
Ingeniería Biomédica: un componente imprescindible en la innovación asistencial

Javier Pascau González-Garzón

Profesor Titular. Departamento de Bioingeniería e Ingeniería Aeroespacial

uc3m | Universidad **Carlos III** de Madrid
Departamento de Bioingeniería
e Ingeniería Aeroespacial

BriG | BIOMEDICAL IMAGING
AND INSTRUMENTATION GROUP

*“Intelligence is the ability to
adapt to change”*

Stephen Hawking



¿Qué es un ingenier@?

- **Wikipedia:** los ingenieros **diseñan** materiales, estructuras, máquinas y sistemas teniendo en cuenta las **limitaciones** impuestas por la **practicidad, la seguridad y el coste**.
- Merriam Webster's Collegiate Dictionary: Engineering is *the **application of science and mathematics** by which the properties of matter and the sources of energy in nature are made **useful to people**.*

Ingeniería Biomédica:

- Una **nueva disciplina de ingeniería** que **combina** técnicas de ingeniería convencionales **con ciencias biomédicas** para mejorar la calidad de la salud y la vida humana

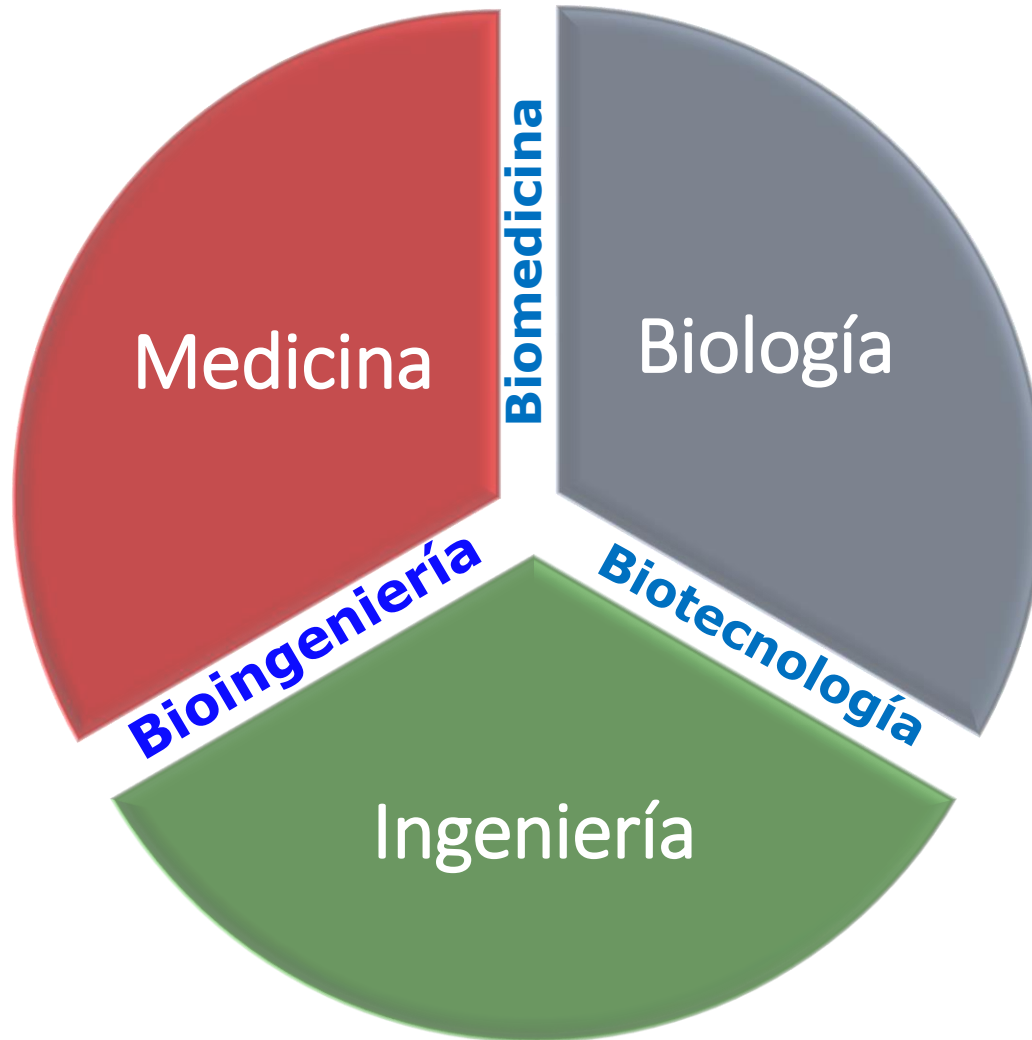
<https://www.raise.me/careers/architecture-and-engineering/biomedical-engineers>

Ingenieros biomédicos (BE)

- BE aplican **técnicas de ingeniería** y análisis para **resolver problemas en medicina** y ciencias biomédicas
- Un BE debe ser capaz de **definir un problema médico en términos científicos y de ingeniería** and y encontrar una solución que satisfaga **tanto los requisitos de ingeniería como los de medicina**
- La ingeniería biomédica es interdisciplinar, por lo que los BE trabajan con otros profesionales médicos como **miembros de un equipo**



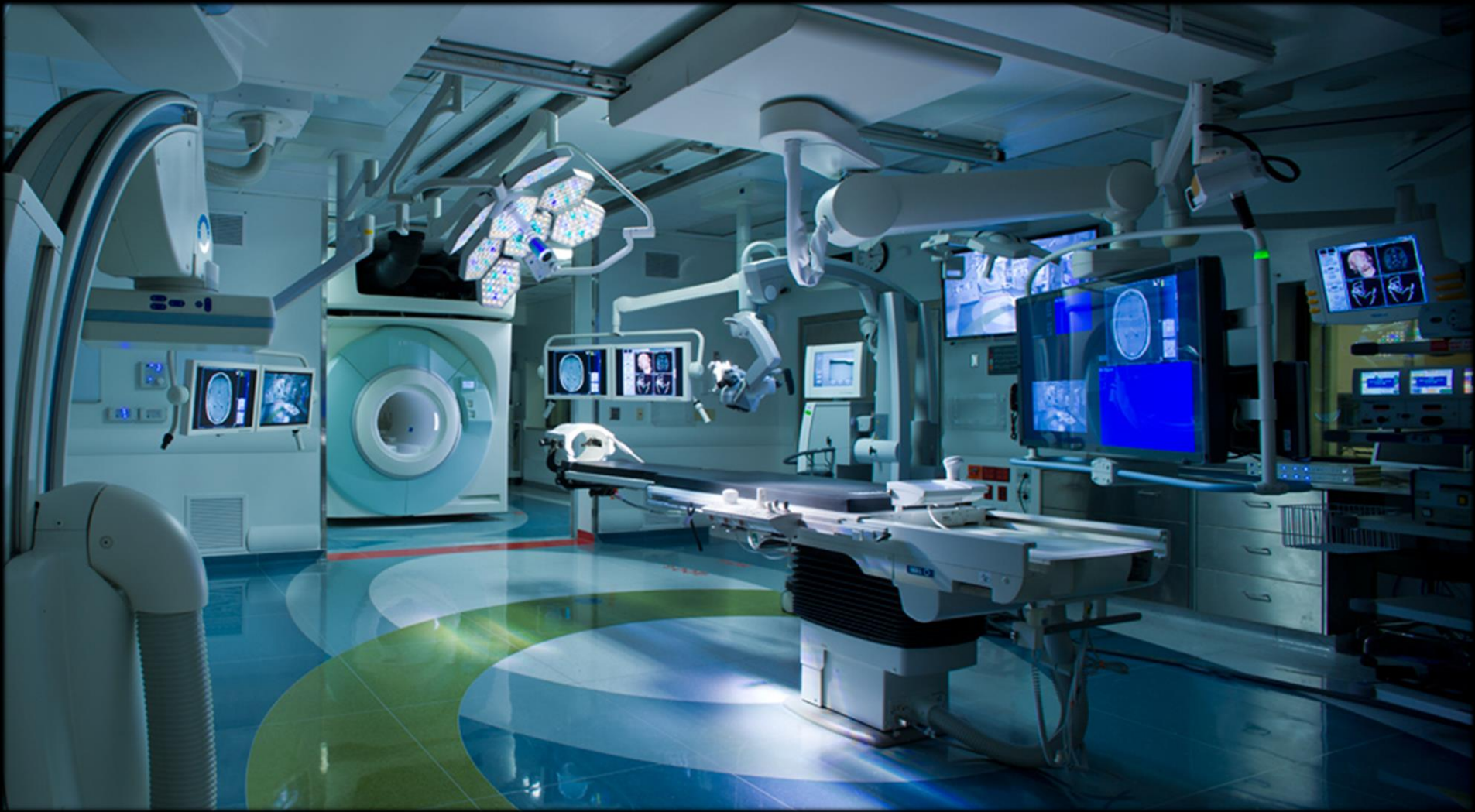
Interfaces entre medicina, biología e ingeniería



Ingeniería Biomédica e Innovación Asistencial



El quirófano, la última frontera...



Brigham and Women's Hospital AMIGO Operating Room

Ejemplos de colaboración Medicina - Bioingeniería

- Dosimetría y navegación en Radioterapia Intraoperatoria
- Navegación quirúrgica personalizada mediante impresión 3D
- Realidad aumentada en quirófano



Hospital General Universitario
Gregorio Marañón

uc3m

Universidad **Carlos III** de Madrid

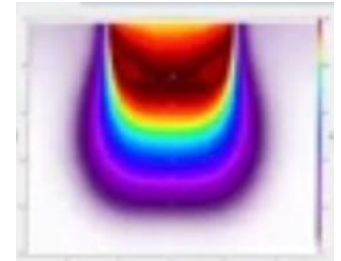
Departamento de Bioingeniería
e Ingeniería Aeroespacial

Radioterapia Intraoperatoria con Electrones (IOERT)



Experiencia en HGUGM

- Segundo centro IOERT Europa
 - > 1300 casos desde 1992 (*ISIORT registry*)



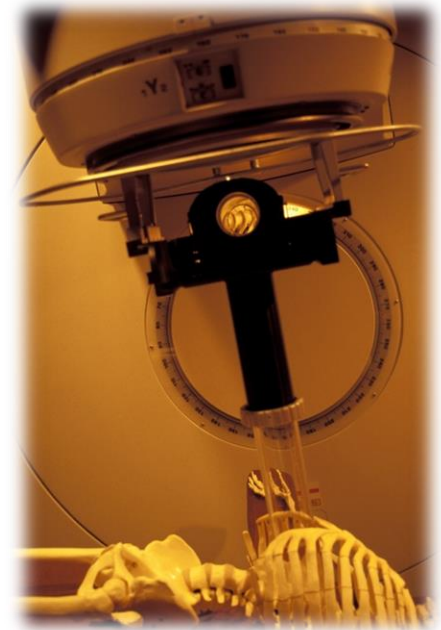
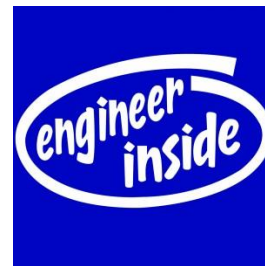
**Hospital General Universitario
Gregorio Marañón**

