

Control de Calidad en TC

TM Daniel Castro Acuña, MSc

Dpto. de Tecnología Médica

Hospital Clínico

Universidad de Chile

ISO 9000:2015

- **Calidad:** grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requisitos
- **Requisito:** necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria

<https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es:sec:3.3.7>

ISO 9000:2015

- **Gestión de la calidad:** gestión con respecto a la calidad
- La gestión de la calidad puede incluir el establecimiento de políticas, objetivos y los procesos para lograr objetivos de la calidad a través de:
 - Planificación de la calidad
 - Aseguramiento de la calidad
 - Control de la calidad
 - Mejora de la calidad

ISO 9000:2015

- **Aseguramiento de la calidad:** parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de la calidad
- **Control de la calidad:** parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad

Aseguramiento de la Calidad (QA)

- Un programa de QA es un **esfuerzo organizado** por el personal que opera una instalación para garantizar que las imágenes de diagnóstico producidas sean de una **calidad lo suficientemente alta** como para proporcionar de manera consistente **información de diagnóstico adecuada** al **menor costo posible** y con la **menor exposición** posible del paciente a la radiación

OPS, 1984



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Garantía de la calidad en radiodiagnóstico

Publicación Científica Nº 469
ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD 1984

Aseguramiento de la Calidad (QA)



- Un programa de QA incluye:
 - Medición de parámetros físicos de equipos
 - Verificación de los factores físicos y clínicos adecuados utilizados en el diagnóstico del paciente
 - Registros escritos de procedimientos y resultados relevantes
 - Verificación de la adecuada calibración y las condiciones de funcionamiento de los equipos de dosimetría y monitorización
 - Optimización de los protocolos clínicos y el funcionamiento del equipo para lograr los objetivos del QA
 - Revisiones de auditoría de calidad periódicas e independientes del programa de QA

Control de Calidad



- Es parte de un programa de QA
- Está enfocado en la instrumentación y los equipos utilizados en la obtención de la imagen
- Evalúa desde el funcionamiento del equipo hasta el análisis de las imágenes obtenidas

Control de Calidad

- Las 3 etapas del control de calidad:
 - Pruebas de Aceptación
 - Pruebas de Estado
 - Pruebas de Constancia

Control de Calidad

- Todas las etapas del Control de Calidad están basadas en mediciones de parámetros físicos de los equipos, estandarizadas mediante protocolos.
- Fabricante
- Organismos nacionales o internacionales

NORME INTERNATIONALE
INTERNATIONAL STANDARD

CEI IEC
61223-3-5
Première édition
First edition
2004-08

Essais d'évaluation et de routine
dans les services d'imagerie médicale –

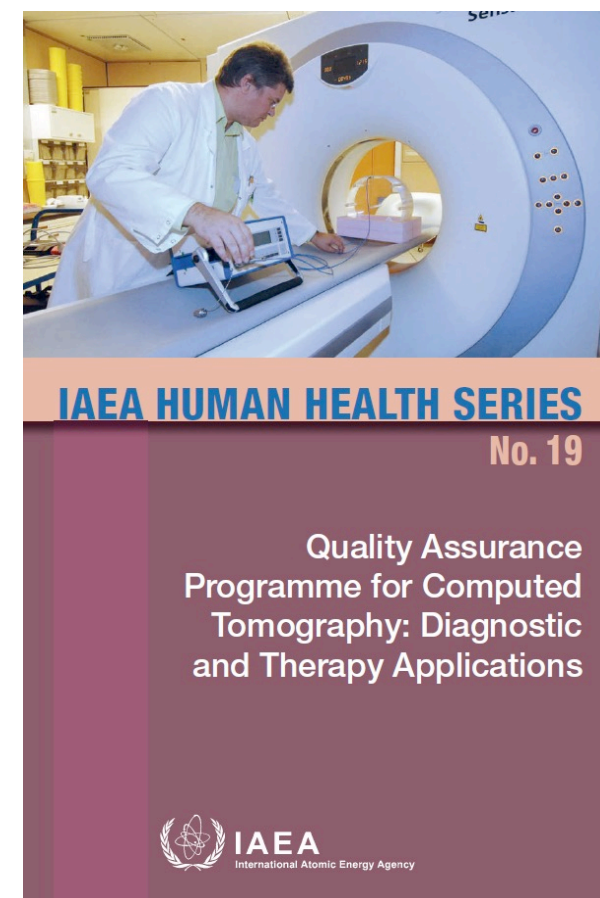
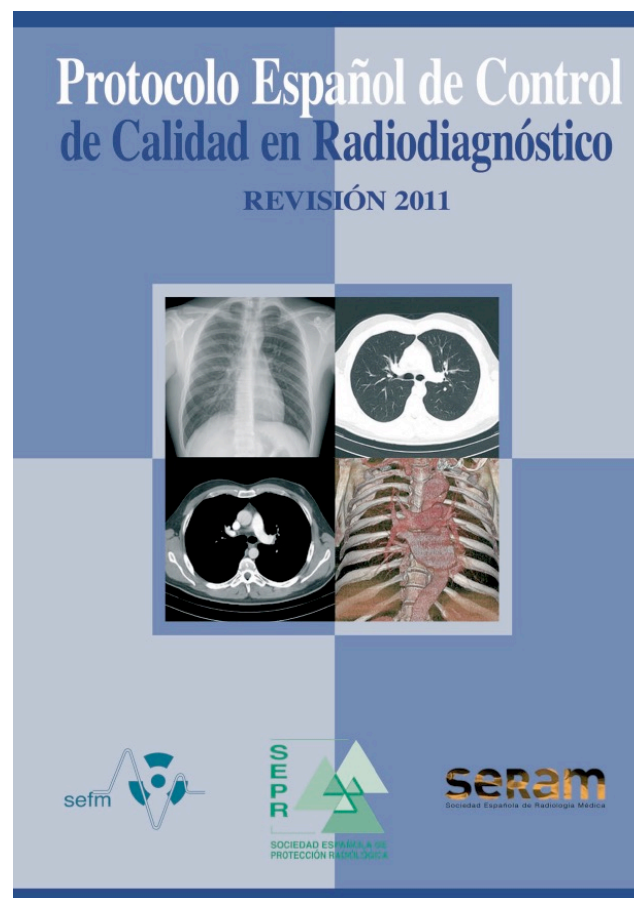
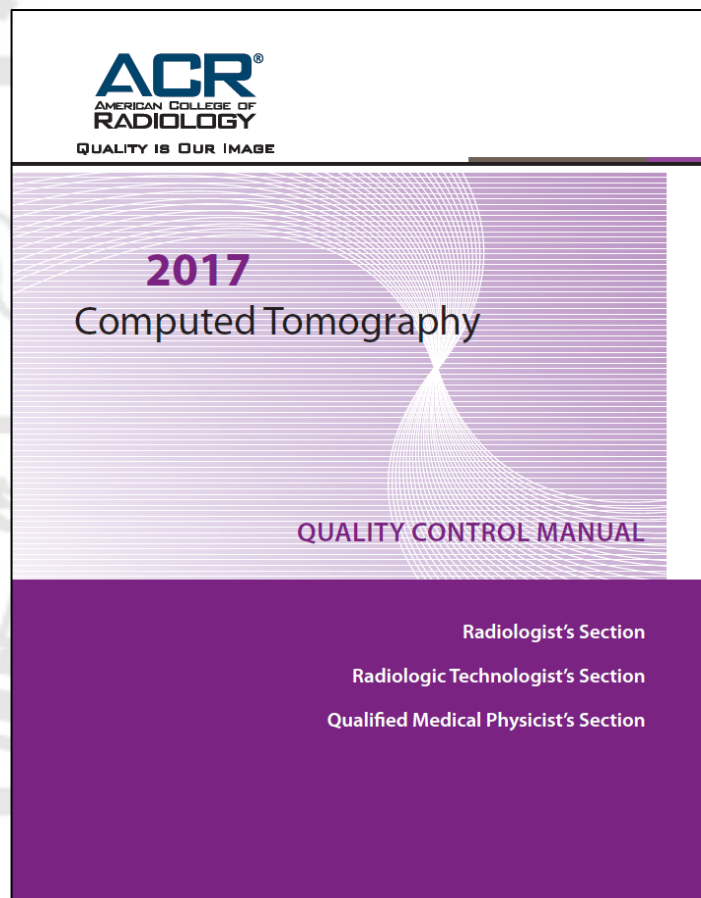
Partie 3-5:
Essais d'acceptation –
Performance d'imagerie des équipements
de tomodensitométrie à rayonnement X

Evaluation and routine testing
in medical imaging departments –

Part 3-5:
Acceptance tests –
Imaging performance of computed
tomography X-ray equipment



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE



Tomografía
Computada

Diagnóstico

Terapia

TABLE 5. SUMMARY OF CT PERFORMANCE TESTS

Test number	Test name	Test personnel ^a	Diagnostic facility	Radiotherapy facility
8.2	CT alignment lights	R	✓	✓
8.3	SPR accuracy	R	✓	
8.4	CT number, image noise, image uniformity and image artefacts	R	✓	✓
8.5	Image display and printing	R	✓	✓
10.2	External CT positioning lasers	R		✓
10.3	Couch top alignment and positional accuracy	R		✓
10.4	CT number of multiple materials	R		✓
9.2	Visual inspection and review of programme	P	✓	✓
9.3	CT alignment lights	P	✓	✓
9.4	SPR accuracy	P	✓	✓
9.5	kV and half-value layer (HVL)	P	✓	✓
9.6	Radiation dose	P	✓	✓
9.7	CT number accuracy, image noise, image uniformity and image artefacts	P	✓	✓
9.8	Image display and printing	P	✓	✓
9.9	Imaged slice width	P	✓	✓
9.10	X ray beam width	P	✓	✓
9.11	Spatial resolution (MTF or modulation)	P	✓	✓
10.6	External CT positioning lasers	P		✓
10.7	Couch top alignment and index accuracy	P		✓
10.8	Gantry tilt	P		✓
10.9	CT number accuracy	P		✓

^a R: radiographer; P: physicist.



Pruebas para TC diagnóstica

- Alineación de láser de centraje.
- Exactitud del topograma.
- UH, ruido, uniformidad y artefactos en imagen.
- Despliegue de imagen e impresión.
- Inspección visual y revisión de programa.
- kV y HVL.
- Dosis de radiación.
- Espesor de corte y de haz de rayos X.
- Resolución espacial (MTF).



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Alineación de láser de centraje

- Objetivo:

- Asegurar que los láser internos y externos están apropiadamente alineados con el plano tomográfico y la camilla.

