evento generado.

¹⁷Embedding Data Generator

2 +1 -1	0	0					
0.0000	0.0000	0.486	-0.003577	0.000863	0.999993	231.68	0.494
0.0000	0.0000	0.486	0.005303	-0.001280	0.999985	156.23	0.140
0.0007	0.0019	1.256	0.000956	0.002876	0.999995	302.17	0.494
0.0007	0.0019	1.256	-0.004962	-0.017004	0.999843	22.57	0.140
0.0094	0.0270	8.978	0.001157	0.004241	0.999990	504.40	0.494
0.0094	0.0270	8.978	0.000428	-0.003955	0.999992	89.62	0.140
-0.0026	-0.0005	0.418	-0.004755	-0.008330	0.999954	114.74	0.494
-0.0026	-0.0005	0.418	-0.008962	0.012995	0.999875	56.33	0.140
0.0027	0.0004	2.759	-0.005931	0.000339	0.999982	123.77	0.494
0.0027	0.0004	2.759	0.007276	-0.000053	0.999974	135.51	0.140
0.0004	0.0027	0.661	-0.002466	0.004940	0.999985	254.28	0.494
0.0004	0.0027	0.661	0.006938	0.002221	0.999973	125.32	0.140
0.0044	-0.0126	1.395	0.015490	-0.001423	0.999879	54.47	0.494
0.0044	-0.0126	1.395	-0.003362	-0.013012	0.999910	102.83	0.140
0.0000	0.0000	0.084	-0.002849	-0.002929	0.999992	195.92	0.494
0.0000	0.0000	0.084	0.008466	0.009597	0.999918	55.09	0.140
0.0058	-0.0030	0.498	-0.001447	-0.028913	0.999581	32.43	0.494
0.0058	-0.0030	0.498	0.023092	0.014214	0.999632	36.59	0.140
0.0197	-0.0077	4.926	0.002274	-0.001279	0.999997	323.32	0.494

Figura 2.23: Parte del archivo generado por QQ con los productos de los decaimientos de \overline{D}^0 producidas por un haz de Σ^- de 600 GeV/c.

- Cada línea se divide en ocho columnas. Las primeras 3 columnas son las coordenadas iniciales en centímetros de la trayectoria del evento (x, y, z) , las siguientes 3 son los cosenos directores $(c\alpha, c\beta, c\gamma)$ de la trayectoria en (x, y, z) , las últimas dos columnas son el momento total y la masa de la trayectoria, respectivamente.

2.8.2. Embeber eventos

Los eventos generados pueden ser embebidos con eventos reales o no. Para embeber los eventos se necesitan prender algunos comandos en SOAP. Los comandos que se necesitan añadir en el programa soap.cmd son:

```
execute mcmatch
! set on mcmatch embed match addvtx smear
  set on mcmatch embed smear match
  disk embed d0b_ki.emb
```

Este paquete lo primero que hace es encontrar el vértice primario de un evento real, después lee la información de un evento generado por el generador descrito en la subsección 2.8.1. El vértice primario junto con las trayectorias del evento real son trasladados al vértice primario del evento real. Esta es la manera de simular eventos en SELEX, primero se generan eventos en EDG y después se embeben estos eventos en el aparato SELEX.

Capítulo 3

Procedimiento de análisis de datos

3.1. Introducción

En este capítulo se hace de manera más detallado el procedimiento de medición para los decaimientos $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$ y $D^- \rightarrow K^+ \pi^- \pi^-$. En este capítulo se hace énfasis en la separación por haz, blanco y una combinación de haz y blanco, ya que es importante señalar que el análisis se puede hacer con estas variables. Como el análisis se hace en función de las variables cinemáticas x_F y p_t^2 . Se describe como calcular la aceptación, asimetría, eventos corregidos por aceptación y la dependencia nuclear en función de x_F y p_t^2 . El mismo procedimiento se aplica a las otras partículas.

3.2. Masa invariante

Si tenemos una cierta partícula (por ejemplo D^+) que decae a algunas partículas hijas, el cuadrimomento al cuadrado de la partícula madre es:

$$P^2 = P^\mu P_\mu = \frac{E^2}{c^2} - \vec{P}^2 \quad (3.1)$$

En el marco de referencia de la partícula madre (momento $\vec{P} = 0$), la ecuación anterior se transforma en:

$$P^2 = \frac{E^2}{c^2} \quad (3.2)$$

Sustituyendo, $E = mc^2$ en la ecuación anterior, tenemos que:

$$P^2 = m^2 c^2 \quad (3.3)$$

Despejamos m de la ecuación anterior, y obtenemos que:

$$m = \sqrt{\frac{P^2}{c^2}} \quad (3.4)$$

Esta cantidad m es llamada masa invariante, donde P^2 es calculado de la suma del cuadrivector de las partículas hijas. Para determinar las componentes del cuadrivector de las partículas hijas, se utilizan los diferentes detectores de SELEX, por ejemplo para medir la magnitud del momento se utilizan los detectores de partículas y los campos magnéticos. Es importante señalar que las masas de las partículas hijas utilizadas en el cálculo de la masa invariante de la partícula madre, hasta cierto punto se trata de una adivinanza. Por ejemplo, el caso del mesón D^+ que decae en $K^-\pi^+\pi^+$, la reconstrucción de estas partículas el detector RICH nos da una cierta probabilidad de que una cierta trayectoria sea un K^- y la masa del Kaón es utilizada en el cálculo de la masa invariante, lo mismo se hace para π^+ .

En la figura 3.1 se muestra la reconstrucción de masa invariante de $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$ y $D^- \rightarrow K^+ \pi^- \pi^-$. Se utilizó el software de SELEX (SOAP) para el análisis de todos los decaimientos estudiados en el presente trabajo. Es importante señalar que SOAP ya cuenta con algunos cortes implícitos. En este caso se utilizó el paquete de reconstrucción llamado candidate (véase la sección 2.6.4) y los datos cuentan con un corte en $L/\sigma > 0$.

Como se puede ver en la figura 3.1 la distribución de masa invariante tiene mucho ruido, no se alcanza a ver una señal clara, a lo cual se procede a realizar algunos cortes físicos para obtener una señal limpia con la que se pueda trabajar.

El mesón D^+ es un decaimiento típico de charm, su masa es de $m=1869.3 \pm 0.4 \text{ MeV}/c^2$, su tiempo de vida es de $\tau = (1040 \pm 7) \times 10^{-15} \text{ s}$, y el tiempo de vuelo o la distancia que vuela la partícula $c\tau = 311.8 \mu\text{m}$. Para un momento típico de SELEX de $100 \text{ GeV}/c$, esta partícula volaría una distancia $L = \gamma c\tau = 100 \times 311.8 \mu\text{m} = 3.11 \text{ cm}$ antes de decaer en $K^-\pi^+\pi^+$.

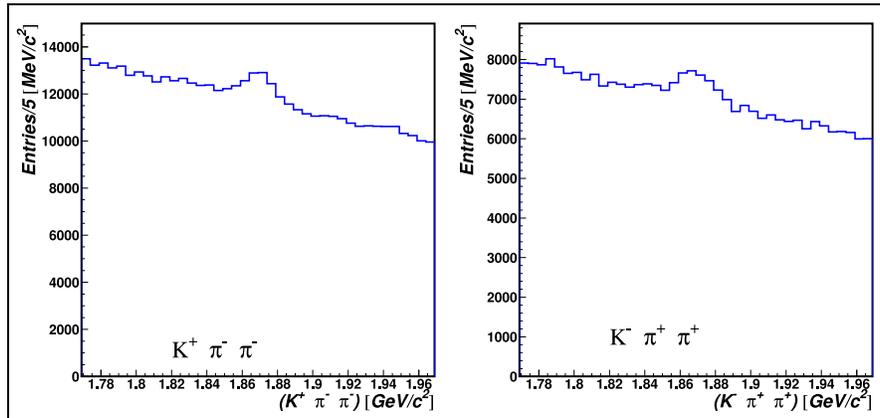


Figura 3.1: Reconstrucción de la masa invariante de $K^+\pi^-\pi^-$ y $K^-\pi^+\pi^+$.

3.3. Cortes

En la parte de análisis de los datos se realizan algunos cortes físicos los cuales se describen a continuación. Estos nos ayudan a eliminar el ruido, es

importante decir que al hacer un corte también estamos perdiendo eventos buenos, pero al final se debe mejorar la razón de la señal/ruido.

En la figura 3.2 se muestra el esquema de un evento para D^+ , en el cual se pueden ver algunos de los cortes.

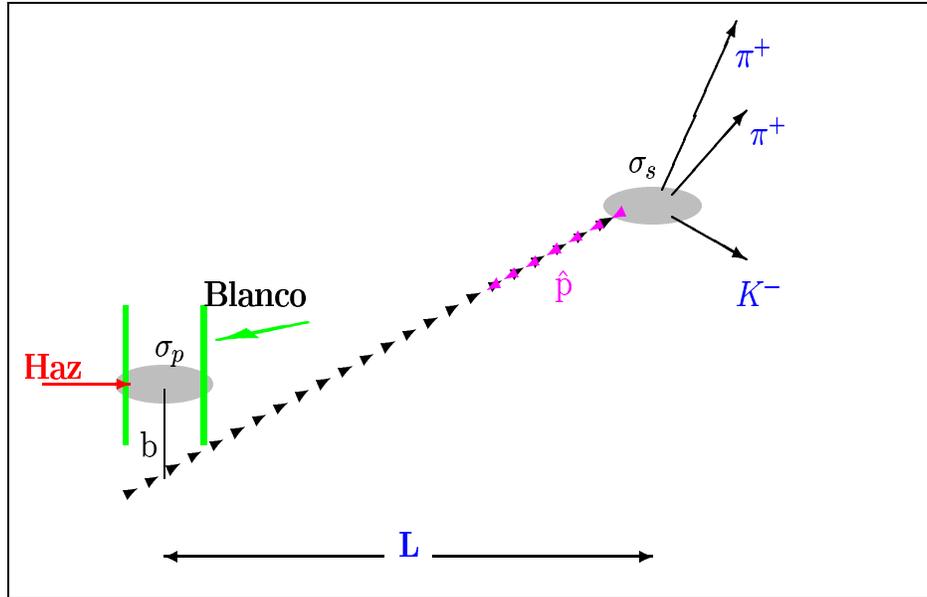


Figura 3.2: Esquema del decaimiento de D^+ .

- L/σ

L es la separación entre el vértice primario y secundario, mientras que σ es el error para ambos vértices, donde $\sigma^2 = \sigma_p^2 + \sigma_s^2$, σ_p y σ_s son los errores asociados al vértice primario y al vértice secundario, respectivamente. Este corte es muy útil ya que debido al tiempo de vida del D^+ , el cual es de 1040×10^{-15} segundos, es grande en comparación con el ruido. La mayor parte del ruido son partículas que tienen corto tiempo de vida, si reconstruyéramos la masa invariante de algunas de estas partículas, esperaríamos una Gaussiana de una σ , estas partículas decaen inmediatamente en el vértice primario.

- σ

σ es el error para ambos vértices, donde $\sigma^2 = \sigma_p^2 + \sigma_s^2$, σ_p y σ_s son los errores asociados al vértice primario y al vértice secundario, respectivamente.

- p_{tx}

Es el parámetro de impacto del vector momento al candidato D^+ con respecto al vértice primario. Este se calcula cuando el vector resultante de la suma de las trayectorias de todas las partículas hijas son extrapoladas al plano z del vértice primario, entonces el parámetro de impacto es esta distancia al cuadrado dividida por su error.

- χ_{sec}^2
 La reconstrucción del vértice secundario basado en la calidad del ajuste χ^2 .
- Se eliminan vértices secundarios en material.
- pvx_z
 Esta es la posición en el eje z para el vértice primario.
- svx_z
 Esta es la posición en el eje z para el vértice secundario.
- σ_s
 Este es el error en la posición en el eje z para el vértice secundario.
- $Scut$
 Las trayectorias de las partículas hijas son extrapoladas al plano z del vértice primario y la distancia a este vértice es medida para cada trayectoria. $Scut$ es la segunda más cercana dividida por su error. Este corte quita trayectorias que vienen del vértice primario y pasan cerca del vértice secundario y estas son incluidas por accidente en el ajuste al vértice secundario.
- Momento de los piones
 Este corte es útil ya que se tiene una gran cantidad de piones lentos que producen mucho ruido. Debido a la dispersión múltiple, la trayectoria tiene errores grandes debido a la dispersión y contiene poca información sobre el vértice. Por lo tanto extrayendo estas trayectorias se logra reducir el ruido, con la ventaja de que perdemos pocos eventos buenos.
- Corte en masa
 Este corte es para verificar que sólo se tomen candidatos buenos a alguna partícula.
- \mathcal{L} (partícula)
 Este corte es para la identificación de partículas hijas en el RICH.

Después de aplicar algunos cortes se obtiene la distribución de masa invariante de los candidatos a D^+ (histograma rojo) y D^- (histograma azul), la cual se muestra en la figura 3.3. Es importante señalar, estrictamente hablando que esta es la masa invariante de $K^-\pi^+\pi^+$ y $K^+\pi^-\pi^-$, encontramos un pico y un ancho que corresponde a la resolución del experimento, y los eventos en el pico por encima del ruido se interpretan como los candidatos a D^+ (histograma rojo) y D^- (histograma azul).

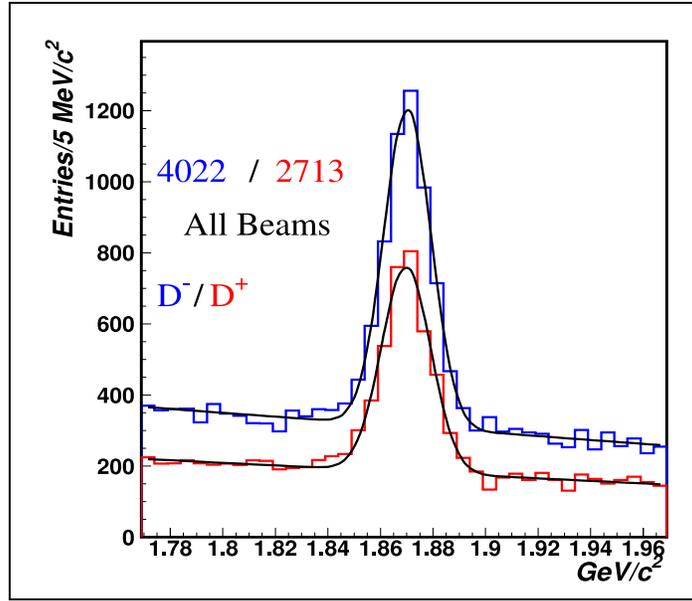


Figura 3.3: Distribución de la masa invariante de $K^-\pi^+\pi^+$ (histograma rojo) y $K^+\pi^-\pi^-$ (histograma azul) para todos los haces.

3.4. Número de eventos

El número de eventos en la masa invariante se calcula de la siguiente forma, se ajusta el histograma a una función de Gauss a la cual se le suma un polinomio de grado uno, como se puede ver en el histograma de masa invariante se tienen eventos que no son de la reconstrucción deseada, a estos eventos se les llama ruido ó *background* los cuales siguen una distribución aproximadamente constante respecto a la masa invariante de reconstrucción. La función está dada en la ecuación 3.5:

$$F(y) = \frac{\Delta P_1}{\sqrt{2\pi} P_3} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{P_3}\right)^2\right) + P_4 + P_5 y \quad (3.5)$$

donde, $y = m - P_2$, m es la masa invariante de los candidatos a D^\pm , Δ es el ancho del bin del histograma, P_1 es el número de partículas D^\pm , P_2 es la media, P_3 es la varianza, P_4 es el término constante del polinomio de grado uno con el origen en la media, y P_5 es el coeficiente lineal. El resultado del ajuste de 5 parámetros 2 del polinomio de grado 1, y 3 de la Gaussiana, nos da como resultado el número de eventos, este se muestra en la figura 3.4 para el decaimiento D^- .

Este resultado del número de eventos es sólo como ilustración y no es utilizado para el resultado final, este sólo es para darnos una idea de la estadística con que cuenta el experimento.

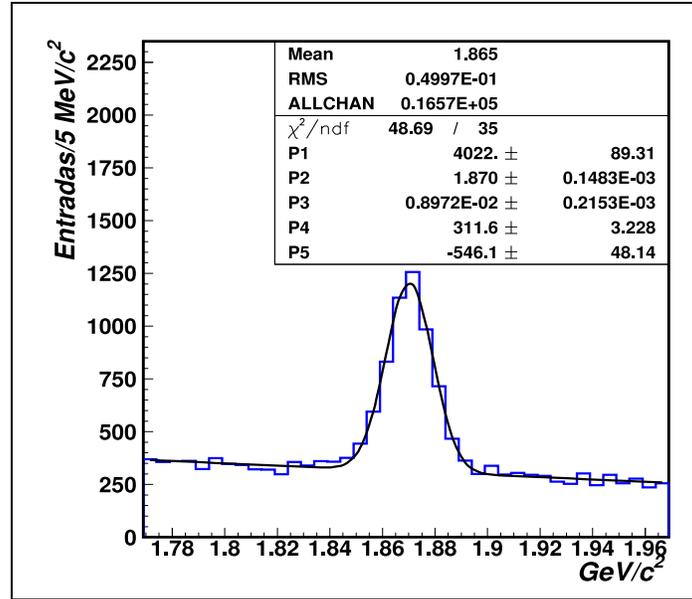


Figura 3.4: Ajuste de la distribución de la masa invariante de los candidatos a D^- para todos los haces a la función 3.5.

3.5. Distribuciones en x_F y p_t para D^\pm

El análisis de la producción de partículas está basado en el uso de dos variables cinemáticas x_F y p_t . El análisis se realiza evento por evento para obtener los candidatos a D^- . Se obtuvieron las distribuciones en x_F y p_t de los candidatos a D^- , separando estas distribuciones dependiendo del haz ($\Sigma^-, \pi^-, p, \pi^+$) que los produjo. El procedimiento se realizará para Σ^- y la variable x_F , sólo como ilustración, pero el mismo procedimiento se aplica a los otros haces, y a cualquier otra variable, en nuestro caso p_t .

En la figura 3.6 se muestra la distribución en x_F de los candidatos a D^- producidos por el haz de Σ^- (histograma azul).

Es importante mencionar que estas distribuciones son una mezcla de candidatos a D^- con ruido. En la siguiente sección se detallará el método que se utilizó para sustraer el ruido.

3.6. El método de sustracción del ruido para D^\pm

El método *Sideband Subtraction* se utilizó para sustraer el ruido de la señal, este es un método puramente estadístico, además es muy importante para el análisis, ya que lo que se quiere, es ver como se comportan los decaimientos y no el ruido. Es importante señalar, que la distribución de la variable de interés que se quiere medir es independiente de la masa invariante, significa que la distribución se comporta de igual forma abajo, a la izquierda, y a la derecha de la señal. El método se detallará para la variable x_F , pero funciona para otra variable cualquiera, este mismo método se

puede utilizar para la variable p_t . A continuación se describe el método:

1. Se hace un histograma bidimensional en el cual se coloca en una dimensión la masa del decaimiento D^- ($K^+\pi^-\pi^-$) más un cierto rango de masa a la izquierda y a la derecha, y en la otra dimensión la variable de interés, en este caso x_F .
2. Se realiza una proyección en x_F del intervalo $(\mu - 3\sigma: \mu + 3\sigma)$ que en este caso es de 1.844-1.894 GeV/ c^2 , la cual se llama señal + ruido (S+R). μ y σ son la media y la variancia de la función de Gauss, respectivamente, donde estas se obtienen de la simulación en MonteCarlo y de datos.
3. Se realiza una segunda proyección en x_F en el intervalo 1.769-1.819 GeV/ c^2 , la cual se llama banda ruido1 (R1).
4. Se realiza una tercera proyección en x_F en el intervalo 1.919-1.969 GeV/ c^2 , la cual se llama banda ruido2 (R2).
5. Ahora se suman la segunda y tercera proyección y el resultado se divide entre 2, la cual se llama ruido ($R = (R1 + R2)/2$).
6. Para obtener la señal, se hace una resta de la primera proyección (señal + ruido) - (ruido), $(S+R) - R$, y se obtiene la señal (S).
7. El error asociado a la señal se toma de la siguiente forma, la raíz cuadrada de $(\text{señal} + \text{ruido}) + (\text{ruido})$, $\Delta S = \sqrt{\Delta(S + R) + \Delta R}$

Se estudió el ruido de la distribución en x_F , es decir, R1 y R2, se compararon y se obtuvo que son iguales dentro de los errores estadísticos, y por lo tanto se puede concluir que el ruido R en (S+R) debe tener el mismo comportamiento.

Cabe señalar que este método de sustracción nos da los mismos resultados dentro de los errores estadísticos que en el caso de realizar un ajuste a una Gaussiana y un polinomio de grado 1, siempre y cuando la estadística sea buena. Además, una de las principales ventajas de utilizar el método de sustracción de ruido, es que funciona perfectamente bien cuando la estadística es baja, ya que es un método puramente estadístico. Sin embargo, una de las desventajas de este método es que el ruido tiene que ser lineal.

En la figura 3.5 se muestra la distribución en 2 dimensiones de la masa contra x_F , y también se puede ver las bandas de ruido1 y ruido2 en rojo y azul, respectivamente, la banda en negro corresponde a la (señal + el ruido).

En la figura 3.6 se muestran las distribuciones para x_F para el haz de Σ^- antes (histograma azul) y después de aplicar el método de sustracción del ruido (histograma rojo).

También es importante señalar que estas distribuciones no están corregidas por aceptación. El siguiente paso es corregir por la aceptación.

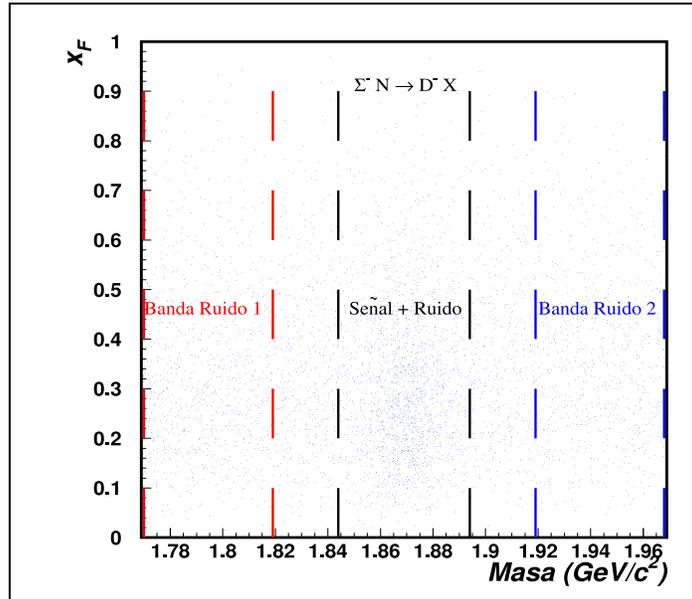


Figura 3.5: Distribución 2-D de los candidatos a D^- producidos por el haz de Σ^- . Cada punto representa un candidato a $K^+\pi^-\pi^-$ como función de x_F .

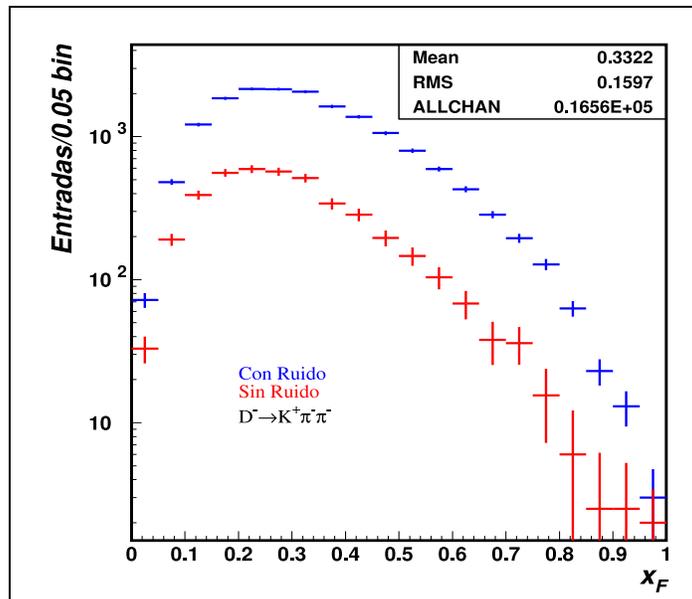


Figura 3.6: Distribuciones en x_F de D^- ($K^+\pi^-\pi^-$) producidas por el haz de Σ^- antes (histograma azul) y después de aplicar el método de sustracción del ruido (histograma rojo).

3.7. La aceptancia para D^\pm

La aceptancia se define como la eficiencia del experimento (software y hardware) para reconstruir a una partícula en ese experimento. En este trabajo es necesario conocer la aceptancia para una partícula dada en función de las variables cinemáticas x_F y p_t , que son las variables que se usan para caracterizar la producción de partículas. La aceptancia en función de x_F se realiza haciendo uso del método embeber eventos ó “Embedding” el cual fue detallado en la sección 2.8.

En primer lugar, se genera un archivo.emb con 500,000 eventos decayendo al modo de interés $D^- \rightarrow K^+\pi^-\pi^-$ producidas por un haz de Σ^- con un momento de 600 GeV/c. La producción de los eventos generados se hace con el uso de la ecuación 2.2 con los parámetros $n=0.0$ y $b=1.0$. Aunque estos parámetros no corresponden a los valores reales para la producción de la partícula D^- , el parámetro $n=0.0$ nos da la misma estadística en todo el rango de x_F , y el parámetro $b=1.0$, es una buena aproximación al valor para los decaimientos con charm. En la figura 3.7 (izquierda) se muestra la distribución para los eventos generados en función de x_F .

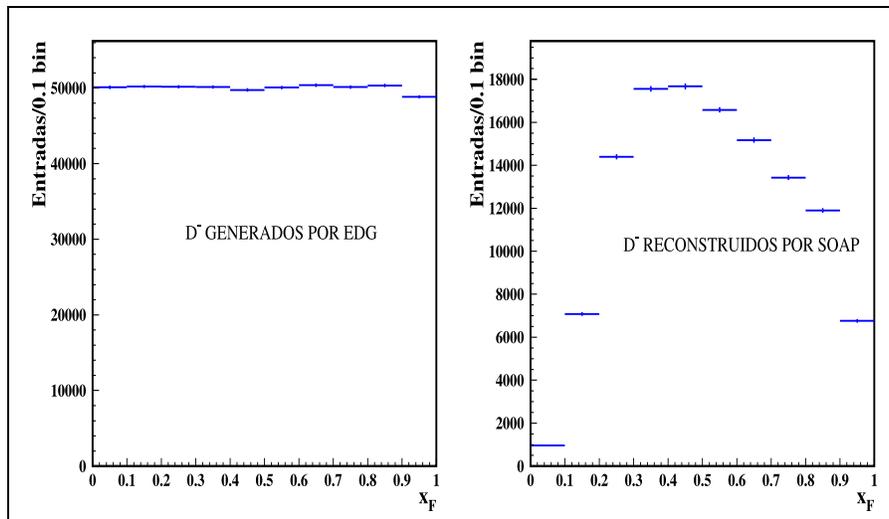


Figura 3.7: Distribución en x_F de D^- generada por EDG (izquierda), y distribución en x_F de D^- reconstruida por SOAP (derecha).

En segundo lugar, se simulan eventos de partículas D^- en el aparato SELEX usando el archivo.emb por medio del programa de embeber eventos en SOAP, el cual se explicó en la sección 2.8. En la figura 3.7 (derecha) se muestra la distribución para los eventos reconstruidos en el aparato SELEX.

El último paso es calcular la aceptancia, la cual se define de la siguiente manera:

$$Aceptancia(x_F, p_t) = \frac{\text{numero de eventos reconstruidos}}{\text{numero de eventos generados}} \quad (3.6)$$

La aceptación para los mesones D^+ y D^- en función de x_F se muestra en la figura 3.8, aquí se puede ver que hay una pequeña diferencia no significativa entre partícula y antipartícula. Se hace un promedio de las aceptancias para partícula y antipartícula y este promedio de aceptancias es utilizado para corregir la variable x_F . La forma de la aceptación en función de x_F se debe principalmente a 2 factores, primero a la geometría del experimento, ya que se mide el momento en los diferentes detectores que se tienen, y segundo al tiempo de vida de la partícula.

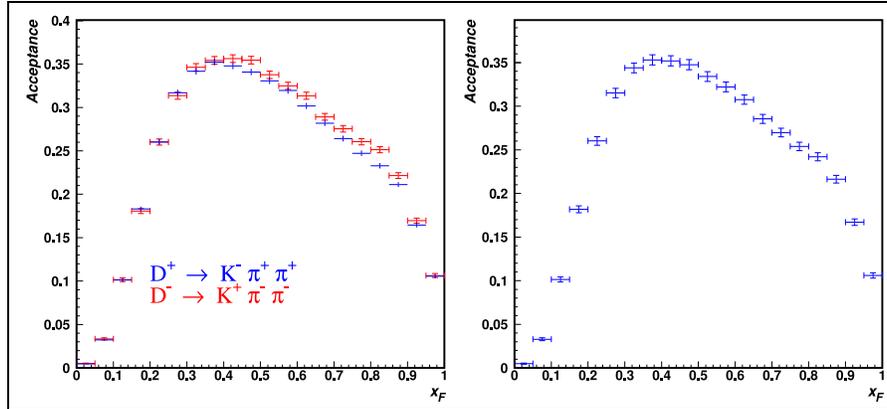


Figura 3.8: Aceptancias para D^+ y D^- ambas en función de x_F (izquierda). En la parte derecha se muestra el promedio de las aceptancias y esta aceptación es utilizada para corregir la variable x_F .

Aplicando el mismo procedimiento a la variable p_t^2 se obtiene la aceptación del decaimiento D^- . La aceptación para el rango en p_t^2 de 0.0-10 $(\text{GeV}/c)^2$ se muestra en la figura 3.9, aquí se puede ver que la aceptación es casi constante con respecto a esta variable, como lo muestra el ajuste la pendiente es pequeña, se puede despreciar y tomar sólo un factor constante. Con esto se concluye que la aceptación no depende de (p_t^2) . Esto es de mucha utilidad ya que al corregir las distribuciones en p_t^2 sólo se corregirán por un factor constante. Si este no fuera el caso habría que corregir en las 2 variables simultáneamente, lo cual complicaría el análisis.

3.8. Eventos corregidos para D^\pm producidos el haz de Σ^-

Una vez que se tiene la distribución en x_F limpia (habiendo aplicado el método de sustracción de ruido), el último paso es corregir la distribución por la aceptación en esa misma variable, lo que se hace es la división de la distribución en x_F por su aceptación en la misma variable.

En la figura 3.10 se muestran los eventos (izquierda) y los eventos corregidos por aceptación para D^\pm producidos por el haz de Σ^- (derecha). A los eventos corregidos se les aplicó un ajuste a la función $(1 - x_F)^n$.

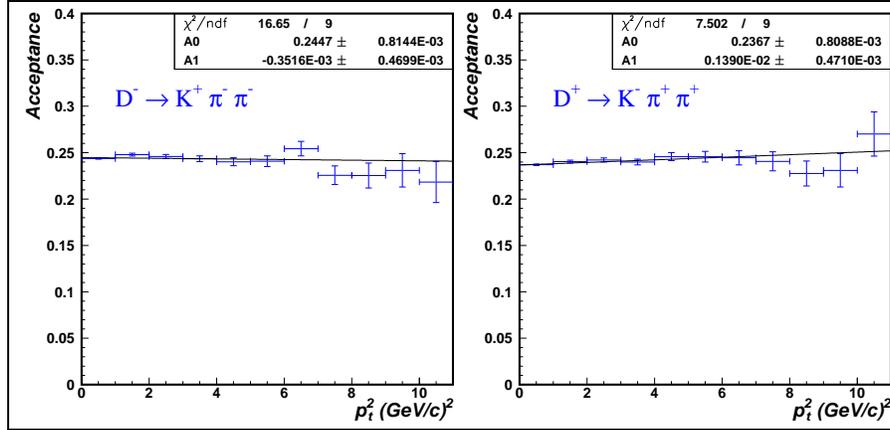


Figura 3.9: Aceptancias para D^+ y D^- ambas en función de p_t^2 . La aceptación es plana, y por lo tanto no depende del momento transversal.

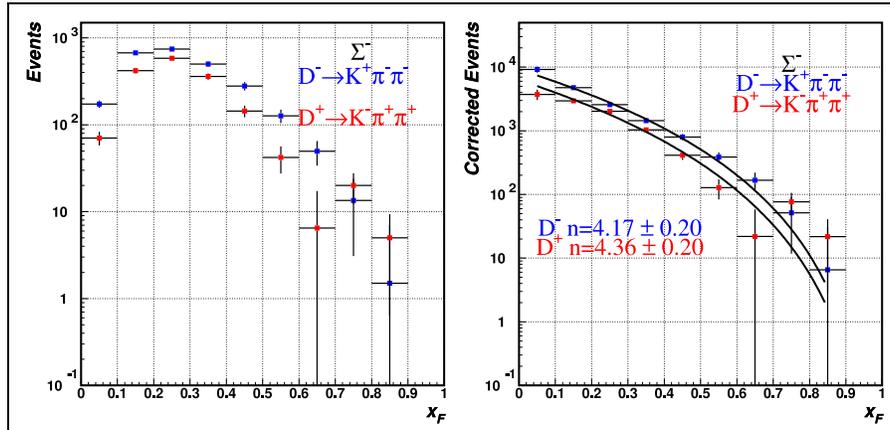


Figura 3.10: Distribución no corregida en x_F (izquierda) y corregida (derecha) para D^\pm producidas por el haz de Σ^- , a la distribución corregida se le aplicó un ajuste a la función $(1 - x_F)^n$.

3.9. Separación por blanco

Todas las distribuciones mencionadas anteriormente son un promedio de los 5 blancos de producción del experimento SELEX. Se obtuvieron las distribuciones en x_F y p_t de los candidatos a D^- y D^+ dependiendo del haz ($\Sigma^-, \pi^-, p, \pi^+$), y el blanco de producción (2 de cobre y 3 de diamante) que los produjo. El procedimiento que se explicó en las secciones 3.5, 3.6, y 3.7 se aplica de la misma manera a las distribuciones para un cierto blanco de producción.

En esta sección se realiza el análisis de los datos haciendo uso de los 5 blancos con que se cuentan en SELEX, 2 de cobre y 3 de diamante.

3.9.1. La aceptación de D^\pm para los diferentes blancos

En esta sección se muestra la aceptación para los diferentes blancos. En la sección 3.7 se mostró la aceptación para nuestros decaimientos, esa aceptación es un promedio de los 5 blancos de producción con que se cuenta en SELEX, pero al hacer el análisis por blanco, se necesita conocer la aceptación para cada blanco de producción. En la figura 3.11 se muestra la aceptación para los mesones D^+ (izquierda) y D^- (derecha) para los 5 blancos de producción. Es importante señalar que para obtener esta figura 3.11 no es trivial, ya que se encontraron algunos problemas, los cuales serán detallados en el capítulo 4.

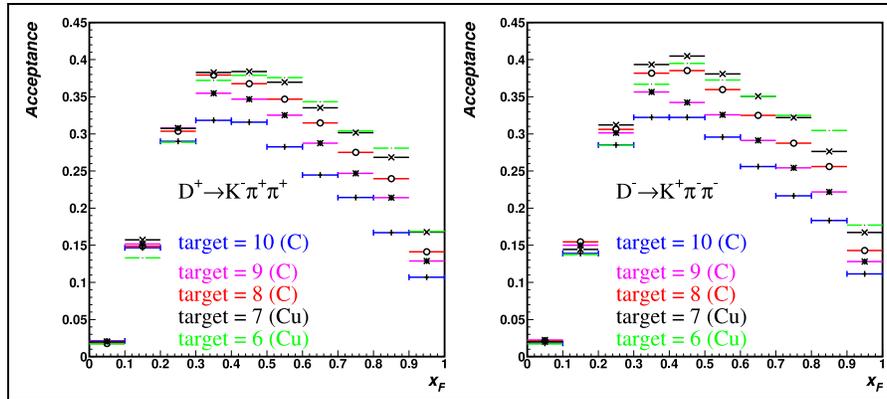


Figura 3.11: Aceptancia en x_F para D^\pm para los diferentes blancos.

3.10. Eventos corregidos para D^\pm producidos por el haz de Σ^- y los blancos de producción

Como se ha explicado a lo largo de este capítulo se pueden obtener distribuciones en x_F y p_t de los decaimientos D^- y D^+ dependiendo del haz (4 haces) y del blanco de producción (5 blancos), por lo tanto se tienen muchas combinaciones de figuras para cada decaimiento. Como ilustración

en la figura 3.12 se muestran los eventos corregidos de los decaimientos D^- y D^+ producidos por el haz de Σ^- y un promedio de los 5 blancos (izquierda), el haz de Σ^- y blancos de diamante (centro), y por último el haz de Σ^- y los blancos de cobre (derecha). A estas figuras se les realizó un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

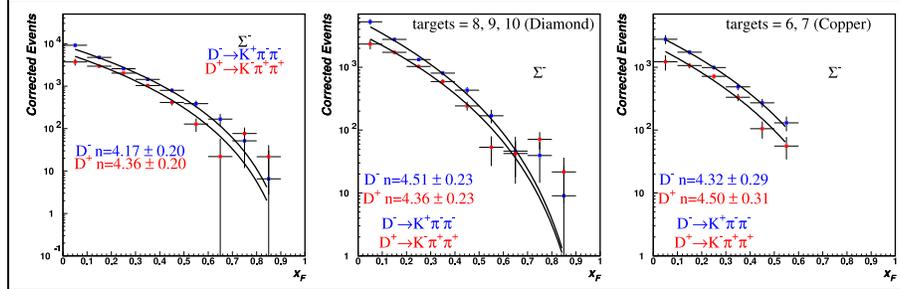


Figura 3.12: Distribuciones corregidas en x_F para D^\pm para el haz de Σ^- , todos los blancos (izquierda), blancos de diamante (medio) y cobre (derecha).

3.11. Asimetría para D^\pm

Para obtener la asimetría de producción D^- - D^+ como función de x_F y p_t^2 se hace uso de la definición dada en la ecuación 1.9. Debido a que la aceptación para partícula y antipartícula es igual dentro de los errores estadísticos, no importa si se usan eventos, o eventos corregidos para el cálculo de la asimetría, ya que las aceptancias se cancelan.

La asimetría de producción D^- - D^+ como función de x_F ó p_t^2 está dada por la siguiente ecuación:

$$A = \frac{N_{D^-} - N_{D^+}}{N_{D^-} + N_{D^+}} \quad (3.7)$$

donde, N_{D^-} y N_{D^+} es el número de eventos para D^- y D^+ , respectivamente.

Como se ha mostrado a lo largo de este capítulo se tienen muchas combinaciones posibles para los diferentes decaimientos. Como ilustración en la figura 3.13 se presenta la asimetría de producción D^- - D^+ para el haz de Σ^- en función de x_F .

3.12. Dependencia nuclear de D^\pm

Para obtener la dependencia nuclear para D^\pm como función de x_F y p_t se hace uso de las siguientes ecuaciones.

La razón R es definida:

$$R = \left(\frac{\sigma_{Cu}}{\sigma_C} \right) \left(\frac{A_C}{A_{Cu}} \right) = \left(\frac{N_{Cu}}{N_C} \right) \left(\frac{\rho_C}{\rho_{Cu}} \right) \left(\frac{L_C}{L_{Cu}} \right) \quad (3.8)$$

El parámetro α está definido:

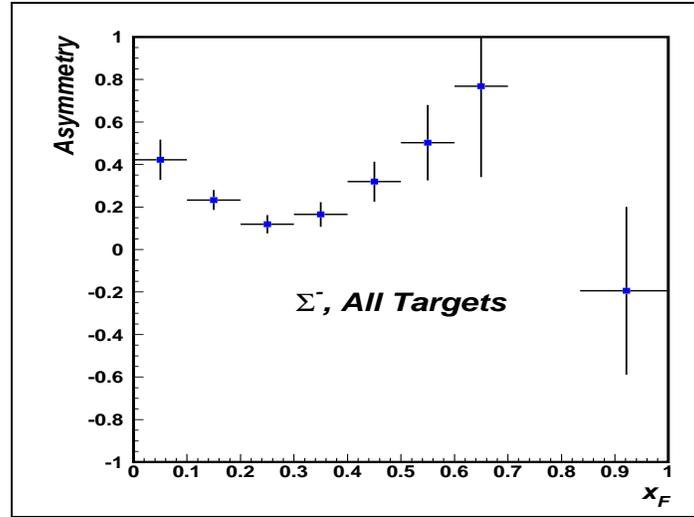


Figura 3.13: Asimetría de producción para $D^- - D^+$ en función de x_F , para el haz de Σ^- .

$$\alpha = \frac{\ln \left(\left(\frac{N_{Cu}}{N_C} \right) \left(\frac{\rho_C}{\rho_{Cu}} \right) \left(\frac{L_C}{L_{Cu}} \right) \left(\frac{A_{Cu}}{A_C} \right) \right)}{\ln \left(\frac{A_{Cu}}{A_C} \right)} \quad (3.9)$$

Para obtener estas variables lo que se hace es realizar una división de los histogramas de los eventos corregidos por aceptación multiplicados por algunas constantes geométricas y del material, estas constantes se muestran en la tabla 2.1.

En la figura 12.1 se muestran los eventos corregidos por aceptación, la razón y el parámetro α para la suma de los mesones $D^+ + D^-$ producidos por el haz de Σ^- .

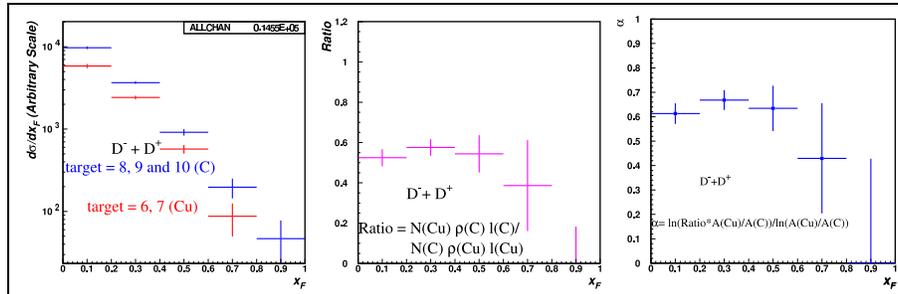


Figura 3.14: Eventos corregidos por aceptación, la razón y el parámetro α para la suma de $D^+ + D^-$ producidos por el haz de Σ^- .

3.13. La sección eficaz total de charm

En esta sección se presenta como medir la sección eficaz total de charm, aunque no se realizó la medición, sólo se menciona como se podría medirla. Se pone como ilustración para el mesón D^0 producido por el haz de π^- , de manera similar es para otros decaimientos con charm producidos por algún haz. Se utiliza la variable x_F , pero funciona para otra variable, como por ejemplo p_t^2 .

Primero la sección eficaz se define como:

$$\sigma(\pi^- N \rightarrow D^0 X; x_F) = \frac{N_{prod}(D^0; x_F)}{T_N N_{\pi^-}} \quad (3.10)$$

donde, N_{prod} es el número de eventos para el mesón D^0 producidos durante el tiempo que corrió el experimento, para conocer este factor se necesitan, el número de eventos reconstruidos de los candidatos a D^0 , la aceptación, la eficiencia del trigger, y la razón de decaimiento del mesón D^0 . T_N es el número de nucleones por área en el blanco (calculados del ancho del blanco) y finalmente N_{π^-} es el número de partículas incidentes durante el tiempo que corrió el experimento.

Existen factores de esta ecuación que no son determinados en este trabajo, pero existen formas de evaluar estos factores. A continuación se describe la forma de obtener estos factores:

- Se puede comparar con otros experimentos que ya midieron la sección eficaz total para una partícula con charm, siempre y cuando sea la misma partícula y haz, de esta forma podemos normalizar, y por lo tanto obtener números absolutos.
- También existen experimentos que midieron la sección eficaz de el barión Λ^0 , como la sección eficaz para este barión esta bien entendida, se puede utilizar como partícula de control, con lo cual debemos obtener el mismo número del punto anterior.

Después de encontrar estos factores, se normalizan para obtener un valor de la sección eficaz total de ese decaimiento en particular, después ese valor se utiliza para encontrar la sección eficaz total de los otros decaimientos con charm, y finalmente se pueden sumar todos los decaimientos (mesones D y algunos bariones), para obtener la sección eficaz total de charm.

3.14. La propagación de los errores

En el análisis de datos es importante el cálculo de los errores estadísticos y sistemáticos. A continuación se explica como se obtuvieron los errores estadísticos de las distribuciones que se mostraron en las secciones anteriores. Para la suma, resta ó división de histogramas, se toma una pequeña parte de la teoría de la propagación de errores. Para un histograma con un cierto

número de bins, el contenido de cada bin se toma como las entradas que hay en cada bin y el error asociado a cada bin se toma como la raíz cuadrada del número de entradas en el bin. En estos casos corresponden a las estadísticas de Poisson o Gauss.

Tomando 2 histogramas con el mismo número de bins. Si $a_i \pm \Delta a_i$ es el número de eventos con su respectivo error que contiene un bin del histograma A . Si $b_i \pm \Delta b_i$ es el número de eventos con su respectivo error que contiene un bin del histograma B . Entonces, C es el histograma resultante de alguna operación realizada entre A y B . Sea $c_i = f(a_i, b_i)$ el número de eventos que contiene un bin del histograma C , y sea Δc su error asociado.

$$(\Delta c_i)^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial a}\right)^2 (\Delta a_i)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial b}\right)^2 (\Delta b_i)^2 \quad (3.11)$$

Esta ecuación sólo es válida si a_i y b_i no están correlacionados, y si los errores son pequeños, de lo contrario se debe agregar en la ecuación 3.11 las contribuciones de los términos que representan la covarianza de los pares de variables de $c = f(a_i, b_i)$.

Para la suma ó resta de dos histogramas se toma:

Si $c_i = f(a_i, b_i) = a_i \pm b_i$, entonces

$$(\Delta c_i)^2 = (\Delta a_i)^2 + (\Delta b_i)^2 \quad (3.12)$$

Para la multiplicación ó división de dos histogramas se toma:

Si $c_i = f(a_i, b_i) = a_i b_i$, ó $c_i = f(a_i, b_i) = \frac{a_i}{b_i}$, entonces

$$(\Delta c_i)^2 = c_i^2 \left(\left(\frac{\Delta a_i}{a_i}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b_i}{b_i}\right)^2 \right) \quad (3.13)$$

3.14.1. Error para la aceptación

En la sección 3.7 se mostró la ecuación 3.6 para el cálculo de la aceptación, aunque es una simple división de histogramas no podemos utilizar la ecuación 3.13, esto debido a que existe una correlación del 100 % entre los eventos generados con los eventos reconstruidos. El cálculo de los errores para la aceptación de manera correcta es tomando los errores binomiales. Si pensamos en cara (p) ó cruz (q), $p = n > / N$ (número de caras) y $q = 1 - p$ (número de cruces) con $\sigma^2 = Npq$, la probabilidad es

$$r = \frac{n}{N} \quad (3.14)$$

y el error asociado es:

$$\sigma = \sqrt{\frac{r(1-r)}{N}} \quad (3.15)$$

Para casos límites se tiene:

- Si se tiene 0% de aceptación, $n=0$ entonces $0/N=0$
- Si se tiene 100% de aceptación, $n=N$ entonces $N/N=1$

3.14.2. Error para la asimetría partícula-antipartícula

El error para la asimetría partícula antipartícula se obtiene al utilizar la ecuación 3.11.

Utilizando la ecuación 3.16 para la asimetría,

$$A = \frac{N_{D^-} - N_{D^+}}{N_{D^-} + N_{D^+}} \quad (3.16)$$

donde, N_{D^-} y N_{D^+} es el número de eventos para D^- y D^+ , respectivamente.

El error asociado a la asimetría es:

$$(\Delta A) = (2) \frac{\sqrt{(N_{D^-})^2 (\Delta N_{D^+})^2 + (N_{D^+})^2 (\Delta N_{D^-})^2}}{(N_{D^-} + N_{D^+})^2} \quad (3.17)$$

3.14.3. Error para la dependencia nuclear

Para obtener el error para la dependencia nuclear se utiliza la ecuación 3.11.

Las ecuaciones para la α y la razón R son las siguientes:

La razón R es definida:

$$R = \left(\frac{\sigma_{Cu}}{\sigma_C} \right) \left(\frac{A_C}{A_{Cu}} \right) = \left(\frac{N_{Cu}}{N_C} \right) \left(\frac{\rho_C}{\rho_{Cu}} \right) \left(\frac{L_C}{L_{Cu}} \right) \quad (3.18)$$

Y el error asociado a la razón R es:

$$(\Delta R) = (R) \sqrt{\left(\frac{\Delta N_{Cu}}{N_{Cu}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta N_C}{N_C} \right)^2} \quad (3.19)$$

El parámetro α está definido:

$$\alpha = \frac{\ln \left(\left(\frac{N_{Cu}}{N_C} \right) \left(\frac{\rho_C}{\rho_{Cu}} \right) \left(\frac{L_C}{L_{Cu}} \right) \left(\frac{A_{Cu}}{A_C} \right) \right)}{\ln \left(\frac{A_{Cu}}{A_C} \right)} \quad (3.20)$$

Y el error asociado al parámetro α es:

$$\Delta \alpha = \frac{\sqrt{\left(\frac{\Delta N_{Cu}}{N_{Cu}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta N_C}{N_C} \right)^2}}{\ln \left(\frac{A_{Cu}}{A_C} \right)} \quad (3.21)$$

Capítulo 4

Estudio sistemático para los blancos de cobre y diamante

4.1. Introducción

En este capítulo se hace un estudio sistemático para los blancos, se debe probar que las aceptancias y correcciones para los blancos se entienden bien, ya que los blancos son de vital importancia, esto debido a que el análisis para la dependencia nuclear está basado en los blancos de producción.

Como se mostró en la sección 2.2.2, SELEX tiene 5 blancos, 2 de cobre y 3 de diamante. En la figura 4.1 se muestra el esquema de los blancos de producción. En la figura 4.2 se muestra la posición del vértice primario, la cual es la posición donde se produjo la interacción del haz con alguno de los blancos de producción. Las propiedades de los blancos se muestran en la tabla 4.1, se ha incluido el S4 debido a que también es una parte importante en el estudio.

Los 3 blancos de diamante son iguales, por lo tanto se esperan resultados iguales dentro de los errores estadísticos, con esto se demostraría que la metodología que se utiliza esta bien.

Los 2 blancos de cobre tienen 2 complicaciones:

- Tienen anchos diferentes.
- hay un contador de interacción (S4) justo antes del primer blanco de cobre.

Para el primer punto, los blancos de cobre tienen diferente ancho, por esta razón se espera más producción para el primer blanco de cobre(6) que es más ancho que el segundo blanco de cobre(7). Pero al ver las distribuciones de la producción se encuentra que el número de eventos que producen estos blancos eran similares. En estudios anteriores del experimento SELEX ya se había notado este efecto, sólo que no hay documentación acerca de algún estudio realizado previamente.

Para el segundo punto, hay un contador de interacción (S4) justo antes del primer blanco de cobre(6), debido a que este S4 funciona como un veto,

por lo tanto se perdieron eventos que no fueron grabados. De esta forma no podemos estudiar el problema de forma directa ya que no hay datos cuando no esta el S4. La forma de estudiar el problema es de forma indirecta, es decir, tenemos que estudiar los resultados de la producción para cada blanco. Este efecto se le atribuye al *back-splash*. El *back-splash* es cuando el haz choca con el primer blanco se producen muchas partículas, y existe un fracción de estas partículas que se producen directamente hacia atrás, donde estas partículas producidas tienen poca energía y por lo general son fragmentos nucleares. Para demostrar que este efecto es la causa de la pérdida de los eventos en el primer blanco de cobre(6), este efecto tiene que ser independiente de x_F o de otra variable cinemática, y debe ser independiente de la partícula producida.

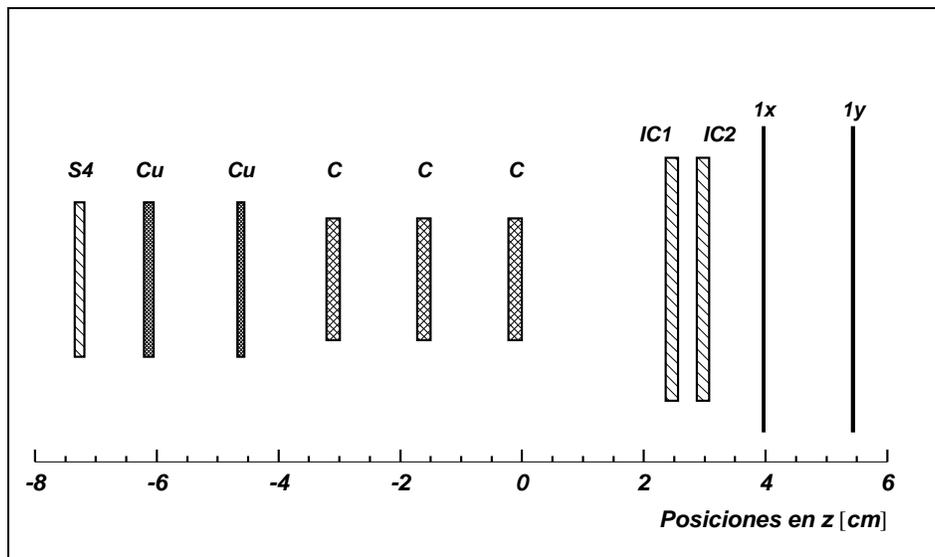


Figura 4.1: Esquema de los blancos de producción.

Por lo tanto en este capítulo se probará que se pueden sumar los dos blancos de cobre haciendo las 2 correcciones anteriores, y sumar los 3 blancos de diamante habiendo probado que dan los mismos resultados. La idea fundamental de sumar los blancos es mejorar la estadística, siempre y cuando se tenga la sistemática del análisis bajo control.

Para esto se propone hacer uso de un decaimiento que cuenta con una alta estadística, el barión Λ^0 . El barión Λ^0 ha sido previamente estudiado por muchos experimentos. SELEX también cuenta con estudios previos acerca de este barión, los cuales son el estudio de producción y polarización [40, 72], respectivamente. Algunos datos del barión Λ^0 , se compone de tres quarks (*sud*), tiene extrañeza $S = -1$, isospín $I = 0$, su masa $m = (1115.683 \pm 0.006) \text{ MeV}/c^2$, su tiempo de vida $\tau = (2.632 \pm 0.020) \times 10^{-10} \text{ s}$, y el tiempo de vuelo o la distancia que vuela la partícula $c\tau = 7.89 \text{ cm}$. Su principal modo de decaimiento es $\Lambda^0 \rightarrow p\pi^-$ de $(63.9 \pm 0.5) \%$. Otra de las razones

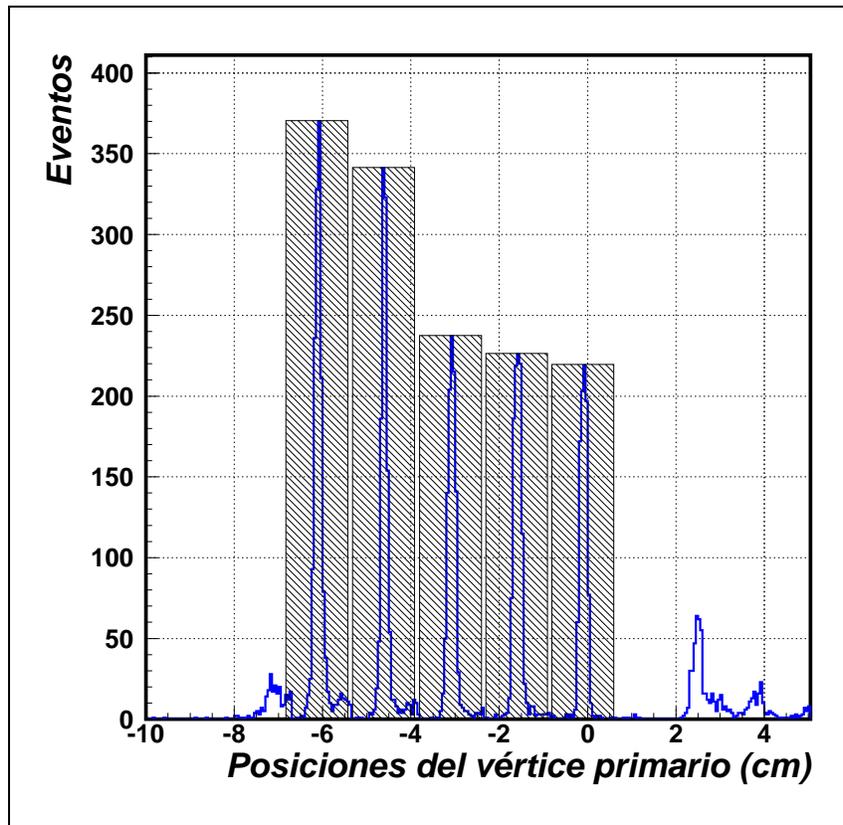


Figura 4.2: Posiciones del vértice primario.

Tabla 4.1: Propiedades de los blancos de producción. La posición de los blancos de muestra en la figura. 4.2.

Nombre	Material	Ancho L [cm]	Posición [cm]	A	Densidad ρ [g/cm ³]	λ_{int} [%]
S4	Centellador	0.158	-7.27	–	1.03	0.20
6	Cobre	0.159	-6.13	63.5	8.96	1.06
7	Cobre	0.119	-4.62	63.5	8.96	0.76
8	Diamante	0.220	-3.10	12	3.25	0.82
9	Diamante	0.220	-1.61	12	3.25	0.82
10	Diamante	0.220	-0.11	12	3.25	0.82
IC1	Centellador	0.200	2.46	–	1.03	0.25
IC2	Centellador	0.200	2.97	–	1.03	0.25

de porque utilizamos este barión es porque la geometría de su decaimiento es muy parecido al de las partículas con charm. También las partículas en el estado final tienen momentos similares. Una vez que se haya probado la metodología para este barión, puede ser aplicada a las partículas con charm.

4.2. Blancos de diamante

SELEX tiene 3 blancos de diamante los cuales son exactamente iguales, las propiedades de estos blancos se muestran en la tabla 4.1, bajo esta condición se debe mostrar que los resultados son iguales dentro de los errores estadísticos para estos 3 blancos. La nomenclatura dada en el experimento SELEX a los blancos se respetará a lo largo de este capítulo, esto para diferenciar los blancos, el primer blanco de diamante es el número 8, el segundo blanco de diamante es el número 9 y el último blanco es el número 10 que es donde está el origen del sistema de coordenadas global.

Se utilizara el barión Λ^0 el cual tiene una gran estadística.

Para probar que arrojen los mismos resultados, se usaran los eventos corregidos por aceptación. En la figura 4.3 en la parte superior se muestran los eventos sin corrección para los 3 blancos de diamante, para Λ^0 a la izquierda, y $\bar{\Lambda}^0$ en la parte derecha, en color magenta se tiene el blanco

número 8, en azul el número 9, y en rojo el último blanco de diamante el número 10. En la parte central se muestra la aceptación para cada blanco, en la parte inferior se muestran los eventos corregidos. Como se puede apreciar en estas figuras se realizó el análisis en 40 bins en x_F esto debido a la gran estadística con que cuenta este decaimiento. Para saber que tan iguales son los eventos corregidos se propone hacer una división entre los eventos corregidos.

En la figura 4.4 se muestra la división entre los blancos, en la parte izquierda tenemos al decaimiento Λ^0 y a la derecha $\overline{\Lambda^0}$. En la parte superior se tiene al blanco 8/blanco 10, la parte central al blanco 9/blanco 8, y en la parte inferior al blanco 9/blanco 10. A todos los histogramas se les aplicó un ajuste a una constante y como se puede apreciar la división nos da como resultado que son iguales dentro de los errores estadísticos.

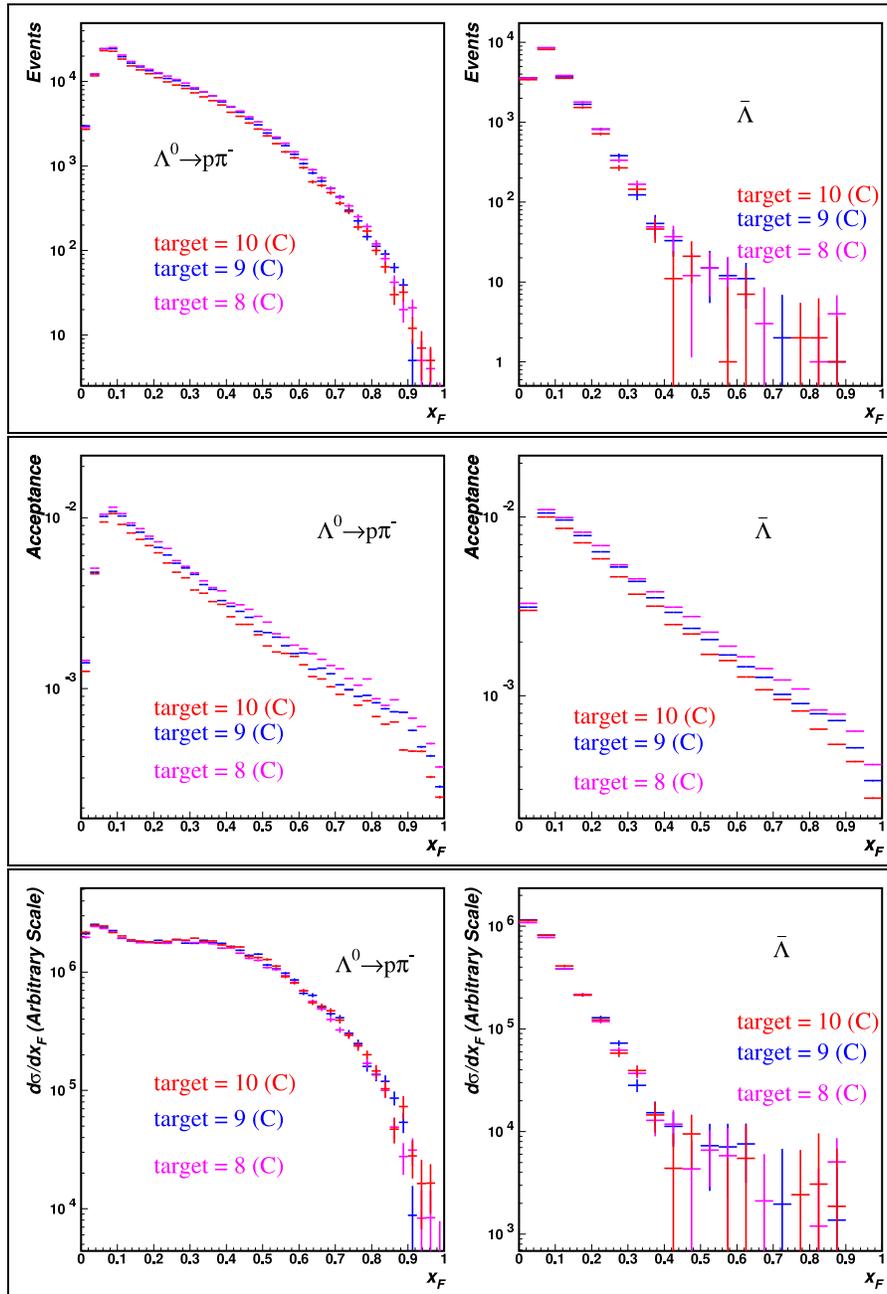


Figura 4.3: Eventos, aceptancia, y eventos corregidos para los blancos de diamante. En la parte superior izquierda tenemos los eventos para Λ^0 y en la derecha $\bar{\Lambda}^0$, aceptancia en la parte central izquierda Λ^0 , y en la derecha $\bar{\Lambda}^0$, en la parte inferior izquierda eventos corregidos para Λ^0 , y en la derecha $\bar{\Lambda}^0$, rojo es el blanco 10, azul es 9, y magenta es el blanco 8.

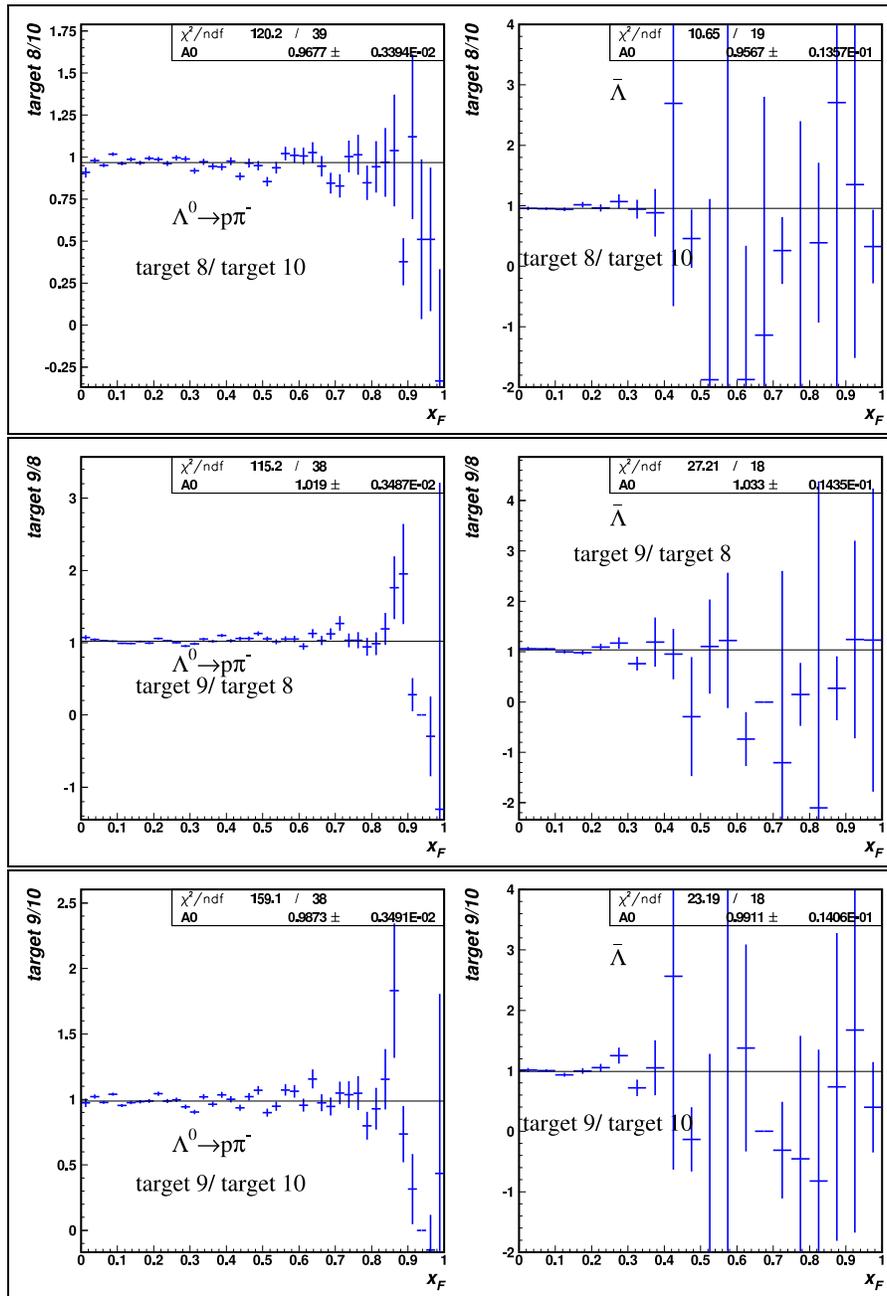


Figura 4.4: Raz3n de los eventos corregidos entre los diferentes blancos de diamante. En la parte superior izquierda blanco 8/blanco 10 para Λ^0 , y $\bar{\Lambda}^0$ en la parte derecha, en la parte central blanco 9/blanco 8, y en la parte inferior blanco 9/blanco 10.

4.2.1. D^- y D^+ para los blancos de diamante

El mismo método realizado para los bariones Λ^0 y $\bar{\Lambda}^0$ se realizó para los mesones D^- y D^+ , que aunque no tienen una gran estadística como en el barión Λ^0 , debe ser igual de efectivo el análisis.

En la figura 4.5 en la parte superior se muestran los eventos sin corrección para los 3 blancos de diamante, para D^- a la izquierda, y D^+ en la parte derecha, en color magenta tenemos el blanco número 8, en azul el número 9, y en rojo el último blanco de diamante el número 10. En la parte central se muestra la aceptación para cada blanco, en la parte inferior se muestran los eventos corregidos. Como se puede apreciar en estas figuras se realizó el análisis en 10 bins en x_F debido a la estadística que tienen los mesones D^\pm . Para saber si los eventos corregidos son iguales se realizó una división entre los eventos corregidos para los diferentes blancos.

En la figura 4.6 se muestra la división entre los blancos, en la parte izquierda tenemos al decaimiento D^- y a la derecha D^+ . En la parte superior se tiene al blanco 8/blanco 10, la parte central al blanco 9/blanco 8, y en la parte inferior al blanco 9/blanco 10. A todos los histogramas se les aplicó un ajuste a una constante y como se puede apreciar la división da como resultado que son iguales dentro de los errores estadísticos.

Como se puede ver los resultados para los blancos de diamante son independientes de los decaimientos ya sea para los bariones Λ^0 y $\bar{\Lambda}^0$ que tienen una gran estadística, así como para los mesones D^- y D^+ ya que arrojan los mismos resultados, con esto se prueba que dan los mismos resultados los blancos de diamante, por lo tanto se pueden sumar los 3 blancos de diamante y de esta manera mejorar la estadística.

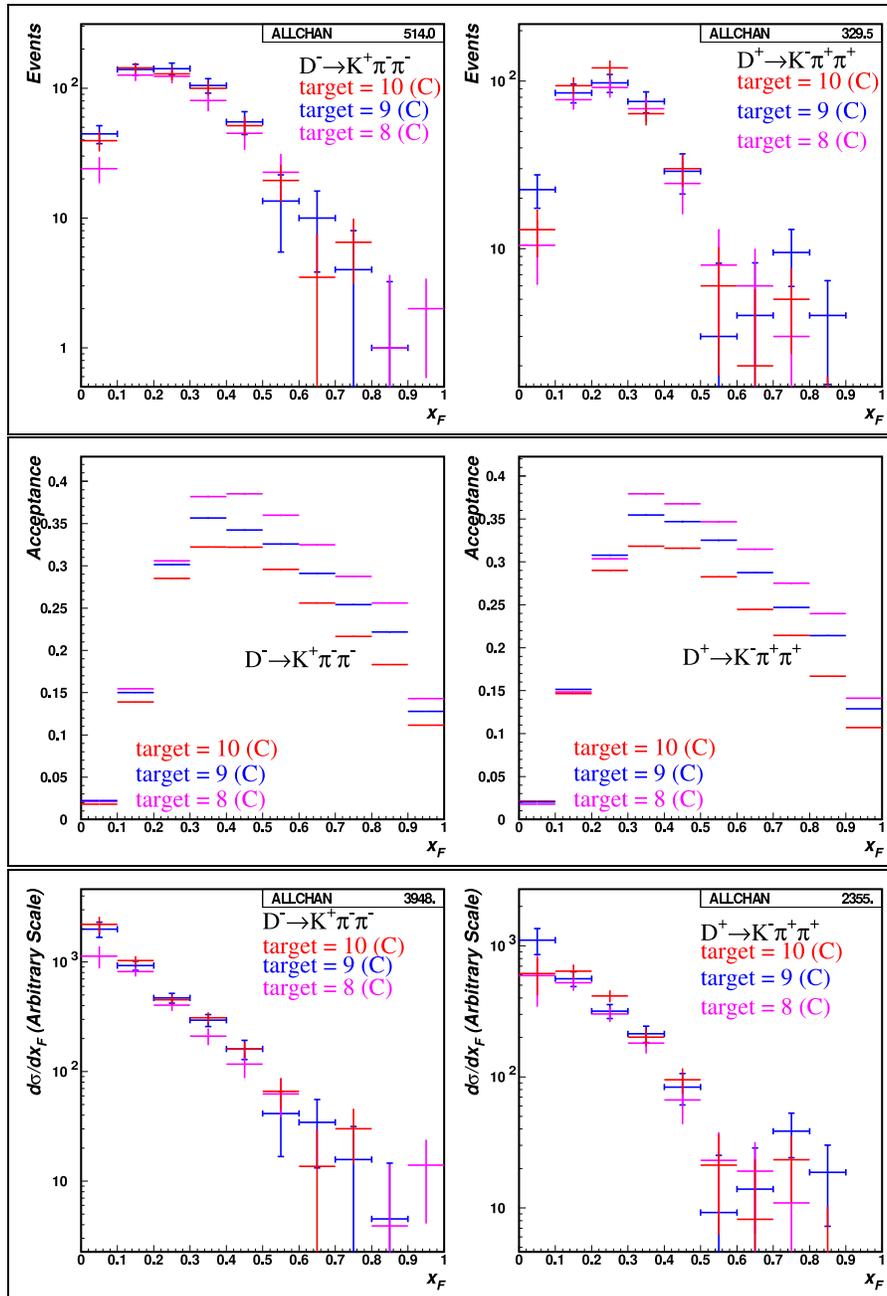


Figura 4.5: Eventos, aceptancia, y eventos corregidos para los blancos de diamante. En la parte superior izquierda tenemos los eventos para D^- y en la derecha D^+ , aceptancia en la parte central izquierda para D^- , y en la derecha D^+ , eventos corregidos en la parte inferior izquierda para D^- , y en la parte derecha D^+ , rojo es el blanco 10, azul es 9, y magenta es el blanco 8.

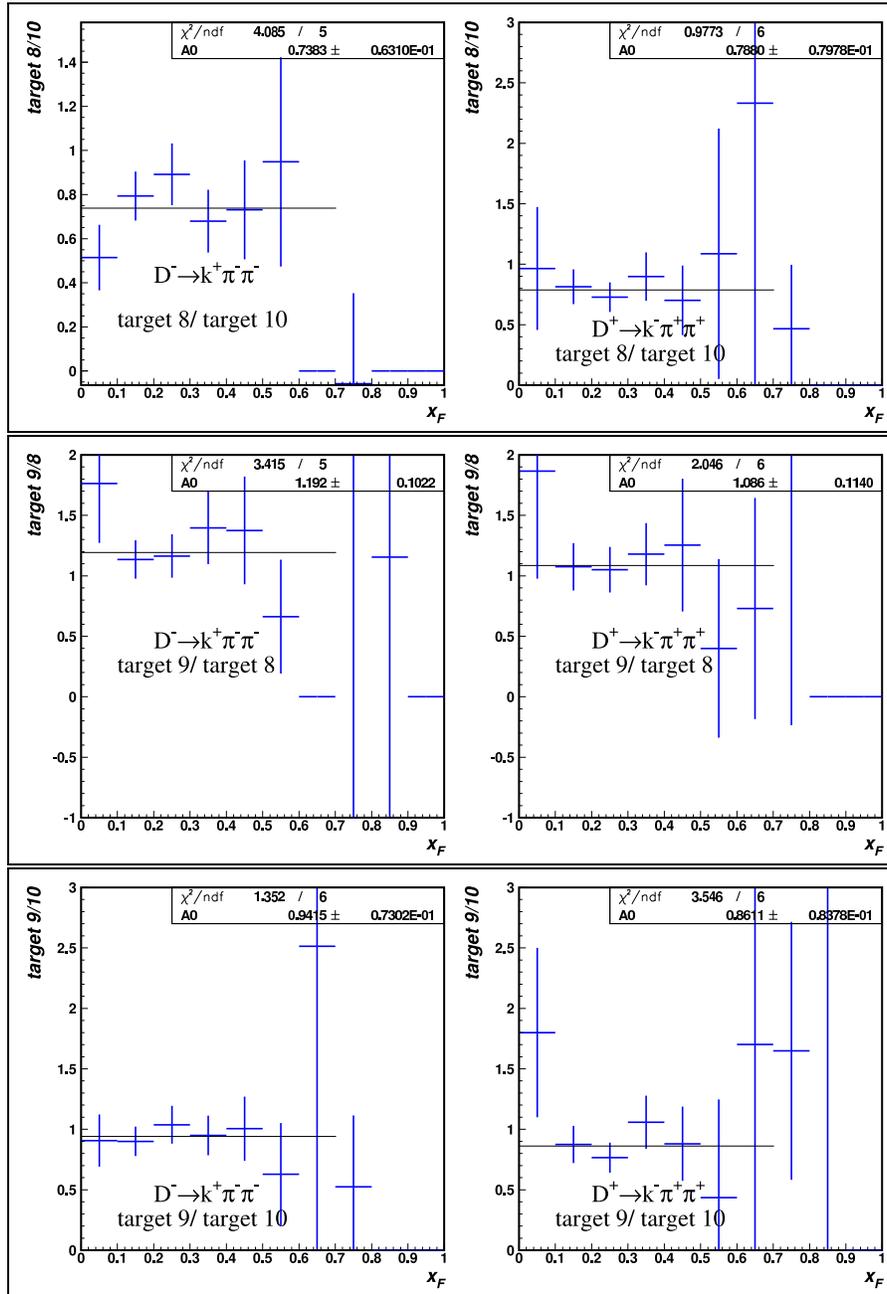


Figura 4.6: Razón de los eventos corregidos entre los diferentes blancos de diamante. En la parte superior izquierda blanco 8/blanco 10 para D^- , y D^+ en la parte derecha, en la parte central blanco 9/blanco 8, y en la parte inferior blanco 9/blanco 10.

4.3. Blancos de cobre

SELEX cuenta con 2 blancos de cobre, las propiedades de estos blancos fueron detalladas en la tabla 4.1, pero para poder sumar estos blancos debemos tomar en cuenta 2 correcciones, 1) el ancho de los blancos es diferente, y 2) hay un efecto denominado *back-splash* debido a un contador de interacción que es el S4, que está justo antes del primer blanco de cobre, véase figura 4.1.

El mismo método utilizado para los blancos de diamante se aplicará para los blancos de cobre. Por lo tanto, los eventos corregidos por aceptación tienen que dar los mismos resultados dentro de los errores estadísticos, también se usará el barión Λ^0 y su antipartícula para probar estos resultados.

En la figura 4.7 en la parte superior se muestran los eventos sin corrección para los 2 blancos de cobre, para Λ^0 a la izquierda y $\overline{\Lambda^0}$ en la parte derecha, en color magenta tenemos el blanco número 6, en azul el número 7, en la parte central se muestra la aceptación para cada blanco, en la parte inferior los eventos corregidos. Como se puede apreciar en estas figuras se realizó el análisis en 40 bins en x_F esto a la gran estadística con que cuenta este decaimiento. Para saber si son iguales los eventos corregidos se realizó una división de los eventos corregidos para los blancos. Los eventos corregidos parecen iguales. La primera corrección que se necesita aplicar es la corrección de ancho.

En la figura 4.8 se realizó el mismo análisis que en la figura 4.7, pero se realizó la corrección en ancho $\text{tgt } 7 / \text{tgt } 6 = 0.119\text{cm} / 0.159\text{cm} = 0.748$. La idea de esta corrección es tomar la misma cantidad de material para cada blanco de cobre.

En la figura 4.9 se muestra esta división entre los blancos, en la parte izquierda se tiene el decaimiento Λ^0 y a la derecha $\overline{\Lambda^0}$. A esta razón se le llama el factor de corrección para el contador de interacción (S4) para el primer blanco de cobre (blanco 6).

Es muy sorprendente que los dos efectos se cancelen, el *back-splash* y los anchos diferentes de los blancos.

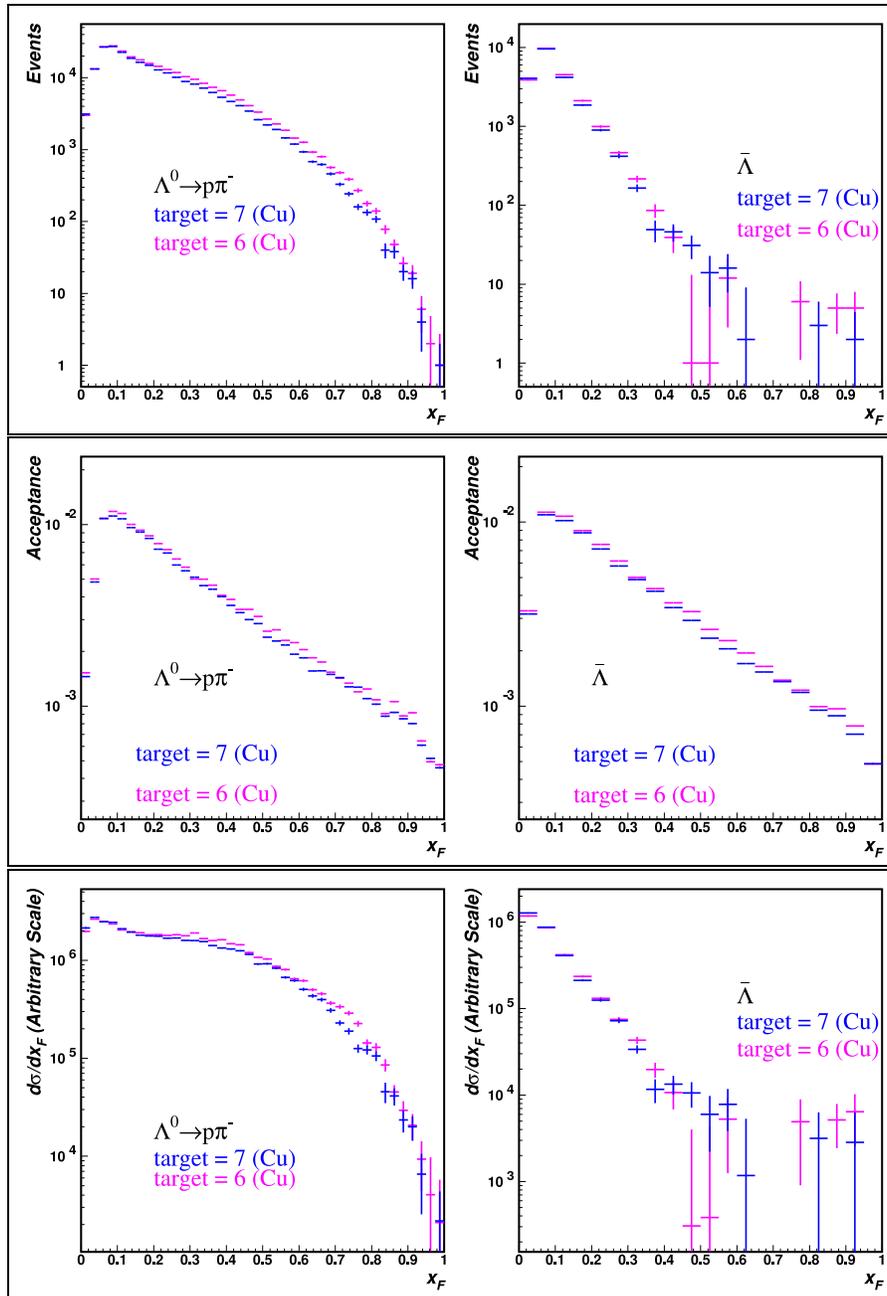


Figura 4.7: Eventos, aceptancia, y eventos corregidos para los blancos de cobre. En la parte superior izquierda tenemos los eventos para Λ^0 y en la derecha $\bar{\Lambda}^0$, aceptancia en la parte central izquierda Λ^0 , y en la derecha $\bar{\Lambda}^0$, en la parte inferior izquierda eventos corregidos para Λ^0 , y en la derecha $\bar{\Lambda}^0$, azul es el blanco 7, y magenta es el blanco 6, en esta figura no se aplicó la corrección del ancho.

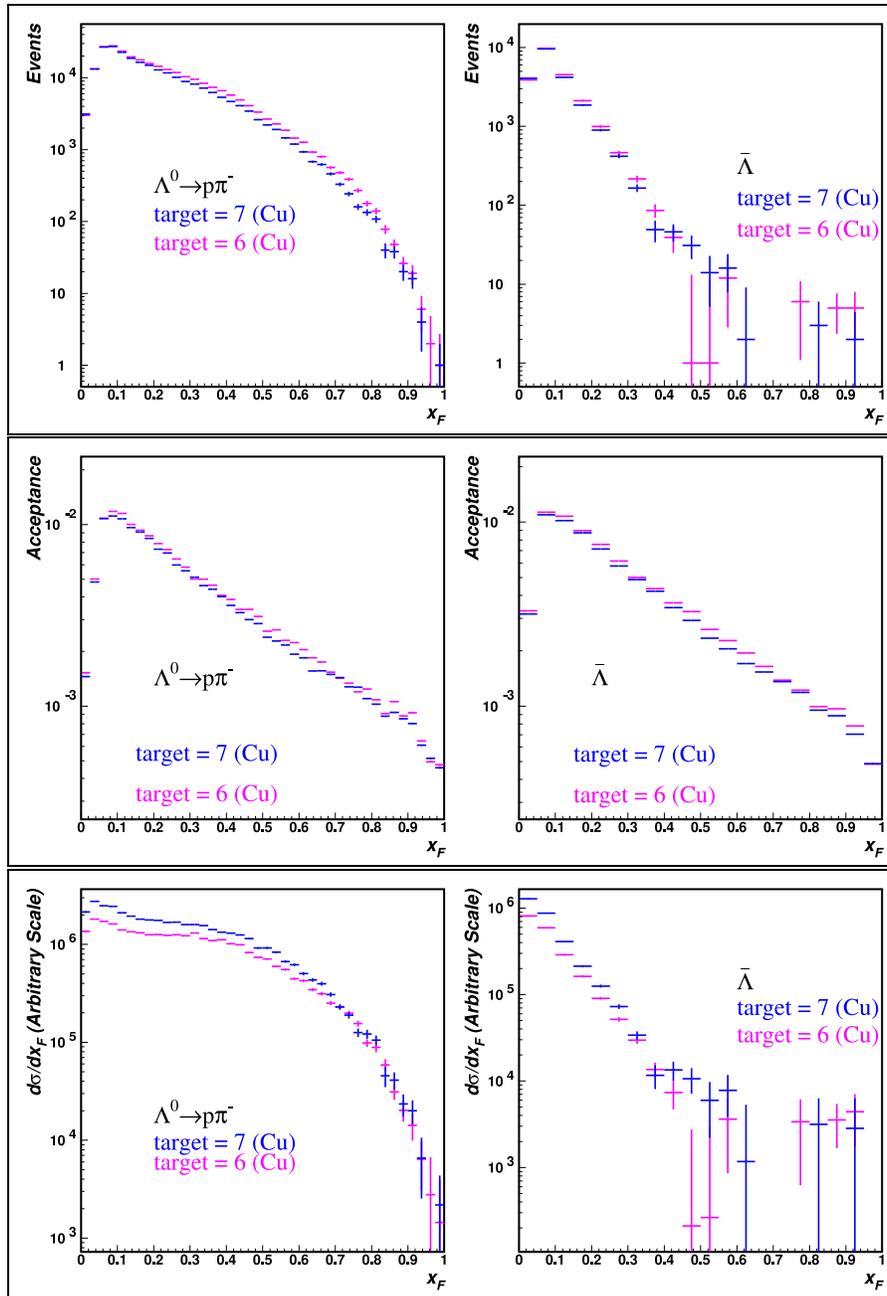


Figura 4.8: Eventos, aceptancia, y eventos corregidos para los blancos de cobre. En la parte superior izquierda tenemos los eventos para Λ^0 y en la derecha $\bar{\Lambda}^0$, aceptancia en la parte central izquierda Λ^0 , y en la derecha $\bar{\Lambda}^0$, en la parte inferior izquierda eventos corregidos para Λ^0 , y en la derecha $\bar{\Lambda}^0$, azul es el blanco 7, y magenta es el blanco 6, en esta figura si se aplicó la corrección del ancho.

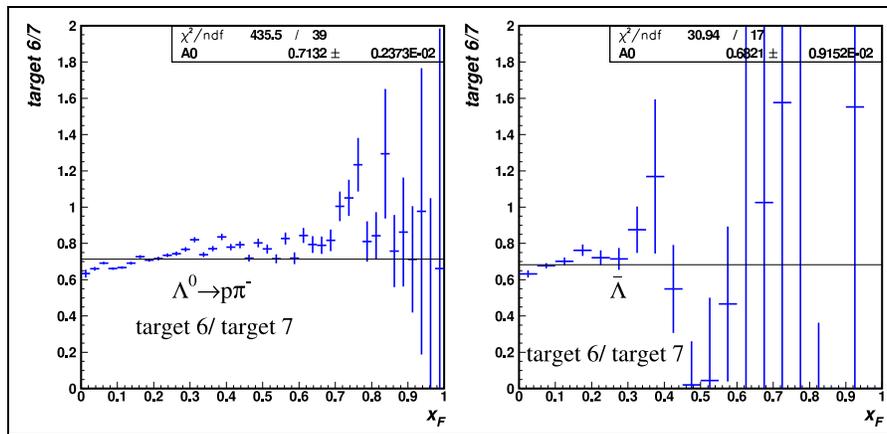


Figura 4.9: Razón de los eventos corregidos entre los diferentes blancos de cobre. En la parte izquierda blanco 6/blanco 7 para Λ^0 , y en la parte derecha $\bar{\Lambda}^0$, después de aplicar la corrección del ancho, concluimos que este es el factor de corrección para el contador de interacción S4 (*back-splash*), el cual es independiente de x_F .

4.3.1. D^- y D^+ para los blancos de cobre

El método aplicado para los bariones Λ^0 y $\overline{\Lambda^0}$ se realizó para los mesones D^- y D^+ , que aunque no tienen una gran estadística como en la Λ^0 , debe ser igual de efectivo el análisis.

En la figura 4.10 en la parte superior se muestran los eventos sin corrección para los 2 blancos de cobre, para D^- a la izquierda y D^+ en la parte derecha, en color magenta tenemos el blanco número 6, en azul el número 7, en la parte central se muestra la aceptación para cada blanco, en la parte inferior los eventos corregidos. Como se puede apreciar en estas figuras se realizó el análisis en 10 bins en x_F esto debido a la estadística que tiene este decaimiento. El mismo método se utilizó para saber si son iguales los eventos corregidos, por lo tanto se realizó una división de los eventos corregidos para los blancos.

En la figura 4.11 se realizó el mismo análisis que en la figura 4.10, pero se realizó la corrección en ancho $\text{tgt } 7/\text{tgt } 6 = 0.119\text{cm}/0.159\text{cm} = 0.748$. La idea de esta corrección es tomar la misma cantidad de material para cada blanco de cobre.

En la figura 4.12 se muestra esta división entre los blancos, en la parte izquierda se tiene el decaimiento D^- y a la derecha D^+ . A esta razón se le llama el factor de corrección para el contador de interacción (S4) para el primer blanco de cobre (blanco 6).

4.3.2. Resultados para los blancos de cobre

En esta sección se hace una recopilación de los resultados para los blancos de cobre, los decaimientos que se estudiaron son: Λ^0 , $\overline{\Lambda^0}$, D^- , y D^+ . En la figura 4.13 se hizo un ajuste a una constante para los valores encontrados de los diferentes decaimientos, los valores se muestran en la tabla 4.2. El resultado para el factor de corrección debido al contador de interacción S4 (*back-splash*) es por lo tanto de 0.693 ± 0.007 .