- Sistema de planificación IOERT: 1997



Felipe Calvo
**Departamento de
Oncología**

 **Hospital General Universitario
Gregorio Marañón**

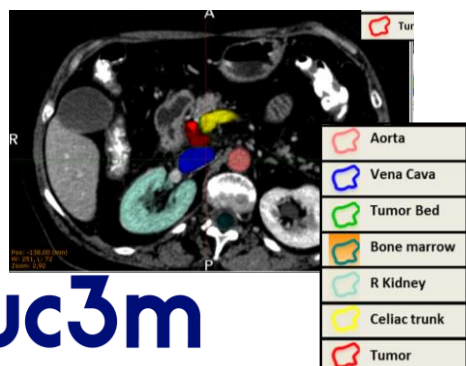


Manuel Desco
Laboratorio de Imagen

2007-2012: Flujo de planificación IOERT

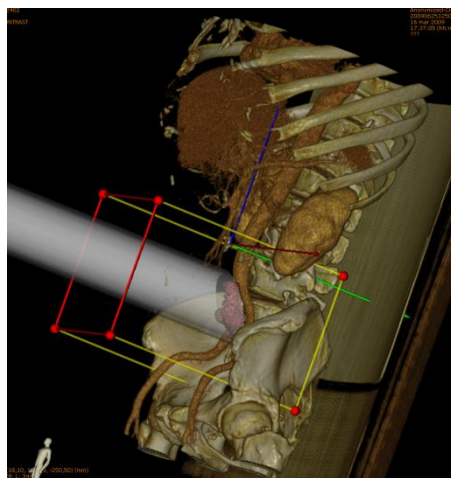
Segmentation

- Gross Tumor Volume (GTV)
- Clinical Tumor Volume (CTV)
- Organs to protect
- Resected Volume (STV)
- Tumor bed (PTV)



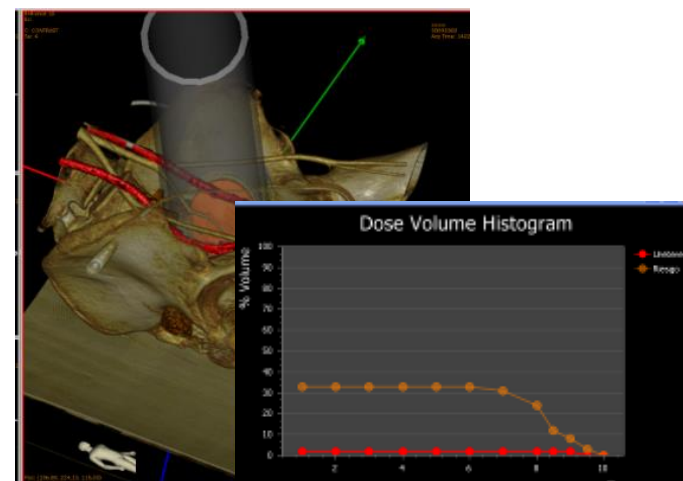
Simulation

- Surgical frame
- Patient orientation
- Cone diameter and bevel
- Cone position and orientation



Dosimetric pre-planning

- Select applicator parameters
- Dose estimation
- Treatment energy defined with the help of DVHs for different regions

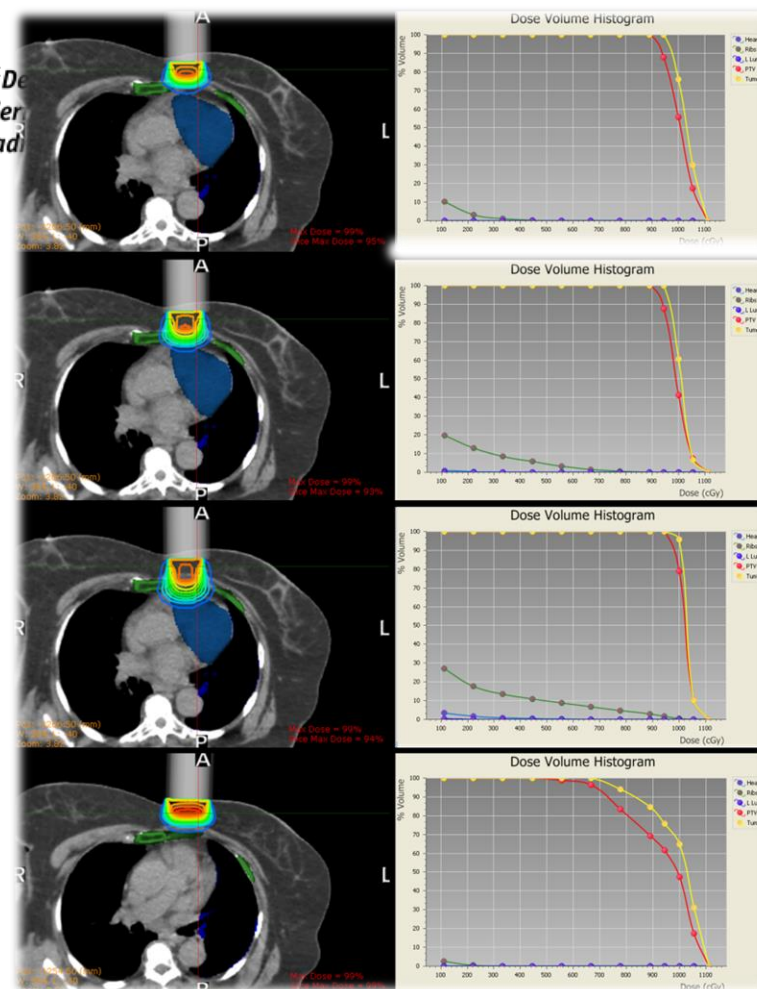
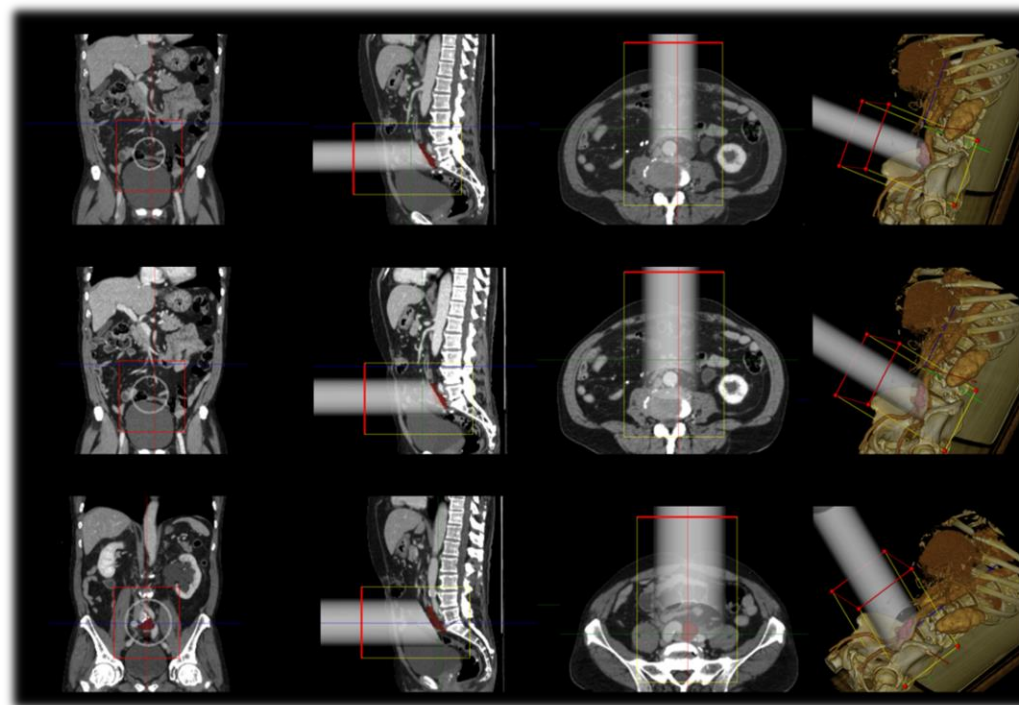


An Innovative Tool for Intraoperative Electron Beam Radiotherapy Simulation and Planning: Description and Initial Evaluation by Radiation Oncologists

Javier Pascau, Ph.D.,^{*,§} Juan Antonio Santos Miranda, M.D., Ph.D.,^{†,¶}
 Felipe A. Calvo, M.D., Ph.D.,^{†,¶,‡} Ana Bouché, M.D.,^{||} Virgina Morillo, M.D.,^{||}
 Carmen González-San Segundo, M.D., Ph.D.,^{†,¶} Carlos Ferrer, M.D., Ph.D.,^{||}
 Juan López Tarjuelo, M.Sc.,^{||} and Manuel Desco, M.D., Ph.D.^{*,§}

**Unidad de Medicina y Cirugía Experimental, †Servicio de Oncología Radioterápica, and ‡De Hospital General Universitario Gregorio Marañón; §Departamento de Bioingeniería e Ingeniería Carlos III de Madrid; and ¶Facultad de Medicina, Universidad Complutense de Madrid, Madrid; ||Hospitalario Provincial de Castellón, Castellón, Spain*

Received Sep 1, 2011, and in revised form Dec 12, 2011. Accepted for publication Dec 18, 2011



Primer Sistema de planificación para IOERT

- Éxito de transferencia tecnológica
- Patente, marcado CE y FDA



RADIATION TREATMENT SIMULATION PLATFORM FOR IORT DEVICES

radiance®, pioneer and unique software system for treatment planning and analysis of radiation therapy administered with any device for intraoperative radiotherapy (IORT).

Flujo de innovación en medicina



Idea, **solución innovadora**,
investigación, demostrador,
pruebas piloto validación...



Pero, ¿dónde está el aplicador durante la IOERT?

