

Soluciones PTW al Control de Calidad en Radioterapia

PTW Dosimetria Iberia – Jose Luis Bonet Sancho

Contenidos

- 1 Sistemas disponibles OCTAVIUS
- 2 Principio de reconstrucción de dosis en OCTAVIUS® 4D
- 3 OCTAVIUS® 4D – Una solución modular
- 4 Control de calidad del acelerador & OCTAVIUS® 4D
- 5 Características de Verisoft 7.0/7.1
- 6 Métodos paralelos en las soluciones de CC
- 7 Track-It
- 8 Futuro

¿Dependencia del Control de calidad?

Dependiente de campo



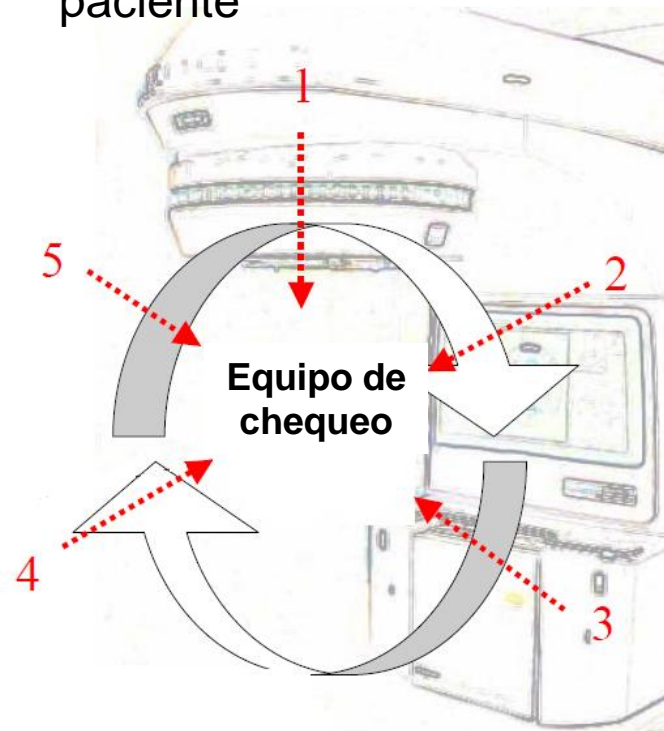
Ventajas:

- Principio básico
- Detección de errores podría ser fácil

Desventajas:

- Considere solamente una parte de los parámetros

Dependiente del plan de paciente



Ventajas:

- Considere todos los parámetros
- Resultados fáciles de entender

Desventajas:

- Mas esfuerzos son necesarios

Verificación del plan de tratamiento–Soluciones

OCTAVIUS® I



Aplicación de detectores OCTAVIUS® con láminas de RW3

OCTAVIUS® II



Detectores OCTAVIUS® en un maniquí octogonal estático.

OCTAVIUS® 4D

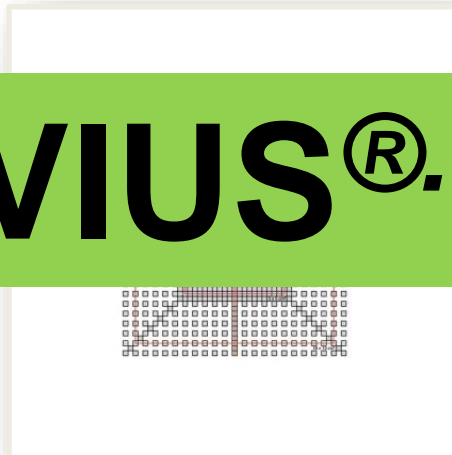


Detectores OCTAVIUS® en un maniquí OCTAVIUS® 4D

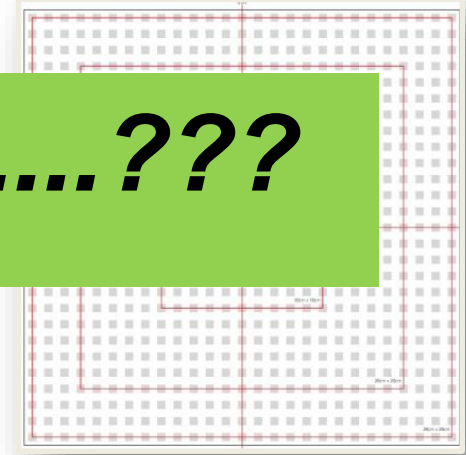
La familia de detectores OCTAVIUS®



OCTAVIUS®
1500



OCTAVIUS®
1000 SRS



OCTAVIUS®
729

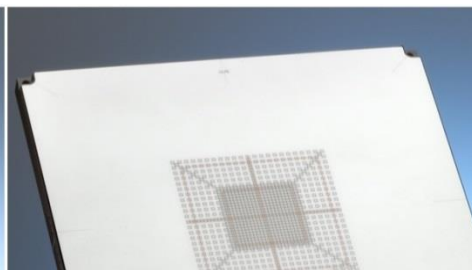
OCTAVIUS®.....???

La familia de detectores OCTAVIUS®

Overview



OCTAVIUS® 1500



OCTAVIUS® 1000 RS



OCTAVIUS® 729

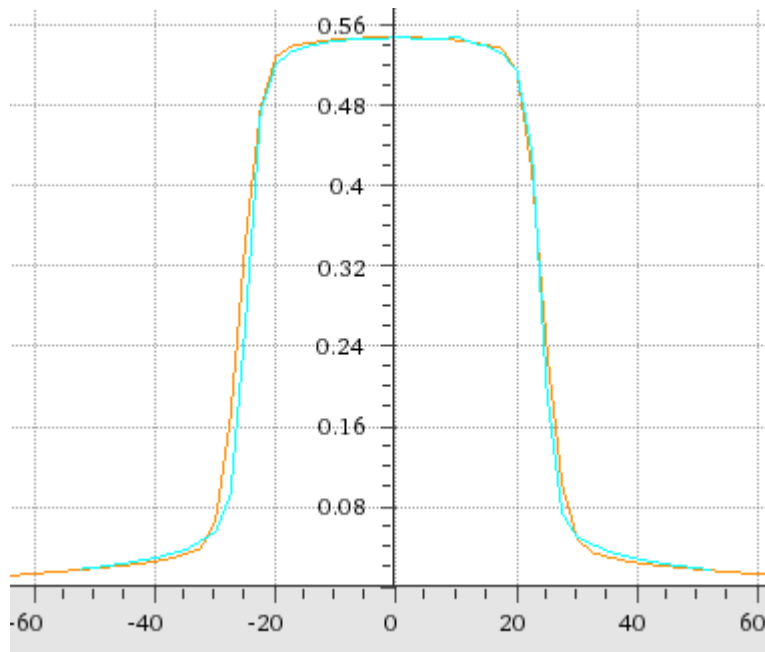
Detector technology	Vented ionization chamber	Liquid-filled ionization chamber	Vented ionization chamber
No. of detectors	1405	977	729
Detector size	4.4 x 4.4 x 3 mm ³	2.3 x 2.3 x 0.5 mm ³	5 x 5 x 5 mm ³
Detector spacing	7.07 mm center-to-center	2.5 mm center-to-center*	10 mm center-to-center 5 mm edge-to-edge
Field size range	(2 x 2) – (27 x 27) cm ²	(1 x 1) – (11 x 11) cm ²	(2 x 2) – (27 x 27) cm ²
Area coverage	50%	85%	25%
Max. dose rate	48 Gy/min	36 Gy/min	48 Gy/min
Treatment techniques	3D CRT, IMRT, VMAT, SRS/SBRT	SRS/SBRT	3D CRT, IMRT, VMAT
Suitable for LINAC QA?	yes	yes	yes

*center area

OCTAVIUS[®] 1000 SRS comp. a OCTAVIUS[®] 729

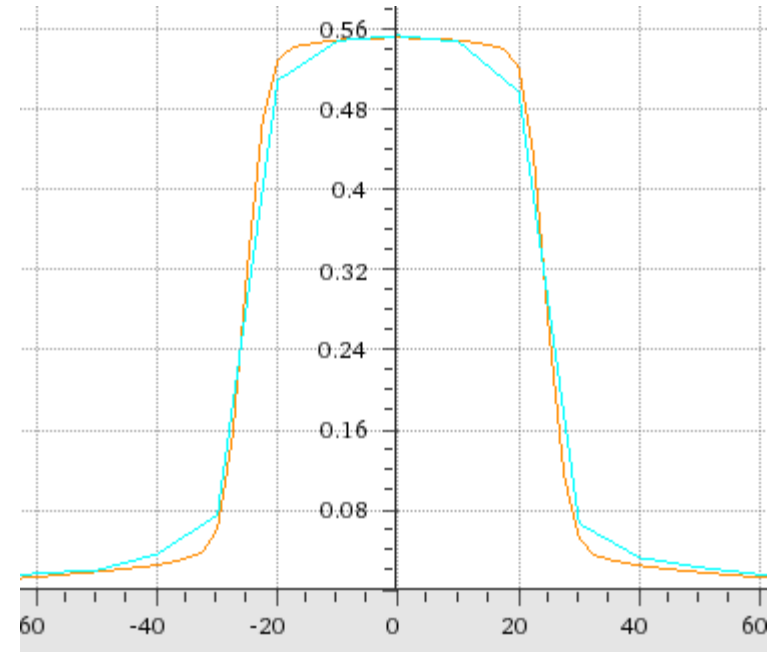
Perfil medido: 5x5 cm²

OCTAVIUS[®] 1000 SRS



Perfil medido: 5x5 cm²

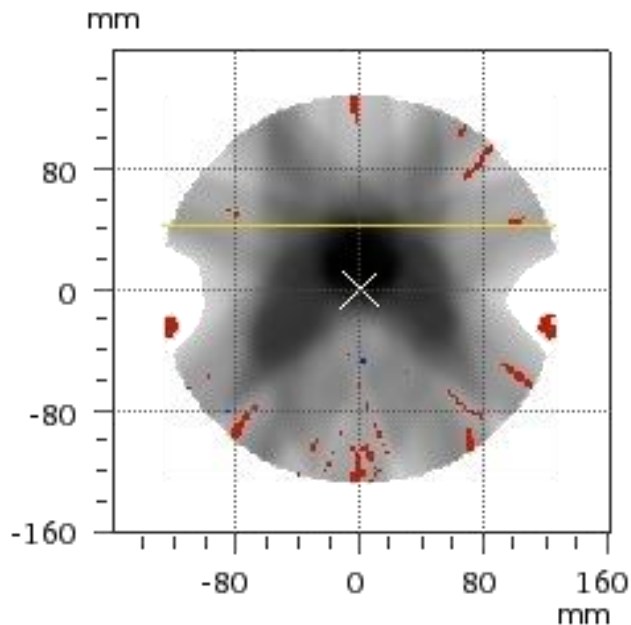
OCTAVIUS[®] 729



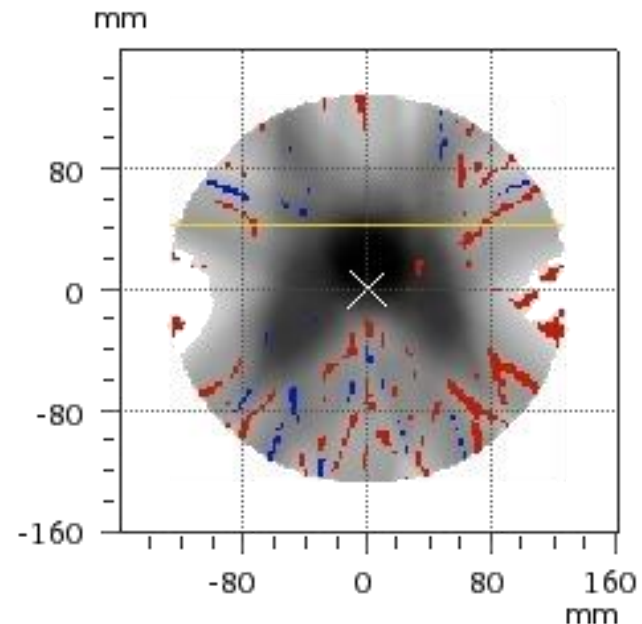
Mejor detección de errores y falsos positivos en verificación de planes de tratamiento.

