

MEJORANDO LA DETECCIÓN DE FRACTURAS CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Experiencia en una mutua de accidentes de trabajo

Ana Capelastegui¹, Roque Oca¹, Gotzon Iglesias¹, Daniel Zarranz¹, Jose Alejandro Larena¹,
Gemma Lopez², Teresa Salinas¹.

Mutualia, Clínica Ercilla (Bilbao). ¹ Servicio de Radiología, ² Sistemas de Información.



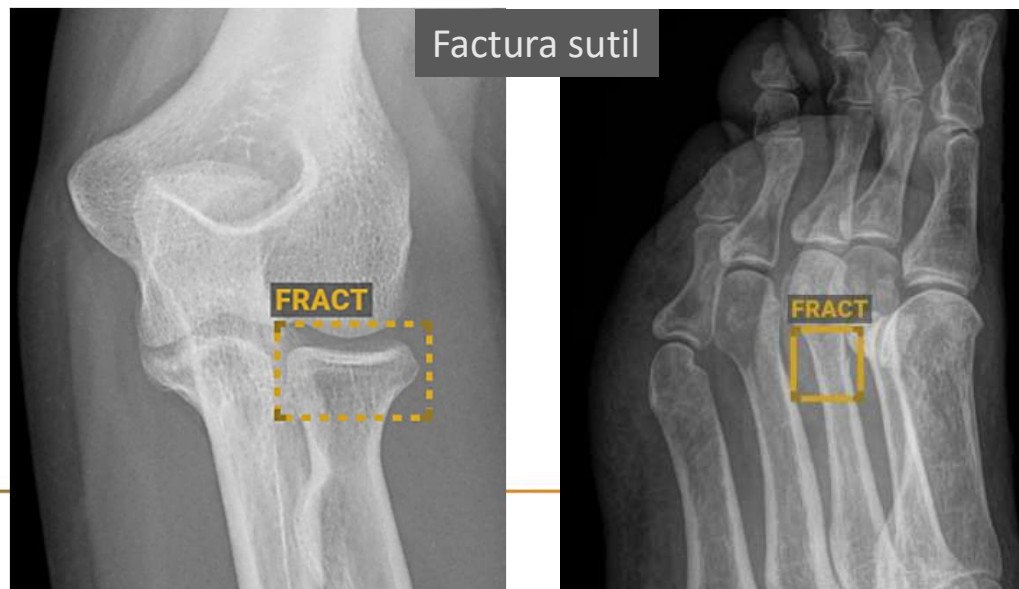
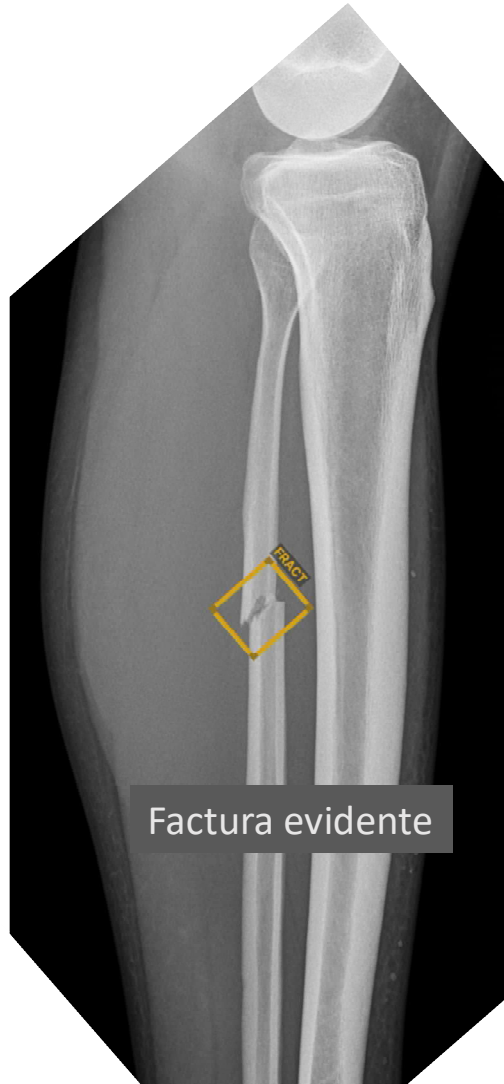
Objetivos

- Exponer nuestra experiencia con una solución de Inteligencia Artificial (IA) para la detección de fracturas en las radiografías.
- Describir y analizar el proceso de implantación.
- Explicar las peculiaridades que condicionan el proyecto en un entorno de medicina laboral.
- Exponer casos representativos de las fortalezas y limitaciones de esta IA.
- Valorar resultados en los principales grupos de interés.
- Analizar los riesgos de esta tecnología.

- Las revisiones y meta-análisis de software de IA comercialmente disponibles en la actualidad para detectar fracturas en Rx ofrecen resultados de sensibilidad $> 75\%$ y especificidad $> 90\%$, comparables a la eficacia diagnóstica de un radiólogo entrenado para MSK.
- Las fracturas representan el 50% de diagnósticos fallidos en los servicios de urgencias.
- Beneficios demostrados del diagnóstico precoz y preciso de las fracturas:
 - Facilita un tratamiento apropiado.
 - Evita complicaciones asociadas al retraso diagnóstico.
 - Disminuye el uso de recursos diagnósticos avanzados.
- A pesar de esta evidente oportunidad de mejora, en nuestro entorno cercano no hay experiencias con soluciones de IA de este tipo.

10-30% % de fracturas no se diagnostican con las radiografías, requiriendo técnicas más avanzadas (TAC o RM), con el consiguiente retraso diagnóstico: son las llamadas fracturas ocultas. Un porcentaje de estas fracturas ocultas corresponde realmente a fallos diagnósticos:

- Factores técnicos de la radiografía.
- Tipo de fractura (localización, signos sutiles).
- Interpretación de la radiografía (formación, experiencia, fatiga...)



Material y método

- En este contexto, Mutualia detecta una oportunidad de mejora en el diagnóstico de las fracturas y decide implantar una solución de IA para analizar las Rx.
- Analizamos el proceso de implantación y los resultados obtenidos estudiando el impacto en los grupos de interés.
- Este trabajo se basa en la implantación de una solución de IA en concreto (Bone View de Gleamer), y en el contexto clínico de Mutualia (población trabajadora, traumatismos agudos).

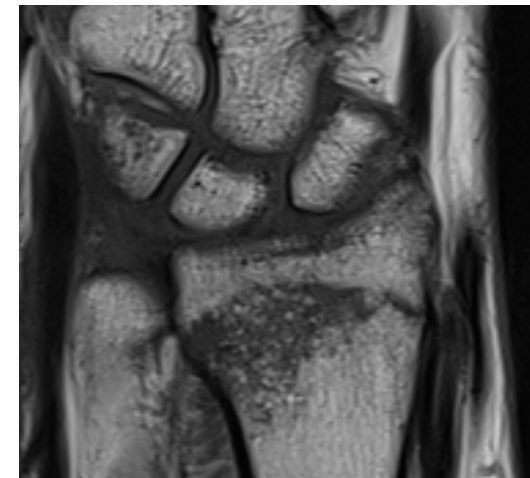
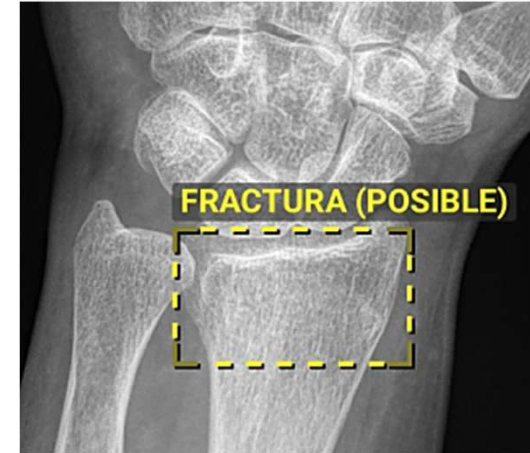


