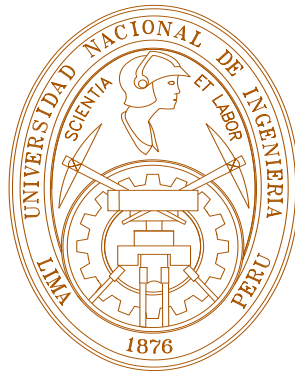


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
UNIDAD DE POSGRADO**



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA POSTAL DE  
CONTROL DE CALIDAD PARA TPSs  
EN TELETERAPIA.**

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON  
MENCION EN FÍSICA MEDICA

ELABORADO POR

**ANGEL RODRÍGUEZ HORNA**

Asesor

Dr.: MODESTO EDILBERTO MONTOYA ZAVALA

Co-Asesora

Dra.: CARMEN SANDRA GUZMAN CALCINA

**LIMA - PERÚ  
2015**

# DEDICATORIA

## **A DIOS:**

Por su infinita bondad y amor.

A mis Padres: Manuel (QEPD) y Santos.

A mis Hermanos: Rafael (QEPD), Lorenza, Carlos, Julio, Iván.

A mi Cónyuge: por su abnegado amor y comprensión.

# AGRADECIMIENTOS

Centro Médico Oncocenter Perú SAC.

Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas.

Nuclear Control SAC.

A la cristalización emayéutica de los asesoramientos, induciéndome de lo abstracto a consolidar el hecho en realidad.

A cada uno de mis profesores, compañeros, y amigos en una u otra actitud motivaron acrecentar mi sabiduría.

# ÍNDICE

	Páginas
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
INDICE DE CONTENIDOS	IV
LISTA DE SIGLAS	IX
LISTA DE TABLAS	X
LISTA DE FIGURAS	XXII
RESUMEN	XXV
ABSTRACT	XXVI
I. INTRODUCCIÓN	1
II. FUNDAMENTO TEÓRICO	5
II.1 Dosímetros	5
II.1.1 Cámara de Ionización Cilíndrica	5
II.1.2 Dosímetro Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : C OSLD nanoDot	7
II.1.2.1 Principios de Luminiscencia del OSLD nanoDot	7
II.1.2.2 Aplicaciones del OSLD en Dosimetría Médica	10
II.2 Sistema de Planificación Computarizado	11
II.2.1 Algoritmos de Cálculo de Dosis	11
II.2.1.1 Principio de Superposición	13
II.2.1.2 Método de Convolución – Superposición	14
II.2.1.3 Modelo <i>Pencil Beam</i> (Punta de Lápiz)	14
II.2.2 Datos del Equipo de Tratamiento para el TPS	16
II.2.2.1 Cuñas Virtuales (VW)	16
II.2.2.1.1 Porcentaje Dosis a Profundidad Eje Central del Haz a Campo Abierto y con Filtro Cuña VW	16
II.2.2.1.2 Perfil de la VW	18
II.2.2.1.3 Ángulo de las VWs	19
II.2.2.1.4 Factores de las VWs	20
II.2.3 Control de Calidad del TPS	20
II.2.3.1 Protocolos	20
II.2.3.2 Criterios de Aceptación de los Cálculos de D <sub>A</sub>	22
III.1 MATERIALES	23
III.1.1 Dosímetros	23
III.1.1.1 Cámara de Ionización Cilíndrica	23
III.1.1.2 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : C OSLD nanoDot	23
III.1.1.3 Maniquí ( <i>Phantom</i> )	24
III.1.2 Instrumentos de Medida	25
III.1.2.1 Electrómetro	25
III.1.2.2 Cable de Conexión	26
III.1.2.3 Termómetro	26
III.1.2.4 Barómetro	26
III.1.2.5 Lector microStar	26

III.1.2.6 Fuente de Luz para Blanqueo del $Al_2O_3$ : C	28
<b>III.1.3 Sistema Computarizado de Planificación del Tratamiento (TPS)</b>	28
III.1.3.1 TPS	28
III.1.3.1.1 CAT 3D Versión 5.96	29
III.1.3.1.2 XIO Release 5.00.02	29
<b>III.1.4 Fuente de Radiación (LINAC – TSC)</b>	30
III.1.4.1 LINAC Siemens – Mevatron	30
III.1.4.2 LINAC Elekta Infinity	30
III.1.4.3 Tomógrafo Simulador Computarizado	30
<b>III.2. METODOLOGÍA</b>	30
<b>III.2.1 Estimación de Incertidumbre a la Medición de <math>D_A</math> con la CIC</b>	30
<b>III.2.2 Estimación de Incertidumbre a la Medición de <math>D_A</math> con OSLD nanoDot</b>	31
<b>III.2.3 Caracterización de los OSLD nanoDots</b>	32
III.2.3.1 Factor por Homogeneidad entre Elementos [ $H_{E[IS]}$ ]	32
III.2.3.2 Factor por Desvanecimiento en el Tiempo [ $F_{DT}$ ]	33
III.2.3.3 Factor para Corrección de Agotamiento [ $F_A$ ]	33
III.2.3.4 Reproducibilidad de las Lecturas [ $R_{Lec}$ ]	34
III.2.3.5 Factor por Dependencia Angular [ $F_{(\theta)}$ ]	34
III.2.3.6 Factor para la Linealidad [ $F_L$ ]	35
<b>III.2.4 Calibración Sistema Lector microStar de acuerdo a energía en uso (Método Evaluación Tipo B), [<math>F_S</math>]</b>	35
<b>III.2.5 Calibración del <math>Al_2O_3</math>: C OSLDs nanoDots de Acuerdo a la Energía en Uso [<math>F_{C_{OSLD}}</math>]</b>	36
<b>III.2.6 Factor para la Dispersión del Maniquí [<math>F_M</math>]</b>	36
<b>III.2.7 Aplicaciones</b>	37
<b>III.2.7.1 CC de VW Utilizando Dosímetros: CIC - OSLD nanoDot</b>	37
III.2.7.1.1 Porcentaje de Dosis a Profundidad de la VW	38
III.2.7.1.2 Perfiles de la VW	38
III.2.7.1.3 Ángulos de las VW	39
III.2.7.1.4 Factores de la VW	39
<b>III.2.8 CC del TPS Utilizando Dosímetros: CIC - OSLD nanoDot</b>	39
<b>III.2.8.1 Obtención de la Simulación Tomográfica Computarizada (STC) del Maniquí</b>	39
<b>III.2.9 Evaluaciones de TPS</b>	40
<b>III.2.9.1 Geometrías Simples [3D]: Cuadrado, Rectángulo, Oblícuo (25.0°), en Medio Homogéneo</b>	41
<b>III.2.9.1.1 Un campo Abierto Cuadrado (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), Anterior (0.0°), Pesos Iguales, Profundidad 5.0 cm</b>	41
<b>III.2.9.1.2 Un campo Abierto Rectángulo (6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>), Anterior (0.0°), Pesos Igual, Profundidad 5.0 cm</b>	45
<b>III.2.9.1.3 Un Campo Abierto Cuadrado (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), Gantry 25.0°, Pesos Iguales, Profundidad 5.5 cm</b>	50
<b>III.2.9.2 Geometrías Compleja [3D]: Cuadrados, Rectángulos, Cuñas, Pesos con Tres Campos Abiertos a:</b>	
0.0°, 90.0°, y 270.0°, Medio Homogéneo	54
<b>III.2.9.2.1 Tres Campos Abiertos Cuadrado (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), Anterior 0.0°, Dos Laterales (90.0°, y 270.0°), Pesos Iguales, Profundidad: 5.0, 6.8, y 6.9 cm</b>	54
<b>III.2.9.2.2 Tres Campos Abiertos Rectángulo (6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>), Anterior (0°), Dos Laterales (90°, y 270°), Pesos Iguales, Profundidad: 5.0, 7.2, y 6.9 cm</b>	59
<b>III.2.9.2.3 Tres Campos Abiertos Cuadrado (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), Anterior (0.0°), Laterales (90.0°, y 270.0°), con Cuña VW 60°, Pesos Diferentes, Profundidad: 5.0, 7.2, y 6.9 cm</b>	63

<b>III.2.9.3 Geometrías Combinada [3D - MLCs] Campos Circulara, Irregular, “Y Invertida”, Oblicuos, con Gantry a: 0.0°, 25.0°, 65.0°, 90.0°, 115.0°, 245.0°, 270.0°, 295.0°, y 335.0°, en Medio Homogéneo</b>	68
<b>III.2.9.3.1 Un Campo Circular Anterior con Diámetro= 6.0 cm, Anterior (0°), Profundidad: 5.0 cm</b>	68
<b>III.2.9.3.2 Un Campo Irregular Abierto Sobre Área de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, Anterior (0.0°), Profundidad: 5.0 cm</b>	73
<b>III.2.9.3.3 Un Campo “Y” Invertida sobre un Área 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, Anterior (0.0°), Profundidad: 5.0 cm</b>	78
<b>III.2.9.3.4 Un Campo Oblicuo Diferentes Angulaciones de Gantry: 25.0°, 65.0°, 115.0°, 245.0°, 295.0°, y 335.0° sobre un Área 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, Profundidad: 7.6, 7.8, 7.7, 7.7, 7.8, y 7.6 cm</b>	83
<b>III.2.9.4 Geometrías Diversas: Simple, Compleja, Combinada [3D - MLCs] Medio Heterogéneo Acrílico - Aire</b>	88
<b>III.2.9.4.1 Un Campo Abierto Cuadrado (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), Anterior (0°), Pesos Iguales Profundidad: 5.0 cm</b>	88
<b>III.2.9.4.2 Tres Campos Abiertos Cuadrados (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), Anterior (0.0°), Laterales (90.0°, y 270.0°), Pesos Iguales, Profundidad: 5.0, 7.0, y 6.8 cm</b>	93
<b>III.2.9.4.3 Tres Campos Abiertos (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), Anterior (0.0°), Dos Laterales (90.0°, y 270.0°), Pesos Diferentes, Profundidad: 5.0, 7.0, y 6.8 cm, con Cuña VW 60.0°</b>	97
<b>III.2.9.4.4 Un Campo Irregular abierto sobre Área de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, Anterior (0.0°), Profundidad: 5.0 cm</b>	102
<b>III.2.9.4.5 Un Campo “Y” Invertida sobre un Área 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, Anterior (0.0°), Profundidad: 5.0 cm</b>	107
<b>IV. RESULTADOS</b>	113
<b>IV.1 Caracterización de los Dosímetros OSLDs nanoDot</b>	113
<b>IV.1.1 Factor por Homogeneidad Entre Elementos [<math>H_{E[IS]}</math>]</b>	113
<b>IV.1.2 Factor por Desvanecimiento en el Tiempo [<math>F_{DT}</math>]</b>	114
<b>IV.1.3 Factor por Corrección de Agotamiento [<math>F_A</math>]</b>	115
<b>IV.1.4 Reproducibilidad del Elemento [<math>R_{Lec}</math>]</b>	115
<b>IV.1.5 Factor por Dependencia Angular [<math>F_{(\theta)}</math>]</b>	116
<b>IV.1.6 Factor por Linealidad [<math>F_L</math>]</b>	117
<b>IV.2 Factor por Calibración del Sistema Lector microStar</b>	118
<b>IV.3 Calibración del Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C OSLD nanoDot</b>	118
<b>IV.4 Factor por Dispersión del Maniquí [<math>F_M</math>]</b>	119
<b>IV.5 Aplicaciones</b>	119
<b>IV.5.1 CC en VW Utilizando Dosímetros OSLD nanoDot</b>	119
<b>IV.5.1.1 Porcentaje de Dosis a Profundidad de VW</b>	119
<b>IV.5.1.2 Perfiles de VW</b>	121
IV.5.1.2.1 Perfil VW 15°	121
IV.5.1.2.2 Perfil VW 30°	122
IV.5.1.2.3 Perfil VW 45°	123
IV.5.1.2.4 Perfil VW 60°	124
<b>IV.5.1.3 Ángulos de VW</b>	125
<b>IV.5.1.4 Factores de VW</b>	126
<b>IV.5.2 CC del TPS Utilizando Dosímetros: CIC, y OSLD nanoDot</b>	126
<b>IV.5.2.1 Geometría Simple [3D]: (Cuadrado, Rectángulo Oblicuo 25.0°) Medio Homogéneo</b>	126
IV.5.2.1.1 Un Campo Cuadrado (6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> ) Anterior (0.0°) Pesos Iguales, Profundidad 5.00 cm	126
IV.5.2.1.2 Un Campo Rectangular (6.0 x 4.0 cm <sup>2</sup> ) Anterior (0.0°), Pesos Igual, Profundidad 5.00 cm	129
IV.5.2.1.3 Un Campo Abierto Cuadrado Oblicuo (6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> ), Gantry 25.0° Profundidad 5.5 cm	132
<b>IV.5.2.2 Geometría Compleja [3D]: Cuadrado, Rectángulo, Cuñas, Pesos (Iguales – Diferentes) en Tres Campos Abiertos a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, Medio Homogéneo</b>	136

IV.5.2.2.1 Tres Campos Cuadrado (6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> ) Anterior (0.0°) Dos Laterales (90.0°, y 270.0°), Pesos Iguales, Profundidad 5.0, 6.8, y 6.9 cm	136
IV.5.2.2.2 Tres Campos Abiertos Rectángulo (6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> ) Anterior (0.0°) Dos Laterales (90.0°, y 270.0°), Pesos Iguales, Profundidad 5.0, 7.2, y 6.9 cm	138
IV.5.2.2.3 Tres Campos Abiertos Cuadrado (6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> ) Anterior (0.0°) Dos Laterales (90.0°, y 270.0°), con Cuña VW 60.0°, Pesos Diferentes, Profundidad 5.0, 7.2, y 6.9 cm	141
<b>IV.5.2.3 Geometría Combinadas [3D- MLCs] Campos: Circular, Irregular, “Y Invertida”, Oblícuo, con Gantry a: 0°, 25°, 65°, 90°, 115°, 245°, 270°, 295°, y 335° en Medio Homogéneo</b>	145
IV.5.2.3.1 Un Campo Circular Abierto con Diámetro= 6.00 cm, Anterior (0°), Profundidad 5.00 cm	145
IV.5.2.3.2 Un Campo Irregular sobre un Área de 6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> , Anterior (0°), Profundidad 5.00 cm	148
IV.5.2.3.3 Un Campo “Y Invertida” Sobre un Área 6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> , Anterior (0°), Profundidad 5.00 cm	151
IV.5.2.3.4 Un Campo Oblícuo con Diferentes Angulaciones del Gantry: 25°, 65°, 115°, 245°, 295°, y 335° Abierto Sobre un Área de 6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> , Profund. 7.6, 7.8, 7.7, 7.7, 7.8, y 7.6 cm	153
<b>IV.5.2.4 Geometría Diversas: Simple, Compleja, Combinada [3D – MLCs] Medio Heterogéneo: Acrílico – Aire</b>	158
IV.5.2.4.1 Un Campo Cuadrado (6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> ) Anterior (0.0°), Pesos Iguales Profundidad 5.1 cm	158
IV.5.2.4.2 Tres Campos Cuadrado (6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> ) Anterior (0.0°), Dos Laterales (90.0°, y 270.0°), Pesos Iguales Profundidad 5.0, 7.0, y 6.8 cm	161
IV.5.2.4.3 Tres Campos Abiertos Cuadrado (6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> ) Anterior (0.0°), Dos Laterales (90°, y 270°) Pesos Diferentes, Profundidad 5.0, 7.0, y 6.8 cm, con Cuña VW 60.0°	163
IV.5.2.4.4 Un Campo Irregular Abierto Sobre Área 6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> , Anterior (0.0°), Profundidad 5.0 cm	166
IV.5.2.4.5 Un Campo “Y” Invertida Abierto Sobre Área 6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> , Anterior (0°), Profund. 5.0 cm	169
<b>V. RECOMENDACIONES</b>	175
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	177
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b>	179
<b>VIII. ANEXOS</b>	187
1. Geometría Simple [3D]: (cuadrado, rectángulo, oblícuo 25.0°) medio homogéneo	188
<b>ANEXO I</b> Un campo abierto cuadrado (6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> ) anterior (0.0°), pesos iguales profundidad 5.00 cm. <b>ANEXO IA, IB, IC, ID</b>	188
<b>ANEXO II</b> Un campo abierto rectangular (6.0 x 4.0 cm <sup>2</sup> ), anterior (0.0°), pesos iguales profundidad 5.00 cm. <b>ANEXO IIA, IIB, IIC, IID</b>	191
<b>ANEXO III</b> Un campo abierto cuadrado oblicuo (6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> ), gantry 25.0°, profundidad 5.5 cm. <b>ANEXO IIIA, IIIB, IIIC, IIID</b>	195
2. Geometría Compleja [3D]: cuadrado, rectángulo, cuñas, pesos (iguales - diferentes) en tres campos, Gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, medio homogéneo.	198
<b>ANEXO IV</b> Tres campos abiertos cuadrado (6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> ) anterior (0.0°), dos laterales (90.0°, y 270.0°), pesos iguales, profundidad 5.0, 6.8, y 6.9 cm. <b>ANEXO IVA, IVB, IVC, IVD</b>	198
<b>ANEXO V</b> Tres campos abiertos rectángulo (6.0 x 4.0 cm <sup>2</sup> ) anterior (0.0°), dos laterales (90°, y 270°), pesos iguales, profundidad 5.0, 7.2, y 6.9 cm. <b>ANEXO VA, VB, VC, VD</b>	202
<b>ANEXO VI</b> Tres campos abiertos cuadrado (6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> ) anterior (0.0°), dos laterales (90.0°, y 270.0°), con cuña VW 60.0°, pesos diferente, profundidad 5.0, 7.2, y 6.9 cm. <b>ANEXO VIA, VIB, VIC, VID</b>	205
3. Geometría Combinadas [3D - MLCs] campos: circular, irregular, “y invertida”, oblicuos, con campos abiertos a: 0.0°, 25.0°, 65.0°, 90.0°, 115.0°, 245.0°, 270.0°, 295.0°, y 335.0° en medio homogéneo.	209

<b>ANEXO VII</b> Un campo circular abierto con diámetro= 6.00 cm, anterior (0°), profundidad 5.0 cm.	
<b>ANEXO VIIA, VIIB, VIIC, VIID</b>	209
<b>ANEXO VIII</b> Un campo irregular abierto sobre un área de 6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> , anterior (0.0°), profundidad 5.00 cm.	
<b>ANEXO VIIIA, VIIIB, VIIC, VIID</b>	212
<b>ANEXO IX</b> Un campo “Y” invertida abierto sobre un área 6 x 6 cm <sup>2</sup> , anterior (0°), profundidad 5.0 cm.	
<b>ANEXO IXA, IXB, IXC, IXD</b>	216
<b>ANEXO X</b> Un campo oblicuo con diferentes angulas de Gantry: 25°, 65°, 115°, 245°, 295°, y 335° sobre un área de 6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> , profundidades: 7.6, 7.8, 7.7, 7.7, 7.8, y 7.6 cm. <b>ANEXO XA, XB, XC, XD</b>	219
<b>4. Geometrías Diversas: Simple, Compleja, Combinada [3D - MLCs] en medios heterogéneos: acrílico – aire.</b>	223
<b>ANEXO XI</b> Un campo abierto cuadrado (6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> ) anterior (0.0°), pesos iguales profundidad 5.1 cm.	
<b>ANEXO XIA, XIB, XIC, XID</b>	223
<b>ANEXO XII</b> Tres campos abiertos cuadrado (6 x 6 cm <sup>2</sup> ) anterior (0°), dos laterales (90°, y 270°), pesos iguales, profundidad 5.0 cm, 7.0 cm, y 6.8 cm. <b>ANEXO XIIA, XIIB, XIIC, XIID</b>	226
<b>ANEXO XIII</b> Tres campos abiertos cuadrado (6 x 6 cm <sup>2</sup> ) anterior (0°), dos laterales (90°, y 270°), pesos diferentes, profundidad 5.0, 7.0, y 6.8 cm con cuña VW 60.0°. <b>ANEXO XIII A, XIII B, XIII C, XIII D</b>	230
<b>ANEXO XIV</b> Un campo irregular abierto sobre un área de 6.0 x 6.0 cm <sup>2</sup> , anterior (0.0°), profundidad 5.00 cm.	
<b>ANEXO XIVA, XIVB, XIVC, XIVD</b>	233
<b>ANEXO XV</b> Un campo “y” invertida abierto sobre un área 6 x 6 cm <sup>2</sup> , anterior (0°), profundidad 5.0 cm.	
<b>ANEXO XVA, XVB, XVC, XVD</b>	237



# LISTA DE SIGLAS

$\text{Al}_2\text{O}_3: \text{C}$	Óxido de Aluminio dopado con Carbono.
<i>Build-up</i>	Región de Acumulación.
$E_{\text{eff}}$	Energía Efectiva.
$C_A$	Campo Abierto.
CC	Control de Calidad
CIC	Cámara de Ionización Cilíndrica.
CV	Coefficiente de Variación.
$D_A$	Dosis Absorbida.
Gray	Símbolo de Dosis Absorbida.
Gantry	Brazo mecánico (aloja el montaje de la fuente de radiación) gira sobre un eje de rotación.
LED	Matriz de Luz
LINAC	Aceleradores Lineales de Uso Médico.
MLCs	Colimador Multihojas.
OSLD	Dosímetros de Luminiscencia Ópticamente Estimulada.
PDD	Porcentaje de Dosis a Profundidad.
PW	Filtro Cuña Físico.
SSD	Distancia de Fuente a Superficie.
SAD	Distancia Fuente Isocentro.
STC	Simulación Tomográfica Computarizada.
TPSs	Sistemas de Planificación Computarizados.
TFM	Tubo Foto Multiplicador.
TSC	Tomógrafo Simulador Computarizado.
UM	Unidades Monitoras.
VW	Filtro Cuña Virtual.
$\delta_{1,2,3,y 4}$	Regiones de un Haz de Fotones
$\Delta E$	Incremento de Energía.
$\mu$	Coefficiente de Atenuación Linear.
$\rho$	Densidad del Material.
$\mu/\rho$	Coefficiente de Atenuación de Masa.

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.1:</b> Frecuencias contribuyentes a incidentes y accidentes.	1
<b>Tabla 1.2:</b> Accidentes en radioterapia reportados por los países de ocurrencia.	2
<b>Tabla 1.3:</b> Detalles de incidentes y accidentes durante los tratamientos en Teleterapia.	2
<b>Tabla 2.1:</b> Rangos de tolerancia, usos, y condiciones de operación de la CIC Semiflex.	5
<b>Tabla 2.2:</b> Tolerancias de acuerdo a los protocolos de evaluación.	21
<b>Tabla 3.1:</b> Especificaciones técnicas, propiedades y características de la CIC Semiflex.	23
<b>Tabla 3.2:</b> Características del Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : C OSLD nanoDot.	24
<b>Tabla 3.3:</b> Especificaciones técnica del Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : C OSLD nanoDot.	24
<b>Tabla 3.4:</b> Características-especificaciones técnicas, propiedades del Maniquí ( <i>Phantom</i> ) ARH & CSGC.	25
<b>Tabla 3.5:</b> Característica especificaciones técnicas y rangos de operatividad.	26
<b>Tabla 3.6:</b> Configuración del modelo de dosis.	29
<b>Tabla 3.7:</b> Descripción de ciertos Parámetros para la modelación de dosis del TPS XIO.	29
<b>Tabla 3.8:</b> Incertidumbre a la CIC utilizada.	30
<b>Tabla 3.9:</b> Incertidumbre a la CIC debido a la radiación de fondo.	31
<b>Tabla 3.10:</b> Incertidumbre de los Dosímetros nanoDot OSLD Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : C utilizados.	31
<b>Tabla 3.11:</b> Incertidumbre Dosímetros nano Dot Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : C a la radiación de fondo.	31
<b>Tabla 3.12:</b> Parámetros y valores de irradiación a los nanoDot para determinar $H_{E[S]}$ .	32
<b>Tabla 3.13:</b> Parámetros y valores de irradiación a los nanoDot para determinar $F_A$ .	34
<b>Tabla 3.14:</b> Condiciones de irradiación a los OSLD para la reproducibilidad de las lecturas $R_{Lec}$ .	34
<b>Tabla 3.15:</b> Condiciones de irradiación a los OSLD para la dependencia angular $F(\theta)$ .	35
<b>Tabla 3.16:</b> Condiciones de irradiación para determinar el factor de linealidad $F_L$ .	35
<b>Tabla 3.17:</b> Factores de calibración para el sistema lector [www.landauerinc.com].	36
<b>Tabla 3.18:</b> Parámetros a irradiar en el maniquí para la calibración de la energía en uso de 6.0MV.	36
<b>Tabla 3.19:</b> Condiciones de irradiación para el factor por dispersión del maniquí respuesta OSLD nanoDot.	37
<b>Tabla 3.20:</b> Parámetros aplicados al maniquí conteniendo OSLD y CIC para obtener medidas del PDD.	38
<b>Tabla 3.21:</b> Parámetros aplicados en el maniquí para obtener lecturas en determinar los perfiles de VWs.	38
<b>Tabla 3.22:</b> Parámetros aplicados en el maniquí para obtener lecturas en determinar los ángulos de las VWs.	39
<b>Tabla 3.23:</b> Parámetros aplicados en el maniquí a fin de obtener lecturas para determinar factores de las VWs.	39
<b>Tabla 3.24:</b> Algoritmo, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una $D_A$ local, para la región $\delta_1$ del haz.	42
<b>Tabla 3.25:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	43
<b>Tabla 3.26:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	44
<b>Tabla 3.27:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	45
<b>Tabla 3.28:</b> Algoritmo, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una $D_A$ local, para la región $\delta_1$ del haz.	46
<b>Tabla 3.29:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	47
<b>Tabla 3.30:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	48
<b>Tabla 3.31:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	49
<b>Tabla 3.32:</b> Algoritmo, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una $D_A$ local, para la región $\delta_1$ del haz.	50
<b>Tabla 3.33:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	52
<b>Tabla 3.34:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	53
<b>Tabla 3.35:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	54
<b>Tabla 3.36:</b> Algoritmo, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una $D_A$ local, para la región $\delta_1$ del haz.	55
<b>Tabla 3.37:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	57
<b>Tabla 3.38:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	58
<b>Tabla 3.39:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	59
<b>Tabla 3.40:</b> Algoritmo, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una $D_A$ local, para la región $\delta_1$ del haz.	59
<b>Tabla 3.41:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	61
<b>Tabla 3.42:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	62
<b>Tabla 3.43:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	63

<b>Tabla 3.44:</b> Algoritmo, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una $D_A$ local, para la región $\delta_1$ del haz.	64
<b>Tabla 3.45:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	66
<b>Tabla 3.46:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	67
<b>Tabla 3.47:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	68
<b>Tabla 3.48:</b> Algoritmo, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una $D_A$ local, para la región $\delta_1$ del haz.	69
<b>Tabla 3.49:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	70
<b>Tabla 3.50:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	71
<b>Tabla 3.51:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	72
<b>Tabla 3.52:</b> Algoritmo, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una $D_A$ local, para la región $\delta_1$ del haz.	73
<b>Tabla 3.53:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	75
<b>Tabla 3.54:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	76
<b>Tabla 3.55:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	77
<b>Tabla 3.56:</b> Algoritmo, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una $D_A$ local, para la región $\delta_1$ del haz.	78
<b>Tabla 3.57:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	80
<b>Tabla 3.58:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	81
<b>Tabla 3.59:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	82
<b>Tabla 3.60:</b> Algoritmo, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una $D_A$ local, para la región $\delta_1$ del haz.	84
<b>Tabla 3.61:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	86
<b>Tabla 3.62:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	87
<b>Tabla 3.63:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	88
<b>Tabla 3.64:</b> Algoritmo, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una $D_A$ local, para la región $\delta_1$ del haz.	89
<b>Tabla 3.65:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	90
<b>Tabla 3.66:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	91
<b>Tabla 3.67:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	92
<b>Tabla 3.68:</b> Algoritmo, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una $D_A$ local, para la región $\delta_1$ del haz.	93
<b>Tabla 3.69:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	95
<b>Tabla 3.70:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	96
<b>Tabla 3.71:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	97
<b>Tabla 3.72:</b> Algoritmo, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una $D_A$ local, para la región $\delta_1$ del haz.	98
<b>Tabla 3.73:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	99
<b>Tabla 3.74:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	100
<b>Tabla 3.75:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	101
<b>Tabla 3.76:</b> Algoritmo, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una $D_A$ local, para la región $\delta_1$ del haz.	102
<b>Tabla 3.77:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	104
<b>Tabla 3.78:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	105
<b>Tabla 3.79:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	106
<b>Tabla 3.80:</b> Algoritmo, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una $D_A$ local, para la región $\delta_1$ del haz.	107
<b>Tabla 3.81:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	109
<b>Tabla 3.82:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	110
<b>Tabla 3.83:</b> Datos ingresados, y calculados por el TPS Xio para el perfil de $D_A$ orientado en el <i>cross plane</i> .	111
<b>Tabla 4.1a:</b> Lecturas crudas, homogenizadas y lecturas corregidas de los OSLD nanoDot.	113
<b>Tabla 4.1b:</b> Lecturas crudas, sensibilidad y lecturas corregidas de los OSLD nanoDot.	113
<b>Tabla 4.2:</b> Deducida de la Tabla 4.1b, se obtiene la SD para los OSLD nanoDot.	114
<b>Tabla 4.3:</b> Lecturas para determinar el Factor por Desvanecimiento en el tiempo de los OSLD nanoDot.	114
<b>Tabla 4.4:</b> Lecturas consecutivas a tres (3) OSLDs con las correcciones respectivas.	115
<b>Tabla 4.5a:</b> Valores de las lecturas obtenidas de los OSLD separados (testigos).	116
<b>Tabla 4.5b:</b> Valores de las lecturas obtenidas de los OSLD para blanquear y luego re-irradiados.	116
<b>Tabla 4.5c:</b> Valores de las lecturas de los OSLD reirradiados.	116
<b>Tabla 4.6:</b> Datos obtenidos, Tablas 4.5a, 4.5b, y 4.5c se determina factor de reproducibilidad del elemento.	116
<b>Tabla 4.7:</b> Lecturas de los OSLD nanoDot en posiciones angulares de Gantry.	116
<b>Tabla 4.8:</b> Datos del OSLD para evaluar el factor de caracterización por linealidad.	117

<b>Tabla 4.9:</b> Obtención de los datos del $F_{C\ OSLD}$ para construir la gráfica con la Dosis [cGy] para los OSLDs.	118
<b>Tabla 4.10:</b> Lecturas con CIC y OSLD a diferentes profundidades, campo abierto y con filtro cuña VW de 30°.	120
<b>Tabla 4.11:</b> Lecturas de los OSLD y la CIC para la obtención del perfil de la VW de 15°.	121
<b>Tabla 4.12:</b> Lecturas de los OSLD y la CIC para la obtención del perfil de la VW de 30°.	122
<b>Tabla 4.13:</b> Lecturas de los OSLD y la CIC para la obtención del perfil de la VW de 45°.	123
<b>Tabla 4.14:</b> Lecturas de los OSLD y la CIC para la obtención del perfil de la VW de 60°.	124
<b>Tabla 4.15a:</b> Lecturas obtenidas con CIC y NanoDot para evaluarlos ángulos de las VW.	125
<b>Tabla 4.15b:</b> Lecturas obtenidas con CIC y NanoDot para evaluarlos ángulos de las VW.	125
<b>Tabla 4.16:</b> Resultados de evaluación del CC ángulos VW comisionadas en el TPS usando CIC y nanoDot.	125
<b>Tabla 4.17a:</b> Lecturas con CIC, y nanoDot a campo abierto y filtro cuña VW.	126
<b>Tabla 4.17b:</b> Calculo de las lecturas con CIC, y nanoDot para determinar factores del filtro cuña VW.	126
<b>Tabla 4.18a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	126
<b>Tabla 4.18b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	127
<b>Tabla 4.19:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	127
<b>Tabla 4.20a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	127
<b>Tabla 4.20b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	127
<b>Tabla 4.21:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	127
<b>Tabla 4.22a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	128
<b>Tabla 4.22b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	128
<b>Tabla 4.23:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	128
<b>Tabla 4.24a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	128
<b>Tabla 4.24b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	129
<b>Tabla 4.25:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	129
<b>Tabla 4.26a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	129
<b>Tabla 4.26b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	129
<b>Tabla 4.27:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	129
<b>Tabla 4.28a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	130
<b>Tabla 4.28b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	130
<b>Tabla 4.29:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	130
<b>Tabla 4.30a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	130
<b>Tabla 4.30b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	131
<b>Tabla 4.31:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	131
<b>Tabla 4.32a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	131
<b>Tabla 4.32b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	131
<b>Tabla 4.33:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	131
<b>Tabla 4.34a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	132
<b>Tabla 4.34b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	132
<b>Tabla 4.35:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	132
<b>Tabla 4.36a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	132
<b>Tabla 4.36b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	133
<b>Tabla 4.37:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	133
<b>Tabla 4.38a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	133
<b>Tabla 4.38b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	133
<b>Tabla 4.39:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	133
<b>Tabla 4.40a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	134
<b>Tabla 4.40b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	134
<b>Tabla 4.41:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	134
<b>Tabla 4.42:</b> Resumen a evaluación en regiones del haz de fotones configurado con Geometrías Simples.	135
<b>Tabla 4.43a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	136
<b>Tabla 4.43b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	136
<b>Tabla 4.44:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	136





<b>Tabla 4.13b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	162
<b>Tabla 4.114:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	163
<b>Tabla 4.115a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	163
<b>Tabla 4.115b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	163
<b>Tabla 4.116:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	163
<b>Tabla 4.117a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	164
<b>Tabla 4.117b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	164
<b>Tabla 4.118:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	164
<b>Tabla 4.119a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	164
<b>Tabla 4.119b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	164
<b>Tabla 4.120:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	165
<b>Tabla 4.121a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	165
<b>Tabla 4.121b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	165
<b>Tabla 4.122:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	165
<b>Tabla 4.123a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	166
<b>Tabla 4.123b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	166
<b>Tabla 4.124:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	166
<b>Tabla 4.125a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	166
<b>Tabla 4.125b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	166
<b>Tabla 4.126:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	167
<b>Tabla 4.127a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	167
<b>Tabla 4.127b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	167
<b>Tabla 4.128:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	167
<b>Tabla 4.129a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	168
<b>Tabla 4.129b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	168
<b>Tabla 4.130:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	168
<b>Tabla 4.131a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	168
<b>Tabla 4.131b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	168
<b>Tabla 4.132:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	169
<b>Tabla 4.133a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	169
<b>Tabla 4.133b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	169
<b>Tabla 4.134:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	169
<b>Tabla 4.135a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	170
<b>Tabla 4.135b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	170
<b>Tabla 4.136:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	170
<b>Tabla 4.137a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	170
<b>Tabla 4.137b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	170
<b>Tabla 4.138:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	171
<b>Tabla 4.139a:</b> Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	171
<b>Tabla 4.139b:</b> Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.	171
<b>Tabla 4.140:</b> Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.	171
<b>Tabla 4.141:</b> Resumen a evaluación en regiones del haz de fotones configurado con Geometrías Diversa.	172
<b>ANEXO I-A: A.</b> Región $\delta_1$ : a lo largo del eje del haz:	
<b>A)</b> Incertidumbres registradas por la CIC.	188
<b>B)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD nanoDot ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ : C).	188
<b>ANEXO I-B: B.</b> Región $\delta_2$ : penumbra del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	188
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	188
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	189
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	189
<b>ANEXO I-C: C.</b> Región $\delta_3$ : dentro de campo - fuera del eje del haz:	

<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	189
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	189
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	190
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	190
<b>ANEXO I-D: D.</b> Región $\delta_4$ : fuera de campo del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -5.0 cm ( $\delta_4$ ).	190
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +5.0 cm ( $\delta_4$ ).	190
<b>B.1)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil -5.0 cm ( $\delta_4$ ).	191
<b>B.2)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil +5.0 cm ( $\delta_4$ ).	191
<b>ANEXO II</b>	
<b>ANEXO II-A: A.</b> Región $\delta_1$ : a lo largo del eje del haz:	
<b>A)</b> Incertidumbres registradas por la CIC.	191
<b>B)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD nanoDot ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ : C).	191
<b>ANEXO II-B: B.</b> Región $\delta_2$ : penumbra del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_2$ ).	192
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_2$ ).	192
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_2$ ).	192
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_2$ ).	192
<b>ANEXO II-C: C.</b> Región $\delta_3$ : dentro de campo - fuera del eje del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -1.0 cm ( $\delta_3$ ).	193
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +1.0 cm ( $\delta_3$ ).	193
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -1.0 cm ( $\delta_3$ ).	193
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +1.0 cm ( $\delta_3$ ).	193
<b>ANEXO II-D: D.</b> Región $\delta_4$ : fuera de campo del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -5.0 cm ( $\delta_4$ ).	194
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +5.0 cm ( $\delta_4$ ).	194
<b>B.1)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil -5.0 cm ( $\delta_4$ ).	194
<b>B.2)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil +5.0 cm ( $\delta_4$ ).	194
<b>ANEXO III</b>	
<b>ANEXO III-A: A.</b> Región $\delta_1$ : a lo largo del eje del haz:	
<b>A)</b> Incertidumbres registradas por la CIC.	195
<b>B)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD nanoDot ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ : C).	195
<b>ANEXO III-B: B.</b> Región $\delta_2$ : penumbra del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	195
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	195
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	196
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	196
<b>ANEXO III-C: C.</b> Región $\delta_3$ : dentro de campo - fuera del eje del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	196
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	196
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	197
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	197
<b>ANEXO III-D: D.</b> Región $\delta_4$ : fuera de campo del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -5.0 cm ( $\delta_4$ ).	197
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +5.0 cm ( $\delta_4$ ).	197
<b>B.1)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil -5.0 cm ( $\delta_4$ ).	198
<b>B.2)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil +5.0 cm ( $\delta_4$ ).	198
<b>ANEXO IV</b>	
<b>ANEXO IV-A: A.</b> Región $\delta_1$ : a lo largo del eje del haz:	
<b>A)</b> Incertidumbres registradas por la CIC.	198



	B) Incertidumbres registradas por los OSLD nanoDot ( $Al_2O_3$ : C).	198
<b>ANEXO IV-B: B.</b>	Región $\delta_2$ : penumbra del haz:	
	A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	199
	A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	199
	B.1) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	199
	B.2) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	199
<b>ANEXO IV-C: C.</b>	Región $\delta_3$ : dentro de campo - fuera del eje del haz:	
	A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	200
	A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	200
	B.1) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	200
	B.2) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	200
<b>ANEXO IV-D: D.</b>	Región $\delta_4$ : fuera de campo del haz:	
	A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -6.5 cm ( $\delta_4$ ).	201
	A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +6.5 cm ( $\delta_4$ ).	201
	B.1) Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil -6.5 cm ( $\delta_4$ ).	201
	B.2) Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil +6.5 cm ( $\delta_4$ ).	201
<b>ANEXO V</b>		
<b>ANEXO V-A: A.</b>	Región $\delta_1$ : a lo largo del eje del haz:	
	A) Incertidumbres registradas por la CIC.	202
	B) Incertidumbres registradas por los OSLD nanoDot ( $Al_2O_3$ : C).	202
<b>ANEXO V-B: B.</b>	Región $\delta_2$ : penumbra del haz:	
	A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -2.5 cm ( $\delta_2$ ).	202
	A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +2.5 cm ( $\delta_2$ ).	202
	B.1) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -2.5 cm ( $\delta_2$ ).	203
	B.2) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +2.5 cm ( $\delta_2$ ).	203
<b>ANEXO V-C: C.</b>	Región $\delta_3$ : dentro de campo - fuera del eje del haz:	
	A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -1.0 cm ( $\delta_3$ ).	203
	A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +1.0 cm ( $\delta_3$ ).	203
	B.1) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -1.0 cm ( $\delta_3$ ).	204
	B.2) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +1.0 cm ( $\delta_3$ ).	204
<b>ANEXO V-D: D.</b>	Región $\delta_4$ : fuera de campo del haz:	
	A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -4.5 cm ( $\delta_4$ ).	204
	A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +4.5 cm ( $\delta_4$ ).	204
	B.1) Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil -4.5 cm ( $\delta_4$ ).	205
	B.2) Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil +4.5 cm ( $\delta_4$ ).	205
<b>ANEXO VI</b>		
<b>ANEXO VI-A: A.</b>	Región $\delta_1$ : a lo largo del eje del haz:	
	A) Incertidumbres registradas por la CIC.	205
	B) Incertidumbres registradas por los OSLD nanoDot ( $Al_2O_3$ : C).	205
<b>ANEXO VI-B: B.</b>	Región $\delta_2$ : penumbra del haz:	
	A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	206
	A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	206
	B.1) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	206
	B.2) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	206
<b>ANEXO VI-C: C.</b>	Región $\delta_3$ : dentro de campo - fuera del eje del haz:	
	A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	207
	A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	207
	B.1) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	207
	B.2) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	207
<b>ANEXO VI-D: D.</b>	Región $\delta_4$ : fuera de campo del haz:	

A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -4.0 cm ( $\delta_4$ ).	208
A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +4.0 cm ( $\delta_4$ ).	208
B.1) Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil -4.0 cm ( $\delta_4$ ).	208
B.2) Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil +4.0 cm ( $\delta_4$ ).	208
<b>ANEXO VII</b>	
<b>ANEXO VII-A: A.</b> Región $\delta_1$ : a lo largo del eje del haz:	
A) Incertidumbres registradas por la CIC.	209
B) Incertidumbres registradas por los OSLD nanoDot ( $Al_2O_3$ : C).	209
<b>ANEXO VII-B: B.</b> Región $\delta_2$ : penumbra del haz:	
A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	209
A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	209
B.1) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	210
B.2) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	210
<b>ANEXO VII-C: C.</b> Región $\delta_3$ : dentro de campo - fuera del eje del haz:	
A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	210
A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	210
B.1) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	211
B.2) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	211
<b>ANEXO VII-D: D.</b> Región $\delta_4$ : fuera de campo del haz:	
A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -5.0 cm ( $\delta_4$ ).	211
A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +5.0 cm ( $\delta_4$ ).	211
B.1) Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil -5.0 cm ( $\delta_4$ ).	212
B.2) Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil +5.0 cm ( $\delta_4$ ).	212
<b>ANEXO VIII</b>	
<b>ANEXO VIII-A: A.</b> Región $\delta_1$ : a lo largo del eje del haz:	
A) Incertidumbres registradas por la CIC.	212
B) Incertidumbres registradas por los OSLD nanoDot ( $Al_2O_3$ : C).	212
<b>ANEXO VIII-B: B.</b> Región $\delta_2$ : penumbra del haz:	
A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -1.5 cm ( $\delta_2$ ).	213
A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +1.5 cm ( $\delta_2$ ).	213
B.1) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -1.5 cm ( $\delta_2$ ).	213
B.2) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +1.5 cm ( $\delta_2$ ).	213
<b>ANEXO VIII-C: C.</b> Región $\delta_3$ : dentro de campo - fuera del eje del haz:	
A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -1.0 cm ( $\delta_3$ ).	214
A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +1.0 cm ( $\delta_3$ ).	214
B.1) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -1.0 cm ( $\delta_3$ ).	214
B.2) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +1.0 cm ( $\delta_3$ ).	214
<b>ANEXO VIII-D: D.</b> Región $\delta_4$ : fuera de campo del haz:	
A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -4.0 cm ( $\delta_4$ ).	215
A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +4.0 cm ( $\delta_4$ ).	215
B.1) Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil -4.0 cm ( $\delta_4$ ).	215
B.2) Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil +4.0 cm ( $\delta_4$ ).	215
<b>ANEXO IX</b>	
<b>ANEXO IX-A: A.</b> Región $\delta_1$ : a lo largo del eje del haz:	
A) Incertidumbres registradas por la CIC.	216
B) Incertidumbres registradas por los OSLD nanoDot ( $Al_2O_3$ : C).	216
<b>ANEXO IX-B: B.</b> Región $\delta_2$ : penumbra del haz:	
A.1) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -1.0 cm ( $\delta_2$ ).	216
A.2) Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +1.0 cm ( $\delta_2$ ).	216
B.1) Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -1.0 cm ( $\delta_2$ ).	217

<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +1.0 cm ( $\delta_2$ ).	217
<b>ANEXO IX-C: C.</b> Región $\delta_3$ : dentro de campo - fuera del eje del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -0.5 cm ( $\delta_3$ ).	217
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +0.5 cm ( $\delta_3$ ).	217
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -0.5 cm ( $\delta_3$ ).	218
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +0.5 cm ( $\delta_3$ ).	218
<b>ANEXO IX-D: D.</b> Región $\delta_4$ : fuera de campo del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -2.5 cm ( $\delta_4$ ).	218
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +2.5 cm ( $\delta_4$ ).	218
<b>B.1)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil -2.5 cm ( $\delta_4$ ).	219
<b>B.2)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil +2.5 cm ( $\delta_4$ ).	219
<b>ANEXO X</b>	
<b>ANEXO X-A: A.</b> Región $\delta_1$ : a lo largo del eje del haz:	
<b>A)</b> Incertidumbres registradas por la CIC.	219
<b>B)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD nanoDot ( $Al_2O_3$ : C).	219
<b>ANEXO X-B: B.</b> Región $\delta_2$ : penumbra del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	220
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	220
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	220
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	220
<b>ANEXO X-C: C.</b> Región $\delta_3$ : dentro de campo - fuera del eje del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	221
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	221
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	221
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	221
<b>ANEXO X-D: D.</b> Región $\delta_4$ : fuera de campo del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -4.0 cm ( $\delta_4$ ).	222
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +4.0 cm ( $\delta_4$ ).	222
<b>B.1)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil -4.0 cm ( $\delta_4$ ).	222
<b>B.2)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil +4.0 cm ( $\delta_4$ ).	222
<b>ANEXO XI</b>	
<b>ANEXO XI-A: A.</b> Región $\delta_1$ : a lo largo del eje del haz:	
<b>A)</b> Incertidumbres registradas por la CIC.	223
<b>B)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD nanoDot ( $Al_2O_3$ : C).	223
<b>ANEXO XI-B: B.</b> Región $\delta_2$ : penumbra del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	223
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	223
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	224
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	224
<b>ANEXO XI-C: C.</b> Región $\delta_3$ : dentro de campo - fuera del eje del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	224
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	224
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	225
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	225
<b>ANEXO XI-D: D.</b> Región $\delta_4$ : fuera de campo del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -4.0 cm ( $\delta_4$ ).	225
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +4.0 cm ( $\delta_4$ ).	225
<b>B.1)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil -4.0 cm ( $\delta_4$ ).	226
<b>B.2)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil +4.0 cm ( $\delta_4$ ).	226

**ANEXO XII**

<b>ANEXO XII-A: A.</b> Región $\delta_1$ : a lo largo del eje del haz:	
<b>A)</b> Incertidumbres registradas por la CIC.	226
<b>B)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD nanoDot ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ : C).	226
<b>ANEXO XII-B: B.</b> Región $\delta_2$ : penumbra del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	227
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	227
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	227
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	227
<b>ANEXO XII-C: C.</b> Región $\delta_3$ : dentro de campo - fuera del eje del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	228
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	228
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	228
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	228
<b>ANEXO XII-D: D.</b> Región $\delta_4$ : fuera de campo del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -5.0 cm ( $\delta_4$ ).	229
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +5.0 cm ( $\delta_4$ ).	229
<b>B.1)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil -5.0 cm ( $\delta_4$ ).	229
<b>B.2)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil +5.0 cm ( $\delta_4$ ).	229
<b>ANEXO XIII</b>	
<b>ANEXO XIII-A: A.</b> Región $\delta_1$ : a lo largo del eje del haz:	
<b>A)</b> Incertidumbres registradas por la CIC.	230
<b>B)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD nanoDot ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ : C).	230
<b>ANEXO XIII-B: B.</b> Región $\delta_2$ : penumbra del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	230
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	230
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_2$ ).	231
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_2$ ).	231
<b>ANEXO XIII-C: C.</b> Región $\delta_3$ : dentro de campo - fuera del eje del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	231
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	231
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -2.0 cm ( $\delta_3$ ).	232
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_3$ ).	232
<b>ANEXO XIII-D: D.</b> Región $\delta_4$ : fuera de campo del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -4.0 cm ( $\delta_4$ ).	232
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +4.0 cm ( $\delta_4$ ).	232
<b>B.1)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil -4.0 cm ( $\delta_4$ ).	233
<b>B.2)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil +4.0 cm ( $\delta_4$ ).	233
<b>ANEXO XIV</b>	
<b>ANEXO XIV-A: A.</b> Región $\delta_1$ : a lo largo del eje del haz:	
<b>A)</b> Incertidumbres registradas por la CIC.	233
<b>B)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD nanoDot ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ : C).	233
<b>ANEXO XIV-B: B.</b> Región $\delta_2$ : penumbra del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -2.5 cm ( $\delta_2$ ).	234
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +2.5 cm ( $\delta_2$ ).	234
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -2.5 cm ( $\delta_2$ ).	234
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +2.0 cm ( $\delta_2$ ).	234
<b>ANEXO XIV-C: C.</b> Región $\delta_3$ : dentro de campo - fuera del eje del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -1.0 cm ( $\delta_3$ ).	235
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +1.0 cm ( $\delta_3$ ).	235

<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -1.0 cm ( $\delta_3$ ).	235
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +1.0 cm ( $\delta_3$ ).	235
<b>ANEXO XIV-D: D.</b> Región $\delta_4$ : fuera de campo del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -4.0 cm ( $\delta_4$ ).	236
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +4.0 cm ( $\delta_4$ ).	236
<b>B.1)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil -4.0 cm ( $\delta_4$ ).	236
<b>B.2)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil +4.0 cm ( $\delta_4$ ).	236
<b>ANEXO XV</b>	
<b>ANEXO XV-A: A.</b> Región $\delta_1$ : a lo largo del eje del haz:	
<b>A)</b> Incertidumbres registradas por la CIC.	237
<b>B)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD nanoDot ( $Al_2O_3$ : C).	237
<b>ANEXO XV-B: B.</b> Región $\delta_2$ : penumbra del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -1.5 cm ( $\delta_2$ ).	237
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +1.5 cm ( $\delta_2$ ).	237
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -1.5 cm ( $\delta_2$ ).	238
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +1.5 cm ( $\delta_2$ ).	238
<b>ANEXO XV-C: C.</b> Región $\delta_3$ : dentro de campo - fuera del eje del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -0.5 cm ( $\delta_3$ ).	238
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +0.5 cm ( $\delta_3$ ).	238
<b>B.1)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil -0.5 cm ( $\delta_3$ ).	239
<b>B.2)</b> Incertidumbre registrada por los OSLD en la posición del perfil +0.5 cm ( $\delta_3$ ).	239
<b>ANEXO XV-D: D.</b> Región $\delta_4$ : fuera de campo del haz:	
<b>A.1)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_4$ ).	239
<b>A.2)</b> Incertidumbre registrada por la CIC en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_4$ ).	239
<b>B.1)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil -3.0 cm ( $\delta_4$ ).	240
<b>B.2)</b> Incertidumbres registradas por los OSLD en la posición del perfil +3.0 cm ( $\delta_4$ ).	240

# LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> Principio de funcionamiento de una CIC.	5
<b>Figura 2.2:</b> Etapas que participan en el proceso OSLD nanoDot.	8
<b>Figura 2.3:</b> Fases de intensidad de estimulación óptica OSLD y la temperatura del TLD.	9
<b>Figura 2.4:</b> Principio de Superposición.	13
<b>Figura 2.5:</b> Gráficos de kernels de energía depositada para haces de 0,5 MeV y 50 MeV.	14
<b>Figura 2.6:</b> Principio de aproximación del modelo punta de lápiz: <i>Pencil beam</i> .	15
<b>Figura 2.7:</b> Esquema descriptivo a-b-c-d es la secuencia de funcionamiento de las VWs.	16
<b>Figura 2.8:</b> Distribución espectral típica del fotón y los efectos de atenuación, vistos con un filtro cuña.	17
<b>Figura 2.9:</b> Se muestra efectos de endurecimiento del haz con una PW 45° en un haz de fotones de 6 MV.	17
<b>Figura 2.10:</b> Comparación de perfil del haz a campo abierto y con filtro cuña VW de 45°.	18
<b>Figura 2.11:</b> Ubicación gruesa del filtro cuña donde los fotones son mayormente más atenuados.	19
<b>Figura 2.12:</b> Determinación del ángulo de la cuña dinámica [Devin P. Barry (1996)].	19
<b>Figura 2.13:</b> Regiones de un haz de fotones.	21
<b>Figura 3.1:</b> Parte de un dosímetro OSLD nanoDot.	24
<b>Figura 3.2:</b> Maniquí homogéneo y/o heterogéneo conteniendo dosímetros de OSLD nanoDot.	25
<b>Figura 3.3:</b> Esquema del proceso de lectura del Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : C OSL nanoDot.	27
<b>Figura 3.4:</b> Lector microStar mostrando conteniendo el porta lector de los OSLD nanoDot.	28
<b>Figura 3.5:</b> Ventana de normalización referido a la dosis por sesión, y normalización prescrito.	29
<b>Figura 3.6:</b> Muestran diez (10) OSLDs nanoDots, ubicados a una profundidad de 6.3 cm.	32
<b>Figura 3.7:</b> Localización de los OSLD nanoDot dentro del maniquí en el LINAC para obtener las Lecturas.	36
<b>Figura 3.8:</b> Ubicación CIC, OSLD nanoDot en el maniquí la CIC, a diferentes profundidades.	38
<b>Figura 3.9:</b> Acondicionamiento tres (3) OSLD en el maniquí homogéneo en la posición <i>cross plane</i> , puntos p, y q.	39
<b>Figura 3.10:</b> Montaje realizado para adquirir las imágenes en el STC del maniquí de acrílico	40
<b>Figura 3.11:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una D <sub>A</sub> local, determinación de UMs a programar.	41
<b>Figura 3.12:</b> Curvas de Isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una D <sub>A</sub> local, en el maniquí homogéneo.	42
<b>Figura 3.13a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-3.0 cm) y D <sub>A</sub> local (55.4 cGy).	42
<b>Figura 3.13b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+3.0 cm) y D <sub>A</sub> local (55.3 cGy).	43
<b>Figura 3.14a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-2.0 cm) y D <sub>A</sub> local (98.1 cGy).	43
<b>Figura 3.14b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+2.0 cm) y D <sub>A</sub> local (98.5 cGy).	44
<b>Figura 3.15a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-5.0 cm) y D <sub>A</sub> local (7.6 cGy).	44
<b>Figura 3.15b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+5.0 cm) y D <sub>A</sub> local (5.8 cGy).	45
<b>Figura 3.16:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una D <sub>A</sub> local, determinación de UMs a programar.	46
<b>Figura 3.17:</b> Curvas de Isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una D <sub>A</sub> local, en el maniquí homogéneo.	46
<b>Figura 3.18a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-2.0 cm) y D <sub>A</sub> local (50.3 cGy).	47
<b>Figura 3.18b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+2.0 cm) y D <sub>A</sub> local (49.7 cGy).	47
<b>Figura 3.19a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-1.0 cm) y D <sub>A</sub> local (98.2 cGy).	48
<b>Figura 3.19b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+1.0 cm) y D <sub>A</sub> local (98.3 cGy).	48
<b>Figura 3.20a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-5.0 cm) y D <sub>A</sub> local (1.2 cGy).	49
<b>Figura 3.20b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+5.0 cm) y D <sub>A</sub> local (1.2 cGy).	49
<b>Figura 3.21:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una D <sub>A</sub> local, determinación de UMs a programar.	50
<b>Figura 3.22:</b> Curvas de Isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una D <sub>A</sub> local, en el maniquí homogéneo.	51
<b>Figura 3.23a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-3.0 cm) y D <sub>A</sub> local (79.4 cGy).	51
<b>Figura 3.23b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+3.0 cm) y D <sub>A</sub> local (49.7 cGy).	52
<b>Figura 3.24a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-2.0 cm) y D <sub>A</sub> local (97.3 cGy).	52
<b>Figura 3.24b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+2.0 cm) y D <sub>A</sub> local (100.3 cGy).	53
<b>Figura 3.25a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-5.0 cm) y D <sub>A</sub> local (11.5 cGy).	53
<b>Figura 3.25b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+5.0 cm) y D <sub>A</sub> local (10.9 cGy).	54
<b>Figura 3.26:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una D <sub>A</sub> local, determinación de UMs a programar.	55
<b>Figura 3.27:</b> Curvas de Isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una D <sub>A</sub> local, en el maniquí homogéneo.	55
<b>Figura 3.28a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-3.0 cm) y D <sub>A</sub> local (173.5 cGy).	56
<b>Figura 3.28b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+3.0 cm) y D <sub>A</sub> local (171.97 cGy).	56
<b>Figura 3.29a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-2.0 cm) y D <sub>A</sub> local (199.9 cGy).	57

<b>Figura 3.29b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+2.0 cm) y $D_A$ local (199.5 cGy).	57
<b>Figura 3.30a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-6.5 cm) y $D_A$ local (116.0 cGy).	58
<b>Figura 3.30b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+6.5 cm) y $D_A$ local (166.0 cGy).	58
<b>Figura 3.31:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una $D_A$ local, determinación de UMs a programar.	59
<b>Figura 3.32:</b> Curvas de Isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una $D_A$ local, en el maniquí homogéneo.	60
<b>Figura 3.33a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-2.5 cm) y $D_A$ local (78.6 cGy).	60
<b>Figura 3.33b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+2.5 cm) y $D_A$ local (77.6 cGy).	61
<b>Figura 3.34a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-1.0 cm) y $D_A$ local (197.7 cGy).	61
<b>Figura 3.34b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+1.0 cm) y $D_A$ local (197.6 cGy).	62
<b>Figura 3.35a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-4.5 cm) y $D_A$ local (4.0 cGy).	62
<b>Figura 3.35b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+4.5 cm) y $D_A$ local (4.0 cGy).	63
<b>Figura 3.36:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una $D_A$ local, determinación de UMs a programar.	64
<b>Figura 3.37:</b> Curvas de Isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una $D_A$ local, en el maniquí homogéneo.	64
<b>Figura 3.38a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-3.0 cm) y $D_A$ local (49.2 cGy).	65
<b>Figura 3.38b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+3.0 cm) y $D_A$ local (171.1 cGy).	65
<b>Figura 3.39a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-2.0 cm) y $D_A$ local (161.4 cGy).	66
<b>Figura 3.39b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+2.0 cm) y $D_A$ local (227.2 cGy).	66
<b>Figura 3.40a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-4.0 cm) y $D_A$ local (5.3 cGy).	67
<b>Figura 3.40b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+4.0 cm) y $D_A$ local (14.6 cGy).	67
<b>Figura 3.41:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una $D_A$ local, determinación de UMs a programar.	68
<b>Figura 3.42a:</b> Configuración Campo Circular con multihojas (MLCs) sobre maniquí de acrílico homogéneo.	69
<b>Figura 3.42b:</b> Curvas de Isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una $D_A$ local, en el maniquí homogéneo.	69
<b>Figura 3.43a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-3.00 cm), y $D_A$ local (46.9 cGy).	70
<b>Figura 3.43b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+3.00 cm), y $D_A$ local (45.1 cGy).	70
<b>Figura 3.44a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-2.00 cm), y $D_A$ local (96.8 cGy).	71
<b>Figura 3.44b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+2.00 cm), y $D_A$ local (96.9 cGy).	71
<b>Figura 3.45a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-5.00 cm), y $D_A$ local (1.7 cGy).	72
<b>Figura 3.45b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+5.00 cm), y $D_A$ local (1.6 cGy).	72
<b>Figura 3.46:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una $D_A$ local, determinación de UMs a programar.	73
<b>Figura 3.47a:</b> Configuración Campo Irregular con multihojas (MLCs) sobre maniquí de acrílico homogéneo.	74
<b>Figura 3.47b:</b> Curvas de Isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una $D_A$ local, en el maniquí homogéneo.	74
<b>Figura 3.48a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-1.50 cm), y $D_A$ local (76.5 cGy).	75
<b>Figura 3.48b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+1.50 cm), y $D_A$ local (78.6 cGy).	75
<b>Figura 3.49a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-1.00 cm), y $D_A$ local (94.1 cGy).	76
<b>Figura 3.49b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+1.00 cm), y $D_A$ local (94.9 cGy).	76
<b>Figura 3.50a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-4.00 cm), y $D_A$ local (2.2 cGy).	77
<b>Figura 3.50b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+4.00 cm), y $D_A$ local (2.4 cGy).	77
<b>Figura 3.51:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una $D_A$ local, determinación de UMs a programar.	78
<b>Figura 3.52a:</b> Configuración Campo "Y Invertida" con multihojas (MLCs) sobre maniquí de acrílico homogéneo.	79
<b>Figura 3.52b:</b> Curvas de Isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una $D_A$ local, en el maniquí homogéneo.	79
<b>Figura 3.53a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-1.00 cm), y $D_A$ local (71.8 cGy).	80
<b>Figura 3.53b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+1.00 cm), y $D_A$ local (70.1 cGy).	80
<b>Figura 3.54a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-0.50 cm), y $D_A$ local (95.3 cGy).	81
<b>Figura 3.54b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-0.50 cm), y $D_A$ local (96.1 cGy).	81
<b>Figura 3.55a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-2.50 cm), y $D_A$ local (5.9 cGy).	82
<b>Figura 3.55b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-2.50 cm), y $D_A$ local (5.5 cGy).	82
<b>Figura 3.56a:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una $D_A$ local, determinación de UMs a programar.	83
<b>Figura 3.56b:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una $D_A$ local, determinación de UMs a programar.	84
<b>Figura 3.57:</b> Curvas de Isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una $D_A$ local, en el maniquí homogéneo.	84
<b>Figura 3.58a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-1.00 cm), y $D_A$ local (35.3 cGy).	85
<b>Figura 3.58b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+3.00 cm), y $D_A$ local (76.0 cGy).	85
<b>Figura 3.59a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-2.00 cm), y $D_A$ local (99.7 cGy).	86
<b>Figura 3.59b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+2.00 cm), y $D_A$ local (102.6 cGy).	87
<b>Figura 3.60a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-4.00 cm), y $D_A$ local (4.2 cGy).	87
<b>Figura 3.60b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-4.00 cm), y $D_A$ local (7.6 cGy).	88

<b>Figura 3.61:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una $D_A$ local, determinación de UMs a programar.	89
<b>Figura 3.62:</b> Curvas de Isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una $D_A$ local, en el maniquí heterogéneo.	89
<b>Figura 3.63a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-3.00 cm), y $D_A$ local (54.1 cGy).	90
<b>Figura 3.63b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-3.00 cm), y $D_A$ local (54.5 cGy).	90
<b>Figura 3.64a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-2.00 cm), y $D_A$ local (92.2 cGy).	91
<b>Figura 3.64b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+2.00 cm), y $D_A$ local (92.7 cGy).	91
<b>Figura 3.65a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-5.00 cm), y $D_A$ local (6.2 cGy).	92
<b>Figura 3.65b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+5.00 cm), y $D_A$ local (528cGy).	92
<b>Figura 3.66:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una $D_A$ local, determinación de UMs a programar.	93
<b>Figura 3.67:</b> Curvas de Isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una $D_A$ local, en el maniquí heterogéneo.	94
<b>Figura 3.68a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-3.00 cm), y $D_A$ local (179.4 cGy).	94
<b>Figura 3.68b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+3.00 cm), y $D_A$ local (178.7 cGy).	95
<b>Figura 3.69a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-2.00 cm), y $D_A$ local (199.8 cGy).	95
<b>Figura 3.69b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+2.00 cm), y $D_A$ local (200.7 cGy).	96
<b>Figura 3.70a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-5.00 cm), y $D_A$ local (155.6 cGy).	96
<b>Figura 3.70b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+5.00 cm), y $D_A$ local (155.1 cGy).	97
<b>Figura 3.71:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una $D_A$ local, determinación de UMs a programar.	98
<b>Figura 3.72:</b> Curvas de Isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una $D_A$ local, en el maniquí heterogéneo.	98
<b>Figura 3.73a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-3.00 cm), y $D_A$ local (45.2 cGy).	99
<b>Figura 3.73b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+3.00 cm), y $D_A$ local (165.2 cGy).	99
<b>Figura 3.74a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-2.00 cm), y $D_A$ local (145.9 cGy).	100
<b>Figura 3.74b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+2.00 cm), y $D_A$ local (213.5 cGy).	100
<b>Figura 3.75a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-4.00 cm), y $D_A$ local (4.4 cGy).	101
<b>Figura 3.75b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+4.00 cm), y $D_A$ local (20.9 cGy).	101
<b>Figura 3.76:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una $D_A$ local, determinación de UMs a programar.	102
<b>Figura 3.77a:</b> Configuración Campo Irregular con multihojas (MLCs) sobre maniquí de acrílico-aire heterogéneo.	103
<b>Figura 3.77b:</b> Curvas de Isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una $D_A$ local, en el maniquí heterogéneo.	103
<b>Figura 3.78a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-2.50 cm), y $D_A$ local (50.4 cGy).	104
<b>Figura 3.78b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+2.50 cm), y $D_A$ local (53.0 cGy).	104
<b>Figura 3.79a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-1.00 cm), y $D_A$ local (93.0 cGy).	105
<b>Figura 3.79b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+1.00 cm), y $D_A$ local (94.4 cGy).	105
<b>Figura 3.80a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-4.00 cm), y $D_A$ local (2.1 cGy).	106
<b>Figura 3.80b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+4.00 cm), y $D_A$ local (2.1 cGy).	106
<b>Figura 3.81:</b> Datos calculados por TPS Xio, técnica SAD, para una $D_A$ local, determinación de UMs a programar.	107
<b>Figura 3.82a:</b> Configuración Campo "Y Invertida" con multihojas (MLCs) sobre maniquí de acrílico-aire heterogéneo.	108
<b>Figura 3.82b:</b> Curvas de Isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una $D_A$ local, en el maniquí heterogéneo.	108
<b>Figura 3.83a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-1.50 cm), y $D_A$ local (36.2 cGy).	109
<b>Figura 3.83b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+1.50 cm), y $D_A$ local (38.2 cGy).	109
<b>Figura 3.84a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-0.50 cm), y $D_A$ local (93.2 cGy).	110
<b>Figura 3.84b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-0.50 cm), y $D_A$ local (94.2 cGy).	110
<b>Figura 3.85a:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (-3.00 cm), y $D_A$ local (4.5 cGy).	111
<b>Figura 3.85b:</b> Perfil curva de isodosis obtenida en el TPS Xio en el punto prescrito (+3.00 cm), y $D_A$ local (4.7 cGy).	111
<b>Figura 4.1:</b> Tiempo medido CIC y OSLD nanoDot, calculados por TPS CAT3D, obtención factor por linealidad [ $F_L$ ].	117
<b>Figura 4.2:</b> Calculo del TPS CAT3D vs CIC/OSLD, calibración OSLD nanoDot de acuerdo a la energía en uso [ $F_{C_{OSLD}}$ ].	118
<b>Figura 4.3:</b> PDDs con CIC, y OSLD nanoDot con desviaciones estándar campo abierto y con filtro cuña VW de 30°.	119
<b>Figura 4.4:</b> Perfil VW de 15° obtenidas con el TPS, CIC, y OSLD nanoDot.	121
<b>Figura 4.5:</b> Perfil VW de 30° obtenidas con el TPS, CIC, y OSLD nanoDot.	122
<b>Figura 4.6:</b> Perfil VW de 45° obtenidas con el TPS, CIC, y OSLD nanoDot.	123
<b>Figura 4.7:</b> Perfil VW de 60° obtenidas con el TPS, CIC, y OSLD nanoDot.	124
<b>Figura 4.8:</b> Ploteo de puntos con diferentes perfil evaluados en las geometrías simples medio homogéneo.	135
<b>Figura 4.9:</b> Ploteo de puntos con diferentes perfil evaluados en las geometrías compleja medio homogéneo.	145
<b>Figura 4.10:</b> Ploteo de puntos con diferentes perfil evaluados en las geometrías combinadas medio homogéneo.	158
<b>Figura 4.11:</b> Ploteo de puntos con diferentes perfil evaluados en las geometrías diversas medio heterogéneo.	173



# ABSTRACT

The advanced information computerized systems in Teletherapy allows to implementing the use of virtual wedge filters, starting by the modulation of the beam radiation on a basis scheduled. Indeed, the high complexity technology in Computerized Planning Systems (TPS) uses algorithms in order to improve the suitable location of the beam radiation in cancer tumors so that to ensure better protection of those tissues and/or organs not committed as neoplasia. Based on these innovations an increased risks assessment which cause incidents and accidents in the administration of local absorbed dose (DA) had been better, according to the literature report [IAEA TECDOC 989 (1997)], [Safety Reports Series No 17 (2000)], [TRS No 430 (2004)]. The prevention measures of such risks require the application of Warranty programs and Quality Control strictly and regularly [Van Dyk, Purdy (1999)]. This paper intends to implement a Postal systems of Quality Control for TPS Teletherapy using a phantom containing dosimeters OSLD nanoDot previously characterized and calibrated; furthermore, in the same dosimeters positions a Cylindrical Ionization Chamber (CIC) was inserted in order to record the beam radiation readings which was used as pattern measures for comparison, evaluation and integration of experimental readings in different regions of beam radiation.

The development of this experimental work has been done in Oncocenter Peru SAC Medical Center and National Institute of Neoplastic Diseases where simulation and calculations in their respective TPS were performed, while measures of radiation were done in their medical linear accelerator (LINAC). Nuclear Control SAC provided with OSLD nanoDot and instrumentation for reading and bleaching techniques. An energy of 6.0 MV LINAC together with a CIC support and accessories were used. The phantom was adequate to homogeneous and / or heterogeneous media; different methods of radiation fields using simple, complex, combined, several variations of gantry, weights, virtual wedge filters in different regions of the photon beam were applied. The study information was obtained from reading the DA absolute values in specific points as well as their DA relative distributions. The phantom-system has allowed the DA calculated (TPS) and measurement (LINAC). The results show values within the established tolerances. Reproducibility and storage of information in time make the OSLD nanoDot a highly reliable dosimeter and the use of the experimental phantom too.

Keyword: Postal Quality Control System, Computerized Systems Planning, OSLD NanoDot.

# I. INTRODUCCIÓN

En teleterapia, es importante cuantificar la dosis absorbidas administradas a los pacientes; por lo que existe una clara necesidad de contar con programas de garantía y control calidad (PGCC), este trabajo propone un método práctico para auditar a distancia la  $D_A$  administrada a los pacientes, usando como dosímetro alternativo OSLD nanoDot basado en la luminiscencia ópticamente estimulada (OSL-*Optically Stimulated Luminescence*), para verificar la  $D_A$  que es entregada a los pacientes durante sus tratamientos radioterapéuticos centrándose en la verificación de los Sistemas de Planificación Computarizados (TPSs). La tecnología OSLD nanoDot representa un avance en la detección de la radiación ionizante, el cual fue introducido como método de datación (antropología) por [Huntley et. al. (1985)], a partir de ese momento se vienen realizando numerosas investigaciones sobre su técnica y sus aplicaciones en la clínica médica [Jursinic (2007)], siendo Landauer INC (Chicago) y *Bottele Northwest National Laboratory* en la Universidad de Oklahoma los pioneros en presentar el primer dosímetro OSLD nanoDot, distribuido en 1996 a un mercado limitado. Para los Tratamientos Radioterapéuticos cuentan con funciones básicas como datos del: equipo, haz, paciente, cálculo de dosis, evaluación de isodosis, algoritmos interpretativos de las densidades de los medios evaluados y a evaluar, etc. La implementación de un sistema postal de CC a los TPSs en las Instituciones de nuestra región pretende asegurar la calidad del tratamiento, abarcando el reconocimiento del TPS y las técnicas que deben estar disponibles para la planificación del tratamiento; esto incluye: Evaluación a las necesidades clínicas, un proceso de selección y compra, instalación, pruebas de aceptación, puesta en servicio, entrenamiento (formación), uso clínico, Programas de Garantía y Control de Calidad (PGCC) [Van Dyk, Purdy (1999)]. Los TPSs calculan: distribución de dosis, histogramas dosis volumen, y tiempo de tratamiento de acuerdo a la dosis prescrita, optimizan la dosis en el tumor reduciendo al mínimo la dosis en el tejido normal. Conforme a los nuevas investigaciones científicas, incrementa la innovación de nuevas tecnologías con mayor complejidad en nuevos aceleradores lineales de uso médico (LINAC), y con ello los TPS inherentemente los riesgos van en aumento; actualmente existen casos reportados de accidentes en radioterapia por la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), [IAEA: TECDOC 989 (1977)] siendo varios los motivos, en la Tabla 1.1, se presenta algunos incidentes y accidentes reportados indicando el número de pacientes implicados así como su porcentaje.

**Tabla 1.1:** Frecuencias contribuyentes a incidentes y accidentes [IAEA: TECDOC 989 (1977)]

Incidente/Accidente	Cantidad	Porcentaje [%]
Errores en contra a lo indicado	16,0	5.67
Errores en los procedimientos	84,0	29.79
Errores profesionales	47,0	16.67
<b>Errores de comunicación</b>	<b>44,0</b>	<b>15.60</b>
<b>Errores de hardware y software</b>	<b>13,0</b>	<b>4.61</b>
Formación	24,0	8.51
<b>Supervisión</b>	<b>17,0</b>	<b>6.03</b>
Error de interpretación	20,0	7.09
Otros	17,0	6.03

Del cual observamos errores relacionados a los TPSs, abarcan una cantidad de: 74 casos, significando un 26.24% del total de accidentes reportados. Según lo publicado por la IAEA, en la Tabla 1.2 se presentan casos de gran relevancia señalando el país que reporta el incidente y

accidentes [Safety Reports Series N° 17 (2000)], y Tabla 1.3 se detalla los incidentes y accidentes [Safety Reports Series N° 17 (2000)], y [TRS N° 430 (2004)].

**Tabla 1. 2:** Accidentes radioterapéuticos reportados por los países de ocurrencia [Safety Reports Series N° 17 (2000)].

País	Fecha Aproximada	Pacientes Afectados	Causas Probables
USA	1974 - 1976	450	Error del dibujo de las curvas de decaimiento para Co-60.
Alemania	1986 - 1987	86	Error en las tablas de dosis de Co-60 para planificación de tratamiento (variadas sobredosis).
Reino Unido	1988	207	Error por calibración de haces de Co-60 (25% de sobredosis).
España	1990	27	Reparación incorrecta (mantenimiento LINAC). Falla en la comunicación
Reino Unido	1982 - 1991	1045	Reparación incorrecta (mantenimiento LINAC). Falla en la comunicación.
Reino Unido	2005 - 2006	5000	Transferencia manual incorrecta parámetros a los TPSs
Francia	2004 - 2007	757	Calculo erróneo para cuñas virtuales (Algoritmo).
Francia	2006 2007	176	Dispositivo de evaluación y medición inapropiado.

**Tabla 1.3:** Detalles de incidentes y accidentes debido a las exposiciones ionizantes accidentales durante los tratamientos Teleterapéuticos [TRS N° 430 (2004)].

Evento	Descripción	Comentario
21	Sistemas incompatibles con los datos básicos.	Falta de procedimientos eficaces y documentados: dos sistemas de datos incompatibles.
		Utilización de datos incorrectos sin verificar.
22	Datos incorrectos para la razón máxima de tejido.	Falta de verificación adecuada: las Tablas no se verificaron con los datos publicados.
23	Insuficiente comprensión del algoritmo TPS.	Incorrecta comprensión de la utilización del factor de cuña por el TPS: Validación Incompleta del TPS.
		Falta de procedimientos eficaces y documentación: ninguna comprobación manual de los cálculos de la computadora.
24	Datos básicos incorrectos en el TPS.	Puesta en servicio inadecuada del TPS.
		Inadecuada transferencia de información al personal recién nombrado.
		Falta de procedimientos eficaces y documentación: ninguna verificación independiente de los planes de tratamiento.
25	Datos incorrectos de la dosis a profundidad.	Insuficiente capacitación y/o conocimiento: discrepancia conocida no se resolvió.
		La falta de procedimientos efectivos y documentación: puesta en servicio incorrecto.
26	Cálculo incorrecto de los tiempos de tratamiento.	La falta de procedimientos efectivos y documentación: tablas incorrectas aceptadas para su uso.
		Falta de un control independiente a la base de datos.
		Sin verificación independiente a los cálculos del tiempo de tratamiento.
27	Mala aplicación de la corrección a la distancia.	Insuficiente formación o experiencia: formación debe incluir un TPS específico.
		Falta de procedimientos eficaces y documentación: puesta en funcionamiento incorrecto del equipo con una comprensión del algoritmo de planificación de tratamiento.
		Falta de procedimientos de controles independientes
28	Calculo incorrecto de la ley inversa del cuadrado	Conocimiento insuficiente de la fuente real de tratamiento a distancia de superficie (SSD).
		Conocimiento insuficiente de la fuente real de tratamiento a distancia de superficie (SSD).
		Falta de un control independiente del plan de tratamiento
		Falta de procedimientos eficaces y documentación: no se verificaron

		los tiempos de tratamiento.
29	Cálculo incorrecto de los campos abiertos y cuñas.	Falta de un control independiente del plan de tratamiento.
30	Error en el factor de cuña.	Usando dos veces los factores de cuña en el cálculo durante el tiempo de tratamiento.
31	Usando dos veces los factores de cuña en el cálculo durante el tiempo de tratamiento.	Aplicación sin la verificar el cálculo al adaptar el tratamiento de otro Equipo no comisionado en el TPS. Loa cálculos realizados en el TPSs no se comprobaron manualmente.
32	Imposibilidad de incluir los dispositivos de cuñas previstas en el tratamiento.	Sin verificación independiente los parámetros del tratamiento.  Ninguna inspección a la distribución de isodosis.
33	Malentendido del plan complejo de tratamiento indicado verbalmente.	No hay procedimientos escritos para la prescripción del tratamiento. Receta verbal confusa. Inusualmente un plan complejo que involucra dos sitios con diferentes dosis y diferentes fracciones.
36	Error de cálculo después de un cambio del régimen de tratamiento.	Falta de un control independiente del plan de tratamiento. Se siguieron procedimientos mecánicamente sin criterios suficientes. Ineficiente control semanal a los planes de tratamiento de los pacientes.
37	Confusión entre la dosis fraccionada y la dosis total.	Comunicación ineficiente. Tres personas lograron detectar el error. Fraccionamiento poco común: no se pudo detectar el error antes de finalizar el tratamiento.
38	Ubicación incorrecta del haz en el tratamiento.	Instalación del tratamiento incorrecto: escaso cumplimiento de las instrucciones del plan de tratamiento. La ubicación del paciente no fue comprobada por otra persona: La tecnólogo trabajaba sola.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica [CIPR (2000)] ha elaborado un informe para la prevención a exposiciones accidentales a los pacientes al ser sometidos a terapias con radiación, el informe describe una serie de accidentes con fines ilustrativos, analizan las causas y los factores de estos eventos, a veces desastrosas, resumiendo las consecuencias y proporcionando recomendaciones sobre la prevención a este tipo de eventos:

- (a) Una falta de comprensión de los TPSs;
- (b) Una falta adecuada de la puesta en servicio (sin verificación de pruebas);
- (c) Una falta integral de los controles por medio de los cálculos independientes.

Generalmente los incidentes y accidentes, surgen por la combinación de errores, entre ellos, se considera a los TPSs la falta de su verificación en el equipo de tratamiento, e incluso contrastar los resultados con los cálculos manuales refiriéndonos a la cantidad de las Unidades Monitoras (MUs) ello nos puede conducir a sobreexposiciones significativas de los pacientes que posiblemente se llegaría a un 100% sobre las exposiciones previstas.

La precisión es un criterio importante en la distribución de dosis requerida, desde el punto de vista clínico/radiobiológico. En el informe presentado por [Mayles et. al. (1999)], expone una visión general de las evidencias clínicas relacionadas a la precisión y exactitud en teleterapia, del documento se puede concluir que una diferencia de la  $D_A$  es aproximadamente el 10% a menudo es detectada en el control tumoral, y una diferencia alrededor del 7% de  $D_A$  se pueden observar en una serie de reacciones de los tejidos normales. [Brahme et. al. (1988)] llegó a la conclusión, que la desviación estándar (SD) de la dosis media en el volumen de blanco (tumor) debe ser

como máximo 3%, para tener el control de los resultados del tratamiento con un nivel de tolerancia del 5%. Esto está de acuerdo con la recomendación dada por [Mijnheer et. al. (1987)] basado en una revisión de la inclinación de las curvas de dosis-respuesta observada en las complicaciones del tejido normal, y otras observaciones clínicas. Recientemente, un resumen de los requisitos de precisión y exactitud que figuran en diferentes informes y por varios grupos se ha publicado [Venselaar et. al. (2001)], adoptadas en el documento [ESTRO (2004)], y el informe de [Mayles et. al. (1999)], adoptadas en el documento [IPEM (1996)], recomienda tolerancias de exactitud geométrica con valor para la precisión en el posicionamiento de los bordes de los campos y de los bloques de protección en relación con el volumen de blanco (tumor) en 4,0mm, para la primera desviación estándar (1SD). Asimismo, el uso de imágenes portales y la inmovilización conduce a menores incertidumbres geométricas. Un mejor enfoque, podría consistir en comparar los requisitos de precisión geométrica de un TPS con los de un LINAC, que son del orden de 1.0 mm a 2.0 mm. De lo expuesto es de importancia, alentar en la implementación de los PGCC para los TPS en cada una de las instituciones, pero como ellos es difícil, el trabajo propone un sistema postal práctico como parte de las auditorías a distancia para evaluar los TPSs en teleterapia, de acuerdo a las modalidades de tratamiento, en caso que esta no cumpliera con los valores de tolerancia, se da la posibilidad de evaluar donde está el problema, corrigiendo, y reevaluando este, la misión está de ser una eficiente posibilidad para evitar incidentes donde están implicados los pacientes frente a una sobre o sub administración de  $D_A$ . El desarrollo del presente trabajo se realizó una caracterización a los OSLD nanoDot que se utilizaran en el Maniquí representando un medio homogéneo y/o heterogéneo, sus evaluaciones es comprobar la eficiencia y el nivel de confianza del dosímetro OSLD nanoDot calibrado, y caracterizado de acuerdo a la energía en uso con fines comparativos, y definir si los sistemas en forma integral como: TPS-LINAC-Maniquí, y el OSLD nanoDot registran valores de lectura, que al ser comparadas con lecturas obtenidas con la cámara de ionización cilíndrica (CIC) patrón y los cálculos manuales registran valores que están dentro de los intervalos de tolerancias establecidos por las normas, protocolos, y manuales diseñados en la  $D_A$  administrada clínicamente de acuerdo a la prescrita para el paciente. El trabajo es importante porque los resultados obtenidos determinan diferencia entre ambos sistemas en estudio, confirmando su precisión y exactitud de la medida(s) e identificando los límites de tolerancia contenidos en el CC para los TPSs que se ven afectados por el complicado proceso para ponerlos en la práctica de la clínica médica. La potenciación de las evaluaciones y verificaciones de los CC en nuestra región a través de la implementación de una auditoría a distancia con los dosímetros OSLDs nanoDots ensamblados en el Maniquí (*Phantom*), su diseño y construcción cubrirá las necesidades de un CC a los TPSs, de acuerdo a los requerimientos establecidos.

Para el cumplimiento de los objetivos trazados en el desarrollo del trabajo se estructura en 8 capítulos. Introducción capítulo 1 motivando el planteamiento del trabajo, en el capítulo 2 se establecen conceptos y bases para el desarrollo y mejor entendimiento experimental utilizado en la obtención de los resultados. En el capítulo 3 se describe detalladamente todos los materiales utilizados, así como la metodología y procedimientos a seguir para realizar la parte experimental. En el capítulo 4 se presentan los resultados obtenidos de las pruebas evaluadas, capítulo 5 se indican recomendaciones, capítulo 6 se establecen las conclusiones a los resultados, capítulo 7 señalamos la diversidad bibliográfica consultada, y en el capítulo 8 los anexos detallan las evaluaciones de incertidumbres a los resultados obtenidos.

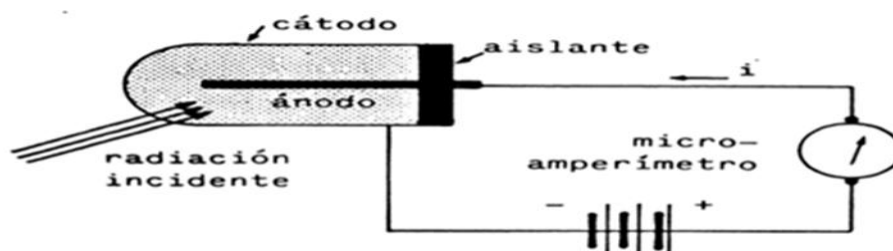
## II. FUNDAMENTO TEÓRICO

### II.1 DOSÍMETROS

Existen muchas formas para detectar los campos electromagnéticos con radiaciones ionizantes, los instrumentos necesarios para detectarlas y medirlas se basan en distintas propiedades de interacción de la radiación ionizante con la materia: gases, sólidos, luminiscencia, termoluminiscencia. Existen dos tipos de detectores: Dosímetros activos, necesitan de un sistema electrónico de lectura en funcionamiento mientras que el campo es irradiado se obtiene señales (Cámara de Ionización Cilíndrica, y plana). Dosímetros pasivos, se utilizan sin necesidad de usar un registro electrónico en el campo durante el proceso de irradiación ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ : C OSLD nanoDot). En el presente trabajo se utilizaran los dos tipos de detectores.

#### II.1.1 CÁMARA DE IONIZACIÓN CILÍNDRICA

La cámara de ionización cilíndrica (CIC) es un dispositivo que al aplicarse una tensión (V) de polarización produce un campo eléctrico suficiente para hacer posible coleccionar toda la carga generada en el campo por la radiación incidente en una masa de volumen de aire conocida, en la Figura 2.1, se observa el principio de funcionamiento de una CIC, y en cuanto a los rangos de tolerancia, usos, y condiciones de operación son presentados en la Tabla 2.1 [IEC-6073 (1987)], [IAEA (1987)], y [AIEA (1997)].



**Figura 2.1:** Principio de funcionamiento de una CIC. Cuando  $V = 0$ : se produce la recombinación iónica, la recombinación disminuye a medida que  $V$  aumenta, cuando  $V \approx 200, 300, 400$  Voltios entramos a la región donde trabaja la CI, existen dos tipos de CI: cilíndricas y planas de placas paralelas [Ortega (ISBN-84-398-9769-3)].

**Tabla 2.1:** Rangos de tolerancia, usos, y condiciones de operación de la CIC Semiflex [IEC-6073 (1987)].

Rango nominal de uso:	Energía que oscila entre TH140 – 50 MeV (66 keV – 50 MeV);
Tamaño de Campo	Desde 2cm x 2cm hasta 40cm x40cm
Pto. Referencia para: Dosis y Tasa de dosis.	A: 4,5 mm detrás de la punta de la cámara
Temperatura	De +10°C a +40°C
Humedad Relativa	De 10 a 80% (máxima de 20 g/cm <sup>3</sup> humedad absoluta).
Presión del Aire	Desde 700 a 1060 hPa.
Sistemas de conexión	Sistemas PTW-M. Conectores coaxiales BNT o TNC Triax
Construcción especial	Impermeable, PMMA + grafito, Abierta al aire.
Tiempo permanencia en agua	Máximo 12 horas
Uso	Mediciones en radioterapia: Dosis y Tasa de dosis.
	Dosis desde (baja) 0.600 mGy hasta (alta) 66 mGy
	(baja) 3.6 mGy/min a 3.6 Gy/min,
Lecturas	Tasa de Dosis (media) 180 mGy/min a 180 Gy/min
	(alta) 18 Gy/min a 18.000 Gy/min;

En el protocolo TRS-398 [IAEA (2005)], se establece el formalismo para determinar la dosis absorbida en agua ( $D_A$ ) con haces de fotones de alta energía, usando una CIC en términos de  $D_A$ , en un haz gamma de  $^{60}\text{Co}$ , fue descrito detalladamente por [Hohlfeld (1998)], [Andreo (1992)], y [Rogers (1992)], quienes han desarrollado sus trabajos en base a patrones para la  $D_A$ , a una profundidad de referencia ( $Z_{\text{ref}}$ ) en agua, para una calidad de haz determinado ( $Q_0$ ), y en ausencia de la CIC, según la ecuación:

$$D_{w,Q_0} = M_{Q_0} \cdot N_{D,w,Q_0} \quad (2.1)$$

Dónde:

- $D_{w,Q_0}$**  :  $D_A$  a la profundidad de referencia,  $Z_{\text{ref}}$  en un maniquí de agua irradiado por un haz de calidad  $Q_0$ . Unidad: Gray [Gy].
- $M_{Q_0}$**  : Lectura del dosímetro en la calidad  $Q_0$ , corregida por magnitudes de influencia diferentes a las relacionadas con la calidad del haz. Unidad: Coulomb [C].
- $N_{D,w,Q_0}$**  : Factor de calibración del dosímetro, en términos de  $D_A$ , en un haz de referencia de calidad  $Q_0$ . El subíndice  $Q_0$  se omite cuando la calidad de referencia es radiación gamma del  $^{60}\text{Co}$ , es decir el factor  $N_{D,w}$  se llamó  $N_D$  como lo indica [AAPM (1983)]. Unidad: Gray/Coulomb [Gy/C].