Alineación de láser de centraje

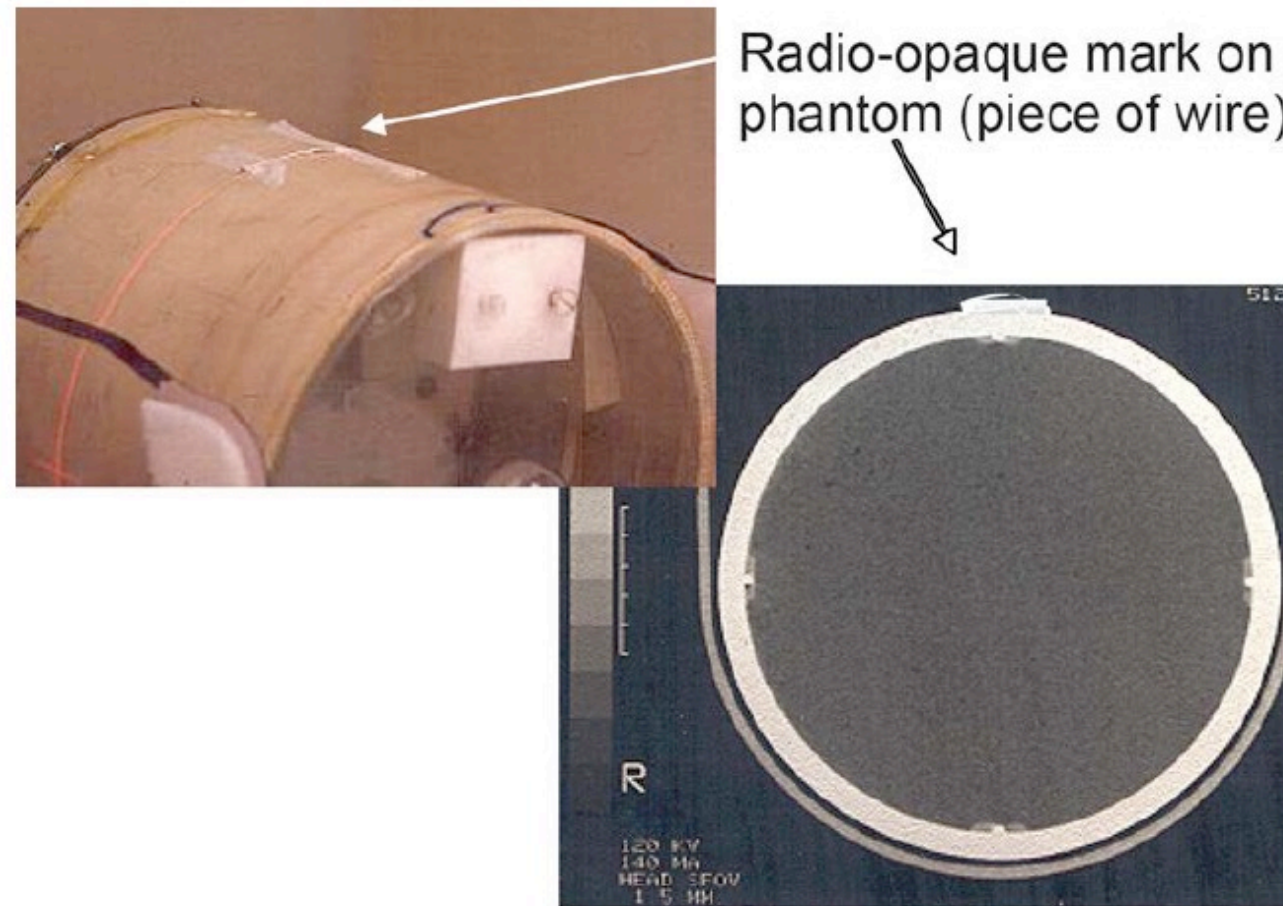


FIG. 20. Light alignment with scan plane: Imaging method.



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

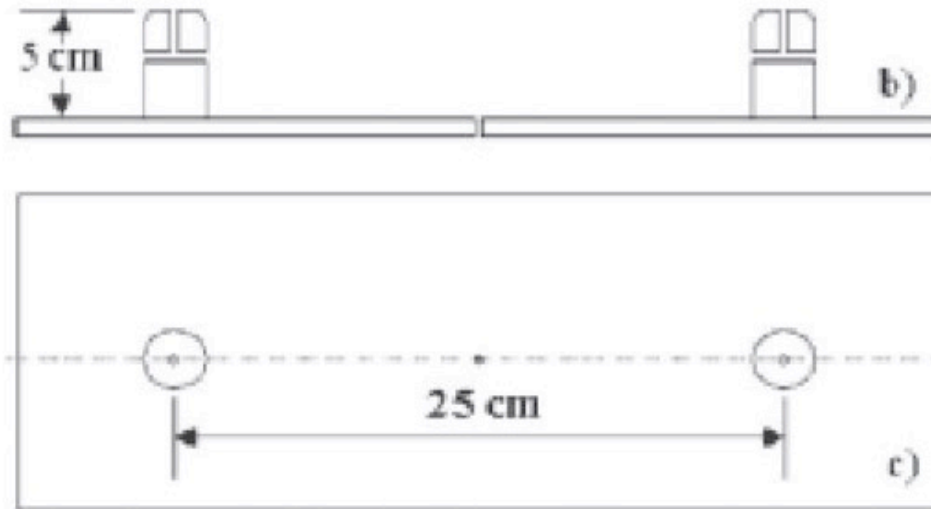
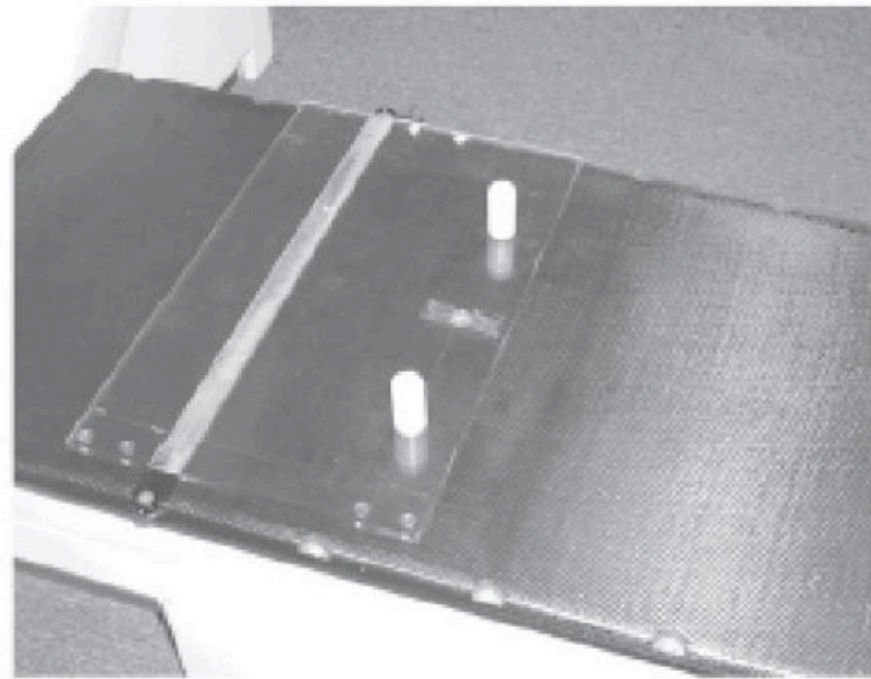


FIG. 36. CT laser QC test tool. (a) CT laser QC device attached to the couch top, (b) side elevation of CT laser device through the centre of the pegs showing holes drilled inside the pegs and (c) plan view of the device (adapted from Ref. [2]).

Alineación de láser de centraje

- Análisis:

- Debe verse el objeto completo con alto contraste en la imagen correcta.

- Tolerancia:

Tolerances:

Test quantity	Acceptable	Achievable
CT alignment lights	± 5 mm	± 1 mm

Exactitud del Topograma

- Objetivo:
 - Asegurar que la imagen del topograma (SPR) indica con exactitud la posición del paciente.



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Exactitud del topograma

- Metodología:

- Ubicar objeto de prueba a lo largo del eje de la camilla.
- Realizar un topograma.
- Ubicar los marcadores en la imagen y programar cortes de 1 mm o menos sobre ellos.
- Realizar barrido axial o secuencial.

Exactitud del topograma

- **Análisis:**
 - Los 2 marcadores deben verse claramente.
- **Tolerancia:**

Test quantity	Acceptable	Achievable
SPR accuracy	± 2 mm	± 1 mm

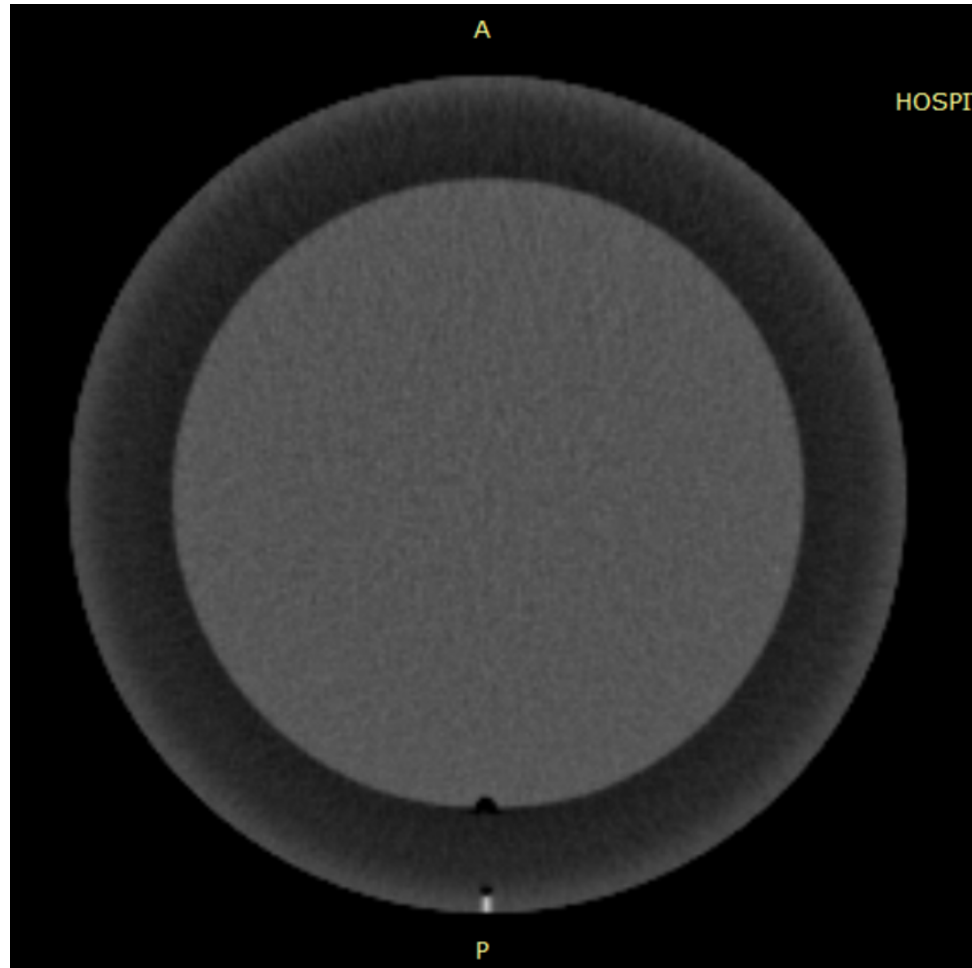
UH, ruido, uniformidad y artefactos en imagen

- Objetivo:

- Asegurar:

- Exactitud de las UH.
 - Niveles de ruido dentro de los valores de referencia.
 - Uniformidad de las UH y ruido a lo largo del FOV.
 - Mínimos artefactos en la imagen.