- Mutua da cobertura al 46% de la población trabajadora del País Vasco:
 - Accidentes de trabajo.
 - Enfermedades profesionales.
 - Contingencia común: colaboración con Osakidetza.
- Actividad asistencial:
 - Atención a urgencias.
 - Asistencia en consultas y rehabilitación.
 - Hospitalización y cirugía en las 3 clínicas.
- Actividad radiológica anual:
 - 40.000 Rx
 - 8.000 RM
 - 1.000 TAC
- 3 clínicas
 - Urgencias: médicos generales.
 - Consultas: médicos especialistas (traumatólogos y rehabilitadores fundamentalmente).
- 12 centros asistenciales: médicos generales.
 - Todos cuentan con equipo de Rx propio.
- 1 médico radiólogo + equipo de radiólogos externos para informes de RM.



Una oportunidad de mejora...

- En la mutua en ocasiones las fracturas se diagnostican en la RM, tras una Rx inicial interpretada como normal, con el consiguiente retraso diagnóstico.
 - En la mutua coexisten diferentes perfiles de médicos asistenciales, con experiencia y formación variable en la interpretación de Rx. La radiografía simple no es informada por el radiólogo.
- El diagnóstico correcto de las fracturas es esencial en una mutua:
 - Traumatismos agudos = 70 % de las asistencias en Mutualia.
 - 65% de las personas atendidas en Mutualia se hacen una Rx.
 - La Rx es la técnica de 1ª línea en el diagnóstico de fracturas.
 - El diagnóstico correcto de una fractura incide además en la determinación de la contingencia y en aspectos médico-legales.



Proceso de implantación

Decisión de implantar IA para Rx

- Equipo de trabajo multidisciplinar: dirección, IT, radiología
- Estudio de mercado y contactos con otras mutuas que disponen de IA.
- Selección del proveedor.
- Valoración de aspectos médico-legales.
- Firma del contrato.

2 meses

Implantación de la IA

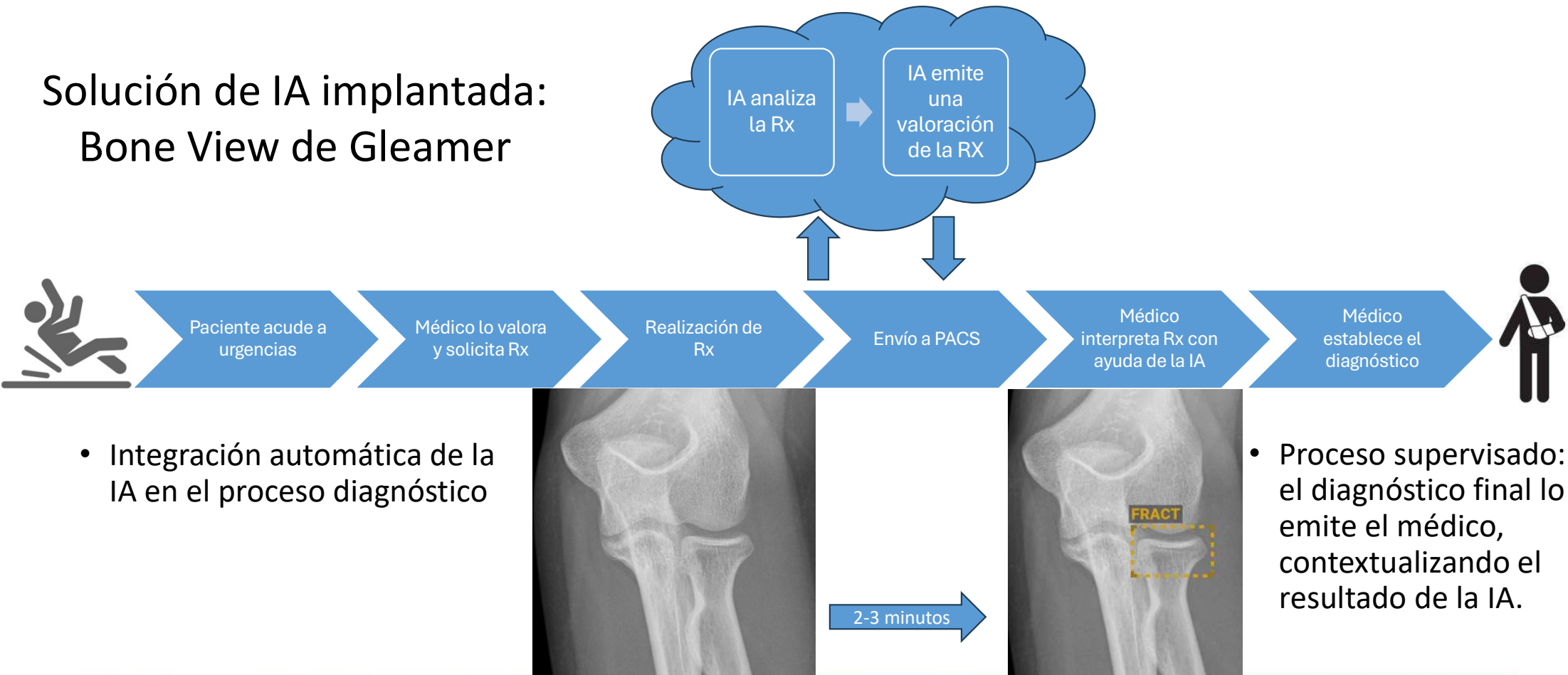
- Recogida de requisitos técnicos por sistemas de información.
- Conexión con el servidor.
- Configuración para analizar automáticamente todas las Rx de todos los centros de Mutualia.
- Prueba piloto.

2 meses

Puesta en marcha

- Presentación del proyecto a los médicos.
- Inicio simultáneo en los 15 centros de Mutualia
- Sesión posterior para solucionar dudas con los médicos.
- Reuniones de seguimiento del proyecto con la empresa proveedora.

Solución de IA implantada: Bone View de Gleamer



HALLAZGOS POSITIVOS

⚠ Esta información preliminar ha sido emitida por inteligencia artificial (IA) y su resultado solo será válido cuando se revise y corrobore por el servicio médico de Mutua.

■ FRACTURA

Hallazgos imagen: 1



No Se Ha Encontrado:
Derrame
Lesión ósea
Luxación

Sin Hallazgos



HALLAZGOS POSITIVOS

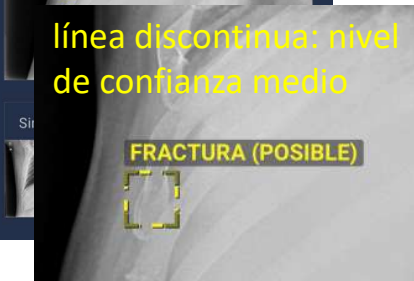
⚠ Esta información preliminar ha sido emitida por inteligencia artificial (IA) y su resultado solo será válido cuando se revise y corrobore por el servicio médico de Mutua.

■ FRACTURA POSIBLE

Hallazgos imagen: 1



No Se Ha Encontrado:
Derrame
Lesión ósea
Luxación



HALLAZGOS POSITIVOS

11/02/2026
00000000

⚠ Esta información preliminar ha sido emitida por inteligencia artificial (IA) y su resultado solo será válido cuando se revise y corrobore por el servicio médico de Mutua.