OCTAVIUS[®] 1500 compared to OCTAVIUS[®] 729

Puntos que no pasan usando
OCTAVIUS[®] 4D & OD1500
(1405 CI)



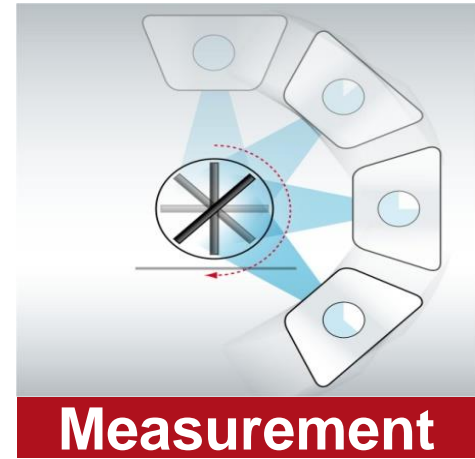
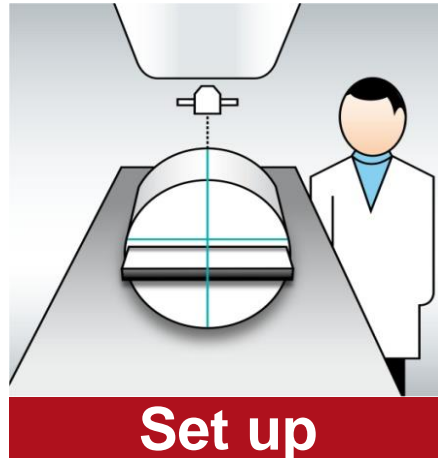
Puntos que no pasan usando
OCTAVIUS[®] 4D & OD729
(729 CI)



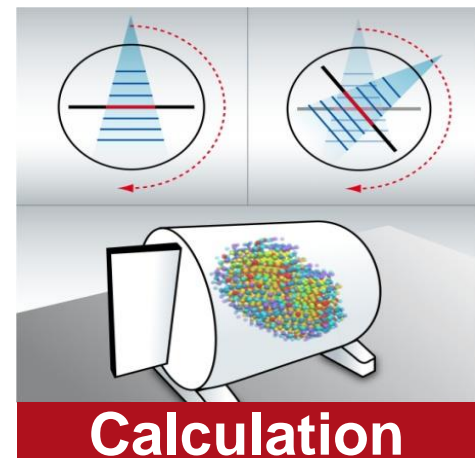
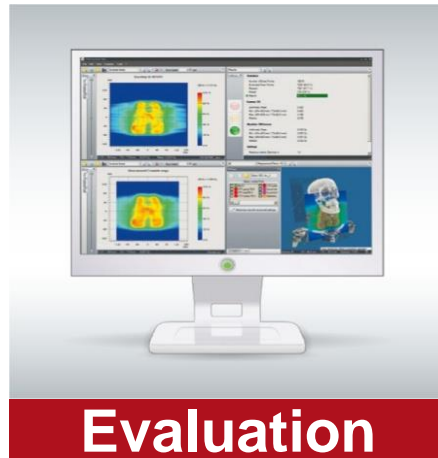
Mejor detección de errores y falsos positivos en verificación de
planes de tratamiento

OCTAVIUS[®] 4D – Flujo de trabajo

Hardware



Software



VeriSoft® – Funcionalidades

Medición de Dosis

Adquisición y almacenamiento de medidas 2D-Array

Simple suma de dosis

Suma de dosis como función de tiempo & ángulo

Reconstruction requerida (!)

Distribucion 2D de dosis

Distriucion 3D dosis

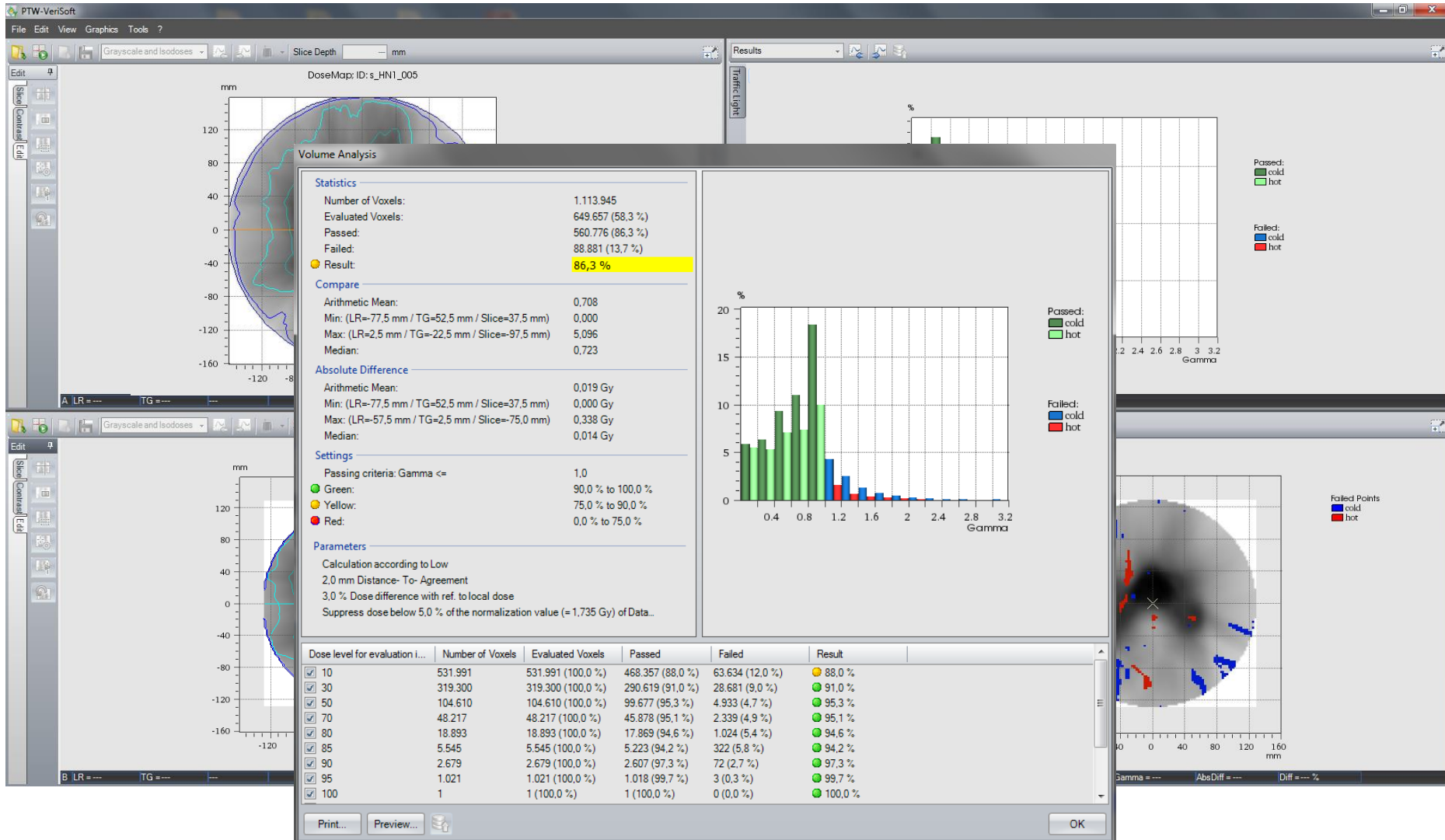
Recostruccion de dosis

- Conjunto de curvas PDD medidas en un maniquí de agua
- Reconstrucción de dosis en:
 - Geometría del maniquí:
 - Coplanar
 - Non-coplanar
 - Off-Axis
 - Geometria paciente(CT)
- No requiere datos del TPS

Comparación matriz

- Gamma-analysis basado en Depuyt et al.
 - 2D/3D
 - Volume
- Histogramas Gamma
- Comparacion de perfiles
- Analisis DVH en anatomia del paciente basado sobre datos medidos

VeriSoft® – Plataforma fácil y flexible



OCTAVIUS® 4D –Hardware

**Octavius® 4D
con el array de
detectores**

**Unidad de control &
Array interfaz**



Inclinómetro



OCTAVIUS[®] 4D

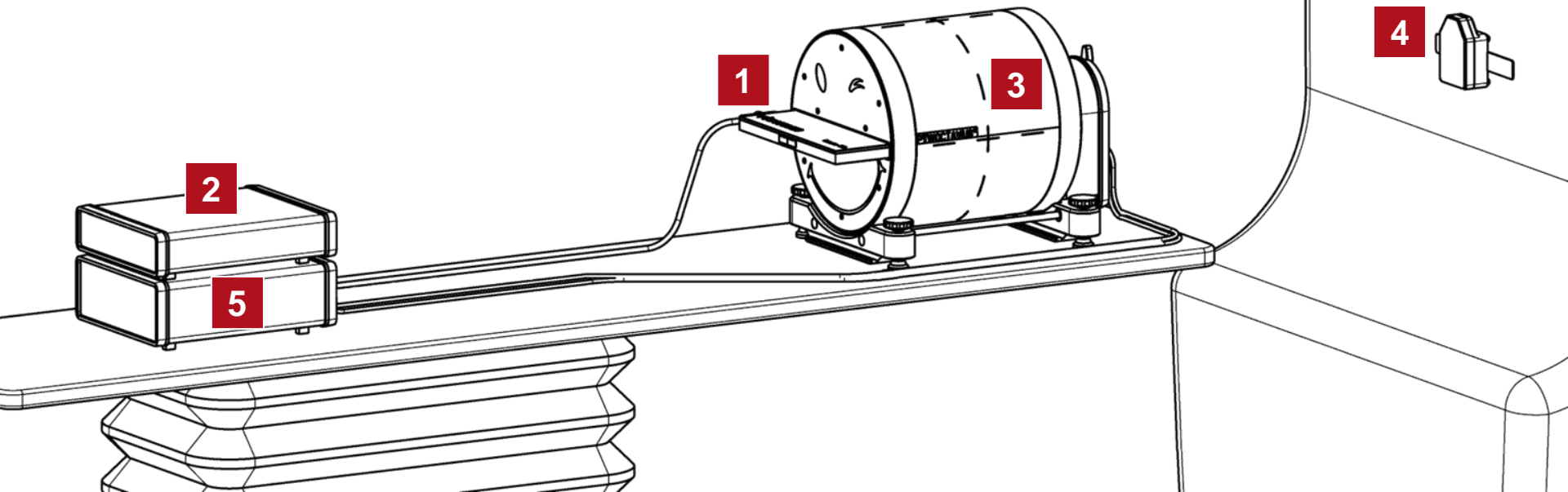
1 OCTAVIUS[®] Detector

2 OCTAVIUS[®] Detector Interfaz

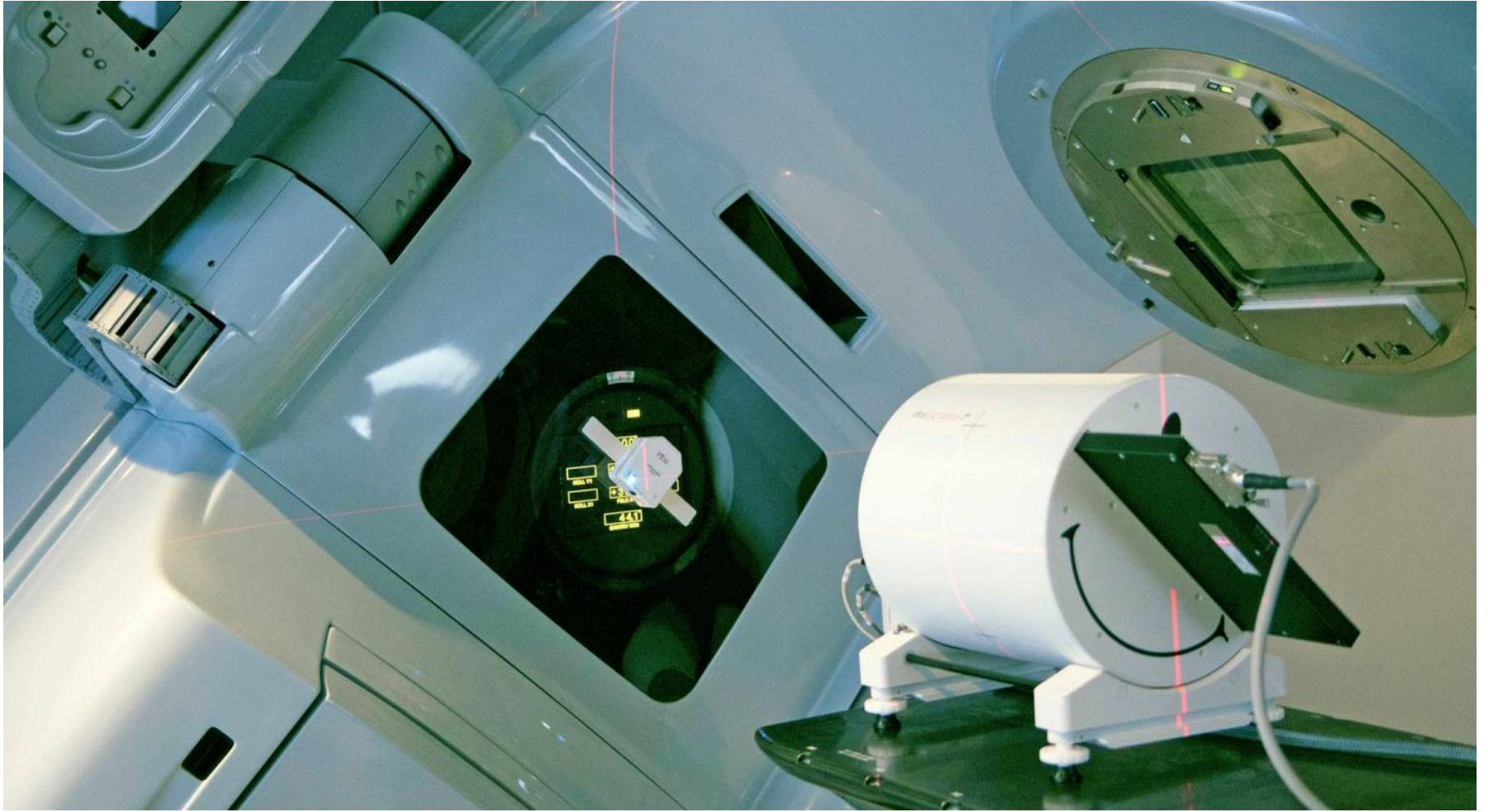
3 Unidad de rotacion

4 Wireless Inclínómetro (Bluetooth)

5 Control Unit y receptor de Bluetooth , TCP/IP conexion a PC

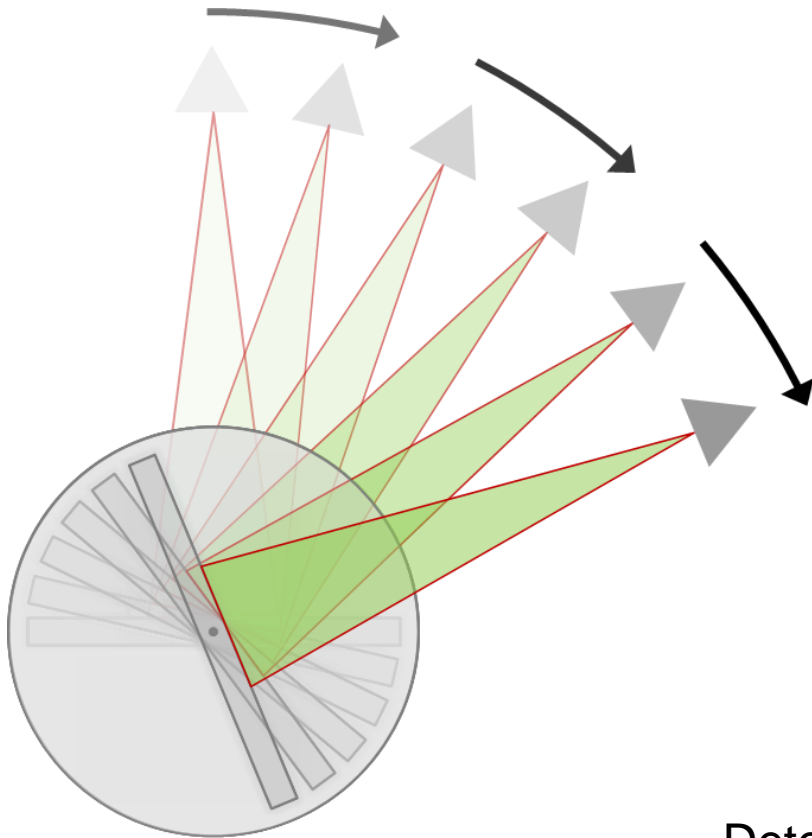


OCTAVIUS[®] 4D – Montaje y medidas



OCTAVIUS[®] 4D – Principio General (1)