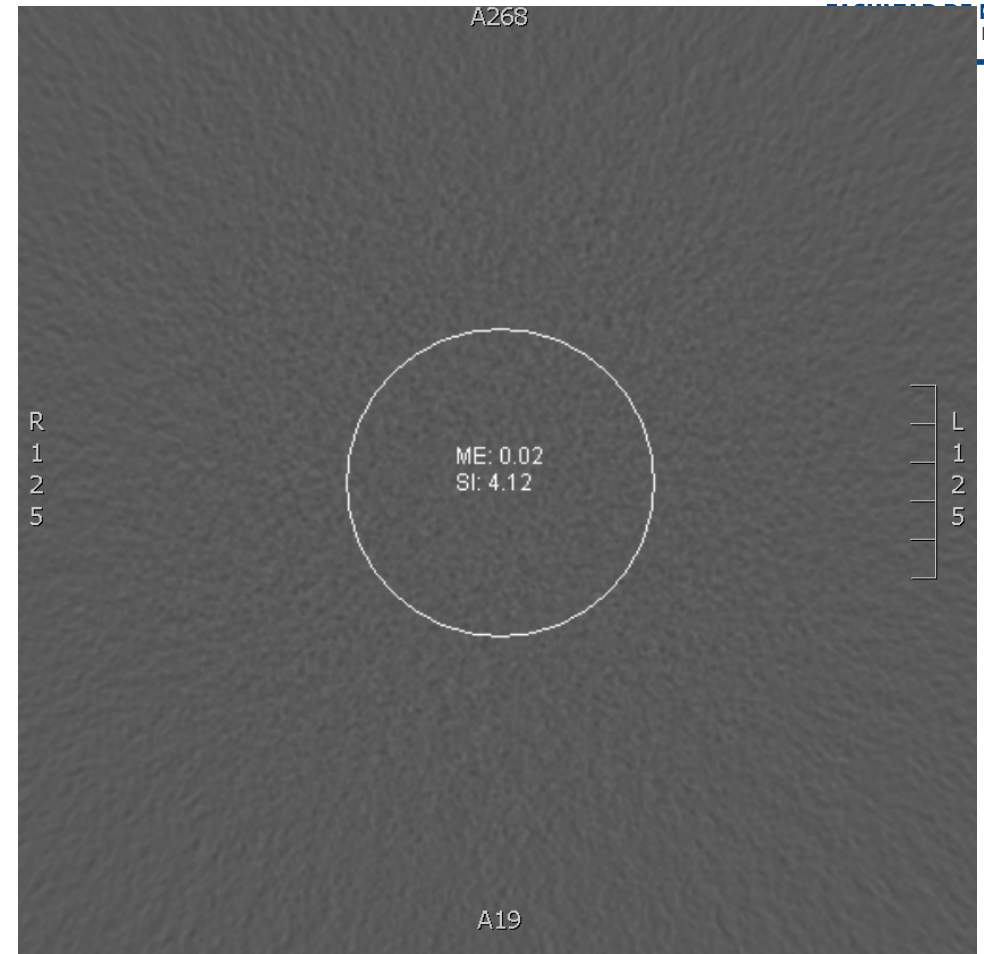
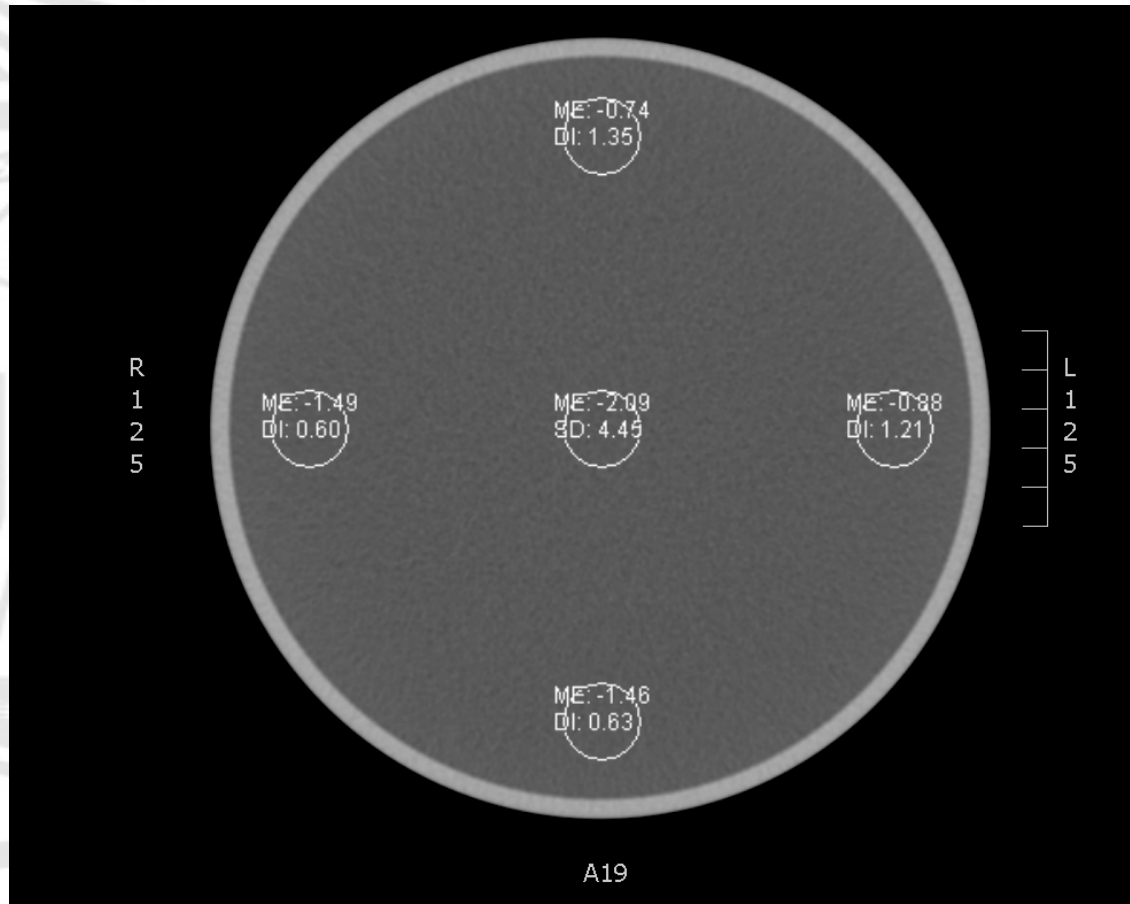
UH, ruido, uniformidad y artefactos en imagen



UH, ruido, uniformidad y artefactos en imagen

- Análisis:
 - Exactitud de UH y ruido evaluada con ROI al centro de la imagen de fantoma.
 - UH es el promedio del ROI y ruido es la desviación estándar.
 - Tamaño del ROI es muy importante. Debe ser estándar y siempre el mismo.
 - Para UH ROI de un 10% de diámetro de fantoma.
 - Para ruido ROI de un 40% de diámetro de fantoma.

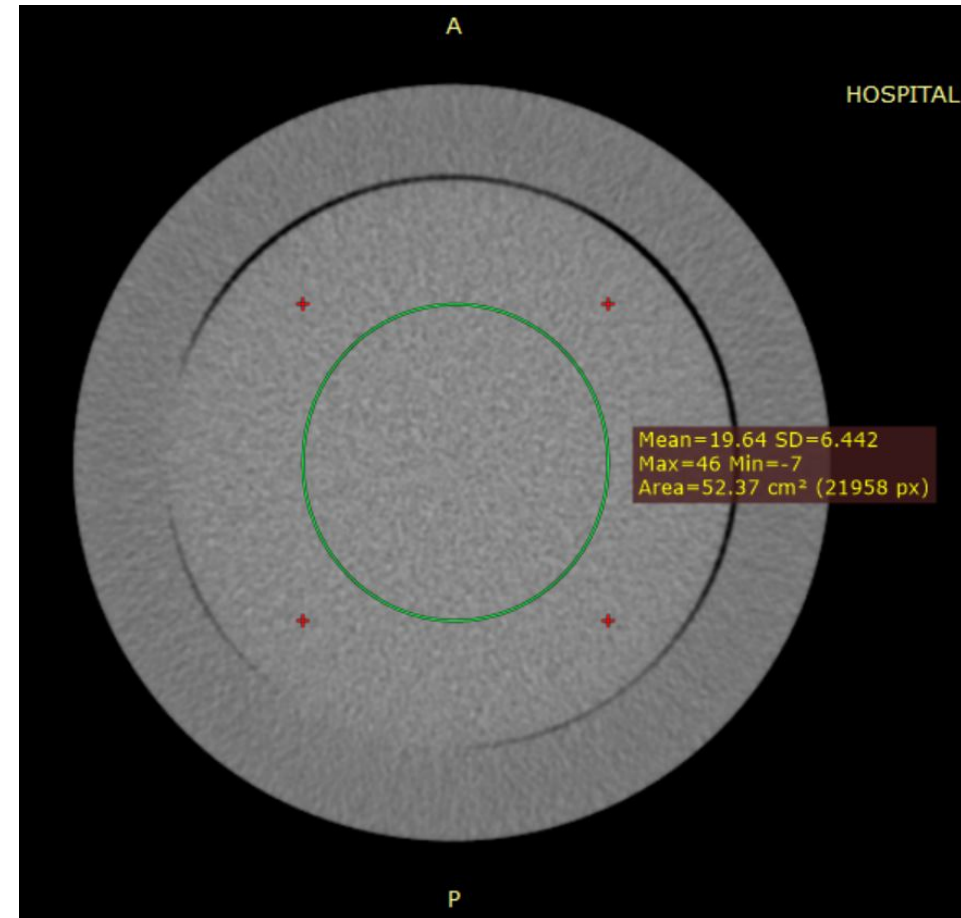
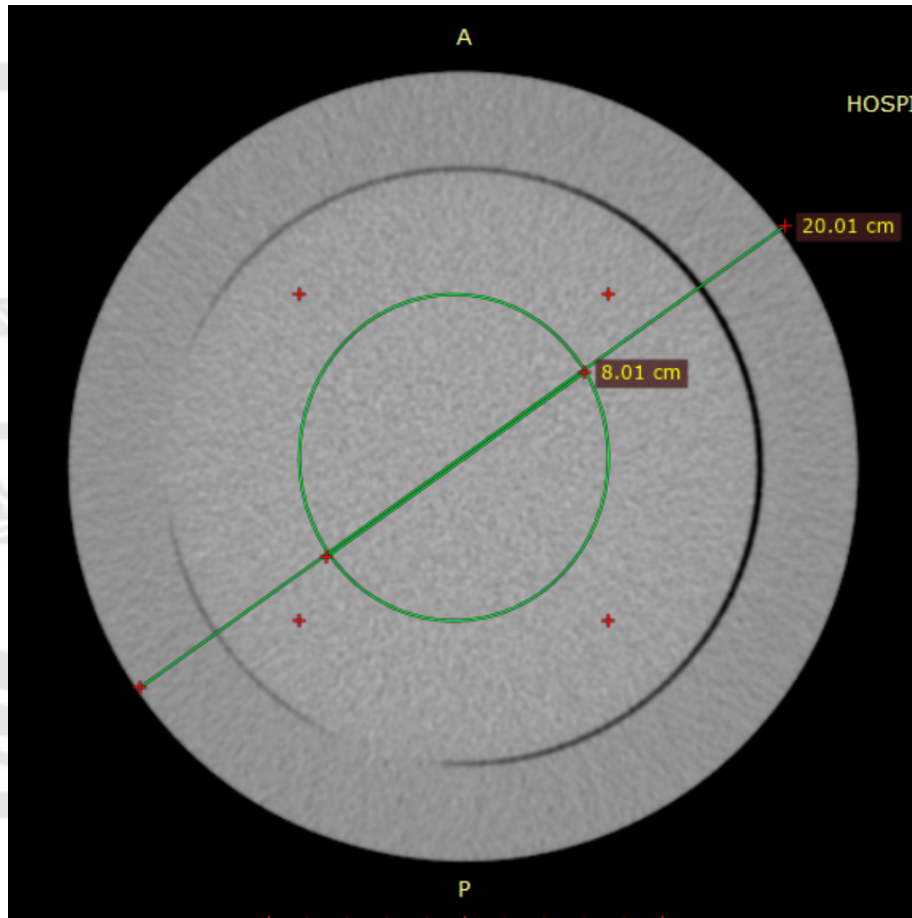
UH, ruido, uniformidad y artefactos en imagen



