



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

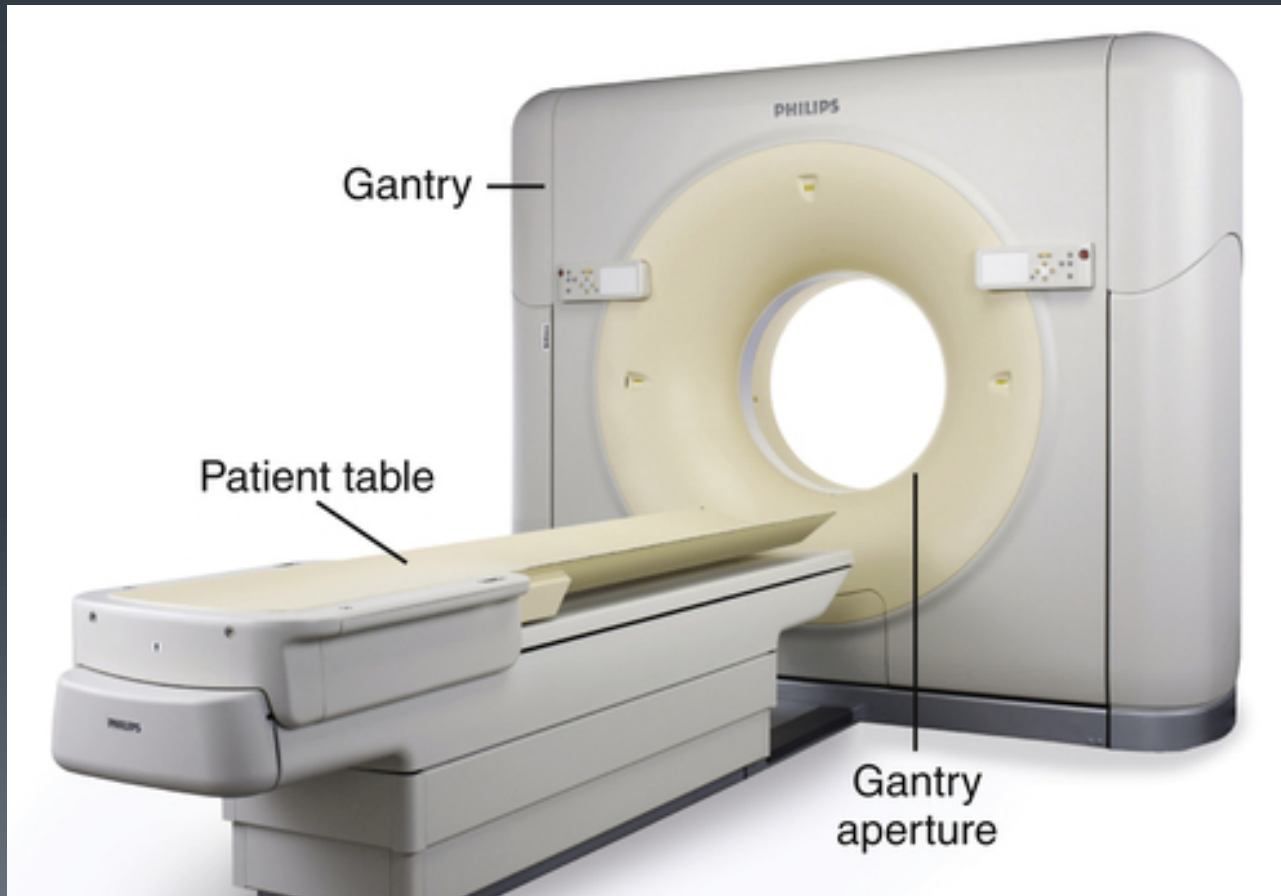
Configuración Estándar de un Equipo de Tomografía Computada

TM. Gonzalo Espinoza Ortiz
Unidad de Tomografía Computada
Centro de Imagenología
Hospital Clínico Universidad de Chile

Esquema Unidad de Tomografía Computada



Tomógrafo Computado



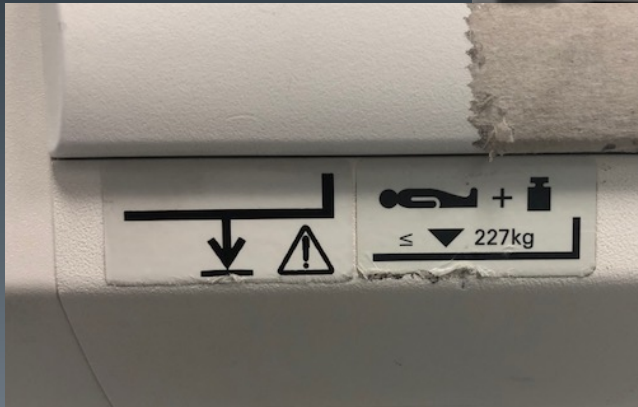


Camilla

Camilla

- Posicionamiento depende del área corporal a estudiar.
- Busca la comodidad del paciente.
- Artefactos.

Camilla



Camilla

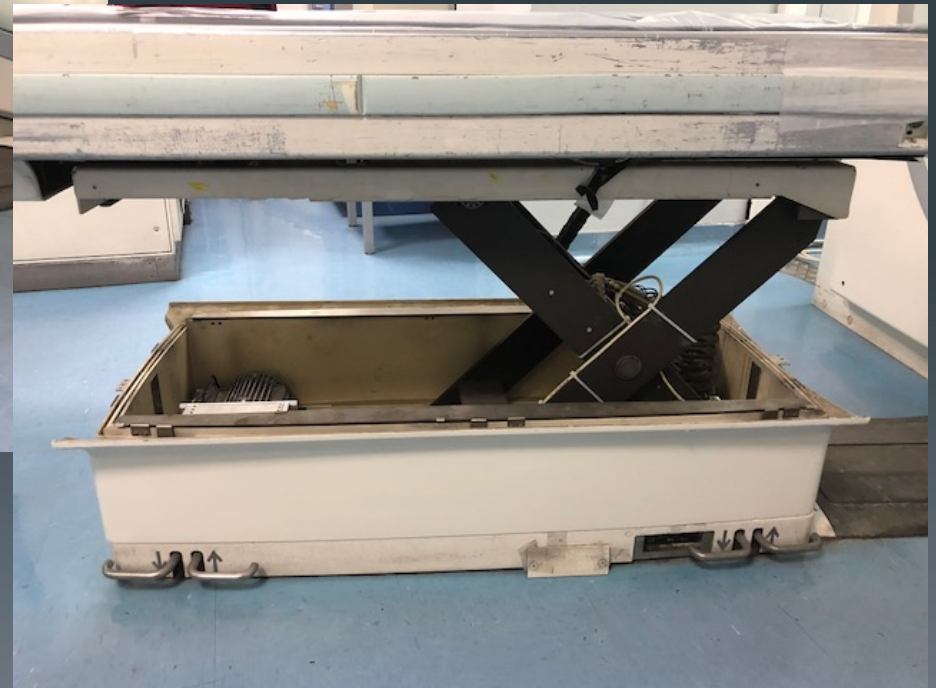
- Material de N° atómico bajo
- Precisión de movimiento
- Límite de peso del paciente
- Movimientos dados por sistemas hidráulicos.
- El movimiento de la camilla está dado por switches en el mismo gantry y la consola en la sala de operación.

Camilla

Table 2: Couch

	GE LightSpeed VCT [Pro 32]	Philips Brilliance CT 64 [40]	Siemens Sensation 64 [40]	Toshiba Aquilion 64 [32]
Couch top material	Carbon fibre	Carbon fibre	Carbon fibre	Carbon fibre
Couch top length and width (cm)	285 x 42	243 x 41	243 x 40	219 (std) or 189 (short) x 47
Horizontal movement range (cm)	200/170	200	200	219 (std) 189 (short)
Horizontal movement speeds (mm/sec)	up to 135	0.5 - 100	1 - 150	10 or 130
Maximum weight on couch which still achieves stated performance specifications (kg)	227 (± 0.25 mm)	204	200	205

Camilla



Camilla

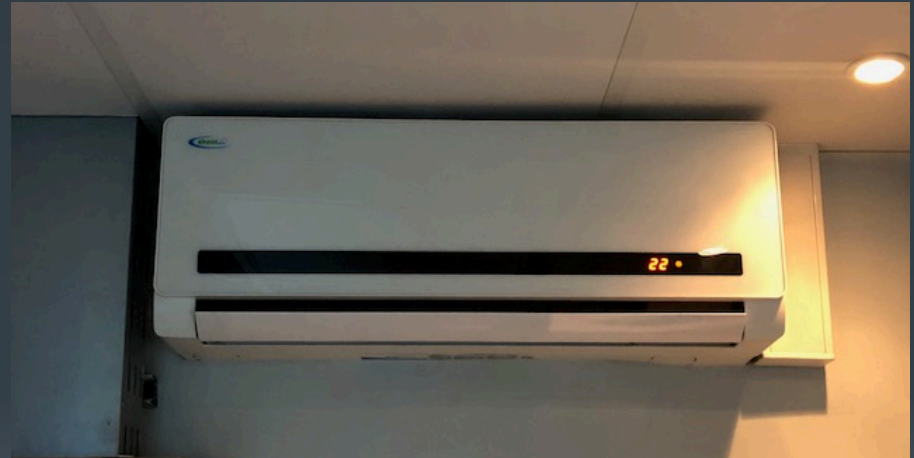




Componentes Adicionales

Componentes adicionales

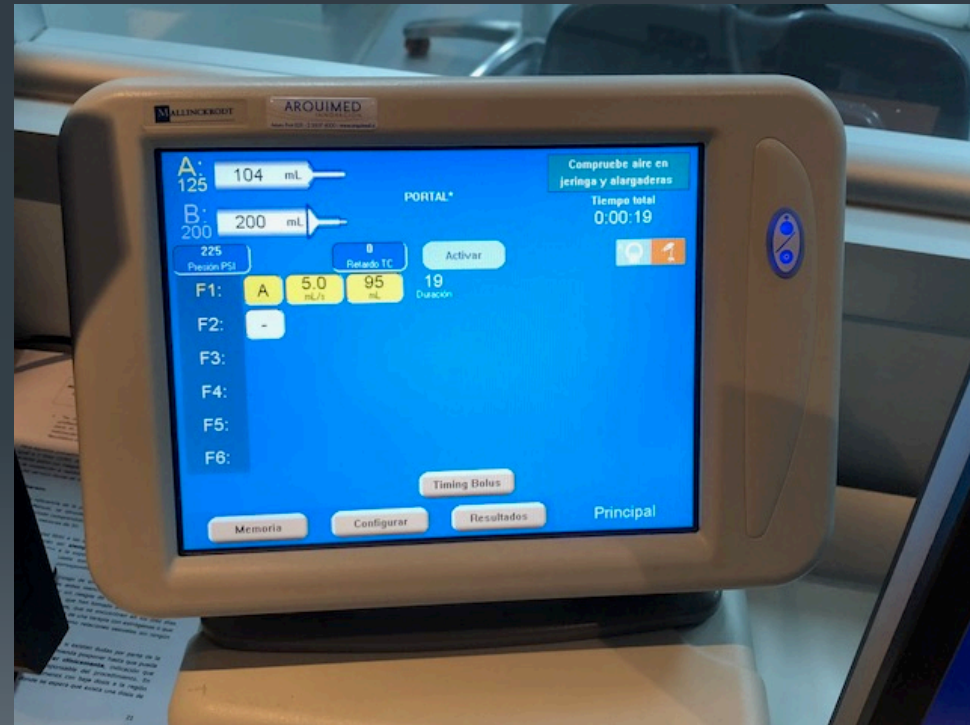
- Componentes electrónicos.
- Ordenadores (ej: IRS, CPU del operador)
- Controles.
- Estaciones de trabajo.
- Aire acondicionado.



Componentes adicionales



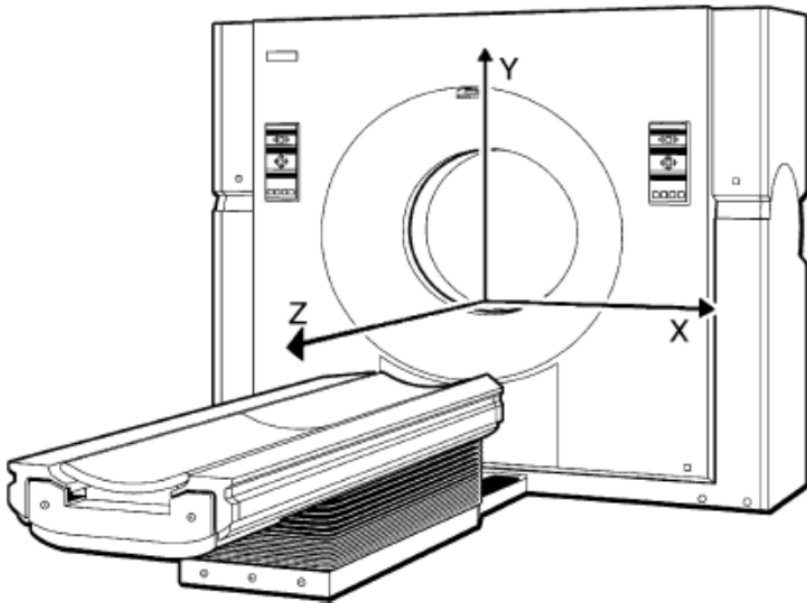
Componentes adicionales



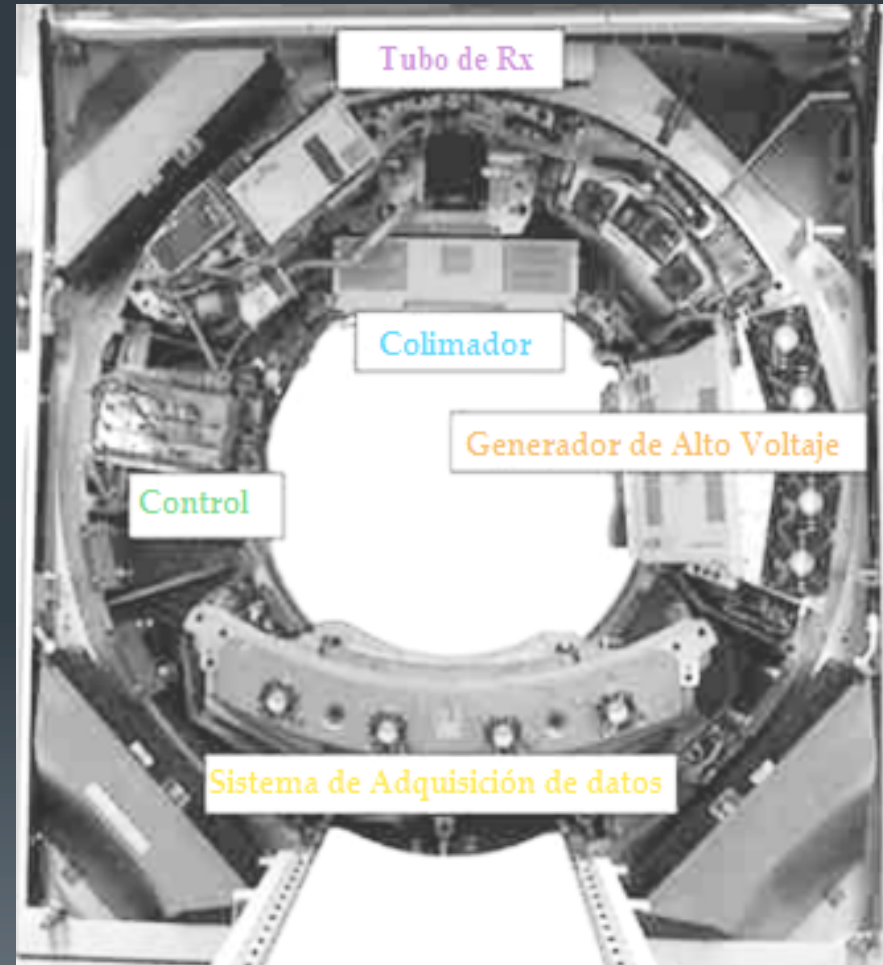


Gantry y Geometría de Adquisición

Ejes en TC



Qué hay dentro del Gantry?

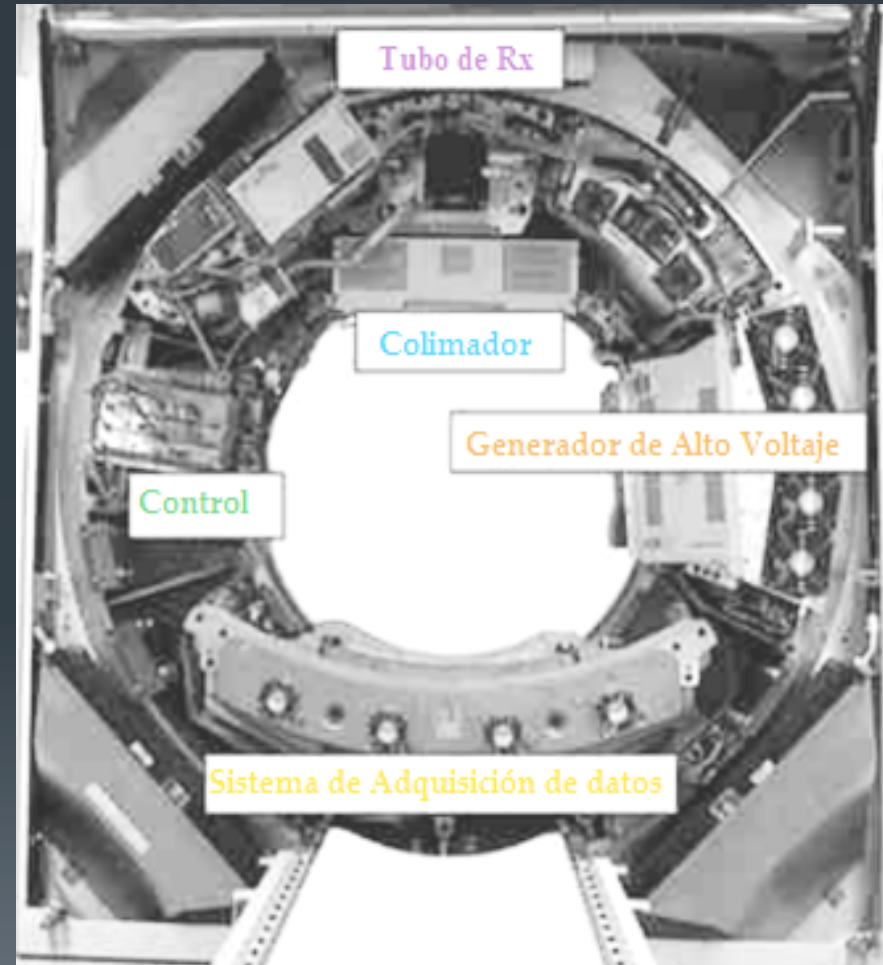


Qué hay dentro del Gantry?