**Medida
(tiempo & angulo
dependientes)**



**Prcesamiento de datos
(Ejemplo)**

Intervalo 1:
0 – 200 ms // 0.0°

Intervalo 2:
200 – 400 ms // 0.5°

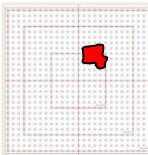
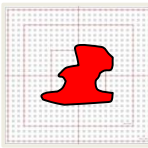
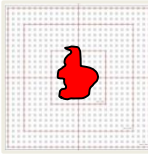
Intervalo 3:
400 – 600 ms // 1.2°

⋮

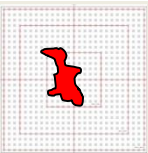
Interval n:
xxx-xxx ms // xx.x°



Determinación de un tamaño de campo equivalente para cada intervalo



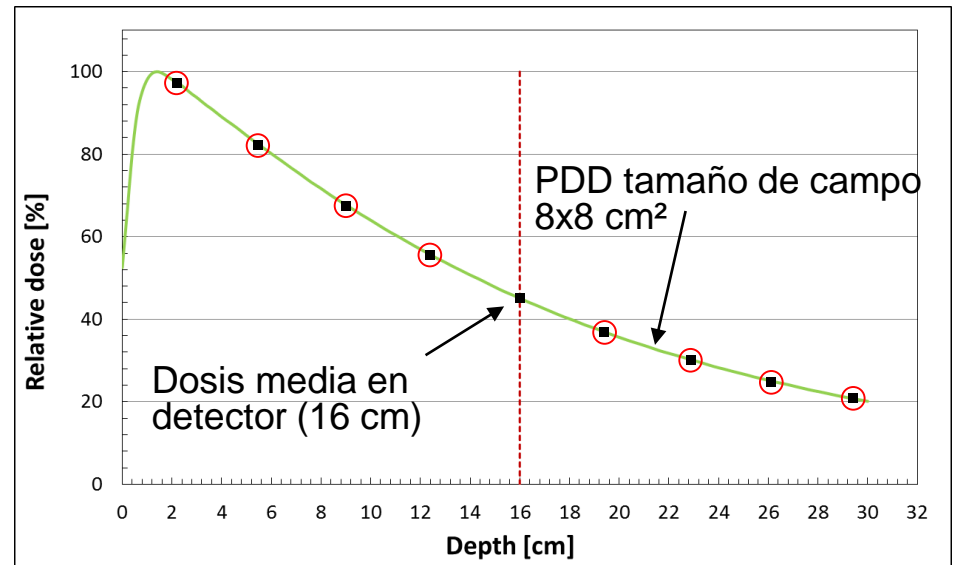
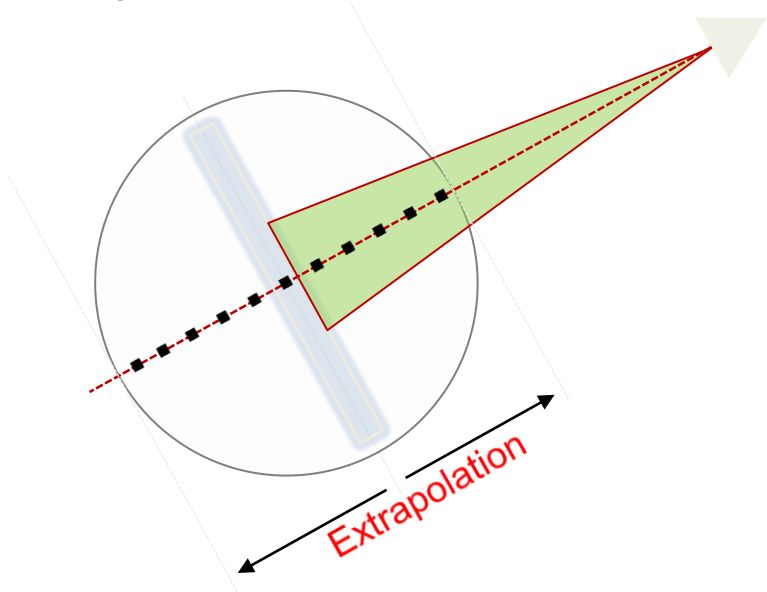
⋮



OCTAVIUS[®] 4D – Principio general (2)

- ▶ Reconstrucción de dosis basada sobre medidas de PDDs (0x0 cm² a 26x26 cm²) en maniquí de agua.

Ejemplo: Reconstrucción de un intervalo con tamaño de campo equivalente 8x8 cm²

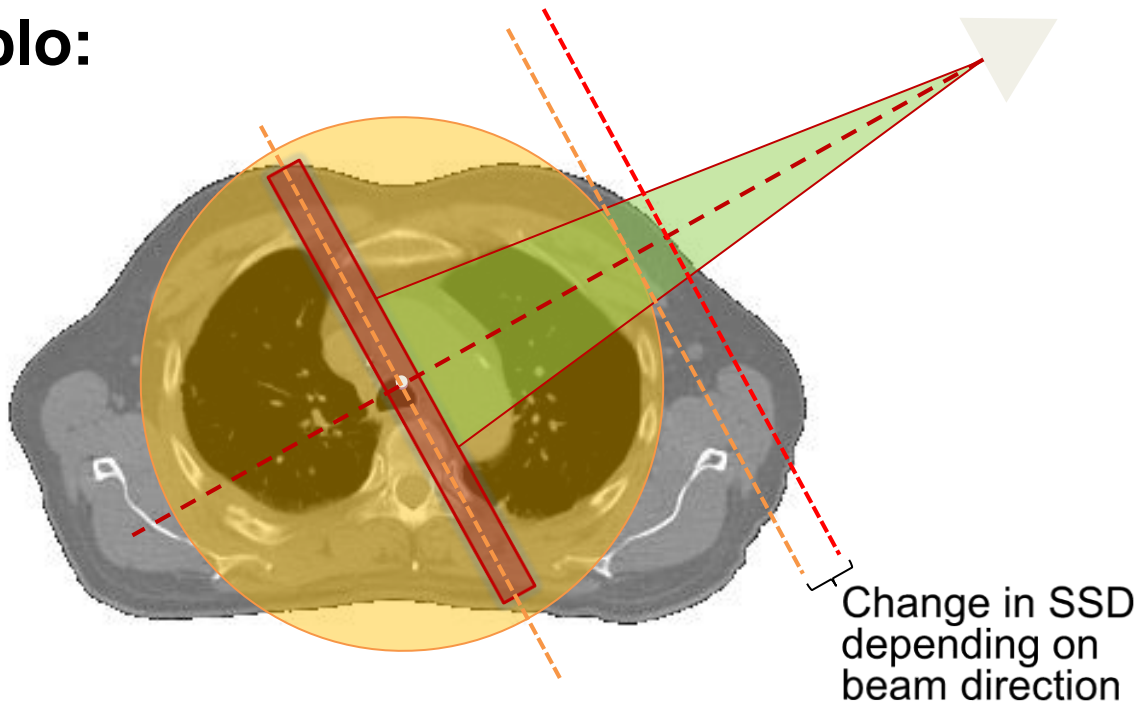


- ▶ Suma de todos los puntos de dosis, medidos y extrapolados en un intervalo dado, total de intervalos conducen a un **maniquí de distribución de dosis 3D**.

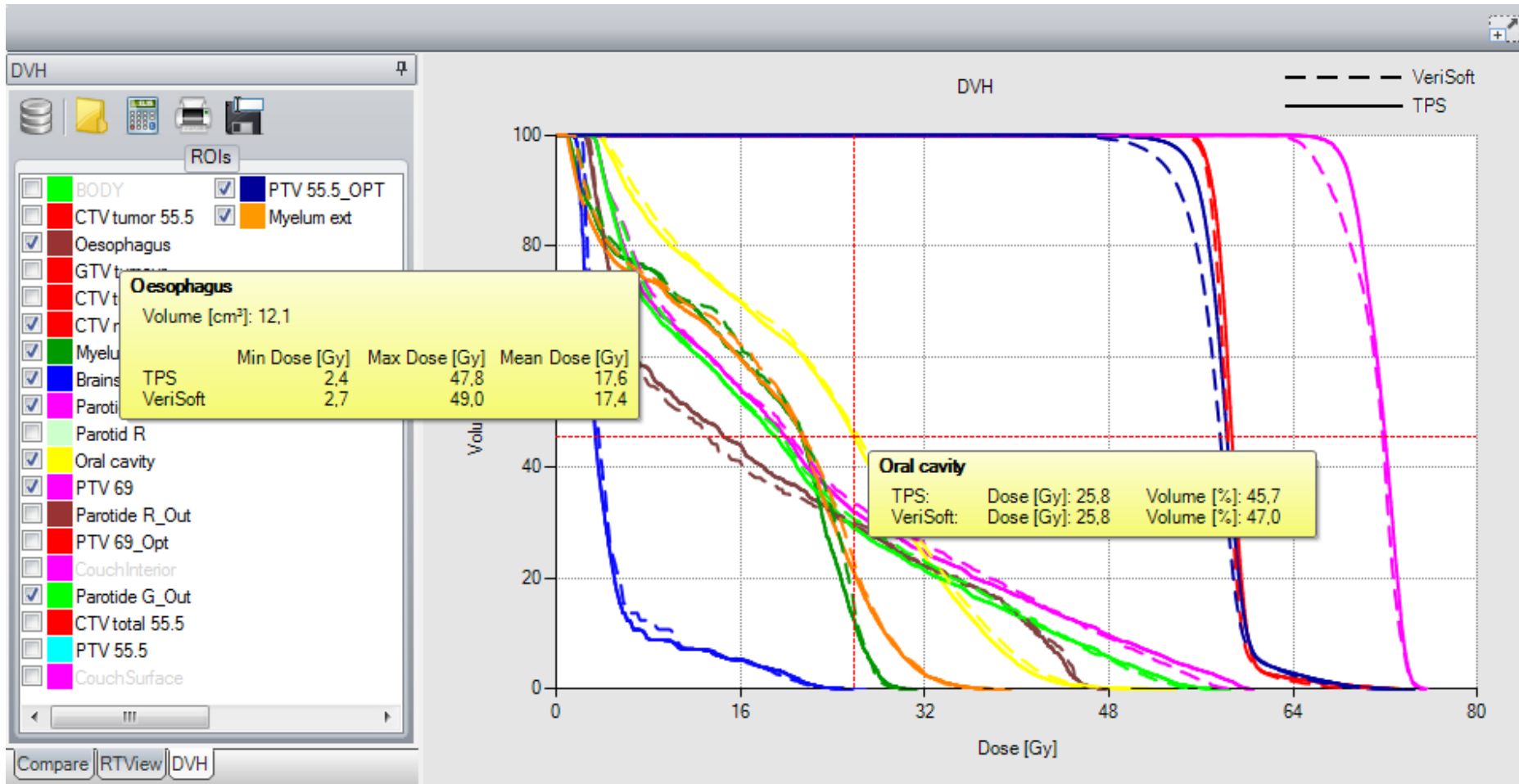
OCTAVIUS[®] 4D– Analisis DVH (1)

- ▶ Cálculo de dosis a paciente basaos sobre medidas & CT DICOM
- ▶ Algoritmo toma cambios en SSD y tiene en cuenta diferentes densidades
- ▶ TPS DVHs son recalculados (no DVHs en DICOM-RT en cada TPS)
- ▶ Comparacion de medida y planificado

Ejemplo:

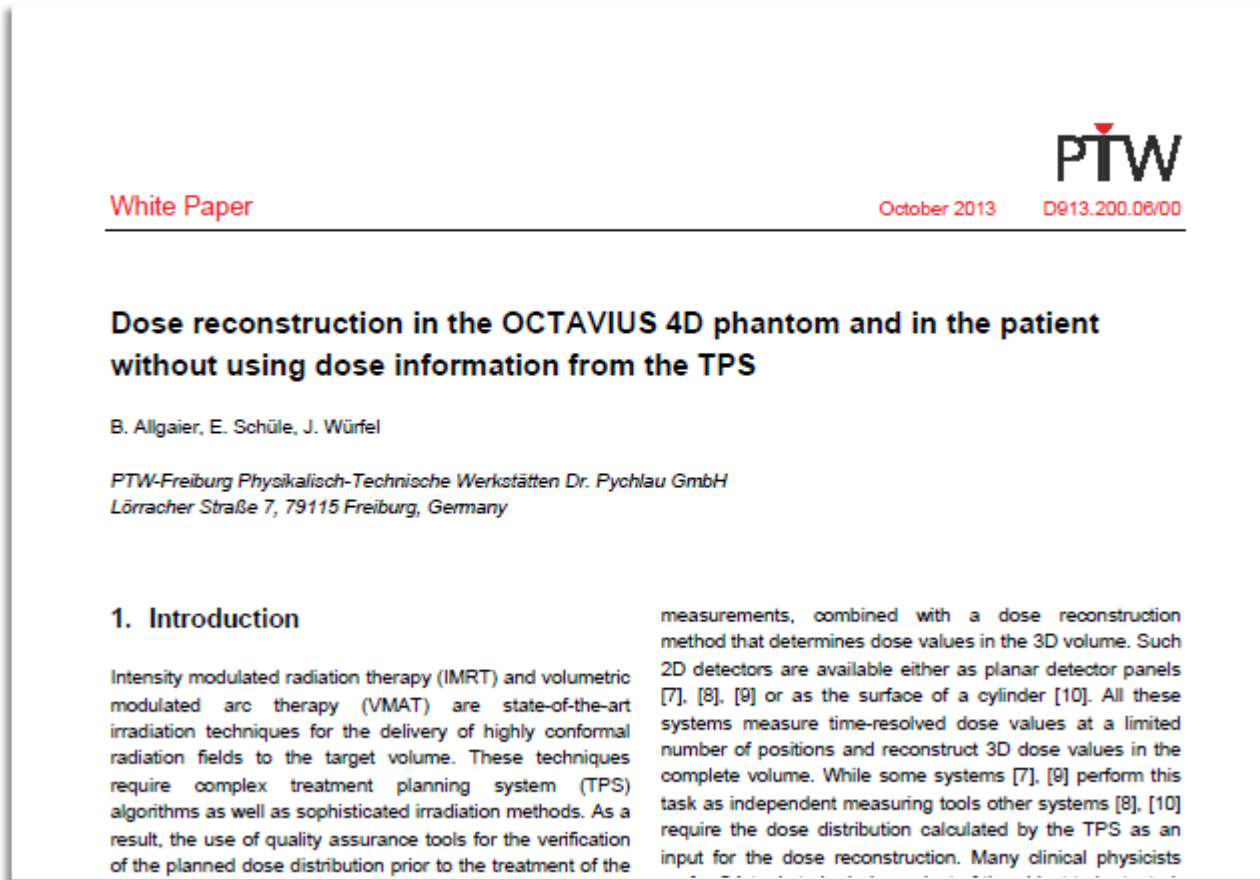


OCTAVIUS[®] 4D – DVH Analysis (2)



OCTAVIUS[®] 4D – Reconstrucción de dosis

- ▶ Más información detallada sobre el principio general de reconstrucción puede ser analizado en el siguiente *white paper*...



White Paper

October 2013 D913.200.06/00

Dose reconstruction in the OCTAVIUS 4D phantom and in the patient without using dose information from the TPS

B. Allgaier, E. Schüle, J. Würfel

PTW-Freiburg Physikalisch-Technische Werkstätten Dr. Pöchlau GmbH
Lörracher Straße 7, 79115 Freiburg, Germany

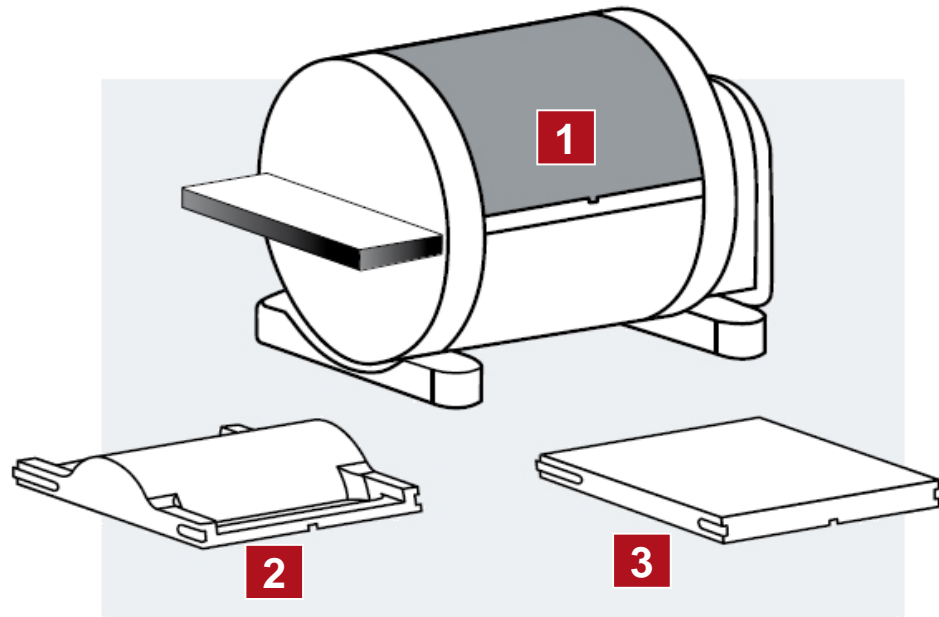
1. Introduction

Intensity modulated radiation therapy (IMRT) and volumetric modulated arc therapy (VMAT) are state-of-the-art irradiation techniques for the delivery of highly conformal radiation fields to the target volume. These techniques require complex treatment planning system (TPS) algorithms as well as sophisticated irradiation methods. As a result, the use of quality assurance tools for the verification of the planned dose distribution prior to the treatment of the

measurements, combined with a dose reconstruction method that determines dose values in the 3D volume. Such 2D detectors are available either as planar detector panels [7], [8], [9] or as the surface of a cylinder [10]. All these systems measure time-resolved dose values at a limited number of positions and reconstruct 3D dose values in the complete volume. While some systems [7], [9] perform this task as independent measuring tools other systems [8], [10] require the dose distribution calculated by the TPS as an input for the dose reconstruction. Many clinical physicists

El maniquí modular OCTAVIUS® 4D

- ▶ Unidad base motorizada con **Standard phantom top (1)**, Ø 32 cm
- ▶ **SRS QA top (2)**: Ø 17 cm, para campos/volumenes pequeños
- ▶ **LINAC QA top (3)**: plano, 5 cm material build-up

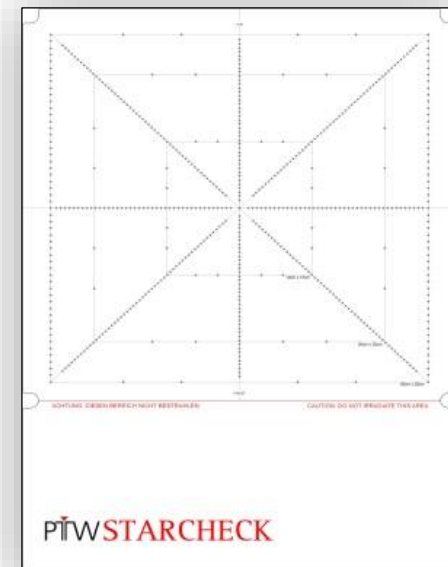


LINAC QA & OCTAVIUS[®] 4D – Detectores disponibles

- ▶ Basicamente: Todos los detectores OCTAVIUS son válidos para LINAC QA
- ▶ STARCHECK[®]/ STARCHECK^{maxi} son específicamente diseñados para LINAC QA



	STARCHECK [®]	STARCHECK ^{maxi}
Detector technology	Vented ionization chamber	Vented ionization chamber
No. of detectors	527	707
Detector size	3 x 8 x 2,2 mm ³	3 x 8 x 2,2 mm ³
Detector spacing	3.0 mm center-to-center	3.0 mm center-to-center
Field size range	Up to (26 x 26) cm ²	Up to (40 x 40) cm ²
Max. dose rate	50 Gy/min	50 Gy/min
Detectors for MLC checks	Yes, 2 x 53 detectors	No



Pre-Irradiación de los arrays de detectores PTW

► PTW recomendaciones para la pre -irradiación:

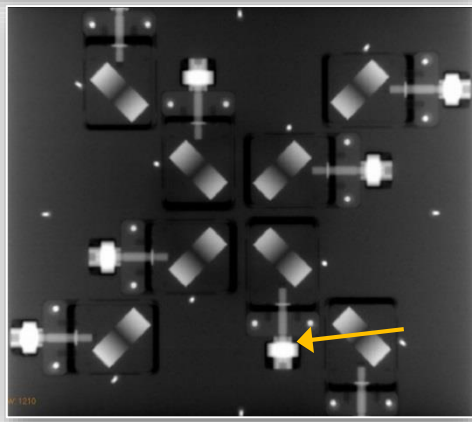
	OCTAVIUS 729	OCTAVIUS 1500 /STARCHECK	OCTAVIUS 1000 ^{SRS}
Pre-irradiation dose	3 Gy (variation of response will be $\leq 1.0 \%$)	1 Gy (variation of response will be $\leq 0.5 \%$)	1 Gy (variation of response will be $\leq 0.5 \%$)
Field size	<p>If possible, pre-irradiate only the area of the detector array's ionization chambers that is needed for the measurement.</p> <p><i>Example: If only fields of 10x10 cm² should be measured for LINAC QA, do not use 25x25 cm² for pre-irradiation, better use 15x15 cm²</i></p> <p>If not possible, use field sizes not larger than max. 25x25 cm² (better 20x20 cm²)</p>		Max. field size not larger than 12x12 cm ²
Energy	Pre-irradiate always at 6MV photons	Pre-irradiate always at 6MV photons	Pre-irradiate always at 6MV photons

Herramientas opcionales para LINAC QA (1)

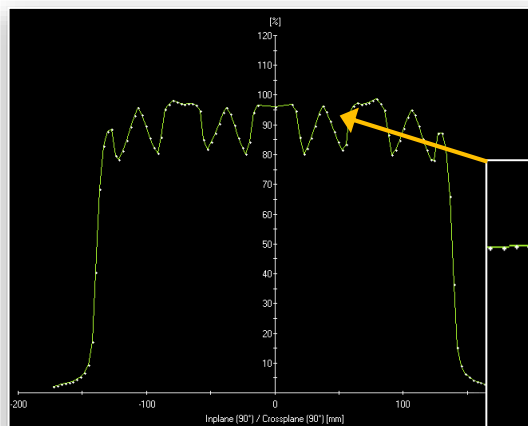
FIELDCHECK



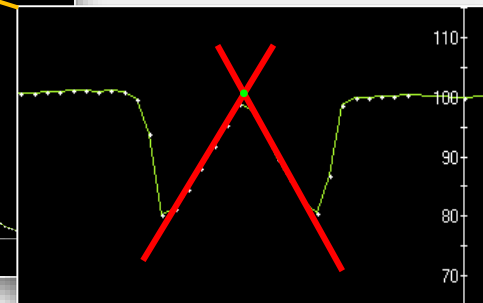
- ▶ Chequea congruencia de campo de luz y campo de radiación con ambos **STARCHECK® / STARCHECK^{maxi}**
- ▶ Tamaño de campo (10 x 10) cm² y (20 x 20) cm²
- ▶ Alta precisión sin película.



Medida...



Evaluación...



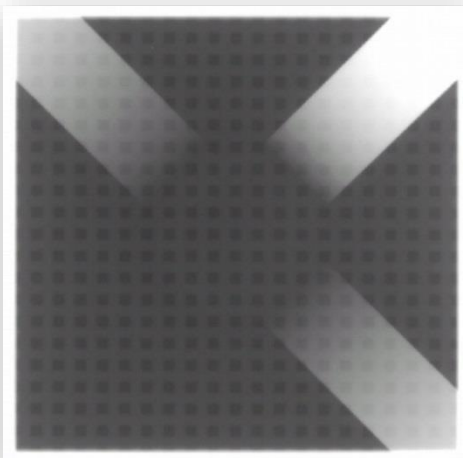
The FIELDCHECK phantom was designed by T. Perik from The Netherlands Cancer Institute NKI-AVL, Amsterdam, The Netherlands

Herramientas opcionales para LINAC QA(2)

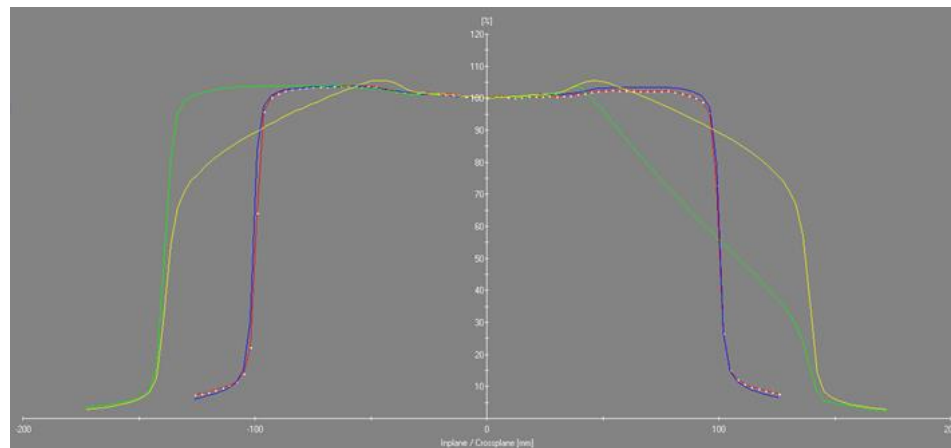
BQ-CHECK®



- ▶ Chequea la estabilidad de la energía en diferentes tamaños de campo en combinación con **OCTAVIUS® Detector**, **STARCHECK® / STARCHECK^{maxi}**
- ▶ Tamaño de campo (20 x 20) cm²
- ▶ 1 x cuña de cobre para haces de fotones, 2 x aluminio para haces de electrones



Medida & Evaluacion...