Para obtener las lecturas con la CIC en términos de cargas crudas (nC) en el Maniquí de acrílico homogéneo, y deduciendo de la Ecuación 2.1, la  $D_A$  se calculó en base al protocolo de dosimetría de referencia [TRS 398 IAEA (2005)]

$$D_A = \text{Lec} \cdot K_{T,P} \cdot N_{DwQ_0} \cdot K_{\text{pol}} \cdot K_{\text{elec}} \cdot K_{Q_0} \quad (2.2)$$

Dónde:

- Lec** : Promedio de lecturas cruda obtenidas en el electrómetro [nC],
- $K_{T,P}$**  : Factor que corrige la respuesta de una CIC por el efecto de la diferencia que pueda existir entre la temperatura y la presión de referencias especificadas por el laboratorio de calibración, y la temperatura y presión de la CIC en la instalación del usuario en condiciones ambientales diferentes,
- $N_{DwQ_0}$**  : Dosis absorbida en agua en la profundidad de referencia en un Maniquí de agua irradiado por un haz de calidad  $Q$ . el subíndice de  $Q$  se omite cuando la calidad del haz de referencia es  $^{60}\text{Co}$ . Unidad [Gy],
- $K_{\text{pol}}$**  : Factor que corrige la respuesta de una CIC por el efecto de un cambio en la polaridad de la tensión de colección aplicada a la CIC,
- $K_{\text{elec}}$**  : Factor de calibración del electrómetro,
- $K_{Q_0}$**  : Factor que corrige por la diferencia en la respuesta de una CIC en la calidad de referencia  $Q_0$  del haz utilizado para calibra la CIC, y la calidad real del haz del usuario,  $Q$ . el subíndice  $Q_0$  se

omite cuando la calidad de referencia es la radiación gamma del  $^{60}\text{Co}$  (es decir, la notación reducida  $K_Q$  siempre corresponde a la calidad de referencia de  $^{60}\text{Co}$ ).

### II.1.2 DOSÍMETRO $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ OSLD nanoDot

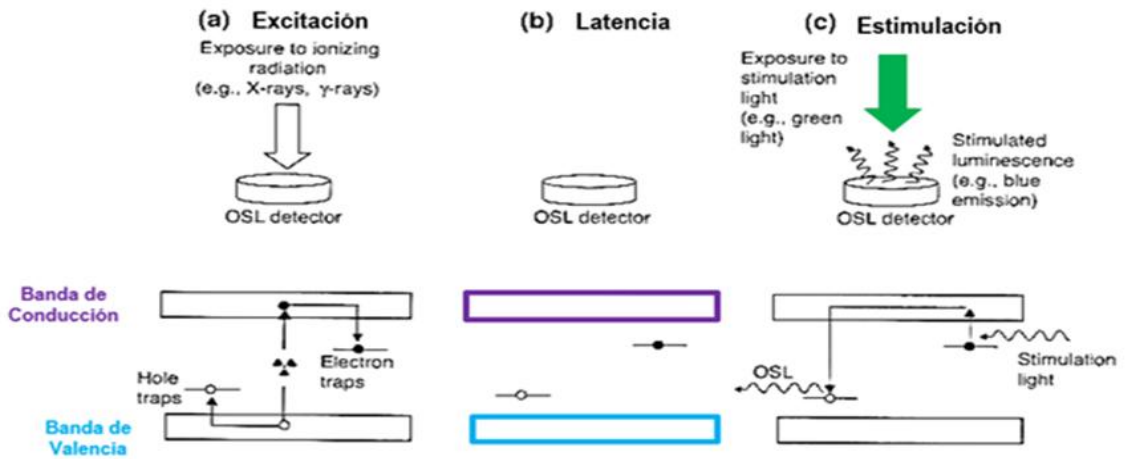
El primer uso de la técnica del cristal  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$  data en la geológica de sedimentos arqueológicos [Huntley et al. (1985)]. A falta de normas específicas para la dosimetría OSLD, se han adoptado, modificaciones, de algunos términos y definiciones usadas en las normas internacionales [(IEC (2006 - 2007)], haciéndolas compatibles con el [ISO/IEC Guía 99 (2007)], Vocabulario Internacional de Metrología – conceptos básicos, generales y términos asociados [ISO/IEC (2007)], y [ISO/IEC Guía 98-3 (2007)], Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición [GUM (1995)], y [ISO/IEC (2008)]. Luego, [Aitken (1998)], recientemente escritos por [Botter – Jensen (2003)], [McKeever (2003)], y [Wintle (2006)] contiene una descripción moderna de detalles y técnica, especialmente como se aplican los minerales naturales de cuarzo y feldespato, especialmente los cristales de  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ , con aplicaciones en dosimetría personal, médica, seguridad, y espacio consolidando la aparición del OSLD nanoDot como técnica potencial en seguridad y ciencias afines. Por su capacidad de relectura, ser testigo físico en el tiempo como resultado de su caracterización, suman dosis a la dosimetría médica de alta sensibilidad por su naturaleza óptica. Alta sensibilidad del cristal  $\text{Al}_2\text{O}_3$  por contener impurezas sensibles a la radiación por el dopaje con Carbono (C) convierte al OSLD con impurezas de C desempeñando un papel muy importante en la formación de centros vacantes de oxígeno, con elevada concentración del orden de 5000 partes por millón (ppm) [Akselrod et. al. (1993)], permitiendo la fabricación de dosímetros (OSLD nanoDot) muy pequeños (1.0 mm a 3.0 mm), significa contar con un potencial para realizar medidas de dosis en regiones de altos gradientes de dosis; y naturaleza óptica, significa su inmersión en la nanotecnología con fibras ópticas y poder realizar medidas de dosis en lugares de difícil acceso potencialmente dentro del cuerpo humano. La combinación de ambas propiedades permite al  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ , OSLD nanoDot registrar los records de dosis en tiempos reales durante la exposición a radiaciones ionizantes en diagnóstico [Gasparian et al. (2010)], [Akselrod et. al. (2007)], [Cygler – Yukihara (2009)], [Pradhan et. al. (2008)], [Yukihara – McKeever (2008)]; tratamiento: Teleterapia [Aznar et. al. (2004)], [Chen et. al. (2009)], [Jursinic (2007 – 2010)], [Meeks et. al. (2002)], [Miller – Murphy (2007)], [Mobot et. al. (2006)], [Schembri - Heijmen, 2007 – 2009)], [Viamonte et. al. (2008)], [Yukihara et. al. (2005, 2008a)]; Braquiterapia [Andersen et. al. (2009a, 2009b)], dosimetría *in vivo* radioterapia [Marquez et. al. (2015)] y Radiocirugía gamma knife [(Gasparian et. al. (2010)].

#### II.1.2.1 PRINCIPIOS DE LUMINISCENCIA DEL OSLD nanoDot

La exposición del OSLD nanoDot en un campo de radiación ionizante nos conduce a excitar los cristales  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ , alcanzando un estado meta estable, caracterizado por electrones y agujeros atrapados separadamente en los defectos de su red cristalina. Durante el proceso el OSLD es estimulado a la luz liberando electrones y agujeros que están atrapados en los centros de recombinación electrón/agujero y la excitación de los centros de luminiscencia del cristal. La Figura 2.2, ilustra el proceso de un  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$  OSLD nanoDot al ser expuesto en un campo de radiación ionizante, su uso de forma práctica en medir y detectar dicha radiación lo caracteriza cómo un detector que puede ser usado cumpliendo la función de un dosímetro. Figura 2.2a corresponde al periodo en el cual el dosímetro está siendo usado por el usuario y expuesto a campos de radiación desconocidos que estamos interesados en caracterizar.



Figura 2.2b corresponde a la etapa de latencia, el dosímetro es recolectado y transportado al laboratorio. Figura 2.2c corresponde a la lectura de la información almacenada en el OSLD nanoDot, cuya información corresponde al campo irradiado de interés.



**Figura 2.2:** Etapas que participan en el proceso OSLD nanoDot: **(a)** Excitación del detector OSLD por la radiación ionizante crea electrones libres (•) y agujeros (◦); **(b)** Período de latencia caracterizada por la concentración meta estable de electrones y agujeros capturados en los defectos de la red del cristal y **(c)** Estimulación del detector con luz, donde se genera la recombinación de pares *electrón-agujero* y a la emisión de luz (OSLD). La mitad, parte superior representa la interacción del detector con el campo de las radiaciones ionizantes por estimulación ligera, y la otra mitad, parte inferior representa el diagrama de la banda de energía para el cristal con los niveles de energía disponibles y las transiciones electrónicas correspondientes que ocurren durante cada etapa [Yukihara y Mckeever (2011)].

Observando un simple modelo del proceso OSLD nanoDot, se puede demostrar que la intensidad OSLD nanoDot decae exponencialmente durante la estimulación. Por ejemplo, sea  $n$  la concentración de los electrones atrapados y  $p$  la probabilidad de transición por unidad de tiempo  $t$  para que el electrón atrapado escape a la banda de conducción bajo una estimulación óptica, suponiendo que no hay posibilidad de recaptura, entonces  $n$  cambiará según:

$$\frac{dn}{dt} = -np \tag{2.3}$$

La solución a esta ecuación nos demuestra que la concentración de electrones atrapados disminuye exponencialmente con el tiempo de estimulación, de acuerdo a:

$$n(t) = n_0 e^{-pt} \tag{2.4}$$

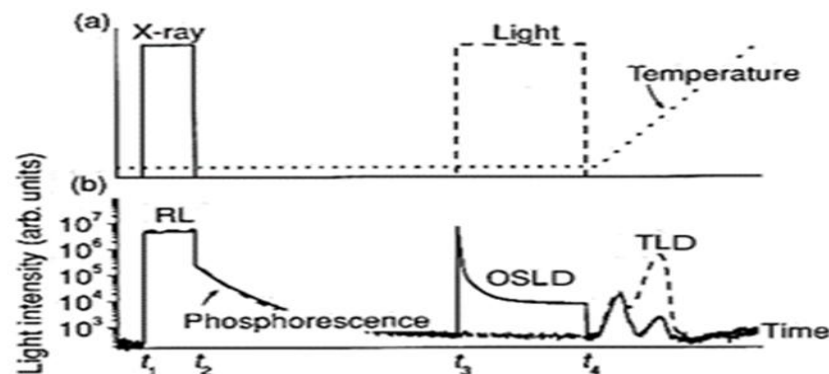
Dónde:

$n_0 = \eta(0)$ : Concentración inicial de cargas atrapadas.

Asumiendo, que en todas las estimulaciones los electrones se recombinan inmediatamente, la intensidad de luz emitida es proporcional a la tasa de electrones desprendidos (escapados) de los centros de captura ( $\frac{dn}{dt}$ ), de la Ecuación (2.3), con la Ecuación (2.4) se concluye:

$$I_{OSLD}(t) \propto \left| \frac{dn}{dt} \right| = n_0 p e^{-pt} \quad (2.5)$$

La emisión de Intensidad del OSLD nanoDot requiere una excitación inicial del detector (por ejemplo la exposición a la radiación ionizante), transporta la carga entre los diferentes defectos de la red cristalina del cristal. La emisión de la intensidad OSLD nanoDot es debido a las transiciones ópticas de absorción y relajación (fotoluminiscencia) dentro de cada uno de los defecto de la red cristalina. El proceso OSLD nanoDot es perfectamente posible debido a que los fotones emitidos tienen energía más alta que los fotones implicados en la estimulación, es decir: la longitud de onda OSLD nanoDot ( $\lambda_{OSLD}$ ) es menor a la longitud de onda de estimulación ( $\lambda_{Esti}$ ), ocurriendo sin violar el principio de conservación de la energía. La energía emitida por los fotones se determina por su naturaleza del proceso de transición entre los estados excitado y fundamental (mínima energía) del centro de luminiscencia y no depende de la longitud de onda de la estimulación. El proceso OSLD nanoDot, también se puede relacionar con otros procesos de luminiscencia en cristal, son importantes no sólo para completar la comprensión del proceso OSLD nanoDot, sino porque conducen a conocer técnicas complementarias para investigar las propiedades de los detectores OSLD nanoDot, en cuanto a su material de constitución, particularmente los procesos de radioluminiscencia (RL), fosforescencia y termoluminiscencia (TL). Para ilustrar los diferentes procesos de luminiscencia, en la Figura 2.3b muestra la luz emitida por un material OSLD durante los procesos de irradiación con rayos X, la iluminación o calefacción (temperatura) representado en la Figura 2.3a El material está expuesto a los rayos X en un período de  $t_1 < t < t_2$ , ópticamente estimulada en el período:  $t_3 < t < t_4$  y climatizado con la temperatura linealmente elevada para  $t > t_4$ .



**Figura 2.3:** (a) Perfil del tiempo de la intensidad del rayos X, la intensidad de estimulación óptica y la temperatura del material; y (b) Intensidad de luz logarítmica detectada por un tubo fotomultiplicador (TFM) de un material OSLD que estaba excitado con rayos X y posteriormente inicia un calentamiento o iluminado (línea discontinua), y despues ya calentado (línea completa). Los datos muestran que el estímulo óptico puede reducir la intensidad del segundo pico TLD en este material en comparación con una muestra de que no estaba iluminada; Esto tiene que ver con el estímulo óptico de cargas atrapadas que dan lugar a la segunda cima del TLD. Datos de múltiples experimentos se combinaron para fines ilustrativos [Yukihara y McKeever (2011)].

La línea completa en Figura 2.3b muestra la luz emitida por un material que fue sometido a la irradiación, iluminación y calefacción. Durante la irradiación de rayos X, RL se observa debido a la pronta recombinación de electrones y agujeros durante la irradiación. Inmediatamente después de la irradiación, se observa una luminiscencia transitoria relacionada con la liberación de cargas atrapadas en los centros de captura poco profundas (por ejemplo, las trampas del electrón cerca de la banda de conducción o trampas de agujero cerca de la banda de valencia) a temperatura ambiente (fosforescencia) térmicamente estimulada. Cuando el material se ilumina, la luz emitida aumenta rápidamente debido a la liberación ópticamente estimulada de cargas atrapadas resultando en el OSLD, la señal se hace más tenue en relación a la disminución de la población de cargas atrapadas. Luego, debido al aumento lineal de la temperatura, se observa al TLD liberando las cargas restantes atrapadas térmicamente. Se observan dos picos TLD, indicando la presencia de al menos dos tipos de centros de captura. Para la comparación, la Figura 2.3b también muestra la luz emitida por un material que fue irradiado, pero no fue expuesto a la luz (línea discontinua). En este caso, la población de cargas atrapadas no se agota durante el proceso OSLD, resultando los picos TLD de mayor intensidad que en el caso de la muestra que fue iluminada.

### II.1.2.2 APLICACIONES DEL OSLD EN DOSIMETRÍA MÉDICA

Los esfuerzos internacionales para mejorar la exactitud y consistencia de dosimetría médica se han traducido en protocolos, procedimientos de práctica y normas para detectores tales como cámaras de ionización [Almendra et. al. (1999)], [IAEA (2000)], los diodos [AAPM (2005)], películas radiográficas [Pai et al. (2007)] y radiocrómica [Niroomand-Rad et. al. (1998)]. Los esfuerzos son conducidos a minimizar las incertidumbres asociadas con la dosis entregada en la radioterapia, con necesidad de una dosimetría consistente en las prácticas clínicas. La ausencia de normas aceptadas para la dosimetría OSLD, propone la adopción de un formalismo similar a los usados para otros tipos de detectores en los protocolos para la radioterapia de haz externo [Almendra et. al. (1999)], [IAEA, (2000)], y la dosimetría en radiología diagnóstica [IAEA (2007)], así como: [ICRP (1996)], [ICRP (2007)], [ICRU (1993)], [ICRU (1998a)], [ICRU (2001)], [IEC (2006)], [IEC (2007)], [ISO (1996a)], [ISO (1997)], y [ISO (2001)], consistente tanto como sea posible con las normas internacionales, tal formalismo sigue también otras propuestas para establecer una terminología común con el fin de describir las características de los dosímetros de radiación en dosimetría clínica para la terapia radiación ionizante [Rogers, (2009)]. Presentaron el formalismo escrito en niveles de  $D_A$ , pero también se puede escribir la dosis absorbida en el material del detector reemplazando el subíndice A por el apropiado. El superíndice "OSLD" fue agregado para distinguir los términos utilizados aquí de los términos utilizados en otros protocolos, pero puede omitirse cuando no existe riesgo de confusión. El resultado de la medición, que consiste en el valor de la lectura ( $Lec$ ), y su incertidumbre asociada ( $Lec_{corr}$ ), se obtiene después de la corrección de la lectura para todas las magnitudes de influencia extrínsecas, e intrínsecas del material detector, como factores por calibración (sistema lector, energía en uso) [ISO/IEC Guía 99 (2007)], y las magnitudes de influencia de los factores ambientales (temperatura de irradiación o lectura), desde el detector (desvanecimiento, linealidad), o desde el campo de radiación (calidad del haz, tasa de dosis, tamaño de campo, profundidad en Fantomas, etc.) se determina el proceso de lectura del dosímetro OSLD nanoDot por el siguiente modelo matemático:

$$D_A = \text{Lec}_{\text{Cruda}} \cdot F_S \cdot F_{\text{COSLD}} \cdot \prod_i F_i \quad (2.6)$$

$$\prod_i F_i = H_{E[S]} \cdot F_A \cdot F_M \cdot R_{\text{Lec}} \cdot F_L \quad (2.7)$$

Dónde:

$\text{Lec}_{\text{Cruda}}$	:	Lectura cruda,
$F_S$	:	Factor por calibración en función del sistema lector microStar,
$F_{\text{COSLD}}$	:	Factor por calibración de acuerdo a la energía en uso (6,0 MV).
$\prod_i F_i$	:	<b>Factores de caracterización:</b>
$H_{E[S]}$	:	Factor por homogeneidad entre elementos (Sensibilidad),
$F_A$	:	Factor por corrección de agotamiento,
$R_{\text{Lec}}$	:	Factor de Reproducibilidad de las lecturas,
$F_{(\theta)}$	:	Factor por dependencia angular,
$F_M$	:	Factor por dispersión del Maniquí,
$F_L$	:	Factor por linealidad.

## II.2 SISTEMA DE PLANIFICACIÓN COMPUTARIZADA

La función del sistema de planificación computarizada del tratamiento (TPS) es utilizar los datos de entrada del haz del acelerador lineal medico (LINAC) durante el proceso de la puesta en marcha derivando los parámetros que se utilizaran para calcular las distribuciones de dosis con una precisión aceptable en el caso del TPS en radioterapia conformal 3D (3DCRT). Al idear un plan de tratamiento la dosis integral a órganos sanos se plantea con limitaciones al entregar la dosis con tolerancias para diversos órganos disponibles en la literatura [Emami et al. (1991)]; y la uniformidad de la dosis en el tumor es otro aspecto que se debe considerar durante la planificación del tratamiento con radiación ionizante, una dosis homogénea bien definida no siempre es posible lograr en el volumen blanco, lo que esto puede generar un impacto significativo sobre el resultado del tratamiento, especialmente si se hace una manipulación clónica de las densidades que varían dentro de este volumen [ICRU Report 50 (1993)], [ICRU Report 62 (1999)], [ICRU Report 83 (2010)], y [Brahme (1987)]. Si en el TPS se abordan todos los factores indicados anteriormente entonces el resultado del tratamiento dependerá de la respuesta de los diferentes tejidos y órganos presentados por datos de la tomografía de simulación computarizada (TSC) para la distribución de la dosis planificada en el TPS, los factores que influyen en el TPS a la exactitud del cálculo de dosis son los algoritmos de cálculo, exactitud en la configuración del paciente y la repetitividad, así como las variaciones en el volumen blanco y volúmenes de los órganos de riesgo (OAR) [Niemirko (1997)], [Brahme (1984)]. Teniendo en cuenta estos tres aspectos, la exactitud del cálculo en la distribución de dosis debe ser al menos 3% [Mijnheer et. al. (2002)], [Haryanto (2002)]. Por lo general, a las recomendaciones formuladas y aceptadas por el [ICRU Report 50 (1993)], [ICRU Report 62 (1999)], [ICRU Report 83 (2010)], donde la dosis en el volumen blanco de planificación (PTV) no debe desviarse por más de -5% a 7% de lo que se prescribe para la planificación del tratamiento [Mijnheer (1987)], y SD no mayor a 3,5%.

### II.2.1 ALGORITMOS DE CÁLCULO DE DOSIS

Un Resumen de los métodos para el cálculo de dosis se puede encontrar en [Ahnesjö y Aspradakis (1999)] donde, por ejemplo, pueden encontrarse descripciones de razón-tejido-aire (TAR), razón-tejido-Fantomas (TPR) y razón-tejido-máximo (TMR). Estas técnicas también han sido explicadas en detalle en

otras fuentes [Jones et. al. (2002)], [ICRU Report 42 (1987)], y [Johns – Cunningham (1983)]. Junto con el desarrollo de la computadora más rápida, mejor software y el uso de la tomografía axial computarizada (TAC), y la imágenes por resonancia magnética (MRI), todo cambio del tipo de cálculos manual a cálculos computarizados seguidos y modelados más explícita en el transporte de radiación son publicados, cuando aumenta la complejidad del cálculo y la exactitud en determinar las contribuciones de la dispersión de la dosis hasta el punto de cálculo, el tiempo asociado con la determinación de la dosis también aumenta [Ahnesjö – Andreo (1989)], [Ahnesjö et. al. (1987)]. Las características de los fotones de alta energía las interacciones en cuestión podrían ser mejor aproximadas [Ahnesjö et. al. (1987)], [Storchi – Woudstra (1996)] y la simulación conduce a un aumento en la precisión para el cálculo de dosis en medios homogéneos y heterogéneos [Ma et. al. (1997)], [Rogers et. al. (1995)]. Esto es debido al uso de las características físicas en la forma de la densidad del tejido de la materia y específicamente el uso de densidades del electrón relativa en combinación con corrección de heterogeneidades, paciente contorno y curvatura. Técnicas más avanzadas en la corrección de heterogeneidades [Metcalfe (1997)] como la razón-dispersión-aire (SAR), razón-aire-tejido-equivalente (TAR), y razón-dispersión diferencial-aire (dSAR) también han mostrado algunas mejoras en las técnicas básicas para tener en cuenta las contribuciones de la dosis dispersas o blindaje áreas que disminuyen la dosis en un punto específico cuando se utiliza bloques de blindaje o colimador multilaminas (MLCs). Es importante saber dónde se deposita la dosis debido a partículas cargadas secundarias que son puestas en marcha por las interacciones de los fotones. Por lo tanto, para mejor precisión, las correcciones de heterogeneidades no sólo deberían ser aplicables a radiación de fotones primarios y dispersos, sino también a la fluencia de la perturbación electrónica como son transportados a través de los medios de comunicación. El transporte de electrones solamente puede ser ignorado cuando exista un equilibrio electrónico [Mackie et. al. (1985)]. En este caso, el cambio en la dosis causada por una heterogeneidades es proporcional al cambio en la fluencia del fotón. En los cálculos de dosis de radioterapia, las funciones de fluencia de campo de radiación pueden ser por convolución con núcleos de punta de lápiz para obtener distribuciones de dosis en campos de forma irregular [Storchi (1996)], [Bayer (1986)]. Esto se realiza considerando dosis depositada por las partículas secundarias cargadas en el proceso de cálculo de dosis, los núcleos de punta de lápiz describen la energía fraccional que se imparte cuando la fluencia del fotón incidente es absorbida en un medio atenuante y esta energía impartida es el resultado de los electrones en movimiento y se absorbe a través de diversas interacciones atómicas. Los núcleos de lápiz se obtienen generalmente por cálculos de Monte Carlo (MC) y se calculan en agua o se pueden derivar de los datos medidos en el contenedor de agua. Los cálculos de MC están basados en la física del transporte de radiación y por lo tanto, el uso de estos núcleos requiere que el espectro de energía sea adecuado y la fluencia primaria del haz de fotones sea una función de la posición del eje a ser utilizado. El componente de la contaminación de fotones y electrones del haz también se debe conocer. Los algoritmos de convolución utilizan principios físicos para determinar la energía depositada por unidad de masa. Para determinar la dosis entregada en un punto específico, los algoritmos de modelo del haz se utilizan conjuntamente con correcciones de heterogeneidades para tener en cuenta los cambios en las distribuciones de dosis debido a las heterogeneidades. Muchos de los algoritmos propuestos que no intentan tomar las simulaciones físicas completa de partículas de radiación primaria y secundaria en cuenta han demostrado limitaciones donde el equilibrio electrónico no se ha establecido. Estos algoritmos son generalmente del tipo donde los núcleos de lápiz son convolventes con la fluencia primaria para obtener las distribuciones de dosis. Los

núcleos de la deposición de dosis son también conocidos como "matrices con propagación de dosis", "diferencial del modelo punta de lápiz", "puntos de margen funciones" o "los núcleos de la deposición de energía" [Ahnesjö et. al. (1987)], [Storchi, y Woudstra (1996)]. En el actual trabajo es referido a núcleos del modelo de punta de lápiz [Ahnesjö et. al. (1987)]. La distribución de dosis resultante se calcula mediante una convolución/superposición de estos núcleos con la energía liberada de la fluencia de la energía del fotón.

### II.2.1.1 PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN

La determinación de  $D_A$  en un punto  $Q(x, y, z)$ , se puede considerar como la suma de contribuciones de energía depositadas en un pequeño volumen alrededor del punto  $Q$  por partículas (fotones, electrones, deltas) generadas por las interacciones de los fotones primarios en los volúmenes  $dV_i$ . Si consideramos por separado los fotones primarios y las partículas secundarias, la dosis en el punto  $Q(x, y, z)$  será la suma de contribuciones de energía a una distancia del punto  $Q$  en los elementos de volumen  $dV(x', y', z')$ . Esta energía se origina por la fluencia de energía  $q(x', y', z')$ , desde los fotones primarios que llegan al  $dV_i$ . Si definimos a  $s(x, x'; y, y'; z, z')$  como la energía dispersada por el fotón primario que ingresa al  $dV_i$  para llegar a  $Q$ , la dosis en  $Q$  [Mayles et. al. (2007)], [Khan (2007)]. Se ajusta al siguiente modelo matemático:

$$D_{A_Q}(x, y, z) = \iiint q(x', y', z') s(x, x'; y, y'; z, z') dV \quad (2.8)$$

Dónde:

$\iiint$ : Es la integral de volumen cuyos límites de integración  $V$  corresponde a los límites del volumen de dispersión.

En la Figura 2.4a se puede apreciar el principio de superposición, y la idea de la Figura 2.4b nace desde el año 1950 [Loevinger (1950-1956)] el potencial de estos modelos en planificación no atrajo mucho interés hasta 1984, cuando el concepto fue rescatado de forma independiente por varios investigadores [Ahnesjö (1984)], [Boyer y Mok (1984)], [Chui y Mohan (1984)], [Mackie y Scrimger (1984)] y ampliado después en más detalle en otra serie de artículos [Boyer y Mok (1985)], [Mackie et. al. (1985)], [Mohan et. al. (1986)], y [Ahnesjö et. al. (1989)].

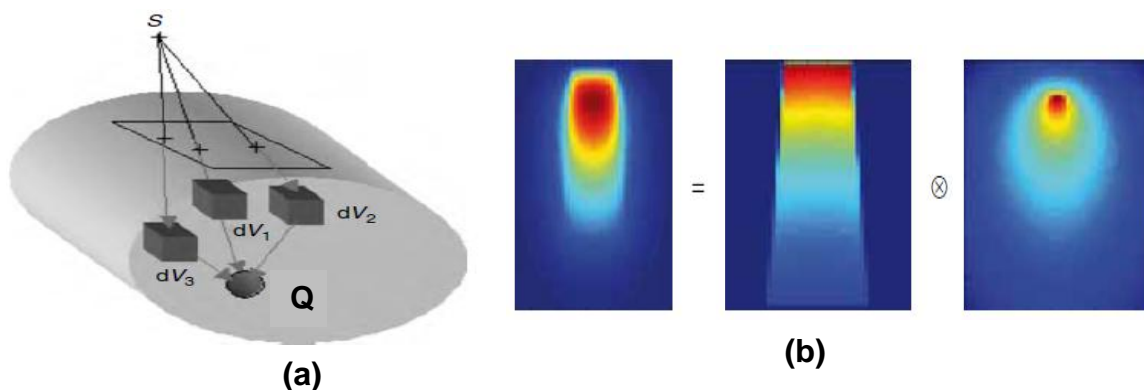


Figura 2.4: (a) adaptada por [Mayles (2007)], (b) se obtuvo de la página WEB [ELEKTA ([www.elekta.com](http://www.elekta.com))].

### II.2.1.2 MÉTODO DE CONVOLUCIÓN-SUPERPOSICIÓN

Este método involucra una ecuación de convolución que describe separadamente el transporte de los fotones primarios y los fotones- electrones dispersados que emergen de las interacciones de los fotones primarios. La dosis  $D(x, y, z)$  en el punto P está dada por:

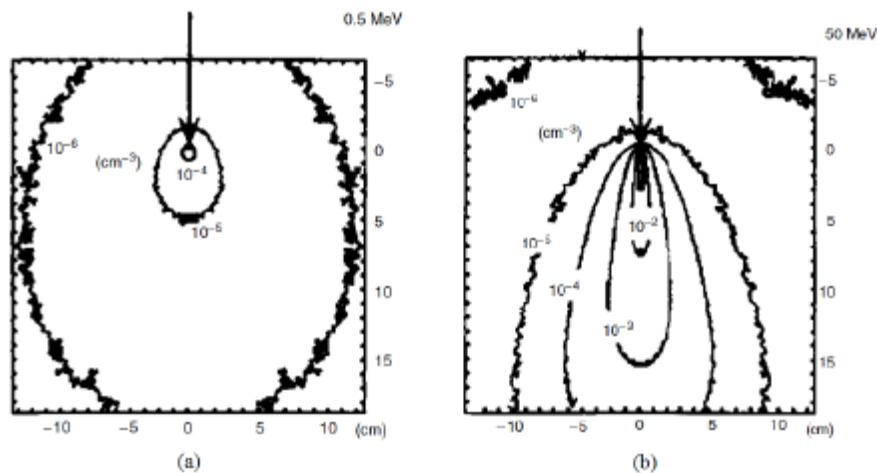
$$D(\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}) = \iiint \frac{\mu}{\rho} \Psi(x', y', z') K(x - x', y - y', z - z') dx' dy' dz' \quad (2.9)$$

Dónde:

$\frac{\mu}{\rho}$	:	Coefficiente de atenuación másico,
$\Psi(x', y', z')$	:	Fluencia de fotones primarios, y
$K(x - x', y - y', z - z')$	:	Kernel de convolución [Khan (2010)].

El método estándar para determinar el kernel de convolución K para haces monoenergéticos es el cálculo con el método de MC (ejemplo el EGSnrc) en Fantasmas de agua hechos de pequeños volúmenes elementales o voxels. Observando la Figura 2.5, las distribuciones se vuelven más alargadas a medida que la energía aumenta. El kernel K en la Ecuación 2.8 es la fracción de energía incidente por unidad de volumen, por tanto, debe ser una función normalizada tal que cumpla con la siguiente condición [Mayles et. al. (2007)], [Aspradakis (2003)]:

$$\iiint_{-\infty}^{+\infty} K(x, y, z) dx dy dz = 1 \quad (2.10)$$



**Figura 2.5:** Gráficos de kernels de energía depositada para haces de (a) 0,5 MeV y (b) 50 MeV. [Mayles (2007)].

### II.2.1.3 MODELO PENCIL BEAM (PUNTA DE LÁPIZ)

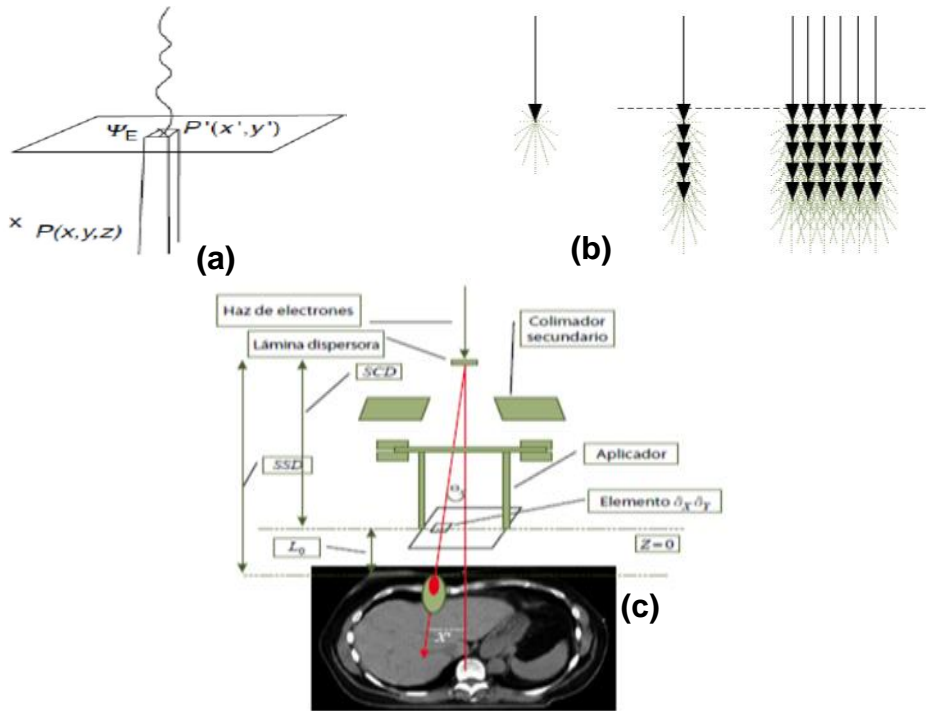
Este modelo toma el nombre de punta de lápiz debido a que la integración de convolución para el cálculo de dosis se realiza en un volumen con forma de paralelepípedo delgado como se puede ver en la Figura 2.6(a), (b), (c). El haz de punta de lápiz está compuesto de la energía total (electrones secundarios y fotones dispersados) generados por los fotones primarios y depositados a cierta distancia. Esta energía es caracterizada por un kernel de convolución del haz de punta de lápiz  $K_{PB}$ , el cual representa la distribución de energía entregada desde el haz y normalizada a la fluencia unitaria en el punto de

penetración en la superficie del paciente. La expresión general para el cálculo de la dosis de un kernel de haz de punta del lápiz es:

$$D(x, y, z) = \iint \frac{\mu}{\rho} \Psi_E(x', y') K_{PB}(x - x', y - y', z) dx' dy' \quad (2.11)$$

Dónde:

- $\iint$  : Integral restringida al área del campo de radiación  $\Psi(x', y')$ , es la fluencia de energía entrante en el punto P' con unidades  $[\frac{J}{m^2}]$ ,
- $\frac{\mu}{\rho} \Psi(x', y')$  : Energía total (electrones secundarios y fotones dispersados) por unidad de masa liberada desde P' con unidades  $[\frac{J}{kg}]$  o [Gy],
- $\frac{\mu}{\rho}$  : Coeficiente de atenuación másico con unidades  $[\frac{m^2}{kg}]$  para el medio en P',
- $K_{PB}(x - x', y - y', z)$ : Valor del kernel en el punto P(x, y, z) para un haz de punta de lápiz que incide en el paciente en el punto P' (x', y') [Mayles et al. (2007)], [Khan (2007)].



**Figura 2.6:** (a) Principio de aproximación del modelo punta de lápiz [Mayles (2007)], (b) el núcleo *Pencil beam* en función de su geometría de cálculo se divide en tres clases [Ostapiak et. al. (1997)], [García et al. (2003)], (c) *Pencil beam* para electrones [Bruinvis et. al. (1989)], con permiso de [Hogstrom (1981)].



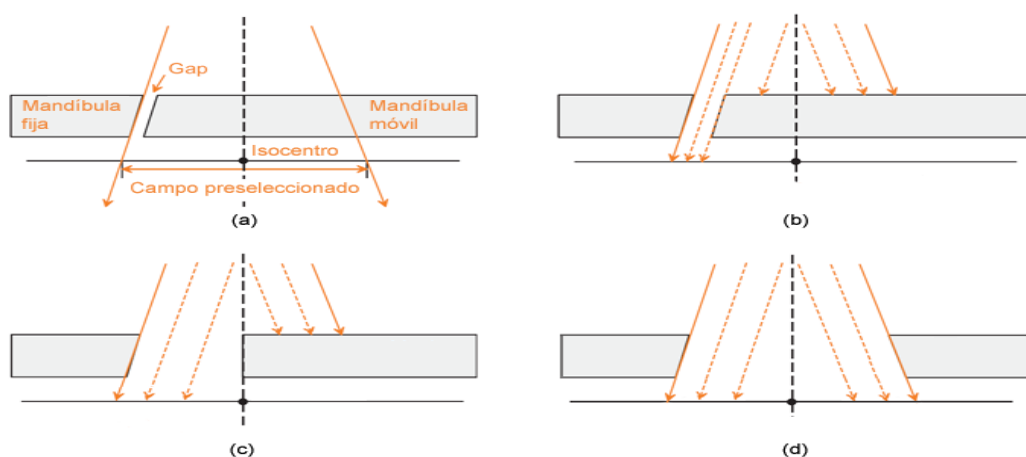
## II.2.2 DATOS DEL EQUIPO DE TRATAMIENTO PARA EL TPS

### II.2.2.1 CUÑAS VIRTUALES (VW)

Los filtros cuña físicas (PW) tienen varios problemas prácticos y dosimétricos como son: La limitación en tamaño y espesor, son relativamente pesadas, deben ser manualmente levantadas para ser insertadas en la base del colimador del cabezal. Bloquean el telemetro (distancia óptico) gran probabilidad de desalineamiento o movimiento durante la administración del tratamiento generando ligeros descentrados en la bandeja del accesorio, al atravesar el haz de fotones el filtro cuña en una posición no adecuada el factor de cuña podría tener cambios notables. Las cuñas filtro virtuales (VW) al ser generadas controladas por un ordenador permite crear campos conformados en los LINACs modernos [Kijewski et. al. (1978)]. La generación del VW mediante el desplazamiento de una de las mandíbulas del colimador secundario (normalmente el eje Y) durante una fracción de las UM seleccionadas, aplicando a la vez una tasa de dosis variable (UM/ min) [Chin y Bjärngard (1978)]. Los principales fabricantes que han desarrollado este tipo de filtros cuñas son Siemens, Varian, y Elekta las comercializan con el nombre registrado de “*virtual wedges*” (VW), “*dynamic wedges*” (DW), y “*enhanced dynamic wedges*” (EDW) en la versiones modernas.

#### II.2.2.1.1 PORCENTAJE DE DOSIS A PROFUNDIDAD EN EJE CENTRAL DEL HAZ A CAMPO ABIERTO Y CON FILTRO CUÑA VW.

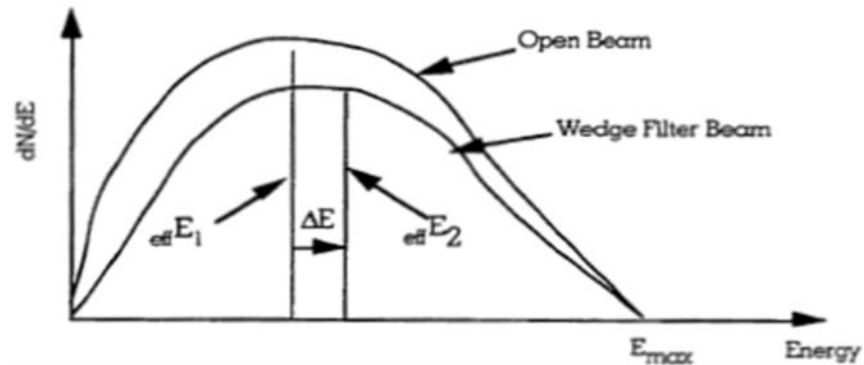
Si se inserta un filtro cuña físico (PW) en el haz de fotones, cierto número de fotones en la interacción con el filtro cuña son removidos del haz, la cantidad de los fotones removidos se relaciona con el espesor del material de filtro cuña, coeficiente de atenuación lineal ( $\mu$ ).  $\mu$ , indica la complejidad de la composición del material que sirve como atenuador teniendo en cuenta la energía de radiación incidente, y el coeficiente de atenuación de masa ( $\mu/\rho$ ), con independencia de la densidad ( $\rho$ ) del atenuador. En la Figura 2.7 se explica el funcionamiento de los filtros cuñas “*virtual wedges*”



**Figura 2.7:** Esquema descriptivo a-b-c-d es la secuencia de funcionamiento de las VWs. [Kijewski, Chin, y Bjärngard (1978)], [Schmidt, Siemens (documento interno)].

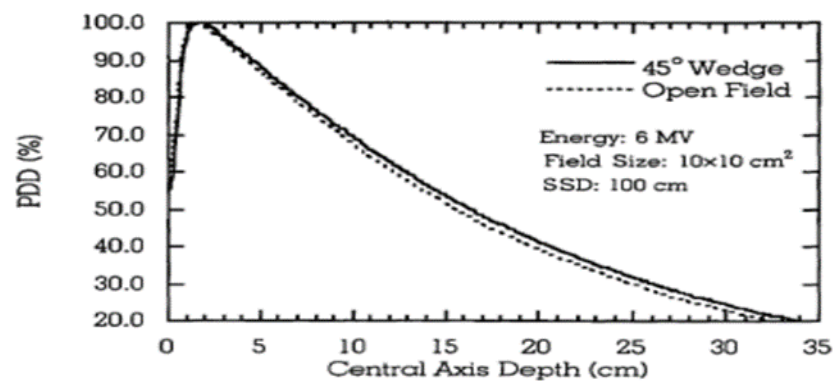
El endurecimiento del haz, las diferencias en la producción de dispersión es a partir de la mayor, y menor rapidez del desplazamiento de la mandíbula para determinar los espesores delgados y gruesos del filtro cuña VW [Schmidt (1978)], [Knoos – Wittgren (1991)], [Podgorsak et. al. (1993)], [Siemens Medical Solutions USA Inc (2005)].

Los fotones con energías bajas tienen una probabilidad del fenómeno fotoeléctrico mucho mayor de interactuar con el filtro cuña PW en relación con los fotones con energías más altas. El efecto que tiene el filtro cuña PW en el haz de fotones incidente se ilustra esquemáticamente en relación con una distribución espectral típico del fotón en la Figura 2.8.



**Figura 2.8:** Distribución espectral típica del fotón y efectos de la atenuación, vistos con un filtro cuña como penetra el haz de fotones. Resultado la atenuación referencial de los fotones con baja energía, habrá un aumento ( $\Delta E$ ) en la energía efectiva ( $E_{\text{eff}}$ ), [Devin P. Barry (1996)].

Como el haz atraviesa el filtro cuña PW, pero resulta que los fotones de baja energía son atenuados, generalmente reduciendo su intensidad y aumenta su energía efectiva del haz. Esto implica convertir al haz más penetrante después de pasar por un filtro cuña, y también depende del material que está construido [Palta et. al. (1988)]. La diferencia en las zonas de baja distribución espectral antes y después de atravesar el filtro cuña PW, esto representa el factor de cuña. Para haces de fotones de baja energía (por ejemplo 6.0 MV), el filtro cuña PW generalmente causa un incremento en el porcentaje de dosis en todas las profundidades como se ve en la Figura 2.9.

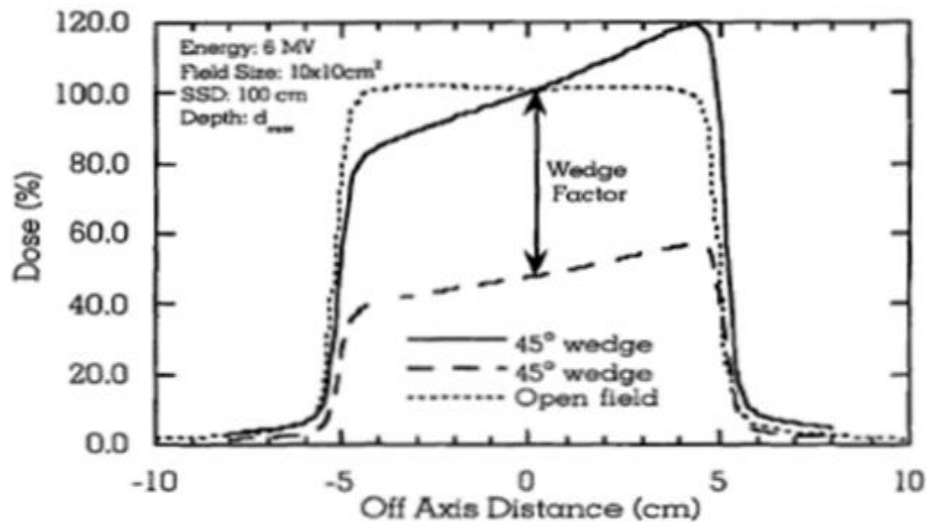


**Figura 2.9:** Se muestra efectos de endurecimiento del haz con una PW de 45 ° en un haz de fotones de 6 MV, con tamaño de campo: 10 x 10 cm<sup>2</sup>, SSD: 100 cm. [Devin P. Barry (1996)].

El notable incremento de los valores del PDD en todas las profundidades del *Fantomas* se puede atribuir a dos factores: (1) efectos de endurecimiento del haz y (2) diferencias en la producción de dispersión a partir de los espesores delgados y gruesos del filtro cuña PW. [Knoos – Wittgren (1991), [Podgorsak et. al. (1993)].

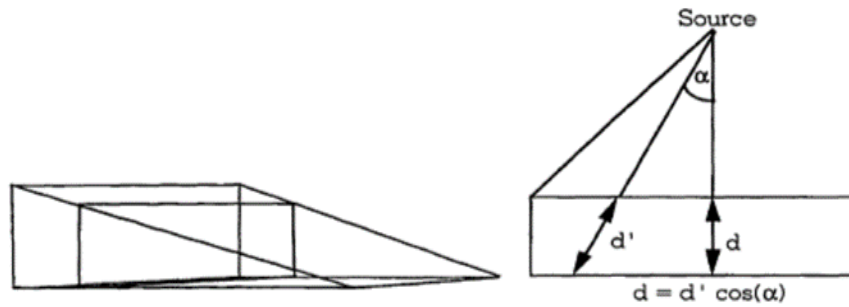
### II.2.2.1.2 PERFIL DE LA VW

La relación de  $D_A$  en términos de perfil a lo largo del eje, o fuera de él, se utiliza para describir la  $D_A$  en un punto fuera del eje central del haz pero dentro del campo de aun misma profundidad. Existen formas de realizar la medición [Leavit, y Larson (1993)]. Se pueden utilizar diferentes tipos de dosímetros (cámara de ionización, diodo, película, químico, método numérico: calculo MC, etc.) [Miften, Takahashi, López, y Guillin (2000)]. El uso del filtro cuña, disminuye drásticamente el rendimiento de la máquina alterando un perfil sin filtro cuña en un haz de fotones (campo sin cuña líneas punteada Figura 2.10). En la misma Figura 2.10 se observa las diferencias de un perfil con haz fotones de 6 MV para un campo abierto, y un campo con cuña.



**Figura 2. 10:** Comparación de perfil del haz a campo abierto y con cuña de 45° para un campo de 10,0 x 10,0 cm<sup>2</sup>, con un haz de fotones de 6 MV [Devin P. Barry (1996)].

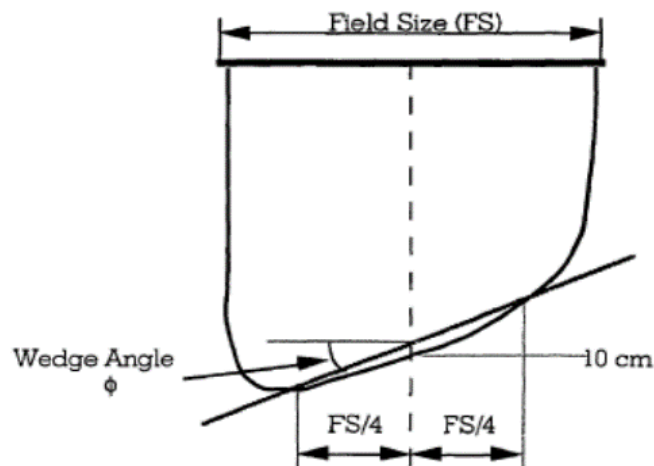
El campo con cuña además indica que el extremo (con espesor grueso), es el lado frío porque los fotones viajan una distancia mayor a través del material para llegar a la misma profundidad en el *Fantomas* a diferencia de los fotones a lo largo de su eje central con cuña, entonces disminuye la  $D_A$ , en relación al eje central. En contraste con el extremo (con espesor delgado), es el lado caliente de la cuña porque se atenúan menos fotones de baja energía en relación con el lado grueso por lo tanto, la  $D_A$  en el extremo delgado de la cuña aumenta en medida con relación a la medida en el eje central de la cuña. Para compensar la disminución de radiación en la salida de la máquina, se incorpora el factor de cuña en el protocolo de tratamiento aumentando las UMs, resultando la misma dosis relativa administrada en el eje central del haz como se muestra en la Figura 2.11. Por la divergencia del haz, en la oblicuidad del metal  $d'$  (mayor recorrido), que  $d$  (menor recorrido) del haz, por lo tanto  $d' > d$ .



**Figura 2.11:** La ubicación gruesa del filtro cuña los fotones serán más atenuados porque viajan una distancia mayor a través del material ( $d'$ ) con respecto a los fotones en el centro del campo ( $d$ ) [Devin P. Barry (1996)].

### II.2.2.1.3 ÁNGULO DE LAS VWs

El ángulo de la cuña dinámica se especifica mediante una línea recta que se dibuja a través de dos puntos en una línea de isodosis, una cuarta parte del tamaño del campo en cada lado del eje central. Los dos puntos están en la línea de isodosis variable que cruza el eje central a una profundidad fija de 10 cm. Se observa en la Figura 2.12. [ICRU (1976)], [IEC (1989)], y [Huntzinger (1992)]. Esto se contrasta con la convención usada con las cuñas físicas, el ángulo de la cuña se define como la tangente de la línea del contorno de isodosis 80% o el 50% a una profundidad variable en el eje central.



**Figura 2. 12:** Determinación del ángulo de la cuña dinámica [Devin P. Barry (1996)].

Se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Angulo de la Cuña} = \tan^{-1} \left[ \frac{|D_p - D_q|}{\frac{\Delta d}{|D_{-4} - D_{+4}|}} \right] \quad (2.12)$$

Dónde:

- $D_p, D_q$  : Integraciones de dosis en los puntos p, y q,
- $\Delta d$  : Profundidad de referencia a ubicar los detectores,
- p, q : Puntos ubicados en este caso a 7,0 cm de profundidad fuera del eje del haz,
- $D_{-4}, D_{+4}$  : Intervalo de ubicación de los puntos de integración de dosis, para la evaluación,
- F : Define: F/4 para filtro cuña VW de 15°, a 30°, y F/6 para filtro cuña VW de 45°, a 60°.

#### II.2.2.1.4 FACTORES DE LAS VWs

Es sabido que la VW no atenúa el haz de fotones como las PW, el factor eficaz de la cuna virtual (FEVW), cuando se toma en cuenta en el plan de tratamiento en particular para entregar la dosis generada por VW. Mientras que las mandíbulas Y ( $Y_1$  y/o  $Y_2$ ) del colimador se mueve, la producción de los valores de la VW en el eje central del haz es idéntica a los de campo abierto con el mismo tamaño de campo. Esto es porque las UMs entregadas en ambas posiciones son idénticas. Por otra parte, el FEVW es el cociente de la dosis del campo con VW entre la correspondiente a campo abierto ( $C_A$ ). Por tanto, en la teoría, el WF de la VW estará próximo a la unidad para todos los tamaños de campo. [ICRU (1976)]. Matemáticamente hablando:

$$WF = \frac{UM_{VW}}{UM_{C_A}} \quad (2.13)$$

Dónde:

$UM_{VW}$  : Tiempo UM con cuña virtual  
 $UM_{C_A}$  : Tiempo UM a campo abierto.

### II.2.3 CONTROL DE CALIDAD DEL TPS

El control de calidad (CC) a un TPS, vienen a ser: "todas las acciones necesarias planificadas y sistematizadas para proporcionar la confianza adecuada a satisfacer el proceso de un producto dado con los requisitos de calidad" [ISO 9000 (1974)]. Es necesario abordar dos consideraciones esenciales, Primero: Precisión en el tratamiento con radiación ionizante, debido a los efectos biológicos de los tumores, y tejidos normales, mediante el comportamiento de la relación dosis-respuesta en forma sigmoidea, ante las tendencias de cambios en las curvas de dosis-respuesta dentro del 5,0%, [ICRU Report 24 (1976)]. Nuevos análisis de incertidumbres asociadas a la radiación en el tratamiento muestran que es necesario un 3% de precisión en el cálculo de la dosis para obtener un 5% de precisión en la dosis impartida al paciente, [ICRU Report 24 (1976)], [Mijnheer et. al. (1987)]. En la práctica, esta recomendación significa una gran responsabilidad del físico médico asegurar que el TPS genera una exactitud de cálculo de dosis tan cerca como sea posible a esta recomendación del 3,0%. Segundo: Evitar errores en el proceso, el tratamiento con radiación podrían conducir a cambios importantes en la evolución del paciente, dependiendo de la magnitud del error. Un programa de CC para el TPS conduce a desarrollar un proceso asegurando confianza para cada paciente que recibirá un tratamiento óptimo previamente establecido, evitando la producción de errores en el proceso del TPS en la aplicación clínica del plan de tratamiento.

#### II.2.3.1 PROTOCOLOS

Los criterios de aceptación que se usó en este trabajo en la evaluación de la  $D_A$  calculada por el TPS en STC del Maniquí Homogéneo (acrílico) y Heterogéneo (acrílico – aire), son los propuestos por: [ICRU Report 47 (1987)], [Brahme et. al. (1988)], [Grupo 53 AAPM (1998)], [IPEM (1996)], [Van Dyk (1999)], [Venselaar et. al. (2001)], [ESTRO (2004)], y [TRS 430 IAEA (2004)]. Estos Protocolos tienen el nivel de aceptación para la exactitud de los cálculos de la  $D_A$  por un TPS debe estar alrededor del 2.0% aplicado en áreas (regiones) bastante Homogénea. Para áreas (regiones) Heterogéneas se aplican diferentes

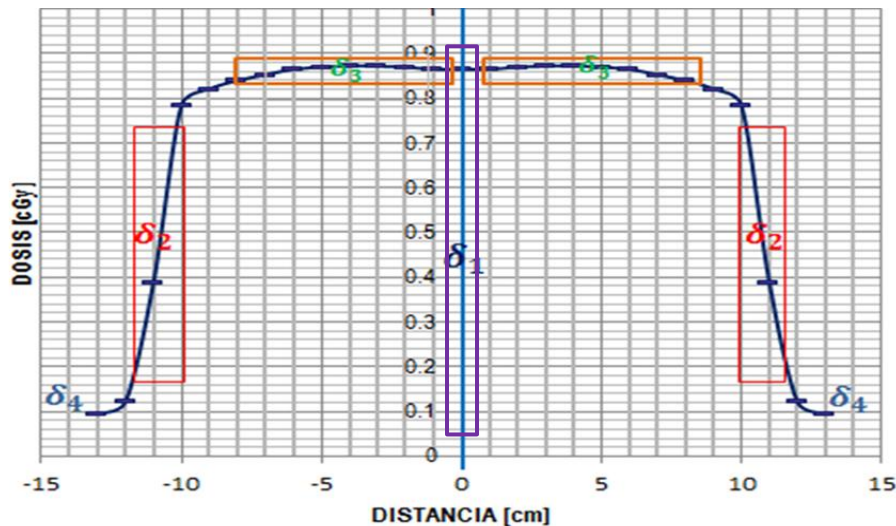
niveles de aceptación dependiendo de su ubicación con respecto a la posición del haz de radiación como se puede observar en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2:** Tolerancias de acuerdo a los protocolos de evaluación [ICRU Report 47 (1987)]<sup>1</sup>, [Brahme et al. (1988)]<sup>2</sup>, [IPEM (1996)]<sup>3</sup>, [AAPM (1998)]<sup>4</sup>, [Van Dyk (1999)]<sup>5</sup>, [Venselaar et al. (2001)]<sup>6</sup>, [ESTRO (2004)]<sup>7</sup>, y IAEA [TRS 430 (2004)]<sup>8</sup>.

REGION	UBICACION	PRESENTA	G. S. [3D]: UN CAMPO (CUADRADO, RECTANGULO OBLICUO)	G. C. [3D] : TRES CAMPOS (CUADRADOS, RECTANGULOS, CUÑAS, PESOS)	G. COM. [3D-MLCs] (CIRCULAR, IRREGULAR, "Y- INVERTIDA", OBLICUOS, ETC.)
$\delta_1$	Eje del Haz	ALTA DOSIS AREA DE BAJO GR ADIENTE DE DOSIS	2,0% 1,2,3,4,5,6,7,8	3,0% 1,2,3,4,5,6,7,8	4,0% 1,2,3,4,5,6,7,8
$\delta_2^*$	Penumbra y ( <i>build-up</i> )	ALTA DOSIS AREA DE ALTO GRADIENTE DE DOSIS	2,0 mm 1,2,3,4,5,6,7,8	3,0 mm 1,2,3,4,5,6,7,8	3,0 mm 1,2,3,4,5,6,7,8
			10,0%	15,0%	15,0%
$\delta_3$	Dentro del Haz	ALTA DOSIS AREA DE BAJO GRADIENTE DE DOSIS	3,0% 1,2,3,4,5,6,7,8	3,0% 1,2,3,4,5,6,7,8	4,0% 1,2,3,4,5,6,7,8
$\delta_4$	Fuera del Haz	BAJA DOSIS AREA DE BAJO GRADIENTE DE DOSIS	3,0% 1,2,3,4,5,6,7,8	4,0% 1,2,3,4,5,6,7,8	5,0% 1,2,3,4,5,6,7,8

G. S.: GEOMETRÍA SIMPLE [medio Homogéneo (acrílico)]; G. C.: GEOMETRÍA COMPLEJA [medio Heterogéneo (acrílico – aire)]; G. COM.: GEOMETRÍA COMBINADA \* De preferencia los valores se expresan en milímetros (mm), donde 1,0 mm equivale a 5,0%.

De acuerdo a los análisis estadísticos (media, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación) según los protocolos [ICRU Report 47 (1987)]<sup>1</sup>, [Brahme et al. (1988)]<sup>2</sup>, [IPEM (1996)]<sup>3</sup>, [AAPM (1998)]<sup>4</sup>, [Van Dyk (1999)]<sup>5</sup>, [Venselaar et al. (2001)]<sup>6</sup>, [ESTRO (2004)]<sup>7</sup>, y TRS 430 [IAEA (2004)]<sup>8</sup> con una distribución normal del 95,0% de confianza, como se muestra en la Tabla 2.2, cada región debido a que algunos algoritmos proveen mejor precisión en el cálculo de algunas regiones, en la Figura 2.13, se puede precisar las diferentes regiones del haz de radiación ionizante: (a) vista axial de la incidencia del haz en el Maniquí (agua y/o acrílico), (b) se observa el porcentaje de dosis a profundidad en la región de acumulación (*Build-up*) [ $\delta_2$ ], región a lo largo del eje del haz [ $\delta_1$ ], y (c) se muestra un perfil de dosis donde se diferencian las regiones de penumbra del haz [ $\delta_3$ ], y fuera de campo del haz [ $\delta_4$ ].



**Figura 2.13:** Regiones del haz de fotones: ( $\delta_1$ ) Eje del haz, ( $\delta_2$ ) Penumbra del haz, ( $\delta_3$ ) Dentro de Campo – fuera del eje del haz, ( $\delta_4$ ) Fuera de la geometría de campo del haz de fotones [Palloroso Y., M. A. (2011)].

### II.2.3.2 CRITERIOS DE ACEPTACION A LOS CÁLCULOS DE $D_A$

En este trabajo se expresa la diferencia entre los valores de la  $D_A$  calculada y medida como porcentaje de la dosis absorbida medida localmente ( $D_{A\delta}$ ) en el LINAC. Normalización de la  $D_{A\delta}$  a dosis en  $d_{m\acute{a}x}$  ( $D_{A_{m\acute{a}x}}$ ). [Venselaar et. al. (2001)]. La  $D_{A\delta}$  finalmente determina el éxito de un tratamiento con radiación a un tumor y por lo tanto es clínicamente más relevante. Por la misma razón proponemos normalizar las desviaciones de la dosis a una profundidad de referencia,  $d_{ref}$ , de 10 cm, que hoy en día es profundidad recomendada de calibración y para los efectos del cálculo de las UM [Dutreix et al (1997)], y [Report 12 NCS (1998)]. Las SD entre los resultados de cálculo y medición pueden ser expresadas como un porcentaje de la  $D_{A\delta}$  según la ecuación:

$$D_{A\delta} = 100\% \left( \frac{D_{calc} - D_{means}}{D_{means}} \right) \quad (2.14)$$

Se proponen diferentes tolerancias de  $D_{A\delta}$  para diferentes regiones en el haz de radiación ionizante distinguiendo análogamente al propuesto por [Van Dyk et. al. (1993)], y [Fraass et al. (1998)], como:

- $\delta_1$ : Datos en los puntos del eje central del haz más allá de la profundidad de  $d_{max}$ : esta región presenta dosis altas y gradiente pequeño.
- $\delta_2$ : Datos en los puntos de la región de acumulación (*Build-up*), en la penumbra del haz region cercana a la interface (penumbra, Build-up,  $d_{m\acute{a}x}$ ) de heterogeneidades: esta región presenta dosis altas y gradiente grande. Una gradiente grande se define generalmente en más del 3,0% por milímetro (mm).
- $\delta_3$ : Datos en los puntos más allá de  $d_{max}$ , dentro de campo - fuera del eje del haz, esta región presenta dosis alta y gradiente pequeño.
- $\delta_4$ : Datos en los puntos fuera de la geometría de campo del haz, esta región presenta dosis baja y gradiente pequeños, por debajo de 7,0% de la dosis de normalizada al eje central del haz.

## III.1 MATERIALES

En el presente capítulo se describen los materiales utilizados: dosímetros, Maniquís, instrumentos de medida, sistema computarizado de planificación del tratamiento (TPS), fuentes de radiación (LINACs), materiales y accesorios adicionales. Se incluye la metodología de caracterizar y calibrar los dosímetros OSLD nanoDot, y las aplicaciones del CC a los TPSs.

### III.1.1 DOSÍMETROS

#### III.1.1.1 CÁMARA DE IONIZACIÓN CILÍNDRICA

Se ha utilizado una CIC como instrumento patrón cuyas especificaciones técnicas, propiedades y características se detallan en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1:** Especificaciones técnica, propiedades y características de la CIC Semiflex [IEC (2010)].

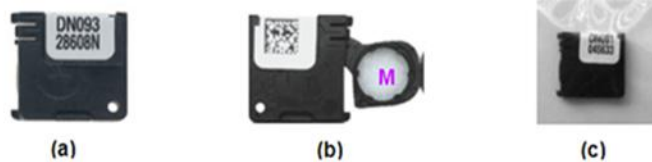
Fabricante	PTW - Freiburg
Modelo	TN31010 – 1000
Volumen sensible [cm <sup>3</sup> ]	0,125
Material de la pared	PMM + grafito,
Espesor de la Pared	0.55mm PMMA + 0.15mm grafito;
Densidad del Área	79 mg/cm <sup>2</sup> ;
Material del Electrodo	Al 99.98R;
Caperuza de Equilibrio	3mm PMMA alrededor del volumen de medición
densidad del área adicional	360 mg/cm <sup>2</sup> .
Respuesta	3,3 · nC/Gy.
Voltajes operativos de la cámara	Polaridad ± (100... 400) V. Nominal + 400 V. Voltaje máximo ± 500 V.
Corriente de fuga	≤ ± 4 · fA
Fuga del cable	≤ 1 pC/Gy · cm.
Calidad del haz de referencia	60Co
Factor de corrección k <sub>Q</sub>	1,000
Incertidumbre	1,1%

Las CIC Semiflex tienen certificado de calibración N° 1304189,  $N_{D,w} = 2.969 \times 10^8$  Gy/C (vigencia: hasta Enero 2014), y N° 1200175,  $N_{D,w} = 3.013 \times 10^8$  Gy/C (vigencia: hasta Octubre 2016), estos factores de calibración son reportados por la compañía PTW.

#### III.1.1.2 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C OSLD nanoDot

El dosímetro está diseñado para ser aplicado en la evaluación de la radiación ionizante en un solo punto con precisión y menor incertidumbre, haciéndolo al nanoDot un dosímetro confiable [Aguirre (2010)], se usó en dosimetría de campos pequeños [Álvarez (2011)], ofrece un re-análisis completo, antes de ser usados (nuevos) se deben caracterizar y calibrar debido a que son múltiples cristales compactados y mezclados juntos para proporcionar mejor uniformidad en el lote a usar [Perks et. al. (2007)]. En la Figura 3.1. Se observa el dosímetro enmascarado (a) parte anterior registra un código alfanumérico, e indica su sensibilidad ( $DN093 \equiv 0,93$ ), y número de serie (28608N), (b) parte posterior muestra un código en barras 2D codificado su sensibilidad y número de serie, (c) presentación de empaçado para ser usado.





**Figura 3.1:** Dosímetro OSLD nanoDot **(a)** Parte anterior de la máscara. **(b)** Parte posterior de la máscara, M, indica el cristal  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$  compactado en un contenedor retráctil y extensivo. **(c)** Presentación del OSLD nanoDot para su uso.

En la Tabla 3.2 se indican las características del OSLD nanoDot [Perks et al. (2008)]; [Jursinic (2010)], y en la Tabla 3.3 se presentan las especificaciones técnicas del OSLD nanoDot [McKeever et. al., (1999)].

**Tabla 3.2:** Características del  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$  OSLD nanoDot [Akselrod, y McKeever].

Cristal [zafiro sintético]	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$
Dimensiones de la máscara del dosímetro [ $\text{mm}^3$ ]	10 x 10 x 2
Espesor A/P-P/A máscara [mm]	0,36
Densidad de la máscara [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	1,03
Diámetro del cristal [mm]	5,00
Espesor lamina cobertura de poliéster [mm]	0,03
$\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ (dopación) [ppm]	500,00
Densidad del crista [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	3,97
Espesor del cristal [mm]	0,30
Número atómico efectivo del cristal [Z]	10,20
Punto de fusión del cristal [ $^{\circ}\text{C}$ ]	2054
Punto de ebullición del cristal [ $^{\circ}\text{C}$ ]	3000
Conductividad térmica del cristal [W/mK]	18,00

**Tabla 3.3:** Especificaciones técnicas del  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$  OSLD nanoDot [www.landauerinc.com].

Límite Inferior de Detección LLD	10 mrad
Informes de Dosis	10 mrad para 1500 rad [cGy]
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• respuesta lineal hasta 300 rad [cGy]</li> <li>• Calibración del soporte de Software no lineal hasta 1500 rad [cGy]</li> </ul>
Rango de Energía	De 5 keV hasta 20 MeV
Exactitud	$\pm 5\%$ para el nanoDot estándar
	$\pm 2\%$ para el nanoDot blindado
Precisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\pm 5\%</math>, <math>k = 2</math> para el nanoDot estándar y blindado.</li> </ul>
Tasa de Dosis	Dependencia mínima
Temperatura	No hay dependencia.
No dependencia energética angulares.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Curva de dosis superficial (ojo, mama).</li> <li>• Se utiliza en mediciones fuera o dentro de un campo (ojo, mama, gónadas, marcapasos), Ideal para mediciones de dosis superficiales y electrones.</li> </ul>
Aplicaciones en Radioterapia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidas de calibración con precisión sin tener en cuenta la dosis al variar los ángulos, energía y tasa dosis, Ideal para el uso en RapidArc® o TomoTherapy®, HDR, braquiterapia u otras aplicaciones complejas.</li> </ul>

### III.1.1.3 MANIQUÍ (*Phantom*)

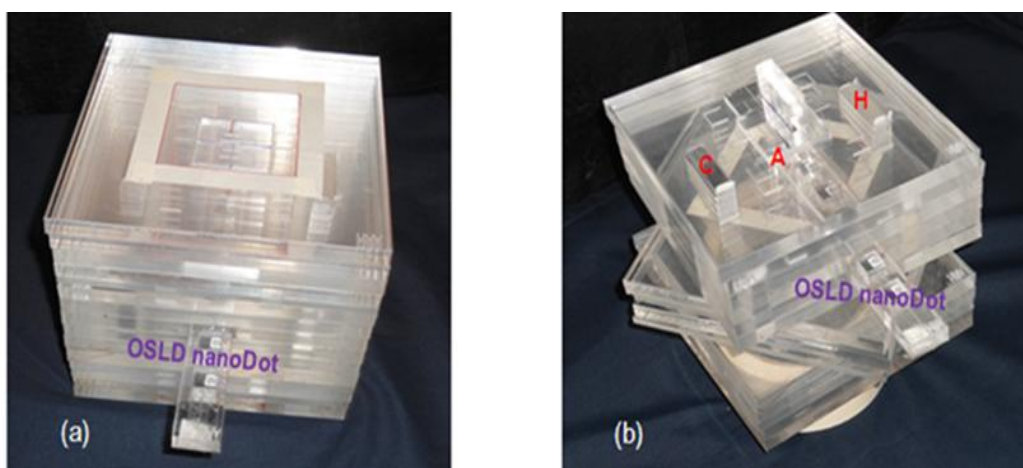
El material del Maniquí para el presente trabajo se ha diseñado y construido de acuerdo a las recomendaciones establecida en los códigos de prácticas en CC de la AIEA [AIEA (1987)], [ICRU Report 37 (1984)] ajustándose a las características indicadas, y a definiciones referenciadas en [ICRU Report 44 (1989)], [Agostinelli (1992)], y [Thwaites (1984)], además debe ser físicamente durable, relativamente barato, tener reproducibilidad, poseer alta precisión, fácil de manipular, y de simple fabricación. El Maniquí representa un medio homogéneo (acrílico) [Hill et

al. (2010)], y así mismo un medio de heterogeneidades (aire, y acrílico) [Kappas, Rosenwald (1995)], e incluso se puede introducir otros tipos de insertos cuyo número atómico no sea mayor a diez ( $Z < 10$ ), y adecuándose a las dimensiones que posee el Maniquí. En la Tabla 3.4 se observa las características, especificaciones técnicas, y propiedades del Maniquí.

**Tabla 3.4:** Características-especificaciones técnicas, propiedades del Maniquí (*Phantom*): ARH & CSGC.

Material [Homogéneo]		Láminas sólidas PMMA Pexiglas. Formula: $C_5H_8O_2$	
Densidad [g/cm <sup>3</sup> ]		1,1700.	
Numero atómico efectivo [Z]		6,2400.	
Coeficiente de atenuación másico [cm <sup>2</sup> /g]		0,0178	
Densidad electrónica [e/g]		$3,01 \times 10^{23}$	
Dimensiones de cada lámina PMMA [mm <sup>3</sup> ]		140,0 x 140,0 x 10,0.	
Dimensiones de cada inserto [mm <sup>3</sup> ]		35,0 x 35,0 x 20,0.	
Material [Heterogeneidades]	➤ Aire	Densidad [g/cm <sup>3</sup> ]	0,001205
		Coef. Aten. Másico [cm <sup>2</sup> /g]	0,025200
		Numero atómico [Z]	7,640000
		Densidad electrónica [e/g]	$3,01 \times 10^{23}$

En la Figura 3.2 (a) se puede observar el Maniquí en PMMA simulando un medio Homogéneo con el tamaño real de evaluación, mostrando el adaptador para ubicar los OSLDs nanoDots que será introducido en el Maniquí en diferentes puntos de evaluación en las mismas condiciones se puede insertar la CIC. La Figura 3.2 (b) el Maniquí en PMMA simula un medio Heterogéneo, muestra también la forma de adaptar la ubicación en diferentes posiciones tanto los OSLDs nanoDot y la CIC.



**Figura 3.2:** (a) Maniquí Homogéneo con un porta dosímetros de OSLD nanoDot, para ser ubicado en los puntos de evaluación. (b) Maniquí Heterogéneo con dispositivos de C: carbón; A: aire; H: hueso insertados, se observa el porta dosímetros OSLDs nanoDots (representa contener un material perturbador del 14.28%).

### III.1.2 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

#### III.1.2.1 ELECTRÓMETRO

La CI al ser irradiada genera señales debido a la recombinación de los pares de iones producido en su volumen de medición que son interpretada por un electrómetro digital. La Tabla 3.5 presenta las características, especificaciones técnicas, y rangos de operatividad.

**Tabla3.5:** Características, especificaciones técnicas y rangos de operatividad.

Fabricante	PTW-Freiburg
Modelo	UNIDOS E T10010
Serie	00719.
Voltaje de trabajo [V]	± 400,0 V.
Polarización de Voltaje [± V]	0,0 a 400,0
Fuente de alimentación [V]	12,0 DC.
Frecuencia de alimentación [Hz]	50,0 a 60,0.
Tiempo de colección [s]	0,0 a 999,0.
Sistema de conexión	PTW-M/ coaxial BNT o TNC Triax.

### III.1.2.2 CABLE DE CONEXIÓN

Filamento coaxial de cobre alta pureza (99,999%), y conductividad, marca PTW- FREIBURG 172012, código T26005.1.002-20, con una longitud de 20,0 m.

### III.1.2.3 TERMÓMETRO

Las irradiaciones sobre el Maniquí insertado en el área y profundidad con la CIC se registra la temperatura con el termómetro PFTB-5P T-5 Performa Therm Miller& Weber INC USA 4K5080.

### III.1.2.4 BARÓMETRO

Las irradiaciones sobre el Maniquí insertado en el área y profundidad con la CIC fueron registrados los valores de presión usando el Barómetro GE Druck DPI 800 *Pressure indicator* S/N 8000014068.

### III.1.2.5 LECTOR microStar

#### - Calibración del lector

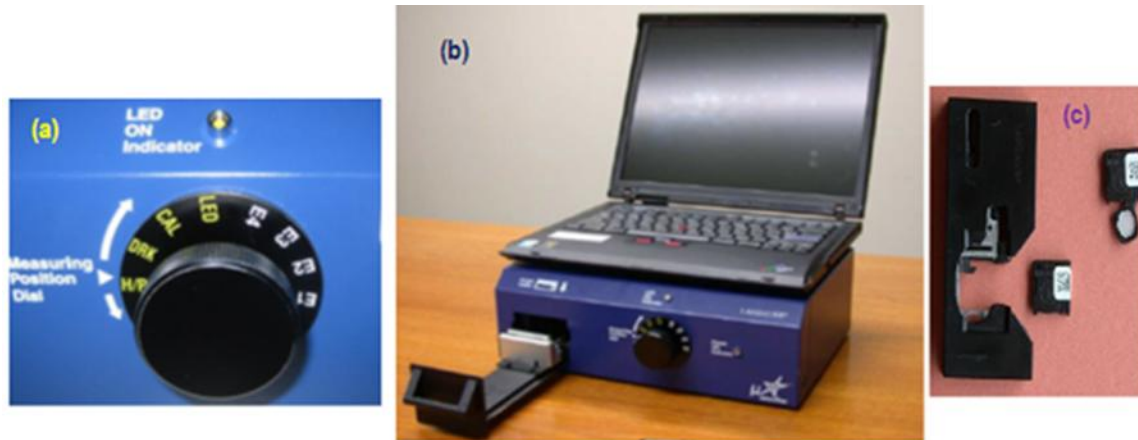
Inicialmente [Markey et. al. (1996a)] [Rieser, Habermann y Wagner et. al. (1999)] [Schembri y Heijmen (2007)] [Yukihara et. al. (2007)], realizaban las lecturas OSL/TL con un lector de Risø, del cual [Jursinic (2007)] dedujo el principio de realizar las lecturas de los cristales  $Al_2O_3: C$  OSLD nanoDot, utilizando filtros de cristal en la banda de paso donde se ubicaría el  $Al_2O_3: C$  en la Figura 3.3 se observa una matriz LED de color verde con una banda gris (filtro) que emite una luz con un pico de 540,0 nm el cual atraviesa el cristal  $Al_2O_3: C$  (compactado en su contenedor), el cual emite una luminiscencia junto a la luz que irradió (flecha azul y verde), atravesando la segunda banda gris (filtro) captada en un tubo fotomultiplicador (TFM) color azul con una emisión de 420,0 nm [Akselrod, y McKeever (1999)] [Gaza, y McKeever (2006)] [Klein, y McKeever (2008)] [Perks et. al. (2008)]. Según la referencia [Fischer, Tadic-Galeb, y Yoder (2008)], [Yukihara et. al. (2008)] recomienda que para proceder a la calibración del sistema, se debe adquirir un grupo de dosímetros OSLDs nanoDots calibrados con una energía conocida como el  $^{137}Cs$ , para que posteriormente se realice un CC, después del cual el lector estará apto para realizar las lecturas de los OSLDs nanoDots reportando las medidas de dosis en unidades de mrad. [Jursinic (2007)].



Figura 3.3: Esquema del proceso de lectura del  $\text{Al}_2\text{O}_3: \text{C}$  OSLD nanoDot [Jursinic (2007)].

#### - Procedimiento para las lecturas:

El sistema de lectura microStar [Landauer MicroStar user manual (2006)], requiere calentar un tiempo no menos de 30 minutos, luego se debe realizar una serie de pruebas de CC incluyendo el software, la perilla se debe girar de acuerdo a los objetivos de CC a realizar, en la Figura 3.4a se observa la posición H/P que se puede ubicar en tres posiciones diferentes (DKR: oscuridad, CAL: calibración, y LED: matriz de luz). La posición DRK, se realizan ajustes al ruido electrónico existente en la oscuridad del sistema con un tiempo indicado por una intermitencia luminosa hasta que se apaga reportando un valor. En la posición CAL, se realiza la sincronización del tubo foto multiplicador (TFM), el cual registra el número de cuentas al ser expuesto a una fuente de  $^{14}\text{C}$  ubicada dentro del lector, con un intervalo de tiempo indicado por una intermitencia luminosa hasta que se apaga reportando un valor. En la posición LED, se activa una matriz LED generando una emisión de cuentas en un determinado intervalo de tiempo controlado por una intermitencia luminosa hasta que se apaga reportando un valor. Terminado el proceso la perilla es ubicada nuevamente en la posición H/P, se repite la prueba por cinco veces anotando todos los valores reportados. En la Figura 3.4b se observa la parte anterior del lector microStar ubicándose la perilla de color negro. La Figura 3.4c presenta al  $\text{Al}_2\text{O}_3: \text{C}$  OSLD nanoDot, el cómo es fijado a un soporte porta lector, y luego se inserta en el carril del lector conduciendo al cajón lector, al ser cerrado el cajón la perilla se gira desde la posición (H/P) a la posición de lectura ( $E_1$ ) interiormente el porta lector desplaza al contenedor circular de la máscara conteniendo el cristal  $\text{Al}_2\text{O}_3: \text{C}$ , automáticamente se activa la matriz LED durante siete segundos, el TFM recolecta las cuentas luminiscentes producidas por la estimulación óptica de luz sobre el cristal. Recolectada la información cesa el indicador de tiempo luminoso apareciendo en el software las cuentas totales recogidas en unidades [mrad], terminado la lectura, el contenedor circular del cristal  $\text{Al}_2\text{O}_3: \text{C}$  es incorporado a la máscara, procediéndose a extraer del carril lector del cajón oscuro, retirando el OSLD nanoDot del soporte porta lector, y queda apto para realizar una nueva lectura, la cual se debe repetir como mínimo tres veces para obtener una lectura cruda promedio.



**Figura 3.4:** (a) Perilla color negro indicando H/P, DRK, CAL, LED, E<sub>1</sub>. (b) Lector microStar mostrando el carril conteniendo el porta lector de los OSLD nanoDot para ser introducido al cajón oscuro donde se realiza el proceso de lectura, en su arista frontal se observa la perilla negra utilizada en el CC, sobre el lector se aprecia el software donde se registran las lecturas. (c) Soporte para ubicar el dosímetro OSLD nanoDot facilitando realizar las lecturas dentro del lector microStar, [Landauer (2008)].

### III.1.2.6 FUENTE DE LUZ PARA BLANQUEO DEL Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C

Las Señales luminiscentes contenidas en el cristal Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C OSLD nanoDot se puede remover restableciendo el dosímetro para ser reutilizado [Omotayo, Cygler, Sawakuchi (20112)]. Los nanoDots son comercializados por Landauer [Landauer Inc., Glenwood IL, USA (2007)], los cuales están dentro de una máscara de plástico para ser protegidos a una exposición de la luz. Las señales de luminiscencia son removidas del cristal por medio del blanqueamiento con cualquier luz blanca, pero es necesario de un tiempo que depende de la longitud de onda e intensidad [Jursinic (2007)], [Thomsen et. al. (2008)], [Smetana et. al. (2008)]. Se ha demostrado con una fuente de luz halógena de 150 W reduce las señales luminiscentes originales del cristal a menos del 2.0% después de un minuto de exposición, razón que toma aproximadamente dos horas ante una luz brillante reduciendo en más del 90% del nivel luminiscente original. En el laboratorio de dosimetría de Nuclear Control se confecciono gabinetes de madera a la medida y con la iluminación adecuada, para llevar a cabo el blanqueado de los OSLDs nanoDots con una iluminación a base de fluorescentes se usa 54,0 vatios con un filtro de paso, el cual filtra los fotones UV evitando introducir una ionización mientras se realiza el blanqueo. Los OSLD nanoDot son ubicados en unos soporte de aluminio Figura 3.6c con el disco que contiene compactado el cristal Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C fuera de la máscara protectora después de una exposición de una hora a la luz, comprobándose después la efectividad del blanqueo, para ello se debe obtener una señal de luminiscente menos de 0,30% de la señal original de 1,0 Gy (100,0 cGy).

## III.1.3 SISTEMA COMPUTARIZADO DE PLANIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO (TPS)

### III.1.3.1 TPS

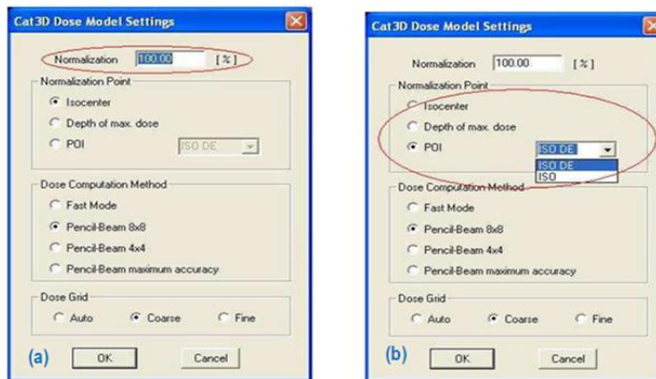
A seguir se presentan detalles de los TPSs usados:

### III.1.3.1.1 CAT3D VERSIÓN 5.96

El hardware & software de acuerdo al algoritmo realiza cálculos de simulación en 2D y 3D, facilitando el planeamiento del haz de fotones aplicado a los tratamientos como haces externos a través de medios homogéneos, y heterogéneos, la configuración del modelo de dosis se observa en la Tabla 3.6, inicialmente el presente trabajo se utilizó el Algoritmo modelo de punta de lápiz (*Pencil-Beam*) 8 x 8. La Figura 3.5a muestra la ventana de normalización totalmente equivalente al valor de la dosis generada por las irradiaciones, y en la Figura 3.5b se presenta el punto de normalización referido al isocentro de la irradiación (POI), con grilla de dosis automática.

**Tabla 3.6:** Configuración del modelo de dosis [MEVIS 5.96 (1996)].

Punto de normalización	Isocentro Dosis a profundidad máxima POI
Método computacional de dosis	Modo rápido Punta de lápiz 8 x 8 Punta de lápiz 4 x 4 Punta de lápiz con máxima precisión
Grilla de dosis	Automático Gruesa Fina



**Figura 3.5:** (a) Ventana de normalización referido a la dosis por sesión, (b) ventana del punto de normalización prescrito.

### III.1.3.1.2 XIO RELEASE 5.00.02

El hardware & software según su algoritmo realiza planificaciones en 2D, 3D, IMRT, el TPS cumple la normativa ISO 14971. En la Tabla 3.7 se presenta los parámetros para la modelación de dosis [(XIO Release 5.00.02 (2012))].

**Tabla 3.7:** Descripción de ciertos Parámetros para la modelación de dosis del TPS XIO Release 5.00.02.

Modos de Datos Anatómicos	Datos de la Fuente	Algoritmos Disponible
Contorno de superficie (WC)	Factor de Retrodispersión (BSF)	Clarkson
Formato de Imagen (DICOM 3.0)	Factor de Corrección Dispersión Maniquí (PSCF)	Convolución: Transformación Rápida de Fourier (FFT)
Tomografía Computarizada (TAC)	Relación Tejido-Aire (TAR)	Superposición
Densidad Electrónica Convertida de Pixel TAC (EP)	Relación Tejido Maniquí (TPR)	Superposición Rápida
	Perfiles Alineados y Diagonales (OCR/OCD)	Pencil Beam para Electrones 3D.
	Porcentaje de Dosis a Profundidad (PDD)	Monte Carlo de Cálculo de Electrones.
	Tasa de Dosis, Parámetros de Cono	Broad Beam y Pencil Beam para Protones y Barrido Punto a Punto.
Densidad Electrónica Convertida de la densidad de contorno Pixel TAC (EP)	Parámetros: Campo Irregular, Modelado de Penumbra	
	Espectro de Energía de la Máquina	
	Parámetros de Transmisión: Colimador, y Multilaminas	
	Datos no escaneados de la máquina (Geometría y Demás Información)	

### III.1.4 FUENTE DE RADIACIÓN (LINAC - TSC)

Para llevar a cabo este trabajo de estudio se utilizó las siguientes Maquinas:

#### III.1.4.1 LINAC SIEMENS - MEVATRON

Medical Linear Accelerator (LINAC) de electrones, Model: MEVATRON M6E, Serial N° 2654 – S14, SIEMENS Medical Systems, con un haz de radiación ionizante de fotones de 6,0 MV.

#### III.1.4.2 LINAC ELEKTA INFINITY

Limited Linac House, Flemng Way Crawley, West Sussex RH10 QRR, UK Marca: ELEKTA, Modelo: Infinity Serie: 2942, con haces de radiación de 6,0 MV y 15,0 MV.

#### III.1.4.3 TOMÓGRAFO SIMULADOR COMPUTARIZADO

General Electric Model: CT ÓPTIMA, 16 detectores, rangos: 20.0 kVp hasta 300.0 kVp, 25.0 mA a 150.0 mA, tiempo 6,0 s, corte de 0,65 mm 0 6.0 mm.

## III.2 METODOLOGÍA

El trabajo experimental fue realizado en el Centro Médico ONCOCENTER PERÚ SAC (San Isidro, Lima), y en el INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES NEOPLÁSICAS [INEN (Surquillo - Lima)], la realización de lecturas, y blanqueado de los OSLD nanoDot se realizaron en el laboratorio dosimétrico de NUCLEAR CONTROL SAC, (San Isidro - Lima). La metodología utilizada en cada procedimiento de evaluación está sujeto a la reproducción de lo planificado en los TPSs, que depende de: algoritmo utilizado, factores geométricos especiales, aspectos dosimétricos básicos y especiales, administrados con los LINACs, las unidades de monitor (UM) calculados por los TPSs dentro de puntos fijos en el maniquí Homogéneo y/o Heterogéneo con tamaño de campo elegido, a una distancia de fuente al punto de interés, tipo de energía y tasa de dosis, utilizando los dosímetros OSLDs nanoDot y la CIC, cuyas medidas están sujetas a las incertidumbres correspondientes.

### III.2.1 ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRE A LA MEDICIÓN DE $D_A$ CON LA CIC

El modelo físico de estudiar en el proceso de medición del presente trabajo en forma exacta y completa, como propósito de la investigación científica. La cuantificación se obtiene por dos métodos: *Método de Evaluación Tipo A*, basado en un análisis estadístico: media, desviación estándar, incertidumbre estándar, coeficiente de variación, distribución normal, a una serie de mediciones. *Método de Evaluación Tipo B* cuantifica la incertidumbre usando información externa como: certificados de calibración, manuales del instrumento de medición, normas o literatura, valores de mediciones anteriores, y conocimiento sobre las características o el comportamiento del sistema de medición, etc. [NIST Technical Note 1297 (1994)], en la Tabla 3.8 se determina la incertidumbre para la CIC, y en la Tabla 3.9 se determina la Incertidumbre a la CIC con respecto a la radiación de fondo.

**Tabla 3.8:** Incertidumbre a la CIC utilizada.

DETALLE	INCERTIDUMBRE*
La Incertidumbre de la Cámara de ionización [ $\xi_{C.I.}$ ], se presenta en una primera desviación estándar ( $k=2$ ). Incertidumbre Tipo B. $\xi_{C.I.} = \frac{\xi_{k2}}{k} = \frac{1.1\%}{2} = \frac{0.011}{2} = 0.0055$	0.0055

\*La Incertidumbre se realiza mediante el cálculo del valor de incertidumbre  $\xi_{k2} = 1.1\%$  correspondiendo a la segunda desviación estándar ( $k=2$ ) como se puede observar en el Certificado de Calibración N° 1304189 emitido por el fabricante (PTW – Freiburg) de la Cámara de Ionización PTW TN31010 [SN] 005742. El Certificado indica la desviación estándar se ha calculado de acuerdo a la norma ISO GUM.

**Tabla 3.9:** Incertidumbre a la CIC debido a la radiación de fondo\*\*.

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.12-0.132)^2 + (0.14-0.132)^2 + (0.11-0.132)^2 + (0.14-0.132)^2 + (0.15-0.132)^2}{5-1}} = 0.0164 \text{ [pC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{5}} (0.0164) = 0.0095 \text{ [pC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [pC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{fondo} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2)} = 0.0114 \text{ [pC]}$

\*\* Las lecturas a la radiación de fondo se obtienen utilizando la CIC ubicada a una distancia SSD= 100.0 cm, con el colimador del Acelerador Lineal totalmente abierto. El tiempo para la toma de lecturas fue de 10 minutos (600 s). Registrándose lecturas de 0.40 a 0.60 en promedio: 0.52 [nC] durante todo el tiempo de medición. Para el cálculo de la Incertidumbre combinada de fondo se consideró la incertidumbre de la medida de fondo (Incertidumbre Tipo A), y la incertidumbre de la resolución del equipo (Incertidumbre Tipo B).

