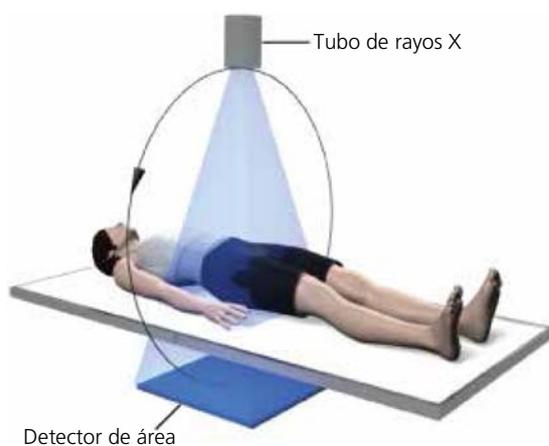


# Las ventajas de la radiología volumétrica de haz cónico para los exámenes ortopédicos de extremidades

## Radiología TC de haz cónico para extremidades

La tomografía computerizada de haz cónico (CBCT) es una variante de la tomografía computerizada (TC) convencional y fue descrita por primera vez en la década de 1970. La principal diferencia entre los dos métodos es el volumen del objeto examinado en un momento determinado. En la TC convencional, una sección estrecha del paciente se explora con un haz de rayos X "en abanico". Si se desea obtener un volumen ampliado de la anatomía a través de la TC, el paciente debe ser explorado varias veces a través del haz de rayos X en abanico a medida que gira. Por el contrario, en la CBCT el detector de área grande explora un volumen ampliado del paciente en una sola rotación. (vea la Figura 1.)

**Figura 1: Comparación entre la radiología CBCT y la TC convencional**



*Radiología CBCT: Un detector de área grande explora un volumen ampliado del paciente en una sola rotación.*



*Radiología TC convencional: Una sección estrecha del paciente se explora con un haz de rayos X "en abanico".*

En la reconstrucción mediante TC convencional, la resolución espacial del eje Z- (la resolución espacial en la dirección del movimiento del paciente) está determinada por la velocidad de traslación del paciente a través del haz de rayos X en abanico, junto con la velocidad de rotación de la fuente de rayos X alrededor del paciente. En esta dirección en el eje Z (es decir, los planos sagital y coronal), la resolución de la TC tradicional es generalmente inferior que en el plano X-Y perpendicular (es decir, el plano axial).

Compare esta complejidad radiológica con la CBCT, que ofrece un diseño de sistema más simplificado. Con la CBCT, no es necesario utilizar tecnología de "anillo deslizante" de alta velocidad. Este método también ofrece una reconstrucción volumétrica con resolución espacial isotrópica en las tres direcciones.