UH, ruido, uniformidad y artefactos en imagen



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE



UH, ruido, uniformidad y artefactos en imagen

- Uniformidad:
 - Medida en base a 5 ROIs. 1 central y otros 4 periféricos.
 - Cada uno de estos 4, debe ser comparado con las tolerancias dadas.



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

UH, ruido, uniformidad y artefactos en imagen

- Tolerancias:

Test quantity	Acceptable	Achievable
CT number	± 5 from baseline value	± 4
Image noise	$\pm 25\%$ of the baseline value	$\pm 10\%$ of the baseline
Uniformity	± 10	± 4
Artefacts	No artefacts that have the potential to compromise diagnostic confidence	No visible artefacts

Resolución Espacial



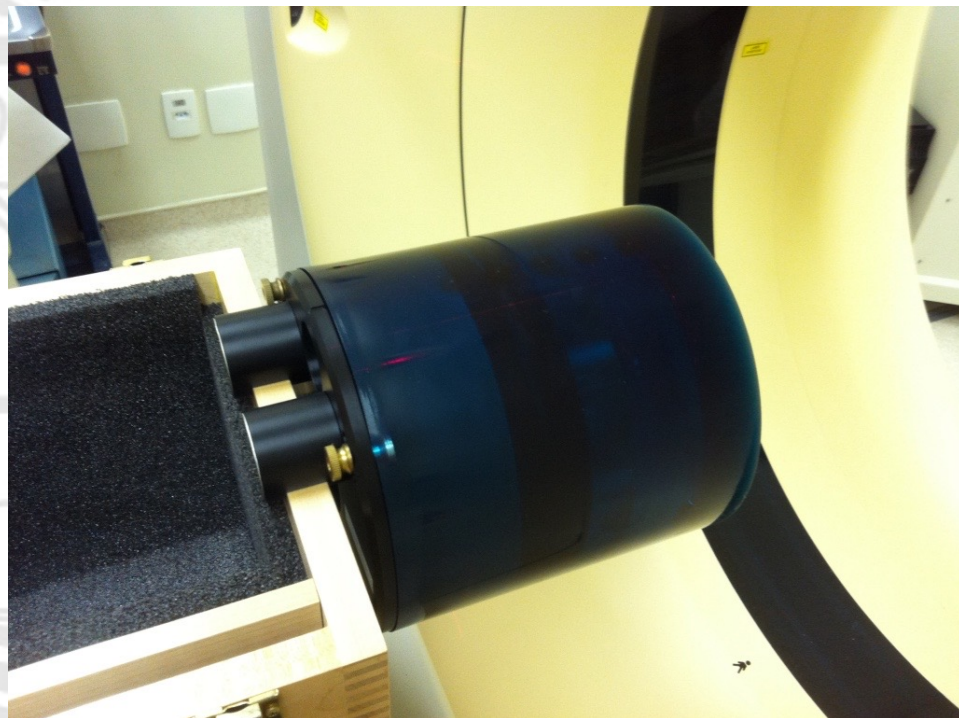
- Objetivo:

- Asegurar que la resolución espacial de la imagen este dentro de la tolerancia establecida por el fabricante.

Resolución Espacial



ULTAD DE MEDICINA
NIVERSIDAD DE CHILE



CATPHAN

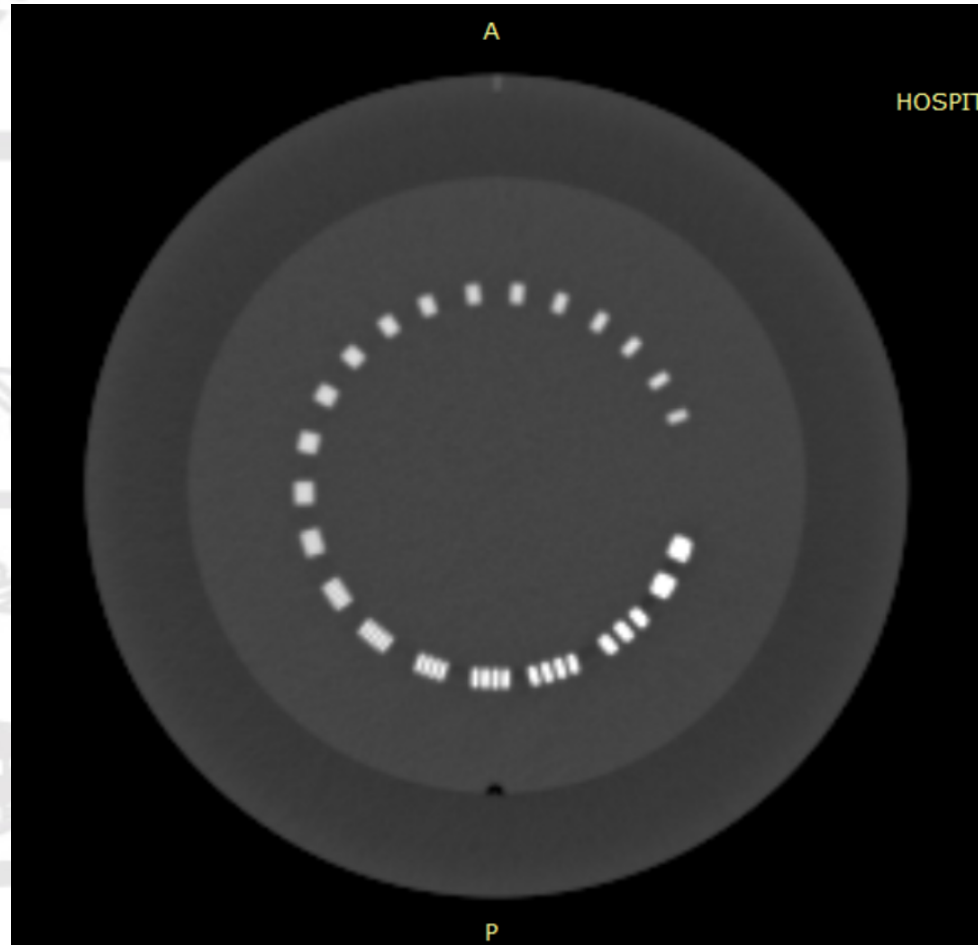


ACR ACREDITATION PHANTOM

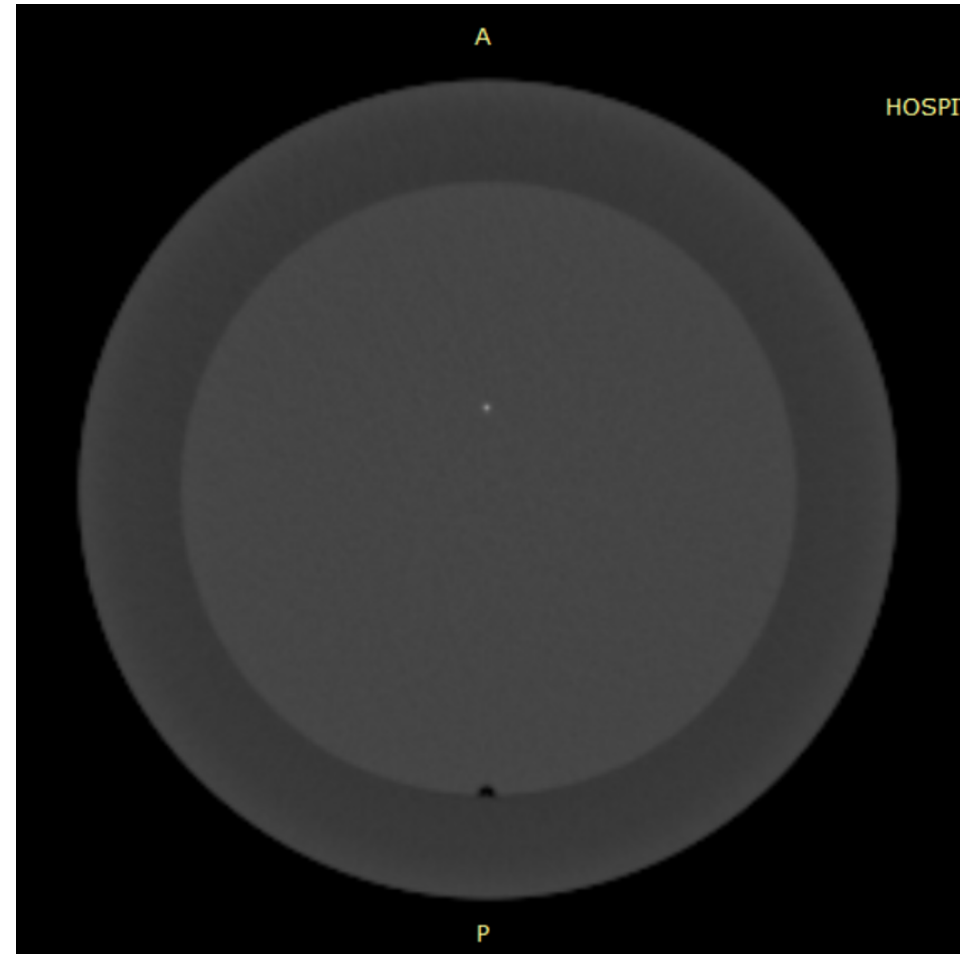
Resolución Espacial



AD DE MEDICINA
RSIDAD DE CHILE



Patrón de Barras



Inserto de teflón para MTF

Resolución Espacial

- Análisis:
 - Evaluación de patrones de barra.
 - Evaluación de MTF con software.
- Tolerancia:
 - De acuerdo con las especificaciones del fabricante.