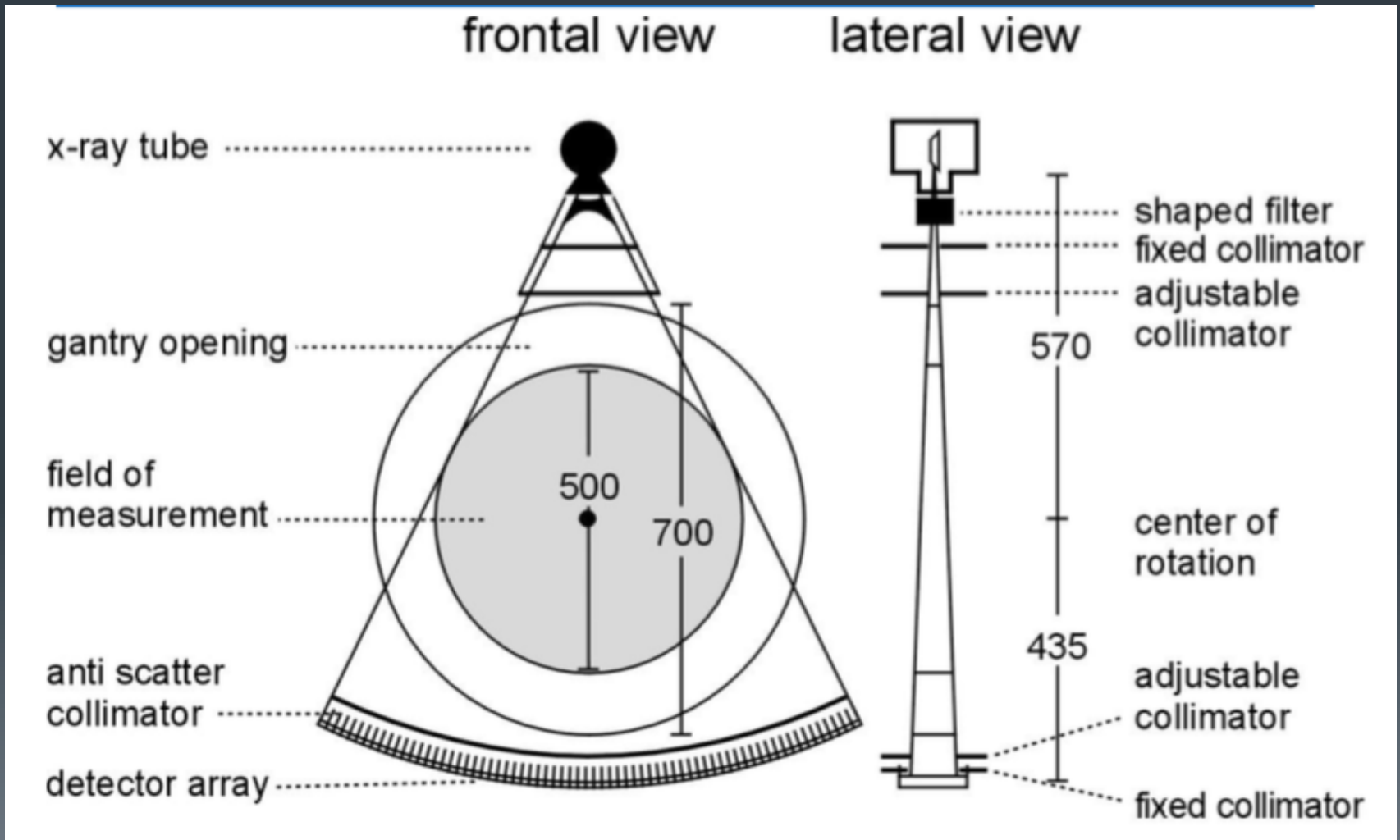
El cabezal (gantry o pórtico) consta de:

- Tubo de rayos X
- DAS
- Generador de alto voltaje
- Colimador

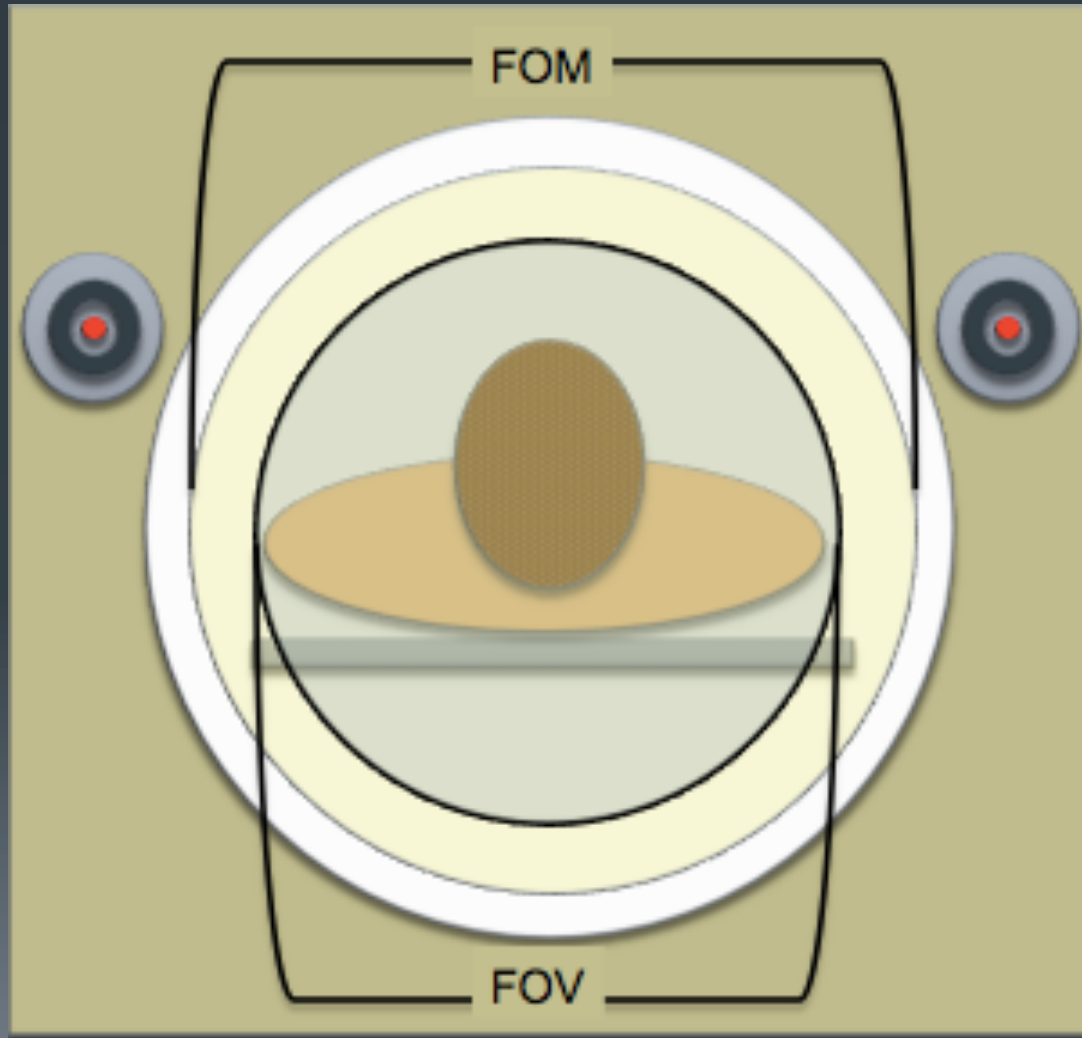
Soporte mecánico para cada uno de ellos.



Qué hay dentro del Gantry?



Gantry



Gantry



Table 3: Scanner gantry

	GE LightSpeed VCT [Pro 32]	Philips Brilliance CT 64 [40]	Siemens Sensation 64 [40]	Toshiba Aquilion 64 [32]
Generation	3rd	3rd	3rd	3rd
Slipring	Low voltage	Low voltage	Low voltage	Low voltage
Aperture (cm)	70	70	70	72
Scan fields of view (cm)	25 and 50	5-50	50, extended 70 option	18, 24, 32, 40, 50
Tilt range (degrees)	± 30	± 30	± 30	± 30

Gantry



Gantry



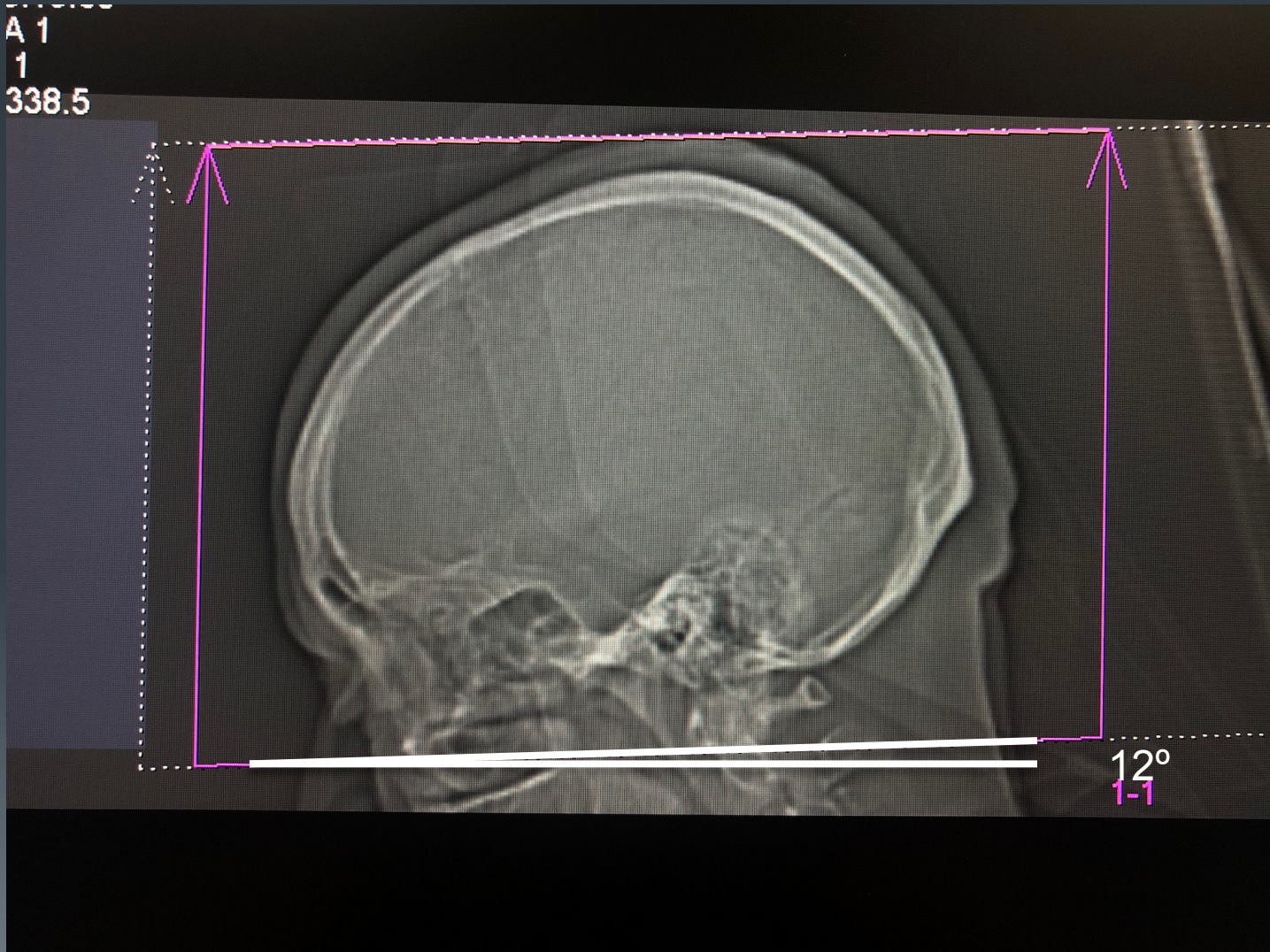
Gantry



Gantry



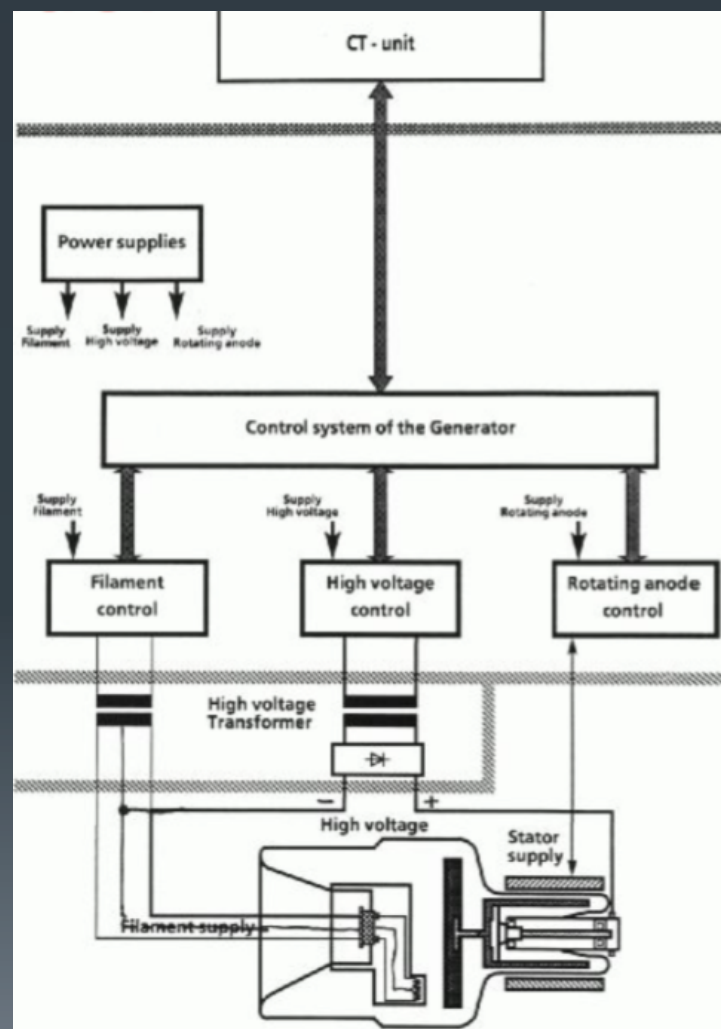
Gantry



Generador de Alto Voltaje

Las funciones principales del Generador son:

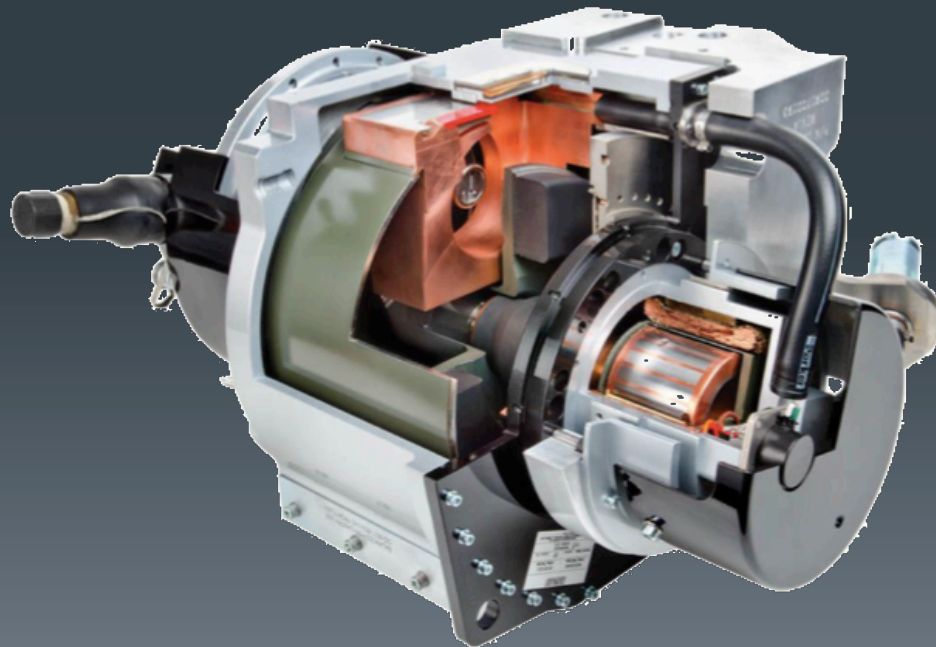
- Control de la corriente de filamento: es necesario que circule una corriente por el filamento del tubo de RX para poder producir electrones “libres” que luego serán acelerados hacia el ánodo.
- Control de la alta tensión: Mediante un sistema especial (inversor, transformador, rectificador) se logran valores de 80KV a 140KV para acelerar los electrones.
- Control de rotación del ánodo: para evitar recalentamiento todos los CT usan ánodo rotatorio.



Generador de Alto Voltaje

	GE LightSpeed VCT [Pro 32]	Philips Brilliance CT 64 [40]	Siemens Sensation 64 [40]	Toshiba Aquilion 64 [32]
Type	High frequency	High frequency	High frequency	High frequency
Location	Rotation assembly	Rotation assembly	Rotation assembly	Rotation assembly
Power rating (kW)	100	60	80 [70]	60
kV settings available	80, 100, 120, 140	80, 120, 140	80, 100, 120, 140	80, 100, 120, 135
mA range and step size	10 - 800 (5mA steps)	30 - 500 (1mA steps)	28 - 665 (1mA steps) [28 - 580 (1mA steps)]	10 - 50 (5mA steps) 50 - 500 (10mA steps)
Max. mA allowed for each kV	80kV: 675mA 100kV: 770mA 120kV: 800mA 140kV: 715mA	80kV: 500mA 120kV: 500mA 140kV: 430mA	80 kV: 500mA 100kV: 500mA 120kV: 665mA 140kV: 500mA [80 kV: 500mA 100kV: 500mA 120kV: 580mA 140kV: 500mA]	80 kV: 500mA 100 kV: 500mA 120kV: 500mA 135kV: 430mA

Tubo de Rayos X



Tubo de Rayos X

- Los tubos convencionales de TC tienen una alta capacidad calórica del orden de hasta 8 MHU.
- Tubos convencionales de Rx tienen 0,1MHU de capacidad calórica
- El ánodo de TC tiene una disipación de calor mucho mayor que en mamografía y Rx, logrando disipar hasta 1MHU por minuto.