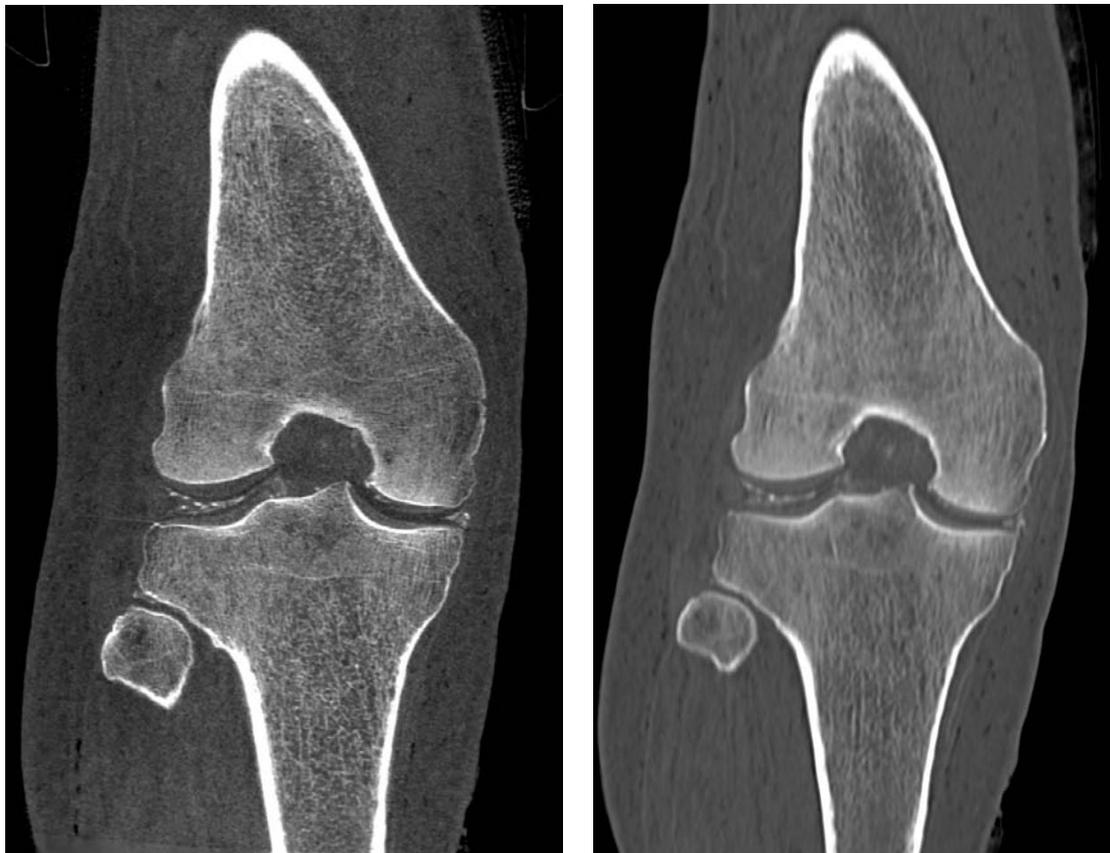
En la Figura 2 se muestra un examen de una muestra de rodilla de cadáver adquirida en un sistema CBCT experimental en desarrollo por Carestream Health, y una imagen de la

## Documento oficial | Radiología con Tomografía Computerizada de haz cónico (CBCT)

misma muestra capturada en un equipo de TC estándar. Observe la diferencia en resolución espacial cuando se utiliza un

sistema específicamente diseñado para obtención de imágenes de extremidades.

**Figura 2: Imagen CBCT de la articulación tibiofemoral del cadáver (izquierda) e imagen de la MDCT correspondiente de la misma muestra (derecha).**



La CBCT sólo ha tenido sentido práctico hasta hace poco con la introducción de equipos radiológicos digitales de alta velocidad, tales como los detectores de panel plano de silicio amorfo hidrogenado (a-Si:H). El área de gran tamaño, la excelente calidad de imagen y las lecturas rápidas de alta resolución que ofrecen estos nuevos detectores han fomentado el uso de nuevos sistemas específicos de adquisición de imágenes volumétricas. Estos detectores se han diseñado para determinadas ubicaciones anatómicas, por ejemplo para radiología dental, de otorrinolaringología (ORL) y mama, y para sistemas utilizados para el guiado de imagen en aplicaciones de radioterapia e intraoperatorias. Carestream está investigando el uso de esta tecnología específicamente para la obtención de imágenes de extremidades, y actualmente

está en proceso de estudio con la Universidad Johns Hopkins y UBMD Orthopaedics & Sports Medicine.

La generación de imágenes de TC volumétricas generalmente tiene dos fases diferenciadas: adquisición de imágenes y reconstrucción volumétrica.

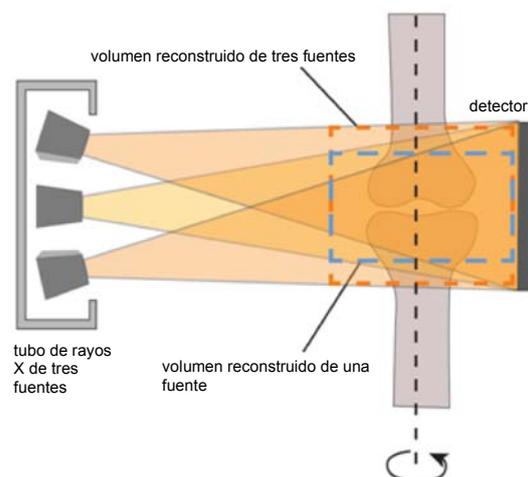
El sistema CBCT experimental de Carestream que se describe en este documento se desarrolló específicamente para obtener imágenes de las extremidades (manos, muñecas, codos, rodillas, pies y tobillos), y utilizó varias funciones exclusivas relacionadas con la adquisición de datos y la reconstrucción volumétrica. Este documento destaca algunas de las características específicas de los sistemas radiológicos CBCT para aplicaciones específicas.