### III.2.2 ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRE A LA MEDICIÓN DE D<sub>A</sub> CON OSLD nanoDot

El modelo físico de estudiar en el proceso de medición del presente trabajo en forma exacta y completa, como propósito de la investigación científica. La cuantificación se obtiene por dos métodos: *Método de Evaluación Tipo A*, basado en un análisis estadístico: media, desviación estándar, incertidumbre estándar, coeficiente de variación, distribución normal, a una serie de mediciones. *Método de Evaluación Tipo B* cuantifica la incertidumbre usando información externa como: certificados de calibración, manuales del instrumento de medición, normas o literatura, valores de mediciones anteriores, y conocimiento sobre las características o el comportamiento del sistema de medición, etc. [NIST Technical Note 1297 (1994)], en la Tabla 3.10 se determina la incertidumbre al OSLD nanoDot, y en la Tabla 3.11 se determina la Incertidumbre a los OSLD nanoDot con respecto a la radiación de fondo.

**Tabla 3.10:** Incertidumbre de los Dosímetros nanoDot OSLD Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C utilizados.

DETALLE	INCERTIDUMBRE*
La Incertidumbre de los Dosímetros OSLD nanoDot [ $\xi_{OSLD}$ ], se presenta en una primera desviación estándar (k=2). Incertidumbre Tipo B. $\xi_{OSLD} = \frac{\xi_{k_2}}{k} = \frac{5.0\%}{2} = \frac{0.05}{2} = 0.025$	0.025

\*La Incertidumbre se realiza mediante el cálculo del valor de incertidumbre  $\xi_{k_2} = 5.0\%$  correspondiendo a la segunda desviación estándar (k=2) como se puede observar en las especificaciones técnicas en el ítem de Precisión ([www.landauer.com](http://www.landauer.com)), la desviación estándar se ha calculado de acuerdo con la norma ISO GUM.

**Tabla 3.11:** Incertidumbre Dosímetros nano Dot Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C a la radiación de fondo\*\*.

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(112-112)^2 + (113-112)^2 + (111-112)^2 + (112-112)^2 + (112-112)^2}{5-1}} = 0.7071 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{5}} (0.7071) = 0.4082 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{fondo} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2)} = 0.4084 \text{ [mrad]}$

\*\* Las lecturas a la radiación de fondo se obtienen utilizando los Dosímetros OSLD nanoDot, después de blanqueados son ubicados a una distancia SSD= 100.0 cm, con el colimador del Acelerador Lineal totalmente abierto. El tiempo en la toma de lecturas fue de 10 minutos (600 s). Registrándose lecturas de: 111, 113, 111, 112, 113; dando un promedio de: 112.0 [mrad] durante todo el tiempo de medición. Para el cálculo de la Incertidumbre combinada de fondo se consideró la incertidumbre de la medida de fondo (Incertidumbre Tipo A), y la incertidumbre de resolución del equipo (Incertidumbre Tipo B).



### III.2.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS OSLDs nanoDots.

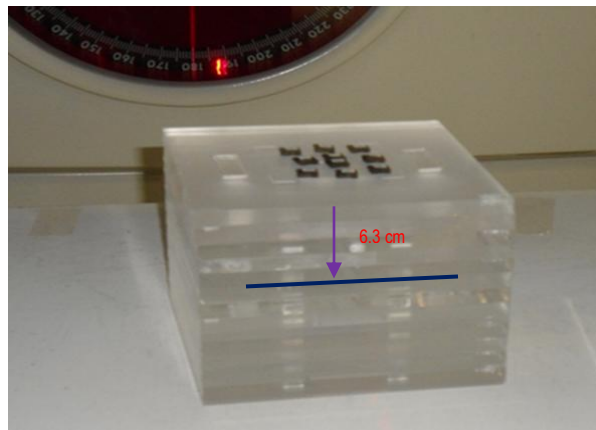
Para realizar las lecturas de  $D_A$  en función de la energía en uso, es esencial los factores por caracterización a los OSLD nanoDot que, son magnitudes de influencia que caracteriza un sistema dosimétrico con precisión y exactitud [Yukihara, Yoshimura, y Lindstrom (2005)], [Yukihara, Mardirossian, Mirzasadeghi, Gudiru, y Alimad (2008)], todos estos factores son componentes del producto  $[F_i]$  el cual tiene una SD del  $\pm 3.0\%$ , incluyendo el valor de la lectura cruda [Anderso et. al. (2003)], [Anzar et. al. (2004)], [Yukihara et. al. (2005)], [Jursinic (2007)], [Aguirre, Alvarez, y Amador (2009)], [Yukihara, McKeever, Marcela, Bokulic, y Izewska (2011)], y [Omotayo, Cygler, y Sawakuchi (2012)]. Los factores de caracterización son:

#### III.2.3.1 FACTOR POR HOMOGENEIDAD ENTRE ELEMENTOS [ $H_{E[S]}$ ]

La inherente distribución heterogénea del cristal  $Al_2O_3$ : C OSLD nanoDot anidado en un contenedor circular retráctil y extensivo contenido dentro de una máscara de plástico para ser protegido contra la luz, se irradiaron en un maniquí homogéneo, inicialmente no requieren de una preparación previa [Jursinic (2010)]. Para el presente trabajo se han utilizado un lote de diez (10) unidades, después de ser irradiados, se realizaron las lecturas crudas [ $L_{eC_{Cruda}}$ ], luego se aplicó las correcciones a las lecturas del Lote eligiéndose los OSLDs nanoDots más homogenizados, a estos de forma individual se determinó y se corrigió su lectura por Sensibilidad (S), el grupo seleccionado se evaluó ajustándose a sus nuevas lecturas a un porcentaje del coeficiente de variación (%CV) aceptable. [Umisedo, Yoshimura, Gasparian, y Yukihara (2010)], [Omotayo Cygler, y Sawakuchi (2012)], La Tabla 3.12 indica los parámetros para la irradiación de los OSLDs nanoDots, y la Figura 3.6 muestra cómo fueron dispuestos dichos elementos para la irradiación.

**Tabla 3.12:** Parámetros y valores de irradiación a los nanoDot para determinar el  $H_{E[S]}$ .

Calidad del haz [MV]	Tiempo [UM]	Tasa de Dosis [UM/min]	SSD [cm]	Profundidad [cm]	Tamaño campo [cm x cm]	Posiciones: [0°]		
						Gantry	Colimador	Mesa
6,0	100,0	200,0	93,70	6,30	6,0 x 6,0	0.00	0.00	0.00



**Figura 3.6:** Muestran diez (10), OSLDs nanoDots, ubicados a una profundidad de 6,3 cm, en un campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>.

Utilizando los siguientes modelos matemáticos se determina:

- Corrección de Lectura por lote:

$$C \text{ Lec } L = \frac{L_{eC_{nanoDot}}}{\langle \sum_{i=1}^n L_{eC_{nanoDot}} \rangle} \quad (3.1a)$$

Donde:

$Lec_{nanoDot}$  : Lectura directa del OSLD nanoDot.  
 $\langle \sum_{i=1}^n Lec_{nanoDot} \rangle$  : Promedio a la sumatoria de las n lecturas directas del OSLD nanoDot.

- Corrección Individual (Sensibilidad):

$$S = \frac{n Lec_{nanoDot}}{\sum_{i=1}^n Lec_{nanoDot}} \quad (3.1b)$$

Donde:

n : Número de OSLD nanoDot.  
 $Lec_{nanoDot}$  : Lectura directa el OSLD nanoDot.  
 $\sum_{i=1}^n Lec_{nanoDot}$  : Sumatoria a las n lecturas de los OSLD nanoDot.

- Porcentaje del coeficiente de variación:

$$\%CV = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100\%. \quad (3.1c)$$

Dónde:

S: Desviación estándar,  
 $\bar{X}$ : La media.

### III.2.3.2 FACTOR POR DESVANECIMIENTO EN EL TIEMPO [ $F_{DT}$ ]

Después de irradiado el OSLD nanoDot se realizó las lecturas en forma consecutivas (3 a 4 veces), estas registraron un desvanecimiento por lectura, la pequeña pérdida de señal es debido a la recombinación de los electrones en las trampas superficiales que ocurren después de la irradiación [Schembri, y Heijmen (2007)], [Reft (2009)], [Yukihara, Gasparian, y Sawakuchi (2010)], y [Marcela, Bokulic, y Izewska (2011)]. El nanoDot (cristal  $Al_2O_3: C$ ), experimenta una caída aguda de señal dentro de los 15 minutos después de ser irradiado [Jursinic (2007)]. Los seis (6) OSLDs nanoDots seleccionados se irradiaron a una dosis idéntica en un mismo día posteriormente se realizaron lecturas a: 1, 3, 10, 20, 44, y 120 días. Teniendo en cuenta los valores leídos de los OSLDs nanoDot versus los días después de la irradiación en las condiciones como se indica en la Tabla 3.12 se determinó utilizando la siguiente ecuación [Viamonte, da Rosa, Bucley, Cherpak, y Cygler (2008)]:

$$F_{DT} = \frac{1}{1.005 \times d^{-0.0072}} \quad (3.2)$$

Dónde:

d: Número de días después de irradiación.

### III.2.3.3 FACTOR POR CORRECCIÓN DE AGOTAMIENTO [ $F_A$ ]

Una de las ventajas del OSLD nanoDot es la relectura porque mejora la estadística, dichas lecturas se pueden realizar de forma inmediata o en una fecha posterior [Jursinic (2007)], [Homnick (2008)]. Para cada lectura posterior, una pequeña cantidad de las cargas atrapadas se agotan y con ello la señal luminiscente disminuye [Botter – Jensen, McKeever (2003)], [Jursinic (2007)], [Aguirre, Alvarez, y Amador (2009)], [Yukihara, McKeever, Marcela, Bokulic, y Izewska (2011)], y [Omotayo, Cygler, y Sawakuchi (2012)]. Para determinar la relación del factor de corrección por agotamiento, se irradiaron tres (3) OSLDs con 200.0 UM, que fueron leídos consecutivamente veinte (20) veces, las correcciones se consiguieron utilizando la siguiente ecuación:

$$F_A = \frac{1}{(-5.148 \times 10^{-6}) \times n^2 + (-1.277 \times 10^{-3}) \times n + 1} \quad (3.3)$$

Dónde:

n= 0, 1, 2,...: Número de lecturas a partir desde 0, que sería la primera lectura.

La Tabla 3.13 indica la forma de cómo realizarse el montaje en la mesa de tratamiento del LINAC con el maniquí homogéneo (acrílico) y los OSLD nanoDot.

**Tabla 3.13:** Parámetros y valores de irradiación a los nanoDot para determinar el  $F_A$ .

Calidad del haz [MV]	Tiempo [UM]	Tasa de dosis [UM/min]	SSD [cm]	Profundidad [cm]	Tamaño de campo [cm x cm]	Posiciones: [0°]		
						Gantry	Colimador	Mesa
6.0	200.0	320.0	93.70	6.30	6.0 x 6.0	0.00	0.00	0.00

### III.2.3.4 REPRODUCIBILIDAD DE LAS LECTURAS [ $R_{Lec}$ ]

Para verificar la constancia de respuesta del dosímetro OSLDs nanoDots [Anderso et al. (2003)], [Anzar et al. (2004)], [Yukihara et. al. (2004)], [Yukihara et. al. (2005)], [Viamonte et. al. (2007)], se irradiaron seis (6) OSLDs nanoDots ubicados en el maniquí homogéneo (acrílico), en la Tabla 3.14, se tipifican los parámetros de irradiación y el montaje usado. Se aparearon los seis (6) OSLDs, conformando tres (3) grupos de OSLD nanoDot, cada grupo se irradiaron con: 100.0, 150.0, y 200.0 UM; después de realizadas las irradiaciones se llevaron a cabo las lecturas, luego se procedió a separar un OSLD de cada grupo, y el otro OSLD nanoDot se procedió a blanquearlos y se irradiaron nuevamente a cada uno bajo los mismos parámetros aplicados al inicio del proceso. El análisis se ajusta a un %CV utilizando la Ecuación (3.5) se determina dicho valor para cada evento.

$$\%CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100 \quad (3.4)$$

Donde:

SD : Desviación estándar;  
 $\bar{x}$  : Promedio de la totalidad de lectura.

**Tabla 3.14:** Condiciones de irradiación a los OSLD para la reproducibilidad de las Lecturas  $R_{Lec}$ .

Energía [MV]	Tamaño Campo [cm x cm]	Profundidad [cm]	SSD [cm]	Tasa de Dosis [UM/min]	Dosis [cGy]	Posiciones: [0°]		
						Gantry	Colimador	Mesa
6,0	6,0 x 6,0	6,30	93.70	200,0	100,0	0.00	0.00	0.00
6,0	6,0 x 6,0	6,30	93.70	200,0	150,0	0.00	0.00	0.00
6,0	6,0 x 6,0	6,30	93.70	200,0	200,0	0.00	0.00	0.00

### III.2.3.5 FACTOR POR DEPENDENCIA ANGULAR [ $F_{(\theta)}$ ]

Landauer refiriéndose a la línea del OSLD nanoDot es un material de disco delgado con revestimiento de plástico conteniendo un pequeño espacio de aire, algunos detectores tienen una dependencia direccional tal es el caso del diodo es altamente dependiente de su orientación a la dirección del haz de incidencia [Alecu et. al. (1998)], [Eveling et. al. (1999)], [Shi et. al. (2000)], y [Anzar et. al. (2004)] reportan que una respuesta direccional es causada por: 1) Construcción del detector como la transmisión a través de los diferentes espesores de acumulación, tamaño físico del detector, y el cableado; 2) Retrodispersión desde el ángulo de incidencia de los electrones secundarios; y 3) Energía de la radiación incidente. Se irradiaron tres (3) OSLDs nanoDots ubicados en el maniquí homogéneo (acrílico), en la Tabla 3.15, se indican los parámetros de irradiación y el montaje usado.

**Tabla 3.15:** Condiciones de irradiación a los OSLD para la dependencia angular  $F_{(\theta)}$ .

Energía [MV]	Tamaño Campo [cm x cm]	Profundidad [cm]	SSD [cm]	Tasa de Dosis [UM/min]	Dosis [cGy]	Posiciones: [0°]		
						Gantry	Colimador	Mesa
6,0	6,0 x 6,0	6,30	93.70	200,0	100,0	0.00	0.00	0.00
6,0	6,0 x 6,0	6,30	93.70	200,0	100,0	90.00	0.00	0.00
6,0	6,0 x 6,0	6,30	93.70	200,0	100,0	270.00	0.00	0.00

### III.2.3.6 FACTOR POR LINEALIDAD [ $F_L$ ]

La curva respuesta del OSLD nanoDot en función de la  $D_A$  comprende a tres regiones: lineal, supralineal, y saturación [Akselrod, y McKeever (1999)], [Yukihara et. al. (2004)], [Viamonte et. al. (2007)], y [Miller, Murphy (2007)], [Homnick (2008)], [Jursinic (2008)], y [Otomaya et. al. (2012)]. La Tabla 3.16 establece los parámetros de: profundidad (cm), tamaño de campo (cm x cm), Gantry, colimador, mesa (°), SSD (cm), en el maniquí homogéneo (acrílico), se irradiaron siete (7) OSLDs nanoDots a: 5.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, y 300.0 UM. Luego se construye una gráfica lineal entre la  $D_A$  Calculada (TPS) [cGy] vs  $D_A$  Medida (CIC – OSLD nanoDot) [cGy], los valores se ajustaran a la ecuación:

$$F_L = a \times (\text{Dosis Reportada}) + b. \tag{3.5}$$

Donde:

a y b: constantes determinadas en la recta.

**Tabla 3.16:** Condiciones de irradiación para determinar el Factor por Linealidad  $F_L$ .

Energía [MV]	Tamaño Campo [cm²]	Profund. [cm]	SSD [cm]	Tasa Dosis [UM/min]	Posiciones: [0°]			Dosis: [cGy]	
					Gantry	Colimador	Mesa	OSLD	CI
6,0	6 x 6	6,3	93,7	200,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0
6,0	6 x 6	6,3	93,7	200,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0
6,0	6 x 6	6,3	93,7	200,0	0,0	0,0	0,0	20,0	20,0
6,0	6 x 6	6,3	93,7	200,0	0,0	0,0	0,0	50,0	50,0
6,0	6 x 6	6,3	93,7	200,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0
6,0	6 x 6	6,3	93,7	200,0	0,0	0,0	0,0	200,0	200,0
6,0	6 x 6	6,3	93,7	200,0	0,0	0,0	0,0	300,0	300,0

### III.2.4 CALIBRACIÓN DEL SISTEMA LECTOR microStar DE ACUERDO A LA ENERGÍA EN USO (*Método de Evaluación Tipo B*), [ $F_S$ ]

El Lector para los OSLDs nanoDot [Landauer MicroStar User Manual (2006)] estima una precisión aproximada al 0.20% [Miller et. al. (2006)], [Viamonte et. al. (2008)], el uso clínico de los OSLD nanoDot son de aplicaciones puntuales, el registro de las primeras cuentas fotomultiplicadas se convierten manualmente a dosis por medio de los factores calibrados individualmente en tres (3) secciones del dial (perilla) con ocho (8) posiciones [(H/P), (DRK, LED, CAL), y ( $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ , y  $E_4$ )], los experimentos en este trabajo están destinados a probar: estabilidad del lector microStar, reproducibilidad, sensibilidad del sistema de dosímetro a dosímetro, y fluctuaciones aleatorias entre lecturas repetidas de una exposición/irradiación. Landauer proporciona un conjunto de Dosímetros calibrados para 80kVp (44 keV promedio) realizados en un *Phantom* PMMA (acrílico) con incidencia normal del haz de radiación, para calibrar correctamente el lector y realizar mediciones precisas de dosimetría, en la Tabla 3.17 se indica dichos factores de calibración de acuerdo a la energía en uso utilizando una fuente radiactiva de Cs-137 (0.6616 MV).

**Tabla 3.17:** Factores de calibración para el sistema lector [www.landauerinc.com].

Sistema de Calibración (1) [kVp]	Mamografía (2) [~ 32 kVp]	Tomografía Computarizada (3) [~ 32 kVp]	Cs-137 (4) [662 keV]
80,00*	1,39	1,12	3,040

\* La técnica 80,00 es conocida como RQR6 con un HVL de 2,90 mm de Al (diagnostico).

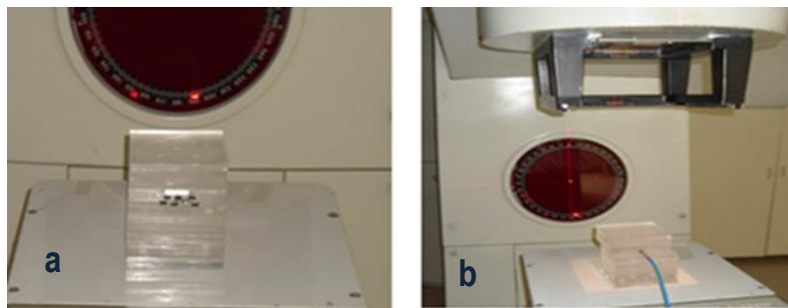
- 1- Calibrar el lector utilizando el conjunto de dosímetros proporcionados a 80,00 kVp.
- 2- Verificar el control de calidad a la calibración utilizando los dosímetros proporcionados.
- 3- Determinación de la energía, realización de la exposición y selección del factor de conversión.
- 4- Caso Teleterapia: factor de calibración del lector a las lecturas crudas de los OSLD nanoDot.

### III.2.5 CALIBRACIÓN DEL $Al_2O_3$ : C OSLDs nanoDots DE ACUERDO A LA ENERGÍA EN USO [ $F_{C_{OSLD}}$ ]

Para determinar la  $D_A$  al conocer las lecturas crudas de los detectores, [Aznar et al. (2004)] la corrección y ajuste por este factor están sujetos a una tolerancia determinada. En la Tabla 3.18 se indican los parámetros bajo los cuales se realizan la irradiación a los OSLDs nanoDot, y CIC en el LINAC, ubicados en el maniquí (*Phantom*) homogéneo, y en la Figuras 3.7a, y 3.7b, se observa la forma y acondicionamiento en el maniquí con los OSLD nanoDot, y la CIC sobre la mesa de tratamiento del LINAC.

**Tabla 3.18:** Parámetros a irradiar en el maniquí para la calibración de la energía en uso de 6.0 MV.

Energía [MV]	Tamaño Campo [cm <sup>2</sup> ]	Profund. [cm]	SSD [cm]	Tasa Dosis [UM/min]	Posiciones: [0°]			Dosis: [cGy]	
					Gantry	Colimador	Mesa	OSLD	CI
6,0	6 x 6	6,3	93,7	200,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0
6,0	6 x 6	6,3	93,7	200,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0
6,0	6 x 6	6,3	93,7	200,0	0,0	0,0	0,0	20,0	20,0
6,0	6 x 6	6,3	93,7	200,0	0,0	0,0	0,0	50,0	50,0
6,0	6 x 6	6,3	93,7	200,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0
6,0	6 x 6	6,3	93,7	200,0	0,0	0,0	0,0	200,0	200,0
6,0	6 x 6	6,3	93,7	200,0	0,0	0,0	0,0	300,0	300,0



**Figura 3.7:** (a) Localización de los OSLD nanoDot dentro del maniquí en el LINAC para obtener las lecturas que se utilizaron en la calibración de acuerdo a la energía en uso. (b) Localización de la CIC en el maniquí para obtener las lecturas con diferentes tiempos (UM) valores que se usaron como referencia.

### III.2.6 FACTOR POR LA DISPERSIÓN DEL MANIQUÍ [ $F_M$ ]

Las irradiaciones experimentales se realizan sobre un Maniquí Homogéneo (acrílico), con densidad de 1,170 g/cm<sup>3</sup> cuyo material produce una dispersión [AAPM TG-21 (1983)], [Yang (2005)], [IAEA TRS 398 (2005)], [Followill et. al. (2007)], [Francescon, Cora y Satariano (2011)], mayor a la producida en el agua [Yang (2005)]. La evaluación se realizó ubicando una CIC en ambos medios la cual tiene un certificado de calibración donde indica que se ha calibrado en agua con densidad de 1,000 g/cm<sup>3</sup> y con un haz de radiación de cobalto-60 (<sup>60</sup>Co) [Constantino et. al.

[1982], [Johns y Cunningham (1983)]. La dispersión del Maniquí se determinó irradiando tres dosímetros OSLDs nanoDot en condiciones como se indica en la Tabla 3.19, en un medio homogéneo (maniquí – acrílico).

**Tabla 3.19:** Condiciones de irradiación para el factor por dispersión del Maniquí a la respuesta del OSLD nanoDot.

Calidad del Haz [MV]	Dosis [cGy]	Tasa Dosis [UM/min]	SSD [cm]	Profundidad [cm]	Tamaño Campo [cm <sup>2</sup> ]	Posiciones: [0°]		
						Gantry	Colimador	Mesa
6,0	100,0	200,0	94,5	5,5	6,0 x 6,0	0.00	0.00	0.00

Realizadas las lecturas, se utilizó la siguiente ecuación:

$$F_M = \frac{\text{Dosis}}{\text{Lec}_{\text{corregida}} \cdot F_S \cdot F_{\text{COSLD}} \cdot F_L \cdot F_{\text{DT}} \cdot F_A} \quad (3.6)$$

Donde:

- $\text{Lec}_{\text{correg.}}$  : Lectura corregida,
- $F_S$  : Factor por calibración del sistema lector microStar,
- $F_{\text{COSLD}}$  : Factor por calibración de la energía en uso,
- $F_L$  : Factor por linealidad,
- $F_{\text{DT}}$  : Factor por desvanecimiento en el tiempo,
- $F_A$  : Factor por corrección de agotamiento.

### III.2.7 APLICACIONES

Los esfuerzos para mejorar la precisión y la coherencia de la dosimetría médica han dado lugar a protocolos, códigos de prácticas, manuales, y normas para los detectores, como cámaras de ionización [Almond et. Al. (1999); OIEA., (2000)], diodos [AAPM, (2005)], películas radiográficas [Pai et. al. (2007)], y películas radiocrómicas [Niroomand-Rad et. al. (1998)]. El objetivo es minimizar las incertidumbres asociadas en la administración de  $D_A$  en Teleterapia [ICRU Report 24 (1976)], [Noel et. al. (1995)], [Almendra, (2009)]. Para la dosimetría OSLD nanoDot, se propone formalismo similares a los protocolos utilizados por los detectores en radioterapia de haz externo [Leunes et. al. (1990)], [Essers, Mijnheer (1999)], [Almond et. al. (1999); OIEA, (2000)]. Para la implementación de un sistema de CC a los TPSs en Teleterapia por auditorías a distancia, utilizando dosímetros OSLD nanoDot contenidos en un maniquí que reúna las condiciones, y exigencias sometido a una serie de evaluaciones cuyos resultados se deben ajustar a: normas, protocolos, manuales, y procedimientos dentro de las tolerancias establecidas por los organismos nacionales e internacionales. Se realizaron aplicaciones de: CC en cuñas virtuales (VW), y CC a los TPSs, utilizando una CIC como dosímetro patrón de comparación.

#### III.2.7.1 CC DE VW UTILIZANDO DOSÍMETROS: CIC - OSLD nanoDot

En muchas aplicaciones clínicas de radioterapia es necesario las distribuciones de isodosis en forma de cuña para compensar tejido que falta, contornos superficiales irregulares, intersecciones de haces, o volúmenes tumorales irregulares [Klein, Meigooni, y Purdy (1995)]. La herramienta para homogenizar la distribución de  $D_A$  son las cuñas físicas (PWs), o virtuales (VWs) [ICRU, Report 24 (1976)], [Kijewski – Bjamgard (1978)], [Abrath, Purdy (1980)] es muy importante realizar su CC. Las VWs, son generadas por el movimiento dinámico de una o de las dos mandíbulas superiores (según la programación: IN/OUT), durante el tratamiento [Yao (1995)], y [Van (1998)]. El Software controlador del LINAC está diseñado con movimiento coordinado de las mandíbulas superiores proporcionando una salida de radiación variada dando forma del perfil de una cuña que será utilizado clínicamente [Niroomand et. al. (1992)], [Chihray, Waugh, Zuafeng et. al. (1997)]. En el presente trabajo se han realizado

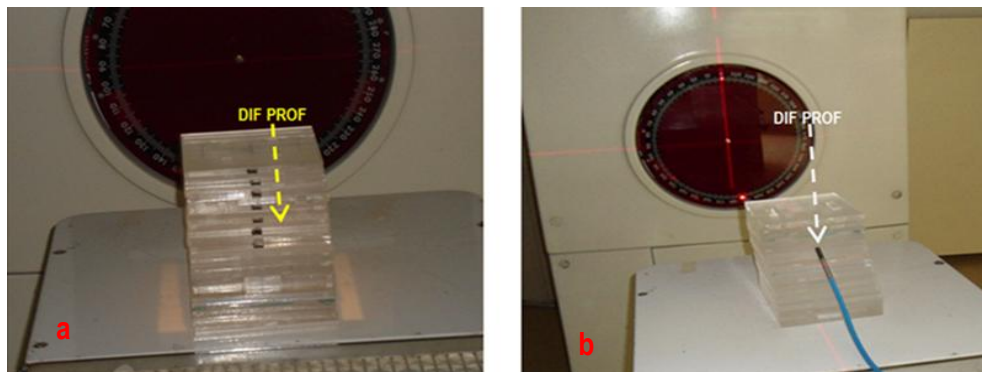
evaluaciones a las VWs en: porcentaje de dosis a profundidad (PDDs), perfiles, comprobación de ángulos entre PWs - VWs, factores de cuña (WFs), utilizando dosímetros OSLD nanoDot, y la CIC en un maniquí homogéneo de acrílico.

### III.2.7.1.1 PORCENTAJE DE DOSIS A PROFUNDIDAD DE LA VW

De acuerdo a la Sección II.2.2.1.1, para haces de fotones con energías de 6 MV generalmente los filtros de cuñas provoca un incremento en el porcentaje de dosis a profundidad en todas las profundidades, el notable aumento de valores del PDD en todas las profundidades en un maniquí se atribuye a dos factores: (1) efectos por endurecimiento del haz, y (2) producción diferenciada de dispersión a partir de los lados delgados y gruesos del filtro de cuña [Knoos, Wittgren (1991)], [Podgorsak, Kubsad, y Paliwal (1993)]. En el maniquí homogéneo de acrílico se ubicaron los OSLD nanoDot y la CIC de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.20, para realizar las irradiaciones tanto a campos abiertos, y con filtro cuña VWs para determinar el porcentaje de dosis a profundidad de las VW, en la Figura 3.8 se observa el montaje para la presente prueba.

**Tabla 3.20:** Parámetros y valores aplicados al maniquí conteniendo los OSLD y CIC para obtener las medidas para la determinación del PDD tanto de campo abierto y campo con VWs.

Calidad del haz [MV]	D <sub>A</sub> [cGy]	Tasa de Dosis [UM/min]	SSD [cm]	Profundidad: [cm]	Tamaño campo [cm x cm]	Posiciones: [0°]		
				0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 5., 6.0, y 7.0		Gantry	Colimador	Mesa
6.0	100.0	200.0	100.0		6,0 x 6,0	0.0	0.0	0.0



**Figura 3.8:** (a) Ubicación de los OSLD nanoDot, (b) Localización en el maniquí de la CIC. Ambos a diferentes profundidades. Montaje realizado en la mesa del LINAC para la obtención de lecturas utilizadas en determinar el PDD de la VW

### III.2.7.1.2 PERFILES DE LA VW

Como se describe en la Sección II.2.2.1.2, para la evaluación se utilizó un maniquí homogéneo conteniendo los OSLD y la CIC, estos dosímetros se ubicaron en el eje de abscisas (cross plane) en posiciones  $\pm 3.0$ ,  $\pm 2.0$ ,  $\pm 1.0$ ,  $0.0$  cm., de separación a la profundidad de  $7.0$  cm, se utilizaron programaciones en la consola de control del LINAC para los filtros cuñas VWs con ángulos de  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  y  $60^\circ$ . Los perfiles se normalizaron al valor medido en el eje central del haz ( $d_{max}$ ) [Kijewski, Chin, y Bjarngard (1987)], [Rathee, Kwok, MacGillivray, y Mirzaei (1999)]. La Tabla 3.21 se indican los parámetros utilizados para la evaluación.

**Tabla 3.21:** Parámetros y valores aplicados en el maniquí para obtener lecturas en determinar los perfiles de las VWs.

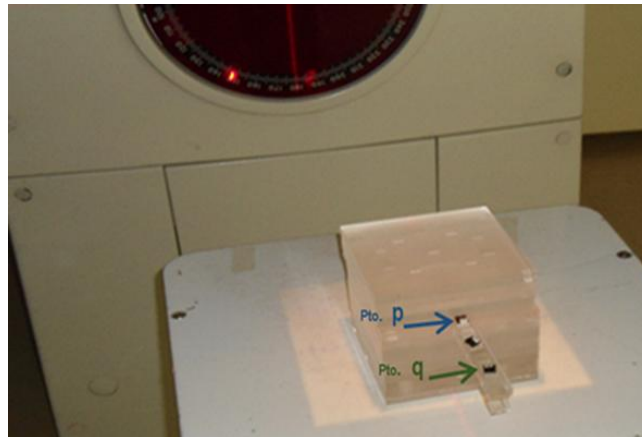
Calidad del Haz [MV]	Dosis [cGy]	Tasa de Dosis [UM/min]	SSD [cm]	Profund. [cm]	Tamaño Campo [cm x cm]	Cross Plane [ $\pm$ cm]	Posición: [0°]		
							Gantry	Colimador	Mesa
6.00	100.00	200.00	93.00	7.00	6.0 x 6.0	3.0, 2.0, 1.0, 0.0	0.00	0.00	0.00

### III.2.7.1.3 ÁNGULOS DE LAS VW

Teniendo en cuenta la Sección II.2.2.1.3, utilizando el maniquí homogéneo conteniendo los OSLD nanoDot, y CIC ubicados en los puntos  $p$  y  $q$  a una determinada profundidad [ICRU Report 24 (1976)], [IEC (1989)], y [Huntzinger, Calgary (1992)] en la Tabla 3.22 se indican los parámetros para la evaluación, la Figura 3.9 nos indica la forma del montaje en la mesa del LINAC, con la aplicación de la Ecuación 2.12 se determina el ángulo de las VWs.

**Tabla 3.22:** Parámetros y valores aplicados en el maniquí para obtener lecturas en determinar los ángulos de las VWs.

Programación Consola Control VWs [°]	Dosis [cGy]	SSD [cm]	Prof. Eje del haz [cm]			Tamaño Campo [cm x cm]	Ptos. Cross Plane [cm]	Posición: [0°]		
								Gantry	Colimador	Mesa
15.0, 30.0, 45.0, 60.0	100.00	93.00	6.00	7.00	8.00	6.0 x 6.0	p – q	0.00	0.00	0.00



**Figura 3.9:** Acondicionamiento de tres (3) OSLD en el maniquí homogéneo en la posición *cross plane* en los puntos  $p$  y  $q$ .

### III.2.7.1.4 FACTORES DE LA VW

Como se define en la Sección Sesión II.2.2.1.4, utilizando el maniquí homogéneo se ubican los OSLD y la CIC tanto en campo abierto y campo con programación de VW ajustándose a los parámetros indicados en la Tabla 3.23 se realiza las irradiaciones en la mesa del LINAC, con la Ecuación 2.13, se obtiene los factores de la VW.

**Tabla 3.23:** Parámetros aplicados en el maniquí con el fin de obtener lecturas para determinar los factores de las VWs.

Calidad Haz [MV]	Dosis: [cGy]		Tasa Dosis [UM/min]	SSD [cm]	Profund. [cm]	Tamaño Campo [cm x cm]	Posición: [0°]		
	$C_A$	$C_{VW}$					Gantry	Colimador	Mesa
6,0	100,0	100,0	200,0	93,0	7,0	6,0 x 6,0	0,00	0,00	0,00

## III.2.8 CC AL TPS UTILIZANDO DOSÍMETROS: CCI - OSLD nanoDot

### III.2.8.1 OBTENCIÓN DE LA SIMULACIÓN TOMOGRÁFICA COMPUTARIZADA (STC), DEL MANIQUÍ.

Se realizaron varias pruebas de Tomografía Simulada Computarizada (TSC), con corte de 0.65 mm con 180.0 kVp, corriente de 200 mA, en tiempo de 6.0 s al maniquí homogéneo de láminas (acrílico) con el fin que en dichas TSC no deben registrar manchas negras entre los intersticios de las láminas de acrílico el primer escáner presentó los indicados defectos, se realizaron los tratamientos manuales adecuados de: rebanado, pulido, y nivelación a cada lámina de PMMA obteniéndose finalmente una imagen TSC adecuada con la cual se han realizado las



planificaciones para cada caso planteado en el presente trabajo, la forma del escaneado se observa en Figura 3.10.



**Figura 3.10:** Montaje realizado para adquirir las imágenes en el STC del maniquí de Acrílico.

### III.2.9 EVALUACIONES DE TPS.

Como se indica en la Sección II.2.3.1, la Tabla 2.2, Figura 2.13, Sección II.2.3.2, y Ecuaciones 2.14, 2.15, teniéndose en cuenta la complejidad de configurar las pruebas, se ha establecido regiones [ICRU Report 47 (1987)], [Brahme et. al. (1988)], [IPEBM (1996)], [AAPM Grupo 53 (1998)], [Van Dyk et. al. (1999)], [Venselaar et al. (2001)], [ESTRO (2004)], [TRS 430 IAEA (2004)] para los  $\delta_S$ : [ $\delta_1$  (a lo largo del eje del haz),  $\delta_2$  (penumbra del haz),  $\delta_3$  (dentro del campo - fuera del eje del haz), y  $\delta_4$  (fuera de campo del haz)] en tres niveles con diferentes complejidades geométricas:

#### - Geometría Simple [3D], un Campo (Cuadrado, Rectángulo, Oblicuo).

Para calcular los valores de  $D_A$  local utilizando el maniquí homogéneo con la técnica SAD, para campos sin accesorios especiales solo con ajustes del colimador, y en posición fija del Gantry, mesa de tratamiento, las tolerancias para la evaluación se describe en la cuarta columna de la Tabla 2.2, indicando las diferentes regiones, y en la Figura 2.13 se indican dichas regiones.

#### - Geometría Compleja [3D], tres Campos (Cuadrado, Rectángulo, Cuñas, Pesos).

Para calcular los valores de  $D_A$  local utilizando el maniquí homogéneo con la técnica SAD, para campos complejos con accesorios especiales (ajustes del colimador), posiciones del Gantry en ángulos especiales, con posición fija de la mesa de tratamiento, las tolerancias para la evaluación se describe en la quinta columna de la Tabla 2.2, indicando las diferentes regiones, y en la Figura 2.13 se indica dichas regiones.

#### - Geometrías Combinadas un Campo – Diferentes Ángulos de Gantry [3D - MLCs] (Circular, Irregular, “Y”, Oblicuos)

Para calcular los valores de la  $D_A$  local utilizando el maniquí homogéneo con técnica SAD, en campos de geometría combinada de alta complejidad con accesorios muy especiales, ajustando el colimador de multihojas, posiciones del gantry en ángulos especiales, posición fija de la mesa de tratamiento, las tolerancias en la

evaluación se describen en la sexta columna de la Tabla 2.2, indicando diferentes regiones las cuales se especifican en la Figura 2.13.

Las evaluaciones indicadas anteriormente se realizan utilizando las STC del maniquí (*Phantom*) diseñado y construido para la implementación de un sistema de CC a los TPSs en Teleterapia por auditorías a distancia utilizando dosímetros OSLD nanoDot. La STC del maniquí homogéneo es transferido al TPS, usando la operatividad de dos algoritmos como se detalló en la Sección II.2.1 los procesos de cálculos se realizan por algoritmos a través de la planificación, para el presente trabajo se utilizó los TPSs: CAT3D Versión 5.96, y XIO Release 5.00.02, con este último TPS se realizaron los cálculos para los diferentes regiones con diversas geometrías de interés. A continuación se describen los diversos detalles que se evaluaron en el presente trabajo:

### III.2.9.1 GEOMETRÍAS SIMPLES [3D]: CUADRADO, RECTÁNGULO, OBLÍCUO (25.0°), EN MEDIO HOMOGÉNEO.

#### III.2.9.1.1 UN CAMPO ABIERTO CUADRADO (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), ANTERIOR (0.0°), PESOS IGUALES, PROFUNDIDAD 5.0 cm.

##### a) REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

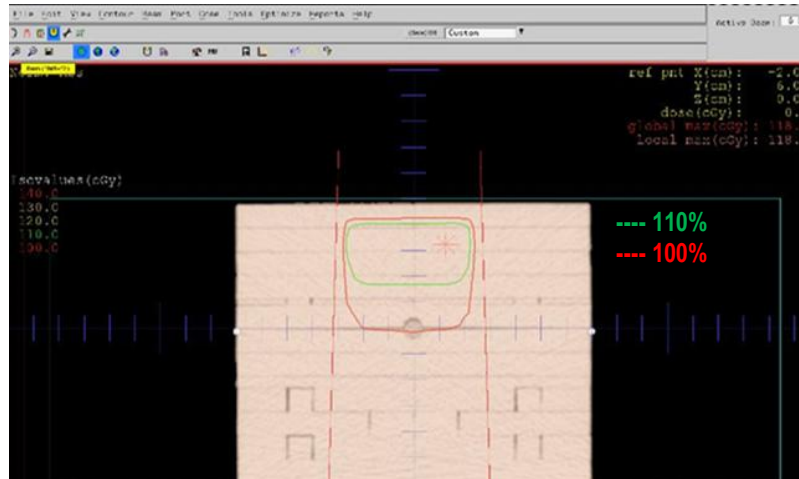
Para determinar  $\delta_1$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.11) con la técnica SAD, realizados en el maniquí homogéneo que contendra la CIC y los OSLD nanoDot: 081 880007, 081 870131, 081 88955A, 082 80381Y, 083 522821, y 085 03080G a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.24. La Figura 3.12 muestra las curvas de isodosis calculadas, para la  $D_A$  local.

RADIOTERAPIA - INEN		Version XiO - Release 5.00.02
Mar/21/2015 11:42:15		Doc: 21320150321.113246.201
Planner ID: test		Teletherapy Sources
Patient ID: 00002314		
Name: ARH, FANTOMA		
Studysset ID: FANTOMANGEL(image)		
Description:		
Rescaled CTs: no Air: -823 Water: -13		
Plan ID: P3 (779)		
Plan description:		
Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry		
Treatment Plan Approved: No		
Treatment Date: Jan/16/2015		
Beam weighting mode: Absolute dose/MU		
Beam Number		
6		
Description	EJE CENRAL HAZ	
Machine ID	03INFNT6X	
Collimator	Asym	
Setup/Dist (cm)	SSD/95.0	
SSD/Wt fan SSD (cm)	95.0/95.0	
Field Size at Isocenter	X1/X2 3.0/3.0	
Field Size (cm)	Y2/Y1 3.0/3.0	
Coll. Eq. Square (cm)	6.00	
Blk. Eq. Square (cm)	6.10	
Gantry/Coil angle (deg)	0.0/0.0	
Couch (deg)	0.0	
Isocenter/Beam entry	Entry	
X, Y, Z(cm)	-0.23/0.10/4.99	
Tx aids:		
Port	MLC	
Port/MLC normalization	blocked	
Calc algorithm	Superposition	
Weight (cGy)/No. fractions	100.0/1	
X, Y, Z (cm)	-0.22/0.10/-0.01	
Defined at	Afb.point	
Depth; skin (cm)	5.0	
Effective; skin (cm)	5.2	
TAR/TPR/PDD	TPRA/PSCF/PSCF(0)(blk)	
At depth	---	
At effective	1.619	
PSCF(0)/PSCF(ec)	0.700/0.953	
Dose Output	0.627(cGy/MU)	
SCD/SWD (cm)	110.0/100.0	
Ref. Depth or Dmax(cm)	10.0	
Tray Factor(composite)	1.000	
Min or MU(open/wdg)	110.94 (MU)	
Integer MU(open/wdg)	111	
DICOM Entry X, Y, Z(cm)	-0.23/-4.99/0.10	
DICOM Wt X, Y, Z (cm)	-0.22/0.01/0.10	

Figura 3.11: Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una  $D_A$  local, determinación de las UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.24.

**Tabla 3.24:** Algoritmo, técnica, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una  $D_A$  local, programación del tiempo de irradiación (UMs) en la consola de control del LINAC, para la región  $\delta_1$  ubicada a lo largo del eje del haz.

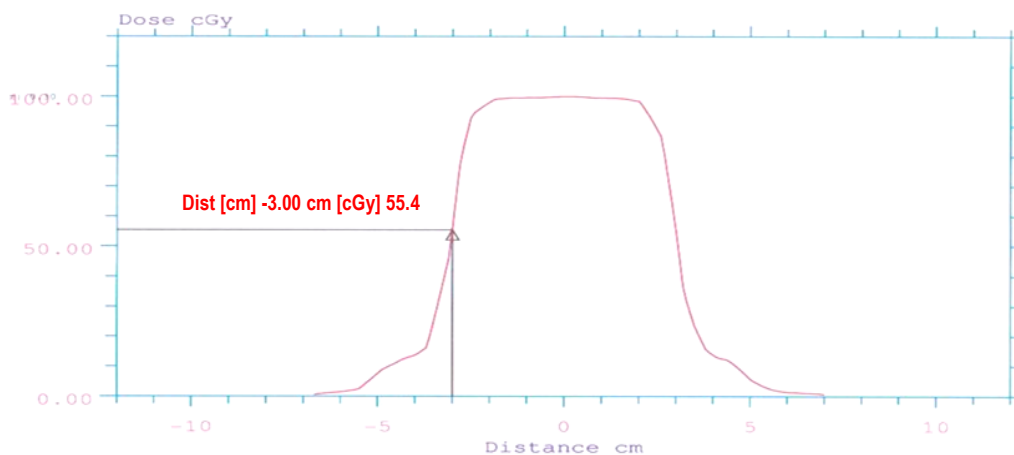
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	$D_A$ local [cGy]	Tiempo [UM]	Posición [°]			Algoritmo [Cálculo]
						Gantry	Colimador	Mesa	
6.00	6.0 x 6.0	95.00	5.00	100.00	111.00	0.00	0.00	0.00	Superposición



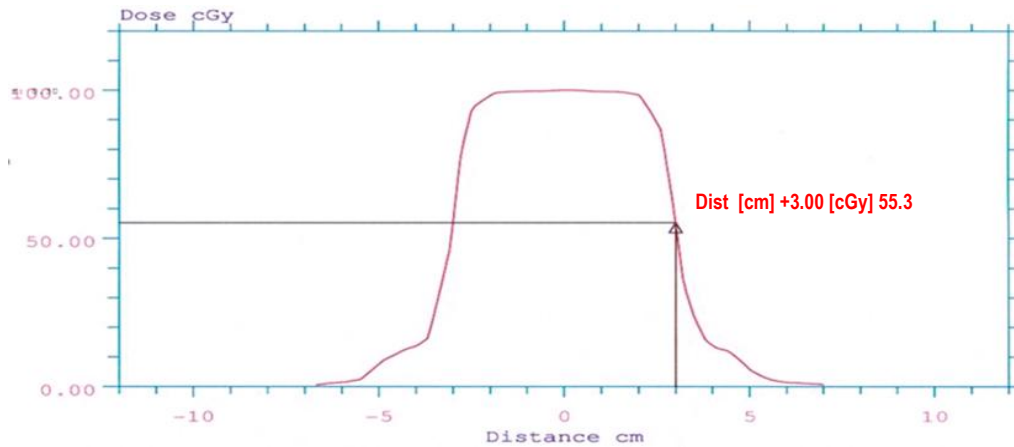
**Figura 3.12:** Curvas de isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una  $D_A$  local de 100.0 cGy en el maniquí homogéneo con técnica SAD a una profundidad 5.0 cm, energía 6.0 MV campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, con gantry, colimador, mesa a: 0.0°.

**b) REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_2$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.11) con la técnica SAD, determinándose  $D_A$ s locales de 55.40 cGy, y 55.30 cGy correspondiente a los puntos -3.0 cm, y + 3.0 cm (Figuras 3.13a, y 3.13b) del perfil orientado en el eje de abscisas (*cross planne*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.25.



**Figura 3.13a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-3.0 cm) y  $D_A$  local (55.4 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región negativa  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.



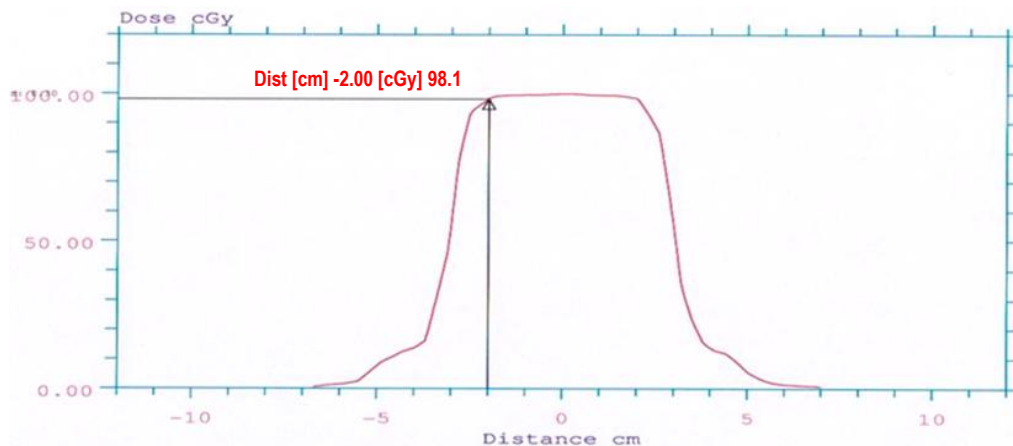
**Figura 3.13b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+3.0 cm) y  $D_A$  local (55.3 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región positiva  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.

**Tabla 3.25:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

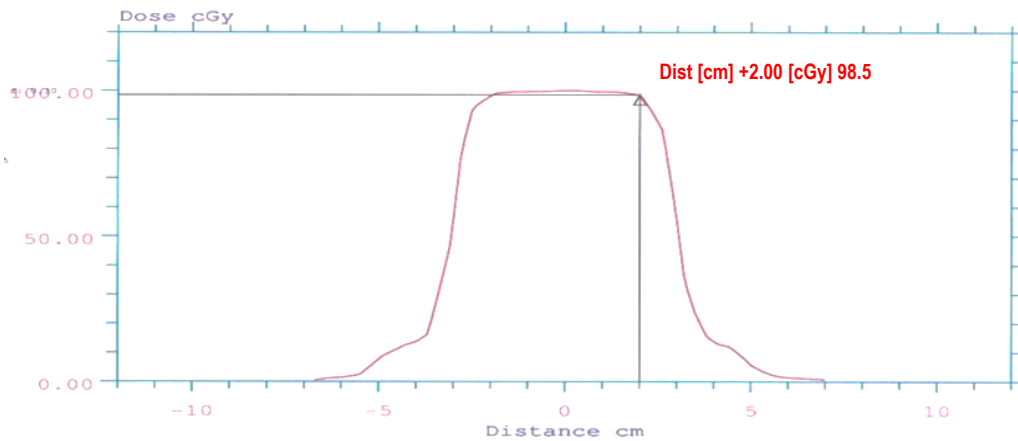
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posic., $D_A$ , Región [cm] - [cGy] - $\delta_2$		Posición [°]			Algoritmo [Cálculo]
				-3.00	+3.00	Gantry	Colimador	Mesa	
6.00	6.0 x 6.0	95.00	5.00	55.40	55.30	0.00	0.00	0.00	Superposición

**c) REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DEL CAMPO – FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_3$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.11) con la técnica SAD, determinándose  $D_A$ s locales de 98.10 cGy, y 98.50 cGy correspondiente a los puntos -2.0 cm, y +2.0 cm (Figuras 3.14a, y 3.14b) del perfil orientado en el eje de abscisas (*cross planne*), valores a medir en el maniqui homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.26.



**Figura 3.14a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-2.0 cm) y  $D_A$  local (98.1 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región negativa  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz de radiación.



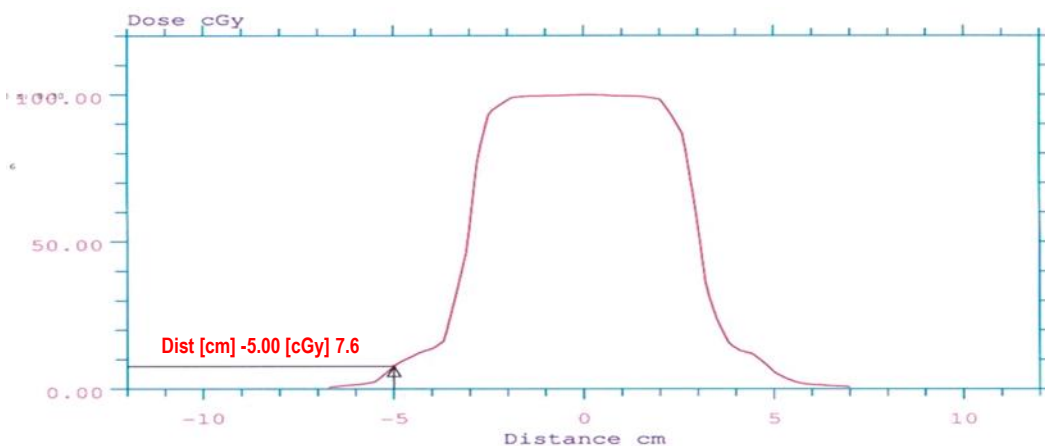
**Figura 3.14b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+2.0 cm) y  $D_A$  local (98.5 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región positiva  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz de radiación.

**Tabla 3.26:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

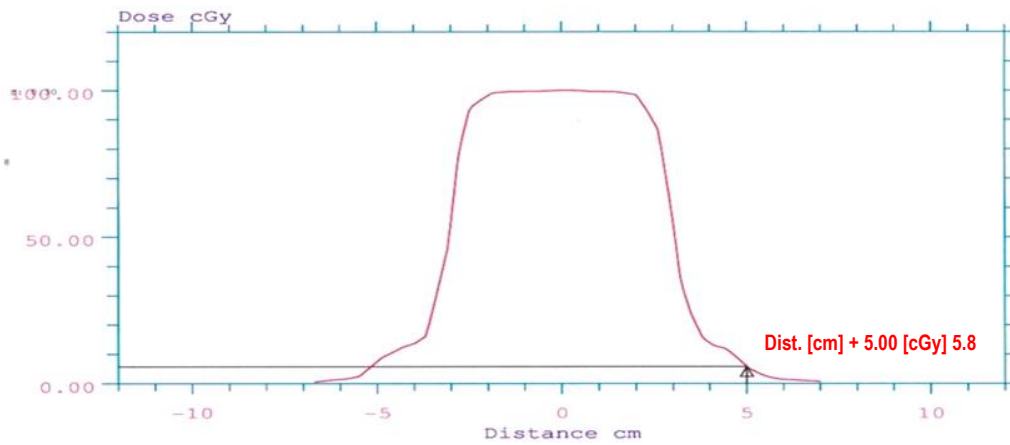
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posic., $D_A$ , Región [cm] – [cGy] - $\delta_3$		Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
				-2.00	+2.00	Gantry	Colimador	Mesa	
6.00	6.0 x 6.0	95.00	5.00	98.10	98.50	0.00	0.00	0.00	Superposición

**d) REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_4$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.11) con la técnica SAD, determinándose  $D_A$ s locales de 7.60 cGy, y 5.80 cGy correspondiente a los puntos -5.0 cm, y +5.0 cm (Figuras 3.15a, y 3.15b) del perfil orientado en el eje de abscisas (*cross planne*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.27.



**Figura 3.15a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-5.0 cm) y  $D_A$  local (7.6 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región negativa  $\delta_4$ , fuera del campo de radiación.



**Figura 3.15b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+5.0 cm) y  $D_A$  local (5.8 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región positiva  $\delta_4$ , fuera del campo de radiación.

**Tabla 3.27:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [mv]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posic., $D_A$ , Región [cm] - [cGy] - $\delta_4$		Posición Gantry [°]			Algoritmo [cálculo]
				-5.00	+5.00	Gantry	Colimador	Mesa	
6.00	6.0 x 6.0	95.00	5.00	7.60	5.80	0.00	0.00	0.00	Superposición

### III.2.9.1.2 UN CAMPO ABIERTO RECTÁNGULAR (6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>), ANTERIOR (0°), PESOS IGUALES, PROFUNDIDAD 5.0 cm.

#### a) REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Para determinar  $\delta_1$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.16) con la técnica SAD, realizados en el maniquí homogéneo que contenía la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.28. La Figura 3.17 muestra las curvas de isodosis calculadas, para la  $D_A$  local.

RADIOTERAPIA - INEN		Teletherapy Sources	
Mar/12/2015 13:49:02		Version XiO - Release 5.00.02	
Planner ID: test		Doc: 21320150312.134845.102	
Patient ID: 0002314			
Name: ARH. FANTOMA			
Studysset ID: FANTOMANGEL(image)			
Description:			
Rescaled CTs: no Air: -823 Water: -13			
Plan ID: pl (*12)			
Plan description:			
Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry			
Treatment Plan Approved: No			
Treatment Date: Jan/16/2015			
Beam weighting mode: Absolute dose/MU			
		Beam Number	
		5	
Description	EJE CENTRAL HAZ		
Machine ID	03INENTGX		
Collimator	Asym		
Setup/Dist (cm)	SSD/95.0		
SSD/Wt fan SSD (cm)	95.0/95.0		
Field Size at Isocenter			
Field Size (cm)	X1/X2 3.0/3.0		
Field Size (cm)	Y2/Y1 2.0/2.0		
Coll. Eq. Square (cm)	4.80		
Blk. Eq. Square (cm)	5.04		
Gantry/Coll angle (deg)	0.0/0.0		
Couch (deg)	0.0		
Isocenter/Beam entry	Entry		
X, Y, Z (cm)	-0.23/0.10/4.99		
Tx aids:			
Port	MLC		
Port/MLC normalization	blocked		
Calc algorithm	Superposition		
Weight (cGy)/No. fractions	100.0/1		
X, Y, Z (cm)	-0.21/0.10/-0.02		
Defined at	Atb.point		
Depth; skin (cm)	5.0		
Effective; skin (cm)	5.2		
TAR/TPR/DD	TPRXPSCF/PSCF(0)(blk		
At depth	---		
At effective	1.598		
PSCF(0)/PSCF(ec)	0.700/0.932		
Dose Output	0.608(cGy/MU)		
SCD/SWD (cm)	110.0/100.0		
Ref. Depth or Dmax(cm)	10.0		
Tray Factor(composite)	1.000		
Min or MU(open/wdg)	113.29 (MU)		
Integer MU(open/wdg)	113		
DICOM Entry X, Y, Z(cm)	-0.23/-4.99/0.10		
DICOM Wt X, Y, Z (cm)	-0.21/0.02/0.10		

Figura 3.16: Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una  $D_A$  local, para la determinación de las UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parametros indicados en la Tabla 3.27.

Tabla 3.28: Algoritmo, técnica, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una  $D_A$  local, programación del tiempo de irradiación (UMs) en la consola de control del LINAC, para la región  $\delta_1$  ubicada a lo largo del eje del haz.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	$D_A$ local [cGy]	Tiempo [UM]	Posición [°]			Algoritmo [Cálculo]
						Gantry	Colimador	Mesa	
6.00	6.0 x 4.0	95.00	5.00	100.00	113.00	0.00	0.00	0.00	Superposición

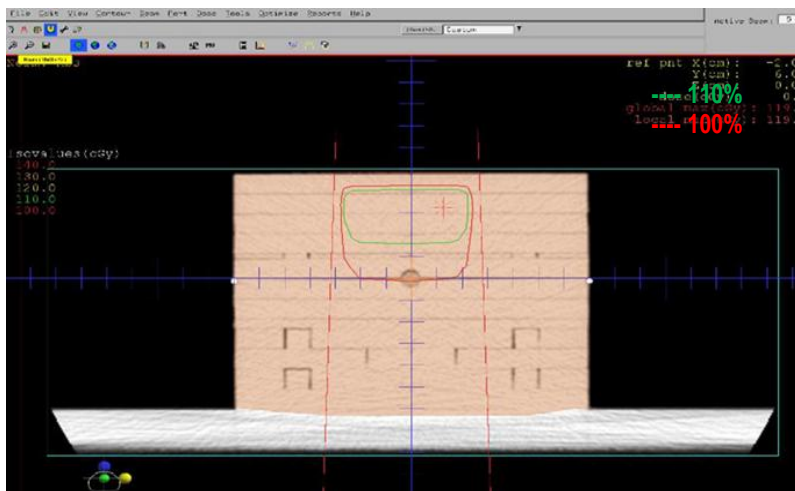
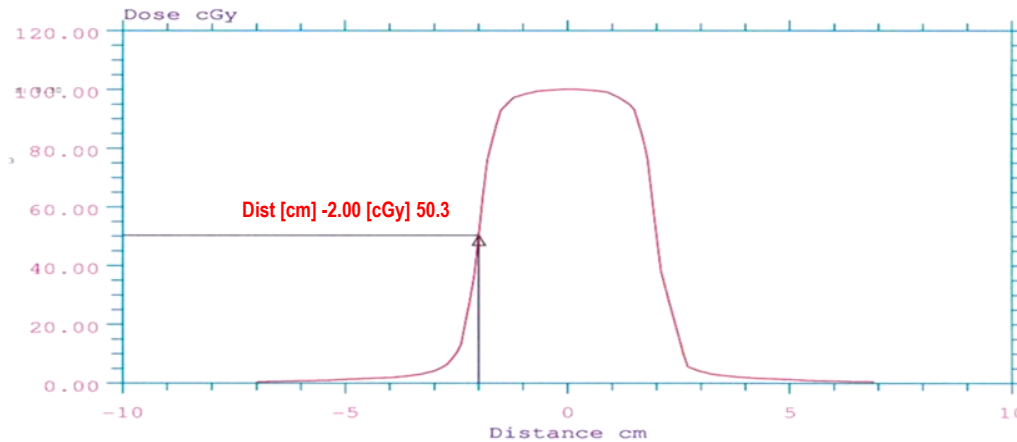


Figura 3.17: Curvas de isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una  $D_A$  local de 100.0 cGy en el maniquí homogéneo con técnica SAD a una profundidad 5.0 cm, energía 6.0 MV campo de 6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>, con gantry, colimador, mesa a: 0.0°.

**b) REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_2$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.16) con la técnica SAD, determinándose  $D_A$ s locales de 50.30 cGy, y 49.70 cGy correspondiente a los puntos -2.0 cm, y +2.0 cm (Figuras 3.18a, y 3.118b) del perfil orientado en el eje de abscisas (*cross planne*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.29.



**Figura 3.18a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-2.0 cm) y  $D_A$  local (50.3 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región negativa  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.



**Figura 3.18b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+2.0 cm) y  $D_A$  local (49.7 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región positiva  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.

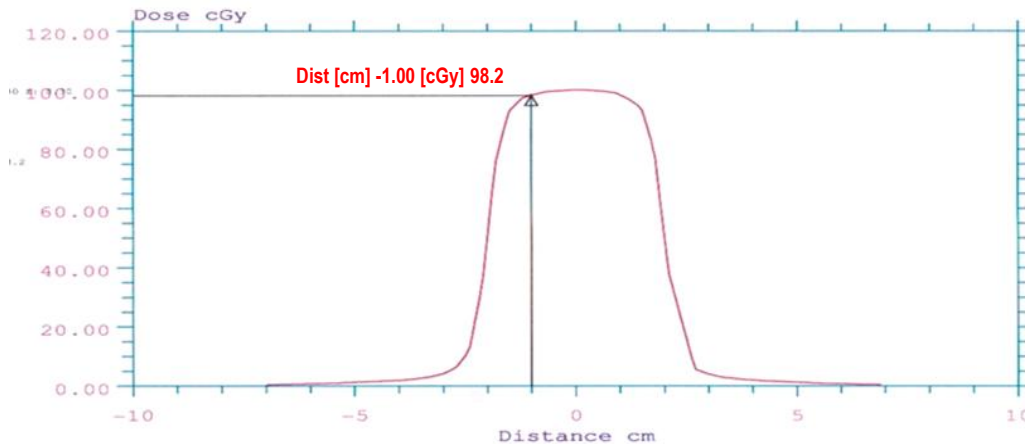
**Tabla 3.29:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posic., $D_A$ , Región [cm] - [cGy] - $\delta_2$		Posición [°]			Algoritmo [Cálculo]
				-2.00	+2.00	Gantry	Colimador	Mesa	
6.00	6.0 x 4.0	95.00	5.00	50.30	49.70	0.00	0.00	0.00	Superposición

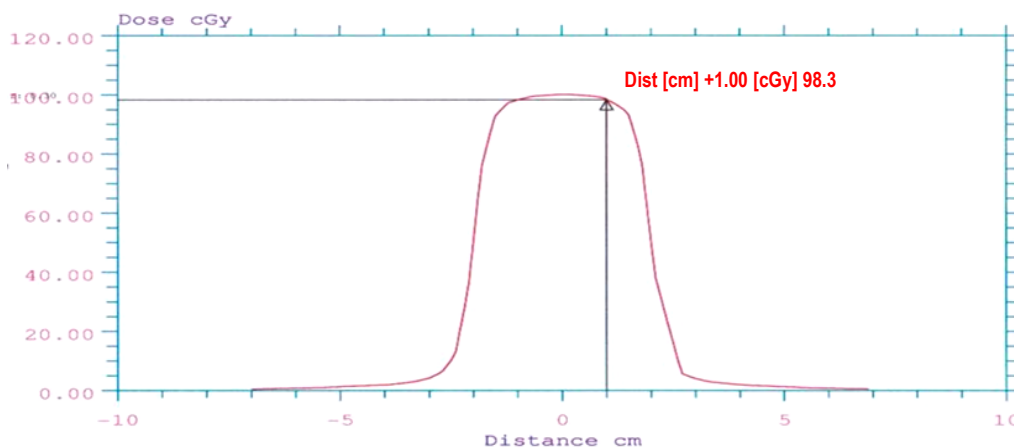


**c) REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DEL CAMPO – FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_3$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.16) con la técnica SAD, determinándose  $D_A$ s locales de 98.20 cGy, y 98.30 cGy correspondiente a los puntos -1.0 cm, y +1.0 cm (Figuras 3.19a, y 3.19b) del perfil orientado en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.30.



**Figura 3.19a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-1.0 cm) y  $D_A$  local (98.2 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región negativa  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz de radiación.



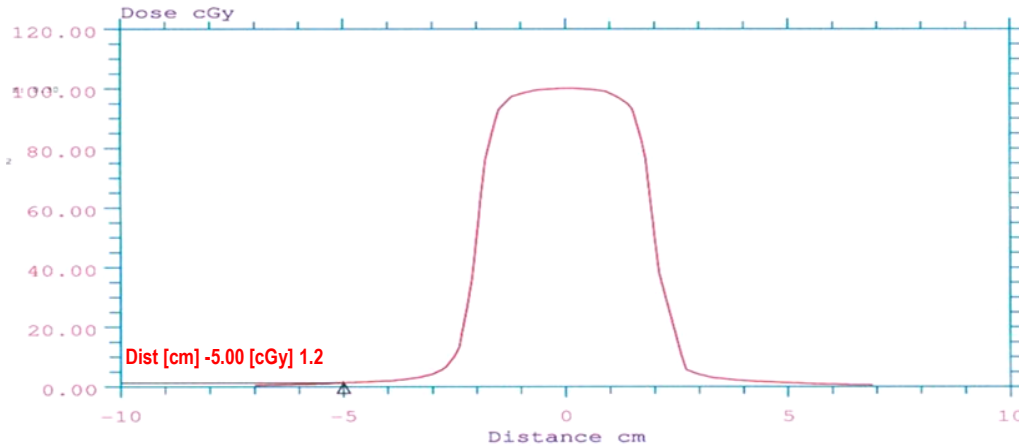
**Figura 3.19b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+1.0 cm) y  $D_A$  local (98.3 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región positiva  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz de radiación.

**Tabla 3.30:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

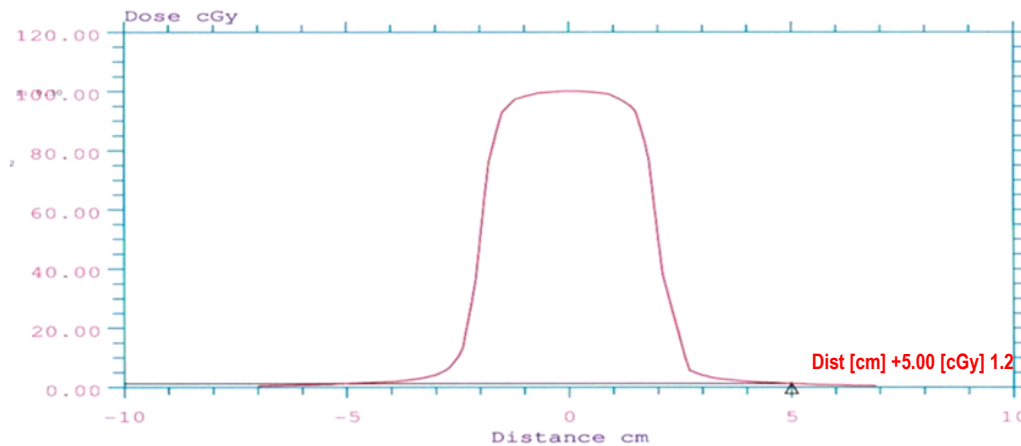
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posic., $D_A$ , Región [cm] – [cGy] - $\delta_3$		Posición [°]			Algoritmo [Cálculo]
				-1.00	+1.00	Gantry	Colimador	Mesa	
6.00	6.0 x 4.0	95.00	5.00	98.20	98.30	0.00	0.00	0.00	Superposición

**d) REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_4$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.16) con la técnica SAD, determinándose  $D_A$ s locales de 1.20 cGy, y 1.20 cGy correspondiente a los puntos -5.0 cm, y +5.0 cm (Figuras 3.20a, y 3.20b) del perfil orientado en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.31.



**Figura 3.20a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-5.0 cm) y  $D_A$  local (1.2 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región negativa  $\delta_4$ , fuera del campo de radiación.



**Figura 3.20b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+5.0 cm) y  $D_A$  local (1.2 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región positiva  $\delta_4$ , fuera del campo de radiación.

**Tabla 3.31:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posic., $D_A$ , Región [cm] - [cGy] - $\delta_4$		Posición [°]			Algoritmo [Cálculo]
				-5.00	+5.00	Gantry	Colimador	Mesa	
6.00	6.0 x 4.0	95.00	5.00	1.20	1.20	0.00	0.00	0.00	Superposición

### III.2.9.1.3 UN CAMPO ABIERTO CUADRADO (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), GANTRY 25.0°, PESOS IGUALES, PROFUNDIDAD 5.5 cm.

#### a) REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

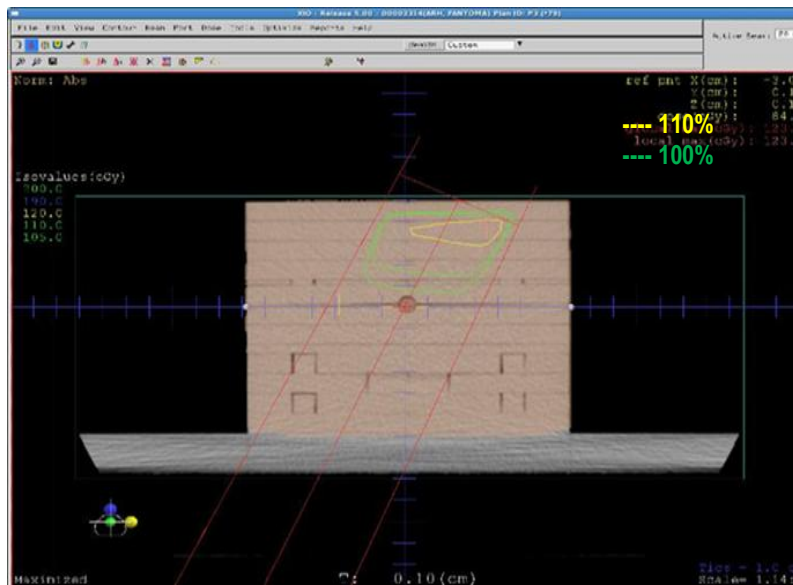
Para determinar  $\delta_1$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.21) con la técnica SAD, realizados en el maniquí homogéneo que contendrá la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry 25.0°, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.32. La Figura 3.22 muestra las curvas de isodosis calculadas, para la D<sub>A</sub> local.

RADIOTERAPIA - INEN		Version XiO - Release 5.00.02
Mar/21/2015 11:52:42		Doc: 21320150321.115116.203
Planner ID: test		Teletherapy Sources
Patient ID: 00002314		
Name: ARH, FANTOMA		
Studyset ID: FANTOMANGEL(image)		
Description:		
Rescaled CTs: no Air: -823 Water: -13		
Plan ID: P3 (*79)		
Plan description:		
Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry		
Treatment Plan Approved: No		
Treatment Date: Jan/16/2015		
Beam weighting mode: Absolute dose/MU		
Beam Number		
28		
Description	cam obl	
Machine ID	03INFNT6X	
Collimator	Asym	
Setup/Dist (cm)	SSD/94.5	
SSD/Wt fan SSD (cm)	94.5/94.5	
Field Size at Isocenter	X1/X2 3.0/3.0	
Field Size (cm)	Y2/Y1 3.0/3.0	
Coll. Eq. Square (cm)	6.00	
Blk. Eq. Square (cm)	6.23	
Gantry/Coll angle (deg)	25.0/0.0	
Couch (deg)	0.0	
Isocenter/Beam entry	Entry	
X, Y, Z (cm)	2.11/0.10/4.99	
Tx aids:		
Port	MLC	
Port/MLC normalization	blocked	
Calc algorithm	Superposition	
Weight (cGy)/No. fractions	100.0/1	
X, Y, Z (cm)	-0.22/0.10/-0.01	
Defined at	Arb.point	
Depth; skin (cm)	5.5	
Effective; skin (cm)	5.8	
TAR/TPR/PDD	TPRXPSCF/PSCF(0)(blk	
At depth	---	
At effective	1.587	
PSCF(0)/PSCF(ec)	0.700/0.953	
Dose Output	0.627(cGy/MU)	
SCD/SWD (cm)	110.0/100.0	
Ref. Depth or Dmax(cm)	10.0	
Tray Factor(composite)	1.000	
Min or MU(open/wdg)	113.19 (MU)	
Integer MU(open/wdg)	113	
DICOM Entry X, Y, Z (cm)	2.11/-4.99/0.10	
DICOM Wt X, Y, Z (cm)	-0.22/0.01/0.10	

Figura 3.21: Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una D<sub>A</sub> local, determinación de las UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.31.

Tabla 3.32: Algoritmo, técnica, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una D<sub>A</sub> local, programación del tiempo de irradiación (UMs) en la consola de control del LINAC, para la región  $\delta_1$  ubicada a lo largo del eje del haz.

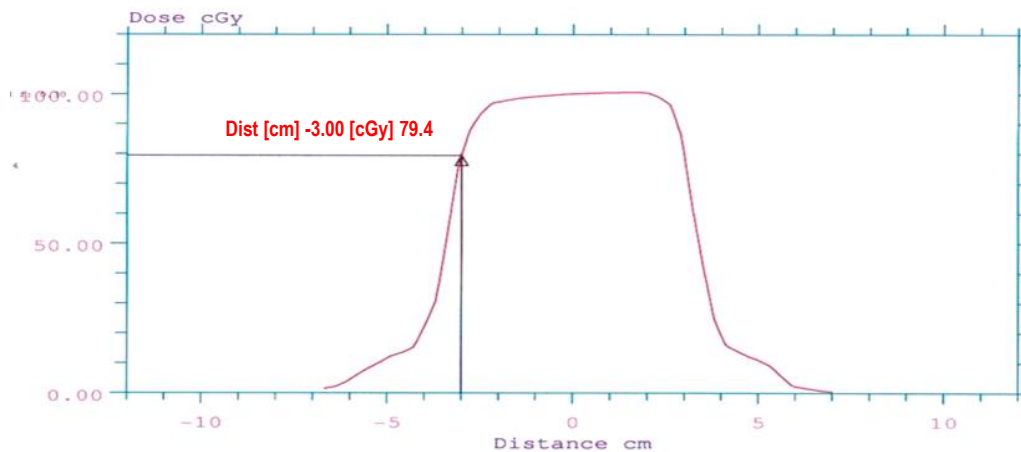
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	D <sub>A</sub> local [cGy]	Tiempo [UM]	Posición [°]			Algoritmo [Cálculo]
						Gantry	Colimador	Mesa	
6.00	6.0 x 6.0	94.50	5.50	100.00	113.00	25.00	0.00	0.00	Superposición



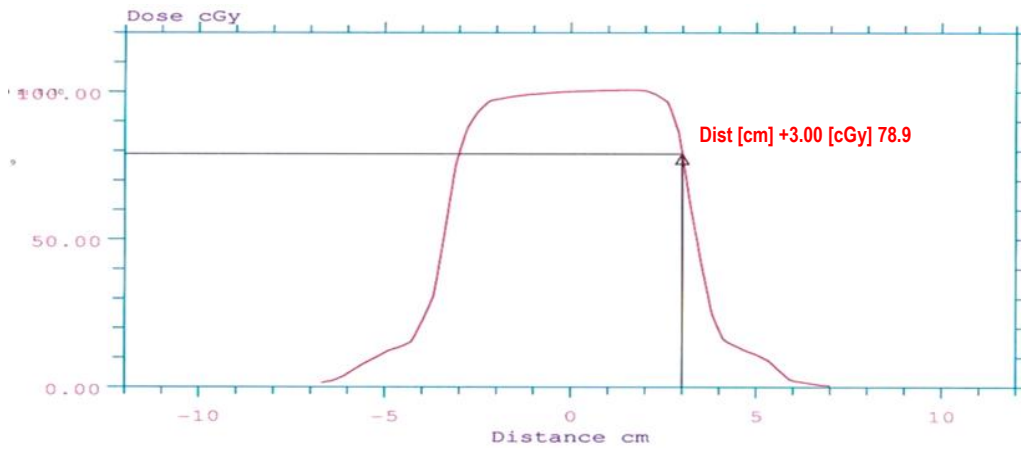
**Figura 3.22:** Curvas de isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una  $D_A$  local de 100.0 cGy en el maniquí homogéneo con técnica SAD a una profundidad 5.0 cm, energía 6.0 MV campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, con gantry 25.0°, colimador, mesa a: 0.0°.

**b) REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_2$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.21) con la técnica SAD, determinándose  $D_A$  locales de 79.40 cGy, y 78.90 cGy correspondiente a los puntos -3.0 cm, y +3.0 cm (Figuras 3.23a, y 3.23b) del perfil orientado en el eje de abscisas (*cross planne*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry 25.0°, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.33.



**Figura 3.23a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-3.0 cm) y  $D_A$  local (79.4 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry 25.0°, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región negativa  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.



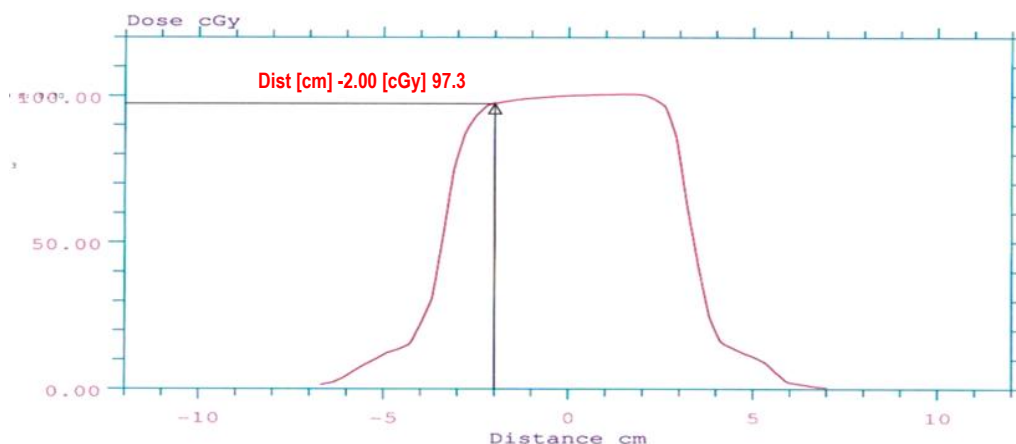
**Figura 3.23b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+3.0 cm) y  $D_A$  local (78.9 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry 25.0°, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región positiva  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.

**Tabla 3.33:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

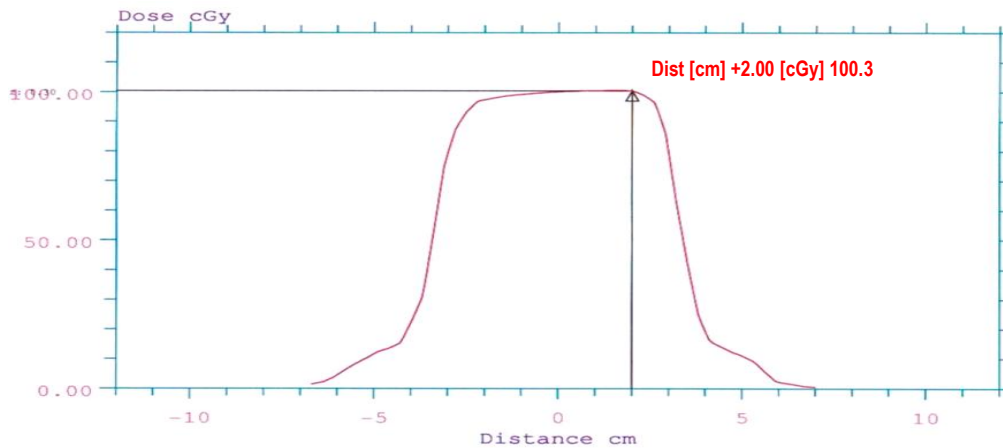
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posic., $D_A$ , Región [cm] – [cGy] - $\delta_2$		Posición [°]			Algoritmo [Cálculo]
				-3.00	+3.00	Gantry	Colimador	Mesa	
6.00	6.0 x 6.0	94.50	5.50	79.40	78.90	25.00	0.00	0.00	Superposición

**c) REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DEL CAMPO – FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_3$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.21) con la técnica SAD, determinándose  $D_{As}$  locales de 97.30 cGy, y 100.30 cGy correspondiente a los puntos -2.0 cm, y +2.0 cm (Figuras 3.24a, y 3.24b) del perfil orientado en el eje de abscisas (*cross planne*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry 25.0°, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.34.



**Figura 3.24a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-2.0 cm) y  $D_A$  local (97.3 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry 25.0°, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región negativa  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz de radiación.



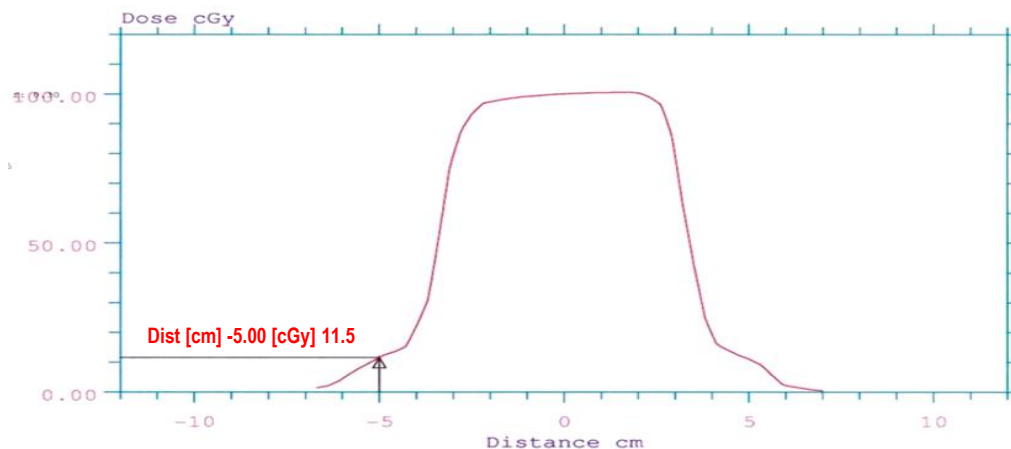
**Figura 3.24b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+2.0 cm) y  $D_A$  local (100.3 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry 25.0°, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región positiva  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz de radiación.

**Tabla 3.34:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

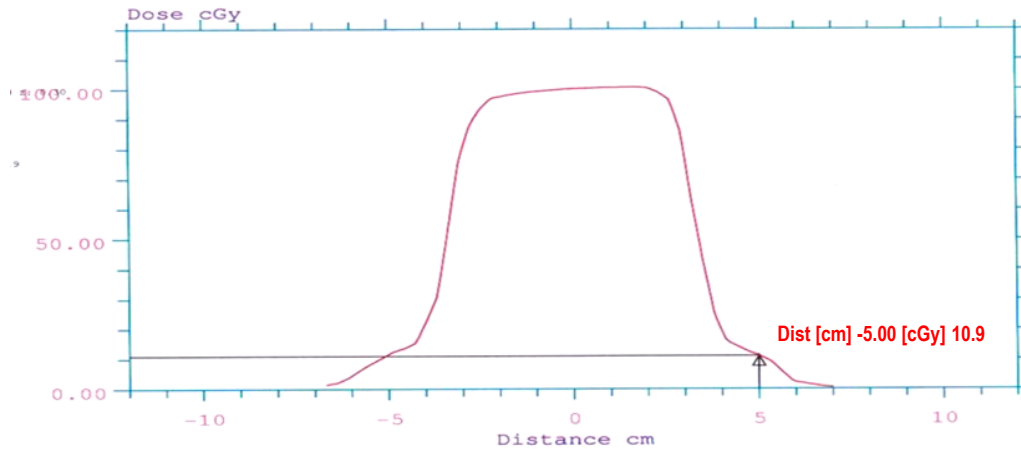
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posic., $D_A$ , Región [cm] – [cGy] - $\delta_3$		Posición [°]			Algoritmo [Cálculo]
				-2.00	+2.00	Gantry	Colimador	Mesa	
6.00	6.0 x 6.0	94.50	5.50	97.30	100.30	25.00	0.00	0.00	Superposición

**d) REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_4$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.21) con la técnica SAD, determinándose  $D_A$ s locales de 11.50 cGy, y 10.90 cGy correspondiente a los puntos -5.0 cm, y +5.0 cm (Figuras 3.25a, y 3.25b) del perfil orientado en el eje de abscisas (*cross planne*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry 25.0°, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.35.



**Figura 3.25a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-5.0 cm) y  $D_A$  local (11.5 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry 25.0°, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región negativa  $\delta_4$ , fuera del campo de radiación.



**Figura 3.25b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+5.0 cm) y  $D_A$  local (10.9 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry 25.0°, colimador, y mesa a: 0.0°, para la región positiva  $\delta_4$ , fuera del campo de radiación.

**Tabla 3.35:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posic., $D_A$ , Región [cm] – [cGy]		Posición [°]			Algoritmo [Cálculo]
				-5.00	+5.00	Gantry	Colimador	Mesa	
6.00	6.0 x 6.0	94.50	5.50	11.50	10.90	25.00	0.00	0.00	Superposición

### III.2.9.2 GEOMETRÍA COMPLEJA [3D]: CUADRADOS, RECTÁNGULOS, CUÑAS, PESOS CON TRES CAMPOS ABIERTOS A: 0.0°, 90.0°, Y 270.0°, MEDIO HOMOGÉNEO.

#### III.2.9.2.1 TRES CAMPOS ABIERTOS CUADRADO (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), ANTERIOR (0°), DOS LATERALES (90°, y 270°), PESOS IGUALES, PROFUNDIDAD: 5.0, 6.8, Y 6.9 cm.

##### a) REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Para determinar  $\delta_1$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.26), con la técnica SAD realizados en el maniquí homogéneo que contendrá la CIC y los OSLD nanoDot: 085 03080G, 083 522821, 082 80381Y, 081 88955A, 081 870131, y 081 880007 a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.36. La Figura 3.27 muestra las curvas de isodosis calculadas, para la  $D_A$  local.

RADIOTERAPIA - INEN Mar/21/2015 12:19:40 Planner ID: test		Teletherapy Sources						Version XiO - Release 5.00.02 Doc: 21320150321.121805.207											
Patient ID: 00002314 Name: ARH, FANTOMA Studyset ID: FANTOMANGEL(image) Description: Rescaled CTs: no Air: -823 Water: -13 Plan ID: P3 (*79) Plan description: Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry Treatment Plan Approved: No Treatment Date: Jan/16/2015 Beam weighting mode: Absolute dose/MU																			
		Beam Number 10						Beam Number 11						Beam Number 12					
Description		3CA 6X6 0 90 270 P I						3CA 6X6 0 90 270 P I						3CA 6X6 0 90 270 P I					
Machine ID		03INFNT6X						03INFNT6X						03INFNT6X					
Collimator		Asym						Asym						Asym					
Setup/Diat (cm)		SSD/95.1						SSD/93.1						SSD/93.1					
SSD/At fan SSD (cm)		95.1/95.0						93.1/93.2						93.1/93.1					
Field Size at Isocenter																			
Field Size (cm)		X1/X2 3.0/3.0						X1/X2 3.0/3.0						X1/X2 3.0/3.0					
Field Size (cm)		Y2/Y1 3.0/3.0						Y2/Y1 3.0/3.0						Y2/Y1 3.0/3.0					
Coll. Eq. Square (cm)		6.00						6.00						6.00					
Blk. Eq. Square (cm)		6.10						6.27						6.28					
Gantry/Coll angle (deg)		0.0/0.0						90.0/0.0						270.0/0.0					
Couch (deg)		0.0						0.0						0.0					
Isocenter/Beam entry		Entry						Entry						Entry					
X, Y, Z(cm)		-0.06/0.10/4.93						6.86/0.10/0.02						-6.92/0.10/0.02					
Tx aids:																			
Port		MLC						MLC						MLC					
Port/MLC normalization		blocked						blocked						blocked					
Calc algorithm		Superposition						Superposition						Superposition					
Weight (cGy)/No. fractions		66.7/1						66.7/1						66.7/1					
X, Y, Z (cm)		-0.02/0.10/0.00						-0.02/0.10/-0.00						-0.02/0.10/0.00					
Defined at		Arb.point						Arb.point						Arb.point					
Depth; skin (cm)		5.0						6.8						6.9					
Effective; skin (cm)		5.2						7.1						7.1					
TAR/TPR/PDD		TPRxPSCF/PSCF(0) (blk)						TPRxPSCF/PSCF(0) (blk)						TPRxPSCF/PSCF(0) (blk)					
At depth		---						---						---					
At effective		1.619						1.506						1.507					
PSCF(0)/PSCF(ec)		0.700/0.953						0.700/0.953						0.700/0.953					
Dose Output		0.627(cGy/MU)						0.627(cGy/MU)						0.627(cGy/MU)					
SCD/SWD (cm)		110.0/100.0						110.0/100.0						110.0/100.0					
Ref. Depth or Dmax(cm)		10.0						10.0						10.0					
Tray Factor(composite)		1.000						1.000						1.000					
Min or MU(open/wdg)		74.02 (MU)						79.48 (MU)						79.46 (MU)					
Integer MU(open/wdg)		74						79						79					
DICOM Entry X, Y, Z(cm)		-0.06/-4.93/0.10						6.86/-0.02/0.10						-6.92/-0.02/0.10					
DICOM Wt X, Y, Z (cm)		-0.02/-0.00/0.10						-0.02/-0.00/0.10						-0.02/-0.00/0.10					

Figura 3.26: Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una D<sub>A</sub> local, determinación de la UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.36.