Tube de Rayos X



	GE LightSpeed VCT [Pro 32]	Philips Brilliance CT 64 [40]	Siemens Sensation 64 [40]	Toshiba Aquilion 64 [32]
Type and make	GE Performix Pro	Philips MRC	Siemens Straton	Toshiba Megacool
Focal spot size(s) (mm), quoted to IEC 336/93 standard	0.6 x 0.7 0.9 x 0.9	0.5 x 1.0 1.0 x 1.0	0.6x0.7, 0.7x0.7, 0.8x1.1	0.9 x 0.8 1.6 x 1.4
Settings at which focal spot changes. kW = kV x mA / 1000	80kV : 24kW 100kV : 31kW 120kV : 40kW 140kV : 47kW	Small focus in high res. mode, not kW and UHR limited	Change automatically; UHR up to 45 kW; normal up to 65kW; large up to 80 kW	80kV : 36kW 100kV : 35kW 120 kV : 36kW 135 kV : 33.8kW
Total filtration (inherent + beam shaping filter) at central axis (mm Al equivalent)	6.8 (70kV, head) 9.5 (70kV, body)	9.8 @ 120 kV +/- 10%	6.8	> 1 (inherent) 1.5 - 10 (wedge dependent)
Anode heat capacity (MHU)	8	8	0.6, equiv to 30	7.5
Maximum anode cooling rate (kHU/min)	2100	1608	5000	1386
Method of cooling	Oil to air	Oil to air	Oil to air	Oil to forced air
Guaranteed tube life	1 year unlimited guarantee	1 year unlimited guarantee	1 year unlimited guarantee	300,000 rotations

Tubo de Rx

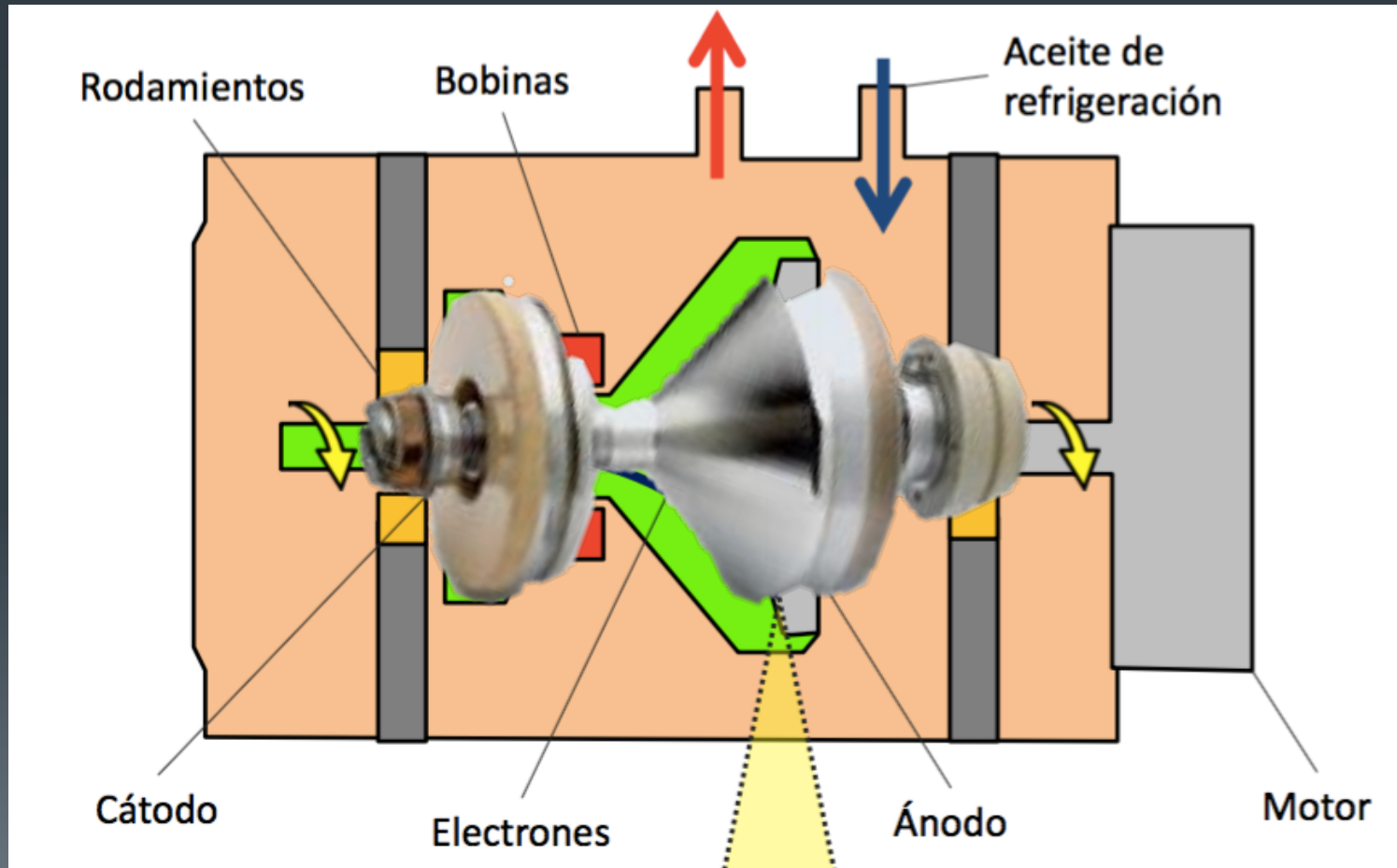
- Los tubos de Rx están sujetos a voltajes de hasta 140 kV.
- Los materiales usados en su confección deben resistir altas temperaturas, alto vacío y cambios bruscos de temperatura.
- “solo el 1% de la energía eléctrica aplicada generará Rx, el resto de la energía se transforma en calor”
- El punto focal alcanza hasta 2500°C.
- Se espera que el tubo de Rx supere las 50.000 exposiciones.

Tubo de Envoltura Rotatoria

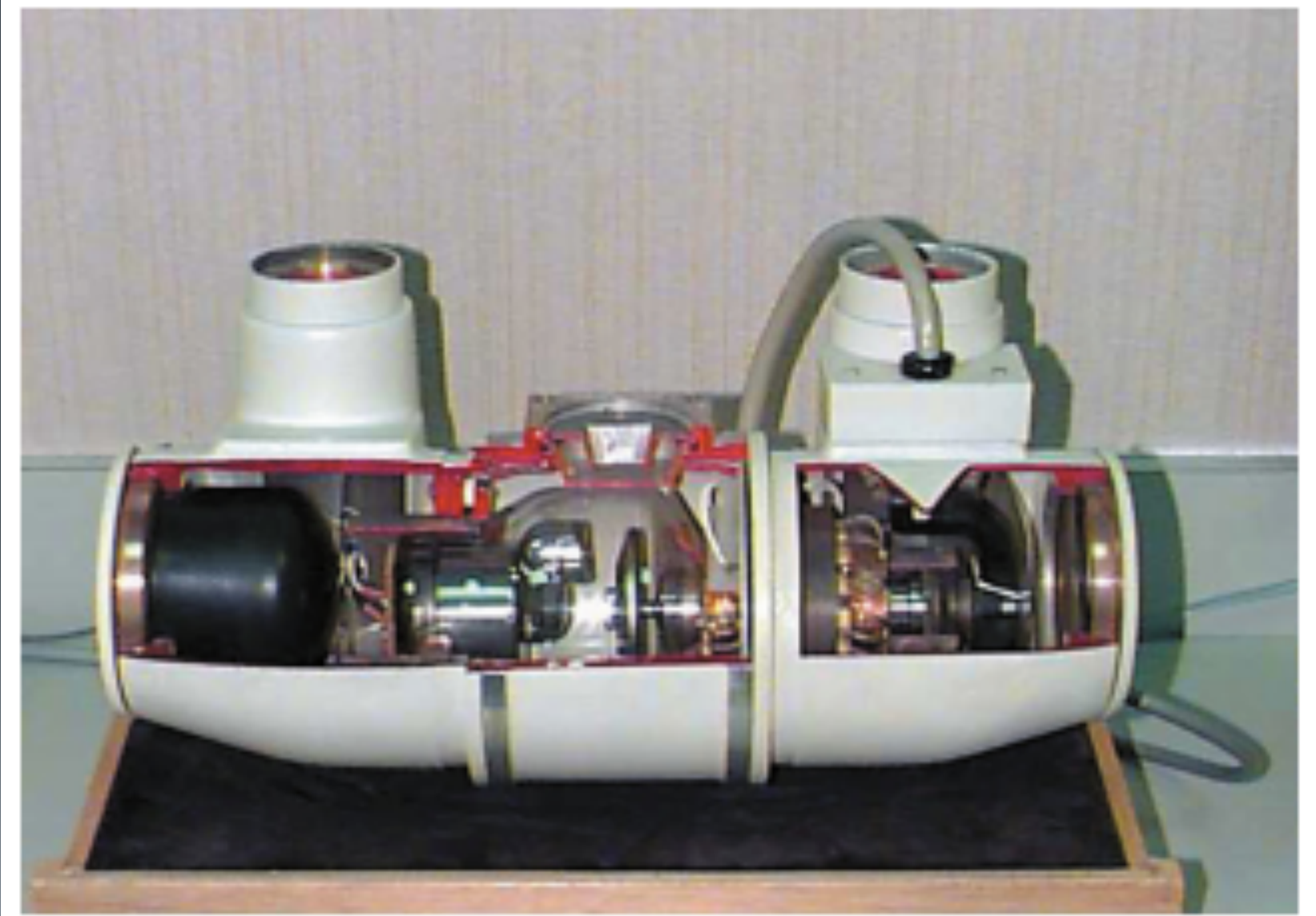
- El primer tubo de estas características fue desarrollado por Siemens en el año 2004 y fue denominado como “*Straton*”



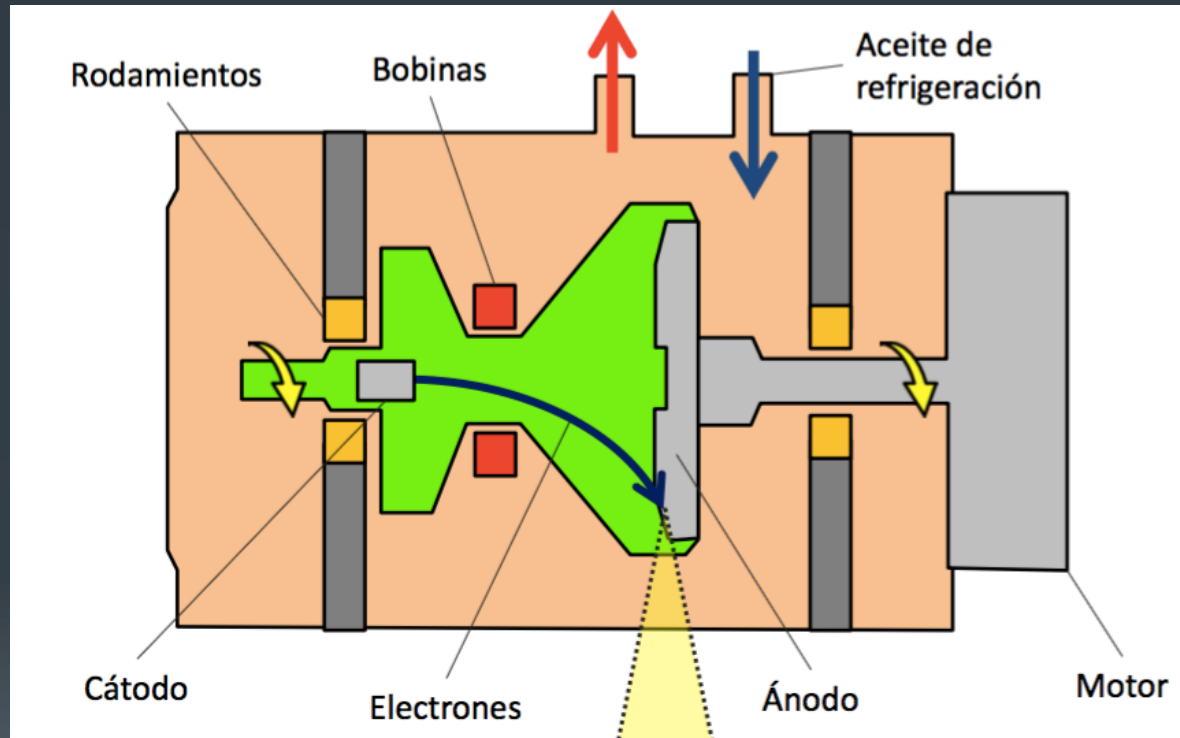
Tubo de Envoltura Rotatoria



Tubo de Envoltura Rotatoria



Tubo de Envoltura Rotatoria

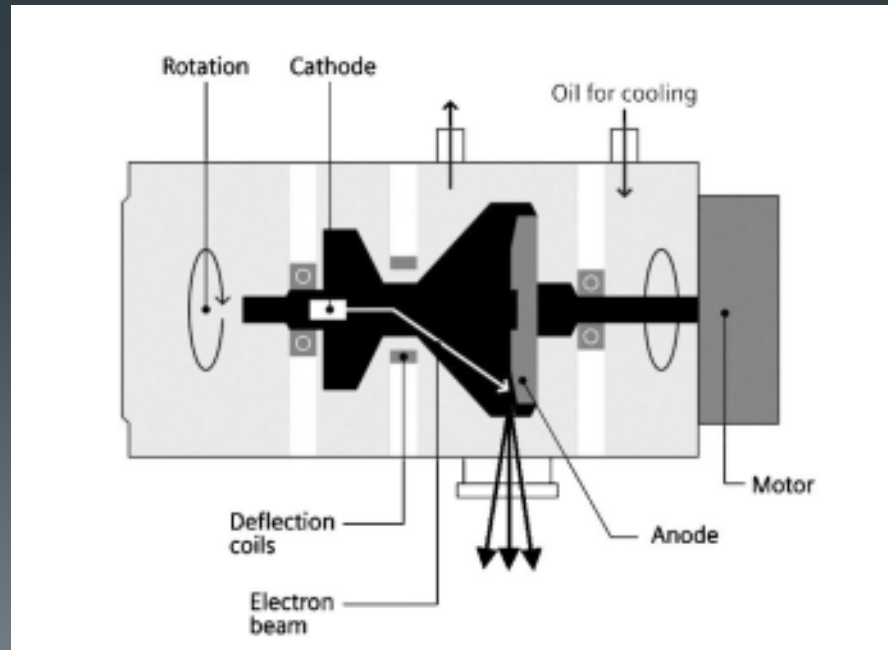


Material del cuerpo del ánodo: Tungsteno, Zirconio y Molibdeno.

Material del punto focal: Tungsteno y Renio.

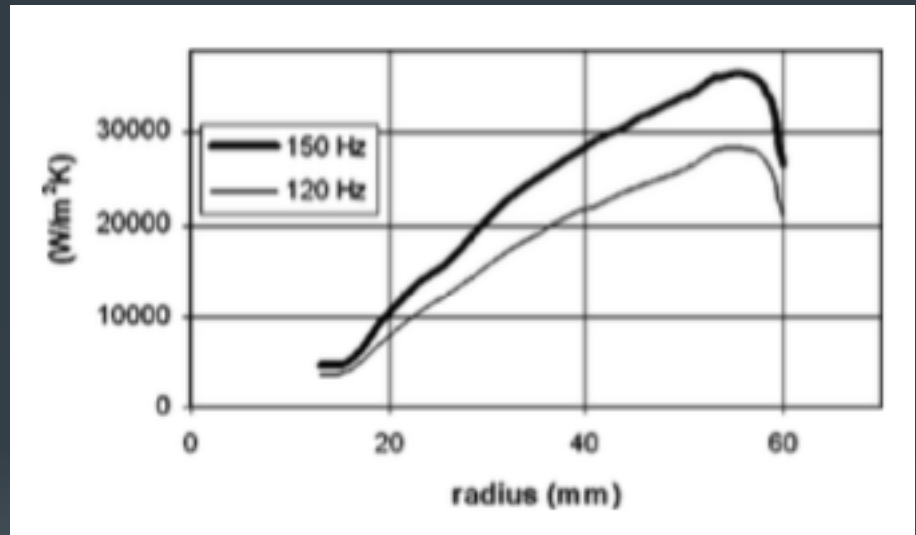
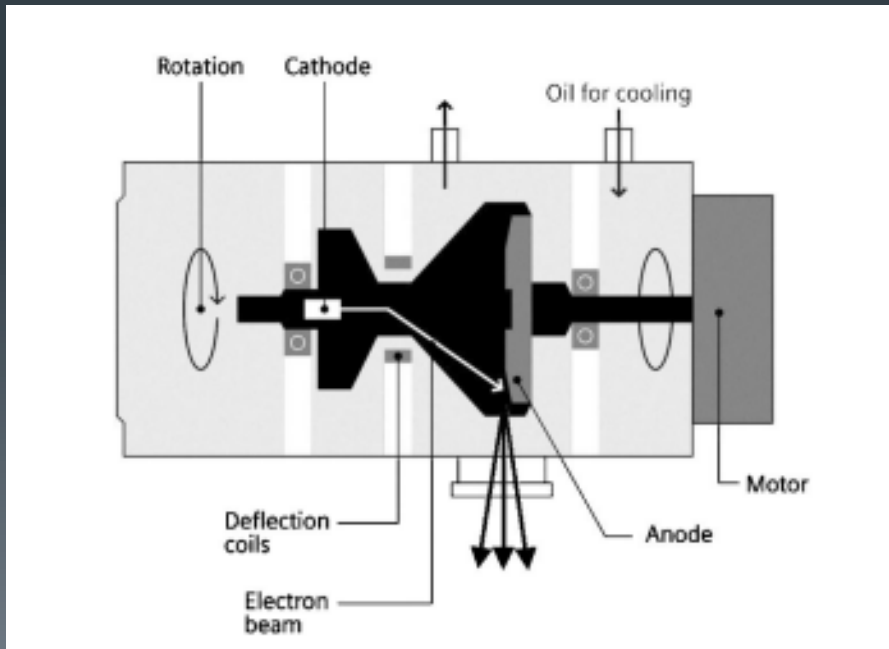
Tubo de Envoltura Rotatoria

- La carcasa del tubo en si consiste en un eje rotatorio (160 Hz).
- Tiene una entrada para el aceite refrigerante.
- Una ventana anular para la salida de los Rx.
- Un ánodo montado en un segundo eje rotatorio.
- En la cintura del tubo de coloca un sistema de deflexión de electrones.



Tubo de Envoltura Rotatoria

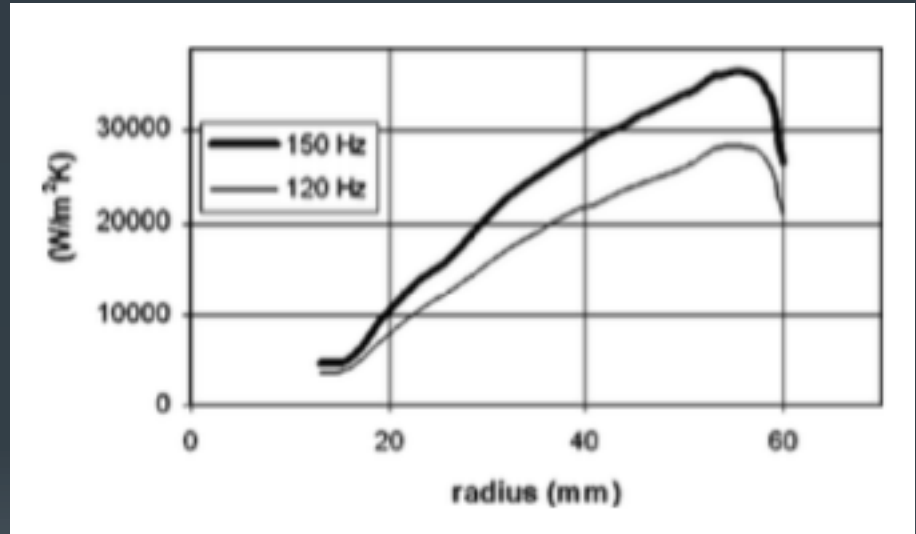
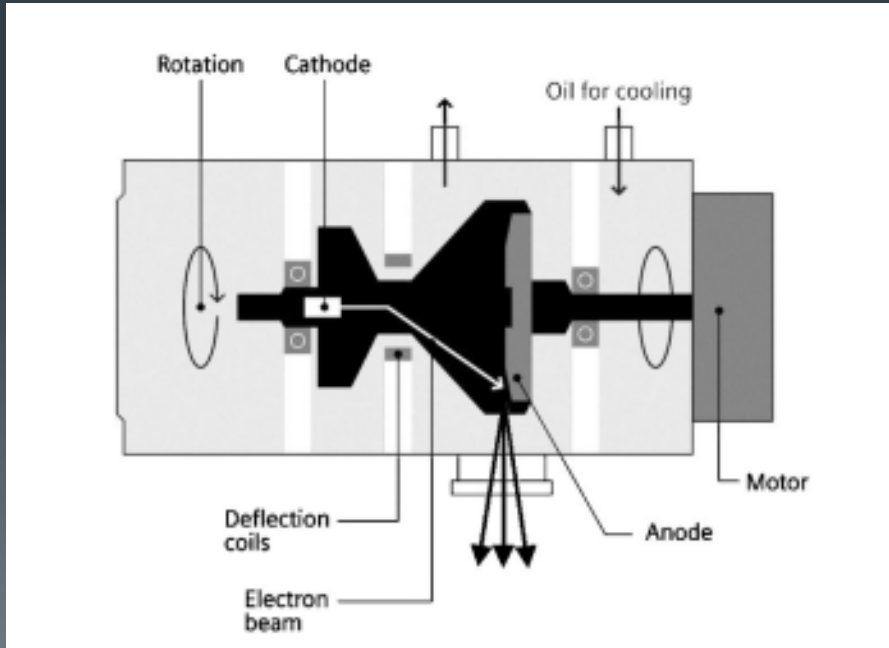
- Gran capacidad de disipación de calor ya que ánodo esta sumergido en aceite.
- $P_C = \alpha \times A_C \times \Delta T$



P_C : Poder de transferencia de calor.
 α : Coef. De transferencia de calor.
 A_C : Superficie de enfriamiento.
 ΔT : Diferencia de temperatura entre la superficie de enfriamiento y el fluido de enfriamiento.