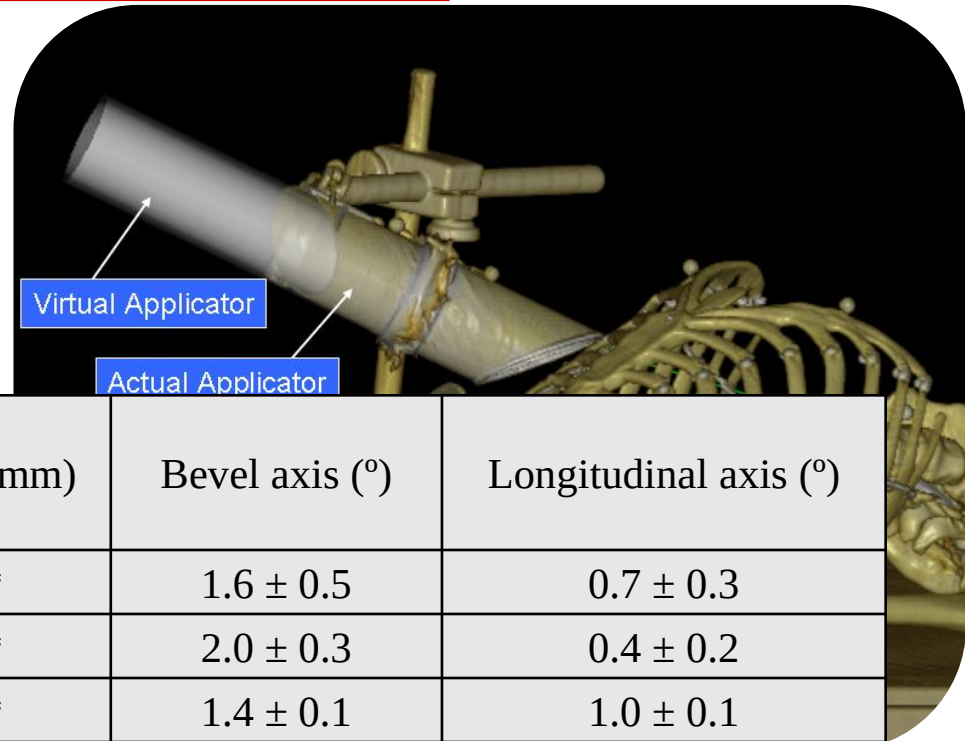
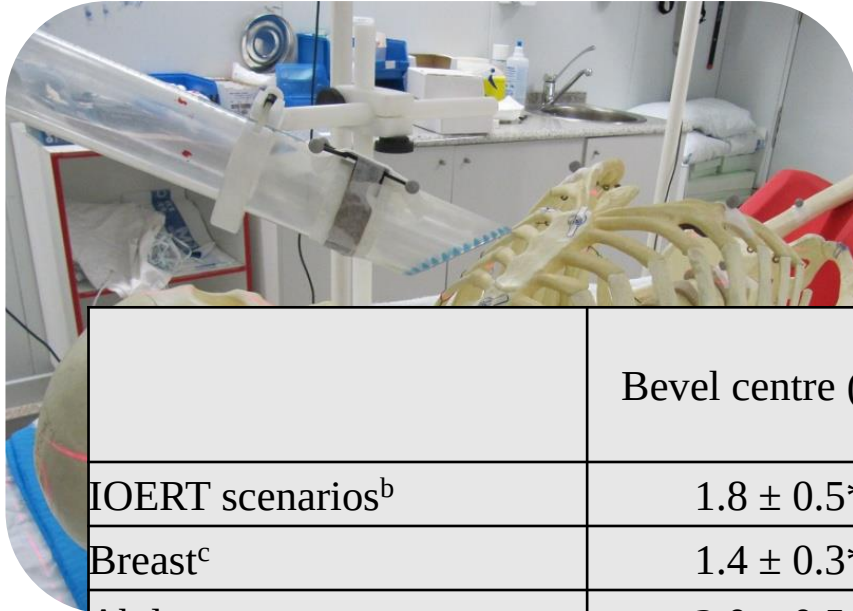


Pero, ¿dónde está el aplicador durante la IOERT?

- Solución: navegación con sistemas multicámara



Resultados



	Bevel centre (mm)	Bevel axis (°)	Longitudinal axis (°)
IOERT scenarios ^b	$1.8 \pm 0.5^*$	1.6 ± 0.5	0.7 ± 0.3
Breast ^c	$1.4 \pm 0.3^*$	2.0 ± 0.3	0.4 ± 0.2
Abdomen ^c	$2.0 \pm 0.5^*$	1.4 ± 0.1	1.0 ± 0.1
Rectum ^c	$1.9 \pm 0.4^*$	1.1 ± 0.2	0.9 ± 0.2
Metallic markers ^d	$1.9 \pm 0.5^*$	1.6 ± 0.5	0.7 ± 0.3
Optical markers ^d	$1.4 \pm 0.3^*$	1.5 ± 0.3	0.6 ± 0.2

^a Mean $\pm$ standard deviation.

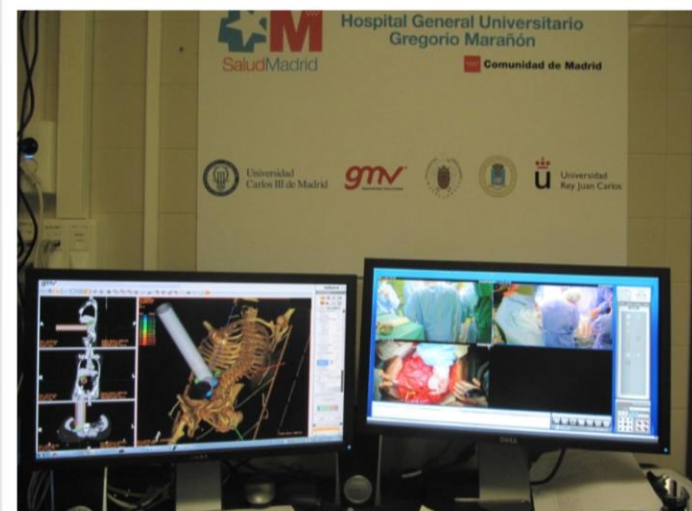
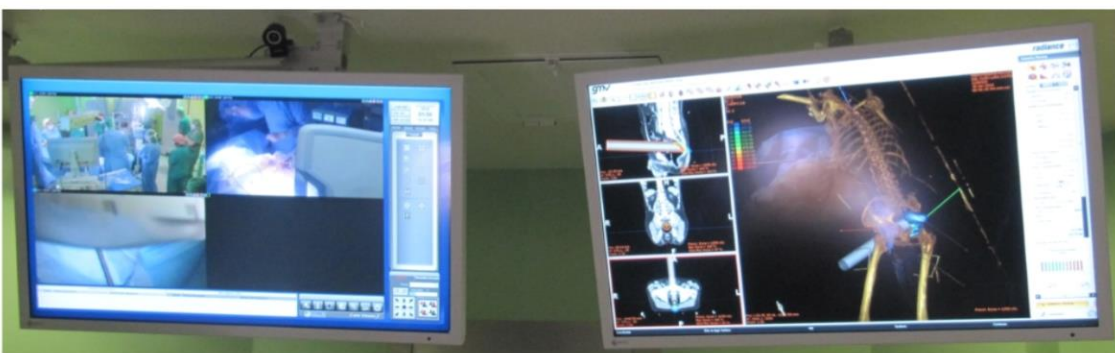
^b Average of all data.

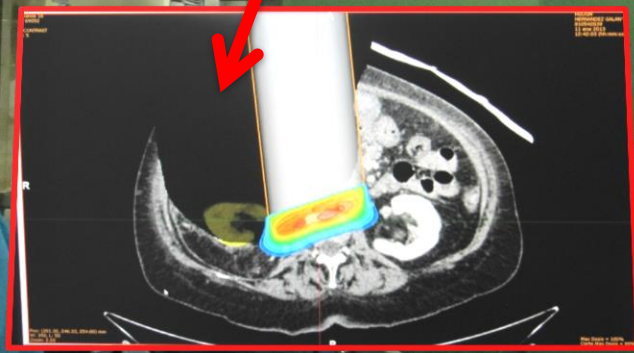
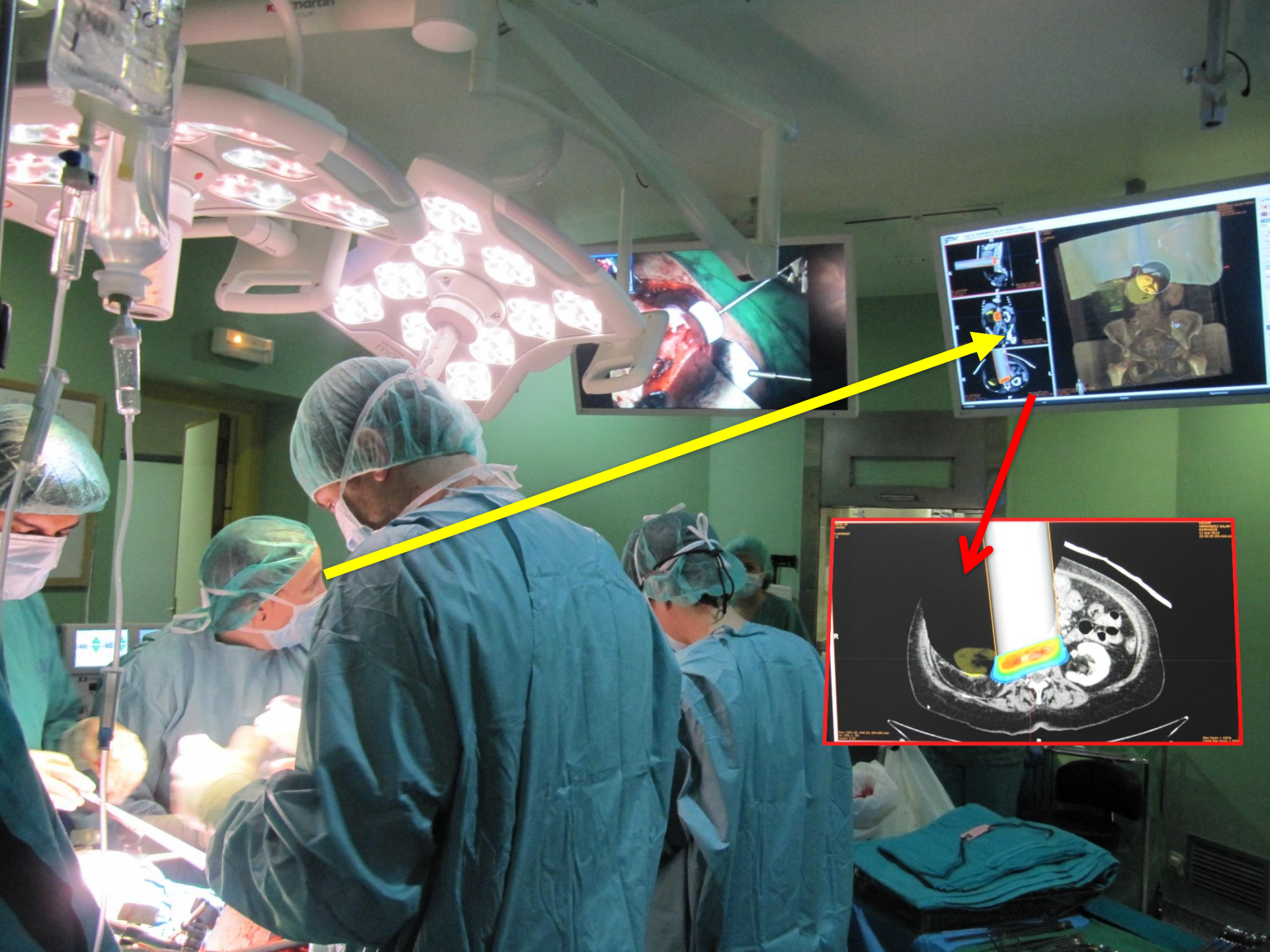
^c Average of metallic and optical markers data.