⚠ Nuevo análisis por recepción tardía de imágenes.

■ LUXACIÓN

Hallazgos imagen: 1



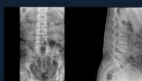
No Se Ha Encontrado:
Derrame
Fractura
Lesión ósea

Sin Hallazgos



NEGATIVO

No Se Ha Encontrado:
Derrame
Fractura
Lesión ósea
Luxación



- **HALLAZGOS POSITIVOS:**
 - Fracturas, dos niveles de certeza: fractura/posible fractura
 - Luxación
 - Derrame (rodilla, tobillo, codo)
 - Lesión ósea
- **NEGATIVO:** sin hallazgos
- **FUERA DE ALCANCE:** c. cervical y cráneo

FUERA DEL ALCANCE

⚠ Esta información preliminar ha sido emitida por inteligencia artificial (IA) y su resultado solo será válido cuando se revise y corrobore por el servicio médico de Mutua.

⚠ Imágenes remitidas CRÁNEO, HUESO NASAL no soportadas

Fuera Del Alcance

imagenes: 2





Dolor e impotencia funcional
tras caída sobre codo

☒ POSITIVO

2 / 2
ANALIZADA RECIBIDA

¿RECIBIR TODAS LAS IMÁGENES?
Por favor, tenga en cuenta que si el usuario no recibe todas las imágenes del estudio, el resultado puede ser incorrecto.

⚠ Esta información preliminar ha sido emitida por inteligencia artificial (IA) y su resultado solo será válido cuando se revise y corrobore por el servicio médico de Mutua.

BoneView

FRACTURA

DUDA

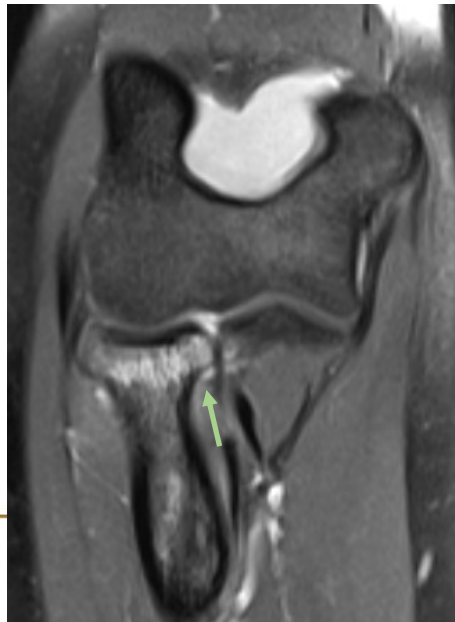
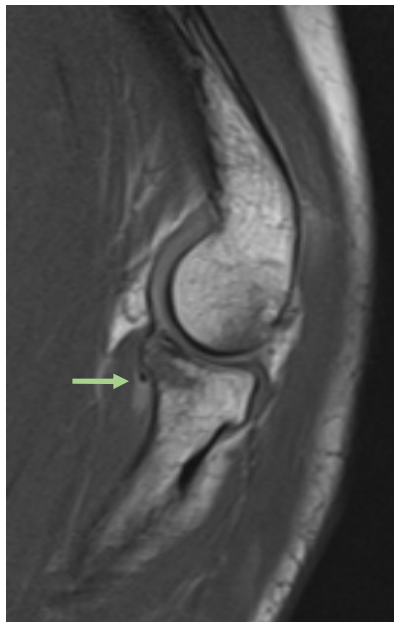
DERRAME

SÍ

LESIÓN ÓSEA

LUXACIÓN

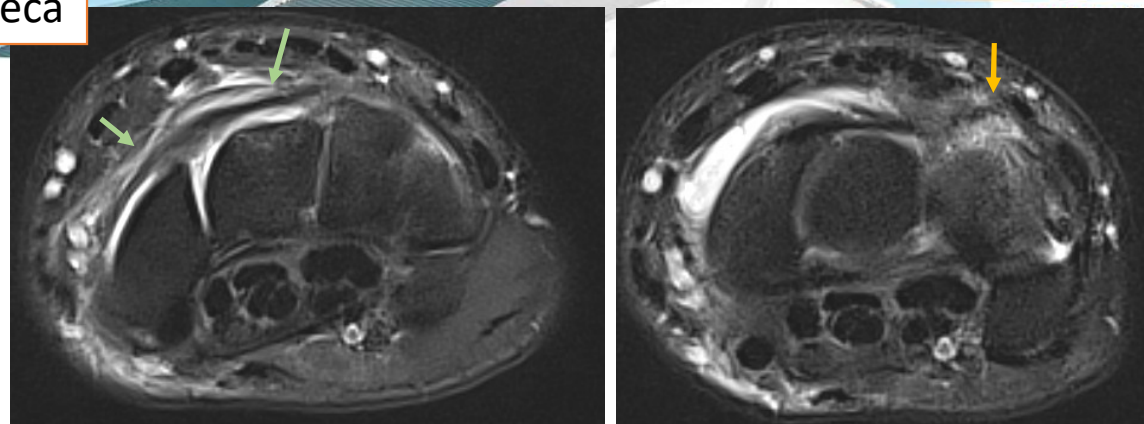
NO



RM: derrame articular (↓) y
fractura de cabeza de radio (↗)