Tubo de Envoltura Rotatoria

- Gran capacidad de disipación de calor ya que ánodo esta sumergido en aceite.
- $P_C = \alpha \times A_C \times \Delta T$

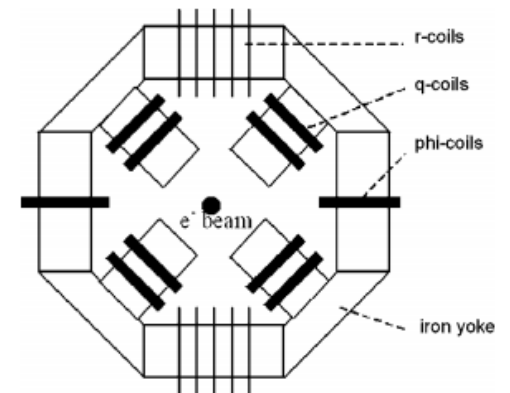
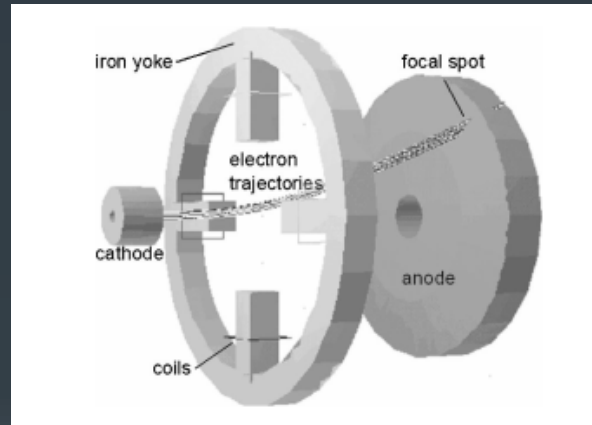
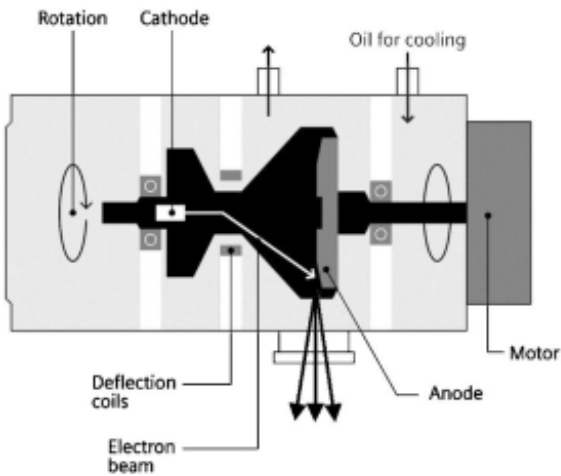


α : Coef. De transferencia de calor. Depende del flujo de del aceite, a mas turbulento mayor el coeficiente, (Hz de rotación)

A_C : Superficie de enfriamiento. Depende del tamaño del ánodo.

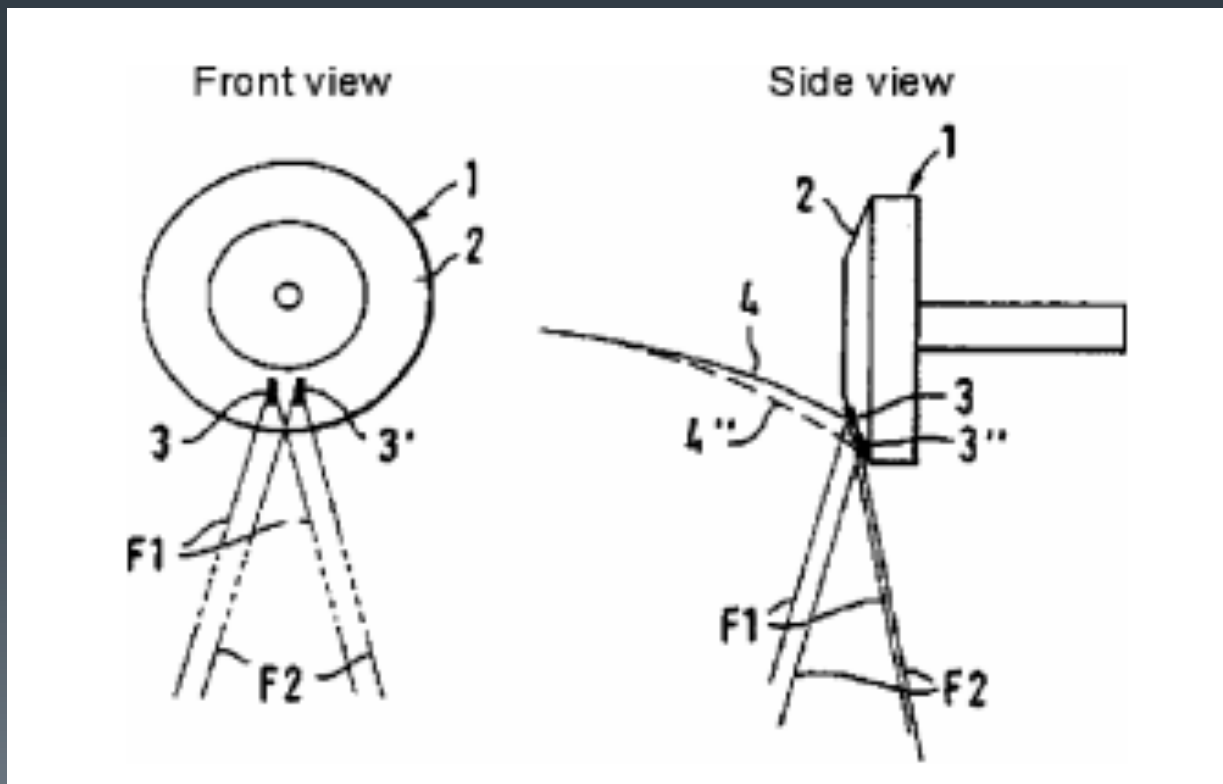
Tubo de Envoltura Rotatoria

- El haz de electrones es deflectado por un campo magnético.
- Permite que los electrones impacten en el punto focal.



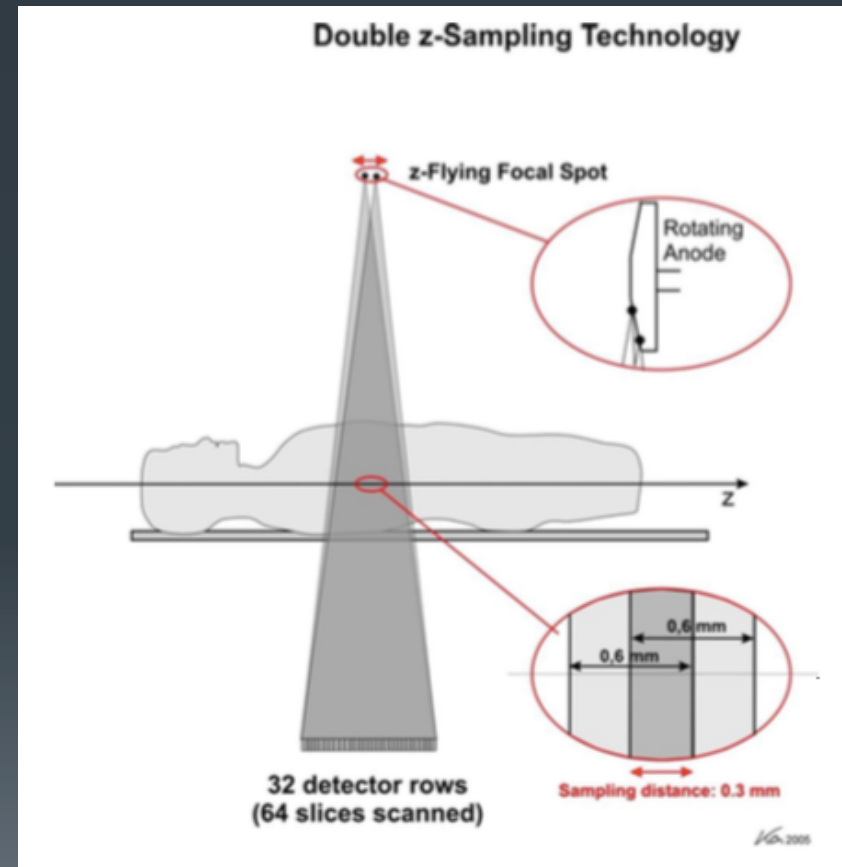
Tubo de Envoltura Rotatoria

- Tiene tecnología de doble punto focal en el eje Z, esto gracias a la deflexión del haz de electrones.



Tubo de Envoltura Rotatoria

- Esta tecnología de doble punto focal permite:
 - Generar doble muestreo aumentando la resolución en el eje Z.
 - Dos lecturas de 32 canales produce 64 cortes.

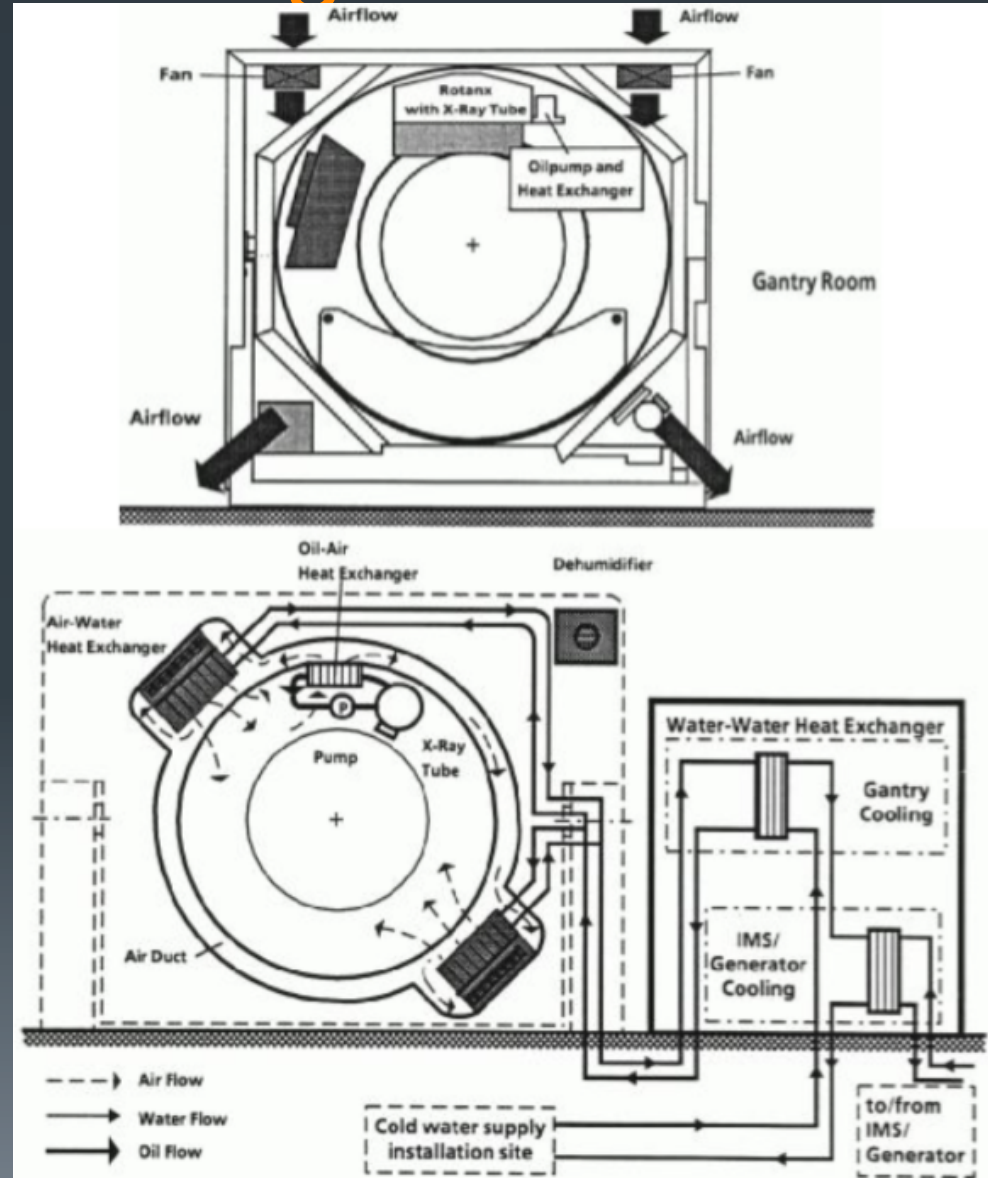




Sistemas de Refrigeración

Sistemas de Refrigeración

- Existen dos sistemas de Refrigeración del Sistema:
 - Por Aire (Aire Acondicionado).
 - Por Agua (chiller exterior e intercambiador de calor)





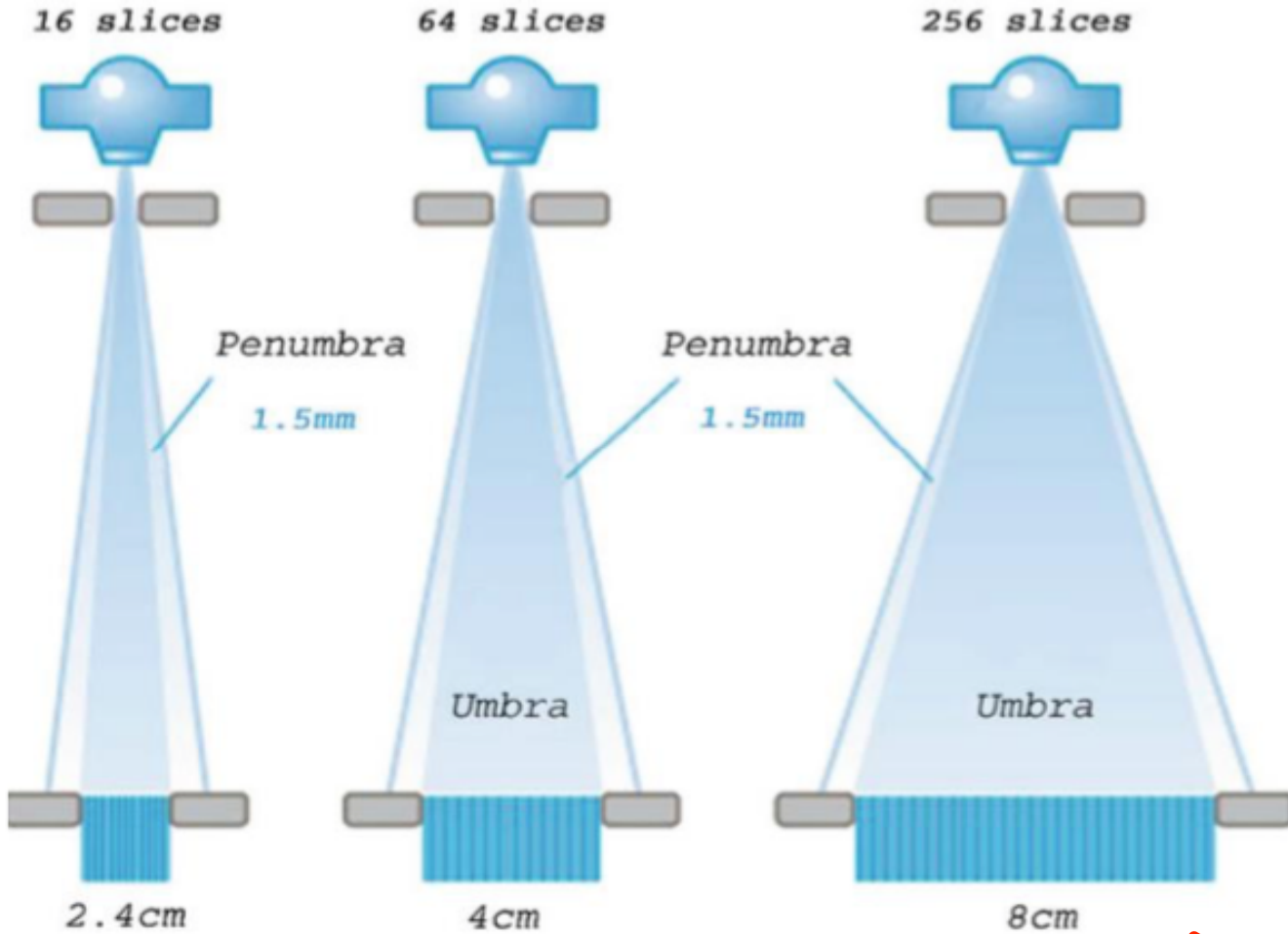
Colimación y Filtración

Colimación



1. Delimita el haz al área activa de los detectores.
2. Reduce la radiación dispersa.
3. Reduce la dosis al paciente.

Colimación y Filtración



Precolimador

Postcolimador

Eje z

Colimación y Filtración

1. Colimación pre-paciente

- Limita el ancho del haz en abanico (acota campo a irradiar) → Dosis que recibe el paciente.
- Limita el haz en sentido del eje Z de acuerdo a la zona de detector activa
- Se abre un poco más para excluir el área de penumbra de los detectores (overbeaming)

Colimación y Filtración



Colimación y Filtración

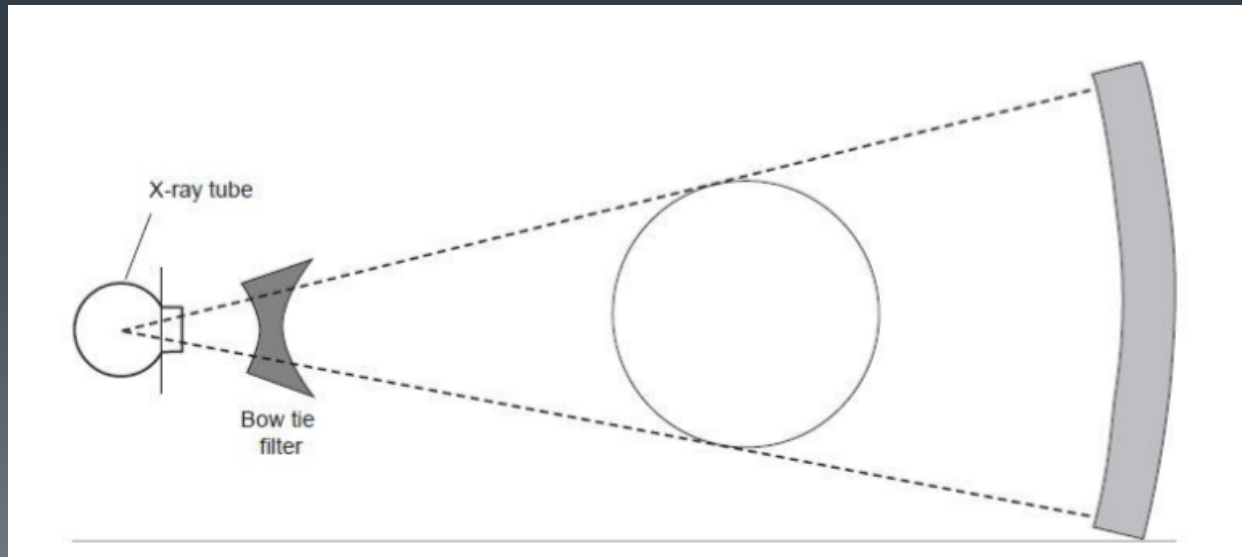
2. La colimación post paciente:

- Se ubica después del paciente, a la entrada del sistema de detección.
- Nos permite “**bloquear**” filas de detección e incluso zonas dentro de una misma fila de detección (MSCT 4 canales). Define el espesor de la colimación.
- Disminuye los efectos producidos por la dispersión de rayos X en el paciente.