Tabla 3.36: Algoritmo, técnica, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una D<sub>A</sub> local, programación del tiempo de irradiación (UMs) en la consola de control del LINAC, para la región δ<sub>1</sub> ubicada a lo Largo del Eje del Haz.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Dosis [cGy]	Tiempos [UM]			Posicion Gantry [°]			Algoritmo [Calculo]
6.0	6.0 x 6.0	95.0	93.2	93.1	5.0	6.8	6.9	200.10	74.0	79.0	79.0	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

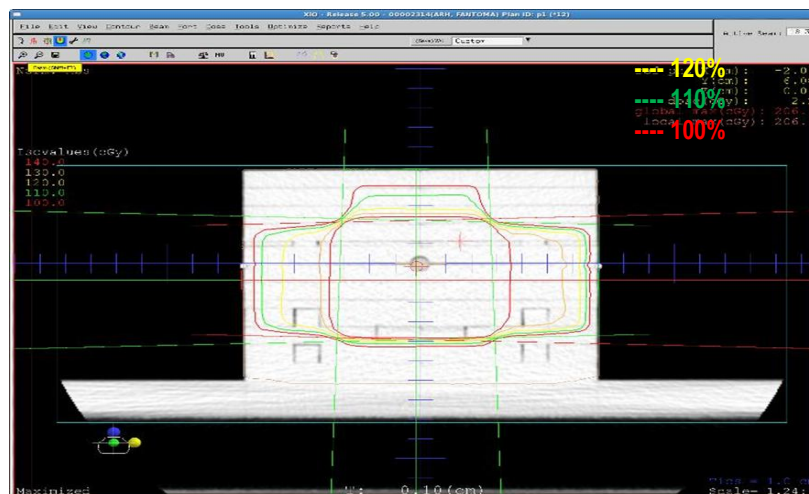
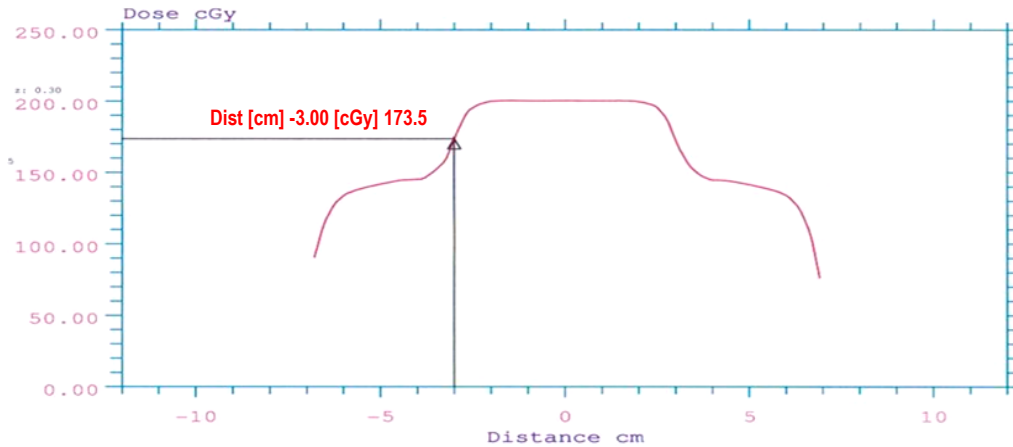


Figura 3.27: Curvas de isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una D<sub>A</sub> local de 200.10 cGy en el maniquí homogéneo con técnica SAD a una profundidad 5.0, 6.8, y 6.9 cm, energía 6.0 MV, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, gantry 0°, 90°, y 270°, colimador, mesa a: 0.0°.

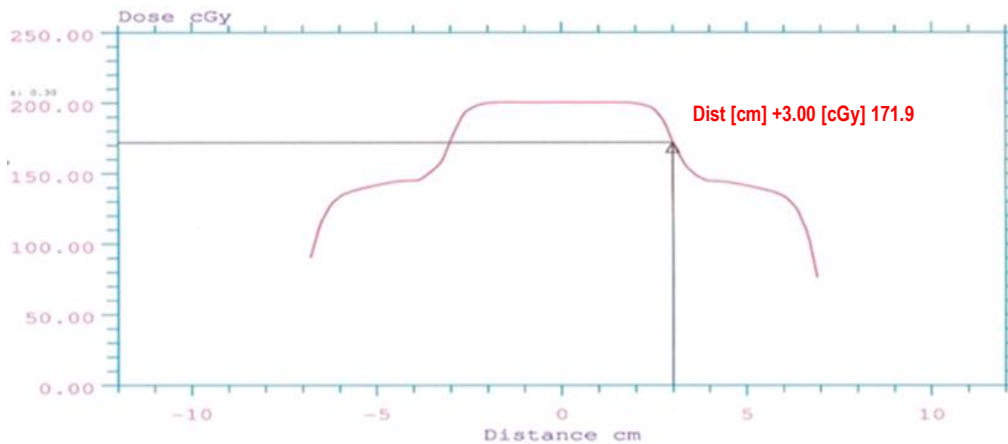


### b) REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Para determinar  $\delta_2$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.26) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 173.50 cGy, y 171.90 cGy correspondiente a los puntos -3.00 cm, +3.00 cm, (Figura 3.28a, y 3.28b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.37.



**Figura 3.28a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-3.0 cm), y  $D_A$  local (173.5 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 6.8, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, para región negativa  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.



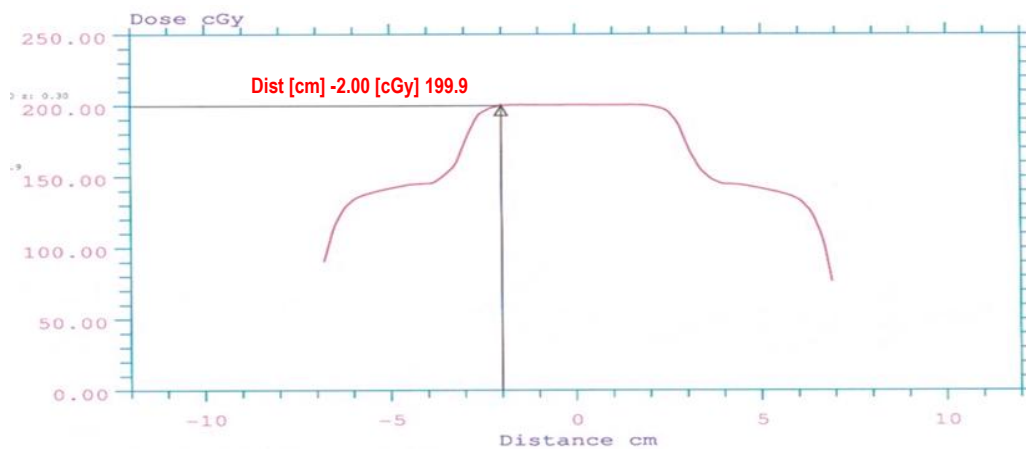
**Figura 3.28b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+3.0 cm), y  $D_A$  local (171.9 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 6.8, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, para región positiva  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.

**Tabla 3.37:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

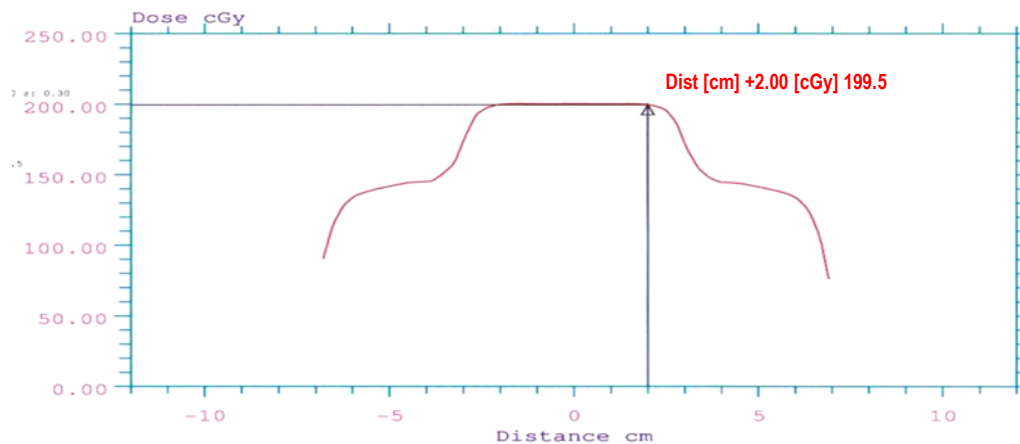
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]		
								-3	+3							
6.00	6.0 x 6.0	95.0	93.2	93.1	5.0	6.8	6.9	173.50	171.90	74.0	79.0	79.0	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

**c) REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DEL CAMPO – FUERA DEL EJE DEL HAZ**

Para determinar  $\delta_3$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.26) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 199.90 cGy, y 199.50 cGy correspondiente a los puntos -2.00 cm, +2.00 cm, (Figura 3.29a, y 3.29b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.38.



**Figura 3.29a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-2.0 cm), y  $D_A$  local (199.9 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 6.8, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, para región negativa  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.



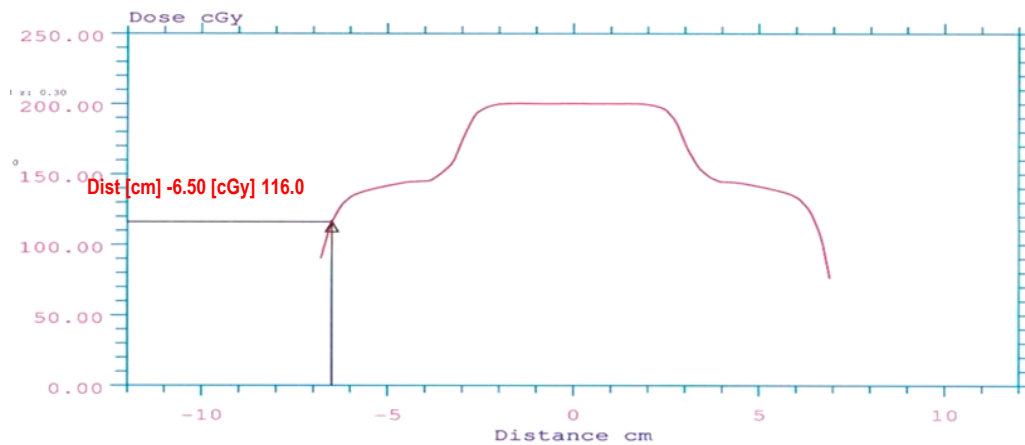
**Figura 3.29b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+2.0 cm), y  $D_A$  local (199.5 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 6.8, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, para región negativa  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.

**Tabla 3.38:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

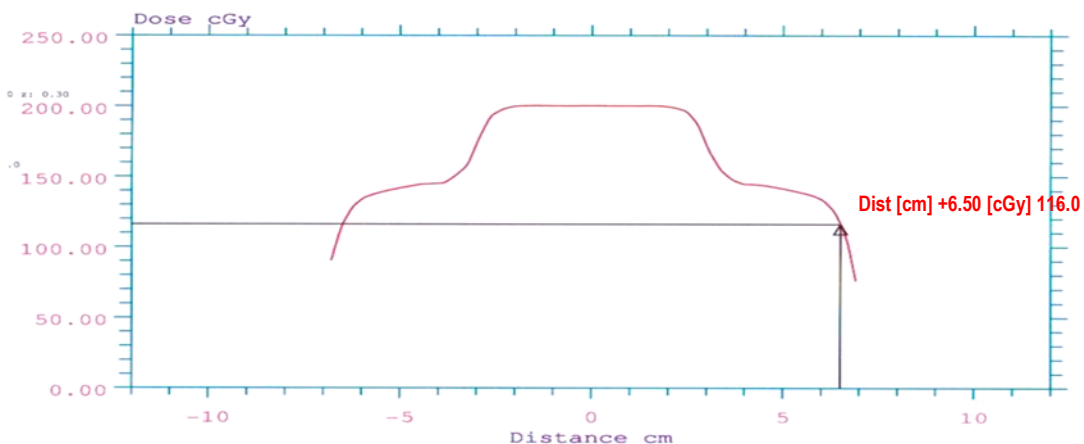
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
		95.0	93.2	93.1	5.0	6.8	6.9	-2	+2	74.0	79.0	79.0	0.0	90.0	270.0	
6.00	6.0 x 6.0	95.0	93.2	93.1	5.0	6.8	6.9	199.90	199.50	74.0	79.0	79.0	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

**d) REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_4$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.26) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 166.0 cGy, y 116.00 cGy correspondiente a los puntos -6.50 cm, +6.50 cm, (Figura 3.30a, y 3.30b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.39.



**Figura 3.30a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-6.5 cm), y  $D_A$  local (166.0 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 6.8, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, para región negativa  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.



**Figura 3.30b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+6.5 cm), y  $D_A$  local (166.0 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 6.8, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, para región positiva  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.

**Tabla 3.39:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
								-6.5	+6.5							
6.00	6.0 x 6.0	95.0	93.2	93.1	5.0	6.8	6.9	116.00	116.00	74.0	79.0	79.0	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

**III.2.9.2.2 TRES CAMPOS ABIERTOS RECTÁNGULO (6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>), ANTERIOR (0°), DOS LATERALES (90°, y 270°), PESOS IGUALES, PROFUNDIDAD 5.00, 7.20, Y 6.90 cm.**

**a) REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.**

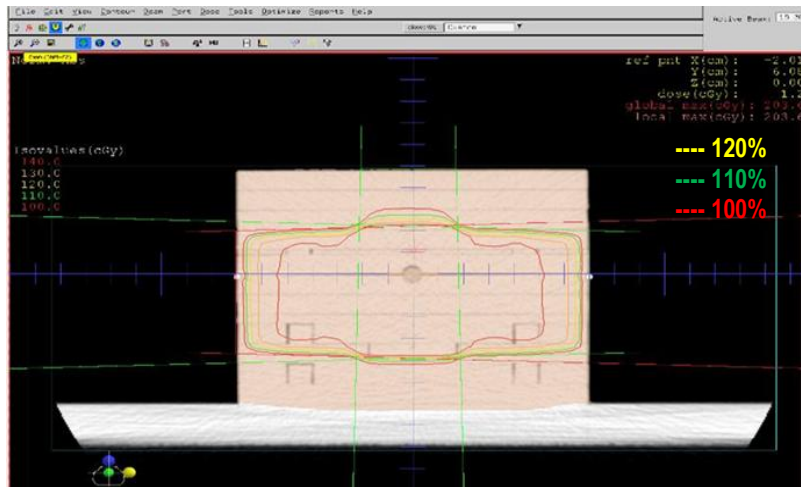
Para determinar  $\delta_1$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.31), cola técnica SAD, realizados en el maniqui homogéneo que contenía la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.40. La Figura 3.32 muestra las curvas de isodosis calculada, para la  $D_A$  local.

RADIOTERAPIA - INEN Mar/12/2015 14:03:29 Planner ID: test		Teletherapy Sources						Version XiO - Release 5.00.02 Doc: 21320150312.140253.101														
Patient ID: 00002314 Name: ARH. FANTOMA Studyset ID: FANTOMANGEL(image) Description: Rescaled CTs: no Air: -823 Water: -13 Plan ID: pl (*12) Plan description: Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry Treatment Plan Approved: No Treatment Date: Jan/16/2015 Beam weighting mode: Absolute dose/MU																						
		Beam Number 13				Beam Number 14				Beam Number 15												
		3CA	4X6	0	90	270	P	I	3CA	4X6	0	90	270	P	I	3CA	4X6	0	90	270	P	I
Description		03INFNT6X				03INFNT6X				03INFNT6X												
Machine ID		66.7/1				66.7/1				66.7/1												
Collimator		SSD/95.0				SSD/95.0				SSD/95.0												
Setup/Dist (cm)		95.0/95.0				95.0/95.0				95.0/95.0												
SSD/Wt fan SSD (cm)																						
Field Size at Isocenter		X1/X2 2.0/2.0				X1/X2 3.0/3.0				X1/X2 3.0/3.0												
Field Size (cm)		Y2/Y1 3.0/3.0				Y2/Y1 2.0/2.0				Y2/Y1 2.0/2.0												
Coll. Eq. Square (cm)		4.80				4.80				4.80												
Bik. Eq. Square (cm)		5.17				5.09				5.09												
Gantry/Coll angle (deg)		0.0/0.0				90.0/0.0				270.0/0.0												
Couch (deg)		0.0				0.0				0.0												
Isocenter/Beam entry		Entry				Entry				Entry												
X, Y, Z (cm)		-0.23/0.10/4.99				6.98/0.10/-0.72				-7.10/0.10/-0.72												
Tx aids:																						
Port		MLC blocked				MLC blocked				MLC blocked												
Port/MLC normalization		Superposition				Superposition				Superposition												
Calc algorithm																						
Weight (cGy)/No. fractions		-0.21/0.10/-0.02				-0.21/0.10/-0.02				-0.21/0.10/-0.02												
X, Y, Z (cm)		Arb.point				Arb.point				Arb.point												
Defined at		5.0				7.2				6.9												
Depth; skin (cm)		5.2				7.4				7.1												
Effectivej skin (cm)		TPRxPSCF/PSCF(0)(blk)				TPRxPSCF/PSCF(0)(blk)				TPRxPSCF/PSCF(0)(blk)												
TAR/TPR/PDD																						
At depth		1.601				1.467				1.487												
At effective		0.700/0.932				0.700/0.932				0.700/0.932												
PSCF(0)/PSCF(ec)		0.608(cGy/MU)				0.608(cGy/MU)				0.608(cGy/MU)												
Dose Output		110.0/100.0				110.0/102.2				110.0/101.9												
SCD/SWD (cm)		10.0				10.0				10.0												
Ref. Depth or Dmax(cm)		1.000				1.000				1.000												
Tray Factor(composite)		75.45 (MU)				85.96 (MU)				84.31 (MU)												
Min or MU(open/wdg)		75				86				84												
Integer MU(open/wdg)		-0.23/-4.99/0.10				6.98/0.72/0.10				-7.10/0.72/0.10												
DICOM Entry X, Y, Z(cm)		-0.21/0.02/0.10				-0.21/0.02/0.10				-0.21/0.02/0.10												
DICOM Wt X, Y, Z (cm)																						

**Figura 3.31:** Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una  $D_A$  local, determinación de la UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.40.

**Tabla 3.40:** Algoritmo, técnica, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una  $D_A$  local, programación del tiempo de irradiación (UMs) en la consola de control del LINAC, para la región  $\delta_1$  ubicada a lo largo del Eje del Haz.

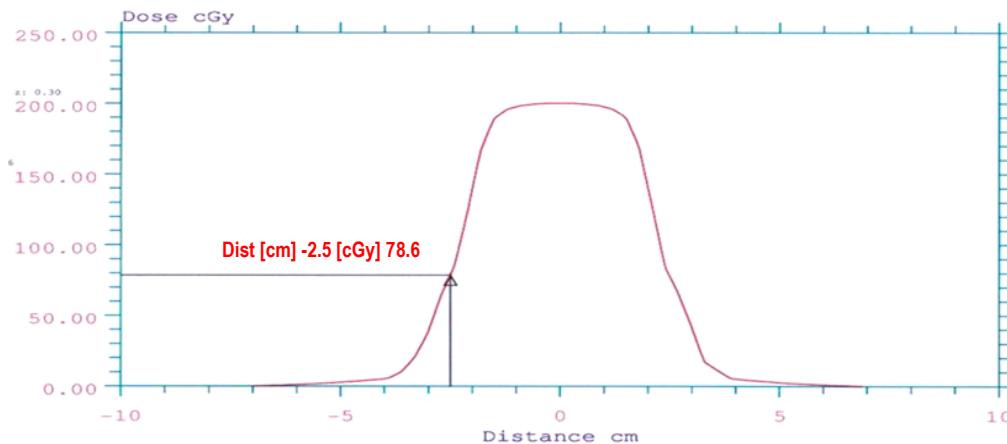
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Dosis [cGy]			Tiempos [UM]			Posicion Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
								200.10	75.0	86.0	84.0	0.0	90.0	270.0			
6.0	6.0 x 4.0	95.0	95.0	95.0	5.0	7.2	6.9	200.10	75.0	86.0	84.0	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION		



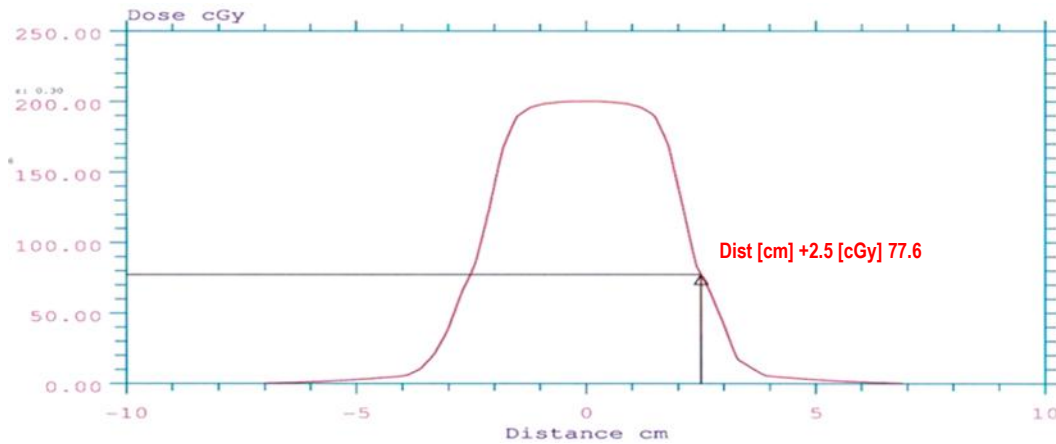
**Figura 3.32:** Curvas de isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una  $D_A$  local de 200.10 cGy en el maniquí homogéneo con técnica SAD a una profundidad 5.0, 6.8, y 6.9 cm, energía 6.0 MV, campo 6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>, gantry 0°, 90°, y 270°, colimador, mesa a: 0.0°.

**b) REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_2$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.26) con la técnica SAD, determinandose  $D_{AS}$  locales de 78.60 cGy, y 77.60 cGy correspondiente a los puntos -2.50 cm, +2.50 cm, (Figura 3.33a, y 3.33b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.41.



**Figura 3.33a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-2.50 cm), y  $D_A$  local (78.6 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 7.2, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, para región negativa  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.



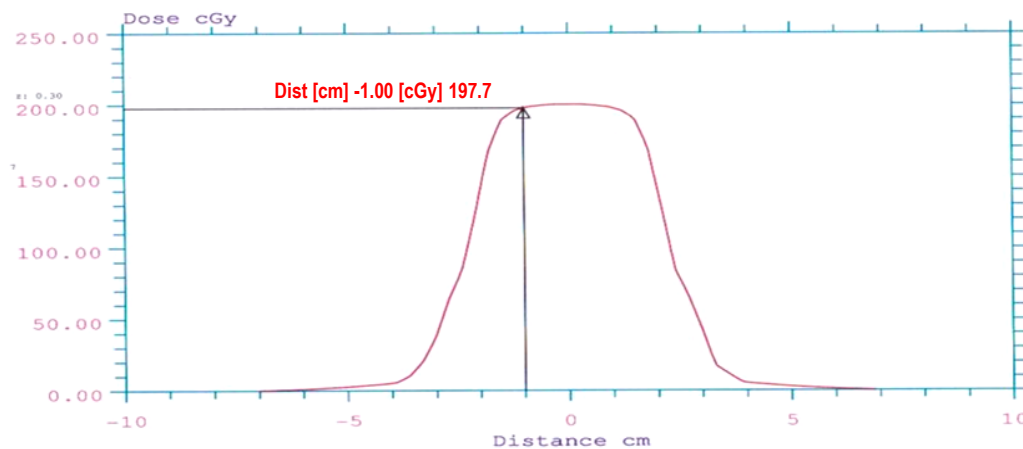
**Figura 3.33b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+2.50 cm), y  $D_A$  local (77.6 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 7.2, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, para región positiva  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.

**Tabla 3.41:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

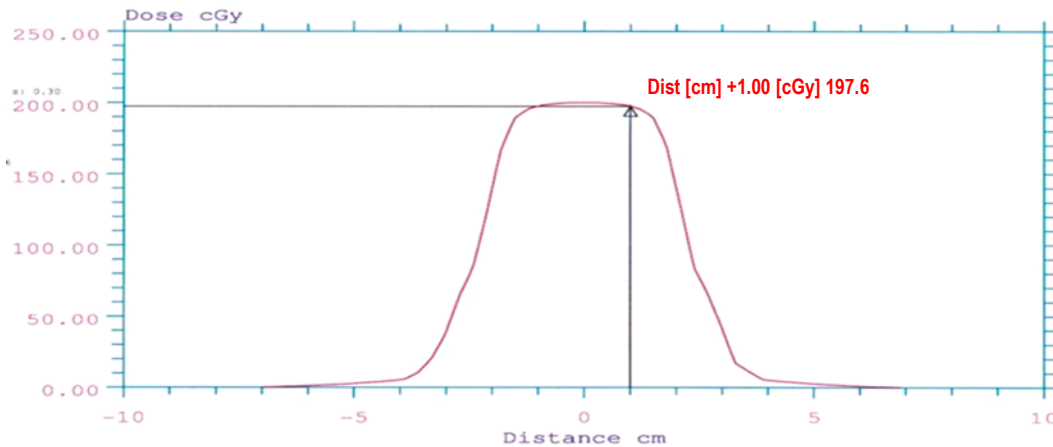
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
								-2.5	+2.5							
6.00	6.0 x 4.0	95.0	95.0	95.0	5.0	7.2	6.9	78.60	77.60	75.0	86.0	84.0	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

**c) REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DEL CAMPO – FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_3$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.31) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 197.70 cGy, y 197.60 cGy correspondiente a los puntos -1.00 cm, +1.00 cm, (Figura 3.34a, y 3.34b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.42.



**Figura 3.34a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-1.0 cm), y  $D_A$  local (197.7 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 7.2, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, para región negativa  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.



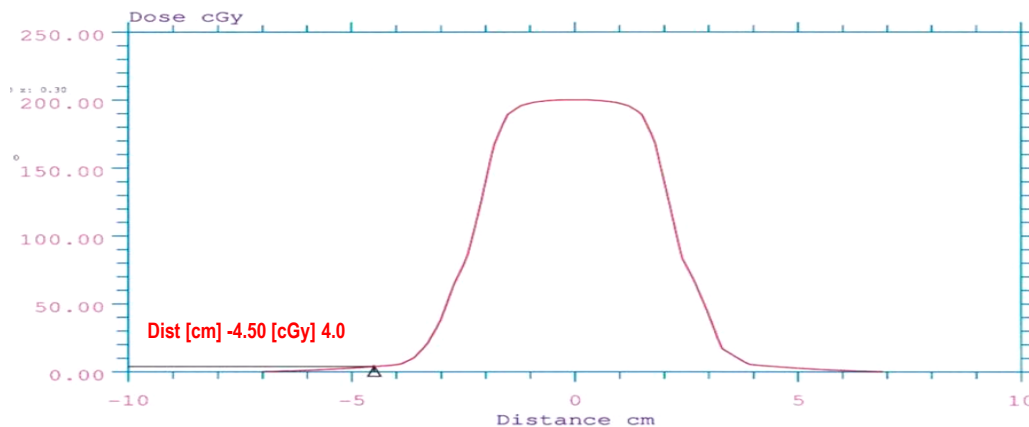
**Figura 3.34b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+1.0 cm), y  $D_A$  local (197.6 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 7.2, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, para región positiva  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.

**Tabla 3.42:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

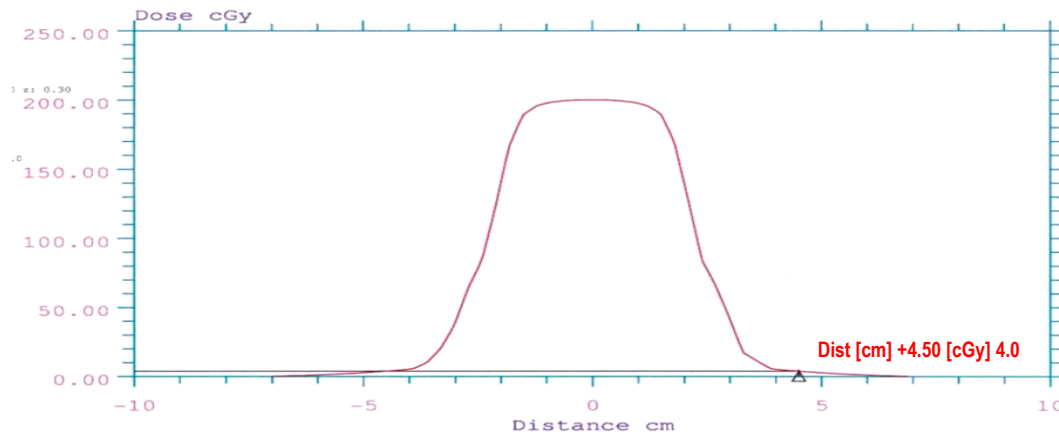
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
								-1	+1							
6.00	6.0 x 4.0	95.0	95.0	95.0	5.0	7.2	6.9	197.70	197.60	75.0	86.0	84.0	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

**d) REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_4$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.31) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 4.00 cGy, y 4.00 cGy correspondiente a los puntos -4.50 cm, +4.50 cm, (Figura 3.35a, y 3.35b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.43



**Figura 3.35a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-4.5 cm), y  $D_A$  local (4.0 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 6.8, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, para región negativa  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.



**Figura 3.35b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+4.5 cm), y  $D_A$  local (4.0 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 6.8, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, para región positiva  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.

**Tabla 3.43:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] - [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
								-4.5	+4.5							
6.00	6.0 x 4.0	95.0	93.2	93.1	5.0	6.8	6.9	4.00	4.00	74.0	79.0	79.0	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

**III.2.9.2.3 TRES CAMPOS ABIERTOS CUADRADO (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), ANTERIOR (0.0°), DOS LATERALES (90.0°, y 270.0°), CON CUÑA VW 60°, PESOS DIFERENTE, PROFUNDIDAD 5.0, 7.2, Y 6.9 cm.**

**a) REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_1$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.36), con técnica SAD, realizados en el maniquí homogéneo que contenía la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador con filtro cuña VW de 60.0°, y mesa, como se indica en la Tabla 3.44. La Figura 3.37 muestra las curvas de isodosis calculada, para la  $D_A$  local.



RADIOTERAPIA - INEN Mar/20/2015 15:34:17 Planner ID: test		Teletherapy Sources						Version XiO - Release 5.00.02 Doc: 21320150320.153330.202					
Patient ID: 00002314 Name: ARH. FANTOMA Studyset ID: FANTOMANGEL(image) Description: Rescaled CTS: no Air: -823 Water: -13 Plan ID: p1 (*79) Plan description: Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry Treatment Plan Approved: No Treatment Date: Jan/16/2015 Beam weighting mode: Absolute dose/MU													
		Beam Number 16			Beam Number 17			Beam Number 18					
Description		3CA 6X6 0 90 270 P D			3CA 6X6 0 90 270 P D			3CA 6X6 0 90 270 P D					
Machine ID		03INFNT6X			03INFNT6X			03INFNT6X					
Collimator		Asym			Asym			Asym					
Setup/Dist (cm)		SSD/95.0			SSD/95.0			SSD/95.0					
SSD/Wt fan SSD (cm)		95.0/95.0			95.0/95.0			95.0/95.0					
Field Size at isocenter													
Field Size (cm)		X1/X2 3.0/3.0			X1/X2 3.0/3.0			X1/X2 3.0/3.0					
Field Size (cm)		Y2/Y1 3.0/3.0			Y2/Y1 3.0/3.0			Y2/Y1 3.0/3.0					
Coll. Eq. Square (cm)		6.00			6.00			6.00					
Blk. Eq. Square (cm)		6.12			6.31			6.32					
Gantry/Coil angle (deg)		0.0/0.0			90.0/0.0			270.0/0.0					
Couch (deg)		0.0			0.0			0.0					
Isocenter/Beam entry		Entry			Entry			Entry					
X, Y, Z (cm)		-0.23/0.10/4.99			6.98/0.10/-0.72			-7.10/0.10/-0.72					
Tx aids:													
Wedge ID/Orient		Motor/Heel-Out			Motor/Heel-Out			Motor/Heel-Out					
WF/norm		0.265/wedged			0.267/wedged			0.267/wedged					
Variable Wedge Angle(deg)		60			60			60					
Port		MLC			MLC			MLC					
Port/MLC normalization		blocked			blocked			blocked					
Calc algorithm		Superposition			Superposition			Superposition					
Weight (cGy)/No. fractions		80.0/1			70.0/1			50.0/1					
Motorized (open/wdg)		0.0/ 80.0			0.0/ 70.0			0.0/ 50.0					
X, Y, Z (cm)		-0.21/0.10/-0.02			-0.21/0.10/-0.02			-0.21/0.10/-0.02					
Defined at		Arb.point			Arb.point			Arb.point					
Depth; skin (cm)		5.0			7.2			6.9					
Effective; skin (cm)		5.2			7.4			7.1					
TAR/TRM/PDD		TRXPSCF/PSCF(0)(blk)			TRXPSCF/PSCF(0)(blk)			TRXPSCF/PSCF(0)(blk)					
At depth		---			---			---					
At effective		1.618			1.494			1.513					
PSCF(0)/PSCF(ec)		0.700/0.953			0.700/0.953			0.700/0.953					
Dose Output		0.627(cGy/MU)			0.627(cGy/MU)			0.627(cGy/MU)					
SCD/SWD (cm)		10.0/100.0			110.0/102.2			110.0/101.9					
Ref. Depth or Dmax(cm)		10.0			10.0			10.0					
Tray Factor (composite)		1.000			1.000			1.000					
Frac MU/time (open/wdg)		0.000/1.000			0.000/1.000			0.000/1.000					
Min or MU(open/wdg)		0.00/335.04 (MU)			0.00/328.97 (MU)			0.00/231.07 (MU)					
Integer MU(open/wdg)		0/335			0/329			0/231					
DICOM Entry X, Y, Z (cm)		-0.23/-4.99/0.10			6.98/0.72/0.10			-7.10/0.72/0.10					
DICOM Wt X, Y, Z (cm)		-0.21/0.02/0.10			-0.21/0.02/0.10			-0.21/0.02/0.10					

Figura 3.36: Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una D<sub>A</sub> local, determinación de la UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.44.

Tabla 3.44: Algoritmo, técnica, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una D<sub>A</sub> local, programación del tiempo de irradiación (UMs) en la consola de control del LINAC, para la región δ<sub>1</sub> ubicada a lo largo del Eje del Haz.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Dosis [cGy]	Tiempos [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
6.0	6.0 x 6.0	95.0	95.0	95.0	5.0	7.2	6.9	200.0	335	329	231	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

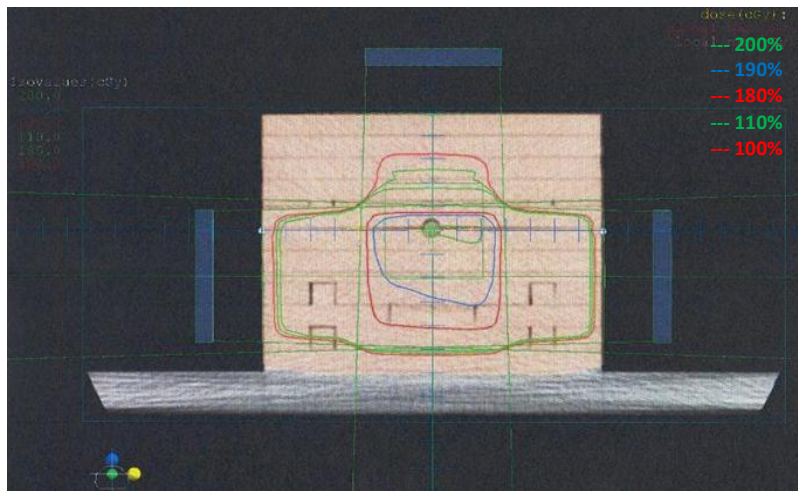
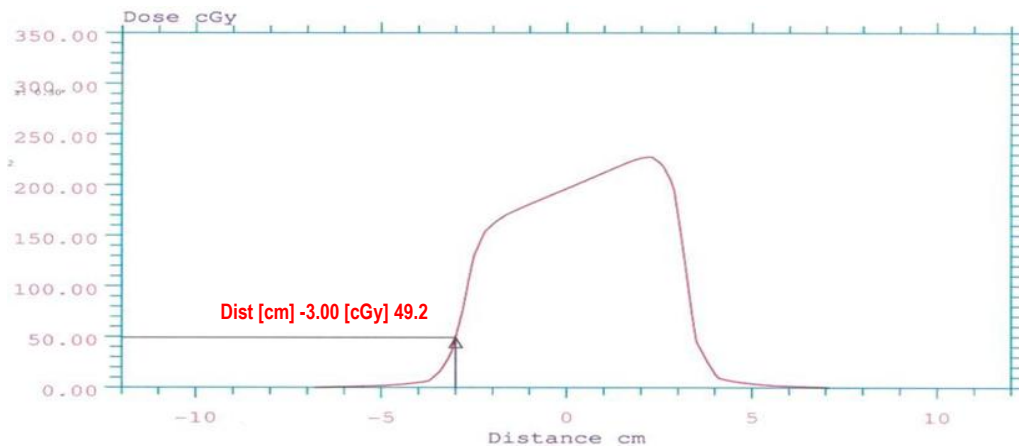


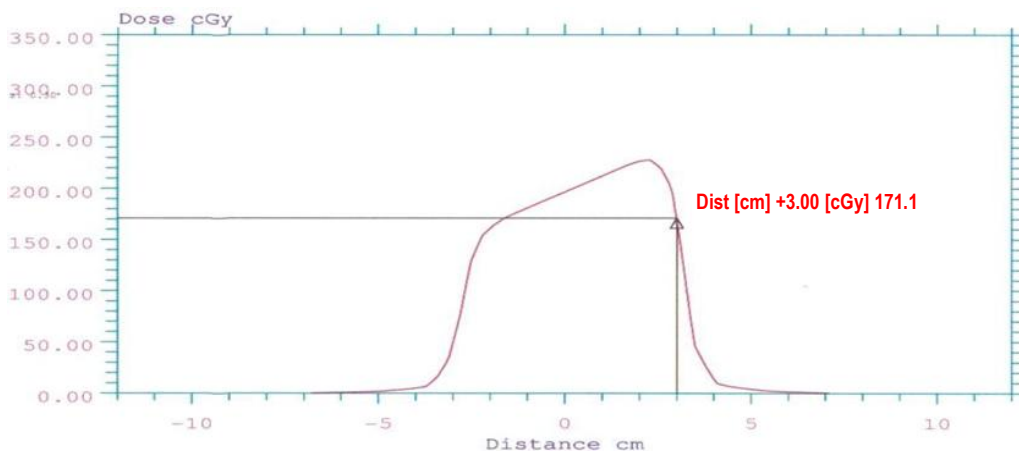
Figura 3.37: Curvas de isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una D<sub>A</sub> local de 200.00 cGy en el maniquí homogéneo con técnica SAD a una profundidad 5.0, 6.8, y 6.9 cm, energía 6.0 MV, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, gantry 0°, 90°, y 270°, mesa a: 0.0°, colimador con filtro cuña VW de 60.0°.

### b) REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Para determinar  $\delta_2$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.36) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 49.20 cGy, y 171.10 cGy correspondiente a los puntos -3.00 cm, +3.00 cm, (Figura 3.38a, y 3.38b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador con filtro cuña VW, y mesa, como se indica en la Tabla 3.45.



**Figura 3.38a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-3.00 cm), y  $D_A$  local (49.2 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo  $6.0 \times 6.0 \text{ cm}^2$ , profundidades 5.0, 7.2, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry  $\alpha$ :  $0.0^\circ$ ,  $90.0^\circ$ , y  $270.0^\circ$ , colimador, mesa  $0.0^\circ$ , con filtro cuña VW  $60.0^\circ$ , para región negativa  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.



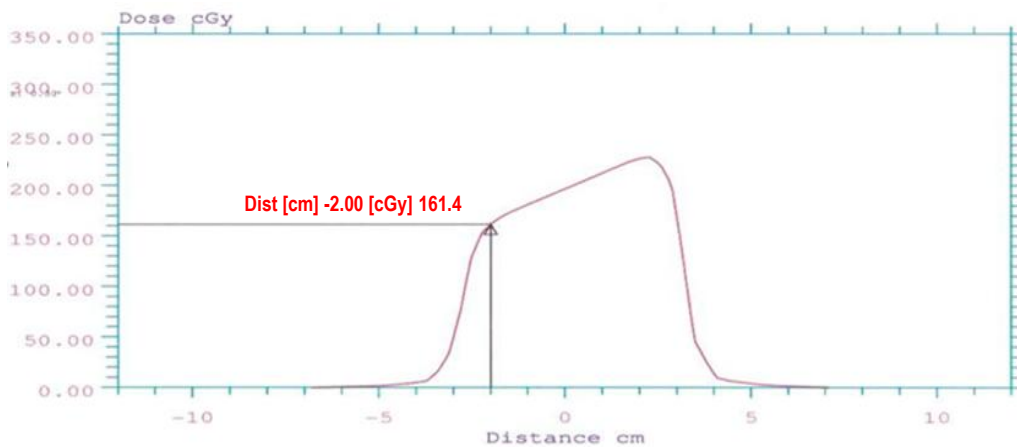
**Figura 3.38b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-3.00 cm), y  $D_A$  local (171.1 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo  $6.0 \times 6.0 \text{ cm}^2$ , profundidades 5.0, 7.2, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry  $\alpha$ :  $0.0^\circ$ ,  $90.0^\circ$ , y  $270.0^\circ$ , colimador, mesa  $0.0^\circ$ , con filtro cuña VW  $60.0^\circ$ , para región positiva  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.

**Tabla 3.45:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

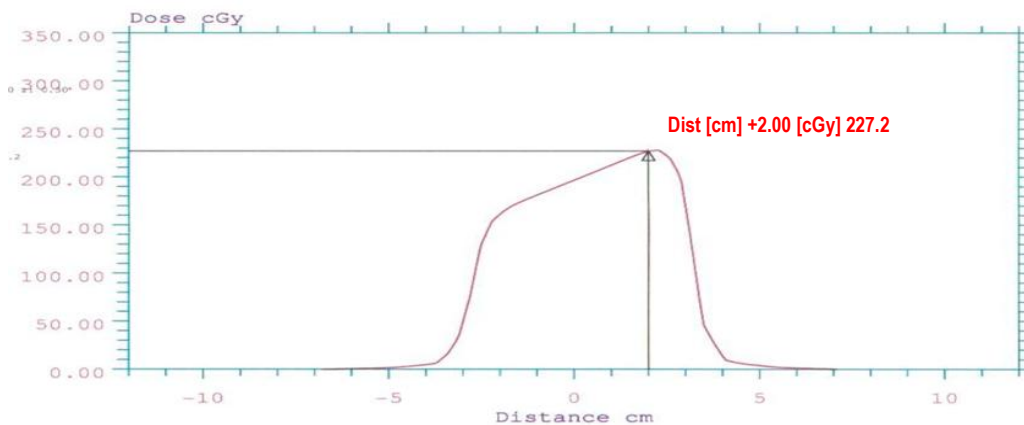
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
								-3	+3							
6.00	6.0 x 6.0	95.0	95.0	95.0	5.0	7.2	6.9	49.2	171.10	335	329	231	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

**c) REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DEL CAMPO – FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_3$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.36) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 161.40 cGy, y 227.20 cGy correspondiente a los puntos -2.00 cm, +2.00 cm, (Figura 3.39a, y 3.39b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador con filtro cuña VW, y mesa, como se indica en la Tabla 3.46.



**Figura 3.39a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-2.00 cm), y  $D_A$  local (161.4 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 7.2, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, colimador, mesa 0.0°, con filtro cuña VW 60.0°, para región negativa  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.



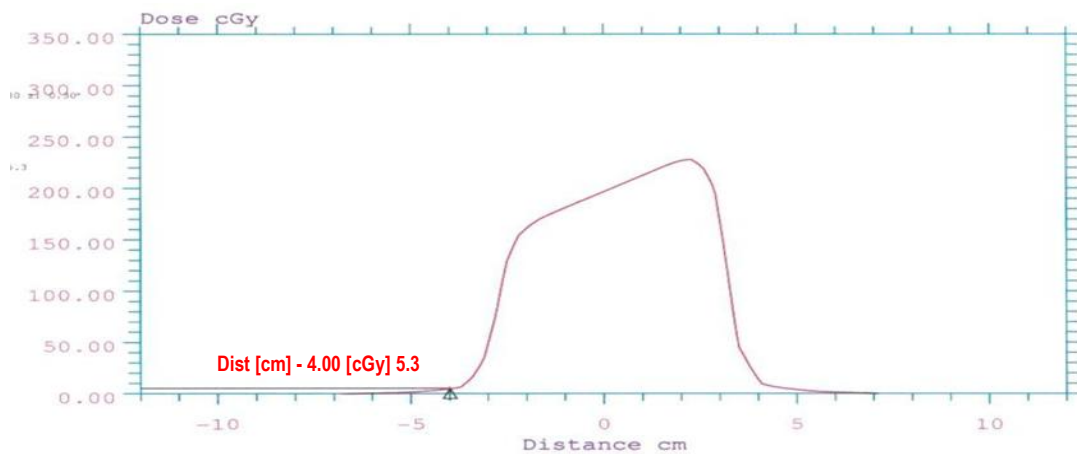
**Figura 3.39b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+2.00 cm), y  $D_A$  local (227.2 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 7.2, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, colimador, mesa 0.0°, con filtro cuña VW 60.0°, para región positiva  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.

**Tabla 3.46:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

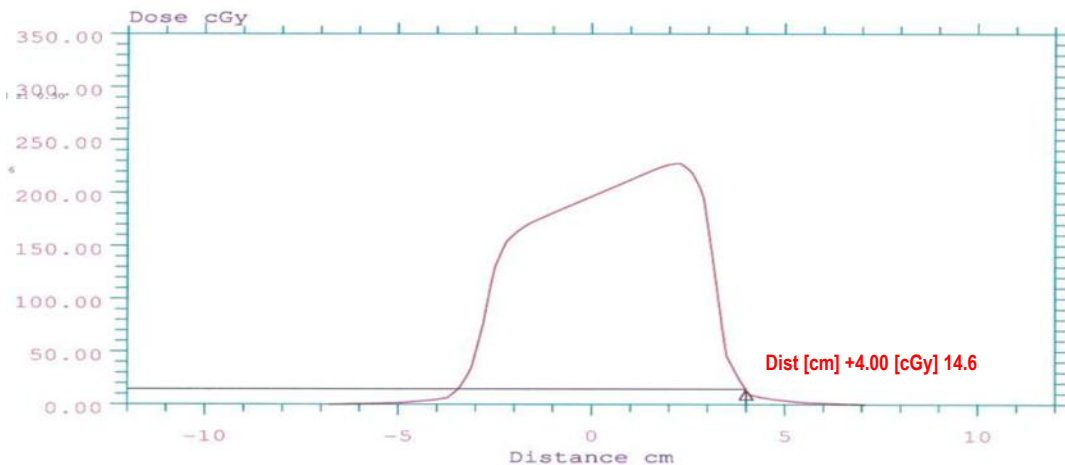
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] - [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
								-2	+2							
6.00	6.0 x 6.0	95.0	95.0	95.0	5.0	7.2	6.9	161.40	227.20	335	329	231	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

**d) REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_4$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.36) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 5.30 cGy, y 14.60 cGy correspondiente a los puntos -4.00 cm, +4.00 cm, (Figura 3.40a, y 3.40b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador con filtro cuña VW, y mesa, como se indica en la Tabla 3.47.



**Figura 3.40a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-4.00 cm), y  $D_A$  local (5.3 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 7.2, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, colimador, mesa 0.0°, con filtro cuña VW 60.0°, para región positiva  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.



**Figura 3.40b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+4.00 cm), y  $D_A$  local (14.6 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0, 7.2, y 6.9 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, colimador, mesa 0.0° con filtro cuña VW 60.0°, para región positiva  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.

**Tabla 3.47:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
								-4.0	+4.0							
6.00	6.0 x 6.0	95.0	95.0	95.0	5.0	7.2	6.9	5.30	14.60	335	329	231	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

### III.2.9.3 GEOMETRÍA COMBINADAS [3D - MLCs] CAMPOS: CIRCULAR, IRREGULAR, “Y INVERTIDA”, OBLICUOS, CON CAMPOS ABIERTOS A: 0.0°, 25.0°, 65.0°, 90.0°, 115°, 245.0°, 270.0°, 295.0°, Y 335.0° EN MEDIO HOMOGÉNEO.

#### III.2.9.3.1 UN CAMPO CIRCULAR ABIERTO CON DIAMETRO= 6.0 cm, ANTERIOR (0°), PROFUNDIDAD 5.0 cm.

##### a) REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

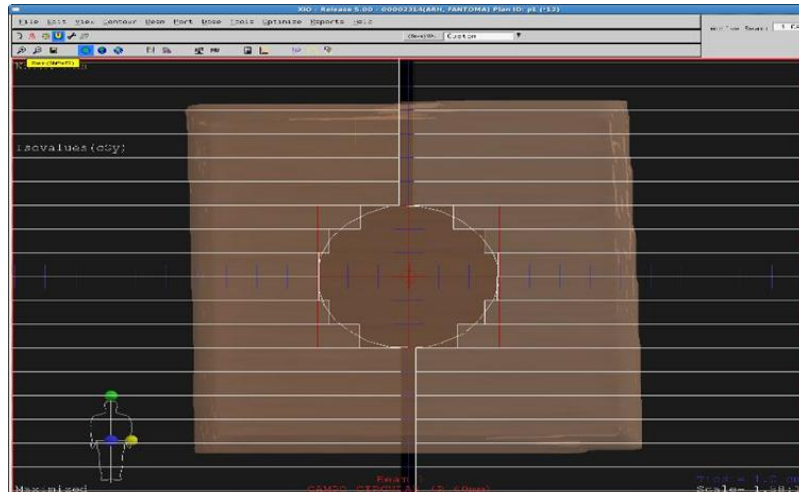
Para determinar  $\delta_1$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.41), con la técnica SAD realizados en el maniquí homogéneo que contendrá la CIC y los OSLD nanoDot: 085 03080G, 083 522821, 082 80381Y, 081 88955A, 081 870131, y 081 880007 a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.48. La Figura 3.42b muestra las curvas de isodosis calculadas, para la  $D_A$  local.

RADIOTERAPIA - INEN		Teletherapy Sources		Version XiO - Release 5.00.02	
Mar/21/2015 12:25:40				Doc: 21320150321.122426.203	
Planner ID: test					
Patient ID: 00002314					
Name: ARH, FANTOMA					
Studyset ID: FANTOMANGEL(image)					
Description:					
Rescaled CTs: no Air: -823 Water: -13					
Plan ID: P3 (*79)					
Plan description:					
Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry					
Treatment Plan Approved: No					
Treatment Date: Jan/16/2015					
Beam weighting mode: Absolute dose/MU					
Beam Number					
1					
Description		CAMPO CIRCULAR (R 60			
Machine ID		Q3INFNT6X			
Collimator		Asym			
Setup/Dist (cm)		SSD/95.1			
SSD/Wt fan SSD (cm)		95.1/95.0			
Field Size at Isocenter					
Field Size (cm)		X1/X2 3.0/3.0			
Field Size (cm)		Y2/Y1 3.0/3.0			
Coll. Eq. Square (cm)		6.00			
Blk. Eq. Square (cm)		5.57			
Gantry/Coll angle (deg)		0.0/0.0			
Couch (deg)		0.0			
Isocenter/Beam entry		Entry			
X, Y, Z (cm)		-0.06/0.10/4.93			
Tx aids:					
Port		MLC			
Port/MLC normalization		Blocked			
Calc algorithm		Superposition			
Weight (cGy)/No. fractions		100.0/1			
X, Y, Z (cm)		-0.06/0.10/0.02			
Defined at		Arb.point			
Depth; skin (cm)		5.0			
Effective; skin (cm)		5.2			
TAR/TPR/PDD		TPR&PSCF/PSCF(0)(blk			
At depth		---			
At effective		1.614			
PSCF(0)/PSCF(ec)		0.700/0.953			
Dose Output		0.627(cGy/MU)			
SCD/SWD (cm)		110.0/100.0			
Ref. Depth or Dmax(cm)		10.0			
Tray Factor (composite)		1.000			
Min or MU(open/wdg)		111.29 (MU)			
Integer MU(open/wdg)		111			
DICOM Entry X, Y, Z (cm)		-0.06/-4.93/0.10			
DICOM Wt X, Y, Z (cm)		-0.06/-0.02/0.10			

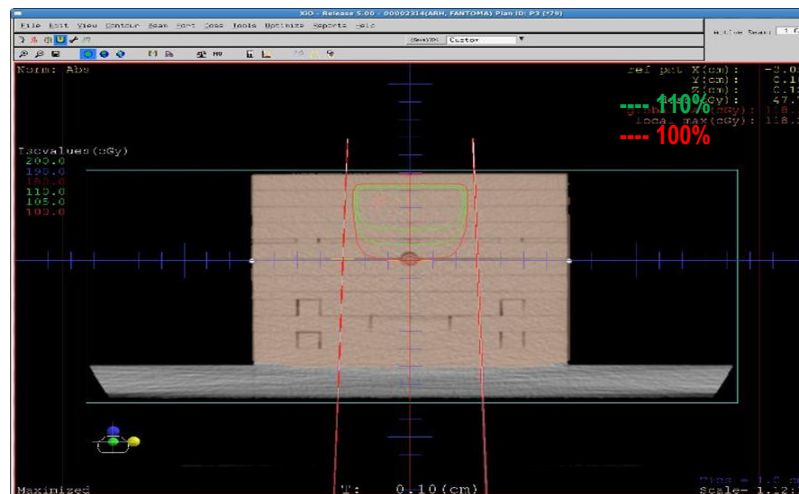
**Figura 3.41:** Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una  $D_A$  local, determinación de la UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.48.

**Tabla 3.48:** Algoritmo, técnica, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una  $D_A$  local, programación del tiempo de irradiación (UMs) en la consola de control del LINAC, para la región  $\delta_1$  ubicada a lo largo del Eje del Haz.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Dosis [cGy]	Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	100.00	111.00	0.00	SUPERPOSICIÓN



**Figura 3.42a:** Configuración de un campo circular delimitado con multihojas (MLCs) sobre el maniquí de acrílico homogéneo, cuyo diámetro es de 6,0 cm configurando un campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>.

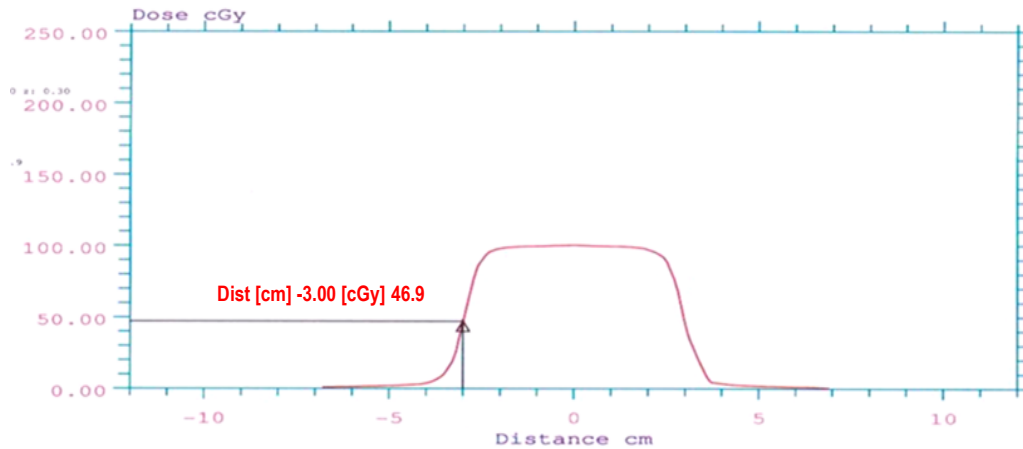


**Figura 3.42b:** Curvas de isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una  $D_A$  local de 100.00 cGy en el maniquí homogéneo con técnica SAD a una profundidad 5.0, cm, energía 6.0 MV, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, gantry, colimador, y mesa a: 0.0°.

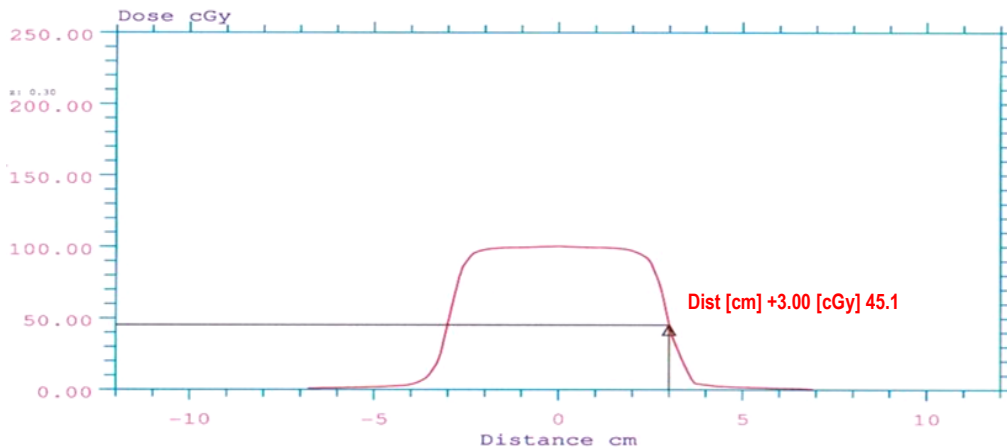
**b) REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_2$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.41) con la técnica SAD, determinandose  $D_{AS}$  locales de 46.90 cGy, y 45.10 cGy correspondiente a los puntos -3.00 cm, +3.00 cm, (Figura 3.43a, y 3.43b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC

y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.49.



**Figura 3.43a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-3.00 cm), y  $D_A$  local (46.9 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.



**Figura 3.43b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+3.00 cm), y  $D_A$  local (45.1 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.

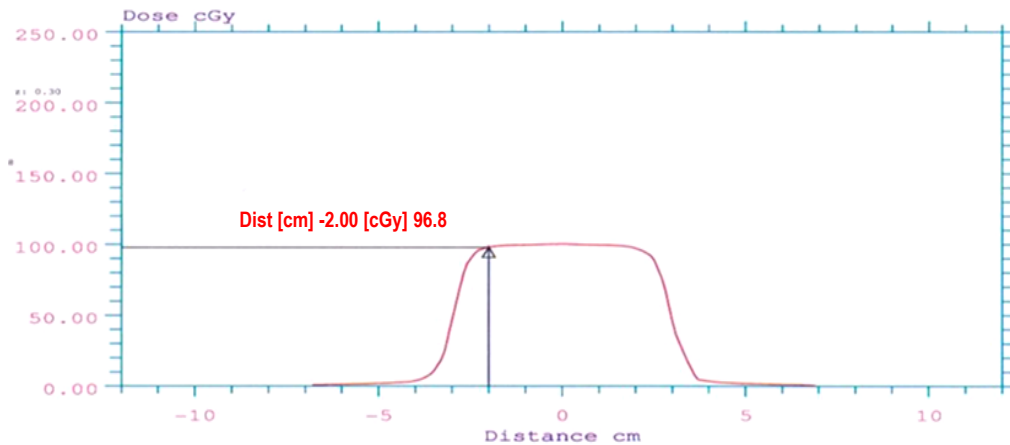
**Tabla 3.49:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-3.00	+3.00			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	46.90	45.10	111.00	0.00	SUPERPOSICION

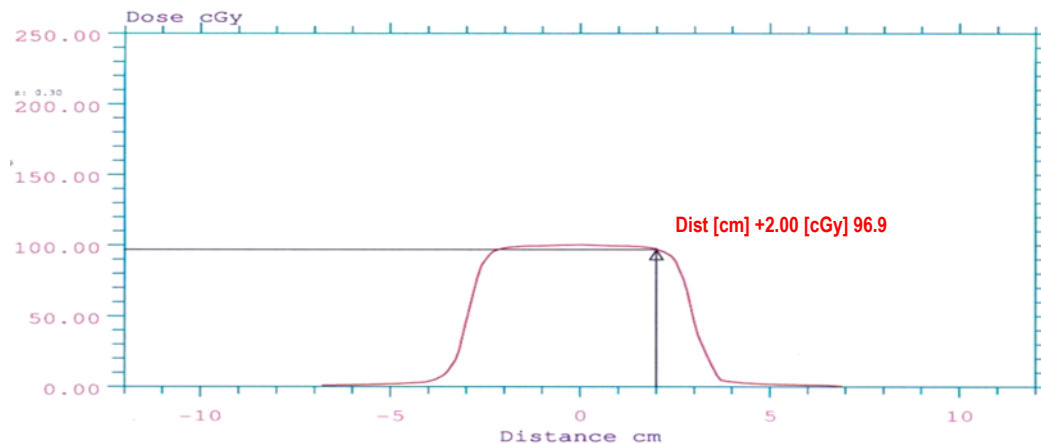
**c) REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DEL CAMPO – FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_3$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.41) con la técnica SAD, determinandose  $D_{AS}$  locales de 96.80 cGy, y 96.90 cGy correspondiente a los puntos -2.00 cm, +2.00 cm, (Figura

3.44a, y 3.44b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.50.



**Figura 3.44a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-2.00 cm), y  $D_A$  local (96.8 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_3$ , en la penumbra del haz de radiación.



**Figura 3.44b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+2.00 cm), y  $D_A$  local (96.9 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_3$ , en la penumbra del haz de radiación.

**Tabla 3.50:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

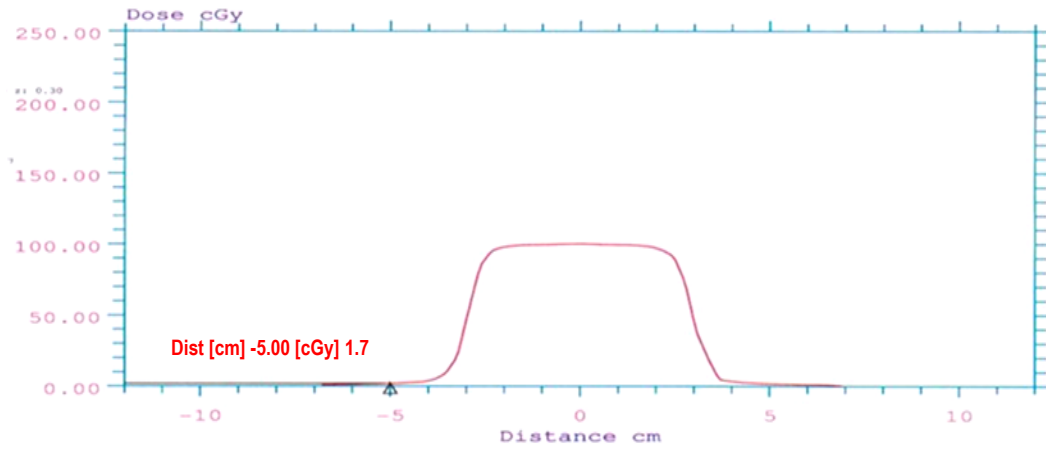
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-2.00	+2.00			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	97.80	96.90	111.00	0.00	SUPERPOSICION

**d) REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

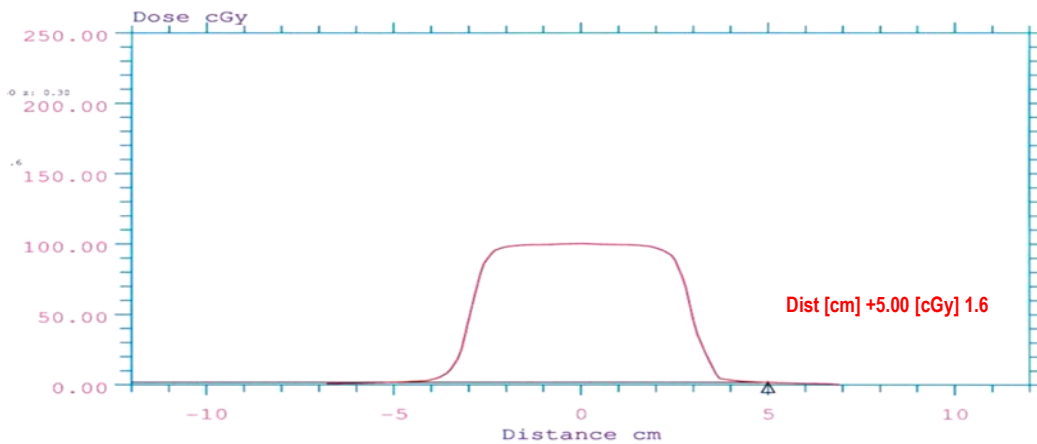
Para determinar  $\delta_4$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.41) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 1.70 cGy, y 1.60 cGy correspondiente a los puntos -5.00 cm, +5.00 cm, (Figura



3.45a, y 3.45b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.51.



**Figura 3.45a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-5.00 cm), y  $D_A$  local (1.7 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_4$  fuera de campo del haz.



**Figura 3.45b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+5.00 cm), y  $D_A$  local (1.6 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidades 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_4$  fuera de campo del haz.

**Tabla 3.51:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-5.00	+5.00			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	1.70	1.60	111.00	0.00	SUPERPOSICION

### III.2.9.3.2 UN CAMPO IRREGULAR ABIERTO SOBRE UN ÁREA DE 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, ANTERIOR (0.0°), PROFUNDIDAD 5.0 cm.

#### a) REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

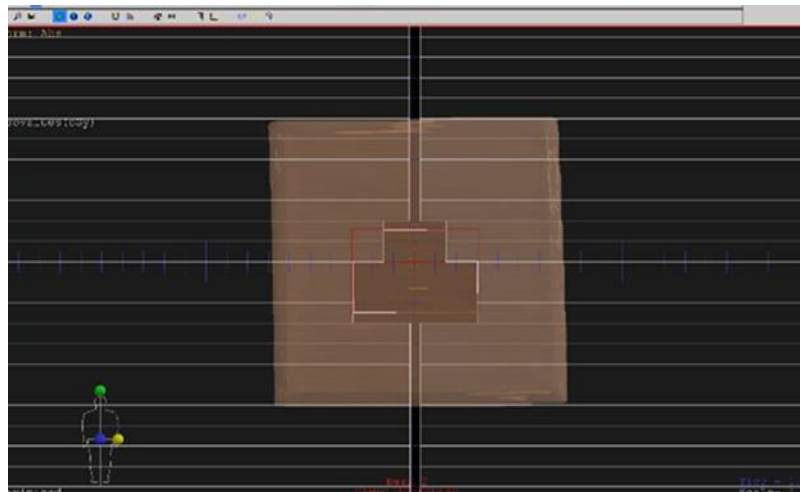
Para determinar  $\delta_1$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.46), con la técnica SAD realizados en el maniquí homogéneo que contendrá la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador (MLCs), y mesa, como se indica en la Tabla 3.52. La Figura 3.47b muestra las curvas de isodosis calculadas, para la  $D_A$  local.

RADIOTERAPIA - INEN		Version XiO - Release 5.00.02
Mar/21/2015 12:29:59		Doc: 21320150321.122754.202
Planner ID: test		
Patient ID: 00002314		Teletherapy Sources
Name: ARH. FANTOMA		
Studyset ID: FANTOMANGEL(image)		
Description:		
Rescaled CTS: no Air: -823 Water: -13		
Plan ID: P3 (*79)		
Plan description:		
Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry		
Treatment Plan Approved: No		
Treatment Date: Jan/16/2015		
Beam weighting mode: Absolute dose/MU		
	Beam Number	
	2	
Description	CAMPO IRREGULAR	
Machine ID	03INFNT6X	
Collimator	Asym	
Setup/Dist (cm)	SSD/95.1	
SSD/Wt fan SSD (cm)	95.1/95.0	
Field Size at Isocenter	X1/X2 3.0/3.1	
Field Size (cm)	Y2/Y1 1.6/2.5	
Field Size (cm)		
Coll. Eq. Square (cm)	4.90	
Bik. Eq. Square (cm)	4.25	
Gantry/Coil angle (deg)	0.0/0.0	
Couch (deg)	0.0	
Isocenter/Beam entry	Entry	
X, Y, Z (cm)	-0.06/0.10/4.93	
Tx aids:		
Port	MLC	
Port/MLC normalization	blocked	
Calc algorithm	Superposition	
Weight (cGy)/No. fractions	100.0/1	
X, Y, Z (cm)	-0.06/0.10/0.02	
Defined at	Arb.point	
Depth; skin (cm)	5.0	
Effective; skin (cm)	5.2	
TAR/TPR/PDD	TPRxPSCF/PSCF(0)(blk	
At depth	---	
At effective	1.583	
PSCF(0)/PSCF(ec)	0.700/0.934	
Dose Output	0.610(cGy/MU)	
SCD/SWD (cm)	110.0/100.0	
Ref. Depth or Dmax(cm)	10.0	
Tray Factor(composite)	1.000	
Min or MU(open/wdg)	114.31 (MU)	
Integer MU(open/wdg)	114	
DICOM Entry X, Y, Z(cm)	-0.06/-4.93/0.10	
DICOM Wt X, Y, Z (cm)	-0.06/-0.02/0.10	

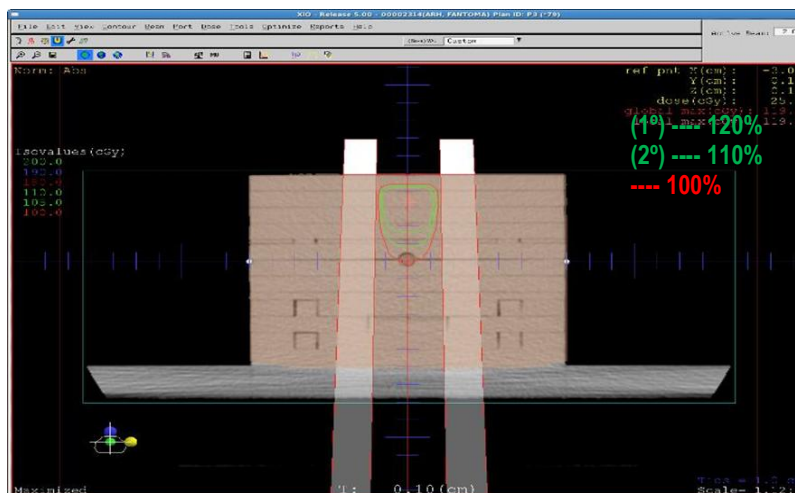
Figura 3.46: Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una  $D_A$  local, determinación de la UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.51.

Tabla 3.52: Algoritmo, técnica, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una  $D_A$  local, programación del tiempo de irradiación (UMs) en la consola de control del LINAC, para la región  $\delta_1$  ubicada a lo largo del Eje del Haz.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Dosis [cGy]	Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	100.00	114.00	0.00	SUPERPOSICIÓN



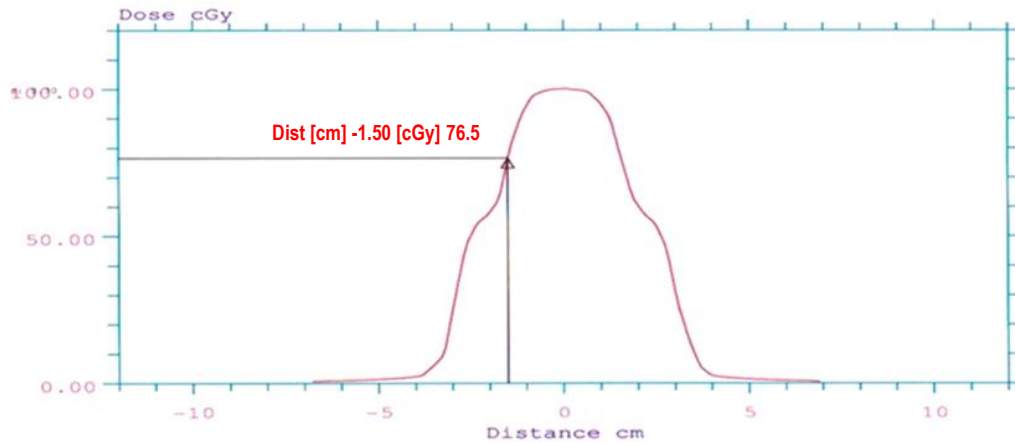
**Figura 3.47a:** Configuración de un campo irregular delimitado con multihojas (MLCs) sobre el maniquí de acrílico homogéneo, en un campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>.



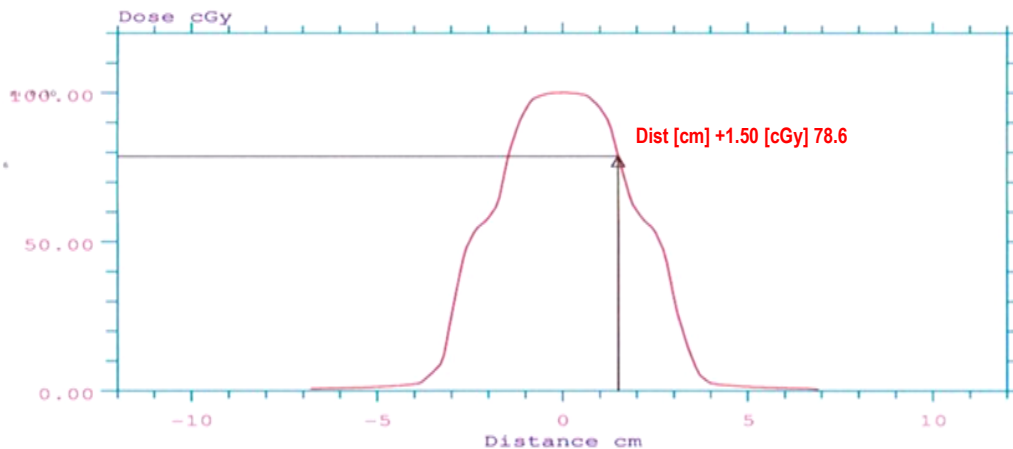
**Figura 3.47b:** Curvas de isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una  $D_A$  local de 100.00 cGy en el maniquí homogéneo con técnica SAD a una profundidad 5.0, cm, energía 6.0 MV, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, gantry, colimador, y mesa a: 0.0°.

**b) REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_2$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.46) con la técnica SAD, determinandose  $D_{As}$  locales de 76.50 cGy, y 78.60 cGy correspondiente a los puntos -1.50 cm, +1.50 cm, (Figura 3.48a, y 3.48b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.53.



**Figura 3.48a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-1.50 cm), y  $D_A$  local (76.5 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.



**Figura 3.48b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+1.50 cm), y  $D_A$  local (78.6 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.

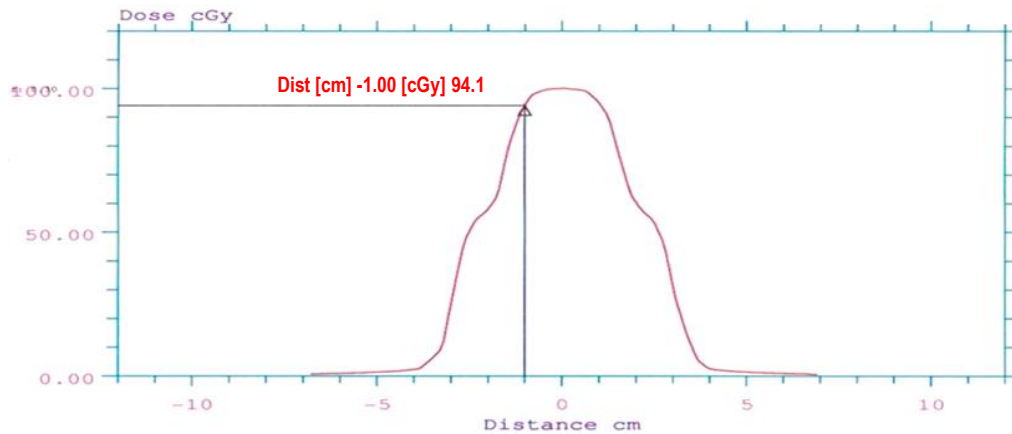
**Tabla 3.53:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-1.50	+1.50			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	76.50	78.60	114.00	0.00	SUPERPOSICION

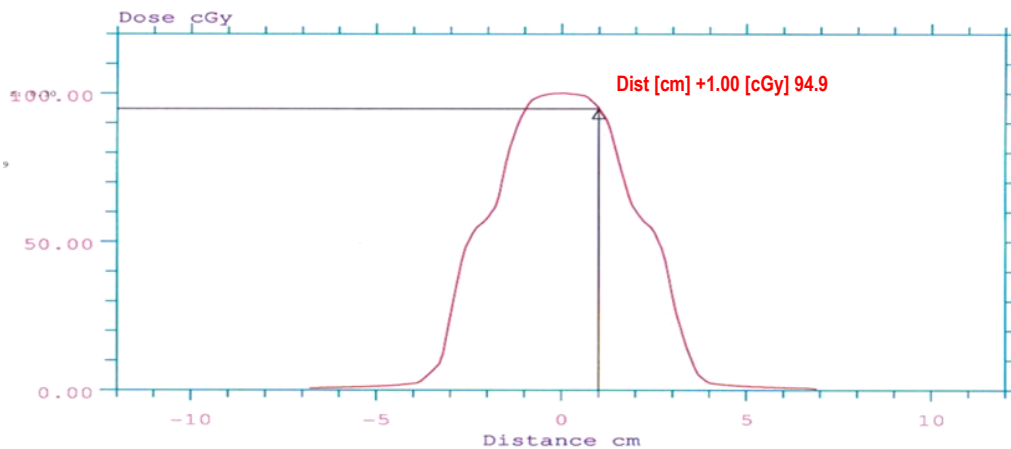
**c) REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DEL CAMPO – FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_3$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.46) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 94.10 cGy, y 94.90 cGy correspondiente a los puntos -1.00 cm, +1.00 cm, (Figura 3.49a, y 3.49b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo

con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.54.



**Figura 3.49a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-1.00 cm), y  $D_A$  local (94.1 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.



**Figura 3.49b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+1.00 cm), y  $D_A$  local (94.9 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.

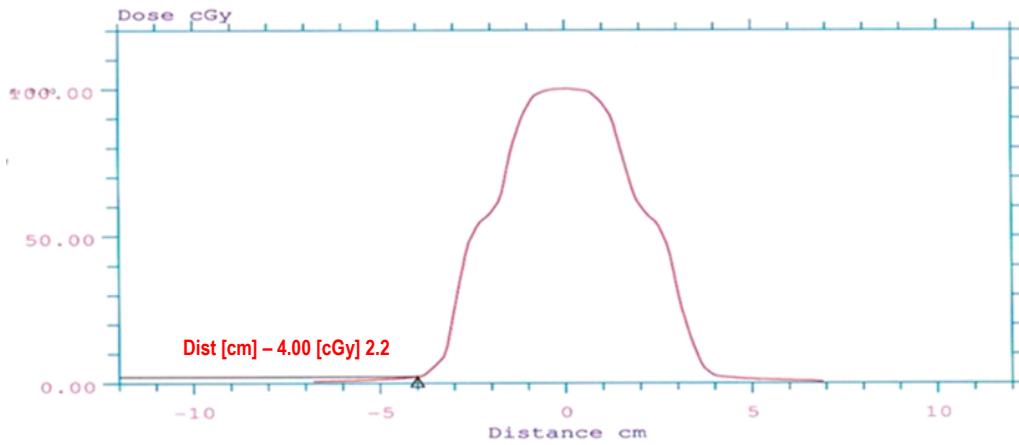
**Tabla 3.54:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Calculo]
				-1.00	+1.00			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	94.10	94.90	114.00	0.00	SUPERPOSICION

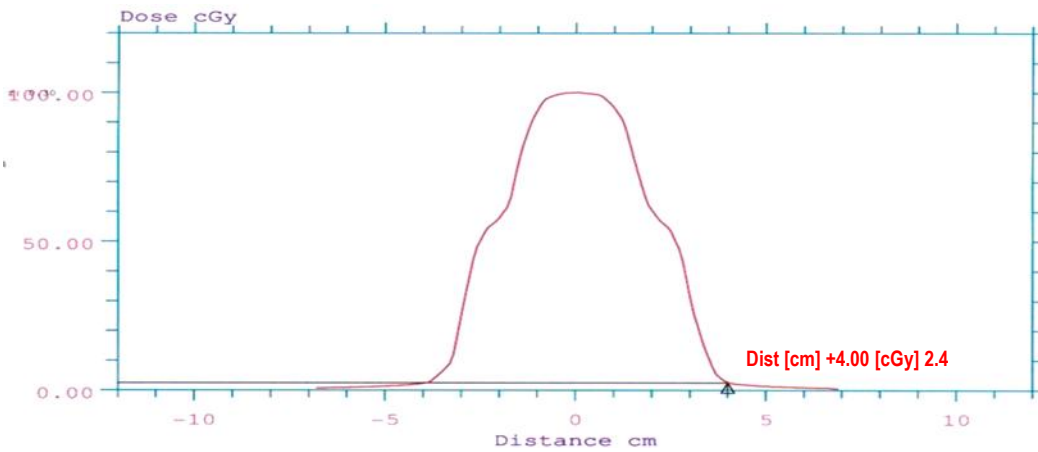
**d) REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_4$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.46) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 2.20 cGy, y 2.40 cGy correspondiente a los puntos -4.00 cm, +4.00 cm, (Figura 3.50a, y 3.50b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC

y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.55.



**Figura 3.50a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-4.00 cm), y  $D_A$  local (2.2 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_4$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.



**Figura 3.50b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+4.00 cm), y  $D_A$  local (2.4 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_4$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.

**Tabla 3.55:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-4.00	+4.00			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	2.20	2.40	114.00	0.00	SUPERPOSICION

### III.2.9.3.3 UN CAMPO “Y” INVERTIDA ABIERTO SOBRE UN ÁREA DE 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, ANTERIOR (0.0°), PROFUNDIDAD 5.0 cm.

#### a) REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

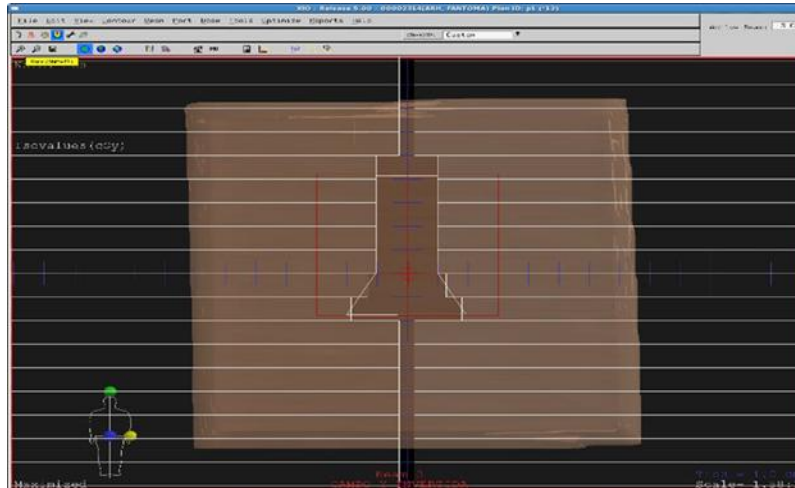
Para determinar  $\delta_1$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.51), con la técnica SAD realizados en el maniquí homogéneo que contendrá la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador (MLCs), y mesa, como se indica en la Tabla 3.56. La Figura 3.52b muestra las curvas de isodosis calculadas, para la  $D_A$  local.

RADIOTERAPIA - INEN		Version XiO - Release 5.00.02
Mar/21/2015 12:35:26		Doc: 21320150321.123211.202
Planner ID: test		Teletherapy Sources
Patient ID: 00002314		
Name: ARH, FANTOMA		
Studyset ID: FANTOMANGEL(image)		
Description:		
Rescaled CTs: no Air: -823 Water: -13		
Plan ID: P3 (*79)		
Plan description:		
Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry		
Treatment Plan Approved: No		
Treatment Date: Jan/16/2015		
Beam weighting mode: Absolute dose/MU		
		Beam Number
		3
Description	CAMPO Y INVERTIDA	
Machine ID	031NFNT6X	
Collimator	Asym	
Setup/Dist (cm)	SSD/95.1	
SSD/Wt fan SSD (cm)	95.1/95.0	
Field Size at Isocenter		
Field Size (cm)	X1/X2 3.0/3.0	
Field Size (cm)	Y2/Y1 4.2/1.8	
Coll. Eq. Square (cm)	6.00	
Blk. Eq. Square (cm)	3.32	
Gantry/Coll angle (deg)	0.0/0.0	
Couch (deg)	0.0	
Isocenter/Beam entry	Entry	
X, Y, Z (cm)	-0.06/0.10/4.93	
Tx aids:		
Port	MLC	
Port/MLC normalization	blocked	
Calc algorithm	Superposition	
Weight (cGy)/No. fractions	100.0/1	
X, Y, Z (cm)	-0.06/0.10/0.02	
Defined at	Arb.point	
Depth; skin (cm)	5.0	
Effective; skin (cm)	5.2	
TAR/TPR/PDD	TPRxPSCF/PSCF(0)(blk	
At depth	---	
At effective	1.554	
PSCF(0)/PSCF(ec)	0.700/0.953	
Dose Output	0.627(cGy/MU)	
SCP/SWD (cm)	110.0/100.0	
Ref. Depth or Dmax(cm)	10.0	
Tray Factor(composite)	1.000	
Min or MU(open/wdg)	115.61 (MU)	
Integer MU(open/wdg)	116	
DICOM Entry X, Y, Z (cm)	-0.06/-4.93/0.10	
DICOM Wt X, Y, Z (cm)	-0.06/-0.02/0.10	

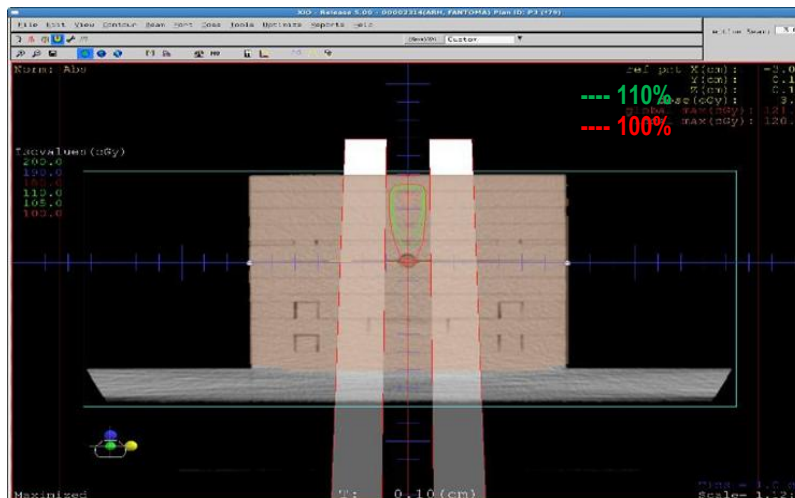
**Figura 3.51:** Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una  $D_A$  local, determinación de la UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.56.

**Tabla 3.56:** Algoritmo, técnica, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una  $D_A$  local, programación del tiempo de irradiación (UMs) en la consola de control del LINAC, para la región  $\delta_1$  ubicada a lo largo del Eje del Haz.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Dosis [cGy]	Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	100.00	116.00	0.00	SUPERPOSICIÓN



**Figura 3.52a:** Configuración de un campo de forma “Y invertida” con multihojas (MLCs) sobre el maniquí de acrílico homogéneo, en un campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>.

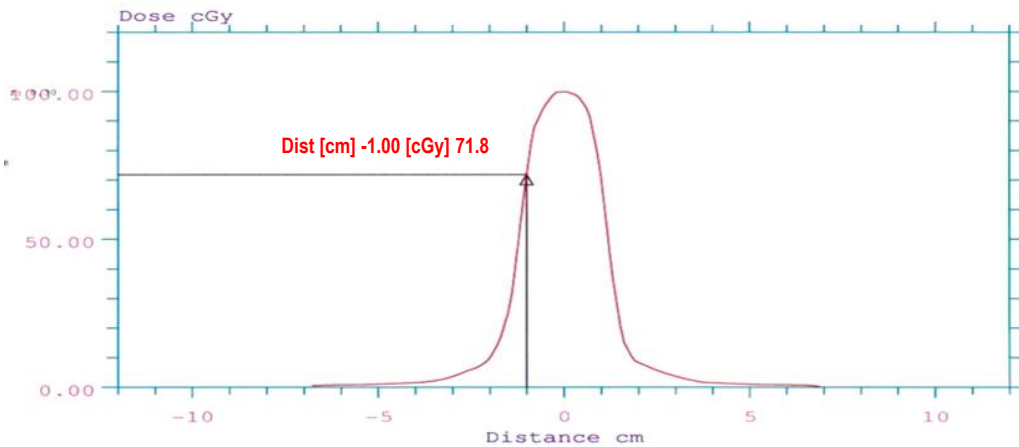


**Figura 3.52b:** Curvas de isodosis calculadas por el TPS Xio distribution para una  $D_A$  local de 100.00 cGy en el maniquí homogéneo con técnica SAD a una profundidad 5.0, cm, energía 6.0 MV, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, gantry, colimador, y mesa a: 0.0°.

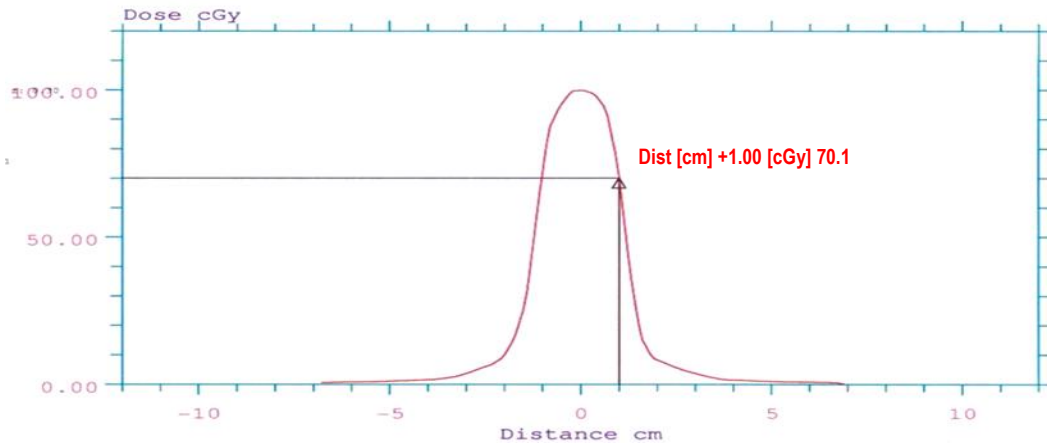
**b) REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_2$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.51) con la técnica SAD, determinandose  $D_{AS}$  locales de 71.80 cGy, y 70.10 cGy correspondiente a los puntos -1.00 cm, +1.00 cm, (Figura 3.53a, y 3.53b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.57.