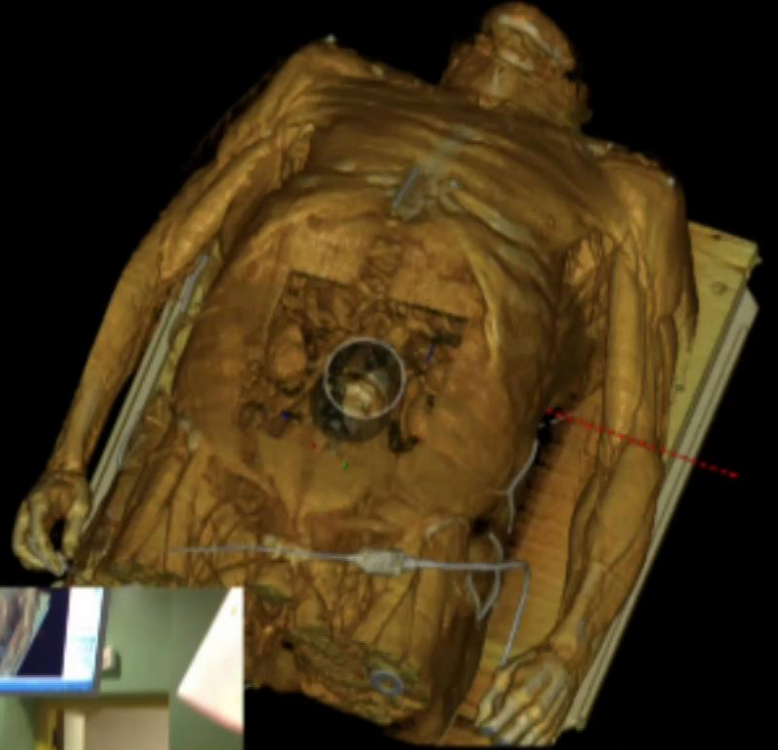
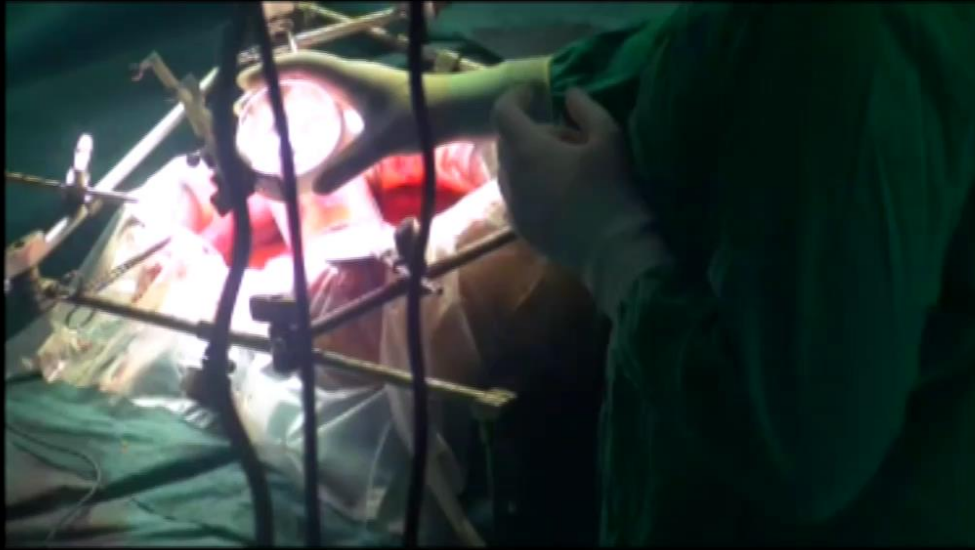
^d Average of breast, abdomen and rectum scenarios.

Quirófano HGUGM









Ejemplos de colaboración Medicina - Bioingeniería

- Dosimetría y navegación en Radioterapia Intraoperatoria
- Navegación quirúrgica personalizada mediante impresión 3D
- Realidad aumentada en quirófano