Colimación y Filtración

Bow tie filter (filtro modelador).

- Atenuación diferencial para compensar las diferencias de espesor.
- Habitualmente se utilizan materiales de bajo Z.



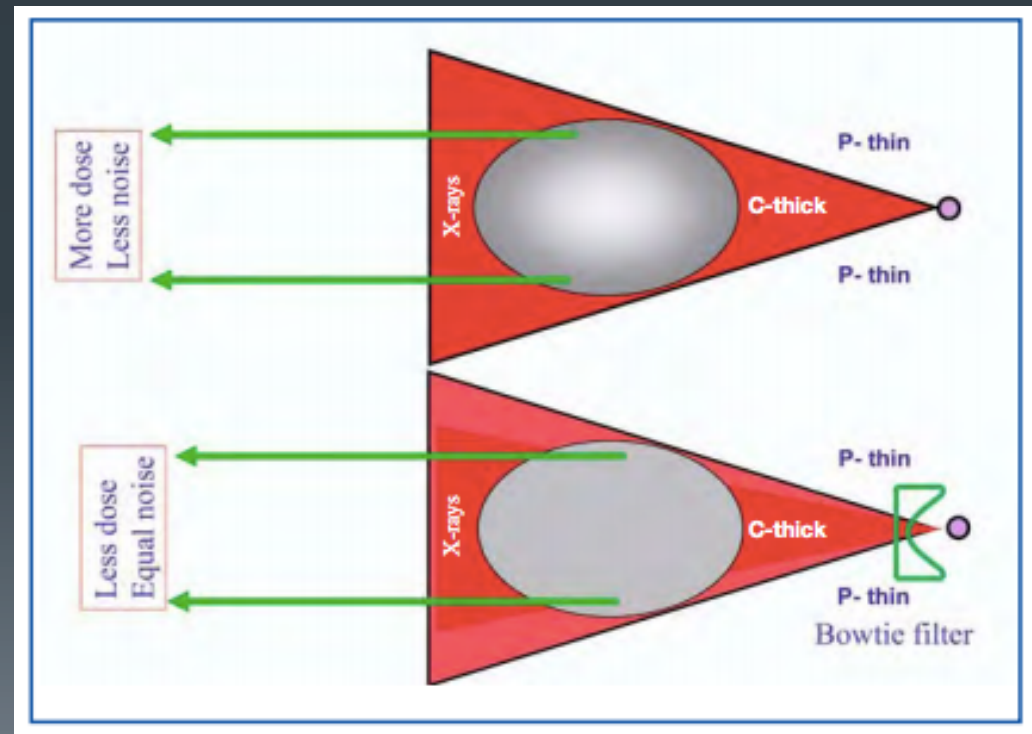
Colimación y Filtración

Pacientes generalmente son una sección transversal elíptica.

Periferia → delgada.

Centro → grueso.

El filtro es lo contrario.

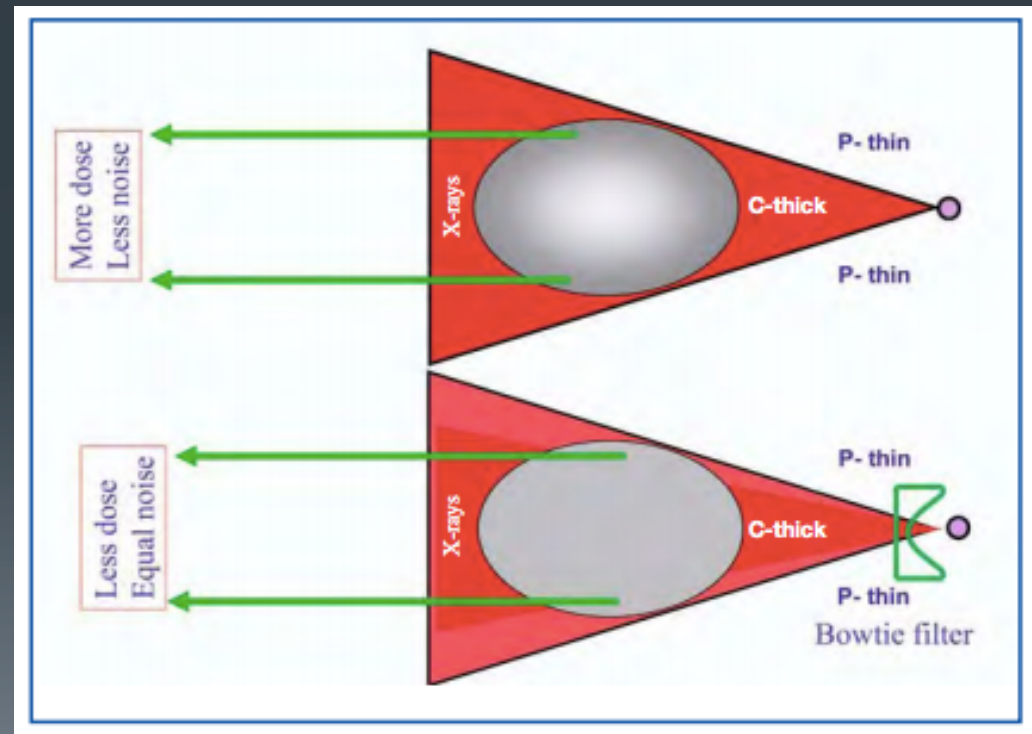


Colimación y Filtración

Permite que radiación en el centro sea mayor y menos en la periferia.

Manteniendo calidad de imagen.

Reduciendo el Ruido.



Colimación y Filtración





Sistema de Detección

Sistema de Detección

- Es un dispositivo, instrumento o sistema capaz de absorber y transformar la radiación ionizante, por lo general en luz o corriente eléctrica, en relación a la intensidad de la radiación que alcanza el detector.



- Cristal de Centello y TFM

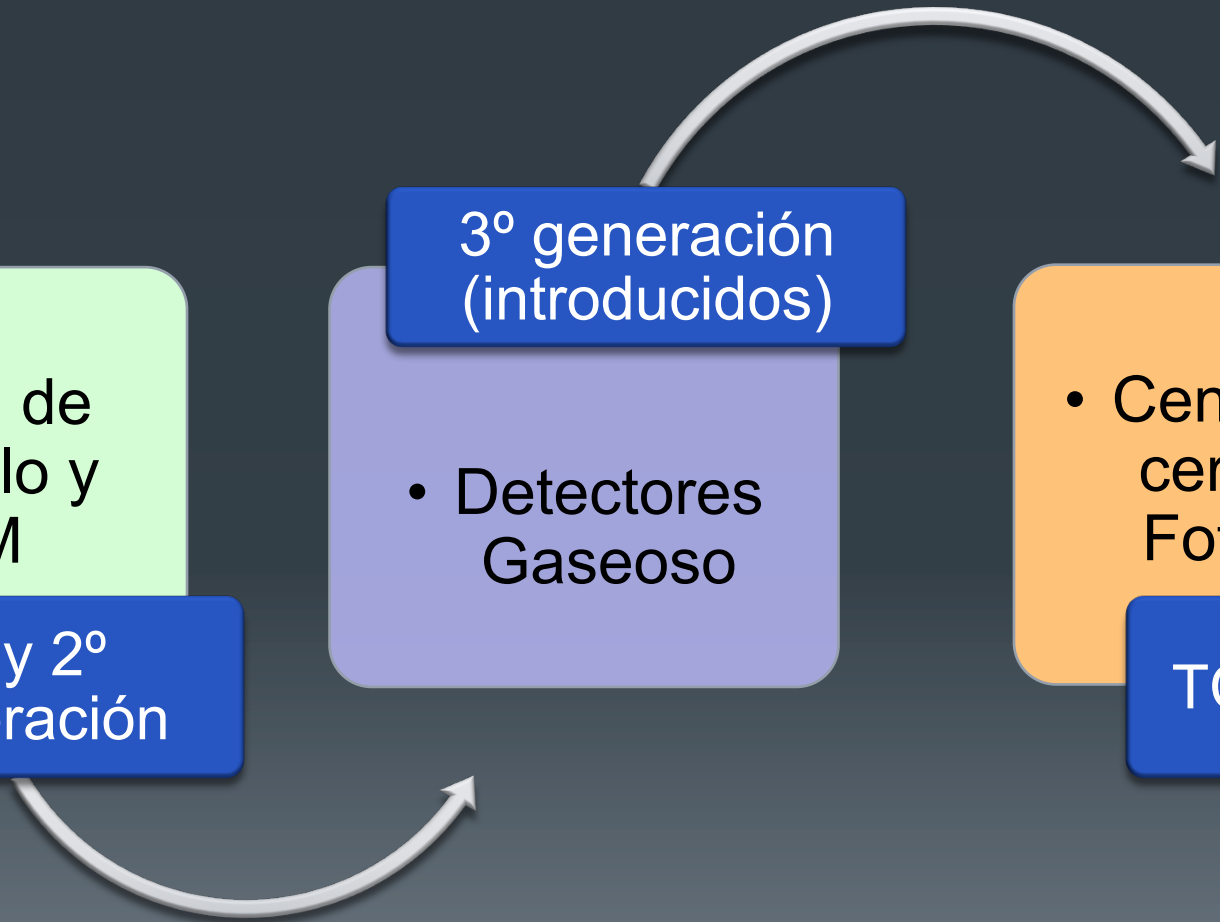
1° y 2° generación

- Detectores Gaseoso

3° generación (introducidos)

- Centelleador cerámico y Fotodiodo.

TC Multicorte



Cristales de Centelleo

- Los primeros detectores utilizados en Tomografía Computada fueron Cristales de Centelleo asociados a TFM.
- Yoduro de Sodio activado con Talio (NaI:TI).



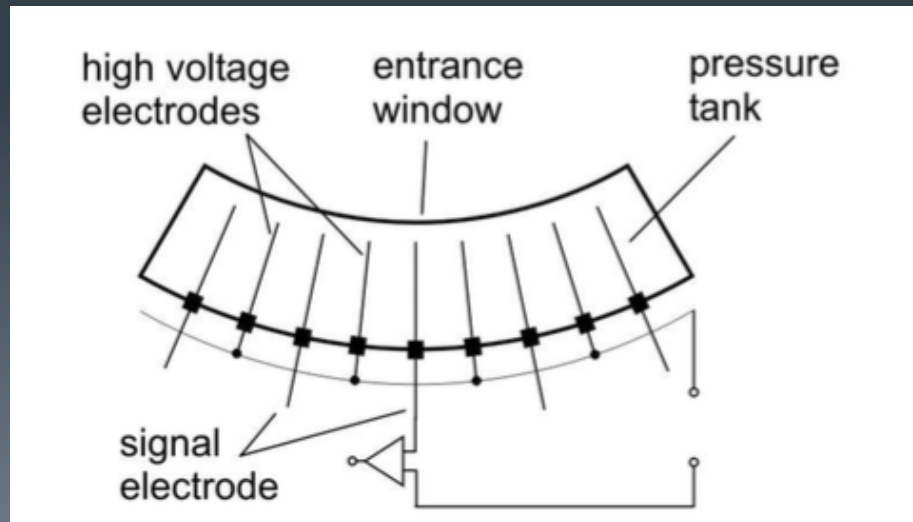
Cristales de Centelleo



- Desventajas:
 - Gran tamaño (cm), fábrica.
 - Requieren alimentación individual.

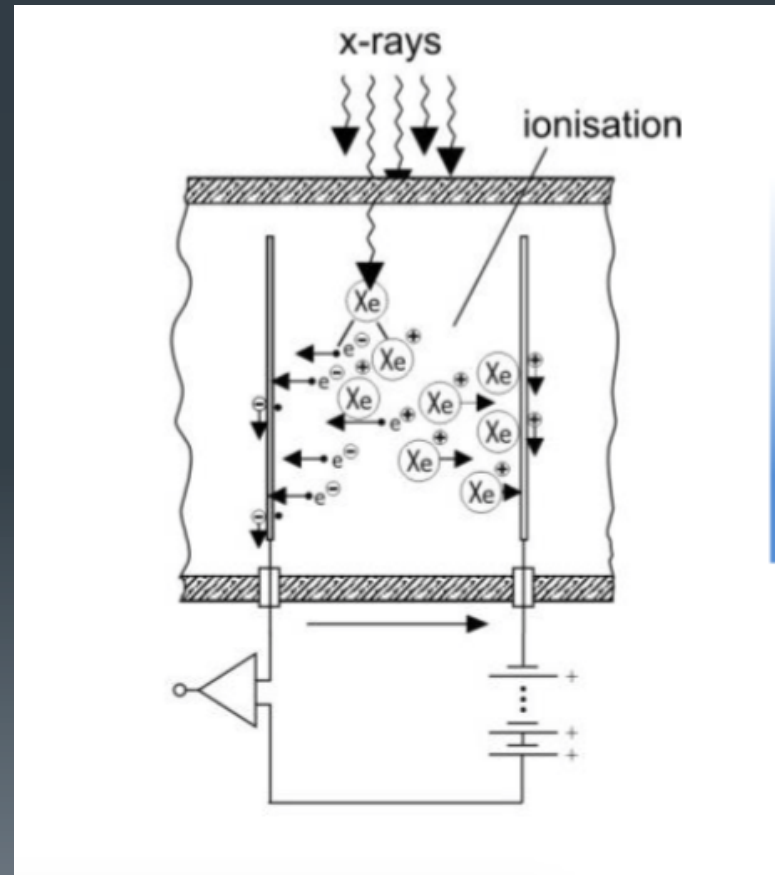
Detectores Gaseosos

- Cámaras de ionización.
- Cavity metálica con varios electrodos de tungsteno separados 1mm.
- Gas Xenón presurizado entre 15 a 30 atmósferas para aumentar la sensibilidad de detección



Detectores Gaseosos

- Cada uno de los espacios entre electrodos funciona como un elemento de detección.



Detectores Gaseosos



Ventajas:

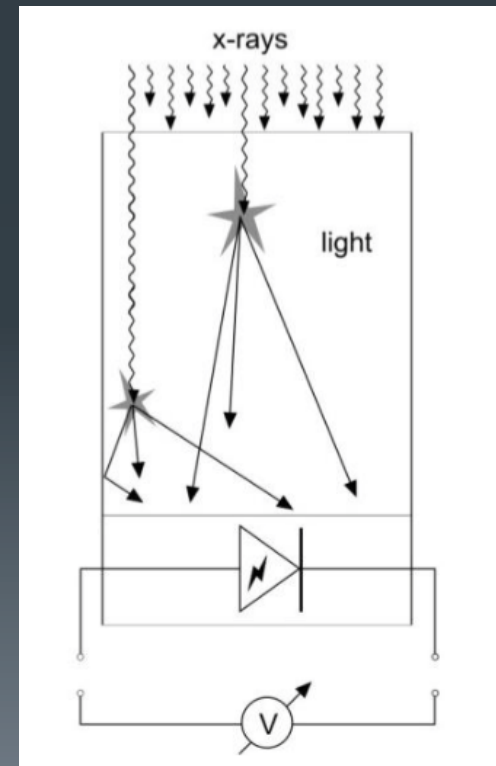
- Respuesta uniforme – gas homogéneo.
- Rápido decaimiento.
- Bajo efecto de post-luminiscencia (Afterglow)

Desventajas:

- Baja eficiencia de detección 50 – 60%.
- Mucha dificultad para construir dispositivos para multicorte.

Detectores Cerámicos

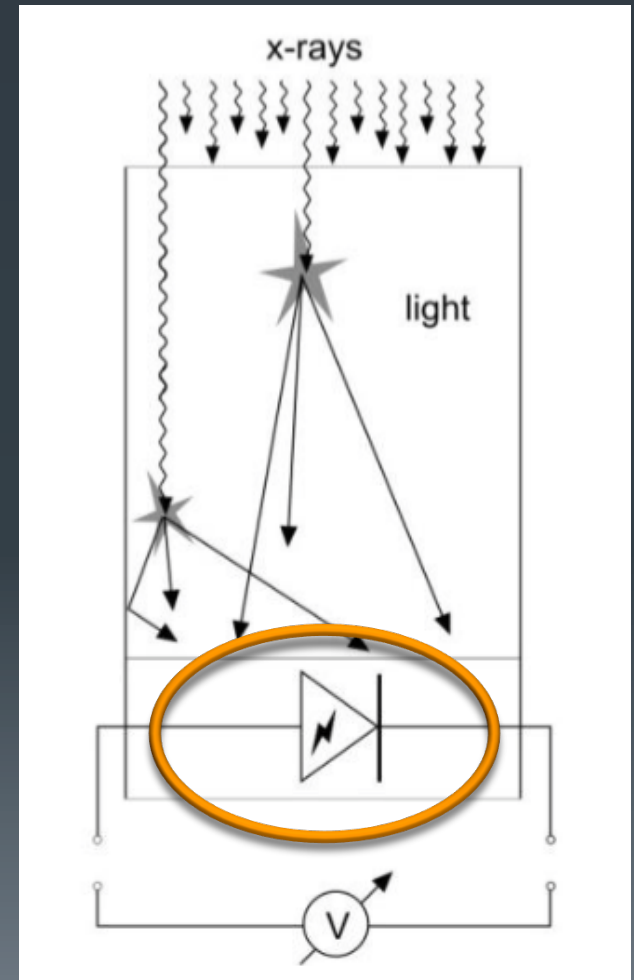
- Son cerámicas en base a gadolinio dopados con tierras raras (Eu, Pr, Ce)
 - General Electric → Hilight
 - Siemens → Cerámicas Ultra Rápidas (UFC)
- Algunas cerámicas utilizadas en TC:
 - Gd_2O_2S
 - $(Y,Gd)_2O_3$ – $Gd_3Ga_5O_{12}$
- Tienen mejor eficiencia de detección cuántica.