**Figura 3.53a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-1.00 cm), y  $D_A$  local (71.8 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.



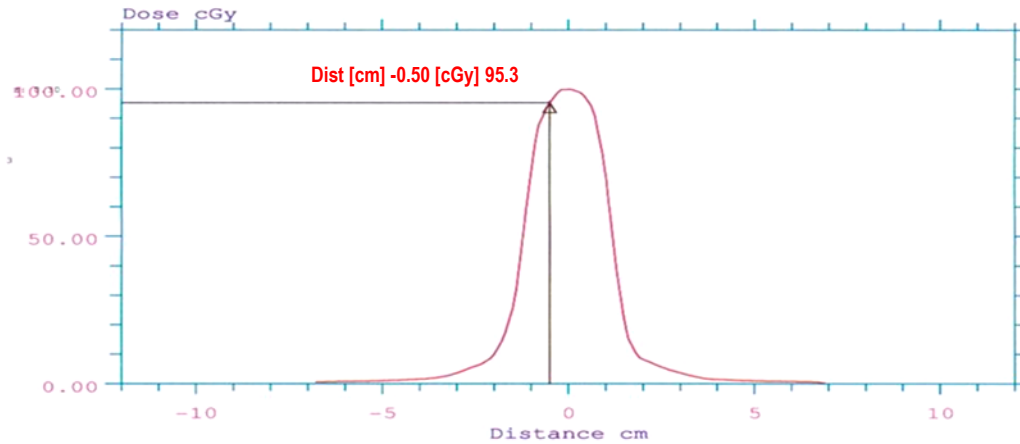
**Figura 3.53b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+1.00 cm), y  $D_A$  local (70.1 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.

**Tabla 3.57:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

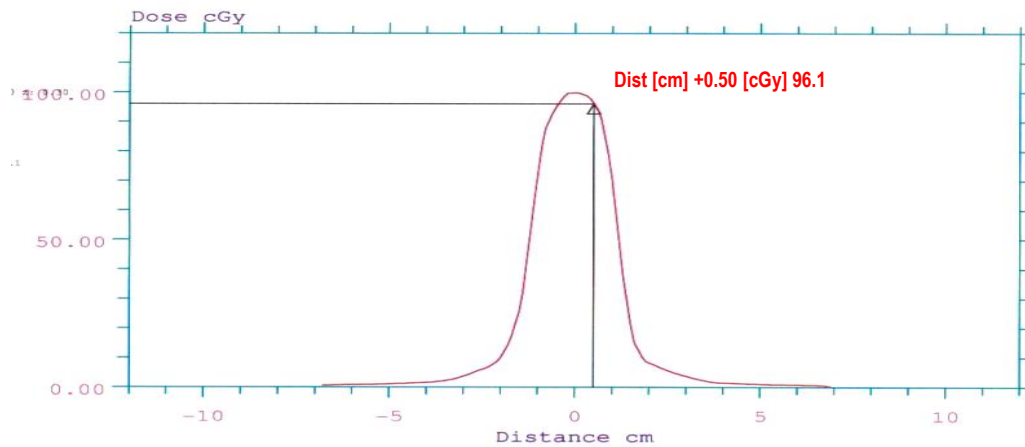
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-1.00	+1.00			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	71.80	70.10	116.00	0.00	SUPERPOSICION

**c) REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DEL CAMPO – FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_3$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.51) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 95.30 cGy, y 96.10 cGy correspondiente a los puntos -0.50 cm, +0.50 cm, (Figura 3.54a, y 3.54b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.58.



**Figura 3.54a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-0.50 cm), y  $D_A$  local (95.3 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.



**Figura 3.54b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-0.50 cm), y  $D_A$  local (96.1 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.

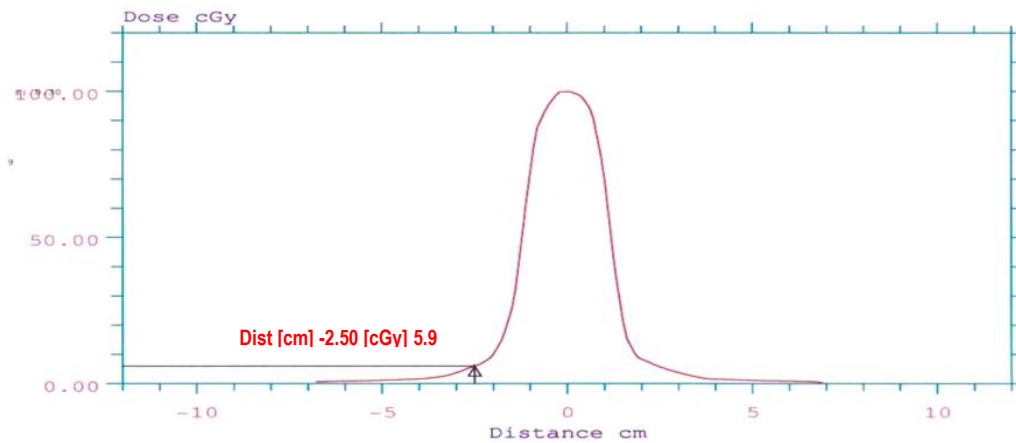
**Tabla 3.58:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-0.50	+0.50			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	95.30	96.10	116.00	0.00	SUPERPOSICION

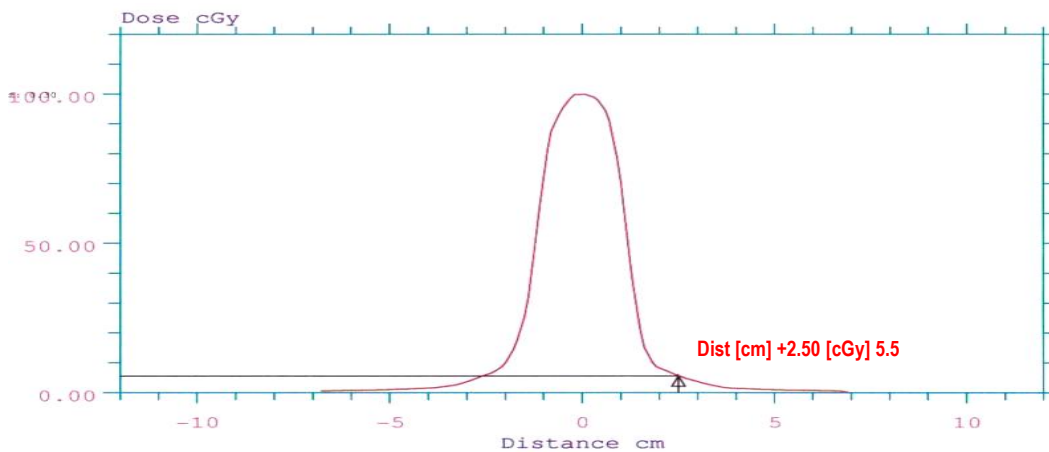
**d) REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_4$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.51) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 5.90 cGy, y 5.50 cGy correspondiente a los puntos -2.50 cm, +2.50 cm, (Figura 3.55a, y 3.55b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC

y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.59.



**Figura 3.55a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-2.50 cm), y  $D_A$  local (5.9 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_4$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.



**Figura 3.55b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-2.50 cm), y  $D_A$  local (5.5 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_4$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.

**Tabla 3.59:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-2.50	+2.50			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	5.90	5.50	116.00	0.00	SUPERPOSICION

**III.2.9.3.4 UN CAMPO OBLÍCUO CON DIFERENTES ANGULACIONES DEL GANTRY: 25.0°, 65.0°, 115.0°, 245.0°, 295.0°, Y 335.0° ABIERTO SOBRE UN ÁREA DE 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, PROFUNDIDADES: 7.6, 7.8, 7.7, 7.7, 7.8, Y 7.6 cm.**

**a) REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_1$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.56a, y 3.56b), con la técnica SAD realizados en el maniquí homogéneo que contendra la CIC y los OSLD nanoDot: 085 03080G, 083 522821, 082 80381Y, 081 88955A, 081 870131, y 081 880007 a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry en los angulos: 25.0°, 65.0°, 115.0°, 245.0°, 295.0°, y 335.0°, colimador (MLCs), y mesa, como se indica en la Tabla 3.60. La Figura 3.57 muestra las curvas de isodosis calculadas, para la D<sub>A</sub> local.

RADIOTERAPIA - INEN Mar/20/2015 14:59:07 Planner ID: test		Teletherapy Sources		Page 1 of 2 Version Xio - Release 5.00.02 Doc: 21320150320.145448.213
Patient ID: 0002314 Name: ARH, FANTOMA Studyset ID: FANTOMANGEL(image) Description: Rescaled CTs: no Air: -823 Water: -13 Plan ID: p1 (*79) Plan description: Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry Treatment Plan Approved: No Treatment Date: Jan/16/2015 Beam weighting mode: Absolute dose/MU				
	Beam Number 22	Beam Number 23	Beam Number 24	
Description	ob11	ob12	ob13	
Machine ID	03INFNT6X	03INFNT6X	03INFNT6X	
Collimator	Asym	Asym	Asym	
Setup/Dist (cm)	SSD/93.0	SSD/93.3	SSD/93.4	
SSD/Wt fan SSD (cm)	93.0/92.8	93.3/93.7	93.4/92.9	
Field Size at Isocenter	X1/X2 3.0/3.0	X1/X2 3.0/3.0	X1/X2 3.0/3.0	
Field Size (cm)	Y2/Y1 3.0/3.0	Y2/Y1 3.0/3.0	Y2/Y1 3.0/3.0	
Coll. Eq. Square (cm)	6.00	6.00	6.00	
Blk. Eq. Square (cm)	6.19	6.19	6.10	
Gantry/Coll angle (deg)	25.0/0.0	65.0/0.0	115.0/0.0	
Couch (deg)	0.0	0.0	0.0	
Isocenter/Beam entry	Entry	Entry	Entry	
X, Y, Z (cm)	2.74/0.10/4.99	6.98/0.10/2.47	6.98/0.10/-3.91	
Tx aids:				
Port	MLC	MLC	MLC	
Port/MLC normalization	blocked	blocked	blocked	
Calc algorithm	Superposition	Superposition	Superposition	
Weight (cGy)/No. fractions	33.3/1	33.3/1	33.3/1	
X, Y, Z (cm)	-0.05/0.10/-1.91	-0.05/0.10/-1.91	-0.05/0.10/-1.91	
Defined at	Arb.point	Arb.point	Arb.point	
Depth; skin (cm)	7.6	7.8	7.7	
Effective; skin (cm)	8.1	8.3	8.2	
TAR/TPR/PDD	TPRxPSCF/PSCF(0)(blk)	TPRxPSCF/PSCF(0)(blk)	TPRxPSCF/PSCF(0)(blk)	
At depth	---	---	---	
At effective	1.461	1.451	1.450	
PSCF(0)/PSCF(ec)	0.700/0.953	0.700/0.953	0.700/0.953	
Dose Output	0.627(cGy/MU)	0.627(cGy/MU)	0.627(cGy/MU)	
SCD/SWD (cm)	110.0/100.4	110.0/101.5	110.0/100.6	
Ref. Depth or Dmax(cm)	10.0	10.0	10.0	
Tray Factor(composite)	1.000	1.000	1.000	
Min or MU(open/wdg)	41.29 (MU)	42.48 (MU)	41.76 (MU)	
Integer MU(open/wdg)	41	42	42	
DICOM Entry X, Y, Z(cm)	2.74/-4.99/0.10	6.98/-2.47/0.10	6.98/3.91/0.10	
DICOM Wt X, Y, Z (cm)	-0.05/1.91/0.10	-0.05/1.91/0.10	-0.05/1.91/0.10	

**Figura 3.56a:** Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una D<sub>A</sub> local, determinación de la UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.60.

RADIOTERAPIA - INEN Mar/20/2015 14:59:07 Planner ID: test Patient ID: 00002314 Name: ARIH, FANTOMA Studset ID: FANTOMANGEL(image) Description: Rescaled CTs: no Air: -823 Water: -13 Plan ID: p1 (*79) Plan description: Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry Treatment Plan Approved: No Treatment Date: Jan/16/2015 Beam weighting mode: Absolute dose/MU		Page 2 of 2 Version XiO - Release 5.00.02 Doc: 21320150320.145448.213	
	Beam Number 25	Beam Number 26	Beam Number 27
Description	obl4	obl5	obl6
Machine ID	03INFNT6X	03INFNT6X	03INFNT6X
Collimator	Asym	Asym	Asym
Setup/Dist (cm)	SSD/92.7	SSD/92.5	SSD/93.1
SSD/Wt fan SSD (cm)	92.7/92.2	92.5/93.0	93.1/92.8
Field Size at Isocenter			
Field Size (cm)	X1/X2 3.0/3.0	X1/X2 3.0/3.0	X1/X2 3.0/3.0
Field Size (cm)	Y2/Y1 3.0/3.0	Y2/Y1 3.0/3.0	Y2/Y1 3.0/3.0
Coll. Eq. Square (cm)	6.00	6.00	6.00
Blk. Eq. Square (cm)	6.14	6.16	6.16
Gantry/Coll angle (deg)	245.0/0.0	295.0/0.0	335.0/0.0
Couch (deg)	0.0	0.0	0.0
Isocenter/Beam entry	Entry	Entry	Entry
X, Y, Z (cm)	-7.04/0.10/-4.07	-7.10/0.10/2.65	-2.55/0.10/4.99
Tx aids:			
Port	MLC	MLC	MLC
Port/MLC normalization	blocked	blocked	blocked
Calc algorithm	Superposition	Superposition	Superposition
Weight (cGy)/No. fractions	33.3/1	33.3/1	33.3/1
X, Y, Z (cm)	-0.05/0.10/-1.91	-0.05/0.10/-1.91	-0.05/0.10/-1.91
Defined at	Arb.point	Arb.point	Arb.point
Depth/ skin (cm)	7.7	7.8	7.6
Effective/ skin (cm)	8.1	8.3	8.1
TAR/TPR/PDD	---	---	---
At depth	TPRxPSCF/PSCF(0) (blk)	TPRxPSCF/PSCF(0) (blk)	TPRxPSCF/PSCF(0) (blk)
At effective	1.454	1.451	1.462
PSCF(0)/PSCF(ec)	0.700/0.953	0.700/0.953	0.700/0.953
Dose Output	0.627(cGy/MU)	0.627(cGy/MU)	0.627(cGy/MU)
SCD/SWD (cm)	110.0/99.9	110.0/100.8	110.0/100.4
Ref. Depth or Dmax(cm)	10.0	10.0	10.0
Tray Factor (composite)	1.000	1.000	1.000
Min or MU (open/wdg)	41.09 (MU)	41.90 (MU)	41.25 (MU)
Integer MU (open/wdg)	41	42	41
DICOM Entry X, Y, Z (cm)	-7.04/4.07/0.10	-7.10/-2.65/0.10	-2.55/-4.99/0.10
DICOM Wt X, Y, Z (cm)	-0.05/1.91/0.10	-0.05/1.91/0.10	-0.05/1.91/0.10

Figura 3.56b: Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una D<sub>A</sub> local, determinación de la UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.60.

Tabla 3.60: Algoritmo, técnica, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una D<sub>A</sub> local, programación del tiempo de irradiación (UMs) en la consola de control del LINAC, para la región δ<sub>1</sub> ubicada a lo largo del Eje del Haz.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Dosis [cGy]	Tiempos [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
6.0	6.0 x 6.0	92.4	92.2	92.3	7.6	7.8	7.7	199.80	41.0	42.0	42.0	25	65	115	SUPERPOSICION
		92.3	92.2	92.4	7.7	7.8	7.6		41.0	42.0	41.0	245	295	335	

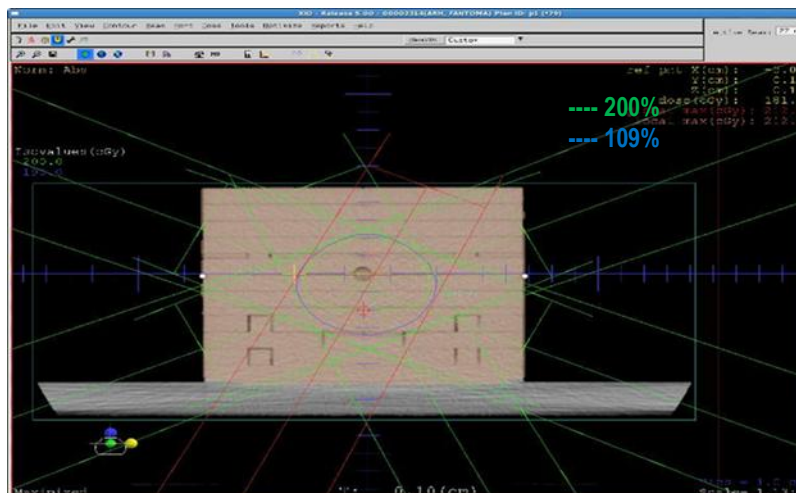
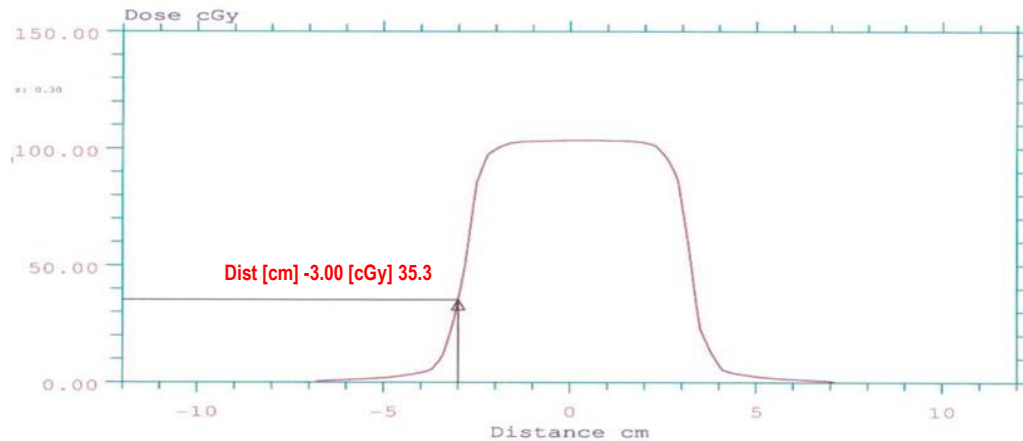


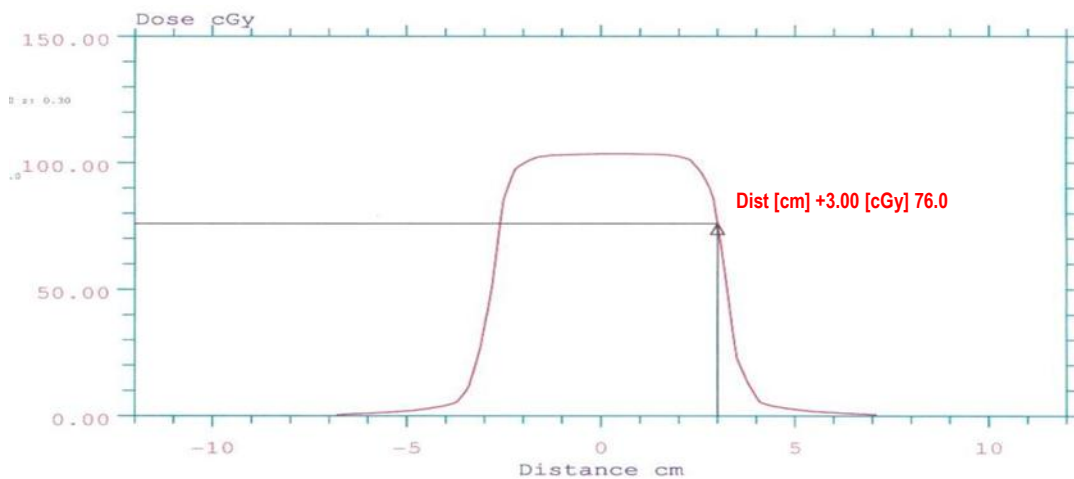
Figura 3.57: Curvas de isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una D<sub>A</sub> local de 199.80 cGy en el maniquí homogéneo con técnica SAD a profundidades de 7.6, 7.8, y 7.7 cm, gantry a 25.0°, 65.0°, 115.0°, 245.0°, 295.0°, y 335.0° Colimador (MLCs), Mesa 0.0°, energía 6.0 MV, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>.

### b) REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Para determinar  $\delta_2$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.56a, 3.56b) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 35.30 cGy, y 76.00 cGy correspondiente a los puntos -3.00 cm, +3.00 cm, (Figura 3.58a, y 3.58b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.61.



**Figura 3.58a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-1.00 cm), y  $D_A$  local (35.3 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 7.6, 7.8, 7.7, 7.7, 7.8, y 7.60 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, en ángulos: 25.0°, 65.0°, 115.0°, 245.0°, 295.0°, y 335.0°, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.



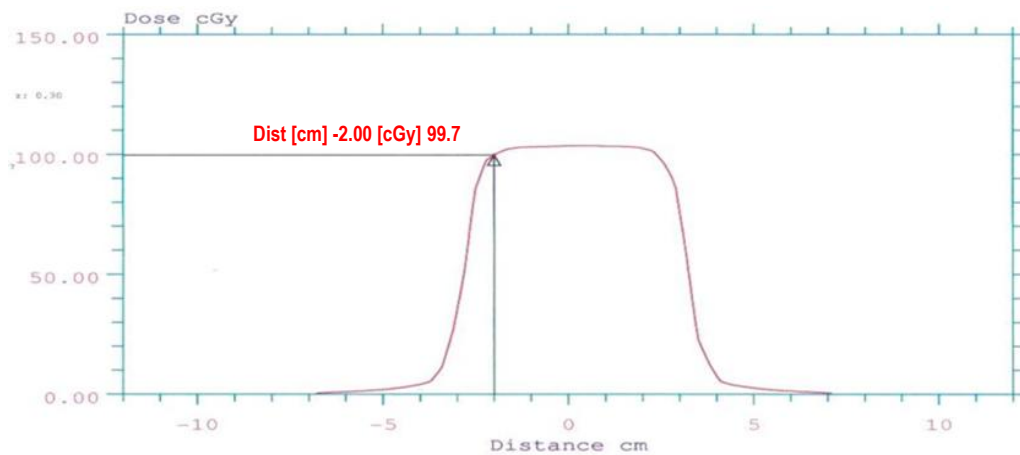
**Figura 3.58b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+3.00 cm), y  $D_A$  local (76.0 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 7.6, 7.8, 7.7, 7.7, 7.8, y 7.60 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, en ángulos: 25.0°, 65.0°, 115.0°, 245.0°, 295.0°, y 335.0°, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.

**Tabla 3.61:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
								-3	+3							
6.00	6.0 x 6.0	92.4	92.2	92.3	7.6	7.8	7.7	35.30	76.00	41	42	42	25	65	115	SUPERPOSICION
		92.3	92.2	92.4	7.7	7.8	7.6			41	42	41	245	295	335	

**c) REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DEL CAMPO – FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_3$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.56a, 3.56b) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 99.70 cGy, y 102.60 cGy correspondiente a los puntos -2.00 cm, +2.00 cm, (Figura 3.59a, y 3.59b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.62.



**Figura 3.59a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-2.00 cm), y  $D_A$  local (99.7 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 7.6, 7.8, 7.7, 7.7, 7.8, y 7.60 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, en ángulos: 25.0°, 65.0°, 115.0°, 245.0°, 295.0°, y 335.0°, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.



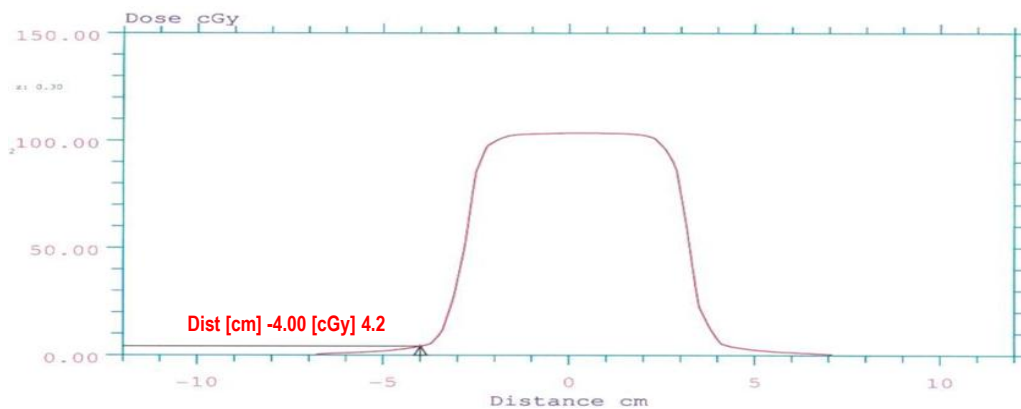
**Figura 3.59b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+2.00 cm), y  $D_A$  local (102.6 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 7.6, 7.8, 7.7, 7.7, 7.8, y 7.60 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, en ángulos: 25.0°, 65.0°, 115.0°, 245.0°, 295.0°, y 335.0°, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.

**Tabla 3.62:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
								-2	+2							
6.00	6.0 x 6.0	92.4	92.2	92.3	7.6	7.8	7.7	99.70	102.60	41	42	42	25	65	115	SUPERPOSICION
		92.3	92.2	92.4	7.7	7.8	7.6	41	42	41	245	295	335			

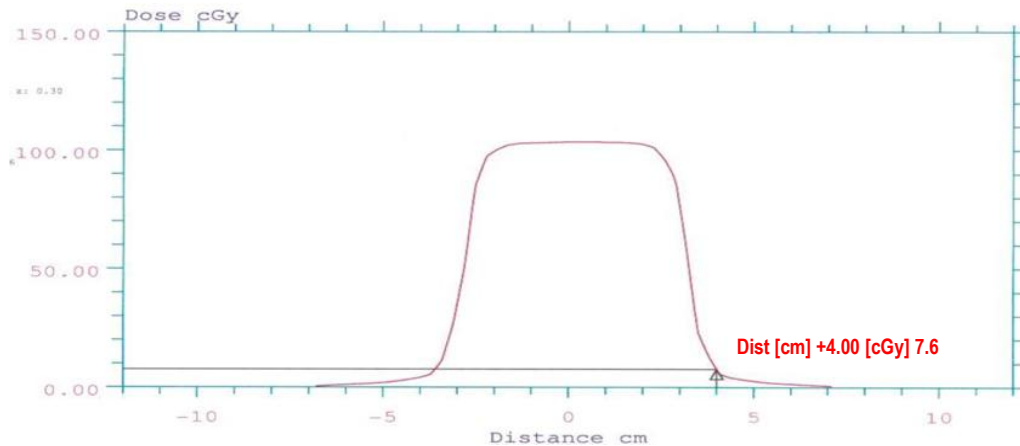
**d) REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_4$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.56a, 3.56b) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 4.20 cGy, y 7.60 cGy correspondiente a los puntos -4.00 cm, +4.00 cm, (Figura 3.60a, y 3.60b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí homogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.63.



**Figura 3.60a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-4.00 cm), y  $D_A$  local (4.2 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 7.6, 7.8, 7.7, 7.7, 7.8, y 7.60 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, en ángulos: 25.0°, 65.0°, 115.0°, 245.0°, 295.0°, y 335.0°, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.





**Figura 3.60b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-4.00 cm), y  $D_A$  local (7.6 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 7.6, 7.8, 7.7, 7.7, 7.8, y 7.60 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, en ángulos: 25.0°, 65.0°, 115.0°, 245.0°, 295.0°, y 335.0°, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.

**Tabla 3.63:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] - [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
								-4	+4							
6.00	6.0 x 6.0	92.4	92.2	92.3	7.6	7.8	7.7	4.20	7.60	41	42	42	25	65	115	SUPERPOSICION
		92.3	92.2	92.4	7.7	7.8	7.6			41	42	41	245	295	335	

### III.2.9.4 GEOMETRÍAS DIVERSAS: SIMPLE, COMPLEJA, COMBINADA [3D - MLCs] EN MEDIOS HETEROGÉNEOS: ACRÍLICO – AIRE.

#### III.2.9.4.1 UN CAMPO ABIERTO CUADRADO (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), ANTERIOR (0.0°), PESOS IGUALES, PROFUNDIDAD 5.0 cm.

##### a) REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Para determinar  $\delta_1$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.61), con la técnica SAD realizados en el maniquí heterogéneo que contendrá la CIC y los OSLD nanoDot: 085 03080G, 083 522821, 082 80381Y, 081 88955A, 081 870131, y 081 880007 a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador (MLCs), y mesa, como se indica en la Tabla 3.64. La Figura 3.62 muestra las curvas de isodosis calculadas, para la  $D_A$  local.

RADIOTERAPIA - INEN		Version XiO - Release 5.00.02
Apr/09/2015 07:51:25		Doc: 21320150409.074951.201
Planner ID: test	Teletherapy Sources	
Patient ID: 00002314		
Name: ARH, FANTOMA		
Studyset ID: 2314(image)		
Description:		
Rescaled CTs: no Air: -823 Water: -13		
Plan ID: (179)		
Plan description:		
Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry		
Treatment Plan Approved: No		
Treatment Date: Apr/09/2015		
Beam weighting mode: Absolute dose/MU		
	Beam Number	
	1	
Description		
Machine ID	03INFNT6X	
Collimator	Asym	
Setup/Dist (cm)	SSD/95.0	
SSD/Wt fan SSD (cm)	95.0/95.0	
Field Size at Isocenter		
Field Size (cm)	X1/X2 3.0/3.0	
Field Size (cm)	Y2/Y1 3.0/3.0	
Coll. Eq. Square (cm)	6.00	
Blk. Eq. Square (cm)	4.31	
Gantry/Coil angle (deg)	0.0/0.0	
Couch (deg)	0.0	
Isocenter/Beam entry	Entry	
X, Y, Z (cm)	0.00/11.25/5.06	
Tx aids:		
Port	MLC	
Port/MLC normalization	blocked	
Calc algorithm	Superposition	
Weight (cGy)/No. fractions	100.0/1	
X, Y, Z (cm)	0.00/11.20/-0.01	
Defined at	Arb.point	
Depth; skin (cm)	5.1	
Effective; skin (cm)	2.9	
TAR/TPR/PDD	TPRxPSCF/PSCF(0)(blk)	
At depth	---	
At effective	1.647	
PSCF(0)/PSCF(ec)	0.700/0.953	
Dose Output	0.627(cGy/MU)	
SCD/SWD (cm)	110.0/100.1	
Ref. Depth or Dmax(cm)	10.0	
Tray Factor(composite)	1.000	
Min or MU(open/wdg)	109.17 (MU)	
Integer MU(open/wdg)	109	
DICOM Entry X, Y, Z(cm)	0.00/-5.06/11.25	
DICOM Wt X, Y, Z (cm)	0.00/0.01/11.20	

Figura 3.61: Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una  $D_A$  local, determinación de la UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.64.

Tabla 3.64: Algoritmo, técnica, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una  $D_A$  local, programación del tiempo de irradiación (UMs) en la consola de control del LINAC, para la región  $\delta_1$  ubicada a lo largo del Eje del Haz.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Dosis [cGy]	Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	100.00	109.00	0.00	SUPERPOSICIÓN

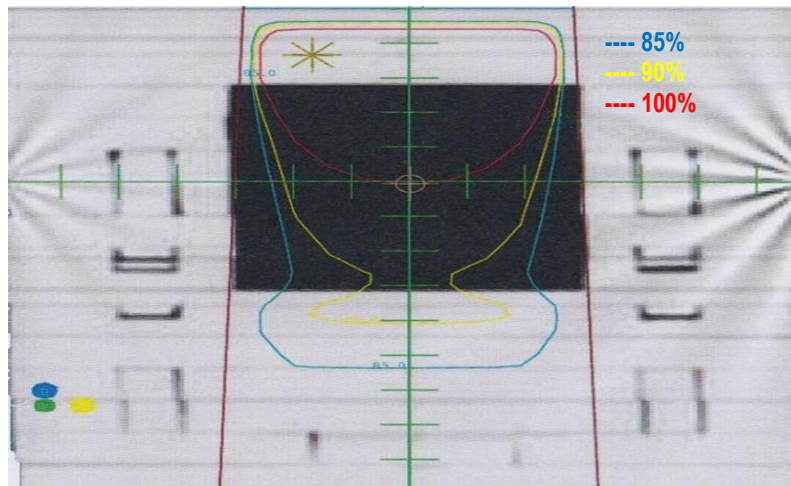
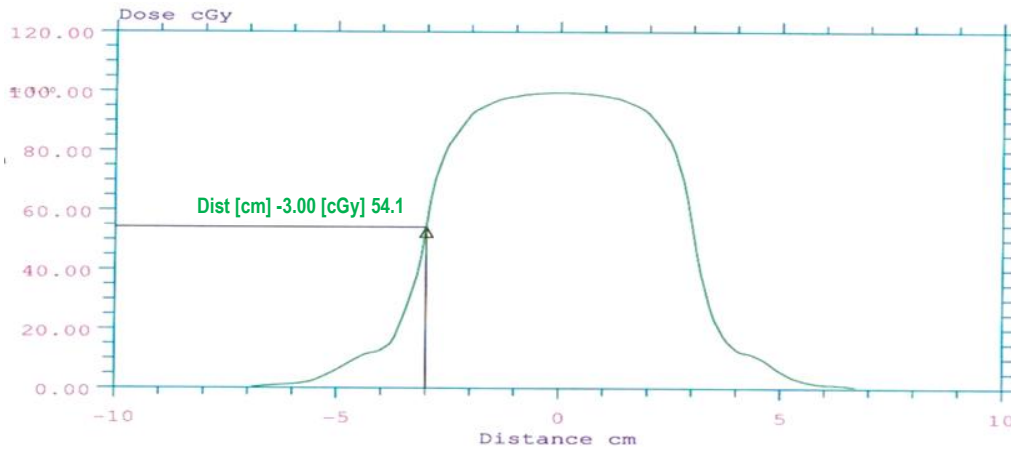


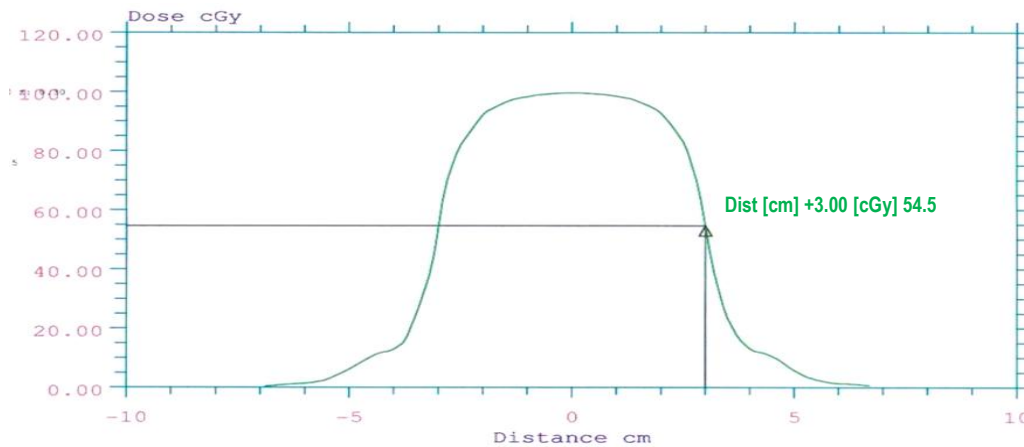
Figura 3.62: Curvas de isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una  $D_A$  local de 100.00 cGy en el maniquí heterogéneo con técnica SAD a profundidad 5.0cm, gantry, Colimador (MLCs), Mesa 0.0°, energía 6.0 MV, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>.

**b) REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_2$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.61) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 54.10 cGy, y 54.50 cGy correspondiente a los puntos -3.00 cm, +3.00 cm, (Figura 3.63a, y 3.63b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí heterogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.65.



**Figura 3.63a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-3.00 cm), y  $D_A$  local (54.1 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.



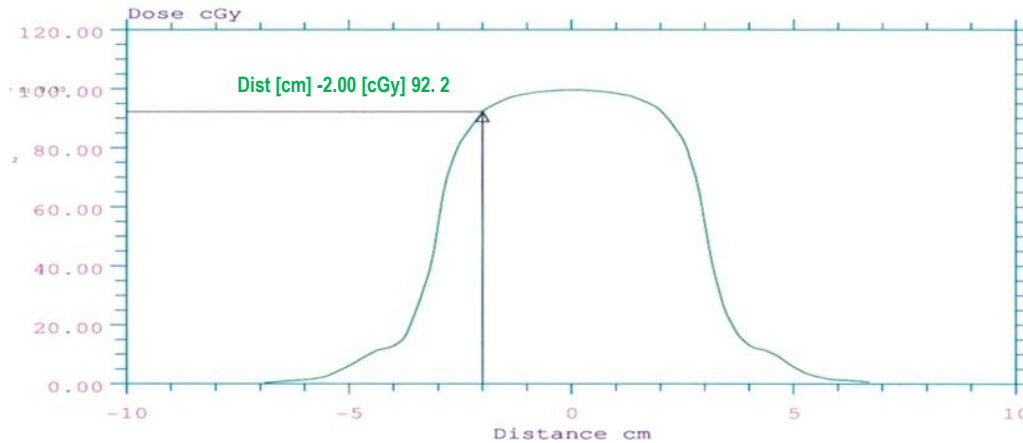
**Figura 3.63b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-3.00 cm), y  $D_A$  local (54.5 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.

**Tabla 3.65:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

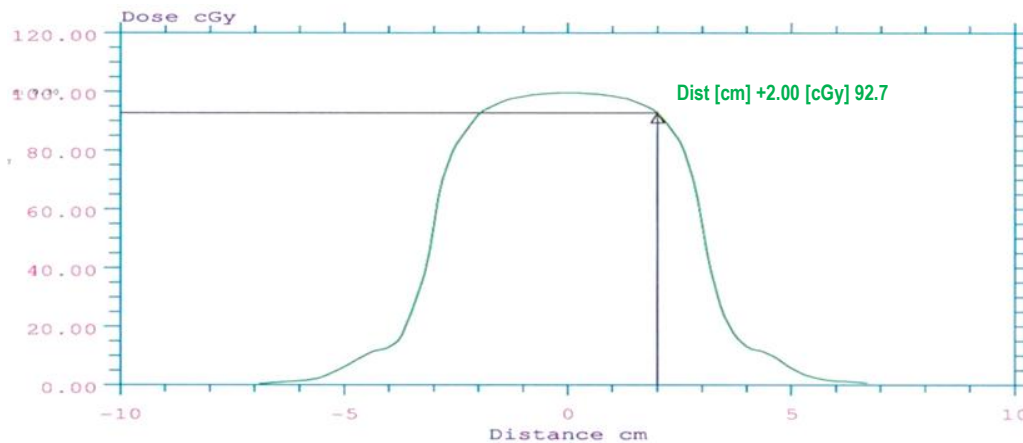
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-3.00	+3.00			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	54.10	54.50	109.00	0.00	SUPERPOSICION

**c) REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DEL CAMPO – FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_3$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.61) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 92.20 cGy, y 92.70 cGy correspondiente a los puntos -2.00 cm, +2.00 cm, (Figura 3.64a, y 3.64b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí heterogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.66.



**Figura 3.64a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-2.00 cm), y  $D_A$  local (92.2 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.



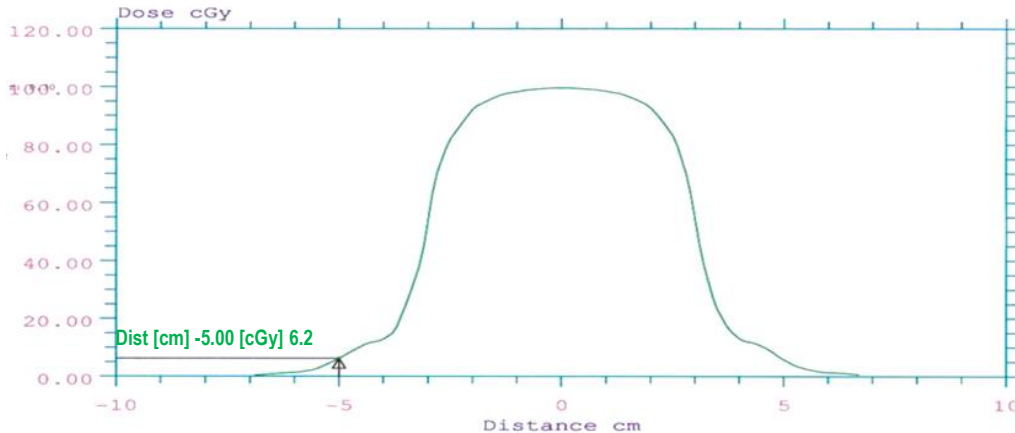
**Figura 3.64b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+2.00 cm), y  $D_A$  local (92.7 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_2$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.

**Tabla 3.66:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

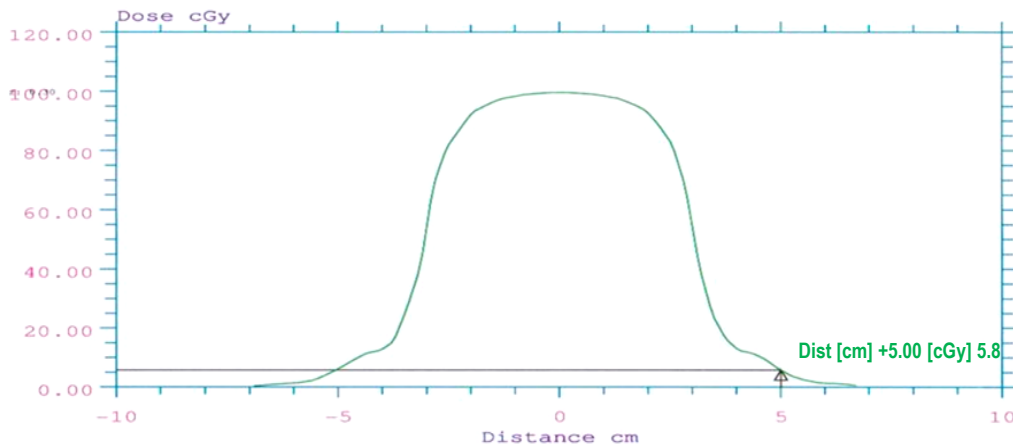
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-2.00	+2.00			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	92.20	92.70	111.00	0.00	SUPERPOSICION

**d) REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_4$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.61) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 6.20 cGy, y 5.80 cGy correspondiente a los puntos -5.00 cm, +5.00 cm, (Figura 3.65a, y 3.65b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí heterogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.67.



**Figura 3.65a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-5.00 cm), y  $D_A$  local (6.2 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.



**Figura 3.65b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+5.00 cm), y  $D_A$  local (5.8 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.

**Tabla 3.67:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-5.00	+5.00			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	6.20	5.80	111.00	0.00	SUPERPOSICION

### III.2.9.4.2 TRES CAMPOS ABIERTOS CUADRADOS (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), ANTERIOR (0.0°), DOS LATERALES (90.0°, y 270.0°), PESOS IGUALES, PROFUNDIDAD 5.0, 7.0, Y 6.8 cm.

#### a) REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

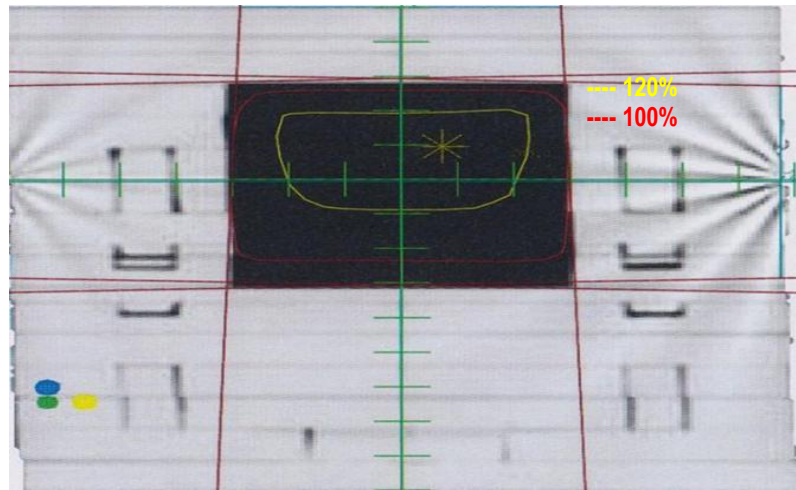
Para determinar  $\delta_1$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.66), con la técnica SAD realizados en el maniquí heterogéneo que contendrá la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posición de gantry, colimador (MLCs), y mesa, como se indica en la Tabla 3.68. La Figura 3.67 muestra las curvas de isodosis calculadas, para la D<sub>A</sub> local.

RADIOTERAPIA - INEN Apr/11/2015 16:23:57 Planner ID: test		Teletherapy Sources		
Patient ID: 00002314 Name: ARH. PANTOMA Studyset ID: 2314(image) Description: Rescaled CTs: no Air: -823 Water: -13 Plan ID: (189) Plan description: Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry Treatment Plan Approved: No Treatment Date: Apr/10/2015 Beam weighting mode: Absolute dose/MU		Version XiO - Release 5.00.02 Doc: 21320150411.162336.205		
	Beam Number 4	Beam Number 5	Beam Number 6	
Description	03INFNT6X	03INFNT6X	03INFNT6X	
Machine ID	Asym	Asym	Asym	
Collimator	SSD/95.0	SSD/93.0	SSD/93.0	
Setup/Dist (cm)	95.0/95.0	93.0/93.0	93.0/92.9	
SSD/Wt fan SSD (cm)				
Field Size at Isocenter	X1/X2 3.0/3.0	X1/X2 3.0/3.0	X1/X2 3.0/3.0	
Field Size (cm)	Y2/Y1 3.0/3.0	Y2/Y1 3.0/3.0	Y2/Y1 3.0/3.0	
Coll. Eq. Square (cm)	6.00	6.00	6.00	
Blk. Eq. Square (cm)	4.02	2.32	2.49	
Gantry/Coll angle (deg)	0.0/0.0	270.0/0.0	90.0/0.0	
Couch (deg)	0.0	0.0	0.0	
Isocenter/Beam entry	Entry	Entry	Entry	
X, Y, Z (cm)	0.01/11.20/5.06	-7.00/11.20/-0.02	6.77/11.20/-0.02	
Tx aids:				
Port	MLC	MLC	MLC	
Port/MLC normalization	blocked	blocked	blocked	
Calc algorithm	Superposition	Superposition	Superposition	
Weight (cGy)/No. fractions	66.9/1	66.9/1	66.9/1	
X, Y, Z (cm)	0.02/11.15/1.97	0.02/11.15/1.97	0.02/11.15/1.97	
Defined at	Arb.point	Arb.point	Arb.point	
Depth; skin (cm)	3.1	7.0	6.8	
Effective; skin (cm)	2.5	4.7	4.7	
TAR/TPR/PDD	TPRxPSCF/PSCF(0) (blk)	TPRxPSCF/PSCF(0) (blk)	TPRxPSCF/PSCF(0) (blk)	
At depth	---	---	---	
At effective	1.729	1.452	1.448	
PSCF(0)/PSCF(ec)	0.700/0.953	0.700/0.953	0.700/0.953	
Dose Output	0.627(cGy/MU)	0.627(cGy/MU)	0.627(cGy/MU)	
SCP/SWD (cm)	110.0/98.1	110.0/100.0	110.0/99.8	
Ref. Depth or Dmax(cm)	10.0	10.0	10.0	
Tray Factor(composite)	1.000	1.000	1.000	
Min or MU(open/wdg)	66.86 (MU)	82.75 (MU)	82.57 (MU)	
Integer MU(open/wdg)	67	83	83	
DICOM Entry X, Y, Z(cm)	0.01/-5.06/11.20	-7.00/0.02/11.20	6.77/0.02/11.20	
DICOM Wt X, Y, Z (cm)	0.02/-1.97/11.15	0.02/-1.97/11.15	0.02/-1.97/11.15	

Figura 3.66: Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una D<sub>A</sub> local, determinación de la UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.68.

Tabla 3.68: Algoritmo, técnica, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una D<sub>A</sub> local, programación del tiempo de irradiación (UMs) en la consola de control del LINAC, para la región  $\delta_1$  ubicada a lo largo del Eje del Haz.

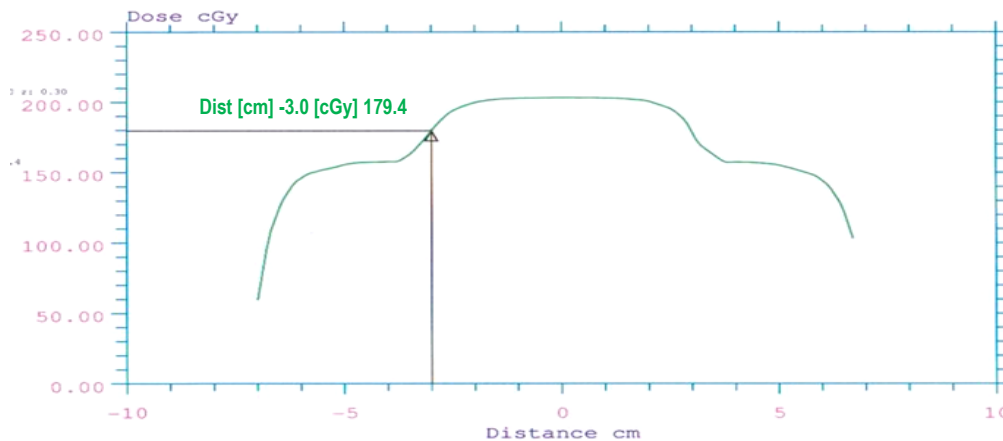
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Dosis [cGy]			Tiempos [UM]			Posicion Gantry [°]		Algoritmo [Cálculo]
6.0	6.0 x 6.0	95.0	93.0	93.2	5.0	7.0	6.8	200.70	67.0	83.0	83.0	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION	



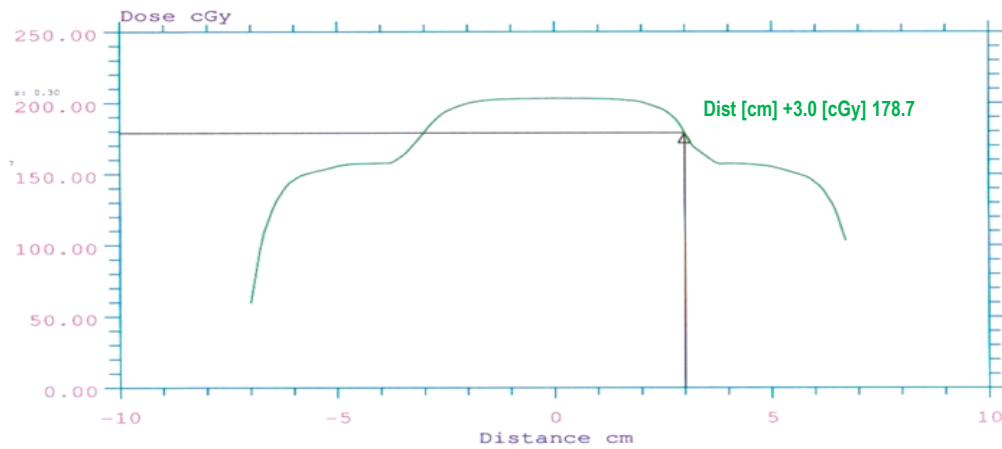
**Figura 3.67:** Curvas de isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una  $D_A$  local de 200.70 cGy en el maniquí heterogéneo con técnica SAD a profundidades de 5.0, 7.0, 6.8 cm, gantry con ángulos: 0.0°, 90.0°, 270.0°, Colimador (MLCs), Mesa 0.0°, energía 6.0 MV, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>.

**b) REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_2$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.66) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 179.40 cGy, y 178.70 cGy correspondiente a los puntos -3.00 cm, +3.00 cm, (Figura 3.68a, y 3.68b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí heterogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.69.



**Figura 3.68a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-3.00 cm), y  $D_A$  local (179.4 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.



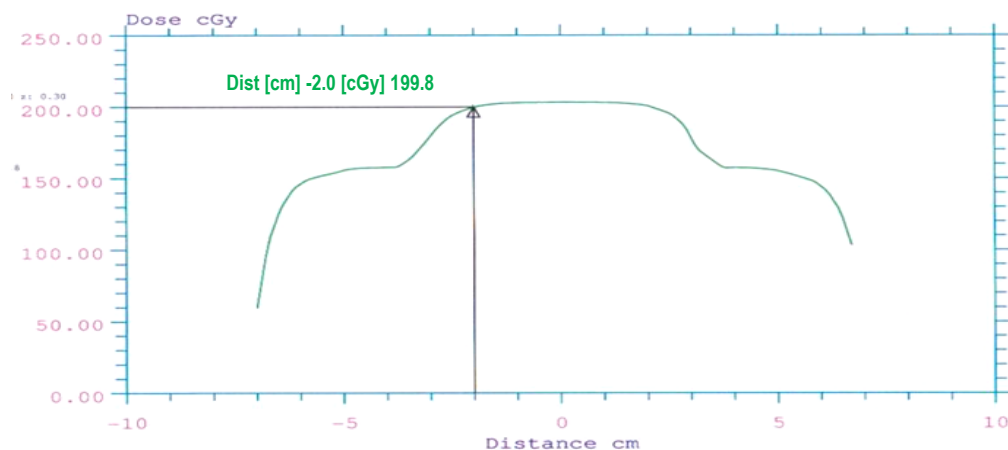
**Figura 3.68b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+3.00 cm), y  $D_A$  local (178.7 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.

**Tabla 3.69:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
								-3.0	+3.0							
6.00	6.0 x 6.0	95.0	93.0	93.2	5.0	7.0	6.8	179.40	178.70	67.0	83.0	83.0	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

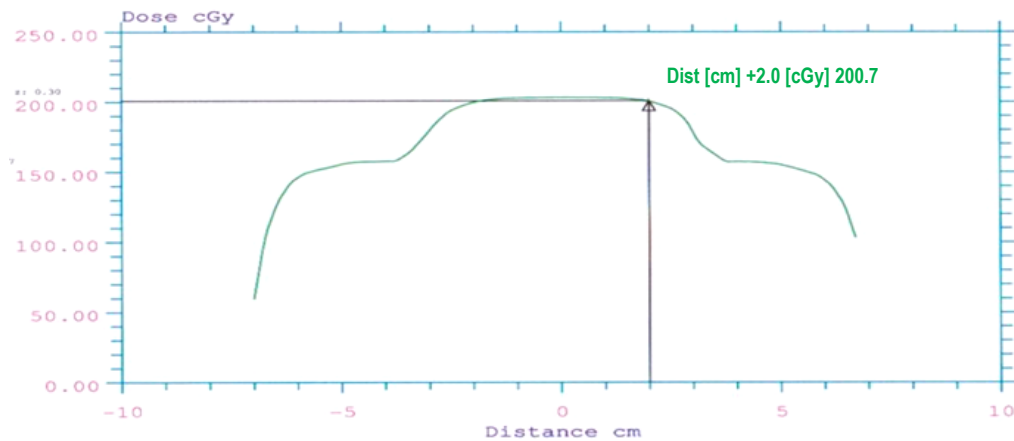
**c) REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DEL CAMPO – FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_3$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.66) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 199.80 cGy, y 200.70 cGy correspondiente a los puntos -2.00 cm, +2.00 cm, (Figura 3.69a, y 3.69b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí heterogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.70.



**Figura 3.69a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-2.00 cm), y  $D_A$  local (199.8 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.





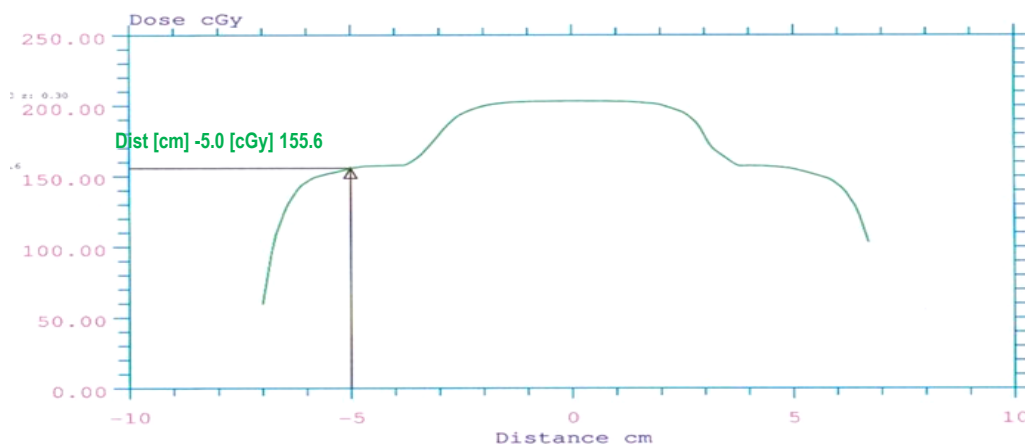
**Figura 3.69b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+2.00 cm), y  $D_A$  local (200.7 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.

**Tabla 3.70:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

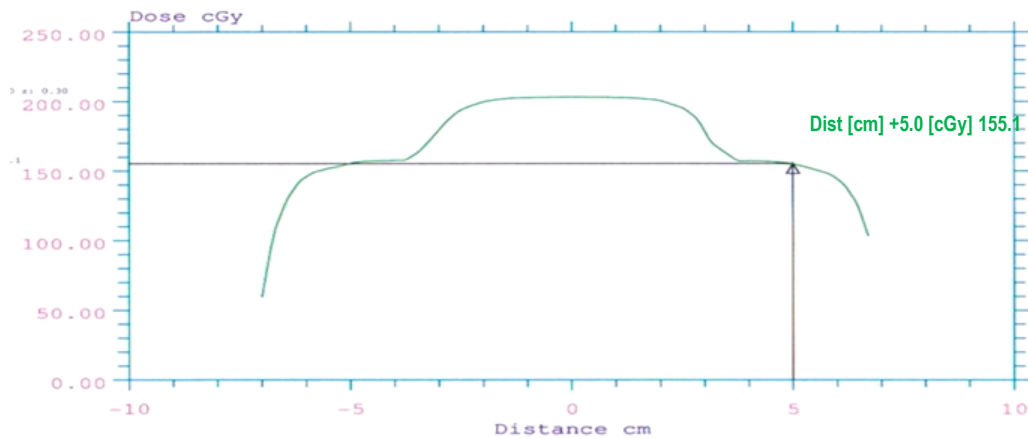
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]		Algoritmo [Cálculo]	
		95.0	93.0	93.2	5.0	7.0	6.8	-2.0	+2.0	67.0	83.0	83.0	0.0	90.0		270.0
6.00	6.0 x 6.0	95.0	93.0	93.2	5.0	7.0	6.8	199.80	200.70	67.0	83.0	83.0	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

**d) REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_4$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.59) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 155.6 cGy, y 155.10 cGy correspondiente a los puntos -5.00 cm, +5.00 cm, (Figura 3.70a, y 3.70b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí heterogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.71.



**Figura 3.70a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-5.00 cm), y  $D_A$  local (155.6 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.



**Figura 3.70b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+5.00 cm), y  $D_A$  local (155.1 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.

**Tabla 3.71:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] - [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
		95.0	93.0	93.2	5.0	7.0	6.8	-5.0	+5.0	67.0	83.0	83.0	0.0	90.0	270.0	
6.00	6.0 x 6.0							155.60	155.10							SUPERPOSICION

**III.2.9.4.3 TRES CAMPOS ABIERTOS CUADRADOS (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), ANTERIOR (0.0°), DOS LATERALES (90.0°, y 270.0°), PESOS DIFERENTES, PROFUNDIDAD 5.0, 7.0, Y 6.8 cm, CON CUÑA VW 60.0°.**

**a) REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_1$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.71), con la técnica SAD realizados en el maniquí heterogéneo que contendrá la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posición de gantry, colimador (MLCs), y mesa, como se indica en la Tabla 3.72. La Figura 3.72 muestra las curvas de isodosis calculadas, para la  $D_A$  local.

RADIOTERAPIA - INEN		Version XiO - Release 5.00.02	
Apr/11/2015 16:13:41		Doc: 21320150411.161050.201	
Planner ID: test		Teletherapy Sources	
Patient ID: 00002314			
Name: ARII, FANTOMA			
Studysset ID: 2314(image)			
Description:			
Rescaled CTs: no Air: -823 Water: -13			
Plan ID: (189)			
Plan description:			
Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry			
Treatment Plan Approved: No			
Treatment Date: Apr/10/2015			
Beam weighting mode: Absolute dose/MU			
Description	Beam Number 1	Beam Number 2	Beam Number 3
Machine ID	03INFNT6X	03INFNT6X	03INFNT6X
Collimator	Asym	Asym	Asym
Setup/Diat (cm)	SSD/95.0	SSD/93.0	SSD/93.0
SSD/Wt fan SSD (cm)	95.0/95.0	93.0/93.0	93.0/92.9
Field Size at Isocenter			
Field Size (cm)	X1/X2 3.0/3.0	X1/X2 3.0/3.0	X1/X2 3.0/3.0
Field Size (cm)	Y2/Y1 3.0/3.0	Y2/Y1 3.0/3.0	Y2/Y1 3.0/3.0
Coll. Eq. Square (cm)	6.00	6.00	6.00
Blk. Eq. Square (cm)	4.02	2.32	2.49
Gantry/Coli angle (deg)	0.0/0.0	270.0/0.0	90.0/0.0
Couch (deg)	0.0	0.0	0.0
Isocenter/Beam entry	Entry	Entry	Entry
X, Y, Z(cm)	0.01/11.20/5.06	-7.00/11.20/-0.02	6.77/11.20/-0.02
Tx aids:			
Wedge ID/Orient	Motor/Heel-Out	Motor/Heel-Out	Motor/Heel-Out
WF/norm	0.262/wedged	0.260/wedged	0.260/wedged
Variable Wedge Angle(deg)	60	60	60
Port	MLC	MLC	MLC
Port/MLC normalization	blocked	blocked	blocked
Calc algorithm	Superposition	Superposition	Superposition
Weight (cGy)/No. fractions	92.5/1	46.3/1	61.7/1
Motorized (open/wdg)	0.0/ 92.5	0.0/ 46.3	0.0/ 61.7
X, Y, Z (cm)	0.02/11.15/1.97	0.02/11.15/1.97	0.02/11.15/1.97
Defined at	Arb.point	Arb.point	Arb.point
Depth; skin (cm)	3.1	7.0	6.8
Effective; skin (cm)	2.5	4.7	4.7
TAR/TPR/PDD	TPRXPSCF/PSCF(0)(blk)	TPRXPSCF/PSCF(0)(blk)	TPRXPSCF/PSCF(0)(b
At depth	---	---	---
At effective	1.729	1.452	1.448
PSCF(0)/PSCF(ec)	0.700/0.953	0.700/0.953	0.700/0.953
Dose Output	0.627(cGy/MU)	0.627(cGy/MU)	0.627(cGy/MU)
SCP/SWD (cm)	110.0/98.1	110.0/100.0	110.0/99.8
Ref. Depth or Dmax(cm)	10.0	10.0	10.0
Tray Factor(composite)	1.000	1.000	1.000
Frac MU/time (open/wdg)	0.000/1.000	0.000/1.000	0.000/1.000
Min or MU(open/wdg)	0.00/353.37 (MU)	0.00/220.10 (MU)	0.00/293.28 (MU)
Integer MU(open/wdg)	0/353	0/220	0/293
DICOM Entry X, Y, Z(cm)	0.01/-5.06/11.20	-7.00/0.02/11.20	6.77/0.02/11.20
DICOM Wt X, Y, Z (cm)	0.02/-1.97/11.15	0.02/-1.97/11.15	0.02/-1.97/11.15

Figura 3.71: Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una  $D_A$  local, determinación de la UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.72.

Tabla 3.72: Algoritmo, técnica, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una  $D_A$  local, programación del tiempo de irradiación (UMs) en la consola de control del LINAC, para la región  $\delta_1$  ubicada a lo largo del Eje del Haz.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Dosis [cgy]	Tiempos [um]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
6.0	6.0 x 6.0	95.0	93.0	93.2	5.0	7.0	6.8	200.50	353	220	293	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

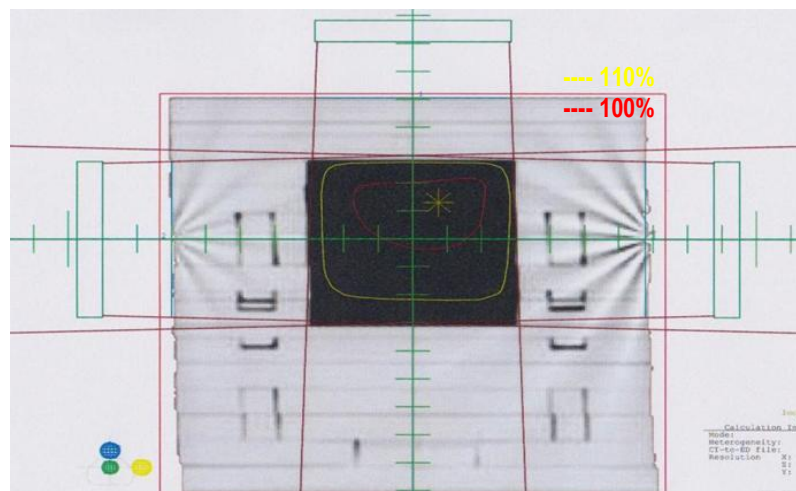
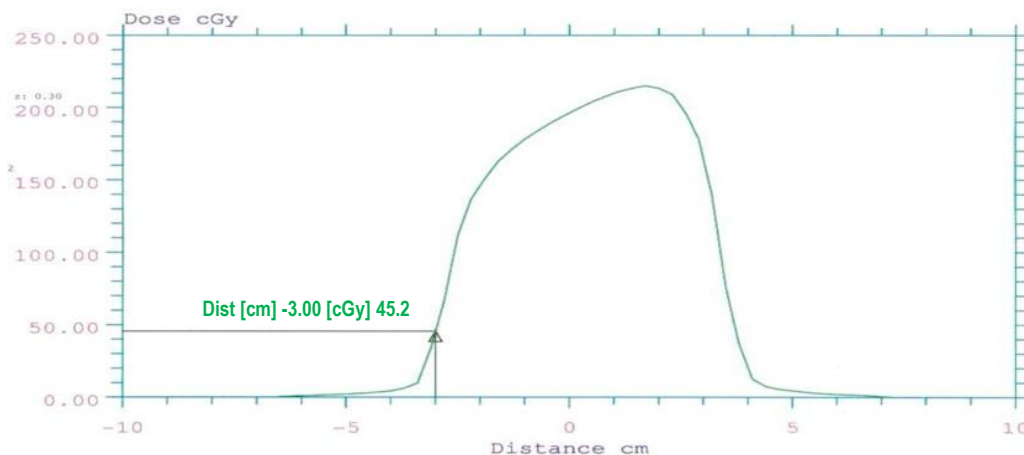


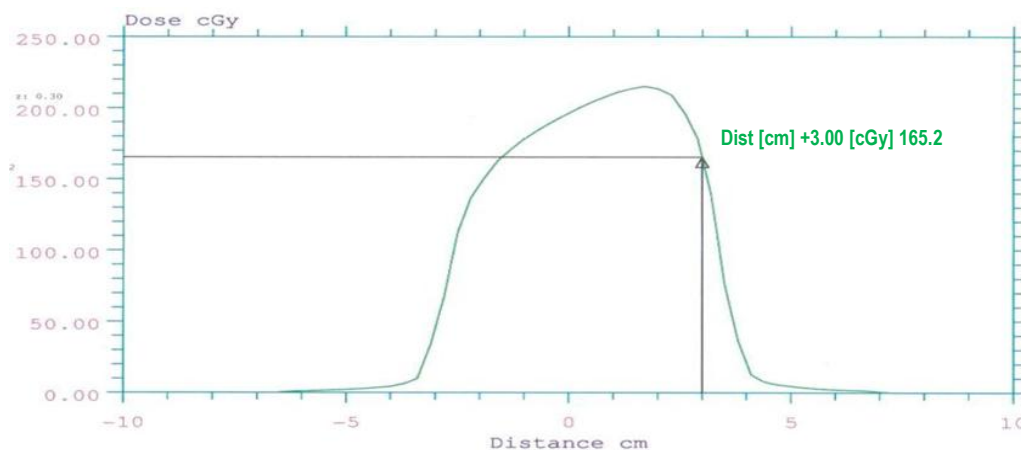
Figura 3.72: Curvas de isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una  $D_A$  local de 200.50 cGy en el maniquí homogéneo con técnica SAD a profundidades 5.0, 7.0, 6.8 cm, gantry con ángulos 0.0°, 90.0°, 270.0°, Colimador (MLCs), Mesa 0.0°, energía 6.0 MV, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>.

**b) REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_2$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.71) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 45.20 cGy, y 165.20 cGy correspondiente a los puntos -3.00 cm, +3.00 cm, (Figura 3.73a, y 3.73b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí heterogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.73.



**Figura 3.73a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-3.00 cm), y  $D_A$  local (45.2 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0, 7.0, 6.8 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry 0.0°, 90.0, 270, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.



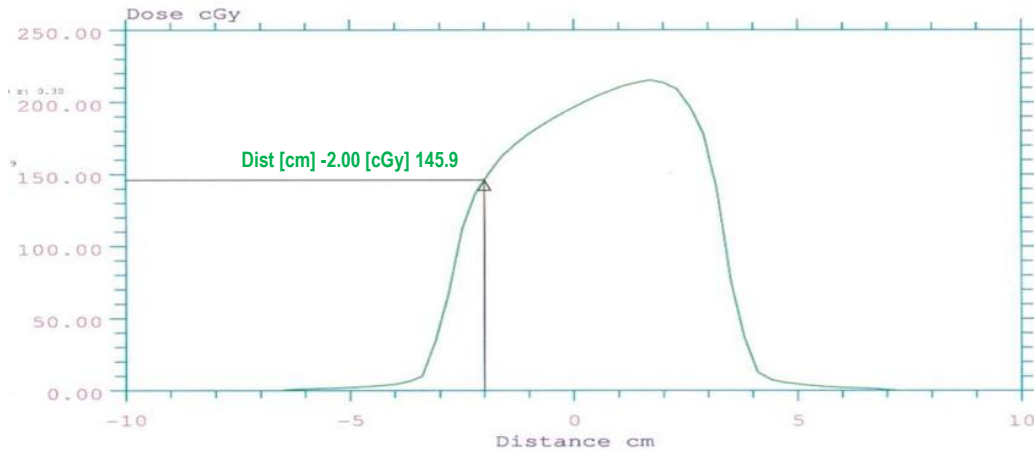
**Figura 3.73b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+3.00 cm), y  $D_A$  local (165.2 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0, 7.0, 6.8 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry 0.0°, 90.0, 270, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.

**Tabla 3.73:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

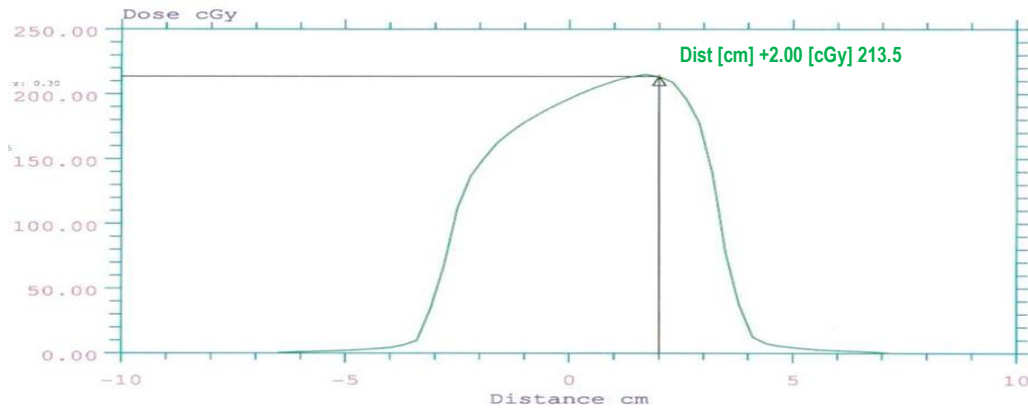
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
		95.0	93.0	93.2	5.0	7.0	6.8	-3.0	+3.0	353	220	293	0.0	90.0	270.0	
6.00	6.0 x 6.0	95.0	93.0	93.2	5.0	7.0	6.8	45.20	165.20	353	220	293	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

**c) REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DEL CAMPO – FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_3$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.71) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 145.90 cGy, y 213.50 cGy correspondiente a los puntos -2.00 cm, +2.00 cm, (Figura 3.74a, y 3.74b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí heterogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.74.



**Figura 3.74a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-2.00 cm), y  $D_A$  local (145.9 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.



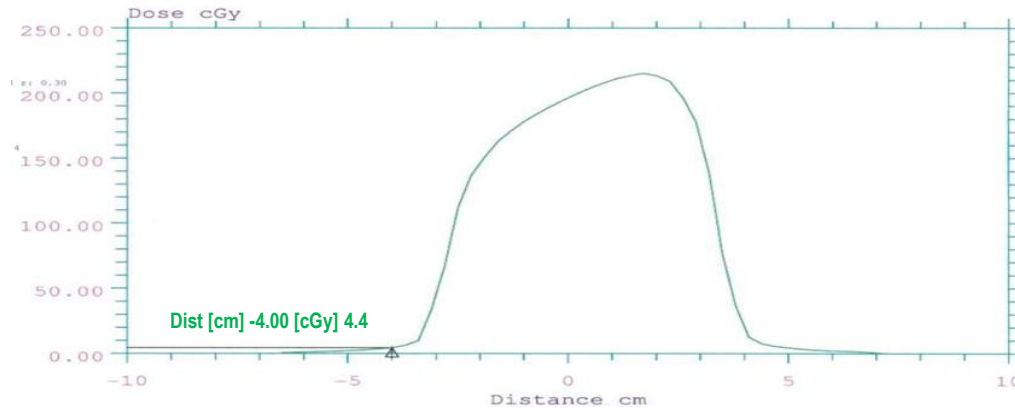
**Figura 3.74b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+2.00 cm), y  $D_A$  local (213.5 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.

**Tabla 3.74:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

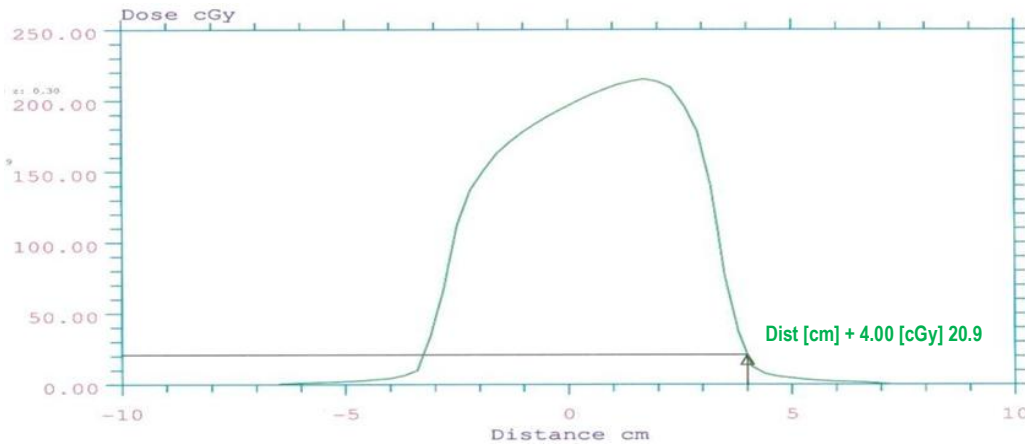
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
		95.0	93.0	93.2	5.0	7.0	6.8	-2.0	+2.0	353	220	293	0.0	90.0	270.0	
6.00	6.0 x 6.0	95.0	93.0	93.2	5.0	7.0	6.8	145.90	213.50	353	220	293	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

**d) REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_4$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.71) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 4.40 cGy, y 20.90 cGy correspondiente a los puntos -4.00 cm, +4.00 cm, (Figura 3.75a, y 3.75b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí heterogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.75.



**Figura 3.75a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-4.00 cm), y  $D_A$  local (4.4 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.



**Figura 3.75b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+4.00 cm), y  $D_A$  local (20.9 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.

**Tabla 3.75:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]			Profundidad [cm]			Posición- Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]			Posición Gantry [°]			Algoritmo [Cálculo]
								-4	+4							
6.00	6.0 x 6.0	95.0	93.0	93.2	5.0	7.0	6.8	4.40	20.90	353	220	293	0.0	90.0	270.0	SUPERPOSICION

### III.2.9.4.4 UN CAMPO IRREGULAR ABIERTO SOBRE UN ÁREA DE 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, ANTERIOR (0.0°), PROFUNDIDAD 5.0 cm.

#### a) REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

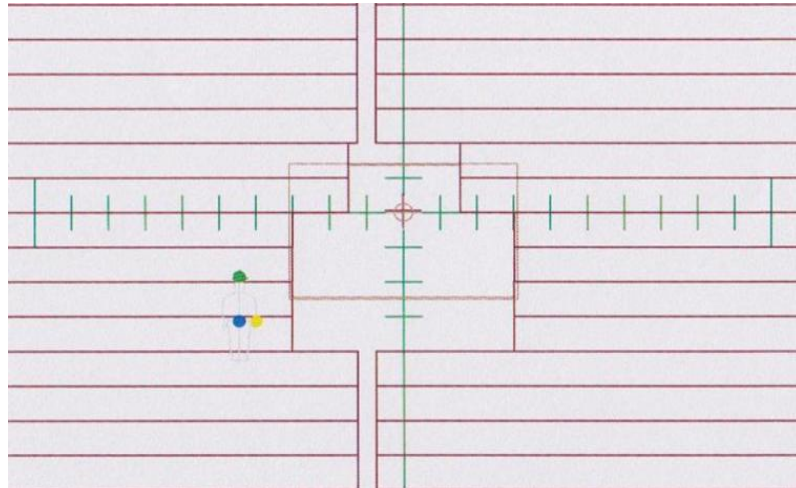
Para determinar  $\delta_1$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.76), con la técnica SAD realizados en el maniquí heterogéneo que contendrá la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posición de gantry, colimador (MLCs), y mesa, como se indica en la Tabla 3.76. La Figura 3.77b muestra las curvas de isodosis calculadas, para la D<sub>A</sub> local.

RADIOTERAPIA - INEN		Version XiO - Release 5.00.02
Apr/11/2015 16:58:16		Doc: 21320150411.165752.202
Planner ID: test		
Patient ID: 00002314		Teletherapy Sources
Name: ARH. FANTOMA		
Studyset ID: 2314(image)		
Description:		
Rescaled CTs: no Air: -823 Water: -13		
Plan ID: P03 (*192)		
Plan description:		
Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry		
Treatment Plan Approved: No		
Treatment Date: Apr/10/2015		
Beam weighting mode: Absolute dose/MU		
	Beam Number	
	7	
Description		
Machine ID	03INFNT6X	
Collimator	Asym	
Setup/Dist (cm)	SSD/95.0	
SSD/Wt fan SSD (cm)	95.0/95.0	
Field Size at Isocenter		
Field Size (cm)	X1/X2 3.1/3.1	
Field Size (cm)	Y2/Y1 1.4/2.5	
Coll. Eq. Square (cm)	4.79	
Blk. Eq. Square (cm)	2.92	
Gantry/Coll angle (deg)	0.0/0.0	
Couch (deg)	0.0	
Isocenter/Beam entry	Entry	
X, Y, Z(cm)	0.01/11.20/5.06	
Tx aids:		
Port	MLC	
Port/MLC normalization	blocked	
Calc algorithm	Superposition	
Weight (cGy)/No. fractions	100.0/1	
X, Y, Z (cm)	0.01/11.20/0.01	
Defined at	Arb:point	
Depth; skin (cm)	5.0	
Effective; skin (cm)	2.9	
TAR/TPS/PDD	TPR&PSCF/PSCF(0)(blk)	
At depth	---	
At effective	1.473	
PSCF(0)/PSCF(ec)	0.700/0.932	
Dose Output	0.608(cGy/MU)	
SCD/SWD (cm)	110.0/100.1	
Ref. Depth or Dmax(cm)	10.0	
Tray Factor(composite)	1.000	
Min or MU(open/wdg)	123.00 (MU)	
Integer MU(open/wdg)	123	
DICOM Entry X, Y, Z(cm)	0.01/-5.06/11.20	
DICOM Wt X, Y, Z (cm)	0.01/-0.01/11.20	

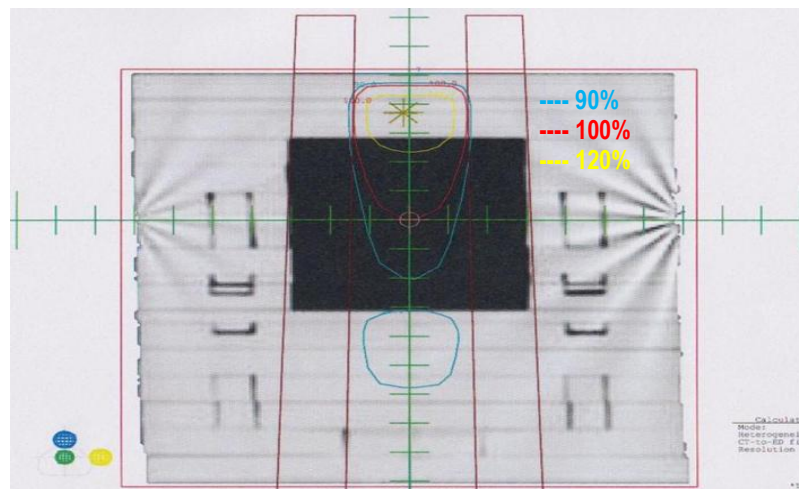
Figura 3.76: Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una D<sub>A</sub> local, determinación de la UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.72.

Tabla 3.76: Algoritmo, técnica, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una D<sub>A</sub> local, programación del tiempo de irradiación (UMs) en la consola de control del LINAC, para la región  $\delta_1$  ubicada a lo largo del Eje del Haz.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Dosis [cGy]	Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	100.00	123.00	0.00	SUPERPOSICIÓN



**Figura 3.77a:** Observamos la configuración con las MLCs en campo Irregular sobre el maniquí de acrílico en medio heterogéneo, en un área de 6,0 x 6.0 cm<sup>2</sup>.

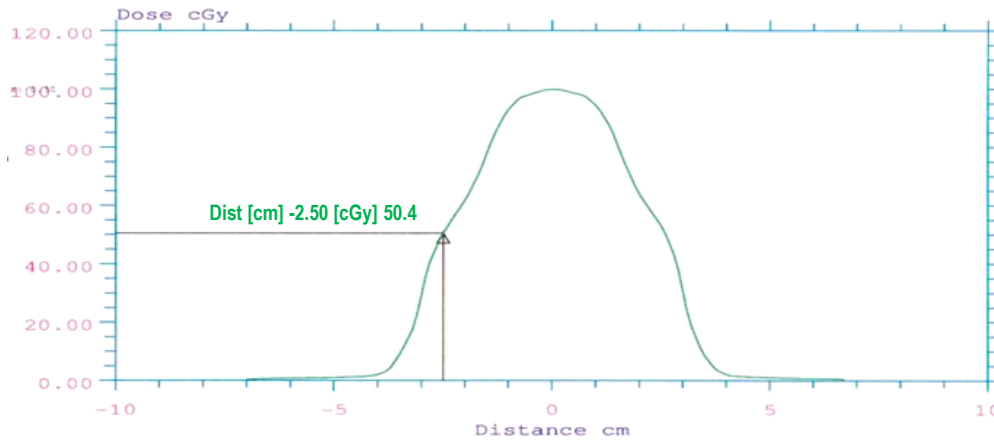


**Figura 3.77b:** Curvas de isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una  $D_A$  local de 100.00 cGy en el maniquí heterogéneo con técnica SAD a profundidad 5.0 cm, gantry, colimador (MLCs), mesa 0.0°, energía 6.0 MV, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>.

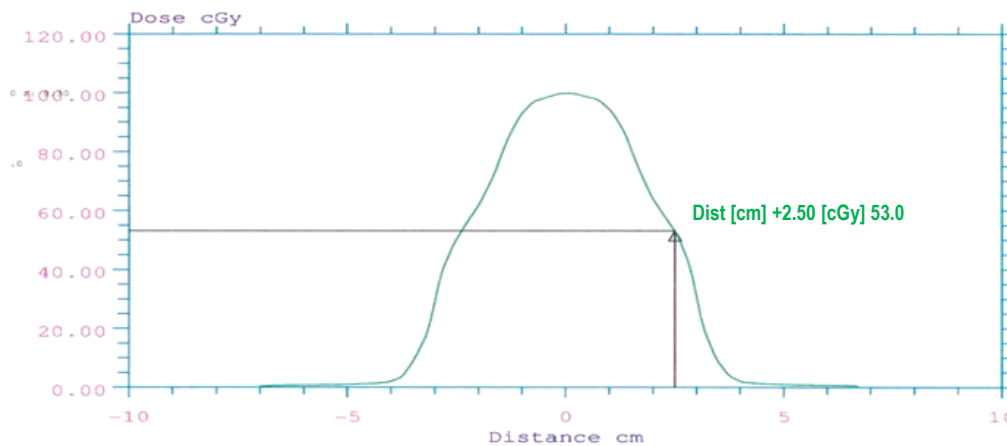
### c) REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Para determinar  $\delta_2$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.76) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 50.40 cGy, y 53.00 cGy correspondiente a los puntos -2.50 cm, +2.50 cm, (Figura 3.78a, y 3.78b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí heterogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.77.





**Figura 3.78a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-2.50 cm), y  $D_A$  local (50.4 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.



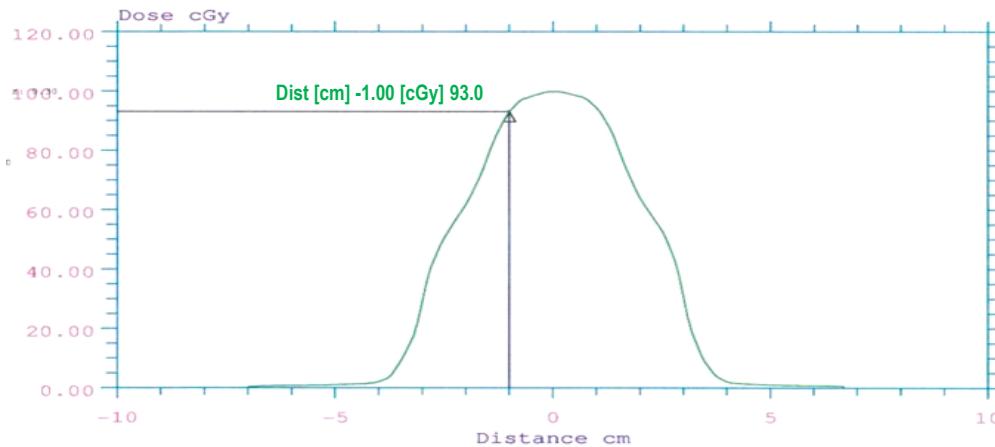
**Figura 3.78b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+2.50 cm), y  $D_A$  local (53.0 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.

**Tabla 3.77:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

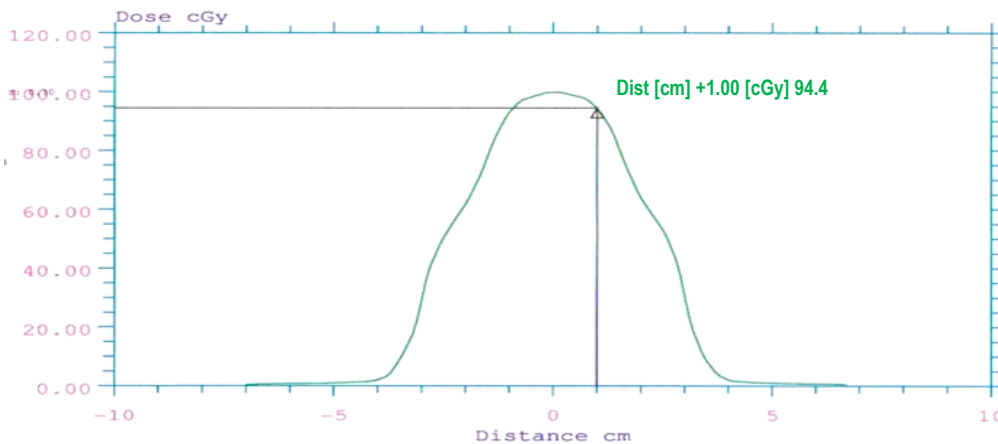
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-2.50	+2.50			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	50.40	53.00	123.00	0.00	SUPERPOSICION

**c) REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DEL CAMPO – FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_3$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.76) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 93.00 cGy, y 94.40 cGy correspondiente a los puntos -1.00 cm, +1.00 cm, (Figura 3.79a, y 3.79b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí heterogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.78.



**Figura 3.79a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-1.00 cm), y  $D_A$  local (93.0 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.



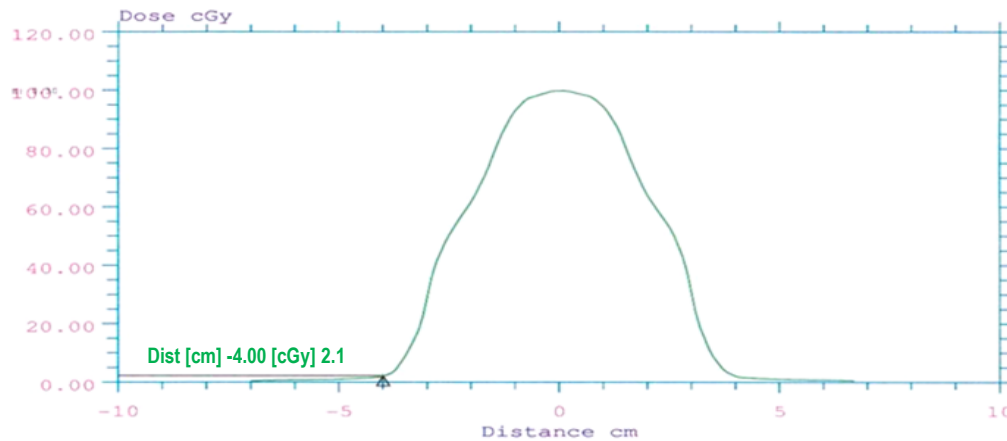
**Figura 3.79b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+1.00 cm), y  $D_A$  local (94.4 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.