## Documento oficial | Radiología con Tomografía Computerizada de haz cónico (CBCT)

### Adquisición de imágenes

El sistema **EXPERIMENTAL, NO DESTINADO A COMERCIALIZACIÓN** al que se hace referencia en este documento utilizaba un detector de panel plano de alto rendimiento y presentaba un diseño exclusivo de tubo de rayos X de tres fuentes<sup>1</sup>. Este detector permitía la adquisición rápida de proyecciones de rayos X que ayudaron a minimizar el impacto negativo del movimiento del paciente. El tubo de rayos X de tres fuentes se diseñó para reducir los conocidos artefactos de "haz cónico" que tradicionalmente han afectado las reconstrucciones CBCT de volúmenes grandes. Este diseño aumentó considerablemente el volumen de la reconstrucción más de lo que generalmente se logra con la adquisición convencional de una sola fuente. (vea la Figura 3.)

**Figura 3: Configuración de tres fuentes frente a una fuente**



*La imagen de arriba muestra el volumen de reconstrucción adicional en el eje Z que proporciona la configuración de tres fuentes. (imagen de la izquierda: una sola fuente, imagen de la derecha: tres fuentes).*

Un aspecto menospreciado de muchos sistemas CBCT es el flujo de trabajo del paciente. El sistema Carestream que se describe en este documento se diseñó con acceso del paciente al volumen radiológico, y fue una de las características más importantes. Esta "puerta de entrada del paciente" patentada permite una fácil configuración del paciente para las configuraciones de pie y sentado. Además, este diseño permite la obtención de imágenes de una sola rodilla, pie o tobillo en una configuración natural con carga. La capacidad para determinar con precisión la colocación y orientación relativas de los huesos en el pie, el tobillo y la rodilla bajo condiciones de carga reales está actualmente bajo investigación. En la Figura 4 se ilustra un ejemplo de imágenes del dispositivo experimental comparando exámenes sin carga con exámenes con carga del tobillo de un paciente para mostrar el estrechamiento de la articulación tibiotalar.

La obtención de imágenes de una de las extremidades a la vez también reduce la exposición del paciente por debajo de la dosis típica de los sistemas de TC convencionales. (vea la Figura 5.) Además, una serie de publicaciones recientes indican que el intervalo típico de las dosis utilizadas en los sistemas CBCT (CTDIvol en el intervalo de ~5-10 mGy) son inferiores a las dosis utilizadas por la TC (CTDIvol~20-50mGy).<sup>2,3</sup>

## Documento oficial | Radiología con Tomografía Computerizada de haz cónico (CBCT)

**Figura 4: Imagen del pie sin carga frente a imagen con carga**



*Una configuración con carga natural permite una determinación más precisa de la colocación y orientación relativa de los huesos en el pie, el tobillo y la rodilla en condiciones de carga reales.*

En la Figura 5 se muestran dos de las fases de colocación del paciente a través de la puerta de acceso para un examen de la rodilla derecha realizado de pie.

*En la Figura 5 se muestra el paciente, justo antes de su colocación a través de la puerta abierta en el volumen de exploración (imagen superior), y una vez que la puerta se ha cerrado (imagen inferior). Las ayudas para la colocación del paciente en la imagen superior permiten reducir el movimiento del paciente durante la exploración.*

### Reconstrucción volumétrica

La creación de un volumen 3D reconstruido de alta calidad en un sistema de haz cónico exige algunas correcciones. Debido al mayor volumen explorado a la vez, la dispersión de rayos X desempeña un papel más importante en la CBCT que en la TC convencional. El sistema experimental incorporaba un método de corrección de la dispersión diseñado para eliminar gran parte de la dispersión en los volúmenes reconstruidos. (vea la Figura 6.)

## Documento oficial | Radiología con Tomografía Computerizada de haz cónico (CBCT)

**Figura 6: Corrección de la dispersión**



*La función de corrección de la dispersión del prototipo se diseñó para eliminar la dispersión de los volúmenes reconstruidos.*

Al igual que la TC convencional, la presencia de objetos altamente atenuantes, por

ejemplo implantes metálicos, puede comprometer gravemente la utilidad clínica del volumen reconstruido. El sistema experimental utilizaba un método patentado para la reducción de artefactos metálicos (MAR), diseñado para mejorar la visibilidad de la anatomía del paciente cerca de los componentes metálicos. (vea la Figura 7.)