Hospital General Universitario
Gregorio Marañón

uc3m

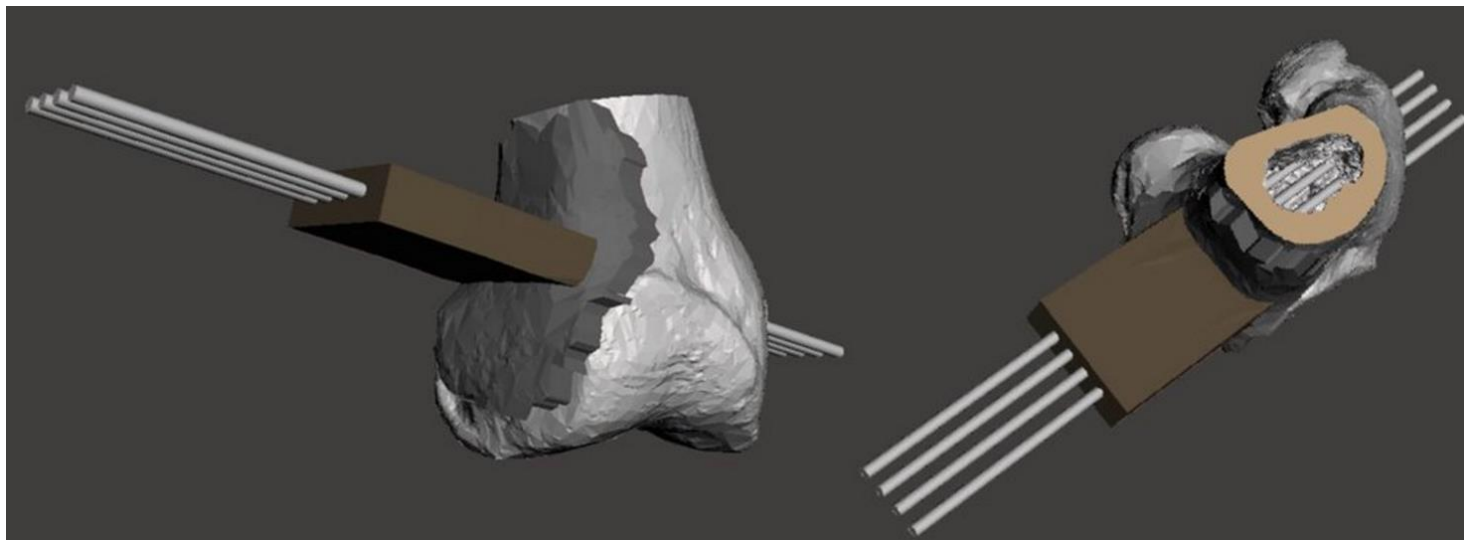
Universidad **Carlos III** de Madrid

Departamento de Bioingeniería
e Ingeniería Aeroespacial

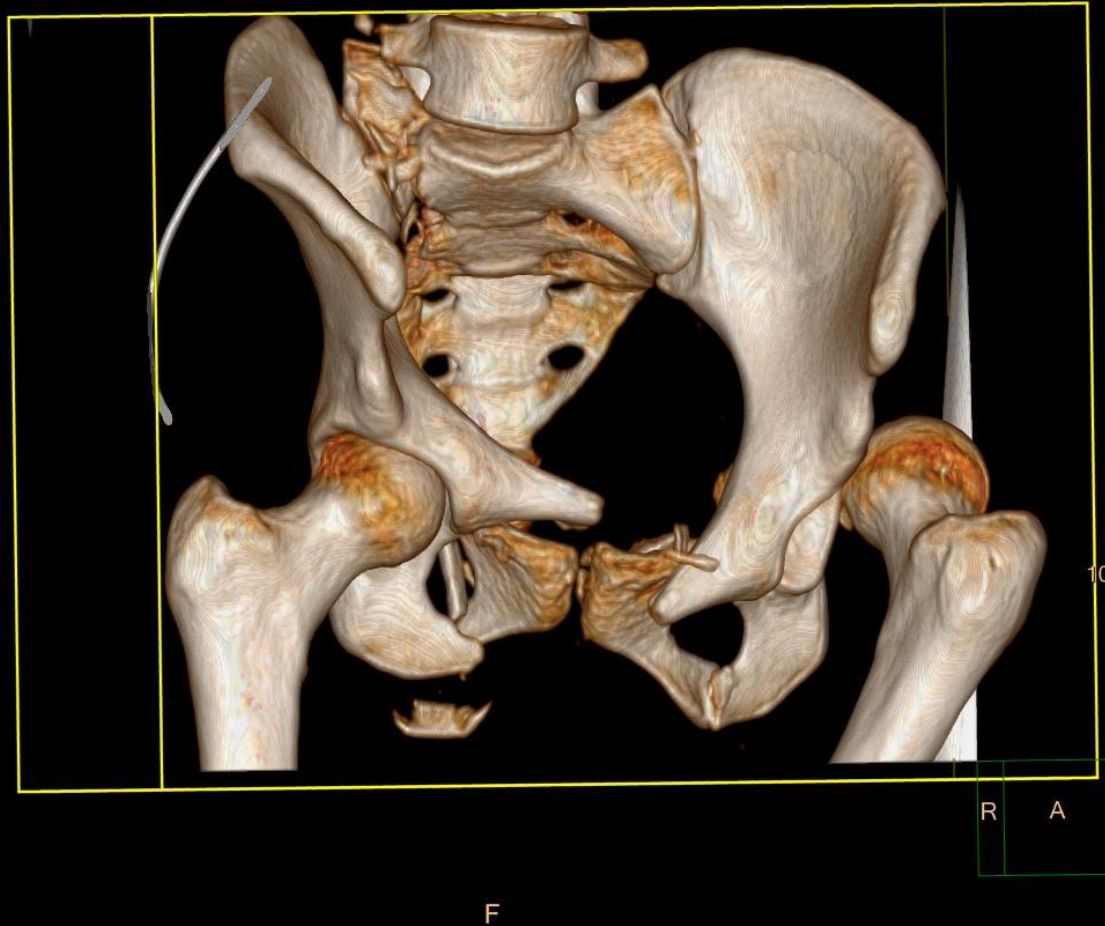
Medicina de precisión

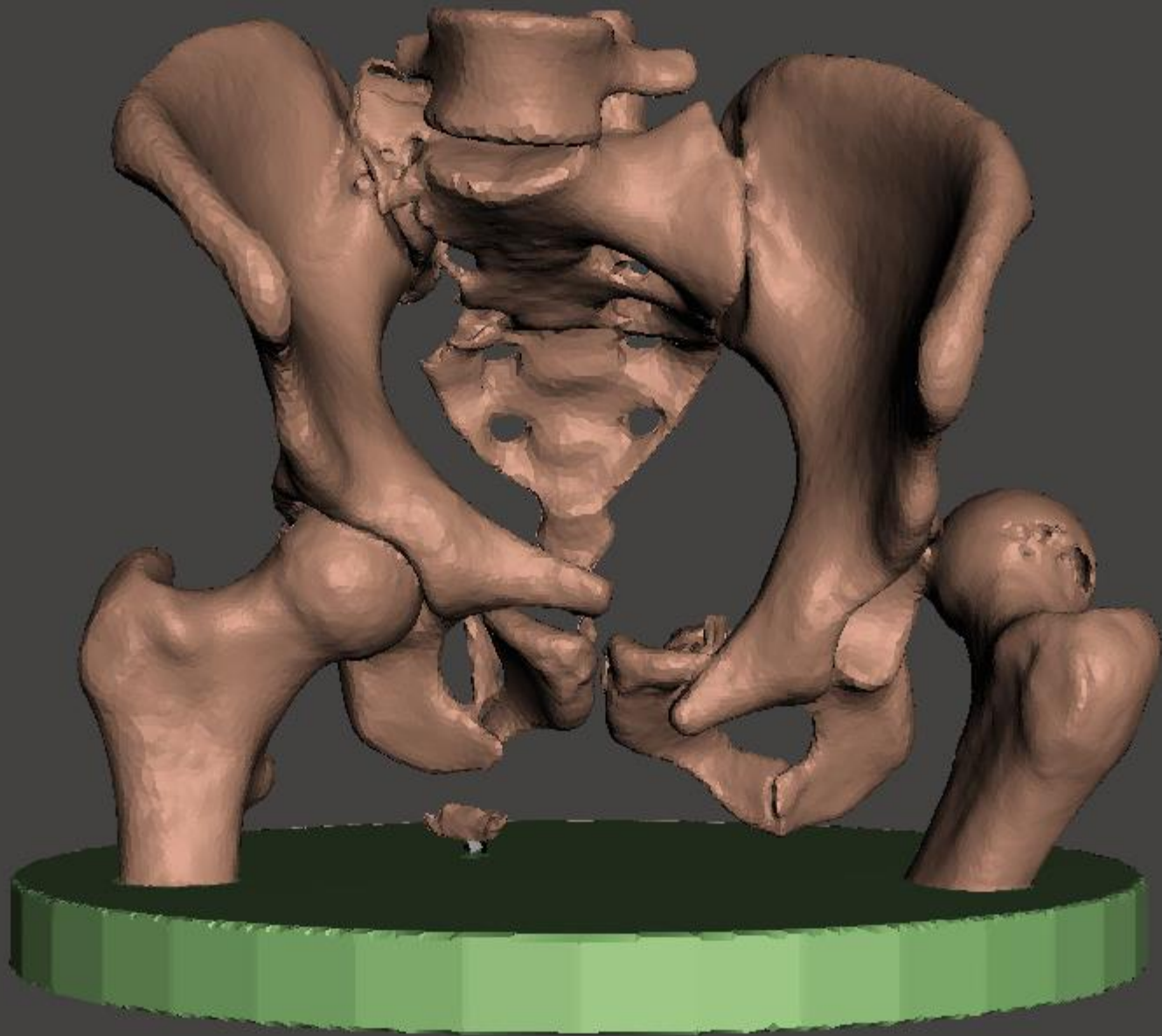
- Adaptar nuestros métodos a las necesidades del paciente y de los usuarios clínicos
- Impresión 3D *in-house*
- Navegación adaptada a cada paciente

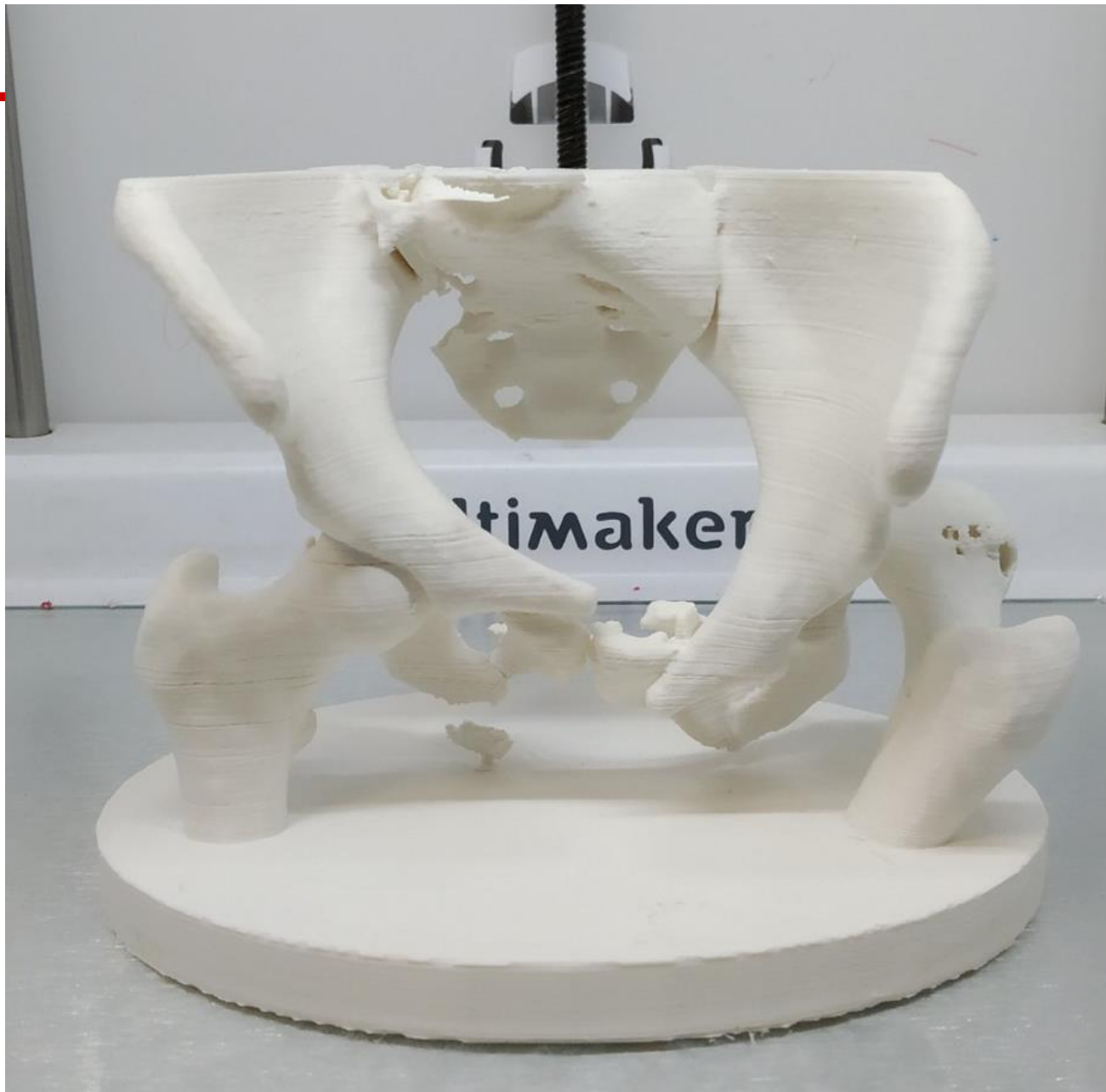
3D printing in orthopaedic surgery



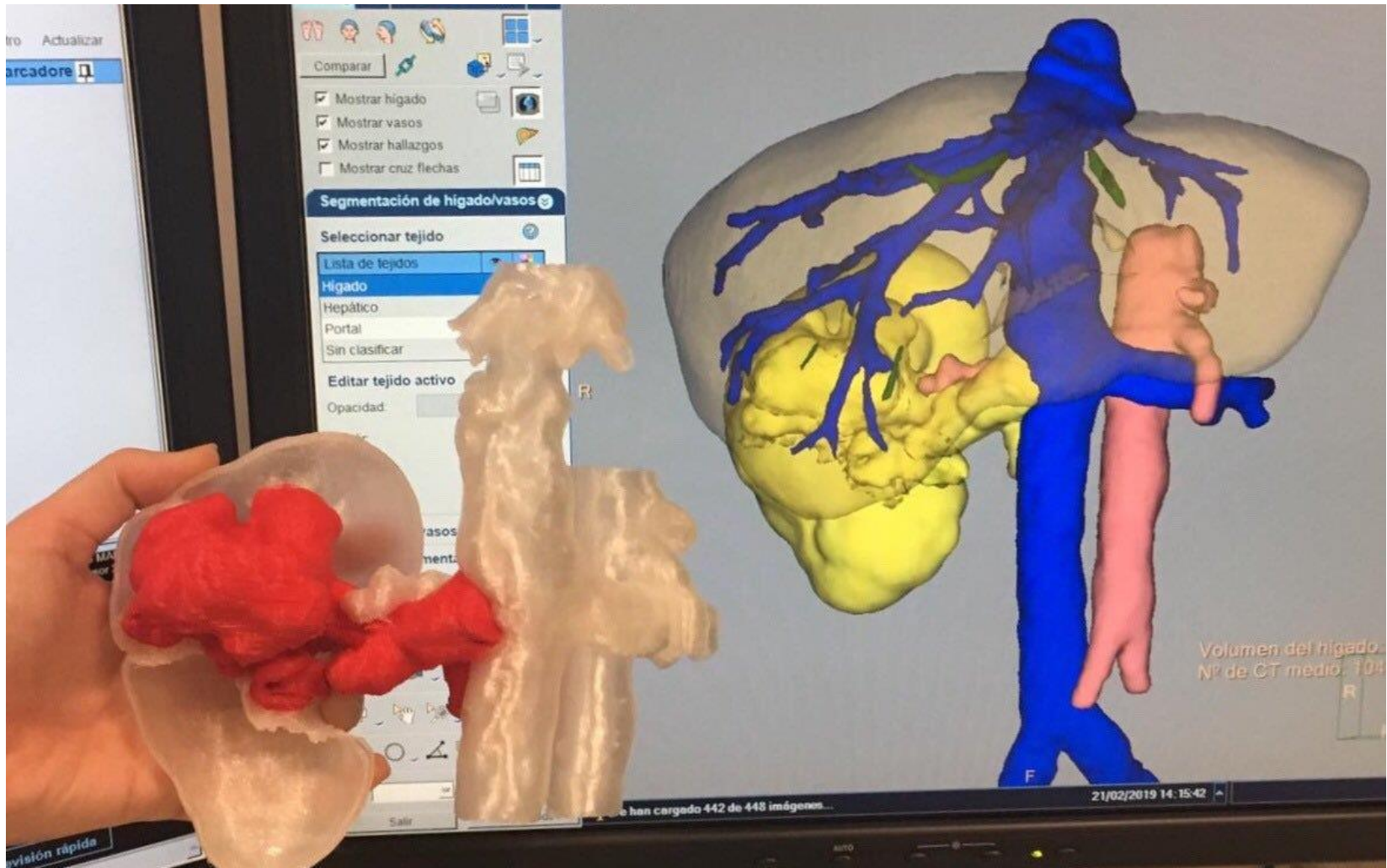
De la imagen médica al modelo 3D







FabLab Hospital G. Marañón: ejemplo



Rubén Pérez Mañanes [@rupermac](#)