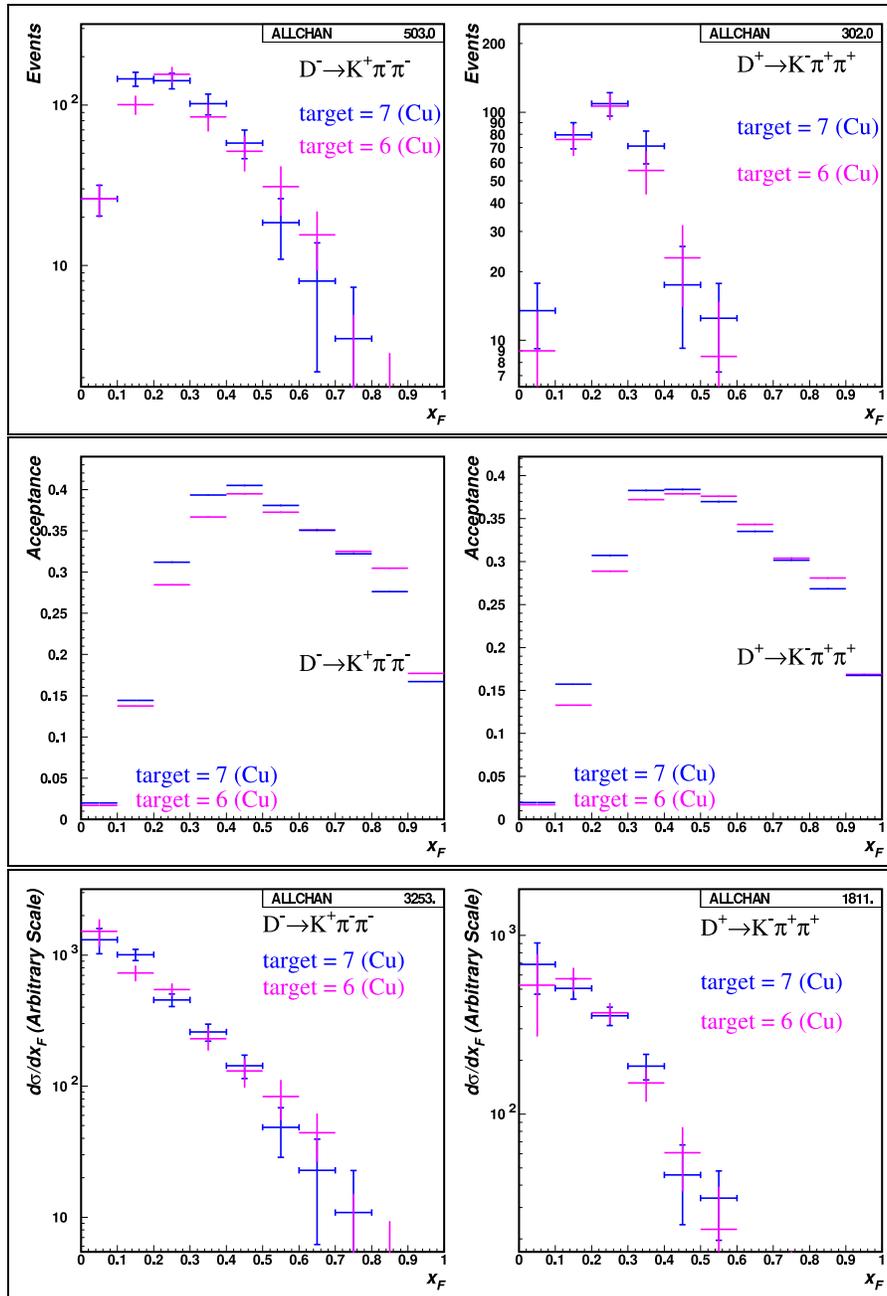


Figura 4.10: Eventos, aceptancia, y eventos corregidos para los blancos de cobre. En la parte superior izquierda tenemos los eventos para D^- y en la derecha D^+ , aceptancia en la parte central izquierda para D^- , y en la derecha D^+ , eventos corregidos en la parte inferior izquierda para D^- , y en la parte derecha D^+ , azul es el blanco 7, y magenta es el blanco 6, en esta figura no se aplicó la corrección del ancho.

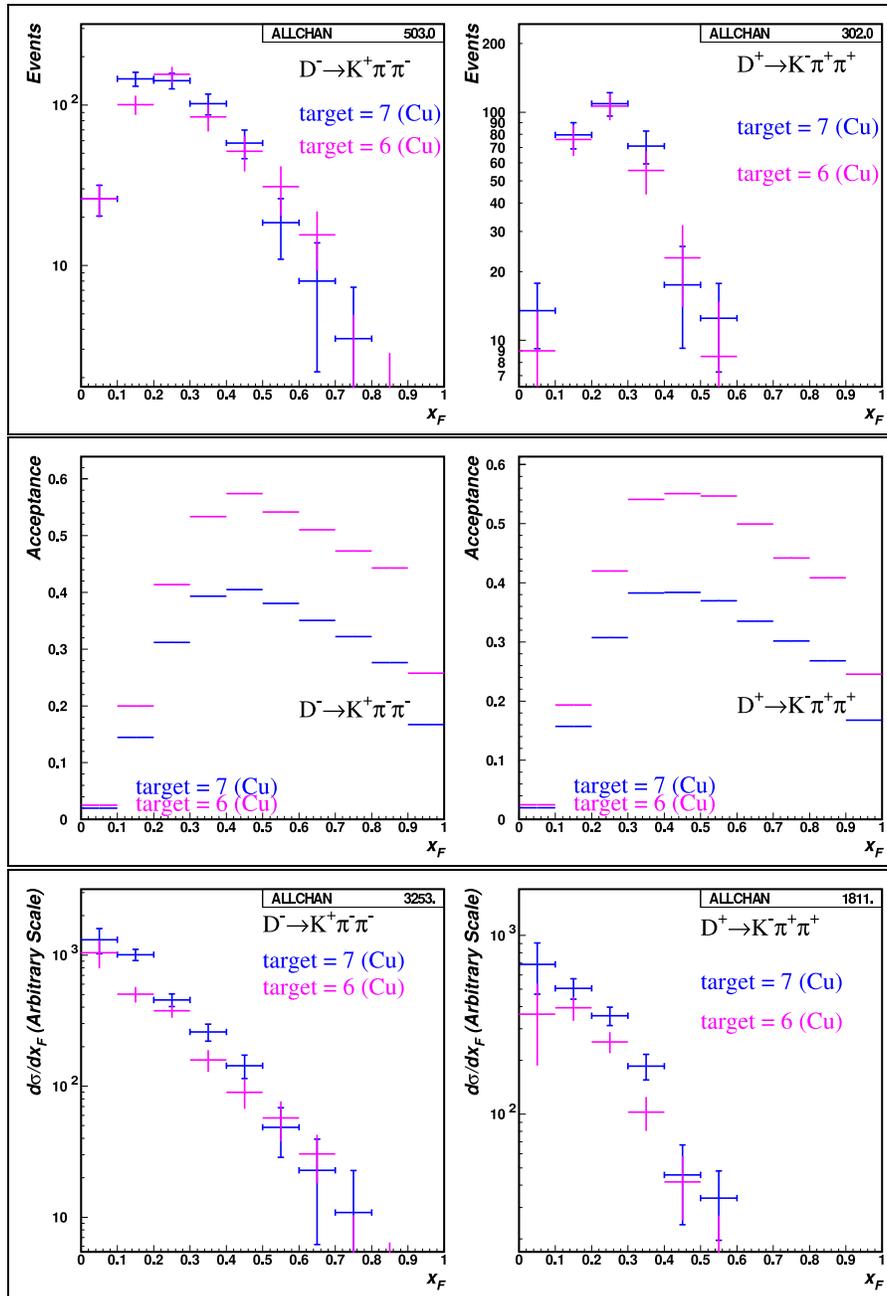


Figura 4.11: Eventos, aceptancia, y eventos corregidos para los blancos de cobre. En la parte superior izquierda tenemos los eventos para D^- y en la derecha D^+ , aceptancia en la parte central izquierda para D^- , y en la derecha D^+ , eventos corregidos en la parte inferior izquierda para D^- , y en la parte derecha D^+ , azul es el blanco 7, y magenta es el blanco 6, en esta figura si se aplicó la corrección del ancho.

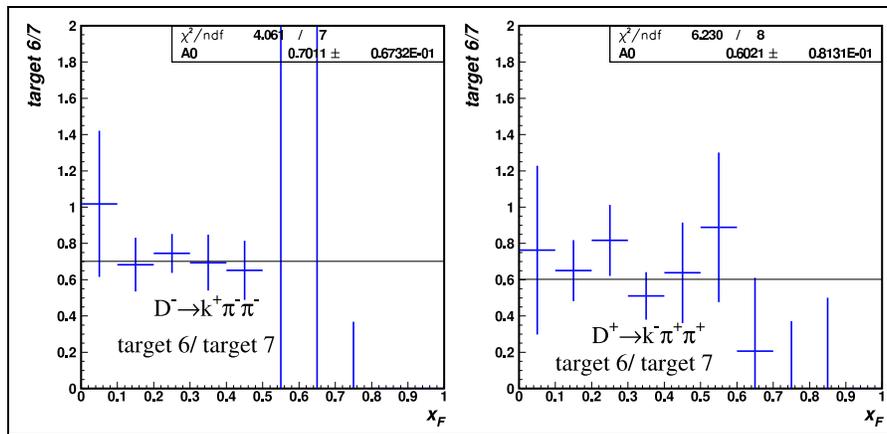


Figura 4.12: Razón de los eventos corregidos entre los diferentes blancos de cobre. En la parte izquierda blanco 6/blanco 7 para D^- , y en la parte derecha D^+ , después de aplicar la corrección del ancho, concluimos que este es el factor de corrección para el contador de interacción S4 (*back-splash*), el cual es independiente de x_F .

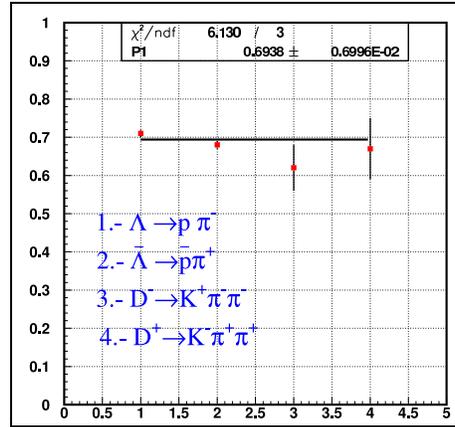


Figura 4.13: Ajuste a una constante para los valores obtenidos de los diferentes decaimientos para los blancos de cobre.

Tabla 4.2: Resultados de los ajustes para los diferentes decaimientos para los blancos de cobre.

Figura	Decaimiento	Haz	x_F	Ajuste
4.9	Λ^0	Σ^-	0.0-1.0	0.71 ± 0.01
4.9	$\bar{\Lambda}^0$	Σ^-	0.0-1.0	0.68 ± 0.01
4.12	D^-	Σ^-	0.0-1.0	0.62 ± 0.06
4.12	D^+	Σ^-	0.0-1.0	0.67 ± 0.08

4.4. Conclusiones

Se realizó el estudio sistemático para los blancos de cobre y diamante con los bariones Λ^0 y $\bar{\Lambda}^0$ y los mesones D^+ y D^- . Se demostró que los eventos corregidos por aceptación para los blancos de diamante son iguales. Con lo cual ahora se pueden juntar los 3 blancos de diamante y de esta manera mejorar la estadística.

Para los blancos de cobre se realizó el mismo análisis, además se llevó a cabo la corrección por los anchos de los blancos y se obtuvo el factor de corrección debido al contador de interacción S4 (*back-splash*), el cual es 0.693 ± 0.007 que es muy cercano al factor de corrección de los anchos para estos blancos, además el *back-splash* es independiente de la partícula producida y la variable cinemática x_F .

Después de esta corrección, los resultados para los blancos de cobre son iguales, con lo cual se pueden sumar y obtener una mejor estadística. Al

aumentar la estadística el error disminuye, pero al corregir por el *back-splash*, se tiene que tomar en cuenta el error, por lo tanto el error total, se incrementaría, ya que no se sabe manera exacta como tomar los errores, por lo general se separan en 2, error estadístico y error sistemático.

Capítulo 5

Resultados para los mesones charm D^0 y $\overline{D^0}$ en $K\pi$

5.1. Introducción

En este capítulo se presentan los resultados para los decaimientos $D^0 \rightarrow K^-\pi^+$, y $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-$, aplicando la metodología explicada en el capítulo del procedimiento de análisis de datos (véase capítulo 3). Al final del capítulo se hace una discusión acerca de algunos de los resultados, también se han incluido algunas tablas dentro de este capítulo, así como otras tablas fueron colocadas en el apéndice A.

5.2. Cortes

Los cortes que se aplicaron a estos decaimientos son los siguientes:

- $L/\sigma > 8$
- $p_{\text{vtx}} < 12$
- $\chi_{\text{sec}}^2 < 5$
- $svx_z < 3.4 \text{ cm}$
- $\sigma < 0.17 \text{ cm}$
- Se eliminaron vértices secundarios en material.

5.2.1. El método de sustracción del ruido

Se utilizó el mismo método para sustraer el ruido de la señal (véase sección 3.6), sólo que se cambian los rangos de la señal y el ruido. Estos son:

- Señal + ruido (1.839:1.889) GeV/c^2
- Banda ruido1 (1.764:1.814) GeV/c^2

- Banda ruido2 (1.914:1.964) GeV/c^2

5.3. Resultados

Distribuciones de masa invariante para D^0 y \overline{D}^0 para los diferentes haces

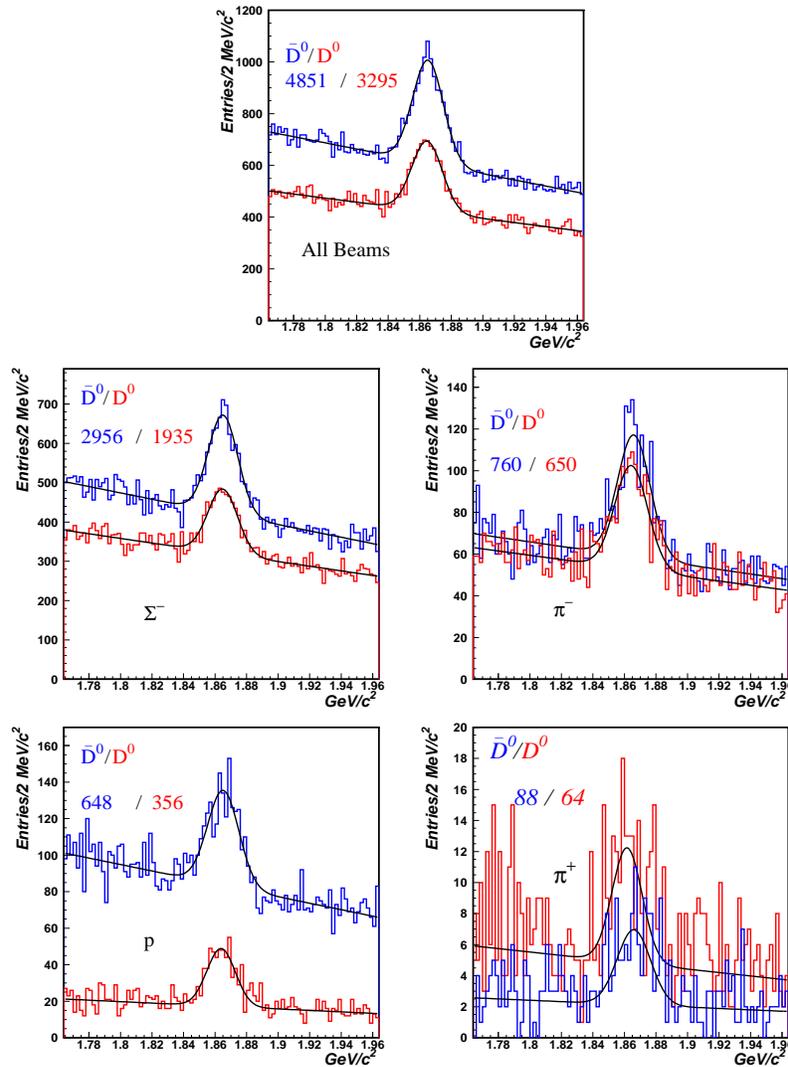


Figura 5.1: Distribuciones de la masa invariante de los candidatos a D^0 y \overline{D}^0 , se les hizo un ajuste a la función 3.5, la primera figura corresponde a todos los haces, y las restantes corresponden a los haces por separado Σ^- , π^- , protones, y π^+ , respectivamente. Los histogramas en azul corresponden a D^- y los rojos a D^+ .

Distribuciones en x_F para D^0 y \bar{D}^0 para los diferentes haces

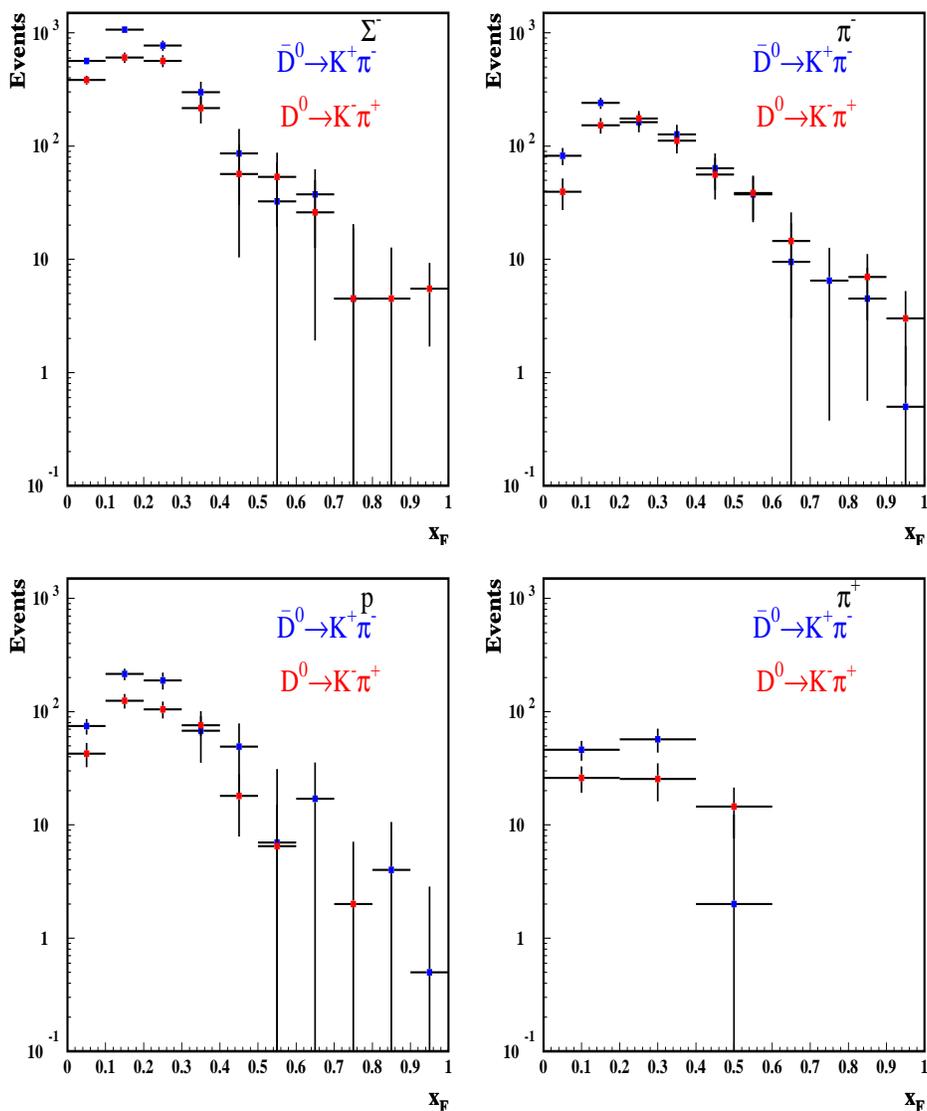


Figura 5.2: Distribuciones en x_F de los candidatos a D^0 y \bar{D}^0 producidas por los haces de Σ^- y π^- en la parte superior, protones y π^+ en la parte inferior. Los histogramas en azul corresponden a \bar{D}^0 y los rojos a D^0 .

La aceptancia para D^0 y \overline{D}^0

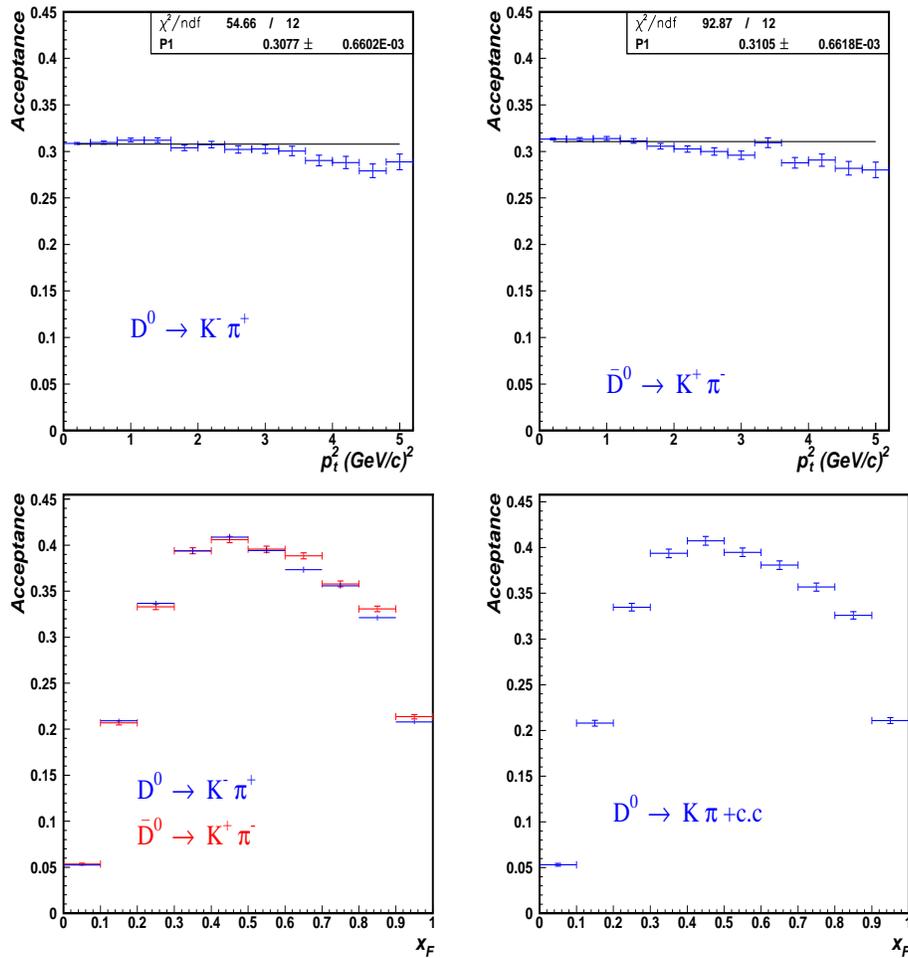


Figura 5.3: Aceptancias para D^0 y \overline{D}^0 en función p_t^2 (parte superior) y x_F (parte inferior). La aceptancia de D^0 y \overline{D}^0 en función de p_t^2 es constante, lo cual es importante ya que al corregir las distribuciones en p_t^2 sólo serán afectadas por un factor constante. Para la aceptancia de D^0 y \overline{D}^0 en función de x_F hay una cierta dependencia, pero al ver partícula y antipartícula se observa que son casi iguales, la diferencia entre las aceptancias es de 1.0 %, así que de esta manera se hizo un promedio de las aceptancias, y este promedio se utilizó para corregir las distribuciones en x_F .

Eventos corregidos por aceptancia para D^0 y \bar{D}^0 para los diferentes haces

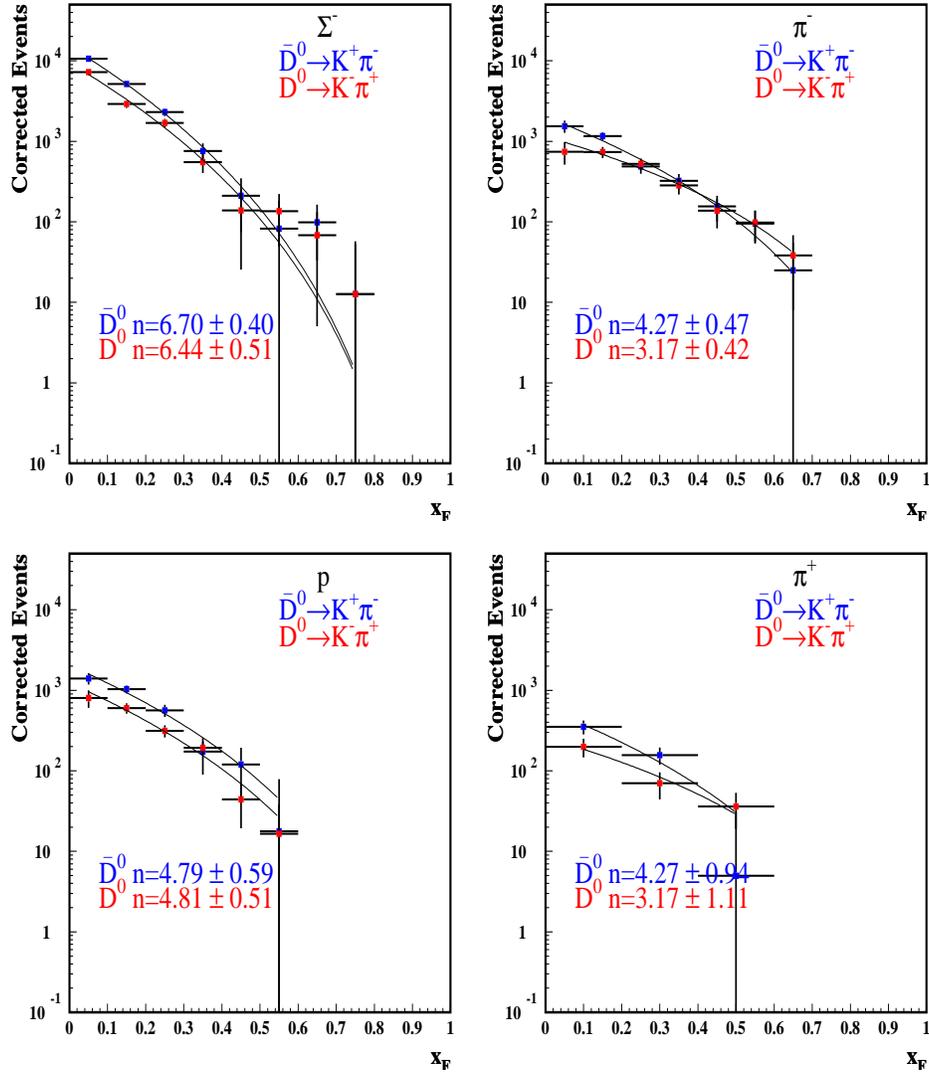


Figura 5.4: Distribuciones corregidas para D^0 y \bar{D}^0 en función de x_F producidas por los haces de Σ^- y π^- en la parte superior, protones y π^+ en la parte inferior, a las distribuciones corregidas se les aplicó un ajuste a la función $(1 - x_F)^n$.

Tabla 5.1: Resultados de los ajustes para los mesones D^0 y \bar{D}^0 a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.

Mesón	Haz	n (Todos los blancos)	Rango en x_F
$D^0 c\bar{u}$	$\pi^- \bar{u}d$	3.17 ± 0.42	0.0-0.7
$\bar{D}^0 \bar{c}u$	$\pi^- \bar{u}d$	4.27 ± 0.47	0.0-0.7
$D^0 c\bar{u}$	$\pi^+ u\bar{d}$	3.17 ± 1.11	0.0-0.6
$\bar{D}^0 \bar{c}u$	$\pi^+ u\bar{d}$	4.27 ± 0.94	0.0-0.6
$D^0 c\bar{u}$	$p uud$	4.81 ± 0.51	0.0-0.6
$\bar{D}^0 \bar{c}u$	$p uud$	4.79 ± 0.59	0.0-0.6
$D^0 c\bar{u}$	$\Sigma^- dds$	6.44 ± 0.51	0.0-0.8
$\bar{D}^0 \bar{c}u$	$\Sigma^- dds$	6.70 ± 0.40	0.0-0.8

Asimetría de producción de $D^0 - \overline{D}^0$ para los diferentes haces

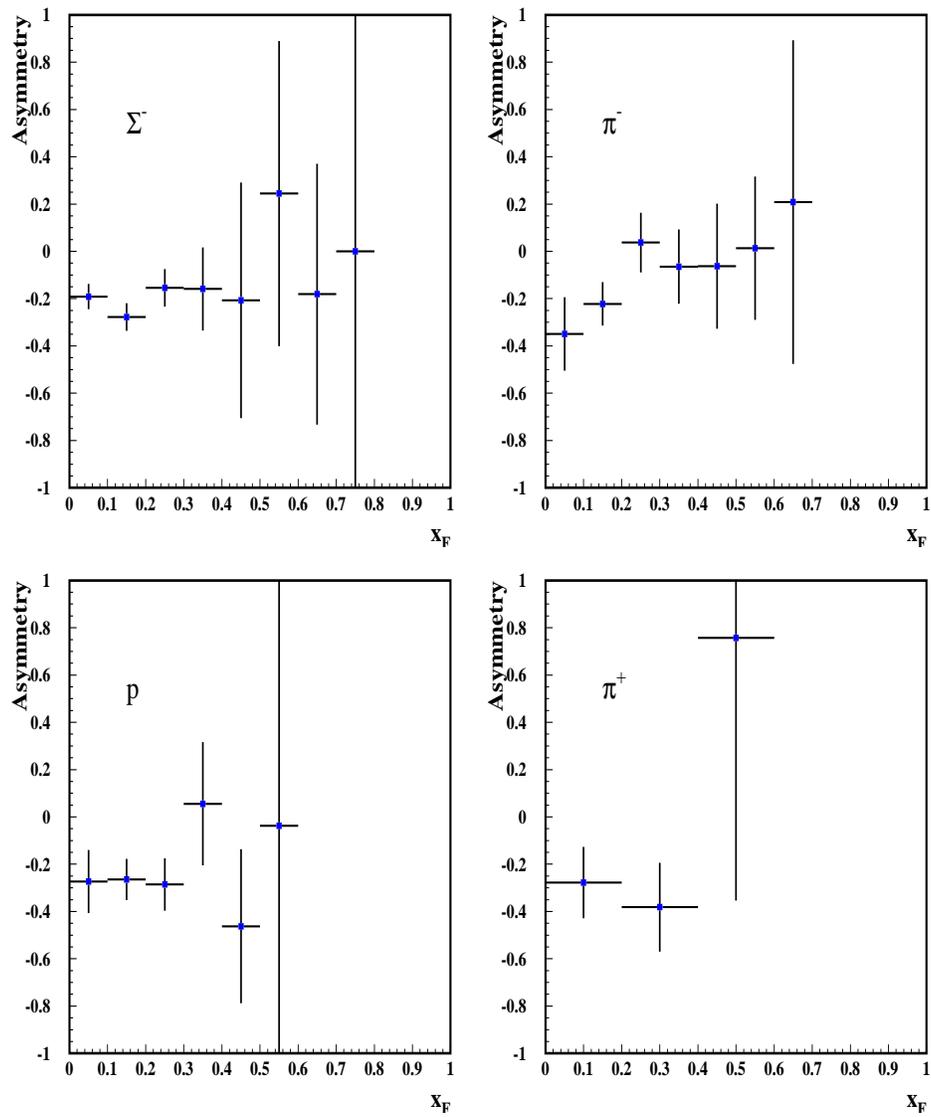


Figura 5.5: Asimetría de producción de $D^0 - \overline{D}^0$ en función de x_F para Σ^- y π^- en la parte superior, protones y π^+ en la parte inferior. Estas figuras corresponden a todos los blancos.

La aceptación de D^0 y \bar{D}^0 para los diferentes blancos

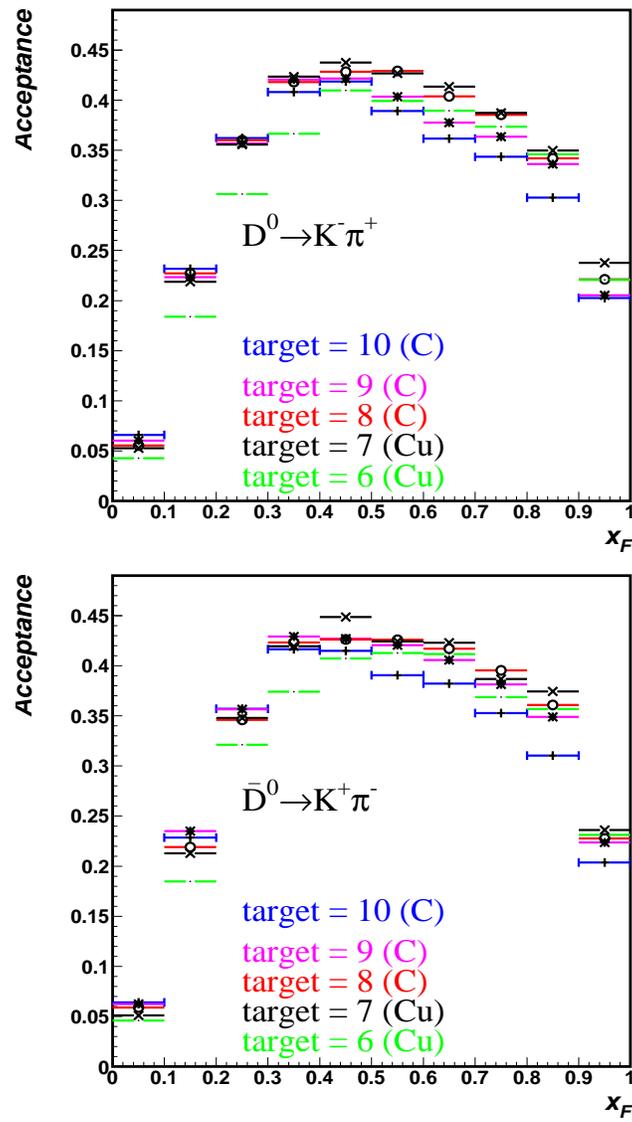


Figura 5.6: Aceptancia de D^0 y \bar{D}^0 en función de x_F para los 5 blancos diferentes. La forma de la aceptación es la misma, pero para cada blanco es diferente.

Eventos corregidos por aceptancia para D^0 y $\overline{D^0}$ para los diferentes blancos y el haz de Σ^-

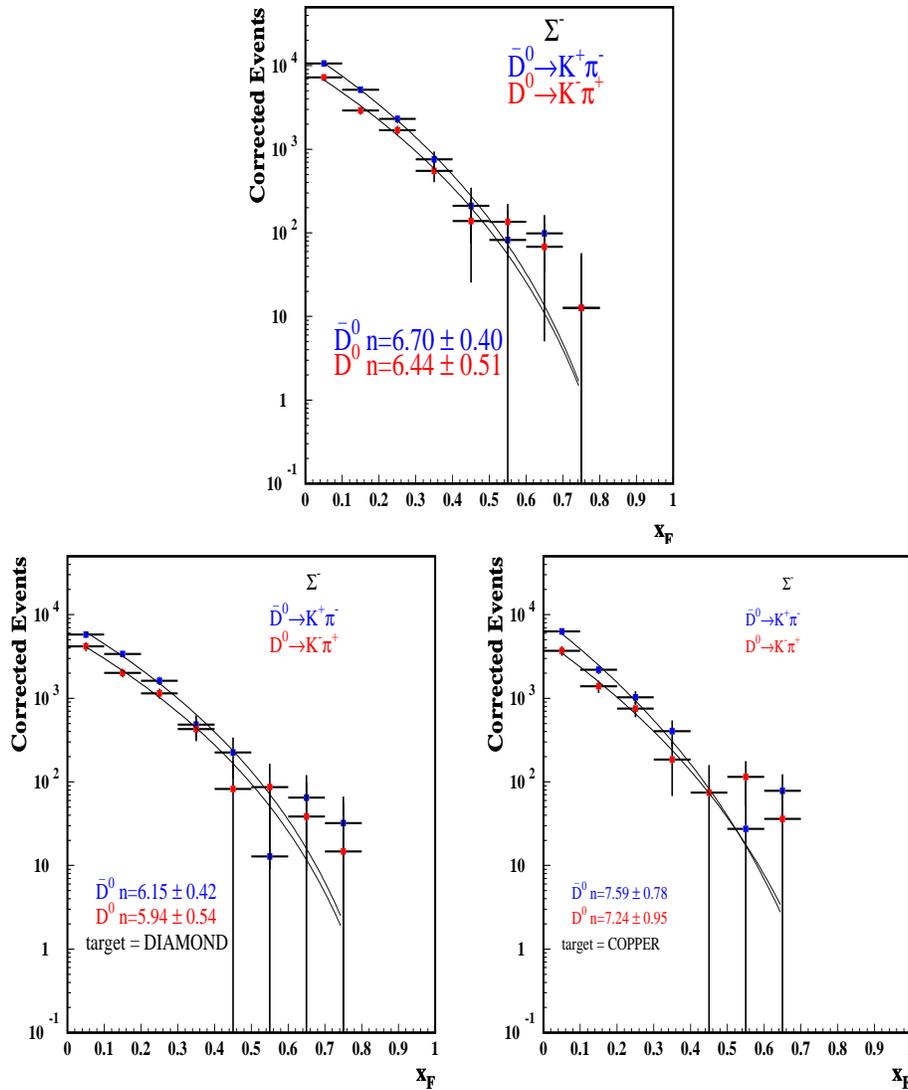


Figura 5.7: Distribuciones de los eventos corregidos de D^0 y $\overline{D^0}$ para el haz de Σ^- , en la parte superior se tiene la distribución para todos los blancos, en la parte inferior se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante (izquierda) y cobre (derecha). También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Resumen de los resultados de los ajustes a la función $(1-x_F)^n$ para haces y blancos

Tabla 5.2: Resultados de los ajustes para los mesones $D^0 + \overline{D^0}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.

Mesón	Haz	n (Todos los blancos)	Rango en x_F
$D^0 c\bar{u}$	$\Sigma^- dds$	6.44 ± 0.51	0.0-0.8
$\overline{D^0} \bar{c}u$	$\Sigma^- dds$	6.70 ± 0.40	0.0-0.8

Tabla 5.3: Resultados de los ajustes para los mesones $D^0 + \overline{D^0}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de diamante.

Mesón	Haz	n (Blancos de diamante)	Rango en x_F
$D^0 c\bar{u}$	$\Sigma^- dds$	5.94 ± 0.54	0.0-0.8
$\overline{D^0} \bar{c}u$	$\Sigma^- dds$	6.15 ± 0.42	0.0-0.8

Tabla 5.4: Resultados de los ajustes para los mesones $D^0 + \overline{D^0}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de cobre.

Mesón	Haz	n (Blancos de cobre)	Rango en x_F
$D^0 c\bar{u}$	$\Sigma^- dds$	7.24 ± 0.95	0.0-0.7
$\overline{D^0} \bar{c}u$	$\Sigma^- dds$	7.59 ± 0.78	0.0-0.7

Comparación de eventos corregidos de $D^0 + \bar{D}^0$ con el experimento E791 para el haz de π^-

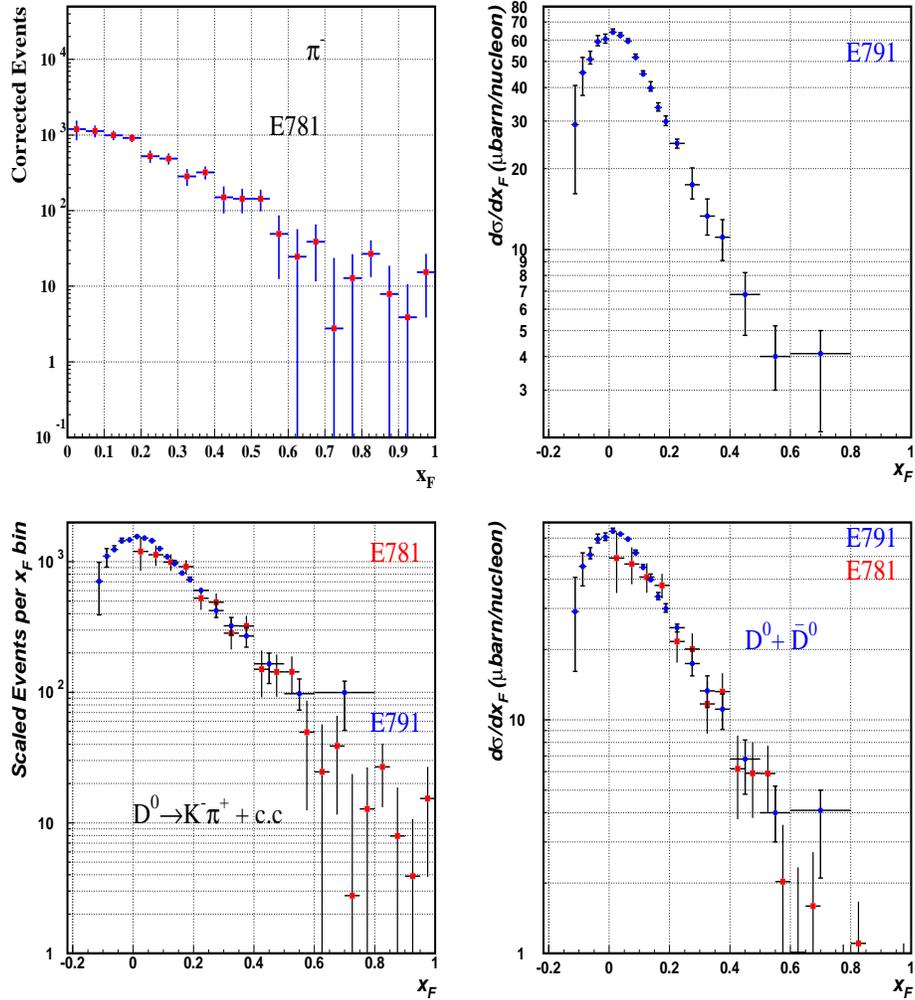


Figura 5.8: Distribuciones de los eventos corregidos para $D^0 + \bar{D}^0$ para el haz de π^- para el experimento SELEX (histograma rojo). Sección eficaz diferencial en función de x_F para el haz de π^- para el experimento E791 (histograma azul). En la parte inferior se muestra la comparación de los eventos corregidos en SELEX con la sección eficaz diferencial de E791, con esto concluimos que la forma es muy similar.

5.4. Discusión de los resultados

Distribuciones de masa invariante para D^0 y $\overline{D^0}$ para los diferentes haces

En la figura 5.1 se muestran las distribuciones de masa invariante para D^0 y $\overline{D^0}$, se les hizo un ajuste a la función 3.5, estas figuras corresponden a todos los candidatos a D^0 y $\overline{D^0}$ que se tienen en SELEX, la primera figura corresponde a todos los haces, y las restantes corresponden a los haces por separado Σ^- , π^- , protones, y π^+ , respectivamente. Como se puede ver se tiene más estadística para el haz de Σ^- , esto es debido a las corridas del experimento (véase sección 2.5). Los histogramas en azul corresponden a $\overline{D^0}$ y los rojos a D^0 .

Distribuciones en x_F para D^0 y $\overline{D^0}$ para los diferentes haces

En la figura 5.2 se muestran las distribuciones en x_F para los 4 haces del experimento SELEX. Se tomó un número de bins para cada haz dependiendo de la estadística disponible para cada decaimiento. Para los haces de Σ^- , π^- , y protones se realizó con 10 bins en x_F , mientras que para el haz de π^+ sólo 5 bins ya que la estadística para los haces de Σ^- , π^- , y protones es mayor que la de π^+ .

La aceptación para D^0 y $\overline{D^0}$

En la figura 5.3 se muestra la aceptación en función de las variables cinemáticas x_F y p_t^2 . La ventaja de que la aceptación no dependa de p_t^2 , es que no se necesita corregir las distribuciones en 2 dimensiones, es decir, en las 2 variables cinemáticas simultáneamente, en estudios previos acerca del barión Λ^0 , este fue el caso [72, 89], la desventaja de corregir en 2 dimensiones es el tiempo de cómputo y encontrar una función que describa este comportamiento.

Eventos corregidos por aceptación para D^0 y $\overline{D^0}$ para los diferentes haces

En la figura 5.4 se muestran las distribuciones corregidas para D^0 y $\overline{D^0}$ para los 4 haces del experimento SELEX. A estas distribuciones se les hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$. Los resultados de los ajustes se muestran en la tabla 5.1.

Asimetría de producción de D^0 - $\overline{D^0}$ para los diferentes haces

En la figura 5.5 se muestra la asimetría para D^0 y $\overline{D^0}$ para los 4 diferentes haces del experimento SELEX.

Para estas figuras se puede decir que se observa una pequeña asimetría en x_F para todos los haces.

La aceptancia de D^0 y $\overline{D^0}$ para los diferentes blancos

En la figura 5.6 se muestran las aceptancias para D^0 y $\overline{D^0}$ para los 5 blancos. Como se puede apreciar la forma de la aceptancia es la misma, pero para cada blanco es diferente. La aceptancia para el blanco número 6 (el primer blanco de cobre) es mayor que los otros 4 blancos a grandes x_F . El tiempo de vida del mesón D^0 es de 410.1×10^{-15} s y el valor de $c\tau = 122.9 \mu m$. Considerando un mesón D^0 con un momento típico de 100 GeV/c en el caso de SELEX, esta partícula recorre aproximadamente una distancia $L = \gamma c\tau = 100 \times 122.9 \mu m = 1.229$ cm, antes de decaer en $K^-\pi^+$. En la sección 2.2.2 se mostraron las propiedades de los blancos, en especial la posición en z , dado que la posición en z del primer blanco (número 6) es de -6.12 cm, y el último blanco (número 10) es de -0.1 cm, la separación entre cada blanco es aproximadamente de 1.5 cm. En la sección 5.2 se mostraron los cortes para estos decaimientos y hay un corte en la z del vértice secundario que es de 3.4 cm, con lo cual se entiende porque la aceptancia a grandes x_F es mayor la del primer blanco de cobre (número 6) que la de los otros 4 blancos, el primer blanco tiene más distancia para volar antes de decaer que la de los otros 4 blancos.

Eventos corregidos por aceptancia para D^0 y $\overline{D^0}$ para los diferentes blancos y el haz de Σ^-

En la figura 5.7 se muestran las distribuciones de los eventos corregidos para el haz de Σ^- , aquí se comparan las distribuciones de la siguiente manera: primero se tiene la distribución para todos los blancos, después se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante y cobre. También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Resumen de los resultados de los ajustes a la función $(1-x_F)^n$ para haces y blancos

En la figura 5.7 se muestran las distribuciones para los eventos corregidos para el haz de Σ^- y blancos. En las tablas 5.2, 5.3 y 5.4 se muestran los resultados obtenidos de los ajustes para los mesones D^0 y $\overline{D^0}$ producidos por el haz de Σ^- y blancos. Estos resultados son iguales dentro de los errores estadísticos.

Comparación de eventos corregidos de $D^0 + \overline{D^0}$ con el experimento E791 para el haz de π^-

En la figura 5.8 se muestran las distribuciones para los eventos corregidos por aceptancia para el haz de π^- para el experimento SELEX (histograma rojo). También se muestran la distribución de la sección eficaz diferencial en función de x_F para el haz de π^- para el experimento E791 (histograma azul). Dado que E791 publicó la sección eficaz diferencial para la suma de $D^0 + \overline{D^0}$ para el haz de π^- . En la figura de la parte inferior también se muestra

una comparación de los eventos corregidos en SELEX con la sección eficaz diferencial de E791, con esto concluimos que la forma es muy similar. De esta manera se propone [92] usar estos datos de E791 como normalización para convertir los eventos corregidos de SELEX a sección eficaz.

5.5. Conclusiones

En este capítulo se presentaron los resultados de la hadroproducción de los mesones D^0 y \overline{D}^0 , así como una discusión de cada uno de los resultados mostrados a lo largo de este capítulo. En las conclusiones se presentan las de mayor importancia.

- Se midió el parámetro n de la ecuación 1.7 para estos mesones con los diferentes haces y blancos del experimento SELEX.
- Se realizó la comparación de los eventos corregidos de $D^0 + \overline{D}^0$ de SELEX con la sección eficaz diferencial del experimento E791 para el haz de π^- , por tanto se concluye que la forma es muy similar.

Capítulo 6

Resultados para los mesones charm D^0 y $\overline{D^0}$ en $K\pi\pi\pi$

6.1. Introducción

En este capítulo se presentan los resultados para los decaimientos $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^+\pi^-$, y $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-\pi^+\pi^-$, aplicando la metodología explicada en el capítulo del procedimiento de análisis de datos (véase capítulo 3). Al final del capítulo se hace una discusión acerca de algunos de los resultados, también se han incluido algunas tablas dentro de este capítulo, así como otras tablas fueron colocadas en el apéndice B.

6.2. Cortes

Los cortes que se aplicaron a estos decaimientos son los siguientes:

- $L/\sigma > 8$
- $p_{\text{vtx}} < 12$
- $\chi_{\text{sec}}^2 < 5$
- $\text{svx}_z < 3.4 \text{ cm}$
- $\sigma < 0.17 \text{ cm}$
- $\text{scut}(2) > 2$
- $\text{mom } \pi > 8 \text{ GeV}/c$
- Se eliminaron vértices secundarios en material.

6.2.1. El método de sustracción del ruido

Se utilizó el mismo método para sustraer el ruido de la señal (véase sección 3.6), sólo que se cambian los rangos de la señal y el ruido. Estos son:

- Señal + ruido (1.839:1.889) GeV/c^2
- Banda ruido1 (1.764:1.814) GeV/c^2
- Banda ruido2 (1.914:1.964) GeV/c^2

6.3. Resultados

Distribuciones de masa invariante para D^0 y \overline{D}^0 para los diferentes haces

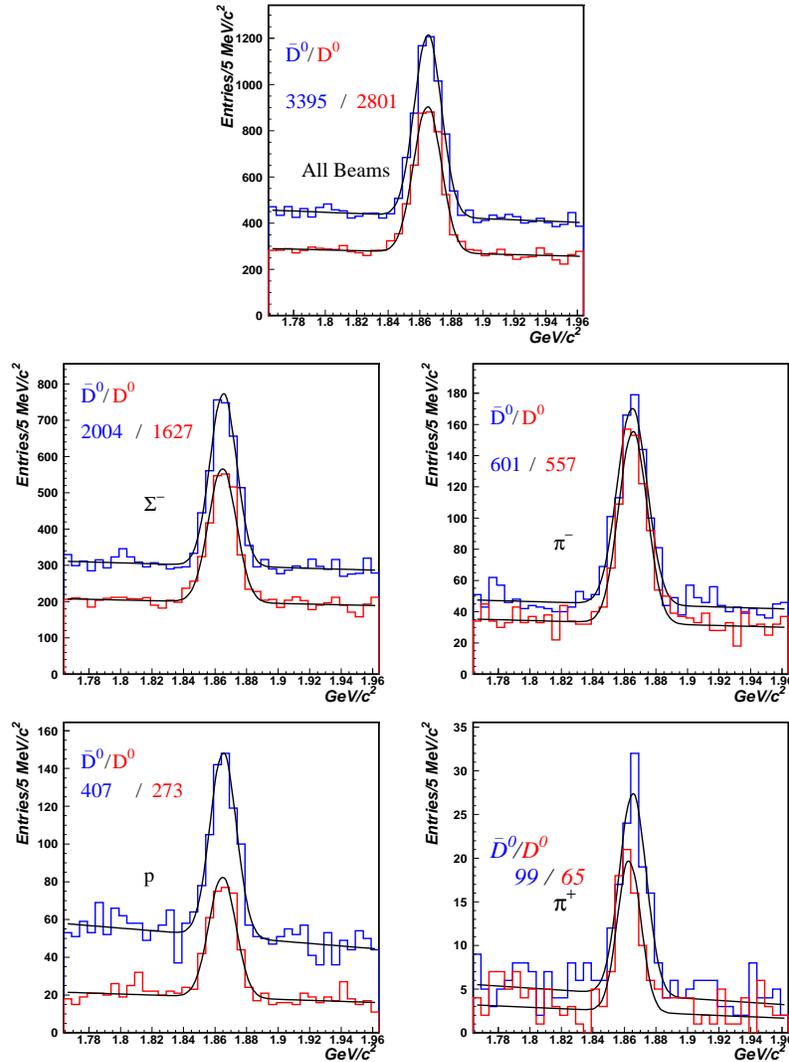


Figura 6.1: Distribuciones de la masa invariante de los candidatos a D^0 y \overline{D}^0 , se les hizo un ajuste a la función 3.5, la primera figura corresponde a todos los haces, y las restantes corresponden a los haces por separado Σ^- , π^- , protones, y π^+ , respectivamente. Los histogramas en azul corresponden a D^- y los rojos a D^+ .

Distribuciones en x_F para D^0 y \bar{D}^0 para los diferentes haces

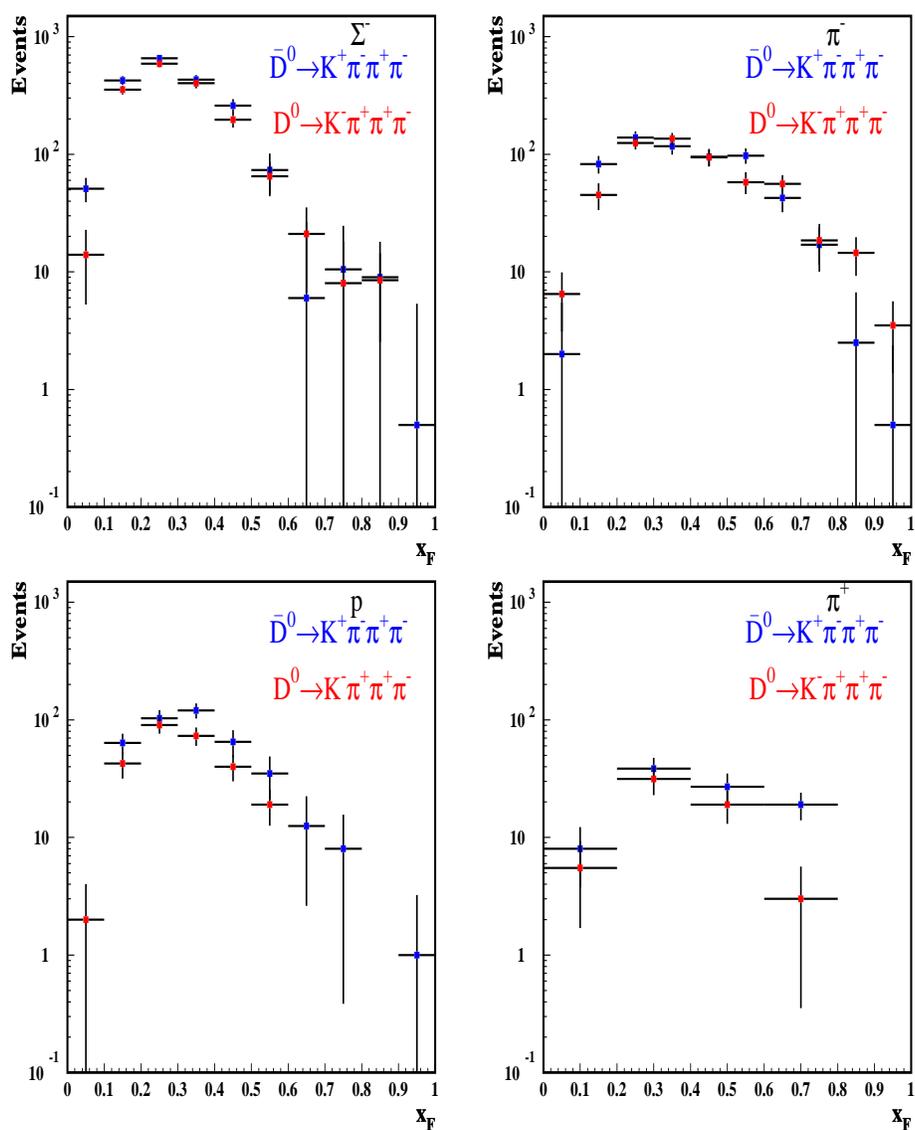


Figura 6.2: Distribuciones en x_F de los candidatos a D^0 y \bar{D}^0 producidas por los haces de Σ^- y π^- en la parte superior, protones y π^+ en la parte inferior. Los histogramas en azul corresponden a \bar{D}^0 y los rojos a D^0 .

La aceptancia para D^0 y \overline{D}^0

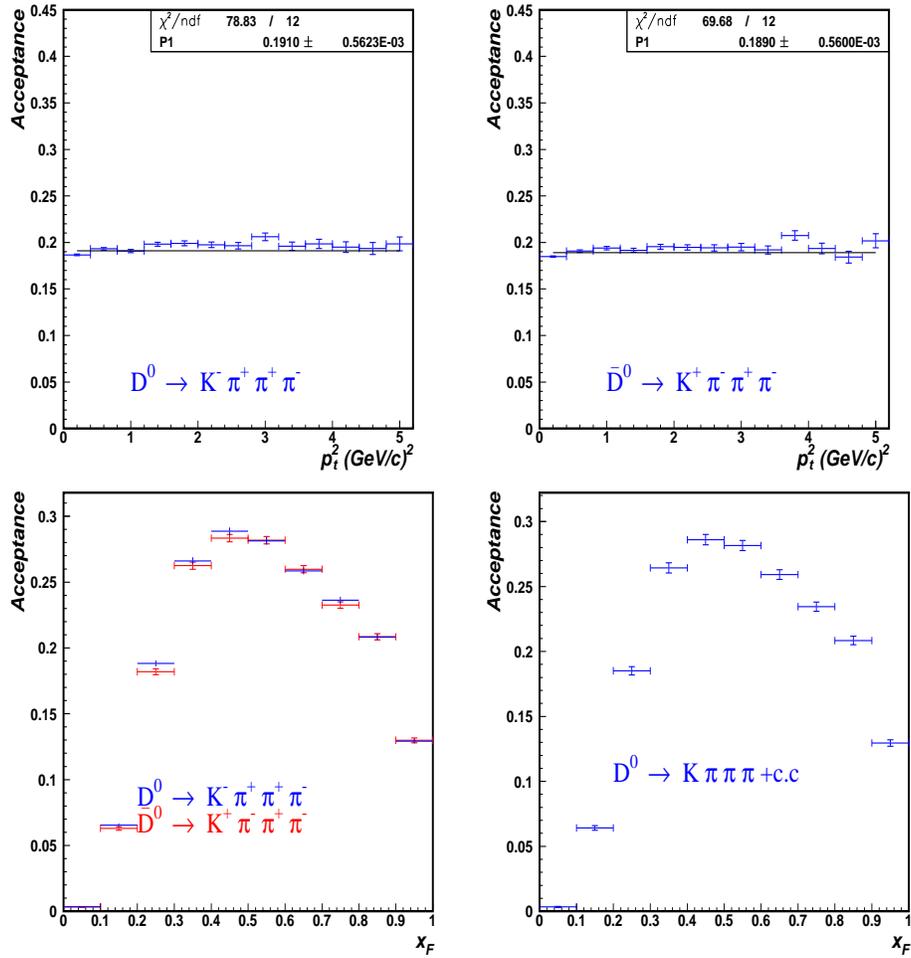


Figura 6.3: Aceptancias para D^0 y \overline{D}^0 en función p_t^2 (parte superior) y x_F (parte inferior). La aceptancia de D^0 y \overline{D}^0 en función de p_t^2 es constante, lo cual es importante ya que al corregir las distribuciones en p_t^2 sólo serán afectadas por un factor constante. Para la aceptancia de D^0 y \overline{D}^0 en función de x_F hay una cierta dependencia, pero al ver partícula y antipartícula se observa que son casi iguales, la diferencia entre las aceptancias es de 1.2 %, así que de esta manera se hizo un promedio de las aceptancias y este promedio se utilizó para corregir las distribuciones en x_F .

Eventos corregidos por aceptancia para D^0 y \bar{D}^0 para los diferentes haces

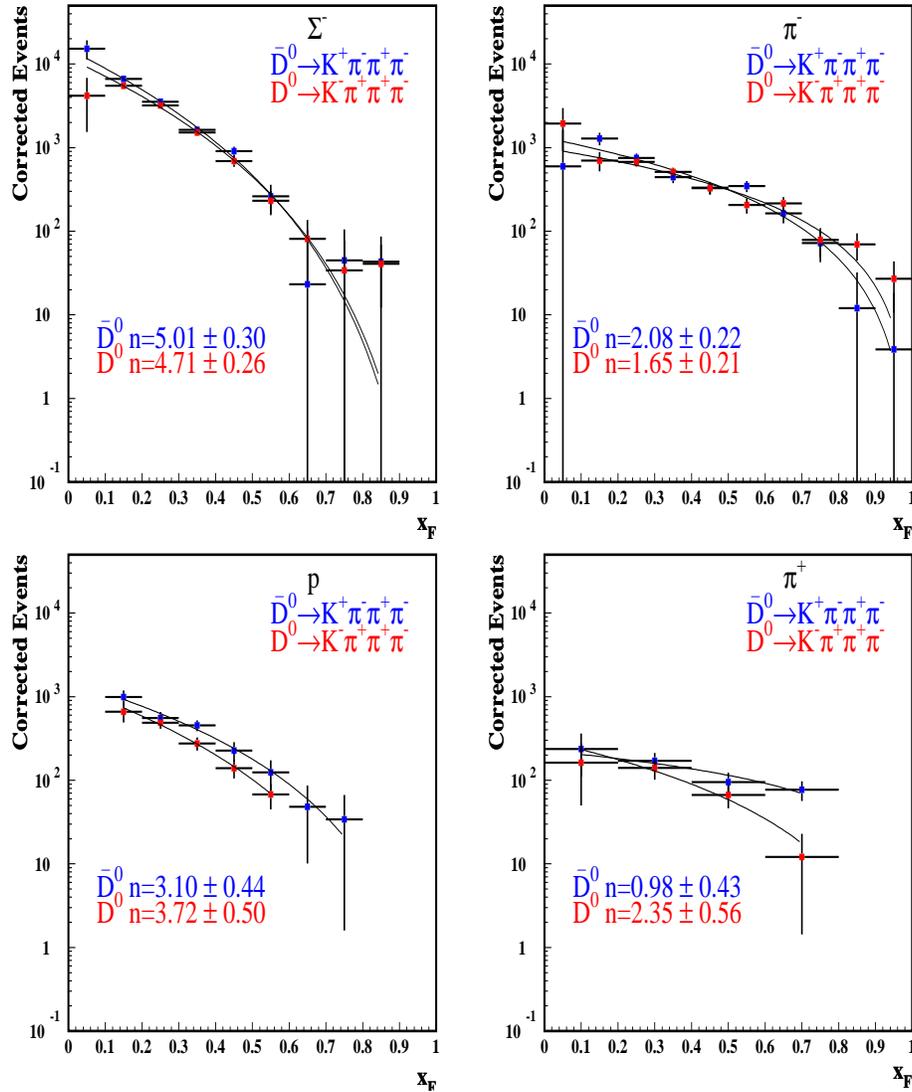


Figura 6.4: Distribuciones corregidas para D^0 y \bar{D}^0 en función de x_F producidas por los haces de Σ^- y π^- en la parte superior, protones y π^+ en la parte inferior, a las distribuciones corregidas se les aplicó un ajuste a la función $(1 - x_F)^n$.

Tabla 6.1: Resultados de los ajustes para los mesones D^0 y \overline{D}^0 a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.

Mesón	Haz	n (Todos los blancos)	Rango en x_F
$D^0 c\bar{u}$	$\pi^- \bar{u}d$	1.65 ± 0.21	0.0-1.0
$\overline{D}^0 \bar{c}u$	$\pi^- \bar{u}d$	2.08 ± 0.22	0.0-1.0
$D^0 c\bar{u}$	$\pi^+ u\bar{d}$	2.35 ± 0.56	0.0-0.8
$\overline{D}^0 \bar{c}u$	$\pi^+ u\bar{d}$	0.98 ± 0.43	0.0-0.8
$D^0 c\bar{u}$	$p uud$	3.72 ± 0.50	0.1-0.6
$\overline{D}^0 \bar{c}u$	$p uud$	3.10 ± 0.44	0.1-0.8
$D^0 c\bar{u}$	$\Sigma^- dds$	4.71 ± 0.26	0.0-0.9
$\overline{D}^0 \bar{c}u$	$\Sigma^- dds$	5.01 ± 0.30	0.0-0.9

Asimetría de producción de $D^0 - \overline{D^0}$ para los diferentes haces

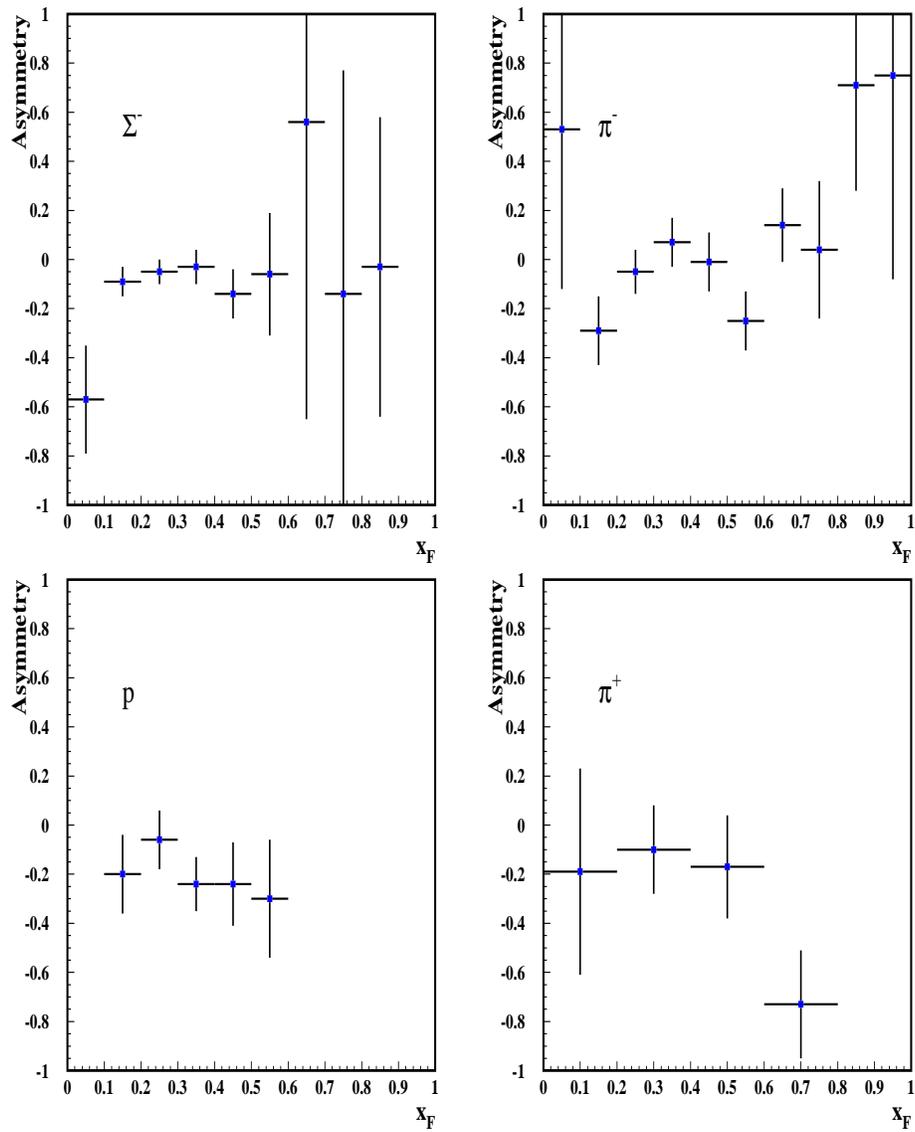


Figura 6.5: Asimetría de producción de $D^0 - \overline{D^0}$ en función de x_F para Σ^- y π^- en la parte superior, protones y π^+ en la parte inferior. Estas figuras corresponden a todos los blancos.

La aceptación de D^0 y \bar{D}^0 para los diferentes blancos

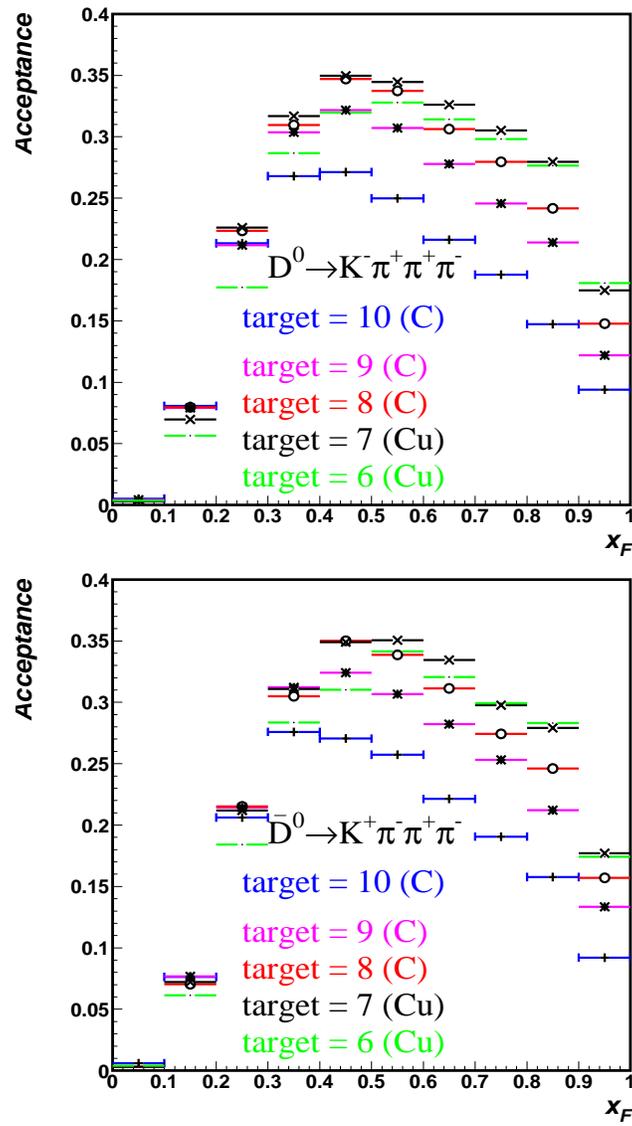


Figura 6.6: Aceptancia de D^0 y \bar{D}^0 en función de x_F para los 5 blancos diferentes. La forma de la aceptación es la misma, pero para cada blanco es diferente.

Eventos corregidos por aceptancia para D^0 y \bar{D}^0 para los diferentes blancos y el haz de Σ^-

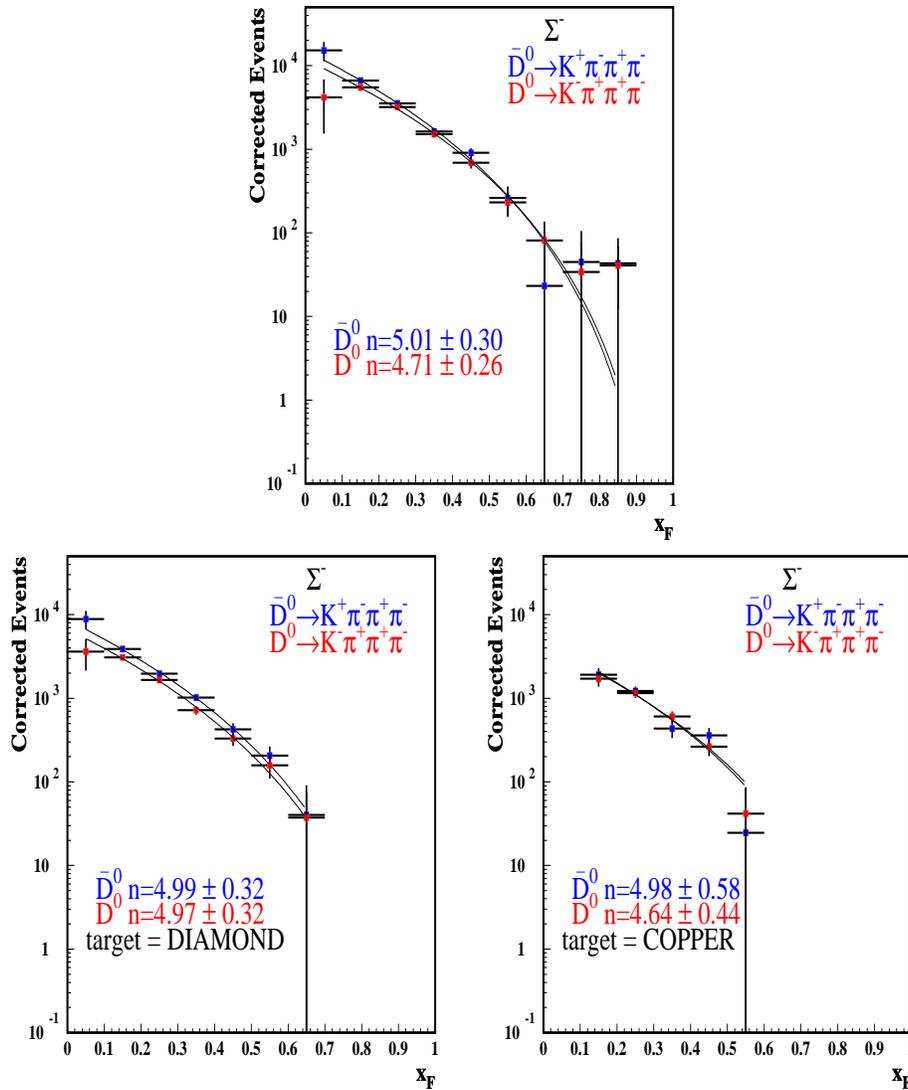


Figura 6.7: Distribuciones de los eventos corregidos de D^0 y \bar{D}^0 para el haz de Σ^- , en la parte superior se tiene la distribución para todos los blancos, en la parte inferior se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante (izquierda) y cobre (derecha). También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Resumen de los resultados de los ajustes a la función $(1-x_F)^n$ para el haz de Σ^- y blancos

Tabla 6.2: Resultados de los ajustes para los mesones $D^0 + \overline{D^0}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.

Mesón	Haz	n (Todos los blancos)	Rango en x_F
$D^0 c\bar{u}$	$\Sigma^- dds$	4.71 ± 0.26	0.0-0.9
$\overline{D^0} \bar{c}u$	$\Sigma^- dds$	5.01 ± 0.30	0.0-0.9

Tabla 6.3: Resultados de los ajustes para los mesones $D^0 + \overline{D^0}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de diamante.

Mesón	Haz	n (Blancos de diamante)	Rango en x_F
$D^0 c\bar{u}$	$\Sigma^- dds$	4.97 ± 0.32	0.0-0.7
$\overline{D^0} \bar{c}u$	$\Sigma^- dds$	4.99 ± 0.32	0.0-0.7

Tabla 6.4: Resultados de los ajustes para los mesones $D^0 + \overline{D^0}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de cobre.

Mesón	Haz	n (Blancos de cobre)	Rango en x_F
$D^0 c\bar{u}$	$\Sigma^- dds$	4.64 ± 0.44	0.1-0.6
$\overline{D^0} \bar{c}u$	$\Sigma^- dds$	4.98 ± 0.58	0.1-0.6

Comparación de eventos corregidos de $D^0 + \overline{D}^0$ con el experimento E791 para el haz de π^-

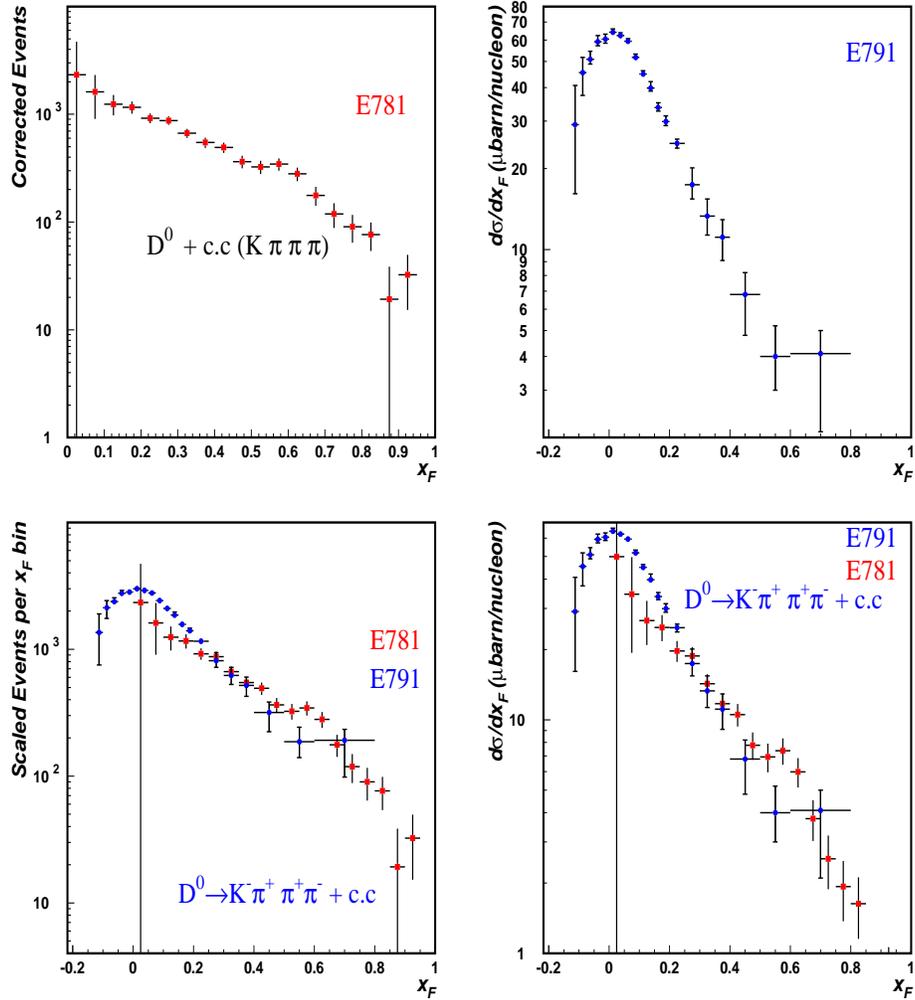


Figura 6.8: Distribuciones de los eventos corregidos para $D^0 + \overline{D}^0$ para el haz de π^- para el experimento SELEX (histograma rojo). Sección eficaz diferencial en función de x_F para el haz de π^- para el experimento E791 (histograma azul). En la parte inferior se muestra la comparación de los eventos corregidos en SELEX con la sección eficaz diferencial de E791, con esto concluimos que la forma es similar.

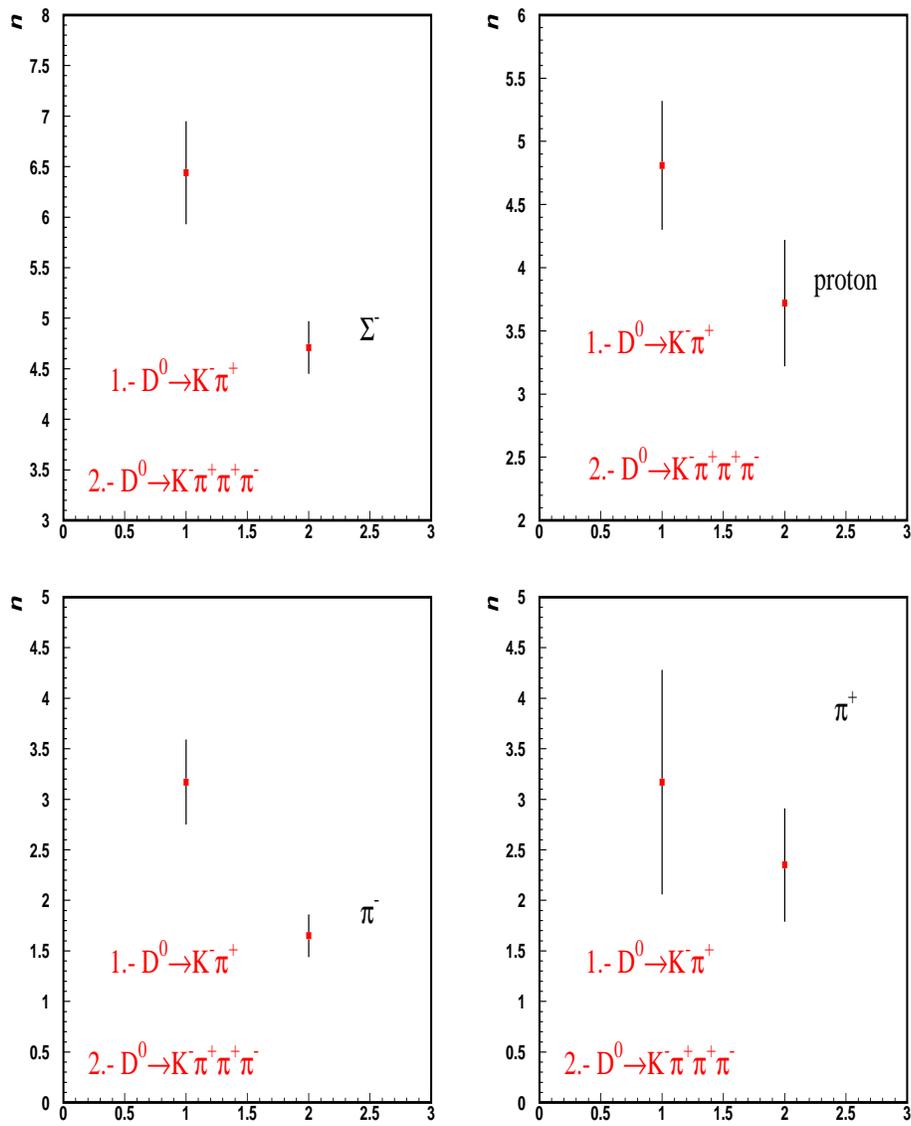
Resultados del parámetro n para D^0 en $K\pi$ y $K\pi\pi\pi$ 

Figura 6.9: Comparación de ajustes obtenidos (parámetro n) para $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$ y $D^0 \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-$, para los diferentes haces.

Resultados del parámetro n para $\overline{D^0}$ en $K\pi$ y $K\pi\pi\pi$

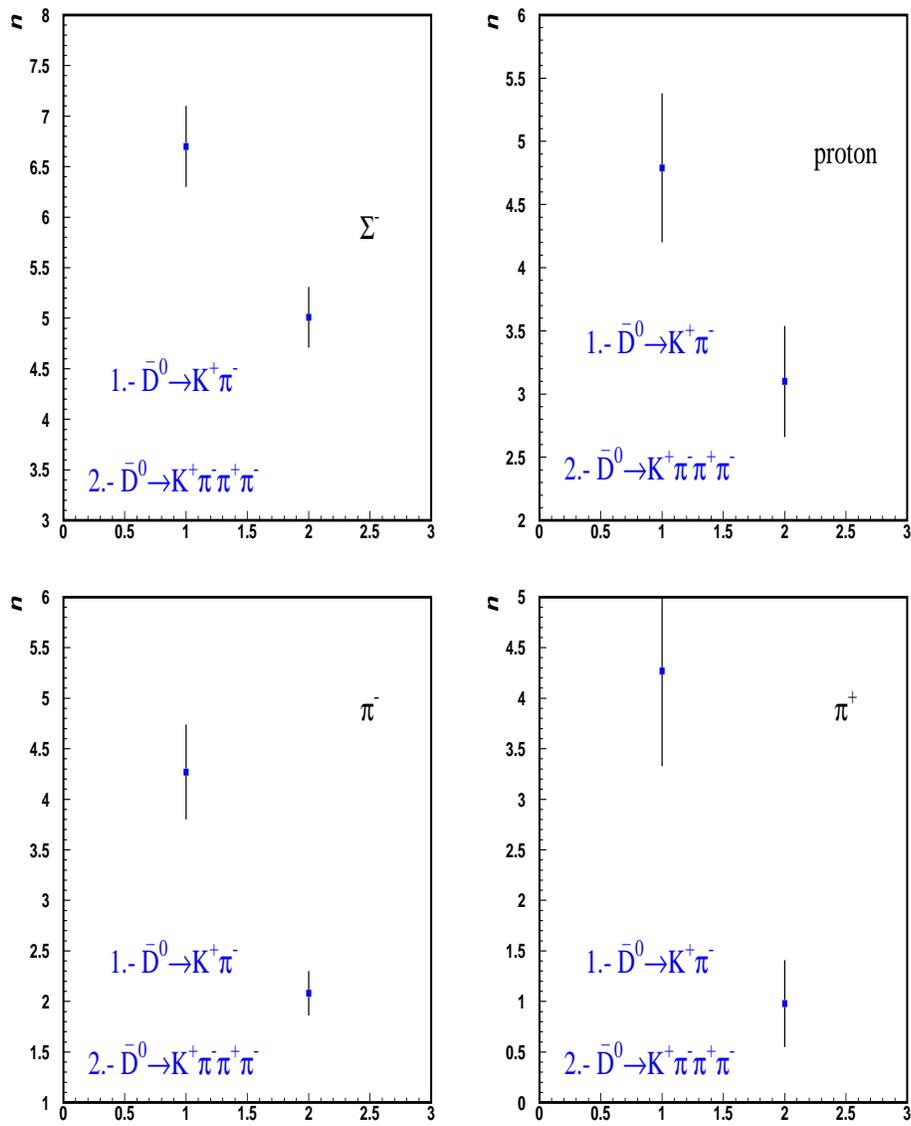


Figura 6.10: Comparación de ajustes obtenidos (parámetro n) para $\overline{D^0} \rightarrow K^+ \pi^-$ y $\overline{D^0} \rightarrow K^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$, para los diferentes haces.

6.4. Discusión de los resultados

Distribuciones de masa invariante para D^0 y $\overline{D^0}$ para los diferentes haces

En la figura 6.1 se muestran las distribuciones de masa invariante para D^0 y $\overline{D^0}$, se les hizo un ajuste a la función 3.5, estas figuras corresponden a todos los candidatos a D^0 y $\overline{D^0}$ que se tienen en SELEX, la primera figura corresponde a todos los haces, y las restantes corresponden a los haces por separado Σ^- , π^- , protones, y π^+ , respectivamente. Como se puede ver se tiene más estadística para el haz de Σ^- , esto es debido a las corridas del experimento (véase sección 2.5). Los histogramas en azul corresponden a $\overline{D^0}$ y los rojos a D^0 .

Distribuciones en x_F para D^0 y $\overline{D^0}$ para los diferentes haces

En la figura 6.2 se muestran las distribuciones en x_F para los 4 haces del experimento SELEX. Se tomó un número de bins para cada haz dependiendo de la estadística disponible para cada decaimiento. Para los haces de Σ^- , π^- , y protones se realizó con 10 bins en x_F , mientras que para el haz de π^+ sólo 5 bins ya que la estadística para los haces de Σ^- , π^- , y protones es mayor que la de π^+ .

La aceptación para D^0 y $\overline{D^0}$

En la figura 6.3 se muestra la aceptación en función de las variables cinemáticas x_F y p_t^2 . La ventaja de que la aceptación no dependa de p_t^2 , es que no se necesita corregir las distribuciones en 2 dimensiones, es decir, en las 2 variables cinemáticas simultáneamente, en estudios previos acerca del barión Λ^0 , este fue el caso [72, 89], la desventaja de corregir en 2 dimensiones es el tiempo de cómputo y encontrar una función que describa este comportamiento.

Eventos corregidos por aceptación para D^0 y $\overline{D^0}$ para los diferentes haces

En la figura 6.4 se muestran las distribuciones corregidas para D^0 y $\overline{D^0}$ para los 4 haces del experimento SELEX. A estas distribuciones se les hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$. Los resultados de los ajustes se muestran en la tabla 6.1.

Asimetría de producción de D^0 - $\overline{D^0}$ para los diferentes haces

En la figura 6.5 se muestra la asimetría para D^0 y $\overline{D^0}$ para los 4 diferentes haces del experimento SELEX.

Para estas figuras se puede decir que se observa una pequeña asimetría en x_F para todos los haces.

La aceptancia de D^0 y $\overline{D^0}$ para los diferentes blancos

En la figura 6.6 se muestran las aceptancias para D^0 y $\overline{D^0}$ para los 5 blancos. Como se puede apreciar la forma de la aceptancia es la misma, pero para cada blanco es diferente. La aceptancia para el blanco número 6 (el primer blanco de cobre) es mayor que los otros 4 blancos a grandes x_F . El tiempo de vida del mesón D^0 es de 410.1×10^{-15} s y el valor de $c\tau = 122.9 \mu m$. Considerando un mesón D^0 con un momento típico de 100 GeV/c en el caso de SELEX, esta partícula recorre aproximadamente una distancia $L = \gamma c\tau = 100 \times 122.9 \mu m = 1.229$ cm, antes de decaer en $K^-\pi^+\pi^+\pi^-$. En la sección 2.2.2 se mostraron las propiedades de los blancos, en especial la posición en z , dado que la posición en z del primer blanco (número 6) es de -6.12 cm, y el último blanco (número 10) es de -0.1 cm, la separación entre cada blanco es aproximadamente de 1.5 cm. En la sección 6.2 se mostraron los cortes para estos decaimientos y hay un corte en la z del vértice secundario que es de 3.4 cm, con lo cual se entiende porque la aceptancia a grandes x_F es mayor la del primer blanco de cobre (número 6) que la de los otros 4 blancos, el primer blanco tiene más distancia para volar antes de decaer que la de los otros 4 blancos.

Eventos corregidos por aceptancia para D^0 y $\overline{D^0}$ para los diferentes blancos y el haz de Σ^-

En la figura 6.7 se muestran las distribuciones de los eventos corregidos para el haz de Σ^- , aquí se comparan las distribuciones de la siguiente manera: primero se tiene la distribución para todos los blancos, después se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante y cobre. También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Resumen de los resultados de los ajustes a la función $(1-x_F)^n$ para el haz de Σ^- y blancos

En la figura 6.7 se muestran las distribuciones para los eventos corregidos para el haz de Σ^- y blancos. En las tablas 6.2, 6.3 y 6.4 se muestran los resultados obtenidos de los ajustes para los mesones D^0 y $\overline{D^0}$ producidos por el haz de Σ^- y blancos. Estos resultados son iguales dentro de los errores estadísticos.

Comparación de eventos corregidos de $D^0 + \overline{D^0}$ con el experimento E791 para el haz de π^-

En la figura 6.8 se muestran las distribuciones para los eventos corregidos por aceptancia para el haz de π^- para el experimento SELEX. También se muestran la distribución de la sección eficaz diferencial en función de x_F para el haz de π^- para el experimento E791. Dado que E791 publicó la sección eficaz diferencial para la suma de $D^0 + \overline{D^0}$ para el haz de π^- . En la subsección 5.3 también se muestra una comparación de los eventos corregidos

en SELEX con la sección eficaz diferencial de E791, con esto concluimos que la forma es muy similar. De esta manera se propone [92] usar estos datos de E791 como normalización para convertir los eventos corregidos de SELEX a sección eficaz.

Eventos corregidos de D^0 en $K\pi$ y $K\pi\pi\pi$

El decaimiento $D^0 \rightarrow K^-\pi^+$ tiene un razón de decaimiento de 3.80 ± 0.07 %, y el decaimiento $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^+\pi^-$ tiene una razón de decaimiento de 7.72 ± 0.28 %, aunque estos 2 decaimientos tengan razones de decaimiento diferentes se espera que tengan la misma distribución de los eventos corregidos dentro de los errores estadísticos, por tanto se comparan los resultados del ajuste a la función $(1-x_F)^n$, para el decaimiento en 2 cuerpos ($K\pi$) las distribuciones se muestran en la figura 5.4 y los resultados en la tabla 5.1. Para el decaimiento en 4 cuerpos ($K\pi\pi\pi$) las distribuciones se muestran en la figura 6.4 y los resultados en la tabla 6.1.

La comparación de los resultados de los ajustes se muestran en la figura 6.10, donde se puede observar que estos valores no son iguales dentro de los errores estadísticos para 3 haces Σ^- , π^- y proton, para el haz de π^+ estos resultados son iguales dentro de los errores estadísticos. Estos valores deben ser iguales dentro de los errores estadísticos para todos los haces, por tanto no se pueden juntar para mejorar la estadística.

Eventos corregidos de $\overline{D^0}$ en $K\pi$ y $K\pi\pi\pi$

El decaimiento $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-$ tiene un razón de decaimiento de 3.80 ± 0.07 %, y el decaimiento $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-\pi^+\pi^-$ tiene una razón de decaimiento de 7.72 ± 0.28 %, aunque estos 2 decaimientos tengan razones de decaimiento diferentes se espera que tengan la misma distribución de los eventos corregidos dentro de los errores estadísticos, por tanto se comparan los resultados del ajuste a la función $(1-x_F)^n$, para el decaimiento en 2 cuerpos ($K\pi$) las distribuciones se muestran en la figura 5.4 y los resultados en la tabla 5.1. Para el decaimiento en 4 cuerpos ($K\pi\pi\pi$) las distribuciones se muestran en la figura 6.4 y los resultados en la tabla 6.1.

La comparación de los resultados de los ajustes se muestran en la figura 6.10, donde se puede observar que estos valores no son iguales dentro de los errores estadísticos para los 4 haces del experimento SELEX. Estos valores deben ser iguales dentro de los errores estadísticos para todos los haces, por tanto no se pueden juntar para mejorar la estadística.

6.5. Conclusiones

En este capítulo se presentaron los resultados de la hadroproducción de los mesones D^0 y $\overline{D^0}$, así como una discusión de cada uno de los resultados mostrados a lo largo de este capítulo. En las conclusiones se presentan las de mayor importancia.

- Se midió el parámetro n de la ecuación 1.7 para estos mesones con los diferentes haces y blancos del experimento SELEX.
- Se realizó la comparación de los eventos corregidos de $D^0 + \overline{D^0}$ de SELEX con la sección eficaz diferencial del experimento E791 para el haz de π^- , por tanto se concluye que la forma es muy similar.
- Se realizó la comparación del parámetro n de la ecuación 1.7 para los modos $D^0 \rightarrow K^-\pi^+$ y $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^+\pi^-$, donde este parámetro no es igual dentro de los errores estadísticos.
- Se realizó la comparación del parámetro n de la ecuación 1.7 para los modos $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-$ y $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-\pi^+\pi^-$, donde este parámetro no es igual dentro de los errores estadísticos.

Capítulo 7

Resultados para los mesones charm D^+ y D^-

7.1. Introducción

En este capítulo se presentan los resultados para los decaimientos $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$, y $D^- \rightarrow K^+ \pi^- \pi^-$, aplicando la metodología explicada en el capítulo del procedimiento de análisis de datos (véase capítulo 3). Al final del capítulo se hace una discusión acerca de algunos de los resultados, también se han incluido algunas tablas dentro de este capítulo, así como otras tablas fueron colocadas en el apéndice C.