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

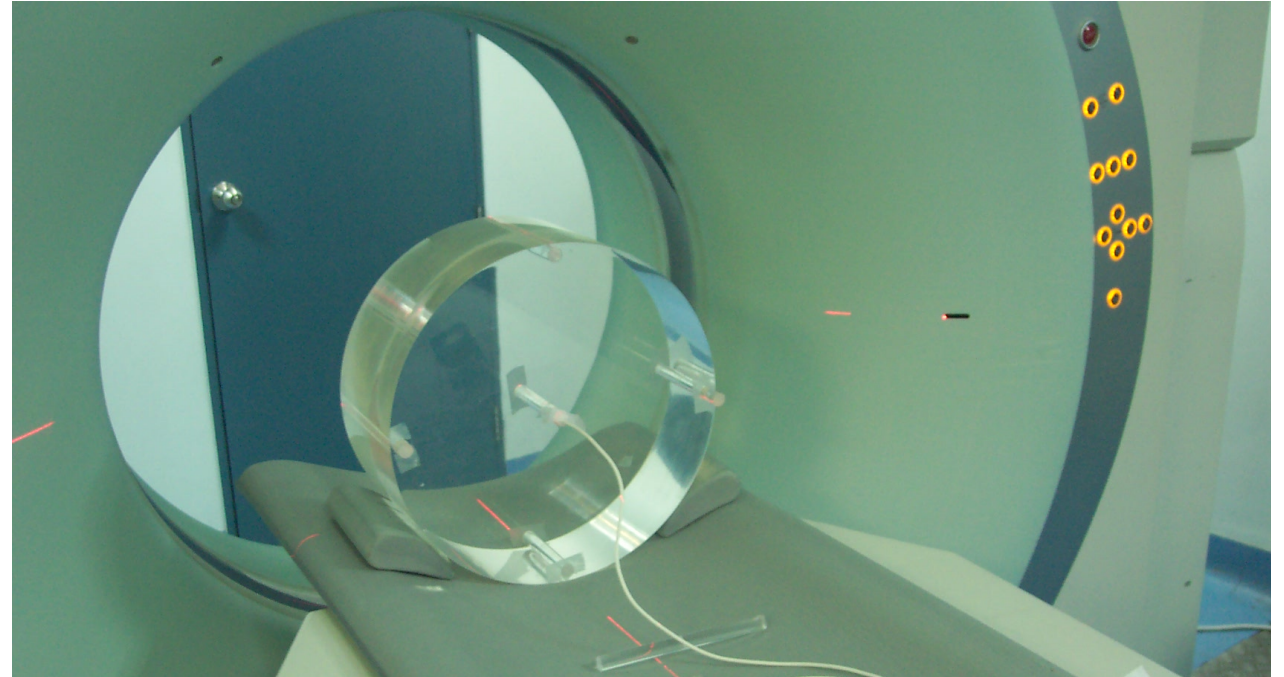
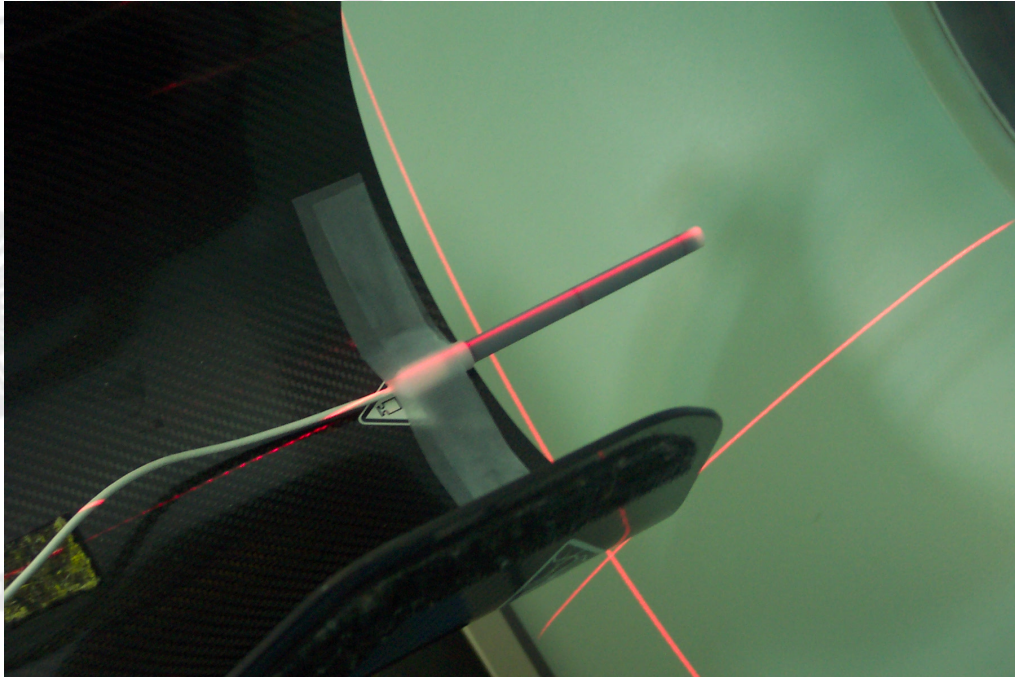
Dosis de Radiación

- Objetivo:
- Aceptación:
 - Comparar $CTDI_{vol}$ con las especificaciones del fabricante.
 - Comparar $CTDI_{aire}$ para todas las aperturas de haz con las especificaciones del fabricante.
- Comisionamiento:
 - Determinar $CTDI_{vol}$ y DLP para los principales protocolos.
 - Medir $CTDI_{aire}$ para todas las aperturas de haz y kV, si no está hecho en aceptación.
 - Confirmar la exactitud del valor desplegado de $CTDI_{vol}$ y DLP en la consola para protocolos seleccionados.

Dosis de Radiación



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE



Dosis de Radiación

- Análisis:

$$C_{a,100} = \frac{1}{NT} \bar{M} N_{P_{KL}, Q_0} k_Q k_{TP}$$

Medición en aire

$$C_{PMMA,100,c} = \frac{1}{NT} \bar{M}_c N_{P_{KL}, Q_0} k_Q k_{TP}$$

$$C_{PMMA,100,p} = \frac{1}{NT} \bar{M}_p N_{P_{KL}, Q_0} k_Q k_{TP}$$

Medición en fantoma

$$C_W = \frac{1}{3} (C_{PMMA,100,c} + 2C_{PMMA,100,p})$$

$$C_{VOL} = C_W \left(\frac{NT}{l} \right)$$

1/P

Dosis de Radiación

- Tolerancia:

Test quantity	Acceptable	Achievable
C_{VOL}	(a) $<\pm 20\%$ between manufacturer's and measured (b) $<\pm 20\%$ between displayed and measured	
C_{air}	For each X ray beam collimation at acceptance: (a) $<\pm 20\%$ compared with manufacturer's specifications and measured (b) annually $<\pm 20\%$ compared with baseline	

Dosis de Radiación



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

The screenshot displays a control panel for a medical imaging procedure. On the left, there are several input fields: mAs efec. (201), kV (120), Duración (21.97 s), Retardo (2 s), Corte (0.6 mm), N.º de imágenes (219), and Inclinação (0.0°). Below these are fields for Rango: Inicio (1187.0) and Fin (1252.5), Mesa: Posición (628.0) and Altura (511.0), and a dropdown menu for Caudocraneal. At the bottom, there are buttons for Rutina, Exploración, Reconstrucción, and Tarea aut. On the right, a diagram shows a patient lying on a table with a radiation field indicated by overlapping circles. A red box highlights the CARE Dose4D section, which includes CTDIvol (16cm): 44.93 mGy and DLP: 321.5 mGy*cm. The text 'Adq. 16 x 0.3 mm' is also visible next to the 'Corte' field.

Parameter	Value
mAs efec.	201
kV	120
Duración	21.97 s
Retardo	2 s
Corte	0.6 mm
N.º de imágenes	219
Inclinação	0.0°
Rango: Inicio	1187.0
Rango: Fin	1252.5
Mesa: Posición	628.0
Mesa: Altura	511.0
CTDIvol (16cm)	44.93 mGy
DLP	321.5 mGy*cm
Adq.	16 x 0.3 mm
Position	Caudocraneal

Espesor de Corte



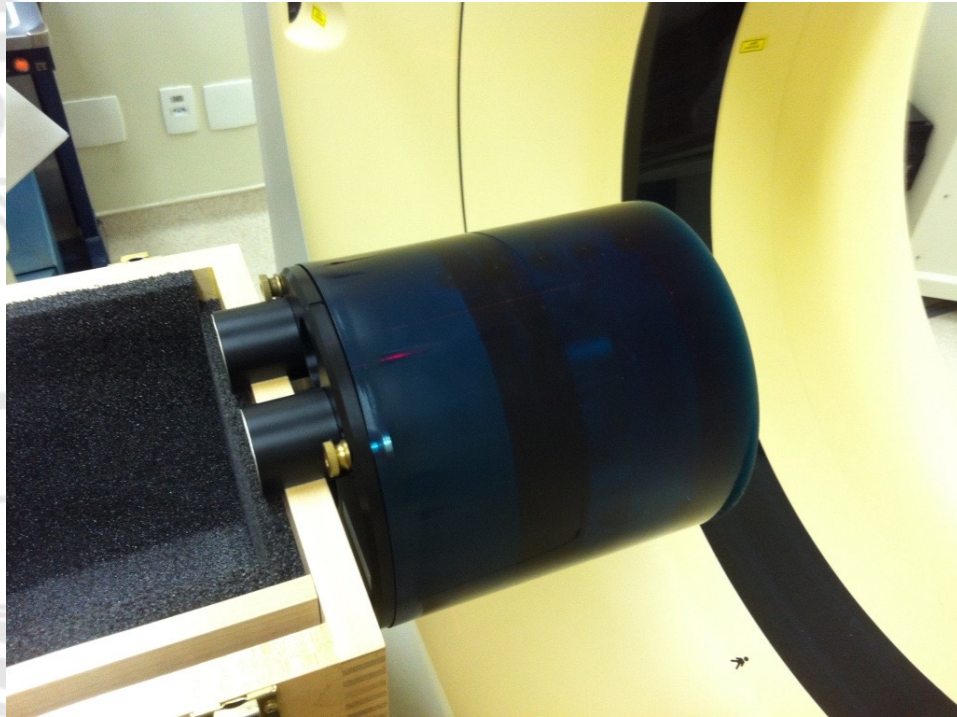
- Objetivo:

- Asegurar que el espesor de corte es similar al indicado en la consola.