FabLab 3D Hospital Marañón

@3d_maranon

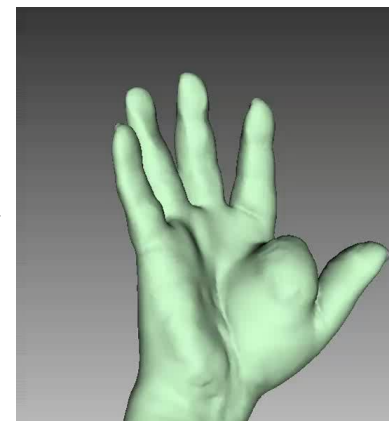
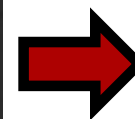
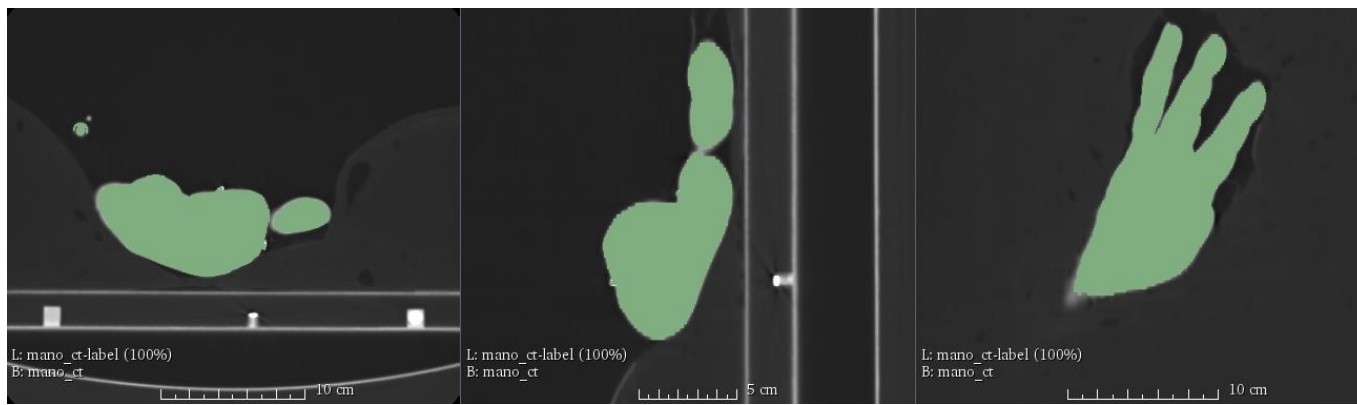
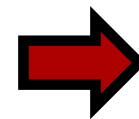
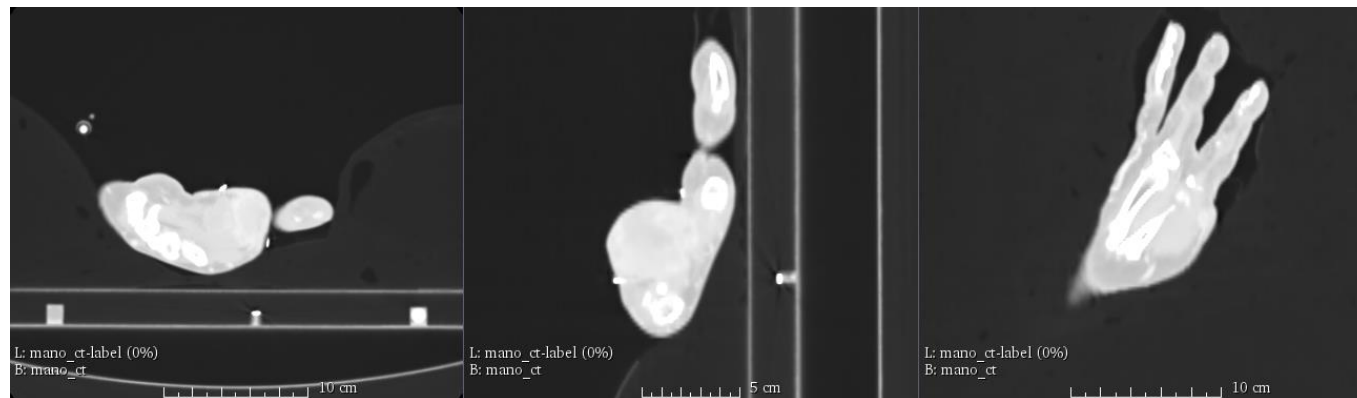
Dr. Calvo Haro

Dr. Pérez Mañanes

Flujo de navegación personalizado

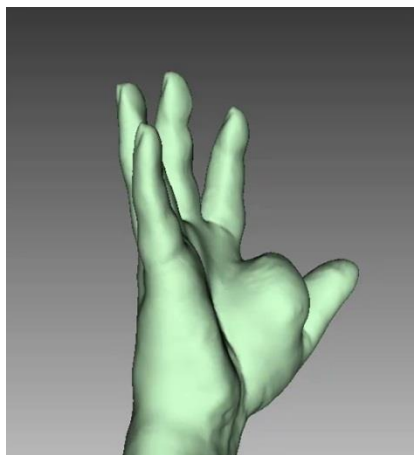
- Sarcoma de extremidad distal

CT

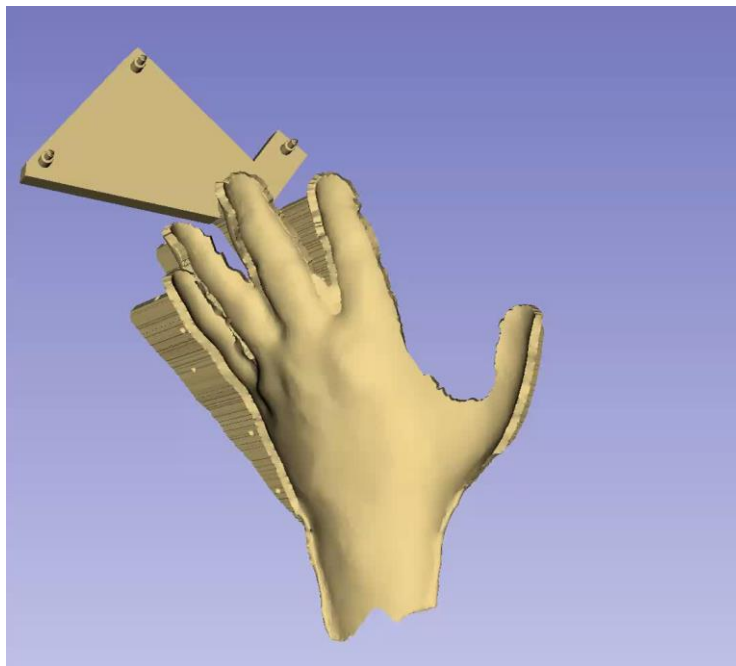


Flujo de navegación personalizado

■ Diseño de molde



TAC



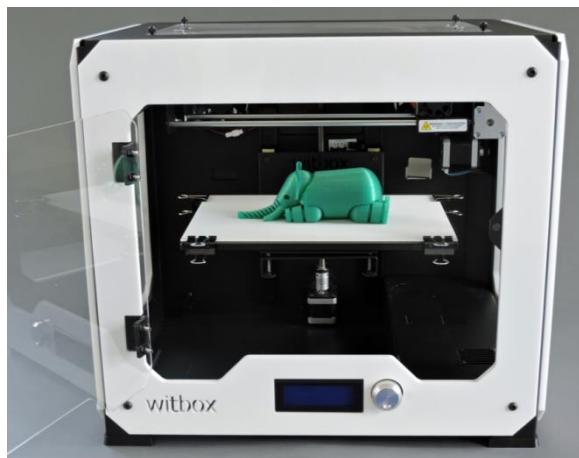
Incluye:

- **Tornillos** para añadir marcadores ópticos pasivos
- Referencias para medida de error



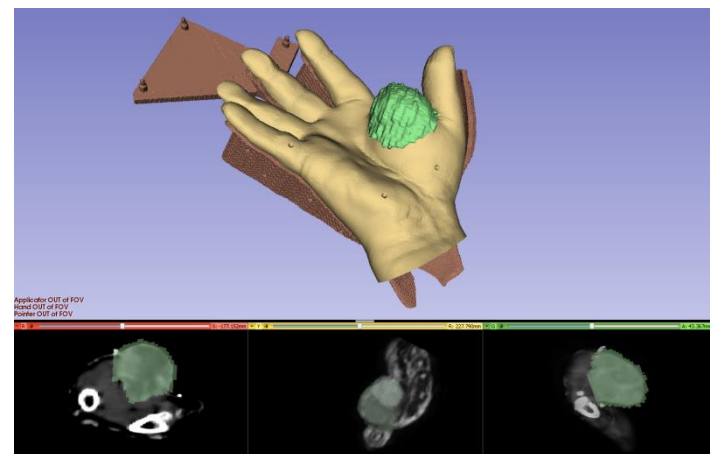
Flujo de navegación personalizado

- Impresión 3D del molde y de maniquí para medir error



PLA

- Planificación de la intervención
a partir del CT y la RM previa

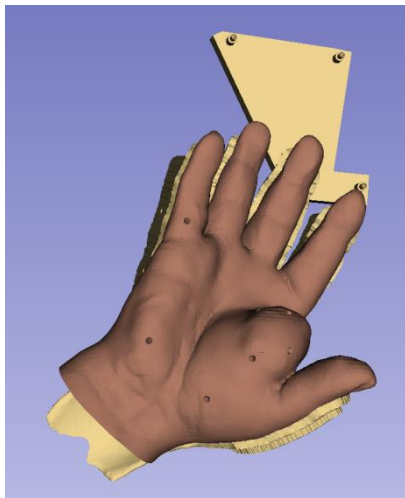


Flujo de navegación personalizado

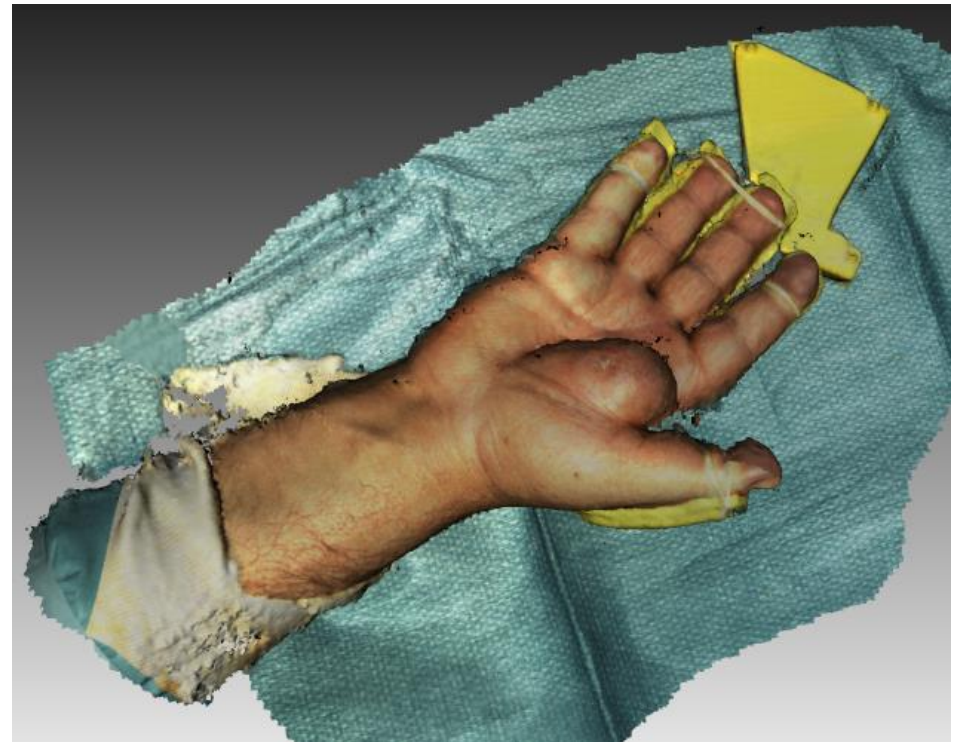
- Cirugía Guiada por Imagen en el quirófano
 - Se colocará la extremidad en el molde estéril
 - Navegación con Sistema de posicionamiento óptico multicámara