7.2. CoDrtes

Los cortes que se aplicaron a estos decaimientos son los siguientes:

- $L/\sigma > 15$
- $p_{vtx} < 12$
- $\chi_{sec}^2 < 5$
- $svx_z < 3.4 \text{ cm}$
- $svx_{sz} < 0.17 \text{ cm}$
- $\sigma < 0.17 \text{ cm}$
- $mom \pi > 8 \text{ GeV}/c$
- Se eliminaron vértices secundarios en material.
- $-6.5 \text{ cm} < p_{vx_z} < 0.25 \text{ cm}$

7.3. Resultados

Distribuciones de masa invariante para D^\pm para los diferentes haces

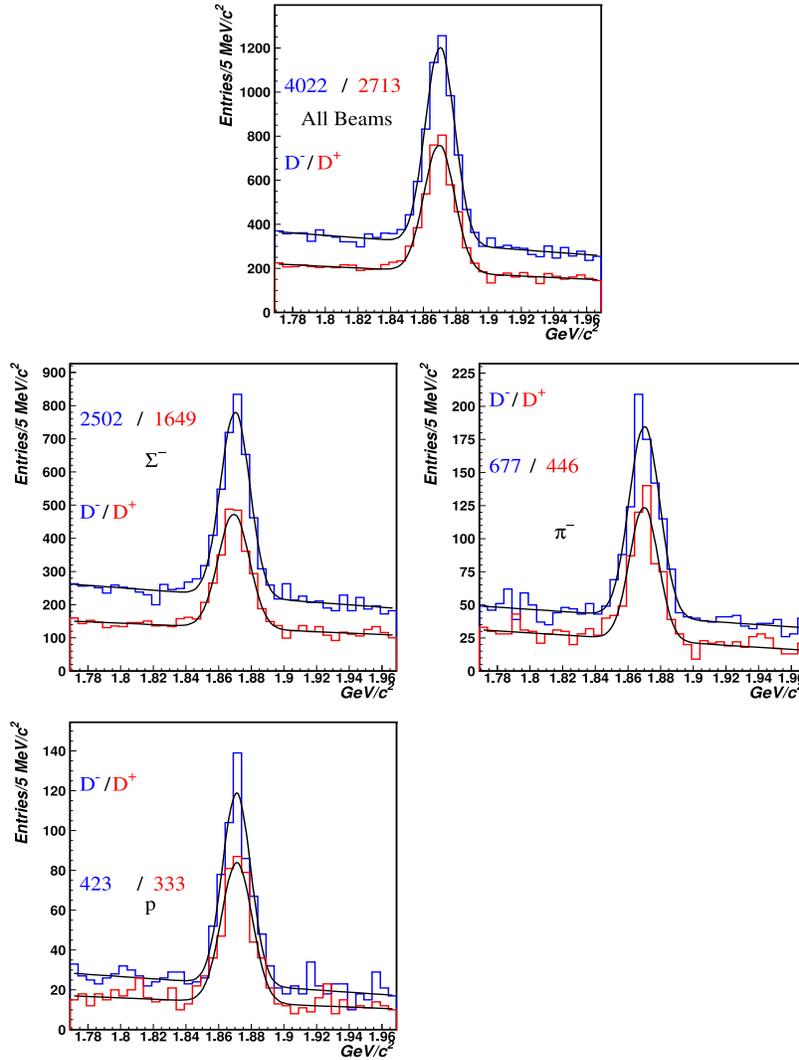


Figura 7.1: Distribuciones de la masa invariante de los candidatos a D^\pm , se les hizo un ajuste a la función 3.5, la primera figura corresponde a todos los haces, y las restantes corresponden a los haces por separado Σ^- , π^- , protones, y π^+ , respectivamente. Los histogramas en azul corresponden a D^- y los rojos a D^+ .

Distribuciones en x_F para D^\pm para los diferentes haces

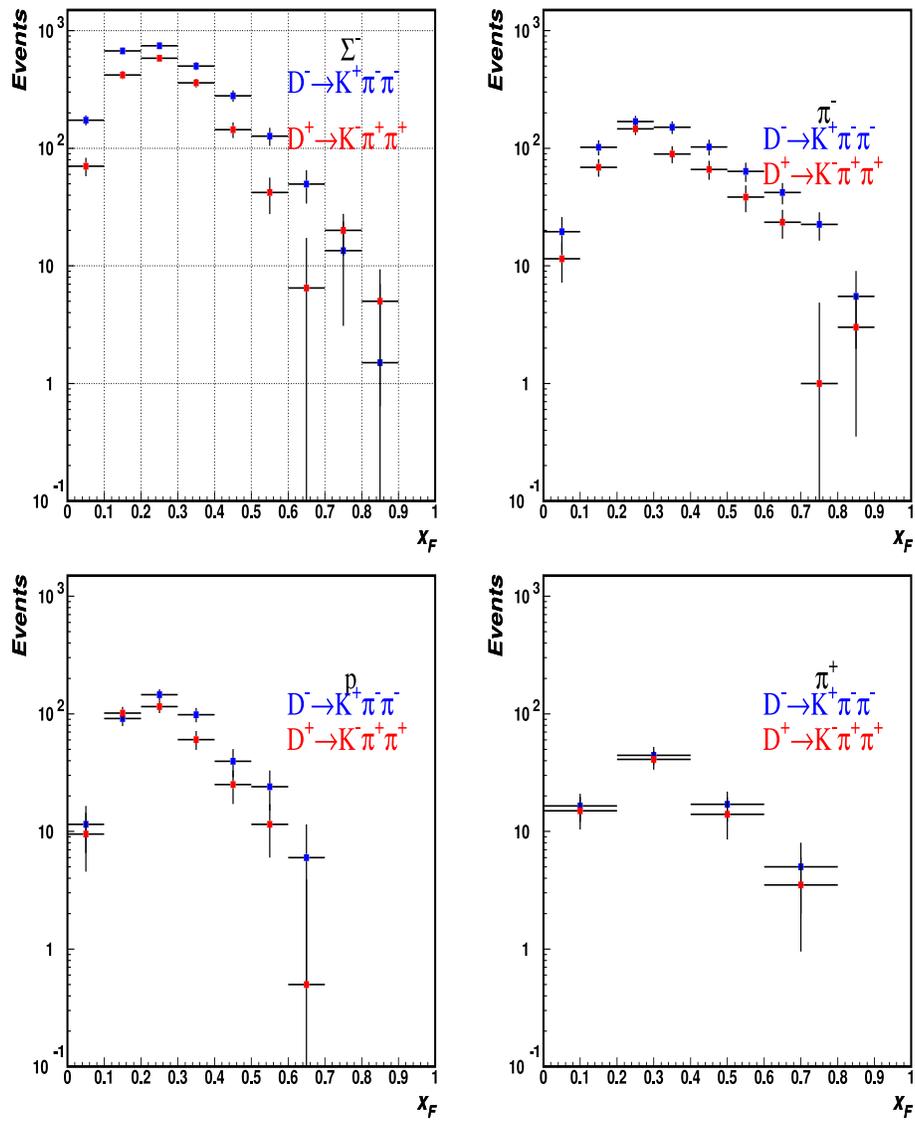


Figura 7.2: Distribuciones en x_F de los candidatos a D^\pm producidas por los haces de Σ^- y π^- en la parte superior, protones y π^+ en la parte inferior. Los histogramas en azul corresponden a D^- y los rojos a D^+ .

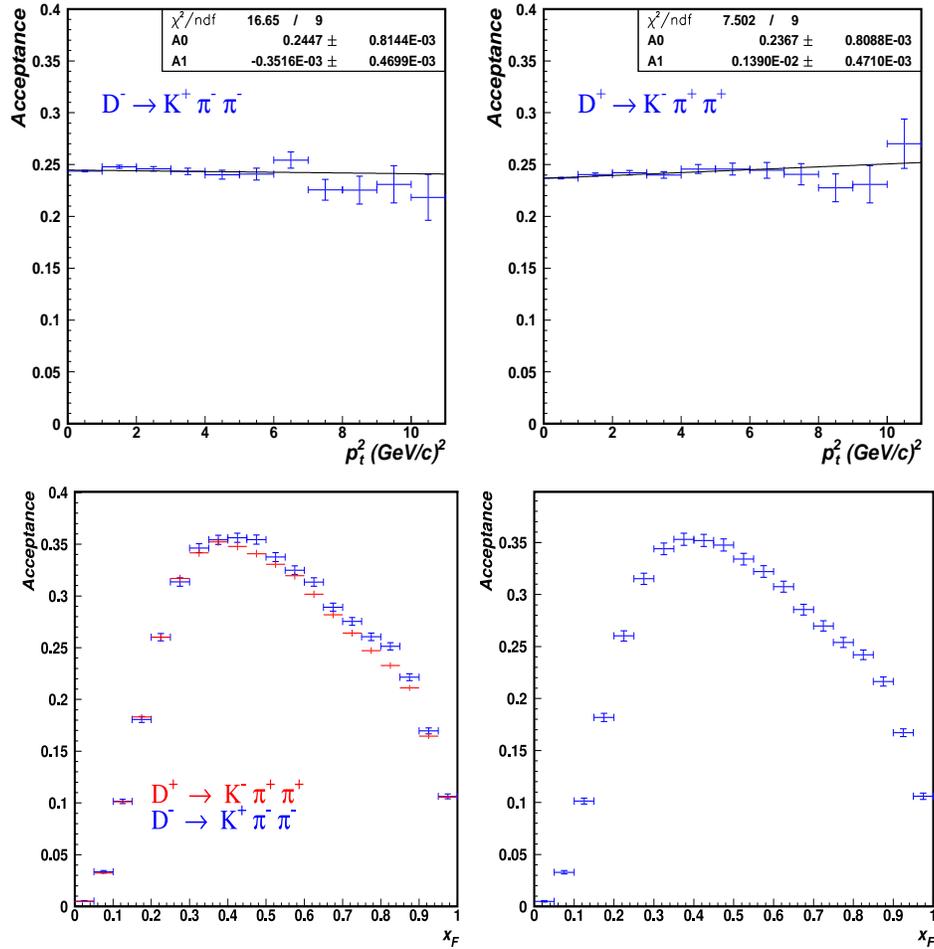
La aceptancia para D^\pm 

Figura 7.3: Aceptancia para D^\pm en función p_t^2 (parte superior) y x_F (parte inferior). La aceptancia de D^\pm en función de p_t^2 es constante, lo cual es importante ya que al corregir las distribuciones en p_t^2 sólo serán afectadas por un factor constante. Para la aceptancia de D^\pm en función de x_F hay una cierta dependencia, pero al ver partícula y antipartícula se observa que son casi iguales, la diferencia entre las aceptancias es de 2.4 %, así que de esta manera se hizo un promedio de las aceptancias y este promedio se utilizó para corregir las distribuciones en x_F .

Eventos corregidos por aceptancia para D^\pm para los diferentes haces

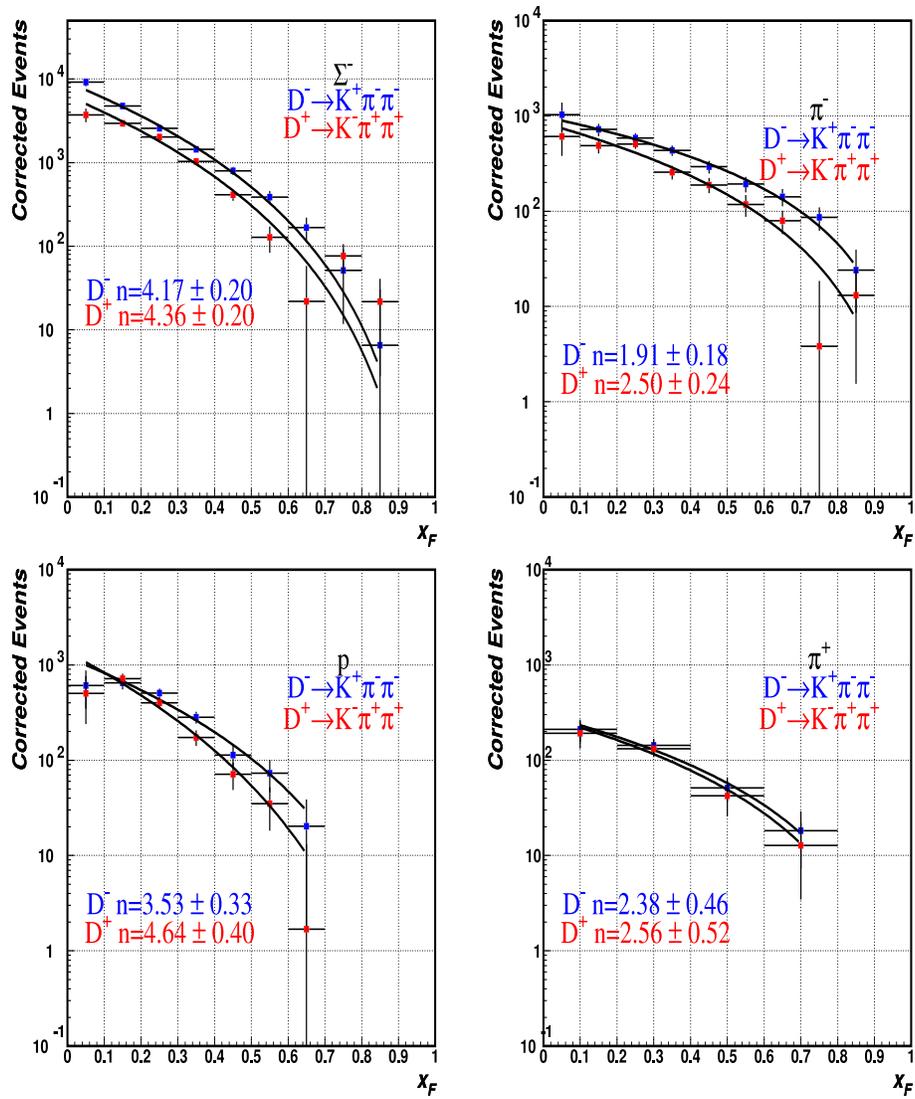


Figura 7.4: Distribuciones corregidas para D^\pm en función de x_F producidas por los haces de Σ^- y π^- en la parte superior, protones y π^+ en la parte inferior, a las distribuciones corregidas se les aplicó un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Tabla 7.1: Resultados de los ajustes para los mesones D^+ y D^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.

Mesón	Haz	n (Todos los blancos)	Rango en x_F
$D^- \bar{c}d$	$\pi^- \bar{u}d$	1.91 ± 0.18	0.0-0.9
$D^+ c\bar{d}$	$\pi^- \bar{u}d$	2.50 ± 0.24	0.0-0.9
$D^- \bar{c}d$	$\pi^+ u\bar{d}$	2.38 ± 0.46	0.0-0.8
$D^+ c\bar{d}$	$\pi^+ u\bar{d}$	2.56 ± 0.52	0.0-0.8
$D^- \bar{c}d$	$p \ uud$	3.53 ± 0.33	0.0-0.7
$D^+ c\bar{d}$	$p \ uud$	4.64 ± 0.40	0.0-0.7
$D^- \bar{c}d$	$\Sigma^- \ dds$	4.17 ± 0.20	0.0-0.9
$D^+ c\bar{d}$	$\Sigma^- \ dds$	4.36 ± 0.20	0.0-0.9

Asimetría de producción de $D^+ - D^-$ para los diferentes haces

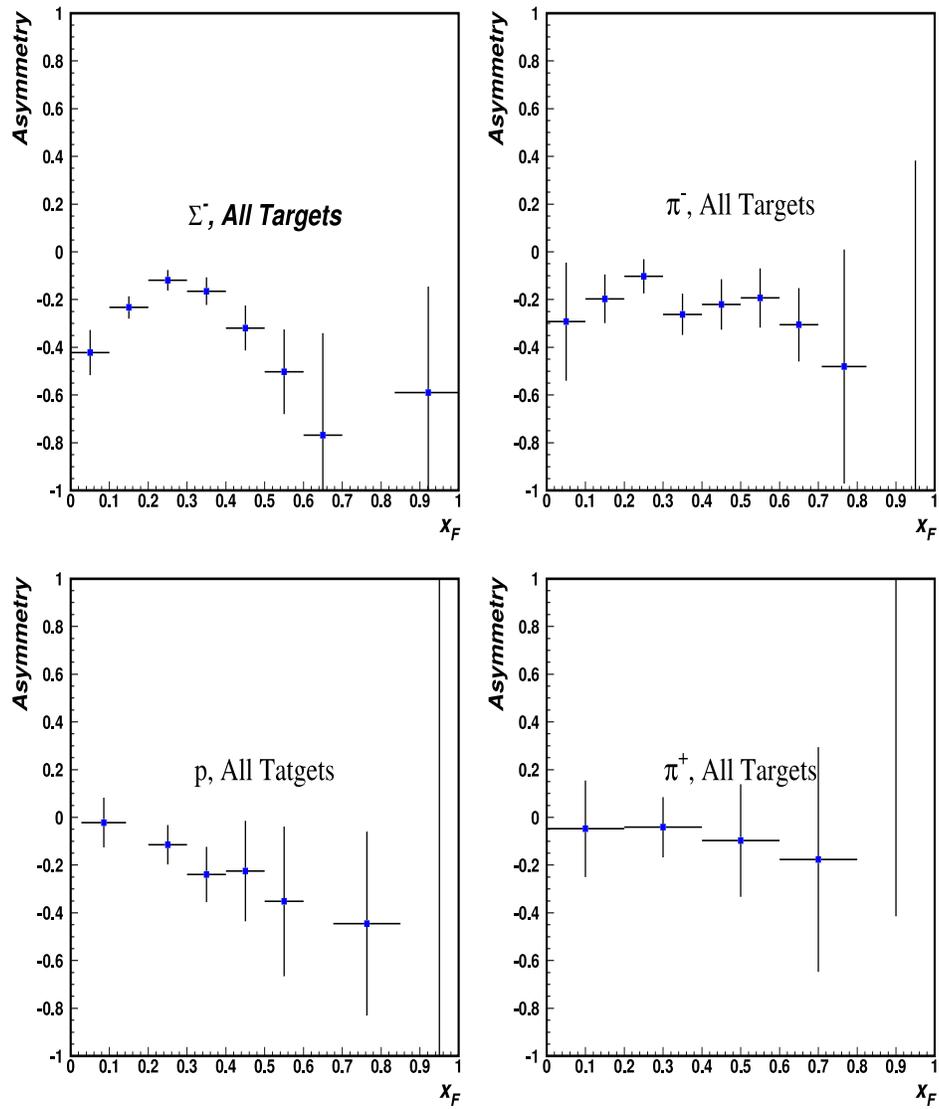


Figura 7.5: Asimetría de producción de $D^+ - D^-$ en función de x_F para Σ^- y π^- en la parte superior, protones y π^+ en la parte inferior. Estas figuras corresponden a todos los blancos.

La aceptancia de D^\pm para los diferentes blancos

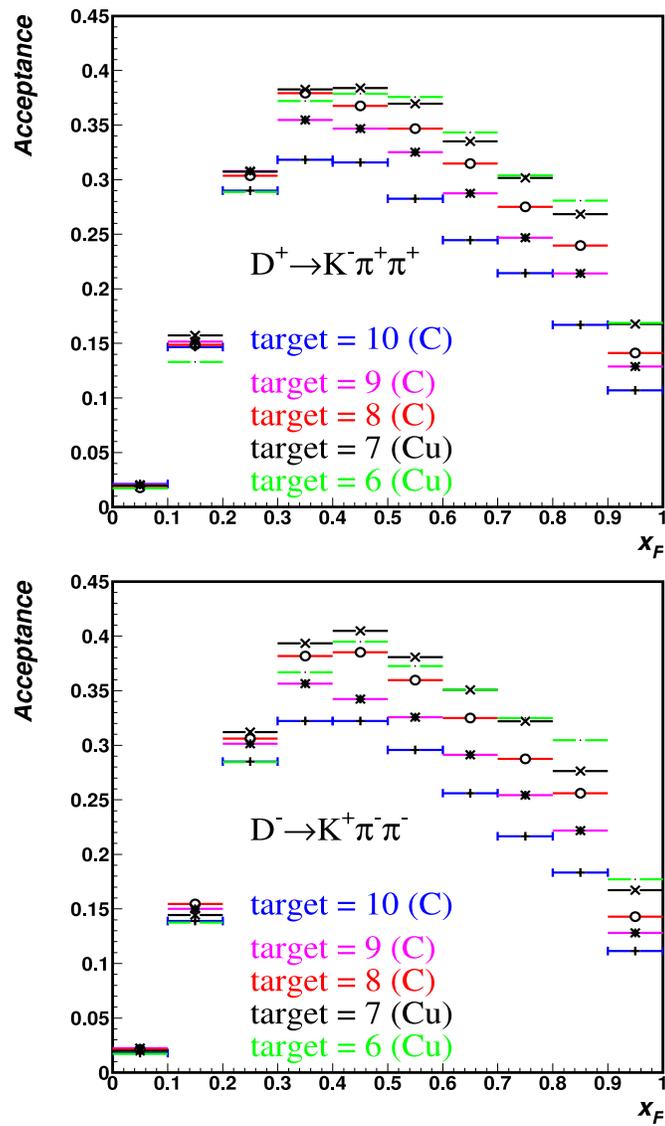


Figura 7.6: Aceptancia de D^\pm en función de x_F para los 5 blancos diferentes. La forma de la aceptancia es la misma, pero para cada blanco es diferente.

Eventos corregidos por aceptancia para D^\pm para los diferentes blancos y el haz de Σ^-

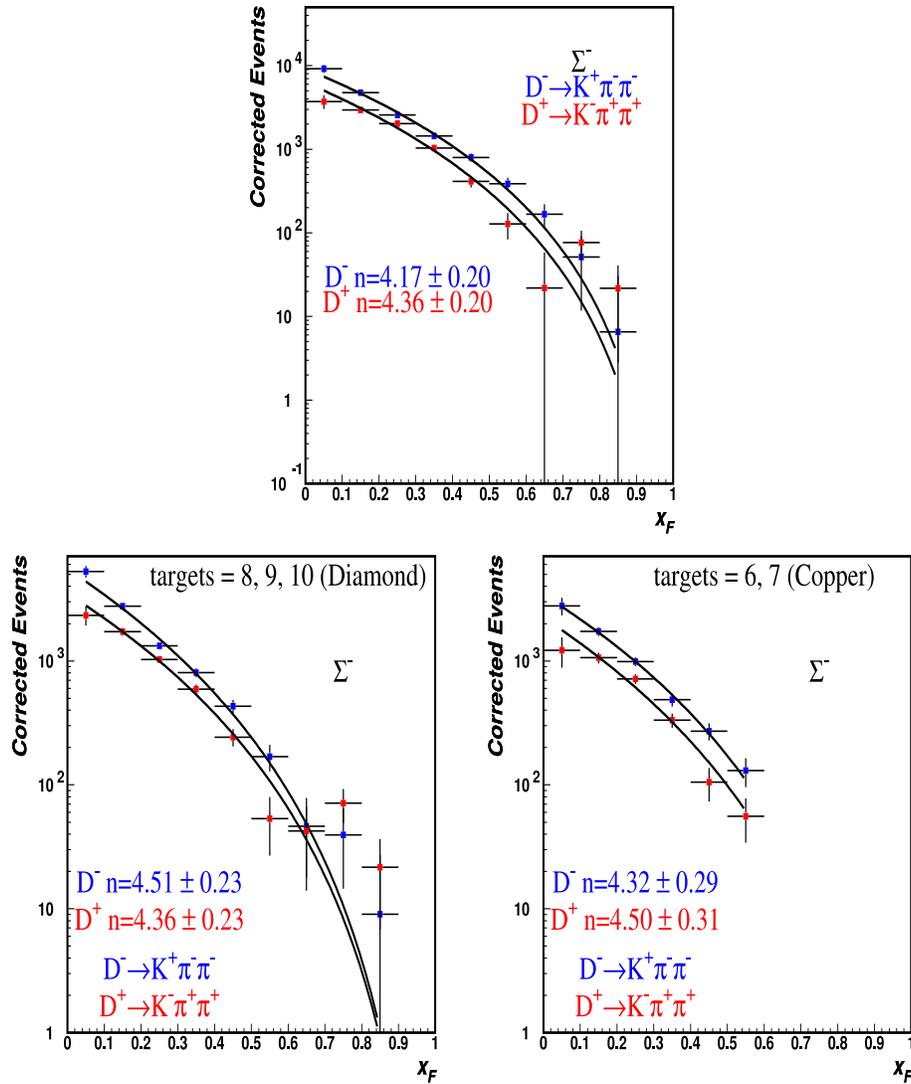


Figura 7.7: Distribuciones de los eventos corregidos de D^\pm para el haz de Σ^- , en la parte superior se tiene la distribución para todos los blancos, en la parte inferior se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante (izquierda) y cobre (derecha). También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Eventos corregidos por aceptancia para D^\pm para los diferentes blancos y el haz de π^-

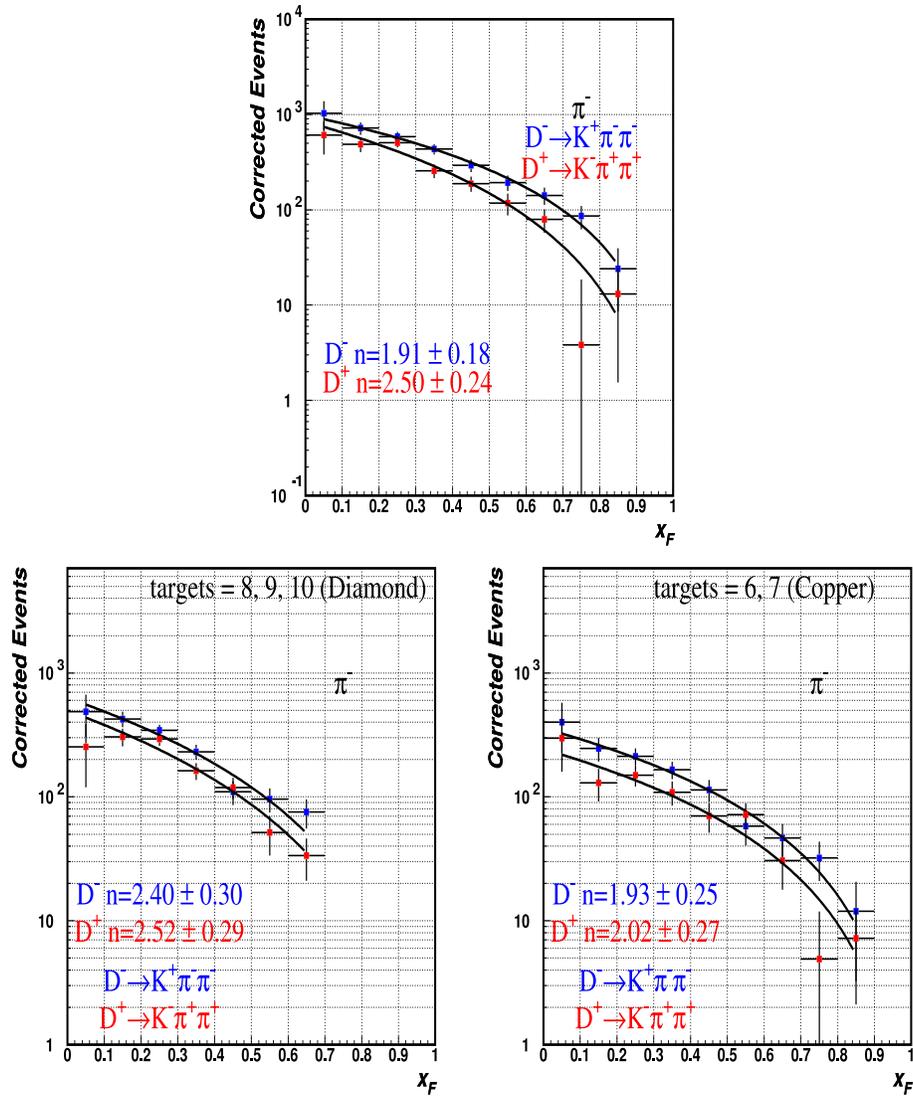


Figura 7.8: Distribuciones de los eventos corregidos de D^\pm para el haz de π^- , en la parte superior se tiene la distribución para todos los blancos, en la parte inferior se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante (izquierda) y cobre (derecha). También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Eventos corregidos por aceptancia para D^\pm para los diferentes blancos y el haz de protones

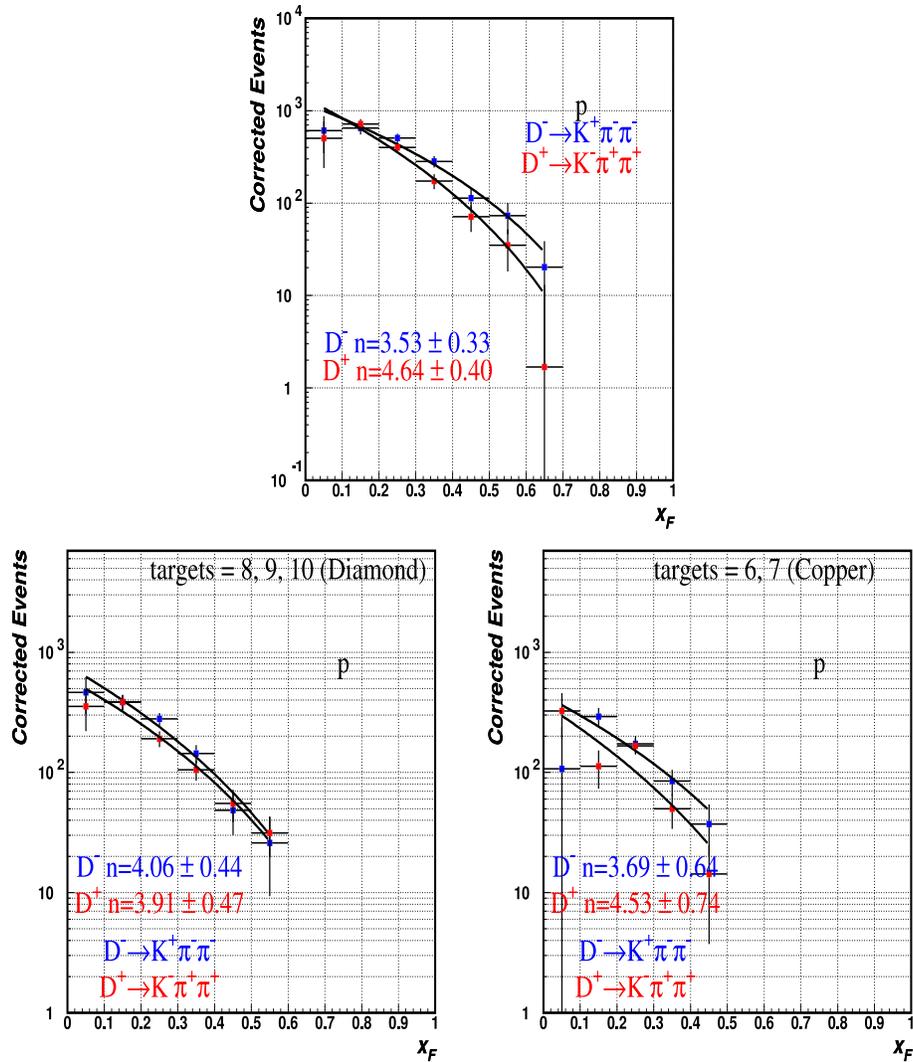


Figura 7.9: Distribuciones de los eventos corregidos de D^\pm para el haz de protones, en la parte superior se tiene la distribución para todos los blancos, en la parte inferior se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante (izquierda) y cobre (derecha). También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Eventos corregidos por aceptancia para D^\pm para los diferentes blancos y el haz de π^+

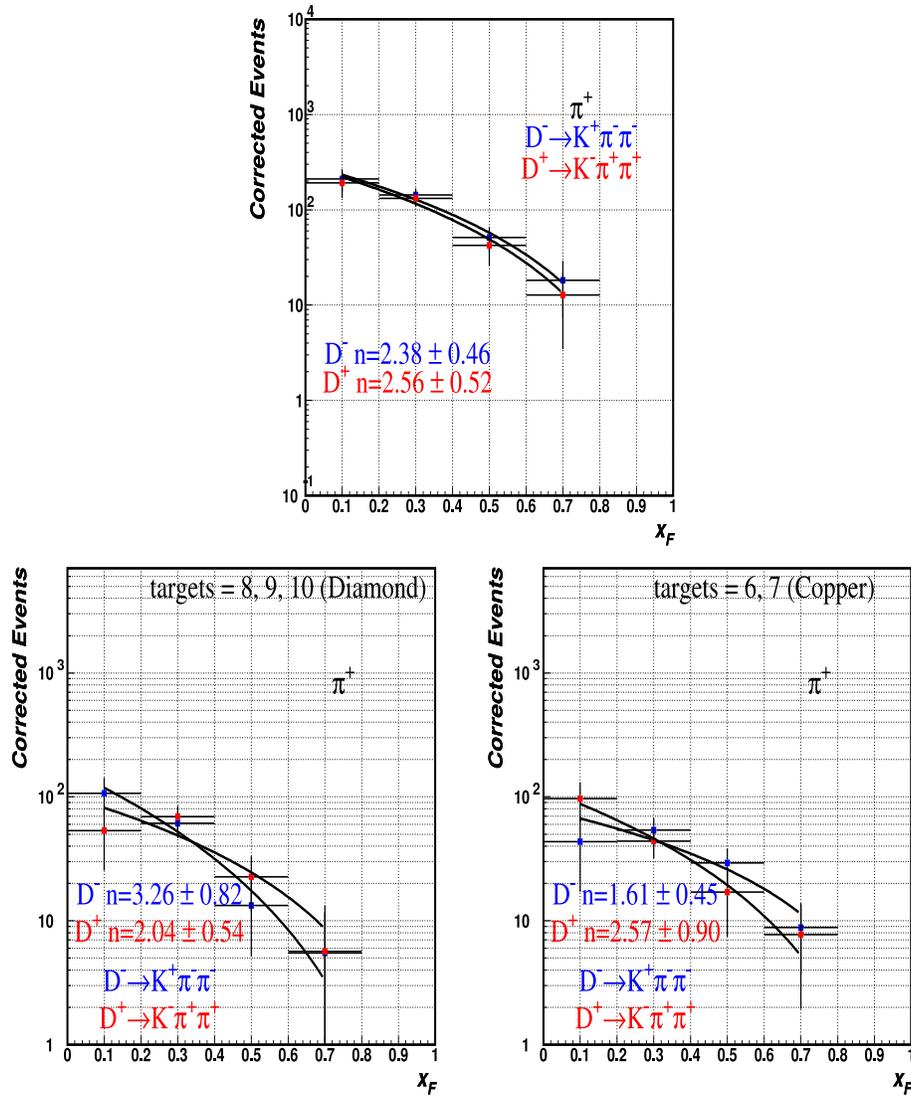


Figura 7.10: Distribuciones de los eventos corregidos de D^\pm para el haz de π^+ , en la parte superior se tiene la distribución para todos los blancos, en la parte inferior se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante (izquierda) y cobre (derecha). También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Resumen de los resultados de los ajustes a la función $(1-x_F)^n$ para haces y blancos

Tabla 7.2: Resultados de los ajustes para los mesones D^+ y D^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.

Mesón	Haz	n (Todos los blancos)	Rango en x_F
$D^+ c\bar{d}$	$\pi^- \bar{u}d$	2.50 ± 0.24	0.0-0.9
$D^- \bar{c}d$	$\pi^- \bar{u}d$	1.91 ± 0.18	0.0-0.9
$D^+ c\bar{d}$	$\pi^+ u\bar{d}$	2.56 ± 0.52	0.0-0.8
$D^- \bar{c}d$	$\pi^+ u\bar{d}$	2.38 ± 0.46	0.0-0.8
$D^+ c\bar{d}$	$p uud$	4.64 ± 0.40	0.0-0.7
$D^- \bar{c}d$	$p uud$	3.53 ± 0.33	0.0-0.7
$D^+ c\bar{d}$	$\Sigma^- dds$	4.36 ± 0.20	0.0-0.9
$D^- \bar{c}d$	$\Sigma^- dds$	4.17 ± 0.20	0.0-0.9

Tabla 7.3: Resultados de los ajustes para los mesones D^+ y D^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de diamante.

Mesón	Haz	n (Blancos de diamante)	Rango en x_F
$D^+ c\bar{d}$	$\pi^- \bar{u}d$	2.52 ± 0.29	0.0-0.7
$D^- \bar{c}d$	$\pi^- \bar{u}d$	2.40 ± 0.30	0.0-0.7
$D^+ c\bar{d}$	$\pi^+ u\bar{d}$	2.04 ± 0.54	0.0-0.8
$D^- \bar{c}d$	$\pi^+ u\bar{d}$	3.26 ± 0.82	0.0-0.8
$D^+ c\bar{d}$	$p uud$	3.91 ± 0.47	0.0-0.6
$D^- \bar{c}d$	$p uud$	4.06 ± 0.44	0.0-0.6
$D^+ c\bar{d}$	$\Sigma^- dds$	4.36 ± 0.23	0.0-0.9
$D^- \bar{c}d$	$\Sigma^- dds$	4.51 ± 0.23	0.0-0.9

Tabla 7.4: Resultados de los ajustes para los mesones D^+ y D^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de cobre.

Mesón	Haz	n (Blancos de cobre)	Rango en x_F
$D^+ c\bar{d}$	$\pi^- \bar{u}d$	2.02 ± 0.27	0.0-0.9
$D^- \bar{c}d$	$\pi^- \bar{u}d$	1.93 ± 0.25	0.0-0.9
$D^+ c\bar{d}$	$\pi^+ u\bar{d}$	2.57 ± 0.90	0.0-0.8
$D^- \bar{c}d$	$\pi^+ u\bar{d}$	1.61 ± 0.45	0.0-0.8
$D^+ c\bar{d}$	$p uud$	4.53 ± 0.74	0.0-0.5
$D^- \bar{c}d$	$p uud$	3.69 ± 0.64	0.0-0.5
$D^+ c\bar{d}$	$\Sigma^- dds$	4.50 ± 0.31	0.0-0.6
$D^- \bar{c}d$	$\Sigma^- dds$	4.32 ± 0.29	0.0-0.6

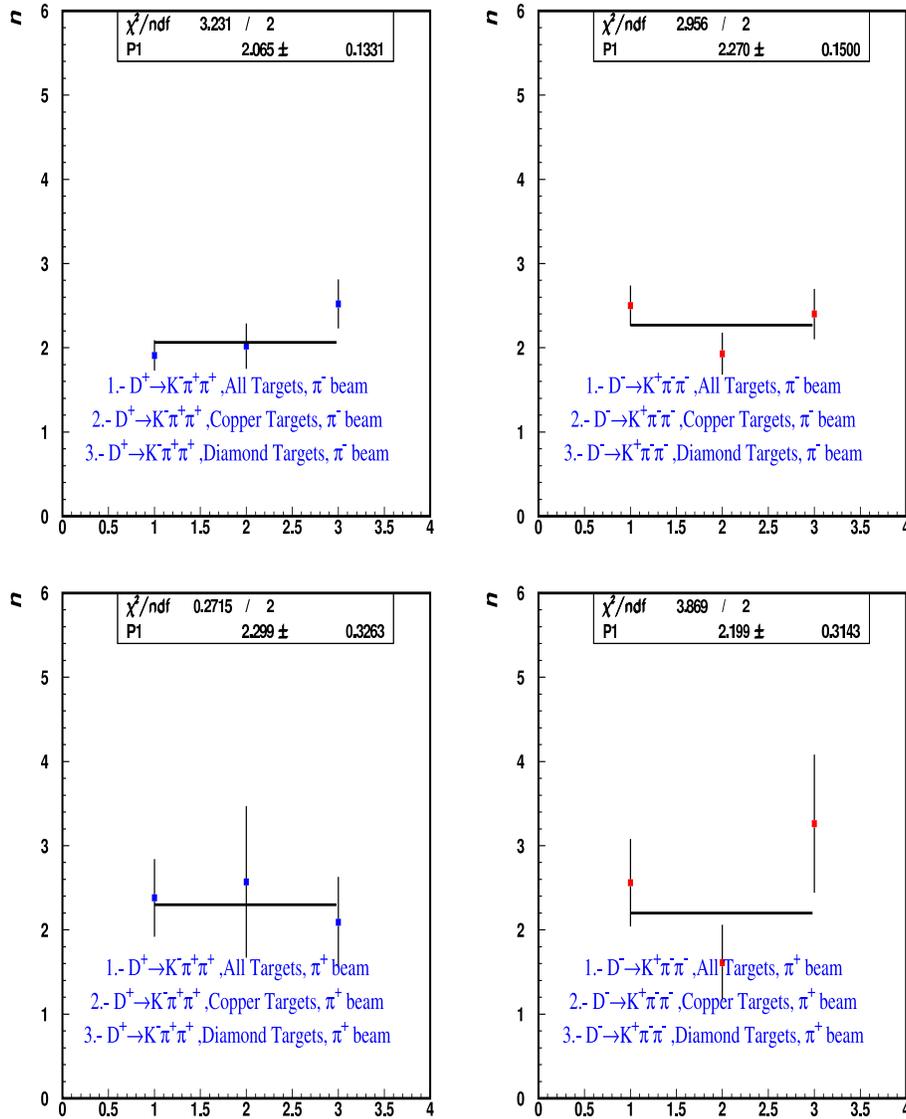


Figura 7.11: Resultados de los ajustes para los mesones D^+ y D^- a la función $(1-x_F)^n$ para los haces de π^- y π^+ . A estos resultados se les aplicó un ajuste a una constante.

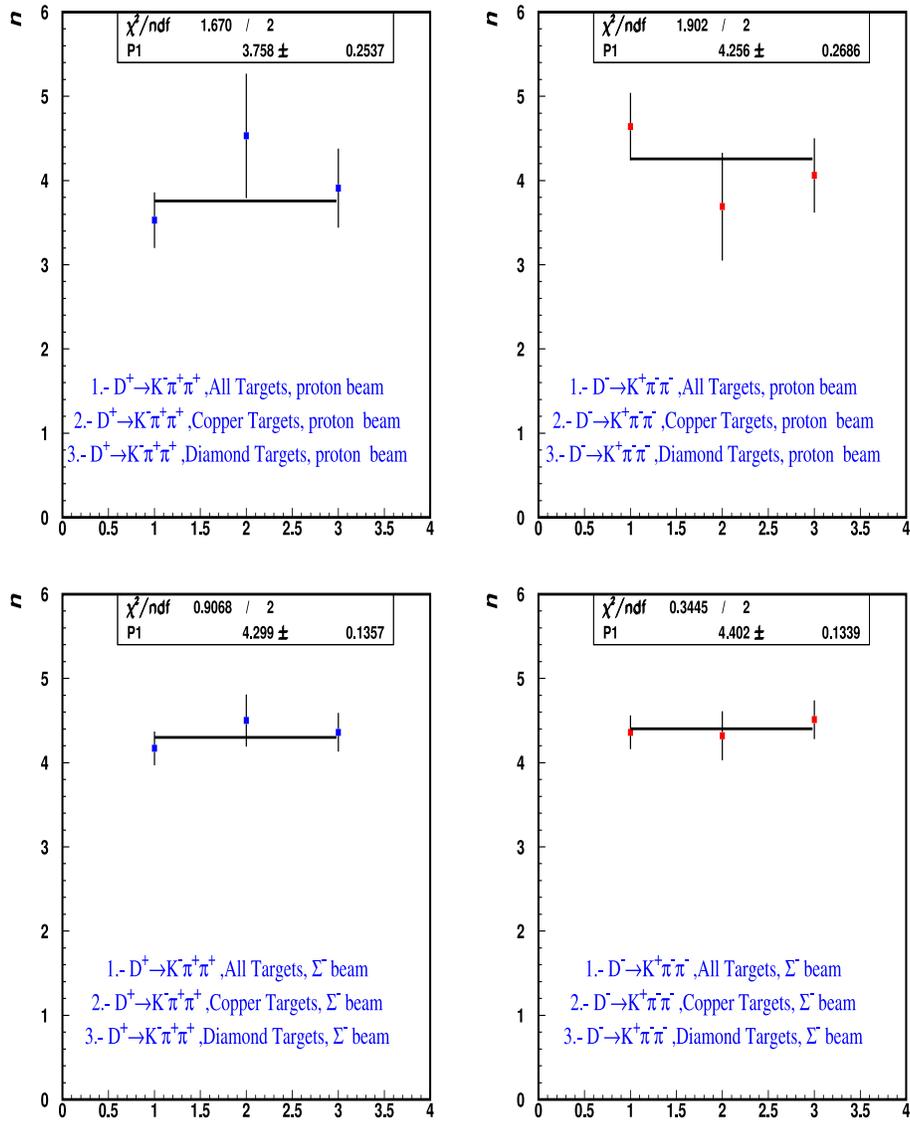


Figura 7.12: Resultados de los ajustes para los mesones D^+ y D^- a la función $(1-x_F)^n$ para los haces de protones y Σ^- . A estos resultados se les aplicó un ajuste a una constante.

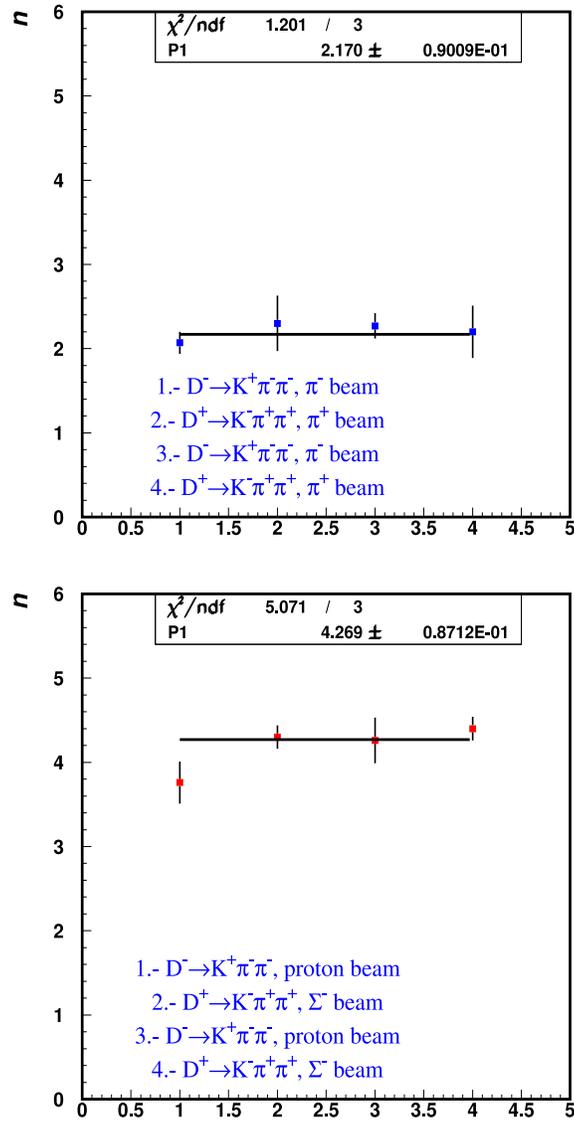


Figura 7.13: Resumen de los ajustes obtenidos de D^\pm para los haces de mesones, ver figura 7.11, se aplicó un ajuste a una constante, el cual es de 2.17 ± 0.09 (parte superior). En la figura de la parte inferior se muestra el ajuste obtenido para los haces de bariones, ver figura 7.12, el cual es de 4.27 ± 0.09 .

Comparación de asimetría de $D^- - D^+$ con el experimento WA89 para el haz de Σ^-

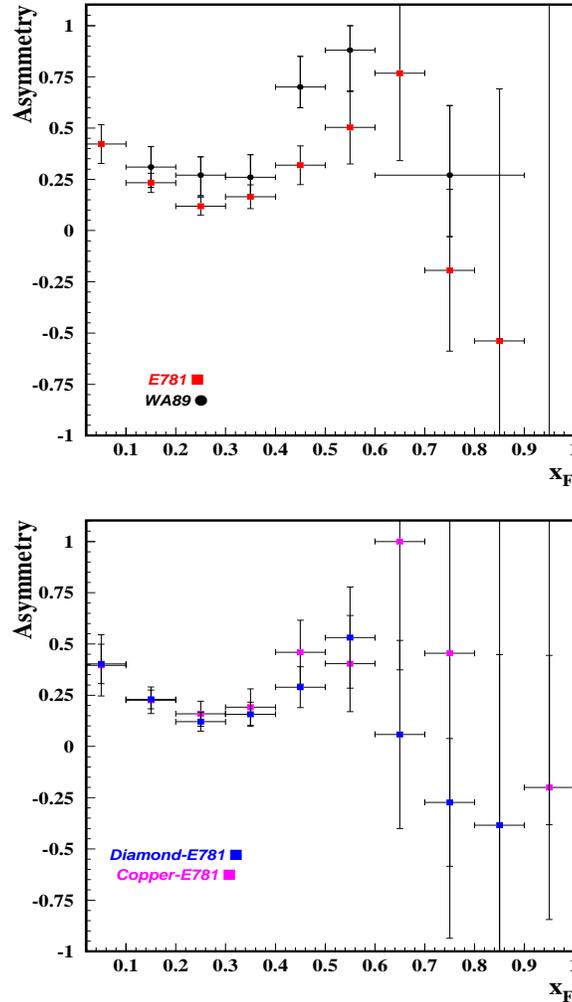


Figura 7.14: Asimetría de producción de $D^- - D^+$ para el haz de Σ^- , en la figura de la parte superior se muestra la comparación con el experimento WA89, el histograma en negro es para WA89 y el histograma en rojo es para SELEX. En la figura de la parte inferior se muestra la asimetría de producción de $D^- - D^+$ para el experimento SELEX, donde se comparan las distribuciones para los blancos de cobre (magenta) y diamante (azul).

Comparación de asimetría de $D^- - D^+$ con el experimento E791 para el haz de π^-

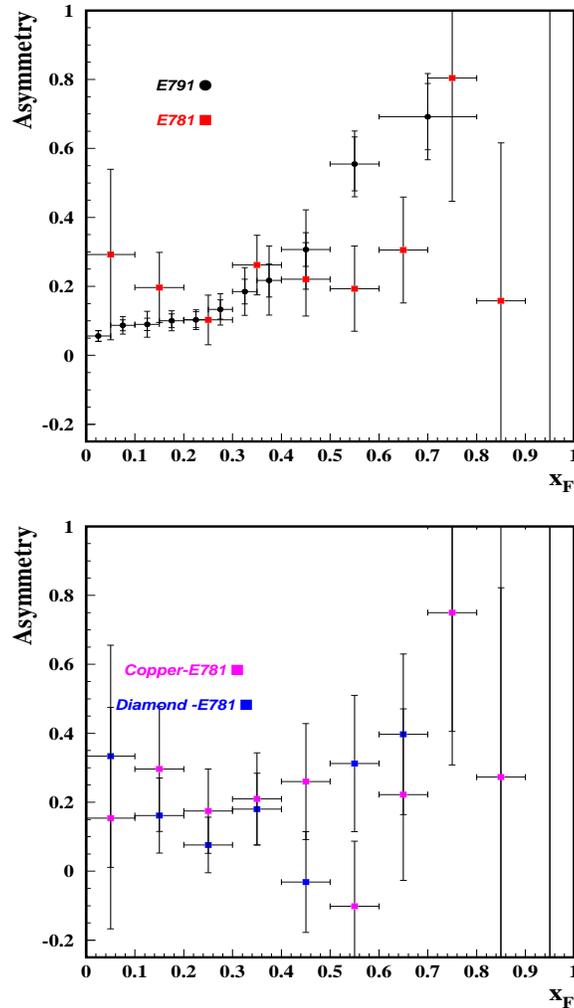


Figura 7.15: Asimetría de producción de $D^- - D^+$ para el haz de π^- , en la figura de la parte superior se muestra la comparación con el experimento E791, el histograma en negro es para E791 y el histograma en rojo es para SELEX. En la figura de la parte inferior se muestra la asimetría de producción de $D^- - D^+$ para el experimento SELEX, donde se comparan las distribuciones para los blancos de cobre (magenta) y diamante (azul).

7.4. Discusión de los resultados

Distribuciones de masa invariante para D^\pm para los diferentes haces

En la figura 7.1 se muestran las distribuciones de masa invariante para D^\pm , se les hizo un ajuste a la función 3.5, estas figuras corresponden a todos los candidatos a D^\pm que se tienen en SELEX, la primera figura corresponde a todos los haces, y las restantes corresponden a los haces por separado Σ^- , π^- , protones, y π^+ , respectivamente. Como se puede ver se tiene más estadística para el haz de Σ^- , esto es debido a las corridas del experimento (véase sección 2.5). Los histogramas en azul corresponden a D^- y los rojos a D^+ .

Distribuciones en x_F para D^\pm para los diferentes haces

En la figura 7.2 se muestran las distribuciones en x_F para los 4 haces del experimento SELEX. Se tomó un número de bins para cada haz dependiendo de la estadística disponible para cada decaimiento. Para los haces de Σ^- , π^- , y protones se realizó con 10 bins en x_F , mientras que para el haz de π^+ sólo 5 bins ya que la estadística para los haces de Σ^- , π^- , y protones es mayor que la de π^+ .

La aceptación para D^\pm

En la figura 7.3 se muestra la aceptación en función de las variables cinemáticas x_F y p_t^2 . La ventaja de que la aceptación no dependa de p_t^2 , es que no se necesita corregir las distribuciones en 2 dimensiones, es decir, en las 2 variables cinemáticas simultáneamente, en estudios previos acerca del barión Λ^0 , este fue el caso [72, 89], la desventaja de corregir en 2 dimensiones es el tiempo de cómputo y encontrar una función que describa este comportamiento.

Eventos corregidos por aceptación para D^\pm para los diferentes haces

En la figura 7.4 se muestran las distribuciones corregidas para D^\pm para los 4 haces del experimento SELEX. A estas distribuciones se les hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$. Los resultados de los ajustes se muestran en la tabla 7.1.

Asimetría de producción de D^+ - D^- para los diferentes haces

En la figura 7.5 se muestra la asimetría para D^\pm para los 4 diferentes haces del experimento SELEX. También se comparan los resultados para los haces de Σ^- y π^- con otros experimentos, ver figuras 7.14 y 7.15

Para estas figuras se puede decir que se observa una fuerte asimetría en x_F para los haces de Σ^- y protones, en cambio para los haces de π^- y π^+ , la asimetría es pequeña en x_F .

La aceptación de D^\pm para los diferentes blancos

En la figura 7.6 se muestran las aceptancias para D^\pm para los 5 blancos. Como se puede apreciar la forma de la aceptación es la misma, pero para cada blanco es diferente. La aceptación para el blanco número 6 (el primer blanco de cobre) es mayor que los otros 4 blancos a grandes x_F . El tiempo de vida del mesón D^+ es de 1040×10^{-15} s y el valor de $c\tau = 311.8 \mu m$. Considerando un mesón D^+ con un momento típico de 100 GeV/c en el caso de SELEX, esta partícula recorre aproximadamente una distancia $L = \gamma c\tau = 100 \times 311.8 \mu m = 3.11$ cm, antes de decaer en $K^-\pi^+\pi^+$. En la sección 2.2.2 se mostraron las propiedades de los blancos, en especial la posición en z , dado que la posición en z del primer blanco (número 6) es de -6.12 cm, y el último blanco (número 10) es de -0.1 cm, la separación entre cada blanco es aproximadamente de 1.5 cm. En la sección 7.2 se mostraron los cortes para estos decaimientos y hay un corte en la z del vértice secundario que es de 3.4 cm, con lo cual se entiende porque la aceptación a grandes x_F es mayor la del primer blanco de cobre (número 6) que la de los otros 4 blancos, el primer blanco tiene más distancia para volar antes de decaer que la de los otros 4 blancos.

Eventos corregidos por aceptación para D^\pm para los diferentes blancos y el haz de Σ^-

En la figura 7.7 se muestran las distribuciones de los eventos corregidos para el haz de Σ^- , aquí se comparan las distribuciones de la siguiente manera: primero se tiene la distribución para todos los blancos, después se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante y cobre. También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Eventos corregidos por aceptación para D^\pm para los diferentes blancos y el haz de π^-

En la figura 7.8 se muestran las distribuciones de los eventos corregidos para el haz de π^- , aquí se comparan las distribuciones de la siguiente manera: primero se tiene la distribución para todos los blancos, después se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante y cobre. También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Eventos corregidos por aceptación para D^\pm para los diferentes blancos y el haz de protones

En la figura 7.9 se muestran las distribuciones de los eventos corregidos para el haz de protones, aquí se comparan las distribuciones de la siguiente

manera: primero se tiene la distribución para todos los blancos, después se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante y cobre. También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Eventos corregidos por aceptación para D^\pm para los diferentes blancos y el haz de π^+

En la figura 7.10 se muestran las distribuciones de los eventos corregidos para el haz de π^+ , aquí se comparan las distribuciones de la siguiente manera: primero se tiene la distribución para todos los blancos, después se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante y cobre. También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Resumen de los resultados de los ajustes a la función $(1-x_F)^n$ para haces y blancos

En las figuras 7.7, 7.8, 7.9 y 7.10 se muestran las distribuciones para los eventos corregidos para los diferentes haces y blancos. En las tablas 7.2, 7.3 y 7.4 se muestran los resultados obtenidos de los ajustes para los mesones D^+ y D^- producidos por los diferentes haces y blancos. En la figura 7.11 se muestran los resultados para los haces de mesones π^+ y π^- , se les hizo un ajuste a una constante. La figura 7.12 es para los haces de bariones Σ^- y protones, también se les realizó un ajuste a una constante. En la figura 7.13 se hace otro resumen de los ajustes obtenidos de las figuras 7.11 y 7.12, en la parte superior se muestra el ajuste obtenido para los haces de mesones, el cual es de 2.17 ± 0.09 . En la parte inferior se muestra el ajuste obtenido para los haces de bariones, el cual es de 4.27 ± 0.09 .

Comparación de asimetría de $D^- - D^+$ con el experimento WA89 para el haz de Σ^-

En la figura 7.14 se muestran las distribuciones para la asimetría para el haz de Σ^- , la asimetría se define como:

$$A = \frac{N_{D^-} - N_{D^+}}{N_{D^+} + N_{D^-}} \quad (7.1)$$

donde, N_{D^-} y N_{D^+} , son los eventos corregidos para D^- y D^+ , respectivamente. En la figura de la parte superior se hace una comparación con el experimento WA89 el cual también tiene un haz de Σ^- . El experimento WA89 [90] utilizó un haz de Σ^- a 340 GeV/c y 4 blancos (1 de cobre y 3 de diamante), en cambio SELEX tiene un haz de Σ^- a 600 GeV/c y 5 blancos (2 de cobre y 3 de diamante). SELEX tiene más estadística que WA89. El histograma en negro corresponde a WA89 y el histograma en rojo a SELEX. Se puede apreciar que el comportamiento es similar, pero no se puede decir que son iguales dentro de los errores. Los errores para la distribución de SELEX son sólo estadísticos.

En la figura de la parte inferior se hace una comparación de la asimetría para SELEX, separando los blancos (diamante histograma azul) y (cobre histograma magenta). Como se puede apreciar son iguales dentro de los errores estadísticos, a grandes x_F es difícil comparar, ya que ya no hay eventos para los blancos de cobre.

Comparación de asimetría de $D^- - D^+$ con el experimento E791 para el haz de π^-

En la figura 7.15 se muestran las distribuciones de la asimetría para el haz de π^- , para el cálculo de la asimetría se utilizó la ecuación 7.1. En la figura de la parte superior se hace una comparación con el experimento E791 el cual también tiene un haz de π^- . El experimento E791 [13] utilizó un haz de π^- a 500 GeV/c y 5 blancos (1 de platino y 4 de diamante). E791 tiene más estadística que SELEX. El histograma en negro es para E791, y el rojo para SELEX. Se puede apreciar que hasta 0.5 en x_F el valor de asimetría es igual dentro de los errores, pero a grandes x_F difieren un poco.

En la figura de la parte inferior se comparan las distribuciones de asimetría para los diferentes blancos de SELEX, el histograma azul corresponde a los blancos de diamante, mientras que el rojo es para los blancos de cobre, como se puede apreciar estos son iguales dentro de los errores estadísticos, a grandes x_F no hay suficiente estadística.

7.5. Conclusiones

En este capítulo se presentaron los resultados de la hadroproducción de los mesones D^+ y D^- , así como una discusión de cada uno de los resultados mostrados a lo largo de este capítulo. En las conclusiones se presentan las de mayor importancia.

- Se midió el parámetro n de la ecuación 1.7 para estos mesones con los diferentes haces y blancos del experimento SELEX. Se encontró un resultado para el parámetro n para mesones, el cual es de 2.17 ± 0.09 y un resultado para bariones el cual es de 4.27 ± 0.09 .
- Se realizó la comparación del parámetro de asimetría con el experimento WA89 para el haz de Σ^- , donde el comportamiento es similar.
- Se realizó la comparación del parámetro de asimetría con el experimento E791 para el haz de π^- , donde los resultados hasta $x_F < 0.5$ son iguales dentro de los errores estadísticos.

Capítulo 8

Resultados para los mesones charm $D^{*+} \rightarrow D^0(K^- \pi^+) \pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K^+ \pi^-) \pi^-$

8.1. Introducción

En este capítulo se presentan los resultados para los decaimientos $D^{*+} \rightarrow D^0 \pi^+$, y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0} \pi^-$, aplicando la metodología explicada en el capítulo del procedimiento de análisis de datos (véase capítulo 3). Al final del capítulo se hace una discusión acerca de algunos de los resultados, también se han incluido algunas tablas dentro de este capítulo, así como otras tablas fueron colocadas en el apéndice D.

8.2. Cortes

Los cortes que se aplicaron a estos decaimientos son los siguientes:

- $L/\sigma > 8$
- $p_{\text{vtx}} < 10$
- $\text{mom } \pi > 8 \text{ GeV}/c$
- Se eliminaron vértices secundarios en material.
- $\text{Scut}(2) > \sqrt{6}$
- $1834 \leq M(D^0) \leq 1894 \text{ MeV}/c^2$

8.2.1. El método de sustracción del ruido

Se utilizó el mismo método para sustraer el ruido de la señal (véase sección 3.6), sólo que se cambian los rangos de la señal y el ruido. Estos son:

- Señal + ruido (0.1426:0.1486) GeV/ c^2
- Banda ruido1 (0.1396:0.1456) GeV/ c^2
- Banda ruido2 (0.1456:0.1516) GeV/ c^2

8.3. Resultados

Distribuciones de masa invariante para $D^{*\pm}$ para los diferentes haces

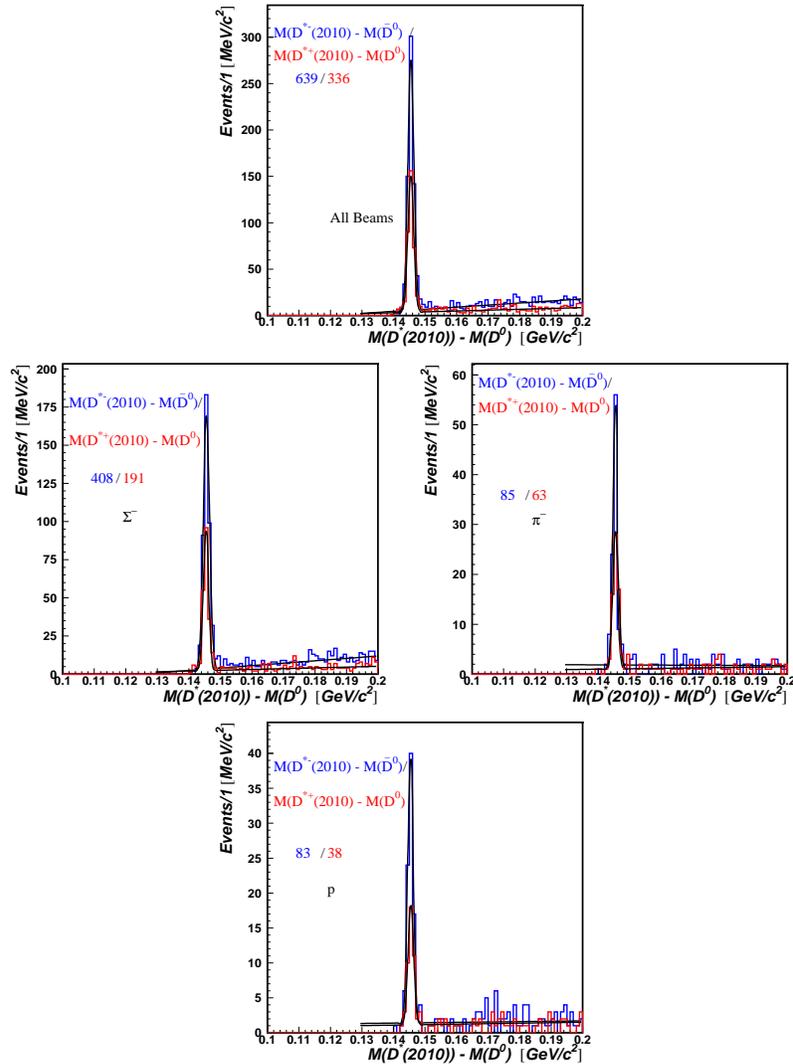


Figura 8.1: Distribuciones de la masa invariante de los candidatos a $D^{*\pm}$, se les hizo un ajuste a la función 3.5, la primera figura corresponde a todos los haces, y las restantes corresponden a los haces por separado Σ^- , π^- , protones, y π^+ , respectivamente. Los histogramas en azul corresponden a D^{*-} y los rojos a D^{*+} .

Distribuciones en x_F para $D^{*\pm}$ para los diferentes haces

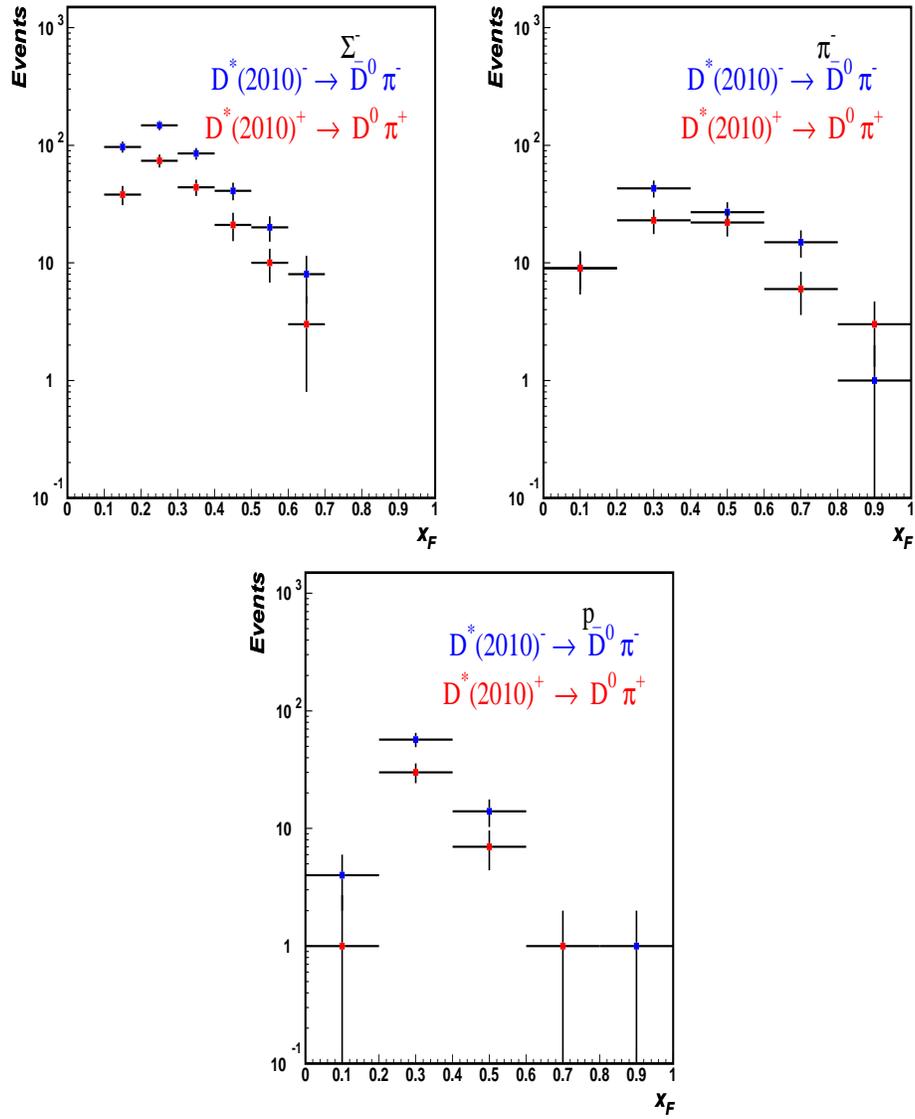


Figura 8.2: Distribuciones en x_F de los candidatos a $D^{*\pm}$ producidas por los haces de Σ^- y π^- en la parte superior y protones en la parte inferior. Los histogramas en azul corresponden a D^{*-} y los rojos a D^{*+} .

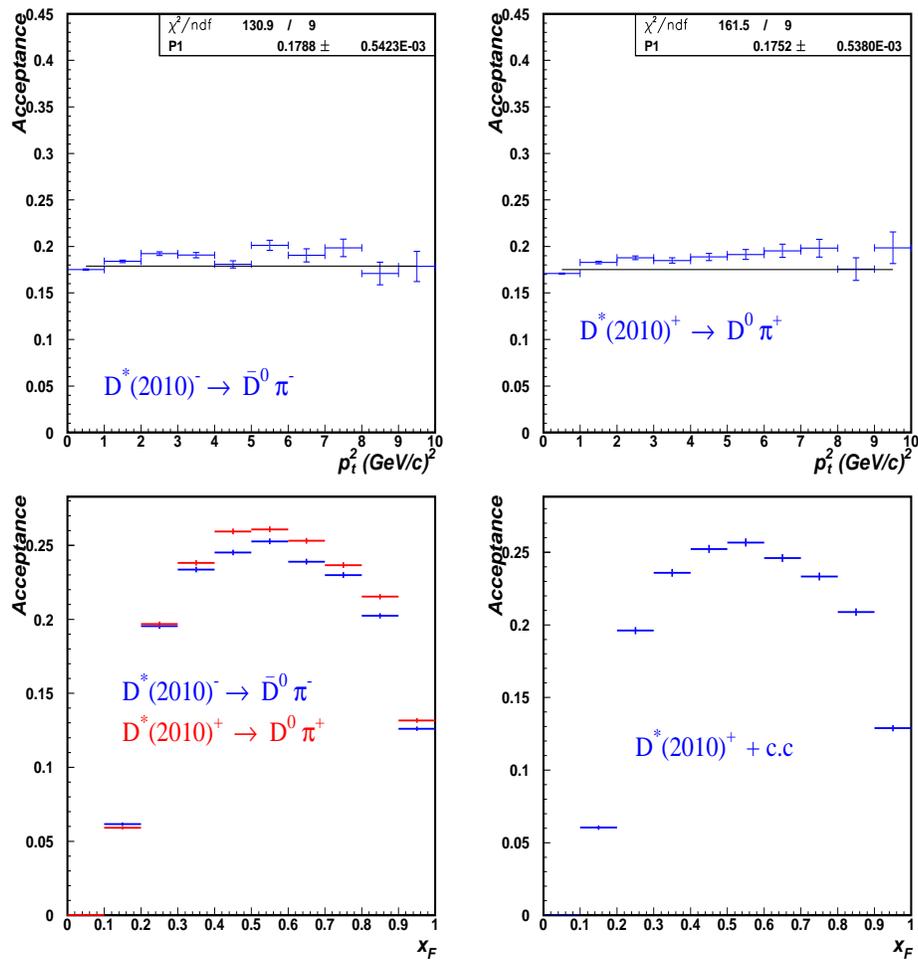
La aceptancia para $D^{*\pm}$ 

Figura 8.3: Aceptancia para $D^{*\pm}$ en función p_t^2 (parte superior) y x_F (parte inferior). La aceptancia de $D^{*\pm}$ en función de p_t^2 es constante, lo cual es importante ya que al corregir las distribuciones en p_t^2 sólo serán afectadas por un factor constante. Para la aceptancia de $D^{*\pm}$ en función de x_F hay una cierta dependencia, pero al ver partícula y antipartícula se observa que son casi iguales, la diferencia entre las aceptancias es de 4.5 %, así que de esta manera se hizo un promedio de las aceptancias y este promedio se utilizó para corregir las distribuciones en x_F .

Eventos corregidos por aceptancia para $D^{*\pm}$ para los diferentes haces

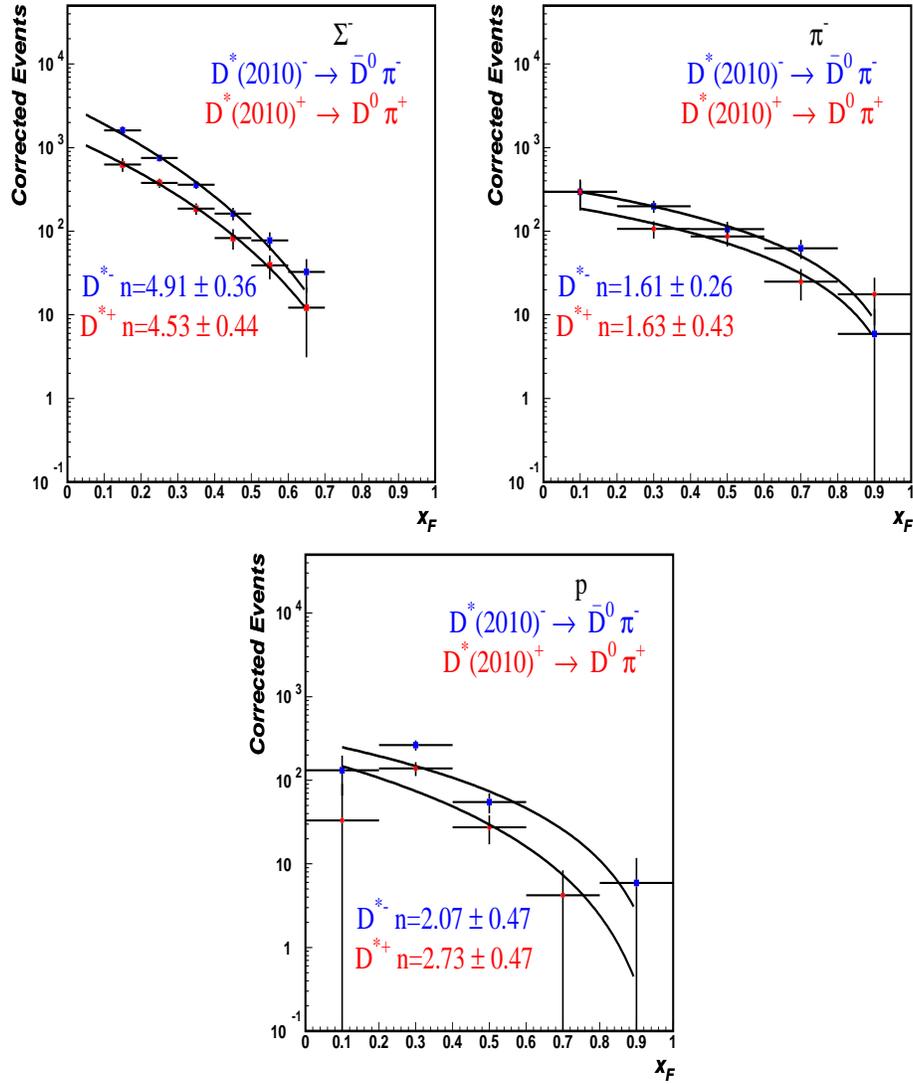


Figura 8.4: Distribuciones corregidas para $D^{*\pm}$ en función de x_F producidas por los haces de Σ^- y π^- en la parte superior, protones en la parte inferior, a las distribuciones corregidas se les aplicó un ajuste a la función $(1 - x_F)^n$.

Tabla 8.1: Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.

Mesón	Haz	n (Todos los blancos)	Rango en x_F
$D^{*-} \bar{c}d$	$\pi^- \bar{u}d$	1.61 ± 0.26	0.0-1.0
$D^{*+} c\bar{d}$	$\pi^- \bar{u}d$	1.63 ± 0.43	0.0-1.0
$D^{*-} \bar{c}d$	$p \ uud$	2.07 ± 0.47	0.0-1.0
$D^{*+} c\bar{d}$	$p \ uud$	2.73 ± 0.47	0.0-1.0
$D^{*-} \bar{c}d$	$\Sigma^- \ dds$	4.91 ± 0.36	0.1-0.7
$D^{*+} c\bar{d}$	$\Sigma^- \ dds$	4.53 ± 0.44	0.1-0.7

Asimetría de producción de $D^{*-} - D^{*+}$ para los diferentes haces

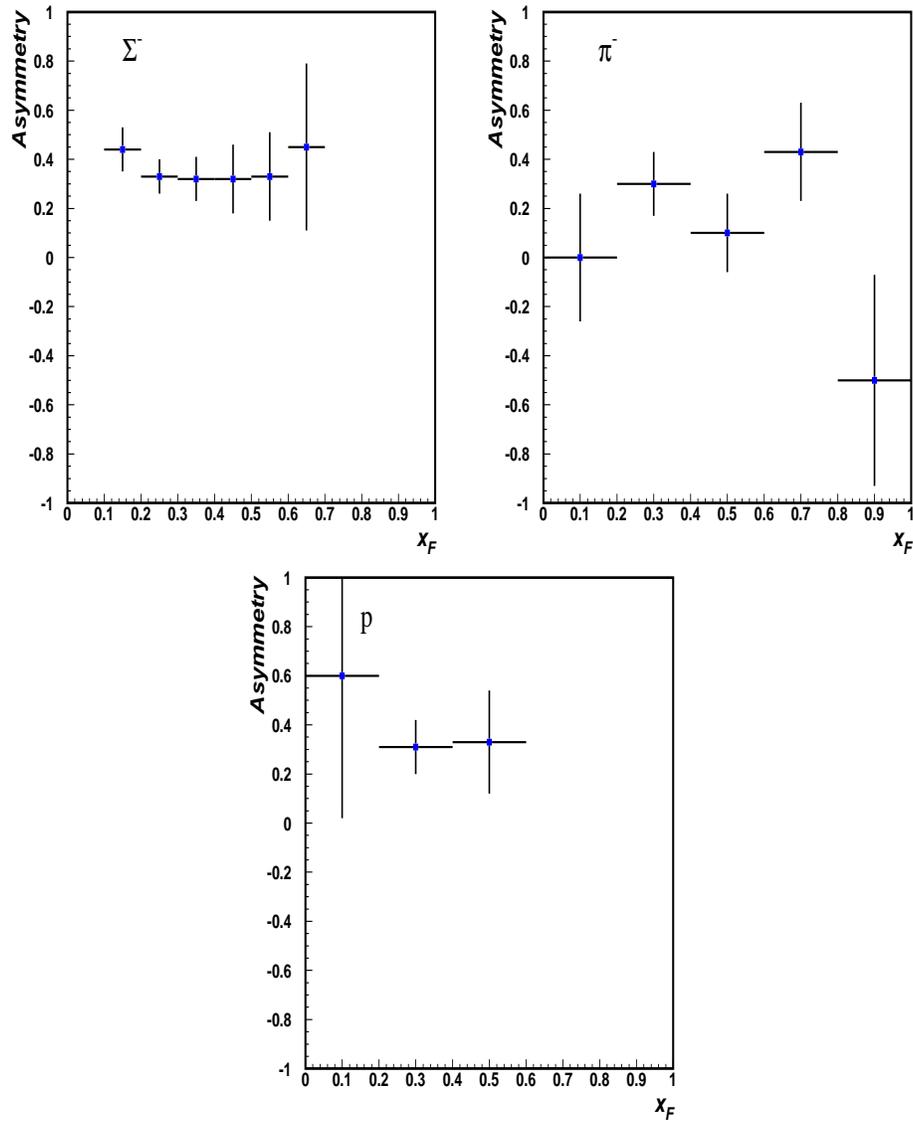


Figura 8.5: Asimetría de producción de $D^{*-} - D^{*+}$ en función de x_F para Σ^- y π^- en la parte superior, protones en la parte inferior. Estas figuras corresponden a todos los blancos.

La aceptancia de $D^{*\pm}$ para los diferentes blancos

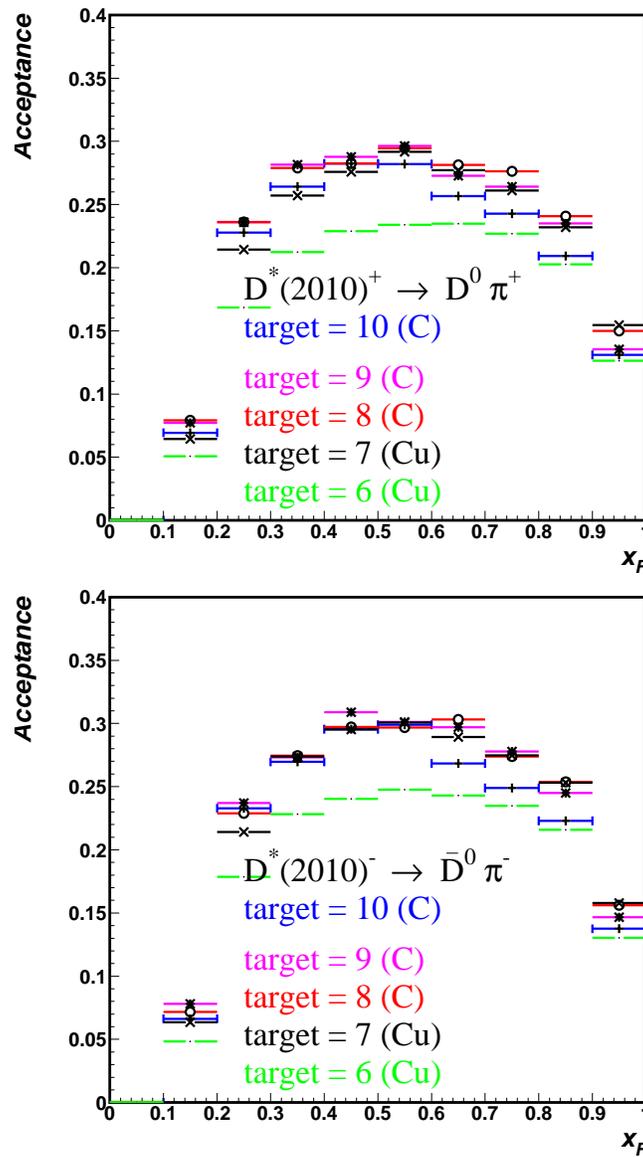


Figura 8.6: Aceptancia de $D^{*\pm}$ en función de x_F para los 5 blancos diferentes. La forma de la aceptancia es la misma, pero para cada blanco es diferente.

Eventos corregidos por aceptancia para $D^{*\pm}$ para los diferentes blancos y el haz de Σ^-

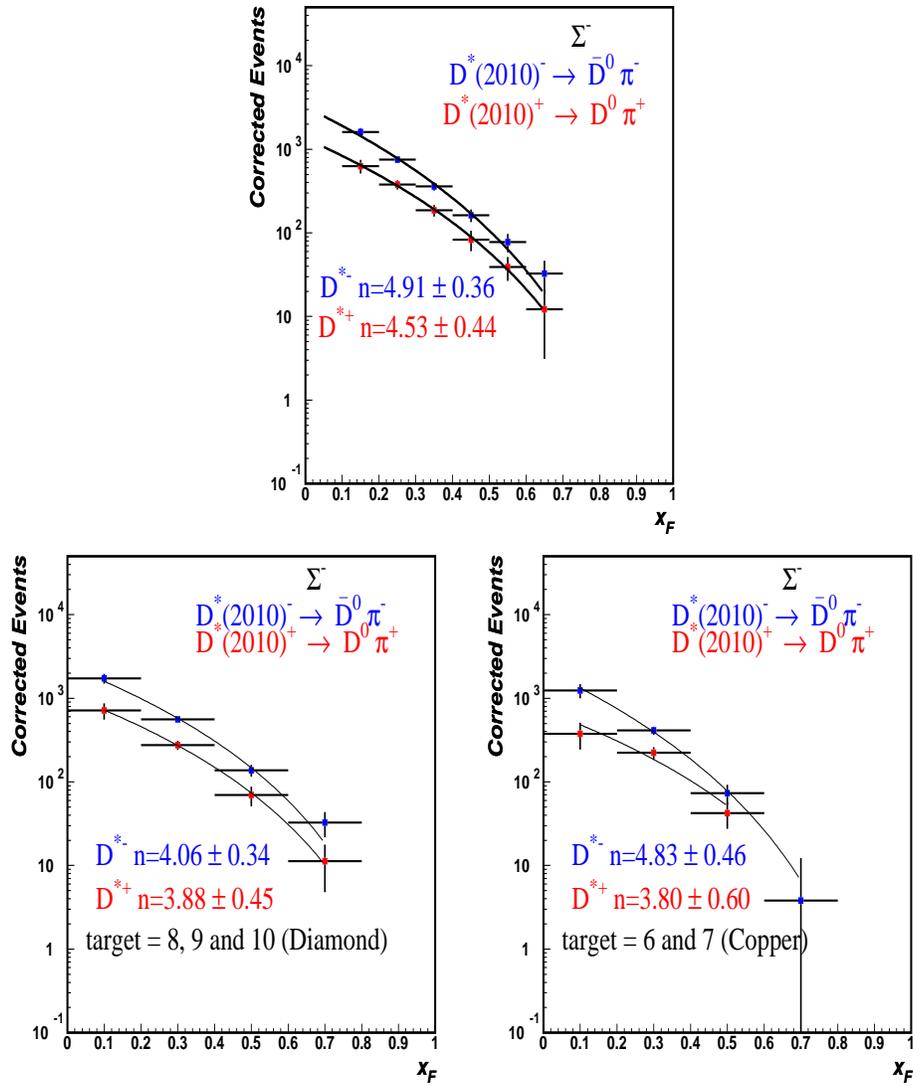


Figura 8.7: Distribuciones de los eventos corregidos de $D^{*\pm}$ para el haz de Σ^- , en la parte superior se tiene la distribución para todos los blancos, en la parte inferior se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante (izquierda) y cobre (derecha). También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Resumen de los resultados de los ajustes a la función $(1-x_F)^n$ para el haz de Σ^- y blancos

Tabla 8.2: Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.

Mesón	Haz	n (Todos los blancos)	Rango en x_F
$D^{*-} \bar{c}d$	$\Sigma^- dds$	4.91 ± 0.36	0.1-0.7
$D^{*+} c\bar{d}$	$\Sigma^- dds$	4.53 ± 0.44	0.1-0.7

Tabla 8.3: Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de diamante.

Mesón	Haz	n (Blancos de diamante)	Rango en x_F
$D^{*-} \bar{c}d$	$\Sigma^- dds$	4.06 ± 0.34	0.0-0.8
$D^{*+} c\bar{d}$	$\Sigma^- dds$	3.88 ± 0.45	0.0-0.8

Tabla 8.4: Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de cobre.

Mesón	Haz	n (Blancos de cobre)	Rango en x_F
$D^{*-} \bar{c}d$	$\Sigma^- dds$	4.83 ± 0.46	0.0-0.8
$D^{*+} c\bar{d}$	$\Sigma^- dds$	3.80 ± 0.60	0.0-0.6

Comparación de asimetría de $D^{*-} - D^{*+}$ con los experimentos E791, WA92 y SELEX para el haz de π^-

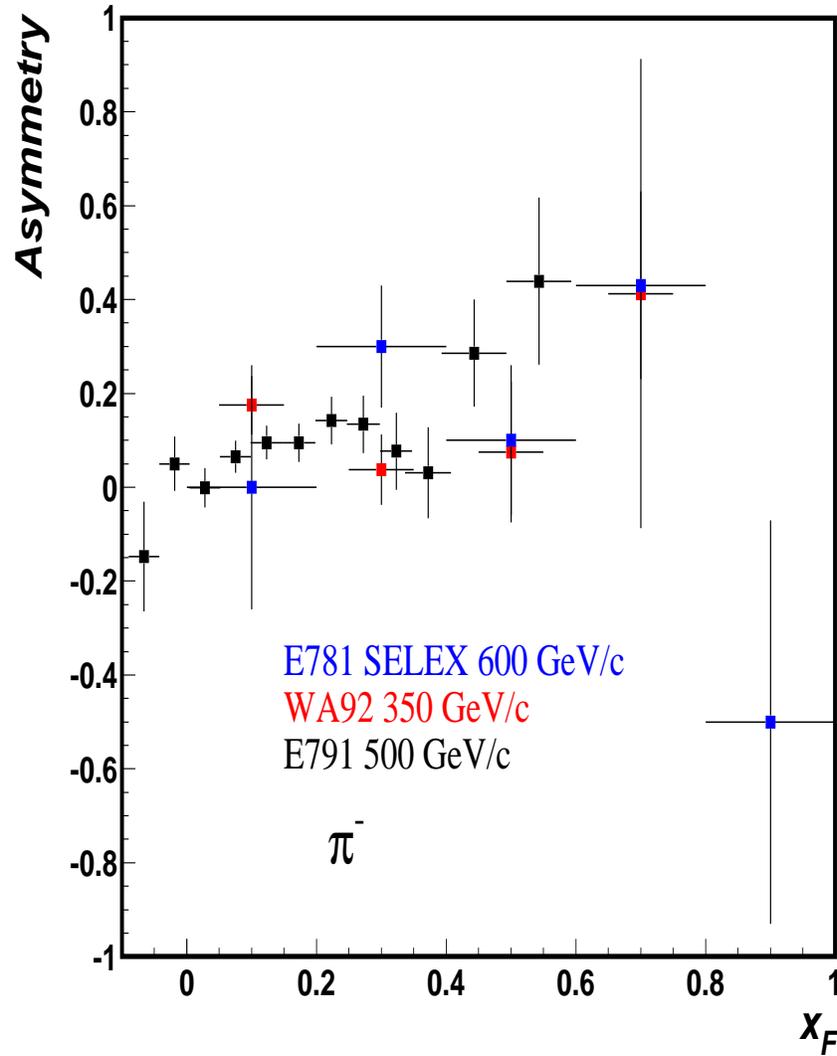


Figura 8.8: Asimetría de producción de $D^{*-} - D^{*+}$ para el haz de π^- , en la figura se muestra la comparación con el experimento E791, el histograma en negro es para E791, el histograma en rojo corresponde a WA92 y el histograma en azul es para SELEX.

8.4. Discusión de los resultados

Distribuciones de masa invariante para $D^{*\pm}$ para los diferentes haces

En la figura 8.1 se muestran las distribuciones de masa invariante para $D^{*\pm}$, se les hizo un ajuste a la función 3.5, estas figuras corresponden a todos los candidatos a $D^{*\pm}$ que se tienen en SELEX, la primera figura corresponde a todos los haces, y las restantes corresponden a los haces por separado Σ^- , π^- , y protones, respectivamente. Como se puede ver se tiene más estadística para el haz de Σ^- , esto es debido a las corridas del experimento (véase sección 2.5). Los histogramas en azul corresponden a D^{*-} y los rojos a D^{*+} .

Distribuciones en x_F para $D^{*\pm}$ para los diferentes haces

En la figura 8.2 se muestran las distribuciones en x_F para 3 haces del experimento SELEX. Se tomó un número de bins para cada haz dependiendo de la estadística disponible para cada decaimiento. Para el haz de Σ^- se realizó con 10 bins en x_F , mientras que para los haces de π^- y protones se realizó con sólo 5 bins en x_F , ya que la estadística para el haz de Σ^- , es mayor a la de π^- y protones.

La aceptación para $D^{*\pm}$

En la figura 8.3 se muestra la aceptación en función de las variables cinemáticas x_F y p_t^2 . La ventaja de que la aceptación no dependa de p_t^2 , es que no se necesita corregir las distribuciones en 2 dimensiones, es decir, en las 2 variables cinemáticas simultáneamente, en estudios previos acerca del barión Λ^0 , este fue el caso [72, 89], la desventaja de corregir en 2 dimensiones es el tiempo de cómputo y encontrar una función que describa este comportamiento.

Eventos corregidos por aceptación para $D^{*\pm}$ para los diferentes haces

En la figura 8.4 se muestran las distribuciones corregidas para $D^{*\pm}$ para 3 haces del experimento SELEX. A estas distribuciones se les hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$. Los resultados de los ajustes se muestran en la tabla de la misma sección.

Asimetría de producción de $D^{*\pm}$ para los diferentes haces

En la figura 8.5 se muestra la asimetría para $D^{*\pm}$ para 3 diferentes haces del experimento SELEX.

Para estas figuras se puede decir que la asimetría de producción en x_F es pequeña para los 3 haces Σ^- , π^- , y protones.

La aceptación de $D^{*\pm}$ para los diferentes blancos

En la figura 8.6 se muestran las aceptancias para $D^{*\pm}$ para los 5 blancos. Como se puede apreciar la forma de la aceptación es la misma, pero para cada blanco es diferente.

Eventos corregidos por aceptación para $D^{*\pm}$ para los diferentes blancos y el haz de Σ^-

En la figura 8.7 se muestran las distribuciones de los eventos corregidos para el haz de Σ^- , aquí se comparan las distribuciones de la siguiente manera: primero se tiene la distribución para todos los blancos, después se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante y cobre. También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Resumen de los resultados de los ajustes a la función $(1-x_F)^n$ para el haz de Σ^- y blancos

En la figura 8.7 se muestran las distribuciones para los eventos corregidos para el haz de Σ^- y blancos. En las tablas 8.2, 8.3 y 8.4 se muestran los resultados obtenidos de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} producidos por el haz de Σ^- y blancos. Estos resultados son iguales dentro de los errores estadísticos.