IA +
RM +
V (+) IA

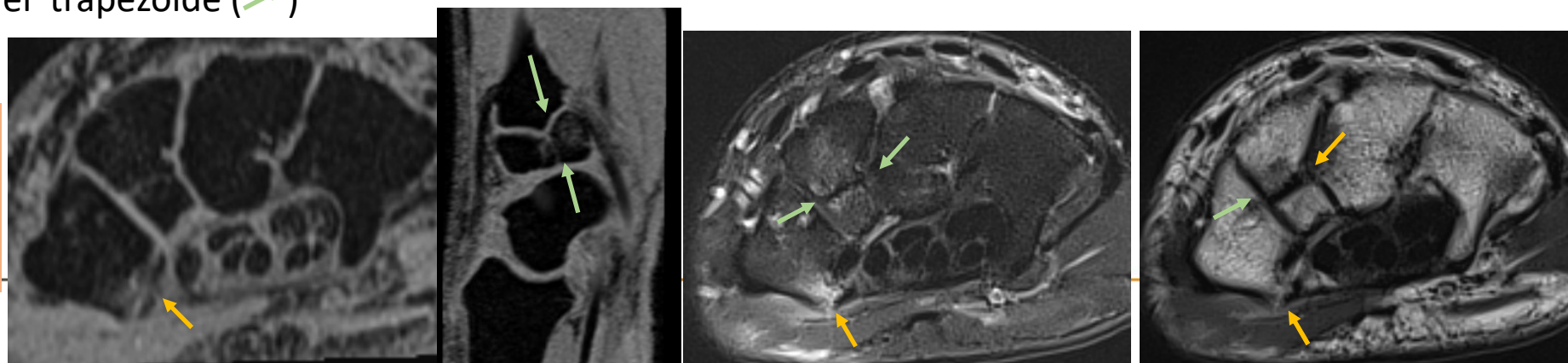
Caída al suelo con apoyo de muñeca



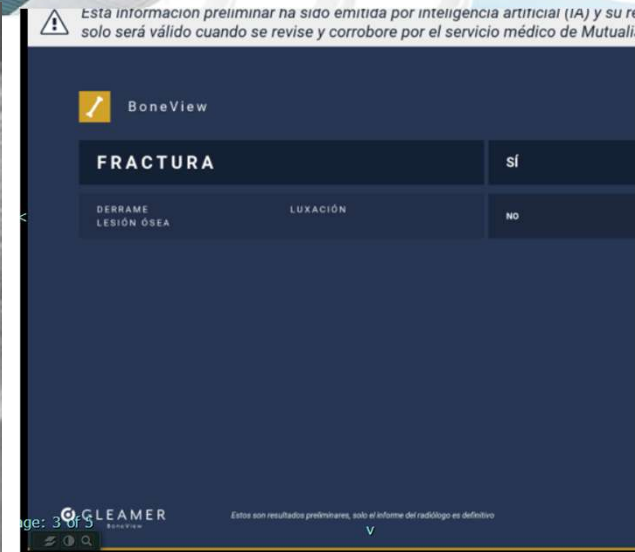
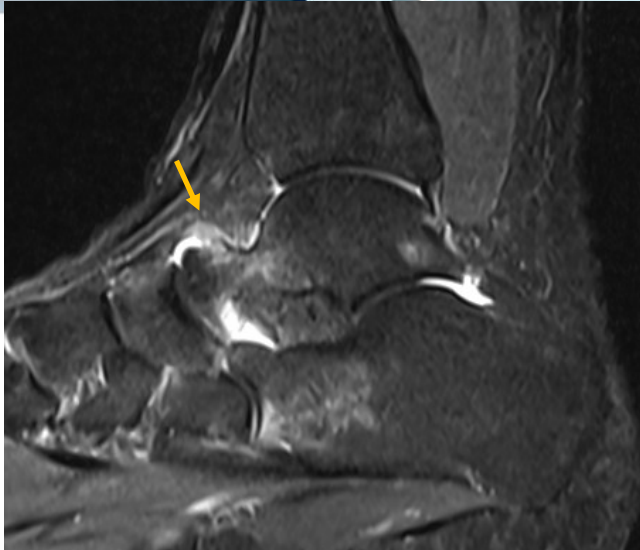
Esguince mediocarpiano dorsal con fractura arrancamiento (↘) de la inserción piramidal del ligamento intercarpiano dorsal (↗)

IA +
RM +
V (+) de IA

La RM ve además fractura del tubérculo trapecio (↘) y del trapezoide (↗)



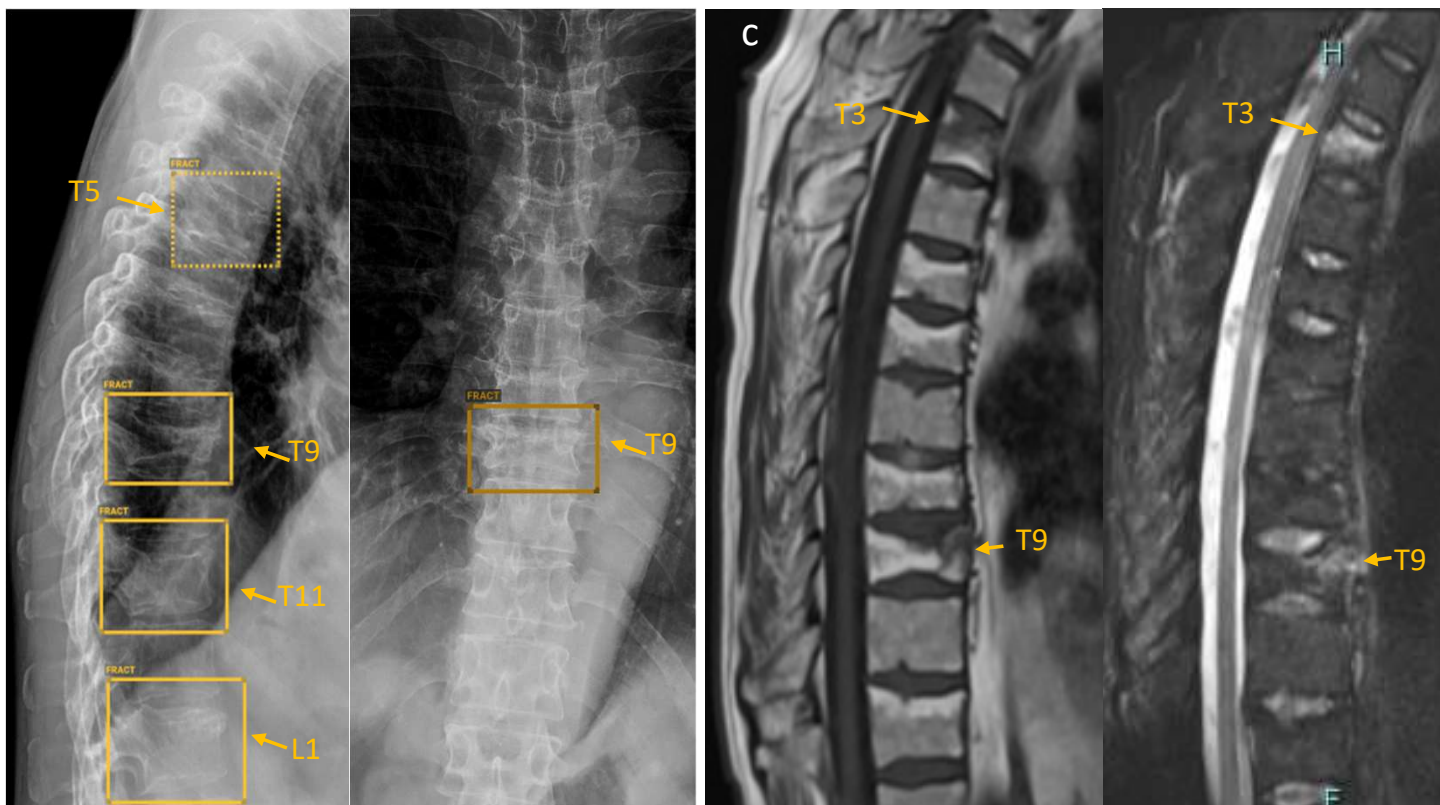
IA y Rx -
RM +
F (-) de Rx e IA?
Fractura oculta



Caída con torsión de tobillo

RM: fractura arrancamiento de la inserción astragalina del ligamento astrágalo-escafoideo dorsal (↓) coincidente con la señalada por la IA en la Rx. (Esguince mediotarsiano o de Chopart)

IA +
RM +
V (+) IA



Politraumatismo: caída por escaleras del metro.
Paciente con osteoporosis.

RM:

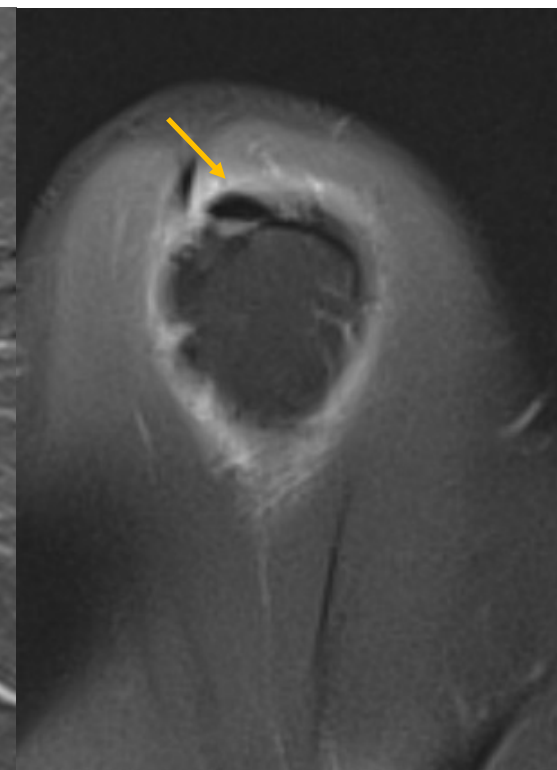
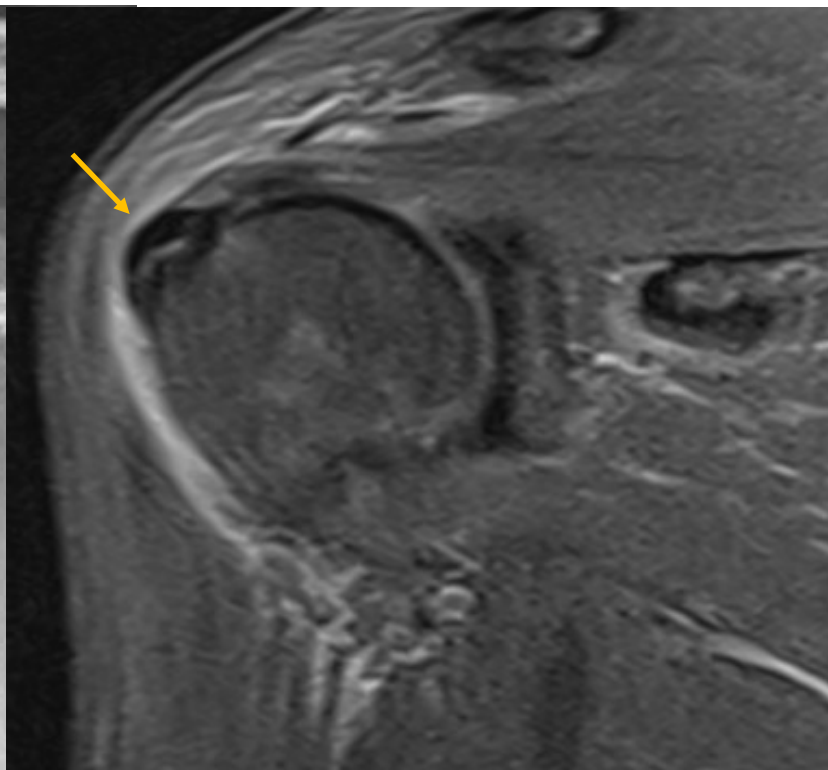
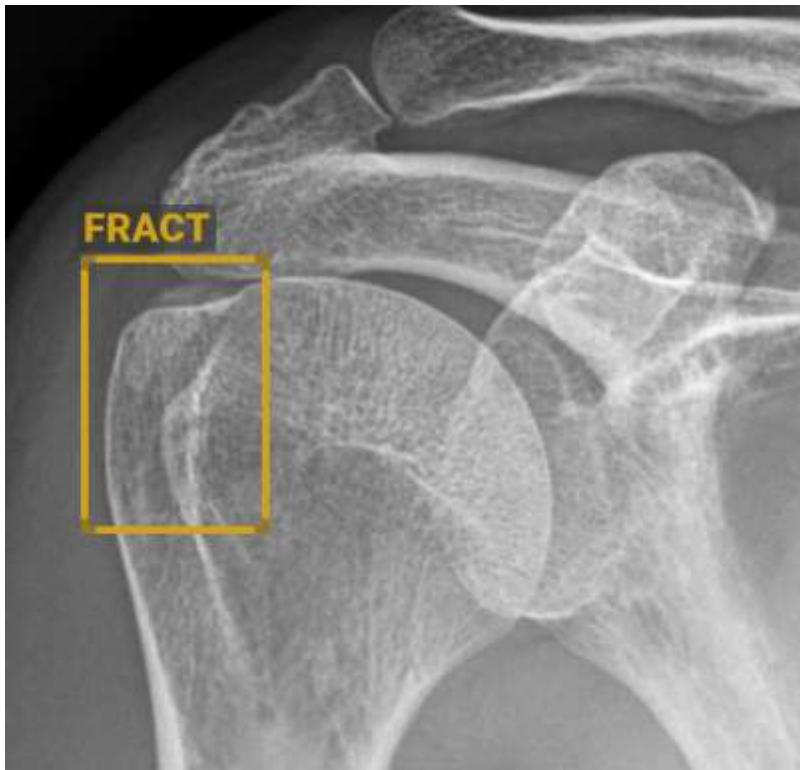
- Fracturas aplastamiento recientes: T3 y T9. Además (no mostradas), en S2, transversas de L1 y L2 y arcos costales posteriores izdos.
- Fracturas aplastamiento crónicas T5, T6, T8, T11.

**IA (+) pero no discrimina Fx reciente de crónica (TAC tampoco):
superioridad de la RM para valoración de fracturas vertebrales agudas**

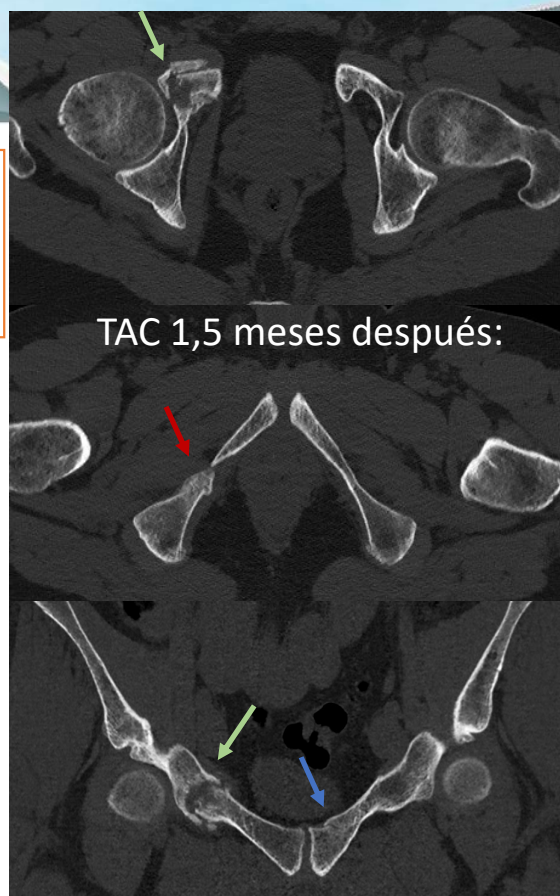
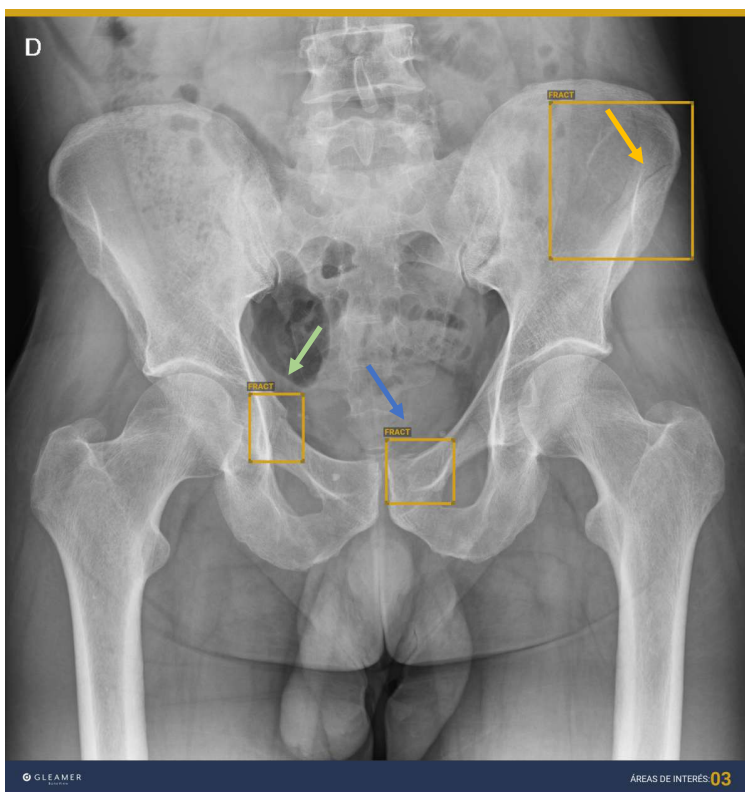
Dolor progresivo y limitante en
hombro sin claro traumatismo