**Tabla 3.78:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

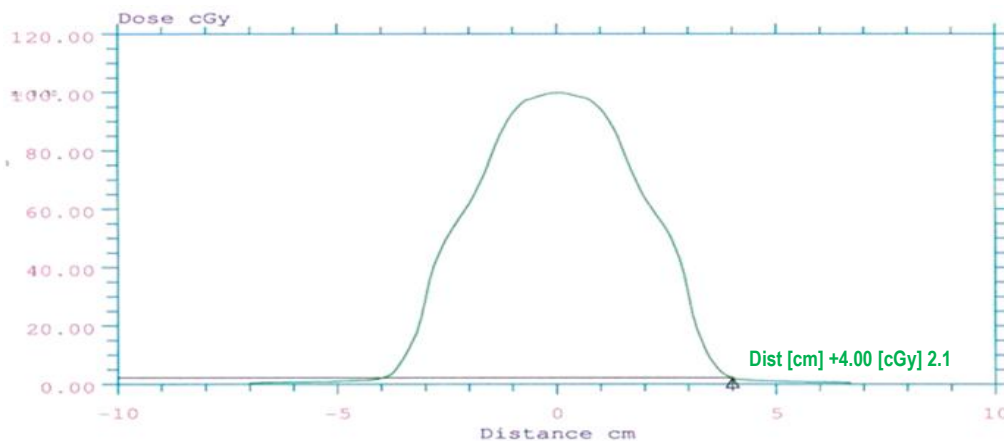
Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-1.00	+1.00			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	93.00	94.40	123.00	0.00	SUPERPOSICION

**d) REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_4$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.76) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 2.10 cGy, y 2.10 cGy correspondiente a los puntos -4.00 cm, +4.00 cm, (Figura 3.80a, y 3.80b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí heterogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.79.



**Figura 3.80a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-4.00 cm), y  $D_A$  local (2.1 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.



**Figura 3.80b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+4.00 cm), y  $D_A$  local (2.1 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.

**Tabla 3.79:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-4.00	+4.00			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	2.10	2.10	123.00	0.00	SUPERPOSICION

### III.2.9.4.5 UN CAMPO “Y” INVERTIDA ABIERTO SOBRE UN ÁREA DE 6 x 6 cm<sup>2</sup>, ANTERIOR (0.0°), PROFUNDIDAD 5.0 cm.

#### a) REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

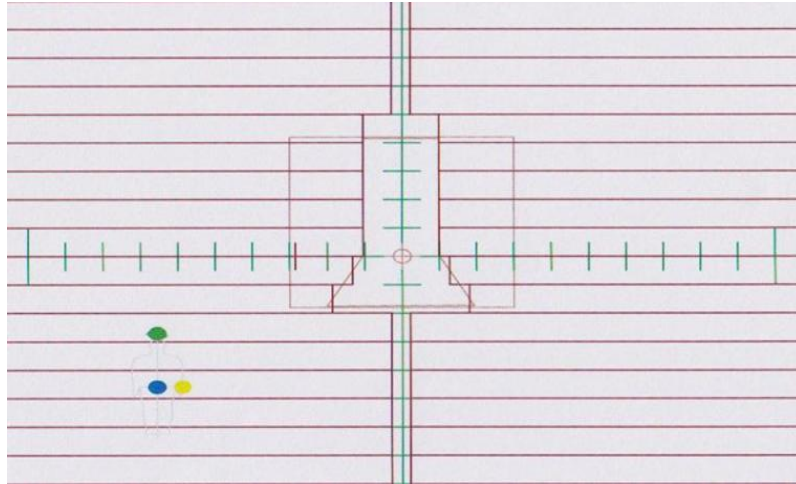
Para determinar  $\delta_1$ , se obtuvieron los datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.81), con la técnica SAD realizados en el maniquí heterogéneo que contendrá la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posición de gantry, colimador (MLCs), y mesa, como se indica en la Tabla 3.80. La Figura 3.82b muestra las curvas de isodosis calculadas, para la  $D_A$  local.

RADIOTERAPIA - INEN		Version XiO - Release 5.00.02
Apr/11/2015 16:43:02		Doc: 21320150411.164200.202
Planner ID: test	Teletherapy Sources	
Patient ID: 00002314		
Name: ARH, FANTOMA		
Studysct ID: 2314(image)		
Description:		
Rescaled CIs: no Air: -823 Water: -13		
Plan ID: P03 (*190)		
Plan description:		
Treatment Orientation: Supine, Head Toward Gantry		
Treatment Plan Approved: No		
Treatment Date: Apr/10/2015		
Beam weighting mode: Absolute dose/MU		
Beam Number		
7		
Description		
Machine ID	03INFNT6X	
Collimator	Asym	
Setup/Dist (cm)	SSD/95.0	
SSD/Wt. fan SSD (cm)	95.0/95.0	
Field Size at Isocenter		
Field Size (cm)	X1/X2 1.8/1.8	
Field Size (cm)	Y2/Y1 4.2/2.0	
Coll. Eq. Square (cm)	4.56	
Blk. Eq. Square (cm)	2.55	
Gantry/Coil angle (deg)	0.0/0.0	
Couch (deg)	0.0	
Isocenter/Beam entry	Entry	
X, Y, Z (cm)	0.01/11.20/5.06	
Tx aids:		
Port	MLC	
Port/MLC normalization	blocked	
Calc algorithm	Superposition	
Weight (cGy)/No. fractions	100.0/1	
X, Y, Z (cm)	0.03/11.20/0.04	
Defined at	Arb.point	
Depth; skin (cm)	5.0	
Effective; skin (cm)	2.9	
TAR/TPR/PDD	TPRxPSCF/PSCF(0)(blk)	
At depth		
At effective	1.368	
PSCF(0)/PSCF(ec)	0.700/0.927	
Dose Output	0.604(cGy/MU)	
SCD/SWD (cm)	110.0/100.0	
Ref. Depth or Dmax(cm)	10.0	
Tray Factor (composite)	1.000	
Min or MU(open/wdg)	132.57 (MU)	
Integer MU(open/wdg)	133	
DICOM Entry X, Y, Z (cm)	0.01/-5.06/11.20	
DICOM Wt X, Y, Z (cm)	0.03/-0.04/11.20	

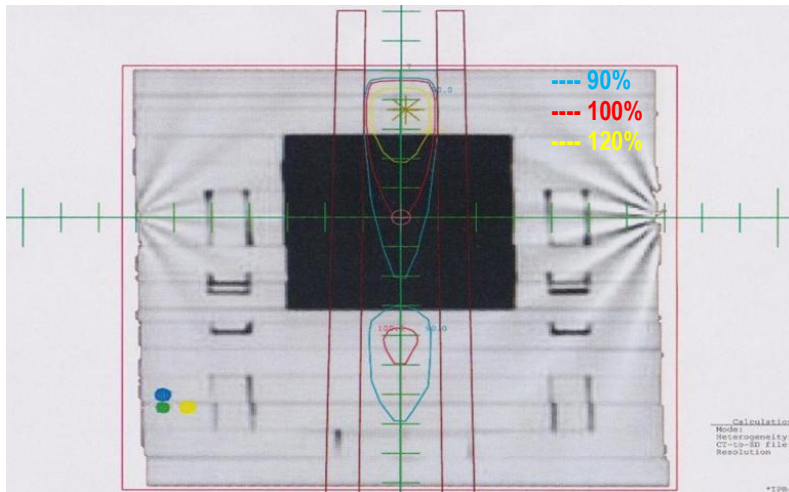
Figura 3.81: Datos calculados por el TPS Xio, con técnica SAD, para una  $D_A$  local, determinación de la UMs a programar en la consola de control del LINAC son de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 3.80.

Tabla 3.80: Algoritmo, técnica, y parámetros ingresados al TPS Xio, para una  $D_A$  local, programación del tiempo de irradiación (UMs) en la consola de control del LINAC, para la región  $\delta_1$  ubicada a lo largo del Eje del Haz.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Dosis [cGy]	Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	100.00	133.00	0.00	SUPERPOSICIÓN



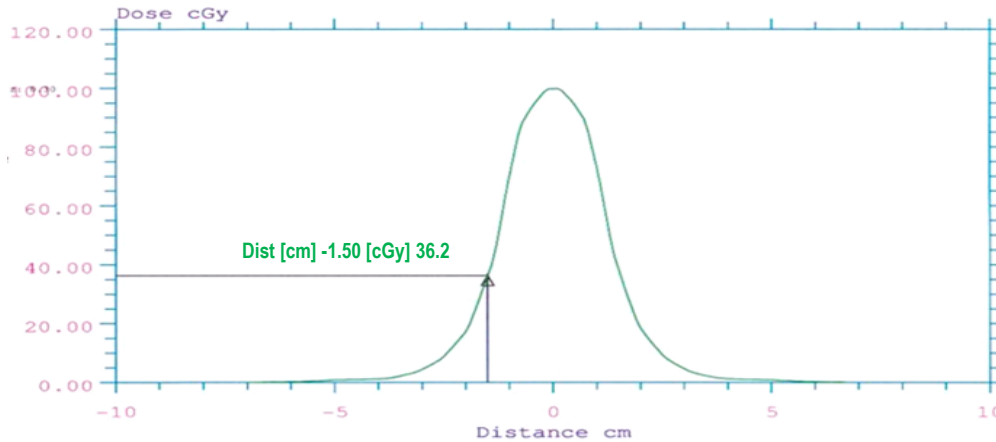
**Figura 3.82a:** Configuración con las MLCs en campo de forma “Y Invertida” sobre el maniquí deacrílico en medio no heterogéneo, en un área de 6,0 x 6.0 cm<sup>2</sup>.



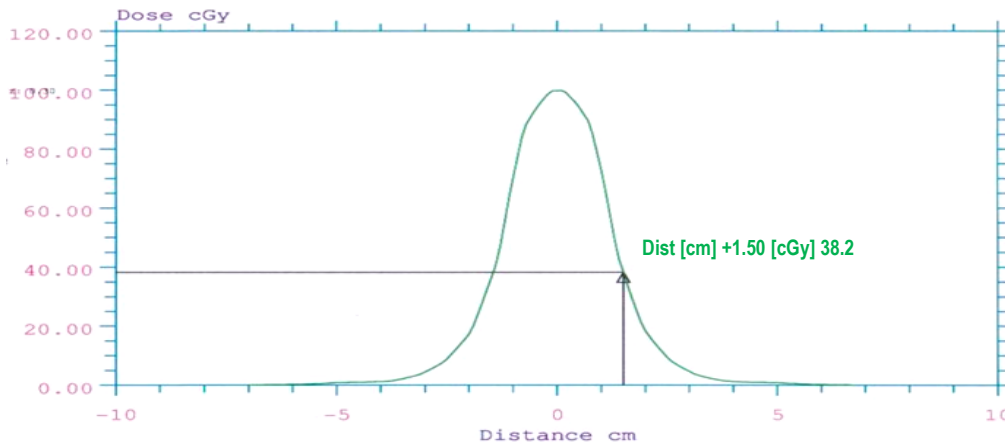
**Figura 3.82b:** Curvas de isodosis calculadas por el TPS Xio distribución para una D<sub>A</sub> local de 100.00 cGy en el maniquí heterogéneo con técnica SAD a profundidad 5.0 cm, gantry, colimador (MLCs), mesa 0.0°, energía 6.0 MV, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>.

### b) REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Para determinar  $\delta_2$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.81) con la técnica SAD, determinándose D<sub>AS</sub> locales de 36.20 cGy, y 38.20 cGy correspondiente a los puntos -1.50 cm, +1.50 cm, (Figura 3.83a, y 3.83b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí heterogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.81.



**Figura 3.83a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-1.50 cm), y  $D_A$  local (36.2 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.



**Figura 3.83b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+1.50 cm), y  $D_A$  local (38.2 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_2$ , en la penumbra del haz de radiación.

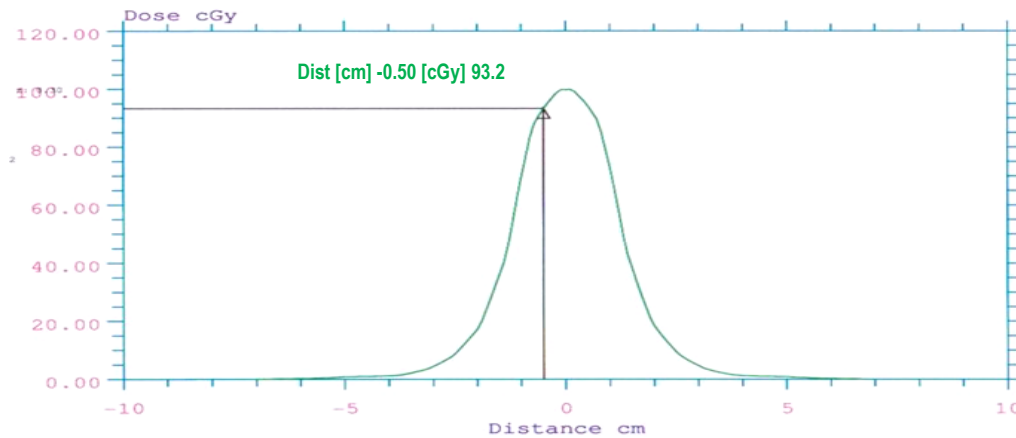
**Tabla 3.81:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-1.50	+1.50			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	36.20	38.20	133.00	0.00	SUPERPOSICION

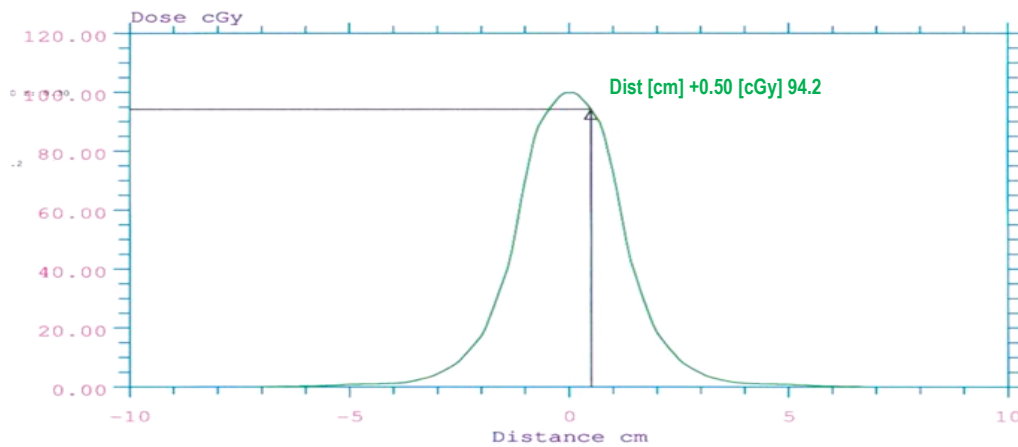
**c) REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DEL CAMPO – FUERA DEL EJE- DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_3$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.81) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 93.20 cGy, y 94.20 cGy correspondiente a los puntos -0.50 cm, +0.50 cm, (Figura 3.84a, y 3.84b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí heterogéneo con la CIC

y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.82.



**Figura 3.84a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-0.50 cm), y  $D_A$  local (93.2 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.



**Figura 3.84b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-0.50 cm), y  $D_A$  local (94.2 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_3$ , dentro del campo – fuera del eje del haz.

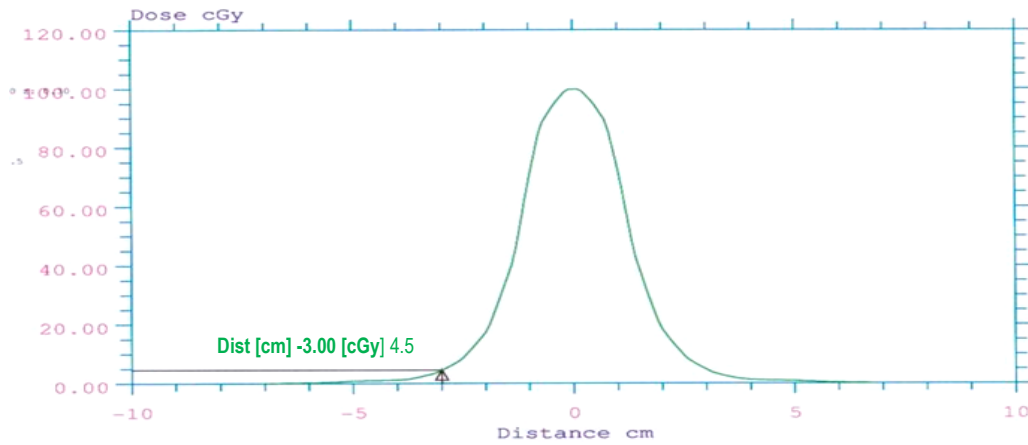
**Tabla 3.82:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-0.50	+0.50			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	93.20	94.20	133.00	0.00	SUPERPOSICION

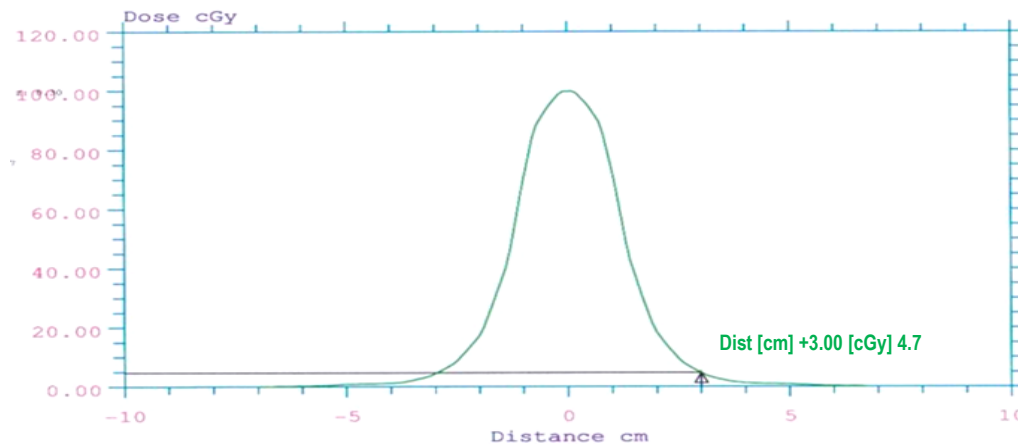
**d) REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

Para determinar  $\delta_4$ , se obtuvieron datos calculados por el TPS Xio (Figura 3.81) con la técnica SAD, determinándose  $D_{AS}$  locales de 4.50 cGy, y 4.70 cGy correspondiente a los puntos -3.00 cm, +3.00 cm, (Figura

3.85a, y 3.85b), del perfil en el eje de abscisas (*cross plane*), valores a medir en el maniquí heterogéneo con la CIC y los OSLD nanoDot a una profundidad, tamaño de campo, energía, posiciones de gantry, colimador, y mesa, como se indica en la Tabla 3.83.



**Figura 3.85a:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (-3.00 cm), y  $D_A$  local (4.5 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región negativa  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.



**Figura 3.85b:** Perfil de la curva de isodosis obtenida en el TPS Xio con el punto prescrito (+3.00 cm), y  $D_A$  local (4.7 cGy) a evaluar, con técnica SAD, campo 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, profundidad: 5.0 cm, energía fotones de 6.0 MV, gantry, colimador, y mesa a 0.0° para región positiva  $\delta_4$ , fuera de campo del haz.

**Tabla 3.83:** Datos ingresados, y calculados por el algoritmo del TPS Xio para el perfil de dosis orientado en el *cross plane* determinándose dos puntos con su respectiva  $D_A$  local de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Energía [MV]	Campo [cm x cm]	SAD [cm]	Profundidad [cm]	Perfil: Posición – Dosis [cm] – [cGy]		Tiempo [UM]	Posición Gantry [°]	Algoritmo [Cálculo]
				-3.00	+3.00			
6.00	6.00 x 6.00	95.00	5.00	4.50	4.70	133.00	0.00	SUPERPOSICION



## IV. RESULTADOS

En el presente Capítulo se describen los resultados obtenidos después del proceso metodológico de la irradiación a los dosímetros: CIC y OSLD nanoDot contrastados entre sí, comparados con los valores calculados en el TPS, y evaluados con los parámetros de tolerancia descrito en las Secciones II.2.3.1, y II.2.3.2, los resultados fueron obtenidos en base a la metodología descrita en las Secciones III.2.3 al III.2.11.

### IV.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS OSLDs nanoDots

Los diferentes factores de caracterización a los OSLDs nanoDots, se describen en la Sección III.2.3, a continuación se presentan los resultados de las evaluaciones a dichas caracterizaciones:

#### IV.1.1 FACTOR POR HOMOGENEIDAD ENTRE ELEMENTOS [ $H_{E[S]}$ ]

Los detalles para realizar la evaluación son indicados en la Tabla 3.12, de la Sección III.2.3.1, y en la Figura 3.6 se observa el montaje en el LINAC, las lecturas obtenidas se analizaron de la siguiente manera:

##### Correcciones de Lectura por Lote:

En la Tabla 4.1a, se presenta las lecturas obtenidas en los diferentes análisis de la Homogeneidad entre elementos aplicando la Ecuación (3.1a), sobre las lecturas crudas de los OSLDs.

**Tabla 4.1a:** Lecturas crudas, homogenización y lecturas corregidas de los OSLD nanoDot.

Nº	Código OSLD (DN)	LecCruda [mrad]	Ecuación (3.1a)	LecCorregida [mrad $\pm$ $\Delta$ ]
1	081 880007	28024	0.9959	27909 $\pm$ 0.41
2	081 870131	28079	0.9978	28019 $\pm$ 0.21
3	081 88955A	28103	0.9987	28067 $\pm$ 0.13
4	082 80381Y	28272	1.0047	28406 $\pm$ 0.47
5	083 522821	28409	1.0095	28682 $\pm$ 0.96
6	085 03080G	28168	1.0010	28197 $\pm$ 0.10
7	081 78846D	27684	0.9838	27236 $\pm$ 1.62
8	081 77732P	27583	0.9802	27038 $\pm$ 1.98
9	084 27638M	28603	1.0164	29075 $\pm$ 1.65
10	084 27668J	28465	1.0115	28795 $\pm$ 1.16
Lec. Máxima		28603	---	29075 $\pm$ 1.65
Lec. Mínima		27583	---	27038 $\pm$ 1.98
Media		28139	---	28142 $\pm$ 0.87

##### Corrección Individual (Sensibilidad):

De la Tabla 4.1a se determinó que cierto número de OSLD nanoDot del lote reportan lecturas mínimas y máximas muy próximas entre sí con los cuales se construye la Tabla 4.1b, realizándose reevaluaciones con la Ecuación (3.1b), al conjunto de OSLD nanoDot seleccionados.

**Tabla 4.1b:** Lecturas Crudas, Sensibilidad y Lecturas Corregidas de los OSLD nanoDot.

Nº	Código OSLD (DN)	LecCruda [mrad]	Ecuación (3.1b)	LecCorregida [mrad $\pm$ $\Delta$ ]
1	081 880007	28024	0.9946	27873 $\pm$ 0.54
2	081 870131	28079	0.9965	27982 $\pm$ 0.34
3	081 88955A	28103	0.9974	28030 $\pm$ 0.24
4	082 80381Y	28272	1.0034	28368 $\pm$ 0.34
5	083 522821	28409	1.0082	28644 $\pm$ 0.83
6	085 03080G	28168	0.9997	28197 $\pm$ 0.10
Lec. Máxima		28409	---	29644 $\pm$ 0.83
Lec. Mínima		28024	---	27873 $\pm$ 0.54
Suma Total		169055	<0.9999>	28182 $\pm$ 0.40

**Coefficiente de Variación Porcentual:**

De los resultados obtenidos en la Tabla 4.1b, se elaboró la Tabla 4.2, se les aplicó la Ecuación (3.1c), para determinar el porcentaje del Coeficiente Variacional %CV.

**Tabla 4.2:** Deducida de la Tabla 4.1b, se obtiene la SD para cada OSLD nanoDot.

Nº	Código OSLD (DN)	Lec <sub>Corregida</sub> [mrad]	(X - $\bar{x}$ )	(X - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	Lec <sub>Corregida</sub> ± SD
1	081 880007	27873	-309	95481	27873 ± 1.08
2	081 870131	27982	-200	40000	27982 ± 0.70
3	081 88955A	28030	-152	23104	28030 ± 0.53
4	082 80381Y	28368	186	34596	28368 ± 0.65
5	083 522821	28644	462	213444	28644 ± 1.62
6	085 03080G	28197	15	225	28197 ± 0.05
Lec. Máxima		28644	---	213444	28644 ± 0.53
Lec. Mínima		27873	---	225	28030 ± 1.62
Media		28182	---	406850	28182 ± 0.77

$$\text{La media } [\bar{x}] = \frac{\sum X}{N} = \frac{169094}{6} = 28182.33$$

$$\text{Desviación estándar (SD)} = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{406850}{5}} = 285.25$$

$$\text{Coeficiente de variación (CV)} = \frac{285.25}{28182.33} \times 100$$

$$\%CV = 1.012\%.$$

Los OSLDs nanoDots seleccionados son los más homogenizados, y a cada uno individualmente se determina y se corrige su lectura por sensibilidad, estas lecturas corregidas se deben ajustar a un porcentaje del Coeficiente de Variación (%CV) del ± 2,0% [Yukihara, Yoshimura, y Lindstrom (2005)], [Marcela, Bokulio, Izewska et al. (2011)]. Realizadas las evaluaciones se determinó un %CV igual a 1.012, el cual corresponde al factor por homogeneidad é intrínsecamente la sensibilidad, para este trabajo es de: 0.9999.

**IV.1.2 FACTOR POR DESVANECIMIENTO EN EL TIEMPO [F<sub>DT</sub>]**

De acuerdo a la Sección III.2.3.2, los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí homogéneo fueron irradiados como se indica en la Tabla 3.12, con aplicación de la Ecuación (3.2), se construye la Tabla 4.3

**Tabla 4.3:** Lecturas para determinar el Factor por Desvanecimiento en el Tiempo de los OSLD nanoDot.

Código OSLD (DN)	Días [Nº]	Lec <sub>Cruda</sub> [mrad]				<Lec <sub>Cruda</sub> > [mrad]	Ecuación (3.2)	<Lec <sub>Corregida</sub> > ± SD
		1	2	3	4			
081 880007	1	27234	27036	29074	28793	28034	0.9950	27895 ± 0.37
081 870131	3	26964	26768	28786	28508	27756	1.0029	27837 ± 0.30
081 88955A	10	26158	25967	27925	27656	26926	1.0116	27240 ± 0.50
082 80381Y	20	25893	25704	27642	27376	26654	1.0167	27100 ± 0.66
083 522821	44	25369	25184	27082	26822	26114	1.0225	26702 ± 1.18
085 03080G	120	27236	27038	29076	28797	28036	1.0299	28873 ± 1.65
Lec. Máxima		27236	27038	29076	28797	28036	1.0299	28873 ± 1.65
Lec. Mínima		25369	25184	27082	27376	26114	0.9950	27100 ± 0.66
Media		---	---	---	---	27253	---	27608 ± 0.78

Para este tipo de evaluación de acuerdo a lo determinado por [Viamonte, da Rosa, Bucley, Cherpak, y Cygler (2008)], dicen transcurrido cinco (5) días posteriores a los primeros 15 minutos de irradiado los OSLD nanoDot, se ha detectado una caída de la señal con una desviación estándar (SD) entre 2.0 a 5.0, para este trabajo, se realizaron lecturas entre uno (1) a tres (3) días, obteniéndose una SD mínima de ± 0.66 y máxima

$\pm 1.65$  determinándose una media de 0.78, correspondiendo un factor por desvanecimiento en el tiempo de: 0.9989.

### IV.1.3 FACTOR POR CORRECCIÓN DE AGOTAMIENTO [ $F_A$ ]

De acuerdo a la Sección III.2.3.3, en el maniquí homogéneo se ubicaron los OSLDs nanoDots y de acuerdo a lo que se indica en la Tabla 3.13, y aplicando la Ecuación (3.3) se realiza las correcciones a las lecturas crudas de los OSLDs, como se indica en la Tabla 4.4.

**Tabla 4.4:** Lecturas consecutivas a tres (3) OSLDs con las correcciones respectivas.

N°	Lec <sub>Cruda</sub> [mrad]			<Lec <sub>Cruda</sub> > [mrad]	Ecuación (3.3)	Lec <sub>Corregida</sub> [mrad]	$\pm \Delta$ entre Lecturas
	188955A	280381Y	503080G				
1	48214	48201	48103	48173	1.001284	48235	---
2	48355	48205	48015	48192	1.002581	48316	0.17
3	48420	48153	48003	48192	1.003892	48380	0.13
4	48342	48101	47996	48146	1.005217	48397	0.03
5	48496	48256	48095	48282	1.006556	48598	0.21
6	48428	48315	48210	48318	1.007909	48700	0.21
7	48296	48098	48315	48236	1.009276	48683	0.03
8	48496	48259	48110	48288	1.010658	48803	0.25
9	48675	48368	48195	48413	1.012053	48996	0.39
10	48486	48210	48098	48265	1.013464	48915	0.16
11	48251	48198	48188	48212	1.014888	48929	0.03
12	48166	48138	48301	48202	1.016328	48989	0.12
13	47986	48325	48259	48190	1.017782	49047	0.12
14	48253	48345	48139	48246	1.019251	49174	0.26
15	48314	48220	48190	48241	1.020441	49227	0.11
16	48420	48142	48291	48284	1.022233	49357	0.26
17	48373	48128	48228	48243	1.023748	49389	0.06
18	48154	48284	48198	48212	1.025277	49431	0.08
19	48346	48087	48215	48216	1.026822	49509	0.16
20	48171	48201	48359	48244	1.028383	49613	0.21
Lec. Máxima				48413	---	49613	0.39
Lec. Mínima				48146	---	48235	0.03
Media				48240	---	48934	0.16

Lo determinado por [Schembri, y Heijmen (2007)] afirman que por cada lectura posterior se detecta una pequeña cantidad de agotamiento de las cargas atrapadas, la señal luminiscente disminuye aproximadamente en  $\pm 0.20\%$  por cada nueva lectura. En la Tabla 4.4 observamos después de haber realizado veinte (20) lecturas a cada uno de los tres (3) OSLDs nanoDots, para el presente trabajo se realizó en promedio tres (3) lecturas en cada evento razón que se ha obtenido valores mínimos de  $\pm 0.03$  y máximo de  $\pm 0.39$  determinando una media entre lecturas de: 0.16%, valor que es menor al determinado y está dentro de la tolerancia. El factor por corrección de agotamiento para este trabajo es: 0.9985.

### IV.1.4 REPRODUCIBILIDAD DE LAS LECTURAS [ $R_{Lec}$ ]

Teniendo en cuenta lo descrito en la Sección III.2.3.4, la Tabla 3.14, y la Ecuación 3.4, para el procesamiento de las lecturas se elaboran las Tabla 4.5a, 4.5b, y 4.5c, luego se realiza el análisis respectivo en la Tabla 4.6, determinándose el factor por reproducibilidad de las Lecturas.

**Tabla 4.5a:** Valores de las lecturas obtenidas de los OSLD separados (testigos).

Código OSLD [DN]	Tiempo [UM]	Lec <sub>Cruda</sub> [mrad]			<Lec <sub>Cruda</sub> > [mrad]	Ecuación (3.1b)	Lec <sub>Correg.</sub> ± SD	CV (%)
		1	2	3				
081 880007	100.00	30289	30587	30684	30520	0.9999	30519 ± 205.84	0.67
081 870131	150.00	46078	46195	46342	46205	0.9996	46188 ± 132.23	0.29
081 88955A	200.00	61250	61468	61572	61430	0.9999	61429 ± 164.32	0.27

**Tabla 4.5b:** Valores de las lecturas obtenidas de los OSLD para blanquear y luego re-irradiados.

Código OSLD [DN]	Tiempo [UM]	Lec <sub>Cruda</sub> [mrad]			<Lec <sub>Cruda</sub> > [mrad]	Ecuación (3.1b)	Lec <sub>Correg.</sub> ± SD	CV (%)
		1	2	3				
082 80381Y	100.00	30217	30494	30783	30498	1.0000	30498 ± 283.02	0.93
083 522821	150.00	46209	46354	46652	46405	0.9978	46306 ± 225.38	0.49
085 03080G	200.00	61317	61586	61858	61587	1.0007	61631 ± 270.70	0.44

**Tabla 4.5c:** Valores de las lecturas de los OSLD reirradiados.

Código OSLD [DN]	Tiempo [UM]	Lec <sub>Cruda</sub> [mrad]			<Lec <sub>Cruda</sub> > [mrad]	Ecuación (3.1b)	Lec <sub>Correg.</sub> ± SD	CV (%)
		1'	2'	3'				
082 80381Y	100.00	30532	30795	30932	30753	1.0000	30753 ± 203.28	0.66
083 522821	150.00	46124	46207	46266	46199	0.9999	46198 ± 71.34	0.15
085 03080G	200.00	61403	61667	61868	61646	1.0000	61646 ± 233.21	0.38

**Tabla 4.6:** De los datos obtenidos en las Tablas: 4.5a, 4.5b, y 4.5c se determina factor de reproducibilidad del elemento.

Situación OSLD	SD [UM]			%CV [UM]			Reproducibilidad: 100%			Resultado		
	100.0	150.0	200.0	100.0	150.0	200.0	100.0	150.0	200.0	100.0	150.0	200.0
Separado	205.84	132.23	164.32	0.67	0.29	0.27	100.00	100.00	100.00	99.33	99.71	99.73
Blanqueado	283.02	225.02	270.70	0.93	0.49	0.44	100.00	100.00	100.00	99.07	99.51	99.56
Re-irradiado	203.28	71.34	223.21	0.66	0.15	0.38	100.00	100.00	100.00	99.34	99.85	99.62
<Factor por Reproducibilidad de Elemento>										99.25	99.69	99.64

Las investigaciones para la reproducibilidad realizadas por [Anderson et al. (2003)], [Anzar et. al. (2004)], y [Yukihara et. al. (2005)], reportaron que por cada nueva lectura se pierde un %CV menos del 2.0%. En este trabajo, en los diferentes eventos un solo OSLD nanoDot fue leído de forma repetida tres (03) veces, reportando %CV mínimo de 0.15% y máximo de 0.93% en promedio la pérdida de 0.47% por cada señal de lectura. Los OSLDs fueron irradiados con: 100.0 UM a 200.0 UM, en tal sentido el promedio del factor por reproducibilidad del elemento es:  $(99.5267) \cong 0.9953$ .

#### IV.1.5 FACTOR POR DEPENDENCIA ANGULAR [ $F_{(\theta)}$ ]

Como se describe en la Sección III.2.3.5, y lo indicado en la Tabla 3.15, se elabora la Tabla 4.7, con cuyas lecturas se determina las medias respectivas en los ángulos: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, normalizándose los valores a la posición 0.0° del gantry, resultados que se contrasta con las publicaciones respectivas.

**Tabla 4.7:** Lecturas de los OSLD nanoDot en posiciones angulares del Gantry.

Código OSLD	Gantry 0.0 [°]	Gantry 90.0 [°]	Gantry 270.0 [°]
	081 870131	081 88955A	083 522821
Lecturas [mrad]	30911	30688	31061
	30997	30731	31107
	31026	30819	31228
Media ± SD	30978 ± 60	30746 ± 67	31132 ± 87
Normalizado a: Gantry 0.0°	0.00% ± 0.27%	-0.75% ± 0.29%	+0.50% ± 0.34%

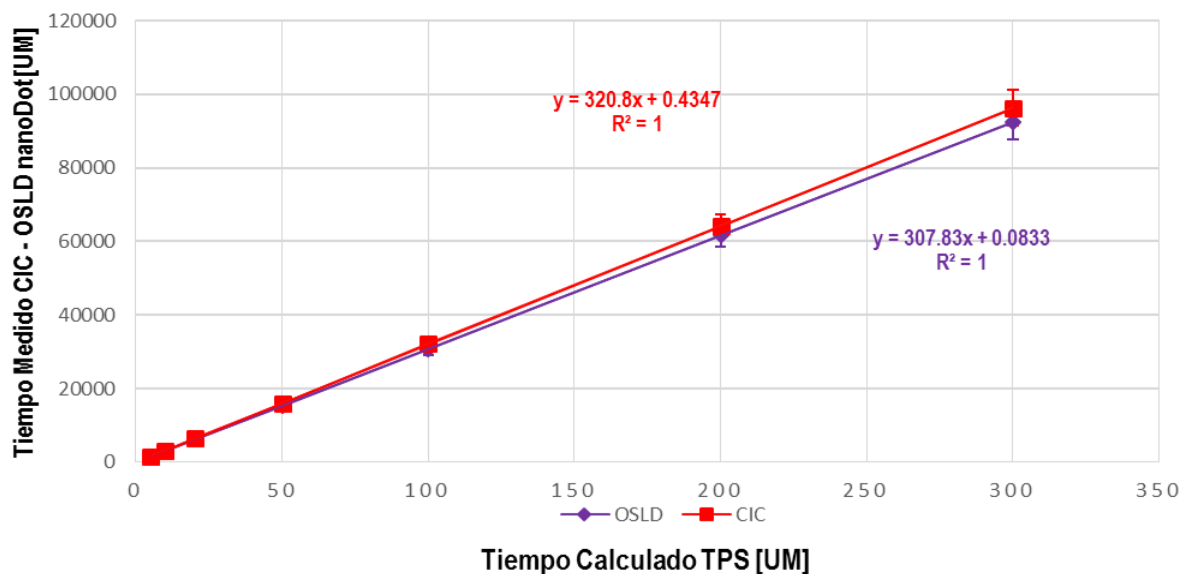
[Idri et. al. (2004)], señala una dependencia angular menos de  $\pm 0.80\%$ , en dependencias angulares del gantry de  $0.0^\circ$  a  $315.0^\circ$ , [Jursinic (2007)] no se encontró ninguna dependencia considerable dentro de una incertidumbre experimental de  $\pm 0.90\%$  con angulación del gantry desde  $0.0^\circ$  a  $360.0^\circ$ . Después de realizar la normalización en la Tabla 4.7 dentro del  $\pm 0.75\%$  a  $90.0^\circ$  y  $270.0^\circ$  resultado muy próximo a los reportados, corresponde al factor por dependencia angular para este trabajo es de: 0.9925; en las evaluaciones angulares.

#### IV.1.6 FACTOR POR LINEALIDAD [ $F_L$ ]

De acuerdo a la Sección III.2.3.6, a lo indicado en la Tabla 3.16, y teniendo en cuenta la Ecuación (3.5) se obtiene la Tabla 4.8 con cuyos valores se construye la Figura 4.1 de la cual determinamos el factor de caracterización por linealidad al comparar las respuestas del OSLD nanoDot [mrad], con la CIC [nC x 10000] vs los diferentes Tiempos [UM].

**Tabla 4.8:** Datos del OSLD para evaluar el factor de caracterización por linealidad.

Tiempo [UM]	Código OSLD (DN)	Lec <sub>Cruda</sub> [mrad]			<Lec <sub>Cruda</sub> > [mrad]	Ecuación (3.1b)	Lec <sub>Correg</sub> $\pm$ SD [mrad]	CIC $\pm$ SD [nC x 10000]
		1	2	3				
5.00	085 03080G	1523	1548	1561	1544	0.9968	1539 $\pm$ 19.24	1600 $\pm$ 3.25
10.00	081 880007	3064	3081	3092	3079	0.9997	3078 $\pm$ 14.11	3210 $\pm$ 4.32
20.00	081 870131	6138	6169	6182	6163	0.9989	6157 $\pm$ 22.56	6420 $\pm$ 5.21
50.00	081 88955A	15121	15405	15656	15394	0.9998	15392 $\pm$ 267.63	16040 $\pm$ 6.59
100.00	082 80381Y	30434	30547	30753	30578	0.9963	30467 $\pm$ 161.15	32080 $\pm$ 5.87
200.00	083 522821	61346	61523	61646	61505	1.0009	61566 $\pm$ 175.53	64160 $\pm$ 6.78
300.00	085 03080G	92163	92406	92487	92352	0.9999	92349 $\pm$ 168.60	96240 $\pm$ 6.98



**Figura 4.1:** Tiempo medido por la CIC y el OSLD nanoDot, valores calculados por el TPS CAT3D para la obtención del factor por linealidad [ $F_L$ ].

[McKeever et. al. (1996)] demostraron que el OSLD nanoDot presenta una buena linealidad de respuesta a la dosis de radiación desde  $5.0 \mu\text{Gy}$  hasta  $50.0 \text{ Gy}$ . [Akselrod, y McKeever (1999)] demostraron que la señal de respuesta a la dosis del OSLD nanoDot a la radiación es lineal desde  $10^{-4} \text{ Gy}$  a  $10 \text{ Gy}$ . [Yukihara et. al. (2004)], [Viamonte et. al. (2007)], y [Miller, Murphy (2007)], encontraron un comportamiento lineal a la respuesta de dosis del OSLD nanoDot desde  $50.0 \text{ cGy}$  hasta  $200.0 \text{ cGy}$  para un haz de energía con fotones de  $6.0 \text{ MV}$  determinándose una desviación estándar (SD) menos del  $1.0\%$ . [Marquez P. (2015)], y [Viamonte et. al. (2008)] determinan una linealidad de respuesta del OSLD nanoDot para dosis de bajos rangos de  $2.0 \text{ cGy}$  a  $25 \text{ cGy}$  con haces de fotones de  $6.0 \text{ MV}$ , y respuesta lineal para rangos de dosis empleados en

radioterapia de 25 cGy a 1500 cGy con fotones de 6.0 MV. Para el presente trabajo se realizaron irradiaciones para esta evaluación que van desde 5.0 cGy hasta 300.0 cGy se observa un comportamiento totalmente lineal inicialmente hasta 50.0 cGy tanto el valor de la pendiente de la CIC y del nanoDot presenta un comportamiento de superposición, luego se observa que a partir de los 50.0 cGy hasta los 300 cGy se mantiene la linealidad pero su tendencia se observa que se van separando cuyo resultado está dentro de las tolerancias propuestas por las diferentes publicaciones, es decir el factor por linealidad es 1.0000, el desarrollo del presente trabajo es en el rango de 100.0 cGy a 200.0 cGy.

### IV.2 FACTOR POR CALIBRACIÓN DEL SISTEMA LECTOR microStar

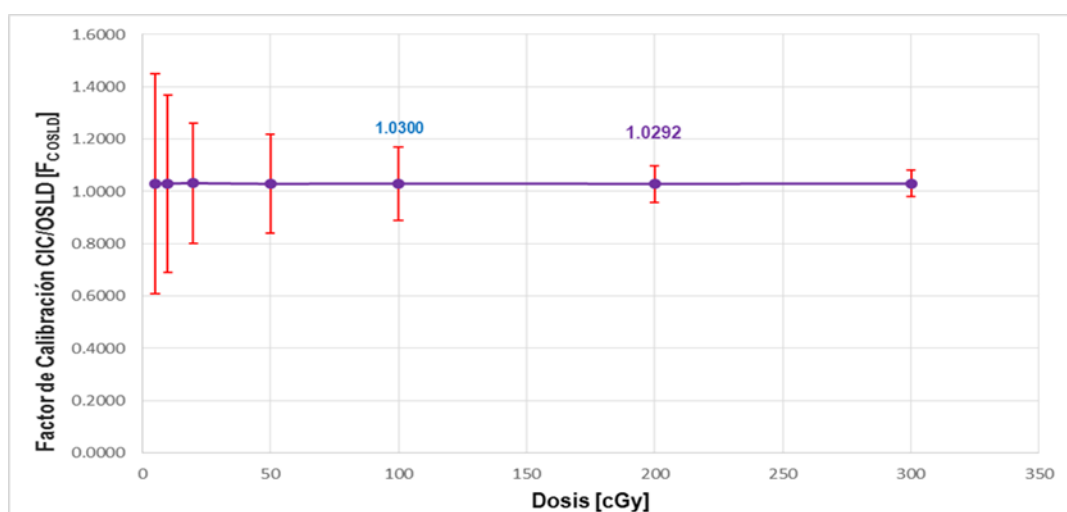
En la Sección III.2.4 se hace una breve descripción de las evaluaciones Tipo B; tomando en cuenta la Sección III.2.4, se hacen detalles del método de evaluación Tipo B realizado por el proveedor Landauer al lector microStar, en la Tabla 3.17 [casillero cuatro (4)] indica que para la calibración del lector microStar se han irradiado dosímetros del tipo OSLD nanoDot (utilizados en el presente trabajo), con una fuente radiactiva de Cesio-137 (Cs-137) con energía de 662 keV de las lecturas realizadas a dicho tipo de dosímetros se concluye que el valor correspondiente al Factor por Calibración del Sistema Lector microStar de acuerdo a la energía en uso es: 3.040, constante que debe ser aplicado para determinar la  $D_A$  en Teleterapia.

### IV.3 CALIBRACIÓN DEL OSLD nanoDot

De acuerdo a la Sección III.2.5, para realizar la calibración de acuerdo a la energía en uso, en el maniquí homogéneo conteniendo los OSLDs aplicando los parámetros indicados en la Tabla 3.18 con las lecturas se obtiene la Tabla 4.9, luego se construye la Figura 4.2 con las tendencias respectivas a dichas evaluaciones

**Tabla 4.9:** Obtención de los datos del  $F_{C_{OSLD}}$  para construir la gráfica con la Dosis [cGy] para los OSLDs.

Dosis [cGy]	Código OSLD (DN)	LecCruda [mrad]			$\langle Lec_{cruda} \rangle$ [mrad]	FC $\pm$ %CV (CIC/SLD)	$D_A$ OSLD $\pm$ %CV [cGy]	$D_A$ CIC $\pm$ %CV [cGy]
		1	2	3				
5.00	085 03080G	1521	1549	1562	1544	$1.0290 \pm 0.42$	$4.82 \pm 3.60$	$4.96 \pm 0.80$
10.00	081 880007	3055	3081	3092	3076	$1.0300 \pm 0.34$	$9.64 \pm 3.60$	$9.93 \pm 0.70$
20.00	081 870131	6158	6169	6192	6173	$1.0315 \pm 0.23$	$19.37 \pm 3.15$	$19.98 \pm 0.10$
50.00	081 88955A	15931	15943	15997	15957	$1.0292 \pm 0.19$	$48.54 \pm 2.92$	$49.96 \pm 0.08$
100.00	082 80381Y	30865	30879	30944	30896	$1.0300 \pm 0.14$	$96.81 \pm 3.29$	$99.72 \pm 0.28$
200.00	083 522821	62014	62029	62101	62048	$1.0292 \pm 0.07$	$194.27 \pm 2.86$	$199.89 \pm 0.05$
300.00	085 03080G	92906	92918	92987	92937	$1.0299 \pm 0.05$	$291.18 \pm 3.00$	$299.89 \pm 0.04$



**Figura 4.2:** Tiempo medido por la CI y el OSLD nanoDot, valores calculados por el TPS CAT3D vs el cociente CIC/OSLD para la obtención de la calibración del OSLD nanoDot de acuerdo a la energía en uso [ $F_{C_{OSLD}}$ ].

Reportes de [Mobit et. al. (2006)], [Schembri, Heijmen – Jursinic (2007)], [Viamonte et. al. (2008)], [Yukihara (2008)], [Dunn et. al. (2011)], [Scarboro, Followill et. al. (2012)], y [Scarboro, Kry (2013)], determinaron valores de 1.0110 a 1.0204 con un %CV de 2.0 a 4.0% para energía de fotones de 6.0 MV. Como se observa en la Figura 4.2 nos indica un valor de 1.0300 para una  $D_A$  de 100.0 cGy con 0.93%CV, y 1.0292 para una  $D_A$  de 200.0 cGy con 0.86 %CV. Estos valores están dentro de las tolerancias determinadas, este trabajo utiliza ambos valores de acuerdo a la  $D_A$  administrada en la evaluación que corresponda.

#### IV.4 FACTOR POR DISPERSIÓN DEL MANIQUÍ [ $F_M$ ]

Teniendo en cuenta lo descrito en la Sección III.2.6, se ubicaron los OSLDs nanoDots en el maniquí homogéneo los parámetros de irradiación se indicaron en la Tabla 3.19, con los resultados obtenidos se aplica la Ecuación 3.6.

$$\begin{aligned} \text{Lec}_{\text{Cruda}} &= \frac{31680+31701+31\ 773}{3} = \frac{95154}{3} &&= 31718 \text{ [mrad]}. \\ \text{Sensibilidad} &&&= 0.9998. \\ \text{Factor por calibración del sistema lector microStar (F}_S\text{)} &&&= 3,0400. \\ \text{Factor por calibración de OSLD de acuerdo a la energía en uso (F}_{\text{COSLD}}\text{)} &&&= 1,0300. \\ \text{Factor por linealidad (F}_L\text{)} &&&= 1,0000. \\ \text{Factor por desvanecimiento en el tiempo (F}_{\text{DT}}\text{)} &&&= 0.9989. \\ \text{Factor por corrección de agotamiento (F}_A\text{)} &&&= 0.9986. \end{aligned}$$

De la pre-evaluación de los diferentes factores descritos anteriormente y de acuerdo a lo determinado por [AAPM TG-21 (1983)], [IAEA TRS 398 (2005)], [Followill et. al. (2007)], [Yang (2005)], [Francescon, Cora, y Satariano (2011)] reportaron un %CV de 1.2994% para una dispersión en un maniquí de agua solido de 1.013. En el presente trabajo se ha determinado un %CV de 1.1538% para un factor de dispersión del maniquí de: 1.0096.

### IV.5 APLICACIONES

#### IV.5.1 CC EN VW UTILIZANDO DOSÍMETROS OSLD nanoDot

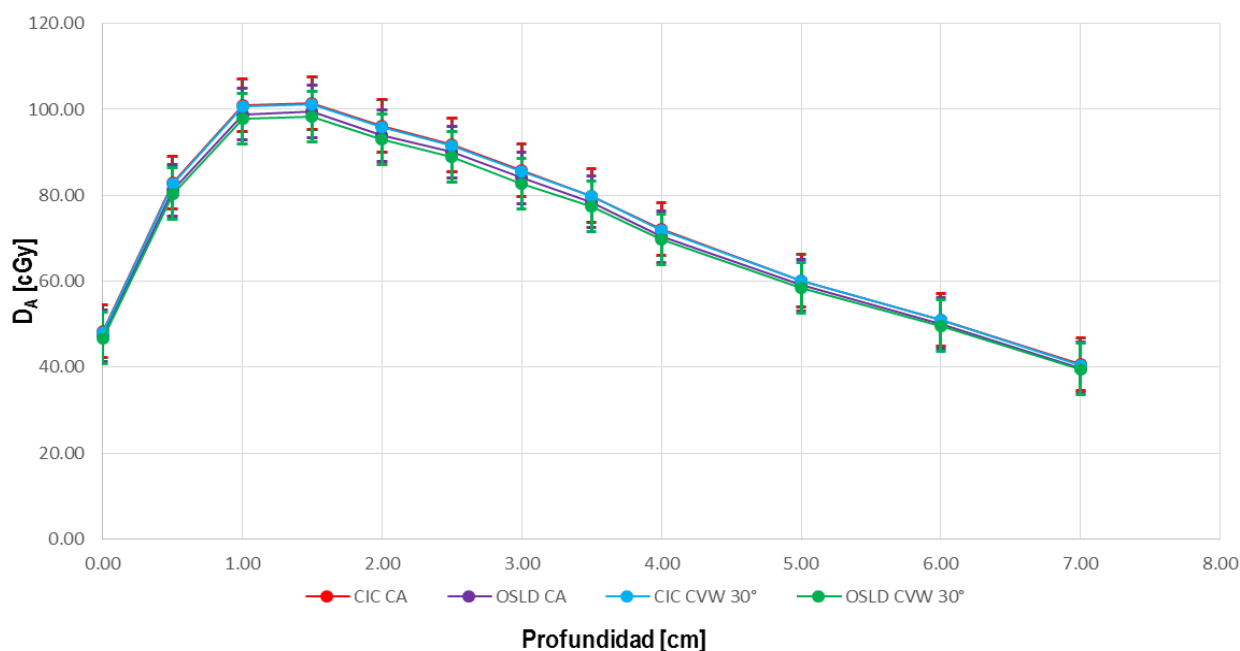
De acuerdo a lo señalado en la Sección III.2.7.1 las evaluaciones a desarrollarse es la comprobación de: PDDs, Perfiles de las VWs, Ángulos entre PWs – VWs (15°, 30°, 45°, y 60°), y WFs, comisionados en su oportunidad en el TPS.

##### IV.5.1.1 PORCENTAJE DE DOSIS A PROFUNDIDAD DE VW

Como se indica en la Sección III.2.7.1.1, Tabla 3.20, y así mismo en la Sección II.2.2.1.1, se construye la Tabla 4.10, y la Figura 4.3.

**Tabla 4.10:** Lecturas de la CIC y el OSLD a diferentes profundidades, a campo abierto y campo con programación de filtro cuña VW de 30.0°.

Profund. [cm]	Campo Abierto $D_A$ [cGy]		Campo Cuña VW 30° $D_A$ [cGy]		$\pm\Delta\%$ entre CA y CVW 30°		Tolerancia $\pm 1.50\%$ $\pm\Delta\%$ : CA y CVW 30.0°	
	CIC $\pm$ SD	OSLD $\pm$ SD	CIC $\pm$ SD	OSLD $\pm$ SD	CIC	OSLD	CIC	OSLD
0.00	48.32 $\pm$ 0.34	47.35 $\pm$ 0.05	48.20 $\pm$ 0.33	46.78 $\pm$ 0.07	2.01	2.95	0.25	1.20
0.50	82.98 $\pm$ 0.26	81.15 $\pm$ 0.09	82.77 $\pm$ 0.24	80.42 $\pm$ 0.11	2.20	2.84	0.25	0.90
1.00	100.95 $\pm$ 0.21	98.83 $\pm$ 0.11	100.69 $\pm$ 0.20	97.86 $\pm$ 0.12	2.10	2.81	0.26	0.98
1.50	101.50 $\pm$ 0.19	99.52 $\pm$ 0.09	101.25 $\pm$ 0.18	98.33 $\pm$ 0.11	1.95	2.88	0.25	1.20
2.00	96.13 $\pm$ 0.24	93.92 $\pm$ 0.11	95.88 $\pm$ 0.25	93.00 $\pm$ 0.10	2.30	3.10	0.26	0.99
2.50	91.73 $\pm$ 0.23	90.05 $\pm$ 0.11	91.50 $\pm$ 0.22	88.90 $\pm$ 0.12	1.87	1.12	0.25	1.28
3.00	85.75 $\pm$ 0.27	84.03 $\pm$ 0.06	85.53 $\pm$ 0.26	82.64 $\pm$ 0.12	2.05	3.38	0.26	1.65
3.50	79.93 $\pm$ 0.29	78.41 $\pm$ 0.04	79.73 $\pm$ 0.28	77.43 $\pm$ 0.11	1.90	2.88	0.25	1.27
4.00	72.09 $\pm$ 0.28	70.38 $\pm$ 0.07	71.91 $\pm$ 0.26	69.71 $\pm$ 0.13	2.37	3.06	0.25	0.95
5.00	60.23 $\pm$ 0.33	59.11 $\pm$ 0.09	60.08 $\pm$ 0.31	58.48 $\pm$ 0.12	1.86	2.66	0.25	1.08
6.00	51.05 $\pm$ 0.35	50.15 $\pm$ 0.08	50.92 $\pm$ 0.36	49.67 $\pm$ 0.07	1.76	2.45	0.25	0.48
7.00	40.67 $\pm$ 0.37	39.82 $\pm$ 0.08	40.56 $\pm$ 0.38	39.58 $\pm$ 0.09	2.09	2.42	0.27	0.60
$D_A$ M $\acute{a}$ x	101.50 $\pm$ 0.19	99.52 $\pm$ 0.09	101.25 $\pm$ 0.18	98.33 $\pm$ 0.11	2.37	3.38	0.27	1.28
$D_A$ Min	40.67 $\pm$ 0.37	39.82 $\pm$ 0.08	40.56 $\pm$ 0.38	39.58 $\pm$ 0.09	1.76	1.12	0.25	0.48
Media							0.2766	1.0483

**Figura 4.3:** PDDs evaluados con CIC, y OSLD nanoDot con sus desviaciones estándar tanto para campo abierto y campo con filtro cuña VW de 30.0°.

La evaluación del PDD en un campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup> con profundidades desde 0.0 cm hasta 7.0 cm, a campo abierto y con filtro cuña VW de 30.0° se obtuvieron valores con la CIC, y el OSLD nanoDot en rangos mínimos de: 0.25% (CIC), y 0.48% (OSLD) a máximos de: 0.27% (CIC), y 1.65% (OSLD), determinándose para el trabajo una media de: 0.2766%, y 1.0483%, valores que para PPDs determinados por [Desobry, Waldron, y Das (1998)], en el caso de campos mínimos (4.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>) a campos máximos (40.0 x 40.0 cm<sup>2</sup>), existe un coeficiente de variación porcentual entre campo abierto y con filtro cuña VW de  $\pm 3.00\%$  a  $\pm 4.00\%$  usando energía de 6.0 MV. [Kijewski, Chin, Bjarngard (1978)], [Salk, Blank, Machold, Rau, Schneider, Röttinger (19979)], y [Papatherodorau, Zefkili, Rosenwald (1999)], han determinado un %CV utilizando el algoritmo modelo *pencil beam* (punta de lápiz) de  $\pm 1.00\%$  a  $\pm 2.00\%$  con energía de 6.0 MV. Los valores determinados en el presente trabajo se encuentran dentro de la tolerancia establecida.



### IV.5.1.2 PERFILES DE VW

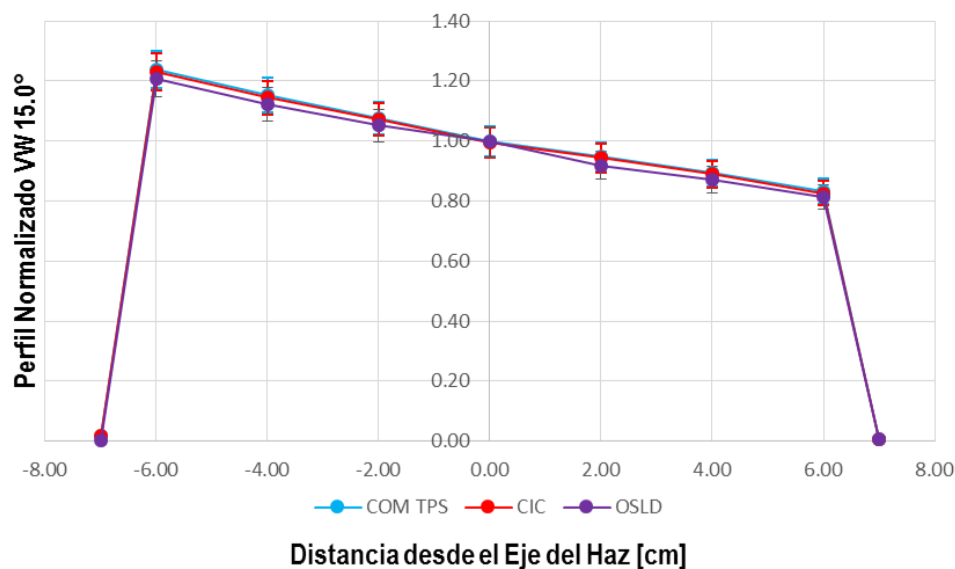
Como se indica en la Sección III.2.7.1.2, lo indicado en la sección II.2.2.1.2, y lo indicado en la Tabla 3.21, tomando en cuenta la Ecuación 2.12, se construyeron las Tablas de resultados para los ángulos de: 15°, 30°, 45°, y 60° con las Figuras respectivas, el resultado es comparado con los del TPS.

#### IV.5.1.2.1 PERFIL VW 15°

Elaboración de la Tabla 4.11, contiene las lecturas a una profundidad determinada, con diferentes posiciones, y los valores contrastados con los del TPS, así mismo se presenta la Figura 4.4 el perfil correspondiente de la VW en evaluación.

**Tabla 4.11:** Lecturas de los OSLD y la CIC para la obtención del perfil de la VW de 15°.

Prof. [cm]	Ptos Perfil: Cross Plane [cm]			Calculo com TPS [cGy]	Lecturas		Tolerancias $\pm 2.0\%$	
	Com TPS	CIC	OSLD		CIC $\pm$ SD [cGy]	OSLD $\pm$ SD [cGy]	com TPS - CIC $\pm \Delta\%$	com TPS O- SLD $\pm$ CV%
7.00	-7.00	-7.00	-7.00	0.03	$0.03 \pm 0.00$	$0.030 \pm 0.0080$	2.68	26.46
7.00	-6.00	-6.00	-6.00	1.12	$1.14 \pm 0.03$	$1.097 \pm 0.0190$	1.76	1.74
7.00	-4.00	-4.00	-4.00	1.08	$1.09 \pm 0.02$	$1.059 \pm 0.0200$	2.02	1.85
7.00	-2.00	-2.00	-2.00	1.04	$1.05 \pm 0.02$	$1.018 \pm 0.0200$	1.87	1.34
7.00	0.00	0.00	0.00	1.00	$0.99 \pm 0.02$	$0.981 \pm 0.0200$	0.25	2.03
7.00	2.00	2.00	2.00	0.96	$0.98 \pm 0.01$	$0.940 \pm 0.0160$	1.83	1.76
7.00	4.00	4.00	4.00	0.92	$0.93 \pm 0.01$	$0.902 \pm 0.0170$	1.91	1.89
7.00	6.00	6.00	6.00	0.88	$0.89 \pm 0.01$	$0.862 \pm 0.0150$	1.66	1.80
7.00	7.00	7.00	7.00	0.01	$0.01 \pm 0.00$	$0.012 \pm 0.0003$	2.48	25.01
D <sub>A</sub> Máxima (no extremos)				1.12	$1.14 \pm 0.03$	$1.097 \pm 0.0190$	2.02	2.03
D <sub>A</sub> Mínima (no extremos)				0.88	$0.89 \pm 0.01$	$0.862 \pm 0.0150$	0.25	1.34
Media (no se toma en cuenta los extremos)							1.614	1.773



**Figura 4.4:** Perfil VW de 15° obtenidas con el TPS, CIC, y OSLD nanoDot.

La evaluación de la D<sub>A</sub> en términos de perfil a lo largo del eje del haz, o fuera de él, se utiliza para describir la D<sub>A</sub> en un punto fuera del eje del haz pero dentro del campo a una misma profundidad en un campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, a profundidad de 7.0 cm, con separación del eje del haz en:  $\pm 2.0$ ,  $\pm 4.0$ , y  $\pm 6.0$  cm, utilizando el filtro cuña VW de 15.0° se obtuvieron valores con la CIC, y el OSLD nanoDot en rangos mínimos de: 0.25% (CIC), y 1.34% (OSLD nanoDot) a máximos de: 2.02% (CIC), y 2.03% (OSLD nanoDot), determinándose para

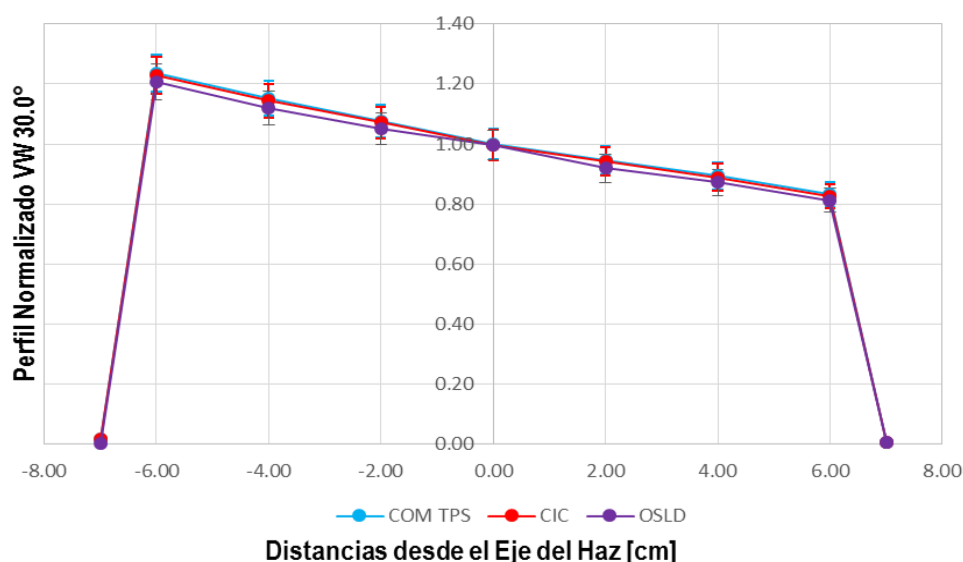
el trabajo una media de: 1.614% (CIC), y 1.773% (OSLD nanoDot), valores que para los perfiles de filtro cuña VW (15.0°, 30.0°, 45.0°, y 60.0°) determinados por [Klein, Low, Meigooni, Purdy (1995)], [Santvoort (1998)] indican que para campos mínimos (4.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>) es de 2.0% a campos máximos (40.0 x 40.0 cm<sup>2</sup>) es 3.0%, así mismo [Liu, Li, Palta (1998)], [Gibbons (1998)], [Zhu, Gillin, Jursinic, López, Grimm, Rownd (2000)], [Miften Zhu, Takahashi, López Guillin (2000)], y [Miften, Wiesmeyer, Beavis, Takahashi, Broad (2000)], demuestran que entre los datos medidos y calculados existe un 2.0 %, pero hay una dependencia con el tamaño y la simetría del campo determinándose una diferencia de 3.0 % hasta 4.0 %. Los valores obtenidos en la presente evaluación están dentro de la tolerancia establecida.

#### IV.5.1.2.2 PERFIL VW 30°

Elaboración de la Tabla 4.12, contiene las lecturas a una profundidad determinada, con diferentes distancias, y los valores contrastados con los del TPS, así mismo se presenta la Figura 4.5 el perfil correspondiente de la VW en evaluación.

**Tabla 4.12:** Lecturas de los OSLD y la CIC para la obtención del perfil de la VW de 30°.

Prof. [cm]	Ptos Perfil: Cross Plane [cm]			Calculo com TPS [cGy]	Lecturas		Tolerancias $\pm 2.0\%$	
	Com TPS	CIC	OSLD		CIC $\pm$ SD	OSLD $\pm$ SD	com TPS – CIC $\pm \Delta\%$	com TPS - OSLD $\pm$ CV%
					[cGy]	[cGy]		
7.00	-7.00	-7.00	-7.00	0.019	0.018 $\pm$ 0.00	0.024 $\pm$ 0.008293	5.2631	3.5276
7.00	-6.00	-6.00	-6.00	1.237	1.229 $\pm$ 0.04	1.206 $\pm$ 0.019059	0.6467	0.1610
7.00	-4.00	-4.00	-4.00	1.152	1.144 $\pm$ 0.03	1.121 $\pm$ 0.016580	0.6944	0.1507
7.00	-2.00	-2.00	-2.00	1.076	1.071 $\pm$ 0.02	1.051 $\pm$ 0.019059	0.4647	0.1847
7.00	0.00	0.00	0.00	1.000	0.996 $\pm$ 0.02	0.977 $\pm$ 0.013294	0.4000	0.1386
7.00	2.00	2.00	2.00	0.947	0.943 $\pm$ 0.01	0.896 $\pm$ 0.016580	0.4224	0.1885
7.00	4.00	4.00	4.00	0.894	0.889 $\pm$ 0.01	0.872 $\pm$ 0.013658	0.5593	0.1595
7.00	6.00	6.00	6.00	0.832	0.826 $\pm$ 0.01	0.813 $\pm$ 0.016580	0.7211	0.2077
7.00	7.00	7.00	7.00	0.007	0.006 $\pm$ 0.00	0.005 $\pm$ 0.008293	14.2857	16.5356
D <sub>A</sub> Máxima (no extremos)				1.237	1.229 $\pm$ 0.04	1.206 $\pm$ 0.019059	0.7211	0.2077
D <sub>A</sub> Mínima (no extremos)				0.832	0.826 $\pm$ 0.01	0.813 $\pm$ 0.016580	0.4000	0.1386
Media (no se toma en cuenta los extremos)							0.5584	0.1701



**Figura 4.5:** Perfil VW de 30° obtenidas con el TPS, CIC, y OSLD nanoDot.

La evaluación de la D<sub>A</sub> en términos de perfil a lo largo del eje del haz, o fuera de él, se utiliza para describir la D<sub>A</sub> en un punto fuera del eje del haz pero dentro del campo a una misma profundidad en un campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, a profundidad de 7.0 cm, con separación del eje del haz en:  $\pm 2.0$ ,  $\pm 4.0$ , y  $\pm 6.0$  cm, utilizando el filtro cuña VW de 30.0° se obtuvieron valores con la CIC, y el OSLD nanoDot en rangos mínimos de: 0.826%

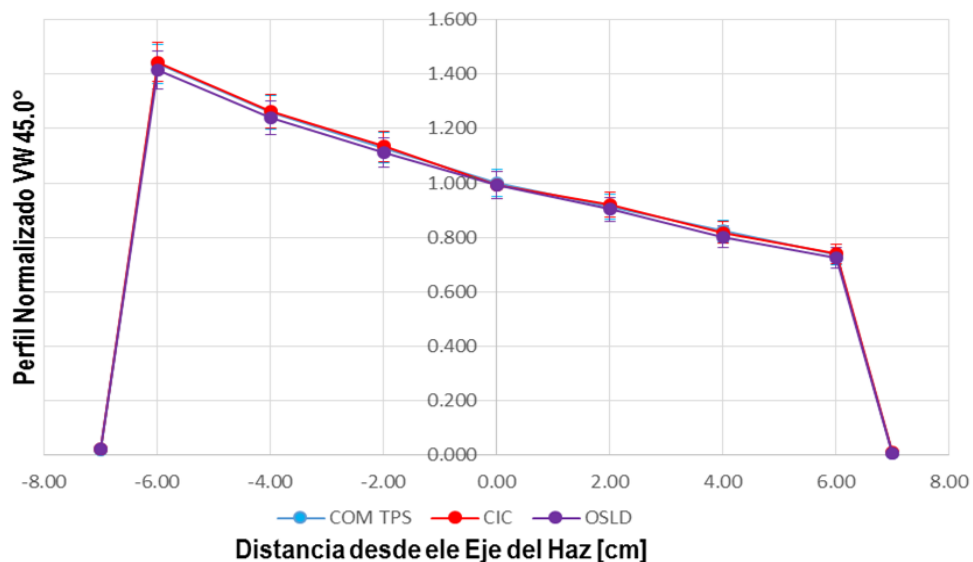
(CIC), y 0.813% (OSLD nanoDot) a máximos de: 1.229% (CIC), y 1.206% (OSLD nanoDot), determinándose para el trabajo una media de: 0.5584% (CIC), y 0.1701% (OSLD nanoDot), valores que para los perfiles de filtro cuña VW (15.0°, 30.0°, 45.0°, y 60.0°) determinados por [Klein, Low, Meigooni, Purdy (1995)], [Santvoort (1998)] indican que para campos mínimos (4.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>) es de 2.0% a campos máximos (40.0 x 40.0 cm<sup>2</sup>) es 3.0%, así mismo [Liu, Li, Palta (1998)], [Gibbons (1998)], [Zhu, Gillin, Jursinic, López, Grimm, Rownd (2000)], [Miften Zhu, Takahashi, López Guillin (2000)], y [Miften, Wiesmeyer, Beavis, Takahashi, Broad (2000)], demuestran que entre los datos medidos y calculados existe un 2.0 %, pero hay una dependencia con el tamaño y la simetría del campo determinándose una diferencia de 3.0 % hasta 4.0 %. Los valores obtenidos en la presente evaluación están dentro de la tolerancia establecida.

#### IV.5.1.2.3 PERFIL VW 45°

La Tabla 4.13, contiene las lecturas a una profundidad determinada con diferentes distancia de separación, y los valores contrastados con los del TPS, así mismo se presenta la Figura 4.6 el perfil correspondiente de la VW en evaluación.

**Tabla 4.13:** Lecturas de los OSLD y la CIC para la obtención del perfil de la VW de 45°.

Prof. [cm]	Ptos Perfil: Cross Plane [cm]			Calculo com TPS [cGy]	Lecturas		Tolerancias ± 2.0%	
	Com TPS	CIC	OSLD		CIC [cGy]	OSLD ± SD [cGy]	com TPS – CIC ±Δ%	com TPS - OSLD ± CV%
7.00	-7.00	-7.00	-7.00	0.019	0.021 ± 0.00	0.024 ± 0.005862	10.5263	11.6927
7.00	-6.00	-6.00	-6.00	1.438	1.444 ± 0.05	1.416 ± 0.014360	0.4172	1.0138
7.00	-4.00	-4.00	-4.00	1.259	1.263 ± 0.04	1.239 ± 0.013658	0.3177	1.1035
7.00	-2.00	-2.00	-2.00	1.129	1.134 ± 0.03	1.112 ± 0.016580	0.4429	1.4906
7.00	0.00	0.00	0.00	1.000	1.005 ± 0.02	0.993 ± 0.013658	0.5000	1.3750
7.00	2.00	2.00	2.00	0.911	0.919 ± 0.02	0.903 ± 0.016580	0.8781	1.8373
7.00	4.00	4.00	4.00	0.823	0.818 ± 0.01	0.802 ± 0.010153	0.6075	1.2858
7.00	6.00	6.00	6.00	0.737	0.739 ± 0.01	0.725 ± 0.008290	0.2714	1.1211
7.00	7.00	7.00	7.00	0.007	0.009 ± 0.00	0.005 ± 0.004431	28.5714	28.2843
D <sub>A</sub> Máxima (no extremos)				1.438	1.444 ± 0.05	1.416 ± 0.014360	0.8781	1.8373
D <sub>A</sub> Mínima (no extremos)				0.737	0.739 ± 0.01	0.725 ± 0.008290	0.2714	1.0138
Media (no se toma en cuenta los extremos)							0.4907	1.3182



**Figura 4.6:** Perfil VW de 45° obtenidas con el TPS, CIC, y OSLD nanoDot.

La evaluación de la D<sub>A</sub> en términos de perfil a lo largo del eje del haz, o fuera de él, se utiliza para describir la D<sub>A</sub> en un punto fuera del eje del haz pero dentro del campo a una misma profundidad en un campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, a profundidad de 7.0 cm, con separación del eje del haz en: ± 2.0, ± 4.0 , y ± 6.0 cm, utilizando el

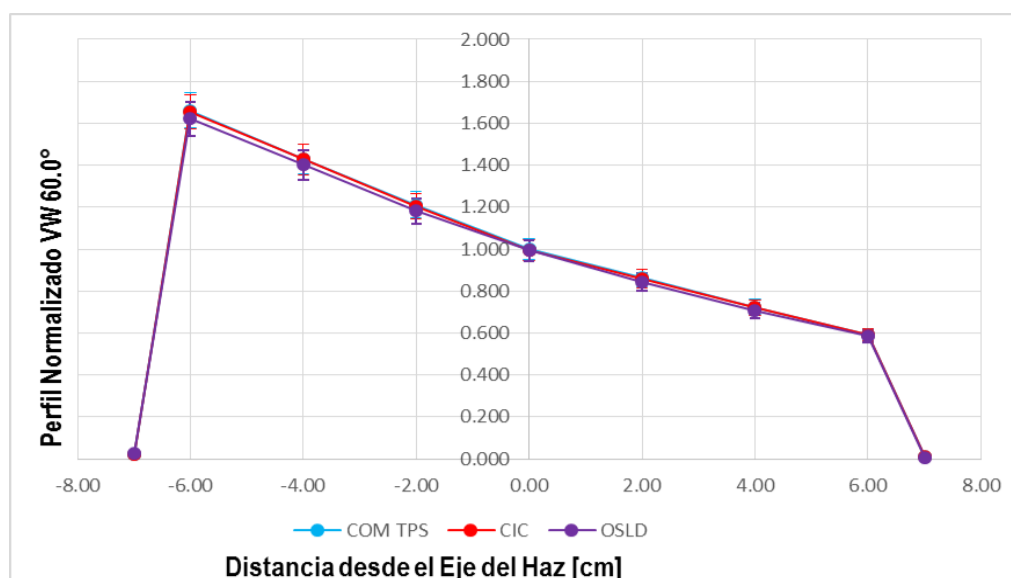
filtro cuña VW de 45.0° se obtuvieron valores con la CIC, y el OSLD nanoDot en rangos mínimos de: 0.739% (CIC), y 0.725% (OSLD nanoDot) a máximos de: 1.444% (CIC), y 1.416% (OSLD nanoDot), determinándose para el trabajo una media de: 0.4907% (CIC), y 1.3182% (OSLD nanoDot), valores que para los perfiles de filtro cuña VW (15.0°, 30.0°, 45.0°, y 60.0°) determinados por [Klein, Low, Meigooni, Purdy (1995)], [Santvoort (1998)] indican que para campos mínimos (4.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>) es de 2.0% a campos máximos (40.0 x 40.0 cm<sup>2</sup>) es 3.0%, así mismo [Liu, Li, Palta (1998)], [Gibbons (1998)], [Zhu, Gillin, Jursinic, López, Grimm, Rownd (2000)], [Miften Zhu, Takahashi, López Guillin (2000)], y [Miften, Wiesmeyer, Beavis, Takahashi, Broad (2000)], demuestran que entre los datos medidos y calculados existe un 2.0 %, pero hay una dependencia con el tamaño y la simetría del campo determinándose una diferencia de 3.0 % hasta 4.0 %. Los valores obtenidos en la presente evaluación están dentro de la tolerancia establecida.

#### IV.5.1.2.4 PERFIL VW 60°

Elaboración de la Tabla 4.14, contiene las lecturas a una profundidad determinada, con diferentes distancias de separación, y los valores contrastados con los del TPS, así mismo se presenta la Figura 4.7 el perfil correspondiente de la VW en evaluación.

**Tabla 4.14:** Lecturas de los OSLD y la CIC para la obtención del perfil de la VW de 60°.

Prof. [cm]	Ptos Perfil: Cross Plane [cm]			Calculo com TPS [cGy]	Lecturas		Tolerancias $\pm 2.0\%$	
	Com TPS	CIC	OSLD		CIC $\pm$ SD [cGy]	OSLD $\pm$ SD [cGy]	com TPS – CIC $\pm \Delta\%$	com TPS - OSLD $\pm$ CV%
7.00	-7.00	-7.00	-7.00	0.021	0.022 $\pm$ 0.00	0.025 $\pm$ 0.003837	4.7619	15.3093
7.00	-6.00	-6.00	-6.00	1.662	1.654 $\pm$ 0.06	1.623 $\pm$ 0.006267	0.4813	0.3861
7.00	-4.00	-4.00	-4.00	1.431	1.427 $\pm$ 0.04	1.401 $\pm$ 0.011297	0.2795	0.8866
7.00	-2.00	-2.00	-2.00	1.212	1.205 $\pm$ 0.03	1.182 $\pm$ 0.011297	0.5775	0.9564
7.00	0.00	0.00	0.00	1.000	0.997 $\pm$ 0.02	0.994 $\pm$ 0.006267	0.3000	0.6309
7.00	2.00	2.00	2.00	0.862	0.859 $\pm$ 0.02	0.843 $\pm$ 0.008290	0.3480	0.9835
7.00	4.00	4.00	4.00	0.724	0.721 $\pm$ 0.01	0.707 $\pm$ 0.006267	0.4144	0.8850
7.00	6.00	6.00	6.00	0.593	0.591 $\pm$ 0.01	0.585 $\pm$ 0.007349	0.3373	1.2541
7.00	7.00	7.00	7.00	0.009	0.011 $\pm$ 0.00	0.007 $\pm$ 0.004431	22.2222	35.3553
D <sub>A</sub> Máxima (no extremos)				1.662	1.654 $\pm$ 0.06	1.623 $\pm$ 0.006267	0.5775	1.2541
D <sub>A</sub> Mínima (no extremos)				0.593	0.591 $\pm$ 0.01	0.585 $\pm$ 0.007349	0.2795	0.3861
Media (no se toma en cuenta los extremos)							0.3911	0.8547



**Figura 4.7:** Perfil VW de 60° obtenidas con el TPS, CIC, y OSLD nanoDot.

La evaluación de la D<sub>A</sub> en términos de perfil a lo largo del eje del haz, o fuera de él, se utiliza para describir la D<sub>A</sub> en un punto fuera del eje del haz pero dentro del campo a una misma profundidad en un campo de 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, a profundidad de 7.0 cm, con separación del eje del haz en:  $\pm 2.0$ ,  $\pm 4.0$ , y  $\pm 6.0$  cm, utilizando el

filtro cuña VW de 60.0° se obtuvieron valores con la CIC, y el OSLD nanoDot en rangos mínimos de: 0.591% (CIC), y 0.585% (OSLD nanoDot) a máximos de: 1.654% (CIC), y 1.623% (OSLD nanoDot), determinándose para el trabajo una media de: 0.2795% (CIC), y 0.8547% (OSLD nanoDot), valores que para los perfiles de filtro cuña VW (15.0°, 30.0°, 45.0°, y 60.0°) determinados por [Klein, Low, Meigooni, Purdy (1995)], [Santvoort (1998)] indican que para campos mínimos (4.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>) es de 2.0% a campos máximos (40.0 x 40.0 cm<sup>2</sup>) es 3.0%, así mismo [Liu, Li, Palta (1998)], [Gibbons (1998)], [Zhu, Gillin, Jursinic, López, Grimm, Rownd (2000)], [Miften Zhu, Takahashi, López Guillin (2000)], y [Miften, Wiesmeyer, Beavis, Takahashi, Broad (2000)], demuestran que entre los datos medidos y calculados existe un 2.0 %, pero hay una dependencia con el tamaño y la simetría del campo determinándose una diferencia de 3.0 % hasta 4.0 %. Los valores obtenidos en la presente evaluación están dentro de la tolerancia establecida.

#### IV.5.1.3 ÁNGULOS DE LA VW

Según lo descrito en la Sección III.2.7.1.3, aplicando lo establecido en la Tabla 3.22 se obtiene la Tabla 4.15a, y 4.15b, donde se indican las medidas determinadas con los OSLD y CIC, a la profundidad respectiva en el maniquí homogéneo (acrílico), utilizando la Ecuación 2.12.

**Tabla 4.15a:** Lecturas obtenidas con CIC y nanoDot para evaluar los ángulos de las VW.

Consola Control VW [°]	Posición: <i>Cross Plane</i> [cm]			
	D <sub>A</sub> CIC ± SD [cGy]		D <sub>A</sub> OSLD ± SD [cGy]	
	P	Q	P	Q
15.00	54.77 ± 2.67	51.54 ± 2.23	54.38 ± 0.06	51.20 ± 0.06
30.00	58.00 ± 2.71	53.69 ± 2.45	57.48 ± 0.08	53.29 ± 0.07
45.00	60.12 ± 3.02	55.42 ± 2.63	59.52 ± 0.07	54.92 ± 0.07
60.00	66.92 ± 3.27	56.54 ± 2.69	66.12 ± 0.08	55.80 ± 0.08

**Tabla 4.15b:** Lecturas obtenidas con CIC y nanoDot para evaluar los ángulos de las VW.

Consola Control VW [°]	Profundidad en el Eje del Haz [cm]			
	D <sub>A</sub> CIC ± SD [cGy]		D <sub>A</sub> OSLD ± SD [cGy]	
	6.00	8.00	6.00	8.00
15.00	61.56 ± 3.29	45.87 ± 1.93	61.21 ± 0.07	45.59 ± 0.07
30.00	62.93 ± 3.43	52.88 ± 2.19	62.33 ± 0.08	52.43 ± 0.08
45.00	66.76 ± 3.61	57.34 ± 2.68	66.16 ± 0.09	56.77 ± 0.08
60.00	69.26 ± 3.83	57.11 ± 2.47	68.89 ± 0.09	56.40 ± 0.08

De las Tablas 4.15a, y 4.15b, se construye la Tabla 4.16, donde se determinan los valores de las VW.

**Tabla 4.16:** Resultados de evaluación del CC ángulos VW comisionadas en el TPS usando CIC y nanoDot.

Consola Control VW [°]	Ecuación (2.12) Tan <sup>-1</sup>		Determinación: Ángulos Filtros Cuña VW [°]		Tolerancia: ± Δ = ± 2.0°		
	CIC	OSLD	CIC	OSLD	VW-CIC	VW-OSLD	CIC-OSLD
15.00	0.2668	0.2646	14.94	14.82	0.40	1.20	0.80
30.00	0.5718	0.5643	29.76	29.44	0.80	1.87	1.07
45.00	0.9989	0.9798	44.97	44.41	0.07	1.31	1.24
60.00	1.7086	1.6525	59.66	58.82	0.57	1.97	1.41

Comparando los valores obtenidos con los determinados por [Samuelsson, Johanss, Mattsson et. al. (1997)], y en los estados de referencia inicial establecidos previamente a la implementación clínica del LINAC indicado por [ICRU Report 10d (1962)], [Hughes, Karzmark, Levy (1972)], [Siemens Medical Solutions USA Inc, A 1/05 (documento interno)], [Schmidt – Siemens (documento interno)], y [Podgorsak (2005)] determinan un valor ±2.0°, dichos resultados del presente trabajo están en promedio de: ±0.80° para 15.0°, ±1.25° para 30.0°, ±0.87° para 45.0°, y ±1.32° para 60.0° valores que están dentro de la tolerancia establecida.

### IV.5.1.4 FACTORES DE VW

En la Sección III.2.7.1.4 se indica las condiciones de tener en cuenta para la presente evaluación según la Tabla 3.23 y de acuerdo a la Ecuación 2.13, se construye la Tabla 4.17a, y 4.17b.

**TABLA 4.17a:** Lecturas con CIC, y nanoDot a campo abierto y filtro cuña VW.

VW [°]	Lec C <sub>A</sub> [cGy]		Lec C <sub>VW</sub> [cGy]	
	CIC ± SD	OSLD ± SD	CIC ± SD	OSLD ± SD
15.00	40.67 ± 0.36	40.46 ± 0.09	39.25 ± 0.35	38.81 ± 0.12
30.00	40.67 ± 0.36	40.46 ± 0.09	38.88 ± 0.35	38.45 ± 0.11
45.00	40.67 ± 0.36	40.45 ± 0.08	37.48 ± 0.34	37.08 ± 0.11
60.00	40.67 ± 0.36	40.45 ± 0.08	35.06 ± 0.33	34.70 ± 0.10

**TABLA 4.17b:** Cálculo de las lecturas con CIC, y nanoDot para determinar factores de filtro cuña VW.

VW [°]	Ecuación (2.13)		TPS	Tolerancia: ±1.00 Desviación %		
	CIC	OSLD		CIC - TPS	CIC - OSLD	OSLD - TPS
15.00	0.9651	0.9592	0.9696	0.4641	0.6151	1.0726
30.00	0.9560	0.9503	0.9591	0.3232	0.5998	0.9175
45.00	0.9220	0.9167	0.9192	0.3046	0.5782	0.2720
60.00	0.8620	0.8578	0.8563	0.6656	0.4896	0.1752

De los resultados comparados con los artículos de [Zhu, Gillin, Ehlers, López, Grimm, Rownd (2001)], [Faddegon, Garde (2006)] determinaron que para un filtro cuña física de 60.0° se obtiene un factor filtro cuña con desviación porcentual de: ±1.00% a ±2.00% por milímetro de desplazamiento del filtro cuña, para la energía de 6.00MV; [Siemens Medical Solutions USA Inc, A 1/05 (documento interno)], [Schmidt – Siemens (documento interno)], determina para un filtro cuña virtual una desviación porcentual de ±1.00%, dichos resultados se encuentran dentro de la tolerancia establecida para los factores de filtro cuña virtual.

### IV.5.2 CC DEL TPS UTILIZANDO DOSÍMETROS: CIC, y OSLD nanoDot

Teniendo en cuenta lo indicado en la Sección III.2.8, III.2.8.2.1, III.2.8.2.2, y III.2.8.2.3 se inicia la evaluación de acuerdo a lo planificado en el TPS. De igual manera a cada una de las evaluaciones de aplicar la estimación de la Incertidumbre a las mediciones, como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2.

#### IV.5.2.1 GEOMETRÍA SIMPLE [3D]: (CUADRADO, RECTÁNGULO, OBLÍCUO 25.0°) MEDIO HOMOGÉNEO

Como se indica en la Sección III.2.8, con las siguientes configuraciones:

##### IV.5.2.1.1 UN CAMPO ABIERTO CUADRADO (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>) ANTERIOR (0.0°), PESOS IGUALES PROFUNDIDAD 5.00 cm.

#### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.24, teniendo en cuenta la Figura 3.11, se obtuvo las lecturas en la posición del eje central del haz como resultados de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí, se construye las Tablas 4.18a, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.18b, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.18a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.

CIC	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>Q<sub>Q<sub>0</sub></sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [nC]	3.239	3.239	3.239	3.239 ± 0.00	1.035	0.2969	1.005	1.000	0.9908	99.10 ± 0.23
Presión [kPa]	99.88	99.88	99.88	99.88 ± 0.00						
Tempe. [°C]	25.8	25.8	25.8	25.8 ± 0.00						

**Tabla 4.18b:** Lecturas obtenidas con el nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC,

nanoDot	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [mrad]	31264	31279	31342	31295 ± 23.90	3.040	1.0300	1.0007	98.06 ± 1.98

Los resultados en la región  $\delta_1$  se analizan en la Tabla 4.19 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.19:** Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_1$ ) [± 2,0%]	
CIC [cGy]	nanoDot [cGy]		CIC	OSLD
99.10	98.06	100.00	0.91	1.98

De los resultados obtenidos se determinó la relación entre la CIC y el nanoDot a lo largo del eje del haz es ±1.05%.

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.18a con la CIC, y 4.18b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: I A**).