Comparación de asimetría de $D^{*-}-D^{*+}$ con los experimentos E791, WA92 y SELEX para el haz de π^-

En la figura 8.8 se muestran las distribuciones para la asimetría de $D^{*-}-D^{*+}$ para el haz de π^- . Se hace una comparación con los experimentos E791 [91] y WA92 [14]. E791 tiene $17800 \pm 185 D^{*\pm}$ y WA92 tiene $611 \pm 28 D^{*\pm}$.

El histograma en negro corresponde a E791, el histograma en rojo a WA92 y el histograma en azul corresponde a este trabajo SELEX usando los datos de pass2. Se puede apreciar que el comportamiento es similar. Los errores para la distribución de SELEX son sólo estadísticos.

8.5. Conclusiones

En este capítulo se presentaron los resultados de la hadroproducción de los mesones D^{*+} y D^{*-} , así como una discusión de cada uno de los resultados mostrados a lo largo de este capítulo. En las conclusiones se presentan las de mayor importancia.

- Se midió el parámetro n de la ecuación 1.7 para estos mesones con los diferentes haces y blancos del experimento SELEX.

- Se realizó la comparación de asimetría de $D^{*-} - D^{*+}$ para el haz de π^- , con los experimentos E791 y WA92, con esto se concluye que la forma es similar.

Capítulo 9

Resultados para los mesones charm

$$D^{*+} \rightarrow D^0(K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-) \pi^+ \text{ y}$$
$$D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K^+ \pi^- \pi^+ \pi^-) \pi^-$$

9.1. Introducción

En este capítulo se presentan los resultados para los decaimientos $D^{*+} \rightarrow D^0 \pi^+$, y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0} \pi^-$, aplicando la metodología explicada en el capítulo del procedimiento de análisis de datos (véase capítulo 3). Al final del capítulo se hace una discusión acerca de cada uno de los resultados, también se han incluido algunas tablas dentro de este capítulo, así como otras tablas fueron colocadas en el apéndice E.

9.2. Cortes

Los cortes que se aplicaron a estos decaimientos son los siguientes:

- $L/\sigma > 8$
- $p_{\text{vtx}} < 10$
- $\text{mom } \pi > 8 \text{ GeV}/c$
- Se eliminaron vértices secundarios en material.
- $\text{Scut}(2) > \sqrt{6}$
- $1834 \leq M(D^0) \leq 1894 \text{ MeV}/c^2$

9.2.1. El método de sustracción del ruido

Se utilizó el mismo método para sustraer el ruido de la señal (véase sección 3.6), sólo que se cambian los rangos de la señal y el ruido. Estos son:

- Señal + ruido (0.1426:0.1486) GeV/ c^2
- Banda ruido1 (0.1396:0.1456) GeV/ c^2
- Banda ruido2 (0.1456:0.1516) GeV/ c^2

9.3. Resultados

Distribuciones de masa invariante para $D^{*\pm}$ para los diferentes haces

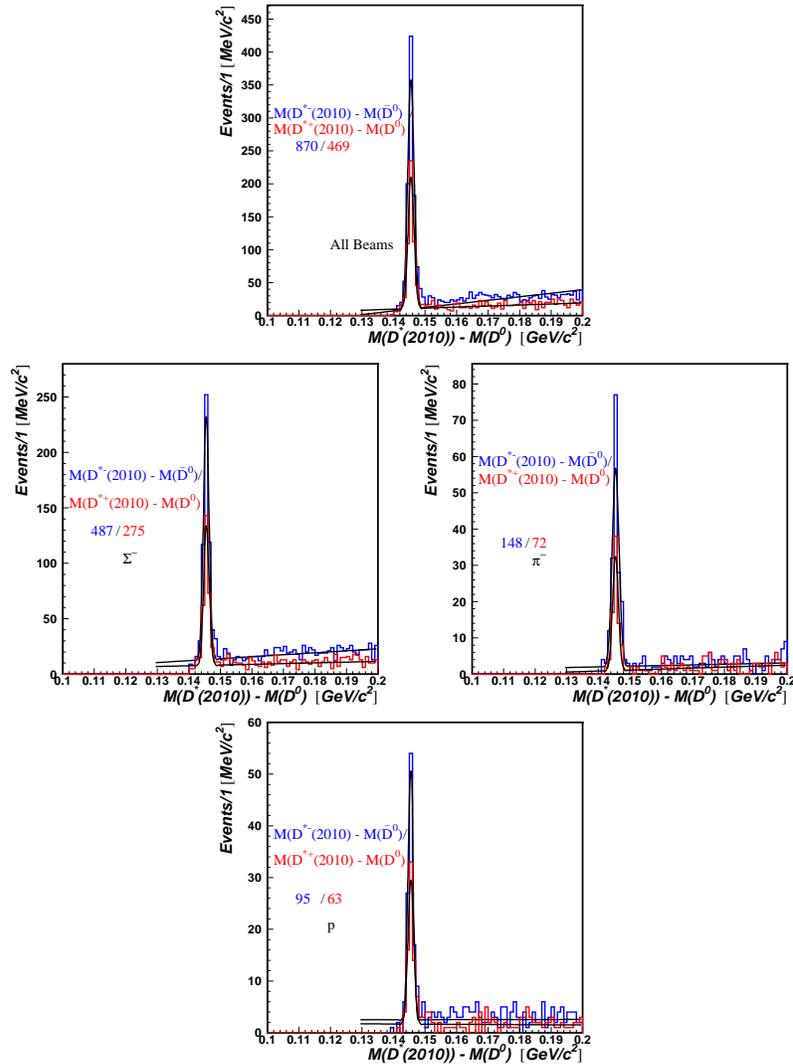


Figura 9.1: Distribuciones de la masa invariante de los candidatos a $D^{*\pm}$, se les hizo un ajuste a la función 3.5, la primera figura corresponde a todos los haces, y las restantes corresponden a los haces por separado Σ^- , π^- , protones, y π^+ , respectivamente. Los histogramas en azul corresponden a D^{*-} y los rojos a D^{*+} .

Distribuciones en x_F para $D^{*\pm}$ para los diferentes haces

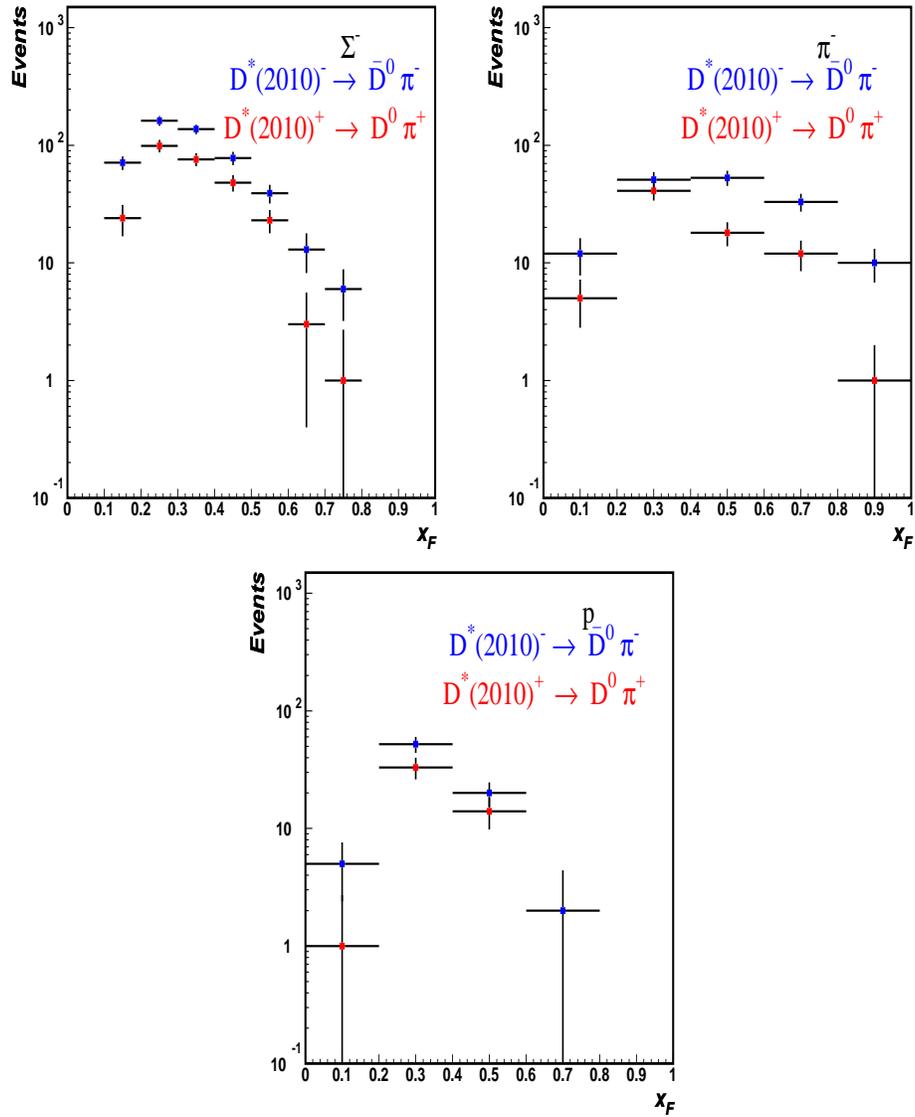


Figura 9.2: Distribuciones en x_F de los candidatos a $D^{*\pm}$ producidas por los haces de Σ^- y π^- en la parte superior y protones en la parte inferior. Los histogramas en azul corresponden a D^{*-} y los rojos a D^{*+} .

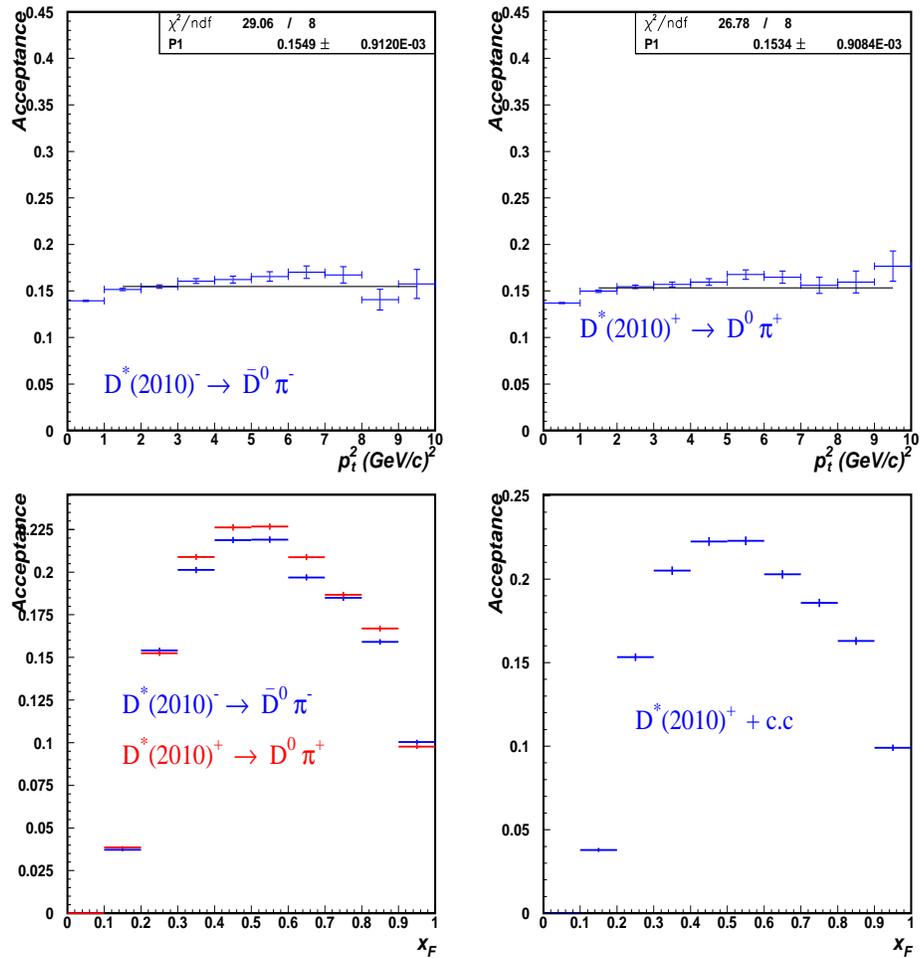
La aceptancia para $D^{*\pm}$ 

Figura 9.3: Aceptancia para $D^{*\pm}$ en función p_t^2 (parte superior) y x_F (parte inferior). La aceptancia de $D^{*\pm}$ en función de p_t^2 es constante, lo cual es importante ya que al corregir las distribuciones en p_t^2 sólo serán afectadas por un factor constante. Para la aceptancia de $D^{*\pm}$ en función de x_F hay una cierta dependencia, pero al ver partícula y antipartícula se observa que son casi iguales, la diferencia entre las aceptancias es de 4.5 %, así que de esta manera se hizo un promedio de las aceptancias y este promedio se utilizó para corregir las distribuciones en x_F .

Eventos corregidos por aceptancia para $D^{*\pm}$ para los diferentes haces

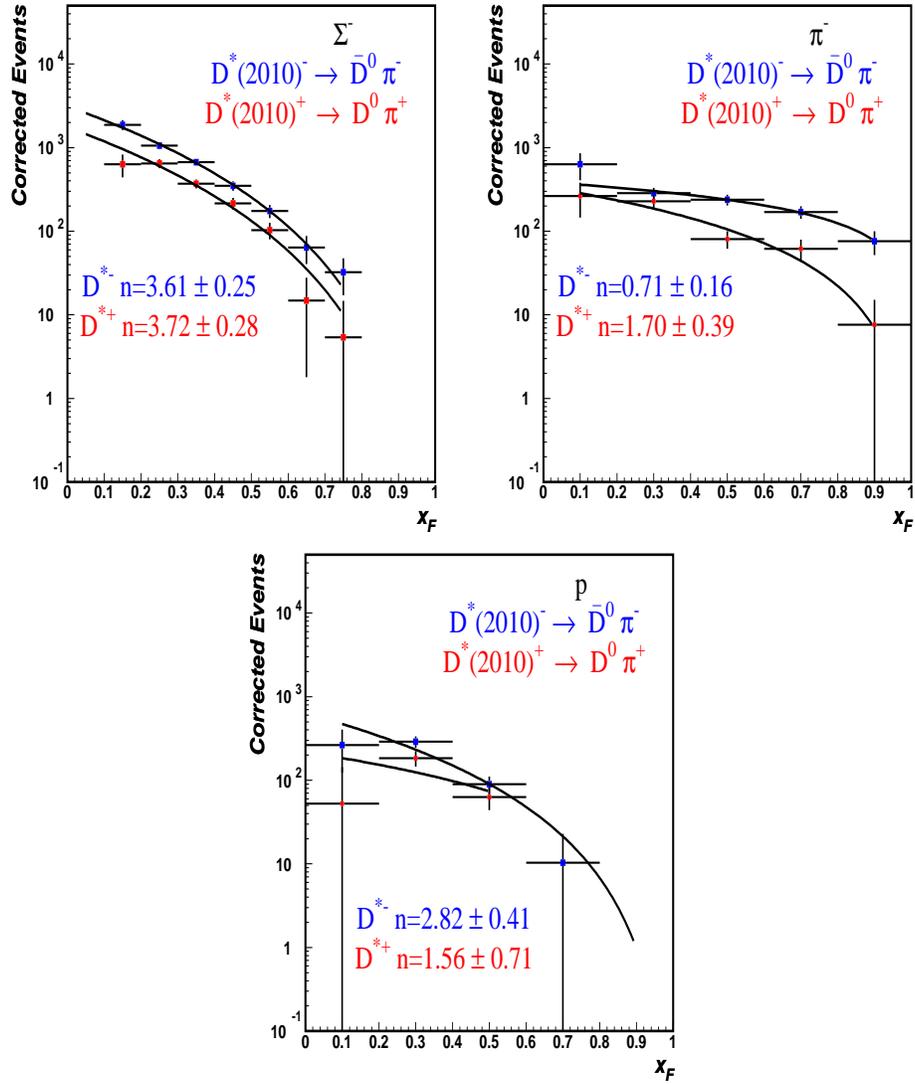


Figura 9.4: Distribuciones corregidas para $D^{*\pm}$ en función de x_F producidas por los haces de Σ^- y π^- en la parte superior, protones en la parte inferior, a las distribuciones corregidas se les aplicó un ajuste a la función $(1 - x_F)^n$.

Tabla 9.1: Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.

Mesón	Haz	n (Todos los blancos)	Rango en x_F
$D^{*-} \bar{c}d$	$\pi^- \bar{u}d$	0.71 ± 0.16	0.0-1.0
$D^{*+} c\bar{d}$	$\pi^- \bar{u}d$	1.70 ± 0.39	0.0-1.0
$D^{*-} \bar{c}d$	$p \ uud$	2.82 ± 0.41	0.0-0.8
$D^{*+} c\bar{d}$	$p \ uud$	1.56 ± 0.71	0.0-0.6
$D^{*-} \bar{c}d$	$\Sigma^- \ dds$	3.61 ± 0.25	0.1-0.8
$D^{*+} c\bar{d}$	$\Sigma^- \ dds$	3.72 ± 0.28	0.1-0.8

Asimetría de producción de $D^{*-} - D^{*+}$ para los diferentes haces

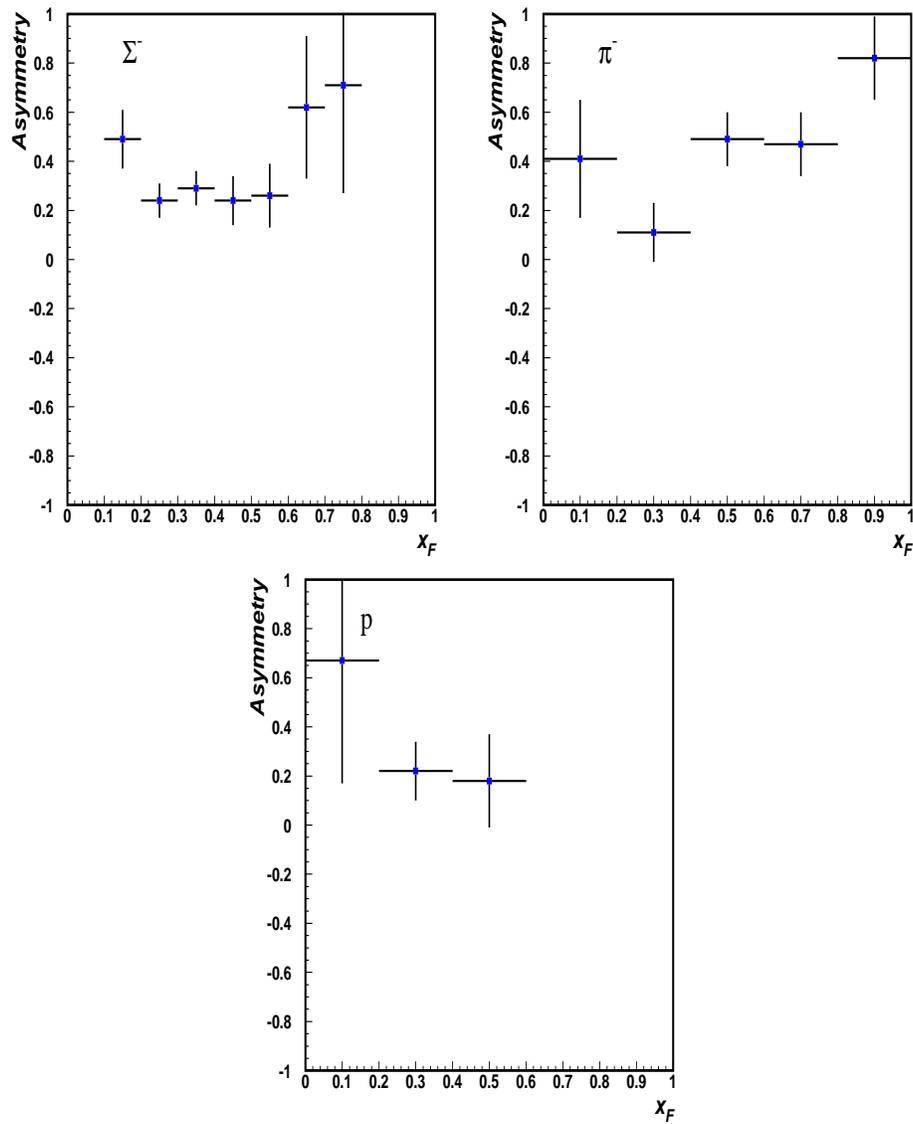


Figura 9.5: Asimetría de producción de $D^{*-} - D^{*+}$ en función de x_F para Σ^- y π^- en la parte superior, protones en la parte inferior. Estas figuras corresponden a todos los blancos.

La aceptancia de $D^{*\pm}$ para los diferentes blancos

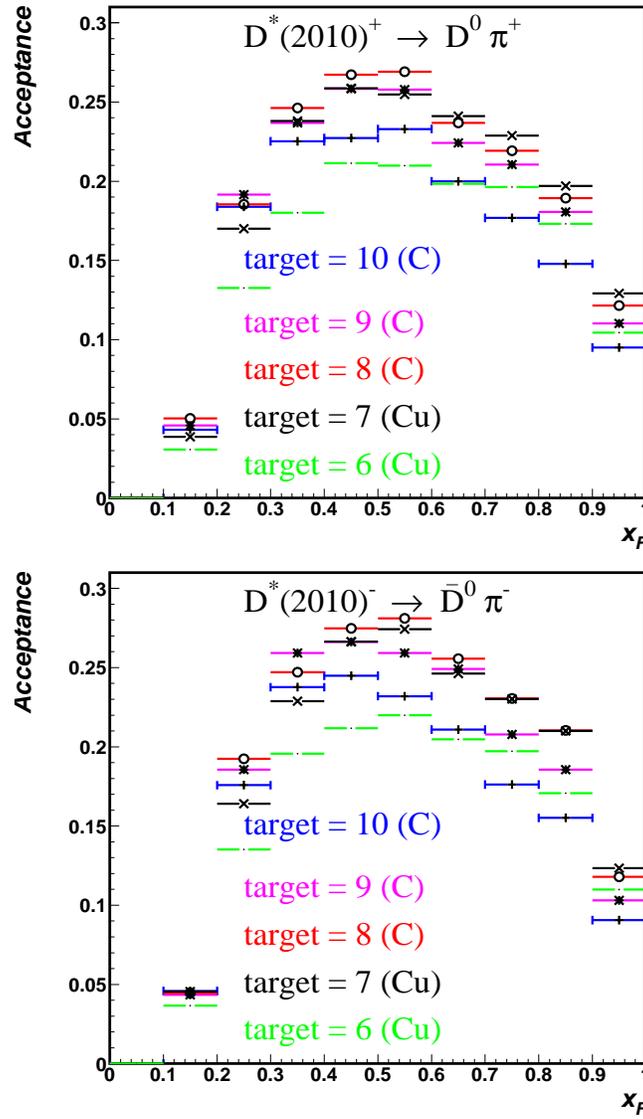


Figura 9.6: Aceptancia de $D^{*\pm}$ en función de x_F para los 5 blancos diferentes. La forma de la aceptancia es la misma, pero para cada blanco es diferente.

Eventos corregidos por aceptancia para $D^{*\pm}$ para los diferentes blancos y el haz de Σ^-

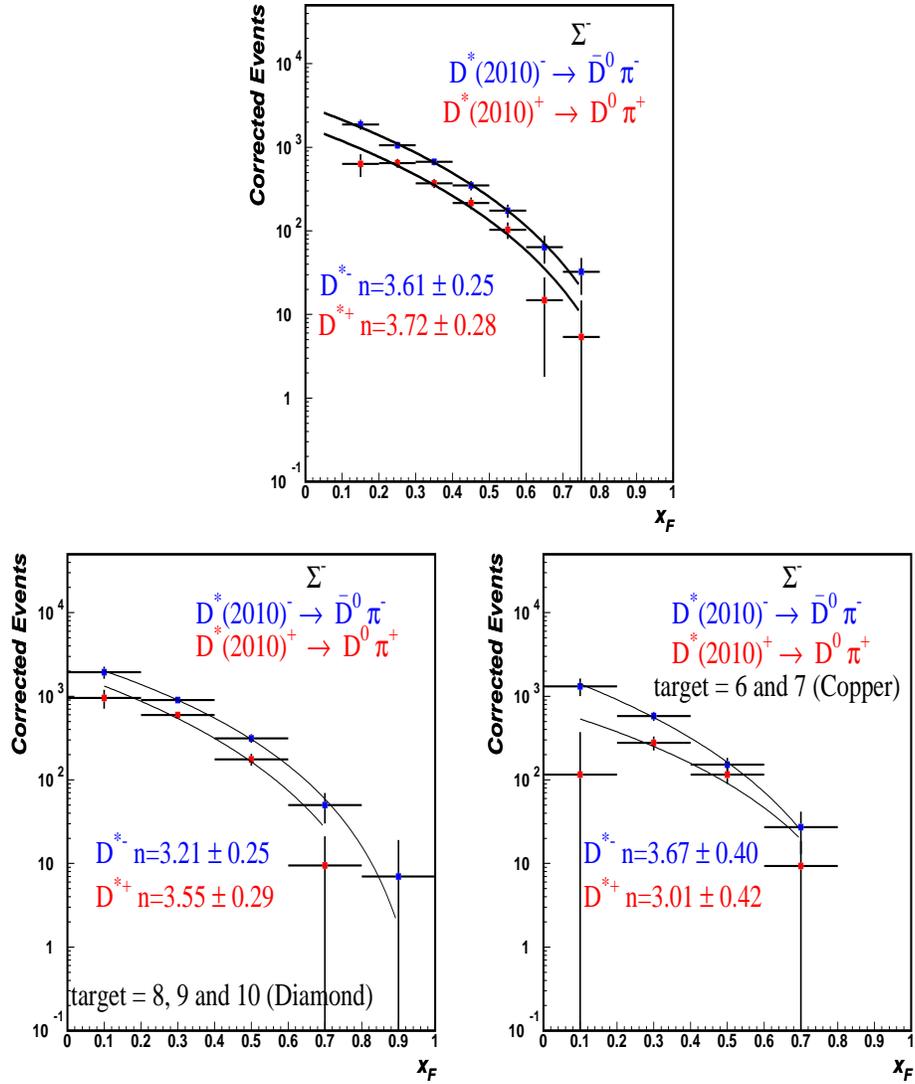


Figura 9.7: Distribuciones de los eventos corregidos de $D^{*\pm}$ para el haz de Σ^- , en la parte superior se tiene la distribución para todos los blancos, en la parte inferior se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante (izquierda) y cobre (derecha). También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Resumen de los resultados de los ajustes a la función $(1-x_F)^n$ para haces y blancos

Tabla 9.2: Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.

Mesón	Haz	n (Todos los blancos)	Rango en x_F
$D^{*-} \bar{c}d$	$\Sigma^- dds$	3.61 ± 0.25	0.1-0.8
$D^{*+} c\bar{d}$	$\Sigma^- dds$	3.72 ± 0.28	0.1-0.8

Tabla 9.3: Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de diamante.

Mesón	Haz	n (Blancos de diamante)	Rango en x_F
$D^{*-} \bar{c}d$	$\Sigma^- dds$	3.21 ± 0.25	0.0-1.0
$D^{*+} c\bar{d}$	$\Sigma^- dds$	3.55 ± 0.29	0.0-0.8

Tabla 9.4: Resultados de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de cobre.

Mesón	Haz	n (Blancos de cobre)	Rango en x_F
$D^{*-} \bar{c}d$	$\Sigma^- dds$	3.67 ± 0.40	0.0-0.8
$D^{*+} c\bar{d}$	$\Sigma^- dds$	3.01 ± 0.42	0.0-0.8

Comparación de asimetría de $D^{*-} - D^{*+}$ con los experimentos E791, WA92 y SELEX para el haz de π^-

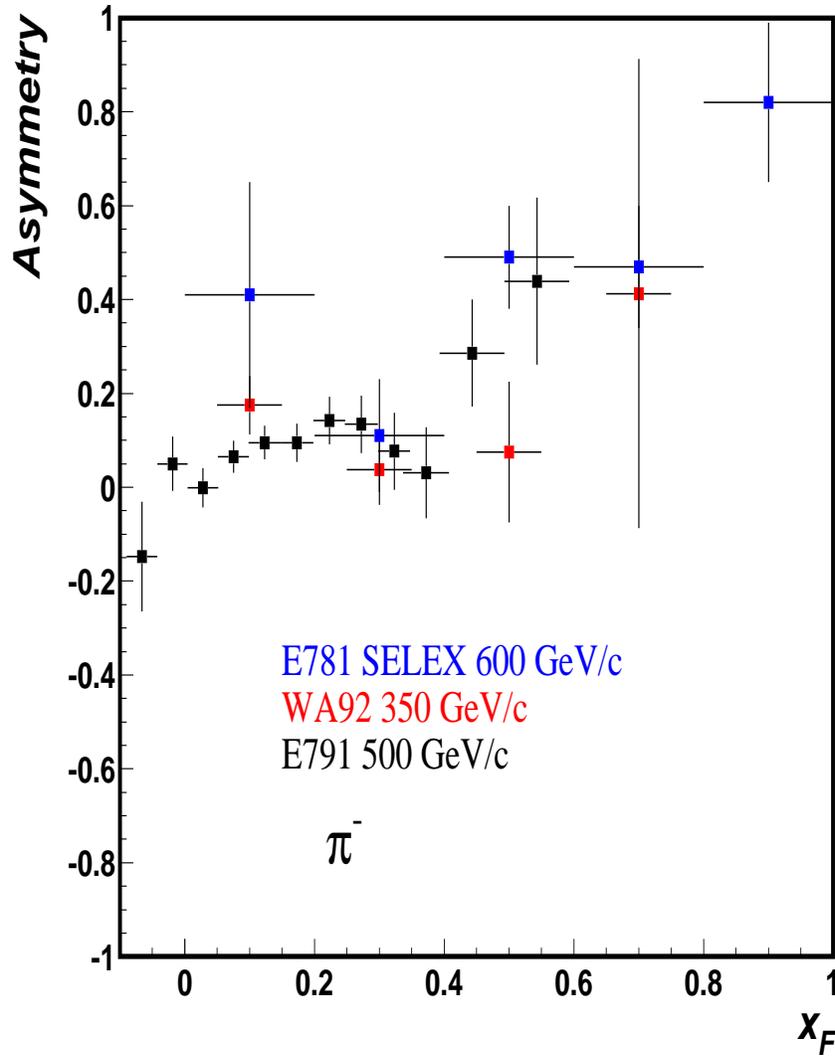


Figura 9.8: Asimetría de producción de $D^{*-} - D^{*+}$ para el haz de π^- , en la figura se muestra la comparación con el experimento E791, el histograma en negro es para E791, el histograma en rojo corresponde a WA92 y el histograma en azul es para SELEX.

Resultados del parámetro n para $D^{*+} \rightarrow D^0\pi^+$ cuando D^0 decae en $K\pi$ y en $K\pi\pi\pi$

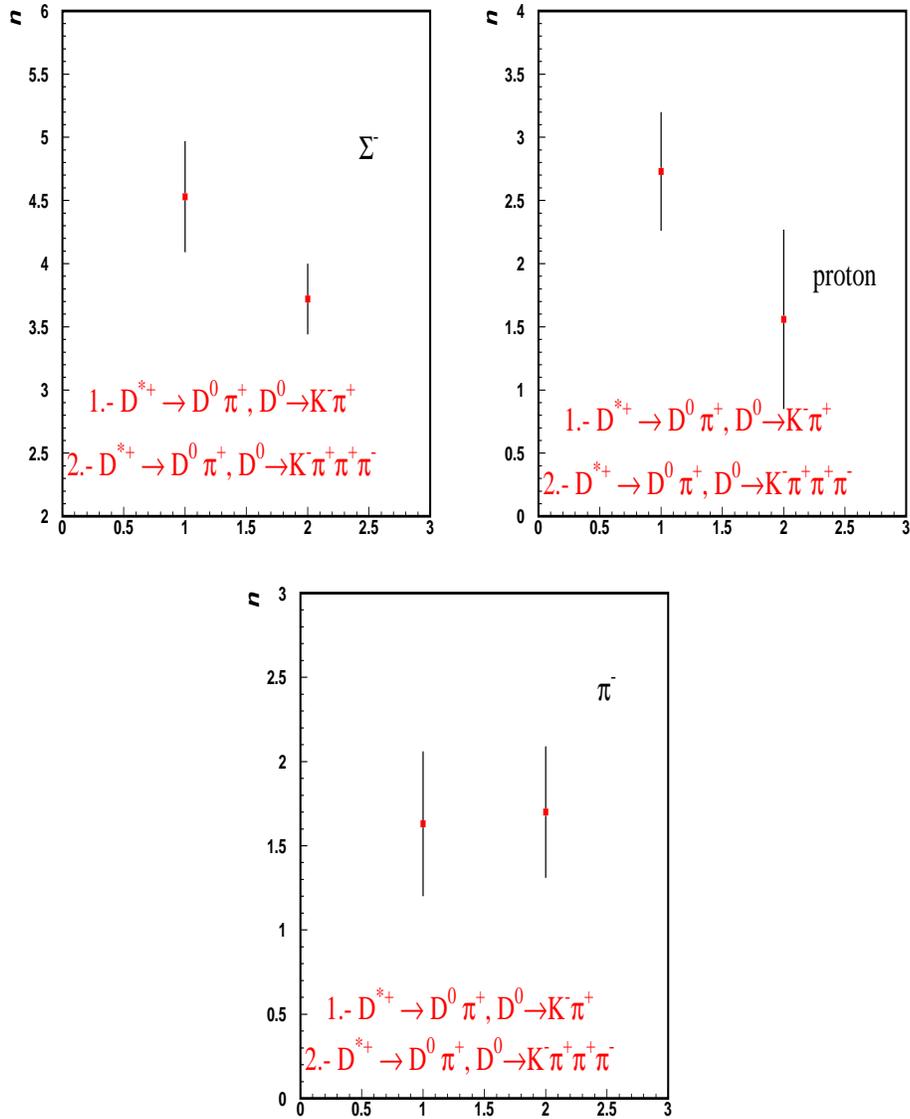


Figura 9.9: Comparación de ajustes obtenidos (parámetro n) para $D^{*+} \rightarrow D^0(K\pi)\pi^+$ y $D^{*+} \rightarrow D^0(K\pi\pi\pi)\pi^+$.

Resultados del parámetro n para $D^{*-} \rightarrow \bar{D}^0 \pi^-$ cuando \bar{D}^0 decae en $K\pi$ y en $K\pi\pi\pi$

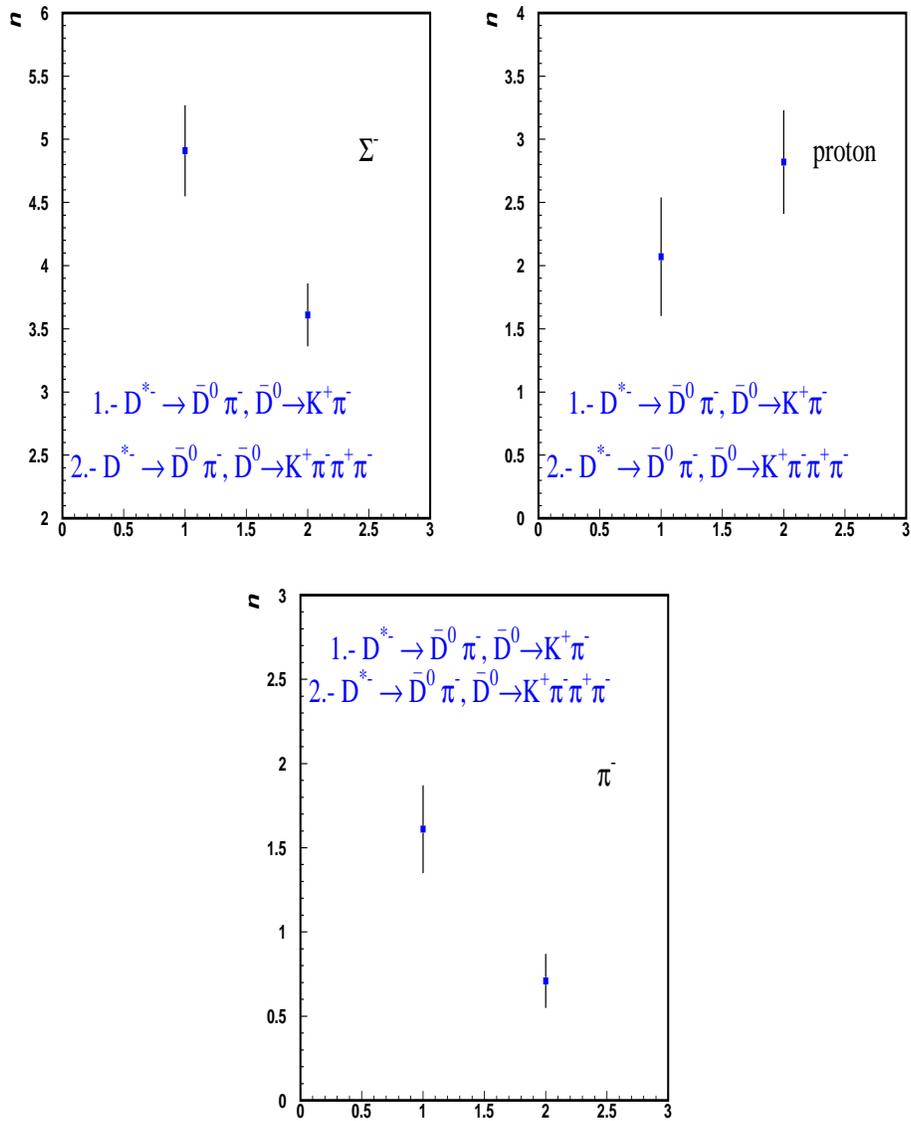


Figura 9.10: Comparación de ajustes obtenidos (parámetro n) para $D^{*-} \rightarrow \bar{D}^0(K\pi)\pi^-$ y $D^{*-} \rightarrow \bar{D}^0(K\pi\pi\pi)\pi^+$.

9.4. Discusión de los resultados

Distribuciones de masa invariante para $D^{*\pm}$ para los diferentes haces

En la figura 9.1 se muestran las distribuciones de masa invariante para $D^{*\pm}$, se les hizo un ajuste a la función 3.5, estas figuras corresponden a todos los candidatos a $D^{*\pm}$ que se tienen en SELEX, la primera figura corresponde a todos los haces, y las restantes corresponden a los haces por separado Σ^- , π^- , y protones, respectivamente. Como se puede ver se tiene más estadística para el haz de Σ^- , esto es debido a las corridas del experimento (véase sección 2.5). Los histogramas en azul corresponden a D^{*-} y los rojos a D^{*+} .

Distribuciones en x_F para $D^{*\pm}$ para los diferentes haces

En la figura 9.2 se muestran las distribuciones en x_F para 3 haces del experimento SELEX. Se tomó un número de bins para cada haz dependiendo de la estadística disponible para cada decaimiento. Para el haz de Σ^- se realizó con 10 bins en x_F , mientras que para los haces de π^- y protones se realizó con sólo 5 bins en x_F , ya que la estadística para el haz de Σ^- , es mayor a la de π^- y protones.

La aceptación para $D^{*\pm}$

En la figura 9.3 se muestra la aceptación en función de las variables cinemáticas x_F y p_t^2 . La ventaja de que la aceptación no dependa de p_t^2 , es que no se necesita corregir las distribuciones en 2 dimensiones, es decir, en las 2 variables cinemáticas simultáneamente, en estudios previos acerca del barión Λ^0 , este fue el caso [72, 89], la desventaja de corregir en 2 dimensiones es el tiempo de cómputo y encontrar una función que describa este comportamiento.

Eventos corregidos por aceptación para $D^{*\pm}$ para los diferentes haces

En la figura 9.4 se muestran las distribuciones corregidas para $D^{*\pm}$ para 3 haces del experimento SELEX. A estas distribuciones se les hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$. Los resultados de los ajustes se muestran en la tabla de la misma sección.

Asimetría de producción de $D^{*\pm}$ para los diferentes haces

En la figura 9.5 se muestra la asimetría para $D^{*\pm}$ para 3 diferentes haces del experimento SELEX.

Para estas figuras se puede decir que la asimetría de producción en x_F es pequeña para los 3 haces Σ^- , π^- , y protones.

La aceptación de $D^{*\pm}$ para los diferentes blancos

En la figura 9.6 se muestran las aceptancias para $D^{*\pm}$ para los 5 blancos. Como se puede apreciar la forma de la aceptación es la misma, pero para cada blanco es diferente.

Eventos corregidos por aceptación para $D^{*\pm}$ para los diferentes blancos y el haz de Σ^-

En la figura 9.7 se muestran las distribuciones de los eventos corregidos para el haz de Σ^- , aquí se comparan las distribuciones de la siguiente manera: primero se tiene la distribución para todos los blancos, después se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante y cobre. También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Resumen de los resultados de los ajustes a la función $(1-x_F)^n$ para el haz de Σ^- y blancos

En la figura 9.7 se muestran las distribuciones para los eventos corregidos para el haz de Σ^- y blancos. En las tablas 9.2, 9.3 y 9.4 se muestran los resultados obtenidos de los ajustes para los mesones D^{*+} y D^{*-} producidos por el haz de Σ^- y blancos. Estos resultados son iguales dentro de los errores estadísticos.

Comparación de asimetría de $D^{*-}-D^{*+}$ con los experimentos E791, WA92 y SELEX para el haz de π^-

En la figura 9.8 se muestran las distribuciones para la asimetría de $D^{*-}-D^{*+}$ para el haz de π^- . Se hace una comparación con los experimentos E791 [91] y WA92 [14]. E791 tiene $17800 \pm 185 D^{*\pm}$ y WA92 tiene $611 \pm 28 D^{*\pm}$.

El histograma en negro corresponde a E791, el histograma en rojo a WA92 y el histograma en azul corresponde a este trabajo SELEX usando los datos de pass2. Se puede apreciar que el comportamiento es similar. Los errores para la distribución de SELEX son sólo estadísticos.

Eventos corregidos de $D^{*+} \rightarrow D^0\pi^+$ cuando D^0 decae en $K\pi$ y en $K\pi\pi\pi$

En la figura 6.9 se muestran los resultados del parámetro n de la ecuación 1.7, el cual no es igual para el mesón D^0 cuando decae en $(K\pi)$ que en $(K\pi\pi\pi)$. El mesón D^{*+} tiene también 2 modos de decaimiento, los cuales dependen del mesón D^0 , por tanto para los mesones D^{*+} también se espera que los eventos corregidos tengan la misma distribución, se comparan los resultados del ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

La comparación de los resultados de los ajustes se muestran en la figura 9.9, donde se puede observar que estos valores no son iguales dentro de los errores estadísticos para los haces de Σ^- y proton, sin embargo, para

el haz de π^- estos resultados son iguales dentro de los errores estadísticos. Estos valores deben ser iguales dentro de los errores estadísticos para todos los haces, por tanto no se pueden juntar para mejorar la estadística.

Eventos corregidos de $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}\pi^-$ cuando $\overline{D^0}$ decae en $K\pi$ y en $K\pi\pi\pi$

En la figura 6.10 se muestran los resultados del parámetro n de la ecuación 1.7 no es igual para el mesón $\overline{D^0}$ cuando decae en $(K\pi)$ que en $(K\pi\pi\pi)$. El mesón D^{*-} tiene también 2 modos de decaimiento, los cuales dependen del mesón $\overline{D^0}$, por tanto para los mesones D^{*-} también se espera que los eventos corregidos tengan la misma distribución, se comparan los resultados del ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

La comparación de los resultados de los ajustes se muestran en la figura 9.10, donde se puede observar que estos valores no son iguales dentro de los errores estadísticos para los haces de Σ^- y π^- , sin embargo, para el haz de protones estos resultados son iguales dentro de los errores estadísticos. Estos valores deben ser iguales dentro de los errores estadísticos para todos los haces, por tanto no se pueden juntar para mejorar la estadística.

9.5. Conclusiones

En este capítulo se presentaron los resultados de la hadroproducción de los mesones D^{*+} y D^{*-} , así como una discusión de cada uno de los resultados mostrados a lo largo de este capítulo. En las conclusiones se presentan las de mayor importancia.

- Se midió el parámetro n de la ecuación 1.7 para estos mesones con los diferentes haces y blancos del experimento SELEX.
- Se realizó la comparación de asimetría de $D^{*-} - D^{*+}$ para el haz de π^- , con los experimentos E791 y WA92, con esto se concluye que la forma es similar.
- Se realizó la comparación del parámetro n de la ecuación 1.7 para los modos $D^{*+} \rightarrow D^0\pi^+$ cuando el mesón D^0 decae en $D^0 \rightarrow K^-\pi^+$ y $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^+\pi^-$, donde este parámetro no es igual dentro de los errores estadísticos.
- Se realizó la comparación del parámetro n de la ecuación 1.7 para los modos $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}\pi^-$ cuando el mesón $\overline{D^0}$ decae en $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-$ y $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-\pi^+\pi^-$, donde este parámetro no es igual dentro de los errores estadísticos.

Capítulo 10

Resultados para los mesones charm D_s^+ y D_s^-

10.1. Introducción

En este capítulo se presentan los resultados para los decaimientos $D_s^+ \rightarrow K^- K^+ \pi^+$, y $D_s^- \rightarrow K^+ K^- \pi^-$, aplicando la metodología explicada en el capítulo del procedimiento de análisis de datos (véase capítulo 3). Al final del capítulo se hace una discusión acerca de algunos de los resultados, también se han incluido algunas tablas dentro de este capítulo, así como otras tablas fueron colocadas en el apéndice F.

10.2. Cortes

Los cortes que se aplicaron a estos decaimientos son los siguientes:

- $L/\sigma > 8$
- $p_{\text{vtx}} < 12$
- Se eliminaron vértices secundarios en material.
- $\text{Scut}(2) > \sqrt{8}$
- $\mathcal{L}(K) \geq \mathcal{L}(p)$

10.2.1. El método de sustracción del ruido

Se utilizó el mismo método para sustraer el ruido de la señal (véase sección 3.6), sólo que se cambian los rangos de la señal y el ruido. Estos son:

- Señal + ruido (1.945:1.995) GeV/c^2
- Banda ruido1 (1.89:1.94) GeV/c^2
- Banda ruido2 (2.0:2.05) GeV/c^2

10.3. Resultados

Distribuciones de masa invariante para D_s^+ y D_s^- para los diferentes haces

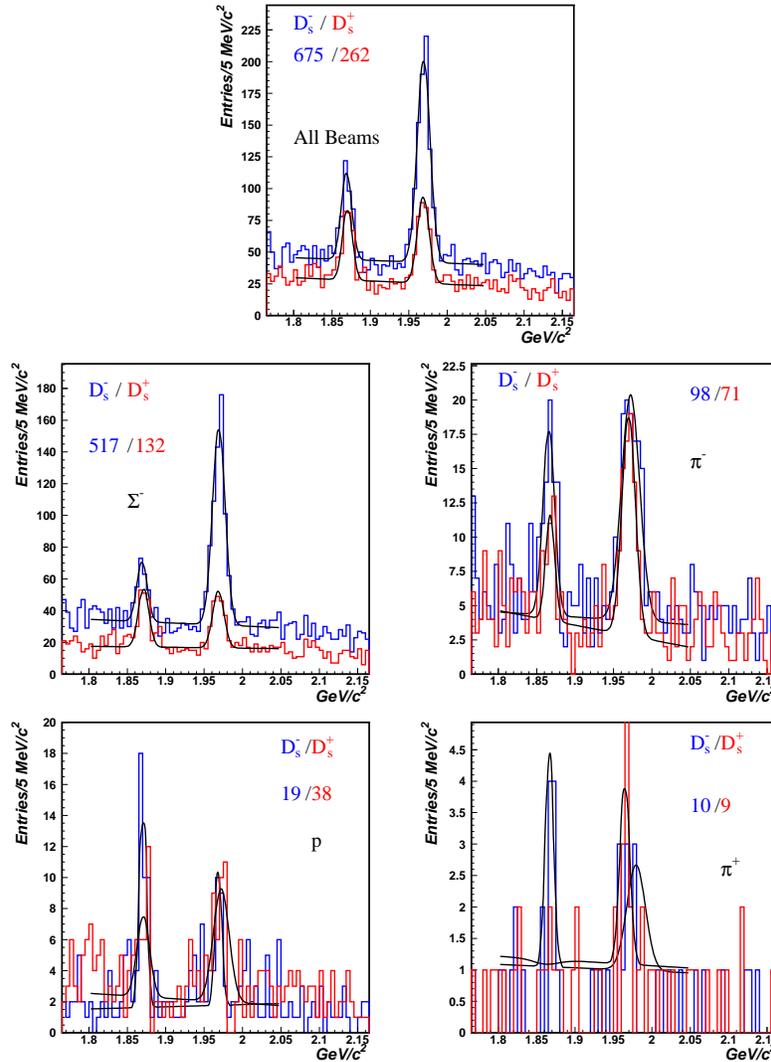


Figura 10.1: Distribuciones de la masa invariante de los candidatos a D_s^+ y D_s^- , se les hizo un ajuste a la función 3.5, la primera figura corresponde a todos los haces, y las restantes corresponden a los haces por separado Σ^- , π^- , protones, y π^+ , respectivamente. Los histogramas en azul corresponden a D_s^- y los rojos a D_s^+ .

Distribuciones en x_F para D_s^+ y D_s^- para los haces de Σ^- y π^-

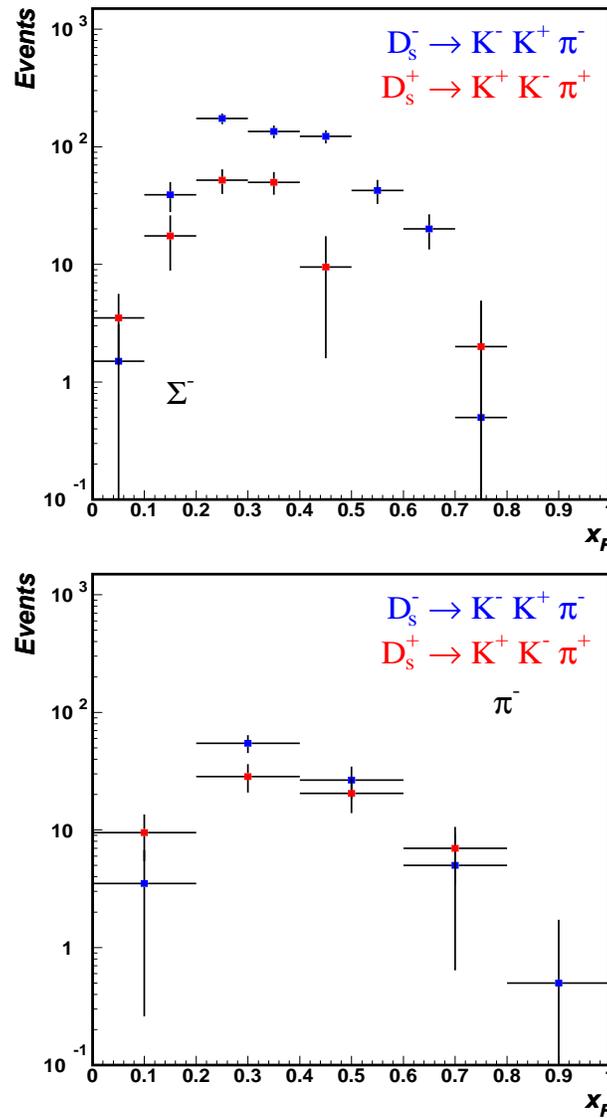


Figura 10.2: Distribuciones en x_F de los candidatos a D_s^+ y D_s^- producidas por los haces de Σ^- en la parte superior y π^- en la parte inferior. Los histogramas en azul corresponden a D_s^- y los rojos a D_s^+ .

La aceptancia para D_s^+ y D_s^-

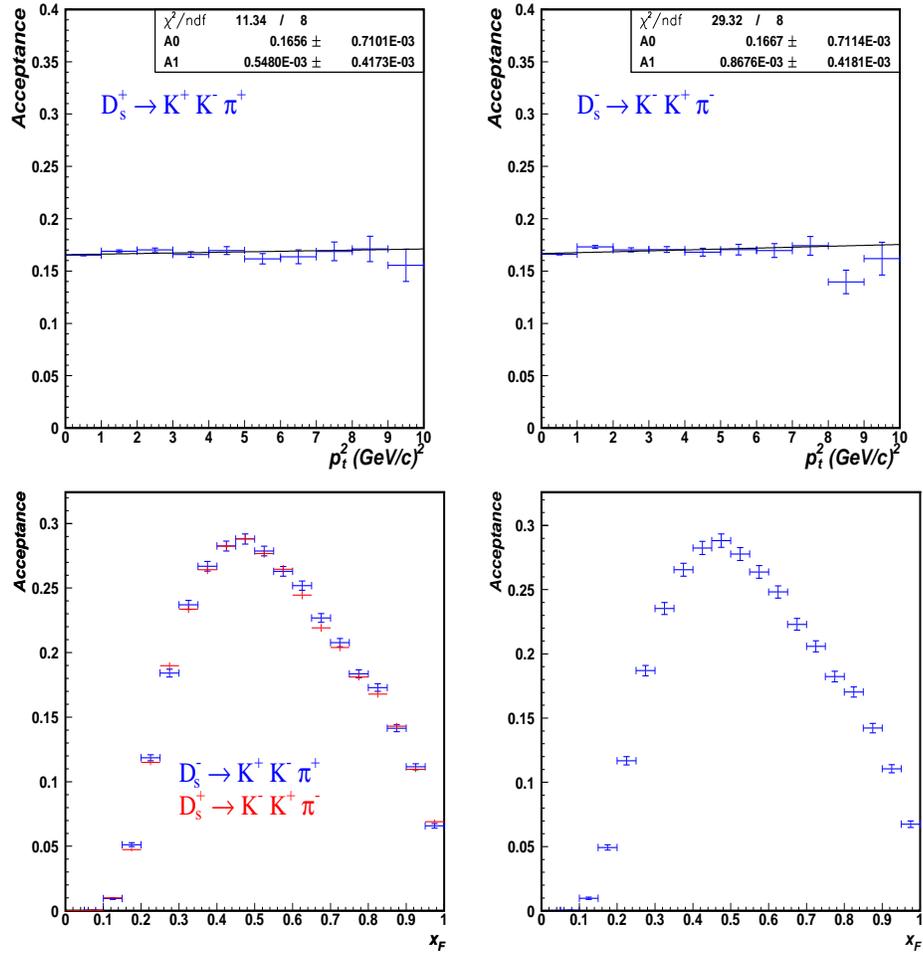


Figura 10.3: Aceptancia para D_s^+ y D_s^- en función p_t^2 (parte superior) y x_F (parte inferior). La aceptancia de D_s^+ y D_s^- en función de p_t^2 es constante, lo cual es importante ya que al corregir las distribuciones en p_t^2 sólo serán afectadas por un factor constante. Para la aceptancia de D_s^+ y D_s^- en función de x_F hay una cierta dependencia, pero al ver partícula y antipartícula se observa que son casi iguales, la diferencia entre las aceptancias es de 1.0 %, así que de esta manera se hizo un promedio de las aceptancias y este promedio se utilizó para corregir las distribuciones en x_F .

Eventos corregidos por aceptancia para D_s^+ y D_s^- para los haces de Σ^- y π^-

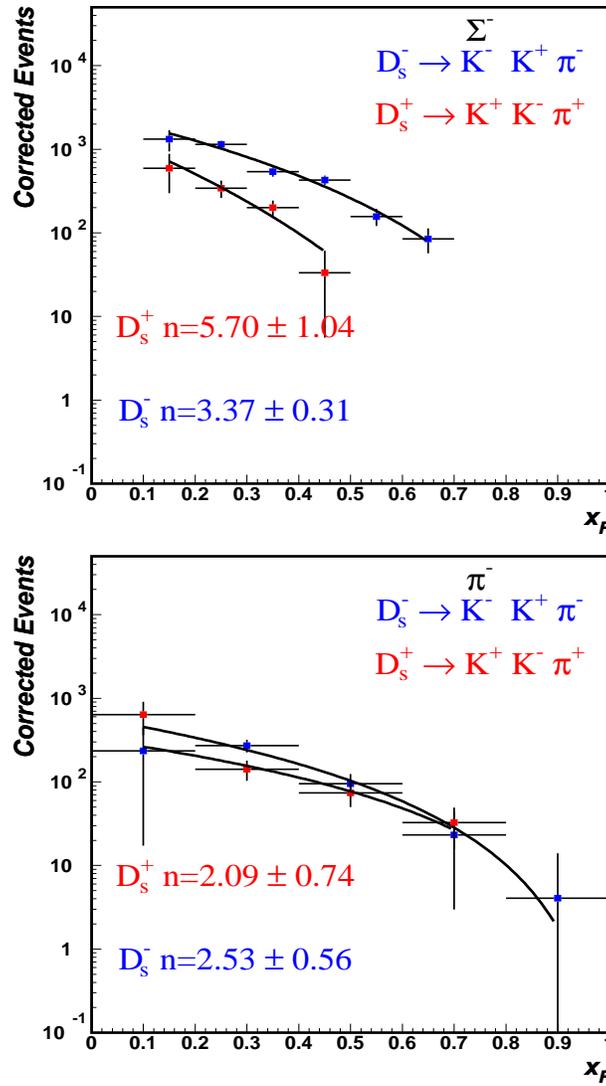


Figura 10.4: Distribuciones corregidas para D_s^+ y D_s^- en función de x_F producidas por los haces de Σ^- y π^- , a las distribuciones corregidas se les aplicó un ajuste a la función $(1 - x_F)^n$.

Tabla 10.1: Resultados de los ajustes para los mesones D_s^+ y D_s^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.

Mesón	Haz	n (Todos los blancos)	Rango en x_F
$D_s^+ c\bar{s}$	$\pi^- \bar{u}d$	2.09 ± 0.74	0.0-0.8
$D_s^- \bar{c}s$	$\pi^- \bar{u}d$	2.53 ± 0.56	0.0-1.0
$D_s^+ c\bar{s}$	$\Sigma^- dds$	5.70 ± 1.04	0.1-0.5
$D_s^- \bar{c}s$	$\Sigma^- dds$	3.37 ± 0.31	0.1-0.7

Asimetría de producción de $D_s^+ - D_s^-$ para los haces de Σ^- y π^-

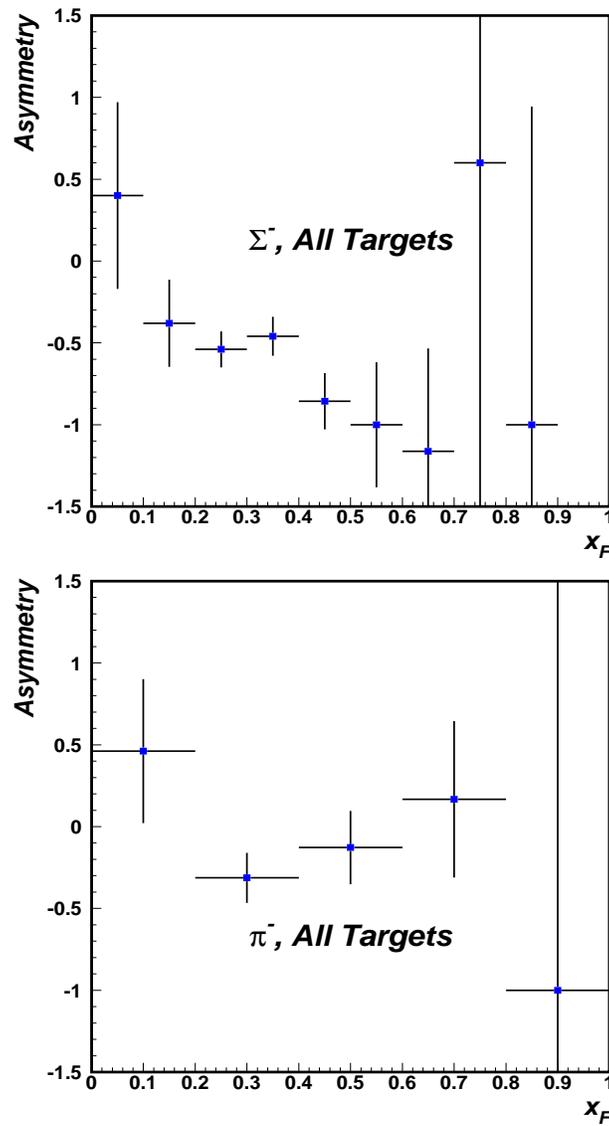


Figura 10.5: Asimetría de producción de $D_s^+ - D_s^-$ en función de x_F para Σ^- y π^- . Estas figuras corresponden a todos los blancos.

La aceptancia de D_s^+ y D_s^- para los diferentes blancos

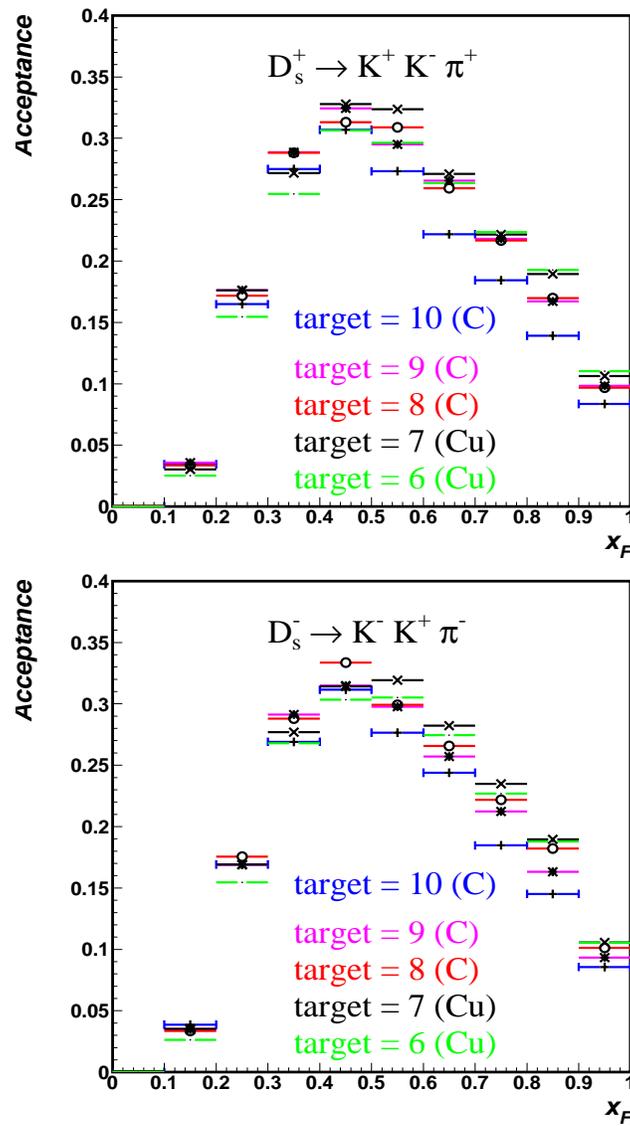


Figura 10.6: Aceptancia de D_s^+ y D_s^- en función de x_F para los 5 blancos diferentes. La forma de la aceptancia es la misma, pero para cada blanco es diferente.

Eventos corregidos por aceptancia para D_s^+ y D_s^- para los diferentes blancos y el haz de Σ^-

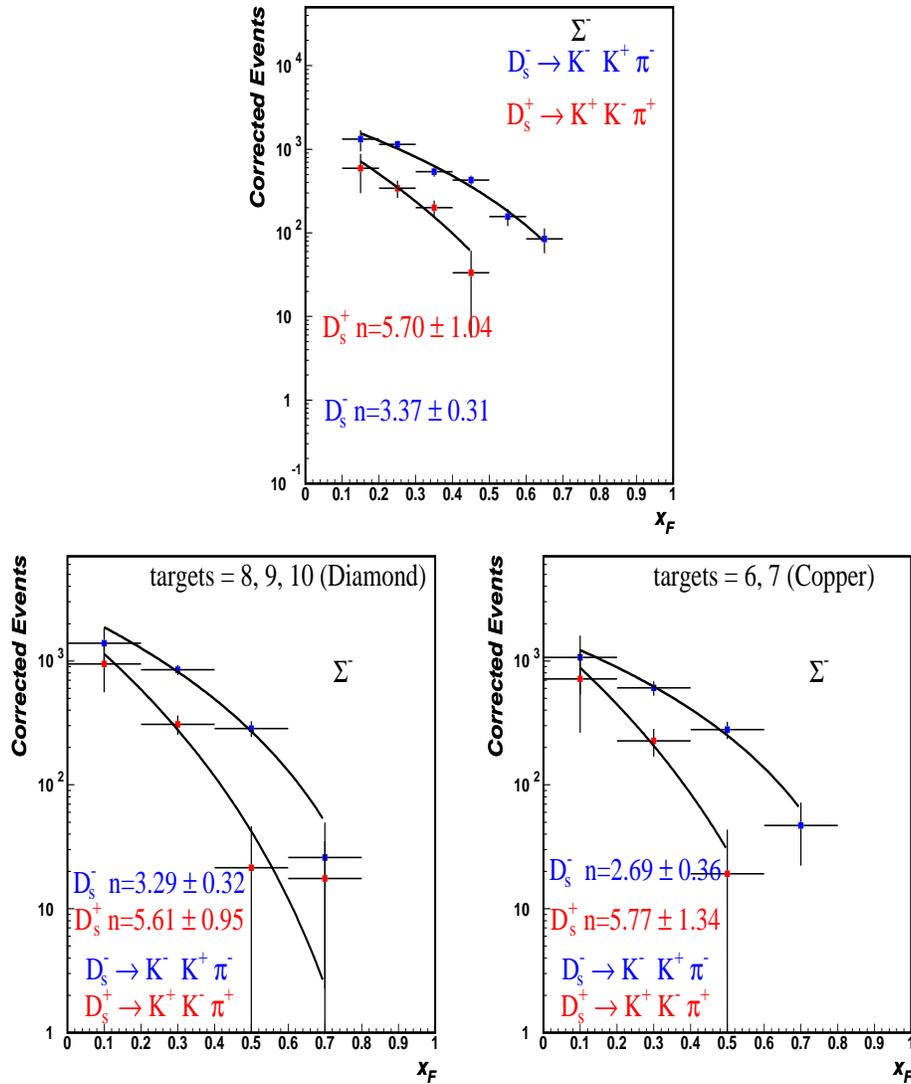


Figura 10.7: Distribuciones de los eventos corregidos de D_s^+ y D_s^- para el haz de Σ^- , en la parte superior se tiene la distribución para todos los blancos, en la parte inferior se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante (izquierda) y cobre (derecha). También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Resumen de los resultados de los ajustes a la función $(1-x_F)^n$ para el haz de Σ^- y blancos

Tabla 10.2: Resultados de los ajustes para los mesones D_s^+ y D_s^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.

Mesón	Haz	n (Todos los blancos)	Rango en x_F
$D_s^+ c\bar{s}$	$\Sigma^- dds$	5.70 ± 1.04	0.1-0.5
$D_s^- \bar{c}s$	$\Sigma^- dds$	3.37 ± 0.31	0.1-0.7

Tabla 10.3: Resultados de los ajustes para los mesones D_s^+ y D_s^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de diamante.

Mesón	Haz	n (Blancos de diamante)	Rango en x_F
$D_s^+ c\bar{s}$	$\Sigma^- dds$	5.61 ± 0.95	0.0-0.8
$D_s^- \bar{c}s$	$\Sigma^- dds$	3.29 ± 0.32	0.0-0.8

Tabla 10.4: Resultados de los ajustes para los mesones D_s^+ y D_s^- a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de cobre.

Mesón	Haz	n (Blancos de cobre)	Rango en x_F
$D_s^+ c\bar{s}$	$\Sigma^- dds$	5.77 ± 1.34	0.0-0.6
$D_s^- \bar{c}s$	$\Sigma^- dds$	2.69 ± 0.36	0.0-0.8

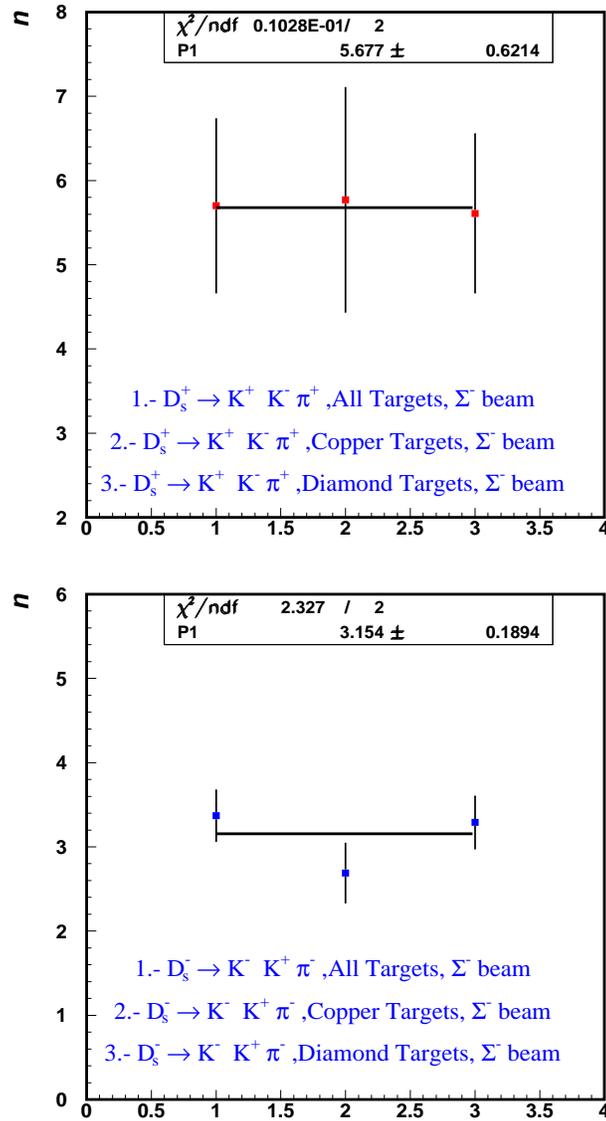


Figura 10.8: Resultados de los ajustes para los mesones D_s^+ y D_s^- a la función $(1-x_F)^n$ para el haz de Σ^- y los diferentes blancos (cobre y diamante). A estos resultados se les aplicó un ajuste a una constante.

Comparación de asimetría de $D_s^- - D_s^+$ con el experimento WA89 para el haz de Σ^-

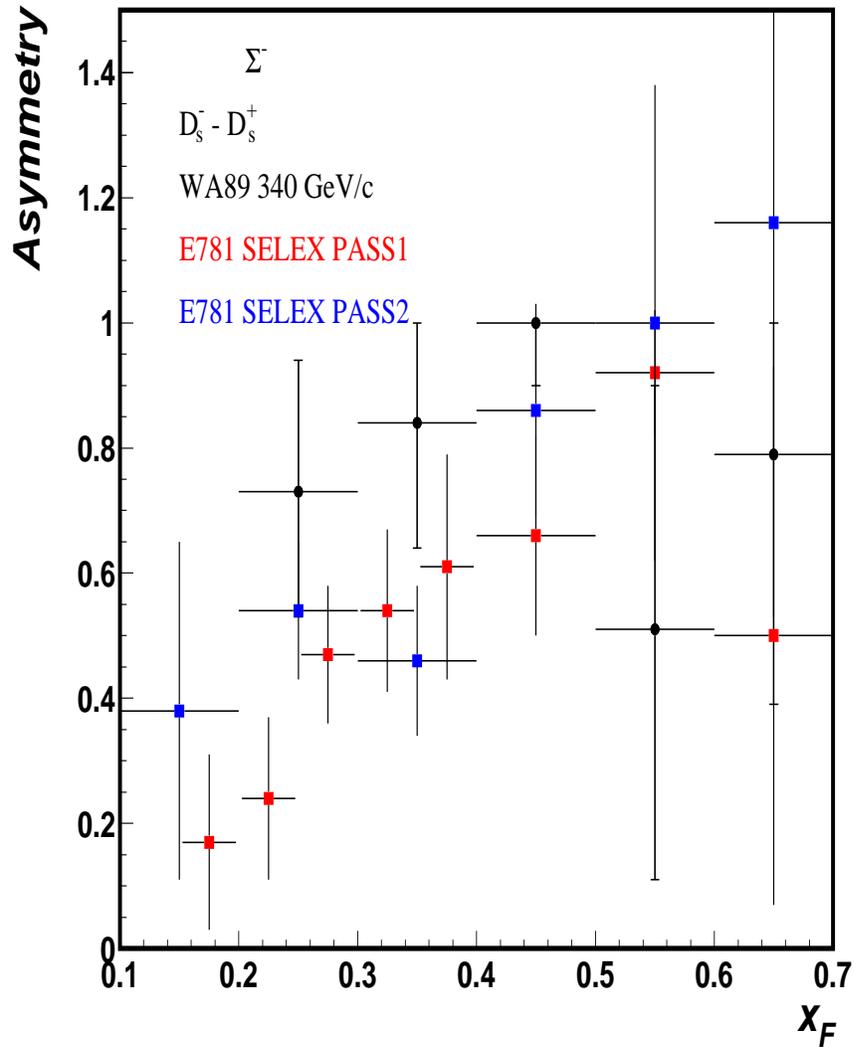


Figura 10.9: Asimetría de producción de $D_s^- - D_s^+$ para el haz de Σ^- , en la figura se muestra la comparación con el experimento WA89, el histograma en negro es para WA89, el histograma en rojo es para SELEX (pass1) y el histograma en azul es para SELEX (pass2).

10.4. Discusión de los resultados

Distribuciones de masa invariante para D_s^+ y D_s^- para los diferentes haces

En la figura 10.1 se muestran las distribuciones de masa invariante para D_s^+ y D_s^- , se les hizo un ajuste a la función 3.5, estas figuras corresponden a todos los candidatos a D_s^+ y D_s^- que se tienen en SELEX, la primera figura corresponde a todos los haces, y las restantes corresponden a los haces por separado Σ^- , π^- , protones, y π^+ , respectivamente. Como se puede ver se tiene más estadística para el haz de Σ^- , esto es debido a las corridas del experimento (véase sección 2.5). Los histogramas en azul corresponden a D_s^- y los rojos a D_s^+ .

Distribuciones en x_F para D_s^+ y D_s^- para los diferentes haces

En la figura 10.2 se muestran las distribuciones en x_F para los 2 haces del experimento SELEX con mayor estadística. Se tomó un número de bins para cada haz dependiendo de la estadística disponible para cada decaimiento. Para el haz de Σ^- se tomaron 10 bins, mientras que para el haz de π^- sólo se tomaron 5 bins en x_F . Para los haces de protones y π^+ , la estadística no es suficiente.

La aceptación para D_s^+ y D_s^-

En la figura 10.3 se muestra la aceptación en función de las variables cinemáticas x_F y p_t^2 . La ventaja de que la aceptación no dependa de p_t^2 , es que no se necesita corregir las distribuciones en 2 dimensiones, es decir, en las 2 variables cinemáticas simultáneamente, en estudios previos acerca del barión Λ^0 , este fue el caso [72, 89], la desventaja de corregir en 2 dimensiones es el tiempo de cómputo y encontrar una función que describa este comportamiento.

Eventos corregidos por aceptación para D_s^+ y D_s^- para los haces de Σ^- y π^-

En la figura 10.4 se muestran las distribuciones corregidas para D_s^+ y D_s^- para los 2 haces negativos del experimento SELEX. A estas distribuciones se les hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$. Los resultados de los ajustes se muestran en la tabla de la misma sección.

Asimetría de producción de D_s^+ - D_s^- para los haces de Σ^- y π^-

En la figura 10.5 se muestra la asimetría para D_s^+ y D_s^- para los 2 haces negativos del experimento SELEX.

Para estas figuras se puede decir que se observa una fuerte asimetría en x_F para el haz de Σ^- , en cambio para el haz de π^- , la asimetría es pequeña en x_F .

La aceptación de D_s^+ y D_s^- para los diferentes blancos

En la figura 10.6 se muestran las aceptancias para D_s^+ y D_s^- para los 5 blancos. Como se puede apreciar la forma de la aceptación es la misma, pero para cada blanco es diferente. La aceptación para el blanco número 6 (el primer blanco de cobre) es mayor que los otros 4 blancos a grandes x_F . El tiempo de vida del mesón D_s^+ es de 500×10^{-15} s y el valor de $c\tau = 149.9 \mu m$. Considerando un mesón D_s^+ con un momento típico de 100 GeV/c en el caso de SELEX, esta partícula recorre aproximadamente una distancia $L = \gamma c\tau = 100 \times 149.9 \mu m = 1.499$ cm, antes de decaer en $K^- K^+ \pi^+$. En la sección 2.2.2 se mostraron las propiedades de los blancos, en especial la posición en z , dado que la posición en z del primer blanco (número 6) es de -6.12 cm, y el último blanco (número 10) es de -0.1 cm, la separación entre cada blanco es aproximadamente de 1.5 cm. La aceptación a grandes x_F es mayor la del primer blanco de cobre (número 6) que la de los otros 4 blancos, el primer blanco tiene más distancia para volar antes de decaer que la de los otros 4 blancos.

Eventos corregidos por aceptación para D_s^+ y D_s^- para los diferentes blancos y el haz de Σ^-

En la figura 10.7 se muestran las distribuciones de los eventos corregidos para el haz de Σ^- , aquí se comparan las distribuciones de la siguiente manera: primero se tiene la distribución para todos los blancos, después se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante y cobre. También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Resumen de los resultados de los ajustes a la función $(1-x_F)^n$ para el haz de Σ^- y blancos

En la figura 10.7 se muestran las distribuciones para los eventos corregidos para el haz de Σ^- y blancos. En las tablas 10.2, 10.3 y 10.4 se muestran los resultados obtenidos de los ajustes para los mesones D_s^+ y D_s^- producidos por el haz de Σ^- y blancos. En la figura 10.8 se muestra el resumen de los valores obtenidos del ajuste para el parámetro n , a los cuales se les ajusto una constante. Estos resultados son iguales dentro de los errores estadísticos.

Comparación de asimetría de $D_s^- - D_s^+$ con el experimento WA89 para el haz de Σ^-

En la figura 10.9 se muestran las distribuciones para la asimetría de $D_s^- - D_s^+$ para el haz de Σ^- . Se hace una comparación con el experimento WA89 [90], este utilizó un haz de Σ^- a 340 GeV/c y 4 blancos (1 de cobre y 3 de diamante), en cambio SELEX tiene un haz de Σ^- a 600 GeV/c y 5 blancos (2 de cobre y 3 de diamante). SELEX tiene más estadística que WA89. El histograma en negro corresponde a WA89, el histograma en rojo a SELEX para los datos de pass1 [70] y el histograma en azul corresponde

a este trabajo SELEX usando los datos de pass2. Se puede apreciar que el comportamiento es similar. Los errores para la distribución de SELEX son sólo estadísticos.

10.5. Conclusiones

En este capítulo se presentaron los resultados de la hadroproducción de los mesones D_s^+ y D_s^- , así como una discusión de cada uno de los resultados mostrados a lo largo de este capítulo. En las conclusiones se presentan las de mayor importancia.

- Se midió el parámetro n de la ecuación 1.7 para estos mesones con los haces negativos (Σ^- y π^-) y los blancos del experimento SELEX.
- Se realizó la comparación de asimetría de $D_s^- - D_s^+$ para el haz de Σ^- con el experimento WA89 y con un trabajo previo de SELEX usando datos de pass1.

Capítulo 11

Resultados para los bariones charm Λ_c^+ y Λ_c^-

11.1. Introducción

En este capítulo se presentan los resultados para los decaimientos $\Lambda_c^+ \rightarrow pK^-\pi^+$, y $\Lambda_c^- \rightarrow \bar{p}K^+\pi^-$ aplicando la metodología explicada en el capítulo del procedimiento de análisis de datos (véase capítulo 3). Al final del capítulo se hace una discusión acerca de cada uno de los resultados, también se han incluido algunas tablas dentro de este capítulo, así como otras tablas fueron colocadas en el apéndice G.

11.2. Cortes

Los cortes que se aplicaron a estos decaimientos son los siguientes:

- $L/\sigma > 8$
- $pvtx < 12$
- $\chi_{sec}^2 < 5$
- $\sigma < 0.17 \text{ cm}$
- Se eliminaron vértices secundarios en material.
- $Scut(2) > 2$
- $\mathcal{L}(p) > \mathcal{L}(K)$

11.2.1. El método de sustracción del ruido

Se utilizó el mismo método para sustraer el ruido de la señal (véase sección 3.6), sólo que se cambian los rangos de la señal y el ruido. Estos son:

- Señal + ruido (2.26:2.31) GeV/c^2

- Banda ruido1 (2.185:2.235) GeV/c^2
- Banda ruido2 (2.335:2.385) GeV/c^2

11.3. Resultados

Distribuciones de masa invariante para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para los diferentes haces

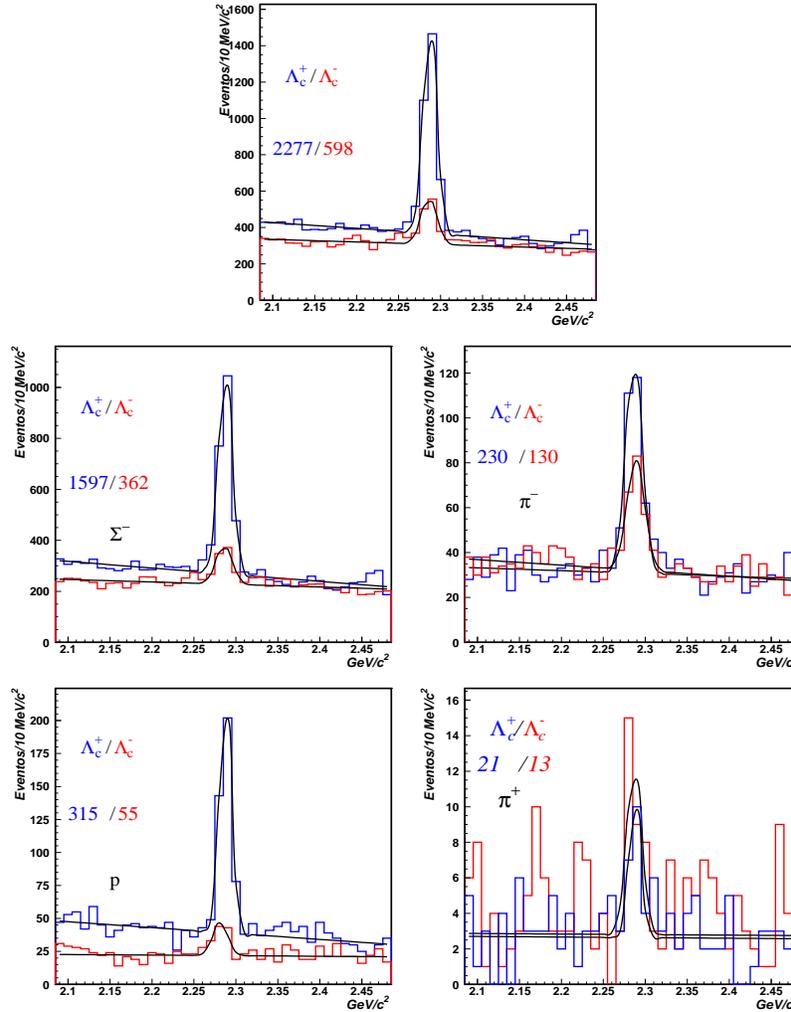


Figura 11.1: Distribuciones de la masa invariante de los candidatos a Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$, se les hizo un ajuste a la función 3.5, la primera figura corresponde a todos los haces, y las restantes corresponden a los haces por separado Σ^- , π^- , protones, y π^+ , respectivamente. Los histogramas en azul corresponden a Λ_c^+ y los rojos a $\overline{\Lambda}_c^-$.

Distribuciones en x_F para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para los diferentes haces

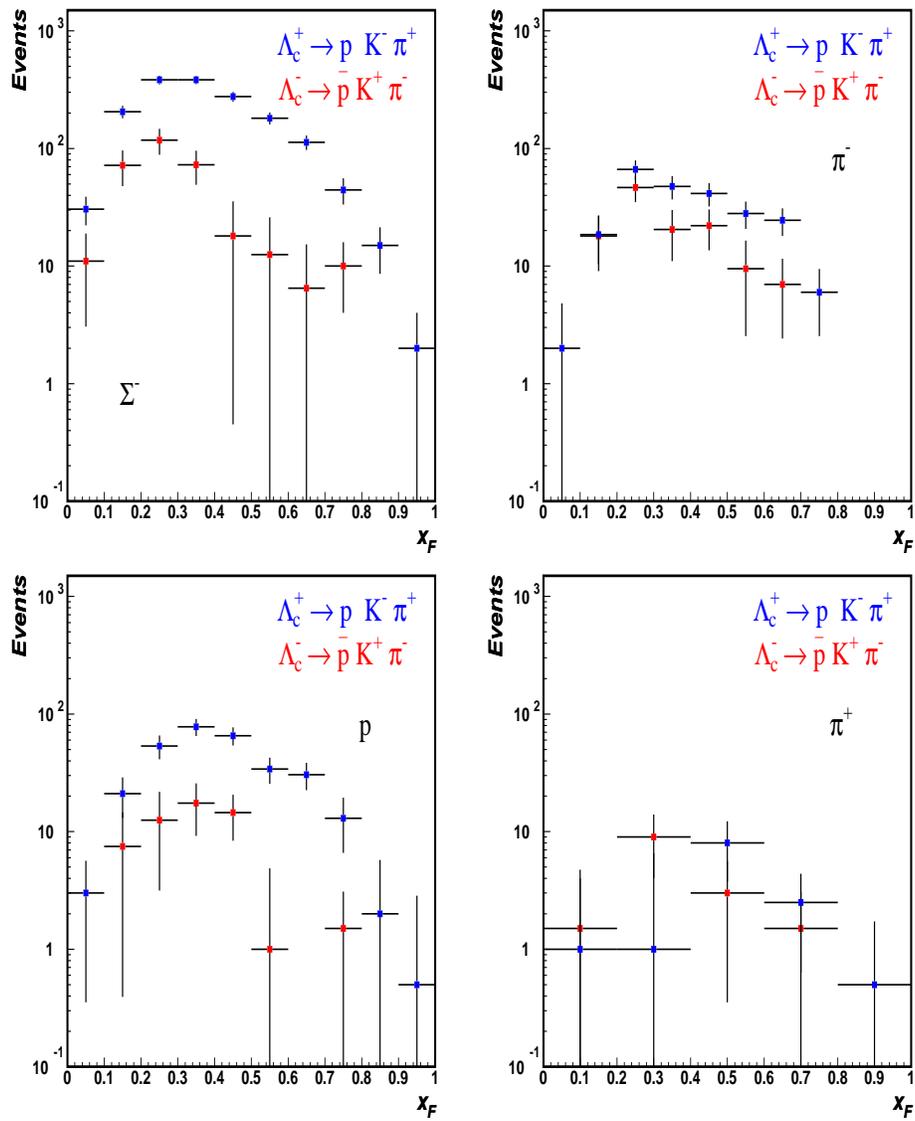


Figura 11.2: Distribuciones en x_F de los candidatos a Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ producidas por los haces de Σ^- y π^- en la parte superior, protones y π^+ en la parte inferior. Los histogramas en azul corresponden a Λ_c^+ y los rojos a $\overline{\Lambda}_c^-$.

La aceptancia para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$

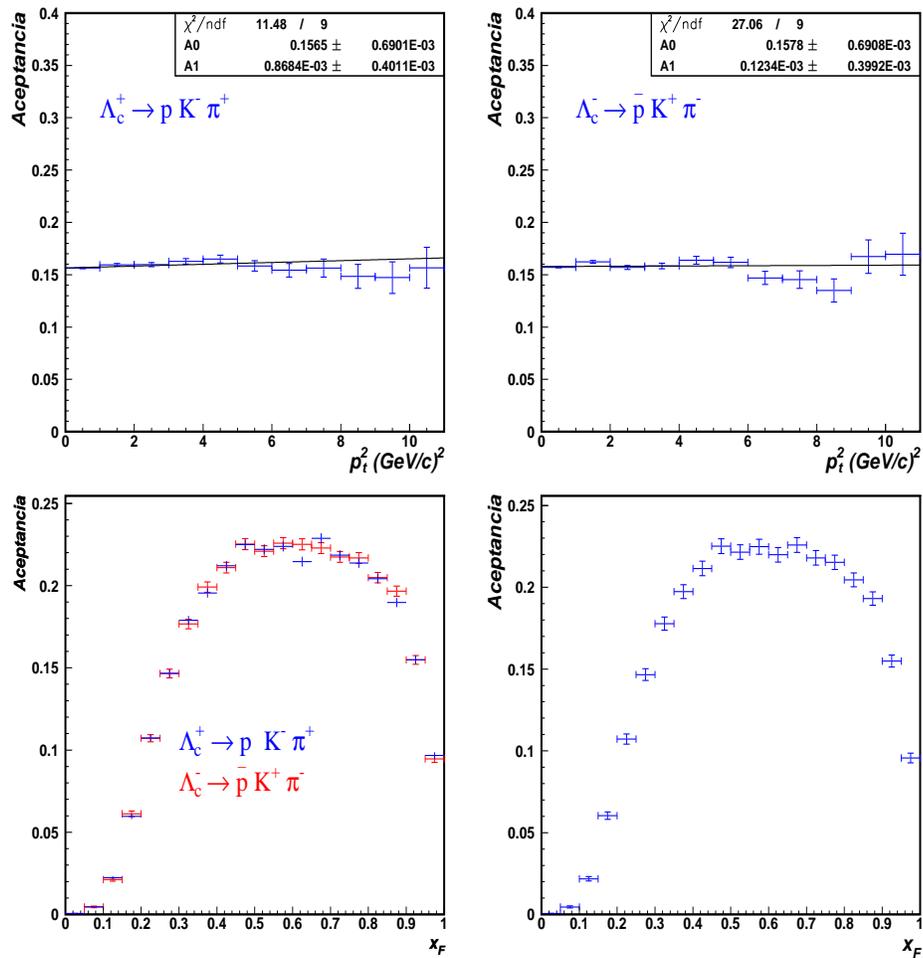


Figura 11.3: Aceptancia para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ en función p_t^2 (parte superior) y x_F (parte inferior). La aceptancia de D^\pm en función de p_t^2 es constante, lo cual es importante ya que al corregir las distribuciones en p_t^2 sólo serán afectadas por un factor constante. Para la aceptancia de Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ en función de x_F hay una cierta dependencia, pero al ver partícula y antipartícula se observa que son casi iguales, la diferencia entre las aceptancias es de 1.0 %, así que de esta manera se hizo un promedio de las aceptancias y este promedio se utilizó para corregir las distribuciones en x_F .

Eventos corregidos por aceptancia para Λ_c^+ y Λ_c^- para los diferentes haces

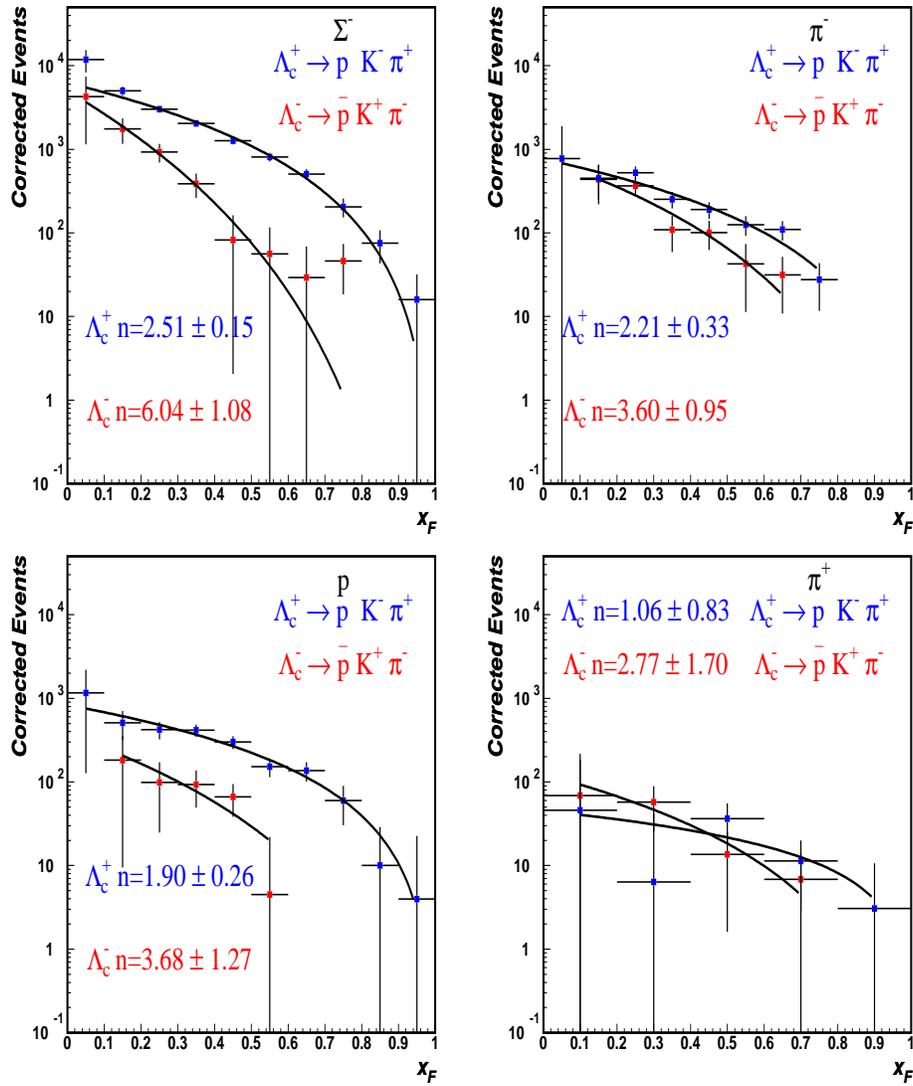


Figura 11.4: Distribuciones corregidas para Λ_c^+ y Λ_c^- en función de x_F producidas por los haces de Σ^- y π^- en la parte superior, protones y π^+ en la parte inferior, a las distribuciones corregidas se les aplicó un ajuste a la función $(1 - x_F)^n$.