IA +
RM +
F (+) IA (no es fractura)

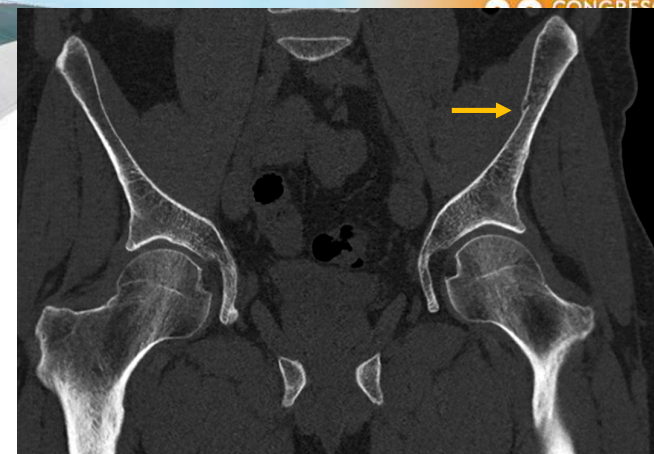
RM: Tendinopatía calcificante en
fase reabsortiva con reacción inflamatoria



40 años, accidente de tráfico, ingresado en UCI con traumatismo torácico y pélvico. Tras alta en UCI, traslado a Mutualia.



TAC 1,5 meses después:



Fractura	IA	TAC	Humano + TAC + IA
Acetábulo derecho 	+	+	+
R. ilopubiana izda 	+	-	+
R. isquiopubiana dcha 	-	+	+
Pala ilíaca izda 	+	-	+

Dificultad para establecer ground truth en estudios de validación. La eficacia diagnóstica aumenta cuando la persona valora la Rx asistida por la IA.

4 Fx pélvicas:
IA ve 3
TAC ve 2

Resultados

- En la práctica clínica es difícil valorar la eficacia de una solución de IA en términos de sensibilidad y especificidad:
 - Dificultades para establecer "ground truth" en el binomio interpretativo IA - médico.
- Sin embargo, el impacto en nuestra práctica asistencial ha sido evidente, por lo que valoramos estudiar de algún modo el impacto en los grupos de interés implicados:
 - Encuesta de satisfacción a médicos solicitantes de RX:
 - 4 meses post implantación.
 - Tasa de respuesta 80%.
 - Cuantificación de las fracturas diagnosticadas en RM tras un tiempo variable del traumatismo, con Rx inicialmente interpretada como negativa
 - Análisis de fracturas de muñeca (carpo y radio distal) 6 meses pre-implantación vs 3 meses post implantación.



Resultados preliminares (3 meses post implantación)

Encuesta de satisfacción a médicos:

- 81 % consulta y utiliza la valoración de la IA.
- 80 % reconoce ganar tiempo en establecer el diagnóstico.
- 88 % considera que la IA es una ayuda importante en el diagnóstico de fracturas.
- 93 % cree que ha sido una buena decisión implantar la IA.

Impacto en la detección de fracturas ocultas:

- 70% de reducción en las Fx ocultas de muñeca y radio distal que llegan a la RM sin diagnosticar.
- 11 % de reducción en el número de RM solicitadas.

Impacto potencial en los grupos de interés



Para el paciente:

Diagnóstico preciso y precoz de las fracturas:

- Facilita un tratamiento apropiado, mejorando su pronóstico.
- Aumenta su confianza en el proceso asistencial.

Impacto como potencial usuario final de la IA.



Para el médico:

Ayuda en la valoración de las radiografías, especialmente:

- Casos con signos sutiles o de difícil interpretación.
- Profesionales con menor experiencia o formación.
- Equipos de trabajo pequeños.

Reduce el tiempo dedicado a la interpretación de una radiografía.



Para Mutualia:

Reducción de costes: exploraciones innecesarias, asistencias prolongadas.

Reduce de reclamaciones/quejas por retrasos/fallos diagnósticos.

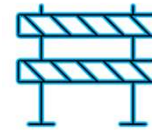
Mejora la satisfacción del médico con las herramientas diagnósticas.

Factores que en nuestro caso han incidido en la implantación



• Facilitadores

- Integración en PACS: proceso totalmente automatizado, el médico no debe hacer nada.
- Análisis de todas las Rx (no a demanda) con resultado inmediato. El uso sistemático ha vencido la desconfianza inicial.
- Formación previa y liderazgo desde radiología y sistemas de información en la implantación, apoyando y aclarando dudas.
- Entorno que favorece la innovación e introducción de nuevas herramientas.



• Barreras

- Percepción de falsos positivos sin comprender la razón (falta de transparencia).
- Incertidumbre sobre aspectos legales: responsabilidad del médico en casos de discrepancia con la IA.
- Problemas por la puesta a disposición del resultado de la IA en la App del paciente (¿paciente usuario final?).

La IA ha demostrado en nuestro caso un mayor valor añadido en:

- Factores de la radiografía/fractura:

- Determinadas localizaciones donde la fractura es menos evidente: radio proximal y distal, escafoides, costillas.
- Fracturas múltiples (omisión de detección por error de "búsqueda satisfactoria").
- Fracturas arrancamiento de pequeño tamaño.