**Figura 7: Corrección de artefactos metálicos**



*Esta imagen ilustra el efecto que el método patentado del sistema de investigación de Carestream para la reducción de artefactos metálicos tenía sobre la visibilidad de la anatomía del paciente alrededor de componentes metálicos.*

Hasta la fecha, el método más frecuente para la reconstrucción volumétrica ha sido la retroproyección filtrada convencional (FBP). Este método requiere invariablemente varias aproximaciones de simplificación para producir la reconstrucción. Estas aproximaciones pueden comprometer la calidad final de la imagen. Cada vez más habituales los métodos de reconstrucción más avanzados, conocidos colectivamente como reconstrucciones iterativas, que utilizan un método matemático diferente. Cuando los datos CBCT corregidos con precisión se combinan con funciones de reconstrucción de última generación, las imágenes resultantes tienen a menudo una calidad de imagen que supera la que puede lograrse generalmente con los protocolos de

## Documento oficial | Radiología con Tomografía Computerizada de haz cónico (CBCT)

adquisición TC y las reconstrucciones utilizadas hoy en día en radiología médica<sup>2, 4</sup>.

Vea la Figura 8 para tener un ejemplo de la calidad de imagen CBCT resultante de una exploración de la rodilla con carga. La figura ilustra imágenes del hueso y de tejidos blandos capturadas con el sistema experimental CBCT de Carestream durante los estudios de investigación.

**Figura 8: Funciones óseas y de tejidos blandos de la CBCT**



*En la Figura 8 se muestran imágenes del hueso y de tejidos blandos capturadas con el sistema experimental CBCT de Carestream.*

### Conclusión

La irrupción de los sistemas radiológicos CBCT diseñado para los aspectos singulares de las diferentes especialidades clínicas constituye una promesa de alto valor. Estos sistemas permiten ampliar el uso de imágenes tridimensionales- de alta calidad a un conjunto más amplio de usuarios que los sistemas de TC convencionales. La adquisición de imágenes volumétricas en lugares no tradicionales exigirá la combinación de equipos de pequeño tamaño, un flujo de trabajo optimizado del paciente, exámenes con carga y reconstrucción de última generación con funciones avanzadas de corrección de la dispersión y eliminación de artefactos metálicos, que permitirán que los sistemas CBCT sean la mejor opción -en el centro de atención médica.

Carestream Health tiene una larga historia en el área de adquisición de imágenes volumétricas de haz cónico y está aportando su experiencia en el campo de la radiología ortopédica de extremidades. Carestream, a través de sus investigaciones y estudios, continúa desarrollando nuevas características y funciones para la radiología 3D de extremidades en clínicas ortopédicas, centros de traumatología y clínicas de medicina deportiva, además de para radiología hospitalaria y servicios de urgencias. En la Figura 9 se muestra una selección de imágenes con representación de superficie de los sistemas de estudio de Carestream, en las que se visualizan las partes anatómicas que permite explorar este nuevo sistema.

## Documento oficial | Radiología con Tomografía Computerizada de haz cónico (CBCT)

Figura 9: Imágenes 3D con representación de superficie



### Bibliografía

- (1) Zbijewski. et.al. "Dual-energy Imaging of Bone Marrow Edema on a Dedicated Multi-Source Cone-Beam CT System for the Extremities," SPIE Physics of Medical Imaging (2015) 94120V-1 to 6
- (2) Carrino et.al. "Dedicated Cone-Beam CT System for Extremity Imaging," Radiology (2013) 270(3) 816-824
- (3) Koivisto et.al. "Assessment of Effective Radiation Dose of an Extremity CBCT, MSCT and Conventional X-ray for Knee Area Using MOSFET Dosimeters," Radiat. Prot. Dosim. (2013) 157(4) 515-524
- (4) Demehri et.al. "Assessment of Image Quality in Soft Tissue and Bone Visualization Tasks for a Dedicated Extremity Cone-beam CT System," European Radiology (2015) 25(6) 1742-1751