Tabla 11.1: Resultados de los ajustes para los bariones Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.

Barión	Haz	n (Todos los blancos)	Rango en x_F
$\overline{\Lambda}_c^- \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$\pi^- \bar{u}d$	3.60 ± 0.95	0.1-0.7
$\Lambda_c^+ cud$	$\pi^- \bar{u}d$	2.21 ± 0.33	0.0-0.8
$\overline{\Lambda}_c^- \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$\pi^+ u\bar{d}$	2.77 ± 1.70	0.0-0.8
$\Lambda_c^+ cud$	$\pi^+ u\bar{d}$	1.06 ± 0.83	0.0-1.0
$\overline{\Lambda}_c^- \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$p \ uud$	3.68 ± 1.27	0.1-0.6
$\Lambda_c^+ cud$	$p \ uud$	1.90 ± 0.26	0.0-1.0
$\overline{\Lambda}_c^- \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$\Sigma^- \ dds$	6.04 ± 1.08	0.0-0.8
$\Lambda_c^+ cud$	$\Sigma^- \ dds$	2.51 ± 0.15	0.0-1.0

Asimetría de producción de $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ para los diferentes haces

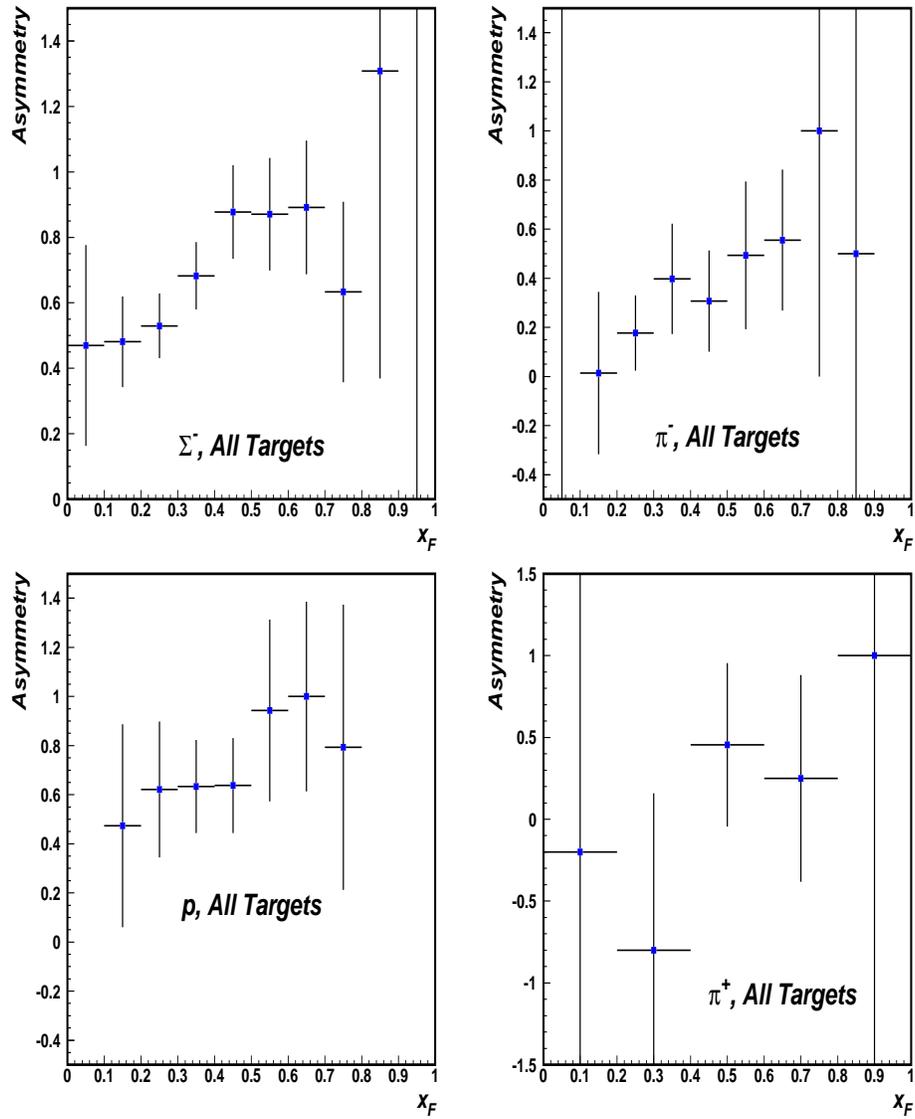


Figura 11.5: Asimetría de producción de $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ en función de x_F para Σ^- y π^- en la parte superior, protones y π^+ en la parte inferior. Estas figuras corresponden a todos los blancos.

La aceptación de Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para los diferentes blancos

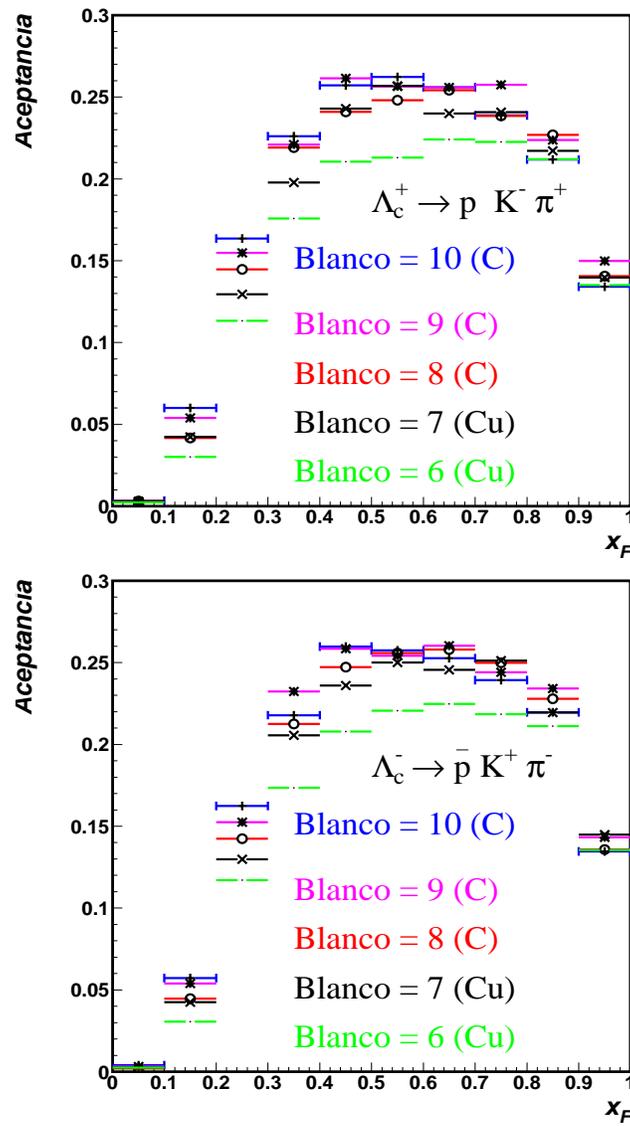


Figura 11.6: Aceptancia de Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ en función de x_F para los 5 blancos diferentes. La forma de la aceptación es la misma, pero para cada blanco es diferente.

Eventos corregidos por aceptancia para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para los diferentes blancos y el haz de Σ^-

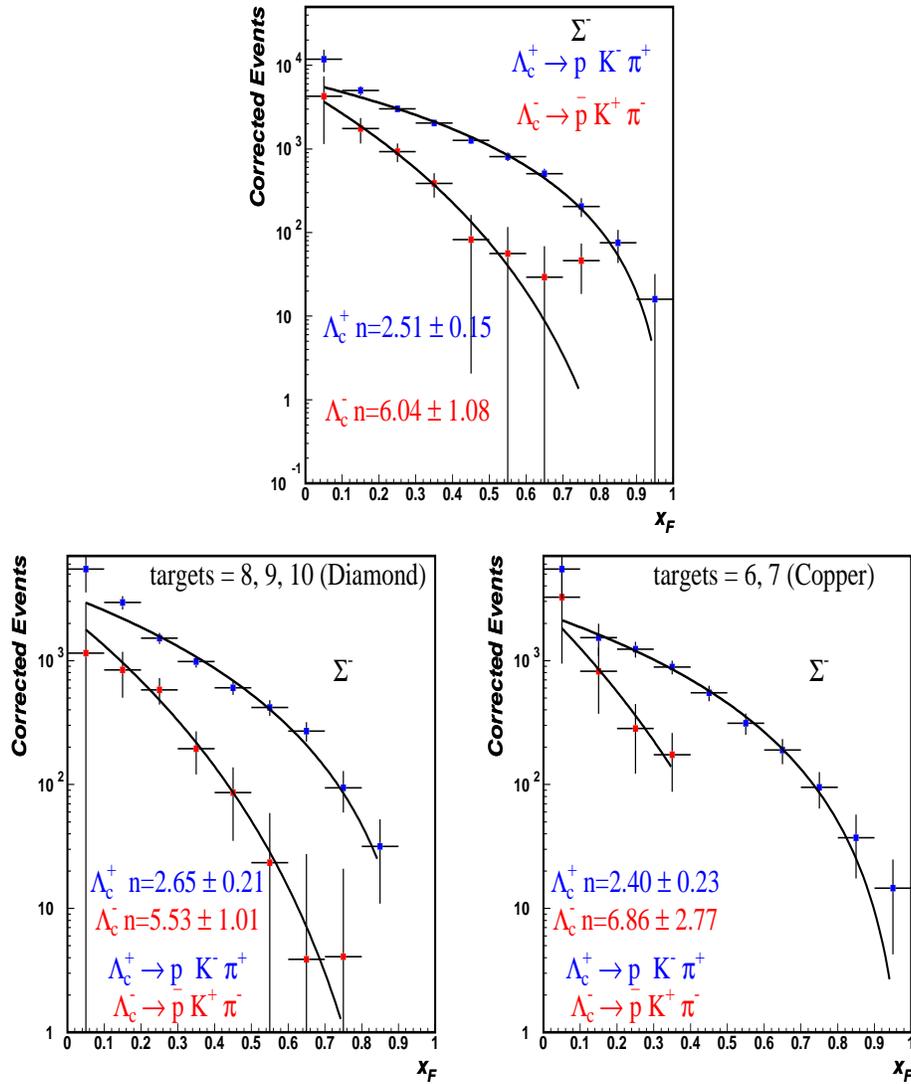


Figura 11.7: Distribuciones de los eventos corregidos de Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para el haz de Σ^- , en la parte superior se tiene la distribución para todos los blancos, en la parte inferior se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante (izquierda) y cobre (derecha). También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Eventos corregidos por aceptancia para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda_c^-}$ para los diferentes blancos y el haz de π^-

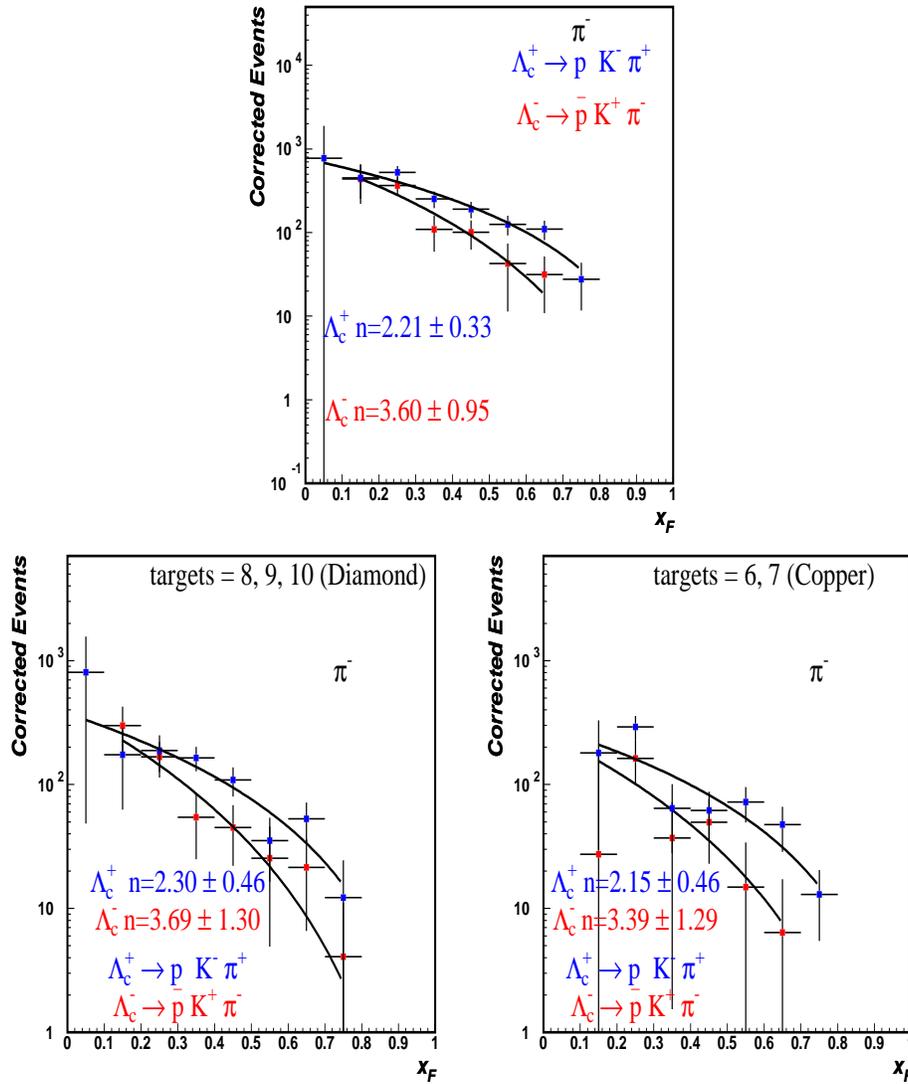


Figura 11.8: Distribuciones de los eventos corregidos de Λ_c^+ y $\overline{\Lambda_c^-}$ para el haz de π^- , en la parte superior se tiene la distribución para todos los blancos, en la parte inferior se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante (izquierda) y cobre (derecha). También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Eventos corregidos por aceptancia para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para los diferentes blancos y el haz de protones

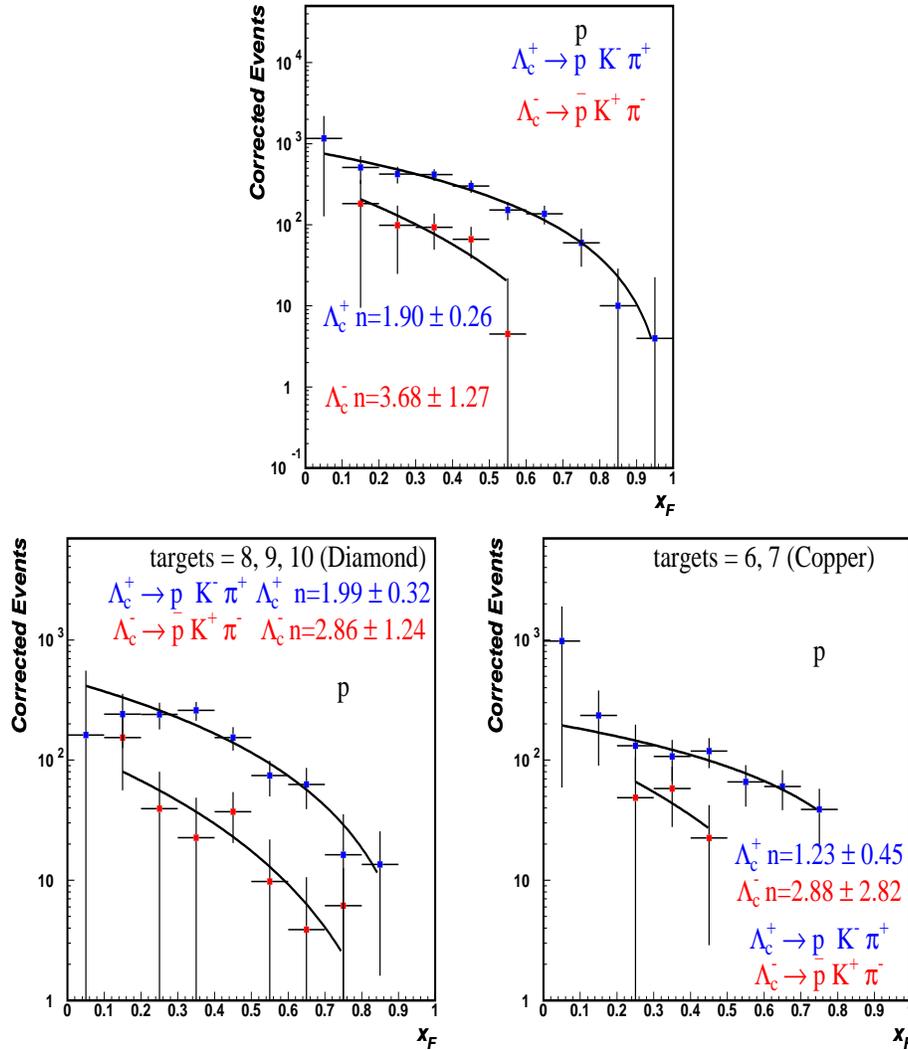


Figura 11.9: Distribuciones de los eventos corregidos de Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para el haz de protones, en la parte superior se tiene la distribución para todos los blancos, en la parte inferior se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante (izquierda) y cobre (derecha). También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$.

Resumen de los resultados de los ajustes a la función $(1-x_F)^n$ para haces y blancos

Tabla 11.2: Resultados de los ajustes para los bariones Λ_c^+ y $\overline{\Lambda_c^-}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a todos los blancos.

Barión	Haz	n (Todos los blancos)	Rango en x_F
$\Lambda_c^+ cud$	$\pi^- \bar{u}d$	2.21 ± 0.33	0.0-0.8
$\overline{\Lambda_c^-} \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$\pi^- \bar{u}d$	3.60 ± 0.95	0.1-0.7
$\Lambda_c^+ cud$	$\pi^+ u\bar{d}$	1.06 ± 0.83	0.0-1.0
$\overline{\Lambda_c^-} \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$\pi^+ u\bar{d}$	2.77 ± 1.70	0.0-0.8
$\Lambda_c^+ cud$	$p uud$	1.90 ± 0.26	0.0-1.0
$\overline{\Lambda_c^-} \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$p uud$	3.68 ± 1.27	0.1-0.6
$\Lambda_c^+ cud$	$\Sigma^- dds$	2.51 ± 0.15	0.0-1.0
$\overline{\Lambda_c^-} \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$\Sigma^- dds$	6.04 ± 1.08	0.0-0.9

Tabla 11.3: Resultados de los ajustes para los bariones Λ_c^+ y $\overline{\Lambda_c^-}$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de diamante.

Barión	Haz	n (Blancos de diamante)	Rango en x_F
$\Lambda_c^+ cud$	$\pi^- \bar{u}d$	2.30 ± 0.46	0.0-0.8
$\overline{\Lambda_c^-} \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$\pi^- \bar{u}d$	3.69 ± 1.30	0.1-0.8
$\Lambda_c^+ cud$	$\pi^+ u\bar{d}$		
$\overline{\Lambda_c^-} \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$\pi^+ u\bar{d}$		
$\Lambda_c^+ cud$	$p uud$	1.99 ± 0.32	0.0-0.9
$\overline{\Lambda_c^-} \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$p uud$	2.86 ± 1.24	0.1-0.8
$\Lambda_c^+ cud$	$\Sigma^- dds$	2.65 ± 0.21	0.0-0.9
$\overline{\Lambda_c^-} \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$\Sigma^- dds$	5.53 ± 1.01	0.0-0.8

Tabla 11.4: Resultados de los ajustes para los bariones Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ a la función $(1-x_F)^n$. Esta tabla corresponde a los blancos de cobre.

Barión	Haz	n (Blancos de cobre)	Rango en x_F
$\frac{\Lambda_c^+}{\Lambda_c^-} cud$	$\pi^- \bar{u}d$	2.15 ± 0.46	0.1-0.8
$\frac{\Lambda_c^-}{\Lambda_c^+} \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$\pi^- \bar{u}d$	3.39 ± 1.29	0.1-0.7
$\frac{\Lambda_c^+}{\Lambda_c^-} cud$	$\pi^+ u\bar{d}$		
$\frac{\Lambda_c^-}{\Lambda_c^+} \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$\pi^+ u\bar{d}$		
$\frac{\Lambda_c^+}{\Lambda_c^-} cud$	$p uud$	1.23 ± 0.45	0.0-0.8
$\frac{\Lambda_c^-}{\Lambda_c^+} \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$p uud$	2.88 ± 2.82	0.2-0.5
$\frac{\Lambda_c^+}{\Lambda_c^-} cud$	$\Sigma^- dds$	2.40 ± 0.23	0.0-1.0
$\frac{\Lambda_c^-}{\Lambda_c^+} \bar{c}\bar{u}\bar{d}$	$\Sigma^- dds$	6.86 ± 2.77	0.0-0.4

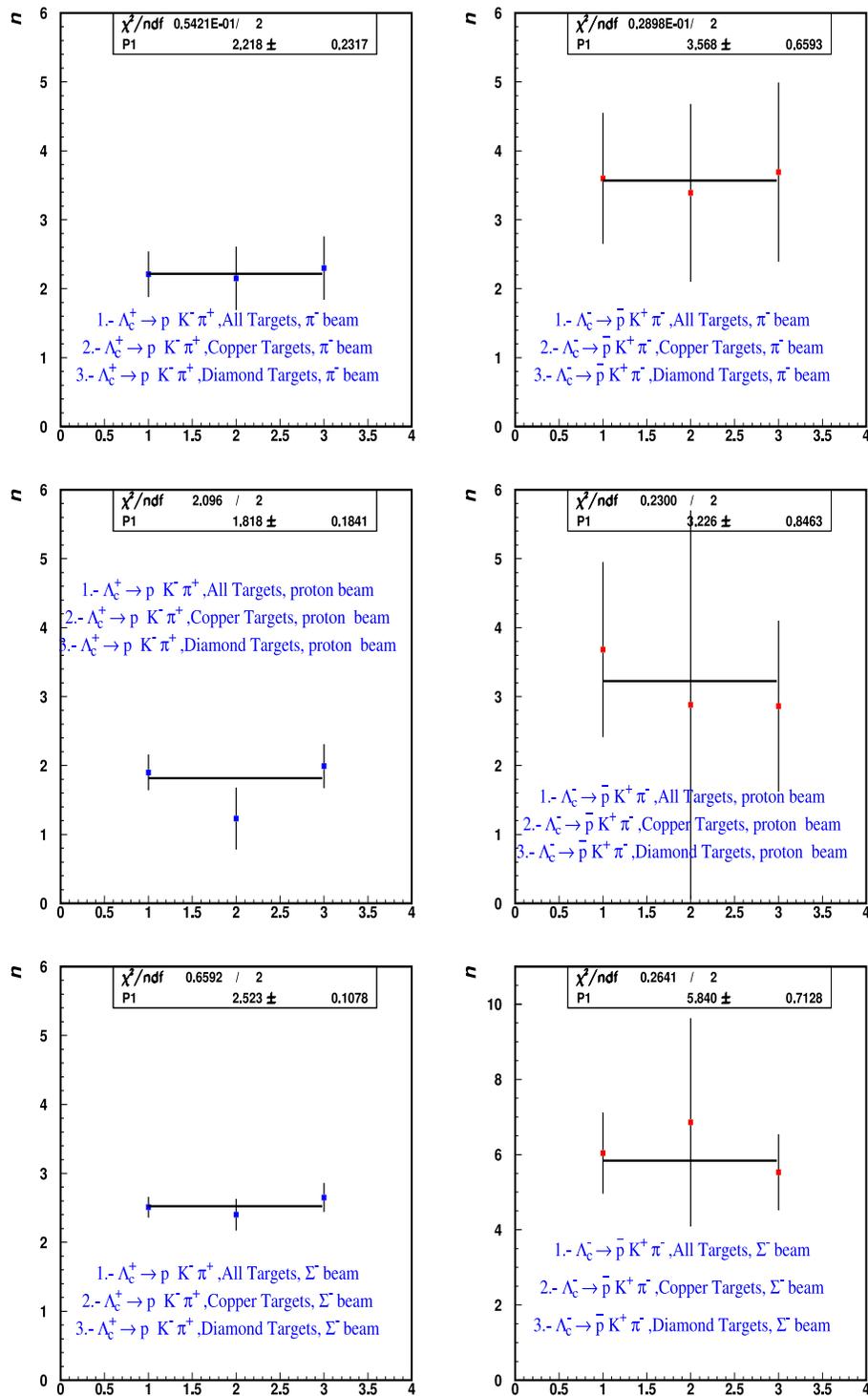


Figura 11.10: Resultados de los ajustes para los bariones Λ_c^+ y Λ_c^- a la función $(1-x_F)^n$ para los haces de π^- (parte superior), protones (parte central) y Σ^- (parte inferior). A estos resultados se les aplicó un ajuste a una constante.

Comparación de asimetría de $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ con el experimento WA89 para el haz de Σ^-

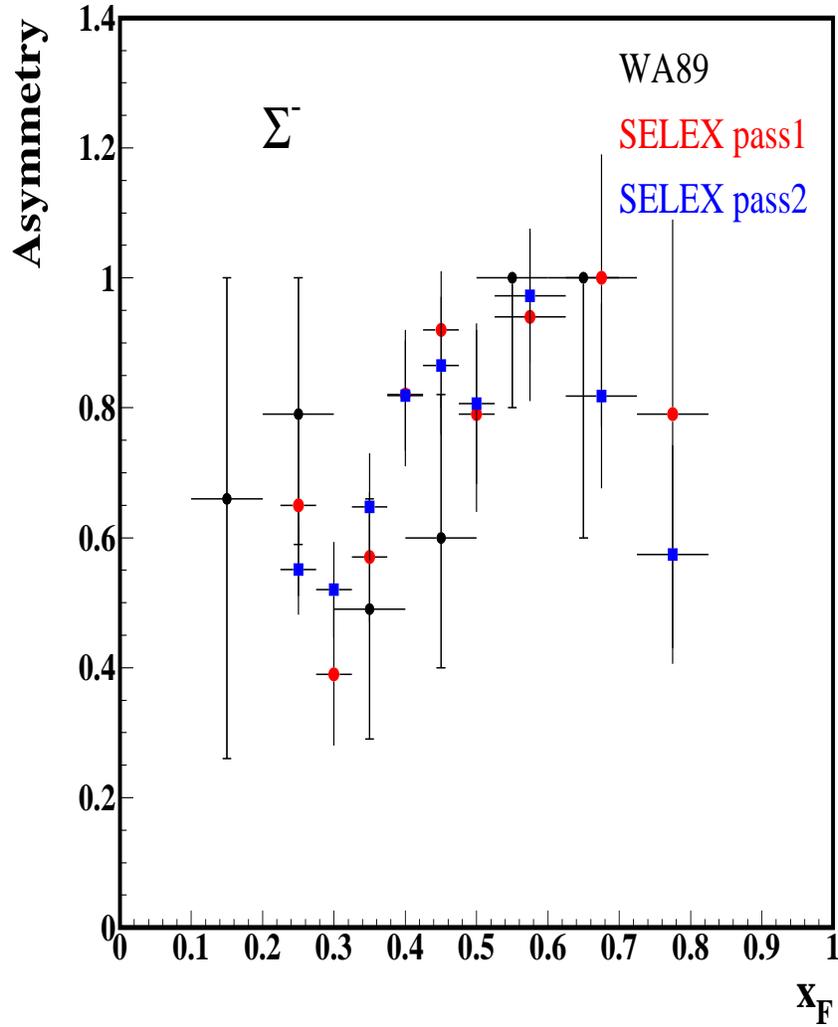


Figura 11.11: Asimetría de producción de $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ para el haz de Σ^- , en la figura se muestra la comparación con el experimento WA89, el histograma en negro es para WA89, el histograma en rojo es para SELEX (pass1) y el histograma en azul es para SELEX (pass2).

11.4. Discusión de los resultados

Distribuciones de masa invariante para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda_c^-}$ para los diferentes haces

En la figura 11.1 se muestran las distribuciones de masa invariante para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda_c^-}$, se les hizo un ajuste a la función 3.5, estas figuras corresponden a todos los candidatos a Λ_c^+ y $\overline{\Lambda_c^-}$ que se tienen en SELEX, la primera figura corresponde a todos los haces, y las restantes corresponden a los haces por separado Σ^- , π^- , protones, y π^+ , respectivamente. Como se puede ver se tiene más estadística para el haz de Σ^- , esto es debido a las corridas del experimento (véase sección 2.5). Los histogramas en azul corresponden a Λ_c^+ y los rojos a $\overline{\Lambda_c^-}$.

Distribuciones en x_F para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda_c^-}$ para los diferentes haces

En la figura 11.2 se muestran las distribuciones en x_F para los 4 haces del experimento SELEX. Se tomó un número de bins para cada haz dependiendo de la estadística disponible para cada decaimiento. Para los haces de Σ^- , π^- , y protones se realizó con 10 bins en x_F , mientras que para el haz de π^+ sólo 5 bins ya que la estadística para los haces de Σ^- , π^- , y protones es mayor que la de π^+ .

La aceptación para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda_c^-}$

En la figura 11.3 se muestra la aceptación en función de las variables cinemáticas x_F y p_t^2 . La ventaja de que la aceptación no dependa de p_t^2 , es que no se necesita corregir las distribuciones en 2 dimensiones, es decir, en las 2 variables cinemáticas simultáneamente, en estudios previos acerca del barión Λ^0 , este fue el caso [72, 89], la desventaja de corregir en 2 dimensiones es el tiempo de cómputo y encontrar una función que describa este comportamiento.

Eventos corregidos por aceptación para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda_c^-}$ para los diferentes haces

En la figura 11.4 se muestran las distribuciones corregidas para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda_c^-}$ para los 4 haces del experimento SELEX. A estas distribuciones se les hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$. Los resultados de los ajustes se muestran en la tabla de la misma sección.

Asimetría de producción de Λ_c^+ - $\overline{\Lambda_c^-}$ para los diferentes haces

En la figura 11.5 se muestra la asimetría para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda_c^-}$ para los 4 diferentes haces del experimento SELEX.

Para estas figuras se puede decir que se observa una fuerte asimetría en x_F para los haces de Σ^- y protones, en cambio para los haces de π^- y π^+ , la asimetría es pequeña en x_F .

La aceptación de Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para los diferentes blancos

En la figura 11.6 se muestran las aceptancias para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para los 5 blancos. Como se puede apreciar la forma de la aceptación es la misma, pero para cada blanco es diferente. La aceptación para el blanco número 6 (el primer blanco de cobre) es mayor que los otros 4 blancos a grandes x_F . El tiempo de vida del mesón Λ_c^+ es de 200×10^{-15} s y el valor de $c\tau = 59.9 \mu m$. Considerando un barión Λ_c^+ con un momento típico de 100 GeV/c en el caso de SELEX, esta partícula recorre aproximadamente una distancia $L = \gamma c\tau = 100 \times 59.9 \mu m = 0.59$ cm, antes de decaer en $pK^-\pi^+$. En la sección 2.2.2 se mostraron las propiedades de los blancos, en especial la posición en z , dado que la posición en z del primer blanco (número 6) es de -6.12 cm, y el último blanco (número 10) es de -0.1 cm, la separación entre cada blanco es aproximadamente de 1.5 cm.

Eventos corregidos por aceptación para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para los diferentes blancos y el haz de Σ^-

En la figura 11.7 se muestran las distribuciones de los eventos corregidos para el haz de Σ^- , aquí se comparan las distribuciones de la siguiente manera: primero se tiene la distribución para todos los blancos, después se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante y cobre. También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$. Más adelante se hará una discusión más amplia de estos resultados, véase subsección 11.4.

Eventos corregidos por aceptación para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para los diferentes blancos y el haz de π^-

En la figura 11.8 se muestran las distribuciones de los eventos corregidos para el haz de π^- , aquí se comparan las distribuciones de la siguiente manera: primero se tiene la distribución para todos los blancos, después se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante y cobre. También se hizo un ajuste a la función $(1-x_F)^n$. Más adelante se hará una discusión más amplia de estos resultados, véase subsección 11.4.

Eventos corregidos por aceptación para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para los diferentes blancos y el haz de protones

En la figura 11.9 se muestran las distribuciones de los eventos corregidos para el haz de protones, aquí se comparan las distribuciones de la siguiente manera: primero se tiene la distribución para todos los blancos, después se separaron en los 2 tipos de blancos, diamante y cobre. También se hizo un

ajuste a la función $(1-x_F)^n$. Más adelante se hará una discusión más amplia de estos resultados, véase subsección 11.4.

Resumen de los resultados de los ajustes a la función $(1-x_F)^n$ para haces y blancos

En las figuras 11.7, 11.8 y 11.9 se muestran las distribuciones para los eventos corregidos para los diferentes haces y blancos. En las tablas 11.2, 11.3 y 11.4 se muestran los resultados obtenidos de los ajustes para los bariones Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por los diferentes haces y blancos. En la figura 11.10 se muestran los resultados de los ajustes obtenidos para el haz de π^- y los diferentes blancos (parte superior), para el haz de protones y los diferentes blancos (parte central) y para el haz de Σ^- y los diferentes blancos (parte inferior).

Comparación de asimetría de $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ con el experimento WA89 para el haz de Σ^-

En la figura 11.11 se muestran las distribuciones para la asimetría de $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ para el haz de Σ^- . Se hace una comparación con el experimento WA89 [90], este utilizó un haz de Σ^- a 340 GeV/c y 4 blancos (1 de cobre y 3 de diamante), en cambio SELEX tiene un haz de Σ^- a 600 GeV/c y 5 blancos (2 de cobre y 3 de diamante). SELEX tiene más estadística que WA89. El histograma en negro corresponde a WA89, el histograma en rojo a SELEX para los datos de pass1 [69] y el histograma en azul corresponde a este trabajo SELEX usando los datos de pass2. Se puede apreciar que el comportamiento es similar. Los errores para la distribución de SELEX son sólo estadísticos.

11.5. Conclusiones

En este capítulo se presentaron los resultados de la hadroproducción de los bariones Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$, así como una discusión de cada uno de los resultados mostrados a lo largo de este capítulo. En las conclusiones se presentan las de mayor importancia.

- Se midió el parámetro n de la ecuación 1.7 para estos bariones con los diferentes haces y blancos del experimento SELEX.
- Se realizó la comparación de asimetría de $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ para el haz de Σ^- , con el experimento WA89 y con un trabajo previo de SELEX usando datos de pass1.

Capítulo 12

Dependencia nuclear de la producción de charm

12.1. Introducción

Analizando datos del experimento SELEX estudiamos la hadroproducción de charm como función del material del blanco para diferentes haces de partículas. El estudio se realizó utilizando los siguientes decaimientos: $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$, $\overline{D}^0 \rightarrow K^+ \pi^-$, $D^0 \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-$, $\overline{D}^0 \rightarrow K^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$, $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$, $D^- \rightarrow K^+ \pi^- \pi^-$, $D^{*+} \rightarrow D^0(K^- \pi^+) \pi^+$, $D^{*-} \rightarrow \overline{D}^0(K^+ \pi^-) \pi^-$, $D^{*+} \rightarrow D^0(K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-) \pi^+$, $D^{*-} \rightarrow \overline{D}^0(K^+ \pi^- \pi^+ \pi^-) \pi^-$, $D_s^+ \rightarrow K^- K^+ \pi^+$, $D_s^- \rightarrow K^+ K^- \pi^-$, $\Lambda_c^+ \rightarrow p K^- \pi^+$, y $\overline{\Lambda}_c^- \rightarrow \bar{p} K^+ \pi^-$.

En este análisis sólo se utilizó el blanco número 7, debido a que alguna fracción de los eventos al interactuar con el primer blanco de cobre (blanco número 6) se perdieron en el trigger, esto debido al contador de interacción S4 debido al back-splash de la interacción. Para corregir este factor, se encontró que si se tomaban en cuenta los eventos del primer blanco, se incrementaría el error final, por lo tanto se decidió ignorar por completo las interacciones del primer blanco de cobre.

Por otro lado, se utilizaron los 3 blancos de diamante. También a que en SELEX, no sabemos de manera cierta como evaluar nuestra eficiencia para momentos pequeños, se decidió sólo corregir nuestros datos a partir de $x_F > 0.1$.

También se aplicaron los mismos cortes en todos los decaimientos.

12.2. Dependencia nuclear

La dependencia nuclear de la sección eficaz es parametrizada de la siguiente forma: $\sigma(A) = \sigma_0 A^\alpha$. La dependencia nuclear es la razón de la sección eficaz por nucleón para ambos blancos (cobre y diamante). El estudio fue realizado para los 4 haces del experimento SELEX (Σ^- , π^- , protones, y π^+).

Como se mostró en el capítulo 3, el parámetro α está definido:

$$\alpha = \frac{\ln\left(\frac{N_{Cu}}{N_C}\right)}{\ln\left(\frac{A_{Cu}}{A_C}\right)} + \frac{\ln\left(\left(\frac{\rho_C}{\rho_{Cu}}\right)\left(\frac{L_C}{L_{Cu}}\right)\left(\frac{A_{Cu}}{A_C}\right)\right)}{\ln\left(\frac{A_{Cu}}{A_C}\right)} \quad (12.1)$$

donde, N_{Cu} y N_C son los eventos corregidos, ρ_{Cu} y ρ_C son la densidades, L_{Cu} y L_C son los anchos de los blancos, A_{Cu} y A_C son las masas atómicas para cobre y diamante, respectivamente. Para mas detalles ver tabla 2.1.

En la figura 12.1 se muestran los eventos corregidos (izquierda) y el parámetro α (derecha), para el mesón charm D^- producidos inclusivamente por el haz de Σ^- , sólo como ejemplo.

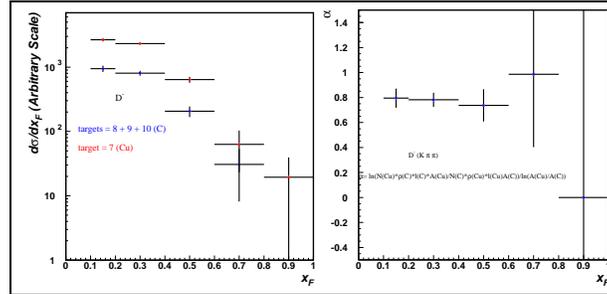


Figura 12.1: Eventos corregidos y parámetro α para el mesón D^- para el haz de Σ^- .

El análisis del parámetro α fue realizado en 4 bins de x_F : (0.1-0.2, 0.2-0.4, 0.4-0.6 y 0.6-1.0).

12.2.1. Ideogramas

Se utilizaron los ideogramas para ver si los datos son estadísticamente compatibles, o para ver si existe alguna dependencia. Para promediar los datos, se utilizó el método estándar de mínimos cuadrados, y en algunos casos, incrementamos los errores con un “factor de escala”. Este método es utilizado en el PDG [37]. Calculamos el promedio y el error de la siguiente forma:

$$\bar{x} \pm \delta\bar{x} = \frac{\sum_i w_i x_i}{\sum_i w_i} \pm \left(\sum_i w_i\right)^{-1/2} \quad (12.2)$$

donde, $w_i = 1/(\delta x_i)^2$, x_i y δx_i son el valor y el error, respectivamente, y las sumas para diferentes mediciones (N). Calculamos $\chi^2 = \sum w_i (\bar{x} - x_i)^2$ y comparamos con N-1, el cual es el valor de expectación del χ^2 , si las mediciones son de una distribución de Gauss.

Si $\chi^2/(N-1)$ es menor o igual a 1, los resultados son buenos. Si $\chi^2/(N-1)$ es mayor a 1, pero no muy grande, todavía se promedian los datos y se incrementa el error δx_i en la ecuación 12.2, por un factor de escala S definido de la siguiente forma:

$$S = \sqrt{\frac{\chi^2}{N-1}} \quad (12.3)$$

En este método, es importante mencionar que el procedimiento de escalar los errores no afecta de ninguna manera los valores centrales.

En la figura 12.2 se muestran 2 ejemplos de ideogramas. En estos ideogramas se muestra el promedio (denotado por una estrella negra), las mediciones en diferentes colores y su respectivo símbolo de representación, mientras el ancho muestra el error (área sombreada) después del procedimiento del factor de escala S (cuando el $\chi^2/(N-1)$ es más grande que 1.0). Además se muestra la contribución del χ^2 de cada medición y el nivel de confianza. Cada medición en un ideograma es representado por una Gaussiana con un valor central x_i , y un error δx_i , y una área proporcional a $1/\delta x_i$. Para una discusión más detallada del método del uso de ideogramas ver [37].

En la figura 12.2 (izquierda) se muestra un ideograma del parámetro α para $\overline{D^0}$ medido en 4 bins de x_F , este corresponde cuando el $\chi^2/(N-1)$ es menor a 1.0. En la parte derecha se muestra un ideograma del parámetro α para D^0 medido en 4 bins de x_F , este corresponde cuando el $\chi^2/(N-1)$ es mayor a 1.0, en este caso el error es multiplicado por el factor de escala S .

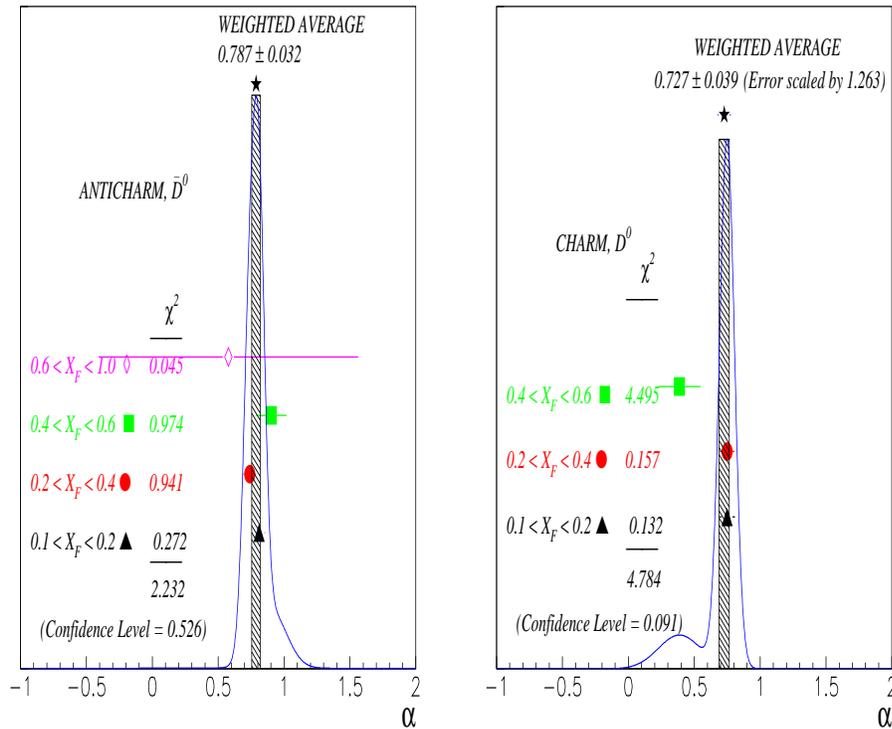


Figura 12.2: Ejemplos de ideogramas del parámetro α para $\overline{D^0}$ (izquierda) y D^0 (derecha) medidos en 4 bins de x_F para los 4 haces del experimento SELEX, estos ideogramas serán mostrados en la figura 12.3 y más detalles en la tabla H.3.

12.2.2. Cortes

Se utilizaron los siguientes cortes para todos los modos:

- $L/\sigma > 8$
- $p_{\text{vtx}} < 12$
- $\sigma < 0.17 \text{ cm}$
- $\text{mom } \pi > 8 \text{ GeV}/c$
- $\text{Scut}(2) > \sqrt{6}$
- $\chi_{\text{pri}}^2 < 5$
- $\chi_{\text{sec}}^2 < 5$
- Método de Sustracción del ruido, para más detalles (véase la sección 3.6). Este depende de cada modo.

Adicionalmente, en el caso del mesón $D_s^\pm \rightarrow K^\pm K \mp \pi^\pm$ para los kaones, que la hipótesis del kaon fuera más probable que la de pión. También en el caso del mesón $D^* \rightarrow D^0 \pi$, se aplicó el corte de que la masa reconstruida del mesón D^0 estuviera dentro del rango de $\pm 36 \text{ MeV}/c^2$ (aproximadamente 3 veces la resolución) de la masa nominal, y adicionalmente un pión del vértice primario.

12.3. Promedios para el parámetro α

El análisis del parámetro α fue realizado para diferentes tipos de promedio, estos son:

- Charm

Estos estados son aquellos, en los cuales el mesón o barión producido contengan un quark charm.
- Anti-charm

Estos estados son aquellos, en los cuales el mesón o barión producido contengan un anti-quark charm.
- Leading

Estos se definen como aquellos estados en el cual el hadrón producido comparte al menos un quark de valencia con el haz.
- Non-leading

Estos se definen como aquellos estados en el cual el hadrón producido no comparte ningún quark de valencia con el haz.

12.4. Mesones charm D^0 y $\overline{D^0}$ en $K\pi$

Se presentan los resultados para los decaimientos $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$, y $\overline{D^0} \rightarrow K^+ \pi^-$.

El estudio del parámetro α fue realizado para los estados charm, anti-charm, leading y non-leading.

Dependencia nuclear para D^0 y $\overline{D^0}$

En la figura 12.3 (izquierda) se muestra el parámetro α para D^0 y $\overline{D^0}$ para Σ^- , π^- , protones, y π^+ . Se movieron un poco los puntos, de esta forma, se pueden ver las barras de error, solamente como ilustración. El punto representado con la estrella en color negro es el resultado de la suma de todos los puntos considerando de manera correcta el error. Los detalles del parámetro α se muestran en las tablas H.1-H.4.

En la figura 12.3 (derecha) se muestran los ideogramas del parámetro α para D^0 y $\overline{D^0}$ para los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ .

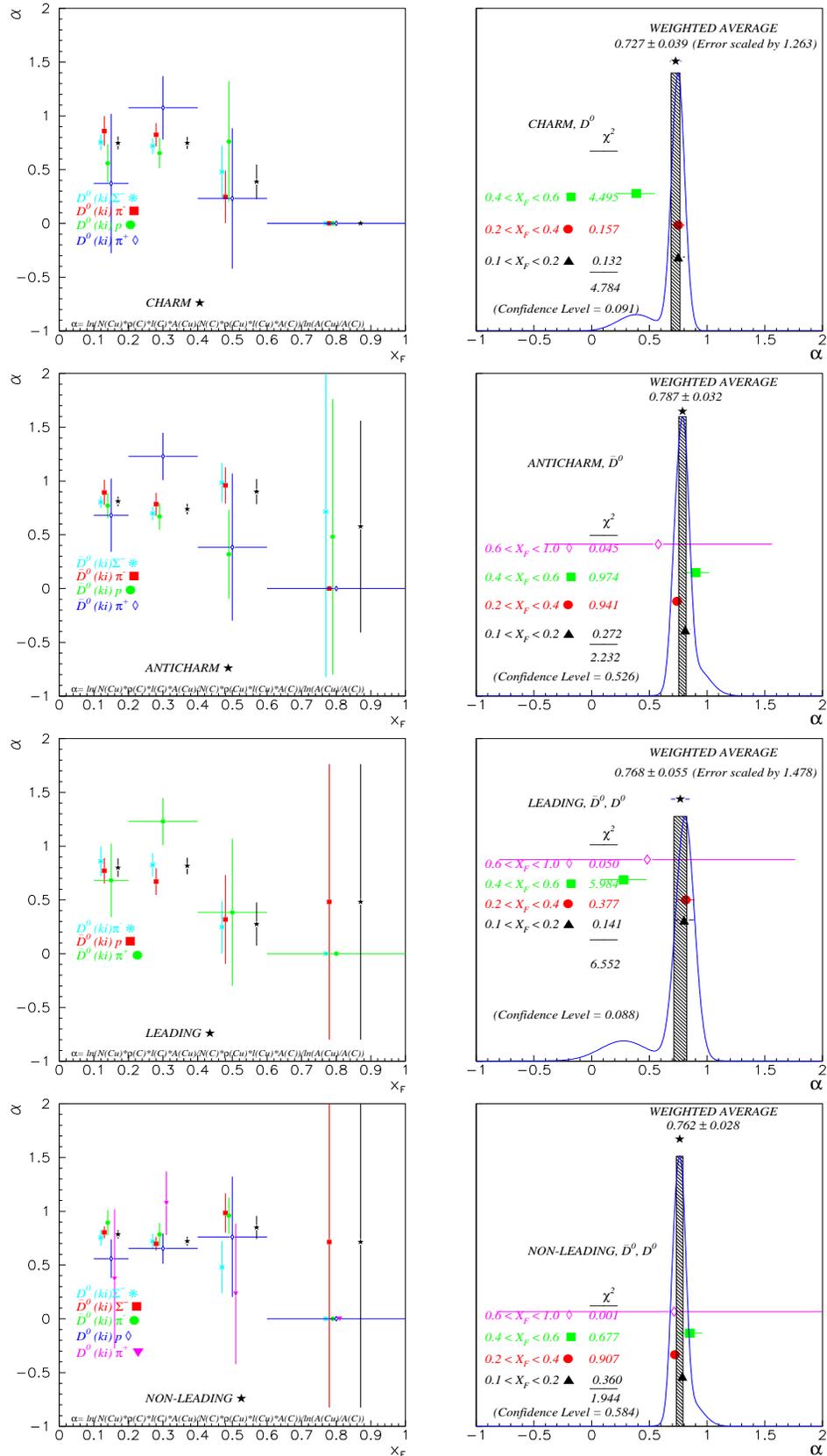


Figura 12.3: Parámetro α para D^0 y \bar{D}^0 en función de x_F para los diferentes estados charm, anti-charm, leading, y non-leading (izquierda de arriba hacia abajo) para Σ^- , π^- , protones, y π^+ . Ideogramas para charm, anti-charm, leading, y non-leading para Σ^- , π^- , protones, y π^+ .

12.5. Mesones charm D^0 y $\overline{D^0}$ en $K\pi\pi\pi$

Se presentan los resultados para los decaimientos $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^+\pi^-$, y $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-\pi^+\pi^-$.

El estudio del parámetro α fue realizado para los estados charm, anti-charm, leading y non-leading.

Dependencia Nuclear para D^0 y $\overline{D^0}$

En la figura 12.4 (izquierda) se muestra el parámetro α para D^0 y $\overline{D^0}$ para Σ^- , π^- , protones, y π^+ . Se movieron un poco los puntos, de esta forma, se pueden ver las barras de error, solamente como ilustración. El punto representado con la estrella en color negro es el resultado de la suma de todos los puntos considerando de manera correcta el error. Los detalles del parámetro α se muestran en las tablas H.5-H.8.

En la figura 12.4 (derecha) se muestran los ideogramas del parámetro α para D^0 y $\overline{D^0}$ para los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ .

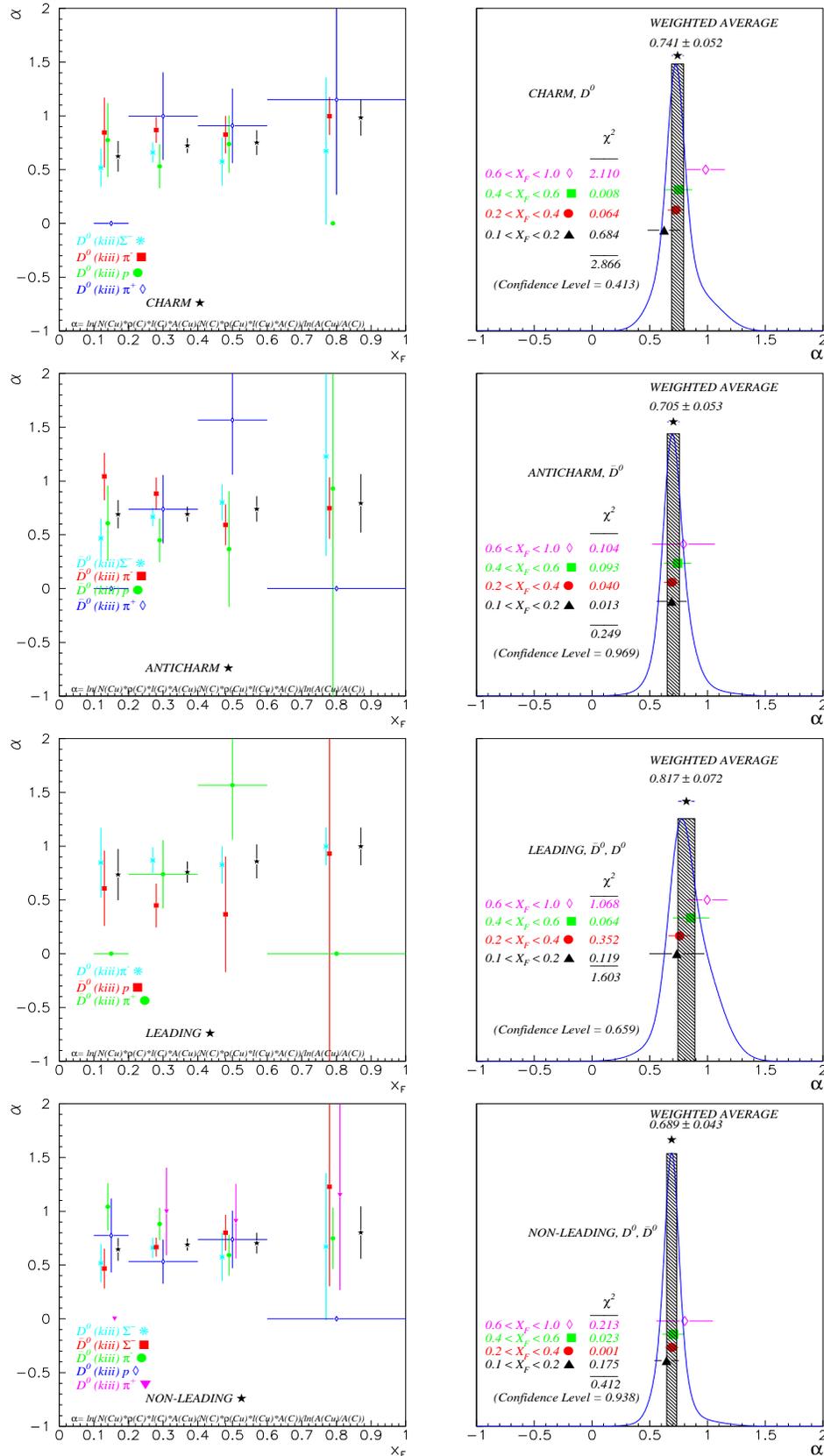


Figura 12.4: Parámetro α para D^0 y \bar{D}^0 en función de x_F para los diferentes estados charm, anti-charm, leading, y non-leading (izquierda de arriba hacia abajo) para Σ^- , π^- , protones, y π^+ . Ideogramas para charm, anti-charm, leading, y non-leading para Σ^- , π^- , protones, y π^+ .

12.6. Mesones charm D^+ y D^-

Se presentan los resultados para los decaimientos $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$, y $D^- \rightarrow K^+ \pi^- \pi^-$.

El estudio del parámetro α fue realizado para los estados charm, anti-charm, leading y non-leading.

Dependencia nuclear para D^+ y D^-

En la figura 12.5 (izquierda) se muestra el parámetro α para D^+ y D^- para Σ^- , π^- , protones, y π^+ . Se movieron un poco los puntos, de esta forma, se pueden ver las barras de error, solamente como ilustración. El punto representado con la estrella en color negro es el resultado de la suma de todos los puntos considerando de manera correcta el error. Los detalles del parámetro α se muestran en las tablas H.9-H.12.

En la figura 12.5 (derecha) se muestran los ideogramas del parámetro α para D^+ y D^- para los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ .

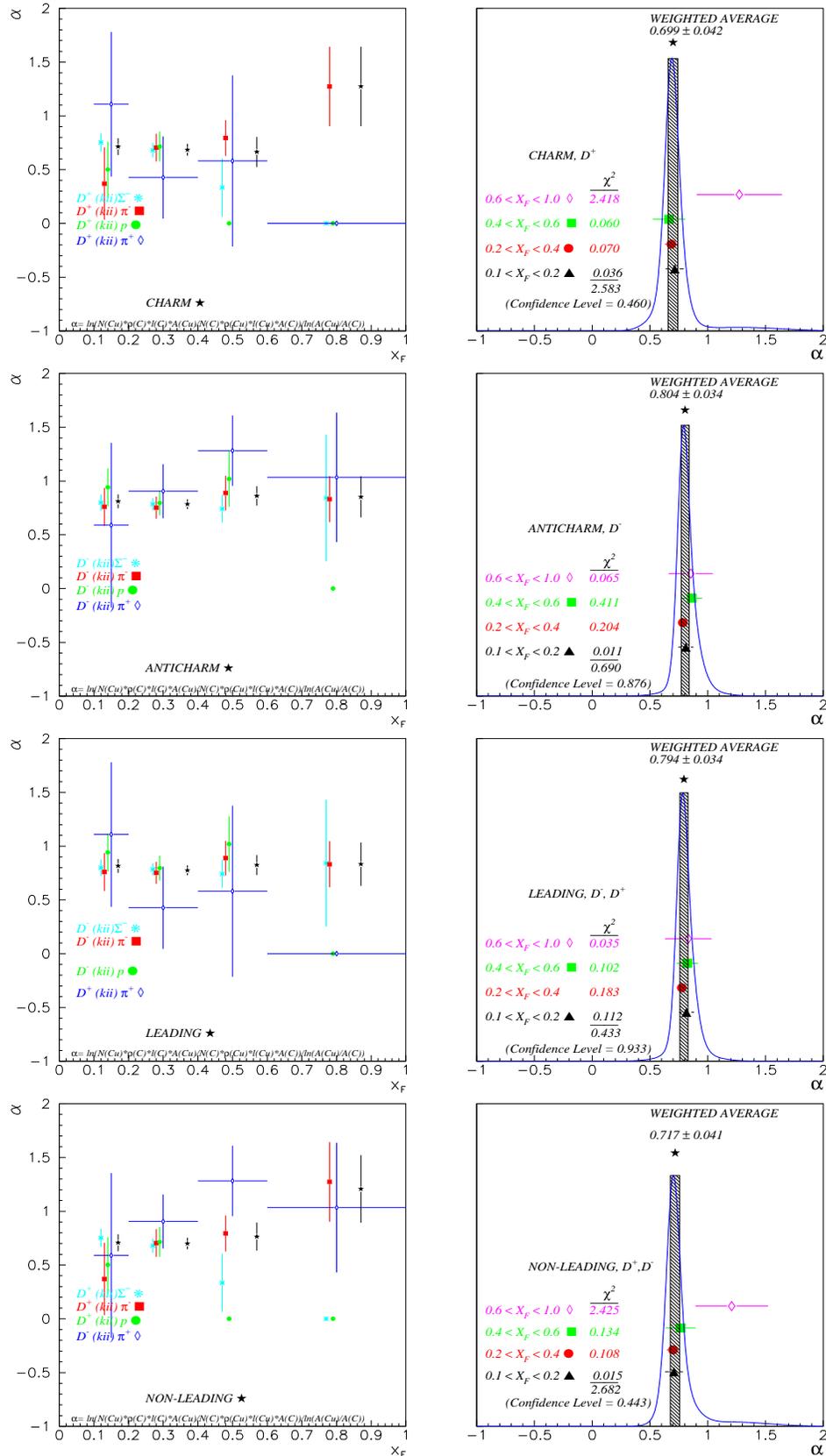


Figura 12.5: Parámetro α para D^+ y D^- en función de x_F para los diferentes estados charm, anti-charm, leading, y non-leading (izquierda de arriba hacia abajo) para Σ^- , π^- , protones, y π^+ . Ideogramas para charm, anti-charm, leading, y non-leading para Σ^- , π^- , protones, y π^+ .

12.7. Mesones charm $D^{*+} \rightarrow D^0(K^-\pi^+)\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K^+\pi^-)\pi^-$

Se presentan los resultados para los decaimientos $D^{*+} \rightarrow D^0(K^-\pi^+)\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K^+\pi^-)\pi^-$.

El estudio del parámetro α fue realizado para los estados charm, anti-charm, leading y non-leading.

Dependencia Nuclear para D^{*+} y D^{*-}

En la figura 12.6 (izquierda) se muestra el parámetro α para D^{*-} y D^{*+} para Σ^- , π^- , y protones. Se movieron un poco los puntos, de esta forma, se pueden ver las barras de error, solamente como ilustración. El punto representado con la estrella en color negro es el resultado de la suma de todos los puntos considerando de manera correcta el error. Los detalles del parámetro α se muestran en las tablas H.13-H.15.

En la figura 12.6 (derecha) se muestran los ideogramas del parámetro α para D^{*-} y D^{*+} para los haces Σ^- , π^- , y protones.

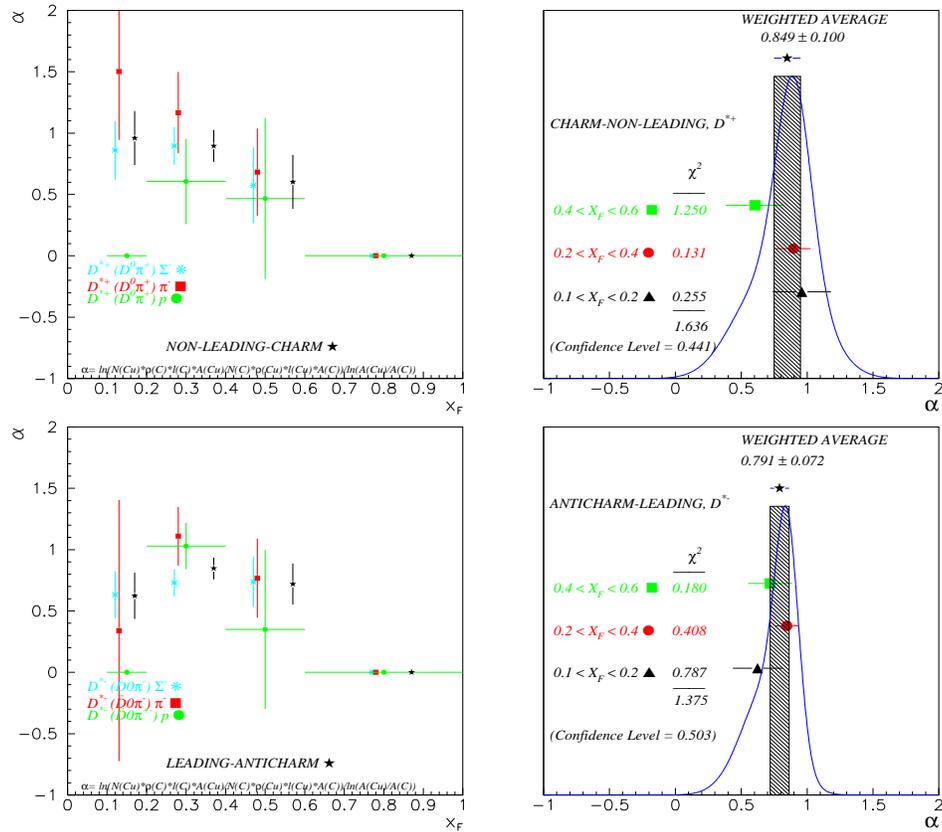


Figura 12.6: Parámetro α para D^{*-} y D^{*+} en función de x_F para los diferentes estados (charm=non-leading), (anti-charm=leading), (izquierda de arriba hacia abajo) para Σ^- , π^- , y protones. Ideogramas para (charm=non-leading), (anti-charm=leading) para Σ^- , π^- , y protones.

12.8. Mesones charm $D^{*+} \rightarrow D^0(K^-\pi^+\pi^+\pi^-)\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K^+\pi^-\pi^+\pi^-)\pi^-$

Se presentan los resultados para los decaimientos $D^{*+} \rightarrow D^0(K^-\pi^+\pi^+\pi^-)\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K^+\pi^-\pi^+\pi^-)\pi^-$.

El estudio del parámetro α fue realizado para los estados charm, anti-charm, leading y non-leading.

Dependencia Nuclear para D^{*+} y D^{*-}

En la figura 12.7 (izquierda) se muestra el parámetro α para D^{*-} y D^{*+} para Σ^- , π^- , y protones. Se movieron un poco los puntos, de esta forma, se pueden ver las barras de error, solamente como ilustración. El punto representado con la estrella en color negro es el resultado de la suma de todos los puntos considerando de manera correcta el error. Los detalles del parámetro α se muestran en las tablas H.16-H.18.

En la figura 12.7 (derecha) se muestran los ideogramas del parámetro α para D^{*-} y D^{*+} para los haces Σ^- , π^- , y protones.

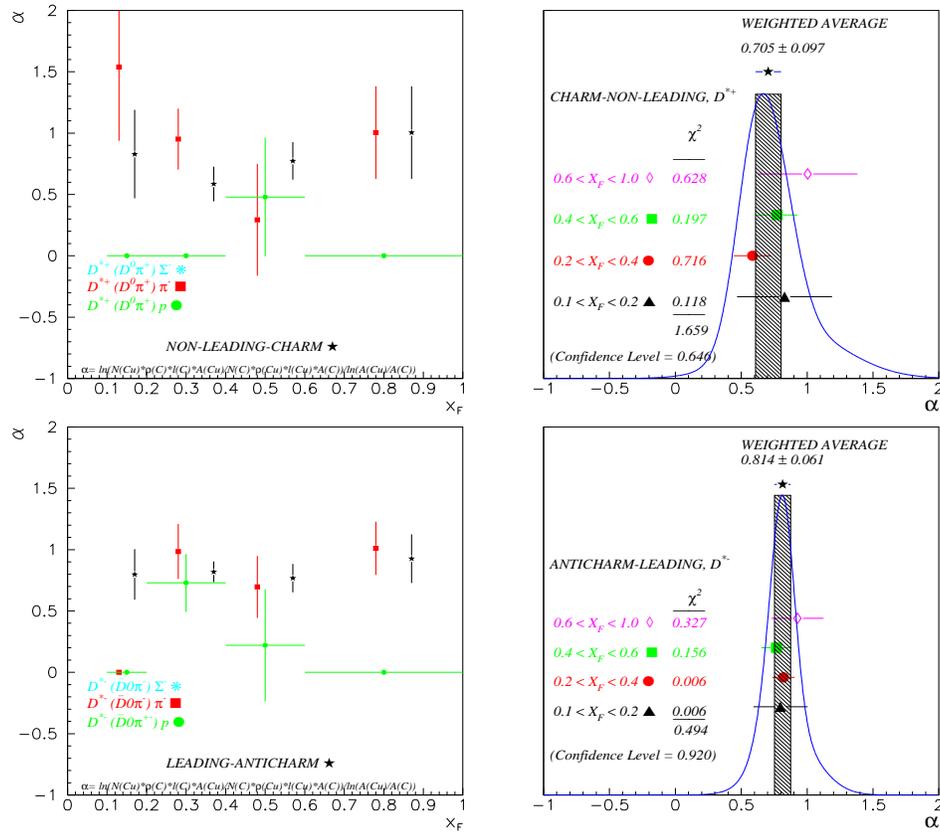


Figura 12.7: Parámetro α para D^{*-} y D^{*+} en función de x_F para los diferentes estados (charm=non-leading), (anti-charm=leading), (izquierda de arriba hacia abajo) para Σ^- , π^- , y protones. Ideogramas para (charm=non-leading), (anti-charm=leading) para Σ^- , π^- , y protones.

12.9. Mesones charm D_s^+ y D_s^-

Se presentan los resultados para los decaimientos $D_s^+ \rightarrow K^- K^+ \pi^+$, y $D_s^- \rightarrow K^+ K^- \pi^-$.

El estudio del parámetro α fue realizado para los estados charm, anti-charm, leading y non-leading.

Dependencia nuclear para D_s^+ y D_s^-

En la figura 12.8 (izquierda) se muestra el parámetro α para D_s^+ y D_s^- para Σ^- y π^- . Se movieron un poco los puntos, de esta forma, se pueden ver las barras de error, solamente como ilustración. El punto representado con la estrella en color negro es el resultado de la suma de todos los puntos considerando de manera correcta el error. Los detalles del parámetro α se muestran en las tablas H.19-H.21.

En la figura 12.8 (derecha) se muestran los ideogramas del parámetro α para D_s^+ y D_s^- para los haces Σ^- y π^- .

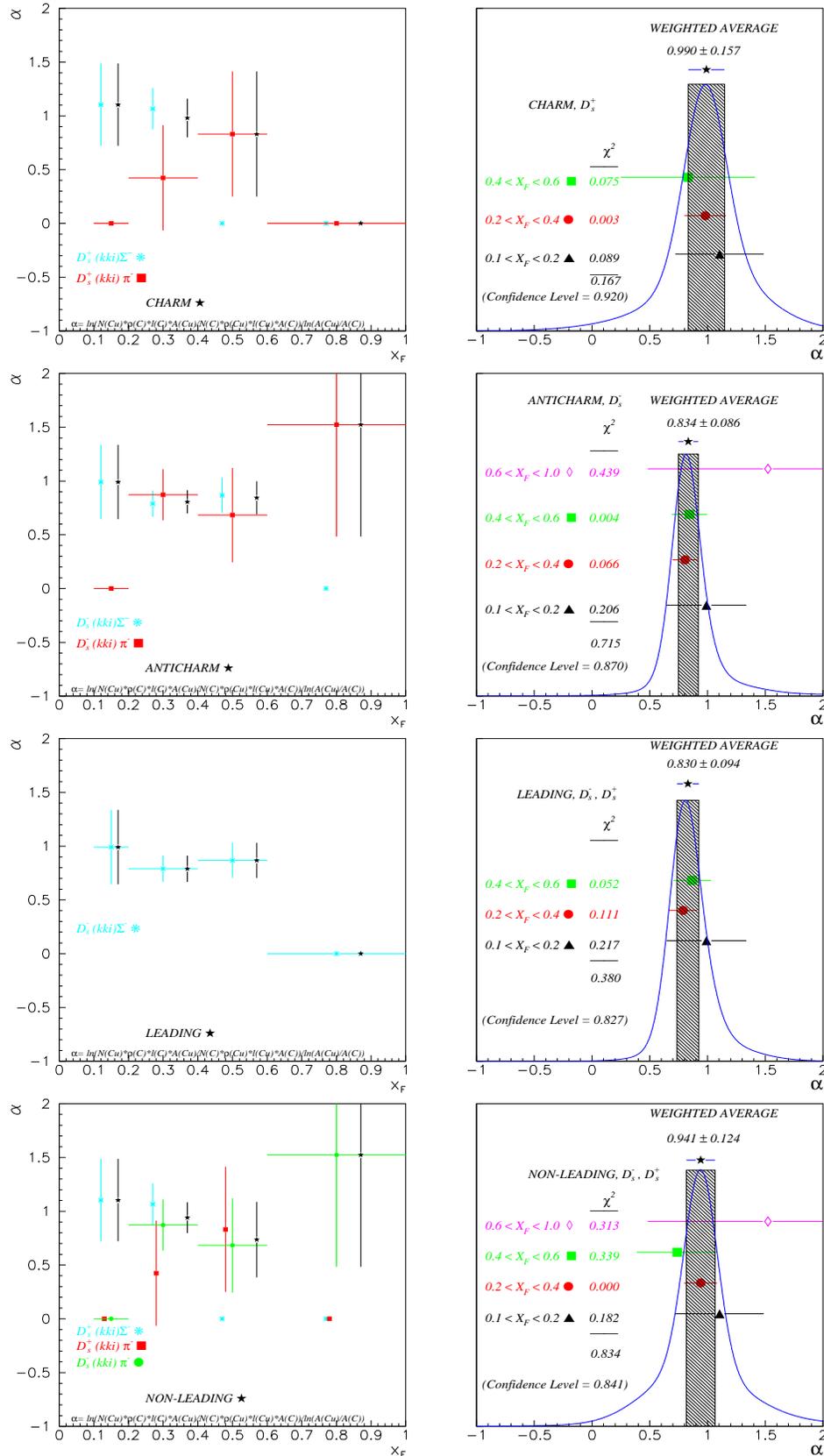


Figura 12.8: Parámetro α para D_s^+ y D_s^- en función de x_F para los diferentes estados charm, anti-charm, leading, y non-leading (izquierda de arriba hacia abajo) para Σ^- y π^- . Ideogramas para charm, anti-charm, leading, y non-leading para Σ^- y π^- .

12.10. Bariones charm Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$

Se presentan los resultados para los decaimientos $\Lambda_c^+ \rightarrow pK^-\pi^+$ y $\overline{\Lambda}_c^- \rightarrow \overline{p}K^+\pi^-$.

El estudio del parámetro α fue realizado para los estados charm, anti-charm, leading y non-leading.

Dependencia nuclear para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$

En la figura 12.9 (izquierda) se muestra el parámetro α para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para Σ^- , π^- , y protones. Se movieron un poco los puntos, de esta forma, se pueden ver las barras de error, solamente como ilustración. El punto representado con la estrella en color negro es el resultado de la suma de todos los puntos considerando de manera correcta el error. Los detalles del parámetro α se muestran en las tablas H.22-H.25.

En la figura 12.9 (derecha) se muestran los ideogramas del parámetro α para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para los haces Σ^- , π^- , y protones.

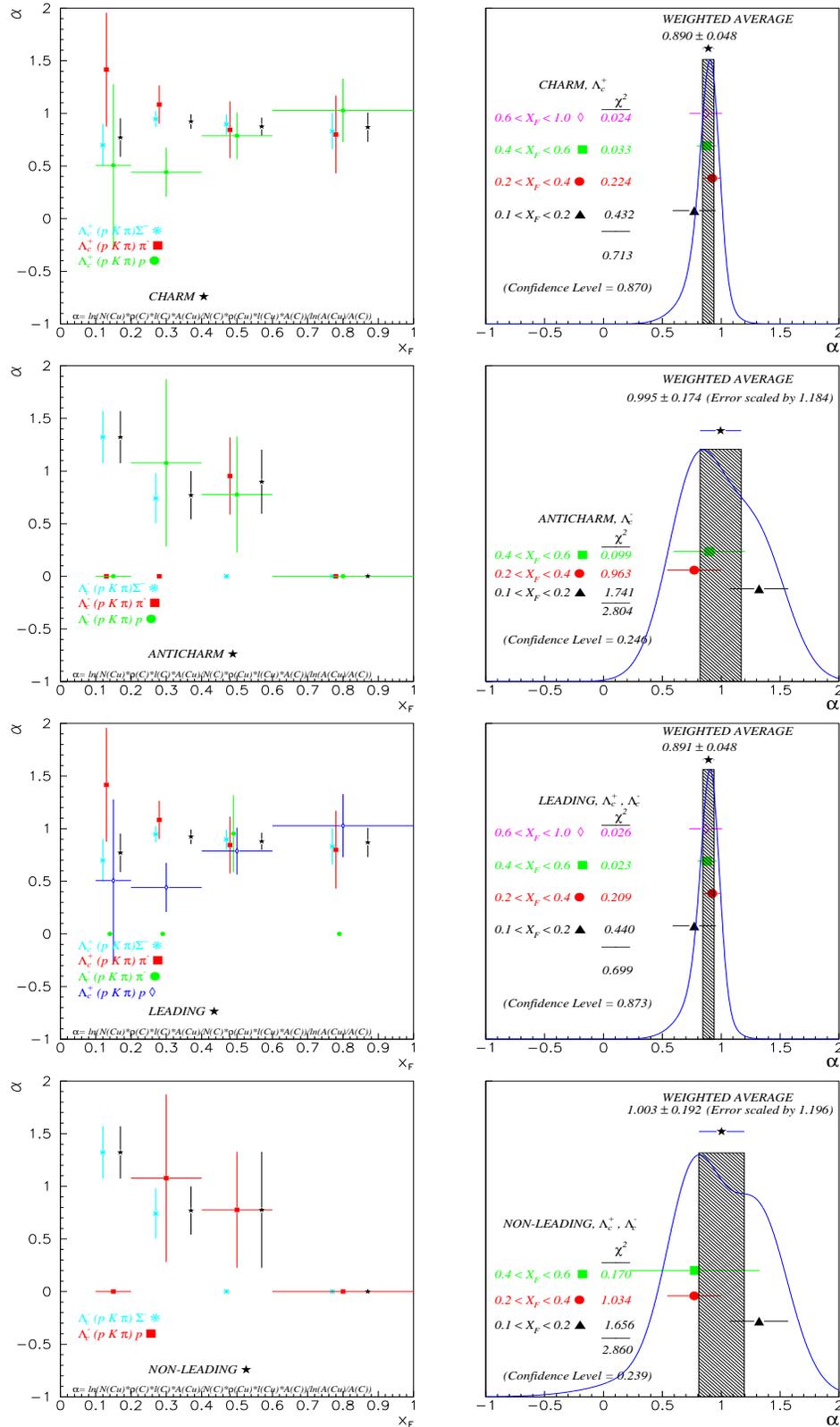


Figura 12.9: Parámetro α para Λ_c^+ y Λ_c^- en función de x_F para los diferentes estados charm, anti-charm, leading, y non-leading (izquierda de arriba hacia abajo) para Σ^- , π^- , y protones. Ideogramas para Λ_c^+ y Λ_c^- en función de x_F para los diferentes estados charm, anti-charm, leading, y non-leading (derecha de arriba hacia abajo) para Σ^- , π^- , y protones.

12.11. Dependencia nuclear y eventos para todos los decaimientos

En esta sección se muestra un resumen de la dependencia nuclear para todos los modos y diferentes haces. También se muestran los eventos para todos los modos y diferentes haces y blancos.

En la tabla 12.1 se muestra los eventos sin corregir para las diferentes partículas con charm producidas inclusivamente por los diferentes haces.

En la tabla 12.2 se muestra un resumen del parámetro α medidos en 4 bins de x_F para todos los modos y todos los haces.

En la tabla 12.3 se muestra un resumen de los eventos sin corregir medidos en 4 bins de x_F para todos los modos y todos los haces para los blancos de cobre.

En la tabla 12.4 se muestra un resumen de los eventos sin corregir medidos en 4 bins de x_F para todos los modos y todos los haces para los blancos de diamante.

Tabla 12.1: Eventos sin corregir para todas las partículas con charm estudiadas en este trabajo, para los diferentes haces de partículas. Los eventos fueron obtenidos ajustando una Gaussiana y un polinomio de primer orden representando el ruido de las distribuciones de masa invariante.

Modo de decaimiento		Haz			
		Σ^-	π^-	p	π^+
1	$D^0 \rightarrow K^- \pi^+$	1176 ± 38	411 ± 22	245 ± 16	29 ± 7
2	$\overline{D^0} \rightarrow K^+ \pi^-$	1740 ± 52	452 ± 23	437 ± 24	39 ± 7
3	$D^0 \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-$	1282 ± 50	467 ± 26	252 ± 18	47 ± 6
4	$\overline{D^0} \rightarrow K^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$	1650 ± 60	488 ± 29	331 ± 26	73 ± 9
5	$D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$	1352 ± 46	361 ± 23	248 ± 20	42 ± 7
6	$D^- \rightarrow K^+ \pi^- \pi^-$	2024 ± 58	555 ± 27	338 ± 22	56 ± 9
7	$D^{*+} \rightarrow D^0(K^- \pi^+) \pi^+$	165 ± 13	48 ± 7	33 ± 7	–
8	$D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K^+ \pi^-) \pi^-$	331 ± 20	70 ± 8	65 ± 8	–
9	$D^{*+} \rightarrow D^0(K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-) \pi^+$	235 ± 15	61 ± 9	58 ± 9	–
10	$D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K^+ \pi^- \pi^+ \pi^-) \pi^-$	446 ± 21	116 ± 11	80 ± 10	–
11	$D_s^+ \rightarrow K^- K^+ \pi^+$	118 ± 17	62 ± 11	–	–
12	$D_s^- \rightarrow K^+ K^- \pi^-$	379 ± 26	91 ± 12	–	–
13	$\Lambda_c^+ \rightarrow p K^- \pi^+$	1130 ± 39	172 ± 15	240 ± 16	–
14	$\overline{\Lambda_c^-} \rightarrow \bar{p} K^+ \pi^-$	313 ± 34	95 ± 13	42 ± 9	–

Tabla 12.2: Dependencia nuclear α para todos los modos medidos en 4 bins de x_F .

Haz	Modo	α			
		$0.1 < x_F < 0.2$	$0.2 < x_F < 0.4$	$0.4 < x_F < 0.6$	$x_F > 0.6$
Σ^-	1	0.754±0.073	0.720±0.074	0.480±0.245	–
Σ^-	2	0.804±0.055	0.699±0.064	0.984±0.183	0.715±1.540
Σ^-	3	0.518±0.178	0.660±0.094	0.574±0.225	0.672±0.684
Σ^-	4	0.467±0.185	0.667±0.088	0.801±0.167	1.228±0.924
Σ^-	5	0.753±0.085	0.681±0.067	0.334±0.271	–
Σ^-	6	0.799±0.076	0.785±0.057	0.741±0.129	0.842±0.590
Σ^-	7	0.860±0.239	0.895±0.154	0.574±0.309	–
Σ^-	8	0.633±0.191	0.729±0.110	0.738±0.205	–
Σ^-	9	0.431±0.450	0.407±0.173	0.880±0.173	–
Σ^-	10	0.798±0.206	0.804±0.098	0.837±0.136	0.475±0.501
Σ^-	11	1.104±0.383	1.066±0.193	–	–
Σ^-	12	0.991±0.346	0.789±0.122	0.867±0.164	–
Σ^-	13	0.699±0.201	0.947±0.078	0.896±0.097	0.831±0.173
Σ^-	14	1.322±0.248	0.742±0.239	–	–
π^-	1	0.859±0.138	0.824±0.109	0.247±0.244	–
π^-	2	0.894±0.117	0.784±0.107	0.960±0.169	–
π^-	3	0.845±0.325	0.869±0.120	0.825±0.175	0.998±0.176
π^-	4	1.042±0.221	0.882±0.150	0.593±0.190	0.748±0.286
π^-	5	0.370±0.337	0.705±0.129	0.794±0.167	1.273±0.369
π^-	6	0.759±0.176	0.751±0.102	0.888±0.161	0.831±0.214
π^-	7	1.502±0.557	1.167±0.332	0.682±0.356	–
π^-	8	0.340±1.064	1.110±0.239	0.768±0.323	–
π^-	9	1.538±0.601	0.952±0.248	0.294±0.456	1.004±0.377
π^-	10	–	0.985±0.224	0.696±0.252	1.011±0.216
π^-	11	–	0.424±0.490	0.831±0.581	–
π^-	12	–	0.872±0.238	0.683±0.439	1.523±1.040
π^-	13	1.416±0.540	1.083±0.182	0.844±0.270	0.800±0.370
π^-	14	–	–	0.953±0.365	–
p	1	0.559±0.179	0.654±0.140	0.762±0.560	–
p	2	0.771±0.117	0.671±0.124	0.318±0.414	–
p	3	0.775±0.344	0.532±0.205	0.738±0.268	–
p	4	0.608±0.350	0.448±0.204	0.366±0.538	0.930±2.320
p	5	0.501±0.259	0.715±0.139	–	–
p	6	0.941±0.176	0.796±0.115	1.019±0.259	–
p	7	–	0.605±0.346	0.467±0.657	–
p	8	–	1.029±0.189	0.350±0.648	–
p	9	–	–	0.479±0.484	–
p	10	–	0.729±0.235	0.220±0.457	–
p	13	0.506±0.771	0.442±0.233	0.787±0.223	1.028±0.300
p	14	–	1.077±0.795	0.776±0.550	–
π^+	1	0.371±0.648	1.075±0.295	0.232±0.653	–
π^+	2	0.682±0.340	1.229±0.219	0.385±0.684	–
π^+	3	–	0.998±0.407	0.908±0.346	1.150±0.883
π^+	4	–	0.738±0.317	1.566±0.507	–
π^+	5	1.108±0.672	0.428±0.382	0.581±0.795	–
π^+	6	0.589±0.765	0.905±0.251	1.282±0.328	1.034±0.602

Tabla 12.3: Eventos sin corregir para todos los modos producidos inclusivamente por los diferentes haces y blancos de cobre medidos en 4 bins de x_F .

Haz	Modo	Eventos		Eventos	
		$0.1 < x_F < 0.2$	$0.2 < x_F < 0.4$	$0.4 < x_F < 0.6$	$x_F > 0.6$
Σ^- Cu	1	119.0 ± 12.6	136.0 ± 14.9	20.0 ± 7.6	–
Σ^- Cu	2	202.0 ± 15.9	194.0 ± 18.2	45.5 ± 10.4	2.0 ± 4.7
Σ^- Cu	3	48.0 ± 13.5	166.5 ± 24.0	45.0 ± 15.8	8.5 ± 8.7
Σ^- Cu	4	54.0 ± 16.0	203.0 ± 27.4	85.0 ± 20.8	13.0 ± 13.0
Σ^- Cu	5	107.0 ± 13.1	185.0 ± 18.4	21.0 ± 9.0	–
Σ^- Cu	6	159.5 ± 17.8	289.0 ± 24.2	81.5 ± 15.3	10.0 ± 8.0
Σ^- Cu	7	9.0 ± 3.0	27.0 ± 6.1	5.0 ± 2.2	–
Σ^- Cu	8	15.0 ± 4.4	43.0 ± 6.9	13.0 ± 3.9	–
Σ^- Cu	9	4.0 ± 2.8	23.0 ± 6.2	19.0 ± 4.6	–
Σ^- Cu	10	17.0 ± 5.2	66.0 ± 9.5	31.0 ± 5.9	3.0 ± 2.2
Σ^- Cu	11	8.0 ± 4.0	36.0 ± 8.7	–	–
Σ^- Cu	12	10.5 ± 5.0	64.5 ± 11.5	40.5 ± 9.5	–
Σ^- Cu	13	26.5 ± 8.1	158.0 ± 17.3	95.0 ± 12.9	33.5 ± 8.3
Σ^- Cu	14	33.5 ± 9.4	39.0 ± 14.2	–	–
π^- Cu	1	30.5 ± 6.0	53.0 ± 8.3	12.5 ± 4.8	–
π^- Cu	2	42.5 ± 6.9	53.0 ± 8.1	27.5 ± 6.4	–
π^- Cu	3	10.5 ± 4.8	61.5 ± 10.6	36.0 ± 9.2	29.5 ± 6.7
π^- Cu	4	23.0 ± 7.0	56.0 ± 12.2	34.0 ± 9.9	14.0 ± 5.7
π^- Cu	5	9.0 ± 4.8	48.5 ± 9.2	28.0 ± 6.5	10.0 ± 4.0
π^- Cu	6	26.0 ± 6.8	72.5 ± 10.7	36.5 ± 8.1	17.0 ± 4.8
π^- Cu	7	3.0 ± 1.7	6.0 ± 2.4	4.0 ± 2.0	–
π^- Cu	8	1.0 ± 1.7	12.0 ± 3.7	6.0 ± 2.8	–
π^- Cu	9	2.0 ± 1.4	11.0 ± 3.9	2.0 ± 1.4	4.0 ± 2.0
π^- Cu	10	–	14.0 ± 4.5	9.0 ± 3.3	12.0 ± 3.5
π^- Cu	11	–	5.0 ± 3.9	4.5 ± 3.9	–
π^- Cu	12	–	13.5 ± 4.5	7.0 ± 4.8	2.0 ± 2.0
π^- Cu	13	4.5 ± 2.7	28.5 ± 6.6	12.0 ± 4.7	5.5 ± 2.9
π^- Cu	14	–	–	9.0 ± 4.6	–
p Cu	1	19.0 ± 5.2	28.0 ± 5.8	3.5 ± 2.9	–
p Cu	2	42.0 ± 7.2	45.0 ± 8.3	7.5 ± 4.9	–
p Cu	3	10.0 ± 5.1	26.0 ± 8.2	14.0 ± 5.5	–
p Cu	4	11.0 ± 6.1	33.5 ± 10.9	11.5 ± 9.9	2.0 ± 6.5
p Cu	5	14.0 ± 5.7	34.5 ± 6.9	–	–
p Cu	6	27.0 ± 6.6	53.0 ± 8.7	19.0 ± 6.4	–
p Cu	7	–	5.0 ± 2.6	1.0 ± 1.0	–
p Cu	8	–	16.0 ± 4.0	1.0 ± 1.0	–
p Cu	9	–	–	2.0 ± 1.4	–
p Cu	10	–	10.0 ± 3.5	2.0 ± 1.4	–
p Cu	13	2.0 ± 2.4	16.0 ± 5.8	16.0 ± 5.1	11.5 ± 4.5
p Cu	14	–	4.5 ± 4.8	2.5 ± 1.9	–
π^+ Cu	1	1.0 ± 1.0	7.0 ± 2.6	1.0 ± 1.0	–
π^+ Cu	2	4.0 ± 2.0	14.5 ± 3.9	1.5 ± 1.6	–
π^+ Cu	3	–	7.0 ± 3.6	6.0 ± 2.8	1.0 ± 1.0
π^+ Cu	4	–	8.5 ± 3.9	10.5 ± 4.8	–
π^+ Cu	5	2.5 ± 2.3	5.0 ± 3.0	2.0 ± 2.4	–
π^+ Cu	6	2.0 ± 2.4	10.0 ± 3.5	7.5 ± 2.9	2.0 ± 1.4

Tabla 12.4: Eventos sin corregir para todos los modos producidos inclusivamente por los diferentes haces y blancos de diamante medidos en 4 bins de x_F .

Haz	Modo	Eventos 0.1 < x_F < 0.2	Eventos 0.2 < x_F < 0.4	Eventos 0.4 < x_F < 0.6	Eventos x_F > 0.6
Σ^- C	1	361.5± 21.1	439.5± 24.8	93.0± 13.7	–
Σ^- C	2	572.5± 26.7	631.0± 30.9	90.0± 18.1	5.5± 7.8
Σ^- C	3	228.0± 21.0	586.5± 36.4	175.0± 23.7	24.0± 13.1
Σ^- C	4	291.5± 25.3	729.0± 41.8	217.0± 29.6	14.0± 18.7
Σ^- C	5	310.0± 22.3	584.0± 30.3	109.5± 16.1	–
Σ^- C	6	452.5± 27.5	809.5± 36.6	225.5± 23.4	21.5 ±12.7
Σ^- C	7	27.0± 5.9	70.0± 8.6	21.0± 5.4	–
Σ^- C	8	63.0± 8.2	142.0± 12.7	41.0± 6.9	–
Σ^- C	9	24.0± 6.2	129.0± 12.2	46.0± 7.2	–
Σ^- C	10	47.0± 7.3	204.0± 15.9	80.0± 9.8	12.0± 4.7
Σ^- C	11	15.5± 6.0	65.0± 13.8	–	–
Σ^- C	12	22.0± 6.9	184.0± 18.3	97.5± 13.9	–
Σ^- C	13	111.5± 14.7	387.5± 27.0	251.0± 21.7	93.0± 14.0
Σ^- C	14	49.5± 13.6	135.5± 22.0	–	–
π^- C	1	79.0± 9.4	144.0± 13.3	85.0± 10.2	–
π^- C	2	103.5± 11.2	150.0± 13.9	56.5± 9.0	–
π^- C	3	29.0± 8.2	152.5± 15.5	93.0± 13.3	51.5± 9.7
π^- C	4	48.0± 9.7	140.5± 17.4	123.0± 15.5	38.0± 9.6
π^- C	5	49.5± 8.9	148.0± 14.6	68.0± 10.4	9.5± 4.7
π^- C	6	79.0± 10.5	214.0± 17.5	77.5± 11.7	37.0± 8.1
π^- C	7	4.0± 2.0	10.0± 3.7	14.0± 4.5	–
π^- C	8	7.0± 2.6	21.0± 5.2	18.0± 4.7	–
π^- C	9	2.0± 1.4	25.0± 5.4	13.0± 3.6	7.0± 2.6
π^- C	10	–	32.0± 6.2	29.0± 5.9	22.0 ±4.7
π^- C	11	–	26.5± 6.9	11.0± 4.6	–
π^- C	12	–	33.5± 7.1	23.0± 5.9	1.5± 3.5
π^- C	13	6.0± 4.5	55.5± 10.8	34.5± 7.7	16.0± 5.1
π^- C	14	–	–	21.5± 7.1	–
p C	1	80.5± 9.6	101.0± 10.6	10.0± 4.2	–
p C	2	125.5± 11.8	153.5± 14.2	45.0± 9.0	–
p C	3	31.0± 8.1	113.5± 14.4	41.5± 9.0	–
p C	4	47.5± 8.7	174.5± 17.7	59.5± 14.8	3.0± 8.4
p C	5	61.5± 9.2	103.5± 12.3	–	–
p C	6	60.5± 10.0	146.5± 14.8	31.0± 8.8	–
p C	7	–	22.0± 4.7	5.0± 2.2	–
p C	8	–	32.0± 6.2	6.0± 2.4	–
p C	9	–	–	9.0± 3.6	–
p C	10	–	35.0± 6.4	14.0± 4.0	–
p C	13	11.5± 4.3	90.5± 12.2	50.5± 9.6	23.0± 7.1
p C	14	–	9.0± 6.9	8.0± 4.2	–
π^+ C	1	6.0± 2.4	12.5± 3.9	7.0± 3.0	–
π^+ C	2	14.0± 3.7	19.5± 4.7	8.0± 3.5	–
π^+ C	3	–	14.0± 6.2	13.5± 4.5	1.5± 1.6
π^+ C	4	–	27.0± 6.9	7.5± 5.3	–
π^+ C	5	4.0± 2.4	24.0± 5.1	7.0± 3.6	–
π^+ C	6	8.0± 2.8	23.0± 5.4	7.5± 2.9	3.0± 2.2

12.12. Dependencia nuclear para todos los modos para el haz de Σ^-

El estudio del parámetro α fue realizado para los estados charm, anti-charm, leading y non-leading. Los detalles se muestran en la tabla 12.5.