Espesor de Corte



ULTAD DE MEDICINA
NIVERSIDAD DE CHILE



CATPHAN

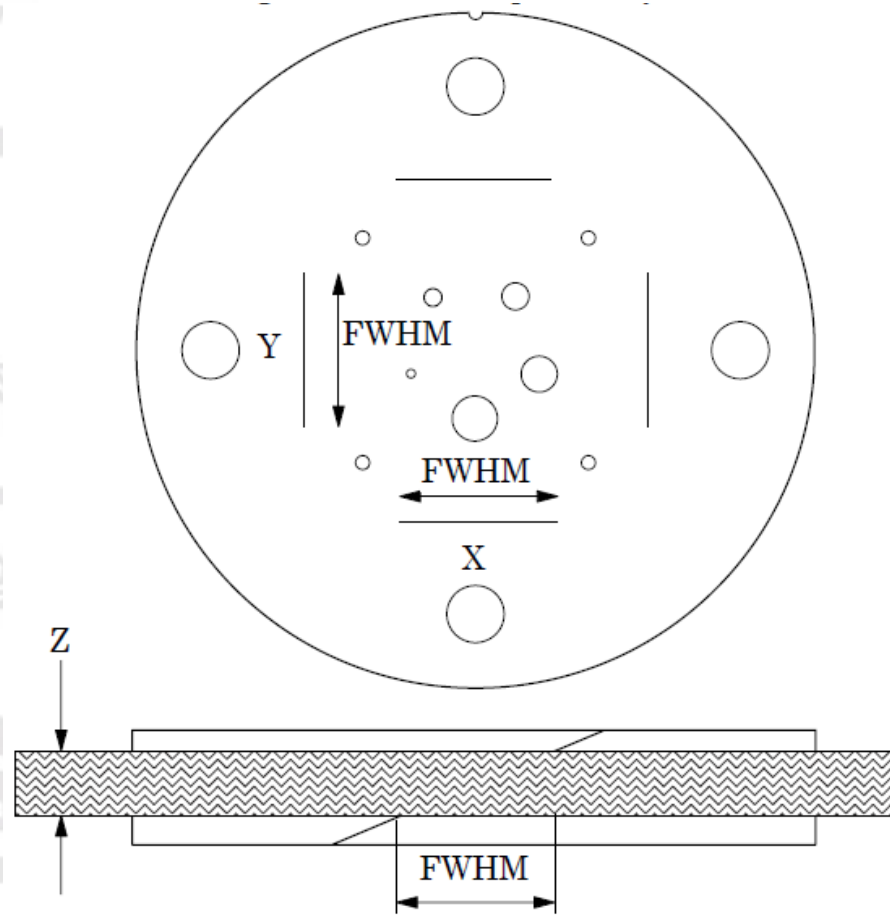


ACR ACREDITATION PHANTOM

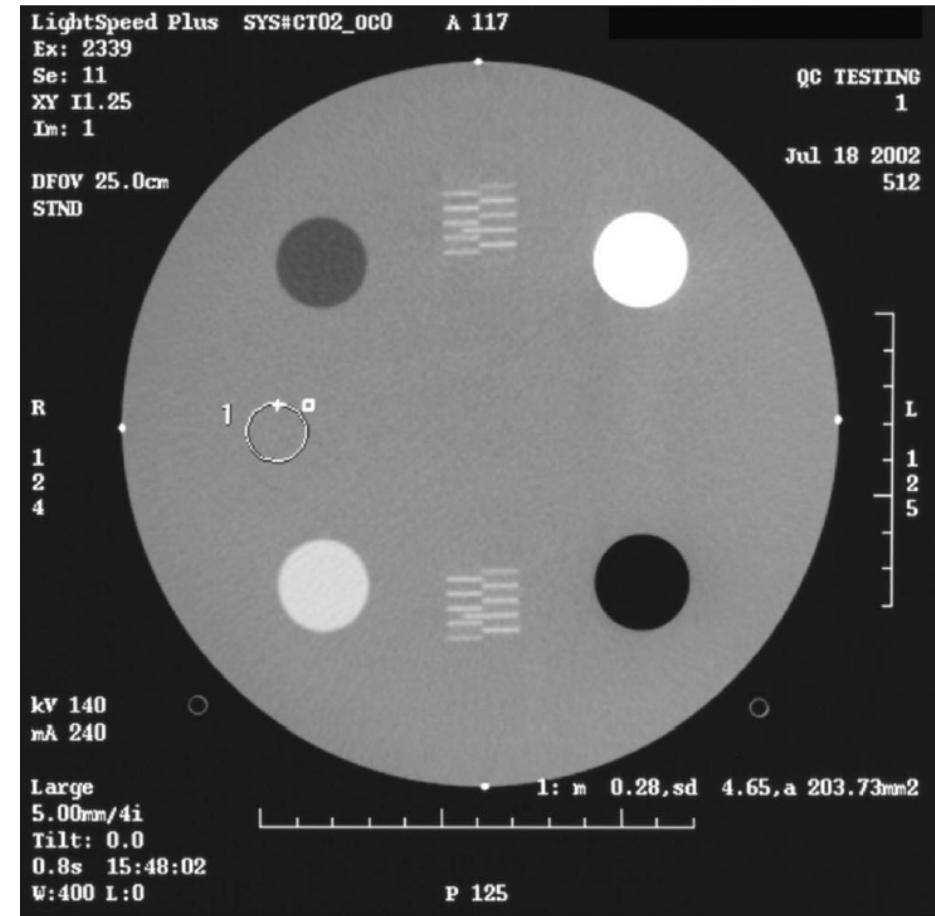
Espesor de Corte



UNIVERSIDAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE



CATPHAN



ACR ACREDITATION PHANTOM

Espesor de Corte

- Análisis:
 - Plotear el perfil de UH (Axial: rampa / Helicoidal: disco metálico)
 - Determinar la UH centrales (CT_{max}) y del fondo (CT_b).
 - Determinar la mitad de la máxima altura:

$$CT_{half} = (CT_{max} - CT_b)/2 + CT_b$$

- Determinar el FWHM calculando la distancia entre 2 puntos con valor CT_{half}

Espesor de Corte

- Convertir la distancia corrigiendo al tamaño del pixel*
- Calcular el espesor de corte como:

$$\text{slice width} = \text{FWHM} \times \tan \theta$$

- θ : Es el ángulo del plano inclinado con respecto al plano tomográfico, y es propiedad del fantoma.



Espesor de Corte

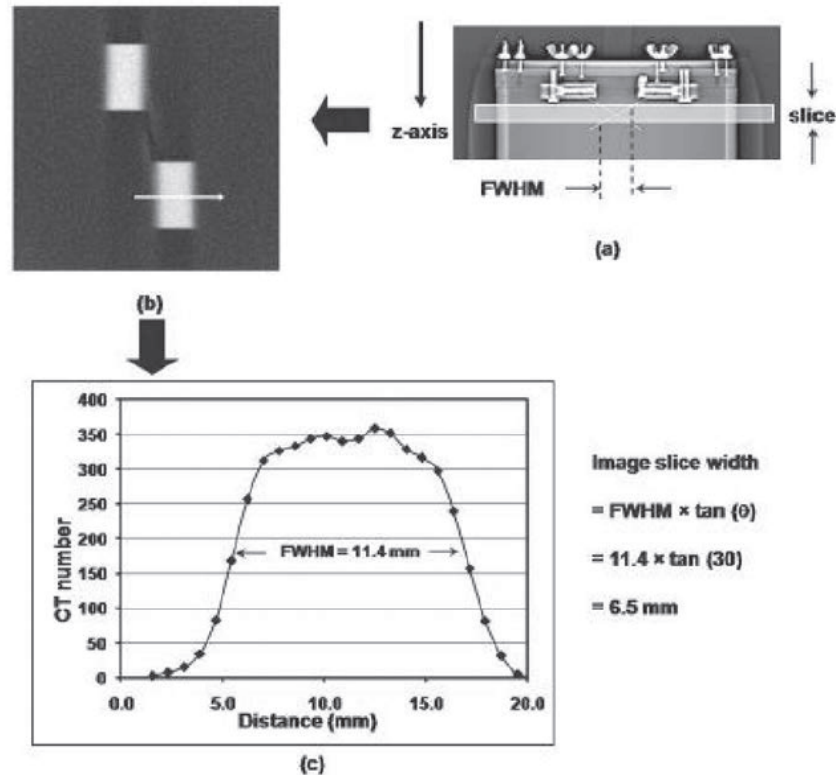


FIG. 25. (a) SPR image of the ramp test object, (b) image through the inclined ramps, (c) profile through image in (b). Nominal slice width is 6 mm.

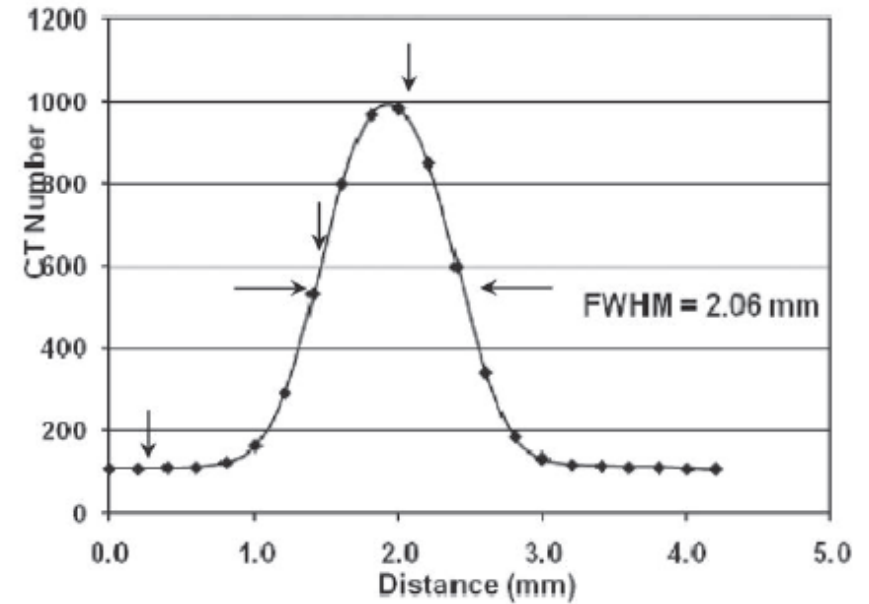


FIG. 27. Plot of pixel value in ROI placed over position of 'delta function' insert as a function of image slice position. The positions of the three images in Fig. 26 are indicated by vertical arrows. Nominal imaged slice width is 2 mm.