LINAC QA & OCTAVIUS® 4D – Software

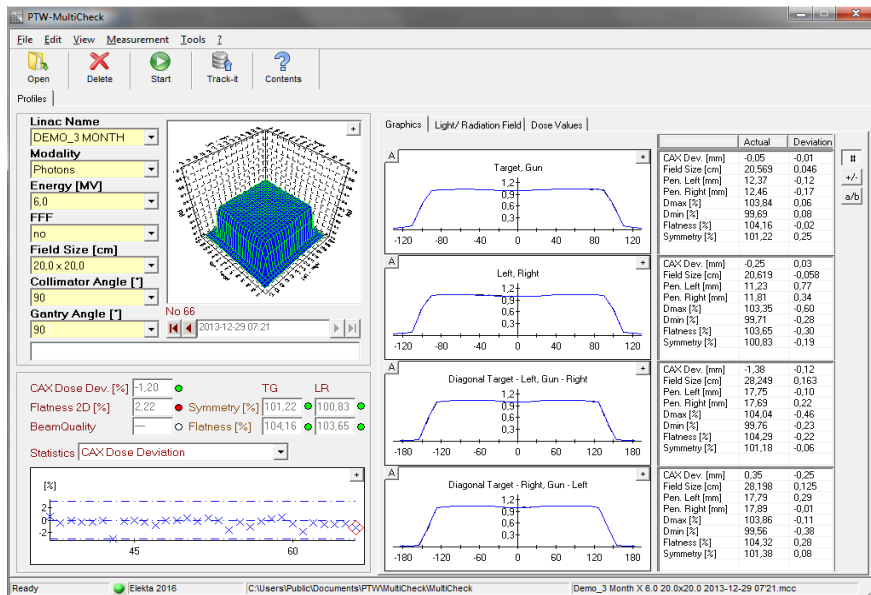
MultiCheck 3.6

- ▶ Chequea Planitud, simetría, homogeneidad, cuañas de ángulo, desviación CAX, posición MLC, etc..
- ▶ Estadísticas
- ▶ Analiza en función de protocolos internacionales y de los fabricantes de aceleradores



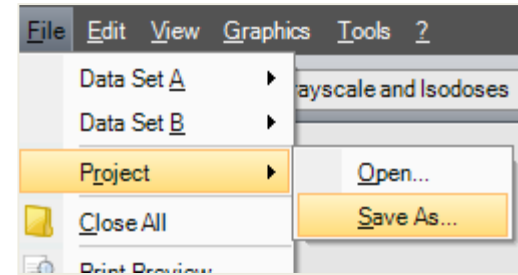
BeamAdjust 2.0

- ▶ Modo continuo de medida para perfiles de dosis
- ▶ Chequea el comportamiento de la púa en marcha del acelerador
- ▶ Función Modo -Película
- ▶ Exporta a Track-it
- ▶ Analisis en función de protocolos internacionales y de los fabricantes de aceleradores



VeriSoft® projects

- ▶ Guarda/Carga **completas evaluaciones VeriSoft como proyectos** (.vsp-files)
- ▶ Que incluye **VeriSoft project**?
 - ▶ Distribución de dosis de TPS
 - ▶ Distribucion de dosis reconstruida
 - ▶ Evaluación & parametros comparados
 - ▶ Otros ajustes (PDDs, RED, etc.)



Analisis clasificados y Exportacion de datos



Transfer...



Clasificacion de llas evaluaciones en VeriSoft dependiendo de ...

- ▶ Tipo de tratamiento (Prostate, H&N, Lung...)
- ▶ Tipo de Linac(FFF, WFF)
- ▶ Tecnica de tratamiento(IMRT, VMAT, SBRT,....)
- ▶ Energia



✓ **Fácil manejo**

Exportar los resultados de verificación a el sistema ***Track-it...***

- ▶ Estadisticas y resultados de la compararacion de la matriz
- ▶ Reconstrucción de parametros
- ▶ Imagenes (Histogramas Gamma histograms, Graficas, etc.)
- ▶ Archivos VeriSoft project

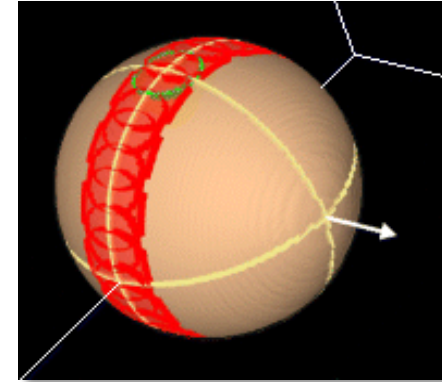


✓ Chequeos de constancia & Tendencia

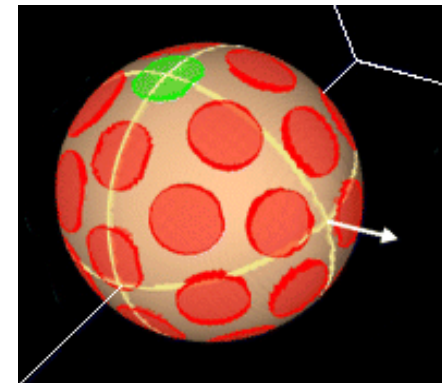
✓ Web application. ¡¡¡Datos disponibles siempre!!!

Verificación de campos non-coplanares (1)

- ▶ VeriSoft permite la reconstrucción de dosis & verificación de campos coplanar pero también **no-coplanar**
 - ▶ **Plan de tratamiento:** Planificas vuestro campo no coplanar sobre el maniqui.
 - ▶ **Medida:** Mides con maniqui en posición de 0° de la mesa
 - ▶ **Reconstrucción de dosis:**
 - ▶ VeriSoft automáticamente lee el ángulo de la mesa.
 - ▶ Algoritmo reconstruye la dosis medida en 0° y la convierte en el ángulo de mesa deseado.



Tratamiento Coplanar



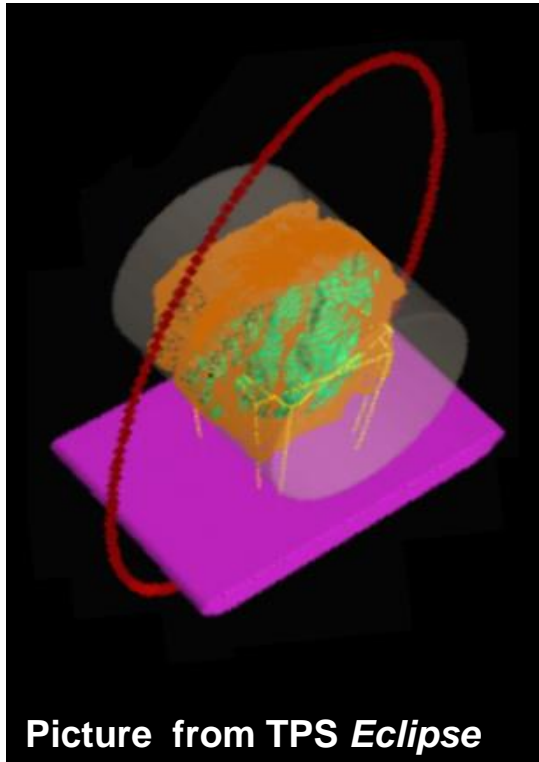
Tratamiento Non-coplanar

Verificación of no-coplanar campos (2)

Eemplo: Verificación de un no-coplanar Arc (340° angulo de mesa)

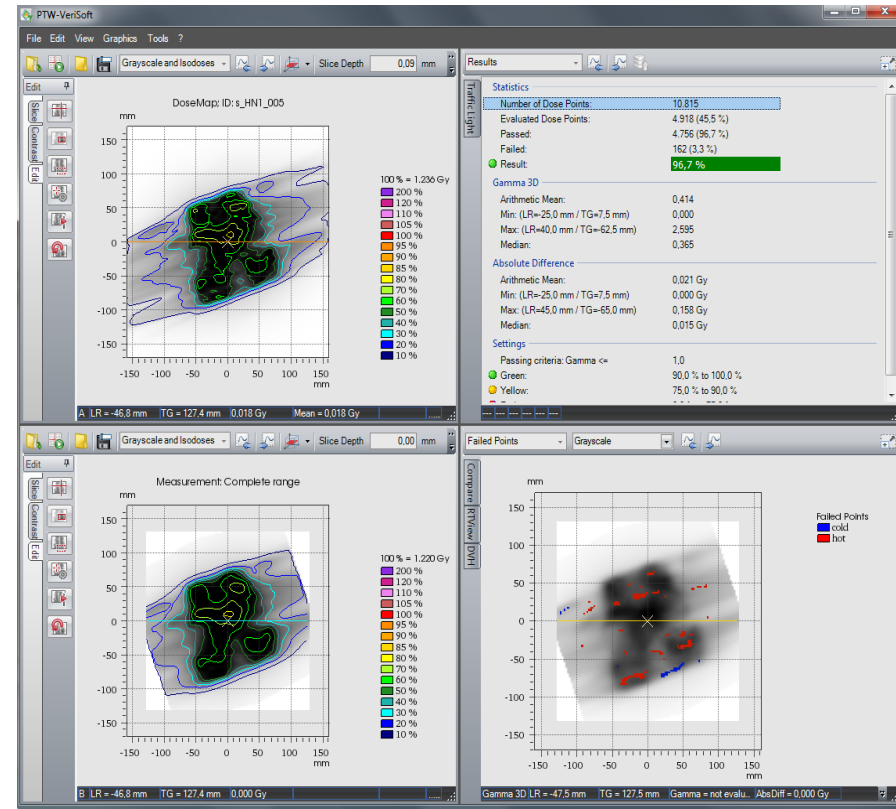
Plan de tratamiento

Planificado sobre 340°
rotado manquiui/mesa



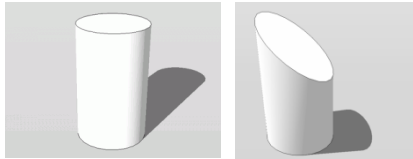
**Medida con
manquiui/mesa
a 0°**

Verisoft realiza la evaluación...



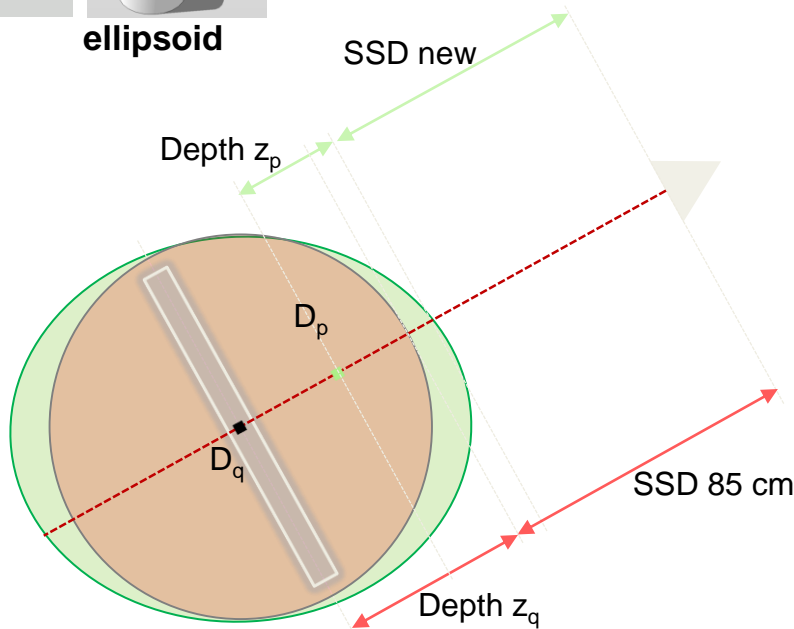
Verificación de campos no-coplanares (3)

► Principio de reconstrucción de dosis:



circle

ellipsoid



Dosis medida por el OCTAVIUS detector

$$D_P = D_q \cdot \frac{PDD(z_p, A, SSD_{85}, hv) \cdot \left(\frac{SSD_{85} + z_p}{SSD_{new} + z_p} \right)^2}{PDD(z_q, A, SSD_{85}, hv) \cdot \left(\frac{SSD_{85} + z_q}{SSD_{new} + z_q} \right)^2}$$

Relative dose at depth z_p (normalized), PDD curve for detected fieldsize A

SSD correction

Maniquí marrón: OCTAVIUS 4D usado para medidas, ángulo de mesa 0°

Maniquí verde: Virtual, rotado OCTAVIUS 4D en Verisoft, nuevo ángulo de mesa x°

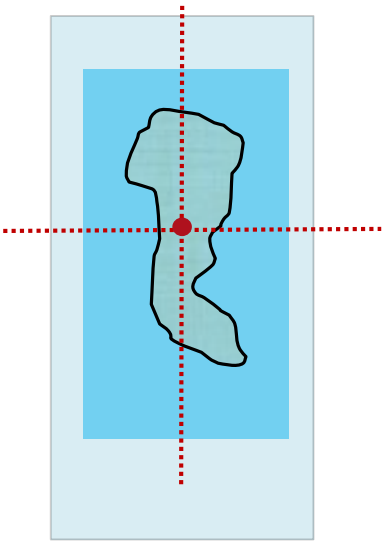
Verificación de irradiación campos largos (1)

► En dos pasos el algoritmo en Versoft permite...