En la figura 12.10 (izquierda) se muestra el parámetro α para todos los modos y el haz de Σ^- . Se movieron un poco los puntos, de esta forma, se pueden ver las barras de error, solamente como ilustración. Los detalles del parámetro α se muestran en las tablas H.26-H.29.

En la figura 12.10 (derecha) se muestran los ideogramas para todos los modos y el haz de Σ^- .

En la figura 12.11 (parte superior) se muestra el parámetro α para la suma de todos los modos para el haz de Σ^- , y en la parte inferior se muestra el ideograma del parámetro α para la suma de todos los modos para el haz de Σ^- .

Tabla 12.5: Estados charm, anti-charm, leading, y non-leading para todos los modos y el haz de Σ^- .

Modo	Charm	Anti- charm	Leading	Non- leading
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***			***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow \overline{D^0} (\bar{c}u) X$		***		***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***			***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow \overline{D^0} (\bar{c}u) X$		***		***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^+ (c\bar{d}) X$	***			***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^- (\bar{c}d) X$		***	***	
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D_s^+ (c\bar{s}) X$	***			***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D_s^- (\bar{c}s) X$		***	***	
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow \Lambda_c^+ (cdu) X$	***		***	
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow \overline{\Lambda_c^-} (\bar{c}\bar{d}\bar{u}) X$		***		***

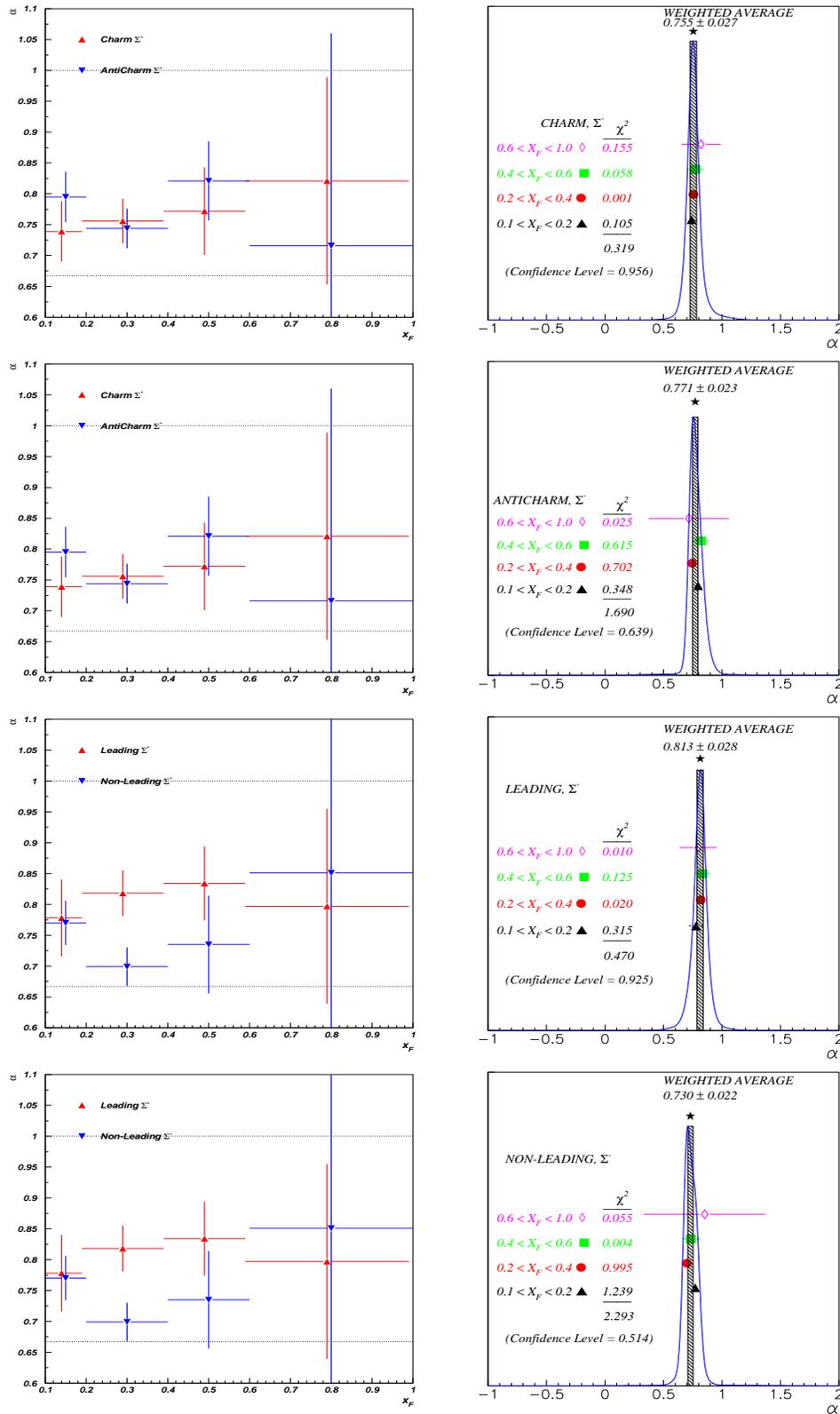


Figura 12.10: Parámetro α para todos los modos en 4 bins de x_F , para charm, anti-charm, leading, y non-leading (izquierda de arriba hacia abajo) para el haz de Σ^- , las líneas punteadas representan los valores de referencia para $\alpha = 1$ y $\alpha = 2/3$. Ideogramas para charm, anti-charm, leading, y non-leading (derecha de arriba hacia abajo) para el haz de Σ^- .

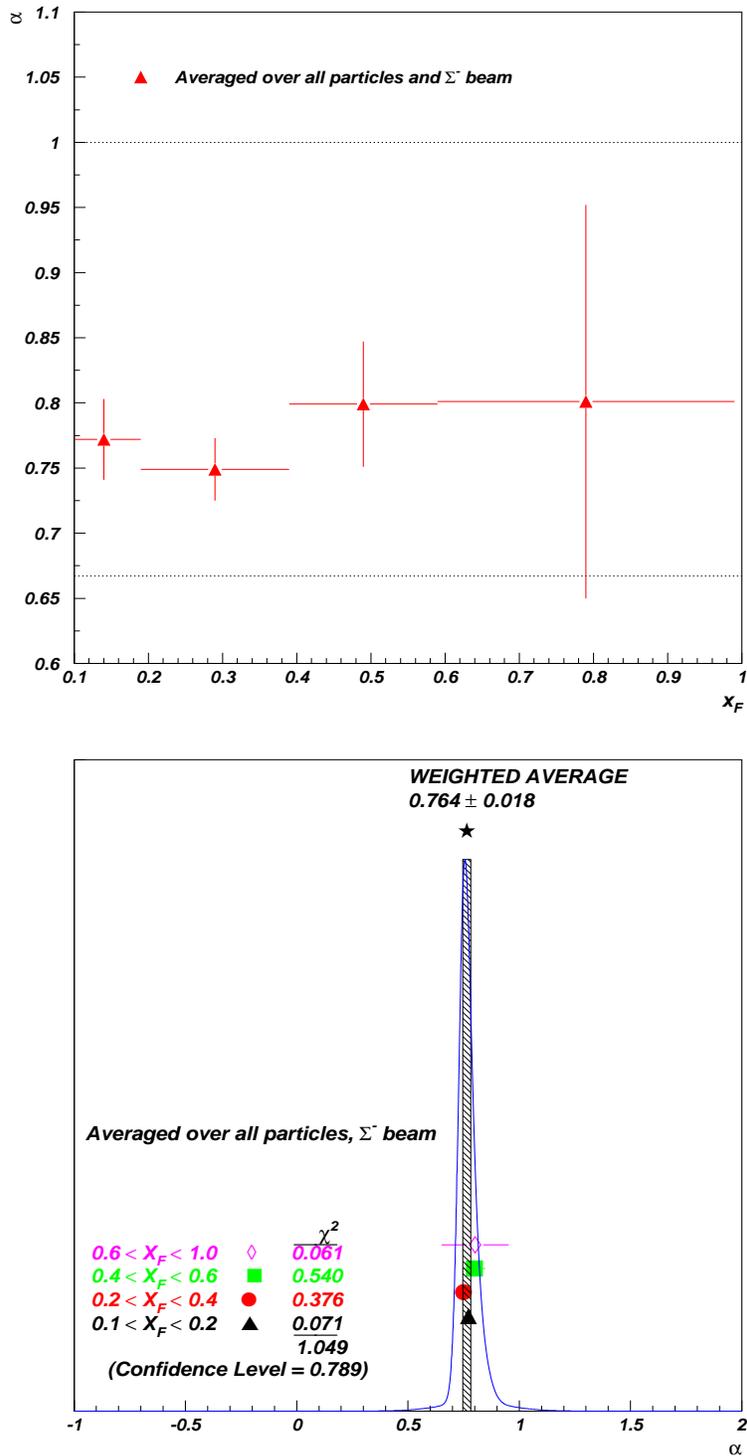


Figura 12.11: Parámetro α (parte superior) para la suma de todos los modos en 4 bins de x_F para el haz de Σ^- , las líneas punteadas representan los valores de referencia para $\alpha = 1$ y $\alpha = 2/3$. En la parte inferior se muestra el ideograma para la suma de todos los modos en 4 bins de x_F para el haz de Σ^- .

12.13. Dependencia nuclear para todos los modos para el haz de π^-

El estudio del parámetro α fue realizado para los estados charm, anti-charm, leading y non-leading. Los detalles se muestran en la tabla 12.6.

En la figura 12.12 (izquierda) se muestra el parámetro α para todos los modos y el haz de π^- . Se movieron un poco los puntos, de esta forma, se pueden ver las barras de error, solamente como ilustración. Los detalles del parámetro α se muestran en las tablas H.30-H.33.

En la figura 12.12 (derecha) se muestran los ideogramas para todos los modos y el haz de π^- .

En la figura 12.13 (parte superior) se muestra el parámetro α para la suma de todos los modos para el haz de π^- , y en la parte inferior se muestra el ideograma del parámetro α para la suma de todos los modos para el haz de π^- .

Tabla 12.6: Estados charm, anti-charm, leading, y non-leading para todos los modos y el haz de π^- .

Modo	Charm	Anti- charm	Leading	Non- leading
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***		***	
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow \bar{D}^0 (\bar{c}u) X$		***		***
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***		***	
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow \bar{D}^0 (\bar{c}u) X$		***		***
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^+ (c\bar{d}) X$	***			***
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^- (\bar{c}d) X$		***	***	
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D_s^+ (c\bar{s}) X$	***			***
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D_s^- (\bar{c}s) X$		***		***
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow \Lambda_c^+ (cdu) X$	***		***	
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow \bar{\Lambda}_c^- (\bar{c}\bar{d}\bar{u}) X$		***	***	

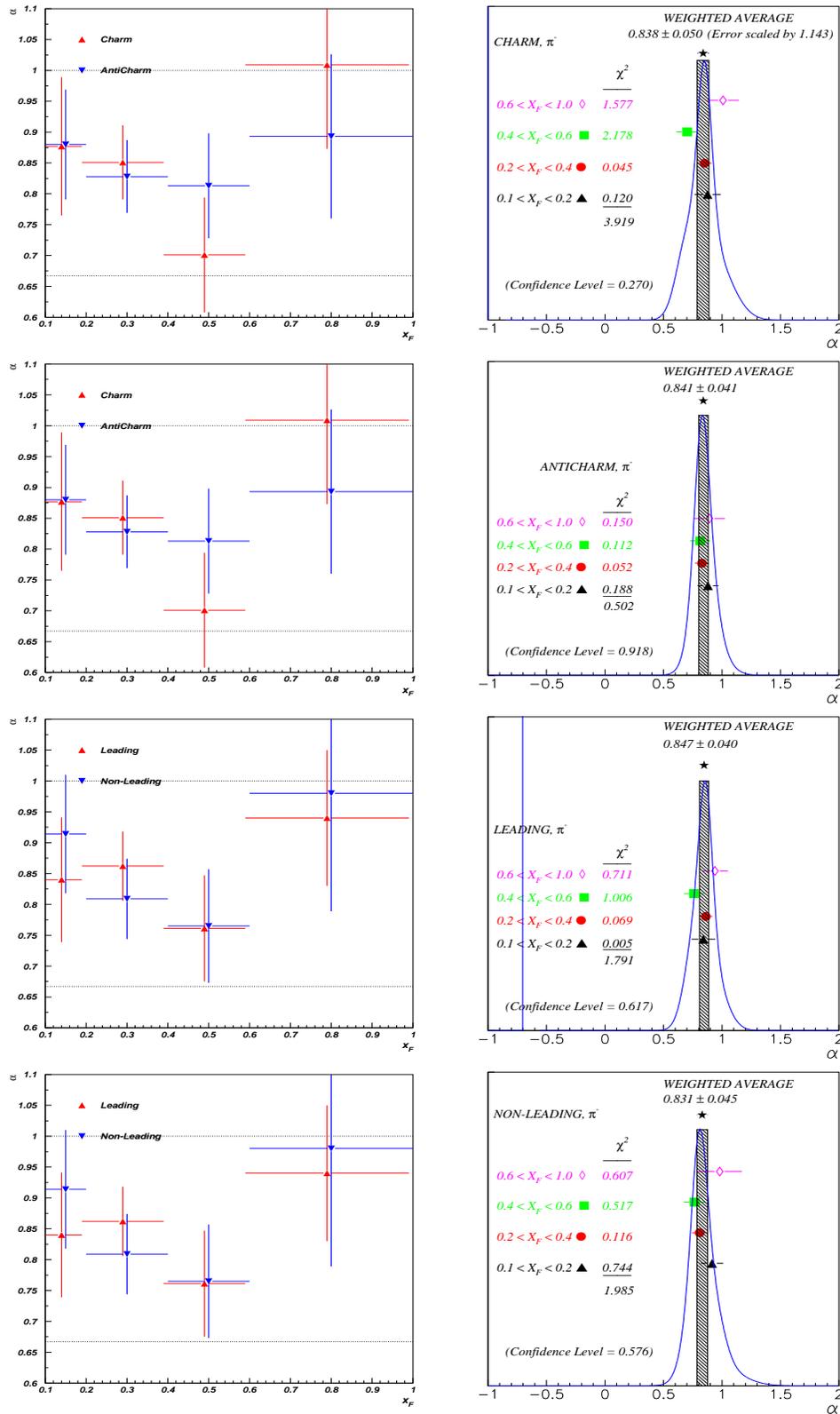


Figura 12.12: Parámetro α para todos los modos en 4 bins de x_F , para charm, anti-charm, leading, y non-leading (izquierda de arriba hacia abajo) para el haz de π^- , las líneas punteadas representan los valores de referencia para $\alpha = 1$ y $\alpha = 2/3$. Ideogramas para charm, anti-charm, leading, y non-leading (derecha de arriba hacia abajo) para el haz de π^- .

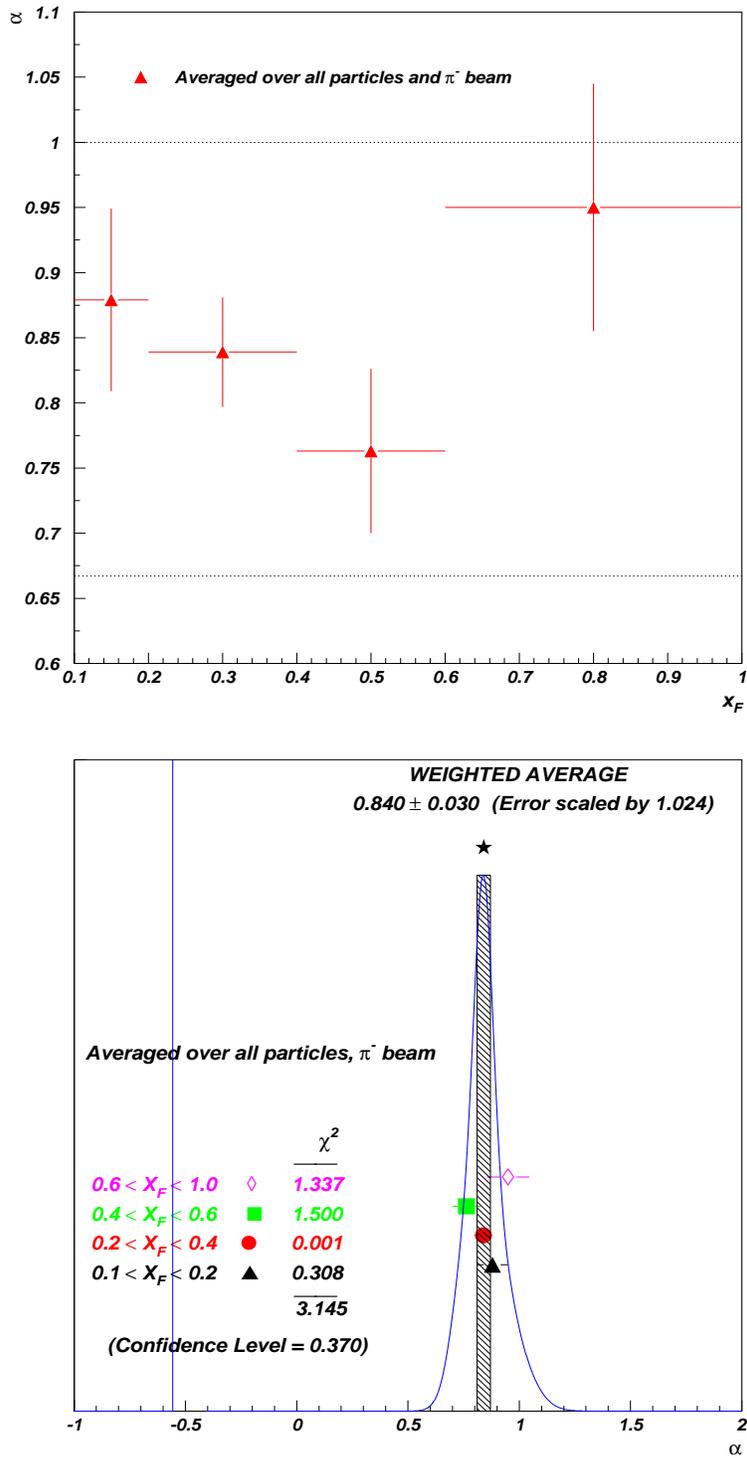


Figura 12.13: Parámetro α (parte superior) para la suma de todos los modos en 4 bins de x_F para el haz de π^- , las líneas punteadas representan los valores de referencia para $\alpha = 1$ y $\alpha = 2/3$. En la parte inferior se muestra el ideograma para la suma de todos los modos en 4 bins de x_F para el haz de π^- .

12.14. Dependencia nuclear para todos los modos para el haz de protones

El estudio del parámetro α fue realizado para los estados charm, anti-charm, leading y non-leading. Los detalles se muestran en la tabla 12.7.

En la figura 12.14 (izquierda) se muestra el parámetro α para todos los modos y el haz de protones. Se movieron un poco los puntos, de esta forma, se pueden ver las barras de error, solamente como ilustración. Los detalles del parámetro α se muestran en las tablas H.34-H.37.

En la figura 12.14 (derecha) se muestran los ideogramas para todos los modos y el haz de protones.

En la figura 12.15 (parte superior) se muestra el parámetro α para la suma de todos los modos para el haz de protones, y en la parte inferior se muestra el ideograma del parámetro α para la suma de todos los modos para el haz de protones.

Tabla 12.7: Estados charm, anti-charm, leading, y non-leading para todos los modos y el haz de protones.

Modo	Charm	Anti- charm	Leading	Non- leading
$p (uud) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***			***
$p (uud) N \rightarrow \overline{D}^0 (\bar{c}u) X$		***	***	
$p (uud) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***			***
$p (uud) N \rightarrow \overline{D}^0 (\bar{c}u) X$		***	***	
$p (uud) N \rightarrow D^+ (c\bar{d}) X$	***			***
$p (uud) N \rightarrow D^- (\bar{c}d) X$		***	***	
$p (uud) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$p (uud) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$p (uud) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$p (uud) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$p (uud) N \rightarrow D_s^+ (c\bar{s}) X$	***			***
$p (uud) N \rightarrow D_s^- (\bar{c}s) X$		***		***
$p (uud) N \rightarrow \Lambda_c^+ (cdu) X$	***		***	
$p (uud) N \rightarrow \overline{\Lambda}_c^- (\bar{c}\bar{d}\bar{u}) X$		***		***

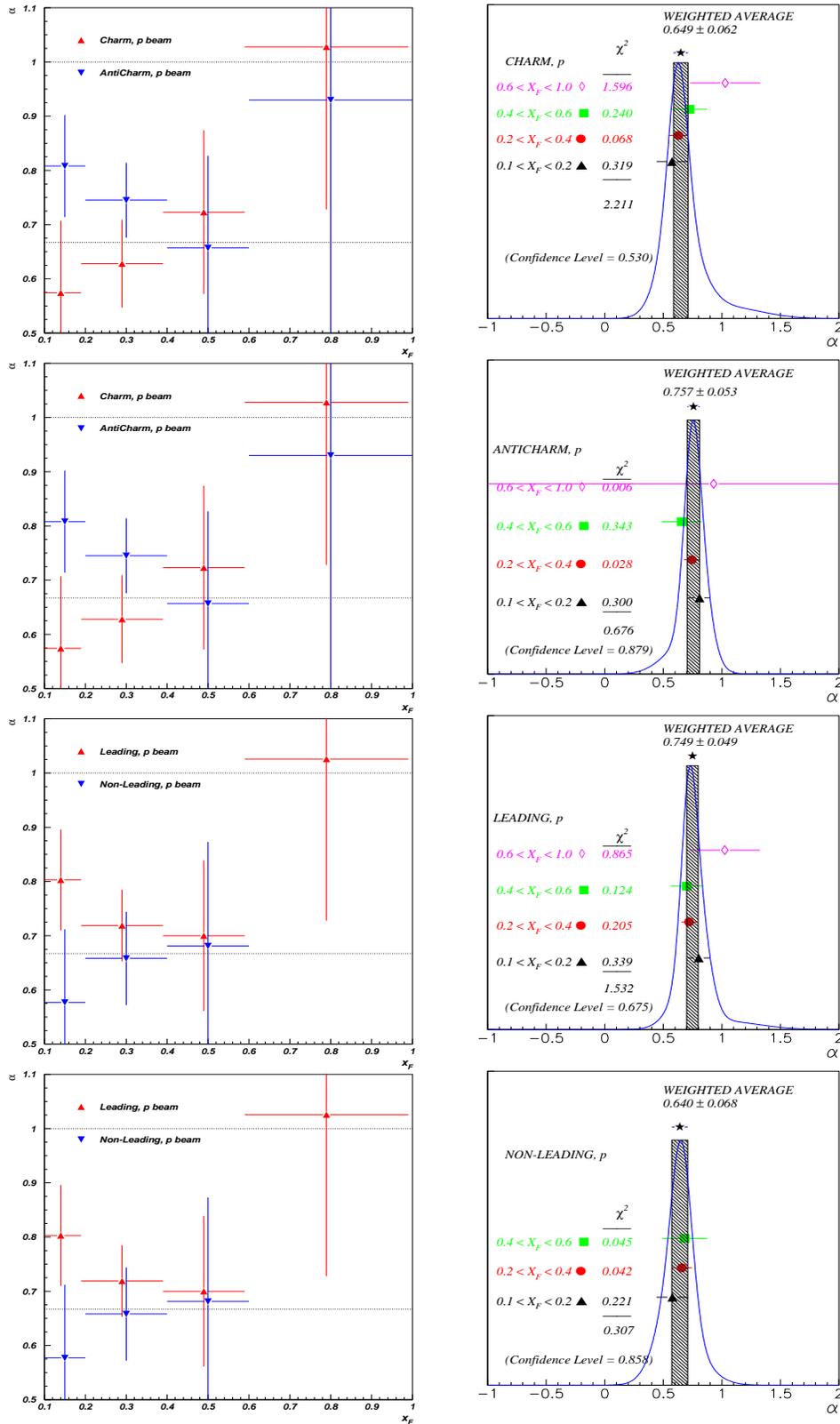


Figura 12.14: Parámetro α para todos los modos en 4 bins de x_F , para charm, anti-charm, leading, y non-leading (izquierda de arriba hacia abajo) para el haz de protones, las líneas punteadas representan los valores de referencia para $\alpha = 1$ y $\alpha = 2/3$. Ideogramas para charm, anti-charm, leading, y non-leading (derecha de arriba hacia abajo) para el haz de protones.

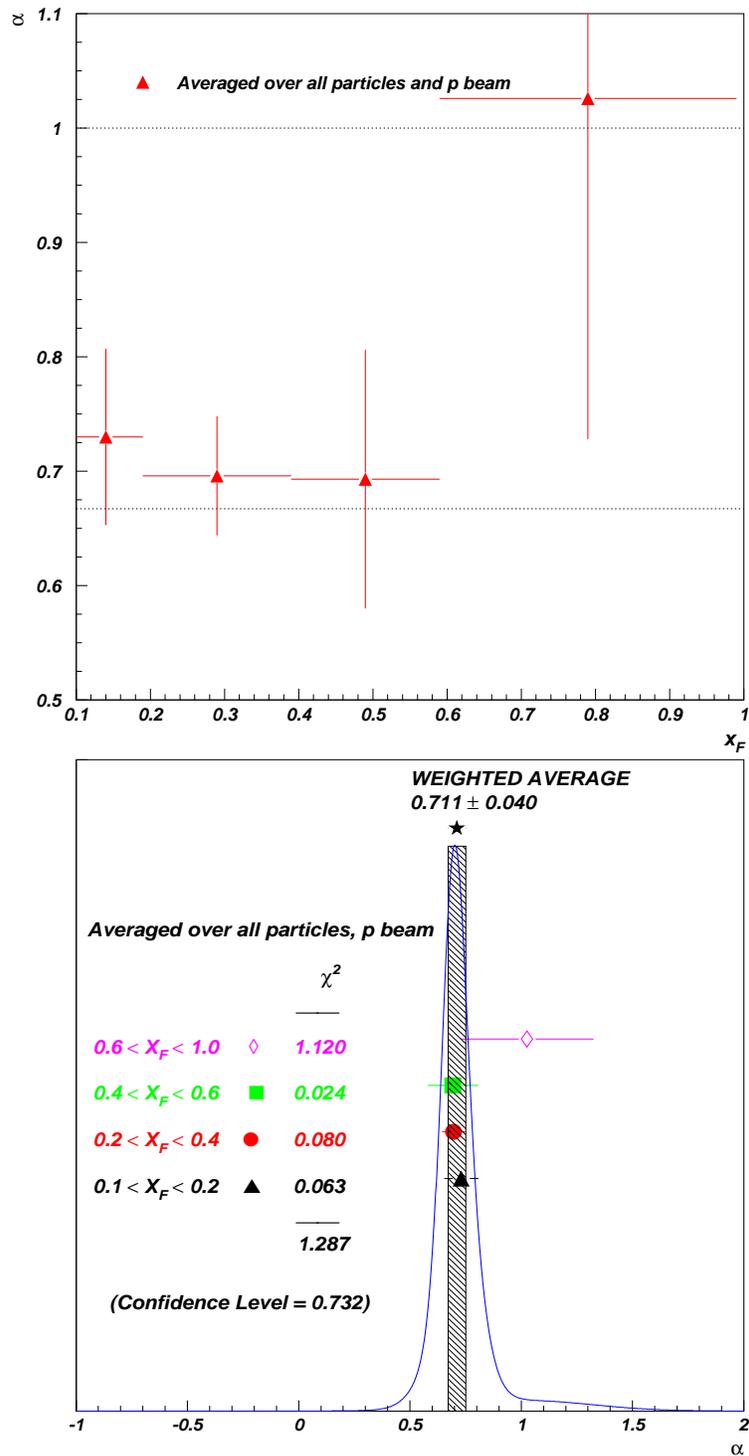


Figura 12.15: Parámetro α (parte superior) para la suma de todos los modos en 4 bins de x_F para el haz de protones, las líneas punteadas representan los valores de referencia para $\alpha = 1$ y $\alpha = 2/3$. En la parte inferior se muestra el ideograma para la suma de todos los modos en 4 bins de x_F para el haz de protones.

12.15. Dependencia nuclear para todos los modos para el haz de π^+

El estudio del parámetro α fue realizado para los estados charm, anti-charm, leading y non-leading. Los detalles se muestran en la tabla 12.8.

Tabla 12.8: Estados charm, anti-charm, leading, y non-leading para todos los modos y el haz de π^+ .

Modo	Charm	Anti- charm	Leading	Non- leading
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***			***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow \overline{D^0} (\bar{c}u) X$		***	***	
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***			***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow \overline{D^0} (\bar{c}u) X$		***	***	
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^+ (c\bar{d}) X$	***		***	
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^- (\bar{c}d) X$		***		***

En la figura 12.16 (izquierda) se muestra el parámetro α para todos los modos y el haz de π^+ . Se movieron un poco los puntos, de esta forma, se pueden ver las barras de error, solamente como ilustración. Los detalles del parámetro α se muestran en las tablas H.38-H.41.

En la figura 12.16 (derecha) se muestran los ideogramas para todos los modos y el haz de π^+ .

En la figura 12.17 (parte superior) se muestra el parámetro α para la suma de todos los modos para el haz de π^+ , y en la parte inferior se muestra el ideograma del parámetro α para la suma de todos los modos para el haz de π^+ .

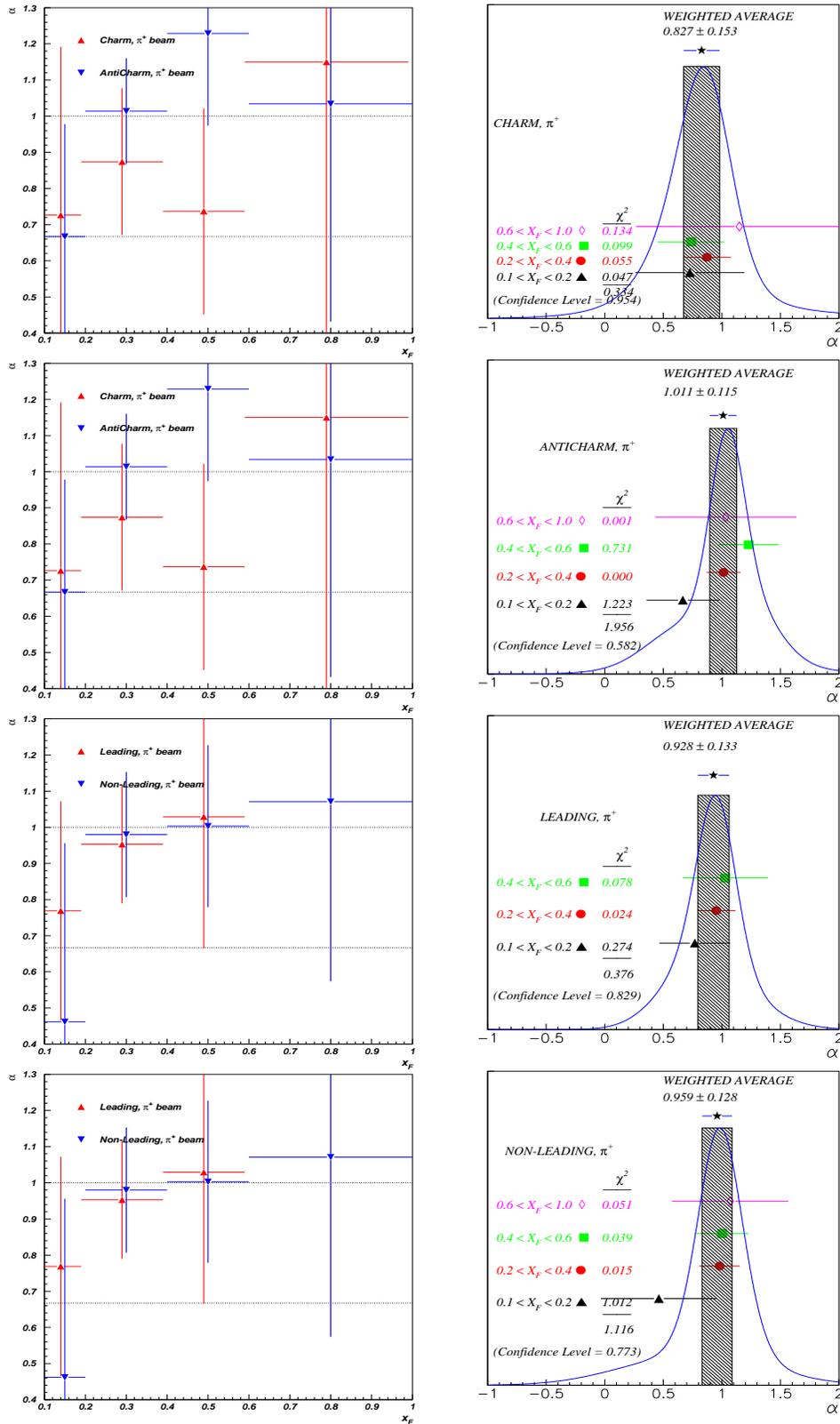


Figura 12.16: Parámetro α para todos los modos en 4 bins de x_F , para charm, anti-charm, leading, y non-leading (izquierda de arriba hacia abajo) para el haz de π^+ , las líneas punteadas representan los valores de referencia para $\alpha = 1$ y $\alpha = 2/3$. Ideogramas para charm, anti-charm, leading, y non-leading (derecha de arriba hacia abajo) para el haz de π^+ .

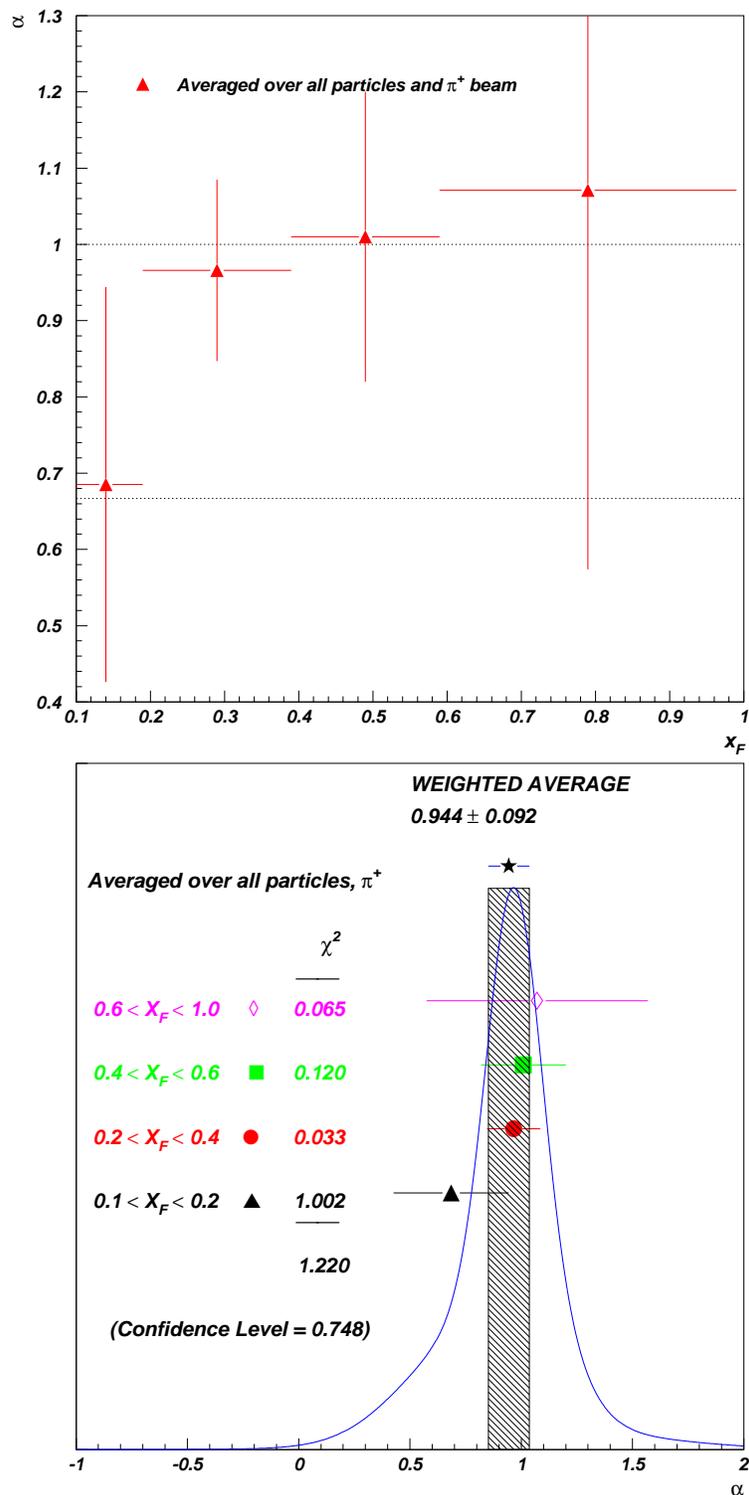


Figura 12.17: Parámetro α (parte superior) para la suma de todos los modos en 4 bins de x_F para el haz de π^+ , las líneas punteadas representan los valores de referencia para $\alpha = 1$ y $\alpha = 2/3$. En la parte inferior se muestra el ideograma para la suma de todos los modos en 4 bins de x_F para el haz de π^+ .

12.16. Dependencia nuclear para todos los modos

En esta sección se muestra la dependencia nuclear para todos los modos y todos los haces. El estudio del parámetro α fue realizado para los estados charm, anti-charm, leading y non-leading. Los detalles se muestran en la tabla 12.9.

En la figura 12.18 se muestra un resumen del parámetro α para charm, anti-charm, leading, y non-leading para todos los haces (izquierda de arriba hacia abajo). También se muestran los ideogramas del parámetro α para charm, anti-charm, leading, y non-leading para todos los haces (derecha de arriba hacia abajo).

En la figura 12.19 se muestra un resumen del parámetro α para todos los modos y los haces de mesones y bariones, también se muestra el promedio para todos los modos y haces de partículas (izquierda de arriba hacia abajo). En la parte derecha de arriba hacia abajo se muestran sus respectivos ideogramas.

En las tablas H.42 y H.43 se muestran los resultados para α para charm, anti-charm y el promedio de todos los modos para todos los haces de partículas.

En las tablas H.44 y H.45 se muestran los resultados para α para leading, y non-leading y el promedio de todos los modos para todos los haces de partículas.

En las tablas H.46 y H.47 se muestran los resultados para α para todos los modos y los haces de mesones y bariones.

Tabla 12.9: Estados charm, anti-charm, leading, y non-leading para todos los haces.

Modo	Charm	Anti-charm	Leading	Non-leading
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***			***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow \overline{D^0} (\bar{c}u) X$		***		***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***			***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow \overline{D^0} (\bar{c}u) X$		***		***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^+ (c\bar{d}) X$	***			***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^- (\bar{c}d) X$		***	***	
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D_s^+ (c\bar{s}) X$	***			***
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow D_s^- (\bar{c}s) X$		***	***	
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow \Lambda_c^+ (cdu) X$	***		***	
$\Sigma^- (sdd) N \rightarrow \Lambda_c^- (\bar{c}\bar{d}\bar{u}) X$		***		***
<hr/>				
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***		***	
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow \overline{D^0} (\bar{c}u) X$		***		***
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***		***	
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow \overline{D^0} (\bar{c}u) X$		***		***
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^+ (c\bar{d}) X$	***			***
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^- (\bar{c}d) X$		***	***	
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D_s^+ (c\bar{s}) X$	***			***
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow D_s^- (\bar{c}s) X$		***		***
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow \Lambda_c^+ (cdu) X$	***		***	
$\pi^- (\bar{u}d) N \rightarrow \Lambda_c^- (\bar{c}\bar{d}\bar{u}) X$		***	***	
<hr/>				
$p (uud) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***			***
$p (uud) N \rightarrow \overline{D^0} (\bar{c}u) X$		***	***	
$p (uud) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***			***
$p (uud) N \rightarrow \overline{D^0} (\bar{c}u) X$		***	***	
$p (uud) N \rightarrow D^+ (c\bar{d}) X$	***			***
$p (uud) N \rightarrow D^- (\bar{c}d) X$		***	***	
$p (uud) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$p (uud) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$p (uud) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$p (uud) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$p (uud) N \rightarrow D_s^+ (c\bar{s}) X$	***			***
$p (uud) N \rightarrow D_s^- (\bar{c}s) X$		***		***
$p (uud) N \rightarrow \Lambda_c^+ (cdu) X$	***		***	
$p (uud) N \rightarrow \Lambda_c^- (\bar{c}\bar{d}\bar{u}) X$		***		***
<hr/>				
$\pi^+ (ud) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***			***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow \overline{D^0} (\bar{c}u) X$		***	***	
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***			***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow \overline{D^0} (\bar{c}u) X$		***	***	
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^+ (c\bar{d}) X$	***			***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^- (\bar{c}d) X$		***	***	
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D_s^+ (c\bar{s}) X$	***			***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D_s^- (\bar{c}s) X$		***		***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow \Lambda_c^+ (cdu) X$	***		***	
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow \Lambda_c^- (\bar{c}\bar{d}\bar{u}) X$		***		***
<hr/>				
$\pi^+ (ud) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***			***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow \overline{D^0} (\bar{c}u) X$		***	***	
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^0 (c\bar{u}) X$	***			***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow \overline{D^0} (\bar{c}u) X$		***	***	
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^+ (c\bar{d}) X$	***			***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^- (\bar{c}d) X$		***	***	
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^{*+} (c\bar{d}) X$	***			***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D^{*-} (\bar{c}d) X$		***	***	
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D_s^+ (c\bar{s}) X$	***			***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow D_s^- (\bar{c}s) X$		***		***
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow \Lambda_c^+ (cdu) X$	***		***	
$\pi^+ (u\bar{d}) N \rightarrow \Lambda_c^- (\bar{c}\bar{d}\bar{u}) X$		***		***

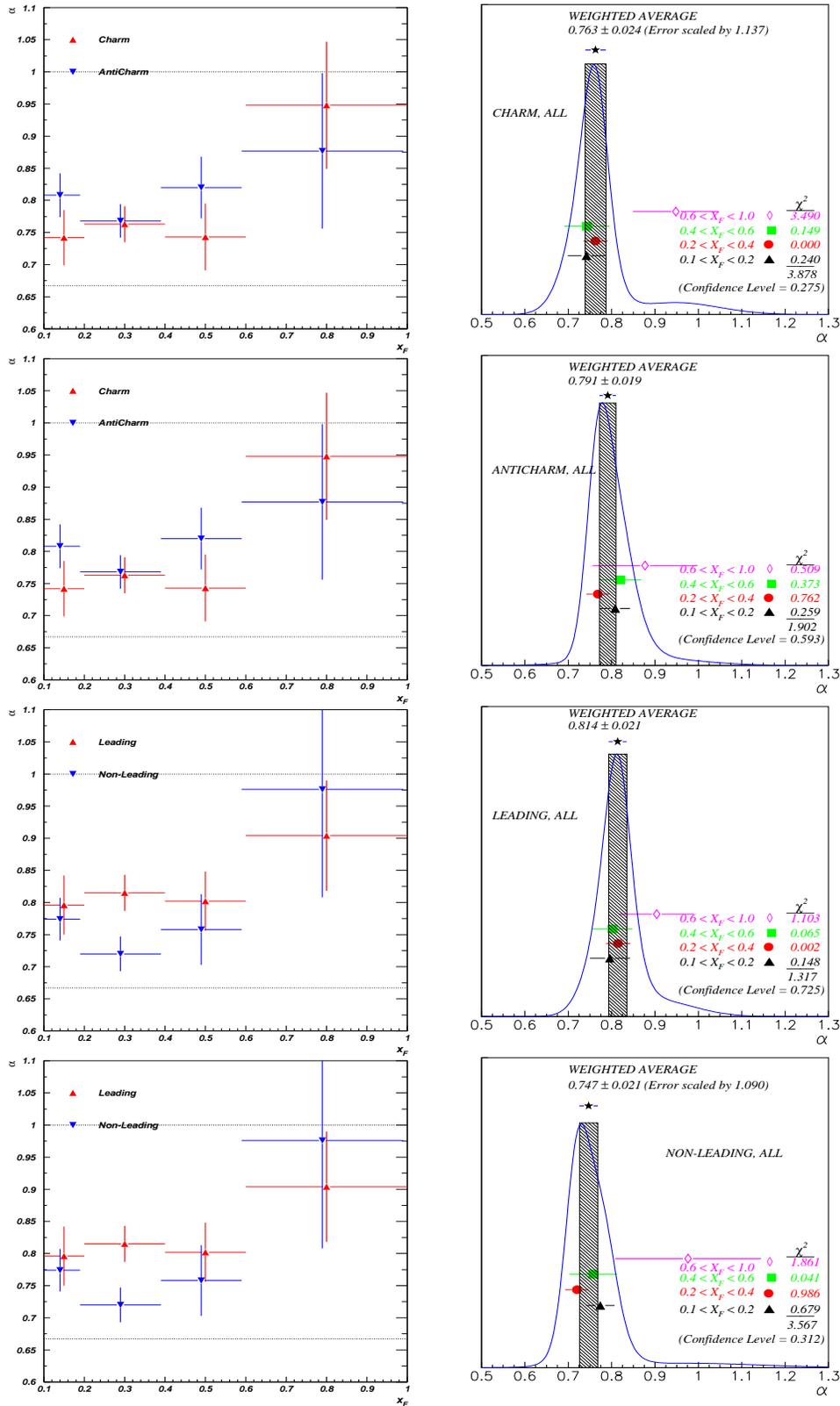


Figura 12.18: Parámetro α (izquierda de arriba hacia abajo, las líneas punteadas representan los valores de referencia para $\alpha = 1$ y $\alpha = 2/3$) e ideogramas (derecha de arriba hacia abajo) para todos los modos en 4 bins de x_F para los estados de charm, anti-charm, leading, y non-leading para todos los haces de partículas.

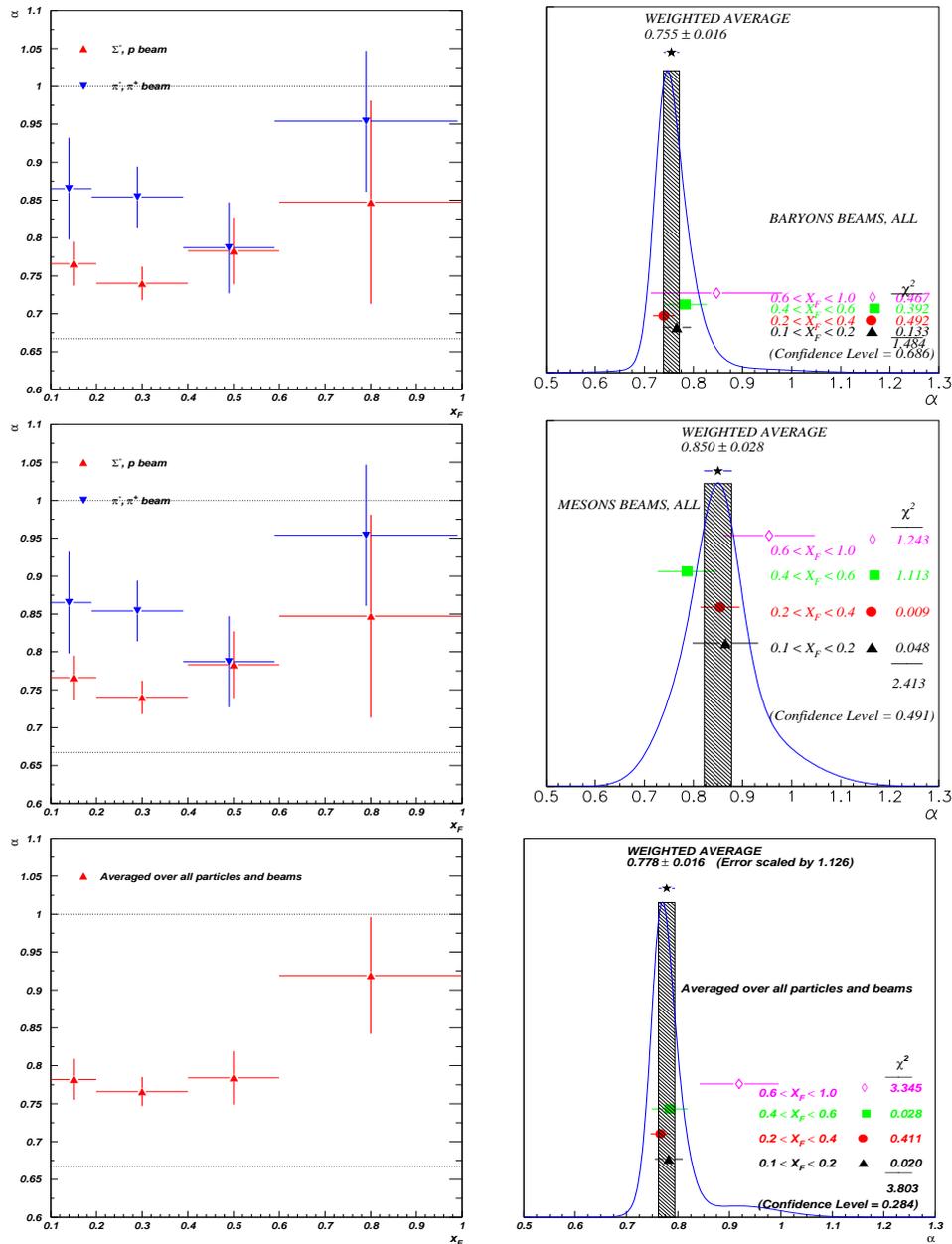


Figura 12.19: Parámetro α (izquierda de arriba hacia abajo, las líneas punteadas representan los valores de referencia para $\alpha = 1$ y $\alpha = 2/3$) e ideogramas (derecha de arriba hacia abajo) para todos los decaimientos en 4 bins de x_F para todos los haces, mesones y bariones.

12.17. Razón para todos los decaimientos

La razón R está definida:

$$R = \left(\frac{\sigma_{Cu}}{\sigma_C} \right) \left(\frac{A_C}{A_{Cu}} \right) = \left(\frac{N_{Cu}}{N_C} \right) \left(\frac{\rho_C}{\rho_{Cu}} \right) \left(\frac{L_C}{L_{Cu}} \right) \quad (12.4)$$

En esta sección se muestra la razón R para todos los modos y todos los haces de partículas.

En la tabla 12.10 se muestra un resumen de la razón R para todos los modos medidos en 4 bins de x_F .

El estudio de la razón fue realizado para los estados charm, anti-charm, leading, non-leading para todos los haces de partículas, también fue realizado para los haces de mesones y bariones.

En la figura 12.20 se muestra el resumen de la razón R para todos los modos y los haces de mesones y bariones, también se muestra el promedio para todos los modos y haces de partículas.

En la tabla H.48 se muestran los resultados para la razón R para charm, anti-charm y todos los estados para todos los haces de partículas.

En la tabla H.49 se muestran los resultados para la razón R para leading, non-leading y todos los estados para todos los haces de partículas.

En la tabla H.50 se muestran los resultados para la razón R para todos los modos y para los haces de mesones y bariones.

Tabla 12.10: Razón R par todos los modos para todos los haces en 4 bins de x_F .

Haz	Modo	R		R	
		$0.1 < x_F < 0.2$	$0.2 < x_F < 0.4$	$0.4 < x_F < 0.6$	$x_F > 0.6$
Σ^-	1	0.664 ± 0.080	0.627 ± 0.077	0.421 ± 0.172	–
Σ^-	2	0.722 ± 0.066	0.606 ± 0.064	0.973 ± 0.296	0.622 ± 1.596
Σ^-	3	0.448 ± 0.132	0.568 ± 0.089	0.492 ± 0.185	0.579 ± 0.660
Σ^-	4	0.412 ± 0.127	0.575 ± 0.084	0.717 ± 0.200	1.462 ± 2.249
Σ^-	5	0.663 ± 0.094	0.588 ± 0.066	0.329 ± 0.149	–
Σ^-	6	0.715 ± 0.091	0.699 ± 0.067	0.649 ± 0.139	0.768 ± 0.755
Σ^-	7	0.792 ± 0.315	0.839 ± 0.215	0.492 ± 0.253	–
Σ^-	8	0.542 ± 0.173	0.637 ± 0.117	0.647 ± 0.221	–
Σ^-	9	0.388 ± 0.291	0.372 ± 0.107	0.819 ± 0.236	–
Σ^-	10	0.715 ± 0.245	0.721 ± 0.118	0.762 ± 0.173	0.417 ± 0.348
Σ^-	11	1.190 ± 0.760	1.117 ± 0.360	–	–
Σ^-	12	0.985 ± 0.567	0.704 ± 0.143	0.802 ± 0.220	–
Σ^-	13	0.606 ± 0.203	0.915 ± 0.119	0.841 ± 0.136	0.755 ± 0.218
Σ^-	14	1.710 ± 0.706	0.651 ± 0.259	–	–
π^-	1	0.790 ± 0.181	0.746 ± 0.136	0.285 ± 0.116	–
π^-	2	0.838 ± 0.164	0.698 ± 0.124	0.935 ± 0.263	–
π^-	3	0.772 ± 0.418	0.804 ± 0.161	0.748 ± 0.218	0.996 ± 0.292
π^-	4	1.073 ± 0.395	0.821 ± 0.205	0.507 ± 0.161	0.658 ± 0.313
π^-	5	0.350 ± 0.197	0.611 ± 0.131	0.710 ± 0.197	1.576 ± 0.969
π^-	6	0.670 ± 0.196	0.660 ± 0.112	0.830 ± 0.222	0.754 ± 0.268
π^-	7	2.309 ± 2.145	1.320 ± 0.731	0.588 ± 0.349	–
π^-	8	0.333 ± 0.591	1.202 ± 0.478	0.679 ± 0.366	–
π^-	9	2.449 ± 2.451	0.923 ± 0.381	0.309 ± 0.234	1.007 ± 0.632
π^-	10	–	0.975 ± 0.363	0.603 ± 0.254	1.018 ± 0.366
π^-	11	–	0.383 ± 0.313	0.755 ± 0.730	–
π^-	12	–	0.808 ± 0.320	0.590 ± 0.431	2.392 ± 4.143
π^-	13	2.002 ± 1.802	1.148 ± 0.348	0.771 ± 0.347	0.717 ± 0.442
π^-	14	–	–	0.925 ± 0.563	–
p	1	0.480 ± 0.143	0.561 ± 0.131	0.673 ± 0.628	–
p	2	0.682 ± 0.134	0.578 ± 0.119	0.321 ± 0.221	–
p	3	0.688 ± 0.394	0.459 ± 0.157	0.646 ± 0.289	–
p	4	0.521 ± 0.304	0.398 ± 0.136	0.348 ± 0.312	0.891 ± 3.442
p	5	0.436 ± 0.188	0.622 ± 0.144	–	–
p	6	0.906 ± 0.266	0.712 ± 0.137	1.033 ± 0.446	–
p	7	–	0.518 ± 0.298	0.412 ± 0.451	–
p	8	–	1.049 ± 0.331	0.338 ± 0.366	–
p	9	–	–	0.420 ± 0.339	–
p	10	–	0.637 ± 0.249	0.273 ± 0.208	–
p	13	0.439 ± 0.564	0.395 ± 0.153	0.701 ± 0.260	1.048 ± 0.524
p	14	–	1.137 ± 1.506	0.689 ± 0.631	–
π^+	1	0.351 ± 0.379	1.134 ± 0.558	0.278 ± 0.303	–
π^+	2	0.588 ± 0.334	1.466 ± 0.534	0.359 ± 0.409	–
π^+	3	–	0.997 ± 0.675	0.858 ± 0.495	1.283 ± 1.888
π^+	4	–	0.646 ± 0.341	2.569 ± 2.172	–
π^+	5	1.198 ± 1.341	0.386 ± 0.246	0.498 ± 0.659	–
π^+	6	0.504 ± 0.642	0.853 ± 0.357	1.600 ± 0.874	1.058 ± 1.061

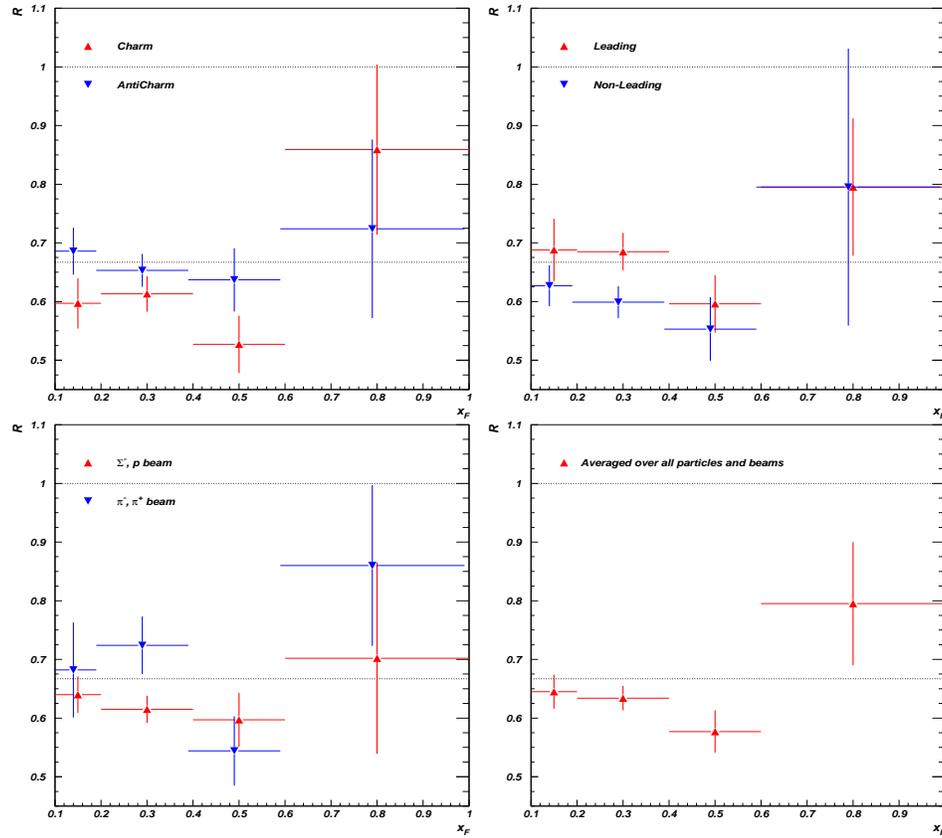


Figura 12.20: Razón R para todos los decaimientos medidos en 4 bins de x_F para charm, anti-charm, leading, non-leading, haces de bariones, haces de mesones, todos los estados y todos los haces. Las líneas punteadas representan los valores de referencia para $\alpha = 1$ y $\alpha = 2/3$.

12.18. Dependencia nuclear para Λ_c^+ para regiones pequeñas y grandes de p_t^2 para el haz de Σ^-

En esta sección se muestra la dependencia nuclear para Λ_c^+ producidos inclusivamente por el haz de Σ^- , se separaron los datos en 2 regiones de p_t^2 .

El estudio del parámetro α se realizó en 3 bins de x_F . Estos son: (0.1-0.35, 0.35-0.6 y 0.6-1.0). La región para pequeños p_t^2 fue tomada de la siguiente manera $p_t^2 < 1.0$ (GeV/c)², y para grandes p_t^2 ($p_t^2 > 1.3$ (GeV/c)²). En la figura 12.21 se muestra el resultado de este estudio.

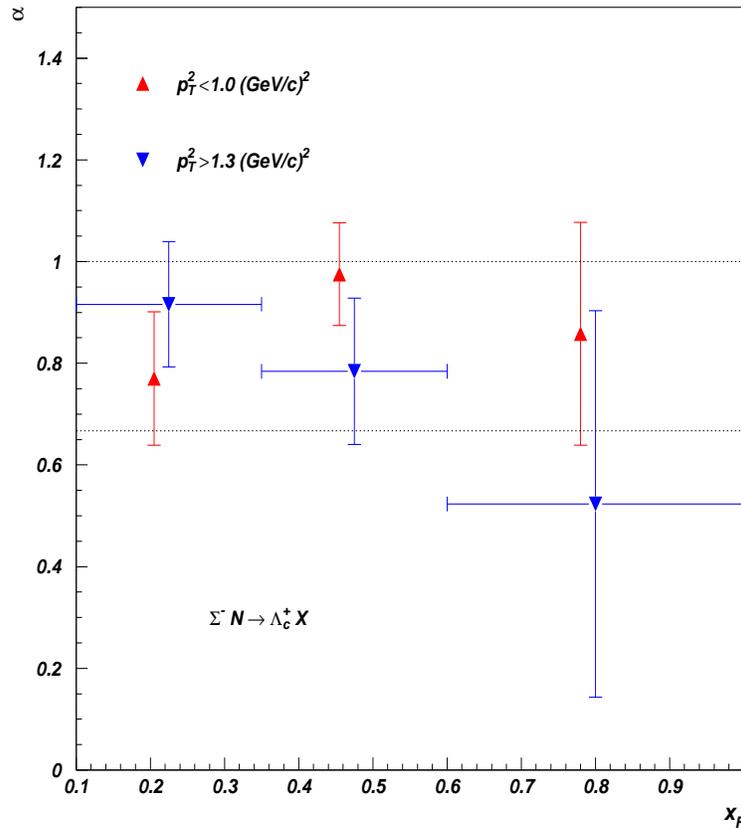


Figura 12.21: Parámetro α para Λ_c^+ medidos en 3 bins de x_F para pequeños y grandes p_t^2 , este corresponde al haz de Σ^- . Las líneas punteadas representan los valores de referencia para $\alpha = 1$ y $\alpha = 2/3$.

12.19. Dependencia nuclear para el haz de Σ^- para los modos de mayor estadística, en regiones de p_t^2

En esta sección se muestra la dependencia nuclear medida en 3 bins de x_F para los siguientes mesones charm: $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$, $\overline{D^0} \rightarrow K^+ \pi^-$, $D^0 \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-$, $\overline{D^0} \rightarrow K^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$, $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$, $D^- \rightarrow K^+ \pi^- \pi^-$ y el barión $\Lambda_c^+ \rightarrow p K^- \pi^+$, este estudio fue realizado en 2 regiones de p_t^2 .

En la figura 12.22 se muestra un resumen del parámetro α para regiones de p_t^2 , pequeñas p_t^2 (parte superior) y grandes p_t^2 (parte inferior).

En la figura 12.23 se muestra un resumen del parámetro α para los estados de charm, anti-charm, leading, non-leading, y la suma de todos los modos (izquierda de la parte superior a inferior, aquí se utilizaron todos los modos descritos en esta sección), en la parte derecha (parte superior a inferior, aquí sólo usamos los mesones descritos en esta sección, en esta parte no se utilizó el barión Λ_c^+).

En la figura 12.24 se muestra un resumen del parámetro α para mesones D y el barión Λ_c^+ , para pequeños y grandes p_t^2 .

En las tablas H.51 y H.52 se muestran los resultados del parámetro α para los diferentes modos y el haz de Σ^- . Esta tabla corresponde a pequeños p_t^2 .

En las tablas H.53 y H.54 se muestran los resultados del parámetro α para los diferentes modos y el haz de Σ^- . Esta tabla corresponde a grandes p_t^2 .

En la tabla H.55 se muestran los resultados del parámetro α para todos los modos descritos en esta sección, se separaron en charm, anti-charm, leading y non-leading. Esta tabla corresponde a pequeños p_t^2 .

En la tabla H.56 se muestran los resultados del parámetro α para todos los mesones D descritos en esta sección, se separaron en charm, anti-charm, leading y non-leading. Esta tabla corresponde a pequeños p_t^2 .

En la tabla H.57 se muestran los resultados del parámetro α para todos los modos descritos en esta sección, se separaron en charm, anti-charm, leading y non-leading. Esta tabla corresponde a grandes p_t^2 .

En la tabla H.58 se muestran los resultados del parámetro α para todos los mesones D descritos en esta sección, se separaron en charm, anti-charm, leading y non-leading. Esta tabla corresponde a grandes p_t^2 .

En la tabla H.59 se muestran los resultados del parámetro α para todos los modos. Esta tabla corresponde a pequeños y grandes p_t^2 .

En la tabla H.60 se muestran los resultados del parámetro α para los mesones D. Esta tabla corresponde a pequeños y grandes p_t^2 .

En la tabla H.61 se muestran los resultados del parámetro α para mesones D y el barión Λ_c^+ para pequeños y grandes p_t^2 .

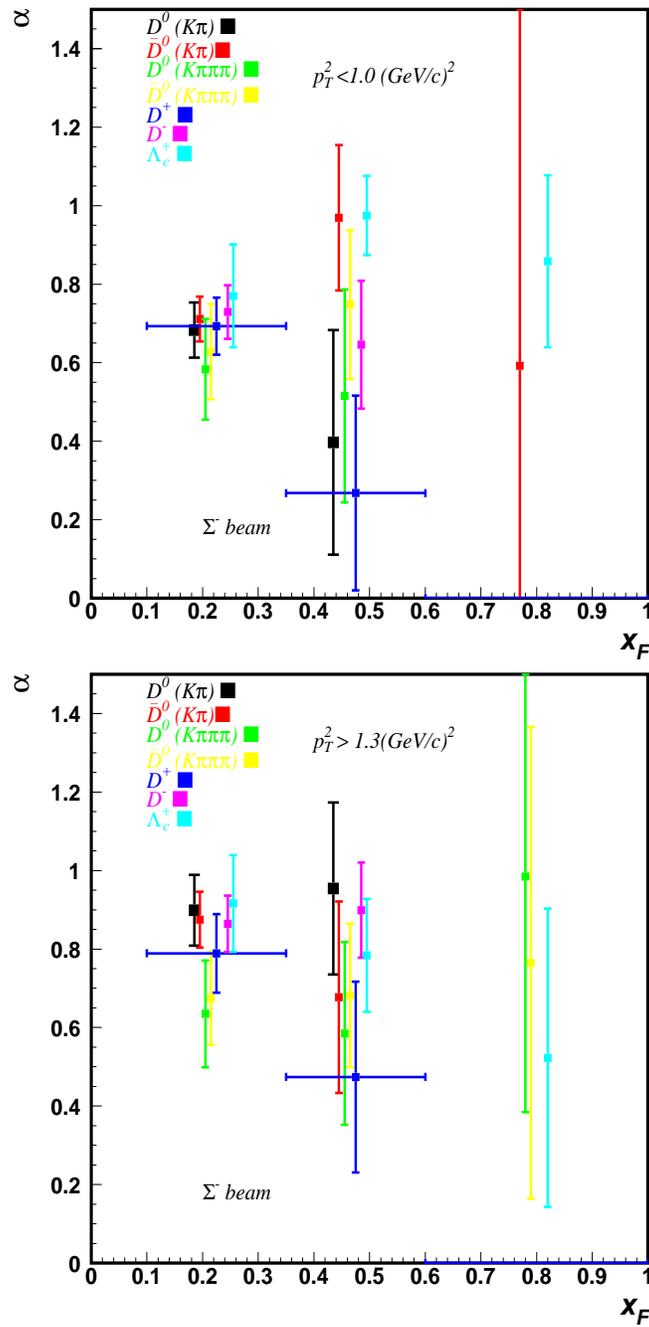


Figura 12.22: Parámetro α para mesones D y el barión Λ_c^+ medido en 3 bins de x_F para pequeños p_T^2 (parte superior) y grandes p_T^2 (parte inferior), este corresponde al haz de Σ^- .

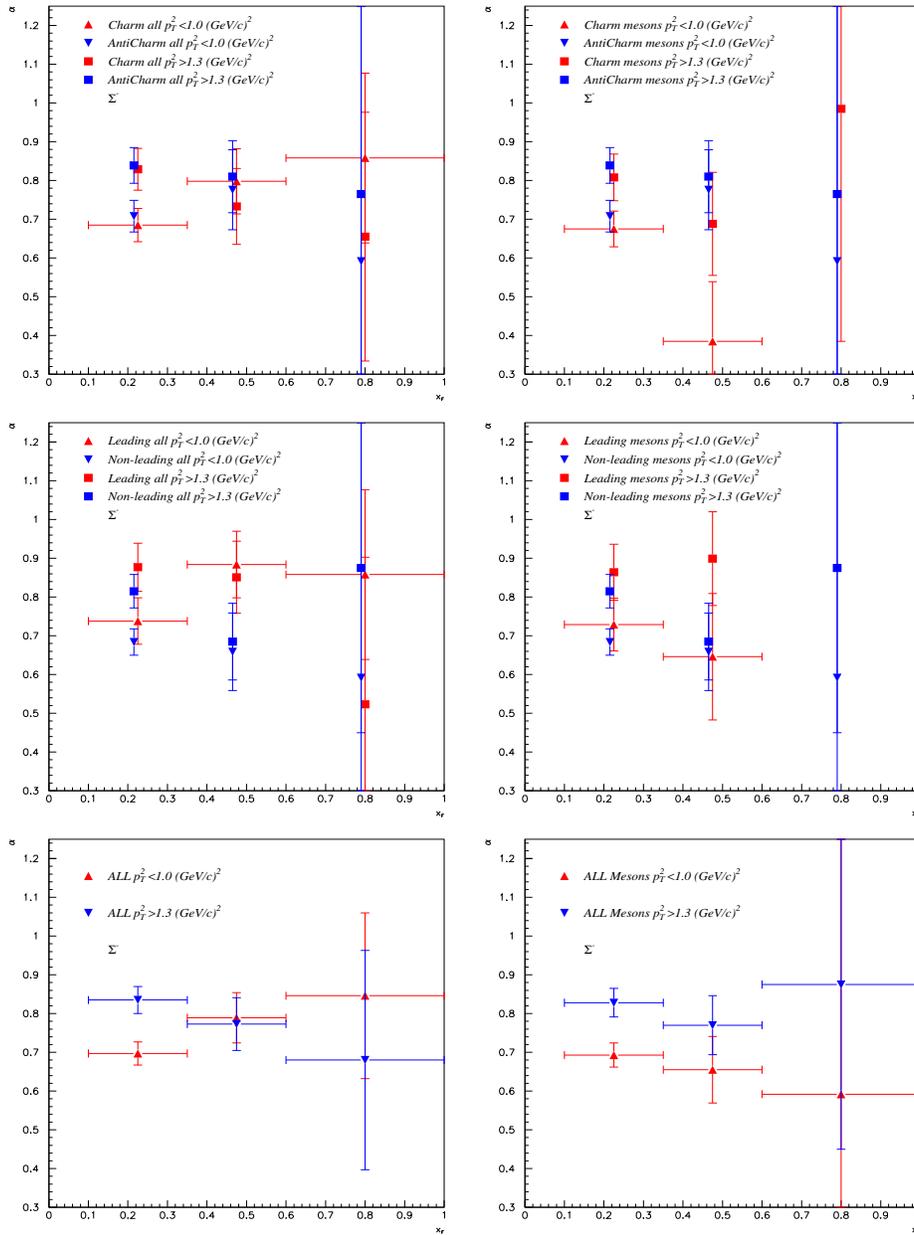


Figura 12.23: Parámetro α para algunos modos descritos en el texto medidos en 3 bins de x_F para (charm, anti-charm), (leading, non-leading) y todos los modos para el haz de Σ^- (izquierda es para todos los modos), (derecha es para los mesones D, en este caso no se tomó en cuenta el barión Λ_c^+).

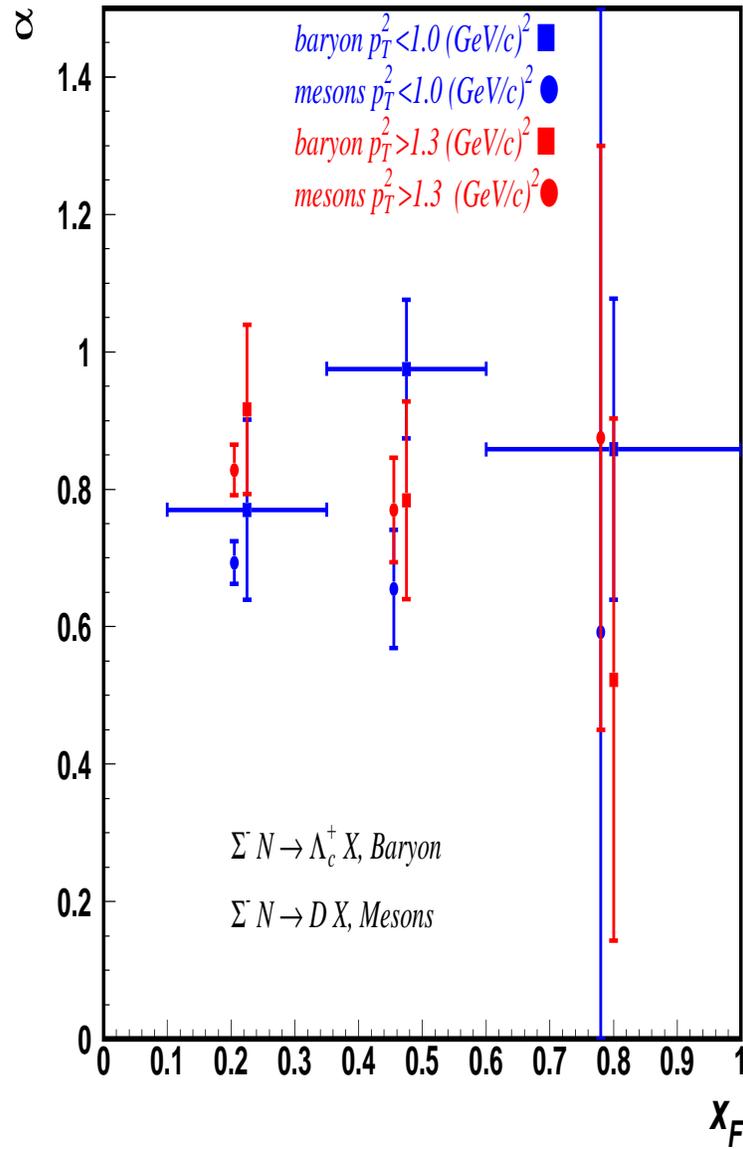


Figura 12.24: Comparación del parámetro α para mesones D y el barión Λ_c^+ para pequeños y grandes p_t^2 , este corresponde al haz de Σ^- .

12.20. Dependencia nuclear para el haz de π^- para los mesones D en regiones de p_t^2

En esta sección se muestra la dependencia nuclear medida en 3 bins de x_F para los mesones: $D^0 \rightarrow K^-\pi^+$, $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-$, $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^+\pi^-$, $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-\pi^+\pi^-$, $D^+ \rightarrow K^-\pi^+\pi^+$ y $D^- \rightarrow K^+\pi^-\pi^-$, este estudio fue realizado en 2 regiones de p_t^2 .

En la figura 12.25 se muestra un resumen del parámetro α para pequeños p_t^2 (parte superior) y grandes p_t^2 (parte inferior).

En la figura 12.26 se muestra un resumen del parámetro α para (charm, anti-charm, parte superior-izquierda), (leading, non-leading parte superior-derecha), y la suma de todos los modos (parte inferior) para pequeños p_t^2 y grandes p_t^2 .

En las tablas H.62 y H.63 se muestran los resultados del parámetro α para diferentes modos y el haz de π^- . Estas tablas corresponden a pequeños p_t^2 .

En las tablas H.64 y H.65 se muestran los resultados del parámetro α para los diferentes modos y el haz de π^- . Estas tablas corresponden a grandes p_t^2 .

En la tabla H.66 se muestran los resultados del parámetro α para charm, anti-charm, leading, non-leading y la suma de todos los mesones D. Esta tabla corresponde a pequeños p_t^2 .

En la tabla H.67 se muestran los resultados del parámetro α para charm, anti-charm, leading, non-leading y la suma de todos los mesones D. Esta tabla corresponde a grandes p_t^2 .

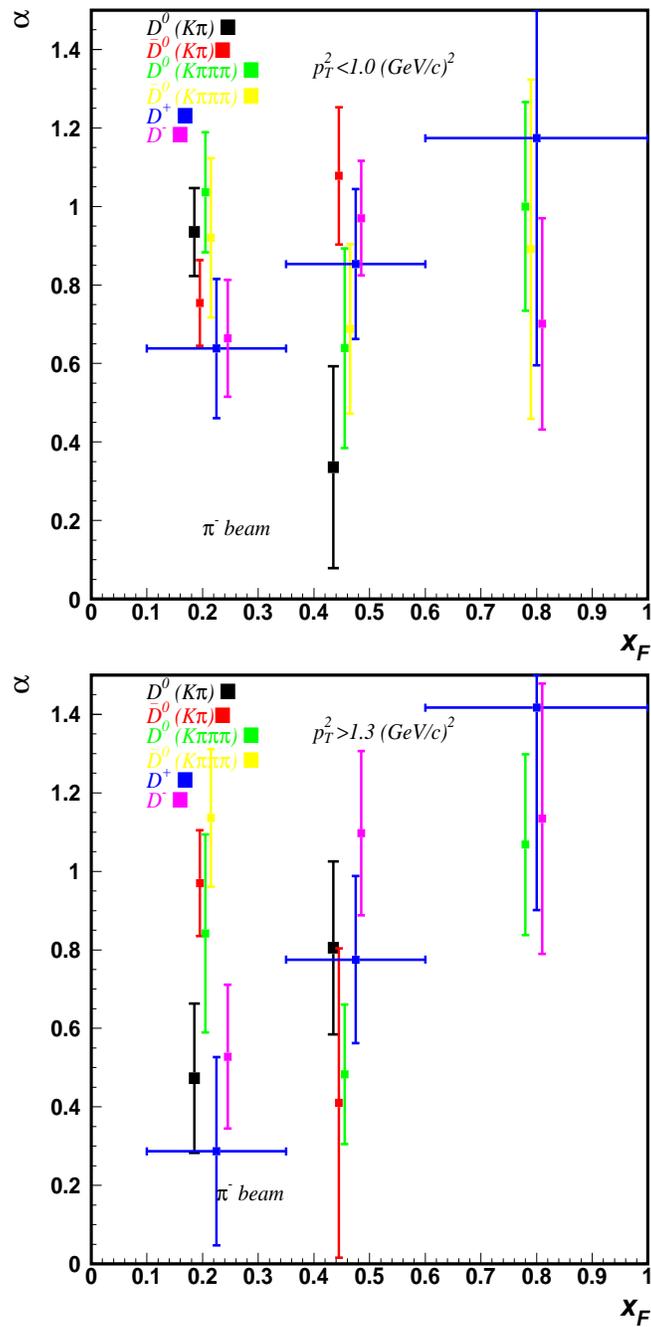


Figura 12.25: Parámetro α para mesones D medidos en 3 bins de x_F para pequeños p_T^2 (parte superior) y grandes p_T^2 (parte inferior), este corresponde al haz de π^- .

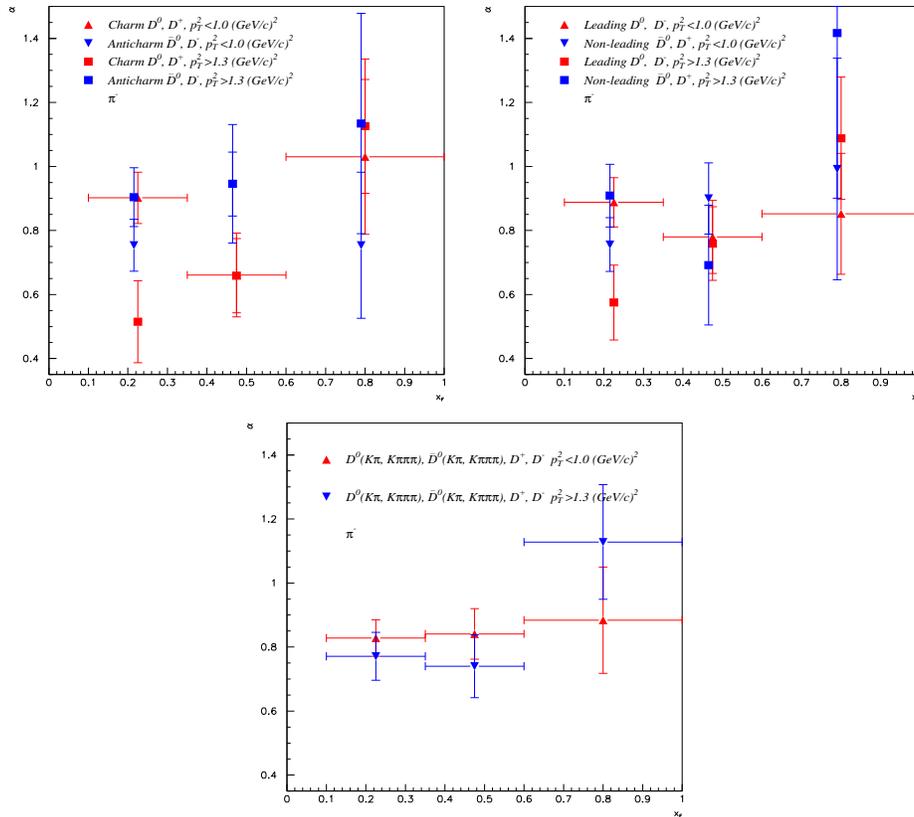


Figura 12.26: Parámetro α para algunos modos descritos en el texto medidos en 3 bins de x_F para (charm, anti-charm izquierda parte superior), (leading, non-leading derecha parte superior) y todos los modos para el haz de π^- (parte inferior).

12.21. Comparación del parámetro α con otros experimentos para el haz de π^-

En esta sección comparamos nuestros resultados del parámetro α con otros experimentos para el haz de π^- .

La colaboración E769 reporta $\alpha = 1.00 \pm 0.05 \pm 0.02$ para mesones D producidos por los haces de π^- y π^+ , ellos utilizaron blancos de Be, Cu, Al y W [17]. Ellos estudiaron $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$, $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$ y sus antipartículas. Ellos no encuentran dependencia nuclear en función de x_F y p_t^2 . Además ellos separaron sus valores de α para D^0 y D^+ , y para π^- y π^+ . Los valores se muestran en la tabla H.68.

La colaboración WA82 reporta $\alpha = 0.92 \pm 0.06$ para mesones D producidos en Si, Cu, y W, con un haz de π^- a 340 GeV/c [16]. Ellos estudiaron $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$, $D^0 \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-$, $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$ y sus respectivas antipartículas. Ellos no encuentran ninguna dependencia del parámetro α . Además ellos separaron sus resultados para D^0 (2 modos) y D^+ . Los valores se muestran en la tabla H.69.

La colaboración WA92 reporta $\alpha = 0.95 \pm 0.06 \pm 0.03$ para mesones D producidos en Cu, y W con un haz de π^- a 350 GeV/c [10]. Ellos estudiaron $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$, $D^0 \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-$, $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$, $D_s^+ \rightarrow \phi \pi^+$ y sus respectivas antipartículas. Ellos no encontraron ninguna dependencia del parámetro α . Además reportan valores de α para D^0 (2 modos), D^+ y D_s^+ . Los valores se muestran en las tablas H.70 y H.71.

Las colaboraciones E769, WA82 y WA92 muestran figuras del parámetro α como función de x_F y p_t , por lo tanto, podemos comparar nuestros resultados con los de ellos.

En la figura 12.27 comparamos nuestros resultados (histograma rojo) con los de la colaboración E769 (histograma azul parte superior), en la parte media comparamos nuestros resultados (histograma rojo) con los resultados de las colaboraciones WA82 (histograma azul) y WA92 (histograma negro), y en la parte inferior comparamos nuestros resultados separados en regiones de pequeños y grandes p_t^2 (histogramas rojo y verde) con los resultados de las colaboraciones WA82 (histograma azul) y WA92 (histograma negro).

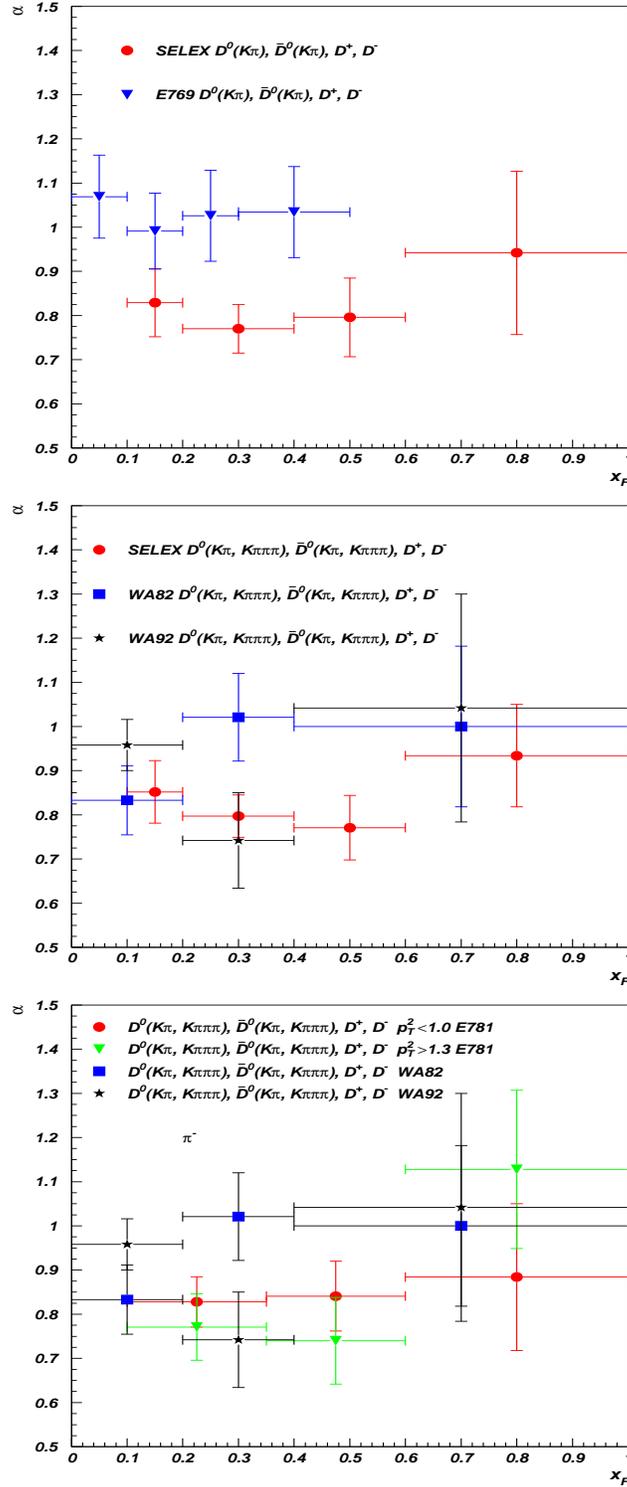


Figura 12.27: Comparación del parámetro α para mesones D descritos en el texto para el haz de π^- . En la parte superior comparamos nuestros resultados (histograma rojo) con los de la colaboración E769 (histograma azul), en la parte media comparamos nuestros resultados (histograma rojo) con los resultados de las colaboraciones WA82 (histograma azul) y WA92 (histograma negro), y en la parte inferior comparamos nuestros resultados separados en regiones de pequeños y grandes p_t^2 (histogramas rojo y verde) con los resultados de las colaboraciones WA82 (histograma azul) y WA92 (histograma negro).

12.22. Discusión y Conclusiones de los resultados

Se estudió la dependencia nuclear para 14 modos:

$$D^0 \rightarrow K^- \pi^+, \overline{D^0} \rightarrow K^+ \pi^-, D^0 \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-, \overline{D^0} \rightarrow K^+ \pi^- \pi^+ \pi^-, D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+, D^- \rightarrow K^+ \pi^- \pi^-, D^{*+} \rightarrow D^0(K^- \pi^+) \pi^+, D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K^+ \pi^-) \pi^-, D^{*+} \rightarrow D^0(K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-) \pi^+, D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K^+ \pi^- \pi^+ \pi^-) \pi^-, D_s^+ \rightarrow K^- K^+ \pi^+, D_s^- \rightarrow K^+ K^- \pi^-, \Lambda_c^+ \rightarrow p K^- \pi^+ \text{ y } \Lambda_c^- \rightarrow \bar{p} K^+ \pi^-.$$

Se presentan los resultados de la dependencia nuclear para estos modos, para los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ (cuando hay suficiente estadística). El análisis fue realizado en 4 bins de x_F . Se separaron las mediciones en: charm, anti-charm, leading y non-leading. Se utilizaron ideogramas para mostrar el parámetro α . Sólo se utilizó el segundo blanco de Cobre (blanco número 7=1.19 mm) y se aplicó un corte en $x_F > 0.1$. También se aplicaron los mismos cortes para todos los decaimientos.

Se separaron las conclusiones por secciones:

- Sección 12.4 para D^0 y $\overline{D^0}$ ($K\pi$) para los diferentes haces.

Se separó el parámetro α en charm, anti-charm, leading y non-leading. Se encontró que las mediciones son iguales dentro de los errores estadísticos para 4 bins de x_F . Más detalles en las tablas H.3 y H.4.

- Sección 12.5 para D^0 y $\overline{D^0}$ ($K\pi\pi\pi$) para los diferentes haces.

Se separó el parámetro α en charm, anti-charm, leading y non-leading. Se encontró que las mediciones son iguales dentro de los errores estadísticos para 4 bins de x_F . Más detalles en las tablas H.7 y H.8.

- Sección 12.6 para D^+ y D^- para los diferentes haces.

Se separó el parámetro α en charm, anti-charm, leading y non-leading. Se encontró que las mediciones son iguales dentro de los errores estadísticos para 4 bins de x_F . Más detalles en las tablas H.11 y H.12.

- Sección 12.7 para $D^{*+} \rightarrow D^0(K\pi)\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K\pi)\pi^-$ para los diferentes haces.

Se separó el parámetro α en charm, anti-charm, leading y non-leading. Se encontró que las mediciones son iguales dentro de los errores estadísticos para 4 bins de x_F . Más detalles en la tabla H.15.

- Sección 12.8 para $D^{*+} \rightarrow D^0(K\pi\pi\pi)\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K\pi\pi\pi)\pi^-$ para los diferentes haces.

Se separó el parámetro α en charm, anti-charm, leading y non-leading. Se encontró que las mediciones son iguales dentro de los errores estadísticos para 4 bins de x_F . Más detalles en la tabla H.18.

- Sección 12.9 para D_s^+ y D_s^- para los haces negativos.

Se separó el parámetro α en charm, anti-charm, leading y non-leading. Se encontró que las mediciones son iguales dentro de los errores estadísticos para 4 bins de x_F . Más detalles en las tablas H.20 y H.21.

- Sección 12.10 para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda}_c^-$ para los diferentes haces.

Se separó el parámetro α en charm, anti-charm, leading y non-leading. Se encontró que las mediciones son iguales dentro de los errores estadísticos para 4 bins de x_F . Más detalles en las tablas H.24 y H.25.

- Sección 12.11 es un resumen de la dependencia nuclear α y eventos para todos los modos, diferentes haces y blancos.
- Sección 12.12 para 14 modos producidos por el haz de Σ^- .

La conclusión es que todas las mediciones son consistentes con $\alpha = 0.764 \pm 0.018$ para todo x_F .

Separamos el parámetro α en charm, anti-charm, leading y non-leading. Se encontró que las mediciones del parámetro α para charm, anti-charm, y non-leading son iguales dentro de los errores estadísticos, más detalles en las tablas H.26 y H.28. En las tablas H.27 y H.29 restamos el parámetro α menos la media ($\alpha = 0.764$), no se ve ninguna tendencia. Sin embargo, se encontró que las mediciones para leading y non-leading no son iguales dentro de los errores estadísticos, concluimos que las mediciones son diferentes. Para leading $\alpha = 0.813 \pm 0.028$, y para non-leading $\alpha = 0.730 \pm 0.022$.

- Sección 12.13 para 14 modos producidos por el haz de π^- .

La conclusión es que todas las mediciones son consistentes con $\alpha = 0.840 \pm 0.030$ para todo x_F .

Separamos el parámetro α en charm, anti-charm, leading y non-leading. Se encontró que las mediciones del parámetro α para charm, anti-charm, leading y non-leading son iguales dentro de los errores estadísticos, más detalles en las tablas H.30 y H.32. En las tablas H.31 y H.33 restamos el valor de α menos la media ($\alpha=0.840$), no se encontró ninguna tendencia.

- Sección 12.14 para 12 modos producidos por el haz de protones.