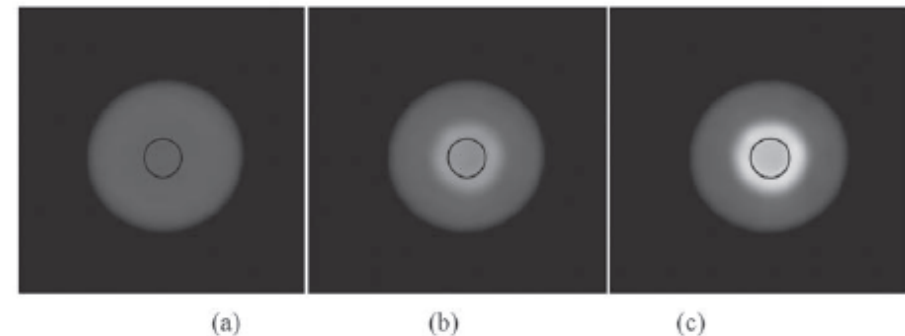
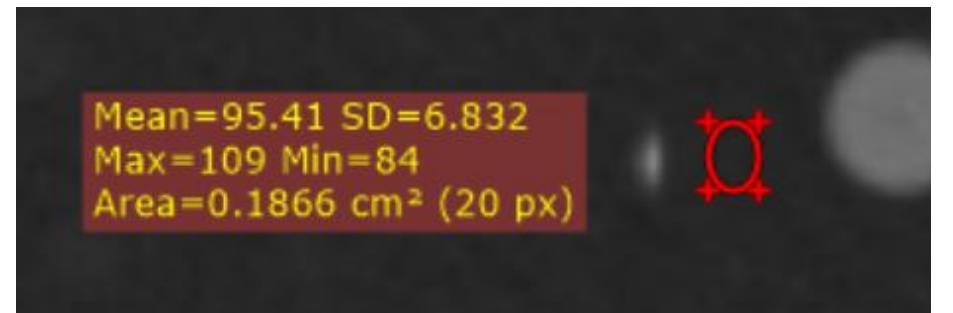
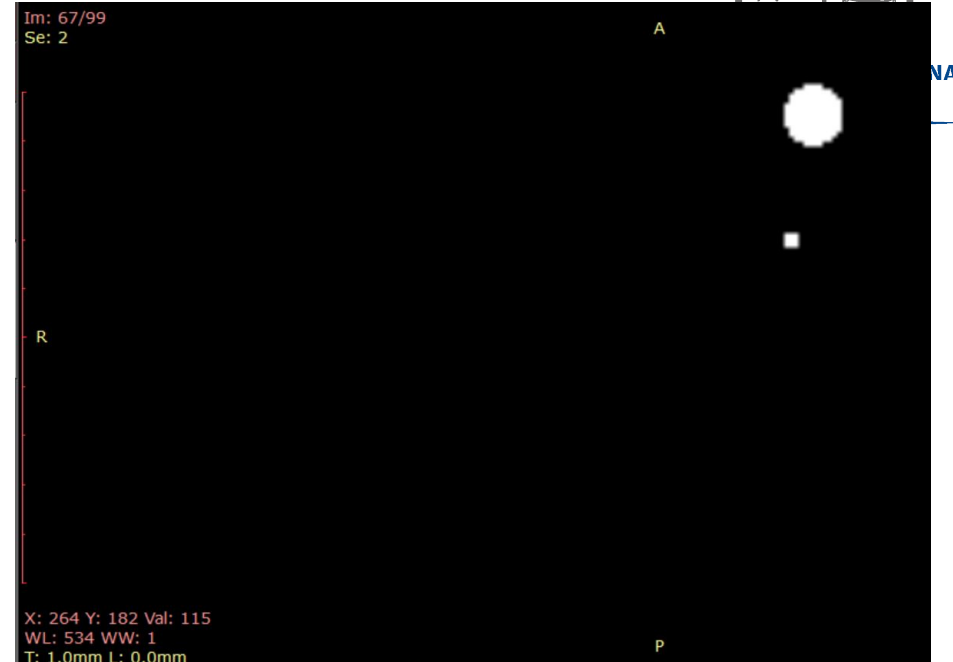
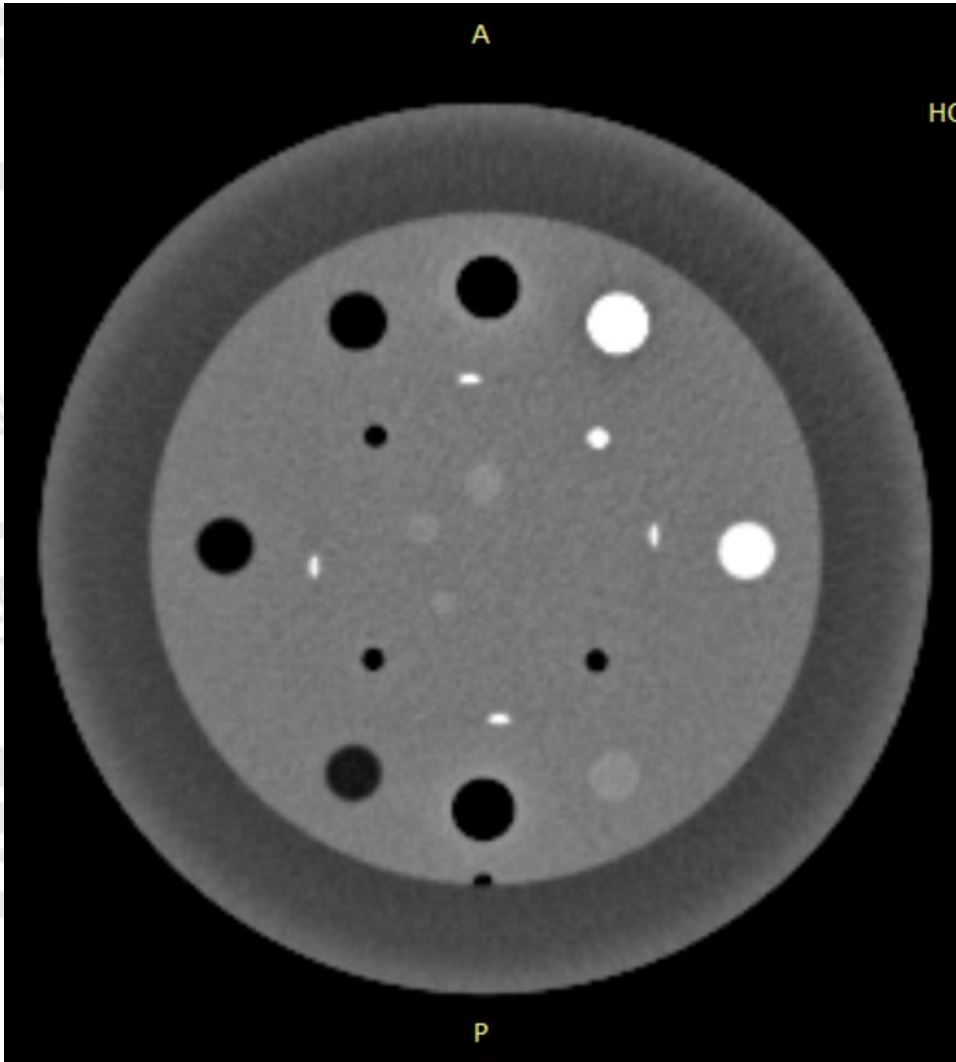


FIG. 26. Images of test object with ROIs shown drawn over metal 'delta function' insert. Insert is (a) not in the tomographic plane, (b) partially in the tomographic plane and (c) centred in the tomographic plane.

Espesor de Corte



Espesor de Corte



$$Z_{mm} = FWHM \cdot \tan\theta$$

$$Z_{mm} = 3.50 \text{ mm} \cdot \tan 23^\circ$$

$$Z_{mm} = 3.50 \text{ mm} \cdot 0.42$$

$$Z_{mm} = 1.47 \text{ mm}$$



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Espesor de Corte

- Tolerancia

Nominal slice width (mm)	Acceptable
≤ 1	$< \text{nominal} + 0.5 \text{ mm}$
$> 1 \text{ and } \leq 2$	$\pm 50\%$
> 2	$\pm 1 \text{ mm}$

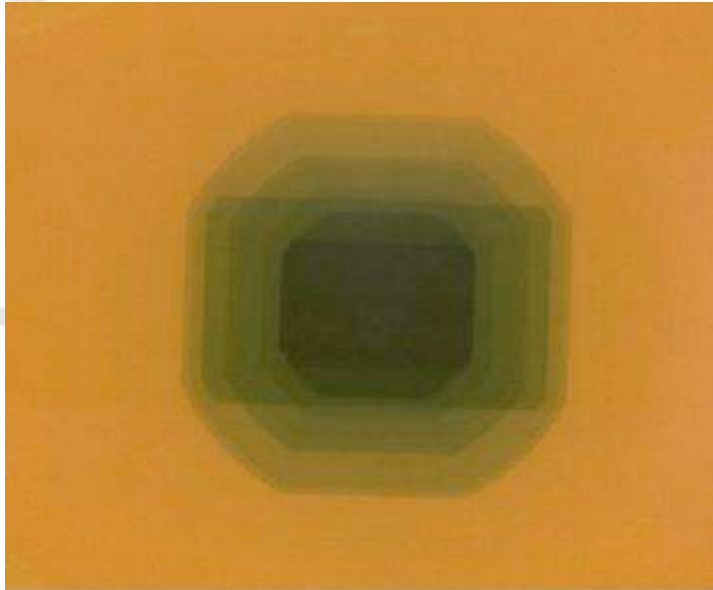
Espesor de haz de rayos X

- Objetivo:
 - Determinar la exactitud de la configuración del colimador.
 - Determinar la extensión del over-beaming.

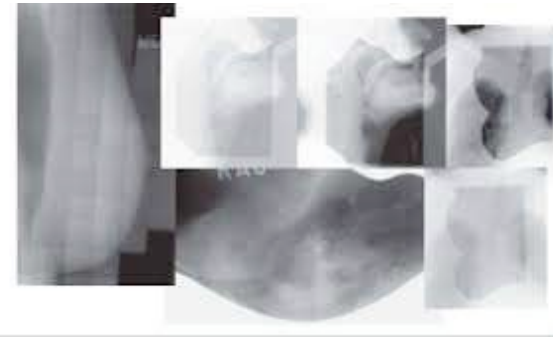


FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Espesor de haz de rayos X



Gafchromic film



Film para localización en RT



Arreglo lineal de detectores

Espesor de haz de rayos X

- **Análisis:**
 - Plotear los datos de densidad con escaner de películas.
 - Determinar la máxima densidad óptica obtenida con 50% de mAs.
 - Aplicar este valor de densidad al ploteo de films con 100% de mAs.
 - Over-beaming.: dividir espesor nominal, por ancho medido.
- **Tolerancia:**
 - De acuerdo a especificaciones del fabricante.