1. **Composicion** dos medidas
2. **Reconstruccion de dosis**

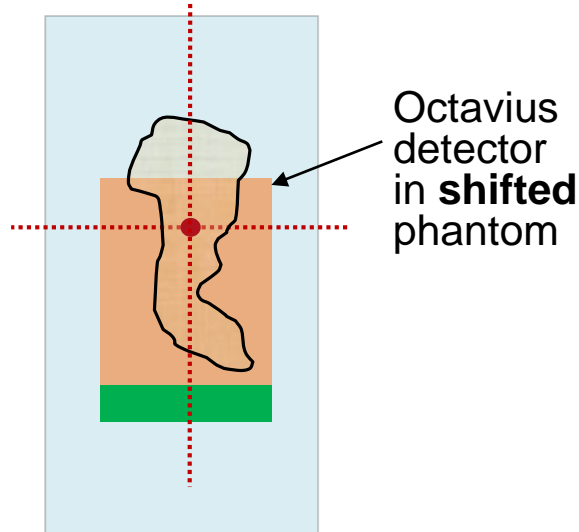
Plan de tratamiento

Plan de (50 cm)
virtual maniquí
(blue)

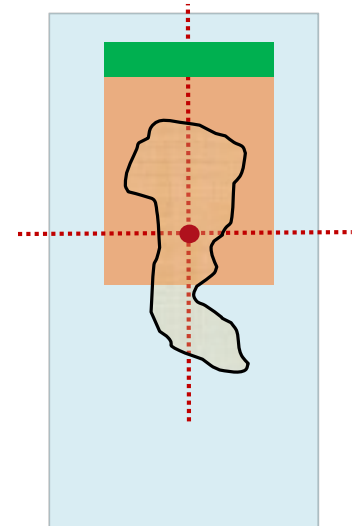


Medida

① Medida en *cabeza*
(desplazamiento en una
dirección)



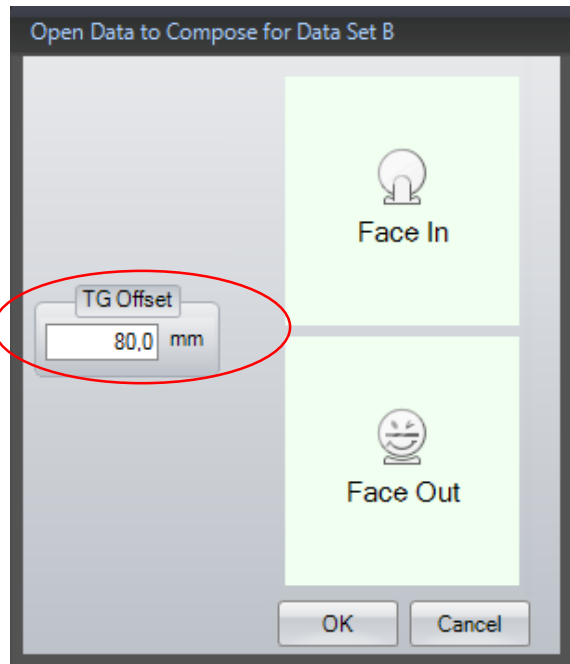
② Medida en *pies*
(desplazamiento en dirección
opuesta)



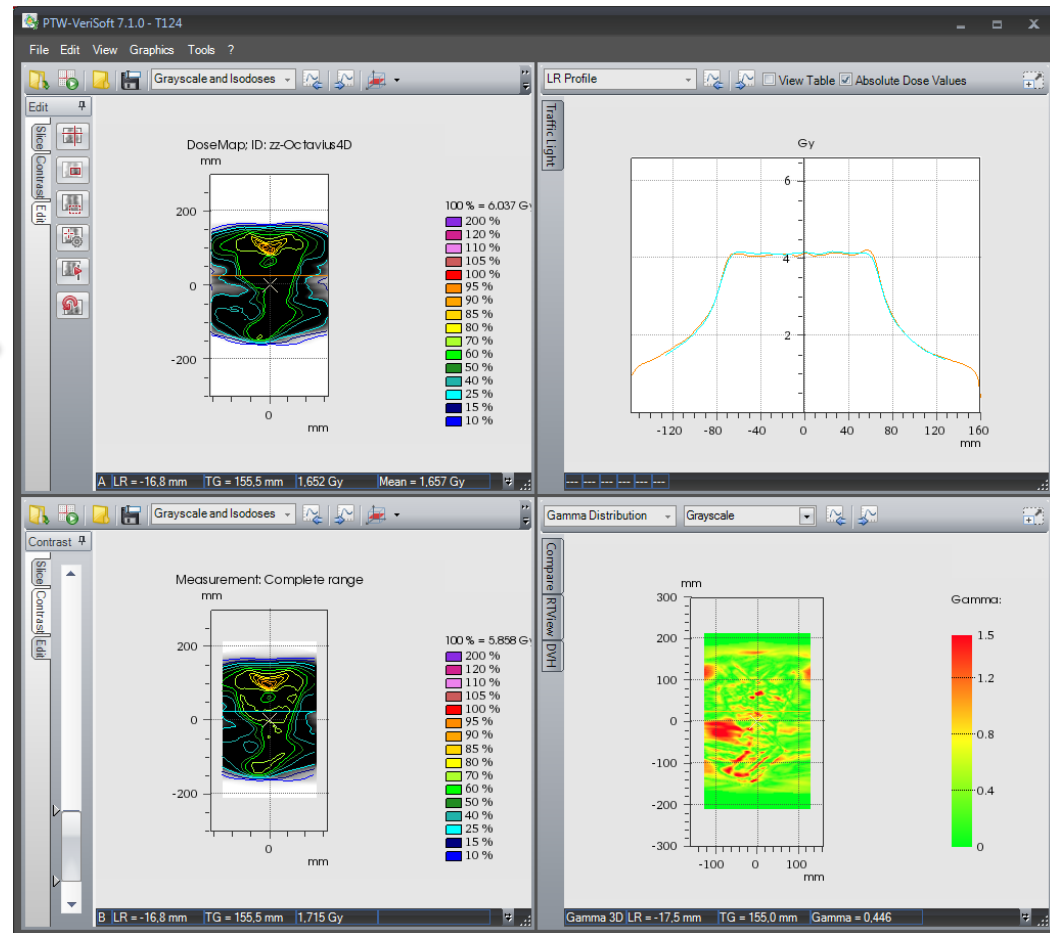
Verificación de irradiación campos largos (2)

- ▶ Simplemente cargar las medidas correspondientes del maniquí OCTAVIUS 4D

Ventana de composición

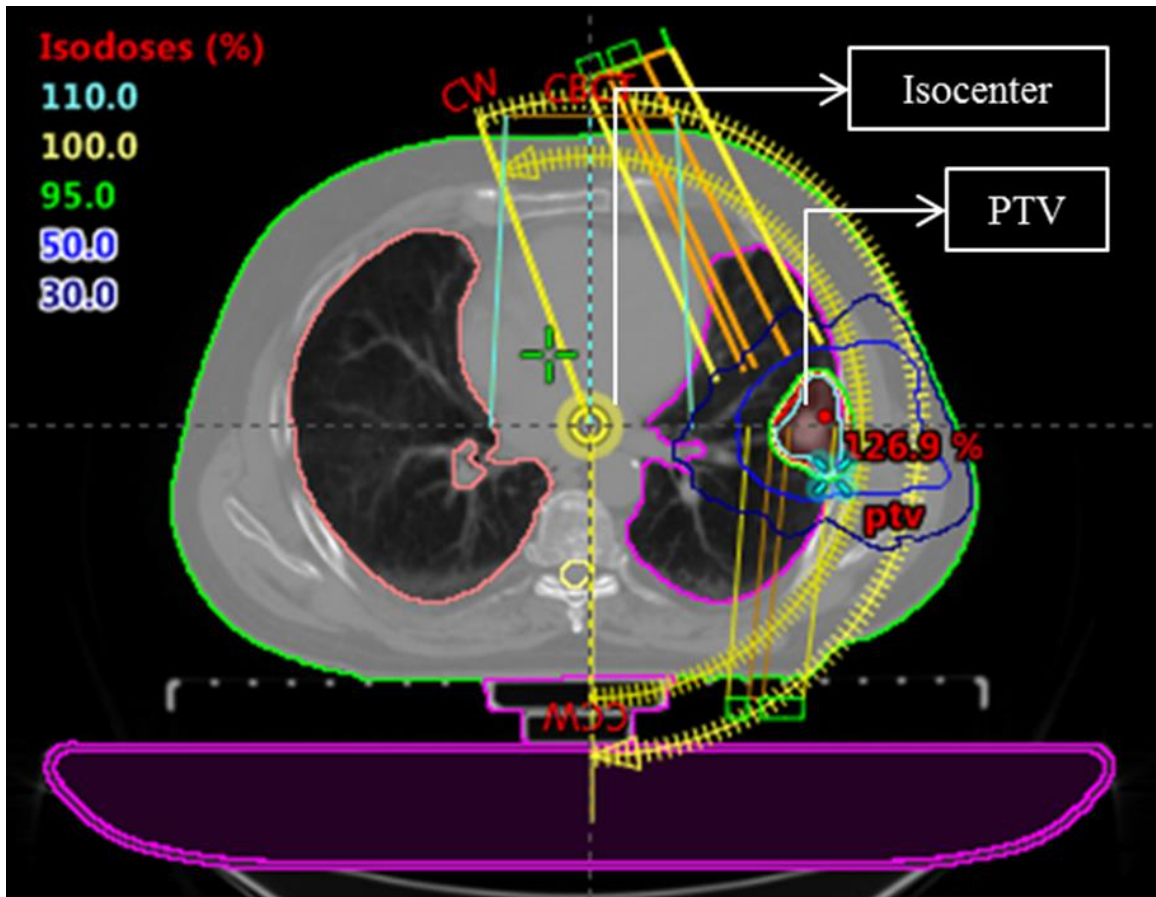


Verificación de campos largos...



Verificación de volúmenes Off-axis (1)

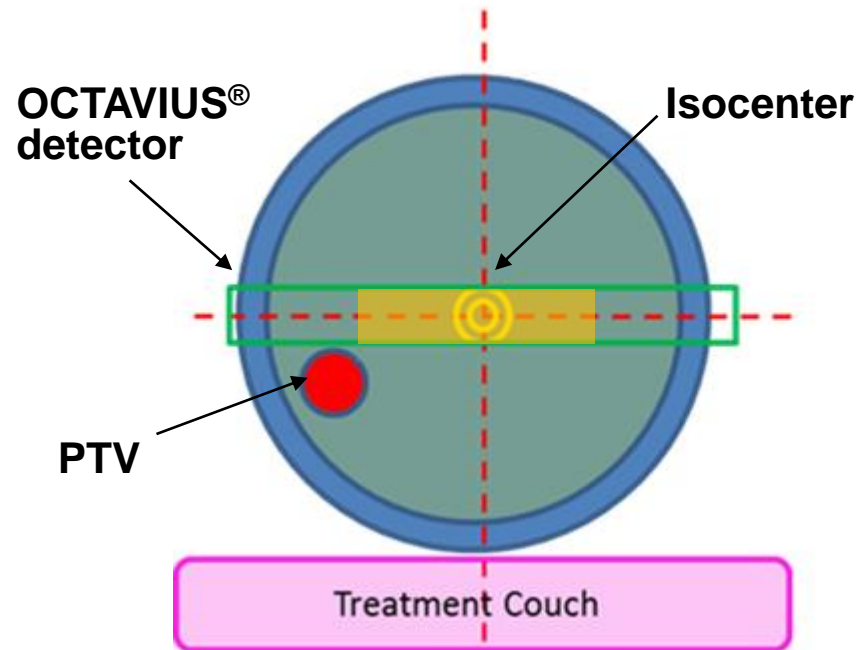
- ▶ En algunos pocos tratamientos el isocentro está lejos de PTV (i.e. Pacientes de pulmón **SABR**) => **PTV not/ not completamente cubierto por detector OCTAVIUS®**



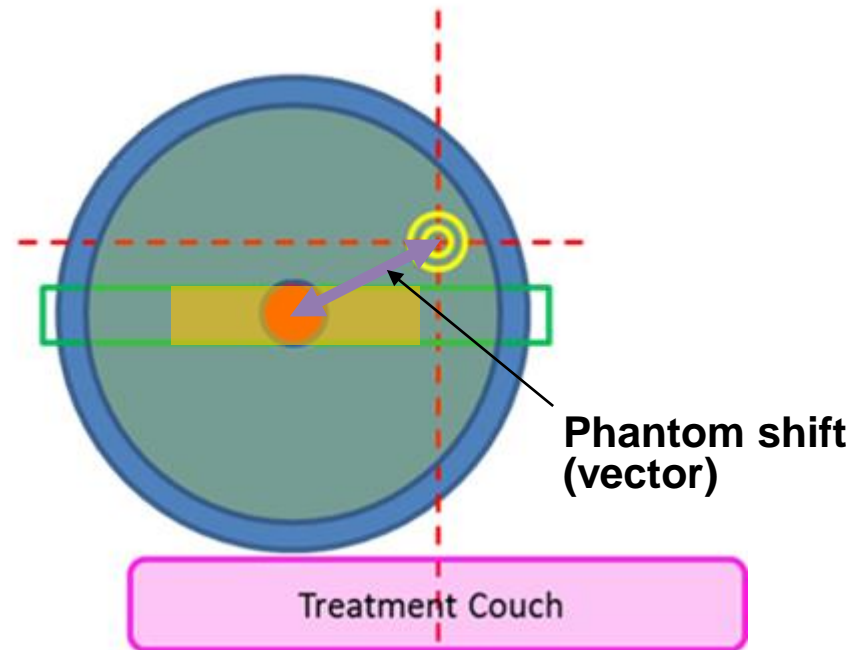
Verificacion de volumenes Off-axis(2)

- ▶ Un nuevo algoritmo permite la reconstruccion de dosis de datos de medida adquirido en posiciones arbitrarias del maniqui OCTAVIUS[®] 4D