La conclusión es que todas las mediciones son consistentes con $\alpha = 0.711 \pm 0.040$ para todo x_F .

Separamos el parámetro α en charm, anti-charm, leading y non-leading. Se encontró que las mediciones del parámetro α para charm, anti-charm, leading, y non-leading son iguales dentro de los errores estadísticos, más detalles en las tablas H.34 y H.36. En las tablas H.35 y H.37 restamos el valor de α menos la media ($\alpha=0.711$), no se encontró ninguna tendencia.

- Sección 12.15 para 6 modos producidos por el haz de π^+ .

La conclusión es que todas las mediciones son consistentes con $\alpha = 0.944 \pm 0.092$ para todo x_F .

Separamos el parámetro α en charm, anti-charm, leading y non-leading. Se encontró que las mediciones del parámetro α para charm, anti-charm, leading, y non-leading son iguales dentro de los errores estadísticos, más detalles en las tablas H.38 y H.40. En las tablas H.39 y H.41 restamos el valor de α menos la media ($\alpha = 0.944$), no se encontró ninguna tendencia.

- Sección 12.16 para 14 modos producidos por todos los haces.

Separamos el parámetro α en charm, anti-charm, leading y non-leading. La conclusión para charm es que el parámetro α es consistente con 0.763 ± 0.024 para $x_F < 0.6$. Para anti-charm es que el parámetro α es consistente con 0.791 ± 0.019 para todo el rango en x_F . Para leading es que el parámetro α es consistente con 0.814 ± 0.021 para todo el rango en x_F . Para non-leading es que el parámetro α es consistente con 0.747 ± 0.021 para $x_F < 0.6$.

Cuando comparamos el parámetro α para charm y anti-charm, este es igual dentro de los errores estadísticos.

Cuando comparamos el parámetro α para leading y non-leading, este es igual dentro de los errores estadísticos para 3 bins en x_F , pero para el segundo bin de x_F (0.2-0.4) el parámetro α es diferente.

La conclusión para el parámetro α para todos los modos producidos por haces de bariones (Σ^- y protones) es consistente con 0.755 ± 0.016 para todo el rango en x_F .

La conclusión para el parámetro α para todos los modos producidos por haces de mesones (π^\pm) es consistente con 0.850 ± 0.028 para todo el rango en x_F .

Cuando comparamos el parámetro α para todos los modos producidos por haces de bariones con mesones es diferente a bajos x_F . El parámetro α para haces de mesones es mayor que el de haces de bariones.

Finalmente, la conclusión para el parámetro α para todos los modos y todos los haces es consistente con 0.778 ± 0.016 para todo el rango en x_F .

- Sección 12.17 se presentaron los resultados para la razón R .
- Sección 12.18 para Λ_c^+ producido por el haz de Σ^- en 2 regiones de p_t^2 .

El estudio fue realizado en 3 bins de x_F . Para $p_t^2 < 1.0$ (GeV/c)² se observó que el parámetro α se incrementa un poco con x_F . Por otro lado, para $p_t^2 > 1.3$ (GeV/c)² se observó que el parámetro α decrece un poco con x_F . Debido a que se tienen errores grandes, no podemos hacer ninguna conclusión definitiva.

- Sección 12.19 para 6 mesones D y Λ_c^+ producidos por el haz de Σ^- para 2 regiones de p_t^2 .

Se separó el parámetro α en charm, anti-charm, leading, non-leading y todos los estados para pequeños y grandes p_t^2 .

Se concluye para charm que el parámetro α para pequeños p_t^2 se incrementa un poco con x_F , y para grandes p_t^2 α decrece un poco con x_F , sin embargo, los errores son grandes.

Se concluye para anti-charm que el parámetro α es constante para pequeños y grandes p_t^2 , pero el parámetro α es mayor para grandes p_t^2 que para pequeñas p_t^2 .

Se concluye para leading que el parámetro α se incrementa un poco con x_F , para pequeños p_t^2 , mientras que para grandes p_t^2 α es constante para las regiones pequeña y central de x_F , y para grandes x_F α decrece.

Se concluye para non-leading que el parámetro α es mayor para grandes p_t^2 que para pequeñas p_t^2 , aunque cabe señalar que los errores son grandes.

Se concluye para todos los modos descritos en el texto, que el parámetro α se incrementa con x_F para pequeños p_t^2 , mientras que para grandes p_t^2 α decrece un poco con x_F , aunque cabe señalar que los errores son grandes.

También se realizó el mismo análisis para mesones D, es importante señalar que no se utilizó el barión Λ_c^+ .

Para mesones charm el parámetro α es mayor para grandes p_t^2 que para pequeños p_t^2 , y además decrece con x_F .

Para mesones anti-charm el parámetro α es mayor para grandes p_t^2 que para pequeños p_t^2 .

Para leading el parámetro α es mayor para grandes p_t^2 que para pequeños p_t^2 .

Para non-leading el parámetro α es mayor para grandes p_t^2 que para pequeños p_t^2 .

Para todos los mesones D el parámetro α es mayor para grandes p_t^2 que para pequeños p_t^2 .

Si comparamos el parámetro α para mesones D con el parámetro α para el barión Λ_c^+ para pequeños p_t^2 , α para pequeños y grandes x_F son iguales dentro de los errores, pero en la región central de x_F el parámetro α es diferente, además de que el parámetro α para Λ_c^+ es mayor que para mesones D.

Finalmente, cuando comparamos el parámetro α para mesones D con el parámetro α para el barión Λ_c^+ para grandes p_t^2 , el parámetro α es igual dentro de los errores estadísticos, pero α para Λ_c^+ decrece un poco con x_F .

- Sección 12.20 para 6 mesones D producidos por el haz de π^- para 2 regiones de p_t^2 .

Se separó el parámetro α en charm, anti-charm, leading, non-leading y todos los modos descritos en el texto para pequeños y grandes p_t^2 .

Para charm, el parámetro α para pequeños p_t^2 es aproximadamente 1.0 para pequeños y grandes x_F , pero en la región central de x_F α es alrededor de $2/3$, aunque los errores son grandes. Para grandes p_t^2 α crece un poco con x_F .

Para anti-charm, el parámetro α para pequeños p_t^2 se incrementa un poco con x_F , y para grandes p_t^2 α es igual para pequeños y grandes x_F , pero en la región central de x_F es diferente, aunque los errores son grandes.

Para leading, el parámetro α es constante con x_F para pequeños p_t^2 , y para grandes p_t^2 α se incrementa un poco con x_F .

Para non-leading, el parámetro α para pequeños p_t^2 se incrementa un poco con x_F .

Para todos los mesones D descritos en el texto, el parámetro α es constante para pequeños p_t^2 , mientras que para grandes p_t^2 α es constante para las regiones pequeña y central de x_F , y se incrementa para grandes x_F .

- Sección 12.21 Comparación del parámetro α de este trabajo con resultados de otros experimentos para mesones D producidos por los haces π^- o π^\pm .

Comparamos nuestros resultados del parámetro α con los resultados del experimento E769 para $D^0 \rightarrow K^-\pi^+$, $D^+ \rightarrow K^-\pi^+\pi^+$ y sus respectivas antipartículas. La conclusión es que las mediciones son diferentes. El parámetro α para E769 es 1.00 ± 0.05 , mientras que nuestro resultado para α es solamente 1.00 a grandes x_F , pero a bajos y medianos x_F , α es menor a 1.00.

Comparamos nuestros resultados del parámetro α con los resultados del experimento WA82 para $D^0 \rightarrow K^-\pi^+$, $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^+\pi^-$, $D^+ \rightarrow K^-\pi^+\pi^+$ y sus respectivas antipartículas. La conclusión es que las mediciones son iguales dentro de los errores estadísticos para bajos y grandes x_F , sin embargo en la región central de x_F el parámetro α es diferente.

Comparamos nuestros resultados del parámetro α con los resultados del experimento WA92 para $D^0 \rightarrow K^-\pi^+$, $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^+\pi^-$, $D^+ \rightarrow K^-\pi^+\pi^+$ y sus respectivas antipartículas. La conclusión es que las mediciones son iguales dentro de los errores estadísticos

Finalmente, se compararon nuestros resultados del parámetro α en 2 regiones de p_t^2 con los resultados del experimento WA82 para $D^0 \rightarrow K^-\pi^+$, $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^+\pi^-$, $D^+ \rightarrow K^-\pi^+\pi^+$ y sus respectivas antipartículas. La conclusión es que las mediciones son iguales dentro de los errores estadísticos para bajos y grandes x_F , sin embargo en la región central de x_F el parámetro α es diferente.

También se compararon nuestros resultados del parámetro α en 2 regiones de p_t^2 con los resultados del experimento WA92 para $D^0 \rightarrow K^-\pi^+$, $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^+\pi^-$, $D^+ \rightarrow K^-\pi^+\pi^+$ y sus respectivas antipartículas. La conclusión es que las mediciones son iguales dentro de los errores estadísticos para grandes x_F para pequeños y grandes p_t^2 . Sin embargo, a bajos x_F el parámetro α es diferente.

Capítulo 13

Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones más importantes de este trabajo.

- Se estudiaron 14 decaimientos los cuales son:

$D^0 \rightarrow K^-\pi^+$, $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-$, $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^+\pi^-$, $\overline{D^0} \rightarrow K^+\pi^-\pi^+\pi^-$,
 $D^+ \rightarrow K^-\pi^+\pi^+$, $D^- \rightarrow K^+\pi^-\pi^-$, $D^{*+} \rightarrow D^0\pi^+$ cuando D^0 decae
en $K\pi$ y $K\pi\pi\pi$, $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}\pi^-$ cuando $\overline{D^0}$ decae en $K\pi$ y $K\pi\pi\pi$,
 $D_s^+ \rightarrow K^-K^+\pi^+$, $D_s^- \rightarrow K^+K^-\pi^-$, $\Lambda_c^+ \rightarrow pK^-\pi^+$, y $\overline{\Lambda_c^-} \rightarrow \overline{p}K^+\pi^-$.

- Se midió el parámetro n de la ecuación 1.7 para todos los decaimientos mostrados en el primer punto.

- Para los mesones D^+ y D^- con los diferentes haces y blancos del experimento SELEX, se encontró un resultado para el parámetro n para el haz de mesones, el cual es de 2.17 ± 0.09 y un resultado para el haz de bariones el cual es de 4.27 ± 0.09 .
- Para los mesones D^0 , $\overline{D^0}$, D^{*+} y D^{*-} se encontraron algunas inconsistencias.

- Se midió el parámetro de asimetría para todos los decaimientos mostrados en el primer punto.

- Se realizó la comparación de $D^- - D^+$ con el experimento WA89 para el haz de Σ^- , donde el comportamiento es similar.
- Se realizó la comparación de $D^- - D^+$ con el experimento E791 para el haz de π^- , donde los resultados hasta $x_F < 0.5$ son iguales dentro de los errores estadísticos.
- Se realizó la comparación de $D_s^- - D_s^+$ para el haz de Σ^- con el experimento WA89 y con un trabajo previo de SELEX usando datos de pass1. Se puede apreciar que el comportamiento es similar.

- Se realizó la comparación de $D^{*-} - D^{*+}$ para el haz de π^- , con los experimentos E791 y WA92, con esto se concluye que la forma es similar. Este caso es cuando el D^{*-} y el D^{*+} decaen en $D^0\pi$ cuando el D^0 decae en $K\pi$.
 - Se realizó la comparación de $D^{*-} - D^{*+}$ para el haz de π^- , con los experimentos E791 y WA92, con esto se concluye que la forma es similar. Este caso es cuando el D^{*-} y el D^{*+} decaen en $D^0\pi$ cuando el D^0 decae en $K\pi\pi\pi$.
 - Se realizó la comparación de $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ para el haz de Σ^- , con el experimento WA89 y con un trabajo previo de SELEX usando datos de pass1. Se puede apreciar que el comportamiento es similar.
- Se midió el parámetro α de la dependencia nuclear para todos los decaimientos mostrados en el primer punto.
- Se encontró que no hay dependencia en α como función de x_F para ninguna combinación de charm dentro del intervalo $0.1 < x_F < 1.0$. Donde el valor promedio del parámetro α para todos los modos y todos los haces es $\alpha = 0.778 \pm 0.014$ [93].
 - El valor promedio del parámetro α de la producción de charm producidos por los haces de mesones (π^\pm) es $\alpha_{mesones} = 0.850 \pm 0.028$. El cual es mayor que el valor promedio del parámetro α de la producción de charm producidos por los haces de bariones (Σ^- , proton) es $\alpha_{bariones} = 0.755 \pm 0.016$. La diferencia corresponde a un efecto de 3σ .
 - El valor promedio del parámetro α de la producción de charm producidos por todos los haces es $\alpha_{charm} = 0.763 \pm 0.021$. El cual es igual dentro de los errores estadísticos con el valor promedio del parámetro α de la producción de anti-charm producidos por todos los haces, este es $\alpha_{anti-charm} = 0.791 \pm 0.019$.
 - El valor promedio del parámetro α de la producción de charm (separado para los estados leading) producidos por todos los haces es $\alpha_{leading} = 0.814 \pm 0.021$. El cual es mayor que el valor promedio del parámetro α de la producción de charm (separado para los estados non-leading) producidos por todos los haces, este es $\alpha_{non-leading} = 0.747 \pm 0.019$. La diferencia corresponde a un efecto de 2.3σ .
 - Para la producción de bariones Λ_c^+ con un haz de bariones, en este caso Σ^- , el comportamiento mostrado en la figura 12.21 muestra un decrecimiento para grandes x_F y p_t^2 , comparado con los resultados mostrados en la figura 12.26 (parte inferior). Es importante señalar que para los mesones D producidos por un haz de mesones en este caso π^- tiene una pequeña contribución de los eventos con $p_t^2 > 1.3$ (GeV/c)², por lo tanto no podemos hacer

ninguna conclusión definitiva. Todas las distribuciones son consistentes con α independiente de x_F . Los valores para α para Λ_c^+ producidos por el haz de Σ^- son 0.894 ± 0.075 y 0.841 ± 0.091 , para pequeños y grandes p_t^2 , respectivamente. Mientras que para los mesones D producidos por el haz de π^- son 0.836 ± 0.045 y 0.796 ± 0.057 .

Apéndice A

Tablas de los resultados para los mesones D^0 y $\overline{D^0}$ en $K\pi$

A.1. Tabla de los resultados para los eventos corregidos producidos por los diferentes haces

A continuación se muestran las tablas para los eventos, aceptación y eventos corregidos para los mesones D^0 y $\overline{D^0}$ producidos por los haces Σ^- , π^- , proton, y π^+ .

Tabla A.1: Eventos, aceptación y eventos corregidos para $\overline{D^0}$ producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 5.2, 5.3 y 5.4.

$\Sigma^- \rightarrow \overline{D^0}$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	564.5 ± 38.5	5.31 ± 0.14	10635.6 ± 779.2
(0.1-0.2)	1070.0 ± 71.0	20.78 ± 0.26	5149.5 ± 347.7
(0.2-0.3)	771.5 ± 81.9	33.46 ± 0.30	2305.4 ± 245.7
(0.3-0.4)	299.0 ± 71.7	39.35 ± 0.31	759.8 ± 182.4
(0.4-0.5)	86.0 ± 55.7	40.74 ± 0.31	211.1 ± 136.6
(0.5-0.6)	32.5 ± 39.5	39.46 ± 0.31	82.4 ± 100.1
(0.6-0.7)	37.5 ± 24.9	38.04 ± 0.31	98.6 ± 65.6
(0.7-0.8)	4.5 ± 14.3	35.66 ± 0.30	12.6 ± 40.2
(0.0-1.0)	2865.0 ± 397.5		19255 ± 1897.5

Tabla A.2: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 5.2, 5.3 y 5.4.

$\Sigma^- \rightarrow D^0$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	383.0 ± 33.7	5.31 ± 0.14	7216.0 ± 662.8
(0.1-0.2)	605.0 ± 64.7	20.78 ± 0.26	2911.7 ± 313.4
(0.2-0.3)	565.5 ± 69.2	33.46 ± 0.30	1689.8 ± 207.3
(0.3-0.4)	217.0 ± 58.4	39.35 ± 0.31	551.4 ± 148.5
(0.4-0.5)	56.5 ± 46.1	40.74 ± 0.31	138.7 ± 113.2
(0.5-0.6)	53.5 ± 34.2	39.46 ± 0.31	135.6 ± 86.7
(0.6-0.7)	26.0 ± 24.1	38.04 ± 0.31	68.3 ± 63.3
(0.7-0.8)	4.5 ± 16.0	35.66 ± 0.30	12.6 ± 44.8
(0.8-0.9)	4.5 ± 8.2	32.56 ± 0.30	13.8 ± 25.2
(0.9-1.0)	5.5 ± 3.8	21.06 ± 0.26	26.1 ± 18.1
(0.0-1.0)	1921.0 ± 358.4		12888.2 ± 1683.3

Tabla A.3: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 5.2, 5.3 y 5.4.

$\pi^- \rightarrow \overline{D}^0$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	82.0 ± 14.0	5.31 ± 0.14	1544.9 ± 267.0
(0.1-0.2)	240.5 ± 27.4	20.78 ± 0.26	1157.4 ± 132.5
(0.2-0.3)	163.0 ± 30.8	33.46 ± 0.30	487.1 ± 92.3
(0.3-0.4)	127.0 ± 27.4	39.35 ± 0.31	322.7 ± 69.8
(0.4-0.5)	63.5 ± 22.5	40.74 ± 0.31	155.9 ± 55.1
(0.5-0.6)	37.5 ± 16.3	39.46 ± 0.31	95.0 ± 41.2
(0.6-0.7)	9.5 ± 11.3	38.04 ± 0.31	25.0 ± 29.8
(0.7-0.8)	6.5 ± 6.1	35.66 ± 0.30	18.2 ± 17.2
(0.8-0.9)	4.5 ± 3.9	32.56 ± 0.30	13.8 ± 12.1
(0.9-1.0)	0.5 ± 1.2	21.06 ± 0.26	2.4 ± 5.8
(0.0-1.0)	734.5 ± 160.9		3822.4 ± 722.8

Tabla A.4: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 5.2, 5.3 y 5.4.

$\pi^- \rightarrow D^0$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	39.5 ± 12.3	5.31 ± 0.14	744.2 ± 232.0
(0.1-0.2)	153.0 ± 23.9	20.78 ± 0.26	736.3 ± 115.4
(0.2-0.3)	175.5 ± 29.3	33.46 ± 0.30	524.4 ± 87.6
(0.3-0.4)	111.5 ± 25.6	39.35 ± 0.31	283.3 ± 65.1
(0.4-0.5)	56.0 ± 22.2	40.74 ± 0.31	137.5 ± 54.6
(0.5-0.6)	38.5 ± 16.3	39.46 ± 0.31	97.6 ± 41.3
(0.6-0.7)	14.5 ± 11.5	38.04 ± 0.31	38.1 ± 30.1
(0.0-1.0)	588.5 ± 141.1		2561.4 ± 626.1

Tabla A.5: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 5.2, 5.3 y 5.4.

proton $\rightarrow \overline{D}^0$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	74.5 ± 11.8	5.31 ± 0.14	1403.6 ± 225.7
(0.1-0.2)	215.0 ± 24.9	20.78 ± 0.26	1034.7 ± 120.6
(0.2-0.3)	189.0 ± 32.4	33.46 ± 0.30	564.8 ± 96.9
(0.3-0.4)	68.0 ± 32.7	39.35 ± 0.31	172.8 ± 83.2
(0.4-0.5)	49.0 ± 29.9	40.74 ± 0.31	120.3 ± 73.4
(0.5-0.6)	7.0 ± 24.2	39.46 ± 0.31	17.7 ± 61.3
(0.6-0.7)	17.0 ± 18.5	38.04 ± 0.31	44.7 ± 48.5
(0.0-1.0)	619.5 ± 174.4		3358.6 ± 709.6

Tabla A.6: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 5.2, 5.3 y 5.4.

$\text{proton} \rightarrow D^0$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	42.5 ± 10.3	5.31 ± 0.14	800.7 ± 194.7
(0.1-0.2)	125.0 ± 18.5	20.78 ± 0.26	601.6 ± 89.2
(0.2-0.3)	105.0 ± 17.9	33.46 ± 0.30	313.8 ± 53.4
(0.3-0.4)	76.0 ± 15.4	39.35 ± 0.31	193.1 ± 39.1
(0.4-0.5)	18.0 ± 10.1	40.74 ± 0.31	44.2 ± 24.8
(0.5-0.6)	6.5 ± 8.6	39.46 ± 0.31	16.5 ± 21.7
(0.0-1.0)	373.0 ± 80.8		1969.9 ± 422.9

Tabla A.7: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para \bar{D}^0 producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 5.2, 5.3 y 5.4.

$\pi^+ \rightarrow \bar{D}^0$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	46.0 ± 9.1	13.05 ± 0.15	352.5 ± 69.5
(0.2-0.4)	57.0 ± 13.6	36.41 ± 0.21	156.6 ± 37.4
(0.4-0.6)	2.0 ± 10.4	40.10 ± 0.22	5.0 ± 25.9
(0.0-1.0)	105.0 ± 33.1		514.1 ± 132.8

Tabla A.8: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 5.2, 5.3 y 5.4.

$\pi^+ \rightarrow D^0$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	26.0 ± 6.8	13.05 ± 0.15	199.2 ± 52.0
(0.2-0.4)	25.5 ± 9.4	36.41 ± 0.21	70.0 ± 25.8
(0.4-0.6)	14.5 ± 6.9	40.10 ± 0.22	36.2 ± 17.2
(0.0-1.0)	66.0 ± 23.1		305.4 ± 95.0

A.2. Tablas de los resultados para la asimetría

A continuación se muestran las tablas con los valores de las asimetrías de producción $D^0-\overline{D^0}$ como función de x_F , producidas inclusivamente por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla A.9: Asimetría de producción $D^0-\overline{D^0}$ como función de x_F con el haz de Σ^- . Esta tabla es para la figura 5.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
Σ^-	(0.0-0.1)	-0.19 ± 0.05
	(0.1-0.2)	-0.28 ± 0.06
	(0.2-0.3)	-0.15 ± 0.08
	(0.3-0.4)	-0.16 ± 0.18
	(0.4-0.5)	-0.21 ± 0.50
	(0.5-0.6)	0.24 ± 0.65
	(0.6-0.7)	-0.18 ± 0.55
	(0.7-0.8)	0.00 ± 2.39

Tabla A.10: Asimetría de producción $D^0-\overline{D^0}$ como función de x_F con el haz de π^- . Esta tabla es para la figura 5.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
π^-	(0.0-0.1)	-0.35 ± 0.16
	(0.1-0.2)	-0.22 ± 0.09
	(0.2-0.3)	0.04 ± 0.13
	(0.3-0.4)	-0.06 ± 0.16
	(0.4-0.5)	-0.06 ± 0.26
	(0.5-0.6)	0.01 ± 0.30
	(0.6-0.7)	0.21 ± 0.68

Tabla A.11: Asimetría de producción D^0 - $\overline{D^0}$ como función de x_F con el haz de protones. Esta tabla es para la figura 5.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
p	(0.0-0.1)	-0.27 ± 0.13
	(0.1-0.2)	-0.26 ± 0.09
	(0.2-0.3)	-0.29 ± 0.11
	(0.3-0.4)	0.06 ± 0.26
	(0.4-0.5)	-0.46 ± 0.33
	(0.5-0.6)	-0.04 ± 1.85

Tabla A.12: Asimetría de producción D^0 - $\overline{D^0}$ como función de x_F con el haz de π^+ . Esta tabla es para la figura 5.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
π^+	(0.0-0.2)	-0.28 ± 0.15
	(0.2-0.4)	-0.38 ± 0.19
	(0.4-0.6)	0.76 ± 1.11

A.3. Tablas de los resultados para los eventos corregidos para los blancos de producción

Tabla A.13: Eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 5.7.

$\Sigma^- \rightarrow \overline{D}^0$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.1)	6327.9 ± 577.8	5789.2 ± 535.1	10635.6 ± 779.2
(0.1-0.2)	2189.4 ± 254.1	3379.3 ± 260.9	5149.5 ± 347.7
(0.2-0.3)	1028.1 ± 189.1	1616.9 ± 189.1	2305.4 ± 245.7
(0.3-0.4)	402.9 ± 141.8	484.1 ± 141.1	759.8 ± 182.4
(0.4-0.5)	-22.2 ± -101.2	224.4 ± 114.4	211.1 ± 136.6
(0.5-0.6)	27.4 ± 74.7	12.8 ± 83.9	82.4 ± 100.1
(0.6-0.7)	77.9 ± 45.6	64.7 ± 56.2	98.6 ± 65.6
(0.0-1.0)	10053.6 ± 3556.1	11571.4 ± 1380.7	19255 ± 1897.5

Tabla A.14: Eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 5.7.

$\Sigma^- \rightarrow D^0$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.1)	3702.5 ± 487.2	4174.8 ± 494.8	7216.0 ± 662.8
(0.1-0.2)	1392.7 ± 229.4	2014.4 ± 238.2	2911.7 ± 313.4
(0.2-0.3)	753.6 ± 161.5	1147.8 ± 157.5	1689.8 ± 207.3
(0.3-0.4)	184.9 ± 117.4	426.6 ± 119.5	551.4 ± 148.5
(0.4-0.5)	74.2 ± 85.2	82.6 ± 95.2	138.7 ± 113.2
(0.5-0.6)	114.8 ± 62.9	86.7 ± 77.8	135.6 ± 86.7
(0.6-0.7)	36.2 ± 44.9	38.5 ± 59.4	68.3 ± 63.3
(0.7-0.8)	-3.2 ± 31.0	14.8 ± 40.8	12.6 ± 44.8
(0.8-0.9)	10.6 ± 17.6	8.3 ± 22.8	13.8 ± 25.2
(0.9-1.0)	2.6 ± 12.4	16.5 ± 15.4	26.1 ± 18.1
(0.0-1.0)	6268.9 ± 1249.5	8011.0 ± 3465.2	12888.2 ± 1683.3

A.4. Tablas de los resultados para los eventos corregidos para $D^0 + \overline{D^0}$ para el haz de π^- .

A continuación se muestran las tablas con los valores de los eventos corregidos para $\overline{D^0} + D^0$ como función de x_F , producidos inclusivamente por el haz π^- . También se tiene la tabla correspondiente al experimento E791 para el haz π^- .

Tabla A.15: Eventos corregidos para $D^0 + \overline{D^0}$ como función de x_F para el haz de π^- para el experimento SELEX E781. Esta tabla corresponde a la figura 5.8.

Haz	Rango en x_F	Eventos Corregidos E781
Σ^-	(0.00-0.05)	1197.9 ± 348.3
	(0.05-0.10)	1128.9 ± 202.6
	(0.10-0.15)	994.1 ± 143.8
	(0.15-0.20)	915.1 ± 110.1
	(0.20-0.25)	526.0 ± 98.4
	(0.25-0.30)	488.0 ± 82.4
	(0.30-0.35)	284.2 ± 71.7
	(0.35-0.40)	321.4 ± 63.1
	(0.40-0.45)	149.9 ± 58.5
	(0.45-0.50)	143.4 ± 51.1
	(0.50-0.55)	143.2 ± 45.2
	(0.55-0.60)	49.4 ± 36.9
	(0.60-0.65)	24.5 ± 32.3
	(0.65-0.70)	38.8 ± 27.2
	(0.70-0.75)	2.8 ± 20.9
	(0.75-0.80)	12.8 ± 13.8
	(0.80-0.85)	26.8 ± 13.7
	(0.85-0.90)	7.9 ± 10.7
(0.90-0.95)	3.9 ± 6.8	
(0.95-1.00)	15.4 ± 11.5	

Tabla A.16: Sección eficaz diferencial para $D^0 + \overline{D}^0$ en función de x_F para el haz de π^- para el experimento E791. Esta tabla corresponde a la figura 5.8.

Haz	Rango en x_F	E791
π^-	(-0.125 - -0.100)	29.1 + 11.6 - 13.7
	(-0.100 - -0.075)	45.4 + 6.4 - 8.2
	(-0.075 - -0.050)	50.9 + 3.7 - 2.9
	(-0.050 - -0.025)	59.2 + 3.2 - 2.1
	(-0.025 - 0.000)	60.5 + 2.6 - 2.0
	(0.000 - 0.025)	64.2 + 1.9 - 1.4
	(0.025 - 0.050)	62.4 + 1.5 - 1.3
	(0.050 - 0.075)	59.4 + 1.4 - 1.4
	(0.075 - 0.100)	51.8 + 1.5 - 1.3
	(0.100 - 0.125)	44.9 + 1.3 - 1.3
	(0.125 - 0.150)	39.8 + 2.3 - 1.0
	(0.150 - 0.175)	33.7 + 1.4 - 1.1
	(0.175 - 0.200)	29.9 + 1.5 - 1.0
	(0.200 - 0.250)	24.8 + 0.9 - 1.1
	(0.250 - 0.300)	17.4 + 2.7 - 2.6
	(0.300 - 0.350)	13.3 + 2.1 - 2.3
	(0.350 - 0.400)	11.1 + 1.8 - 2.1
(0.400 - 0.500)	6.8 + 1.4 - 2.7	
(0.500 - 0.600)	4.0 + 1.2 - 1.7	
(0.600 - 0.800)	4.1 + 0.9 - 2.0	

Apéndice B

Tablas de los resultados para los mesones charm D^0 y $\overline{D^0}$ en $K\pi\pi\pi$

B.1. Tabla de los resultados para los eventos corregidos producidos por los diferentes haces

A continuación se muestran las tablas para los eventos, aceptación y eventos corregidos para los mesones D^0 y $\overline{D^0}$ producidos por los haces Σ^- , π^- , proton, y π^+ .

Tabla B.1: Eventos, aceptación y eventos corregidos para $\overline{D^0}$ producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 6.2, 6.3 y 6.4.

$\Sigma^- \rightarrow \overline{D^0}$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	51.0 ± 11.9	0.33 ± 0.04	15251.3 ± 3921.4
(0.1-0.2)	425.5 ± 36.3	6.42 ± 0.15	6629.9 ± 587.9
(0.2-0.3)	657.0 ± 44.8	18.51 ± 0.25	3550.0 ± 246.6
(0.3-0.4)	430.5 ± 41.8	26.43 ± 0.28	1628.8 ± 159.1
(0.4-0.5)	259.0 ± 35.6	28.60 ± 0.29	905.6 ± 124.9
(0.5-0.6)	73.5 ± 27.9	28.15 ± 0.28	261.1 ± 99.1
(0.6-0.7)	6.0 ± 20.6	25.92 ± 0.28	23.1 ± 79.4
(0.7-0.8)	10.5 ± 14.2	23.44 ± 0.27	44.8 ± 60.5
(0.8-0.9)	9.0 ± 9.0	20.84 ± 0.26	43.2 ± 43.2
(0.9-1.0)	0.5 ± 4.8	12.95 ± 0.21	3.9 ± 37.4
(0.0-1.0)	1922.5 ± 246.9		28341.7 ± 5359.5

Tabla B.2: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 6.2, 6.3 y 6.4.

$\Sigma^- \rightarrow D^0$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	14.0 ± 8.7	0.33 ± 0.04	4186.6 ± 2646.7
(0.1-0.2)	353.5 ± 31.1	6.42 ± 0.15	5508.0 ± 501.8
(0.2-0.3)	589.5 ± 40.3	18.51 ± 0.25	3185.3 ± 222.0
(0.3-0.4)	401.5 ± 36.6	26.43 ± 0.28	1519.1 ± 139.4
(0.4-0.5)	197.0 ± 28.5	28.60 ± 0.29	688.8 ± 100.1
(0.5-0.6)	65.0 ± 21.0	28.15 ± 0.28	230.9 ± 74.8
(0.6-0.7)	21.0 ± 14.4	25.92 ± 0.28	81.0 ± 55.5
(0.7-0.8)	8.0 ± 10.1	23.44 ± 0.27	34.1 ± 43.1
(0.8-0.9)	8.5 ± 6.0	20.84 ± 0.26	40.8 ± 28.6
(0.0-1.0)	1658.0 ± 196.7		15474.6 ± 3812.0

Tabla B.3: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para $\overline{D^0}$ producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 6.2, 6.3 y 6.4.

$\pi^- \rightarrow \overline{D^0}$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	2.0 ± 3.5	0.33 ± 0.04	598.1 ± 1038.0
(0.1-0.2)	82.5 ± 14.1	6.42 ± 0.15	1285.5 ± 221.2
(0.2-0.3)	139.0 ± 18.0	18.51 ± 0.25	751.1 ± 97.9
(0.3-0.4)	117.0 ± 17.8	26.43 ± 0.28	442.7 ± 67.5
(0.4-0.5)	95.0 ± 16.2	28.60 ± 0.29	332.2 ± 56.6
(0.5-0.6)	97.5 ± 14.5	28.15 ± 0.28	346.3 ± 51.7
(0.6-0.7)	42.5 ± 10.4	25.92 ± 0.28	164.0 ± 40.0
(0.7-0.8)	17.0 ± 7.0	23.44 ± 0.27	72.5 ± 29.9
(0.8-0.9)	2.5 ± 4.2	20.84 ± 0.26	12.0 ± 20.1
(0.9-1.0)	0.5 ± 1.9	12.95 ± 0.21	3.9 ± 14.4
(0.0-1.0)	595.5 ± 107.6		4008.3 ± 1637.3

Tabla B.4: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 6.2, 6.3 y 6.4.

$\pi^- \rightarrow D^0$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	6.5 ± 3.4	0.33 ± 0.04	1943.8 ± 1036.0
(0.1-0.2)	45.0 ± 11.5	6.42 ± 0.15	701.2 ± 180.5
(0.2-0.3)	125.0 ± 15.4	18.51 ± 0.25	675.4 ± 83.7
(0.3-0.4)	135.5 ± 16.4	26.43 ± 0.28	512.7 ± 62.5
(0.4-0.5)	94.0 ± 15.1	28.60 ± 0.29	328.7 ± 52.9
(0.5-0.6)	58.0 ± 12.2	28.15 ± 0.28	206.0 ± 43.6
(0.6-0.7)	56.0 ± 10.4	25.92 ± 0.28	216.1 ± 40.2
(0.7-0.8)	18.5 ± 7.0	23.44 ± 0.27	78.9 ± 30.0
(0.8-0.9)	14.5 ± 5.2	20.84 ± 0.26	69.6 ± 25.2
(0.9-1.0)	3.5 ± 2.1	12.95 ± 0.21	27.0 ± 16.4
(0.0-1.0)	556.5 ± 98.7		4759.4 ± 1571.0

Tabla B.5: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 6.2, 6.3 y 6.4.

proton $\rightarrow \overline{D}^0$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.1-0.2)	63.5 ± 12.6	6.42 ± 0.15	989.4 ± 197.6
(0.2-0.3)	103.0 ± 18.0	18.51 ± 0.25	556.6 ± 97.4
(0.3-0.4)	120.0 ± 17.7	26.43 ± 0.28	454.0 ± 67.0
(0.4-0.5)	65.0 ± 16.8	28.60 ± 0.29	227.3 ± 58.9
(0.5-0.6)	35.0 ± 13.8	28.15 ± 0.28	124.3 ± 49.1
(0.6-0.7)	12.5 ± 9.9	25.92 ± 0.28	48.2 ± 38.1
(0.7-0.8)	8.0 ± 7.6	23.44 ± 0.27	34.1 ± 32.5
(0.0-1.0)	407.0 ± 96.4		2433.9 ± 540.6

Tabla B.6: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 6.2, 6.3 y 6.4.

$\text{proton} \rightarrow D^0$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	2.0 ± 2.0	0.33 ± 0.04	598.1 ± 601.6
(0.1-0.2)	42.5 ± 10.8	6.42 ± 0.15	662.2 ± 169.7
(0.2-0.3)	90.5 ± 14.3	18.51 ± 0.25	489.0 ± 77.4
(0.3-0.4)	73.0 ± 13.1	26.43 ± 0.28	276.2 ± 49.6
(0.4-0.5)	40.0 ± 10.0	28.60 ± 0.29	139.9 ± 35.0
(0.5-0.6)	19.0 ± 6.4	28.15 ± 0.28	67.5 ± 22.8
(0.0-1.0)	267.0 ± 56.6		2232.9 ± 956.1

Tabla B.7: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 6.2, 6.3 y 6.4.

$\pi^+ \rightarrow \overline{D}^0$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	8.0 ± 4.2	3.38 ± 0.08	236.8 ± 125.7
(0.2-0.4)	38.5 ± 9.1	22.47 ± 0.19	171.4 ± 40.7
(0.4-0.6)	27.0 ± 7.9	28.38 ± 0.20	95.1 ± 28.0
(0.6-0.8)	19.0 ± 5.0	24.68 ± 0.19	77.0 ± 20.3
(0.8-1.0)	2.0 ± 2.0	16.95 ± 0.17	11.8 ± 11.8
(0.0-1.0)	94.5 ± 28.2		592.1 ± 226.5

Tabla B.8: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 6.2, 6.3 y 6.4.

$\pi^+ \rightarrow D^0$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	5.5 ± 3.8	3.38 ± 0.08	162.8 ± 112.8
(0.2-0.4)	31.5 ± 8.6	22.47 ± 0.19	140.2 ± 38.4
(0.4-0.6)	19.0 ± 5.9	28.38 ± 0.20	67.0 ± 20.9
(0.6-0.8)	3.0 ± 2.6	24.68 ± 0.19	12.2 ± 10.7
(0.0-1.0)	59.0 ± 20.9		382.2 ± 182.8

B.2. Tablas de los resultados para la asimetría

A continuación se muestran las tablas con los valores de las asimetrías de producción $D^0-\overline{D^0}$ como función de x_F , producidas inclusivamente por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla B.9: Asimetría de producción $D^0-\overline{D^0}$ como función de x_F con el haz de Σ^- . Esta tabla es para la figura 6.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
Σ^-	(0.0-0.1)	-0.57 ± 0.22
	(0.1-0.2)	-0.09 ± 0.06
	(0.2-0.3)	-0.05 ± 0.05
	(0.3-0.4)	-0.03 ± 0.07
	(0.4-0.5)	-0.14 ± 0.10
	(0.5-0.6)	-0.06 ± 0.25
	(0.6-0.7)	0.56 ± 1.21
	(0.7-0.8)	-0.14 ± 0.91
	(0.8-0.9)	-0.03 ± 0.61

Tabla B.10: Asimetría de producción $D^0-\overline{D^0}$ como función de x_F con el haz de π^- . Esta tabla es para la figura 6.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
π^-	(0.0-0.1)	0.53 ± 0.65
	(0.1-0.2)	-0.29 ± 0.14
	(0.2-0.3)	-0.05 ± 0.09
	(0.3-0.4)	0.07 ± 0.10
	(0.4-0.5)	-0.01 ± 0.12
	(0.5-0.6)	-0.25 ± 0.12
	(0.6-0.7)	0.14 ± 0.15
	(0.7-0.8)	0.04 ± 0.28
	(0.8-0.9)	0.71 ± 0.43
	(0.9-1.0)	0.75 ± 0.83

Tabla B.11: Asimetría de producción $D^0-\overline{D^0}$ como función de x_F con el haz de protones. Esta tabla es para la figura 6.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
p	(0.1-0.2)	-0.20 ± 0.16
	(0.2-0.3)	-0.06 ± 0.12
	(0.3-0.4)	-0.24 ± 0.11
	(0.4-0.5)	-0.24 ± 0.17
	(0.5-0.6)	-0.30 ± 0.24

Tabla B.12: Asimetría de producción $D^0-\overline{D^0}$ como función de x_F con el haz de π^+ . Esta tabla es para la figura 6.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
π^+	(0.0-0.2)	-0.19 ± 0.42
	(0.2-0.4)	-0.10 ± 0.18
	(0.4-0.6)	-0.17 ± 0.21
	(0.6-0.8)	-0.73 ± 0.22

B.3. Tablas de los resultados para los eventos corregidos para los blancos de producción

Tabla B.13: Eventos corregidos para \overline{D}^0 producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a figura 6.7.

$\Sigma^- \rightarrow \overline{D}^0$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.1)	4476.4 ± 2315.6	8886.1 ± 2196.4	15251.3 ± 3921.4
(0.1-0.2)	1919.3 ± 376.9	3888.0 ± 341.8	6629.9 ± 587.9
(0.2-0.3)	1222.8 ± 156.1	1962.7 ± 148.4	3550.0 ± 246.6
(0.3-0.4)	434.3 ± 99.8	1021.6 ± 95.9	1628.8 ± 159.1
(0.4-0.5)	359.8 ± 79.5	426.0 ± 74.4	905.6 ± 124.9
(0.5-0.6)	24.6 ± 59.2	205.5 ± 60.2	261.1 ± 99.1
(0.6-0.7)	-1.5 ± -44.7	40.4 ± 51.0	23.1 ± 79.4
(0.7-0.8)	40.2 ± 33.8	-12.5 ± -39.7	44.8 ± 60.5
(0.8-0.9)	10.7 ± 23.3	21.8 ± 28.1	43.2 ± 43.2
(0.9-1.0)	11.4 ± 19.7	-11.7 ± -26.5	3.9 ± 37.4
(0.0-1.0)	8498.0 ± 3119.2	16427.9 ± 2930.0	28341.7 ± 5359.5

Tabla B.14: Eventos corregidos para D^0 producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 6.7.

$\Sigma^- \rightarrow D^0$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.1)	0.0 ± 0.0	3619.9 ± 1479.3	4186.6 ± 2646.7
(0.1-0.2)	1722.2 ± 340.7	3073.7 ± 273.8	5508.0 ± 501.8
(0.2-0.3)	1152.6 ± 141.7	1654.2 ± 127.9	3185.3 ± 222.0
(0.3-0.4)	607.2 ± 86.5	722.8 ± 84.9	1519.1 ± 139.4
(0.4-0.5)	264.6 ± 62.0	329.7 ± 60.7	688.8 ± 100.1
(0.5-0.6)	41.6 ± 44.9	157.3 ± 47.2	230.9 ± 74.8
(0.6-0.7)	39.1 ± 31.5	37.4 ± 37.4	81.0 ± 55.5
(0.7-0.8)	-1.7 ± 24.5	21.0 ± 26.9	34.1 ± 43.1
(0.8-0.9)	0.0 ± 0.0	47.1 ± 20.1	40.8 ± 28.6
(0.0-1.0)	3825.6 ± 731.8	9663.1 ± 2158.2	15474.6 ± 3812.0

B.4. Tablas de los resultados para los eventos corregidos para $D^0 + \overline{D^0}$ para el haz de π^- .

A continuación se muestran las tablas con los valores de los eventos corregidos para $\overline{D^0} + D^0$ como función de x_F , producidos inclusivamente por el haz π^- . También se tiene la tabla correspondiente al experimento E791 para el haz π^- .

Tabla B.15: Eventos corregidos para $D^0 + \overline{D^0}$ como función de x_F para el haz de π^- para el experimento SELEX E781. Esta tabla corresponde a la figura 6.8.

Haz	Rango en x_F	Eventos Corregidos E781
Σ^-	(0.00-0.05)	2332.7 ± 2386.3
	(0.05-0.10)	1611.4 ± 707.9
	(0.10-0.15)	1242.8 ± 266.3
	(0.15-0.20)	1161.8 ± 148.7
	(0.20-0.25)	921.2 ± 94.2
	(0.25-0.30)	875.6 ± 79.2
	(0.30-0.35)	666.5 ± 64.9
	(0.35-0.40)	546.9 ± 59.2
	(0.40-0.45)	491.5 ± 54.4
	(0.45-0.50)	363.8 ± 48.9
	(0.50-0.55)	324.0 ± 45.8
	(0.55-0.60)	344.5 ± 44.7
	(0.60-0.65)	279.8 ± 40.3
	(0.65-0.70)	176.5 ± 35.1
	(0.70-0.75)	118.6 ± 30.6
	(0.75-0.80)	90.2 ± 26.0
	(0.80-0.85)	76.3 ± 22.5
(0.85-0.90)	19.2 ± 19.2	
(0.90-0.95)	32.5 ± 17.2	

Tabla B.16: Sección eficaz diferencial para $D^0 + \overline{D^0}$ en función de x_F para el haz de π^- para el experimento E791. Esta tabla corresponde a la figura 6.8.

Haz	Rango en x_F	E791
π^-	(-0.125 - -0.100)	29.1 + 11.6 - 13.7
	(-0.100 - -0.075)	45.4 + 6.4 - 8.2
	(-0.075 - -0.050)	50.9 + 3.7 - 2.9
	(-0.050 - -0.025)	59.2 + 3.2 - 2.1
	(-0.025 - 0.000)	60.5 + 2.6 - 2.0
	(0.000 - 0.025)	64.2 + 1.9 - 1.4
	(0.025 - 0.050)	62.4 + 1.5 - 1.3
	(0.050 - 0.075)	59.4 + 1.4 - 1.4
	(0.075 - 0.100)	51.8 + 1.5 - 1.3
	(0.100 - 0.125)	44.9 + 1.3 - 1.3
	(0.125 - 0.150)	39.8 + 2.3 - 1.0
	(0.150 - 0.175)	33.7 + 1.4 - 1.1
	(0.175 - 0.200)	29.9 + 1.5 - 1.0
	(0.200 - 0.250)	24.8 + 0.9 - 1.1
	(0.250 - 0.300)	17.4 + 2.7 - 2.6
	(0.300 - 0.350)	13.3 + 2.1 - 2.3
	(0.350 - 0.400)	11.1 + 1.8 - 2.1
	(0.400 - 0.500)	6.8 + 1.4 - 2.7
(0.500 - 0.600)	4.0 + 1.2 - 1.7	
(0.600 - 0.800)	4.1 + 0.9 - 2.0	

Apéndice C

Tablas de los resultados para los mesones charm D^+ y D^-

C.1. Tabla de los resultados para los eventos corregidos producidos por los diferentes haces

A continuación se muestran las tablas para los eventos, aceptación y eventos corregidos para los mesones D^+ y D^- producidos por los haces Σ^- , π^- , proton, y π^+ .

Tabla C.1: Eventos, aceptación y eventos corregidos para D^- producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 7.2, 7.3 y 7.4.

$\Sigma^- \rightarrow D^-$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	173.5 ± 17.0	1.89 ± 0.09	9188.6 ± 995.0
(0.1-0.2)	674.5 ± 38.5	14.16 ± 0.22	4763.0 ± 281.5
(0.2-0.3)	742.5 ± 43.1	28.77 ± 0.29	2580.5 ± 151.8
(0.3-0.4)	501.5 ± 38.9	34.85 ± 0.30	1438.9 ± 112.4
(0.4-0.5)	279.0 ± 31.1	34.98 ± 0.30	797.5 ± 89.2
(0.5-0.6)	127.0 ± 22.5	32.82 ± 0.30	387.0 ± 68.7
(0.6-0.7)	49.5 ± 15.6	29.65 ± 0.29	167.0 ± 52.8
(0.7-0.8)	13.5 ± 10.4	26.18 ± 0.28	51.6 ± 39.8
(0.8-0.9)	1.5 ± 5.5	22.92 ± 0.26	6.5 ± 24.1
(0.9-1.0)	3.5 ± 2.5	13.70 ± 0.22	25.6 ± 18.6
(0.0-1.0)	2579.5 ± 225.1	\pm	19406.2 ± 1833.9

Tabla C.2: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 7.2, 7.3 y 7.4.

$\Sigma^- \rightarrow D^+$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	70.5 ± 12.6	1.89 ± 0.09	3733.7 ± 690.1
(0.1-0.2)	419.5 ± 31.7	14.16 ± 0.22	2962.3 ± 228.5
(0.2-0.3)	584.5 ± 36.2	28.77 ± 0.29	2031.4 ± 127.3
(0.3-0.4)	359.5 ± 29.7	34.85 ± 0.30	1031.5 ± 85.6
(0.4-0.5)	144.0 ± 21.9	34.98 ± 0.30	411.6 ± 62.6
(0.5-0.6)	42.0 ± 14.5	32.82 ± 0.30	128.0 ± 44.2
(0.6-0.7)	6.5 ± 10.7	29.65 ± 0.29	21.9 ± 36.2
(0.7-0.8)	20.0 ± 7.7	26.18 ± 0.28	76.4 ± 29.6
(0.8-0.9)	5.0 ± 4.4	22.92 ± 0.26	21.8 ± 19.0
(0.9-1.0)	-1.5 ± 1.9	13.70 ± 0.22	-11.0 ± 13.7
(0.0-1.0)	1650 ± 171.3	±	9479.6 ± 1336.8

Tabla C.3: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^- producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 7.2, 7.3 y 7.4.

$\pi^- \rightarrow D^-$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	19.5 ± 6.5	1.89 ± 0.09	1032.7 ± 348.4
(0.1-0.2)	102.0 ± 15.1	14.16 ± 0.22	720.3 ± 107.2
(0.2-0.3)	169.0 ± 19.3	28.77 ± 0.29	587.3 ± 67.4
(0.3-0.4)	151.0 ± 18.7	34.85 ± 0.30	433.2 ± 53.7
(0.4-0.5)	102.5 ± 15.6	34.98 ± 0.30	293.0 ± 44.7
(0.5-0.6)	63.5 ± 11.9	32.82 ± 0.30	193.5 ± 36.2
(0.6-0.7)	42.0 ± 8.7	29.65 ± 0.29	141.7 ± 29.4
(0.7-0.8)	22.5 ± 6.1	26.18 ± 0.28	85.9 ± 23.4
(0.8-0.9)	5.5 ± 3.5	22.92 ± 0.26	24.0 ± 15.4
(0.9-1.0)	2.0 ± 1.4	13.70 ± 0.22	14.6 ± 10.3
(0.0-1.0)	679.5 ± 106.8	±	3526.2 ± 736.1

Tabla C.4: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 7.2, 7.3 y 7.4.

$\pi^- \rightarrow D^+$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	11.5 ± 4.3	1.89 ± 0.09	609.0 ± 229.5
(0.1-0.2)	69.0 ± 11.9	14.16 ± 0.22	487.2 ± 84.2
(0.2-0.3)	146.0 ± 16.4	28.77 ± 0.29	507.4 ± 57.1
(0.3-0.4)	89.5 ± 14.7	34.85 ± 0.30	256.8 ± 42.3
(0.4-0.5)	66.0 ± 12.1	34.98 ± 0.30	188.7 ± 34.6
(0.5-0.6)	38.5 ± 9.9	32.82 ± 0.30	117.3 ± 30.1
(0.6-0.7)	23.5 ± 6.5	29.65 ± 0.29	79.3 ± 22.0
(0.7-0.8)	1.0 ± 3.9	26.18 ± 0.28	3.8 ± 14.8
(0.8-0.9)	3.0 ± 2.6	22.92 ± 0.26	13.1 ± 11.5
(0.9-1.0)	-0.5 ± 0.7	13.70 ± 0.22	-3.7 ± 5.2
(0.0-1.0)	447.5 ± 83	\pm	2258.9 ± 531.3

Tabla C.5: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^- producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 7.2, 7.3 y 7.4.

proton $\rightarrow D^-$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	11.5 ± 4.9	1.89 ± 0.09	609.0 ± 263.6
(0.1-0.2)	91.5 ± 13.0	14.16 ± 0.22	646.1 ± 92.2
(0.2-0.3)	145.5 ± 16.1	28.77 ± 0.29	505.7 ± 56.3
(0.3-0.4)	98.5 ± 13.9	34.85 ± 0.30	282.6 ± 40.0
(0.4-0.5)	39.5 ± 10.6	34.98 ± 0.30	112.9 ± 30.3
(0.5-0.6)	24.0 ± 8.9	32.82 ± 0.30	73.1 ± 27.3
(0.6-0.7)	6.0 ± 5.5	29.65 ± 0.29	20.2 ± 18.5
(0.7-0.8)	6.5 ± 4.2	26.18 ± 0.28	24.8 ± 16.0
(0.8-0.9)	-0.5 ± 1.6	22.92 ± 0.26	-2.2 ± -6.9
(0.9-1.0)	-1.0 ± 1.0	13.70 ± 0.22	-7.3 ± -7.3
(0.0-1.0)	421.5 ± 79.7	\pm	2264.6 ± 530

Tabla C.6: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 7.2, 7.3 y 7.4.

$\text{proton} \rightarrow D^+$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	9.5 ± 4.9	1.89 ± 0.09	503.1 ± 263.1
(0.1-0.2)	101.5 ± 13.0	14.16 ± 0.22	716.7 ± 92.3
(0.2-0.3)	115.5 ± 14.1	28.77 ± 0.29	401.4 ± 49.1
(0.3-0.4)	60.5 ± 11.2	34.85 ± 0.30	173.6 ± 32.2
(0.4-0.5)	25.0 ± 7.9	34.98 ± 0.30	71.5 ± 22.7
(0.5-0.6)	11.5 ± 5.5	32.82 ± 0.30	35.0 ± 16.8
(0.6-0.7)	0.5 ± 3.4	29.65 ± 0.29	1.7 ± 11.4
(0.7-0.8)	-2.0 ± 2.8	26.18 ± 0.28	-7.6 ± 10.8
(0.8-0.9)	3.0 ± 1.7	22.92 ± 0.26	13.1 ± 7.6
(0.9-1.0)	0.5 ± 1.2	13.70 ± 0.22	3.7 ± 8.9
(0.0-1.0)	325.5 ± 65.7	\pm	1912.2 ± 514.9

Tabla C.7: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^- producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 7.2, 7.3 y 7.4.

$\pi^+ \rightarrow D^-$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	16.5 ± 4.4	7.84 ± 0.12	210.4 ± 56.4
(0.2-0.4)	44.5 ± 7.7	31.09 ± 0.21	143.1 ± 24.8
(0.4-0.6)	17.0 ± 4.8	33.11 ± 0.21	51.4 ± 14.5
(0.6-0.8)	5.0 ± 3.0	27.47 ± 0.20	18.2 ± 10.9
(0.8-1.0)	0.0 ± 0.0	18.14 ± 0.17	0.0 ± 0.0
(0.0-1.0)	83 ± 19.9	\pm	423.1 ± 106.6

Tabla C.8: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 7.2, 7.3 y 7.4.

$\pi^+ \rightarrow D^+$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	15.0 ± 4.6	7.84 ± 0.12	191.3 ± 58.5
(0.2-0.4)	41.0 ± 7.5	31.09 ± 0.21	131.9 ± 24.3
(0.4-0.6)	14.0 ± 5.5	33.11 ± 0.21	42.3 ± 16.5
(0.6-0.8)	3.5 ± 2.5	27.47 ± 0.20	12.7 ± 9.3
(0.8-1.0)	1.0 ± 1.0	18.14 ± 0.17	5.5 ± 5.5
(0.0-1.0)	74.5 ± 21.1	\pm	383.7 ± 114.1

C.2. Tablas de los resultados para la asimetría

A continuación se muestran las tablas con los valores de las asimetrías de producción D^+D^- como función de x_F , producidas inclusivamente por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla C.9: Asimetría de producción D^+D^- como función de x_F con el haz de Σ^- . Esta tabla es para la figura 7.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
Σ^-	(0.0-0.1)	-0.422 \pm -0.094
	(0.1-0.2)	-0.233 \pm -0.046
	(0.2-0.3)	-0.119 \pm -0.042
	(0.3-0.4)	-0.165 \pm -0.057
	(0.4-0.5)	-0.319 \pm -0.094
	(0.5-0.6)	-0.503 \pm -0.177
	(0.6-0.7)	-0.768 \pm -0.427
	(0.7-0.8)	0.194 \pm 0.395
	(0.8-0.9)	0.538 \pm 1.229
	(0.9-1.0)	-2.500 \pm -4.257

Tabla C.10: Asimetría de producción D^+D^- como función de x_F con el haz de π^- . Esta tabla es para la figura 7.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
π^-	(0.0-0.1)	-0.292 \pm -0.247
	(0.1-0.2)	-0.197 \pm -0.102
	(0.2-0.3)	-0.103 \pm -0.072
	(0.3-0.4)	-0.262 \pm -0.087
	(0.4-0.5)	-0.220 \pm -0.106
	(0.5-0.6)	-0.193 \pm -0.124
	(0.6-0.7)	-0.306 \pm -0.154
	(0.7-0.8)	-0.804 \pm -0.358
	(0.8-0.9)	-0.158 \pm -0.458
	(0.9-1.0)	-1.666 \pm -2.048

Tabla C.11: Asimetría de producción D^+D^- como función de x_F con el haz de protones. Esta tabla es para la figura 7.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
p	(0.0-0.1)	-0.095 \pm -0.335
	(0.1-0.2)	0.052 \pm 0.095
	(0.2-0.3)	-0.115 \pm -0.083
	(0.3-0.4)	-0.239 \pm -0.116
	(0.4-0.5)	-0.225 \pm -0.210
	(0.5-0.6)	-0.352 \pm -0.314
	(0.6-0.7)	-0.847 \pm -1.298
	(0.7-0.8)	-1.889 \pm -2.398
	(0.8-0.9)	1.400 \pm 1.614
	(0.9-1.0)	-3.000 \pm -10.000

Tabla C.12: Asimetría de producción D^+D^- como función de x_F con el haz de π^+ . Esta tabla es para la figura 7.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
π^+	(0.0-0.2)	-0.047 \pm -0.202
	(0.2-0.4)	-0.041 \pm -0.126
	(0.4-0.6)	-0.097 \pm -0.236
	(0.6-0.8)	-0.176 \pm -0.470
	(0.8-1.0)	1.000 \pm 1.414

C.3. Tablas de los resultados para los eventos corregidos para los blancos de producción

Tabla C.13: Eventos corregidos para D^- producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 7.7.

$\Sigma^- \rightarrow D^-$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.1)	2784.1 ± 451.3	5264.7 ± 564.4	9188.6 ± 995.0
(0.1-0.2)	1729.7 ± 140.8	2765.7 ± 157.2	4763.0 ± 281.5
(0.2-0.3)	988.6 ± 79.1	1323.2 ± 83.3	2580.5 ± 151.8
(0.3-0.4)	486.3 ± 57.4	805.7 ± 63.8	1438.9 ± 112.4
(0.4-0.5)	271.4 ± 43.3	432.0 ± 51.9	797.5 ± 89.2
(0.5-0.6)	130.3 ± 34.2	169.3 ± 40.7	387.0 ± 68.7
(0.6-0.7)	66.4 ± 24.1	46.3 ± 32.2	167.0 ± 52.8
(0.7-0.8)	12.3 ± 17.9	39.4 ± 24.9	51.6 ± 39.8
(0.8-0.9)	0.0 ± 0.0	9.0 ± 18.0	6.5 ± 24.1
(0.9-1.0)	-5.8 ± -5.8	15.6 ± 11.0	25.6 ± 18.6
(0.0-1.0)	6463.3 ± 842.3	10870.9 ± 1047.4	19406.2 ± 1833.9

Tabla C.14: Eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 7.7.

$\Sigma^- \rightarrow D^+$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.1)	1215.9± 331.8	2331.9± 402.8	3733.7 ± 690.1
(0.1-0.2)	1062.4 ± 106.6	1722.5± 125.9	2962.3 ± 228.5
(0.2-0.3)	716.8± 63.9	1027.9± 70.4	2031.4 ± 127.3
(0.3-0.4)	332.2± 43.8	591.8± 52.2	1031.5 ± 85.6
(0.4-0.5)	105.3± 31.8	242.7± 38.6	411.6 ± 62.6
(0.5-0.6)	55.8 ± 21.8	53.3± 26.4	128.0 ± 44.2
(0.6-0.7)	0.0 ± 0.0	42.4± 24.5	21.9 ± 36.2
(0.7-0.8)	4.9± 12.5	71.1± 21.7	76.4 ± 29.6
(0.8-0.9)	-1.8± -7.7	21.6± 14.8	21.8 ± 19.0
(0.9-1.0)	-8.8± -7.2	-3.9 ± -5.6	-11.0 ± 13.7
(0.0-1.0)	3482.7 ± 597.3	6101.3 ± 771.7	9479.6 ± 1336.8

Tabla C.15: Eventos corregidos para D^- producidos por el haz de π^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 7.8.

$\pi^- \rightarrow D^-$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.1)	401.5± 173.7	487.5 ± 182.7	1032.7 ± 348.4
(0.1-0.2)	246.1 ± 53.1	425.5 ± 60.9	720.3 ± 107.2
(0.2-0.3)	212.7± 33.2	344.2 ± 37.9	587.3 ± 67.4
(0.3-0.4)	165.6± 26.7	231.4 ± 31.7	433.2 ± 53.7
(0.4-0.5)	114.0± 23.3	109.8 ± 24.1	293.0 ± 44.7
(0.5-0.6)	57.9± 17.5	96.1 ± 21.2	193.5 ± 36.2
(0.6-0.7)	46.6± 13.7	75.4 ± 19.9	141.7 ± 29.4
(0.7-0.8)	32.2 ± 11.3	41.4 ± 15.5	85.9 ± 23.4
(0.8-0.9)	11.9 ± 8.7	9.0 ± 9.0	24.0 ± 15.4
(0.9-1.0)	5.8 ± 5.8	7.8 ± 7.8	14.6 ± 10.3
(0.0-1.0)	1294.3 ± 367.0	1828.1 ± 410.7	3526.2 ± 736.1

Tabla C.16: Eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de π^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 7.8.

$\pi^- \rightarrow D^+$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.1)	297.2 ± 137.9	253.5 ± 134.3	609.0 ± 229.5
(0.1-0.2)	129.8 ± 38.0	305.6 ± 49.6	487.2 ± 84.2
(0.2-0.3)	149.7 ± 28.4	292.7 ± 34.6	507.4 ± 57.1
(0.3-0.4)	108.9 ± 24.1	162.2 ± 24.9	256.8 ± 42.3
(0.4-0.5)	70.2 ± 18.9	119.2 ± 23.1	188.7 ± 34.6
(0.5-0.6)	71.8 ± 17.0	51.7 ± 18.1	117.3 ± 30.1
(0.6-0.7)	30.7 ± 12.9	33.5 ± 12.5	79.3 ± 22.0
(0.7-0.8)	4.9 ± 6.9	0.0 ± 0.0	3.8 ± 14.8
(0.8-0.9)	7.2 ± 5.1	0.0 ± 0.0	13.1 ± 11.5
(0.9-1.0)	0.0 ± 0.0	-3.9 ± -5.6	-3.7 ± 5.2
(0.0-1.0)	870.4 ± 254.2	1214.5 ± 291.5	2258.9 ± 531.3

Tabla C.17: Eventos corregidos para D^- producidos por el haz de protones, para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 7.9.

proton $\rightarrow D^-$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.1)	107.1 ± 131.2	463.1 ± 158.3	609.0 ± 263.6
(0.1-0.2)	291.8 ± 52.9	384.9 ± 56.9	646.1 ± 92.2
(0.2-0.3)	172.8 ± 28.2	278.8 ± 34.1	505.7 ± 56.3
(0.3-0.4)	84.7 ± 20.4	143.9 ± 25.1	282.6 ± 40.0
(0.4-0.5)	37.2 ± 16.9	48.5 ± 18.3	112.9 ± 30.3
(0.5-0.6)	32.9 ± 14.8	25.9 ± 16.6	73.1 ± 27.3
(0.6-0.7)	0.0 ± 0.0	6.9 ± 11.9	20.2 ± 18.5
(0.7-0.8)	-3.1 ± -5.3	27.6 ± 11.8	24.8 ± 16.0
(0.8-0.9)	0.0 ± 0.0	-2.3 ± -3.2	-2.2 ± -6.9
(0.9-1.0)	-2.9 ± -4.1	0.0 ± 0.0	-7.3 ± -7.3
(0.0-1.0)	720.5 ± 255.0	1377.3 ± 329.8	2264.6 ± 530

Tabla C.18: Eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de protones, para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 7.9.

proton $\rightarrow D^+$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.1)	324.2 ± 132.5	354.9 ± 134.4	503.1 ± 263.1
(0.1-0.2)	112.7 ± 39.6	386.1 ± 54.9	716.7 ± 92.3
(0.2-0.3)	166.3 ± 25.3	191.3 ± 29.1	401.4 ± 49.1
(0.3-0.4)	49.9 ± 15.9	105.3 ± 19.9	173.6 ± 32.2
(0.4-0.5)	14.3 ± 10.6	55.2 ± 16.7	71.5 ± 22.7
(0.5-0.6)	-6.6 ± 7.8	31.4 ± 11.7	35.0 ± 16.8
(0.6-0.7)	-2.9 ± 5.1	-1.8 ± 9.0	1.7 ± 11.4
(0.7-0.8)	-4.9 ± 4.0	-2.0 ± 8.6	-7.6 ± 10.8
(0.8-0.9)	3.6 ± 3.6	9.6 ± 6.8	13.1 ± 7.6
(0.9-1.0)	-2.9 ± 4.2	0.0 ± 0.0	3.7 ± 8.9
(0.0-1.0)	653.7 ± 206.4	1130.0 ± 255.9	1912.2 ± 514.9

Tabla C.19: Eventos corregidos para D^- producidos por el haz de π^+ , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 7.10.

$\pi^+ \rightarrow D^-$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.2)	43.5 ± 26.3	106.7 ± 35.6	210.4 ± 56.4
(0.2-0.4)	54.1 ± 13.6	61.3 ± 15.0	143.1 ± 24.8
(0.4-0.6)	29.4 ± 9.0	13.3 ± 8.1	51.4 ± 14.5
(0.6-0.8)	8.8 ± 5.1	5.5 ± 7.8	18.2 ± 10.9
(0.8-1.0)	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
(0.0-1.0)	135.8 ± 54.0	186.8 ± 66.5	423.1 ± 106.6

Tabla C.20: Eventos corregidos para D^+ producidos por el haz de π^+ , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 7.10.

$\pi^+ \rightarrow D^+$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.2)	96.9 ± 34.3	53.3 ± 27.8	191.3 ± 58.5
(0.2-0.4)	44.0 ± 12.1	69.0 ± 15.5	131.9 ± 24.3
(0.4-0.6)	17.1 ± 9.7	22.6 ± 10.7	42.3 ± 16.5
(0.6-0.8)	7.7 ± 5.8	5.7 ± 5.9	12.7 ± 9.3
(0.8-1.0)	4.5 ± 4.5	0.0 ± 0.0	5.5 ± 5.5
(0.0-1.0)	170.2 ± 66.4	150.6 ± 59.9	383.7 ± 114.1

C.4. Tablas de los resultados para la asimetría

A continuación se muestran las tablas con los valores de las asimetrías de producción D^- - D^+ como función de x_F , producidas inclusivamente por los haces Σ^- y π^- . También se tienen las tablas correspondientes a los experimentos WA89 para el haz de Σ^- y E791 para el haz π^- .

Tabla C.21: Asimetría de producción D^- - D^+ como función de x_F con el haz de Σ^- para el experimento SELEX E781, esta tabla corresponde a la figura 7.14.

Haz	Rango en x_F	Asimetría E781
Σ^-	(0.0-0.1)	0.422 ± 0.094
	(0.1-0.2)	0.233 ± 0.046
	(0.2-0.3)	0.119 ± 0.042
	(0.3-0.4)	0.165 ± 0.057
	(0.4-0.5)	0.319 ± 0.094
	(0.5-0.6)	0.503 ± 0.177
	(0.6-0.7)	0.768 ± 0.427
	(0.7-0.8)	-0.194 ± 0.395
	(0.8-0.9)	-0.538 ± 1.229
	(0.9-1.0)	2.500 ± 4.257

Tabla C.22: Asimetría de producción D^- - D^+ como función de x_F con el haz de Σ^- para el experimento WA89, esta tabla corresponde a la figura 7.14.

Haz	Rango en x_F	Asimetría WA89
Σ^-	(0.1-0.2)	$0.31 + 0.10 - 0.1$
	(0.2-0.3)	$0.27 + 0.09 - 0.1$
	(0.3-0.4)	$0.26 + 0.11 - 0.1$
	(0.4-0.5)	$0.70 + 0.15 - 0.1$
	(0.5-0.6)	$0.88 + 0.12 - 0.2$
	(0.6-0.9)	$0.27 + 0.34 - 0.3$

Tabla C.23: Asimetría de producción D^-D^+ como función de x_F con el haz de π^- para el experimento SELEX E781, esta tabla corresponde a la figura 7.15.

Haz	Rango en x_F	Asimetría E781
π^-	(0.0-0.1)	0.292 ± 0.247
	(0.1-0.2)	0.197 ± 0.102
	(0.2-0.3)	0.103 ± 0.072
	(0.3-0.4)	0.262 ± 0.087
	(0.4-0.5)	0.220 ± 0.106
	(0.5-0.6)	0.193 ± 0.124
	(0.6-0.7)	0.306 ± 0.154
	(0.7-0.8)	0.804 ± 0.358
	(0.8-0.9)	0.158 ± 0.458
	(0.9-1.0)	1.666 ± 2.048

Tabla C.24: Asimetría de producción D^-D^+ como función de x_F con el haz de π^- para el experimento E791, esta tabla corresponde a la figura 7.15.

Haz	Rango en x_F	Asimetría E791
π^-	(0.0-0.05)	0.056 ± 0.015
	(0.05-0.1)	0.087 ± 0.016
	(0.1-0.15)	0.090 ± 0.018
	(0.15-0.2)	0.100 ± 0.020
	(0.2-0.25)	0.103 ± 0.023
	(0.25-0.3)	0.133 ± 0.028
	(0.3-0.35)	0.185 ± 0.036
	(0.35-0.4)	0.217 ± 0.048
	(0.4-0.5)	0.307 ± 0.049
	(0.5-0.6)	0.555 ± 0.078
	(0.6-0.8)	0.692 ± 0.096

Apéndice D

Tablas de los resultados para los mesones charm

$$D^{*+} \rightarrow D^0(K^- \pi^+) \pi^+ \text{ y}$$

$$D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K^+ \pi^-) \pi^-$$

D.1. Tabla de los resultados para los eventos corregidos producidos por los diferentes haces

A continuación se muestran las tablas para los eventos, aceptación y eventos corregidos para los mesones D^{*+} y D^{*-} producidos por los haces Σ^- , π^- , y proton.

Tabla D.1: Eventos, aceptación y eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 8.2, 8.3 y 8.4.

$\Sigma^- \rightarrow D^{*-}$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.1-0.2)	97.0 ± 10.5	6.04 ± 0.15	1607.2 ± 179.1
(0.2-0.3)	148.0 ± 13.3	19.61 ± 0.25	754.9 ± 68.3
(0.3-0.4)	85.0 ± 9.5	23.59 ± 0.27	360.3 ± 40.6
(0.4-0.5)	41.0 ± 7.0	25.23 ± 0.28	162.5 ± 27.8
(0.5-0.6)	20.0 ± 4.9	25.67 ± 0.28	77.9 ± 19.1
(0.6-0.7)	8.0 ± 3.5	24.60 ± 0.27	32.5 ± 14.1
(0.0-1.0)	399.0 ± 48.7		2995.3 ± 349.0

Tabla D.2: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 8.2, 8.3 y 8.4.

$\Sigma^- \rightarrow D^{*+}$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.1-0.2)	38.0 ± 7.1	6.04 ± 0.15	629.6 ± 118.2
(0.2-0.3)	74.0 ± 9.4	19.61 ± 0.25	377.4 ± 48.1
(0.3-0.4)	44.0 ± 6.9	23.59 ± 0.27	186.5 ± 29.4
(0.4-0.5)	21.0 ± 5.7	25.23 ± 0.28	83.2 ± 22.8
(0.5-0.6)	10.0 ± 3.2	25.67 ± 0.28	39.0 ± 12.3
(0.6-0.7)	3.0 ± 2.2	24.60 ± 0.27	12.2 ± 9.1
(0.0-1.0)	190.0 ± 34.5		1327.9 ± 672.8

Tabla D.3: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 8.2, 8.3 y 8.4.

$\pi^- \rightarrow D^{*-}$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	9.0 ± 3.6	3.03 ± 0.08	297.0 ± 119.2
(0.2-0.4)	43.0 ± 7.1	21.60 ± 0.18	199.1 ± 33.1
(0.4-0.6)	27.0 ± 5.9	25.45 ± 0.19	106.1 ± 23.3
(0.6-0.8)	15.0 ± 3.9	23.97 ± 0.19	62.6 ± 16.2
(0.8-1.0)	1.0 ± 1.0	16.95 ± 0.17	5.9 ± 5.9
(0.0-1.0)	95.0 ± 21.5		670.7 ± 197.7

Tabla D.4: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 8.2, 8.3 y 8.4.

$\pi^- \rightarrow D^{*+}$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	9.0 ± 3.0	3.03 ± 0.08	297.0 ± 99.3
(0.2-0.4)	23.0 ± 5.4	21.60 ± 0.18	106.5 ± 25.0
(0.4-0.6)	22.0 ± 5.3	25.45 ± 0.19	86.4 ± 20.8
(0.6-0.8)	6.0 ± 2.4	23.97 ± 0.19	25.0 ± 10.2
(0.8-1.0)	3.0 ± 1.7	16.95 ± 0.17	17.7 ± 10.2
(0.0-1.0)	63.0 ± 17.8		532.6 ± 165.5

Tabla D.5: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 8.2, 8.3 y 8.4.

proton $\rightarrow D^{*-}$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	4.0 ± 2.0	3.03 ± 0.08	132.0 ± 66.1
(0.2-0.4)	57.0 ± 7.9	21.60 ± 0.18	263.9 ± 36.8
(0.4-0.6)	14.0 ± 3.7	25.45 ± 0.19	55.0 ± 14.7
(0.6-0.8)	0.0 ± 0.0	23.97 ± 0.19	0.0 ± 0.0
(0.8-1.0)	1.0 ± 1.0	16.95 ± 0.17	5.9 ± 5.9
(0.0-1.0)	76.0 ± 14.6		456.8 ± 123.5

Tabla D.6: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 8.2, 8.3 y 8.4.

proton $\rightarrow D^{*+}$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	1.0 ± 1.7	3.03 ± 0.08	33.0 ± 57.2
(0.2-0.4)	30.0 ± 5.7	21.60 ± 0.18	138.9 ± 26.2
(0.4-0.6)	7.0 ± 2.6	25.45 ± 0.19	27.5 ± 10.4
(0.6-0.8)	1.0 ± 1.0	23.97 ± 0.19	4.2 ± 4.2
(0.8-1.0)	0.0 ± 0.0	16.95 ± 0.17	0.0 ± 0.0
(0.0-1.0)	39.0 ± 11.0		203.6 ± 98.0

D.2. Tablas de los resultados para la asimetría

A continuación se muestran las tablas con los valores de las asimetrías de producción $D^{*-}-D^{*+}$ como función de x_F , producidas inclusivamente por los haces Σ^- , π^- , y protones. Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla D.7: Asimetría de producción $D^{*-}-D^{*+}$ como función de x_F con el haz de Σ^- . Esta tabla es para la figura 8.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
Σ^-	(0.1-0.2)	0.44 ± 0.09
	(0.2-0.3)	0.33 ± 0.07
	(0.3-0.4)	0.32 ± 0.09
	(0.4-0.5)	0.32 ± 0.14
	(0.5-0.6)	0.33 ± 0.18
	(0.6-0.7)	0.45 ± 0.34

Tabla D.8: Asimetría de producción $D^{*-}-D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^- . Esta tabla es para la figura 8.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
π^-	(0.0-0.2)	0.00 ± 0.26
	(0.2-0.4)	0.30 ± 0.13
	(0.4-0.6)	0.10 ± 0.16
	(0.6-0.8)	0.43 ± 0.20
	(0.8-1.0)	-0.50 ± 0.43

Tabla D.9: Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de protones. Esta tabla es para la figura 8.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
p	(0.0-0.2)	0.60 ± 0.58
	(0.2-0.4)	0.31 ± 0.11
	(0.4-0.6)	0.33 ± 0.21

D.3. Tablas de los resultados para los eventos corregidos para los blancos de producción

Tabla D.10: Eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 8.7.

	Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante
$\Sigma^- \rightarrow D^{*-}$	(0.0-0.2)	1236.2 ± 237.3	1728.6 ± 227.5
	(0.2-0.4)	412.1 ± 45.9	559.1 ± 50.6
	(0.4-0.6)	73.1 ± 19.4	138.0 ± 22.6
	(0.6-0.8)	3.8 ± 8.5	32.6 ± 10.9
	(0.0-1.0)	1725.2 ± 311.1	2458.3 ± 266.6

Tabla D.11: Eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 8.7.

	Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante
$\Sigma^- \rightarrow D^{*+}$	(0.0-0.2)	376.7 ± 132.7	713.5 ± 156.6
	(0.2-0.4)	223.5 ± 37.3	275.3 ± 33.4
	(0.4-0.6)	42.4 ± 14.9	69.5 ± 18.4
	(0.6-0.8)	0.0 ± 0.0	11.3 ± 6.5
	(0.0-1.0)	642.6 ± 184.9	1069.6 ± 214.9

D.4. Tablas de los resultados para la asimetría

A continuación se muestran las tablas con los valores de las asimetrías de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F , producidas inclusivamente por el haz de π^- , para el experimento WA89, SELEX(pass1) y SELEX(pass2). Los errores que se muestran para SELEX(pass2) son sólo estadísticos.

Tabla D.12: Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^- , para el experimento E791. Esta tabla es para la figura 8.8.

Haz	Rango en x_F	Asimetría E791
π^-	(-0.00895- -0.0425)	-0.148 ± 0.117
	(-0.0425-0.0045)	0.050 ± 0.058
	(0.0045-0.0515)	-0.001 ± 0.042
	(0.0515-0.0985)	0.065 ± 0.034
	(0.0985-0.1455)	0.095 ± 0.036
	(0.1455-0.1965)	0.095 ± 0.041
	(0.1965-0.248)	0.142 ± 0.051
	(0.248-0.297)	0.134 ± 0.061
	(0.297-0.348)	0.077 ± 0.082
	(0.348-0.397)	0.031 ± 0.097
	(0.397-0.4786)	0.286 ± 0.114
(0.4786-0.593)	0.439 ± 0.178	

Tabla D.13: Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^- , para el experimento WA92. Esta tabla es para la figura 8.8.

Haz	Rango en x_F	Asimetría WA92
π^-	(0.0-0.2)	0.175 ± 0.0625
	(0.2-0.4)	0.0375 ± 0.075
	(0.4-0.6)	0.075 ± 0.15
	(0.6-0.8)	0.4125 ± 0.5

Tabla D.14: Asimetría de producción $D^{*-}-D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^- para el experimento SELEX E781. Esta tabla es para la figura 8.8.

Haz	Rango en x_F	Asimetría SELEX E781
π^-	(0.0-0.2)	0.00 ± 0.26
	(0.2-0.4)	0.30 ± 0.13
	(0.4-0.6)	0.10 ± 0.16
	(0.6-0.8)	0.43 ± 0.20
	(0.8-1.0)	-0.50 ± 0.43

Apéndice E

Tablas de los resultados para los mesones charm

$$D^{*+} \rightarrow D^0(K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-) \pi^+ \text{ y}$$
$$D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K^+ \pi^- \pi^+ \pi^-) \pi^-$$

E.1. Tabla de los resultados para los eventos corregidos producidos por los diferentes haces

A continuación se muestran las tablas para los eventos, aceptación y eventos corregidos para los mesones D^{*+} y D^{*-} producidos por los haces Σ^- , π^- , y proton.

Tabla E.1: Eventos, aceptación y eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 9.2, 9.3 y 9.4.

$\Sigma^- \rightarrow D^{*-}$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.1-0.2)	71.0 ± 9.4	3.79 ± 0.12	1872.7 ± 255.9
(0.2-0.3)	162.0 ± 15.4	15.33 ± 0.23	1056.9 ± 101.9
(0.3-0.4)	137.0 ± 12.7	20.51 ± 0.25	668.1 ± 62.4
(0.4-0.5)	78.0 ± 10.1	22.25 ± 0.26	350.6 ± 45.6
(0.5-0.6)	39.0 ± 7.0	22.29 ± 0.26	175.0 ± 31.5
(0.6-0.7)	13.0 ± 4.8	20.28 ± 0.25	64.1 ± 23.7
(0.7-0.8)	6.0 ± 2.8	18.58 ± 0.25	32.3 ± 15.2
(0.0-1.0)	506 ± 62.2		4219.7 ± 536.2

Tabla E.2: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 9.2, 9.3 y 9.4.

$\Sigma^- \rightarrow D^{*+}$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.1-0.2)	24.0 ± 7.2	3.79 ± 0.12	633.0 ± 191.3
(0.2-0.3)	99.0 ± 12.0	15.33 ± 0.23	645.9 ± 78.6
(0.3-0.4)	76.0 ± 9.5	20.51 ± 0.25	370.6 ± 46.5
(0.4-0.5)	48.0 ± 7.7	22.25 ± 0.26	215.7 ± 34.9
(0.5-0.6)	23.0 ± 5.2	22.29 ± 0.26	103.2 ± 23.3
(0.6-0.7)	3.0 ± 2.6	20.28 ± 0.25	14.8 ± 13.0
(0.7-0.8)	1.0 ± 1.7	18.58 ± 0.25	5.4 ± 9.3
(0.0-1.0)	274 ± 45.9		1988.6 ± 396.9

Tabla E.3: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 9.2, 9.3 y 9.4.

$\pi^- \rightarrow D^{*-}$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	12.0 ± 4.2	1.90 ± 0.06	632.1 ± 224.4
(0.2-0.4)	51.0 ± 8.1	17.92 ± 0.17	284.7 ± 45.1
(0.4-0.6)	53.0 ± 7.8	22.27 ± 0.19	238.0 ± 35.1
(0.6-0.8)	33.0 ± 5.7	19.43 ± 0.18	169.8 ± 29.6
(0.8-1.0)	10.0 ± 3.2	13.15 ± 0.15	76.0 ± 24.1
(0.0-1.0)	159.0 ± 29.0		1400.6 ± 358.3

Tabla E.4: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 9.2, 9.3 y 9.4.

$\pi^- \rightarrow D^{*+}$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	5.0 ± 2.2	1.90 ± 0.06	263.4 ± 118.1
(0.2-0.4)	41.0 ± 7.1	17.92 ± 0.17	228.8 ± 39.9
(0.4-0.6)	18.0 ± 4.2	22.27 ± 0.19	80.8 ± 19.1
(0.6-0.8)	12.0 ± 3.5	19.43 ± 0.18	61.8 ± 17.8
(0.8-1.0)	1.0 ± 1.0	13.15 ± 0.15	7.6 ± 7.6
(0.0-1.0)	77.0 ± 18.0		642.4 ± 202.5

Tabla E.5: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 9.2, 9.3 y 9.4.

proton $\rightarrow D^{*-}$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	5.0 ± 2.6	1.90 ± 0.06	263.4 ± 139.6
(0.2-0.4)	52.0 ± 8.1	17.92 ± 0.17	290.2 ± 45.4
(0.4-0.6)	20.0 ± 4.7	22.27 ± 0.19	89.8 ± 21.1
(0.6-0.8)	2.0 ± 2.4	19.43 ± 0.18	10.3 ± 12.6
(0.0-1.0)	79.0 ± 17.8		653.7 ± 218.7

Tabla E.6: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 9.2, 9.3 y 9.4.

proton $\rightarrow D^{*+}$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	1.0 ± 1.7	1.90 ± 0.06	52.7 ± 91.3
(0.2-0.4)	33.0 ± 6.9	17.92 ± 0.17	184.2 ± 38.3
(0.4-0.6)	14.0 ± 4.2	22.27 ± 0.19	62.9 ± 19.1
(0.0-1.0)	48.0 ± 12.8		299.8 ± 148.7

E.2. Tablas de los resultados para la asimetría

A continuación se muestran las tablas con los valores de las asimetrías de producción $D^{*-}-D^{*+}$ como función de x_F , producidas inclusivamente por los haces Σ^- , π^- , y protones. Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla E.7: Asimetría de producción $D^{*-}-D^{*+}$ como función de x_F con el haz de Σ^- . Esta tabla es para la figura 9.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
Σ^-	(0.1-0.2)	0.49 ± 0.12
	(0.2-0.3)	0.24 ± 0.07
	(0.3-0.4)	0.29 ± 0.07
	(0.4-0.5)	0.24 ± 0.10
	(0.5-0.6)	0.26 ± 0.13
	(0.6-0.7)	0.62 ± 0.29
	(0.7-0.8)	0.71 ± 0.44

Tabla E.8: Asimetría de producción $D^{*-}-D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^- . Esta tabla es para la figura 9.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
π^-	(0.0-0.2)	0.41 ± 0.24
	(0.2-0.4)	0.11 ± 0.12
	(0.4-0.6)	0.49 ± 0.11
	(0.6-0.8)	0.47 ± 0.13
	(0.8-1.0)	0.82 ± 0.17

Tabla E.9: Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de protones. Esta tabla es para la figura 9.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
p	(0.0-0.2)	0.67 ± 0.50
	(0.2-0.4)	0.22 ± 0.12
	(0.4-0.6)	0.18 ± 0.19

E.3. Tablas de los resultados para los eventos corregidos para los blancos de producción

Tabla E.10: Eventos corregidos para D^{*-} producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 9.7.

	Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante
$\Sigma^- \rightarrow D^{*-}$	(0.0-0.2)	1314.1 ± 312.1	1942.5 ± 317.7
	(0.2-0.4)	580.8 ± 70.2	904.7 ± 72.1
	(0.4-0.6)	152.4 ± 31.1	314.3 ± 37.4
	(0.6-0.8)	27.3 ± 14.4	49.9 ± 19.8
	(0.8-1.0)	0.0 ± 0.0	7.0 ± 12.1
	(0.0-1.0)	2074.6 ± 427.8	3218.4 ± 459.1

Tabla E.11: Eventos corregidos para D^{*+} producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 9.7.

	Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante
$\Sigma^- \rightarrow D^{*+}$	(0.0-0.2)	115.5 ± 258.2	953.9 ± 245.7
	(0.2-0.4)	277.6 ± 53.3	596.2 ± 56.7
	(0.4-0.6)	115.6 ± 26.0	175.9 ± 28.3
	(0.6-0.8)	9.3 ± 9.3	9.5 ± 11.7
	(0.0-1.0)	518.0 ± 346.8	1735.5 ± 342.4

E.4. Tablas de los resultados para la asimetría

A continuación se muestran las tablas con los valores de las asimetrías de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F , producidas inclusivamente por el haz de π^- , para el experimento WA89, SELEX(pass1) y SELEX(pass2). Los errores que se muestran para SELEX(pass2) son sólo estadísticos.

Tabla E.12: Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^- , para el experimento E791. Esta tabla es para la figura 9.8.

Haz	Rango en x_F	Asimetría E791
π^-	(-0.00895- -0.0425)	-0.148 ± 0.117
	(-0.0425-0.0045)	0.050 ± 0.058
	(0.0045-0.0515)	-0.001 ± 0.042
	(0.0515-0.0985)	0.065 ± 0.034
	(0.0985-0.1455)	0.095 ± 0.036
	(0.1455-0.1965)	0.095 ± 0.041
	(0.1965-0.248)	0.142 ± 0.051
	(0.248-0.297)	0.134 ± 0.061
	(0.297-0.348)	0.077 ± 0.082
	(0.348-0.397)	0.031 ± 0.097
	(0.397-0.4786)	0.286 ± 0.114
(0.4786-0.593)	0.439 ± 0.178	

Tabla E.13: Asimetría de producción $D^{*-}D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^- , para el experimento WA92. Esta tabla es para la figura 9.8.

Haz	Rango en x_F	Asimetría WA92
π^-	(0.0-0.2)	0.175 ± 0.0625
	(0.2-0.4)	0.0375 ± 0.075
	(0.4-0.6)	0.075 ± 0.15
	(0.6-0.8)	0.4125 ± 0.5

Tabla E.14: Asimetría de producción $D^{*-}-D^{*+}$ como función de x_F con el haz de π^- para el experimento SELEX E781. Esta tabla es para la figura 9.8.

Haz	Rango en x_F	Asimetría SELEX E781
π^-	(0.0-0.2)	0.41 ± 0.24
	(0.2-0.4)	0.11 ± 0.12
	(0.4-0.6)	0.49 ± 0.11
	(0.6-0.8)	0.47 ± 0.13
	(0.8-1.0)	0.82 ± 0.17

Apéndice F

Tablas de los resultados para los mesones charm D_s^+ y D_s^-

F.1. Tabla de los resultados para los eventos corregidos producidos por los diferentes haces

A continuación se muestran las tablas para los eventos, aceptación y eventos corregidos para los mesones D_s^+ y D_s^- producidos por los haces Σ^- y π^- .

Tabla F.1: Eventos, aceptación y eventos corregidos para D_s^- producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 10.2, 10.3 y 10.4.

$\Sigma^- \rightarrow D_s^-$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	1.5 ± 1.6	0.02 ± 0.01	6394.2 ± 7237.9
(0.1-0.2)	39.0 ± 11.1	2.96 ± 0.11	1319.5 ± 378.2
(0.2-0.3)	174.0 ± 18.0	15.19 ± 0.23	1145.4 ± 119.7
(0.3-0.4)	135.0 ± 16.8	25.04 ± 0.27	539.1 ± 67.2
(0.4-0.5)	122.5 ± 15.3	28.53 ± 0.29	429.4 ± 54.0
(0.5-0.6)	42.5 ± 9.9	27.09 ± 0.28	156.9 ± 36.5
(0.6-0.7)	20.0 ± 6.6	23.55 ± 0.27	84.9 ± 28.2
(0.7-0.8)	0.5 ± 4.4	19.41 ± 0.25	2.6 ± 22.8
(0.0-1.0)	535.0 ± 83.7		10095.4 ± 7944.5

Tabla F.2: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D_s^+ producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 10.2, 10.3 y 10.4.

$\Sigma^- \rightarrow D_s^+$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	3.5 ± 2.1	0.02 ± 0.01	14919.8 ± 10938.6
(0.1-0.2)	17.5 ± 8.6	2.96 ± 0.11	592.1 ± 292.8
(0.2-0.3)	52.0 ± 12.2	15.19 ± 0.23	342.3 ± 80.8
(0.3-0.4)	50.0 ± 11.0	25.04 ± 0.27	199.7 ± 43.8
(0.4-0.5)	9.5 ± 7.9	28.53 ± 0.29	33.3 ± 27.7
(0.0-1.0)	132.5 ± 41.8		21416.1 ± 11383.7

Tabla F.3: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D_s^- producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 10.2, 10.3 y 10.4.

$\pi^- \rightarrow D_s^-$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	3.5 ± 3.2	1.49 ± 0.05	234.7 ± 217.5
(0.2-0.4)	54.5 ± 9.4	20.11 ± 0.18	270.9 ± 46.6
(0.4-0.6)	26.5 ± 8.1	27.80 ± 0.20	95.3 ± 29.1
(0.6-0.8)	5.0 ± 4.4	21.49 ± 0.18	23.3 ± 20.3
(0.8-1.0)	0.5 ± 1.2	12.33 ± 0.15	4.1 ± 9.9
(0.0-1.0)	90.0 ± 26.3		628.3 ± 323.4

Tabla F.4: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para D_s^+ producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 10.2, 10.3 y 10.4.

$\pi^- \rightarrow D_s^+$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	9.5 ± 4.1	1.49 ± 0.05	637.1 ± 273.4
(0.2-0.4)	28.5 ± 7.7	20.11 ± 0.18	141.7 ± 38.4
(0.4-0.6)	20.5 ± 6.6	27.80 ± 0.20	73.7 ± 23.7
(0.6-0.8)	7.0 ± 3.6	21.49 ± 0.18	32.6 ± 16.8
(0.0-1.0)	65.5 ± 22.0		885.1 ± 352.3

F.2. Tablas de los resultados para la asimetría

A continuación se muestran las tablas con los valores de las asimetrías de producción $D_s^+ - D_s^-$ como función de x_F , producidas inclusivamente por los haces Σ^- y π^- . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla F.5: Asimetría de producción $D_s^+ - D_s^-$ como función de x_F con el haz de Σ^- . Esta tabla es para la figura 10.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
Σ^-	(0.0-0.1)	0.40 ± 0.57
	(0.1-0.2)	-0.38 ± 0.27
	(0.2-0.3)	-0.54 ± 0.11
	(0.3-0.4)	-0.46 ± 0.12
	(0.4-0.5)	-0.86 ± 0.17
	(0.5-0.6)	-1.00 ± 0.38
	(0.6-0.7)	-1.16 ± 0.63
	(0.7-0.8)	0.60 ± 2.45
	(0.8-0.9)	-1.00 ± 1.94

Tabla F.6: Asimetría de producción $D_s^+ - D_s^-$ como función de x_F con el haz de π^- . Esta tabla es para la figura 10.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
π^-	(0.0-0.2)	0.46 ± 0.44
	(0.2-0.4)	-0.31 ± 0.15
	(0.4-0.6)	-0.13 ± 0.22
	(0.6-0.8)	0.17 ± 0.48
	(0.8-1.0)	-1.00 ± 3.46

F.3. Tablas de los resultados para los eventos corregidos para los blancos de producción

Tabla F.7: Eventos corregidos para D_s^- producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 10.7.

	Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante
$\Sigma^- \rightarrow D_s^-$	(0.0-0.2)	1067.3 ± 531.7	1392.1 ± 456.4
	(0.2-0.4)	605.8 ± 81.0	849.8 ± 79.2
	(0.4-0.6)	278.6 ± 43.9	284.5 ± 41.2
	(0.6-0.7)	47.1 ± 24.8	25.9 ± 23.7
	(0.0-1.0)	1998.8 ± 681.4	2552.3 ± 600.5

Tabla F.8: Eventos corregidos para D_s^+ producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 10.7.

	Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante
$\Sigma^- \rightarrow D_s^+$	(0.0-0.2)	715.4 ± 452.6	944.9 ± 386.6
	(0.2-0.4)	226.4 ± 57.5	307.6 ± 54.9
	(0.4-0.6)	19.1 ± 24.3	21.4 ± 24.9
	(0.6-0.7)		17.5 ± 17.5
	(0.0-1.0)	960.9 ± 534.4	1291.4 ± 483.9

F.4. Tablas de los resultados para la asimetría

A continuación se muestran las tablas con los valores de las asimetrías de producción $D_s^- - D_s^+$ como función de x_F , producidas inclusivamente por el haz de Σ^- , para el experimento WA89, SELEX(pass1) y SELEX(pass2). Los errores que se muestran para SELEX(pass2) son sólo estadísticos.

Tabla F.9: Asimetría de producción $D_s^- - D_s^+$ como función de x_F con el haz de Σ^- . Esta tabla es para la figura 10.9.

Haz	Rango en x_F	Asimetría E781 pass2
Σ^-	(0.0-0.1)	-0.40 ± 0.57
	(0.1-0.2)	0.38 ± 0.27
	(0.2-0.3)	0.54 ± 0.11
	(0.3-0.4)	0.46 ± 0.12
	(0.4-0.5)	0.86 ± 0.17
	(0.5-0.6)	1.00 ± 0.38
	(0.6-0.7)	1.16 ± 0.63
	(0.7-0.8)	-0.60 ± 2.45
	(0.8-0.9)	1.00 ± 1.94

Tabla F.10: Asimetría de producción $D_s^- - D_s^+$ como función de x_F con el haz de Σ^- . Esta tabla es para la figura 10.9.

Haz	Rango en x_F	Asimetría E781 pass1
Σ^-	(0.15-0.20)	0.17 ± 0.14
	(0.20-0.25)	0.24 ± 0.13
	(0.25-0.30)	0.47 ± 0.11
	(0.30-0.35)	0.54 ± 0.13
	(0.35-0.40)	0.61 ± 0.18
	(0.40-0.50)	0.66 ± 0.16
	(0.50-0.60)	0.95 ± 0.10
	(0.60-0.70)	0.50 ± 0.43

Tabla F.11: Asimetría de producción $D_s^- - D_s^+$ como función de x_F con el haz de Σ^- para el experimento WA89. Esta tabla es para la figura 10.9.

Haz	Rango en x_F	Asimetría WA89
Σ^-	(0.2-0.30)	$0.73 + 0.21 - 0.21$
	(0.3-0.40)	$0.84 + - 0.27$
	(0.4-0.50)	$1.00 + - 0.14$
	(0.5-0.60)	$0.51 + 0.39 - 0.44$
	(0.6-0.70)	$0.79 + - 0.40$

Apéndice G

Tablas de los resultados para los bariones charm Λ_c^+ y Λ_c^-

G.1. Tabla de los resultados para los eventos corregidos producidos por los diferentes haces

A continuación se muestran las tablas para los eventos, aceptación y eventos corregidos para los bariones Λ_c^+ y Λ_c^- producidos por los haces Σ^- , π^- , proton, y π^+ .

Tabla G.1: Eventos, aceptación y eventos corregidos para Λ_c^+ producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 11.2, 11.3 y 11.4.

$\Sigma^- \rightarrow \Lambda_c^+$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	30.5 ± 8.3	0.26 ± 0.03	11843.5 ± 3556.5
(0.1-0.2)	205.5 ± 24.8	4.11 ± 0.13	4999.7 ± 623.0
(0.2-0.3)	383.5 ± 32.5	12.70 ± 0.21	3020.6 ± 260.9
(0.3-0.4)	384.0 ± 31.0	18.75 ± 0.25	2047.5 ± 167.2
(0.4-0.5)	276.0 ± 26.3	21.83 ± 0.26	1264.4 ± 121.3
(0.5-0.6)	181.0 ± 21.2	22.31 ± 0.26	811.2 ± 95.5
(0.6-0.7)	113.0 ± 16.0	22.28 ± 0.26	507.1 ± 71.9
(0.7-0.8)	44.5 ± 11.2	21.66 ± 0.26	205.5 ± 51.8
(0.8-0.9)	15.0 ± 6.4	19.88 ± 0.25	75.4 ± 32.2
(0.9-1.0)	2.0 ± 2.0	12.57 ± 0.21	15.9 ± 15.9
(0.0-1.0)	1635.0 ± 179.7		24790.8 ± 4996.2

Tabla G.2: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por el haz de Σ^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 11.2, 11.3 y 11.4.

$\Sigma^- \rightarrow \overline{\Lambda}_c^-$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	11.0 ± 7.9	0.26 ± 0.03	4271.4 ± 3127.6
(0.1-0.2)	72.0 ± 24.1	4.11 ± 0.13	1751.7 ± 589.4
(0.2-0.3)	118.0 ± 29.4	12.70 ± 0.21	929.4 ± 232.0
(0.3-0.4)	72.5 ± 23.4	18.75 ± 0.25	386.6 ± 124.9
(0.4-0.5)	18.0 ± 17.5	21.83 ± 0.26	82.5 ± 80.4
(0.5-0.6)	12.5 ± 13.5	22.31 ± 0.26	56.0 ± 60.4
(0.6-0.7)	6.5 ± 8.8	22.28 ± 0.26	29.2 ± 39.5
(0.7-0.8)	10.0 ± 6.0	21.66 ± 0.26	46.2 ± 27.7
(0.8-0.9)			
(0.9-1.0)			
(0.0-1.0)	320.5 ± 130.6		7553.0 ± 4281.9

Tabla G.3: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para Λ_c^+ producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 11.2, 11.3 y 11.4.

$\pi^- \rightarrow \Lambda_c^+$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	2.0 ± 2.8	0.26 ± 0.03	776.6 ± 1102.5
(0.1-0.2)	18.5 ± 8.1	4.11 ± 0.13	450.1 ± 197.4
(0.2-0.3)	66.5 ± 12.5	12.70 ± 0.21	523.8 ± 99.2
(0.3-0.4)	47.5 ± 10.6	18.75 ± 0.25	253.3 ± 56.7
(0.4-0.5)	41.5 ± 9.3	21.83 ± 0.26	190.1 ± 42.7
(0.5-0.6)	28.0 ± 7.3	22.31 ± 0.26	125.5 ± 33.0
(0.6-0.7)	24.5 ± 6.4	22.28 ± 0.26	109.9 ± 28.9
(0.7-0.8)	6.0 ± 3.5	21.66 ± 0.26	27.7 ± 16.0
(0.0-1.0)	234.5 ± 60.5		7171.2 ± 1576.4

Tabla G.4: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por el haz de π^- , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 11.2, 11.3 y 11.4.

$\pi^- \rightarrow \overline{\Lambda}_c^-$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.1-0.2)	18.0 ± 8.9	4.11 ± 0.13	437.9 ± 218.0
(0.2-0.3)	46.5 ± 11.5	12.70 ± 0.21	366.3 ± 90.5
(0.3-0.4)	20.5 ± 9.5	18.75 ± 0.25	109.3 ± 50.5
(0.4-0.5)	22.0 ± 8.4	21.83 ± 0.26	100.8 ± 38.3
(0.5-0.6)	9.5 ± 7.0	22.31 ± 0.26	42.6 ± 31.2
(0.6-0.7)	7.0 ± 4.6	22.28 ± 0.26	31.4 ± 20.6
(0.0-1.0)	123.5 ± 49.9		1088.3 ± 449.1

Tabla G.5: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para Λ_c^+ producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 11.2, 11.3 y 11.4.

proton $\rightarrow \Lambda_c^+$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.1)	3.0 ± 2.6	0.26 ± 0.03	1164.9 ± 1037.5
(0.1-0.2)	21.0 ± 7.9	4.11 ± 0.13	510.9 ± 193.7
(0.2-0.3)	53.5 ± 12.3	12.70 ± 0.21	421.4 ± 97.5
(0.3-0.4)	78.0 ± 12.9	18.75 ± 0.25	415.9 ± 68.9
(0.4-0.5)	65.5 ± 11.5	21.83 ± 0.26	300.1 ± 52.9
(0.5-0.6)	34.0 ± 8.6	22.31 ± 0.26	152.4 ± 38.6
(0.6-0.7)	30.5 ± 8.0	22.28 ± 0.26	136.9 ± 35.8
(0.7-0.8)	13.0 ± 6.4	21.66 ± 0.26	60.0 ± 29.6
(0.8-0.9)	2.0 ± 3.7	19.88 ± 0.25	10.1 ± 18.8
(0.9-1.0)	0.5 ± 2.3	12.57 ± 0.21	4.0 ± 18.7
(0.0-1.0)	305.5 ± 76.2		3176.6 ± 1592.0

Tabla G.6: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por el haz de protones, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 11.2, 11.3 y 11.4.

$\text{proton} \rightarrow \overline{\Lambda}_c^-$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.1-0.2)	7.5 ± 7.1	4.11 ± 0.13	182.5 ± 173.0
(0.2-0.3)	12.5 ± 9.4	12.70 ± 0.21	98.5 ± 73.7
(0.3-0.4)	17.5 ± 8.3	18.75 ± 0.25	93.3 ± 44.1
(0.4-0.5)	14.5 ± 6.1	21.83 ± 0.26	66.4 ± 28.1
(0.5-0.6)	1.0 ± 3.9	22.31 ± 0.26	4.5 ± 17.4
(0.0-1.0)	53.0 ± 34.8		445.2 ± 336.3

Tabla G.7: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para Λ_c^+ producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 11.2, 11.3 y 11.4.

$\pi^+ \rightarrow \Lambda_c^+$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	1.0 ± 3.0	2.19 ± 0.07	45.8 ± 137.3
(0.2-0.4)	1.0 ± 5.6	15.72 ± 0.16	6.4 ± 35.4
(0.4-0.6)	8.0 ± 4.2	22.07 ± 0.19	36.2 ± 19.2
(0.6-0.8)	2.5 ± 1.9	21.97 ± 0.18	11.4 ± 8.5
(0.8-1.0)	0.5 ± 1.2	16.28 ± 0.17	3.1 ± 7.5
(0.0-1.0)	13.0 ± 15.9		102.9 ± 207.9

Tabla G.8: Eventos, aceptancia y eventos corregidos para $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por el haz de π^+ , los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a las figuras 11.2, 11.3 y 11.4.

$\pi^+ \rightarrow \overline{\Lambda}_c^-$			
Rango en x_F	Eventos	Aceptancia %	Eventos Corregidos
(0.0-0.2)	1.5 ± 3.2	2.19 ± 0.07	68.6 ± 148.3
(0.2-0.4)	9.0 ± 5.0	15.72 ± 0.16	57.2 ± 31.8
(0.4-0.6)	3.0 ± 2.6	22.07 ± 0.19	13.6 ± 12.0
(0.6-0.8)	1.5 ± 1.6	21.97 ± 0.18	6.8 ± 7.2
(0.0-1.0)	15.0 ± 12.4		146.2 ± 199.3

G.2. Tablas de los resultados para la asimetría

A continuación se muestran las tablas con los valores de las asimetrías de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ como función de x_F , producidas inclusivamente por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla G.9: Asimetría de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ como función de x_F con el haz de Σ^- . Esta tabla es para la figura 11.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
Σ^-	(0.0-0.1)	0.47 ± 0.31
	(0.1-0.2)	0.48 ± 0.14
	(0.2-0.3)	0.53 ± 0.10
	(0.3-0.4)	0.68 ± 0.10
	(0.4-0.5)	0.88 ± 0.14
	(0.5-0.6)	0.87 ± 0.17
	(0.6-0.7)	0.89 ± 0.20
	(0.7-0.8)	0.63 ± 0.28
	(0.8-0.9)	1.30 ± 0.94

Tabla G.10: Asimetría de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ como función de x_F con el haz de π^- . Esta tabla es para la figura 11.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
π^-	(0.1-0.2)	0.01 ± 0.33
	(0.2-0.3)	0.18 ± 0.15
	(0.3-0.4)	0.40 ± 0.22
	(0.4-0.5)	0.31 ± 0.21
	(0.5-0.6)	0.49 ± 0.30
	(0.6-0.7)	0.56 ± 0.29
	(0.7-0.8)	1.00 ± 1.00
	(0.8-0.9)	0.50 ± 1.12

Tabla G.11: Asimetría de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ como función de x_F con el haz de protones. Esta tabla es para la figura 11.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
p	(0.1-0.2)	0.47 ± 0.41
	(0.2-0.3)	0.62 ± 0.28
	(0.3-0.4)	0.63 ± 0.19
	(0.4-0.5)	0.64 ± 0.19
	(0.5-0.6)	0.94 ± 0.37
	(0.6-0.7)	1.00 ± 0.39
	(0.7-0.8)	0.79 ± 0.58

Tabla G.12: Asimetría de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda}_c^-$ como función de x_F con el haz de π^+ . Esta tabla es para la figura 11.5.

Haz	Rango en x_F	Asimetría
π^+	(0.0-0.2)	-0.20 ± -1.80
	(0.2-0.4)	-0.80 ± -0.96
	(0.4-0.6)	0.45 ± 0.50
	(0.6-0.8)	0.25 ± 0.63
	(0.8-1.0)	1.00 ± 3.46

**G.3. Tablas de los resultados para los eventos
 corregidos para los blancos de producción**

Tabla G.13: Eventos corregidos para Λ_c^+ producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 11.7.

$\Sigma^- \rightarrow \Lambda_c^+$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.1)	5477.3 \pm 2300.0	5485.3 \pm 1935.8	11843.5 \pm 3556.5
(0.1-0.2)	1535.2 \pm 447.0	2945.8 \pm 363.5	4999.7 \pm 623.0
(0.2-0.3)	1239.7 \pm 179.5	1517.7 \pm 155.9	3020.6 \pm 260.9
(0.3-0.4)	886.1 \pm 112.8	982.2 \pm 101.3	2047.5 \pm 167.2
(0.4-0.5)	549.5 \pm 78.2	604.6 \pm 76.0	1264.4 \pm 121.3
(0.5-0.6)	313.0 \pm 60.6	419.0 \pm 60.6	811.2 \pm 95.5
(0.6-0.7)	189.6 \pm 43.5	270.2 \pm 48.2	507.1 \pm 71.9
(0.7-0.8)	95.0 \pm 31.1	93.9 \pm 34.4	205.5 \pm 51.8
(0.8-0.9)	37.3 \pm 19.8	31.7 \pm 20.7	75.4 \pm 32.2
(0.9-1.0)	14.5 \pm 10.3		15.9 \pm 15.9
(0.0-1.0)	10337.2 \pm 3282.8	12350.4 \pm 2796.4	24790.8 \pm 4996.2

Tabla G.14: Eventos corregidos para $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por el haz de Σ^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 11.7.

$\Sigma^- \rightarrow \overline{\Lambda}_c^-$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.1)	3255.0 ± 2308.4	1148.2 ± 1813.0	4271.4 ± 3127.6
(0.1-0.2)	822.1 ± 450.4	839.2 ± 338.0	1751.7 ± 589.4
(0.2-0.3)	283.8 ± 161.5	581.4 ± 140.0	929.4 ± 232.0
(0.3-0.4)	174.2 ± 86.6	194.7 ± 74.3	386.6 ± 124.9
(0.4-0.5)		86.3 ± 51.1	82.5 ± 80.4
(0.5-0.6)		23.5 ± 35.4	56.0 ± 60.4
(0.6-0.7)		3.9 ± 23.7	29.2 ± 39.5
(0.7-0.8)		4.1 ± 16.9	46.2 ± 27.7
(0.0-1.0)	4535.1 ± 3006.9	2881.3 ± 2492.4	7553.0 ± 4281.9

Tabla G.15: Eventos corregidos para Λ_c^+ producidos por el haz de π^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 11.8.

$\pi^- \rightarrow \Lambda_c^+$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.1)		806.7 ± 758.2	776.6 ± 1102.5
(0.1-0.2)	179.8 ± 150.3	173.9 ± 111.0	450.1 ± 197.4
(0.2-0.3)	292.4 ± 66.2	188.1 ± 61.9	523.8 ± 99.2
(0.3-0.4)	64.2 ± 36.3	164.4 ± 36.5	253.3 ± 56.7
(0.4-0.5)	61.8 ± 25.7	108.7 ± 28.6	190.1 ± 42.7
(0.5-0.6)	72.4 ± 22.9	35.2 ± 18.8	125.5 ± 33.0
(0.6-0.7)	47.4 ± 18.8	52.9 ± 18.6	109.9 ± 28.9
(0.7-0.8)	13.0 ± 7.5	12.2 ± 12.2	27.7 ± 16.0
(0.0-1.0)	731.0 ± 327.7	1542.1 ± 1045.8	7171.2 ± 1576.4

Tabla G.16: Eventos corregidos para $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por el haz de π^- , para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 11.8.

$\pi^- \rightarrow \overline{\Lambda}_c^-$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.1-0.2)	27.4 ± 162.1	299.0 ± 125.8	437.9 ± 218.0
(0.2-0.3)	162.1 ± 63.8	167.5 ± 53.6	366.3 ± 90.5
(0.3-0.4)	37.0 ± 35.4	54.3 ± 29.3	109.3 ± 50.5
(0.4-0.5)	49.6 ± 26.7	45.1 ± 23.0	100.8 ± 38.3
(0.5-0.6)	14.9 ± 19.2	25.4 ± 20.5	42.6 ± 31.2
(0.6-0.7)	6.4 ± 10.8	21.4 ± 14.8	31.4 ± 20.6
(0.7-0.8)		4.1 ± 7.1	
(0.0-1.0)	297.4 ± 318.0	616.8 ± 274.1	1088.3 ± 449.1

Tabla G.17: Eventos corregidos para Λ_c^+ producidos por el haz de protones, para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 11.9.

proton $\rightarrow \Lambda_c^+$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.0-0.1)	978.1 ± 919.0	161.3 ± 395.3	1164.9 ± 1037.5
(0.1-0.2)	235.1 ± 145.1	241.5 ± 115.1	510.9 ± 193.7
(0.2-0.3)	131.8 ± 65.9	240.0 ± 59.8	421.4 ± 97.5
(0.3-0.4)	107.1 ± 40.1	259.1 ± 46.5	415.9 ± 68.9
(0.4-0.5)	119.2 ± 33.3	154.1 ± 34.2	300.1 ± 52.9
(0.5-0.6)	66.0 ± 25.0	74.4 ± 24.5	152.4 ± 38.6
(0.6-0.7)	60.3 ± 22.0	62.7 ± 23.5	136.9 ± 35.8
(0.7-0.8)	38.9 ± 18.8	16.3 ± 19.1	60.0 ± 29.6
(0.8-0.9)		13.6 ± 12.0	10.1 ± 18.8
(0.9-1.0)		3.5 ± 13.2	4.0 ± 18.7
(0.0-1.0)	1736.5 ± 1269.2	1226.5 ± 743.2	3176.6 ± 1592.0

Tabla G.18: Eventos corregidos para $\overline{\Lambda}_c^-$ producidos por el haz de protones, para los blancos de cobre, diamante y todos los blancos, los errores son estadísticos, esta tabla corresponde a la figura 11.9.

proton $\rightarrow \overline{\Lambda}_c^-$			
Rango en x_F	Eventos corregidos Cobre	Eventos corregidos Diamante	Eventos corregidos Todos
(0.1-0.2)		154.3 ± 98.4	182.5 ± 173.0
(0.2-0.3)	48.6 ± 56.2	39.4 ± 40.5	98.5 ± 73.7
(0.3-0.4)	58.1 ± 30.3	22.6 ± 26.0	93.3 ± 44.1
(0.4-0.5)	22.5 ± 19.6	37.2 ± 16.9	66.4 ± 28.1
(0.5-0.6)		9.8 ± 12.1	4.5 ± 17.4
(0.6-0.7)		3.9 ± 6.7	
(0.7-0.8)		6.1 ± 6.5	
(0.0-1.0)	129.2 ± 106.1	273.3 ± 207.1	445.2 ± 336.3

G.4. Tablas de los resultados para la asimetría

A continuación se muestran las tablas con los valores de las asimetrías de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda_c^-}$ como función de x_F , producidas inclusivamente por el haz de Σ^- , para el experimento WA89, SELEX(pass1) y SELEX(pass2). Los errores que se muestran para SELEX(pass2) son sólo estadísticos.

Tabla G.19: Asimetría de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda_c^-}$ como función de x_F con el haz de Σ^- . Esta tabla es para la figura 11.11.

Haz	Rango en x_F	Asimetría E781 pass1
Σ^-	(0.225-0.275)	$0.65 + 0.14 - 0.14$
	(0.275-0.325)	$0.39 + 0.11 - 0.12$
	(0.325-0.375)	$0.57 + 0.10 - 0.10$
	(0.375-0.425)	$0.82 + 0.09 - 0.10$
	(0.425-0.475)	$0.92 + 0.12 - 0.09$
	(0.475-0.525)	$0.79 + 0.15 - 0.13$
	(0.525-0.625)	$0.94 + 0.13 - 0.13$
	(0.625-0.725)	$1.00 + 0.23 - 0.19$
(0.725-0.775)	$0.79 + 0.36 - 0.30$	

Tabla G.20: Asimetría de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda_c^-}$ como función de x_F con el haz de Σ^- . Esta tabla es para la figura 11.11.

Haz	Rango en x_F	Asimetría E781 pass2
Σ^-	(0.225-0.275)	0.55 ± 0.07
	(0.275-0.325)	0.52 ± 0.07
	(0.325-0.375)	0.65 ± 0.08
	(0.375-0.425)	0.82 ± 0.08
	(0.425-0.475)	0.86 ± 0.11
	(0.475-0.525)	0.81 ± 0.12
	(0.525-0.625)	0.97 ± 0.10
	(0.625-0.725)	0.82 ± 0.14
(0.725-0.775)	0.57 ± 0.17	

Tabla G.21: Asimetría de producción $\Lambda_c^+ - \overline{\Lambda_c^-}$ como función de x_F con el haz de Σ^- para el experimento WA89. Esta tabla es para la figura 11.11.

Haz	Rango en x_F	Asimetría WA89
Σ^-	(0.1-0.2)	$0.66 + 0.34 - 0.44$
	(0.2-0.3)	$0.79 + 0.21 - 0.29$
	(0.3-0.4)	$0.49 + 0.17 - 0.20$
	(0.4-0.5)	$0.60 + 0.22 - 0.27$
	(0.5-0.6)	$1.00 + 0.00 - 0.21$
	(0.6-0.7)	$1.00 + 0.00 - 0.44$

Apéndice H

Tablas de los resultados para la dependencia nuclear de la producción de charm

H.1. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para los mesones D^0 y \overline{D}^0 en $K\pi$

A continuación se muestran las tablas con los valores de la dependencia nuclear de producción de charm para los mesones D^0 y \overline{D}^0 como función de x_F , producidas inclusivamente por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla H.1: Parámetro α para D^0 producidos por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ , medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.3.

Rango en x_F	α $\Sigma^- N \rightarrow D^0 X$	α $\pi^- N \rightarrow D^0 X$	α $p N \rightarrow D^0 X$	α $\pi^+ N \rightarrow D^0 X$
(0.1-0.2)	0.754 ± 0.073	0.859 ± 0.138	0.559 ± 0.179	0.371 ± 0.648
(0.2-0.4)	0.720 ± 0.074	0.824 ± 0.109	0.654 ± 0.140	1.075 ± 0.295
(0.4-0.6)	0.480 ± 0.245	0.247 ± 0.244	0.762 ± 0.560	0.232 ± 0.653
(0.6-1.0)	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000

Tabla H.2: Parámetro α para \overline{D}^0 producidos por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ , medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.3.

Rango en x_F	α $\Sigma^- N \rightarrow \overline{D}^0 X$	α $\pi^- N \rightarrow \overline{D}^0 X$	α $p N \rightarrow \overline{D}^0 X$	α $\pi^+ N \rightarrow \overline{D}^0 X$
(0.1-0.2)	0.804 ± 0.055	0.894 ± 0.117	0.771 ± 0.117	0.682 ± 0.340
(0.2-0.4)	0.699 ± 0.064	0.784 ± 0.107	0.671 ± 0.124	1.229 ± 0.219
(0.4-0.6)	0.984 ± 0.183	0.960 ± 0.169	0.318 ± 0.414	0.385 ± 0.684
(0.6-1.0)	0.715 ± 1.540	0.000 ± 0.000	0.482 ± 1.281	0.000 ± 0.000

Tabla H.3: Parámetro α para D^0 (estados charm) y \overline{D}^0 (estados anti-charm), medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.3.

Rango en x_F	$\alpha(\text{Charm})$	χ^2	$\alpha(\text{Anti-Charm})$	χ^2
(0.1-0.2)	0.749 ± 0.060	0.132	0.810 ± 0.045	0.272
(0.2-0.4)	0.749 ± 0.055	0.157	0.739 ± 0.049	0.941
(0.4-0.6)	0.388 ± 0.160	4.495	0.902 ± 0.117	0.974
(0.6-1.0)	0.000 ± 0.000	0.103	0.577 ± 0.985	0.045
	0.727 ± 0.039	4.784	0.787 ± 0.032	2.232

Tabla H.4: Parámetro α para D^0 y \overline{D}^0 (leading y non-leading), medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.3.

Rango en x_F	$\alpha(\text{Leading})$	χ^2	$\alpha(\text{Non-leading})$	χ^2
(0.1-0.2)	0.800 ± 0.086	0.141	0.786 ± 0.040	0.360
(0.2-0.4)	0.815 ± 0.077	0.377	0.722 ± 0.042	0.907
(0.4-0.6)	0.276 ± 0.201	5.984	0.850 ± 0.107	0.677
(0.6-1.0)	0.482 ± 1.281	0.050	0.715 ± 1.540	0.001
	0.768 ± 0.055	6.552	0.762 ± 0.028	1.944

H.2. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para los mesones D^0 y $\overline{D^0}$ en $K\pi\pi\pi$

A continuación se muestran las tablas con los valores de la dependencia nuclear de producción de charm para los mesones D^0 y $\overline{D^0}$ como función de x_F , producidas inclusivamente por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla H.5: Parámetro α para D^0 producidos por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ , medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.4.

Rango en x_F	α $\Sigma^- N \rightarrow D^0 X$	α $\pi^- N \rightarrow D^0 X$	α $p N \rightarrow D^0 X$	α $\pi^+ N \rightarrow D^0 X$
(0.1-0.2)	0.518 ± 0.178	0.845 ± 0.325	0.775 ± 0.344	0.000 ± 0.000
(0.2-0.4)	0.660 ± 0.094	0.869 ± 0.120	0.532 ± 0.205	0.998 ± 0.407
(0.4-0.6)	0.574 ± 0.225	0.825 ± 0.175	0.738 ± 0.268	0.908 ± 0.346
(0.6-1.0)	0.672 ± 0.684	0.998 ± 0.176	0.000 ± 0.000	1.150 ± 0.883

Tabla H.6: Parámetro α para $\overline{D^0}$ producidos por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ , medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.4.

Rango en x_F	α $\Sigma^- N \rightarrow \overline{D^0} X$	α $\pi^- N \rightarrow \overline{D^0} X$	α $p N \rightarrow \overline{D^0} X$	α $\pi^+ N \rightarrow \overline{D^0} X$
(0.1-0.2)	0.467 ± 0.185	1.042 ± 0.221	0.608 ± 0.350	0.000 ± 0.000
(0.2-0.4)	0.667 ± 0.088	0.882 ± 0.150	0.448 ± 0.204	0.738 ± 0.317
(0.4-0.6)	0.801 ± 0.167	0.593 ± 0.190	0.366 ± 0.538	1.566 ± 0.507
(0.6-1.0)	1.228 ± 0.924	0.748 ± 0.286	0.930 ± 2.320	0.000 ± 0.000

Tabla H.7: Parámetro α para D^0 (estados charm) y $\overline{D^0}$ (estados anti-charm), medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.4.

Rango en x_F	$\alpha(\text{Charm})$	χ^2	$\alpha(\text{Anti-Charm})$	χ^2
(0.1-0.2)	0.714 ± 0.078	0.684	0.690 ± 0.131	0.013
(0.2-0.4)	0.685 ± 0.054	0.064	0.691 ± 0.069	0.040
(0.4-0.6)	0.665 ± 0.140	0.008	0.741 ± 0.119	0.093
(0.6-1.0)	1.273 ± 0.369	2.110	0.792 ± 0.271	0.104
	0.741 ± 0.052	2.866	0.705 ± 0.053	0.249

Tabla H.8: Parámetro α para D^0 y $\overline{D^0}$ (leading y non-leading), medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.4.

Rango en x_F	$\alpha(\text{Leading})$	χ^2	$\alpha(\text{Non-leading})$	χ^2
(0.1-0.2)	0.735 ± 0.238	0.119	0.645 ± 0.106	0.175
(0.2-0.4)	0.759 ± 0.098	0.352	0.691 ± 0.056	0.001
(0.4-0.6)	0.857 ± 0.158	0.064	0.704 ± 0.097	0.023
(0.6-1.0)	0.998 ± 0.175	1.068	0.802 ± 0.244	0.213
	0.817 ± 0.072	1.603	0.689 ± 0.043	0.412

H.3. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para los mesones D^+ y D^-

A continuación se muestran las tablas con los valores de la dependencia nuclear de producción de charm para los mesones D^+ y D^- como función de x_F , producidas inclusivamente por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla H.9: Parámetro α para D^+ producidos por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ , medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.5.

Rango en x_F	α $\Sigma^- N \rightarrow D^+ X$	α $\pi^- N \rightarrow D^+ X$	α $p N \rightarrow D^+ X$	α $\pi^+ N \rightarrow D^+ X$
(0.1-0.2)	0.753 ± 0.085	0.370 ± 0.337	0.501 ± 0.259	1.108 ± 0.672
(0.2-0.4)	0.681 ± 0.067	0.705 ± 0.129	0.715 ± 0.139	0.428 ± 0.382
(0.4-0.6)	0.334 ± 0.271	0.794 ± 0.167	0.000 ± 0.000	0.581 ± 0.795
(0.6-1.0)	0.000 ± 0.000	1.273 ± 0.369	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000

Tabla H.10: Parámetro α para D^- producidos por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ , medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.5.

Rango en x_F	α $\Sigma^- N \rightarrow D^- X$	α $\pi^- N \rightarrow D^- X$	α $p N \rightarrow D^- X$	α $\pi^+ N \rightarrow D^- X$
(0.1-0.2)	0.799 ± 0.076	0.759 ± 0.176	0.941 ± 0.176	0.589 ± 0.765
(0.2-0.4)	0.785 ± 0.057	0.751 ± 0.102	0.796 ± 0.115	0.905 ± 0.251
(0.4-0.6)	0.741 ± 0.129	0.888 ± 0.161	1.019 ± 0.259	1.282 ± 0.328
(0.6-1.0)	0.842 ± 0.590	0.831 ± 0.214	0.000 ± 0.000	1.034 ± 0.602

Tabla H.11: Parámetro α para D^+ (estados charm) y D^- (estados anti-charm), medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.5.

Rango en x_F	$\alpha(\text{Charm})$	χ^2	$\alpha(\text{Anti-Charm})$	χ^2
(0.1-0.2)	0.714 ± 0.078	0.036	0.811 ± 0.065	0.011
(0.2-0.4)	0.685 ± 0.054	0.070	0.784 ± 0.045	0.204
(0.4-0.6)	0.665 ± 0.140	0.060	0.862 ± 0.090	0.411
(0.6-1.0)	1.273 ± 0.369	2.418	0.853 ± 0.191	0.065
	0.699 ± 0.042	2.583	0.804 ± 0.034	0.690

Tabla H.12: Parámetro α para D^+ y D^- (leading y non-leading), medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.5.

Rango en x_F	$\alpha(\text{Leading})$	χ^2	$\alpha(\text{Non-leading})$	χ^2
(0.1-0.2)	0.816 ± 0.065	0.112	0.708 ± 0.078	0.015
(0.2-0.4)	0.775 ± 0.045	0.183	0.700 ± 0.053	0.108
(0.4-0.6)	0.824 ± 0.093	0.102	0.765 ± 0.130	0.134
(0.6-1.0)	0.832 ± 0.201	0.035	1.208 ± 0.315	2.425
	0.794 ± 0.034	0.433	0.717 ± 0.041	2.682

H.4. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para los mesones charm $D^{*+} \rightarrow D^0(K^-\pi^+)\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}(K^+\pi^-)\pi^-$

A continuación se muestran las tablas con los valores de la dependencia nuclear de producción de charm para los mesones D^{*+} y D^{*-} como función de x_F , producidas inclusivamente por los haces Σ^- , π^- , protones, y π^+ . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla H.13: Parámetro α para D^{*+} producidos por los haces Σ^- , π^- , y protones, medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.6.

Rango en x_F	α	α	α
	$\Sigma^- N \rightarrow D^{*+} X$	$\pi^- N \rightarrow D^{*+} N$	$p N \rightarrow D^{*+} X$
(0.1-0.2)	0.860 ± 0.239	1.502 ± 0.557	0.000 ± 0.000
(0.2-0.4)	0.895 ± 0.154	1.167 ± 0.332	0.605 ± 0.346
(0.4-0.6)	0.574 ± 0.309	0.682 ± 0.356	0.467 ± 0.657

Tabla H.14: Parámetro α para D^{*-} producidos por los haces Σ^- , π^- , y protones, medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.6.

Rango en x_F	α	α	α
	$\Sigma^- N \rightarrow D^{*-} X$	$\pi^- N \rightarrow D^{*-} N$	$p N \rightarrow D^{*-} X$
(0.1-0.2)	0.633 ± 0.191	0.340 ± 1.064	0.000 ± 0.000
(0.2-0.4)	0.729 ± 0.110	1.110 ± 0.239	1.029 ± 0.189
(0.4-0.6)	0.738 ± 0.205	0.768 ± 0.323	0.350 ± 0.648

Tabla H.15: Parámetro α para D^{*+} (estado charm=non-leading) y D^{*-} (estados anti-charm=leading), medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.6.

Rango en x_F	α	χ^2	α	χ^2
	Charm-Non-Leading		Anti-Charm-Leading	
(0.1-0.2)	0.960 ± 0.220	0.255	0.624 ± 0.188	0.787
(0.2-0.4)	0.896 ± 0.130	0.131	0.847 ± 0.088	0.408
(0.4-0.6)	0.603 ± 0.220	1.250	0.720 ± 0.167	0.180
	0.849 ± 0.100	1.636	0.791 ± 0.072	1.375

H.5. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para los mesones charm $D^{*+} \rightarrow D^0\pi^+$ y $D^{*-} \rightarrow \overline{D^0}\pi^-$, cuando D^0 y $\overline{D^0}$ decaen en $K\pi\pi\pi$

A continuación se muestran las tablas con los valores de la dependencia nuclear de producción de charm para los mesones D^{*+} y D^{*-} como función de x_F , producidas inclusivamente por los haces Σ^- , π^- , y protones. Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla H.16: Parámetro α para D^{*+} producidos por los haces Σ^- , π^- , y protones, medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.7.

Rango en x_F	α	α	α
	$\Sigma^-N \rightarrow D^{*+}X$	$\pi^-N \rightarrow D^{*+}N$	$pN \rightarrow D^{*+}X$
(0.1-0.2)	0.431 ± 0.450	1.538 ± 0.601	0.000 ± 0.000
(0.2-0.4)	0.407 ± 0.173	0.952 ± 0.248	0.000 ± 0.000
(0.4-0.6)	0.880 ± 0.173	0.294 ± 0.456	0.479 ± 0.484
(0.6-1.0)	0.000 ± 0.000	1.004 ± 0.377	0.000 ± 0.000

Tabla H.17: Parámetro α para D^{*-} producidos por los haces Σ^- , π^- , y protones, medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.7.

Rango en x_F	α	α	α
	$\Sigma^-N \rightarrow D^{*-}X$	$\pi^-N \rightarrow D^{*-}N$	$pN \rightarrow D^{*-}X$
(0.1-0.2)	0.798 ± 0.206	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000
(0.2-0.4)	0.804 ± 0.098	0.985 ± 0.224	0.729 ± 0.235
(0.4-0.6)	0.837 ± 0.136	0.696 ± 0.252	0.220 ± 0.457
(0.6-1.0)	0.475 ± 0.501	1.011 ± 0.216	0.000 ± 0.000

Tabla H.18: Parámetro α para D^{*+} (estados charm=non-leading) y D^{*-} (estados anti-charm=leading), medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.7.

Rango en x_F	α Charm-Non-Leading	χ^2	α Anti-Charm-Leading	χ^2
(0.1-0.2)	0.829 ± 0.360	0.118	0.798 ± 0.206	0.006
(0.2-0.4)	0.585 ± 0.142	0.716	0.820 ± 0.084	0.006
(0.4-0.6)	0.773 ± 0.153	0.197	0.768 ± 0.116	0.156
(0.6-1.0)	1.004 ± 0.377	0.628	0.927 ± 0.198	0.327
	0.705 ± 0.097	1.659	0.814 ± 0.061	0.494

H.6. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para los mesones D_s^+ y D_s^-

A continuación se muestran las tablas con los valores de la dependencia nuclear de producción de charm para los mesones D_s^+ y D_s^- como función de x_F , producidas inclusivamente por los haces Σ^- y π^- . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla H.19: Parámetro α para D_s^+ producidos por los haces Σ^- , y π^- , medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.8.

Rango en x_F	α $\Sigma^- N \rightarrow D_s^+ X$	α $\pi^- N \rightarrow D_s^+ X$	α $\Sigma^- N \rightarrow D_s^- X$	α $\pi^- N \rightarrow D_s^- X$
(0.1-0.2)	1.104 ± 0.383	0.000 ± 0.000	0.991 ± 0.346	0.000 ± 0.000
(0.2-0.4)	1.066 ± 0.193	0.424 ± 0.490	0.789 ± 0.122	0.872 ± 0.238
(0.4-0.6)	0.000 ± 0.000	0.831 ± 0.581	0.867 ± 0.164	0.683 ± 0.439
(0.6-1.0)	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	1.523 ± 1.040

Tabla H.20: Parámetro α para D_s^+ (estados charm) y D_s^- (estados anti-charm), medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.8.

Rango en x_F	$\alpha(\text{Charm})$	χ^2	$\alpha(\text{Anti-Charm})$	χ^2
(0.1-0.2)	1.104 ± 0.383	0.089	0.991 ± 0.346	0.206
(0.2-0.4)	0.980 ± 0.180	0.003	0.806 ± 0.109	0.066
(0.4-0.6)	0.831 ± 0.581	0.075	0.844 ± 0.154	0.004
(0.6-1.0)	0.000 ± 0.000	0.000	1.523 ± 1.040	0.439
	0.990 ± 0.157	0.920	0.834 ± 0.086	0.715

Tabla H.21: Parámetro α para D_s^\pm (leading y non-leading), medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.8.

Rango en x_F	$\alpha(\text{Leading})$	χ^2	$\alpha(\text{Non-leading})$	χ^2
(0.1-0.2)	0.991 ± 0.346	0.217	1.104 ± 0.383	0.182
(0.2-0.4)	0.789 ± 0.122	0.111	0.941 ± 0.143	0.000
(0.4-0.6)	0.867 ± 0.164	0.052	0.737 ± 0.350	0.339
(0.6-1.0)	0.000 ± 0.000	0.000	1.523 ± 1.040	0.313
	0.830 ± 0.094	0.380	0.941 ± 0.124	0.834

H.7. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para los bariones Λ_c^+ y Λ_c^-

A continuación se muestran las tablas con los valores de la dependencia nuclear de producción de charm para los bariones Λ_c^+ y Λ_c^- como función de x_F , producidas inclusivamente por los haces Σ^- , π^- , y protones. Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla H.22: Parámetro α para Λ_c^+ producidos por los haces Σ^- , π^- , y protones, medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.9.

Rango en x_F	α $\Sigma^- N \rightarrow \Lambda_c^+ X$	α $\pi^- N \rightarrow \Lambda_c^+ X$	α $p N \rightarrow \Lambda_c^+ X$
(0.1-0.2)	0.699 ± 0.201	1.416 ± 0.540	0.506 ± 0.771
(0.2-0.4)	0.947 ± 0.078	1.083 ± 0.182	0.442 ± 0.233
(0.4-0.6)	0.896 ± 0.097	0.844 ± 0.270	0.787 ± 0.223
(0.6-1.0)	0.831 ± 0.173	0.800 ± 0.370	1.028 ± 0.300

Tabla H.23: Parámetro α para Λ_c^- producidos por los haces Σ^- , π^- , y protones, medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.9.

Rango en x_F	α $\Sigma^- N \rightarrow \Lambda_c^- X$	α $\pi^- N \rightarrow \Lambda_c^- X$	α $p N \rightarrow \Lambda_c^- X$
(0.1-0.2)	1.322 ± 0.248	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000
(0.2-0.4)	0.742 ± 0.239	0.000 ± 0.000	1.077 ± 0.795
(0.4-0.6)	0.000 ± 0.000	0.953 ± 0.365	0.776 ± 0.550
(0.6-1.0)	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000

Tabla H.24: Parámetro α para Λ_c^+ (estados charm) y Λ_c^- (estados anti-charm), medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.9.

Rango en x_F	$\alpha(\text{Charm})$	χ^2	$\alpha(\text{Anti-Charm})$	χ^2
(0.1-0.2)	0.770 ± 0.183	0.432	1.322 ± 0.248	1.741
(0.2-0.4)	0.923 ± 0.069	0.224	0.770 ± 0.229	0.963
(0.4-0.6)	0.875 ± 0.084	0.033	0.899 ± 0.304	0.099
(0.6-1.0)	0.869 ± 0.139	0.024	0.000 ± 0.000	0.000
	0.890 ± 0.048	0.713	0.995 ± 0.174	2.804

Tabla H.25: Parámetro α para Λ_c^+ y $\overline{\Lambda_c^-}$ (leading y non-leading), medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.9.

Rango en x_F	$\alpha(\text{Leading})$	χ^2	$\alpha(\text{Non-leading})$	χ^2
(0.1-0.2)	0.770 ± 0.183	0.440	1.322 ± 0.248	1.656
(0.2-0.4)	0.923 ± 0.069	0.209	0.770 ± 0.229	1.034
(0.4-0.6)	0.879 ± 0.082	0.023	0.776 ± 0.550	0.170
(0.6-1.0)	0.869 ± 0.139	0.026	0.000 ± 0.000	0.000
	0.891 ± 0.048	0.699	1.003 ± 0.192	2.860

H.8. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para el haz de Σ^-

A continuación se muestran las tablas con los valores de la dependencia nuclear de producción de charm para el haz de Σ^- como función de x_F . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla H.26: Parámetro α para charm y anti-charm producidos por el haz de Σ^- , medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.10.

Rango en x_F	α Charm	χ^2	α Anti-Charm	χ^2	α Todos
(0.1-0.2)	0.739 ± 0.049	0.105	0.795 ± 0.041	0.348	
(0.2-0.4)	0.756 ± 0.036	0.001	0.744 ± 0.032	0.702	
(0.4-0.6)	0.772 ± 0.071	0.058	0.821 ± 0.064	0.615	
(0.6-1.0)	0.821 ± 0.168	0.155	0.716 ± 0.344	0.025	
	0.755 ± 0.027	0.319	0.771 ± 0.023	1.690	0.764 ± 0.018

Tabla H.27: Diferencia del parámetro α para charm y anti-charm menos la media (0.764 ± 0.018), medida en 4 bins de x_F para el haz de Σ^- .

Rango en x_F	dif α Charm	dif α Anti-Charm
(0.1-0.2)	-0.025 ± 0.049	$+0.031 \pm 0.041$
(0.2-0.4)	-0.008 ± 0.036	-0.020 ± 0.032
(0.4-0.6)	$+0.008 \pm 0.071$	$+0.057 \pm 0.064$
(0.6-1.0)	$+0.057 \pm 0.168$	-0.048 ± 0.344

Tabla H.28: Parámetro α para leading y non-leading producidos por el haz de Σ^- , medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.10.

Rango en x_F	α Leading	χ^2	α Non-leading	χ^2	α Todos
(0.1-0.2)	0.778 ± 0.062	0.315	0.770 ± 0.036	1.239	
(0.2-0.4)	0.818 ± 0.037	0.020	0.699 ± 0.031	0.995	
(0.4-0.6)	0.834 ± 0.060	0.125	0.735 ± 0.079	0.004	
(0.6-1.0)	0.797 ± 0.158	0.010	0.851 ± 0.518	0.055	
	0.813 ± 0.028	0.470	0.730 ± 0.022	2.684	0.764 ± 0.018

Tabla H.29: Diferencia del parámetro α para leading y non-leading menos la media (0.764 ± 0.018), medida en 4 bins de x_F para el haz de Σ^- .

Rango en x_F	dif α Leading	dif α Non-leading
(0.1-0.2)	$+0.014 \pm 0.062$	$+0.006 \pm 0.036$
(0.2-0.4)	$+0.054 \pm 0.037$	-0.065 ± 0.031
(0.4-0.6)	$+0.070 \pm 0.060$	-0.029 ± 0.079
(0.6-1.0)	$+0.033 \pm 0.158$	$+0.087 \pm 0.518$

H.9. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para el haz de π^-

A continuación se muestran las tablas con los valores de la dependencia nuclear de producción de charm para el haz de π^- como función de x_F . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla H.30: Parámetro α para charm y anti-charm producidos por el haz de π^- , medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.12.

Rango en x_F	α Charm	χ^2	α Anti-Charm	χ^2	α Todos
(0.1-0.2)	0.877 ± 0.112	0.120	0.880 ± 0.089	0.188	
(0.2-0.4)	0.851 ± 0.060	0.045	0.828 ± 0.059	0.052	
(0.4-0.6)	0.701 ± 0.093	2.178	0.813 ± 0.085	0.112	
(0.6-1.0)	1.009 ± 0.136	1.577	0.893 ± 0.133	0.150	
	0.838 ± 0.050	3.919	0.841 ± 0.041	0.502	0.840 ± 0.030

Tabla H.31: Diferencia del parámetro α para charm y anti-charm menos la media (0.840 ± 0.030), medida en 4 bins de x_F para el haz de π^- .

Rango en x_F	dif α Charm	dif α Anti-Charm
(0.1-0.2)	$+0.037 \pm 0.112$	$+0.040 \pm 0.089$
(0.2-0.4)	$+0.011 \pm 0.060$	-0.012 ± 0.059
(0.4-0.6)	-0.139 ± 0.093	-0.027 ± 0.085
(0.6-1.0)	$+0.169 \pm 0.136$	$+0.053 \pm 0.133$

Tabla H.32: Parámetro α para leading y non-leading producidos por el haz de π^- , medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.12.

Rango en x_F	α Leading	χ^2	α Non-leading	χ^2	α Todos
(0.1-0.2)	0.840 ± 0.101	0.005	0.914 ± 0.096	0.744	
(0.2-0.4)	0.862 ± 0.056	0.069	0.809 ± 0.065	0.116	
(0.4-0.6)	0.761 ± 0.086	1.006	0.765 ± 0.092	0.517	
(0.6-1.0)	0.940 ± 0.110	0.711	0.980 ± 0.191	0.607	
	0.847 ± 0.040	1.791	0.831 ± 0.045	1.985	0.840 ± 0.030

Tabla H.33: Diferencia del parámetro α para leading y non-leading menos la media (0.840 ± 0.030), medida en 4 bins de x_F para el haz de π^- .

Rango en x_F	dif α Leading	dif α Non-leading
(0.1-0.2)	$+0.000 \pm 0.101$	$+0.074 \pm 0.096$
(0.2-0.4)	$+0.022 \pm 0.056$	-0.031 ± 0.065
(0.4-0.6)	-0.079 ± 0.086	-0.075 ± 0.092
(0.6-1.0)	$+0.100 \pm 0.110$	$+0.140 \pm 0.191$

H.10. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para el haz de protones

A continuación se muestran las tablas con los valores de la dependencia nuclear de producción de charm para el haz de protones como función de x_F . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla H.34: Parámetro α para charm y anti-charm producidos por el haz de protones, medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.14.

Rango en x_F	α Charm	χ^2	α Anti-Charm	χ^2	α Todos
(0.1-0.2)	0.574 ± 0.133	0.319	0.808 ± 0.094	0.300	
(0.2-0.4)	0.628 ± 0.081	0.068	0.745 ± 0.069	0.028	
(0.4-0.6)	0.723 ± 0.151	0.240	0.657 ± 0.170	0.343	
(0.6-1.0)	1.028 ± 0.300	1.596	0.930 ± 2.320	0.006	
	0.649 ± 0.062	2.211	0.757 ± 0.053	0.676	0.711 ± 0.040

Tabla H.35: Diferencia del parámetro α para charm y anti-charm menos la media (0.711 ± 0.040), medida en 4 bins de x_F para el haz de protones.

Rango en x_F	dif α Charm	dif α Anti-Charm
(0.1-0.2)	-0.137 ± 0.133	$+0.097 \pm 0.094$
(0.2-0.4)	-0.083 ± 0.081	$+0.034 \pm 0.069$
(0.4-0.6)	$+0.012 \pm 0.151$	-0.054 ± 0.170
(0.6-1.0)	$+0.317 \pm 0.300$	$+0.219 \pm 2.320$

Tabla H.36: Parámetro α para leading y non-leading producidos por el haz de protones, medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.14.

Rango en x_F	α Leading	χ^2	α Non-leading	χ^2	α Todos
(0.1-0.2)	0.803 ± 0.093	0.339	0.577 ± 0.135	0.221	
(0.2-0.4)	0.719 ± 0.066	0.205	0.658 ± 0.086	0.042	
(0.4-0.6)	0.700 ± 0.139	0.124	0.681 ± 0.192	0.045	
(0.6-1.0)	1.026 ± 0.298	0.865	0.000 ± 0.000	0.00	
	0.749 ± 0.049	1.532	0.640 ± 0.068	0.307	0.711 ± 0.040

Tabla H.37: Diferencia del parámetro α para leading y non-leading menos la media (0.711 ± 0.040), medida en 4 bins de x_F para el haz de protones.

Rango en x_F	dif α Leading	dif α Non-leading
(0.1-0.2)	$+0.092 \pm 0.093$	-0.134 ± 0.135
(0.2-0.4)	$+0.008 \pm 0.066$	-0.053 ± 0.086
(0.4-0.6)	-0.011 ± 0.139	-0.030 ± 0.192
(0.6-1.0)	$+0.315 \pm 0.298$	

H.11. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para el haz de π^+

A continuación se muestran las tablas con los valores de la dependencia nuclear de producción de charm para el haz de π^+ como función de x_F . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla H.38: Parámetro α para charm y anti-charm producidos por el haz de π^+ , medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.16.

Rango en x_F	α Charm	χ^2	α Anti-Charm	χ^2	α Todos
(0.1-0.2)	0.726 ± 0.466	0.047	0.667 ± 0.311	1.223	
(0.2-0.4)	0.874 ± 0.203	0.055	1.014 ± 0.146	0.000	
(0.4-0.6)	0.737 ± 0.285	0.099	1.229 ± 0.255	0.731	
(0.6-1.0)	1.150 ± 0.883	0.134	1.034 ± 0.602	0.001	
	0.827 ± 0.153	0.334	1.011 ± 0.115	1.956	0.944 ± 0.092

Tabla H.39: Diferencia del parámetro α para charm y anti-charm menos la media (0.944 ± 0.092), medida en 4 bins de x_F para el haz de π^+ .

Rango en x_F	dif α Charm	dif α Anti-Charm
(0.1-0.2)	-0.218 ± 0.466	-0.277 ± 0.311
(0.2-0.4)	-0.070 ± 0.203	$+0.070 \pm 0.146$
(0.4-0.6)	-0.207 ± 0.285	$+0.285 \pm 0.255$
(0.6-1.0)	$+0.206 \pm 0.883$	$+0.090 \pm 0.602$

Tabla H.40: Parámetro α para leading y non-leading producidos por el haz de π^+ , medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.16.

Rango en x_F	α Leading	χ^2	α Non-leading	χ^2	α Todos
(0.1-0.2)	0.769 ± 0.303	0.274	0.462 ± 0.494	1.012	
(0.2-0.4)	0.953 ± 0.163	0.024	0.980 ± 0.173	0.015	
(0.4-0.6)	1.029 ± 0.363	0.078	1.003 ± 0.224	0.039	
(0.6-1.0)	0.000 ± 0.000	0.000	1.071 ± 0.497	0.051	
	0.928 ± 0.133	0.376	0.959 ± 0.128	1.116	0.944 ± 0.092

Tabla H.41: Diferencia del parámetro α para leading y non-leading menos la media (0.944 ± 0.092), medida en 4 bins de x_F para el haz de π^+ .

Rango en x_F	dif α Leading	dif α Non-leading
(0.1-0.2)	-0.175 ± 0.303	-0.482 ± 0.494
(0.2-0.4)	$+0.009 \pm 0.163$	$+0.036 \pm 0.173$
(0.4-0.6)	$+0.085 \pm 0.363$	$+0.059 \pm 0.224$
(0.6-1.0)	0.000 ± 0.000	$+0.127 \pm 0.497$

H.12. Tablas de los resultados de la dependencia nuclear para todos los modos

A continuación se muestran las tablas con los valores de la dependencia nuclear de producción de charm para todos los modos como función de x_F . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla H.42: Parámetro α para charm, anti-charm y todos los modos producidos por todos los haces, medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.18.

Rango en x_F	α Charm	χ^2	α Anti-Charm	χ^2	α Todos
(0.1-0.2)	0.742 ± 0.043	0.240	0.808 ± 0.034	0.259	0.782 ± 0.027
(0.2-0.4)	0.763 ± 0.028	0.000	0.768 ± 0.026	0.762	0.766 ± 0.019
(0.4-0.6)	0.743 ± 0.052	0.149	0.820 ± 0.048	0.373	0.784 ± 0.035
(0.6-1.0)	0.948 ± 0.099	3.490	0.877 ± 0.121	0.509	0.919 ± 0.077
	0.763 ± 0.024	3.878	0.791 ± 0.019	1.902	0.778 ± 0.016

Tabla H.43: Diferencia del parámetro α para charm y anti-charm menos la media (0.778 ± 0.016), medida en 4 bins de x_F para todos los haces.

Rango en x_F	dif α Charm	dif α Anti-Charm
(0.1-0.2)	-0.036 ± 0.043	$+0.030 \pm 0.034$
(0.2-0.4)	-0.015 ± 0.028	-0.010 ± 0.026
(0.4-0.6)	-0.035 ± 0.052	$+0.042 \pm 0.048$
(0.6-1.0)	$+0.170 \pm 0.099$	$+0.099 \pm 0.121$

Tabla H.44: Parámetro α para leading, non-leading y todos los modos producidos por todos los haces, medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.18.

Rango en x_F	α Leading	χ^2	α Non-leading	χ^2	α Todos
(0.1-0.2)	0.796 ± 0.046	0.148	0.774 ± 0.033	0.679	0.782 ± 0.027
(0.2-0.4)	0.815 ± 0.028	0.002	0.720 ± 0.027	0.986	0.766 ± 0.019
(0.4-0.6)	0.802 ± 0.046	0.065	0.758 ± 0.055	0.041	0.784 ± 0.035
(0.6-1.0)	0.904 ± 0.086	1.103	0.976 ± 0.168	1.861	0.919 ± 0.077
	0.814 ± 0.021	1.317	0.747 ± 0.021	3.567	0.778 ± 0.016

Tabla H.45: Diferencia del parámetro α para leading y non-leading menos la media (0.778 ± 0.016), medida en 4 bins de x_F para todos los haces.

Rango en x_F	dif α Leading	dif α Non-leading
(0.1-0.2)	$+0.018 \pm 0.046$	-0.004 ± 0.033
(0.2-0.4)	$+0.037 \pm 0.028$	-0.058 ± 0.027
(0.4-0.6)	$+0.024 \pm 0.046$	-0.020 ± 0.055
(0.6-1.0)	$+0.126 \pm 0.086$	$+0.198 \pm 0.168$

Tabla H.46: Parámetro α para los modos producidos por los haces de mesones y bariones, medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.19.

Rango en x_F	α Bariones	χ^2	α Mesones	χ^2	α Todos
(0.1-0.2)	0.766 ± 0.029	0.133	0.865 ± 0.067	0.048	0.782 ± 0.027
(0.2-0.4)	0.740 ± 0.022	0.492	0.854 ± 0.040	0.009	0.766 ± 0.019
(0.4-0.6)	0.783 ± 0.044	0.392	0.787 ± 0.060	1.113	0.784 ± 0.035
(0.6-1.0)	0.847 ± 0.134	0.467	0.954 ± 0.093	1.243	0.919 ± 0.077
	0.755 ± 0.016	0.686	0.850 ± 0.028	2.413	0.778 ± 0.016

Tabla H.47: Diferencia del parámetro α para todos los modos menos la media (0.778 ± 0.016), medida en 4 bins de x_F para los haces de mesones y bariones.

Rango en x_F	dif α Bariones	dif α Mesones
(0.1-0.2)	-0.012 ± 0.029	$+0.087 \pm 0.067$
(0.2-0.4)	-0.038 ± 0.022	$+0.076 \pm 0.040$
(0.4-0.6)	$+0.005 \pm 0.044$	$+0.009 \pm 0.060$
(0.6-1.0)	$+0.069 \pm 0.134$	$+0.176 \pm 0.093$

H.13. Tablas de los resultados para la razón R para todos los modos

A continuación se muestran las tablas con los valores de la razón R para todos los modos como función de x_F . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla H.48: Razón R para charm, anti-charm y todos los modos producidos por todos los haces, medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.20.

Rango en x_F	R Charm	χ^2	R Anti-Charm	χ^2	R Todos
(0.1-0.2)	0.597 ± 0.043	–	0.686 ± 0.040	–	0.645 ± 0.029
(0.2-0.4)	0.613 ± 0.030	–	0.653 ± 0.028	–	0.634 ± 0.021
(0.4-0.6)	0.527 ± 0.049	–	0.637 ± 0.054	–	0.577 ± 0.036
(0.6-1.0)	0.859 ± 0.145	–	0.724 ± 0.152	–	0.795 ± 0.105
	0.598 ± 0.022	1.86	0.661 ± 0.021	0.281	0.630 ± 0.015

Tabla H.49: Razón R para leading y non-leading y todos los modos producidos por todos los haces, medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.20.

Rango en x_F	R Leading	χ^2	R Non-leading	χ^2	R Todos
(0.1-0.2)	0.688 ± 0.053	–	0.627 ± 0.035	–	0.645 ± 0.029
(0.2-0.4)	0.685 ± 0.032	–	0.599 ± 0.027	–	0.634 ± 0.021
(0.4-0.6)	0.596 ± 0.049	–	0.553 ± 0.054	–	0.577 ± 0.036
(0.6-1.0)	0.795 ± 0.117	–	0.795 ± 0.236	–	0.795 ± 0.105
	0.670 ± 0.023	1.252	0.603 ± 0.020	0.670	0.630 ± 0.015

Tabla H.50: Razón R para todos los modos producidos por los haces de mesones y bariones, medido en 4 bins de x_F . Esta tabla corresponde a la figura 12.20.

Rango en x_F	R Bariones	χ^2	R Mesones	χ^2	R Todos
(0.1-0.2)	0.640 ± 0.031	–	0.682 ± 0.081	–	0.645 ± 0.029
(0.2-0.4)	0.615 ± 0.023	–	0.724 ± 0.049	–	0.634 ± 0.021
(0.4-0.6)	0.597 ± 0.046	–	0.544 ± 0.059	–	0.577 ± 0.036
(0.6-1.0)	0.702 ± 0.163	–	0.860 ± 0.137	–	0.795 ± 0.105
	0.621 ± 0.017	0.321	0.668 ± 0.033	2.572	0.630 ± 0.015

H.14. Tabla de los Resultados de la dependencia nuclear para el haz de Σ^- para regiones de p_t^2

A continuación se muestran las tablas con los valores de la dependencia nuclear de producción de charm para los modos de mayor estadística para diferentes regiones de p_t^2 como función de x_F , producidas inclusivamente por el haz de Σ^- . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla H.51: Parámetro α para D^0 , D^+ y Λ_c^+ producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a pequeños p_t^2 y a la figura 12.22.

Rango en x_F	α $\Sigma^- N \rightarrow D^0(K\pi)X$	α $\Sigma^- N \rightarrow D^0(K\pi\pi\pi)X$	α $\Sigma^- N \rightarrow D^+X$	α $\Sigma^- N \rightarrow \Lambda_c^+X$
(0.1-0.35)	0.683 ± 0.070	0.583 ± 0.128	0.693 ± 0.073	0.770 ± 0.131
(0.35-0.6)	0.397 ± 0.286	0.515 ± 0.271	0.268 ± 0.248	0.975 ± 0.101
(0.60-1.0)	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	0.858 ± 0.219

Tabla H.52: Parámetro α para \overline{D}^0 y D^- producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a pequeños p_t^2 y a la figura 12.22.

Rango en x_F	α $\Sigma^- N \rightarrow \overline{D}^0(K\pi)X$	α $\Sigma^- N \rightarrow \overline{D}^0(K\pi\pi\pi)X$	α $\Sigma^- N \rightarrow D^-X$
(0.1-0.35)	0.711 ± 0.057	0.628 ± 0.073	0.729 ± 0.068
(0.35-0.6)	0.969 ± 0.185	0.748 ± 0.248	0.646 ± 0.163
(0.60-1.0)	0.592 ± 1.013	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000

Tabla H.53: Parámetro α para D^0 , D^+ y Λ_c^+ producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a grandes p_t^2 y a la figura 12.22.

Rango en x_F	α $\Sigma^- N \rightarrow D^0(K\pi)X$	α $\Sigma^- N \rightarrow D^0(K\pi\pi\pi)X$	α $\Sigma^- N \rightarrow D^+ X$	α $\Sigma^- N \rightarrow \Lambda_c^+ X$
(0.1-0.35)	0.899 ± 0.090	0.635 ± 0.136	0.789 ± 0.100	0.916 ± 0.123
(0.35-0.6)	0.954 ± 0.219	0.585 ± 0.233	0.474 ± 0.243	0.784 ± 0.144
(0.60-1.0)	0.000 ± 0.000	0.985 ± 0.600	0.000 ± 0.000	0.523 ± 0.380

Tabla H.54: Parámetro α para $\overline{D^0}$ y D^- producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a grandes p_t^2 y a la figura 12.22.

Rango en x_F	α $\Sigma^- N \rightarrow \overline{D^0}(K\pi)X$	α $\Sigma^- N \rightarrow \overline{D^0}(K\pi\pi\pi)X$	α $\Sigma^- N \rightarrow D^- X$
(0.1-0.35)	0.875 ± 0.071	0.674 ± 0.118	0.864 ± 0.072
(0.35-0.6)	0.677 ± 0.244	0.682 ± 0.183	0.899 ± 0.121
(0.60-1.0)	0.000 ± 0.000	0.765 ± 0.601	0.000 ± 0.000

Tabla H.55: Parámetro α para todos los modos descritos en la sección 12.19, charm, anti-charm, leading, non-leading, producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Esta tabla corresponde a pequeños p_t^2 y a la figura 12.23.

Rango en x_F	α Charm	α Anti-Charm	α Leading	α Non-leading
(0.1-0.35)	0.685 ± 0.043	0.708 ± 0.041	0.738 ± 0.060	0.684 ± 0.034
(0.35-0.6)	0.798 ± 0.084	0.776 ± 0.103	0.884 ± 0.086	0.659 ± 0.100
(0.60-1.0)	0.858 ± 0.219	0.592 ± 1.013	0.858 ± 0.219	0.592 ± 1.013

Tabla H.56: Parámetro α para todos los mesones D descritos en la sección 12.19, charm, anti-charm, leading, non-leading, producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Esta tabla corresponde a pequeños p_t^2 y a la figura 12.23.

Rango en x_F	α Charm	α Anti- Charm	α Leading	α Non- leading
(0.1-0.35)	0.675 ± 0.046	0.708 ± 0.041	0.729 ± 0.068	0.684 ± 0.034
(0.35-0.6)	0.385 ± 0.154	0.776 ± 0.103	0.646 ± 0.163	0.659 ± 0.100
(0.60-1.0)	0.000 ± 0.000	0.592 ± 1.013	0.000 ± 0.000	0.592 ± 1.013

Tabla H.57: Parámetro α para todos los modos descritos en la sección 12.19, charm, anti-charm, leading, non-leading, producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Esta tabla corresponde a grandes p_t^2 y a la figura 12.23.

Rango en x_F	α Charm	α Anti- Charm	α Leading	α Non- leading
(0.1-0.35)	0.829 ± 0.054	0.839 ± 0.046	0.877 ± 0.062	0.815 ± 0.043
(0.35-0.6)	0.733 ± 0.098	0.810 ± 0.093	0.851 ± 0.093	0.685 ± 0.099
(0.60-1.0)	0.655 ± 0.321	0.765 ± 0.601	0.523 ± 0.380	0.875 ± 0.425

Tabla H.58: Parámetro α para todos los mesones D descritos en la sección 12.19, charm, anti-charm, leading, non-leading, producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Esta tabla corresponde a grandes p_t^2 y a la figura 12.23.

Rango en x_F	α Charm	α Anti- Charm	α Leading	α Non- leading
(0.1-0.35)	0.808 ± 0.060	0.839 ± 0.046	0.864 ± 0.072	0.815 ± 0.043
(0.35-0.6)	0.688 ± 0.133	0.810 ± 0.093	0.899 ± 0.121	0.685 ± 0.099
(0.60-1.0)	0.985 ± 0.600	0.765 ± 0.601	0.000 ± 0.000	0.875 ± 0.425

Tabla H.59: Parámetro α para todos los modos descritos en la sección 12.19, producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Esta tabla corresponde a pequeños y grandes p_t^2 , y a la figura 12.23.

Rango en x_F	α	α
	Todos $p_t^2 < 1.0$ (GeV/c) ²	Todos $p_t^2 < 1.0$ (GeV/c) ²
(0.1-0.35)	0.697 ± 0.030	0.835 ± 0.035
(0.35-0.6)	0.789 ± 0.065	0.773 ± 0.068
(0.60-1.0)	0.846 ± 0.214	0.680 ± 0.283

Tabla H.60: Parámetro α para los mesones D descritos en la sección 12.19, producidos por el haz de Σ^- , medido en 3 bins de x_F . Esta tabla corresponde a pequeños y grandes p_t^2 , y a la figura 12.23.

Rango en x_F	α	α
	Mesones D $p_t^2 < 1.0$ (GeV/c) ²	Mesones D $p_t^2 > 1.3$ (GeV/c) ²
(0.1-0.35)	0.693 ± 0.031	0.828 ± 0.037
(0.35-0.6)	0.655 ± 0.086	0.770 ± 0.076
(0.60-1.0)	0.592 ± 1.013	0.875 ± 0.425

Tabla H.61: Parámetro α para Mesones D y el barión Λ_c^+ medido en 3 bins de x_F producidos por el haz de Σ^- para pequeños y grandes p_t^2 .

Rango en x_F	α	α	α	α
	Mesones D $p_t^2 < 1.0$ (GeV/c) ²	Barión Λ_c^+ $p_t^2 < 1.0$ (GeV/c) ²	Mesones D $p_t^2 > 1.3$ 1.3 (GeV/c) ²	Barión Λ_c^+ $p_t^2 > 1.3$ 1.3 (GeV/c) ²
(0.1-0.35)	0.693 ± 0.031	0.770 ± 0.131	0.828 ± 0.037	0.916 ± 0.123
(0.35-0.6)	0.655 ± 0.086	0.975 ± 0.101	0.770 ± 0.076	0.784 ± 0.144
(0.60-1.0)	0.592 ± 1.013	0.858 ± 0.219	0.875 ± 0.425	0.523 ± 0.380

H.15. Tabla de los Resultados de la dependencia nuclear para el haz de π^- para regiones de p_t^2

A continuación se muestran las tablas con los valores de la dependencia nuclear de producción de charm para los modos de mayor estadística para diferentes regiones de p_t^2 como función de x_F , producidas inclusivamente por el haz de π^- . Los errores que se muestran son estadísticos.

Tabla H.62: Parámetro α para D^0 , y D^+ producidos por el haz de π^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a pequeños p_t^2 y a la figura 12.25.

Rango en x_F	α		α
	$\pi^- N \rightarrow D^0(K\pi)X$	$\pi^- N \rightarrow D^0(K\pi\pi\pi)X$	$\pi^- N \rightarrow D^+X$
(0.1-0.35)	0.935 ± 0.112	1.036 ± 0.153	0.638 ± 0.177
(0.35-0.6)	0.336 ± 0.257	0.639 ± 0.254	0.853 ± 0.191
(0.60-1.0)	0.000 ± 0.000	1.000 ± 0.266	1.174 ± 0.579

Tabla H.63: Parámetro α para \overline{D}^0 , y D^- producidos por el haz de π^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a pequeños p_t^2 y a la figura 12.25.

Rango en x_F	α		α
	$\pi^- N \rightarrow \overline{D}^0(K\pi)X$	$\pi^- N \rightarrow \overline{D}^0(K\pi\pi\pi)X$	$\pi^- N \rightarrow D^-X$
(0.1-0.35)	0.754 ± 0.109	0.920 ± 0.203	0.664 ± 0.149
(0.35-0.6)	1.078 ± 0.175	0.688 ± 0.216	0.970 ± 0.146
(0.60-1.0)	0.000 ± 0.000	0.891 ± 0.432	0.701 ± 0.269

Tabla H.64: Parámetro α para D^0 , y D^+ producidos por el haz de π^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a grandes p_t^2 y a la figura 12.25.

Rango en x_F	α		α
	$\pi^- N \rightarrow D^0(K\pi)X$	$\pi^- N \rightarrow D^0(K\pi\pi\pi)X$	$\pi^- N \rightarrow D^+X$
(0.1-0.35)	0.473 ± 0.190	0.842 ± 0.252	0.287 ± 0.240
(0.35-0.6)	0.805 ± 0.220	0.483 ± 0.178	0.775 ± 0.213
(0.60-1.0)	0.000 ± 0.000	1.068 ± 0.230	1.417 ± 0.516

H.15 Tabla de los Resultados de la dependencia nuclear para el haz de π^- para regiones de p_t^2 **391**

Tabla H.65: Parámetro α para $\overline{D^0}$, y D^- producidos por el haz de π^- , medido en 3 bins de x_F . Este corresponde a grandes p_t^2 y a la figura 12.25.

Rango en x_F	α $\pi^- N \rightarrow \overline{D^0}(K\pi)X$	α $\pi^- N \rightarrow \overline{D^0}(K\pi\pi\pi)X$	α $\pi^- N \rightarrow D^- X$
(0.1-0.35)	0.970 ± 0.135	1.136 ± 0.175	0.528 ± 0.183
(0.35-0.6)	0.410 ± 0.394	0.000 ± 0.000	1.097 ± 0.209
(0.60-1.0)	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000	1.134 ± 0.344

Tabla H.66: Parámetro α para todos los mesones D descritos en la sección 12.19, charm, anti-charm, leading, non-leading, producidos por el haz de π^- , medido en 3 bins de x_F . Esta tabla corresponde a pequeños p_t^2 y a la figura 12.26.

Rango en x_F	α Charm	α Anti-Charm	α Leading	α Non-leading	α Mesones
(0.1-0.35)	0.902 ± 0.080	0.754 ± 0.081	0.888 ± 0.077	0.756 ± 0.084	0.828 ± 0.057
(0.35-0.6)	0.661 ± 0.131	0.945 ± 0.100	0.780 ± 0.114	0.900 ± 0.111	0.841 ± 0.079
(0.60-1.0)	1.030 ± 0.242	0.754 ± 0.228	0.852 ± 0.189	0.992 ± 0.346	0.884 ± 0.166

Tabla H.67: Parámetro α para todos los mesones D descritos en la sección 12.19, charm, anti-charm, leading, non-leading, producidos por el haz de π^- , medido en 3 bins de x_F . Esta tabla corresponde a grandes p_t^2 y a la figura 12.26.

Rango en x_F	α Charm	α Anti-Charm	α Leading	α Non-leading	α Mesones
(0.1-0.35)	0.515 ± 0.128	0.904 ± 0.092	0.575 ± 0.117	0.909 ± 0.098	0.771 ± 0.075
(0.35-0.6)	0.659 ± 0.116	0.946 ± 0.185	0.759 ± 0.115	0.692 ± 0.187	0.740 ± 0.098
(0.60-1.0)	1.126 ± 0.210	1.134 ± 0.344	1.088 ± 0.191	1.417 ± 0.516	1.128 ± 0.179

H.16. Tabla de los Resultados de la dependencia nuclear de otros experimentos para el haz de π^-

A continuación se muestran las tablas con los valores de la dependencia nuclear de producción de charm de otros experimentos como función de x_F , producidas inclusivamente por el haz de π^- . Los errores que se muestran son estadísticos y sistemáticos.

Tabla H.68: Parámetro α para mesones D ($D^0 \rightarrow K^- \pi^+$, $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$, y sus respectivas antipartículas), medidas en 4 bins de x_F producidas por el haz de π^- . Estos valores corresponden a la Colaboración E769, y se muestran en la figura 12.27.

Rango en x_F	α $D^0, D^+; \pi^\pm$	α $D^0; \pi^\pm$	α $D^+; \pi^\pm$	α $D^0, D^+; \pi^-$	α $D^0, D^+; \pi^+$
$x_F > 0.0$	$1.00 \pm 0.05 \pm 0.02$	1.00 ± 0.07	0.95 ± 0.06	1.00 ± 0.05	1.03 ± 0.15
(0.0-0.1)	1.069 ± 0.094				
(0.1-0.2)	0.991 ± 0.086				
(0.2-0.3)	1.026 ± 0.103				
(0.3-0.5)	1.034 ± 0.103				

Tabla H.69: Parámetro α para mesones D ($D^0 \rightarrow K^- \pi^+$, $D^0 \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-$, $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$, y sus respectivas antipartículas), medidas en 4 bins de x_F producidas por el haz de π^- . Estos valores corresponden a la Colaboración WA82, y se muestran en la figura 12.27.

Rango en x_F	α $D^0, \overline{D^0}, D^\pm$	α $D^0, \overline{D^0} (K\pi)$	α D^\pm	α $D^0, \overline{D^0} (K\pi\pi\pi)$
$x_F > 0.0$	0.92 ± 0.06	1.03 ± 0.11	0.84 ± 0.08	0.93 ± 0.11
(0.0-0.2)	0.833 ± 0.078			
(0.2-0.4)	1.021 ± 0.099			
(0.4-1.0)	1.000 ± 0.182			

Tabla H.70: Parámetro α para mesones D ($D^0 \rightarrow K^- \pi^+$, $D^0 \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-$, $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$, y sus respectivas antipartículas), medidas en 4 bins de x_F producidas por el haz de π^- . Estos valores corresponden a la Colaboración WA92, y se muestran en la figura 12.27.

Rango en x_F	α $D^0, \overline{D^0}, D^\pm$
$x_F > 0.0$	$0.93 \pm 0.05 \pm 0.03$
(0.0-0.2)	0.958 ± 0.058
(0.2-0.4)	0.742 ± 0.108
(0.4-1.0)	1.042 ± 0.258

Tabla H.71: Parámetro α para mesones D ($D^0 \rightarrow K^- \pi^+$, $D^0 \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-$, $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$, $D_s^+ \rightarrow \phi \pi^+$, y sus respectivas antipartículas). Estos valores corresponden a la Colaboración WA92.

Modo	α
D^0	$0.92 \pm 0.10 \pm 0.03$
$\overline{D^0}$	$0.93 \pm 0.09 \pm 0.03$
$D^0, \overline{D^0}$	$0.92 \pm 0.07 \pm 0.02$
D^+	$0.96 \pm 0.11 \pm 0.03$
D^-	$0.95 \pm 0.10 \pm 0.03$
D^+, D^-	$0.95 \pm 0.07 \pm 0.03$
D_s^+	$1.46 \pm 0.39 \pm 0.04$
D_s^-	$0.73 \pm 0.48 \pm 0.02$
D_s^+, D_s^-	$1.12 \pm 0.30 \pm 0.03$
Todos	$0.93 \pm 0.05 \pm 0.03$

Referencias

- [1] S. Barlag et al., *Production of D , D^* , D_s Mesons in 200 GeV/c π^- , K^- and p -Si Interactions*, Z. Phys. **C39** (1988) 451-460.
- [2] M. Aguilar-Benitez et al., LEBC-EHS Coll., *Charm Hadron Properties in 400 GeV/c pp Interactions*, Z. Phys. **C40** (1988) 321-346.
- [3] R. Ammar et al., LEBC-MPS Coll., *D-Meson Production in 800 GeV/c pp Interactions*, Phys. Rev. Lett. **61** (1988) 2185.
- [4] K. Kodama et al., E653 Coll., *Charm Meson Production in 800 GeV/c Proton-Emulsion Interactions*, Phys. Lett. **B263** (1991) 573.
- [5] G. A. Alves et al., *Forward Cross Sections for Production of D^+ , D^0 , D_s , D^{*+} , and Λ_c in 250 GeV π^\pm , K^\pm , and p Interactions with Nuclei*, Phys. Rev. Lett. **77** (1996) 2388-2391.
- [6] I. Abt et al., *Measurement of D^0 , D^+ , D_s and D^{*+} Production in Fixed Target 920 GeV Proton-Nucleus Collisions*, Eur. Phys. J. **C52** (2007) 531, arXiv:0708.1443 [hep-ex].
- [7] M. Aguilar-Benitez et al., NA27 LEBC-EHS Coll., *Inclusive Properties of D Mesons Produced in 360 GeV π^- Interactions*, Phys. Lett. **B161** (1985) 400.
- [8] S. Barlag et al., ACCMOR Coll., *Production Properties of D^0 , D^+ , D^{*+} and D_s^+ in 230 GeV/c π^- and K^- -Cu Interactions*, Z. Phys. **C49** (1991) 555.
- [9] K. Kodama et al., E653 Coll., *Charm Meson Production in 600 GeV/c π^- -Emulsion Interactions*, Phys. Lett. **B284** (1992) 461-470.
- [10] M. Adamovich et al., *Measurement of Charmed-Meson Production in Interactions between 350 GeV/c π^- Particles and Nuclei*, Nucl. Phys. **B495** (1997) 3-34.
- [11] E. M. Aitala et al., *Total Forward and Differential Cross Sections of Neutral D Mesons Produced in 500 GeV/c π^- -Nucleon Interactions*, Phys. Lett. **B462** (1999) 225-236.

- [12] M. I. Adamovich, et al., *Determination of the Total $c\bar{c}$ Production Cross Section in 340 GeV/c Σ^- -Nucleus Interactions*, Eur. Phys. J. **C13** (2000) 247-254, [arXiv:hep-ex/9908061 v1].
- [13] E. M. Aitala et al., *Asymmetries between the Production of D^+ and D^- Mesons from 500 GeV/c π^- -Nucleon Interactions as a function of x_F and p_T^2* , Phys. Lett. **B371** (1996) 157-162.
- [14] M. Adinolfi, et al., *D^* Production in 350 GeV/c π^- -N Interactions*, Nucl. Phys. **B547** (1999) 3-18.
- [15] A. N. Allev *et al.* [BIS-2 Collaboration], *A-Dependence of the production cross section of Λ_c^+ charmed baryons in Neutron-Nucleus Interactions*, submitted to the XXIII International Conference on High Energy Physics, Berkeley, 1986.
- [16] M. Adamovich et al., *Nuclear Dependence of Charm Production by a 340 GeV/c π^- Beam*, Phys. Lett. **B284** (1992) 453-456.
- [17] G. A. Alves et al., *Atomic Mass Dependence of D^\pm and D^0, \bar{D}^0 Production in 250 GeV π^\pm -Nucleon Interactions*, Phys. Rev. Lett. **70** (1993) 722-725.
- [18] G. A. Alves *et al.* [E769 Collaboration], *$D^{*\pm}$ production in 250 – GeV π^\pm N interactions*, Phys. Rev. D **49** (1994) 4317.
- [19] M. J. Leitch et al., *Nuclear Dependence of Neutral-D-Meson Production by 800 GeV/c Protons*, Phys. Rev. Lett. **72** (1994) 2542-2545.
- [20] L. Apanasevich, et al., *Production of charm mesons at high transverse momentum in 515 GeV/c π^- -nucleon collisions*, Phys. Rev. **D56** (1997) 1391.
- [21] C. Lourenco, H. K. Wohri, *Heavy-flavour hadro-production from fixed-target to collider energies*, Physics Reports **433** (2006) 127-180.
- [22] H. Cobbaert, et al, *A-Dependence of the Charm Production Cross-Section in 320 – GeV/c π^- Interactions*, Phys. Lett. **B191** (1987) 456.
- [23] H. Cobbaert, et al, *A-Dependence of the Charm Production Cross-Section in 300 – GeV/c proton Interactions*, Phys. Lett. **B206** (1988) 546.
- [24] M. J. Leitch *et al.* [FNAL E866/NuSea Collaboration], *Measurement of J/ψ and ψ suppression in p A collisions at 800 – GeV/c*, Phys. Rev. Lett. **84** (2000) 3256, [arXiv:nucl-ex/9909007].
- [25] B. Alessandro *et al.* [NA50 Collaboration], *Charmonium production and nuclear absorption in p A interactions at 450 – GeV*, Eur. Phys. J. **C 33** (2004) 31.

- [26] M. E. Duffy *et al.*, *A Dependence of Charm Production*, Phys. Rev. Lett. **55** (1985) 1816.
- [27] H. Cobbaert *et al.* [WA78 Collaboration], *A-Dependence of Low Mass Muon Pair Production in 300 – GeV/c proton and 320 – GeV/c π^- Interactions*, Phys. Lett. **B213** (1988) 395.
- [28] A. D. Frawley, T. Ullrich and R. Vogt. *Heavy flavour in heavy-ion collisions at RHIC and RHIC II*, Phys. Rept. **462** (2008) 125, arXiv:0806.1013[nucl-exp].
- [29] H. Fritzsch, M. Gell-Mann, H. Leutwyler, *Advantages of the Color Octet Gluon Picture*, Phys. Lett. **B47** (1973) 365.
- [30] J. Goldstone, *Nuovo Cim.* **19** (1961) 154.
- [31] E. Klempt, *Meson Spectroscopy: Glueballs, Hybrids and $Q\bar{Q}$ Mesons*, [arXiv:hep-ex/0101031 v1] 19 Jan (2001).
- [32] J. Gross, A. Wilczek, *Ultraviolet Behavior of Non-Abelian Gauge Theories*, Phys. Rev. Lett. **30** (1973) 1343 .
- [33] H. David Politzer, *Reliable Perturbative Results for Strong Interactions?*, Phys. Rev. Lett. **30** (1973) 1346 .
- [34] J. Greensit, *The Confinement Problem in Lattice Gauge Theory*, [arXiv:hep-lat/0301023 v2] (2003).
- [35] J. J. Aubert, *et al.*, *Experimental Observation of a Heavy Particle J*, Phys. Rev. Lett. **33** (1974) 1404.
- [36] J. E. Augustin, *et al.*, *Discovery of a Narrow Resonance in e^+e^- Anihilation*, Phys. Rev. Lett. **33** (1974) 1406.
- [37] Particle Data Group, *Review of Particle Physics*, W-M Yao *et al.*, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **33** 1 (2006).
- [38] J. Rohlf, *Modern Physics from α to Z^0* , John Wiley & Sons, Inc.
- [39] B. Povh, K. Rith, C. Scholz and F. Zetsche, *Particles and Nuclei*, Springer, (1995).
- [40] M. A. Olivo Gómez, *Producción Inclusiva de Λ , $\bar{\Lambda}$ y K_s Mediante las Colisiones Σ^- , π^\pm y p -Nucleón*, SELEX MsC. Thesis, (2004).
- [41] B. L. Combridge. *Associated Production of Heavy Flavour States in pp and $\bar{p}p$ Interactions: Some QCD Estimates*, Nucl. Phys. **B151** (1979) 429-456.
- [42] P. Nason, S. Dawson and R. K. Ellis. *The One Particle Inclusive Differential Cross Section for Heavy Quark Production in Hadronic Collisions*, Nucl. Phys. **B327** (1989) 49-92.

- [43] M. L. Mangano, P. Nason, G. Ridolfi, *Heavy-Quark Correlations in Hadron Collisions at Next-to-Leading Order*, Nucl. Phys. **B373** (1992) 295-345.
- [44] B. Andersson et al., *Parton Fragmentation and String Dynamics*, Phys. Rep. **97** (1983) 31-145.
- [45] E. Norrbin and T. Sjostrand. *Production Mechanism of Charm Hadrons in the String Model*, [arXiv:hep-ph/9809266 v1] (1998).
- [46] S. J. Brodsky et al., *The Intrinsic Charm of the Proton*, Phys. Lett. **B93** (1980) 189.
- [47] R. Vogt, S. J. Brodsky and P. Hoyer. *Systematics of Charm Production in Hadronic Collisions*, Nucl. Phys. **B383** (1992) 643-684.
- [48] R. Vogt, S. J. Brodsky. *Intrinsic Charm Contribution to Double Quarkonium Hadroproduction*, Phys. Lett. **B349** (1995) 569-575.
- [49] S. Frixione, M. Mangano, G. Ridolfi, *Heavy Quark Production*, [arXiv:hep-ph/9702287 v2] (1997).
- [50] U. Dersch et al., *Total Cross Section Measurements with π^- , Σ^- and Protons on Nuclei and Nucleons around 600 GeV/c*, Nucl. Phys. **B579** (2000) 277-312.
- [51] Oliver Thilmann, Tesis (1997)
- [52] Richard P. Feynman., *Very High-Energy Collisions of Hadrons*, Phys. Rev. Lett. **23** (1969) 1415-1417.
- [53] R. Blankenbecler and S. J. Brodsky, *Unified Description of Inclusive and Exclusive Reactions at all Momentum Transfers*, Phys. Rev. **D10** (1974) 2973-2992.
- [54] S. Aoki et al., *Hadroproduction of $D\bar{D}$ Pairs in the Interactions of 350 GeV/c π^- Mesons with Nuclei*, CERN-PPE/91-221.
- [55] M. Adamovich et al., *Results on Charm Physics from WA82*, Nucl. Phys. (Procl. Suppl.) **B27** (1992) 212.
- [56] G. A. Alves et al., *Feynman-x and Transverse Momentum Dependence of D Meson Production in 250 GeV π , K and p-Nucleon Interactions*, Phys. Rev. Lett. **77** (1996) 2392-2395.
- [57] S. Y. Jun et al., *Observation of the Cabibbo-Suppressed Decay $\Xi_c^+ \rightarrow pK^- \pi^+$* , Phys. Rev. Lett. **84** (2000) 1857-1861.
- [58] A. V. Evdokimov et al., *Observation of a Narrow Charm-Strange Meson $D_{sJ}^+(2632) \rightarrow D_s^+ \eta$ and $D^0 K^-$* , Phys. Rev. Lett. **93** (2004) 242001.

- [59] M. Mattson et al., *First Observation of the Doubly Charmed Baryon Ξ_{cc}^+* , Phys. Rev. Lett. **89** (2002) 112001-112005.
- [60] A. Ocherashvili et al., *Confirmation of the Double Charm Baryon $\Xi_{cc}^+(3520)$ via its Decay to pD^+K^-* , Phys. Lett. **B628** (2005) 18-24.
- [61] E. Vázquez-Jáuregui et al., *First Observation of the Cabibbo-suppressed decays $\Xi_c^+ \rightarrow \Sigma^+\pi^-\pi^+$ and $\Xi_c^+ \rightarrow \Sigma^-\pi^+\pi^+$ and measurements of their branching ratios*, Phys. Lett. **B666** (2008) 299-304.
- [62] A. Kushnirenko et al., *Precision Measurements of the Λ_c^+ and D^0 Lifetimes*, Phys. Rev. Lett. **86** (2001) 5243-5246.
- [63] M. Iori et al., *Measurement of the D_s^\pm Lifetime*, [arXiv:hep-ex/0106005] (2001).
- [64] I. Eschrich et al., *Measurement of the Σ^- Charge Radius by Σ^- -electron Elastic Scattering*, Phys. Lett. **B522** (2001) 233-239.
- [65] A. Ocherashvili et al., *First Measurement of $\pi^-e \rightarrow \pi^-e\gamma$ Pion Virtual Compton Scattering*, [arXiv:hep-ex/0109003] (2002).
- [66] V. V. Molchanov et al., *Radiative decay Width of the $a_2(1320)^-$ Meson*, Phys. Lett. **B521** (2001) 171-180.
- [67] P. Pogodin et al., *Polarization of Σ^+ Hyperons Produced by 800 GeV/c Protons on Cu and Be*, Phys. Rev. **D70** (2004) 112005.
- [68] V. V. Molchanov et al., *Upper Limit on the Decay $\Sigma(1385)^- \rightarrow \Sigma^-\gamma$, and Cross Section for $\gamma\Sigma^- \rightarrow \Lambda\pi^-$* , Phys. Lett. **B590** (2004) 161-169.
- [69] F. .G. Garcia et al., *Hadronic Production of Λ_c from 600 GeV/c π^- , Σ^- and p Beams*, Phys. Lett. **B528** (2002) 49-57.
- [70] M. Kaya et al., *Production Asymmetry of D_s from 600 GeV/c Σ^- and π^- Beam*, Phys. Lett. **B558** (2003) 34-40.
- [71] A. Blanco-Covarrubias, J. Engelfried, and the SELEX Collaboration: *Search of the Exotic State $U(3100)$ in SELEX*, Journal of Physics: Conference Series **37** (2006) 11-15.
- [72] SELEX Collaboration, J. L. Sánchez-López, K. D. Nelson, J. Engelfried, et al.,: *Polarization of Λ^0 and $\bar{\Lambda}^0$ Inclusively Produced by 610 GeV/c Σ^- and 525 GeV/c Proton Beams*, Submitted to Physical Review D. Preprint UASLP-IF-07-003, Fermilab-Pub-07-312-E, [arXiv:0706.3660].
- [73] J. Amaro, Tesis en proceso.
- [74] J. Lach, *E781 Hyperon Spectrometer Constants*, Research Note **H-808**, SELEX Collaboration, (1998).

- [75] A. Y. Kushnirenko, *Precision Measurements of Λ_c^+ and D^0 Lifetimes*, Ph.D. thesis, Carnegie Mellon University, (2000).
- [76] K. Nelson and C. Newsom, *E781 Beam Silicon Detector Alignment Procedure and Database*, Research Note **H-771**, SELEX Collaboration, (1996).
- [77] K. Königsmann, S. Masciocchi, and K. Vorwalter, *The Large Angle Silicon Detectors (LASD) for E781*, Research Note **H-661**, SELEX Collaboration, (1994).
- [78] N. Akchurin and A. Penzo, *What, why, how, and when of E781 Scintillating Fiber Beam Hodoscope*, Research Note **H-705**, SELEX Collaboration, (1995).
- [79] G. Dirkes et al., *Hodoscope 1 Position and Efficiency Measurement*, Research Note **H-818**, SELEX Collaboration, (1999).
- [80] J. Engelfried et al., *The SELEX Phototube Rich Detector*, Nucl. Instrum. Meth. **A 431** (1999) 53–69.
- [81] T. Lungov and L. G. Emediato, *Vector Drift Chamber Database*, Research Note **H-779**, SELEX Collaboration, (1997).
- [82] A. Kulyavtsev et al., *E781 Hardware Trigger Preliminary Design*, Research Note **H-676**, SELEX Collaboration, (1994).
- [83] M. E. Mattson, *Search for Baryons with two Charm Quarks*, Ph.D. thesis, Carnegie Mellon University, (2002).
- [84] N. Kuropatkin, *Pass 2 Production in SELEX*, Research Note **H-826**, SELEX Collaboration, (2000).
- [85] Jianming You, *Event Embedding in SELEX*, Research Note **H-815**, SELEX Collaboration, (1998).
- [86] M. Procaro and S. Kushnirenko, *EDG - Embedded Data Generator for SELEX*, Research note, SELEX Collaboration, (1998), http://home.fnal.gov/~syjun/edg_doc.html.
- [87] CLEO Collaboration, *Comprehensive QQ Documentation*, Research note, http://www.lns.cornell.edu/public/CLEO/soft/qq/qq_expert.html.
- [88] E. Vázquez-Jáuregui, *Understanding Vtuples with Fortran*, Research Note **H-841**, SELEX Collaboration, (2003).
- [89] J. Engelfried, A. Blanco-Covarrubias, J. L. Sánchez-López, *Lambda Acceptance and Efficiency as functions of x_F and p_t^2* , Note **H-866**, SELEX Collaboration, (2006).

-
- [90] M. I. Adamovich., et al, *Charge Asymmetries for D , D_s and Λ_c Production in Σ^- - Nucleus Interactions at 340 GeV/c*, Eur. Phys. J. **C8** (1999) 593-601.
- [91] E. M. Aitala., et al, *Differential Cross Sections, Charge Production Asymmetry, and Spin-Density Matrix Elements for $D^{*\pm}$ (2010) Produced in 500 GeV/c π^- - Nucleon Interactions*, [arXiv:hep-ex/0205099 v1] (2002).
- [92] Jim Russ, *Rough Cross Section Estimate for SELEX Charm*, (2005).
- [93] A.Blanco-Covarrubias, J.Engelfried, et al.: *Nuclear Dependence of Charm Production*, Eur. Phys. J. C., Vol.64:637-644, arXiv:0902.0355 [hep-ex].