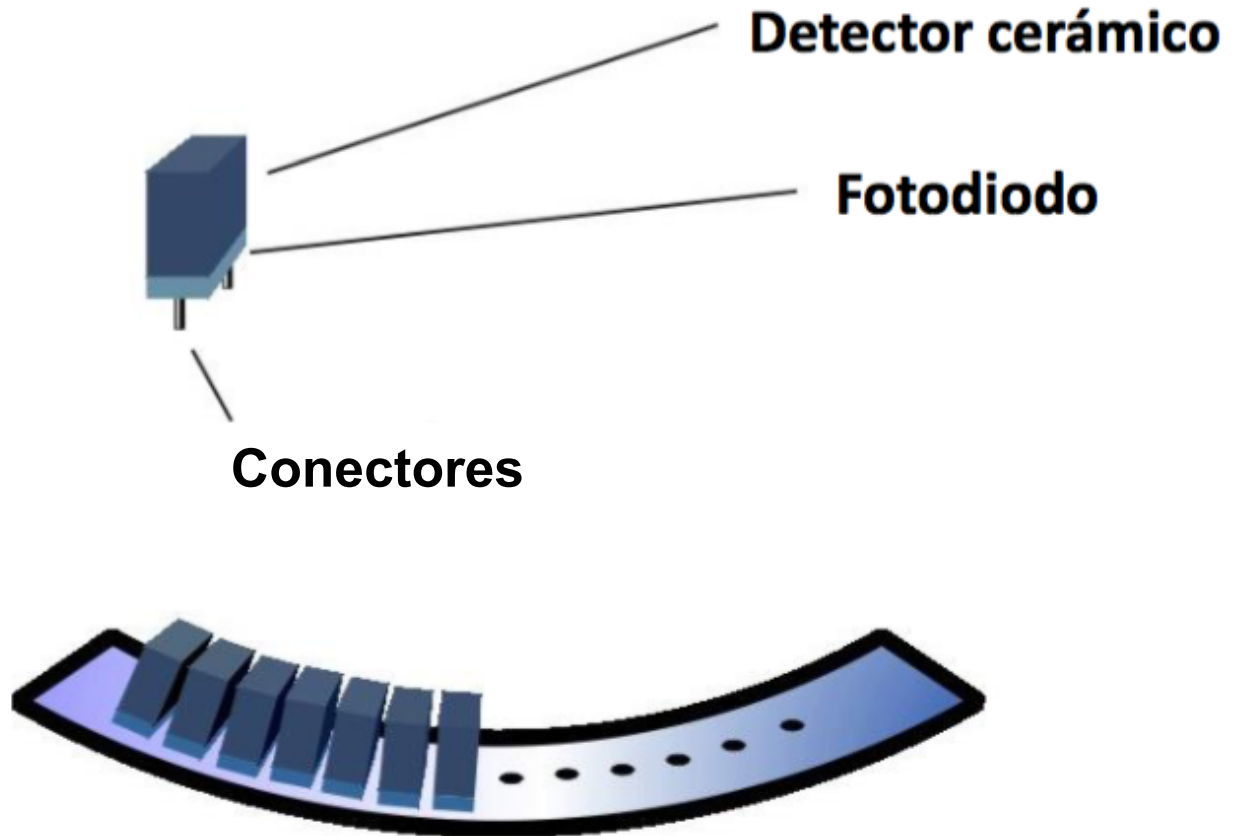
Detectores Cerámicos

- Están asociados a un fotodiodo
 - Son pequeños y económicos
 - No necesitan alimentación

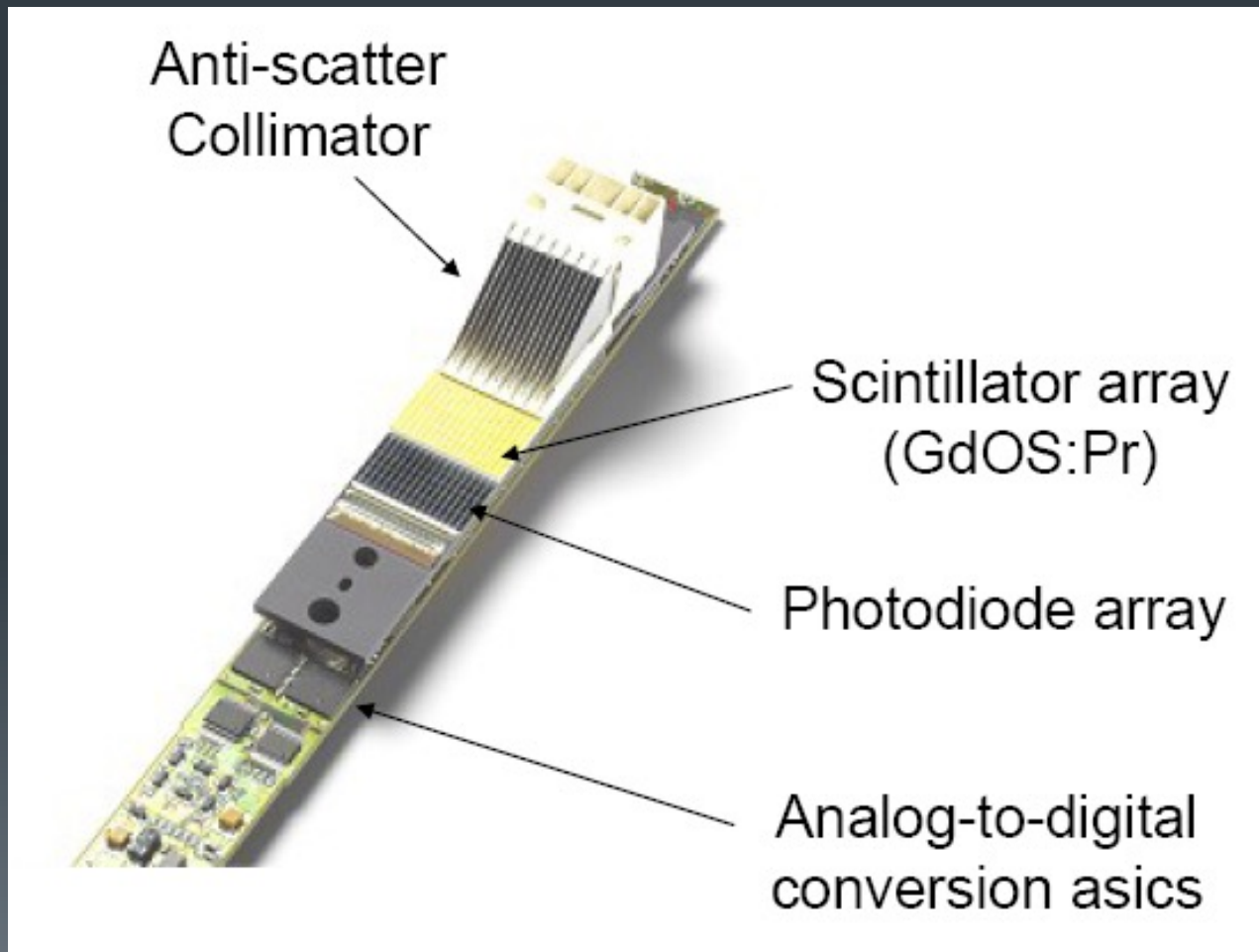
FOTODIODO



Detectores Cerámicos



Configuración de detección



Detectores Cerámicos

- Principales Características :
 - Eficiencia de Absorción: 99%
 - Decaimiento cortos: 1 μ s
 - Afterglow: <0,1%/3 ms y 0,001%/100ms
 - Transparentes (impide que emisión luminosa sea absorbida por si mismo)
 - Alta pureza y uniformidad en la producción
 - Espesor < 2mm

Requerimientos de un detector



- Eficiencia de un detector
- Tiempo de respuesta
- Afterglow (postluminiscencia)

Eficiencia de un detector

- Eficiencia geométrica
 - Cantidad de fotones que inciden en el área sensible del detector con respecto a la cantidad total de fotones que inciden en el detector
 - Está determinada directamente por los espacios muertos o septos entre los elementos de detección individuales
 - La grilla antidifusora provoca pérdida de la eficiencia geométrica también.
- Eficiencia cuántica
 - Proporción de fotones que son absorbidos en el detector
 - Depende de las propiedades de atenuación: Z , ρ y grosor

Eficiencia de un detector

- Tiempo de Respuesta:

- La lectura de un detector no aparece inmediatamente al paso de la radiación, sino que se necesita un tiempo de análisis para producir la lectura correcta.

- Efecto Afterglow:

- Se dice del efecto de generación de luz posterior a a finalización del estímulo inicial. En palabras simples es la luz que se genera posterior a que la radiación incidente finalizó. Se mide en % (porcentaje de la luminiscencia inicial) y en tiempo.



Configuración de los detectores en TC Multicorte

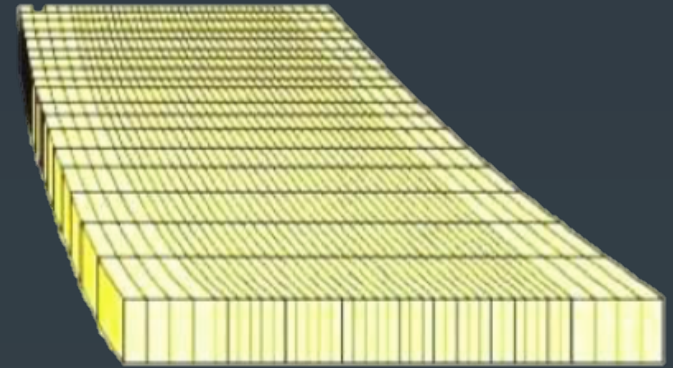
Configuración de detección



Elemento de detección



Fila de detección



Matriz de detección
o
Arreglo de detectores

Configuración de detección



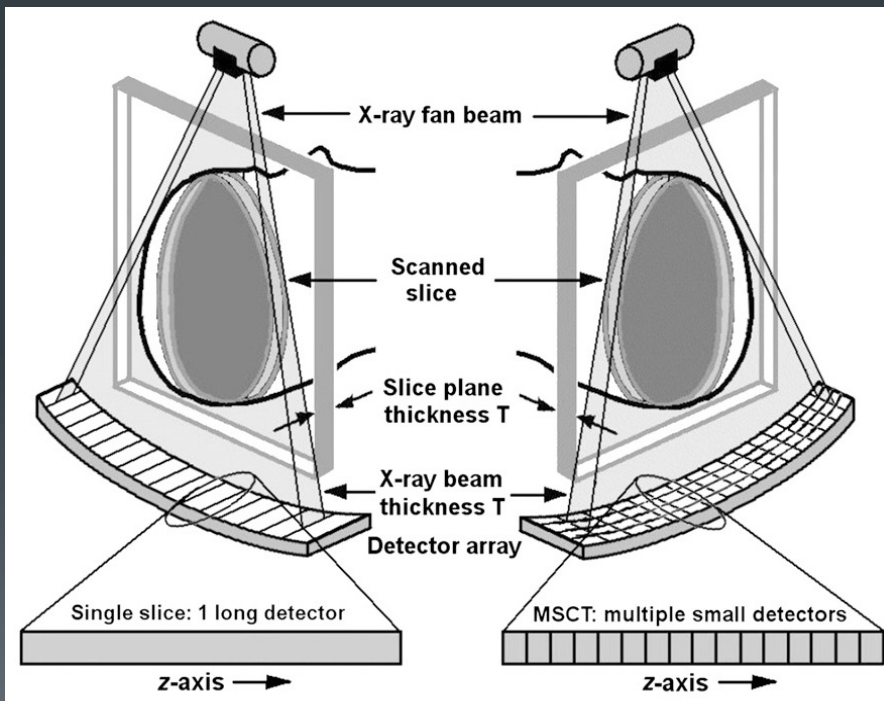
Elemento de detección

Elemento de Detección.

- Unidad básica de detección.
- Un gran número de elementos conforma lo que se conoce como “matriz de detección”.

Configuración de detección

Fila de Detección.



- Conjunto de elementos de detección, dispuestos en fila a lo largo del eje X.
- Una matriz de detección puede contener 1 o más filas de detección contiguas en el eje Z.

Configuración de detección

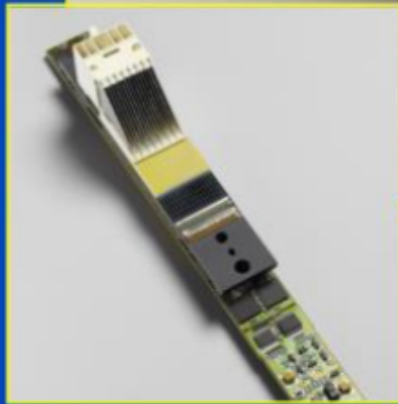
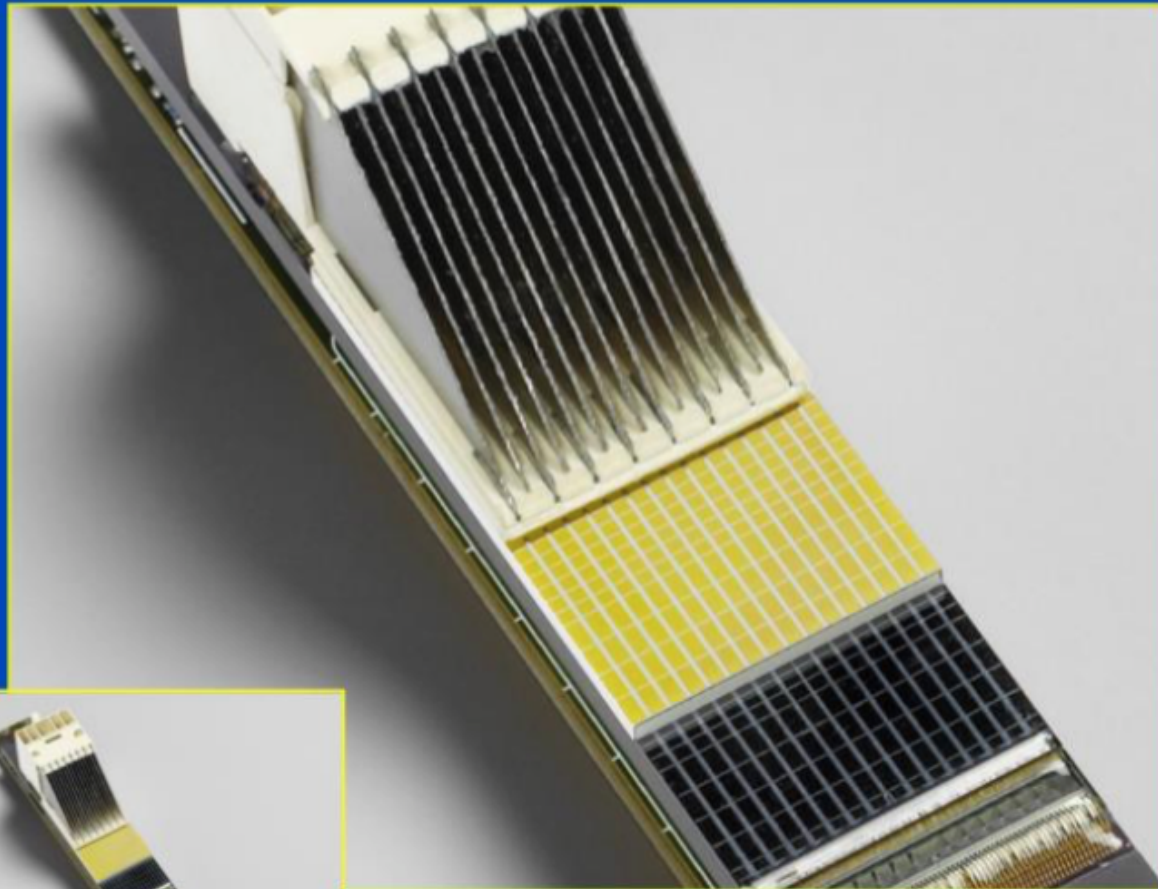


Photo courtesy of Siemens
Healthcare, Forchheim, Germany

Configuración de detección



- Ventajas del Tomógrafo Computado Multidetector

- Aumenta la cobertura anatómica de los detectores en el eje Z.
- Permite realizar distintas variedades de cortes, activando o desactivando ciertos detectores o asociando más de una fila para constituir un canal de datos.
- Al aumentar la cantidad de información que puede adquirirse por vuelta de rotación, aumenta significativamente la velocidad de los exámenes.

Matriz de detección

- Según su diseño se pueden clasificar en:

Simétrico

Filas de detección de la misma longitud.

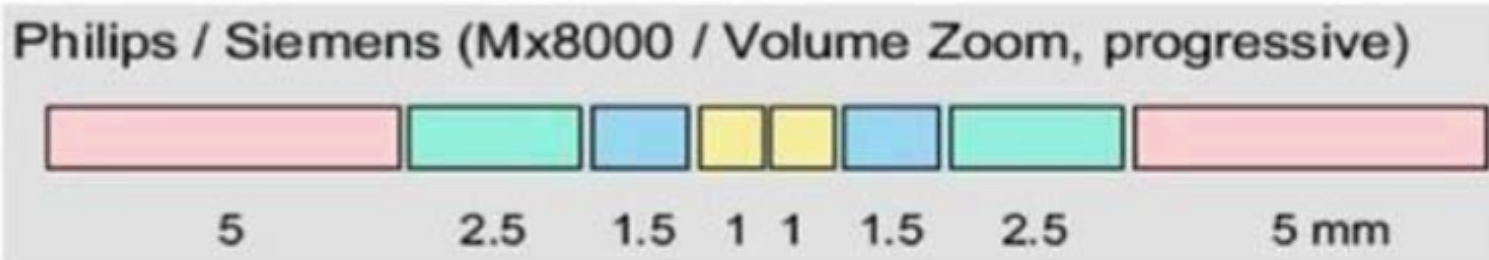
Asimétrico

Longitud de las filas comienza a aumentar progresivamente hacia los extremos

Híbrido

Filas en el centro tienen menor longitud, el resto de filas tiene grosor uniforme y de mayor longitud.