Isocenter related position

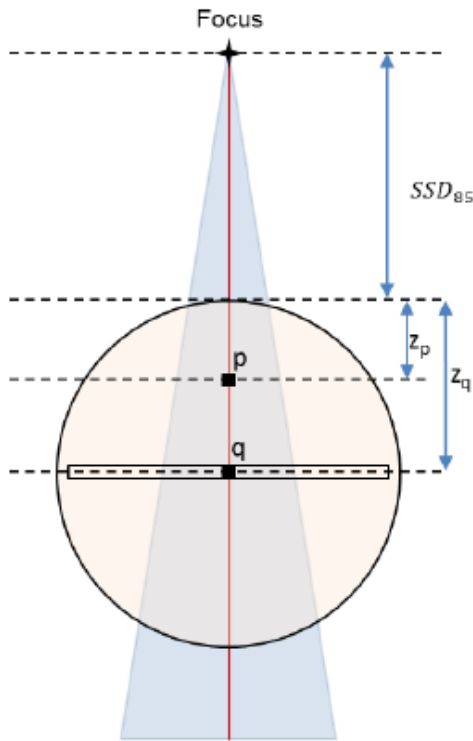


Target related position

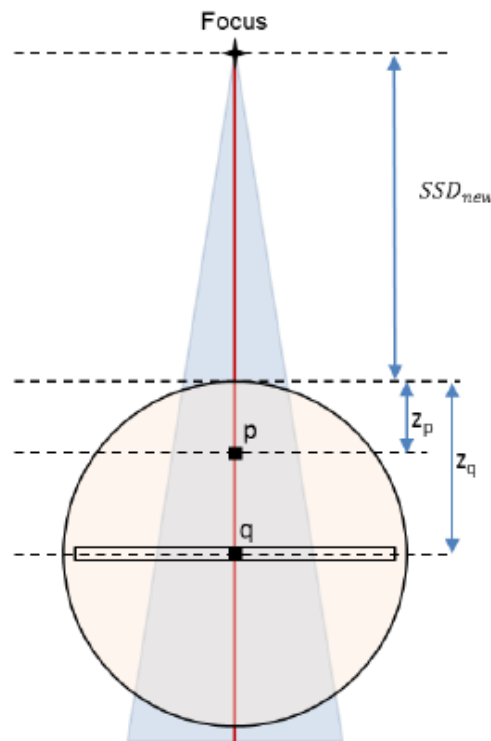


Verificacion de volumenes Off-axis(3)

- ▶ Principio de reconstruccion comparable al no-coplanar
- ▶ Además, se tiene en cuenta la nuevo centro de posicion del maniquí



Classical setup
Phantom center = isocenter



Off-axis setup
Phantom center ≠ isocenter

Dose measured by the OCTAVIUS detector

$$D_p = D_q \cdot \frac{\overbrace{PDD(z_p, A, SSD_{85}, hv)} \cdot \left(\frac{SSD_{85} + z_p}{SSD_{new} + z_p} \right)^2}{\underbrace{PDD(z_q, A, SSD_{85}, hv)} \cdot \underbrace{\left(\frac{SSD_{85} + z_q}{SSD_{new} + z_q} \right)^2}_{SSD \text{ correction}}}$$


Relative dose at depth z_p (normalized), PDD curve for detected fieldsize A

SSD correction

Verificacion de volumenes Off-axis(4)

- ▶ Más información puede verse con detalle en la siguiente nota técnica....

Technical note



D655.200.08/00

Dose reconstruction in standard & off-axis situations

In the **standard situation** (Octavius phantom placed at the LINACs isocenter), the 3D dose distribution is determined as described in our white paper (Allgaier et al., Dose reconstruction in the OCTAVIUS 4D phantom and in the patient without using dose information from the TPS, variables & figures adapted):

1. Convert the PDDs measured in water upon commissioning to PDDs in the OCTAVIUS 4D phantom, using the known relation of the electron densities of water and phantom material
2. At the current gantry angle (time) consider one detector of the detector panel ("current detector")
3. Measure the dose D_q in Gy at this position
4. Construct a ray line through the current detector to the focus of the beam
5. Determine the current field size A from the irradiated detectors

Verificacion de volumenes Off-axis(5)

- ▶ Las nuevas coordenadas x, y, z en el nuevo maniqui para su reconstrucción:

Select an angle range for Data Set B (Measurement)


Settings
Gantry Rotation Direction: Clockwise Gantry Upright Position: 0°

Select Range

Range mode
All

All

Time from [s] 0,2 to 150,4
Angle from [°] 200,1 to 30,1



PDD File
X06_Default_PDD

Calculation Limits
Cylinder Radius [mm]: 55.0
Cylinder Length [mm]: 110.0 Set to default

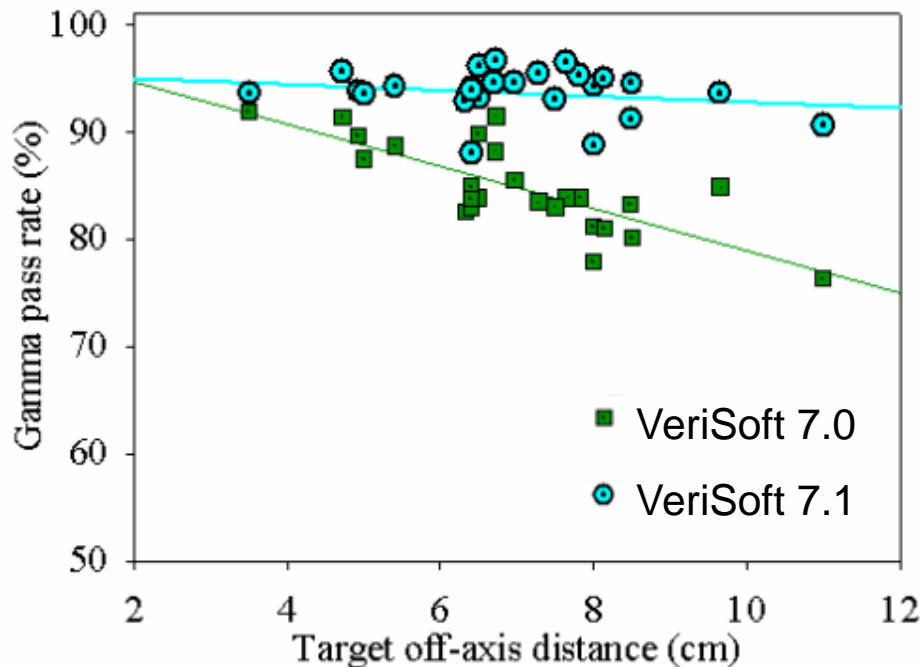
Off-axis 4D Dosimetry
Phantom shift LR [mm]: -30.0
Phantom shift TG [mm]: 0.0
Phantom shift BT [mm]: 40.0

OK Cancel

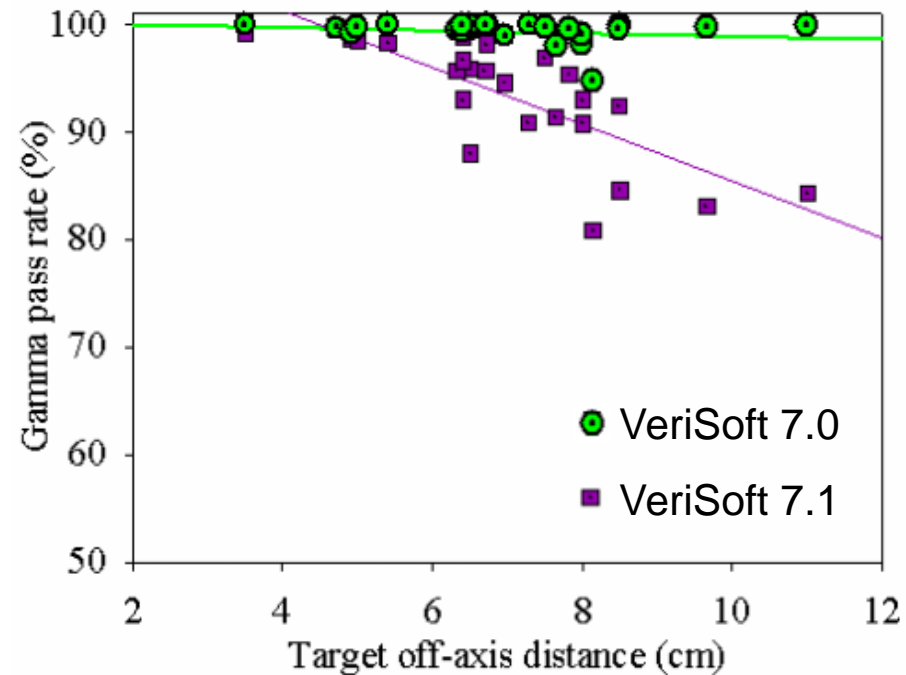
Verificación de volúmenes Off-axis target (VS 7.1)

- Validación de resultados para **25 SABR** pacientes de pulmón, reconstruidos con (1) **VeriSoft 7.0** & (2) **VeriSoft 7.1**

729 Off-axis



1000SRS Off-axis



Tratamientos de planes con multiples energias

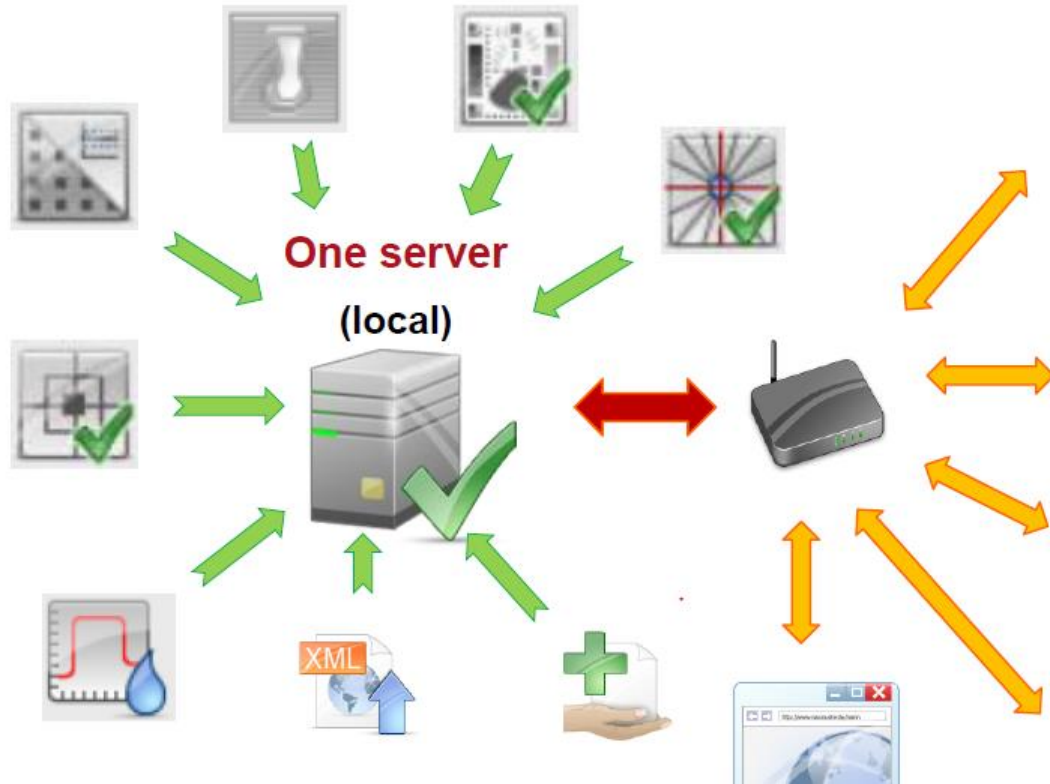
- ▶ VeriSoft puede ademas reconstruir tratamientos con Diferentes energias en diferentes arcos o planes.

PDD File	
Xcc File	Assigned PDD File
Arc_6MV	X06_Default_PDD
Arc_15MV	X15_Default_PDD

Resumen– ¿Por qué OCTAVIUS[®] 4D ?

- ▶ El sistema es completamente independiente del planificador
- ▶ Uso de “gold standard ionization chambers”.
(No dependencia angular !)
- ▶ OCTAVIUS 4D es un sistema modular y permite verificar IMRT / VMAT QA y Control de calidad de la máquina.
- ▶ VeriSoft soporta especiales verificaciones:
 - ▶ Verificación de volúmenes off-axis target
 - ▶ Verificación de haces no-coplanares
 - ▶ Verificación de campos de irradiación largos
 - ▶ Verificación de planes con múltiples energías
- ▶ Conectividad al software Track-it