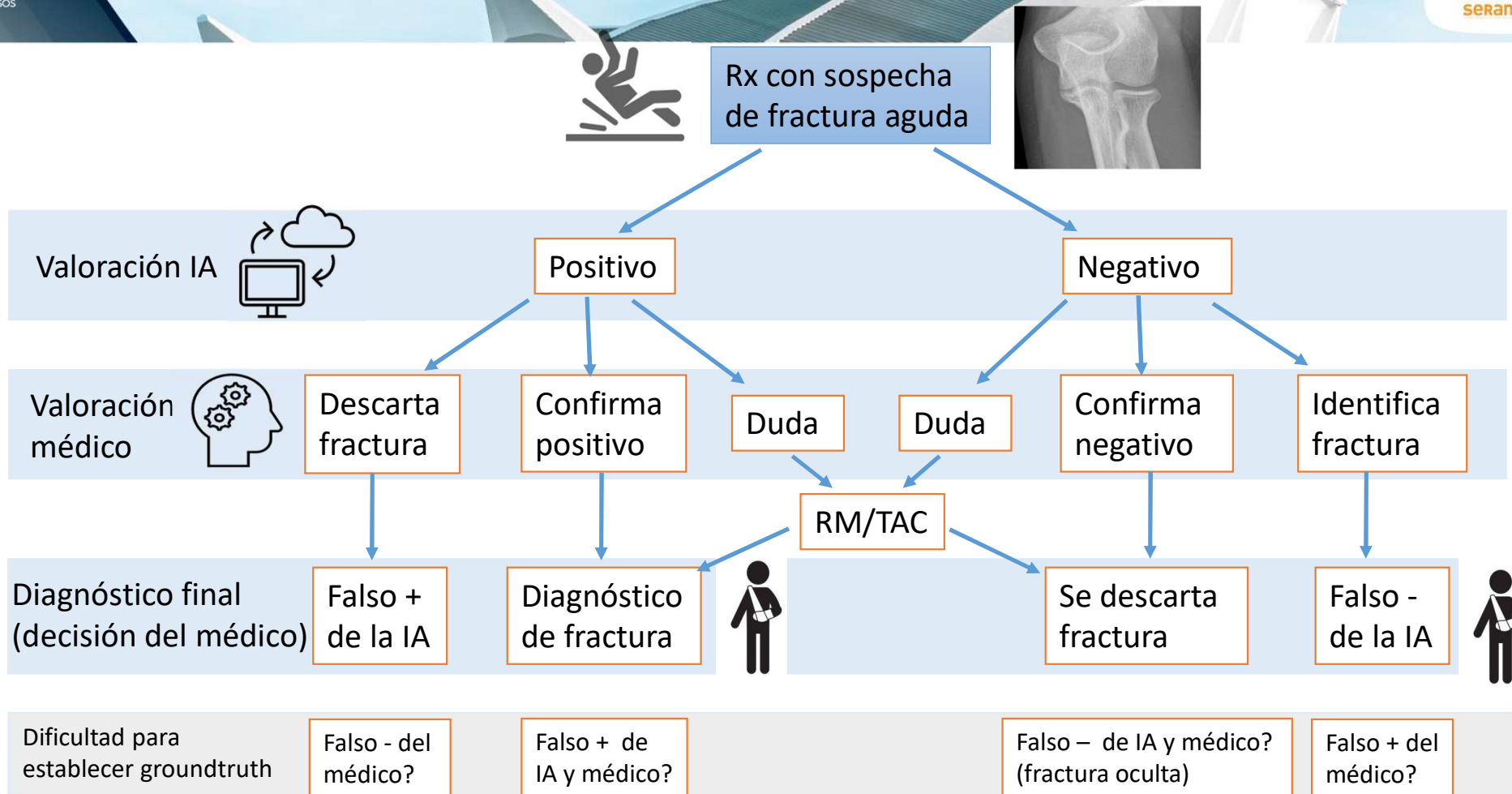
- Factores humanos

- Profesionales con menor experiencia/formación.
- Equipos de trabajo pequeños (menor posibilidad de interconsulta).
- Urgencias con atención a politraumatizado, debiendo prestar atención a múltiples problemas.

Riesgos de esta solución de IA

- Error diagnóstico: falsos + y falsos -, sesgos.
 - El contenido generado por la IA es un punto de partida, no un producto terminado. SIEMPRE debe ser un proceso supervisado.
- "Deskilling": pérdida de habilidades y conocimientos por uso sistemático de la IA
 - La IA es una ayuda al diagnóstico, que no sustituye la labor del médico.
- Posible percepción negativa o interpretación autónoma de los resultados de la IA por los pacientes
 - Hay que valorar considerar al paciente un posible usuario final de la IA y formarle y educarle en el uso de esta herramienta.
- Implicaciones ético-legales
 - Seguridad y privacidad de los datos de los pacientes.
 - Responsabilidad en caso de error de la IA.





Dificultad para establecer groundtruth

Falso - del médico?

Falso + de IA y médico?

Falso - de IA y médico? (fractura oculta)

Falso + del médico?



- Ante un positivo de la IA hay que considerar seriamente la posibilidad de fractura, sobre todo con clínica concordante. Sin embargo, existen falsos +.
- En general es fácil identificar qué ha interpretado la IA erróneamente como fractura. Siempre correlacionar clínicamente. Si persiste duda: imagen avanzada (RM/TAC).
- Causas más frecuentes:
 - Osificaciones/calcificaciones: interpreta que son fracturas arrancamiento
 - Tendinopatía calcificante en hombro vs fractura arrancamiento.
 - Cambios postquirúrgicos.
 - Superposición de aire o pliegues que simula fractura.
 - Variantes anatómicas: huesos bipartitos, osículos accesorios.
- En algunos casos, aunque no se trate de fracturas, el análisis de la IA ayuda al reconocimiento de calcificaciones u otros hallazgos que podrían pasar inadvertidos.

A tener en cuenta: la IA señala fracturas, ya sean recientes o no.

- Fractura tratada (osteosíntesis) o en consolidación, con callo.
- Fracturas aplastamiento vertebral: Rx no puede discriminar aguda de crónica.



Fractura antigua de apófisis transversa



Fractura tratada

RM: fractura reciente
de T12 y crónica de L2

IA: fracturas de T12 (posible) y L2



Fracturas vertebrales

- IA detecta con gran sensibilidad los aplastamientos vertebrales.
- Sin embargo, la Rx no es capaz de discriminar adecuadamente las fracturas agudas de las crónicas siendo para ello superior la RM gracias a la detección de edema óseo. No se trata de un falso positivo de la IA, sino de una limitación de la Rx.

FRACT

Tendinopatía calcificante

FRACT

Callo de fractura

FRACT

Superposición de aire intestinal

Osículo accesorio (escafoides accesorio)

FRACTURA

Fractura de Segond antigua

FRACTURA

FALSOS POSITIVOS

¿La imagen señalada como fractura coincide con la clínica?

¿Hay una causa obvia que explique la imagen señalada?

Si persiste una duda razonable: imagen avanzada (TAC o RM)

FRACTURA (POSIBLE)

Superposición de estructuras

Cambios postquirúrgicos

FRACTURA (POSIBLE)

Osificación

FRACTURA (POSIBLE)

FRACTURA (POSIBLE)

Trayecto de material de osteosíntesis

FRACT

Secuela de fractura

Falsos negativos de la IA

- Riesgos de los falsos negativos: no diagnóstico de fractura
- Causas de falsos negativos:
 - Mala técnica radiológica *que impide al algoritmo de la IA realizar un análisis correcto de la Rx.*
 - *Fracturas ocultas: límite de la técnica radiológica.*