### B. REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.25, teniéndose en cuenta la Figura 3.11, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.13a, y 3.13b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí, se construye las Tablas 4.20a, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.20b determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.20a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiada en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 3.00	1.806	1.806	1.806	1.806 ± 0.00						55.25 ± 0.36
+ 3.00	1.804	1.804	1.804	1.804 ± 0.00						55.19 ± 0.36
Presión [kPa]	99.88	99.88	99.88	99.88 ± 0.00						
Tempe. [°C]	25.8	25.8	25.8	25.8 ± 0.00	1.035	0.2969	1.005	1.000	0.9908	

**Tabla 4.20b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-3.00	16795	17037	17136	16990 ± 175.43	3.040	1.0300	1.0007	53.24 ± 3.90
+ 3.00	16653	17023	17153	16943 ± 259.42	3.040	1.0300	1.0007	53.09 ± 4.00

Los resultados en la región  $\delta_2$ , se analizan en la Tabla 4.21 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.21:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_2$ ) [2.0mm ≡ ± 10,0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 3.00	55.25	53.24	55.40	0.27
+ 3.00	55.19	53.09	55.30	0.20	4.00

De los resultados obtenidos se determinó la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot en la penumbra del haz para la posición -3.0 cm es ±3.64%, y para la posición +3.0 cm es ±3.80%.

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.20a con la CIC, y 4.20b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: I B**).

**C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Se estableció en la Tabla 3.26, teniéndose en cuenta la Figura 3.11, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.14a, y 3.14b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí, se construye las Tablas 4.22a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.22b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.22a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiada en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{QQ_0}$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 2.00	3.204	3.204	3.204	3.204 ± 0.00						98.03 ± 0.23
+ 2.00	3.215	3.215	3.215	3.215 ± 0.00						98.37 ± 0.23
Presión [kPa]	99.88	99.88	99.88	99.88 ± 0.00	1.035	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	25.8	25.8	25.8	25.8 ± 0.00						

**Tabla 4.22b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-2.00	30543	30619	30638	30600 ± 29.02	3.040	1.0300	1.0007	95.88 ± 2.26
+2.00	30337	30350	30426	30371 ± 48.07	3.040	1.0300	1.0007	95.16 ± 2.18

Los resultados en la región  $\delta_3$ , se analizan en la Tabla 4.23 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.23:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_3$ ) [± 3,0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
- 2.00	98.03	95.88	98.10	0.07	2.26
+2.00	98.37	95.16	98.50	0.13	2.18

De los resultados obtenidos se determinó la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot dentro de campo - fuera del eje del haz para la posición -2.0 cm es ±2.19%, y para la posición +2.0 cm es ±3.26%.

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.22a con la CIC, y 4.22b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: I C**).

**D. REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE LA GEOMETRIA DE CAMPO DEL HAZ.**

Se estableció en la Tabla 3.27, teniéndose en cuenta la Figura 3.11, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.15a, y 3.15b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí, se construye las Tablas 4.24a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.24b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.24a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiada en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{QQ_0}$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 5.00	0.246	0.246	0.246	0.246 ± 0.00						7.52 ± 2.60
+ 5.00	0.185	0.185	0.185	0.185 ± 0.00						5.66 ± 3.46
Presión [kPa]	99.88	99.88	99.88	99.88 ± 0.00	1.035	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	25.8	25.8	25.8	25.8 ± 0.00						



**Tabla 4.24b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-5.00	2337	2348	2389	2358 ± 15.82	3.040	1.0300	1.0007	7.39 ± 2.76
+5.00	1771	1783	1843	1799 ± 22.27	3.040	1.0300	1.0007	5.64 ± 2.76

Los resultados en la región  $\delta_4$ , se analizan en la Tabla 4.25 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.25:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_4$ ) [± 3,0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 5.00	7.52	7.39	7.60	1.05
+5.00	5.66	5.64	5.80	2.41	2.76

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC con el OSLD nanoDot fuera de la geometría de campo del haz para la posición -5.0 cm es ±1.76%, y para la posición +5.0 cm es ±0.35%.

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.24a con la CIC, y 4.24b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: I D**).

#### IV.5.2.1.2 UN CAMPO ABIERTO RECTANGULAR (6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>), ANTERIOR (0.0°), PESOS IGUALES PROFUNDIDAD 5.00 cm.

##### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.28, teniendo en cuenta la Figura 3.16, se obtuvo las lecturas en la posición del eje central del haz como resultados de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí, se construye las Tablas 4.26a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.26b, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.26a:** Lecturas obtenidas con la CIC en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.

CIC	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{Q_{Q_0}}$	$D_A$ [cGy]
Lec [nC]	3.246	3.246	3.246	3.246 ± 0.00	1.035	0.2969	1.005	1.000	0.9908	99.32 ± 0.23
Presión [kPa]	99.88	99.88	99.88	99.88 ± 0.00						
Tempe. [°C]	25.8	25.8	25.8	25.8 ± 0.00						

**Tabla 4.26b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.

nanoDot	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
Lec [mrad]	31339	31356	31421	31372 ± 24.99	3.040	1.0300	1.0007	98.30 ± 1.70

Los resultados en la región  $\delta_1$  se analizan en la Tabla 4.27 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.27:** Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_1$ ) [± 2,0%]	
CIC [cGy]	nanoDot [cGy]		CIC	OSLD
99.32	98.30	100.00	0.68	1.70

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot a lo largo del eje del haz es ±1.04%.

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.26a con la CIC, y 4.26b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: II A**).

**B. REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.**

Se estableció en la Tabla 3.29, teniéndose en cuenta la Figura 3.16, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.18a, y 3.18b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí, se construye las Tablas 4.28a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.28b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.28a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiada en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{QQ_0}$	$D_A$ [cGy]
	$L_1$	$L_2$	$L_3$							
- 2.00	1.626	1.626	1.626	1.626 ± 0.00						49.74 ± 0.40
+ 2.00	1.603	1.603	1.603	1.603 ± 0.00						49.06 ± 0.41
Presión [kPa]	99.88	99.88	99.88	99.88 ± 0.00	1.035	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	25.8	25.8	25.8	25.8 ± 0.00						

**Tabla 4.28b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	$L_1$	$L_2$	$L_3$					
-2.00	15167	15203	15233	15201 ± 33.63	3.040	1.0300	1.0007	47.63 ± 5.31
+ 2.00	15003	15032	15073	15036 ± 35.17	3.040	1.0300	1.0007	47.11 ± 5.21

Los resultados en la región  $\delta_2$ , se analizan en la Tabla 4.29 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.29:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Medida $D_A$		Calculado $D_A$ TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_2$ ) [2.0mm $\equiv$ ± 10,0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 2.00	49.74	47.63	50.30	1.12
+ 2.00	49.06	47.11	49.70	1.29	5.21

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD en la penumbra del haz para la posición -2.0 cm es ±4.24%, y para la posición +2.0 cm es ±3.97%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.28a de la CIC, y 4.28b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: II B**).

**C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Se estableció en la Tabla 3.30, teniéndose en cuenta la Figura 3.16, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.19a, y 3.19b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí, se construye las Tablas 4.30a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.30b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.30a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiada en el LINAC

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{QQ_0}$	$D_A$ [cGy]
	$L_1$	$L_2$	$L_3$							
- 1.00	3.205	3.205	3.205	3.205 ± 0.00						98.06 ± 0.23
+ 1.00	3.208	3.208	3.208	3.208 ± 0.00						98.16 ± 0.23
Presión [kPa]	99.88	99.88	99.88	99.88 ± 0.00	1.035	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	25.8	25.8	25.8	25.8 ± 0.00						

**Tabla 4.30b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-1.00	30514	30535	30634	30561 ± 37.00	3.040	1.0300	1.0007	95.76 ± 2.48
+1.00	30103	30201	30257	30187 ± 77.95	3.040	1.0300	1.0007	94.59 ± 2.17

Los resultados en la región  $\delta_3$ , se analizan en la Tabla 4.31 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.31:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_3$ ) [± 3,0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 1.00	98.06	95.76	98.20	0.14
+1.00	98.16	94.59	98.30	0.14	2.17

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot dentro de campo - fuera del eje del haz para la posición -1.0 cm es  $\pm 2.40\%$ , y para la posición +1.0 cm es  $\pm 3.64\%$ .

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.30a con la CIC, y 4.30b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: II C**).

#### D. REGIÓN $\delta_4$ : FUERA DE LA GEOMETRIA DE CAMPO DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.31, teniéndose en cuenta la Figura 3.16, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.20a, y 3.20b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí, se construye las Tablas 4.32a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.32b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.32a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiada en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{QQ_0}$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 5.00	0.039	0.039	0.039	0.039 ± 0.00						1.19 ± 16.41
+ 5.00	0.039	0.039	0.039	0.039 ± 0.00						1.19 ± 16.41
Presión [kPa]	99.88	99.88	99.88	99.88 ± 0.00						
Tempe. [°C]	25.8	25.8	25.8	25.8 ± 0.00	1.035	0.2969	1.005	1.000	0.9908	

**Tabla 4.32b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-5.00	361	368	390	373 ± 8.74	3.040	1.0300	1.0007	1.17 ± 2.50
+5.00	363	381	384	376 ± 6.56	3.040	1.0300	1.0007	1.18 ± 1.69

Los resultados en la región  $\delta_4$ , se analizan en la Tabla 4.33 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.33:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_4$ ) [± 3,0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 5.00	1.19	1.17	1.20	0.84
+5.00	1.19	1.18	1.20	0.84	1.69

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC con el OSLD nanoDot fuera de la geometría de campo del haz para la posición -5.0 cm es  $\pm 1.71\%$ , y para la posición +5.0 cm es  $\pm 0.85\%$ .

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.32a con la CIC, y 4.32b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: II D**).

#### IV.5.2.1.3 UN CAMPO ABIERTO CUADRADO OBLÍCUO (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), GANTRY 25.0°, PROFUNDIDAD 5.5 cm.

##### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.32, teniendo en cuenta la Figura 3.21, se obtuvo las lecturas en la posición del eje central del haz como resultados de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí, se construye las Tablas 4.34a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.34b, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.34a:** Lecturas obtenidas con la CIC en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.

CIC	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	Prom $\pm$ SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>Q<sub>Q<sub>0</sub></sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [nC]	3.268	3.268	3.268	3.268 $\pm$ 0.00	1.035	0.2969	1.005	1.000	0.9908	99.99 $\pm$ 0.23
Presión [kPa]	99.88	99.88	99.88	99.88 $\pm$ 0.00						
Tempe. [°C]	25.8	25.8	25.8	25.8 $\pm$ 0.00						

**Tabla 4.34b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.

nanoDot	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	Prom $\pm$ SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [mrad]	31537	31543	31630	31570 $\pm$ 30.05	3.040	1.0300	1.0007	98.92 $\pm$ 1.08

Los resultados en la región  $\delta_1$  se analizan en la Tabla 4.35 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.35:** Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_1$ ) [ $\pm$ 2,0%]	
CIC [cGy]	nanoDot [cGy]		CIC	OSLD
99.99	98.92	100.00	0.01	1.08

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot a lo largo del eje del haz es  $\pm$ 1.08%.

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.34a con la CIC, y 4.34b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: III A**).

##### B. REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.33, teniéndose en cuenta la Figura 3.21, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.23a, y 3.23b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí, se construye las Tablas 4.36a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.36b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.36a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiada en el LINAC.

Posición Perfil [ $\pm$ cm] ( $\delta_2$ )	Lec CIC [nC]			Prom $\pm$ SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>Q<sub>Q<sub>0</sub></sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 3.00	2.568	2.568	2.568	2.568 $\pm$ 0.00	1.035	0.2969	1.005	1.000	0.9908	78.59 $\pm$ 0.27
+ 3.00	2.547	2.547	2.547	2.547 $\pm$ 0.00						77.95 $\pm$ 0.27
Presión [kPa]	99.88	99.88	99.88	99.88 $\pm$ 0.00						
Tempe. [°C]	25.8	25.8	25.8	25.8 $\pm$ 0.00						

**Tabla 4.36b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-3.00	24001	24023	24039	24021 ± 19.03	3.040	1.0300	1.0007	75.27 ± 5.20
+3.00	23765	23777	23855	23799 ± 48.87	3.040	1.0300	1.0007	74.57 ± 5.49

Los resultados en la región  $\delta_2$ , se analizan en la Tabla 4.37 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.37:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_2$ ) [2.0mm ± 10,0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 3.00	78.59	75.27	79.40	1.03
+ 3.00	77.95	74.57	78.90	1.22	5.49

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot en la penumbra del haz para la posición -3.0 cm es ±4.22%, y para la posición +3.0 cm es ±4.34%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.36a de la CIC, y 4.36b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: III B**).

### C. REGIÓN $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.34, teniéndose en cuenta la Figura 3.21, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.24a, y 3.24b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí, se construye las Tablas 4.38a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.38b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.38a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiada en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{QQ_0}$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 2.00	3.173	3.173	3.173	3.173 ± 0.00						97.09 ± 0.23
+ 2.00	3.265	3.265	3.265	3.265 ± 0.00						99.90 ± 0.23
Presión [kPa]	99.88	99.88	99.88	99.88 ± 0.00						
Tempe. [°C]	25.8	25.8	25.8	25.8 ± 0.00	1.035	0.2969	1.005	1.000	0.9908	

**Tabla 4.38b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-2.00	30250	30267	30332	30283 ± 24.99	3.040	1.0300	1.0007	94.89 ± 2.48
+2.00	31125	31143	31206	31158 ± 24.56	3.040	1.0300	1.0007	97.63 ± 2.66

Los resultados en la región  $\delta_3$ , se analizan en la Tabla 4.39 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.39:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_3$ ) [± 3,0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 2.00	97.09	94.89	97.30	0.22
+2.00	99.90	97.63	100.30	0.40	2.66

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot dentro de campo - fuera del eje del haz para la posición -2.0 cm es ±2.32%, y para la posición +2.0 cm es ±2.32%.

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.38a con la CIC, y 4.38b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: III C**).

#### D. REGIÓN $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.35, teniéndose en cuenta la Figura 3.21, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.25a, y 3.25b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí, se construye las Tablas 4.40a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.40b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.40a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiada en el LINAC

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{Q_{Q_0}}$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 5.00	0.369	0.369	0.369	0.369 ± 0.00						11.28 ± 1.73
+ 5.00	0.351	0.351	0.351	0.351 ± 0.00						10.73 ± 1.82
Presión [kPa]	99.88	99.88	99.88	99.88 ± 0.00	1.035	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	25.8	25.8	25.8	25.8 ± 0.00						

**Tabla 4.40b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo (acrílico) irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-5.00	3539	3548	3617	3568 ± 24.64	3.040	1.0300	1.0007	11.18 ± 2.86
+5.00	3351	3373	33416	3380 ± 19.09	3.040	1.0300	1.0007	10.59 ± 2.84

Los resultados en la región  $\delta_4$ , se analizan en la Tabla 4.41 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.41:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

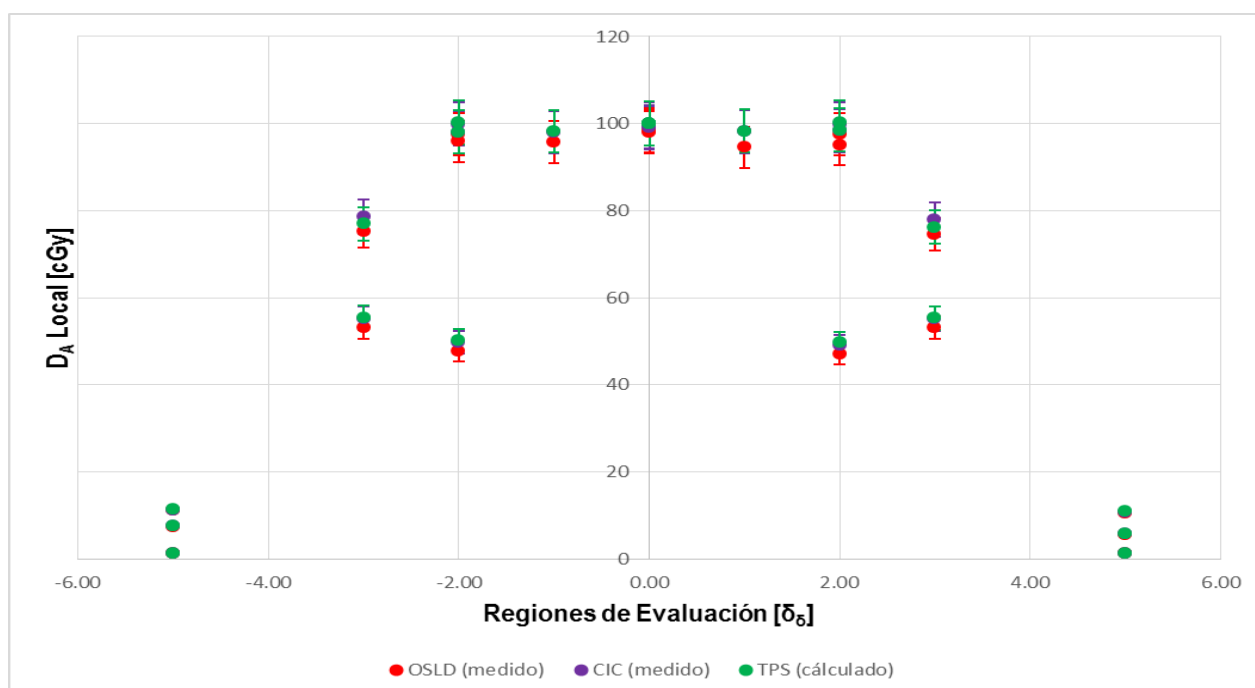
Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_4$ ) [± 3,0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 5.00	11.28	11.18	11.50	1.95
+5.00	10.73	10.59	10.90	1.58	2.84

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC con el OSLD nanoDot fuera de campo del haz para la posición -5.0 cm es ±0.89%, y para la posición +5.0 cm es ±1.32%.

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.40a con la CIC, y 4.40b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: III D**).

**Tabla 4.42:** Resumen a la evaluación de las regiones del haz de fotones configurado con Geometrías Simples [3D]: (Cuadrado, Rectángulo, Oblicuo 25.0°) valores medidos con OSLD nanoDot, CIC, calculado en el TPS Xio la irradiación se realiza sobre un maniquí homogéneo (acrílico), cuyas tolerancias se comparan de acuerdo a la Tabla 2.2 explicitada en el Ítem II.2.3.1.

Geometría	Evaluación/perfil		D <sub>A</sub> Local [cGy]			Sección II.2.3.1 – Tabla 2.2							
	Ubicación	Región	Medido		Cálculo	$\delta_1: 2.0\%$		$\delta_2: 10.0\%$		$\delta_3: 3.0\%$		$\delta_4: 3.0\%$	
			OSLD	CIC	TPS	OSLD	CIC	OSLD	CIC	OSLD	CIC		
Campo Cuadrado: 6 x 6 cm <sup>2</sup> Gantry: 0.0°, Prof. 5.00 cm	Eje del Haz	$\delta_1: 0.0$	95.40	99.10	100.00	1.98	0.91	---	---	---	---	---	---
	Penumbra del Haz	$\delta_2: -3.0$	53.24	55.25	55.40	---	---	3.90	0.27	---	---	---	---
		$\delta_2: +3.0$	53.09	55.19	55.30	---	---	4.00	0.20	---	---	---	---
	En Campo Fuera del Eje	$\delta_3: -2.0$	95.04	98.03	98.10	---	---	---	---	2.26	0.07	---	---
		$\delta_3: +2.0$	95.16	98.37	98.50	---	---	---	---	2.18	0.13	---	---
	Fuera del Campo	$\delta_4: -5.0$	7.20	7.52	7.60	---	---	---	---	---	---	2.76	1.05
$\delta_4: +5.0$		5.43	5.66	5.80	---	---	---	---	---	---	2.76	2.41	
Campo Rectángulo: 6 x 6 cm <sup>2</sup> Gantry: 0.0°, Prof. 5.00 cm	Eje del Haz	$\delta_1: 0.0$	95.60	99.32	100.00	1.70	0.68	---	---	---	---	---	---
	Penumbra del Haz	$\delta_2: -2.0$	47.63	49.74	50.30	---	---	5.31	1.12	---	---	---	---
		$\delta_2: +2.0$	47.11	49.06	49.70	---	---	5.21	1.29	---	---	---	---
	En Campo Fuera del Eje	$\delta_3: -1.0$	94.45	98.06	98.20	---	---	---	---	2.48	0.14	---	---
		$\delta_3: +1.0$	94.59	98.16	98.30	---	---	---	---	2.17	0.14	---	---
	Fuera del Campo	$\delta_4: -5.0$	1.14	1.19	1.20	---	---	---	---	---	---	2.50	0.84
$\delta_4: +5.0$		1.16	1.19	1.20	---	---	---	---	---	---	1.69	0.84	
Campo Cuadrado: 6 x 6 cm <sup>2</sup> Gantry: 25.0°, Prof. 5.50 cm	Eje del Haz	$\delta_1: 0.0$	96.54	99.99	100.00	1.08	0.01	---	---	---	---	---	---
	Penumbra del Haz	$\delta_2: -3.0$	75.27	78.59	76.94	---	---	5.20	1.03	---	---	---	---
		$\delta_2: +3.0$	74.57	77.95	76.23	---	---	5.49	1.22	---	---	---	---
	En Campo Fuera del Eje	$\delta_3: -2.0$	93.17	97.09	97.30	---	---	---	---	2.48	0.22	---	---
		$\delta_3: +2.0$	95.87	99.90	100.30	---	---	---	---	2.66	0.40	---	---
	Fuera del Campo	$\delta_4: -5.0$	10.87	11.28	11.50	---	---	---	---	---	---	2.86	1.95
$\delta_4: +5.0$		10.54	10.31	10.90	---	---	---	---	---	---	2.84	1.58	



**Figura 4.8:** Ploteo de los diversos puntos que conforman los diferentes perfil evaluados en las geometrías simples [3D]: (Cuadrado, Rectángulo, Oblicuo 25.0°) en un medio homogéneo.

### IV.5.2.2 GEOMETRÍA COMPLEJA [3D]: CUADRADO, RECTÁNGULO, CUÑAS, PESOS (IGUALES – DIFERENTES) EN TRES CAMPOS ABIERTOS A: 0.0°, 90.0°, Y 270.0°, MEDIO HOMOGÉNEO.

Como se indica en la Sección III.2.10, con las siguientes configuraciones:

#### IV.5.2.2.1 TRES CAMPOS ABIERTOS CUADRADO (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>) ANTERIOR (0.0°), DOS LATERALES (90.0°, y 270.0°), PESOS IGUALES, PROFUNDIDAD 5.0, 6.8, Y 6.9 cm.

##### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.36, teniendo en cuenta la Figura 3.26, se obtuvo las lecturas en la posición del eje central del haz como resultados de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.43a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.43b, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.43a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

CIC	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >	Prom $\pm$ SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>Q<sub>Q<sub>0</sub></sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [nC]	6.599	6.599	6.599	6.599 $\pm$ 0.00	1.023	0.2969	1.005	1.000	0.9908	199.58 $\pm$ 0.15
Presión [kPa]	99.97	99.97	99.97	99.97 $\pm$ 0.00						
Tempe. [°C]	22.8	22.8	22.8	22.8 $\pm$ 0.00						

**Tabla 4.43b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

nanoDot	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >	Prom $\pm$ SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [mrad]	62309	62395	62490	62398 $\pm$ 52.27	3.040	1.0292	1.0007	195.36 $\pm$ 2.37

Los resultados en la región  $\delta_1$  se analizan en la Tabla 4.44 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.44:** Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_1$ ) [ $\pm$ 3,0%]	
CIC [cGy]	nanoDot [cGy]		CIC	OSLD
199.58	195.36	200.10	0.26	2.37

De los resultados obtenidos se determinó la relación entre la CIC y el nanoDot a lo largo del eje del haz es  $\pm$ 2.11%.

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.43a con la CIC, y 4.43b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: IV A**).

##### B. REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.37, teniéndose en cuenta la Figura 3.26, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.28a, y 3.28b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.45a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.45b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.



**Tabla 4.45a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 3.00	5.708	5.708	5.708	5.708 ± 0.00						172.63 ± 0.15
+ 3.00	5.650	5.650	5.650	5.650 ± 0.00						170.88 ± 0.15
Presión [kPa]	99.97	99.97	99.97	99.97 ± 0.00	1.023	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	22.8	22.8	22.8	22.8 ± 0.00						

**Tabla 4.45b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-3.00	54151	54251	54276	54226 ± 38.19	3.040	1.0292	1.0007	169.78 ± 2.14
+ 3.00	53746	53853	53870	53823 ± 38.81	3.040	1.0292	1.0007	168.52 ± 1.97

Los resultados en la región  $\delta_2$ , se analizan en la Tabla 4.46 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.46:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_2$ ) [3.0mm ± 15.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 3.00	172.63	169.78	173.50	0.50
+ 3.00	170.88	168.52	171.90	0.60	1.97

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot en la penumbra del haz para la posición -3.0 cm es ±1.65%, y para la posición +3.0 cm es ±1.38%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.45a de la CIC, y 4.45b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: IV B**).

### C. REGIÓN $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.38, teniéndose en cuenta la Figura 3.26, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.29a, y 3.29b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.47a, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.47b determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.47a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 2.00	6.569	6.569	6.569	6.569 ± 0.00						198.67 ± 0.15
+ 2.00	6.550	6.550	6.550	6.550 ± 0.00						198.10 ± 0.15
Presión [kPa]	99.97	99.97	99.97	99.97 ± 0.00	1.023	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	22.8	22.8	22.8	22.8 ± 0.00						

**Tabla 4.47b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-2.00	62806	62903	62946	62885 ± 41.40	3.040	1.0292	1.0007	196.89 ± 1.50
+2.00	62572	62678	62685	62645 ± 36.56	3.040	1.0292	1.0007	196.14 ± 1.68

Los resultados en la región  $\delta_3$ , se analizan en la Tabla 4.48 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.48:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_3$ ) [± 3,0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 2.00	198.67	194.89	199.90	0.61
+2.00	198.10	194.14	199.50	0.20	2.67

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot dentro de campo – fuera del eje del haz para la posición -2.0 cm es  $\pm 1.90\%$ , y para la posición +2.0 cm es  $\pm 2.00\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.47a de la CIC, y 4.47b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: IV C**).

#### D. REGIÓN $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.39, teniéndose en cuenta la Figura 3.26, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.30a, y 3.30b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.49a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.49b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.49a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{Q_{Q_0}}$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 6.50	3.820	3.820	3.820	3.820 ± 0.00						115.53 ± 0.20
+6.50	3.818	3.818	3.818	3.818 ± 0.00						115.47 ± 0.20
Presión [kPa]	99.97	99.97	99.97	99.97 ± 0.00						
Tempe. [°C]	22.8	22.8	22.8	22.8 ± 0.00	1.023	0.2969	1.005	1.000	0.9908	

**Tabla 4.49b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-6.50	36337	36387	36488	36404 ± 44.41	3.040	1.0292	1.0007	113.98 ± 1.74
+6.50	36271	36368	36387	36343 ± 35.93	3.040	1.0292	1.0007	113.79 ± 1.90

Los resultados en la región  $\delta_4$ , se analizan en la Tabla 4.50 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.50:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_4$ ) [± 4,0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	-6.50	115.53	113.98	116.00	0.40
+6.50	115.47	113.79	116.00	0.46	1.90

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot fuera de la geometría de campo del haz para la posición -6.50 cm es  $\pm 1.34\%$ , y para la posición +6.50 cm es  $\pm 1.45\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.49a de la CIC, y 4.49b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: IV D**).

#### IV.5.2.2.2 TRES CAMPOS ABIERTOS RECTÁNGULO (6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>) ANTERIOR (0.0°), DOS LATERALES (90°, y 270°), PESOS IGUALES, PROFUNDIDAD 5.0, 7.2, Y 6.9 cm.

##### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.40, teniendo en cuenta la Figura 3.31, se obtuvo las lecturas en la posición del eje central del haz como resultados de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí

(acrílico), se construye las Tablas 4.51a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.51b, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.51a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

CIC	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >	Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>Q<sub>Q<sub>0</sub></sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [nC]	6.599	6.599	6.599	6.599 ± 0.00	1.023	0.2969	1.005	1.000	0.9908	199.58 ± 0.15
Presión [kPa]	99.97	99.97	99.97	99.97 ± 0.00						
Tempe. [°C]	22.8	22.8	22.8	22.8 ± 0.00						

**Tabla 4.51b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

nanoDot	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >	Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [mrad]	62656	62687	62832	62725 ± 54.24	3.040	1.0292	1.0007	196.39 ± 1.85

Los resultados en la región  $\delta_1$  se analizan en la Tabla 4.52 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.52:** Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_1$ ) [± 3,0%]	
CIC [cGy]	nanoDot [cGy]		CIC	OSLD
199.58	196.39	200.10	0.26	1.85

De los resultados obtenidos se determinó la relación entre la CIC y el nanoDot a lo largo del eje del haz es ±1.60%.

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en las Tablas 4.51a con la CIC, y 4.51b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: V A**).

## B. REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.41, teniéndose en cuenta la Figura 3.31, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.33a, y 3.33b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.53a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.53b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.53a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>Q<sub>Q<sub>0</sub></sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 2.50	2.588	2.588	2.588	2.588 ± 0.00	1.023	0.2969	1.005	1.000	0.9908	78.27 ± 0.15
+ 2.50	2.558	2.558	2.558	2.558 ± 0.00						77.36 ± 0.15
Presión [kPa]	99.97	99.97	99.97	99.97 ± 0.00						
Tempe. [°C]	22.8	22.8	22.8	22.8 ± 0.00						

**Tabla 4.53b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-2.50	24513	24705	24728	24682 ± 35.13	3.040	1.0292	1.0007	77.28 ± 1.68
+2.50	24490	24602	24621	24571 ± 48.00	3.040	1.0292	1.0007	76.93 ± 0.86

Los resultados en la región  $\delta_2$ , se analizan en la Tabla 4.54 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.54:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_2$ ) [3.0mm ± 15.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 2.50	78.27	77.28	78.60	0.42
+ 2.50	77.36	76.93	77.60	0.31	0.86

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot en la penumbra del haz para la posición -2.50 cm es  $\pm 1.26\%$ , y para la posición +2.50 cm es  $\pm 0.56\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.53a de la CIC, y 4.53b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: V B**).

### C. REGIÓN $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.42, teniéndose en cuenta la Figura 3.31, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.34a, y 3.34b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.55a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.55b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.55a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{QQ_0}$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 1.00	6.511	6.511	6.511	6.511 ± 0.00						196.92 ± 0.15
+ 1.00	6.501	6.501	6.501	6.501 ± 0.00						196.62 ± 0.15
Presión [kPa]	99.97	99.97	99.97	99.97 ± 0.00	1.023	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	22.8	22.8	22.8	22.8 ± 0.00						

**Tabla 4.55b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-1.00	61946	61997	62114	62019 ± 49.73	3.040	1.0292	1.0007	194.18 ± 1.78
+1.00	62141	62249	62252	62214 ± 36.51	3.040	1.0292	1.0007	194.79 ± 1.42

Los resultados en la región  $\delta_3$ , se analizan en la Tabla 4.56 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.56:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	MEDIDAS $D_A$		CALCULADO $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	TOLERANCIA TABLA 2.2 ( $\delta_3$ ) [± 3.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	-1.00	196.92	194.18	197.70	0.39
+1.00	196.62	194.79	197.60	0.50	1.42

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot dentro de campo – fuera del eje del haz para la posición -1.0 cm es  $\pm 1.39\%$ , y para la posición +1.0 cm es  $\pm 0.94\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.55a de la CIC, y 4.55b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: V C**).

### D. REGIÓN $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.43, teniéndose en cuenta la Figura 3.31, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.35a, y 3.35b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.57a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.57b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.57a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 4.50	0.131	0.131	0.131	0.131 ± 0.00						3.96 ± 4.88
+4.50	0.132	0.132	0.132	0.132 ± 0.00						3.99 ± 4.88
Presión [kPa]	99.97	99.97	99.97	99.97 ± 0.00	1.023	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	22.8	22.8	22.8	22.8 ± 0.00						

**Tabla 4.57b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-4.50	1212	1247	1258	1239 ± 13.87	3.040	1.0292	1.0007	3.88 ± 3.00
+4.50	1220	1258	1269	1249 ± 14.84	3.040	1.0292	1.0007	3.91 ± 2.25

Los resultados en la región  $\delta_4$ , se analizan en la Tabla 4.57 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.58:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_4$ ) [± 4.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	-4.50	3.96	3.88	4.00	1.00
+4.50	3.99	3.91	4.00	0.25	2.25

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot fuera de la geometría de campo del haz para la posición -4.50 cm es ±2.02%, y para la posición +4.50 cm es ± 2.00%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.57a de la CIC, y 4.57b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: V D**).

#### IV.5.2.2.3 TRES CAMPOS ABIERTOS CUADRADO (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>) ANTERIOR (0.0°), DOS LATERALES (90.0°, y 270.0°), CON CUÑA VW 60.0°, PESOS DIFERENTE, PROFUNDIDAD 5.0, 7.2, Y 6.9 cm.

##### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.44, teniendo en cuenta la Figura 3.36, se obtuvo las lecturas en la posición del eje central del haz como resultados de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.59a, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.59b, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.59a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

CIC	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >	Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [nC]	6.600	6.600	6.600	6.600 ± 0.00	1.023	0.2969	1.005	1.000	0.9908	199.60 ± 0.15
Presión [kPa]	99.97	99.97	99.97	99.97 ± 0.00						
Tempe. [°C]	22.8	22.8	22.8	22.8 ± 0.00						

**Tabla 4.59b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

nanoDot	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >	Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [mrad]	62735	62832	62857	62808 ± 17.42	3.040	1.0292	1.0007	196.65 ± 2.16

Los resultados en la región  $\delta_1$  se analizan en la Tabla 4.60 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.60:** Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_1$ ) [ $\pm 3,0\%$ ]	
CIC [cGy]	nanoDot [cGy]		CIC	OSLD
199.60	196.65	200.00	0.20	2.16

De los resultados obtenidos se determinó la relación entre la CIC y el nanoDot a lo largo del eje del haz es  $\pm 1.48\%$ .

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.59a con la CIC, y 4.59b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: VI A**).

### B. REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.45, teniéndose en cuenta la Figura 3.36, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.38a, y 3.38b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.61a, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.61b determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.61a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [ $\pm$ cm] ( $\delta_2$ )	Lec CIC [nC]			Prom $\pm$ SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 3.00	1.619	1.619	1.619	1.619 $\pm$ 0.00						48.96 $\pm$ 0.40
+3.00	5.629	5.629	5.629	5.629 $\pm$ 0.00						170.24 $\pm$ 0.15
Presión [kPa]	99.97	99.97	99.97	99.97 $\pm$ 0.00						
Tempe. [°C]	22.8	22.8	22.8	22.8 $\pm$ 0.00	1.023	0.2969	1.005	1.000	0.9908	

**Tabla 4.61b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [ $\pm$ cm] ( $\delta_2$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom $\pm$ SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-3.00	15304	15341	15348	15331 $\pm$ 13.65	3.040	1.0292	1.0007	48.00 $\pm$ 2.44
+3.00	53202	53298	53313	53271 $\pm$ 34.77	3.040	1.0292	1.0007	166.79 $\pm$ 2.52

Los resultados en la región  $\delta_2$ , se analizan en la Tabla 4.62 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.62:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [ $\pm$ cm] ( $\delta_2$ )	Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_2$ ) [3.0mm $\pm$ 15.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 3.00	48.96	48.00	49.20	0.49
+3.00	170.24	166.79	171.10	0.50	2.52

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot en la penumbra del haz para la posición -3.00 cm es  $\pm 1.96\%$ , y para la posición +3.00 cm es  $\pm 2.03\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.61a de la CIC, y 4.61b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: VI B**).

### C. REGIÓN $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.46, teniéndose en cuenta la Figura 3.36, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.39a, y 3.39b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.63a, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.63b determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.63a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>Q<sub>Q<sub>0</sub></sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 2.00	5.316	5.316	5.316	5.316 ± 0.00						160.78 ± 0.16
+2.00	7.469	7.469	7.469	7.469 ± 0.00						225.90 ± 0.16
Presión [kPa]	99.97	99.97	99.97	99.97 ± 0.00	1.023	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	22.8	22.8	22.8	22.8 ± 0.00						

**Tabla 4.63b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-2.00	50260	50297	50442	50333 ± 55.54	3.040	1.0292	1.0007	157.59 ± 2.36
+2.00	70614	70729	70748	70697 ± 41.36	3.040	1.0292	1.0007	221.35 ± 2.57

Los resultados en la región  $\delta_3$ , se analizan en la Tabla 4.64 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.64:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	MEDIDAS D <sub>A</sub>		CALCULADO D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	TOLERANCIA TABLA 2.2 ( $\delta_3$ ) [± 3.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 2.00	160.78	157.59	161.40	0.38
+2.00	225.90	221.35	227.20	0.57	2.57

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot dentro de campo – fuera del eje del haz para la posición -2.0 cm es ± 1.98%, y para la posición +2.0 cm es ± 2.01%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.63a de la CIC, y 4.63b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: VI C**).

#### D. REGIÓN $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.47, teniéndose en cuenta la Figura 3.36, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.40a, y 3.40b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.65a, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.65b determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.65a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>Q<sub>Q<sub>0</sub></sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 4.00	0.175	0.175	0.175	0.175 ± 0.00						5.28 ± 3.66
+4.00	0.480	0.480	0.480	0.480 ± 0.00						14.51 ± 1.33
Presión [kPa]	99.97	99.97	99.97	99.97 ± 0.00	1.023	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	22.8	22.8	22.8	22.8 ± 0.00						

**Tabla 4.65b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-4.00	1620	1663	1670	1651 ± 18.95	3.040	1.0292	1.0007	5.17 ± 2.45
+4.00	4500	4549	4565	4538 ± 19.03	3.040	1.0292	1.0007	14.21 ± 2.67

Los resultados en la región  $\delta_4$ , se analizan en la Tabla 4.66 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.66:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_4$ ) [± 4.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	-4.00	5.28	5.17	5.30	0.38
+4.00	14.51	14.21	14.60	0.62	2.67

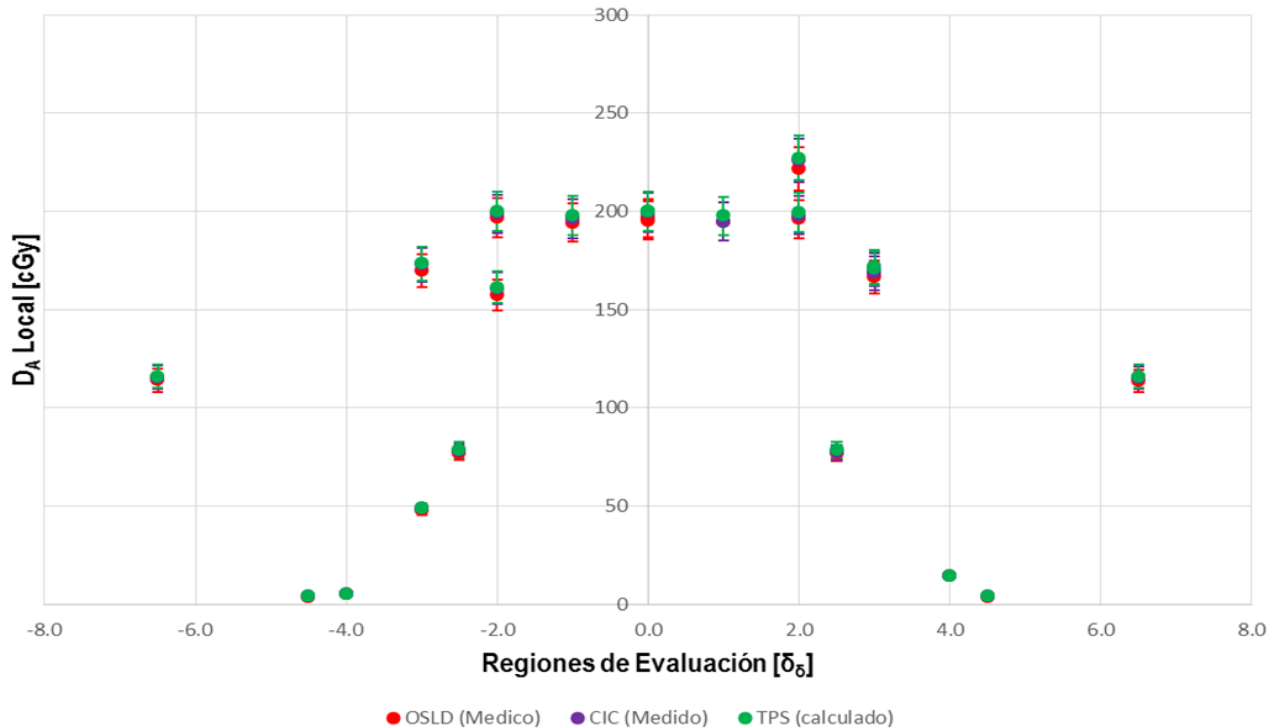
De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot fuera de la geometría de campo del haz para la posición -4.00 cm es  $\pm 2.08\%$ , y para la posición +4.00 cm es  $\pm 2.07\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.65a de la CIC, y 4.65b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: VI D**).

**Tabla 4.67:** Resumen a la evaluación de las regiones del haz de fotones configurado con Geometría Compleja [3D]: Cuadrado, Rectángulo, Cuñas, Pesos (Iguales - Diferentes) en tres campos abiertos a: 0.0°, 90.0°, y 270.0°, valores medidos con OSLD nanoDot, CIC, calculado en el TPS Xio la irradiación se realiza sobre un maniquí homogéneo (acrílico), cuyas tolerancias se comparan de acuerdo a la Tabla 2.2 explicitada en el ítem II.2.3.1.

Geometría	Evaluación/perfil		D <sub>A</sub> Local [cGy]			Sección II.2.3.1 – Tabla 2.2							
	Ubicación	Región	Medido		Cálculo	$\delta_1$ : 3.0%		$\delta_2$ : 15.0%		$\delta_3$ : 3.0%		$\delta_4$ : 4.0%	
			OSLD	CIC	TPS	OSLD	CIC	OSLD	CIC	OSLD	CIC	OSLD	CIC
Tres Campo Cuad: 6x6 cm <sup>2</sup> Gantry: 0, 90, 270°, Prof. 5.0, 6.8, 6.9 cm	Eje del Haz	$\delta_1$ : 0.0	195.36	199.58	200.10	2.37	0.26	---	---	---	---	---	---
	Penumbra del Haz	$\delta_2$ : -3.0	169.78	172.78	173.50	---	---	2.14	0.50	---	---	---	---
		$\delta_2$ : +3.0	168.52	168.52	171.90	---	---	1.97	0.60	---	---	---	---
	En Campo Fuera del Eje	$\delta_3$ : -2.0	196.89	198.67	199.90	---	---	---	---	2.51	0.61	---	---
		$\delta_3$ : +2.0	196.14	198.10	199.50	---	---	---	---	2.67	0.20	---	---
	Fuera del Campo	$\delta_4$ : -6.5	113.98	115.53	116.00	---	---	---	---	---	---	1.74	0.40
$\delta_4$ : +6.5		113.79	115.47	116.00	---	---	---	---	---	---	1.90	0.46	
Tres Campo Rect: 6x6 cm <sup>2</sup> Gantry: 0, 90, 270°, Prof. 5.0, 7.2, 6.9 cm	Eje del Haz	$\delta_1$ : 0.0	196.39	199.58	200.10	1.85	0.26	---	---	---	---	---	---
	Penumbra del Haz	$\delta_2$ : -2.5	77.28	78.27	78.60	---	---	1.68	0.42	---	---	---	---
		$\delta_2$ : +2.5	76.93	77.36	78.60	---	---	0.86	0.31	---	---	---	---
	En Campo Fuera del Eje	$\delta_3$ : -1.0	194.18	196.18	197.70	---	---	---	---	1.78	0.39	---	---
		$\delta_3$ : +1.0	194.79	194.79	197.60	---	---	---	---	1.42	0.50	---	---
	Fuera del Campo	$\delta_4$ : -4.5	3.88	3.96	4.00	---	---	---	---	---	---	3.00	1.00
$\delta_4$ : +4.5		3.91	3.99	4.00	---	---	---	---	---	---	2.25	0.25	
Tres Campo Cuad: 6x6 cm <sup>2</sup> Gantry: 0, 90, 270°, VW 60°, peso Dif Prof. 5.0, 7.2, 6.9 cm	Eje del Haz	$\delta_1$ : 0.0	196.65	199.60	200.00	2.16	0.20	---	---	---	---	---	---
	Penumbra del Haz	$\delta_2$ : -3.0	48.00	48.96	49.20	---	---	2.44	0.49	---	---	---	---
		$\delta_2$ : +3.0	166.79	170.24	171.10	---	---	2.52	0.50	---	---	---	---
	En Campo Fuera del Eje	$\delta_3$ : -2.0	157.59	160.78	161.40	---	---	---	---	2.36	0.38	---	---
		$\delta_3$ : +2.0	221.35	225.90	227.20	---	---	---	---	2.57	0.57	---	---
	Fuera del Campo	$\delta_4$ : -4.0	5.17	5.28	5.30	---	---	---	---	---	---	2.45	0.38
$\delta_4$ : +4.0		14.21	14.51	14.60	---	---	---	---	---	---	2.67	2.67	





**Figura 4.9:** Ploteo de los diversos puntos que conforman los diferentes perfil evaluados en la geometría compleja [3D]: Cuadrado, Rectángulo, Cuñas, Pesos (Iguales - Diferentes), en tres campos abierto: 0.0°, 90.0°, y 270.0° en un medio homogéneo.

**IV.5.2.3 GEOMETRÍA COMBINADAS [3D - MLCs] CAMPOS: CIRCULAR, IRREGULAR, “Y INVERTIDA”, OBLICUOS, CON CAMPOS ABIERTOS A: 0.0°, 25.0°, 65.0°, 90.0°, 115.0°, 245.0°, 270.0°, 295.0°, Y 335.0° EN MEDIO HOMOGÉNEO.**

Como se indica en la Sección III.2.11, con las siguientes configuraciones:

**IV.5.2.3.1 UN CAMPO CIRCULAR ABIERTO CON DIAMETRO= 6.00 cm, ANTERIOR (0°), PROFUNDIDAD 5.00 cm.**

**A. REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.**

Se estableció en la Tabla 3.48, teniendo en cuenta la Figura 3.41, se obtuvo las lecturas en la posición del eje central del haz como resultados de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.68a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.68b, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.68a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

CIC	L1	L2	L3	Prom $\pm$ SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{Q_{Q_0}}$	$D_A$ [cGy]
Lec [nC]	3.322	3.322	3.322	3.322 $\pm$ 0.00	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	99.59 $\pm$ 0.21
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 $\pm$ 0.00						
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 $\pm$ 0.00						

**Tabla 4.68b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

nanoDot	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [mrad]	31232	31301	31325	31286 ± 27.87	3.040	1.0300	1.0007	98.03 ± 1.97

Los resultados en la región  $\delta_1$  se analizan en la Tabla 4.69 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.69:** Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_1$ ) [± 4.0%]	
CIC [cGy]	nanoDot [cGy]		CIC	OSLD
99.59	98.03	100.00	0.41	1.97

De los resultados obtenidos se determinó la relación entre la CIC y el nanoDot a lo largo del eje del haz es ±1.57%.

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.68a con la CIC, y 4.68b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: VII A**).

## B. REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.49, teniéndose en cuenta la Figura 3.41, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.43a, y 3.43b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.70a, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.70b determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.70a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 3.00	1.557	1.557	1.557	1.557 ± 0.00						46.67 ± 0.42
+ 3.00	1.495	1.495	1.495	1.495 ± 0.00						44.82 ± 0.43
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 ± 0.00						
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 ± 0.00	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	

**Tabla 4.70b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ±	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-3.00	14554	14607	14612	14591 ± 18.56	3.040	1.0300	1.0007	45.72 ± 2.52
+ 3.00	13973	14023	14034	14010 ± 18.77	3.040	1.0300	1.0007	43.90 ± 2.73

Los resultados en la región  $\delta_2$ , se analizan en la Tabla 4.71 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.71:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_2$ ) [3.0mm ± 15.0%]		
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD	
- 3.00	46.67	45.72	46.90		0.49	2.52
+ 3.00	44.82	43.90	45.10		0.62	2.73

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot en la penumbra del haz para la posición -3.00 cm es ±2.04%, y para la posición +3.00 cm es ±2.05%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.70a de la CIC, y 4.70b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: VII B**).

**C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Se estableció en la Tabla 3.50, teniéndose en cuenta la Figura 3.41, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.44a, y 3.44b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.72a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.72b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.72a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec CIC [nC]			Prom ±SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{Q_{Q_0}}$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 2.00	3.211	3.211	3.211	3.211 ± 0.00						96.26 ± 0.22
+ 2.00	3.211	3.211	3.211	3.211 ± 0.00						96.26 ± 0.22
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 ± 0.00	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 ± 0.00						

**Tabla 4.72b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ±SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-2.00	30072	30103	30137	30104 ± 18.77	3.040	1.0300	1.0007	94.33 ± 2.55
+2.00	30085	30093	30164	30114 ± 25.11	3.040	1.0300	1.0007	94.36 ± 2.62

Los resultados en la región  $\delta_3$ , se analizan en la Tabla 4.73 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.73:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_3$ ) [± 4.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 2.00	96.26	94.33	96.80	0.56
+2.00	96.26	94.36	96.90	0.66	2.62

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot dentro de campo – fuera del eje del haz para la posición -2.0 cm es ±2.00%, y para la posición +2.0 cm es ± 2.01%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.72a de la CIC, y 4.72b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: VII C**).

**D. REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.**

Se estableció en la Tabla 3.51, teniéndose en cuenta la Figura 3.41, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.45a, y 3.45b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.74a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.74b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.74a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{Q_{Q_0}}$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 5.00	0.056	0.056	0.056	0.056 ± 0.00						1.68 ± 11.43
+ 5.00	0.053	0.053	0.053	0.053 ± 0.00						1.59 ± 12.07
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 ± 0.00	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 ± 0.00						

**Tabla 4.74b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-5.00	492	525	552	523 ± 17.35	3.040	1.0300	1.0007	1.64 ± 3.65
+5.00	456	490	539	495 ± 24.09	3.040	1.0300	1.0007	1.55 ± 3.12

Los resultados en la región  $\delta_4$ , se analizan en la Tabla 4.75 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.75:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_4$ ) [± 5.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 5.00	1.68	1.64	1.70	1.19
+5.00	1.59	1.55	1.60	0.62	3.12

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot fuera de la geometría de campo del haz para la posición -5.00 cm es ±2.44%, y para la posición +5.00 cm es ± 2.52%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.74a de la CIC, y 4.74b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: VII D**).

#### IV.5.2.3.2 UN CAMPO IRREGULAR ABIERTO SOBRE UN ÁREA DE 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, ANTERIOR (0.0°), PROFUNDIDAD 5.00 cm.

##### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.52, teniendo en cuenta la Figura 3.46, se obtuvo las lecturas en la posición del eje central del haz como resultados de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.76a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.76b, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.76a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

CIC	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{Q_{Q_0}}$	$D_A$ [cGy]
Lec [nC]	3.321	3.321	3.321	3.321 ± 0.00	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	99.56 ± 0.22
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 ± 0.00						
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 ± 0.00						

**Tabla 4.76b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

nanoDot	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
Lec [mrad]	31115	31150	31161	31142 ± 13.87	3.040	1.0300	1.0007	97.58 ± 2.42

Los resultados en la región  $\delta_1$  se analizan en la Tabla 4.77 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.77:** Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_1$ ) [± 4.0%]	
CIC [cGy]	nanoDot [cGy]		CIC	OSLD
99.56	97.58	100.00	0.44	2.42

De los resultados obtenidos se determinó la relación entre la CIC y el nanoDot a lo largo del eje del haz es ±1.99%.

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.76a con la CIC, y 4.76b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: VIII A**).

**B. REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.**

Se estableció en la Tabla 3.53, teniéndose en cuenta la Figura 3.46, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.48a, y 3.48b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.78a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.78b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.78a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{QQ_0}$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 1.50	2.542	2.542	2.542	2.542 ± 0.00						76.20 ± 0.27
+ 1.50	2.609	2.609	2.609	2.609 ± 0.00						78.21 ± 0.26
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 ± 0.0	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 ± 0.00						

**Tabla 4.78b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-1.50	23785	23813	23826	23808 ± 12.10	3.040	1.0300	1.0007	74.60 ± 2.55
+1.50	24435	24471	24480	24462 ± 13.75	3.040	1.0300	1.0007	76.65 ± 2.48

Los resultados en la región  $\delta_2$ , se analizan en la Tabla 4.79 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.79:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_2$ ) [3.0 mm ± 15.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 1.50	76.20	74.60	76.50	0.39
+ 1.50	78.21	76.65	78.60	0.50	2.48

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot en la penumbra del haz para la posición -1.50 cm es ±2.10%, y para la posición +1.50 cm es ±1.99%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.78a de la CIC, y 4.78b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: VIII B**).

**C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.**

Se estableció en la Tabla 3.54, teniéndose en cuenta la Figura 3.46, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.49a, y 3.49b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.80a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.80b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.80a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{QQ_0}$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 1.00	3.111	3.111	3.111	3.111 ± 0.00						93.25 ± 0.23
+ 1.00	3.147	3.147	3.147	3.147 ± 0.00						94.34 ± 0.23
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 ± 0.00	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 ± 0.00						

**Tabla 4.80b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	$L_1$	$L_2$	$L_3$					
-1.00	29140	29145	29204	29163 ± 20.55	3.040	1.0300	1.0007	91.38 ± 2.89
+1.00	29482	29523	29537	29514 ± 16.50	3.040	1.0300	1.0007	92.48 ± 1.86

Los resultados en la región  $\delta_3$ , se analizan en la Tabla 4.81 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.81:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_3$ ) [± 4.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	-1.00	93.25	91.38	94.10	0.90
+1.00	94.34	92.48	94.90	0.59	1.86

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot dentro de campo – fuera del eje del haz para la posición -1.00 cm es ±2.01%, y para la posición +1.00 cm es ± 1.97%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.80a de la CIC, y 4.80b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: VIII C**).

#### D. REGIÓN $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.55, teniéndose en cuenta la Figura 3.46, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.50a, y 3.50b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.82a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.82b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.82a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pool}$	$K_{elec}$	$K_{Q_{Q_0}}$	$D_A$ [cGy]
	$L_1$	$L_2$	$L_3$							
-4.00	0.073	0.073	0.073	0.073 ± 0.00						2.19 ± 8.72
+4.00	0.053	0.053	0.053	0.079 ± 0.00						2.37 ± 8.10
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 ± 0.00						
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 ± 0.00	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	

**Tabla 4.82b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	$L_1$	$L_2$	$L_3$					
-4.00	669	672	708	683 ± 12.53	3.040	1.0529	1.0007	2.14 ± 2.73
+4.00	727	729	764	740 ± 12.01	3.040	1.0529	1.0007	2.32 ± 3.33

Los resultados en la región  $\delta_4$ , se analizan en la Tabla 4.83 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.83:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	MEDIDAS $D_A$		CALCULADO $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	TOLERANCIA TABLA 2.2 ( $\delta_4$ ) [± 5.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	-4.00	2.19	2.14	2.20	0.45
+4.00	2.37	2.32	2.40	1.26	3.33

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot fuera de campo del haz para la posición -4.00 cm es ±2.28%, y para la posición +4.00 cm es ± 2.11%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.82a de la CIC, y 4.82b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: VIII D**).

#### IV.5.2.3.3 UN CAMPO “Y” INVERTIDA ABIERTO SOBRE UN ÁREA 6 X 6 cm<sup>2</sup>, ANTERIOR (0°), PROFUNDIDAD 5.0 cm.

##### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.56, teniendo en cuenta la Figura 3.51, se obtuvo las lecturas en la posición del eje central del haz como resultados de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.84a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.84b, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.84a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

CIC	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	Prom $\pm$ SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [nC]	3.322	3.322	3.322	3.322 $\pm$ 0.00	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	99.59 $\pm$ 0.22
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 $\pm$ 0.00						
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 $\pm$ 0.00						

**Tabla 4.84b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

nanoDot	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	Prom $\pm$ SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [mrad]	31131	31164	31170	31155 $\pm$ 21.01	3.040	1.0529	1.0007	97.62 $\pm$ 2.38

Los resultados en la región  $\delta_1$  se analizan en la Tabla 4.85 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.85:** Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_1$ ) [ $\pm$ 4,0%]	
CIC [cGy]	nanoDot [cGy]		CIC	OSLD
99.59	97.62	100.00	0.41	2.38

De los resultados obtenidos se determinó la relación entre la CIC y el nanoDot a lo largo del eje del haz es  $\pm$  1.98%.

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.84a con la CIC, y 4.84b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: IX A**).

##### B. REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.57, teniéndose en cuenta la Figura 3.51, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.53a, y 3.53b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.86a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.86b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.86a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [ $\pm$ cm] ( $\delta_2$ )	Lec CIC [nC]			Prom $\pm$ SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 1.00	2.386	2.386	2.386	2.386 $\pm$ 0.00	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	71.53 $\pm$ 0.31
+ 1.00	2.329	2.329	2.329	2.329 $\pm$ 0.00						69.82 $\pm$ 0.29
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 $\pm$ 0.00						
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 $\pm$ 0.00						

**Tabla 4.86b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-1.00	22807	22815	22862	22828 ± 17.15	3.040	1.0300	1.0007	70.11 ± 2.35
+1.00	21862	21897	21902	21887 ± 12.58	3.040	1.0300	1.0007	68.58 ± 2.17

Los resultados en la región  $\delta_2$ , se analizan en la Tabla 4.87 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.87:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_2$ ) [3.0mm ± 15.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 1.00	71.53	70.11	71.80	0.38
+ 1.00	69.82	68.58	70.10	0.40	2.17

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot en la penumbra del haz para la posición -1.00 cm es ±1.98%, y para la posición +1.00 cm es ±1.78%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.86a de la CIC, y 4.86b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: IX B**).

### C. REGIÓN $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.58, teniéndose en cuenta la Figura 3.51, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.54a, y 3.54b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.88a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.88b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.88a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{Q_{Q_0}}$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 0.50	3.111	3.111	3.111	3.111 ± 0.00						93.25 ± 0.23
+ 0.50	3.147	3.147	3.147	3.147 ± 0.00						94.34 ± 0.23
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 ± 0.00	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 ± 0.00						

**Tabla 4.88b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
- 0.50	29244	29287	29294	29275 ± 15.63	3.040	1.0300	1.0007	91.37 ± 2.90
+ 0.50	29460	29501	29515	29492 ± 16.50	3.040	1.0300	1.0007	92.41 ± 2.62

Los resultados en la región  $\delta_3$ , se analizan en la Tabla 4.89 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.89:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_3$ ) [± 4.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 0.50	93.25	91.37	95.30	0.90
+ 0.50	94.34	92.41	96.10	0.59	2.62

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot dentro de campo – fuera del eje del haz para la posición -0.50 cm es ±2.02%, y para la posición +0.50 cm es ± 2.05%.



Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.88a de la CIC, y 4.88b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: IX C**).

#### D. REGIÓN $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.59, teniendo en cuenta la Figura 3.51, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.55a, y 3.55b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.90a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.90b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.90a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{Q_{Q_0}}$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 2.50	0.196	0.196	0.196	0.196 ± 0.00						5.87 ± 3.26
+ 2.50	0.182	0.182	0.182	0.182 ± 0.00						5.47 ± 3.52
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 ± 0.00						
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 ± 0.00	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	

**Tabla 4.90b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
- 2.50	1821	1825	1850	1832 ± 9.07	3.040	1.0300	1.0007	5.74 ± 2.71
+2.50	1698	1708	1727	1711 ± 6.53	3.040	1.0300	1.0007	5.36 ± 2.61

Los resultados en la región  $\delta_4$ , se analizan en la Tabla 4.91 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.91:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_4$ ) [± 5.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 2.50	5.87	5.74	5.90	0.51
+2.50	5.47	5.36	5.50	0.54	2.61

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot fuera de campo del haz para la posición -2.50 cm es ±2.21%, y para la posición +2.50 cm es ± 2.01%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.90a de la CIC, y 4.90b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: IX D**).

#### IV.5.2.3.4 UN CAMPO OBLÍCUO CON DIFERENTES ANGULACIONES DEL GANTRY: 25.0°, 65.0°, 115.0°, 245.0°, 295.0°, Y 335.0° ABIERTO SOBRE UN ÁREA DE 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, PROFUNDIDADES: 7.6, 7.8, 7.7, 7.7, 7.8, Y 7.6 cm.

##### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.60, teniendo en cuenta la Figura 3.56a, 3.56b, se obtuvo las lecturas en la posición del eje central del haz como resultados de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.92a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.92b, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.92a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

CIC	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >	Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>Q<sub>Q<sub>0</sub></sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [nC]	6.631	6.631	6.631	6.631 ± 0.00	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	198.80 ± 0.15
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 ± 0.00						
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 ± 0.00						

**Tabla 4.92b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

nanoDot	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >	Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [mrad]	62648	62666	62777	62697 ± 40.34	3.040	1.0292	0.9932	194.83 ± 2.45

Los resultados en la región  $\delta_1$  se analizan en la Tabla 4.93 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.93:** Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_1$ ) [± 4.0%]	
CIC [cGy]	nanoDot [cGy]		CIC	OSLD
198.80	194.83	199.80	0.50	2.45

De los resultados obtenidos se determinó la relación entre la CIC y el nanoDot a lo largo del eje del haz es ±2.00%.

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.92a con la CIC, y 4.92b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: X A**).

## B. REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.61, teniéndose en cuenta la Figura 3.56a, y 3.56b, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.58a, y 3.58b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.94a, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.94b determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.94a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>Q<sub>Q<sub>0</sub></sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 3.00	1.173	1.173	1.173	1.173 ± 0.00	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	35.17 ± 0.56
+ 3.00	2.526	2.526	2.526	2.526 ± 0.00						75.73 ± 0.27
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 ± 0.00						
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 ± 0.00						

**Tabla 4.94b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-3.00	11054	11069	11126	11083 ± 21.93	3.040	1.0292	0.9932	34.44 ± 2.44
+ 3.00	23829	23859	23898	23862 ± 19.97	3.040	1.0292	0.9932	74.15 ± 2.43

Los resultados en la región  $\delta_2$ , se analizan en la Tabla 4.95 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.95:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_2$ ) [3.0mm ± 15.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 3.00	35.17	34.44		
+ 3.00	75.73	74.15	76.00	0.35	2.43

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot en la penumbra del haz para la posición -3.00 cm es  $\pm 2.08\%$ , y para la posición +3.00 cm es  $\pm 2.09\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.94a de la CIC, y 4.94b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: X B**).

### C. REGIÓN $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.62, teniéndose en cuenta la Figura 3.56a, y 3.56b, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.59a, y 3.59b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.96a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.96b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.96a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{Q,Q_0}$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 2.00	3.313	3.313	3.313	3.313 ± 0.00						99.32 ± 0.22
+ 2.00	3.402	3.402	3.402	3.402 ± 0.00						101.98 ± 0.22
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 ± 0.00	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 ± 0.00						

**Tabla 4.96b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-2.00	31273	31319	31332	31308 ± 17.90	3.040	0.0292	0.9932	97.29 ± 2.42
+2.00	32128	32173	32182	32161 ± 16.70	3.040	0.0292	0.9932	99.94 ± 2.59

Los resultados en la región  $\delta_3$ , se analizan en la Tabla 4.97 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.97:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_3$ ) [± 4.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 2.00	99.32	97.29		
+ 2.00	101.98	99.94	102.60	0.60	2.59

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot dentro de campo – fuera del eje del haz para la posición -2.0 cm es  $\pm 2.04\%$ , y para la posición +2.0 cm es  $\pm 2.00\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.96a de la CIC, y 4.96b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: X C**).

### D. REGIÓN $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.63, teniéndose en cuenta la Figura 3.56a, y 3.56b, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.60a, y 3.60b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí (acrílico), se construye las Tablas 4.98a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.98b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.98a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 4.00	0.139	0.139	0.139	0.139 ± 0.00						4.17 ± 4.60
+ 4.00	0.251	0.251	0.251	0.251 ± 0.00						7.53 ± 2.55
Presión [kPa]	100.21	100.21	100.21	100.21 ± 0.00	1.014	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	20.9	20.9	20.9	20.9 ± 0.00						

**Tabla 4.98b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí homogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
- 4.00	1298	1303	1338	1313 ± 12.58	3.040	1.0292	0.9932	4.08 ± 2.86
+ 4.00	2355	2367	2394	2372 ± 11.53	3.040	1.0292	0.9932	7.37 ± 3.03

Los resultados en la región  $\delta_4$ , se analizan en la Tabla 4.99 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.99:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

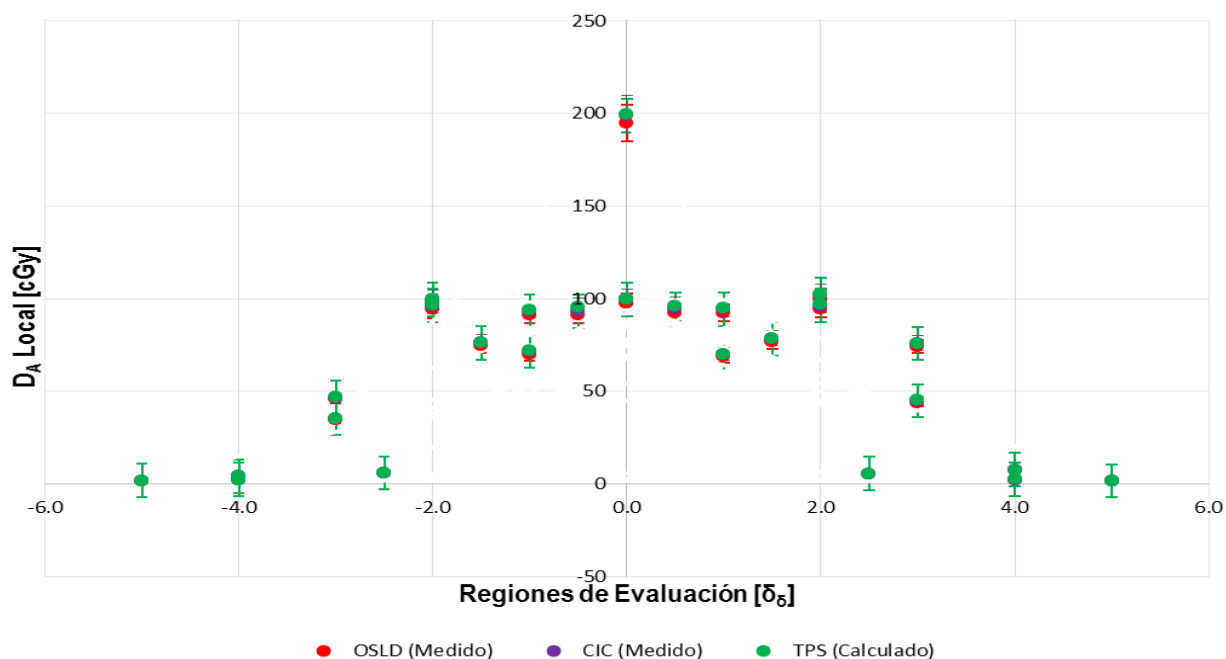
Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_4$ ) [± 5.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 4.00	4.17	4.08	4.20	0.71
+4.00	7.53	7.37	7.60	0.92	3.03

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot fuera de campo del haz para la posición -4.00 cm es ±2.16%, y para la posición +4.00 cm es ± 2.12%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.98a de la CIC, y 4.98b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: X D**).

**Tabla 4.100:** Resumen a la evaluación de las regiones del haz de fotones configurado con Geometría Combinadas [3D - MLCs] Campos: Circular, Irregular, "Y" Invertida, Oblicuos, con Campos Abiertos a: 0.0°, 25.0°, 65.0°, 90.0°, 115.0°, 245.0°, 270.0°, 295.0°, y 335.0°, valores medidos con OSLD nanoDot, CIC, calculado en el TPS Xio la irradiación se realiza sobre un maniquí homogéneo (acrílico), cuyas tolerancias se comparan de acuerdo a la Tabla 2.2 explicitada en el ítem II.2.3.1.

Geometría	Evaluación/perfil		D <sub>A</sub> Local [cGy]			Sección II.2.3.1 – Tabla 2.2							
	Ubicación	Región	Medido		Cálculo	$\delta_1$ : 4.0%		$\delta_2$ : 15.0%		$\delta_3$ : 4.0%		$\delta_4$ : 5.0%	
			OSLD	CIC	TPS	OSLD	CIC	OSLD	CIC	OSLD	CIC	OSLD	CIC
Campo Circular Diámetro: 6.0 cm., Gantry: 0.0°, Prof. 5.00 cm	Eje del Haz	$\delta_1$ : 0.0	98.03	99.59	100.00	1.97	0.41	---	---	---	---	---	---
	Penumbra del Haz	$\delta_2$ : -3.0	45.72	46.67	46.90	---	---	2.52	0.49	---	---	---	---
		$\delta_2$ : +3.0	43.90	44.82	45.10	---	---	2.73	0.62	---	---	---	---
	En Campo Fuera del Eje	$\delta_3$ : -2.0	94.33	96.26	96.80	---	---	---	---	2.55	0.56	---	---
		$\delta_3$ : +2.0	94.36	96.26	96.90	---	---	---	---	2.62	0.66	---	---
	Fuera del Campo	$\delta_4$ : -5.0	1.64	1.68	1.70	---	---	---	---	---	---	3.65	1.19
$\delta_4$ : +5.0		1.55	1.59	1.60	---	---	---	---	---	---	3.12	0.62	
Campo Irregular Área: 6 x 6 cm <sup>2</sup> Gantry: 0°, Prof. 5.0 cm	Eje del Haz	$\delta_1$ : 0.0	97.58	99.56	100.00	2.42	0.44	---	---	---	---	---	---
	Penumbra del Haz	$\delta_2$ : -1.5	74.60	76.20	76.50	---	---	2.55	0.39	---	---	---	---
		$\delta_2$ : +1.5	76.65	78.21	78.60	---	---	2.48	0.50	---	---	---	---
	En Campo Fuera del Eje	$\delta_3$ : -1.0	91.38	93.25	94.10	---	---	---	---	2.89	0.90	---	---
		$\delta_3$ : +1.0	92.48	94.34	94.90	---	---	---	---	1.86	0.59	---	---
	Fuera del Campo	$\delta_4$ : -4.0	2.14	2.19	2.20	---	---	---	---	---	---	2.73	0.45
$\delta_4$ : +4.0		2.32	2.37	2.40	---	---	---	---	---	---	3.33	1.26	
Campo "Y" Invertida abierta en Área 6x6 cm <sup>2</sup> Gantry 0° Prof.5.0 cm.	Eje del Haz	$\delta_1$ : 0.0	97.62	99.59	100.00	2.38	0.41	---	---	---	---	---	---
	Penumbra Del Haz	$\delta_2$ : -1.0	70.11	71.53	71.80	---	---	2.35	0.38	---	---	---	---
		$\delta_2$ : +1.0	68.58	69.82	70.10	---	---	2.17	0.40	---	---	---	---
	En Campo Fuera del Eje	$\delta_3$ : -0.5	91.37	93.25	95.30	---	---	---	---	2.90	0.90	---	---
		$\delta_3$ : +0.5	92.41	94.34	96.10	---	---	---	---	2.62	0.59	---	---
	Fuera del Campo	$\delta_4$ : -2.5	5.74	5.87	5.90	---	---	---	---	---	---	2.71	0.51
$\delta_4$ : +2.5		5.36	5.47	5.50	---	---	---	---	---	---	2.61	0.54	
Cam Oblic Gantry 25, 65, 115, 245, 295, 335 Cuad: 6x6 cm <sup>2</sup> : Prof. 7.6, 7.8, 7.7, 7.8, 7.6 cm	Eje del Haz	$\delta_1$ : 0.0	194.83	198.80	199.80	2.45	0.50	---	---	---	---	---	---
	Penumbra del Haz	$\delta_2$ : -3.0	34.44	35.17	35.30	---	---	2.44	0.37	---	---	---	---
		$\delta_2$ : +3.0	74.15	75.73	76.00	---	---	2.43	0.35	---	---	---	---
	En Campo Fuera del Eje	$\delta_3$ : -2.0	97.29	99.32	99.70	---	---	---	---	2.42	0.38	---	---
		$\delta_3$ : +2.0	99.94	101.98	102.60	---	---	---	---	2.59	0.60	---	---
	Fuera del Campo	$\delta_4$ : -4.0	4.08	4.17	4.20	---	---	---	---	---	---	2.86	0.71
$\delta_4$ : +4.0		7.37	7.53	7.60	---	---	---	---	---	---	3.03	0.92	



**Figura 4.10:** Ploteo de los diversos puntos que conforman los diferentes perfil evaluados en la geometría combinadas [3D - MLCs]: Campos: Circular, Irregular, “Y” Invertida, Oblicuos, con Campos Abiertos a:  $0.0^\circ$ ,  $25.0^\circ$ ,  $65.0^\circ$ ,  $90.0^\circ$ ,  $115.0^\circ$ ,  $245.0^\circ$ ,  $270.0^\circ$ ,  $295.0^\circ$ , y  $335.0^\circ$ , en un medio homogéneo.

#### IV.5.2.4 GEOMETRIAS DIVERSAS: SIMPLE, COMPLEJA, COMBINADA [3D - MLCs] EN MEDIOS HETEROGÉNEOS: ACRÍLICO – AIRE.

Como se indica en la Sección III.2.12, con las siguientes configuraciones:

##### IV.5.2.4.1 UN CAMPO ABIERTO CUADRADO ( $6.0 \times 6.0 \text{ cm}^2$ ) ANTERIOR ( $0.0^\circ$ ), PESOS IGUALES PROFUNDIDAD 5.1 cm.

###### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.64, teniendo en cuenta la Figura 3.61, se obtuvo las lecturas en la posición del eje central del haz como resultados de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.101a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.101b, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.101a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

CIC	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	Prom $\pm$ SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [nC]	3.256	3.256	3.256	3.256 $\pm$ 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	99.33 $\pm$ 0.21
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 $\pm$ 0.00						
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 $\pm$ 0.00						

**Tabla 4.101b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

nanoDot	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	Prom $\pm$ SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [mrad]	31036	31047	31112	31065 $\pm$ 23.71	3.040	1.0300	1.0007	97.34 $\pm$ 2.66

Los resultados en la región  $\delta_1$  se analizan en la Tabla 4.102 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.102:** Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_1$ ) [ $\pm 2,0\%$ ]	
CIC [cGy]	nanoDot [cGy]		CIC	OSLD
99.33	97.34	100.00	0.67	2.66

De los resultados obtenidos se determinó la relación entre la CIC y el nanoDot a lo largo del eje del haz es  $\pm 2.00\%$ .

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.101a con la CIC, y 4.101b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XI A**).

### B. REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.65, teniéndose en cuenta la Figura 3.61, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.63a, y 3.63b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.103a, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.103b determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.103a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [ $\pm$ cm] ( $\delta_2$ )	Lec CIC [nC]			Prom $\pm$ SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 3.00	1.764	1.764	1.764	1.764 $\pm$ 0.00						53.82 $\pm$ 0.38
+ 3.00	1.775	1.775	1.775	1.775 $\pm$ 0.00						54.15 $\pm$ 0.38
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 $\pm$ 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 $\pm$ 0.00						

**Tabla 4.103b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [ $\pm$ cm] ( $\delta_2$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom $\pm$ SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-3.00	16806	16819	16871	16832	3.040	1.0300	1.0007	52.74 $\pm$ 2.51
+ 3.00	16911	16927	16982	16940	3.040	1.0300	1.0007	53.08 $\pm$ 2.60

Los resultados en la región  $\delta_2$ , se analizan en la Tabla 4.104 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.104:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [ $\pm$ cm] ( $\delta_2$ )	Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_2$ ) [2.0mm $\equiv$ $\pm 10,0\%$ ]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 3.00	53.82	52.74	54.10	0.52
+ 3.00	54.15	53.08	54.50	0.64	2.60

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot en la penumbra del haz para la posición -3.00 cm es  $\pm 2.01\%$ , y para la posición +3.00 cm es  $\pm 1.98\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.103a de la CIC, y 4103b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XI B**).

### C. REGIÓN $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.66, teniéndose en cuenta la Figura 3.61, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.64a, y 3.64b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.105a, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.105b determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.105a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>Q<sub>Q<sub>0</sub></sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 2.00	3.007	3.007	3.007	3.007 ± 0.00						91.74 ± 0.23
+ 2.00	3.029	3.029	3.029	3.029 ± 0.00						92.41 ± 0.23
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.00						
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	

**Tabla 4.105b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-2.00	28673	28691	28739	28701 ± 19.70	3.040	1.0300	1.0007	89.93 ± 2.46
+2.00	28870	28880	28944	28898 ± 23.18	3.040	1.0300	1.0007	90.55 ± 2.32

Los resultados en la región  $\delta_3$ , se analizan en la Tabla 4.106 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.106:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_3$ ) [± 3,0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 2.00	91.74	89.93	92.20	0.50
+ 2.00	92.41	90.55	92.70	0.31	2.32

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot dentro de campo – fuera del eje del haz para la posición -2.0 cm es ± 1.97%, y para la posición +2.0 cm es ± 2.01%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.105a de la CIC, y 4.105b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XI C**).

#### D. REGIÓN $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.67, teniéndose en cuenta la Figura 3.61, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.65a, y 3.65b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.107a, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.107b determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.107a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>Q<sub>Q<sub>0</sub></sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 5.00	0.202	0.202	0.202	0.202 ± 0.00						6.16 ± 3.17
+ 5.00	0.189	0.189	0.189	0.189 ± 0.00						5.77 ± 3.39
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.00						
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	

**Tabla 4.107b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-5.00	1905	1931	1936	1924 ± 9.61	3.040	1.0300	1.0007	6.03 ± 2.82
+5.00	1789	1793	1827	1803 ± 12.05	3.040	1.0300	1.0007	5.65 ± 2.65

Los resultados en la región  $\delta_4$ , se analizan en la Tabla 4.108 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.



**Tabla 4.108:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_4$ ) [± 3,0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 5.00	6.16	6.03	6.20	0.64
+5.00	5.77	5.65	5.80	0.52	2.65

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot fuera de campo del haz para la posición -5.00 cm es  $\pm 2.16\%$ , y para la posición +5.00 cm es  $\pm 2.12\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.107a de la CIC, y 4.107b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XI D**).

#### IV.5.2.4.2 TRES CAMPOS ABIERTOS CUADRADO (6 x 6 cm<sup>2</sup>) ANTERIOR (0°), DOS LATERALES (90°, y 270°), PESOS IGUALES, PROFUNDIDAD 5.0 cm, 7.0 cm, Y 6.8 cm.

##### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.68, teniendo en cuenta la Figura 3.66, se obtuvo las lecturas en la posición del eje central del haz como resultados de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.109a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.109b, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.109a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

CIC	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >	Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>Q<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [nC]	6.536	6.536	6.536	6.536 ± 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	199.41 ± 0.15
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.00						
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00						

**Tabla 4.109b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

nanoDot	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >	Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [mrad]	62853	62879	62929	62887 ± 22.30	3.040	1.0292	1.0007	195.42 ± 2.63

Los resultados en la región  $\delta_1$  se analizan en la Tabla 4.110 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.110:** Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_1$ ) [± 3.0%]	
CIC [cGy]	nanoDot [cGy]		CIC	OSLD
199.41	195.42	200.70	0.64	2.63

De los resultados obtenidos se determinó la relación entre la CIC y el nanoDot a lo largo del eje del haz es  $\pm 2.00\%$ .

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.109a con la CIC, y 4.109b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XII A**).

##### B. REGION $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.69, teniéndose en cuenta la Figura 3.66, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.68a, y 3.68b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.111a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.111b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.111a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{Q_{Q_0}}$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 3.00	5.857	5.857	5.857	5.857 ± 0.00						178.70 ± 0.15
+ 3.00	5.828	5.828	5.828	5.828 ± 0.00						177.81 ± 0.15
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00						

**Tabla 4.111b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-3.00	56333	56359	56400	56364 ± 19.50				175.15 ± 2.37
+ 3.00	56026	56039	56100	56055 ± 22.81	3.040	1.0292	1.0007	174.19 ± 2.52

Los resultados en la región  $\delta_2$ , se analizan en la Tabla 4.112 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.112:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tablas 2.2 ( $\delta_2$ ) [3.0mm ± 15.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 3.00	178.70	175.15	179.4	0.39
+ 3.00	177.81	174.19	178.70	0.50	2.52

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot en la penumbra del haz para la posición -3.00 cm es ±1.99%, y para la posición +3.00 cm es ±2.04%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.111a de la CIC, y 4111b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XII B**).

### C. REGIÓN $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.70, teniéndose en cuenta la Figura 3.66, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.69a, y 3.69b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.113a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.113b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.113a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{Q_{Q_0}}$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 2.00	6.514	6.514	6.514	6.514 ± 0.00						198.74 ± 0.15
+ 2.00	6.561	6.561	6.561	6.561 ± 0.00						200.18 ± 0.15
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00						

**Tabla 4.113b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-2.00	62692	62707	62770	62723 ± 23.90	3.040	1.0292	1.0007	194.91 ± 2.45
+2.00	63085	63127	63142	63118 ± 17.06	3.040	1.0292	1.0007	196.14 ± 2.27

Los resultados en la región  $\delta_3$ , se analizan en la Tabla 4.113 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.114:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_3$ ) [± 3,0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 2.00	198.74	194.91	199.80	0.53
+2.00	200.18	196.14	200.70	0.24	2.27

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot dentro de campo – fuera del eje del haz para la posición -2.0 cm es  $\pm 1.93\%$ , y para la posición +2.0 cm es  $\pm 2.06\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.112a de la CIC, y 4.112b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XII C**).

#### D. REGIÓN $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.71, teniéndose en cuenta la Figura 3.66, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.70a, y 3.70b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.115a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.115b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.115a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{QQ_0}$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 5.00	5.071	5.071	5.071	5.071 ± 0.00						154.72 ± 0.17
+ 5.00	5.069	5.069	5.069	5.069 ± 0.00						154.65 ± 0.17
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.00						
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	

**Tabla 4.115b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
- 5.00	48740	48779	48788	48769 ± 14.73	3.040	1.0292	1.0007	151.55 ± 2.60
+5.00	48742	48781	48793	48772 ± 15.39	3.040	1.0292	1.0007	151.56 ± 2.28

Los resultados en la región  $\delta_4$ , se analizan en la Tabla 4.116 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.116:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_4$ ) [± 3.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	-5.00	154.56	151.55	155.60	0.56
+5.00	154.65	151.56	155.10	0.29	2.28

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot fuera de campo del haz para la posición -5.00 cm es  $\pm 1.95\%$ , y para la posición +5.00 cm es  $\pm 2.00\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.115a de la CIC, y 4.115b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XII D**).

#### IV.5.2.4.3 TRES CAMPOS ABIERTOS CUADRADO (6 x 6 cm<sup>2</sup>) ANTERIOR (0°), DOS LATERALES (90°, y 270°), PESOS DIFERENTES, PROFUNDIDAD 5.0, 7.0, Y 6.8 cm CON CUÑA VW 60.0°.

##### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.72, teniendo en cuenta la Figura 3.71, se obtuvo las lecturas en la posición del eje central del haz como resultados de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí

heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.117a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.117b, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.117a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

CIC	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >	Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [nC]	6.532	6.532	6.532	6.532 ± 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	199.29 ± 0.22
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.00						
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00						

**Tabla 4.117b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

nanoDot	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >	Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
Lec [mrad]	62944	62989	62998	62977 ± 16.70	3.040	1.0292	1.0007	195.70 ± 2.39

Los resultados en la región  $\delta_1$  se analizan en la Tabla 4.118 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.118:** Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_1$ ) [± 3.0%]	
CIC [cGy]	nanoDot [cGy]		CIC	OSLD
199.29	195.70	200.50	0.60	2.39

De los resultados obtenidos se determinó la relación entre la CIC y el nanoDot a lo largo del eje del haz es ±1.80%.

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.117a con la CIC, y 4.117b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XIII A**).

## B. REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.73, teniéndose en cuenta la Figura 3.71, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.73a, y 3.73b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.119a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.119b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.119a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 3.00	1.476	1.476	1.476	1.476 ± 0.00	1.023	0.2969	1.005	1.000	0.9908	45.03 ± 0.26
+ 3.00	5.389	5.389	5.389	5.389 ± 0.00						
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.00						
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00						

**Tabla 4.119b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-3.00	14166	14181	14238	14195 ± 21.93	3.040	1.0292	1.0007	44.11 ± 2.41
+ 3.00	51819	51839	51898	51852 ± 23.71	3.040	1.0292	1.0007	161.13 ± 2.53

Los resultados en la región  $\delta_2$ , se analizan en la Tabla 4.120 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.120:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_2$ ) [3.0mm ± 15.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 3.00	45.03	44.11	45.20	0.38
+ 3.00	164.42	161.13	165.20	0.47	2.53

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot en la penumbra del haz para la posición -3.00 cm es  $\pm 2.09\%$ , y para la posición +3.00 cm es  $\pm 2.04\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.119a de la CIC, y 4119b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XIII B**).

### C. REGION $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.74, teniéndose en cuenta la Figura 3.71, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.74a, y 3.74b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.121a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.121b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.121a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{Q_{Q_0}}$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
- 2.00	4.758	4.758	4.758	4.758 ± 0.00						145.17 ± 0.23
+ 2.00	6.973	6.973	6.973	6.973 ± 0.00						212.75 ± 0.22
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00						

**Tabla 4.121b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-2.00	45723	45732	45807	45754 ± 26.63	3.040	1.0292	1.0007	142.18 ± 2.55
+2.00	67062	67083	67152	67099 ± 27.18	3.040	1.0292	1.0007	208.51 ± 2.34

Los resultados en la región  $\delta_3$ , se analizan en la Tabla 4.122 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.122:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_3$ ) [± 3,0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 2.00	145.17	142.18	145.90	0.59
+ 2.00	212.75	208.51	213.50	0.35	2.34

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot dentro de campo – fuera del eje del haz para la posición -2.0 cm es  $\pm 2.06\%$ , y para la posición +2.0 cm es  $\pm 1.99\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.121a de la CIC, y 4.121b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XIII C**).

### D. REGIÓN $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.75, teniéndose en cuenta la Figura 3.71, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.75a, y 3.75b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.123a, determinándose la

$D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.123b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.123a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{QQ_0}$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >							
-4.00	0.143	0.143	0.143	0.143 ± 0.00						4.36 ± 0.36
+4.00	0.682	0.682	0.682	0.682 ± 0.00						20.81 ± 0.33
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00						

**Tabla 4.123b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	<L <sub>1</sub> >	<L <sub>2</sub> >	<L <sub>3</sub> >					
-4.00	1363	1378	1381	1374 ± 5.57	3.040	1.0292	1.0007	4.27 ± 2.95
+4.00	6547	6551	6588	6562 ± 13.05	3.040	1.0292	1.0007	20.39 ± 2.44

Los resultados en la región  $\delta_4$ , se analizan en la Tabla 4.124 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.124:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_4$ ) [± 4.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	-4.00	4.36	4.27	4.40	0.91
+4.00	20.81	20.39	20.90	0.43	2.44

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot fuera de campo del haz para la posición -4.00 cm es ±2.06%, y para la posición +4.00 cm es ± 2.02%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.123a de la CIC, y 4.123b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XIII D**).

#### IV.5.2.4.4 UN CAMPO IRREGULAR ABIERTO SOBRE UN ÁREA DE 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, ANTERIOR (0.0°), PROFUNDIDAD 5.00 cm.

##### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.76, teniendo en cuenta la Figura 3.76, se obtuvo las lecturas en la posición del eje central del haz como resultados de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.125a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.125b, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.125a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

CIC	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{QQ_0}$	$D_A$ [cGy]
Lec [nC]	3.263	3.263	3.263	3.263 ± 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	99.56 ± 0.39
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.00						
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00						

**Tabla 4.125b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

nanoDot	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
Lec [mrad]	31363	31374	31448	31395 ± 26.69	3.040	1.0300	1.0007	97.56 ± 2.44

Los resultados en la región  $\delta_1$  se analizan en la Tabla 4.126 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.126:** Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_1$ ) [ $\pm 4.0\%$ ]	
CIC [cGy]	nanoDot [cGy]		CIC	OSLD
99.56	97.56	100.00	0.44	2.44

De los resultados obtenidos se determinó la relación entre la CIC y el nanoDot a lo largo del eje del haz es  $\pm 2.01\%$ .

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.125a con la CIC, y 4.125b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XIV A**).

### B. REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.77, teniéndose en cuenta la Figura 3.76, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.78a, y 3.78b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.127a, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.127b determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.127a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [ $\pm$ cm] ( $\delta_2$ )	Lec CIC [nC]			Prom $\pm$ SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>o</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>o</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 2.50	1.647	1.647	1.647	1.647 $\pm$ 0.00						50.25 $\pm$ 0.51
+ 2.50	1.730	1.730	1.730	1.730 $\pm$ 0.00						52.78 $\pm$ 0.50
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 $\pm$ 0.00						
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	

**Tabla 4.127b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [ $\pm$ cm] ( $\delta_2$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom $\pm$ SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
- 2.50	15819	15831	15897	15849 $\pm$ 24.25	3.040	1.0300	1.0007	49.25 $\pm$ 2.28
+ 2.50	16616	16629	16696	16647 $\pm$ 24.79	3.040	1.0300	1.0007	51.73 $\pm$ 2.40

Los resultados en la región  $\delta_2$ , se analizan en la Tabla 4.128 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.128:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [ $\pm$ cm] ( $\delta_2$ )	Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (X <sub>io</sub> ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_2$ ) [3.0mm $\pm$ 15.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 2.50	50.25	49.25	50.40	0.30
+ 2.50	52.78	51.73	53.00	0.41	2.40

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot en la penumbra del haz para la posición -2.50 cm es  $\pm 1.99\%$ , y para la posición +2.50 cm es  $\pm 1.99\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.127a de la CIC, y 4127b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XIV B**).