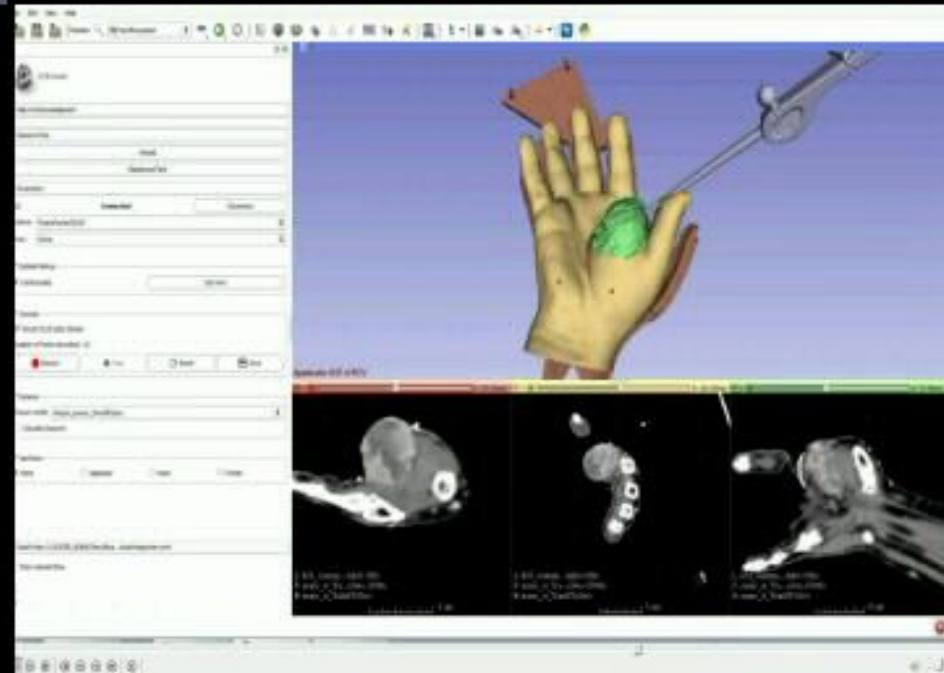


Y finalmente, el caso real



Diseño





Ejemplos de colaboración Medicina - Bioingeniería

- Dosimetría y navegación en Radioterapia Intraoperatoria
- Navegación quirúrgica personalizada mediante impresión 3D
- Realidad aumentada en quirófano



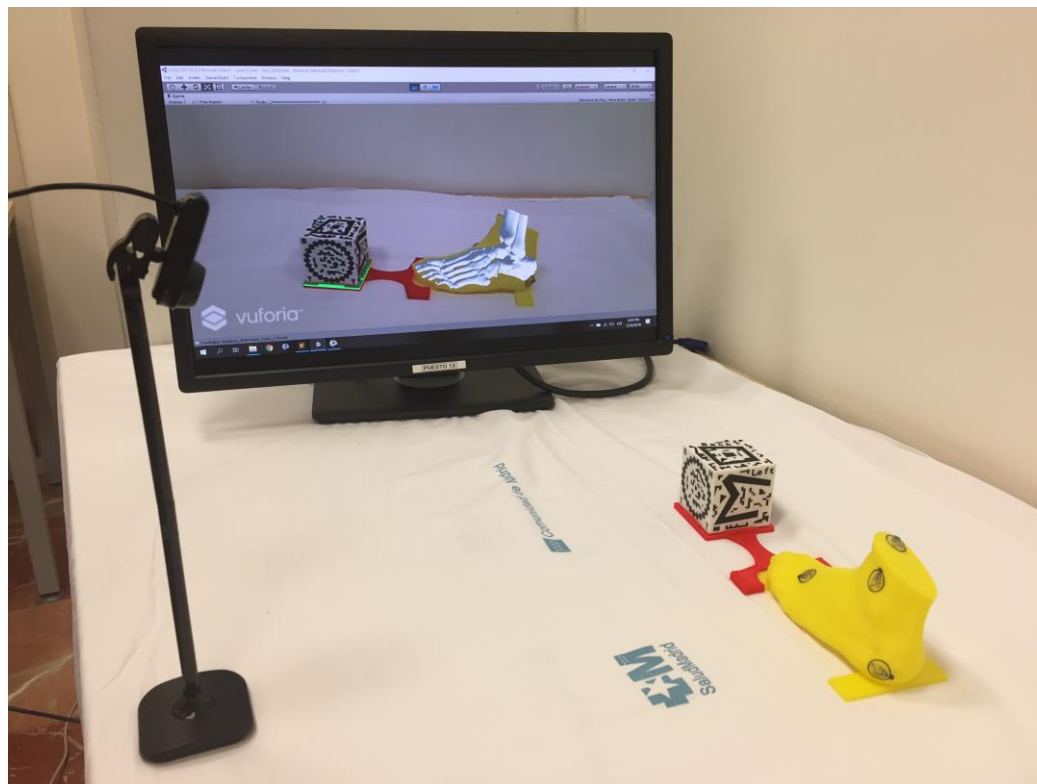
Hospital General Universitario
Gregorio Marañón

uc3m

Universidad **Carlos III** de Madrid

Departamento de Bioingeniería
e Ingeniería Aeroespacial

Realidad aumentada: ejemplo



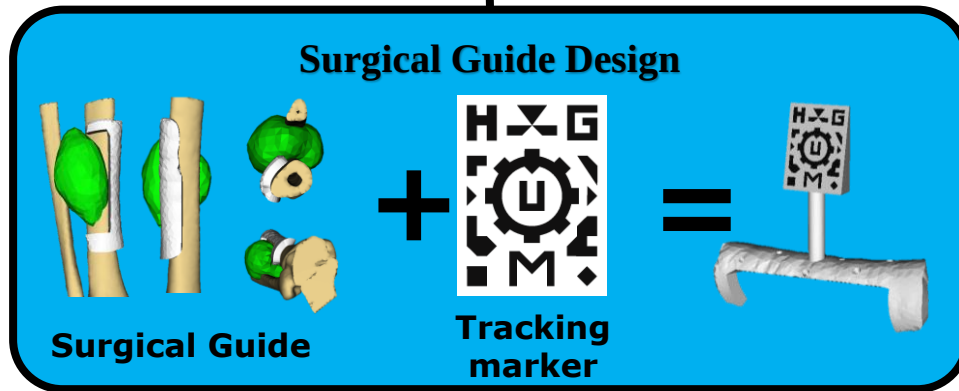
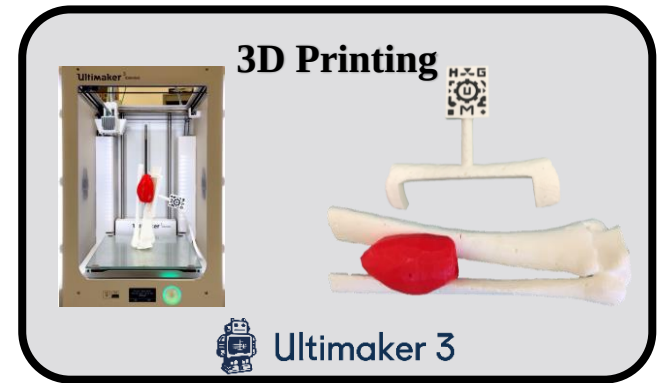
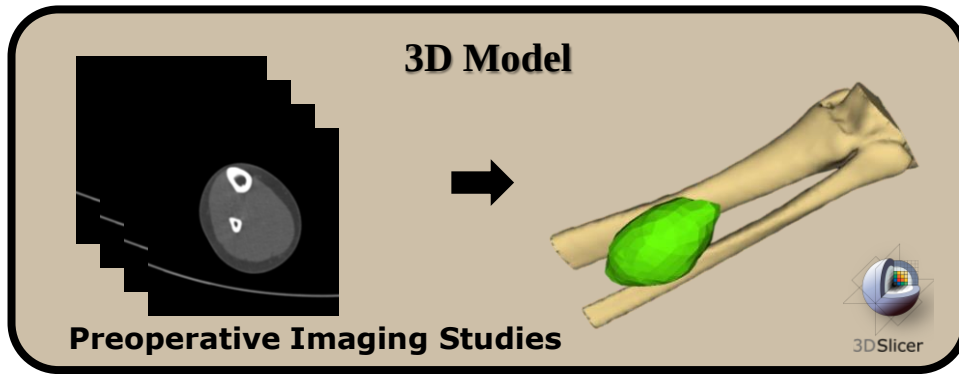
uc3m

BiIG

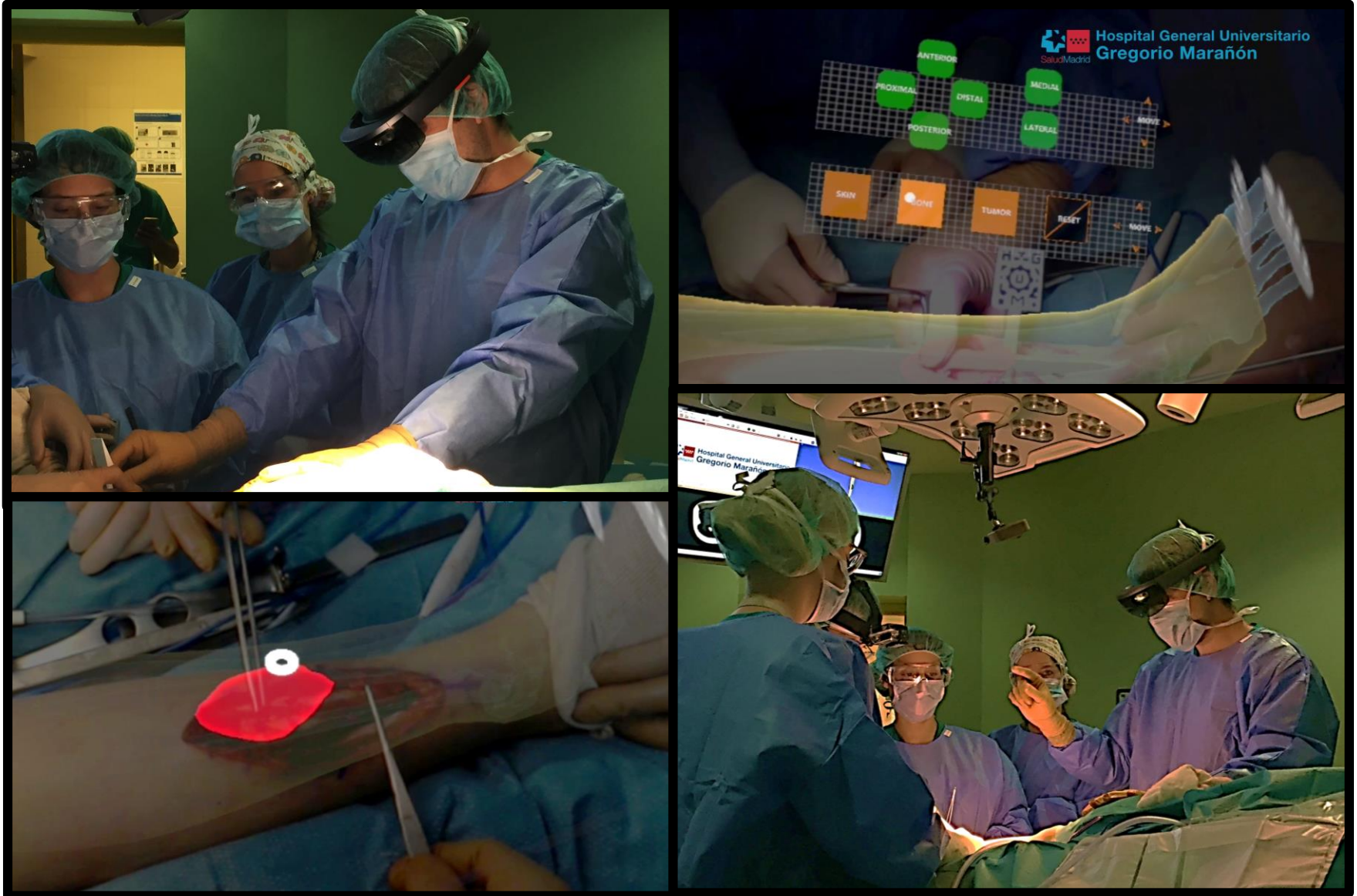
BIOMEDICAL
IMAGING AND
INSTRUMENTATION
GROUP