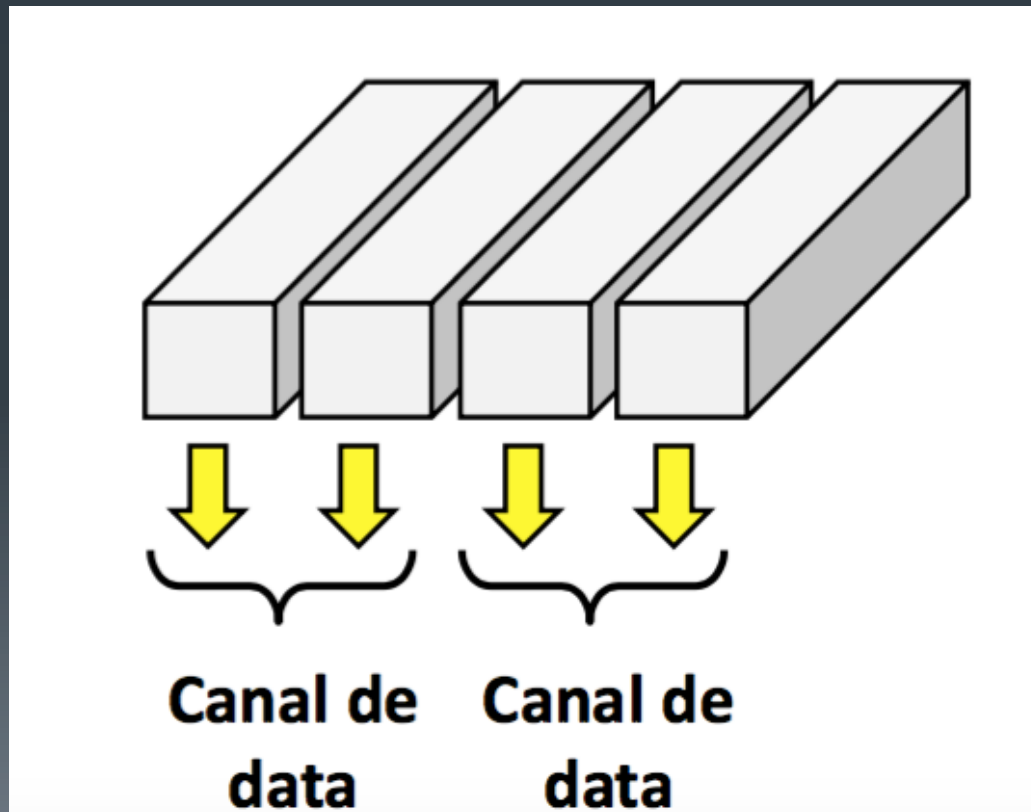
Matriz de detección



EJE Z

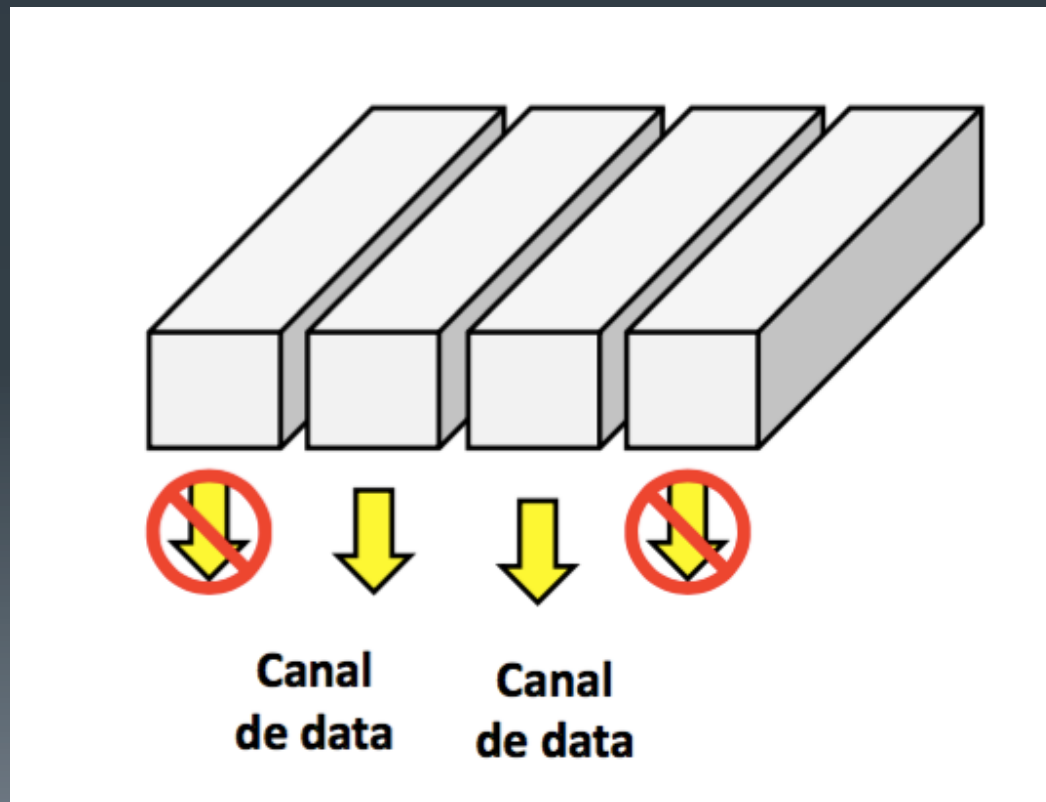
Matriz de detección

- Las filas de detectores pueden acoplarse para generar un canal de datos.



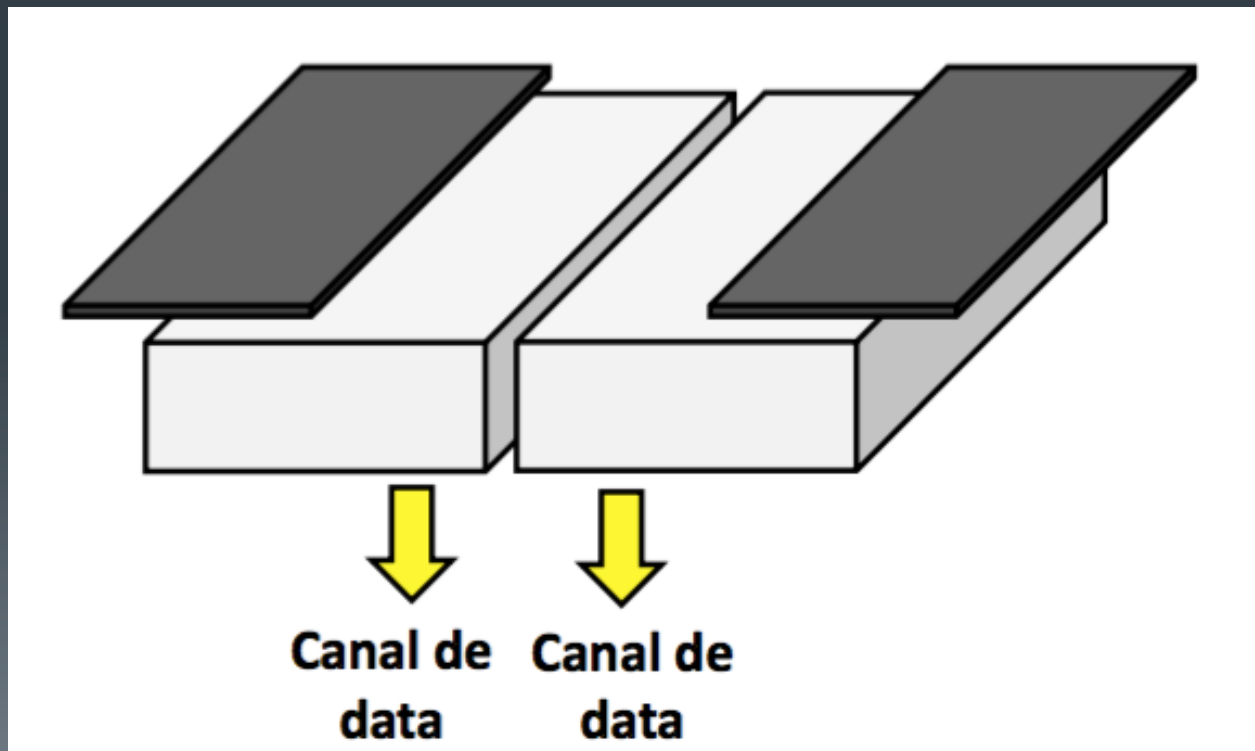
Matriz de detección

- Las filas pueden desactivarse si no están siendo irradiadas cuando la colimación es más estrecha



Matriz de detección

- En equipos monocorte, de 2 canales o en sistemas asimétricos, también se puede colimar parcialmente una fila de detección para obtener cortes más pequeños



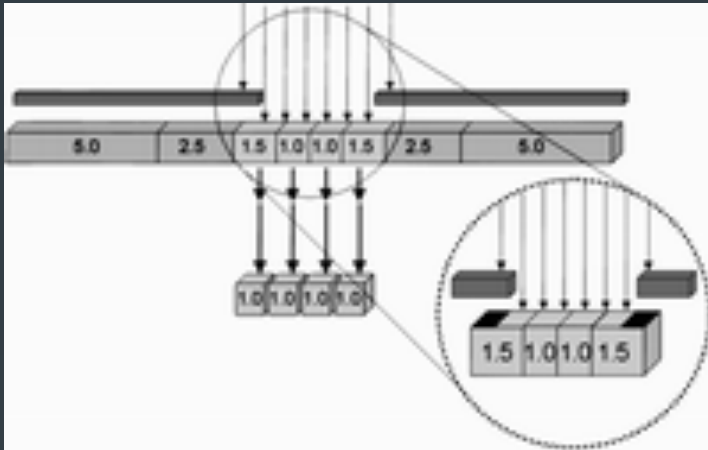
Matriz de detección

- TC de 2 canales



Matriz de detección

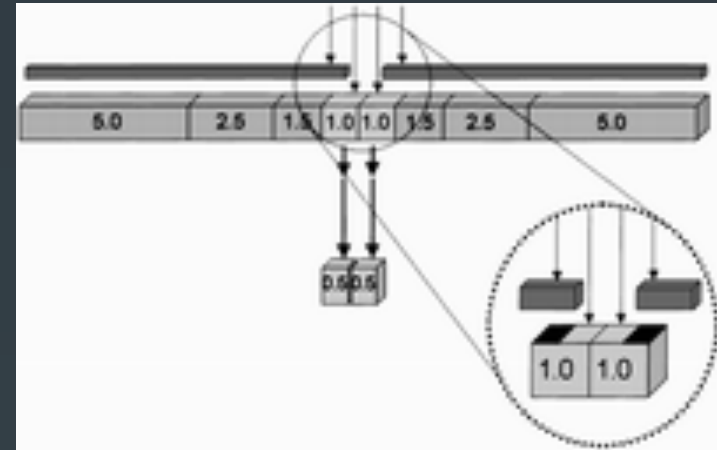
- TC de 4 canales



8 filas de detección

4 canales activos

4 cortes de 1 mm



8 filas de detección

2 canales activos

2 cortes de 0,5 mm

Configuración de Detección

- Es un par de números que resumen el modo de adquisición

Nº Canales de data activos x grosor efectivo de cada canal

- La configuración NO describe el número de filas de detectores involucrados, ni el tipo de diseño del sistema de detectores.

Configuración de Detección

- Por ejemplo:

Una configuración de **4 x 1,25 mm** corresponde a:

- Una adquisición desarrollada con **4** canales de data.
- Y un grosor efectivo de **1,25 mm**.

4 X 1,25 mm



Canales de DATA

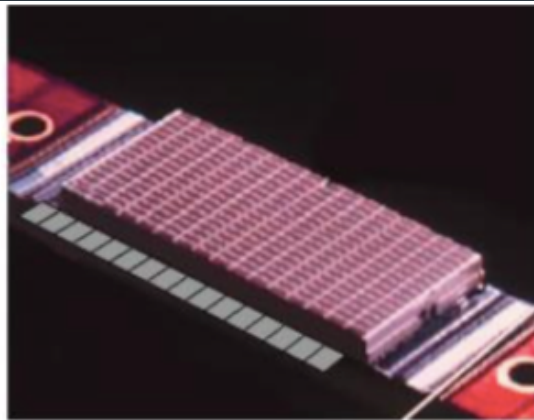
Grosor Efectivo de cada canal

Configuración de Detección



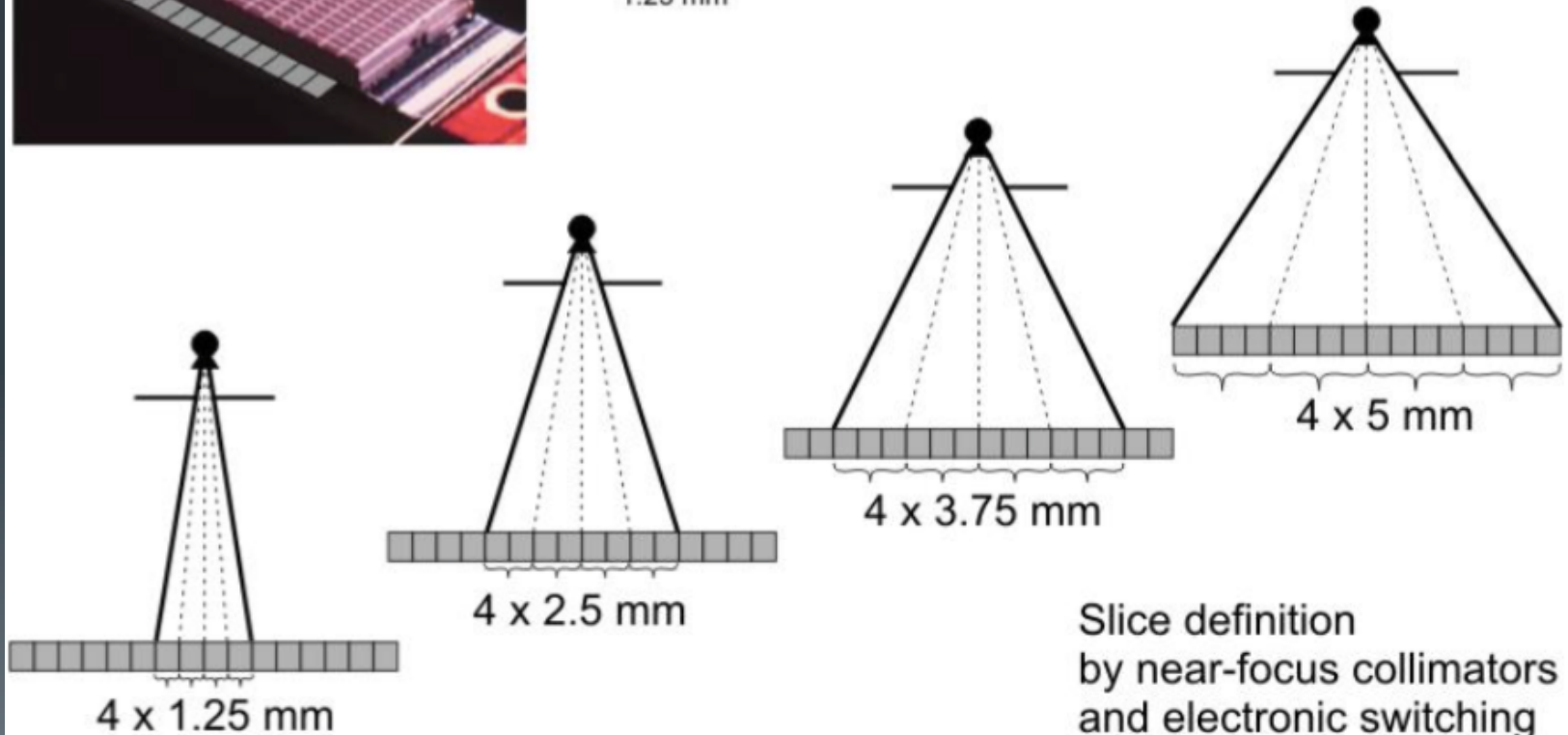
- Por ejemplo, para una matriz de 16 filas de detección de 1,25 mm (simétrica) podemos tener las siguientes configuraciones

Configuración de Detección



1.25 mm

'Lightspeed' ceramic scintillator

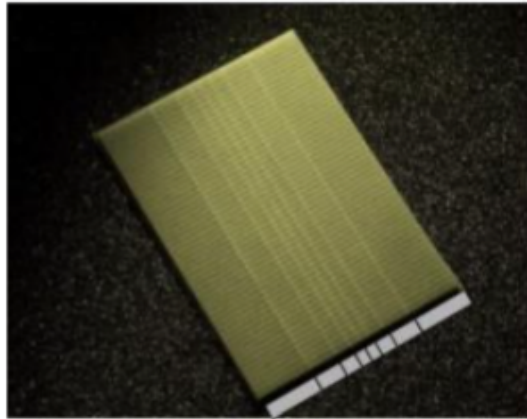


Configuración de Detección



- Qué pasa en el caso de una matriz asimétrica??