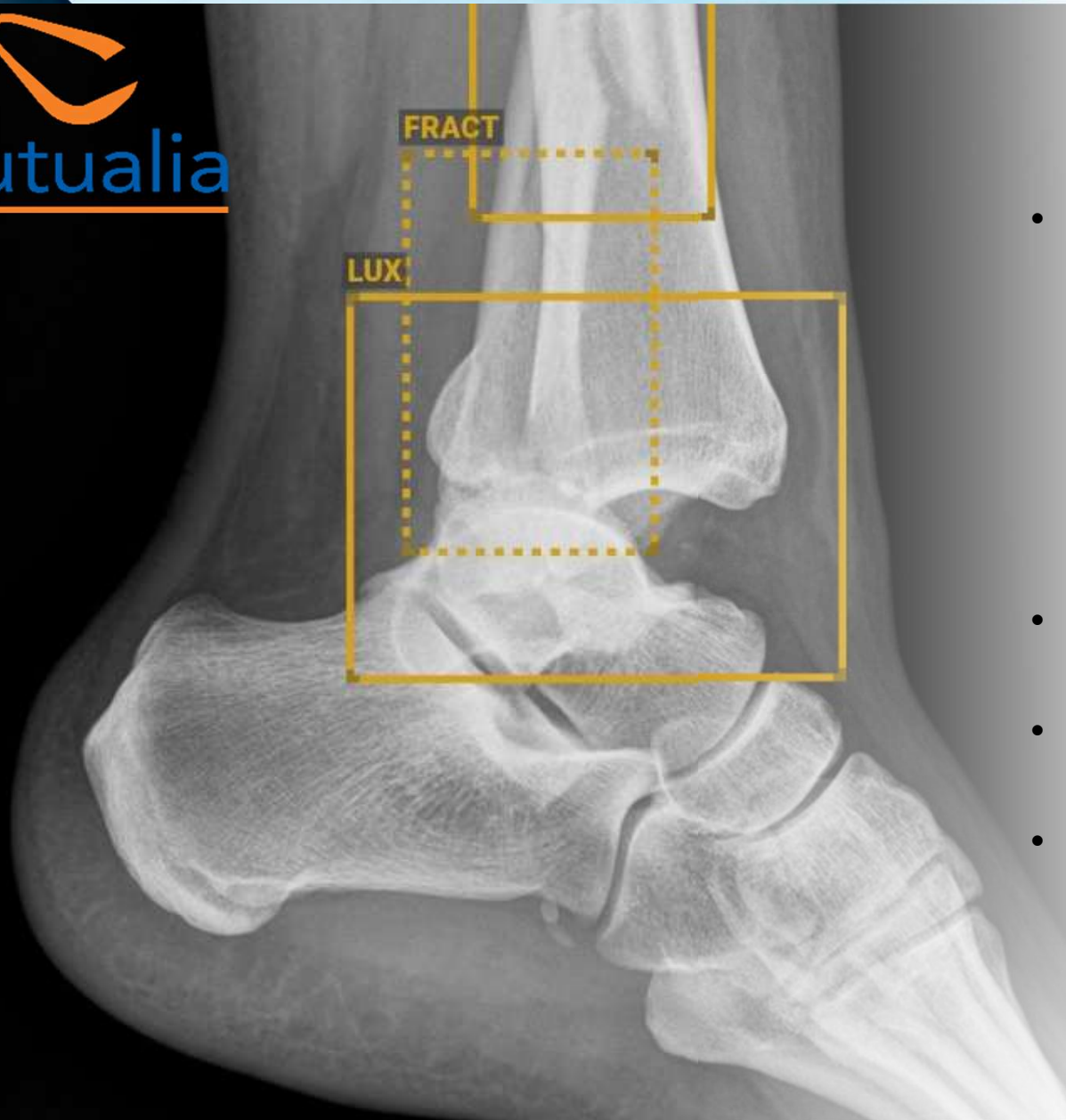


Sesgos en el binomio interpretativo IA-radiólogo

- Sesgo de automatización: tendencia a confiar ciegamente en la valoración de la IA, incluso en contra del criterio profesional.
 - Causas: presión asistencial, falta de experiencia...
- Negligencia de automatización o aversión algorítmica: tendencia a rechazar la valoración de la IA.
 - Causas: desconfianza en el algoritmo por su falta de transparencia, desconocimiento, temores ético-legales...

Situación actual (2 años post- implantación)

- Herramienta incorporada en la práctica asistencial de manera rutinaria.
- Valoración por el Comité de Seguridad de Mutualia del cumplimiento del RIA (Rglto. UE 2024/1689 de Inteligencia Artificial):
 - Requerimiento al proveedor sobre la falta de transparencia del algoritmo, que proporciona un documento sobre su estrategia de cumplimiento del RIA.
 - Inclusión de mensaje en las imágenes de la IA sobre la naturaleza de este análisis y la necesidad de supervisión del resultado por parte del médico.
 - Modificación del documento informativo de protección de datos de la H^aC^a, añadiendo la transparencia del uso de la IA en nuestros procesos diagnósticos.
 - Aprobación de un procedimiento de uso y gobernanza de la IA.
- Vigilancia y evaluación continua de la IA:
 - Necesidad de monitorizar en tiempo real las caídas del sistema.
 - Conveniencia de disponer de indicadores: nº Rx analizadas, porcentaje de positivos/negativos/dudosos, tiempo real de análisis por la IA.
 - Vigilancia y análisis de resultados falsos positivos y negativos.
 - Evaluación de actualizaciones de software con posible impacto en la práctica.
- Valoración de nuevas soluciones de IA en Radiología.



Conclusiones

- Nuestra experiencia en Mutualia usando la IA para valorar fracturas en la Rx:
 - Es una herramienta de ayuda al médico, aumentando sus capacidades diagnósticas, mejorando el diagnóstico precoz y preciso de las fracturas.
 - Su implantación e integración en el proceso asistencial es sencilla.
- Es importante conocer los riesgos, causas de falsos positivos y negativos y sesgos.
- El liderazgo desde Radiología en la implantación y vigilancia es esencial.
- **El contenido generado por la IA es un punto de partida, no un producto terminado. SIEMPRE debe ser un proceso supervisado por un médico.**

Referencias

- Hussain F, Cooper A, Carson-Stevens A, Donaldson L, Hibbert P, Hughes T, Edwards A. Diagnostic error in the emergency department: learning from national patient safety incident report analysis. BMC Emerg Med. 2019;19:77-86.
- Jarraya M, Hayashi D, Roemer FW, Crema MD, Diaz L, Conlin J, et al. Radiographically occult and subtle fractures: a pictorial review. Radiol Res Pract. 2013;2013:370169.
- Haj-Mirzaian A, Eng J, Khorasani R, Raja AS, Levin AS, Smith SE, et al. Use of advanced imaging for radiographically occult hip fracture in elderly patients: a systematic review and meta-analysis. Radiology. 2020;296:521-531.
- Regnard NE, Lanseur B, Ventre J, Ducarouge A, Clovis L, Lassalle L, et al. A. Assessment of performances of a deep learning algorithm for the detection of limbs and pelvic fractures, dislocations, focal bone lesions, and elbow effusions on trauma X-rays. Eur J Radiol. 2022;154:110447.
- Duron L, Ducarouge A, Gillibert A, Lainé J, Allouche C, Cherel N, et al. Assessment of an AI aid in detection of adult appendicular skeletal fractures by emergency physicians and radiologists: a multicenter cross-sectional diagnostic study. Radiology. 2021;300:120-129.
- Guermazi A, Tannoury C, Kompel AJ, Murakami AM, Ducarouge A, Gillibert A, et al. Improving radiographic fracture recognition performance and efficiency using artificial intelligence. Radiology. 2022;302:627-636.
- Zech JR, Santomartino SM, Yi PH. Artificial Intelligence (AI) for fracture diagnosis: an overview of current products and considerations for clinical adoption, from the AJR special series on AI applications. AJR Am J Roentgenol. 2022;219:869-878.
- Base de datos AI for Radiology de la plataforma Grand Challenge [consultado el 13 enero 2025]. Disponible en: <https://grand-challenge.org/aiforradiology/>
- Omoumi P, Ducarouge A, Tournier A, Harvey H, Kahn CE Jr, Louvet-de Verchère F et al. To buy or not to buy-evaluating commercial AI solutions in radiology (the ECLAIR guidelines). Eur Radiol. 2021;31:3786-3796.
- Pastor M, Dabli D, Lonjon R, Serrand C, Snene F, Trad F, de Oliveira F et al. Comparison between artificial intelligence solution and radiologist for the detection of pelvic, hip and extremity fractures on radiographs in adult using CT as standard of reference. Diagn Interv Imaging. 2025;106:22-27.
- Parlamento Europeo. Enmiendas aprobadas por el Parlamento Europeo el 14 de junio de 2023 sobre la propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (Ley de Inteligencia Artificial) y se modifican determinados actos legislativos de la Unión [consultado: 11 Oct 2023]. Disponible en: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0236_ES.html
- Morales A, Lojo S, Rovira M, Valdés P. La regulación legal de la inteligencia artificial en la Unión Europea: guía práctica para radiólogos. Radiología. 2024; 66:431-446.
- Luiken I, Lemke T, Komenda A, Marka AW, Kim SH, Graf MM, et al. Evaluation of commercial AI algorithms for the detection of fractures, effusions, and dislocations on real-world clinical data: A prospective registry study. Radiography (Lond) 2025;31:103189.