**Augmented reality based on patient-
specific 3D printed reference for computer
assisted interventions**

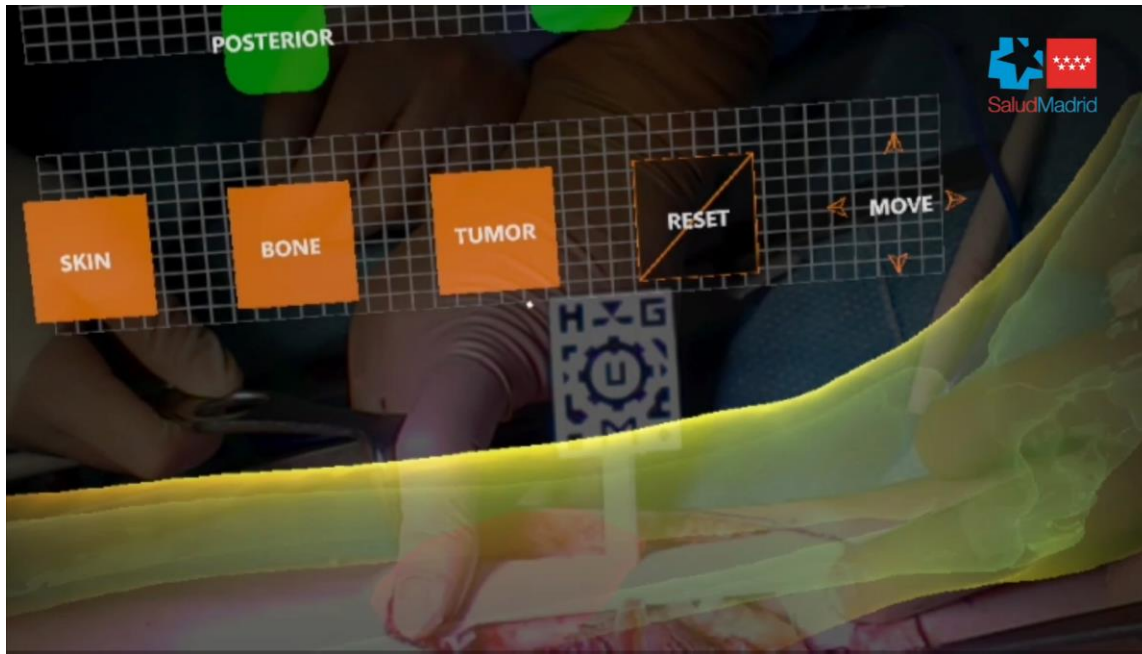
Flujo en quirófano con HoloLens



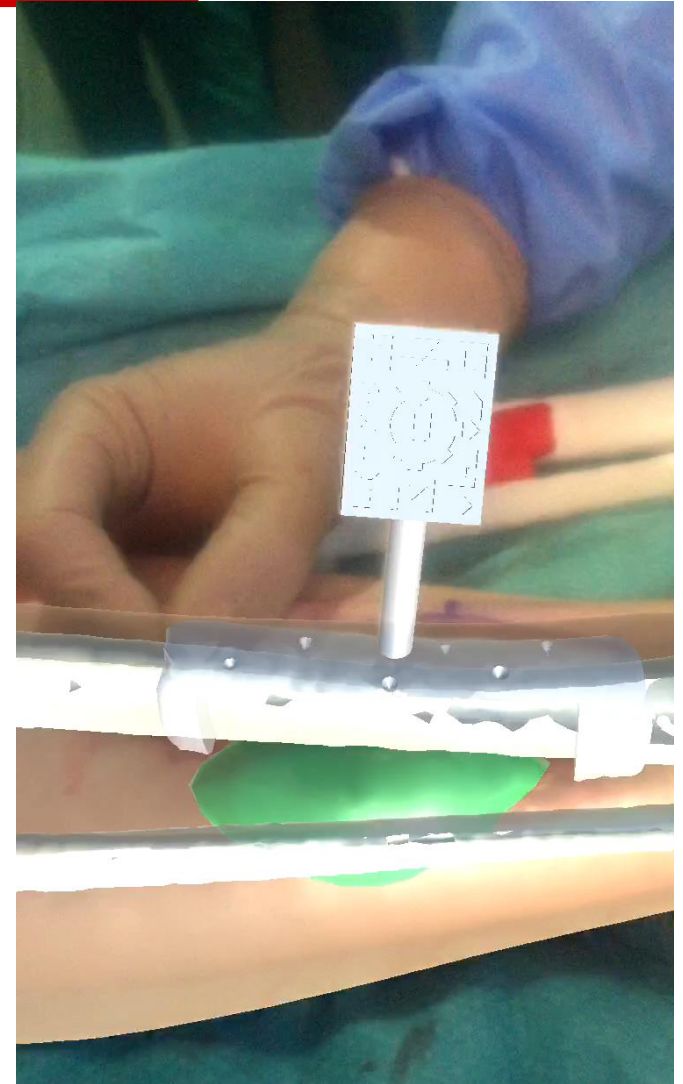
Caso real en quirófano con HoloLens



Caso real en quirófano con HoloLens



Caso real en quirófano con SmartPhone



Conclusiones

- La innovación asistencial que surge desde el hospital enriquece la capacidad de respuesta del Sistema Sanitario
- La ingeniería, especialmente Biomédica, es un componente imprescindible para tener éxito al implementar las propuestas innovadoras
- La traslación de los resultados a los pacientes requiere
 - Soporte técnico a la investigación
 - Colaboración con empresas

Referencias

- Brudfors, M., V. Garcia-Vazquez, B. Sese-Lucio, E. Marinetto, M. Desco and J. Pascau (2017). "ConoSurf: Open-source 3D scanning system based on a conoscopic holography device for acquiring surgical surfaces." International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery **13(3)**.
- Garcia-Vazquez, V., E. Marinetto, P. Guerra, M. F. Valdivieso-Casique, F. Angel Calva, E. Alvarado-Vasquez, C. V. Sole, K. G. Vosburgh, M. Desco and J. Pascau (2017). "Assessment of intraoperative 3D imaging alternatives for IOERT dose estimation." Zeitschrift Fur Medizinische Physik **27(3): 218-231**.
- García-Vázquez, V., E. Marinetto, J. A. Santos-Miranda, F. A. Calvo, M. Desco and J. Pascau (2013). "Feasibility of integrating a multi-camera optical tracking system in intra-operative electron radiation therapy scenarios." Phys Med Biol **58(24): 8769-8782**.
- Garcia-Vazquez, V., B. Sese-Lucio, F. A. Calvo, J. J. Vaquero, M. Desco and J. Pascau (2018). "Surface scanning for 3D dose calculation in intraoperative electron radiation therapy." Radiation Oncology **13**.
- Guerra, P., J. M. Udías, E. Herranz, J. A. Santos-Miranda, J. L. Herraiz, M. F. Valdivieso, R. Rodríguez, J. A. Calama, J. Pascau, F. A. Calvo, C. Illana, M. J. Ledesma-Carbayo and A. Santos (2014). "Feasibility assessment of the interactive use of a Monte Carlo algorithm in treatment planning for intraoperative electron radiation therapy." Phys Med Biol **59(23): 7159-7179**.
- Marinetto, E., D. Garcia-Mato, A. Garcia, S. Martinez, M. Desco and J. Pascau (2018). "Multicamera Optical Tracker Assessment for Computer Aided Surgery Applications." Ieee Access **6: 64359-64370**.
- Marinetto, E., J. Gonzalez Victores, M. Garcia-Sevilla, M. Munoz, F. Angel Calvo, C. Balaguer, M. Desco and J. Pascau (2017). "Technical Note: Mobile accelerator guidance using an optical tracker during docking in IOERT procedures." Medical Physics **44(10): 5061-5069**.
- Marinetto, E., A. Uneri, T. De Silva, S. Reaungamornrat, W. Zbijewski, A. Sisniega, S. Vogt, G. Kleinszig, J. Pascau and J. H. Siewerdsen (2017). "Integration of free-hand 3D ultrasound and mobile C-arm cone-beam CT: Feasibility and characterization for real-time guidance of needle insertione." Computerized Medical Imaging and Graphics **58: 13-22**.
- Moreta-Martinez, R., D. Garcia-Mato, M. Garcia-Sevilla, R. Perez-Mananes, J. Calvo-Haro and J. Pascau (2018). "Augmented reality in computer-assisted interventions based on patient-specific 3D printed reference." Healthcare Technology Letters **5(5): 162-166**.
- Pascau, J., J. A. Santos Miranda, F. A. Calvo, A. Bouché, V. Morillo, C. González-San Segundo, C. Ferrer, J. López Tarjuelo and M. Desco (2012). "An Innovative Tool for Intraoperative Electron Beam Radiotherapy Simulation and Planning: Description and Initial Evaluation by Radiation Oncologists." Int J Radiat Oncol **83(2): e287-e295**.

uc3m

Universidad
Carlos III
de Madrid



**Hospital General Universitario
Gregorio Marañón**

BriG

BIOMEDICAL IMAGING
AND INSTRUMENTATION GROUP



Supported by projects PI18/01625 and PI15/02121 (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Instituto de Salud Carlos III and European Regional Development Fund “Una manera de hacer Europa”) and IND2018/TIC-9753 (Comunidad de Madrid).



Comunidad de Madrid



uc3m