### C. REGIÓN $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.78, teniéndose en cuenta la Figura 3.76, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.79a, y 3.79b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.129a, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.129b determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.129a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 1.00	3.026	3.026	3.026	3.026 ± 0.00						92.32 ± 0.16
+ 1.00	3.075	3.075	3.075	3.075 ± 0.00						93.82 ± 0.42
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.0	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00						

**Tabla 4.129b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-1.00	28843	28852	28924	28873 ± 25.36	3.040	1.0300	1.0007	90.47 ± 2.72
+1.00	29319	29359	29366	29348 ± 14.64	3.040	1.0300	1.0007	91.96 ± 2.58

Los resultados en la región  $\delta_3$ , se analizan en la Tabla 4.130 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.130:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Medidas D <sub>A</sub>		Calculado D <sub>A</sub> TPS (Xio) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_3$ ) [± 4.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 1.00	92.32	90.47	93.00	0.73
+1.00	93.82	91.96	94.40	0.61	2.58

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot dentro de campo – fuera del eje del haz para la posición -1.00 cm es ±2.00%, y para la posición +1.00 cm es ± 1.98%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.129a de la CIC, y 4.129b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XIV C**).

#### D. REGIÓN $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.79, teniéndose en cuenta la Figura 3.76, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.80a, y 3.80b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.131a, determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.131b determinándose la D<sub>A</sub> como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.131a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	K <sub>TP</sub>	N <sub>D,W,Q<sub>0</sub></sub> [Gy/nC]	K <sub>pol</sub>	K <sub>elec</sub>	K <sub>QQ<sub>0</sub></sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 4.00	0.068	0.068	0.068	0.068 ± 0.00						2.07 ± 17.53
+ 4.00	0.067	0.067	0.067	0.067 ± 0.00						2.04 ± 16.20
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00						

**Tabla 4.131b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	F <sub>s</sub>	FC <sub>OSLD</sub>	F <sub>i</sub>	D <sub>A</sub> [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-4.00	632	643	687	654 ± 16.80	3.040	1.0300	1.0007	2.05 ± 2.38
+4.00	627	637	671	645 ± 13.32	3.040	1.0300	1.0007	2.02 ± 3.81

Los resultados en la región  $\delta_4$ , se analizan en la Tabla 4.132 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.



**Tabla 4.132:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_4$ ) [± 5.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 4.00	2.07	2.05	2.10	1.43
+4.00	2.04	2.02	2.10	2.86	3.81

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot fuera de campo del haz para la posición -4.00 cm es  $\pm 0.98\%$ , y para la posición +4.00 cm es  $\pm 0.98\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.131a de la CIC, y 4.131b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XIV D**).

#### IV.4.2.4.5 UN CAMPO “Y” INVERTIDA ABIERTO SOBRE UN ÁREA 6 X 6 cm<sup>2</sup>, ANTERIOR (0°), PROFUNDIDAD 5.0 cm.

##### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.80, teniendo en cuenta la Figura 3.81, se obtuvo las lecturas en la posición del eje central del haz como resultados de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en el maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.133a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.133b, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.133a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

CIC	L1	L2	L3	Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{Q_{Q_0}}$	$D_A$ [cGy]
Lec [nC]	3.264	3.264	3.264	3.264 ± 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	99.59 ± 0.39
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.00						
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00						

**Tabla 4.133b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

nanoDot	L1	L2	L3	Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
Lec [mrad]	31110	31147	31160	31139 ± 14.98	3.040	1.0300	1.0007	97.57 ± 2.43

Los resultados en la región  $\delta_1$  se analizan en la Tabla 4.134 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.134:** Valores obtenidos con la CIC, y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_1$ ) [± 4,0%]	
CIC [cGy]	nanoDot [cGy]		CIC	OSLD
99.59	97.57	100.00	0.41	2.38

De los resultados obtenidos se determinó la relación entre la CIC y el nanoDot a lo largo del eje del haz es  $\pm 2.02\%$ .

Para determinar las incertidumbres de acuerdo como se indica en las Secciones III.2.1, y III.2.2, a las lecturas registradas en la Tablas 4.132a con la CIC, y 4.132b por los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XV A**).

##### B. REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.81, teniéndose en cuenta la Figura 3.81, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.83a, y 3.83b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.135a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.135b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.135a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{QQ_0}$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 1.50	1.178	1.178	1.178	1.178 ± 0.00						35.94 ± 0.51
+ 1.50	1.244	1.244	1.244	1.244 ± 0.00						37.95 ± 0.50
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00						

**Tabla 4.135b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
-1.50	11159	11162	11216	11179 ± 18.52	3.040	1.0300	1.0007	35.03 ± 3.34
+1.50	11838	11853	11916	11869 ± 23.90	3.040	1.0300	1.0007	37.19 ± 2.72

Los resultados en la región  $\delta_2$ , se analizan en la Tabla 4.136 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.136:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_2$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_2$ ) [3.0mm ± 15.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 1.50	35.94	35.03	36.20	0.72
+ 1.50	37.95	37.19	38.20	0.66	2.72

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot en la penumbra del haz para la posición -1.50 cm es ±2.53%, y para la posición +1.50 cm es ±2.26%.

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.135a de la CIC, y 4.135b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XV B**).

### C. REGIÓN $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.82, teniéndose en cuenta la Figura 3.81, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.84a, y 3.84b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.137a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.137b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.137a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{QQ_0}$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 0.50	3.040	3.040	3.040	3.040 ± 0.00						92.75 ± 0.16
+ 0.50	3.075	3.075	3.075	3.075 ± 0.00						93.82 ± 0.42
Presión [kPa]	99.40	99.40	99.40	99.40 ± 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00						

**Tabla 4.137b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
- 0.50	28963	29007	29012	28994 ± 15.57	3.040	1.0300	1.0007	90.85 ± 2.52
+ 0.50	29313	29328	29385	29342 ± 21.93	3.040	1.0300	1.0007	91.94 ± 2.40

Los resultados en la región  $\delta_3$ , se analizan en la Tabla 4.138 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.138:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_3$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_3$ ) [± 4.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 0.50	92.75	90.85	93.20	0.48
+ 0.50	93.82	91.94	94.20	0.40	2.40

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot dentro de campo – fuera del eje del haz para la posición -0.50 cm es  $\pm 2.05\%$ , y para la posición +0.50 cm es  $\pm 2.00\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.137a de la CIC, y 4.137b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XV C**).

#### D. REGIÓN $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.

Se estableció en la Tabla 3.83, teniéndose en cuenta la Figura 3.81, se obtuvo lecturas en la posición señalada en el perfil de las Figuras 3.85a, y 3.85b, con este resultado de la irradiación a la CIC y los OSLD nanoDot ubicados en maniquí heterogéneo (aire-acrílico), se construye las Tablas 4.139a, determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.1, utilizando la Ecuación 2.2, y la Tabla 4.139b determinándose la  $D_A$  como se indica en la Sección II.1.2.2, y utilizando la Ecuación 2.6.

**Tabla 4.139a:** Lecturas obtenidas con la CIC ubicada en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC.

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec CIC [nC]			Prom ± SD	$K_{TP}$	$N_{D,W,Q_0}$ [Gy/nC]	$K_{pol}$	$K_{elec}$	$K_{Q_{Q_0}}$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>							
- 3.00	0.146	0.146	0.146	0.146 ± 0.00						4.47 ± 17.53
+ 3.00	0.153	0.153	0.153	0.153 ± 0.00						4.67 ± 16.20
Presión [kPa]	99.4	99.40	99.40	99.40 ± 0.00						
Tempe. [°C]	23.8	23.8	23.8	23.8 ± 0.00	1.032	0.2969	1.005	1.000	0.9908	

**Tabla 4.139b:** Lecturas obtenidas con los OSLD nanoDot en el maniquí heterogéneo irradiado en el LINAC

Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Lec OSLD [mrad]			Prom ± SD	$F_s$	$FC_{OSLD}$	$F_i$	$D_A$ [cGy]
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>					
- 3.00	1380	1405	1409	1398 ± 9.07	3.040	1.0300	1.0007	4.38 ± 2.67
+3.00	1445	1451	1490	1462 ± 12.21	3.040	1.0300	1.0007	4.58 ± 2.55

Los resultados en la región  $\delta_4$ , se analizan en la Tabla 4.140 de acuerdo como se indica en la Sección II.2.3.2, y utilizando la Ecuación 2.14.

**Tabla 4.140:** Valores obtenidos con la CIC y nanoDot comparados con lo calculado por el TPS.

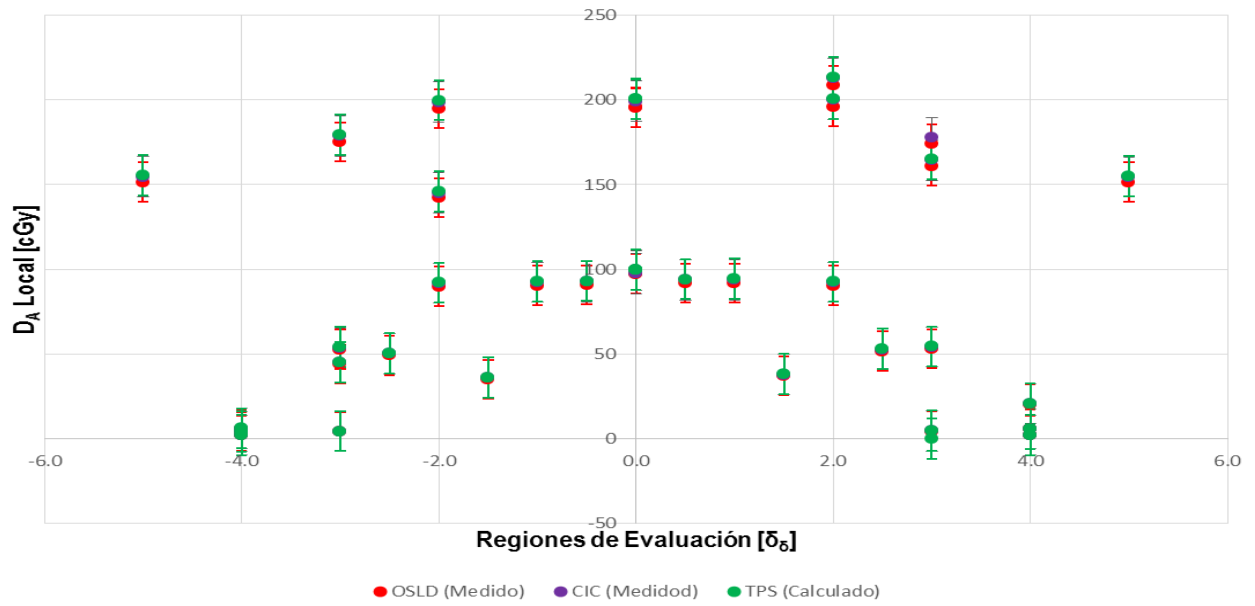
Posición Perfil [± cm] ( $\delta_4$ )	Medidas $D_A$		Calculado $D_A$ TPS ( $X_{io}$ ) [cGy]	Tolerancia Tabla 2.2 ( $\delta_4$ ) [± 5.0%]	
	CIC [cGy]	OSLD [cGy]		CIC	OSLD
	- 3.00	4.47	4.38	4.50	0.67
+3.00	4.67	4.58	4.70	0.64	2.55

De los resultados obtenidos se determinó que la relación entre la CIC y el OSLD nanoDot fuera de campo del haz para la posición -3.00 cm es  $\pm 2.01\%$ , y para la posición +3.00 cm es  $\pm 1.93\%$ .

Como se indica en la Sección III.2.1, y III.2.2, se utilizan para determinar las incertidumbres a las lecturas registradas en la Tablas 4.139a de la CIC, y 4.139b a los OSLD nanoDot (ver **Anexo: XV D**).

**Tabla 4.141:** Resumen a la evaluación de las regiones del haz de fotones configurado con Geometrías Diversas: Simple, Compleja, Combinada [3D - MLCs], valores medidos con OSLD nanoDot, CIC, calculado en el TPS Xio la irradiación se realiza sobre un maniquí heterogéneo (acrílico - aire), cuyas tolerancias se comparan de acuerdo a la Tabla 2.2 explicitada en el ítem II.2.3.1.

Geometría	Evaluación/Perfil		D <sub>A</sub> Local [cGy]			Sección II.2.3.1 – Tabla 2.2							
	Ubicación	Región	Medido		Cálculo	$\delta_1$ : 3.0–4.0%		$\delta_2$ : 15.0%		$\delta_3$ : 4.0%		$\delta_4$ : 5.0%	
			OSLD	CIC	TPS	OSLD	CIC	OSLD	CIC	OSLD	CIC	OSLD	CIC
Campo Cuadrado: 6x6 cm <sup>2</sup> , Gantry 0°, Pesos =, Prof. 5.10 cm.	Eje del Haz	$\delta_1$ : 0.0	97.34	99.33	100.00	2.66	0.67	---	---	---	---	---	---
	Penumbra del Haz	$\delta_2$ : -3.0	52.74	53.82	54.10	---	---	2.51	0.52	---	---	---	---
		$\delta_2$ : +3.0	53.08	54.15	54.50	---	---	2.60	0.64	---	---	---	---
	En Campo Fuera del Eje	$\delta_3$ : -2.0	89.93	91.74	92.20	---	---	---	---	2.46	0.50	---	---
		$\delta_3$ : +2.0	90.55	92.41	92.70	---	---	---	---	2.32	0.31	---	---
	Fuera de Campo	$\delta_4$ : -4.0	6.03	6.16	6.20	---	---	---	---	---	---	2.82	0.64
$\delta_4$ : +4.0		5.65	5.77	5.80	---	---	---	---	---	---	2.65	0.52	
Tres Cam Cuad. 6x6 cm <sup>2</sup> , Gant 0, 90, 270 Prof. 5.1,7.0,6.8 cm.	Eje del Haz	$\delta_1$ : 0.0	195.42	199.41	200.70	2.63	0.64	---	---	---	---	---	---
	Penumbra del Haz	$\delta_2$ : -3.0	175.15	178.70	179.40	---	---	2.37	0.39	---	---	---	---
		$\delta_2$ : +3.0	174.19	177.81	1.78.70	---	---	2.52	0.50	---	---	---	---
	En Campo Fuera del Eje	$\delta_3$ : -2.0	194.91	198.74	199.80	---	---	---	---	2.45	0.53	---	---
		$\delta_3$ : +2.0	196.14	200.18	200.70	---	---	---	---	2.27	0.24	---	---
	Fuera de Campo	$\delta_4$ : -5.0	151.55	154.72	155.60	---	---	---	---	---	---	2.60	0.56
$\delta_4$ : +5.0		151.56	154.65	155.10	---	---	---	---	---	---	2.28	0.29	
Cam Cuad: 6x6 cm <sup>2</sup> , Peso Dif. Gan. 0,90,270°, Prof. 5.1,7.0 cm.	Eje del Haz	$\delta_1$ : 0.0	195.70	199.29	200.50	2.39	0.60	---	---	---	---	---	---
	Penumbra del Haz	$\delta_2$ : -3.0	44.11	45.03	45.20	---	---	2.41	0.38	---	---	---	---
		$\delta_2$ : +3.0	161.13	164.42	165.20	---	---	2.53	0.47	---	---	---	---
	En Campo Fuera del Eje	$\delta_3$ : -2.0	142.18	145.18	145.90	---	---	---	---	2.55	0.59	---	---
		$\delta_3$ : +2.0	208.51	212.75	213.50	---	---	---	---	2.34	0.35	---	---
	Fuera de Campo	$\delta_4$ : -4.0	4.27	4.36	4.40	---	---	---	---	---	---	2.95	0.91
$\delta_4$ : +4.0		20.39	20.81	20.90	---	---	---	---	---	---	2.44	0.43	
Cam Irregular Área: 6x6 cm <sup>2</sup> , Gantry 0°, Prof. 5.0 cm.	Eje del Haz	$\delta_1$ : 0.0	99.56	97.56	100.00	2.44	0.44	---	---	---	---	---	---
	Penumbra del Haz	$\delta_2$ : -2.5	49.25	50.25	50.40	---	---	2.28	0.30	---	---	---	---
		$\delta_2$ : +2.5	51.73	52.78	53.00	---	---	2.40	0.41	---	---	---	---
	En Campo Fuera del Eje	$\delta_3$ : -1.0	90.47	92.32	93.00	---	---	---	---	2.72	0.73	---	---
		$\delta_3$ : +1.0	91.96	93.82	94.40	---	---	---	---	2.58	0.61	---	---
	Fuera de Campo	$\delta_4$ : -4.0	2.05	2.07	2.10	---	---	---	---	---	---	2.38	1.43
$\delta_4$ : +4.0		2.02	2.04	2.10	---	---	---	---	---	---	3.81	2.86	
Cam "Y" Invert. Área: 6x6 cm <sup>2</sup> , Gantry 0°, Prof. 5.0 cm.	Eje del Haz	$\delta_1$ : 0.0	97.57	99.59	100.00	2.38	0.41	---	---	---	---	---	---
	Penumbra del Haz	$\delta_2$ : -1.5	35.03	35.94	36.20	---	---	3.34	0.72	---	---	---	---
		$\delta_2$ : +1.5	37.19	37.95	38.20	---	---	2.72	0.66	---	---	---	---
	En Campo Fuera del Eje	$\delta_3$ : -0.5	90.85	92.75	93.20	---	---	---	---	2.52	0.48	---	---
		$\delta_3$ : +0.5	91.94	93.82	94.20	---	---	---	---	2.40	0.40	---	---
	Fuera de Campo	$\delta_4$ : -3.0	4.38	4.47	4.50	---	---	---	---	---	---	2.67	0.67
$\delta_4$ : +3.0		4.58	4.67	4.70	---	---	---	---	---	---	2.55	0.64	



**Figura 4.11:** Ploteo de los diversos puntos que conforman los diferentes perfil evaluados en geometrías diversas: simple, compleja, combinada [3D - MLCs], en un medio heterogéneo (acrílico – aire).

## V. RECOMENDACIONES

Para dar continuidad al presente trabajo se recomienda:

1. Realizar estudios utilizando los dosímetros OSLD nanoDot en técnicas teletérapeuticas de mayor complejidad como la modulación de la intensidad del haz (IMRT) en su aplicación estática (*step – and shoot*), y dinámica (*sliding window*); modulación volumétrica en arcoterapia (VMAT); Radioterapia guiada por imagen (IGRT), por sus ventajas el OSLD nanoDot puede ser leído rápidamente tantas veces como sea necesario, testigo físico de la dosis absorbida por el paciente, “guardando” la información con el paso del tiempo, se pueden limpiar y volver a ser reutilizados con total confianza.
2. Es necesario realizar la caracterización de los dosímetros OSLD nanoDot de acuerdo al trabajo que se proponga realizar ajustándose a una serie de factores de corrección los cuales se toman en cuenta para el cálculo de la  $D_A$  local administrada al paciente, y la calibración de acuerdo a la energía que se usara en las irradiaciones, la tasa de dosis, así como las unidades monitoras que se aplicaran ello permite alcanza los resultados de acuerdo a los objetivos propuestos, la base de los OSLD nanoDot son los cristales  $Al_2O_3$ : C hace que sean los adecuados y propuestos para identificar posibles errores sistemáticos en todo equipo de Teleterapia, siendo apropiados para realizar medidas dosimétricas de comprobación *in vivo* de los tratamientos radioterapéuticos.
3. Los dosímetros OSLD nanoDot debido a sus óptimos resultados obtenidos se deben integrar en la implementación de un sistema postal de control de calidad a los TPSs a distancia, cuya precisión, y fiabilidad en sus medidas, contribuirán a la prevención de la incidencia y accidentes en la administración de la  $D_A$  local a los pacientes en teleterapia, salvaguardando el desarrollo de altas tecnologías y difusión de la cultura de la seguridad radiológica en nuestra región, conformando los Protocolos de los Programas de Garantía y Control de Calidad de uso clínico.
4. Se deben utilizar los OSLD nanoDot en dosimetrías de Braquiterapia (alta y baja tasa de dosis), en igual forma en las evaluaciones de los rayos  $\gamma$  de aplicación diagnóstica de estudios clínicos, Tomografía Axial Computarizada, Mamografía, etc.
5. Las nuevas tecnologías de los dosímetros han incursionado con los polímeros cristalinos por su excelencia dieléctrica ofreciendo alta sensibilidad para detectar la radiación gamma [CsI (TI)] y neutrones [LiI (Eu)], están ensamblados con memoria no volátil, interfaz infrarroja en conexión con la PC, audio y alarmas de vibración interna/externa con tasa de dosis desde 0.01 a 99.99  $\mu Sv/h$ , estos instrumentos son compatibles con los requerimientos del IAEA (ITRAP), ANSI N42.32, y IEC624001.

## VI. CONCLUSIONES

1. El control de calidad al uso de los filtros con cuña virtual evaluadas en: porcentaje de dosis a profundidad, perfiles, factores en los diferentes ángulos de uso, se obtiene una incertidumbre promedio de  $\pm 0.86\%$ , las evaluaciones de los ángulos de los filtros cuña física con filtros de cuña virtual se obtiene  $\pm 1.59^\circ$ , los resultados son determinados entre los cálculos realizados en el TPS CAT3D y las lecturas registradas en los OSLD nanoDot después de ser irradiados en el LINAC. De lo cual se concluye que los OSLD son adecuados para realizar este tipo de evaluación.
2. Las evaluaciones en las diferentes regiones del haz de radiación con los OSLD nanoDot contenidos en el maniquí sobre el cual se han configurado Geometría simple en medio homogéneo se determina una incertidumbre de  $\pm 3.01\%$ ; Geometría compleja en medio homogéneo se determina una incertidumbre de  $\pm 2.16\%$ , Geometría combinada en medio homogéneo se determina una incertidumbre de  $\pm 2.62\%$ , Geometrías diversas en medio heterogéneo se determina una incertidumbre de  $\pm 2.57\%$ , resultados que se determinaron entre los cálculos realizados en el TPS Xio y las lecturas registradas en los OSLD nanoDot después de ser irradiados en el LINAC. De lo cual se concluye que los OSLD son confiables para realizar este tipo de evaluación.
3. Se ha determinado que los valores de la  $D_A$  local son menores en promedio al  $\pm 2.28\%$ , con los dosímetros OSLD nanoDot, que al comprar las lecturas realizadas con las evaluaciones Tipo B de la incertidumbre estándar (materiales e instrumentos, especificaciones técnicas, calibraciones, e incertidumbres asignadas a los protocolos) se tiene una probabilidad de cobertura con un nivel de confianza del 94.68 por ciento, con seis (6) grados de libertad, se concluye que los OSLD nanoDot son apropiados para este control de calidad postal que se deben integrar a los Protocolos de los Programas de Garantía y Control de Calidad de uso clínico.

## BIBLIOGRAFÍA

Alvarez P., Aguirre J., and Followill D., "SU-E-T-86: Evaluation of the OSLD system for remote dosimetry audits implemented by the RPC," *Med. Phys.* 38, 3505 (2011).

Aguirre J., Alvarez P., Amador C., Taylor A., Followill D., and Ibbott, G. "WED-BRB-08: Validation of the commissioning of an optically stimulated luminescence (OSL) system for remote dosimetry audits," *Med. Phys.* 37, 3428 (2010).

Aitken, M.J. (1998) *An Introduction to Optical Dating*, Oxford University Press, Oxford.

Agostinelli, A. G., Smolen, S.D., Nath, R., A new water-equivalent plastic for dosimetry calibration, *Med. Phys.* 19, 774 (1992).

Ahnesjö A. Application of transform algorithms for calculation of absorbed dose in photon beams *Int. Conf. On the Use of Computers in Radiation Therapy, VIII ICCR (Toronto, Canada) (Los Alamos, CA: IEEE Computer Society Press) pp 17-20 (1984).*

Ahnesjö A. and Andreo P., "Determination of effective brehmsstrahlung spectra and electron contamination for photon dose calculations", *Phys. Med. Biol.* 34, 1451-1464 (1989).

Ahnesjö A. Collapsed cone convolution of radiant energy for photon dose calculation in heterogeneous media. *Med. Phys.* 16 (4), 577-592 (1989).

Ahnesjö A., Andreo P. and Brahme A., "Calculation and application of point spread functions for treatment planning with high energy photon beams", *Acta, Oncol.* 26: 49 - 6 (1987).

Ahnesjö A. and Aspradakis M.M., "Dose calculations for external photon beams in radiotherapy", *Phys. Med. Biol.* 44, R99-R155 (1999).

American Association of Physicists in Medicine. Radiation treatment planning dosimetry verification, AAPM Report 55 of Task Group 23 of the Radiation Therapy Committee, Woodbury, NY: American Institute of Physics, (1995).

AAPM Task Group 53. Quality Assurance for Clinical Radiotherapy y Treatment Planning, *Med. Phys* 25: 1773-1829 (1998).

Arnfield M.R., Siantar C.H., Siebers J., Garmon P., Cox L. and Mohan R., "The impact of electron transport on the accuracy of computed dose", *Med Phys* 27, 1266-1274 (2000).

AAPM American Association of Physicists in Medicine "Comprehensive QA for Radiation Oncology", Report No. 40, College Park, USA (1994).

Ahnesjö A. and Aspradakis M.M., "Dose calculations for external photon beams in radiotherapy", *Phys. Med. Biol.* 44, R99-R155 (1999).



Boyer A.L., Mok E.C. Photon beam modelling using Fourier transform techniques. Int. Conf. on the Use of Computers in Radiation Therapy, VIII ICCR (Toronto, Canada) (Los Alamos, CA: IEEE Computer Society Press) pp 14-16 (1984).

Boyer A, L., Mok E.C. A Photon Dose Distribution Model Employing Convolution Calculations. Med. Phys. 12. 169 – 77(1985).

Boyer A.L. and Mok E.C., “Calculations of photon dose distributions in an inhomogeneous medium using convolutions”, Med. Phys. 13, 503 – 509 (1986).

Boyer, A., et al. Basic Applications of Multileaf Collimators. Medical Physics Publishing Madison, WI (2001).

Bøtter-Jensen, L., Andersen, C.E., Duller, G.A.T. and Murray, A.S. Developments in radiation, stimulation and observation facilities in luminescence measurements. Radiat Meas., 37, 535–541 (2003).

Brahme A., Agren A.K., “Optimal dose distribution for eradication of heterogeneous tumors”, Acta Oncologica 26, 337 – 385 (1987).

Brahme A. “Dosimetric precision requirements in radiation therapy”, Acta Radiologica Oncology 23, 379 – 391 (1984).

Brahme A., Ed., “Accuracy requirements and quality assurance of external beam therapy with photons and electrons”, Stockholm, Acta Oncologica, ISBN 1100-1704 (1988).

Butts J.R. and Foster A.E., “Comparison of commercially available threedimensional treatment planning algorithms for monitor unit calculations in the presence of heterogeneities”, J. Appl. Clin. Med Phys 2, 32-41 (2001).

Chui C.S., Mohan R. Differential Pencil Beam Dose Computation Model (abstract). Med Phys 11, 392 (1984).

Constantinou C, Attix FH, Paliwal BR. A solid water phantom material for radiotherapy x-ray and g-ray beam calibrations. Med Phys; 9:436 (1982).

Duggan DM, Coffey CW., Small photon field dosimetry for stereotactic radiosurgery, Med. Dos. Vol 23 (3), 153-159 (1998).

Dutreix A, Bjaérngard BE, Bridier A, Mijnheer B, Shaw JE, Svensson H. Monitor unit calculation for high-energy photon beams. ESTRO Booklet 3, physics for clinical radiotherapy. Leuven: Garant, (1997).

Emami B., Lyman J., Brown A., Coia L., Goitein M., Munzenrider J.E., Shank B., Solin L.J. and Wesson M., “Tolerance of normal tissue to therapeutic irradiation”, Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. 21, 109 – 122 (1991).

Fraass B., Doppke K., Hunt M., Kutcher G., Starkschall G., Stern R. and Van Dyk J., "Quality assurance for clinical radiotherapy treatment planning", AAPM American Association of Physicists in Medicine, Radiation Therapy Committee Task Group 53, *Med. Phys.* 25, 1773-1829 (1998).

Gibbons, P. *Monitor Units for External Photon and Electron Beams*. Advanced Medical Publishing Inc. Madison, WI (2000).

García Vicente F., Miñambres A., Jerez I., Modolell I., Pérez L., Torres J.J. Experimental validation tests of fast Fourier transform convolution and multigrid superposition algorithms for dose calculation in low-density media. *Radiother. Oncol.* May; 67(2):239-49 (2003).

Gasteren, J.J. et. al. *Determination and Use of Scatter Correction Factors of Megavoltage Photon Beams*. Netherlands Commission on Radiation Dosimetry, Amsterdam (1998).

Hill R., Kuncic Z., and Baldock C., "The water equivalence of solid phantoms for low energy photon beams," *Med Phys* 37 (8), 4355-4363 (2010).

Huntley, D.J., Godfrey-Smith, D.I. and Thewalt, M.L.W. Optical dating of sediments. *Nature*, 313, 105–107 (1985).

Huntzinger C. J.: *Dynamic Wedge: A Physicist's Perspective*, Siemens Dynamic Wedge Users' Meeting Proc (1992).

Hurkmans C., Knoos T., Nilsson P., Svahn-Tapper G. and Danielsson H., "Limitations of a Pencil Beam approach to photon dose calculations in the head and neck region", *Rad. Onc* 37,74 – 80 (1995).

International Organization for Standardization, *Quality Management and Quality Assurance Standards, Part 1: Guidelines for Selection and Use*, ISO 9000, ISO, Geneva (1994).

International Commission on Radiological Protection, *Prevention of Accidental Exposures to Patients Undergoing Radiation Therapy*, Publication 86, Pergamon Press, Oxford and New York (2000).

International Electrotechnical Commission, *Medical Electrical Equipment. Dosimeters with Ionization Chambers as used in Radiotherapy*, Standard IEC-60731, IEC, Geneva (1997).

International Atomic Energy Agency, *Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams: An International Code of Practice*, Technical Reports Series N° 277 (second ed in 1997), IAEA, Vienna (1987).

International Atomic Energy Agency, *The Use of Plane-parallel Ionization Chambers in High-energy Electron and Photon Beams. An International Code of Practice for Dosimetry*, Technical Reports Series N° 381, IAEA, Vienna (1997).

International Atomic Energy Agency (IAEA), "Aspectos físicos de la garantía de calidad: Protocolo de control de calidad", TECDOC-1151, IAEA, Vienna, Austria, (2000).

ICRU Report 42, "Use of Computers in External Beam Radiotherapy Procedures with High Energy Photons and Electrons", Bethesda, Maryland USA (1987).

International Commission on Radiation Units and Measurements, Tissue Substitutes in Radiation Dosimetry and Measurement, Rep. 44, ICRU, Bethesda, MD (1989).

International Commission on Radiation Units and Measurements, Radiation Dosimetry: Electron Beams with Energies Between 1 and 50 MeV, Rep. 35, ICRU, Bethesda, MD (1984).

International Atomic Energy Agency, Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy, Safety Reports Series N° 17, IAEA, Vienna (2000).

IEC International Standard 61066: Thermoluminescence Dosimetry Systems for Personal and Environmental Monitoring, International Electrotechnical Commission, Geneva (2006).

IEC International Standard 62387-1: Radiation protection instrumentation – Passive integrating dosimetry systems for environmental and personal monitoring. Part 1: General characteristics and performance requirements. International Electrotechnical Commission, Geneva (2007).

IEC Performance Standard 976, Medical Electron Accelerators - Functional Performance Characteristics, International Electrotechnical Commission, Geneva (1989).

ISO/IEC ISO/IEC Guide 99: International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM). International Organization for Standardization, Geneva (2007).

ISO/IEC ISO/IEC Guide 98-3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995). International Organization for Standardization, Geneva (2008).

ICRU Report # 24, Determination of Absorbed Dose in a Patient Irradiated by Beams of X or Gamma Rays in Radiotherapy Procedures, International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, DC (1976).

International Commission on Radiological Units and Measurements. "Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy," ICRU Report 50. Bethesda, MD: ICRU (1993).

Jerez, I., et. al. Campos Conformados con Multilaminas. Servicio de Radiofísica Hospitalaria. H.R.U. Carlos Haya (2009).

Johns H. E., Cunningham J. R., "The Physics of Radiology", Charles C Thomas, Springfield, Illinois (1983).

Jones B., Aird E., Colyer H, Dobbs J, Harris R., Hoskins P., Mckenzie A. and West C., "Commentary: United Kingdom Radiation Oncology 1 Conference (UKRO 1): Accuracy and uncertainty in radiotherapy", Brit J Rad, 75, 297–306 (2002).

Jursinic, P. A. "Changes in optically stimulated luminescent dosimeter (OSLD) dosimetric characteristics with accumulated dose." Med Phys 37(1): 132-140 (2010).

Jursinic, P. A. "Characterization of optically stimulated luminescent dosimeters, OSLDs, for clinical dosimetric measurements." *Med Phys* 34(12): 4594-4604(2007).

Kijewski PK, Chin LM, and Bjarngard BE: Wedge-Shaped dose distributions by computer-controlled collimator motion. *Med. Phys.* 5: 426-9 (1978).

Klein EE, Low DA, Meigooni AS, Purdy JA: Dosimetry and clinical implementation of dynamic wedge. *Int. J. Radiat Oncol*; 31: 583-92 (1995).

P. K. KIJEWSKI, L. M. CHIN, B. D. BJAMGARD: Wedge-shaped dose distributions by computer-controlled collimator motion, *Med. Phys.* 5,426-429 (1978).

Knoos T., Wittgren L.: Which depth dose data should be used for dose planning when wedge filters are used to modify the photon beam? *Phys. Med. Biol.* 36, 255-266 (1991).

Leavitt D. D., Martin M, Moeller JH, and Lee WL: Dynamic Wedge field techniques through computer-controlled collimator motion and dose delivery. *Med Phys*; 87-91(1990).

Leszczynski K.W. and Dunscombe P.B. "Independent corroboration of monitor unit calculations performed by a 3D computerized planning system", *J. Appl. Clin. Med. Phys.* 4, 120-125 (2000).

Loevinger R. The dosimetry of beta sources in tissue: the point source function. *Radiology* 66 55-62 (1956).

Ma C.M., Faddegon B.A., Rogers D.W.O. and Mackie T.A., "Accurate characterization of Monte Carlo calculated electron beams for radiotherapy", *Med. Phys.* 24, 401 – 416 (1997).

Mackie T.R., Scrimger J.W. Computing radiation dose for high energy X-rays using a convolution method *Int. Conf. on the Use of Computers in Radiation Therapy. VIII ICCR (Toronto, Canada) (Los Alamos, CA: IEEE Computer Society Press) pp 36-40 (1984).*

Mackie T.R., Scrimger J.W., Battista J.J. A convolution method of calculating dose for 15-MV X rays. *Med. Phys.* Mar-Apr; 12(2):188-96 (1985).

Mackie T.R., El-Khatib E., Battista J.J. and Scrimger J.W., "Lung dose corrections for 6- and 15-MV x-rays", *Med. Phys.* 12, 327 – 332 (1985).

Marquez, F., et al. Implementación de un Sistema Dosimétrico Basado en Detectores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C y su Uso en Radioterapia, Universidad Nacional de Ingeniería (2015).

Mayles, P., Nahum, A. y Rosenwald, J. C. *Handbook of Radiotherapy Physics: Theory and Practice.* Taylor and Francis Group, New York-London (2007).

Metcalf P., Kron T. and Hoban P. "The Physics of Radiotherapy X-Rays," *Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, (1997).*

Mckeever, S.W.S., Banerjee, D., Blair, M.W. *et al.* Concepts and approaches to in situ luminescence dating of martian sediments. *Radiat. Meas.*, 37, 527–534 (2003).

Mijnheer B.J., Battermann J.J. and Wambersie A., "What degree of accuracy is required and can be achieved in photon and neutron therapy *Rad. Onc.* 8, 237-252 (1987).

Netherlands Commission on Radiation Dosimetry (NCS). Recommendations for the determination and use of scatter correction factors of megavoltage photon beams. NCS Report 12. Delft: NCS, (1998).

Niemierko A., "Reporting and analyzing dose distributions: A concept of equivalent uniform dose", *Med. Phys.* 24, 103 – 110 (1997).

NIST Technical Note 1297 Edition Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results (1994).

Omotayo AA, Cygler JE, Sawakuchi GO. The effect of different bleaching wavelengths on the sensitivity of A<sup>^</sup>C<sup>^</sup>C optically stimulated luminescence detectors (OSLDs) exposed to 6.0 MV photon beams. *Med. Phys.* 39: 5457-5468 (2012).

Palta J. R., Daftari I., Suntharalingam N.: field size dependence of wedge factors, *Med. Phys.* 15,624-626 (1988).

Podgorsak M. B., Kubsad S. S., Paliwal B. R.: Dosimetry of large wedged high-energy photon beams, *Med. Phys.* 20,369-372 (1993).

Perks, C. A., G. Le Roy & B. Prugnaud. "Introduction of the inLight monitoring service." *Adiation Protection Dosimetry* (2007).

Perks, C. A., C. Yahnke & M. Million Medical dosimetry using Optically Stimulated Luminescence dots and microStar readers 12<sup>th</sup> International Congress of the International Radiation Protection Association. Buenos Aires, Argentina (2008).

Podgorsak, E. B. 2005. *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. 2da. Edition. International Atomic Energy Agency, Vienna (2005).

Podgorsak, E.B. 2010. *Radiation Physics for Medical Physicists*. Springer-Verlag, Berlin.

Quality Assurance of Treatment Planning Systems Practical Examples for Non-IMRT Photon Beams. (2004), ESTRO: ISBN 90-804532-7 (2004)

Rogers D.W.O., Faddegon B.A., Ding G.X., Ma C.M. and We J., "Beam: a MC code to simulate radiotherapy treatment units", *Med. Phys.* 22, 503 – 25 (1995).

Schembri, V. & B. J. Heijmen. "Optically stimulated luminescence (OSL) of carbon doped aluminum oxide (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C) for film dosimetry in radiotherapy." *Med Phys* 34: 2113-2118b (2007)

Storchi P. and Woudstra E., "Calculation of the absorbed dose distribution due to irregularly shaped photon beams using pencil beam kernels derived from basic beam data", *Phys. Med. Biol.* 41, 637-656 (1996).

Storchi P. and Woudstra E., "Calculation of the absorbed dose distribution due to irregularly shaped photon beams using pencil beam kernels derived from basic beam data", *Phys. Med. Biol.* 41, 637-656 (1996).

Thwaites, D.I., Charge storage effect on dose in insulating phantoms irradiated with electrons, *Phys. Med. Biol.* 29 1153 (1984).

TRS-430, IAEA. Puesta en Servicio y Garantía de Calidad de los Sistemas de Planificación Computarizados para el Tratamiento del Cáncer con Radiación" (2004).

TECDOC-989 AIEA. Quality Assurance in Radiotherapy (1977).

Viamonte A., Da Rosa L. A., Buckley L. A., Cherpak A., and Cygler J. E. "Radiotherapy dosimetry using a commercial OSL system," *Med. Phys.* 35 (4), 1261-1266 (2008).

Van Dyk, J., Purdy, J.A., "Clinical implementation of technology and the quality assurance process", *The Modern Technology of Radiation Oncology: A Compendium for Medical Physicists and Radiation Oncologists* (VAN DYK, J., Ed.), Medical Physics Publishing, Madison, WI (1999).

Van Dyk J, Barnett RB, Cygler JE, Shragge PC Commissioning and quality assurance of treatment planning computers. *Int. J Radiat Oncol Biol. Phys.* 26:261±273 (1993).

Van Santvoort J: Dosimetric evaluation of the Siemens Virtual Wedge. *Phys Med Biol.* 43: 2651 – 63 (1998).

Venselaar J. and Welleweerd H., "Application of a test package in an Intercomparison of the photon dose calculation performance of treatment planning systems used in a clinical setting", *Rad Onc* 60, 203-213 (2001).

Venselaar, J., Welleweerd, H., Mijnheer, B., Tolerances for the accuracy of Photon beam dose calculations of treatment Planning Systems, *Radiother. Oncol* 60: 191-201 (2001)

Welleweerd J, Van Der Zee W. Dose calculation for asymmetric fields using Plato version 2.01. Abstract in Proc. Annual ESTRO Meeting, Edinburgh. *Radiother Oncol*; 48(Suppl. 1):134 (1998).

Wintle, A.G. and Murray, A.S. A review of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. *Radiat Meas.*, 41, 369–391 (2006).

[www.elekta.com](http://www.elekta.com)

Yao J: Virtual wedge dose calculation and its impact on radiation treatment planning systems. *Med Phys*; 22: 975 (1995).

Yukihara E. G. Mckeever S. W. Optically stimulated luminescence (OSL) dosimetry in medicine. *Phys. Med. Biol.*; 53: R351-R379 (2008).

Yukihara, E. G. G. Mardirossian, M. Mirzasadeghi, S. Guduru & S. Ahmad. "Evaluation of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C optically stimulated luminescence (OSL) dosimeters for passive dosimetry of highenergy photon and electron beams in radiotherapy." *Med Phys* 35(1): 260-269 (2008).

Yukihara, E.G., Gasparian, P.B.R. et. Al. An Optically Stimulated Luminescence system to measure dose profiles in X-ray Computed Tomography. *Phys. Med. Biol.*, 54, 6337 – 6352 (2009).

Zhou, D., Semones, E., Gaza, R. et. al. Radiation measured for ISS-Expedition 12 with different dosimeters. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*, 580, 1283 - 1289 (2007b).

Zhou, D., Semones, E., Gaza, R. et. al. Radiation measured with different dosimeters during STS-121 space mission. *Acta Astronaut.*, 64, 437 – 447 (2009a).

Ziegler, J.F., Ziegler, M.D. and Biersack, J.P. SRIM (computer program), version SRIM (2008)

# ANEXOS



## 1. GEOMETRÍA SIMPLE [3D]: (CUADRADO, RECTÁNGULO, OBLÍCUO 25.0°) MEDIO HOMOGÉNEO ANEXO I

UN CAMPO ABIERTO CUADRADO (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>) ANTERIOR (0.0°), PESOS IGUALES PROFUNDIDAD 5.00 cm.  
ANEXO I-A

### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

#### A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC:

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.239-3.239)^2 + (3.239-3.239)^2 + (3.239-3.239)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.239} = 1.9759 \times 10^{-3}$ <p style="text-align: right;"><math>\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%</math>.</p>

#### B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD nanoDot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(31264-31295)^2 + (31342-31295)^2 + (30556-31295)^2}{3-1}} = 41.3884 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (41.3884) = 23.8956 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 23.8991 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{23.8991}{31295} = 7.6367 \times 10^{-4}$ <p style="text-align: right;"><math>\xi_{rel.medida}[\%] = 0.08\%</math>.</p>

### ANEXO I-B

### B. REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

#### A.1) INCERTIDUMBRE REGISTRADA POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1.812-1.812)^2 + (1.812-1.812)^2 + (1.812-1.812)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{1.812} = 3.5320 \times 10^{-3}$ <p style="text-align: right;"><math>\xi_{rel.medida}[\%] = 0.35\%</math>.</p>

#### A.2) INCERTIDUMBRE REGISTRADA POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1.810-1.810)^2 + (1.810-1.810)^2 + (1.810-1.810)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{1.810} = 3.5359 \times 10^{-3}$ <p style="text-align: right;"><math>\xi_{rel.medida}[\%] = 0.35\%</math>.</p>

**B.1) INCERTIDUMBRE REGISTRADA POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(16795-16990)^2 + (17037-16990)^2 + (17136-16990)^2}{3-1}} = 175.4280 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (175.4280) = 101.2034 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 101.2042 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{101.2042}{16990} = 5.9567 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.60\%$

**B.2) INCERTIDUMBRE REGISTRADA POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(16653-16943)^2 + (17023-16943)^2 + (17153-16943)^2}{3-1}} = 259.4224 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (259.4224) = 149.7776 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 149.7782 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{149.7782}{16943} = 8.8401 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.88\%$

**ANEXO I-C****C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRE REGISTRADA POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.204-3.204)^2 + (3.204-3.204)^2 + (3.204-3.204)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.204} = 1.9975 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

**A.2) INCERTIDUMBRE REGISTRADA POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.215-3.215)^2 + (3.215-3.215)^2 + (3.215-3.215)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.215} = 1.9907 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

**B.1) INCERTIDUMBRE REGISTRADA POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(30543-30600)^2 + (30619-30600)^2 + (30638-30600)^2}{3-1}} = 50.2693 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (50.2693) = 29.0230 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 29.0258 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{29.0258}{30600} = 9.4856 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.09\%.$

**B.2) INCERTIDUMBRE REGISTRADA POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(30337-30371)^2 + (30350-30371)^2 + (30426-30371)^2}{3-1}} = 48.0729 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (48.0729) = 27.7549 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 27.7579 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{27.7579}{30371} = 9.1396 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.09\%.$

**ANEXO I-D****D. REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRE REGISTRADA POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -5.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.246-0.246)^2 + (0.246-0.246)^2 + (0.246-0.246)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.246} = 2.6016 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 2.60\%.$

**A.2) INCERTIDUMBRE REGISTRADA POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +5.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.185-0.185)^2 + (0.185-0.185)^2 + (0.185-0.185)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.185} = 3.4595 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 3.46\%.$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -5.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(2337-2358)^2 + (2348-2358)^2 + (2389-2358)^2}{3-1}} = 27.4044 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (27.4044) = 15.8219 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 15.8272 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{15.8272}{2358} = 6.7121 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.67\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +5.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1771-1799)^2 + (1783-1799)^2 + (1843-1799)^2}{3-1}} = 38.5746 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (38.5746) = 22.2710 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 22.2747 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{22.2747}{1799} = 1.2382 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 1.24\%$

**ANEXO II****UN CAMPO ABIERTO RECTÁNGULAR (6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>), ANTERIOR (0.0°), PESOS IGUALES PROFUNDIDAD 5.00 cm. ANEXO II-A****A. REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.****A) INCERTIDUMBRE REGISTRADA POR LA CIC:**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.246-3.246)^2 + (3.246-3.246)^2 + 6(3.246-3.246)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.246} = 1.9717 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

**B) INCERTIDUMBRE REGISTRADA POR LOS OSLD nanoDot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(31339-31372)^2 + (31356-31372)^2 + (31421-31372)^2}{3-1}} = 43.2782 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (43.2782) = 24.9867 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 24.9900 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{24.9900}{31372} = 7.9657 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.08\%$

## ANEXO II-B

B. REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1.626-1.626)^2 + (1.626-1.626)^2 + (1.626-1.626)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{1.626} = 3.9360 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.39\%.$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1.603-1.603)^2 + (1.603-1.603)^2 + (1.603-1.603)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{1.8}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{1.603} = 3.9925 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.40\%.$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(15167-15201)^2 + (15203-15201)^2 + (15233-15201)^2}{3-1}} = 33.0454 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{1.8}} (33.0454) = 24.6306 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 24.6340 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{24.6340}{15201} = 1.6205 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.16\%.$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(15003-15036)^2 + (15032-15036)^2 + (15073-15036)^2}{3-1}} = 35.1710 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{1.8}} (35.1710) = 26.2149 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 26.2181 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{26.2181}{15036} = 1.7437 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.17\%.$

## ANEXO II-C

C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -1.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.205-3.205)^2 + (3.205-3.205)^2 + (3.205-3.205)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.205} = 1.9969 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +1.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.208-3.208)^2 + (3.208-3.208)^2 + (3.208-3.208)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.208} = 1.9950 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -1.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(30514-30561)^2 + (30535-30561)^2 + (30634-30561)^2}{3-1}} = 64.0859 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (64.0859) = 37.0000 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 37.0023 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{37.0023}{30561} = 1.2108 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.12\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +1.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(30103-30187)^2 + (30201-30187)^2 + (30257-30187)^2}{3-1}} = 77.9487 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (77.9487) = 45.0037 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 45.0055 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{45.0055}{30187} = 1.4909 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.15\%$

## ANEXO II-D

D. REGION  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICION DEL PERFIL -5.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.039-0.039)^2 + (0.039-0.039)^2 + (0.039-0.039)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.039} = 0.1641$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 16.41\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICION DEL PERFIL +5.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.039-0.039)^2 + (0.039-0.039)^2 + (0.039-0.039)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.039} = 0.1641$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 16.41\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICION DEL PERFIL -5.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(361-373)^2 + (368-373)^2 + (390-373)^2}{3-1}} = 15.1327 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (15.1327) = 8.7369 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 8.7464 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{8.7464}{373} = 2.3449 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 2.34\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICION DEL PERFIL +5.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(363-376)^2 + (381-376)^2 + (384-376)^2}{3-1}} = 11.3578 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (11.3578) = 6.5574 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 6.5701 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{6.5701}{376} = 1.7474 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 1.75\%$

**ANEXO III**  
**UN CAMPO ABIERTO CUADRADO OBLICUO (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>), GANTRY 25.0°, PROFUNDIDAD 5.5 cm.**  
**ANEXO III-A**

**A. REGION  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.****A) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC:**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.268-3.268)^2 + (3.268-3.268)^2 + (3.268-3.268)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.268} = 1.9584 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

**B) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD nanoDot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(31537-31570)^2 + (31543-31570)^2 + (31630-31570)^2}{3-1}} = 52.0480 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (52.0480) = 30.0500 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 30.0528 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{30.0528}{31570} = 9.5194 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.09\%$

**ANEXO III-B****B. REGION  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICION DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(2.568-2.568)^2 + (2.568-2.568)^2 + (2.568-2.568)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{2.568} = 2.4922 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.25\%$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICION DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(2.547-2.547)^2 + (2.547-2.547)^2 + (2.547-2.547)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{2.547} = 2.5128 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.25\%$



**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICION DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(24001-24021)^2 + (24023-24021)^2 + (24039-24021)^2}{3-1}} = 19.0288 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (19.0288) = 10.9863 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 10.9939 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{10.9939}{24021} = 4.5768 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.05\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICION DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(23765-23799)^2 + (23777-23799)^2 + (23855-23799)^2}{3-1}} = 48.8672 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (48.8672) = 28.2135 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 28.2165 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{28.2165}{23799} = 1.1856 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.12\%$

**ANEXO III-C****C. REGION  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICION DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.173-3.173)^2 + (3.173-3.173)^2 + (3.173-3.173)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.173} = 2.0170 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICION DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.265-3.265)^2 + (3.265-3.265)^2 + (3.265-3.265)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.265} = 1.9602 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICION DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(30250-30283)^2 + (30267-30283)^2 + (30332-30283)^2}{3-1}} = 43.2782 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (43.2782) = 24.9867 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 24.9900 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{24.9900}{30283} = 8.2521 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.08\%.$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICION DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(31125-31158)^2 + (31143-31158)^2 + (31206-31158)^2}{3-1}} = 42.5323 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (42.5323) = 24.5561 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 24.5595 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{24.5595}{31158} = 7.8822 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.08\%.$

**ANEXO III-D****D. REGION  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICION DEL PERFIL -5.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.369-0.369)^2 + (0.369-0.369)^2 + (0.369-0.369)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.369} = 1.7344 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 1.73\%.$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICION DEL PERFIL +5.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.351-0.351)^2 + (0.351-0.351)^2 + (0.351-0.351)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.351} = 1.8234 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 1.82\%.$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICION DEL PERFIL -5.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3539-3568)^2 + (3548-3568)^2 + (3617-3568)^2}{3-1}} = 42.6732 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (42.6732) = 24.6374 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 24.6408 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{24.6408}{3568} = 6.9060 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.69\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICION DEL PERFIL +5.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3351-3380)^2 + (3373-3380)^2 + (3416-3380)^2}{3-1}} = 33.0605 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (33.0605) = 19.0875 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 19.0919 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{19.0919}{3380} = 5.6485 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.56\%$

**2. GEOMETRÍA COMPLEJA [3D]: CUADRADO, RECTÁNGULO, CUÑAS, PESOS (IGUALES – DIFERENTES) EN TRES CAMPOS ABIERTOS A: 0.0°, 90.0°, Y 270.0°, MEDIO HOMOGÉNEO.****ANEXO IV**

TRES CAMPOS ABIERTOS CUADRADO (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>) ANTERIOR (0.0°), DOS LATERALES (90.0°, y 270.0°), PESOS IGUALES, PROFUNDIDAD 5.0, 6.8, Y 6.9 cm.

**ANEXO IV-A****A. REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.****A) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC:**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(6.599-6.599)^2 + (6.599-6.599)^2 + (6.599-6.599)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{6.599} = 9.6984 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.10\%$

**B) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD nanoDot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(62309-62398)^2 + (62395-62398)^2 + (62490-62398)^2}{3-1}} = 90.5373 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (90.5373) = 52.2717 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 52.2733 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{52.2733}{62398} = 8.3774 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.08\%$

## ANEXO IV-B

B. REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(5.708-5.708)^2 + (5.708-5.708)^2 + (5.708-5.708)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{5.708} = 1.1212 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.11\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(5.650-5.650)^2 + (5.650-5.650)^2 + (5.650-5.650)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{5.650} = 1.1327 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.11\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(54151-54226)^2 + (54251-54226)^2 + (54276-54226)^2}{3-1}} = 66.1438 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (66.1438) = 38.1881 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 38.1903 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{38.1903}{54226} = 7.0428 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.70\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(53746-53823)^2 + (53853-53823)^2 + (53870-53823)^2}{3-1}} = 67.2235 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (67.2235) = 38.8115 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 38.8136 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{38.8136}{53823} = 7.2113 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.07\%$

## ANEXO IV-C

C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(6.569-6.569)^2 + (6.569-6.569)^2 + (6.569-6.569)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{6.569} = 9.7427 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.10\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(6.550-6.550)^2 + (6.550-6.550)^2 + (6.550-6.550)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{6.550} = 9.7710 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.10\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(62806-62885)^2 + (62903-62885)^2 + (62946-62885)^2}{3-1}} = 71.7147 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (71.7147) = 41.4045 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 41.4065 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{41.4065}{62885} = 6.5845 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.07\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(62572-62645)^2 + (62678-62645)^2 + (62685-62645)^2}{3-1}} = 63.3167 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (63.3167) = 36.5560 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 36.5583 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{36.5583}{62645} = 5.8358 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.06\%$

## ANEXO IV-D

D. REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -6.5 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.820-3.820)^2 + (3.820-3.820)^2 + (3.820-3.820)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.820} = 1.6754 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.17\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +6.5 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.818-3.818)^2 + (3.818-3.818)^2 + (3.818-3.818)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.818} = 1.6763 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.17\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -6.5 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(36337-36404)^2 + (36387-36404)^2 + (36488-36404)^2}{3-1}} = 76.9220 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (76.9220) = 44.4109 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 44.4128 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{44.4128}{36404} = 1.2200 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.12\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +6.5 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(36271-36343)^2 + (36368-36343)^2 + (36387-36343)^2}{3-1}} = 62.2294 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (62.2294) = 35.9282 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 35.9305 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{35.9305}{36343} = 9.8865 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.10\%$

**ANEXO V**  
**TRES CAMPOS ABIERTOS RECTÁNGULO (6.0 x 4.0 cm<sup>2</sup>) ANTERIOR (0.0°), DOS LATERALES (90°, y 270°), PESOS IGUALES, PROFUNDIDAD 5.0, 7.2, Y 6.9 cm.**

**ANEXO V-A**

**A. REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.**

**A) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC:**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(6.599-6.599)^2 + (6.599-6.599)^2 + (6.599-6.599)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{6.599} = 9.6984 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.10\%$

**B) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD nanoDot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(62656-62725)^2 + (62687-62725)^2 + (62832-62725)^2}{3-1}} = 93.9521 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (93.9521) = 54.2433 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 54.2448 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{54.2448}{62725} = 8.6480 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.09\%$

**ANEXO V-B**

**B. REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.**

**A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.5 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(5.588-5.588)^2 + (5.588-5.588)^2 + (5.588-5.588)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{5.588} = 1.1453 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.11\%$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.5 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(5.558-5.558)^2 + (5.558-5.558)^2 + (5.558-5.558)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{5.558} = 1.1515 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.11\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.5 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(24613-24682)^2 + (24705-24682)^2 + (24728-24682)^2}{3-1}} = 60.8523 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (60.8523) = 35.1331 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 35.1355 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{35.1355}{24682} = 1.4235 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.14\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.5 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(24490-24571)^2 + (24502-24571)^2 + (24621-24571)^2}{3-1}} = 83.1324 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (83.1324) = 47.9965 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 47.9982 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{47.9982}{24571} = 1.9534 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.19\%$

**ANEXO V-C****C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -1.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(6.511-6.511)^2 + (6.511-6.511)^2 + (6.511-6.511)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{6.511} = 9.8295 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.10\%$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +1.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(6.501-6.501)^2 + (6.501-6.501)^2 + (6.501-6.501)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{6.501} = 9.8446 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.10\%$



**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -1.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(61946-62019)^2 + (61997-62019)^2 + (62114-62019)^2}{3-1}} = 86.1336 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (86.1336) = 49.7293 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 49.7310 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{49.7310}{62019} = 8.0187 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.08\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +1.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(62141-62214)^2 + (62249-62214)^2 + (62252-62214)^2}{3-1}} = 63.2376 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (63.2376) = 36.5102 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.2358 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 36.5125 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{36.5125}{62214} = 5.8689 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.06\%$

**ANEXO V-D****D. REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -4.5 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.131-0.131)^2 + (0.131-0.131)^2 + (0.131-0.131)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.131} = 4.8855 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 4.88\%$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4.5 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.132-0.132)^2 + (0.132-0.132)^2 + (0.132-0.132)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.132} = 4.8485 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 4.85\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -4.5 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1212-1239)^2 + (1247-1239)^2 + (1258-1239)^2}{3-1}} = 24.0208 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (24.0208) = 13.8684 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 13.8744 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{13.8744}{1239} = 1.1198 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 1.12\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4.5 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1220-1249)^2 + (1258-1249)^2 + (1269-1249)^2}{3-1}} = 25.7100 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (25.7100) = 14.8437 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 14.8493 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{14.8493}{1249} = 1.1889 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 1.19\%$

**ANEXO VI**

**TRES CAMPOS ABIERTOS CUADRADO (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>) ANTERIOR (0.0°), DOS LATERALES (90.0°, y 270.0°), CON CUÑA VW 60.0°, PESOS DIFERENTE, PROFUNDIDAD 5.0, 7.2, Y 6.9 cm.**

**ANEXO VI-A****A. REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.****A) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC:**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(6.600-6.600)^2 + (6.600-6.600)^2 + (6.600-6.600)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{6.600} = 9.6970 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.10\%$

**B) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD nanoDot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(62735-62808)^2 + (62832-62808)^2 + (62857-62808)^2}{3-1}} = 64.4438 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (64.4438) = 37.2066 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 37.2088 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{37.2088}{62808} = 5.9242 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.06\%$

## ANEXO VI-B

B. REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1.619-1.619)^2 + (1.619-1.619)^2 + (1.619-1.619)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{1.619} = 3.9530 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.39\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(5.629-5.629)^2 + (5.629-5.629)^2 + (5.629-5.629)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{5.629} = 1.1370 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.11\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(15304-15331)^2 + (15341-15331)^2 + (15348-15331)^2}{3-1}} = 23.6432 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (23.6432) = 13.6504 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 13.6565 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{13.6565}{15331} = 8.9078 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.09\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(53202-53271)^2 + (53298-53271)^2 + (53313-53271)^2}{3-1}} = 60.2246 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (60.2246) = 34.7707 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 34.7731 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{34.7731}{53271} = 6.5276 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.06\%$

## ANEXO VI-C

C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL - 2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(5.316-5.316)^2 + (5.316-5.316)^2 + (5.316-5.316)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{5.316} = 1.2039 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.12\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL + 2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(7.469-7.469)^2 + (7.469-7.469)^2 + (7.469-7.469)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{7.469} = 8.5687 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.09\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL - 2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(50260-50333)^2 + (50297-50333)^2 + (50442-50333)^2}{3-1}} = 96.1925 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (96.1925) = 55.5368 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 55.5383 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{55.5383}{50333} = 1.1034 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.11\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL + 2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(70614-70697)^2 + (70729-70697)^2 + (70748-70697)^2}{3-1}} = 72.5052 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (72.5052) = 41.8609 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 41.8629 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{41.8629}{70697} = 5.9214 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.06\%$

## ANEXO VI-D

D. REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL - 4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.175-0.175)^2 + (0.175-0.175)^2 + (0.175-0.175)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.175} = 3.6557 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 3.66\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.480-0.480)^2 + (0.480-0.480)^2 + (0.480-0.480)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.480} = 1.3333 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 1.33\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL - 4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1620-1651)^2 + (1663-1651)^2 + (1670-1651)^2}{3-1}} = 27.0740 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (27.0740) = 15.6312 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 15.6365 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{15.6365}{1651} = 9.4677 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.95\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(4500-4538)^2 + (4549-4538)^2 + (4565-4538)^2}{3-1}} = 33.8674 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (33.8674) = 19.5533 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 19.5576 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{19.5576}{4538} = 4.3097 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.43\%$

### 3. GEOMETRÍA COMBINADAS [3D - MLCs] CAMPOS: CIRCULAR, IRREGULAR, "Y INVERTIDA", OBLICUOS, CON CAMPOS ABIERTOS A: 0.0°, 25.0°, 65.0°, 90.0°, 115.0°, 245.0°, 270.0°, 295.0°, Y 335.0° EN MEDIO HOMOGÉNEO.

#### ANEXO VII

UN CAMPO CIRCULAR ABIERTO CON DIAMETRO= 6.00 cm, ANTERIOR (0°), PROFUNDIDAD 5.0 cm.

#### ANEXO VII-A

##### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

##### A) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC:

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.322-3.322)^2 + (3.322-3.322)^2 + (3.322-3.322)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.322} = 1.9266 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.19\%$

##### B) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD nanoDot ( $Al_2O_3$ : C):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(31232-31286)^2 + (31301-31286)^2 + (31325-31286)^2}{3-1}} = 48.2804 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (48.2804) = 27.8747 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 27.8777 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{27.8777}{31286} = 8.9106 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.09\%$

#### ANEXO VII-B

##### B. REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

##### A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1.557-1.557)^2 + (1.557-1.557)^2 + (1.557-1.557)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{1.557} = 4.1105 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.41\%$

##### A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1.495-1.495)^2 + (1.495-1.495)^2 + (1.495-1.495)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{1.495} = 4.2809 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.42\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(14554-14591)^2 + (14607-14591)^2 + (14612-14591)^2}{3-1}} = 32.1403 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (32.1403) = 18.5562 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.2358 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 18.5607 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{18.5607}{14591} = 1.2721 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.13\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(13973-14010)^2 + (14023-14010)^2 + (14034-14010)^2}{3-1}} = 32.5115 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (32.5115) = 18.7705 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.2358 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 18.7749 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{18.7749}{14010} = 1.3401 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.13\%$

**ANEXO VII-C****C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.211-3.211)^2 + (3.211-3.211)^2 + (3.211-3.211)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.211} = 1.9931 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.211-3.211)^2 + (3.211-3.211)^2 + (3.211-3.211)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.211} = 1.9931 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(30072-30104)^2 + (30103-30104)^2 + (30137-30104)^2}{3-1}} = 32.5115 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (32.5115) = 18.7705 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 18.7749 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{18.7749}{30104} = 6.2367 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.06\%.$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(30085-30114)^2 + (30093-30114)^2 + (30164-30114)^2}{3-1}} = 43.4856 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (43.4856) = 25.1064 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 25.1097 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{25.1097}{30114} = 8.3382 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.08\%.$

**ANEXO VII-D****D. REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -5.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.056-0.056)^2 + (0.056-0.056)^2 + (0.056-0.056)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0004 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.056} = 1.1429 \times 10^{-1}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 11.43\%.$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +5.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.053-0.053)^2 + (0.053-0.153)^2 + (0.053-0.053)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.053} = 1.2075 \times 10^{-1}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 12.07\%.$



**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -5.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(492-523)^2 + (525-523)^2 + (552-523)^2}{3-1}} = 30.0500 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (30.0500) = 17.3494 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 17.3542 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{17.3542}{523} = 3.3182 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 3.32\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +5.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(456-495)^2 + (490-495)^2 + (539-495)^2}{3-1}} = 41.7253 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (41.7253) = 24.0901 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 24.0936 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{24.0936}{495} = 4.8674 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 4.87\%$

**ANEXO VIII**

**UN CAMPO IRREGULAR ABIERTO SOBRE UN ÁREA DE 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, ANTERIOR (0.0°), PROFUNDIDAD 5.00 cm.**

**ANEXO VIII-A****A. REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.****A) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC:**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.321-3.321)^2 + (3.321-3.321)^2 + (3.321-3.321)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.321} = 1.9271 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.19\%$

**B) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD nanoDot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(31115-31142)^2 + (31150-31142)^2 + (31161-31142)^2}{3-1}} = 24.0208 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (24.0208) = 13.8684 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 13.8744 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{13.8744}{31142} = 4.4552 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.04\%$

## ANEXO VIII-B

B. REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -1.5 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(2.542-2.542)^2 + (2.542-2.542)^2 + (2.542-2.542)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{2.542} = 2.5177 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.25\%.$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +1.5 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(2.609-2.609)^2 + (2.609-2.609)^2 + (1.2609-2.609)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{2.609} = 2.4530 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.24\%.$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -1.5 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(23785-23808)^2 + (23813-23808)^2 + (23826-23808)^2}{3-1}} = 20.9523 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (20.9523) = 12.0968 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 12.1037 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{12.1037}{23808} = 5.0839 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.05\%.$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +1.5 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(24435-24462)^2 + (24471-24462)^2 + (24480-24462)^2}{3-1}} = 23.8118 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (23.8118) = 13.7477 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 13.7538 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{13.7538}{24462} = 5.6225 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.06\%.$

## ANEXO VIII--C

C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -1.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.111-3.111)^2 + (3.111-3.111)^2 + (3.111-3.111)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.111} = 2.0572 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.21\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +1.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.147-3.147)^2 + (3.147-3.147)^2 + (3.147-3.147)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.147} = 2.0337 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -1.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(29140-29163)^2 + (229145-29163)^2 + (29204-29163)^2}{3-1}} = 35.5949 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (35.5949) = 20.5507 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 20.5548 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{20.5548}{29163} = 7.0482 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.07\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +1.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(29482-29514)^2 + (29523-29514)^2 + (29537-29514)^2}{3-1}} = 28.5832 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (28.5832) = 16.5025 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 16.5076 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{16.5076}{29514} = 5.5931 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.06\%$

## ANEXO VIII-D

D. REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.073-0.073)^2 + (0.073-0.073)^2 + (0.073-0.073)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.073} = 8.7671 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 8.77\%.$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.079-0.079)^2 + (0.079-0.079)^2 + (0.079-0.079)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.079} = 8.1013 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 8.10\%.$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(669-683)^2 + (672-683)^2 + (708-683)^2}{3-1}} = 21.7025 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (21.7025) = 12.5299 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 12.5366 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{12.5366}{683} = 1.8355 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 1.83\%.$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(727-740)^2 + (729-740)^2 + (764-740)^2}{3-1}} = 20.8086 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (20.8086) = 12.0138 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 12.0207 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{12.0207}{740} = 1.6244 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 1.62\%.$

**ANEXO IX**  
**UN CAMPO "Y" INVERTIDA ABIERTO SOBRE UN ÁREA 6 X 6 cm<sup>2</sup>, ANTERIOR (0°), PROFUNDIDAD 5.0 cm.**  
**ANEXO IX-A**

**A. REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.****A) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC:**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.322-3.322)^2 + (3.322-3.322)^2 + (3.322-3.322)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.322} = 1.9265 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.19\%$

**B) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD nanoDot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(31131-31155)^2 + (31164-31155)^2 + (31170-31155)^2}{3-1}} = 21.0000 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (21.0000) = 12.1246 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 12.1215 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{12.1315}{31155} = 3.8939 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.04\%$

**ANEXO IX-B****B. REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -1.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(2.386-2.386)^2 + (2.386-2.386)^2 + (2.386-2.386)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{2.386} = 2.6823 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.29\%$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +1.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(2.329-2.329)^2 + (2.329-2.329)^2 + (2.329-2.329)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{2.329} = 2.7480 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.27\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -1.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(22807-22828)^2 + (22815-22828)^2 + (22862-22828)^2}{3-1}} = 29.7153 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (29.7153) = 17.1561 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 17.1610 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{17.1610}{22828} = 7.5175 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.07\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +1.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(21862-21887)^2 + (21897-21887)^2 + (21902-21887)^2}{3-1}} = 21.7945 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (21.7945) = 12.5831 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 12.5897 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{12.5897}{21887} = 5.7521 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.06\%$

**ANEXO IX-C****C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -0.5 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.111-3.111)^2 + (3.111-3.111)^2 + (3.111-3.111)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.111} = 2.0572 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.21\%$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +0.5 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.147-3.147)^2 + (3.147-3.147)^2 + (3.147-3.147)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.147} = 2.0337 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -0.5 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(29244-29275)^2 + (29287-29275)^2 + (29294-29275)^2}{3-1}} = 27.0740 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (27.0740) = 15.6312 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 15.6365 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{15.6365}{29275} = 5.3412 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.05\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +0.5 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(29460-29492)^2 + (29501-29492)^2 + (29515-29492)^2}{3-1}} = 28.5832 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (28.5832) = 16.5025 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 16.5076 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{16.5076}{29492} = 5.5973 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.06\%$

**ANEXO IX-D****D. REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.5 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.196-0.196)^2 + (0.196-0.196)^2 + (0.196-0.196)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0004 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.196} = 3.2653 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 3.26\%$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.5 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.182-0.182)^2 + (0.182-0.182)^2 + (0.182-0.182)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.182} = 3.5165 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 3.52\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.5 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1821-1832)^2 + (1825-1832)^2 + (1850-1832)^2}{3-1}} = 15.7162 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (15.7162) = 9.0738 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 [nC]}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 9.0830 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{9.0830}{1832} = 4.9580 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.50\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.5 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1698-1711)^2 + (1708-1711)^2 + (1727-1711)^2}{3-1}} = 11.3137 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (11.3137) = 6.5320 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 [nC]}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 6.5448 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{6.5448}{1711} = 3.8251 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.38\%$

**ANEXO X**

**UN CAMPO OBLÍCUO CON DIFERENTES ANGULACIONES DEL GANTRY: 25.0°, 65.0°, 115.0°, 245.0°, 295.0°, Y 335.0° ABIERTO SOBRE UN ÁREA DE 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, PROFUNDIDADES: 7.6, 7.8, 7.7, 7.7, 7.8, Y 7.6 cm.**

**ANEXO X-A****A. REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.****A) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC:**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(6.631-6.631)^2 + (6.631-6.631)^2 + (6.631-6.631)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 [nC]}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{6.631} = 9.6516 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.10\%$

**B) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD nanoDot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(62648-62697)^2 + (62666-62697)^2 + (62777-62697)^2}{3-1}} = 69.8641 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (69.8641) = 40.3361 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 [mrad]}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 40.3382 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{40.3382}{62697} = 6.4338 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.06\%$



## ANEXO X-B

B. REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1.173-1.173)^2 + (1.173-1.173)^2 + (1.173-1.173)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{1.173} = 5.4561 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.55\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(2.526-2.526)^2 + (2.526-2.526)^2 + (2.526-2.526)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{2.526} = 2.5336 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.25\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(11054-11083)^2 + (11069-11083)^2 + (11126-11083)^2}{3-1}} = 37.9868 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (37.9868) = 21.9317 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 29.9355 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{29.9355}{11083} = 2.7010 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.27\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(23829-23862)^2 + (23859-23862)^2 + (23898-23862)^2}{3-1}} = 34.5977 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (34.5977) = 19.9750 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 19.9792 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{19.9792}{23862} = 8.3728 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.08\%$

## ANEXO X-C

C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.313-3.313)^2 + (3.313-3.313)^2 + (3.313-3.313)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.313} = 1.9318 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.19\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.402-3.402)^2 + (3.402-3.402)^2 + (3.402-3.402)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.402} = 1.8812 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.19\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(31273-31308)^2 + (31319-31308)^2 + (31332-31308)^2}{3-1}} = 31.0000 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (31.0000) = 17.8979 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 17.9026 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{17.9026}{31308} = 5.7182 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.06\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(32128-32161)^2 + (32173-32161)^2 + (32182-32161)^2}{3-1}} = 28.9309 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (28.9309) = 16.7033 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 16.7083 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{16.7083}{32161} = 5.1952 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.05\%$

## ANEXO X-D

D. REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.139-0.139)^2 + (0.139-0.139)^2 + (0.139-0.139)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.139} = 4.6043 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 4.60\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.251-0.251)^2 + (0.251-0.251)^2 + (0.251-0.251)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.251} = 2.5498 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 2.55\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1298-1313)^2 + (1303-1313)^2 + (1338-1313)^2}{3-1}} = 29.7945 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (29.7945) = 12.5830 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 12.5896 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{12.5896}{1313} = 9.5884 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.96\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(2355-2372)^2 + (2367-2372)^2 + (2394-2372)^2}{3-1}} = 19.9750 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (19.9750) = 11.5326 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 11.5398 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{11.5398}{2372} = 4.8650 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.49\%$

#### 4. GEOMETRIAS DIVERSAS: SIMPLE, COMPLEJA, COMBINADA [3D - MLCs] EN MEDIOS HETEROGÉNEOS: ACRÍLICO – AIRE.

##### ANEXO XI

UN CAMPO ABIERTO CUADRADO (6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>) ANTERIOR (0.0°), PESOS IGUALES PROFUNDIDAD 5.1 cm.

##### ANEXO XI-A

#### A. REGIÓN $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

##### A) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC:

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.256-3.256)^2 + (3.256-3.256)^2 + (3.256-3.256)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.01 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.256} = 1.9656 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

##### B) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD nanoDot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(31036-31065)^2 + (31047-31065)^2 + (31112-31065)^2}{3-1}} = 41.0731 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (41.0731) = 23.7136 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 23.7171 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{23.7171}{31065} = 7.6347 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.07\%$

##### ANEXO XI-B

#### B. REGIÓN $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.

##### A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1.764-1.764)^2 + (1.764-1.764)^2 + (1.764-1.764)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{1.764} = 3.6281 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.36\%$

##### A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1.775-1.775)^2 + (1.775-1.775)^2 + (1.775-1.775)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{1.775} = 3.6056 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.36\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(16806-16832)^2 + (16819-16832)^2 + (16871-16832)^2}{3-1}} = 34.3948 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (34.3948) = 19.8578 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 19.8620 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{19.8620}{16832} = 1.1800 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.12\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(16911-16940)^2 + (16927-16940)^2 + (16982-16940)^2}{3-1}} = 37.2424 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (37.2424) = 21.5019 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 21.5058 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{21.5058}{16940} = 1.2695 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.13\%$

**ANEXO XI-C****C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.007-3.007)^2 + (3.007-3.007)^2 + (3.007-3.007)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.007} = 2.1284 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.21\%$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.029-3.029)^2 + (3.029-3.029)^2 + (3.029-3.029)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.029} = 2.1129 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.21\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(28673-28701)^2 + (28691-28701)^2 + (28739-28701)^2}{3-1}} = 34.1174 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (34.1174) = 19.6977 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 19.7019 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{19.7019}{28701} = 6.8645 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.07\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(28870-28898)^2 + (28880-28898)^2 + (28944-28898)^2}{3-1}} = 40.1497 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (40.1497) = 23.1804 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 23.1840 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{23.1840}{28898} = 8.0227 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.08\%$

**ANEXO XI-D****D. REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -4.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.202-0.202)^2 + (0.202-0.202)^2 + (0.202-0.202)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.202} = 3.1683 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 3.17\%$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.189-0.189)^2 + (0.189-0.189)^2 + (0.189-0.189)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.189} = 3.3862 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 3.39\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -4.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1905-11924)^2 + (1931-1924)^2 + (1936-1924)^2}{3-1}} = 16.6433 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (16.6433) = 9.6090 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 9.6177 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{9.6177}{1924} = 4.9988 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.50\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1789-1803)^2 + (1793-1803)^2 + (1827-1803)^2}{3-1}} = 20.8806 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (20.8806) = 12.0554 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 12.0623 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{12.0623}{1803} = 6.6901 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.67\%$

**ANEXO XII**

**TRES CAMPOS ABIERTOS CUADRADO (6 x 6 cm<sup>2</sup>) ANTERIOR (0°), DOS LATERALES (90°, y 270°), PESOS IGUALES, PROFUNDIDAD 5.0 cm, 7.0 cm, Y 6.8 cm.**

**ANEXO XII-A****A. REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.****A) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC:**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(6.536-6.536)^2 + (6.536-6.536)^2 + (6.536-6.536)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{6.536} = 9.7919 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.10\%$

**B) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD nanoDot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(62853-62887)^2 + (62879-62887)^2 + (62929-62887)^2}{3-1}} = 38.6264 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (38.6264) = 22.3010 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 22.3047 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{22.3047}{62887} = 3.5468 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.03\%$

## ANEXO XII-B

B. REGION  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(5.857-5.857)^2 + (5.857-5.857)^2 + (5.857-5.857)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{5.857} = 1.0927 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.11\%.$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(5.828-5.828)^2 + (5.828-5.828)^2 + (5.828-5.828)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{5.828} = 1.0981 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.11\%.$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(56333-56364)^2 + (56359-56364)^2 + (56400-56364)^2}{3-1}} = 33.7787 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (33.7787) = 19.5021 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 19.5064 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{19.5064}{56364} = 3.4608 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.03\%.$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(56026-56055)^2 + (56039-56055)^2 + (56100-56055)^2}{3-1}} = 39.5095 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{1.8}} (39.5095) = 22.8108 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 22.8145 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{22.8145}{56055} = 4.0700 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.04\%.$



## ANEXO XII-C

C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(6.514-6.514)^2 + (6.514-6.514)^2 + (6.514-6.514)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{6.514} = 9.8250 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.10\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(6.561-6.561)^2 + (6.561-6.561)^2 + (6.561-6.561)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{6.561} = 9.7546 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.10\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(62692-62723)^2 + (62707-62723)^2 + (62770-62723)^2}{3-1}} = 41.3884 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (41.3884) = 23.8956 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 23.8991 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{23.8991}{62723} = 3.8103 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.04\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(63085-63118)^2 + (63127-63118)^2 + (63142-63118)^2}{3-1}} = 29.5466 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (29.5466) = 17.0587 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 17.0636 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{17.0636}{63118} = 2.7034 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.03\%$

## ANEXO XII-D

D. REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -5.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(5.071-5.071)^2 + (5.071-5.071)^2 + (5.071-5.071)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{5.071} = 1.2621 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.13\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(5.069-5.069)^2 + (5.069-5.069)^2 + (5.069-5.069)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{5.069} = 1.2626 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.13\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(48740-48769)^2 + (48779-48769)^2 + (48788-48769)^2}{3-1}} = 25.5147 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (25.5147) = 14.7309 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 14.7366 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{14.7366}{48769} = 3.0217 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.03\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(48742-48772)^2 + (48781-48772)^2 + (48793-48772)^2}{3-1}} = 26.6646 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (26.6646) = 15.3948 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 15.4002 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{15.4002}{48772} = 3.1576 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.03\%$

**ANEXO XIII**  
**TRES CAMPOS ABIERTOS CUADRADO (6 x 6 cm<sup>2</sup>) ANTERIOR (0°), DOS LATERALES (90°, y 270°), PESOS DIFERENTES,**  
**PROFUNDIDAD 5.0, 7.0, Y 6.8 cm CON CUÑA VW 60.0°.**  
**ANEXO XIII-A**

**A. REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.****A) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC:**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(6.532-6.532)^2 + (6.532-6.532)^2 + (6.532-6.532)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{6.626} = 9.6589 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.09\%.$

**B) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD nanoDot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(62944-62977)^2 + (62989-62977)^2 + (62998-62977)^2}{3-1}} = 28.9309 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (28.9309) = 16.7033 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 16.7083 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{16.7083}{62977} = 2.6531 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.03\%.$

**ANEXO XIII-B****B. REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1.476-1.476)^2 + (1.476-1.476)^2 + (1.476-1.476)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{1.476} = 4.3360 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.43\%.$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(5.389-5.389)^2 + (5.389-5.389)^2 + (5.389-5.389)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{5.389} = 1.1876 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.12\%.$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(14166-14195)^2 + (14181-14195)^2 + (14238-14195)^2}{3-1}} = 37.9868 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (37.9868) = 21.9317 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 21.9355 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{21.9355}{14195} = 1.5453 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.15\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(51819-51852)^2 + (51839-51852)^2 + (51898-51852)^2}{3-1}} = 41.0731 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (41.0731) = 23.7136 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 23.7171 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{23.7171}{51852} = 4.5740 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.05\%$

**ANEXO XIII-C****C. REGION  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(4.758-4.758)^2 + (4.758-4.758)^2 + (4.758-4.758)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{4.758} = 1.3451 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.13\%$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(6.973-6.973)^2 + (6.973-6.973)^2 + (6.973-6.973)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{6.973} = 9.1783 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.09\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(45723-45754)^2 + (45732-45754)^2 + (45807-45754)^2}{3-1}} = 46.1194 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (46.1194) = 26.6270 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 26.6301 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{26.6301}{45754} = 5.8203 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.06\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.0 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(67062-67099)^2 + (67083-67099)^2 + (67152-67099)^2}{3-1}} = 47.0850 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (47.0850) = 27.1845 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 27.1876 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{27.1876}{67099} = 4.0519 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.04\%$

**ANEXO XIII-D****D. REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -4.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.143-0.143)^2 + (0.143-0.143)^2 + (0.143-0.143)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.143} = 4.4755 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 4.47\%$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.682-0.682)^2 + (0.682-0.682)^2 + (0.682-0.682)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.682} = 9.3842 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.94\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -4.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1363-1374)^2 + (1378-1374)^2 + (1381-1374)^2}{3-1}} = 9.6436 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (9.6436) = 5.5678 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 5.5828 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{5.5828}{1374} = 4.0632 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.41\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4. cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(6547-6562)^2 + (6551-6562)^2 + (6588-6562)^2}{3-1}} = 22.6053 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (22.6053) = 13.0512 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 13.0576 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{13.0576}{6562} = 1.9899 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

**ANEXO XIV**UN CAMPO IRREGULAR ABIERTO SOBRE UN ÁREA DE 6.0 x 6.0 cm<sup>2</sup>, ANTERIOR (0.0°), PROFUNDIDAD 5.00 cm.**ANEXO XIV-A****A. REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.****A) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC:**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.263-3.263)^2 + (3.263-3.263)^2 + (3.263-3.263)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.263} = 1.9614 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

**B) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD nanoDot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(31363-31395)^2 + (31374-31395)^2 + (31448-31395)^2}{3-1}} = 46.2277 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (46.2277) = 26.6896 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 26.6927 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{26.6927}{31395} = 8.5022 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.08\%$

## ANEXO XIV-B

B. REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.5 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1.647-1.647)^2 + (1.647-1.647)^2 + (1.647-1.647)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{1.647} = 3.8858 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.39\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.5 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1.730-1.730)^2 + (1.730-1.730)^2 + (1.730-1.730)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{1.730} = 3.6994 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.37\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -2.5 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(15819-15849)^2 + (15831-15849)^2 + (15897-15849)^2}{3-1}} = 42.0000 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (42.0000) = 24.2487 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 24.2521 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{24.2521}{15849} = 1.5302 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.15\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +2.5 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(16616-16647)^2 + (16629-16647)^2 + (16696-16647)^2}{3-1}} = 42.9302 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (42.9302) = 24.7857 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 24.7891 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{24.7891}{16647} = 1.4891 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.15\%$

## ANEXO XIV-C

C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -1.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.026-3.026)^2 + (3.026-3.026)^2 + (3.026-3.026)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.026} = 2.1150 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.21\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +1.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.075-3.075)^2 + (3.075-3.075)^2 + (3.075-3.075)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.075} = 2.0813 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.21\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -1.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(28843-28873)^2 + (28852-28873)^2 + (28924-28873)^2}{3-1}} = 44.3959 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (44.3959) = 25.6320 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 25.6353 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{25.6353}{28873} = 8.8786 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.09\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +1.0 cm ( $\delta_3$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(29319-29348)^2 + (29359-29348)^2 + (29366-29348)^2}{3-1}} = 25.3574 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (25.3574) = 14.6401 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 14.6458 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{14.6458}{29348} = 4.9904 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.05\%$



## ANEXO XIV-D

D. REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.068-0.068)^2 + (0.068-0.068)^2 + (0.068-0.068)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0004 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.068} = 9.4118 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 9.41\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.067-0.067)^2 + (0.067-0.067)^2 + (0.067-0.067)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.067} = 9.5522 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 9.55\%$

B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(632-654)^2 + (643-654)^2 + (687-654)^2}{3-1}} = 29.1033 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (29.1033) = 16.8028 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 16.8078 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{16.8078}{654} = 2.570 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 2.57\%$

B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +4.0 cm ( $\delta_4$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(627-645)^2 + (637-645)^2 + (671-645)^2}{3-1}} = 23.0651 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (23.0651) = 13.3167 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 13.3230 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{13.3230}{645} = 2.0656 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 2.07\%$

## ANEXO XV

UN CAMPO "Y" INVERTIDA ABIERTO SOBRE UN ÁREA 6 X 6 cm<sup>2</sup>, ANTERIOR (0°), PROFUNDIDAD 5.0 cm.

## ANEXO XV-A

A. REGIÓN  $\delta_1$ : A LO LARGO DEL EJE DEL HAZ.

A) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC:

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.264-3.264)^2 + (3.264-3.264)^2 + (3.264-3.264)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{Lec} = \frac{0.0064}{3.264} = 1.9608 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

B) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD nanoDot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(31110-31139)^2 + (31147-31139)^2 + (31160-31139)^2}{3-1}} = 25.9422 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (25.9422) = 14.9778 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [mrad]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 14.9834 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{Lec} = \frac{14.9834}{31139} = 4.8118 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.05\%$

## ANEXO XV-B

B. REGIÓN  $\delta_2$ : PENUMBRA DEL HAZ.A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -1.5 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1.178-1.178)^2 + (1.178-1.178)^2 + (1.178-1.178)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{Lec} = \frac{0.0064}{1.178} = 5.4329 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.54\%$

A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +1.5 cm ( $\delta_2$ ):

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1.244-1.244)^2 + (1.244-1.244)^2 + (1.244-1.244)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{Lec} = \frac{0.0064}{1.244} = 5.1447 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.51\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -1.5 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(11159-11179)^2 + (11162-11179)^2 + (11216-11179)^2}{3-1}} = 32.0780 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (32.0780) = 18.5203 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 18.5248 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{18.5248}{11179} = 1.6571 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.17\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +1.5 cm ( $\delta_2$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(11838-11869)^2 + (11853-11869)^2 + (11916-11869)^2}{3-1}} = 41.3884 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (41.3884) = 23.8956 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 23.8991 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{23.8991}{11869} = 2.0136 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.20\%$

**ANEXO XV-C****C. REGIÓN  $\delta_3$ : DENTRO DE CAMPO - FUERA DEL EJE DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -0.5 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.040-3.040)^2 + (3.040-3.040)^2 + (3.040-3.040)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.0403} = 2.1053 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.21\%$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +0.5 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(3.075-3.075)^2 + (3.075-3.075)^2 + (3.075-3.075)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{3.075} = 2.0813 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.21\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -0.5 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(28963-28994)^2 + (29007-28994)^2 + (29012-28994)^2}{3-1}} = 26.9629 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (26.9629) = 15.5671 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 15.5725 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{15.5725}{28994} = 5.3709 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.05\%$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +0.5 cm ( $\delta_3$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(29313-29342)^2 + (29328-29342)^2 + (29385-29342)^2}{3-1}} = 37.9868 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (36.5103) = 21.9317 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 21.9355 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{21.9355}{29342} = 7.4758 \times 10^{-4}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.07\%$

**ANEXO XV-D****D. REGIÓN  $\delta_4$ : FUERA DE CAMPO DEL HAZ.****A.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.146-0.146)^2 + (0.146-0.146)^2 + (0.146-0.146)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0004 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.146} = 4.3836 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 4.38\%$

**A.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LA CIC EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(0.153-0.153)^2 + (0.153-0.153)^2 + (0.153-0.153)^2}{3-1}} = 0.0000 \text{ [nC]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (0.0000) = 0.0000 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.011 \text{ [nC]}}{\sqrt{3}} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 0.0064 \text{ [nC]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{0.0064}{0.153} = 4.1830 \times 10^{-2}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 4.18\%$

**B.1) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL -3.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1380-1398)^2 + (1405-1398)^2 + (1409-1398)^2}{3-1}} = 15.7162 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (15.7162) = 9.0738 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 [nC]}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 9.0830 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{9.0830}{1398} = 6.4971 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.65\%.$

**B.2) INCERTIDUMBRES REGISTRADAS POR LOS OSLD EN LA POSICIÓN DEL PERFIL +3.0 cm ( $\delta_4$ ):**

Desviación típica del valor de las lecturas medidas (Incertidumbre Tipo A)	$\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Lec_i - \overline{Lec}]^2}$ $\sigma(Lec_i) = \sqrt{\frac{(1445-1462)^2 + (1451-1462)^2 + (1440-1462)^2}{3-1}} = 21.1424 \text{ [mrad]}$ $\xi_{valor-medido} = \sigma(\overline{Lec}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma(Lec_i) = \frac{1}{\sqrt{3}} (21.1424) = 12.2066 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de la resolución (Incertidumbre Tipo B)	$\xi_{resolución} = \frac{0.025 [nC]}{\sqrt{3}} = 0.0144 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre de radiación de fondo (Incertidumbre combinada)	$\xi_{medido} = \sqrt{(\xi_{valor-medido}^2 + \xi_{resolución}^2) + \xi_{fondo}^2} = 12.2134 \text{ [mrad]}$
Incertidumbre relativa de medida	$\xi_{rel.medida} = \frac{\xi_{medido}}{\overline{Lec}} = \frac{12.2134}{1462} = 8.3539 \times 10^{-3}$ $\xi_{rel.medida}[\%] = 0.83\%.$