Track-It, basado en TG-142



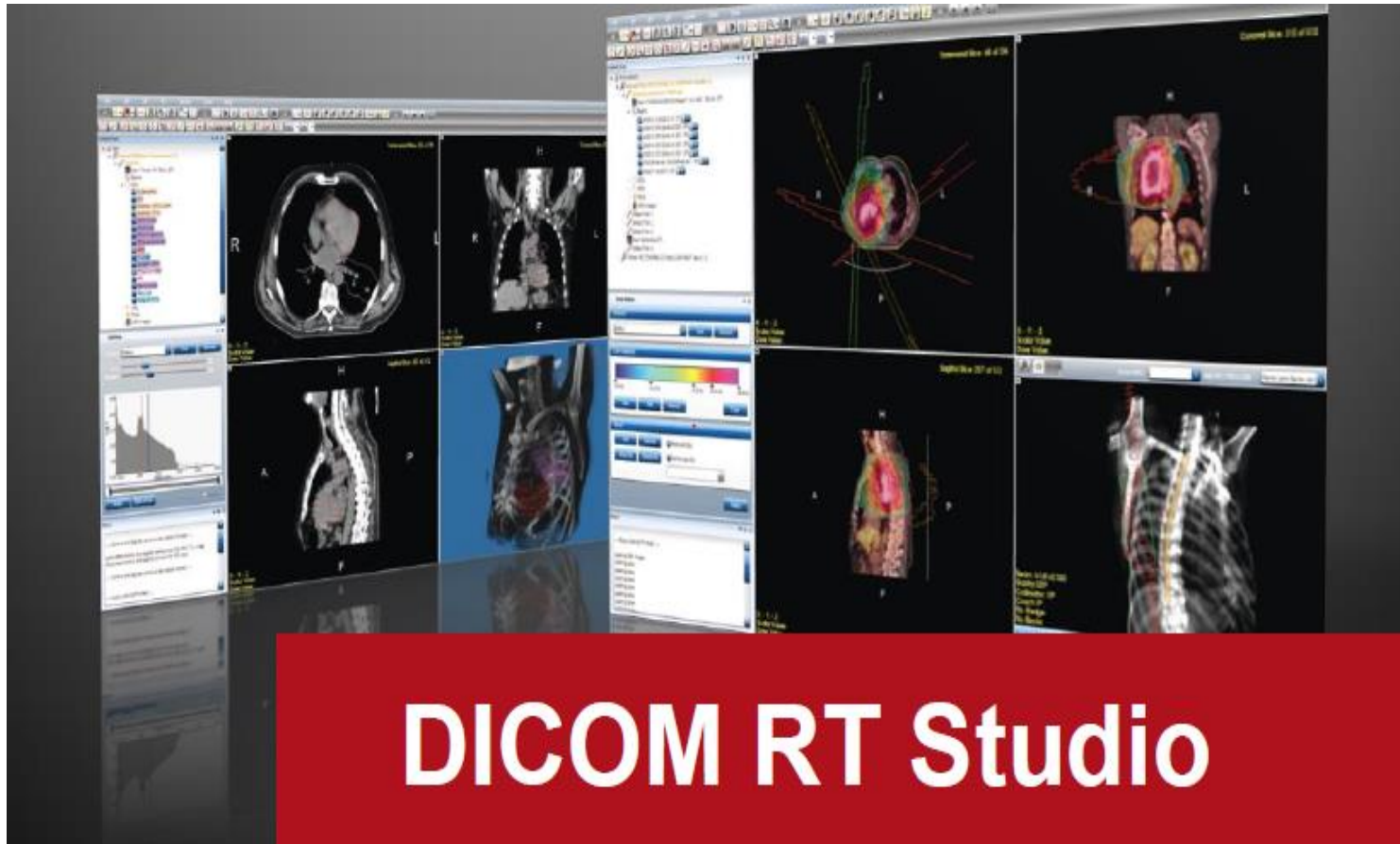
Multiple clients



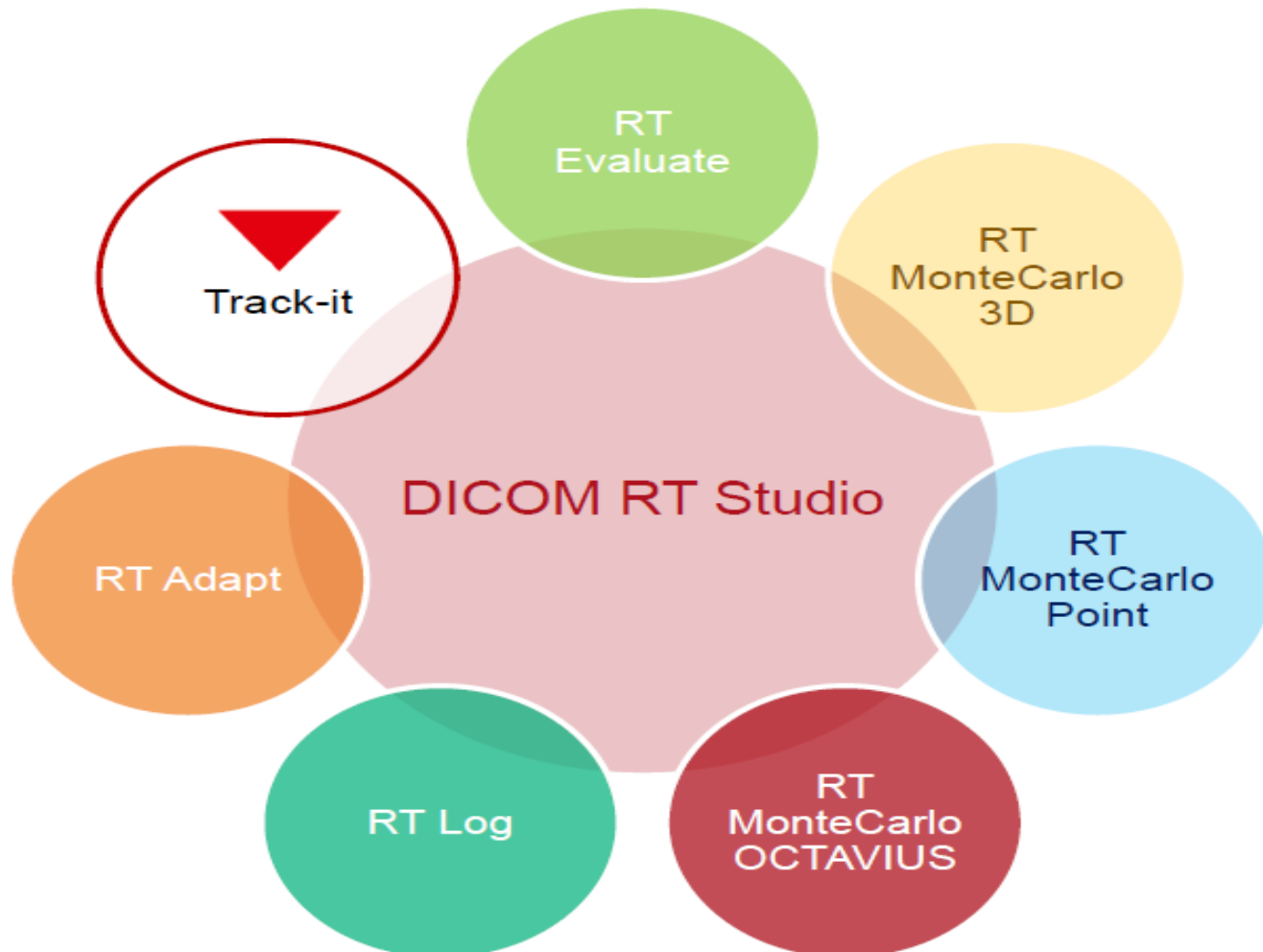
Y el futuro....

- ▶ OCTAVIUS 4D compatible con las unidades de radiación cerradas (i.e. Elekta MR Linac, Varian Halcyon)
- ▶ Desarrollo de verificación de aplicaciones de movimiento respiratorio con OCTAVIUS 4D
- ▶ Automatización de funcionalidades de Verisoft:
 - ▶ Listas de pacientes, automatizar los datos de evaluación, etc.
 - ▶ Integración de funcionalidades de VeriSoft en **DICOM RT Studio**
 - ▶ DICOM RT Studio Opción: **RT OCTAVIUS** (RT MonteCarlo OCTAVIUS“

Dos pinceladas más.... La primera:



Dos pinceladas más.... La primera:



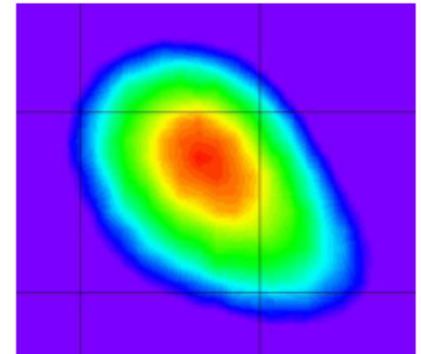
Dos pinceladas más.... La primera:

RT MonteCarlo 3D

RT
MonteCarlo
3D

Treatment plan verification

- ▶ Fully-automated workflow
- ▶ Server-based application (web interface)
- ▶ Monte Carlo 3D dose calculation in patient geometry – based on RT Plan
- ▶ 3D γ -analysis, DVH + ROI evaluation
- ▶ Reporting (Track-it + Email)



Credit: COMPTEL team, University of New Hampshire.
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Gamma_sun.jpg

Dos pinceladas más.... La primera:

RT MonteCarlo OCTAVIUS



RT
MonteCarlo
OCTAVIUS

OCTAVIUS treatment plan verification

- ▶ Fully-automated workflow
- ▶ Server-based application (web interface)
- ▶ Monte Carlo 3D dose calculation in patient geometry - based on OCTAVIUS measurement
- ▶ 3D γ -analysis, DVH + ROI evaluation
- ▶ Reporting (Track-it + Email)

Dos pinceladas más.... la segunda:

- ▶ Sistema de dosimetría de verificación alternativo:
 - ▶ Ganar confianza con el equipo de medida electrónico.
 - ▶ Un método de verificación alternativo en caso de reparación, calibración,...

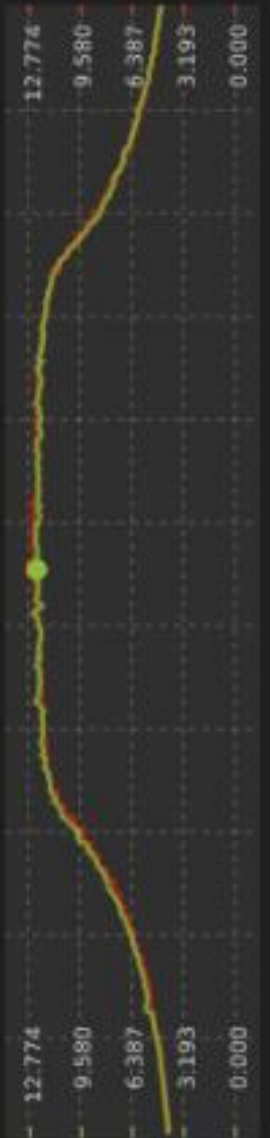
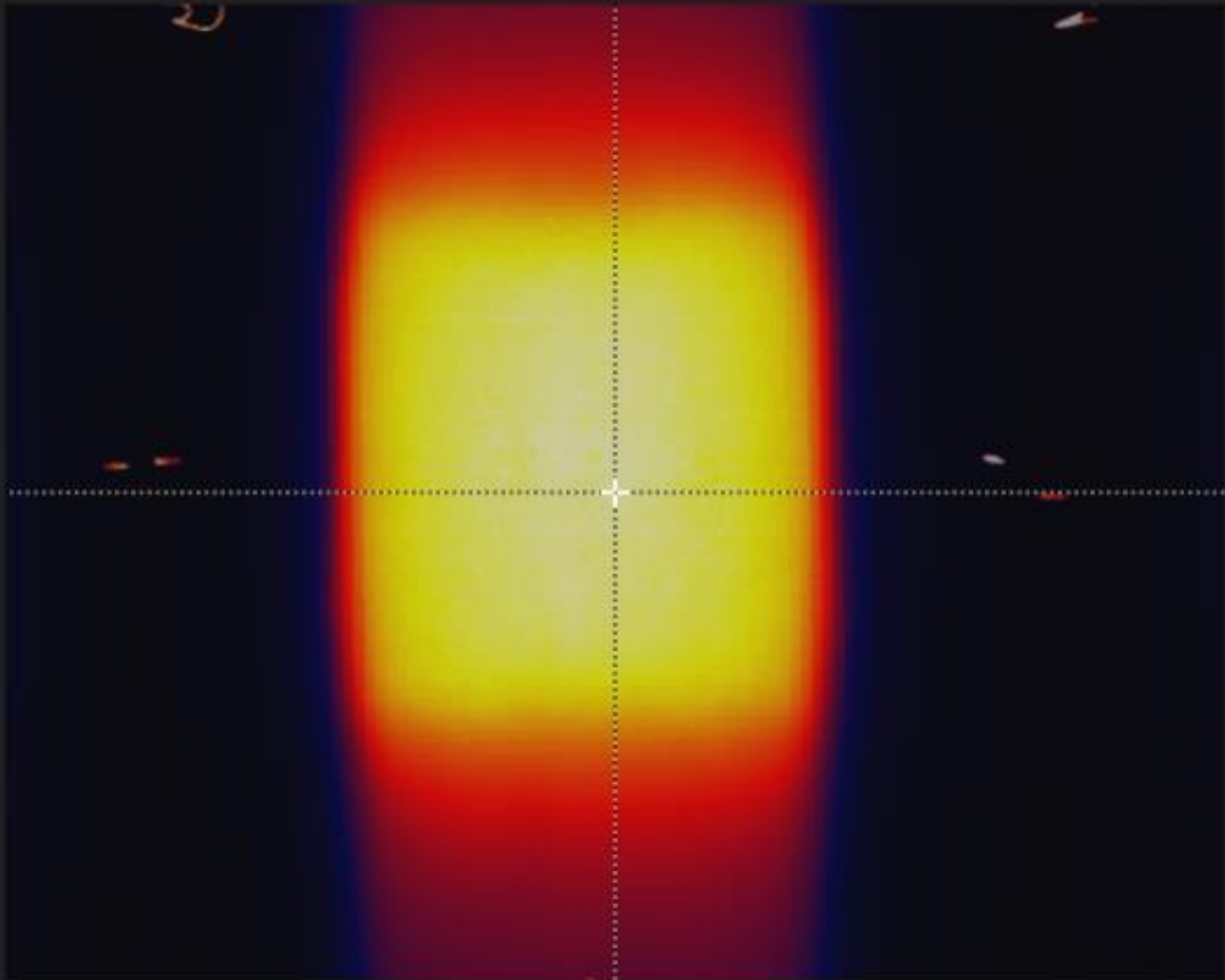
www.radiochromic.com : Analisis de Película radiocromica

- ▶ Son útiles en :
 - ▶ La puesta en marcha de nuevas técnicas por su resolución.
 - ▶ Medidas en campos pequeños.
 - ▶ Grandes gradientes
 - ▶ Cyberknife , braquiterapia , TBI , medias en piel,....

Dos pinceladas más.... la segunda:

¿Que ofrece Radiochromic ?

- ▶ Aplicación web (acceso desde ordenador + smartphone + tablet)
- ▶ Más de 750 usuarios en todo el mundo.
- ▶ En desarrollo constante.
- ▶ Estado del arte en dosimetría con película radiocrómica.
- ▶ Excelente soporte.
- ▶ Precios competitivos.
- ▶ Análisis de imagen (incluyendo EPID)



X (mm)	Y (mm)
-12.5	-1.9
D _A (Gy)	D _B (Gy)
12.472	12.340

¡¡¡Gracias!!!