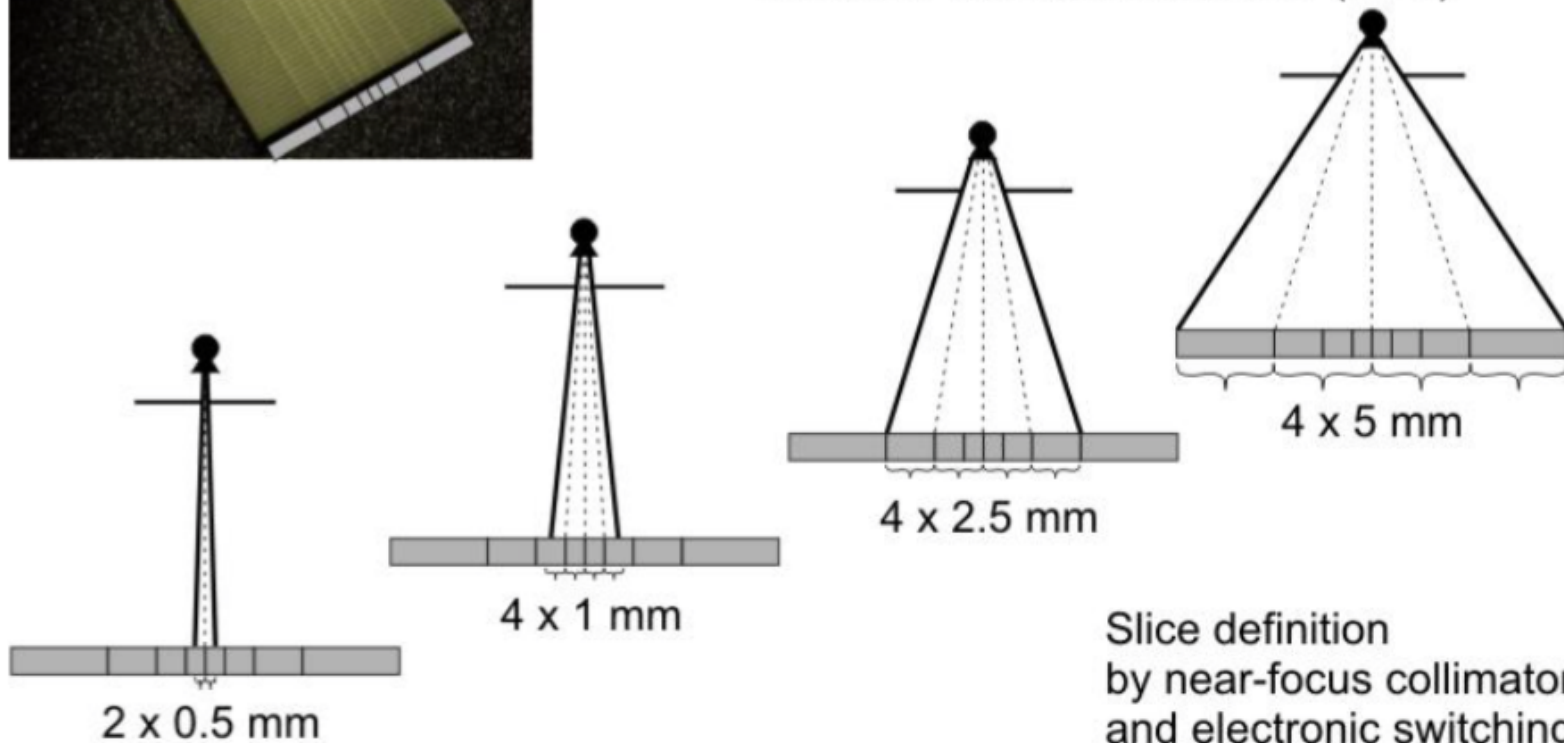
Configuración de Detección



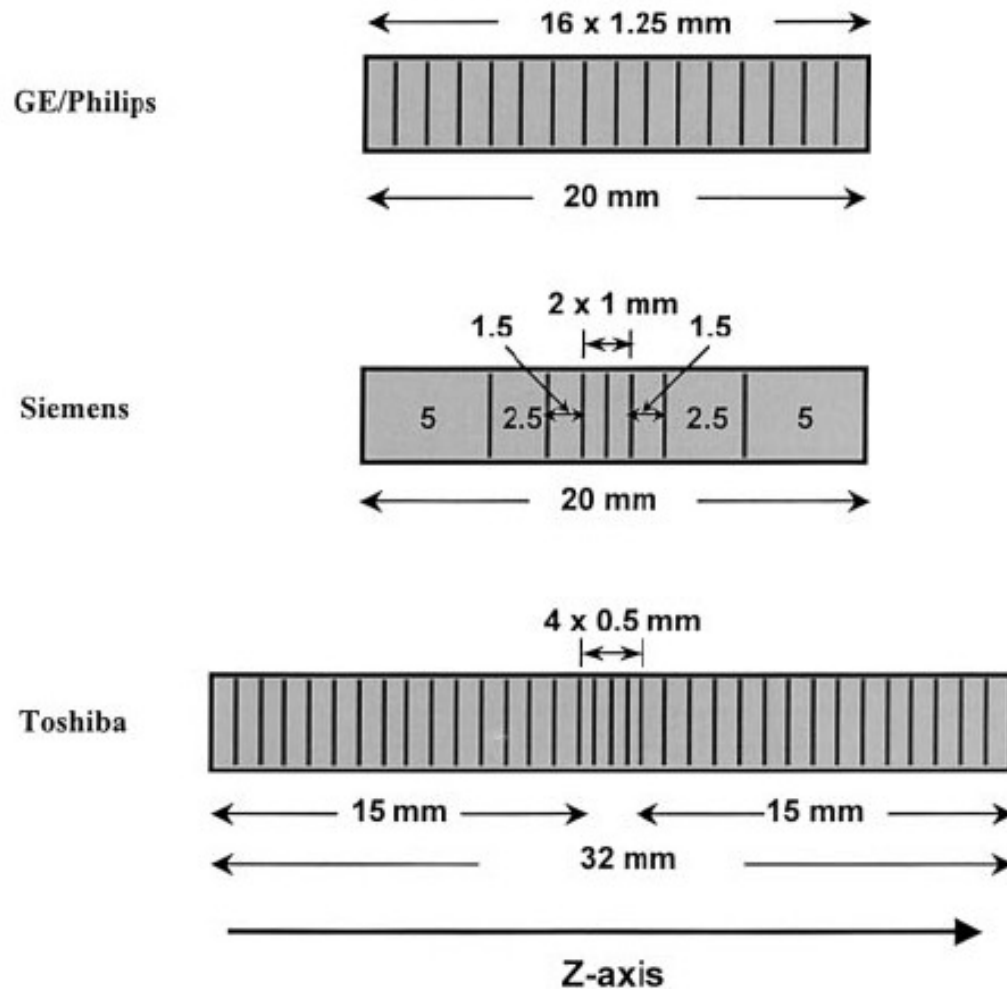
'Adaptive Array Detector'



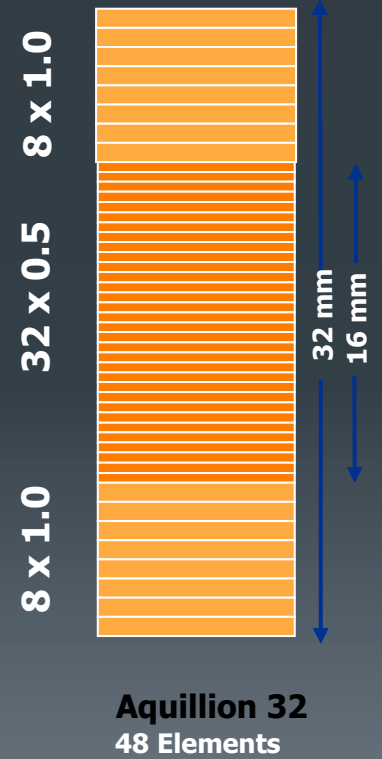
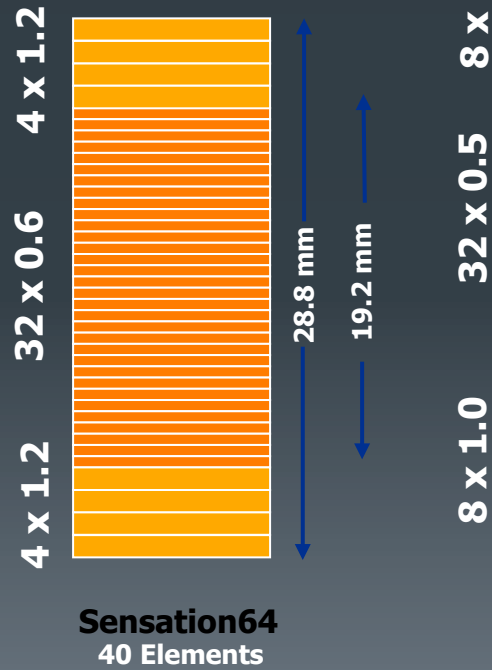
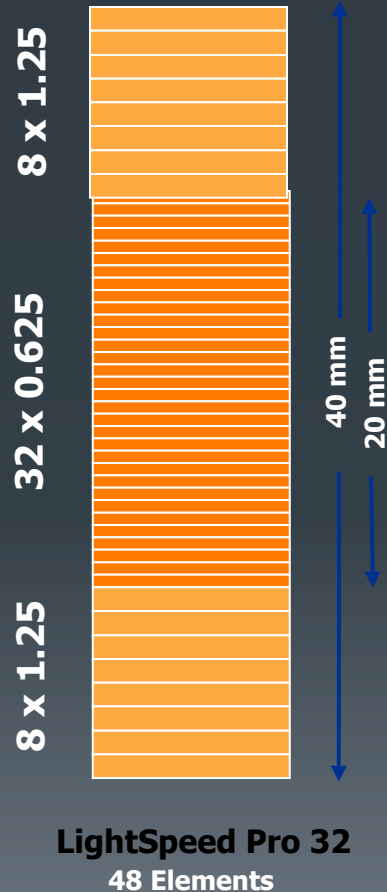
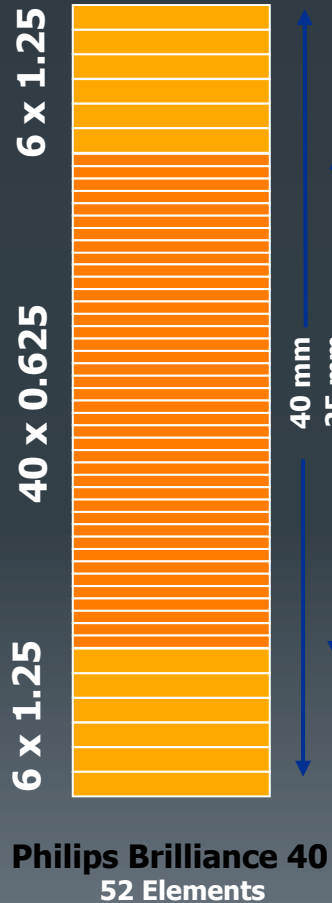
'Ultrafast' ceramic scintillator (UFC)



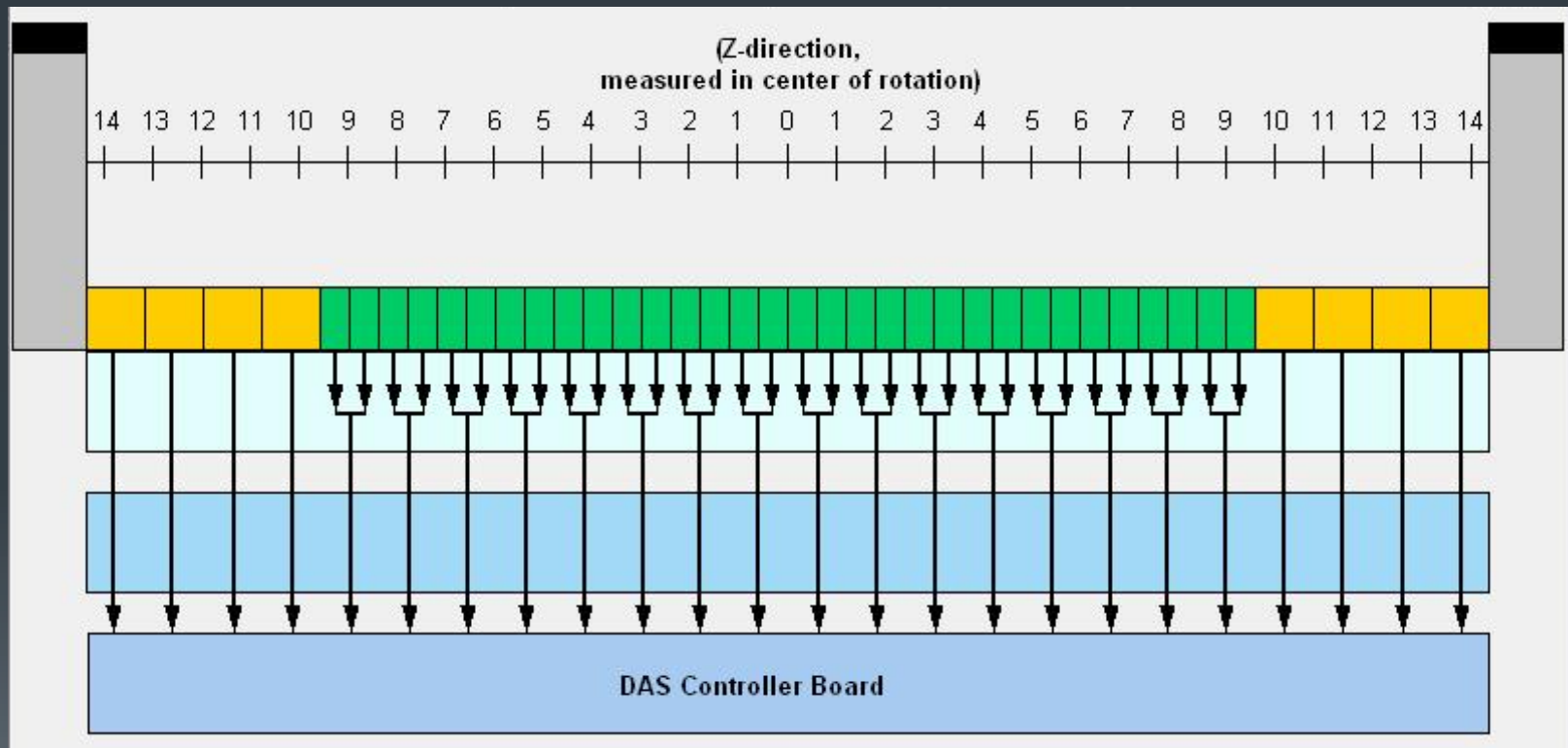
Configuración de Detección



Configuración de Detección

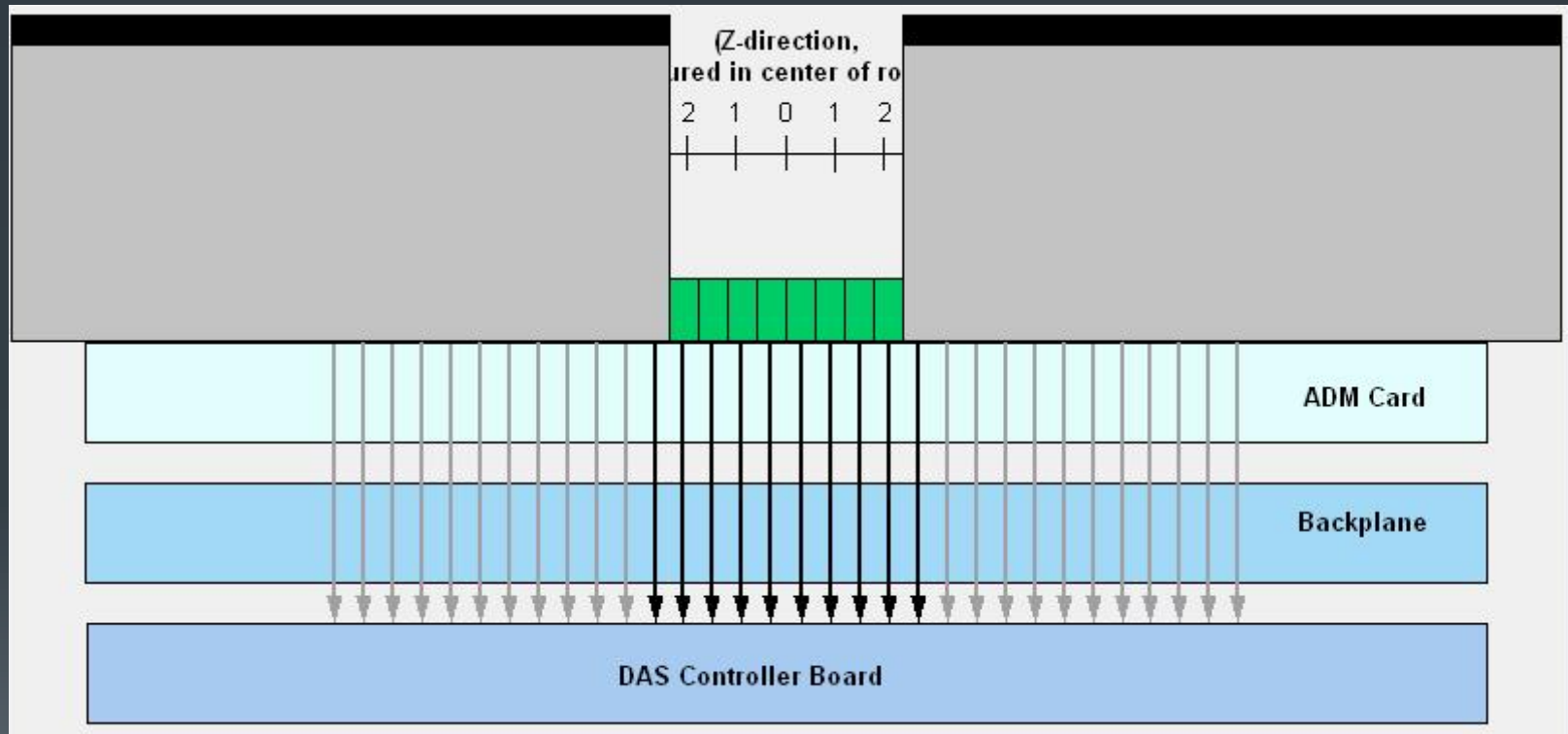


Configuración de Detección



Mode 1:
24 slices each 1.2 mm

Configuración de Detección



Mode 0:
8 slices each 0.6 mm



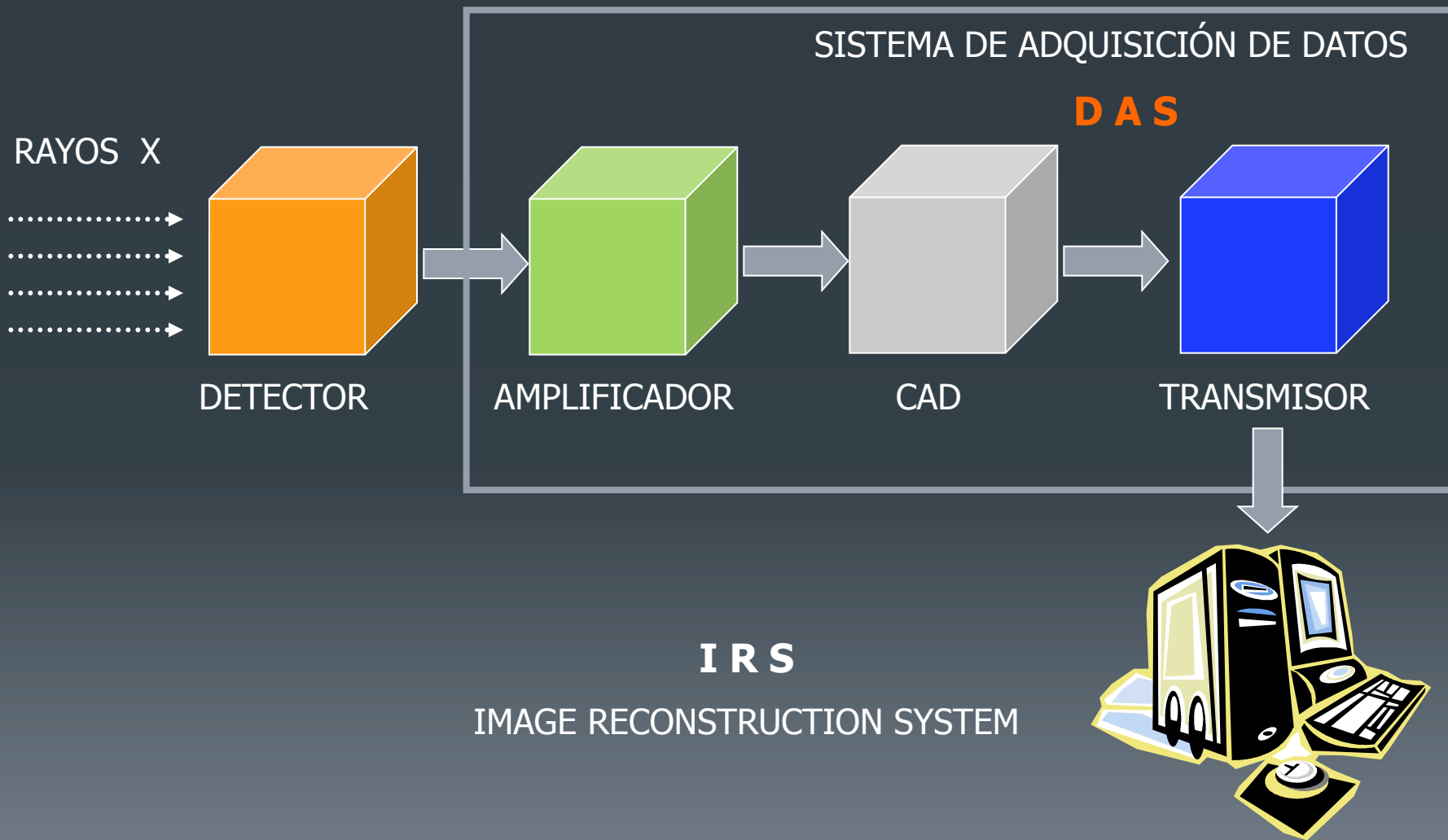
Sistema de Adquisición de Datos (DAS).

Sistema de Adquisición de Datos



- El DAS (Data Acquisition System) es el paso siguiente al detector.
- Posee 3 funciones básicas:
 - Mide y amplifica la señal recibida
 - Codifica las mediciones a números binarios
 - Transmite estos binarios a un computador

Sistema de Adquisición de Datos



Sistema de Adquisición de Datos

- Aproximadamente 1000 proyecciones son medidas durante una rotación de 360° .
- Produce una gran cantidad de información.
 - 4 slice CT: 11,2 MB/seg.
 - 16 slice CT: 45 MB/seg.
 - 64 slice CT: 180-200 MB/seg.

Sistema de Adquisición de Datos

- El conversor análogo digital determina la cantidad de bits de salida (2^n)
- Lo que determina la resolución de la escala de grises del sistema.
- En la actualidad se utilizan CAD de 16 bits, lo que nos entrega salidas de más de 65.000 valores de grises.

Sistema de Reconstrucción de Imágenes



Imagen Final