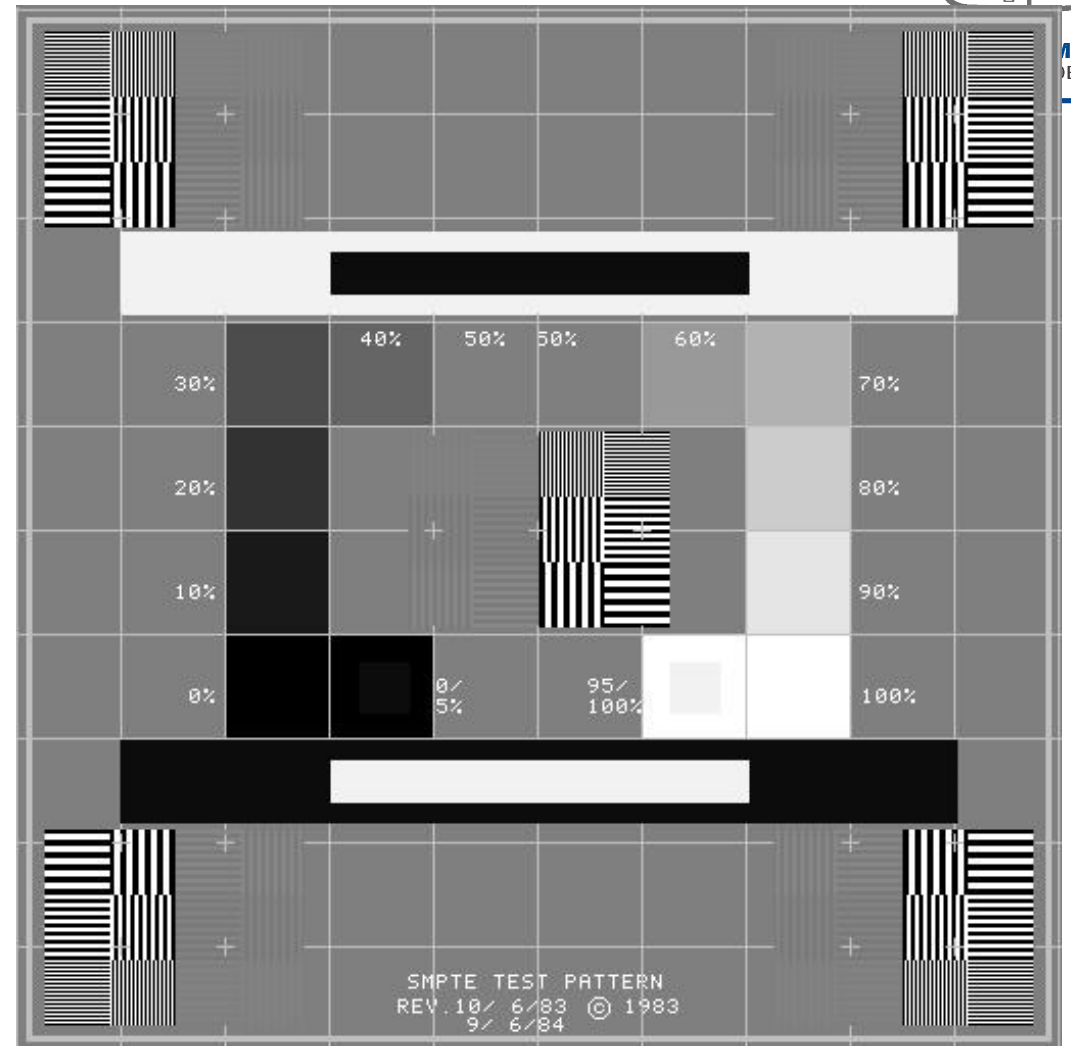
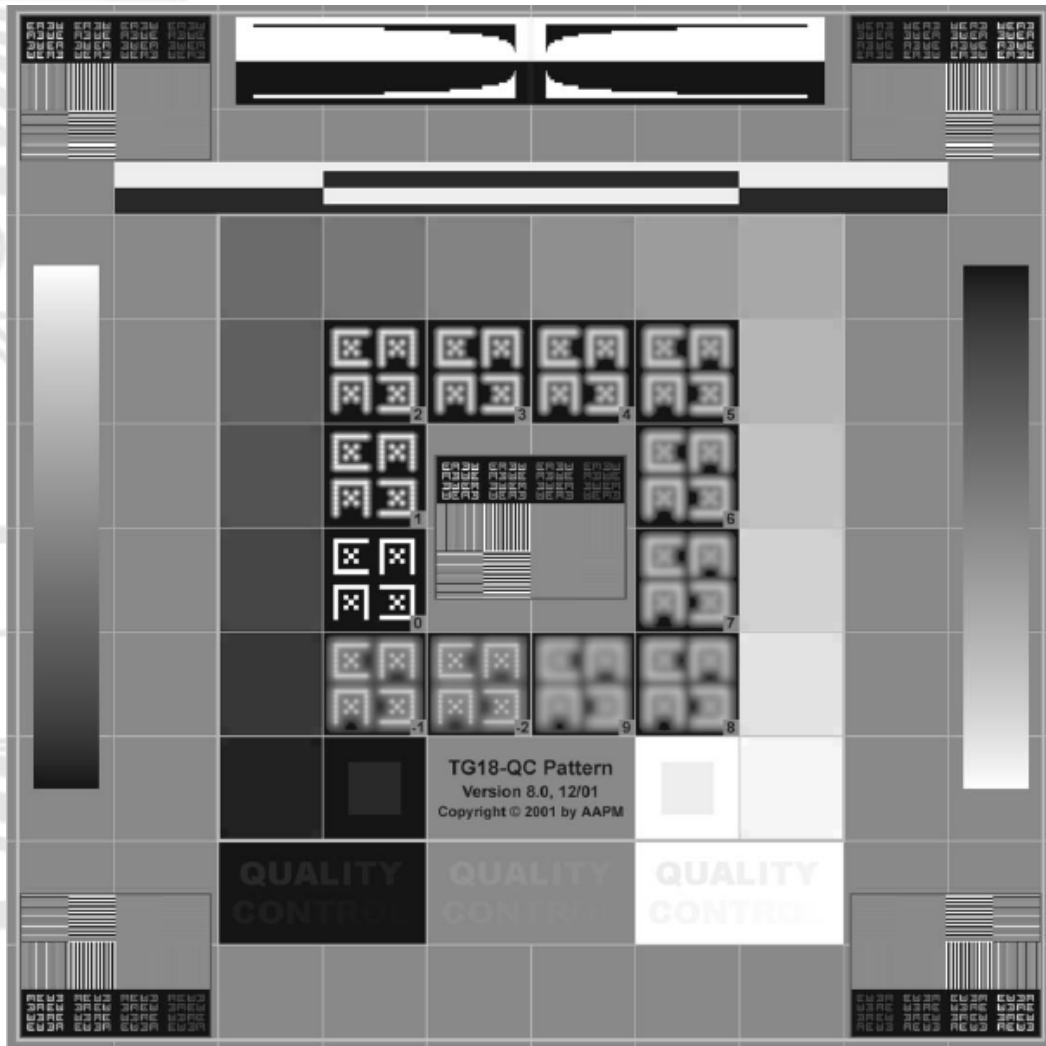
Despliegue de imagen e impresión

- **Objetivo:**
- **Aceptación:**
 - Asegurar distorsión geométrica, tamaño de calibración y respuesta de luminancia.
 - Asegurar despliegue de resolución de alto y bajo contraste, ruido, velo, y cromaticidad.
 - Patrón SMPTE o AAPM TG18-QC.
- **Comisionamiento:**
 - Asegurar iluminancia de la sala de comando y reflexiones del display.
- **Anual:**
 - Tamaño de calibración.
 - Iluminancia de la sala, reflexiones de display y respuesta de luminancia.
 - Testeo completo de impresora (densidad media, diferencias de densidad, visibilidad 5%-95%, alto y bajo contraste, apariencia visual).

Despliegue de imagen e impresión



MEDICINA
DE CHILE



Despliegue de imagen e impresión



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

SMPTE Online Test Pattern Tutorial

<http://brighamrad.harvard.edu/research/topics/vispercep/tutorial.html>

AAPM TG-18 Test Pattern Information

http://aapm.org/pubs/reports/OR_03.pdf. The test patterns are available at http://aapm.org/pubs/reports/OR_03_Supplemental/

Monitor QC Program for Planar Displays

http://www.planar.com/products/docs/MBU/white_papers/Planar-MonitorQCProgram.pdf

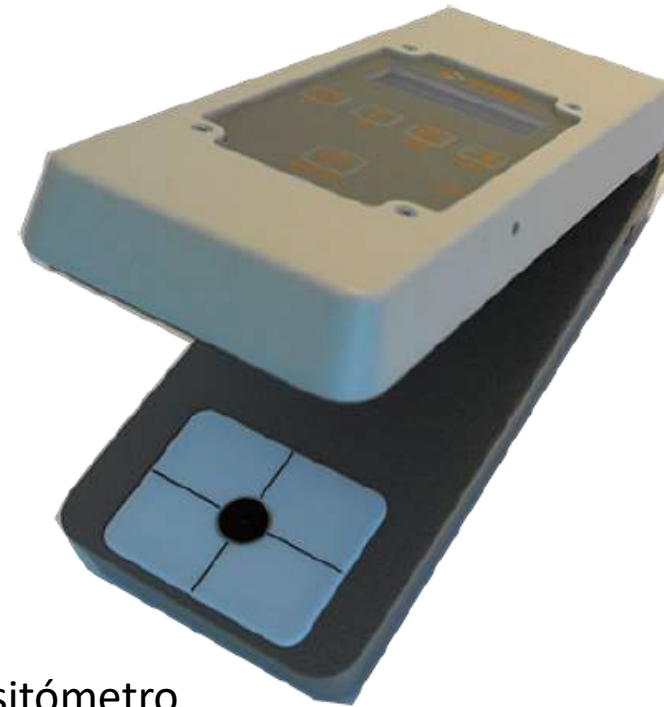
Despliegue de imagen e impresión



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE



Fotómetro



Densitómetro

Despliegue de imagen e impresión



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Tolerancia:

Test quantity	Acceptable	Achievable
Visibility of step wedge patches and of the 5% and 95% inset patches	The brightness or density differences between adjacent steps of the step wedge should be visible Both the 5% and 95% inset patches should be visible	
Film densities	Measured film densities should be as noted in Table 8	
Display maximum luminance levels	Primary workstation display ^a : 500 cd/m ² Secondary display ^b : 200 cd/m ² (typical values for LCD displays)	Primary workstation display: 600 cd/m ² Secondary display: 250–300 cd/m ²
Room illuminance levels	15–50 lux	
View box luminance level	A minimum of 1800 cd/m ²	A minimum of 3000 cd/m ²

^a Primary display refers to the workstation used by the radiologist for primary interpretation.

^b Secondary display refers to displays used by other physicians for reviewing images.



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE