

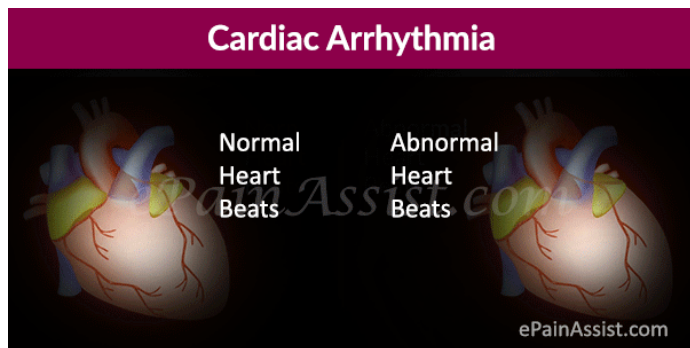
In Silico Study of Ventricular Arrhythmias in Structurally and Functionally Remodeled Myocardium



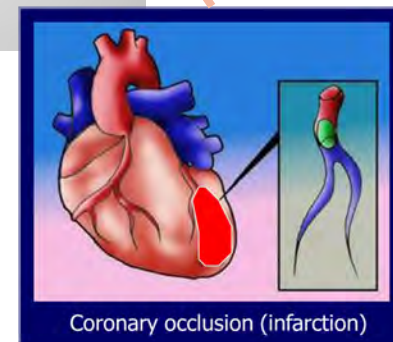
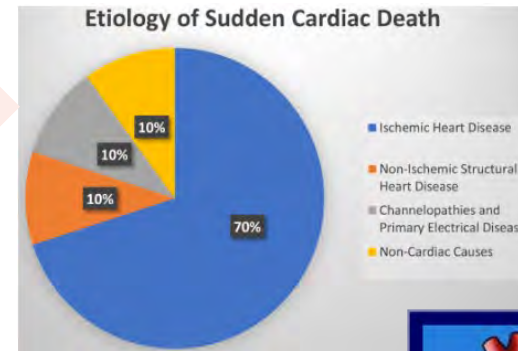
**Universidad
Internacional
de Valencia**

**Fabian Romero Montoya, Javier Villar-Valero, Juan F. Gómez;
jfgomez@universidadviu.com**

Enfermedades cardiovasculares

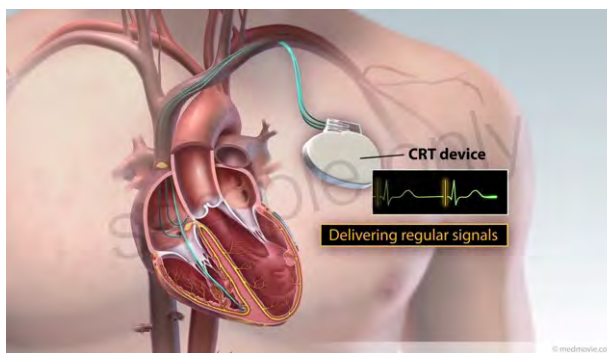


Muerte súbita cardiaca
20% de las muertes



Terapias

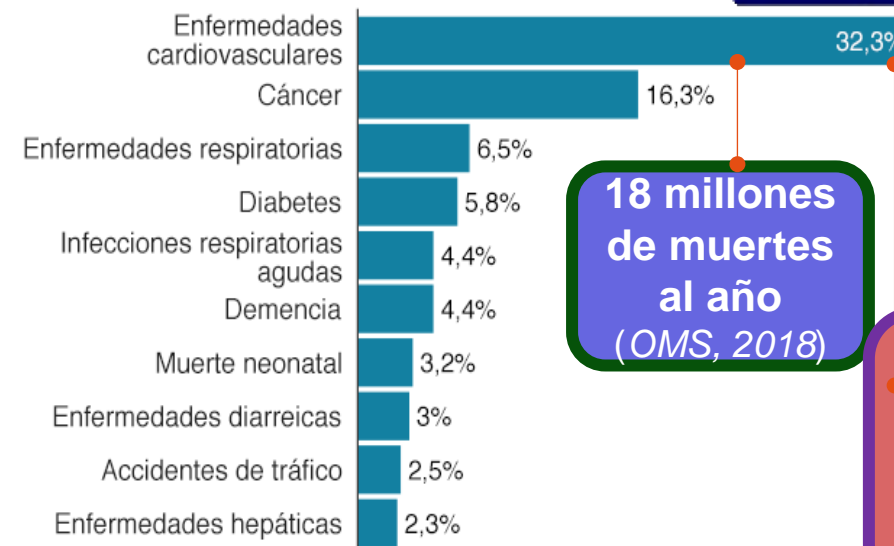
Eficacia y Seguridad



Principales causas de muerte

Eléctricas

Todo el mundo, 2016

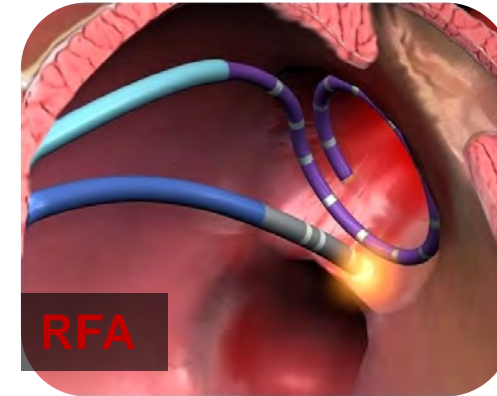
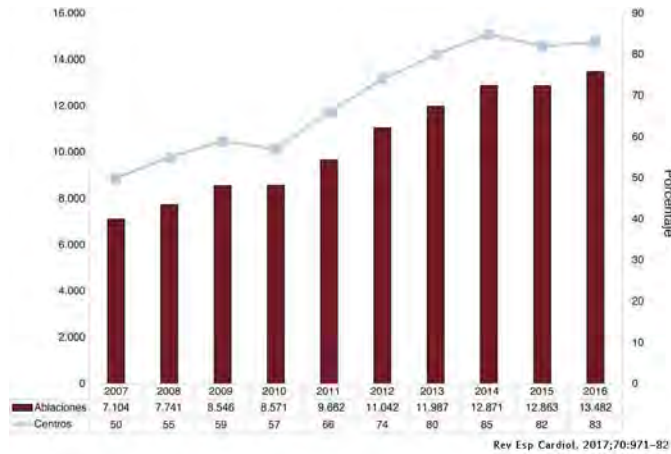


18 millones de muertes al año (OMS, 2018)

Economía Europea: 210 mil millones € (Wilkins et al., 2017)

Tratamiento de arritmias

Motivación

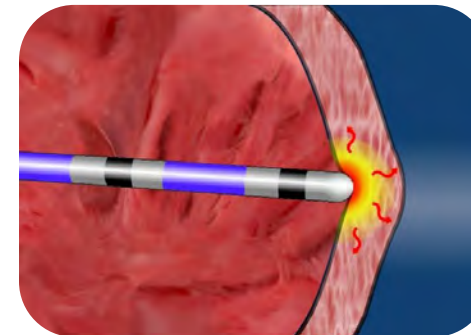
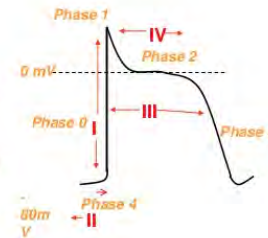


Class I: block Na⁺ channels
 Ia (quinidine, procainamide, disopyramide) (1-10s)
 Ib (lignocaine) (<1s)
 Ic (flecainide) (>10s)

Class II: β-adrenoceptor antagonists (atenolol, sotalol)

Class III: prolong action potential and prolong refractory period (amiodarone, dofetilide, sotalol)

Class IV: Ca²⁺ channel antagonists (verapamil, diltiazem)



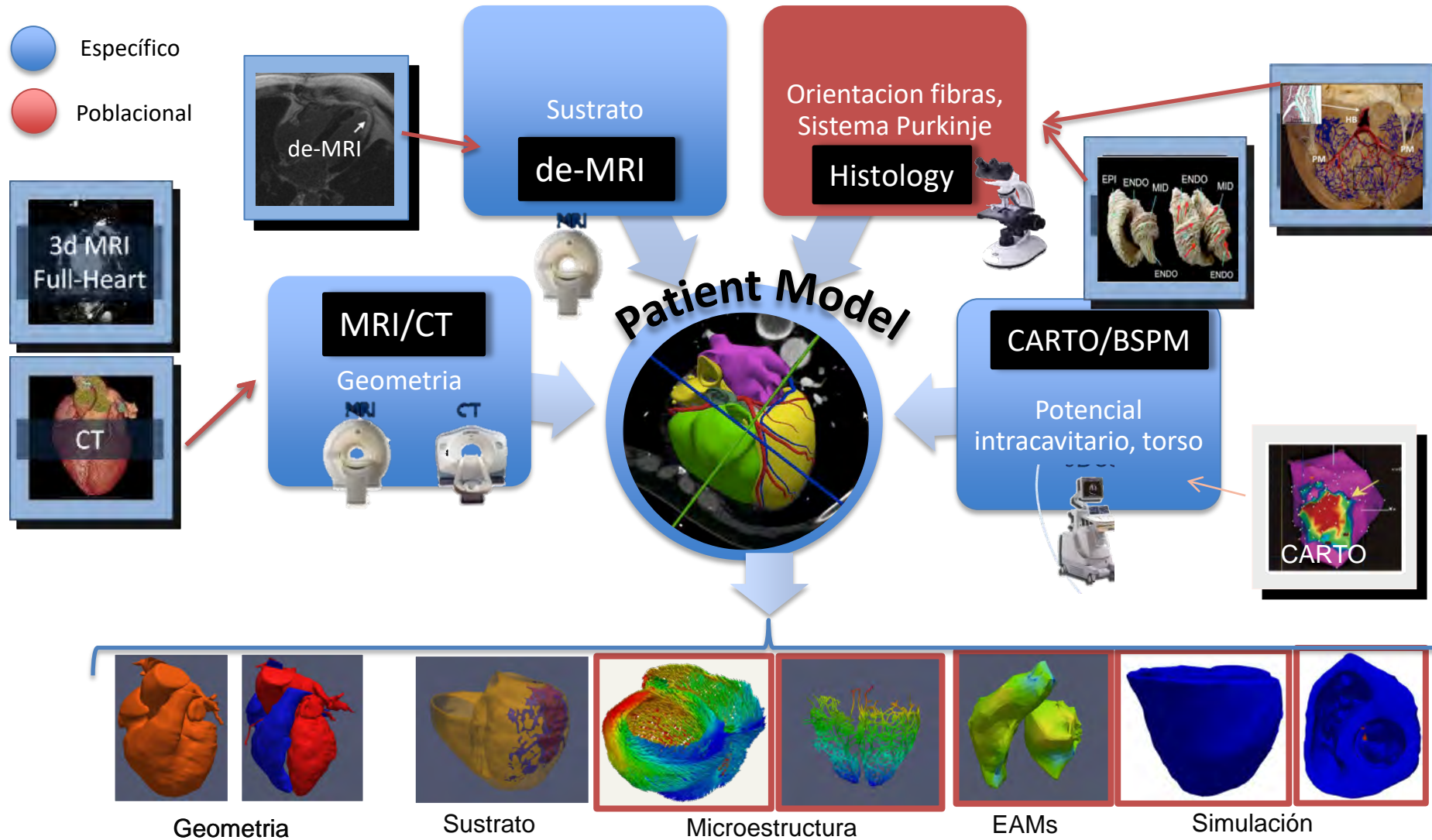
El objetivo general es obtener una descripción completa de la biofísica implicada en las terapias ablativas basadas en energía de última generación, incluida la respuesta tisular y celular a corto y largo plazo.

- **O1** Desarrollar, validar y testear **modelos personalizados cardíacos multiescala**, incluyendo características específicas para cada paciente, como la anatomía, sistema de conducción cardíaca (SHP), la electrofisiología y la mecánica.
- **O2** **Mejorar procedimientos ablativos** específicos **en términos de diseño** del aplicador de energía (hardware), **forma de administrar la energía** (por ejemplo en el caso de una matriz de aplicadores) y coincidencia espacial entre la zona de ablación creada y el objetivo a ser ablacionado (origen de la arritmia)
- **O3** Desarrollar **nuevos biomarcadores** e índices de riesgo de estratificación, utilizando técnicas de aprendizaje automático e inteligencia artificial, para guiar el diagnóstico clínico y predecir y optimizar los tratamientos de las arritmias cardíacas.
- **O4** Evaluar la **eficacia de dispositivos cardíacos y fármacos** en patologías como la insuficiencia cardíaca o el infarto de miocardio , mediante ensayos clínicos *in silico*.

Proyecto PID2022-136273OA-C33 financiado por:



Metodología

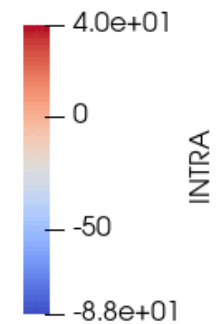
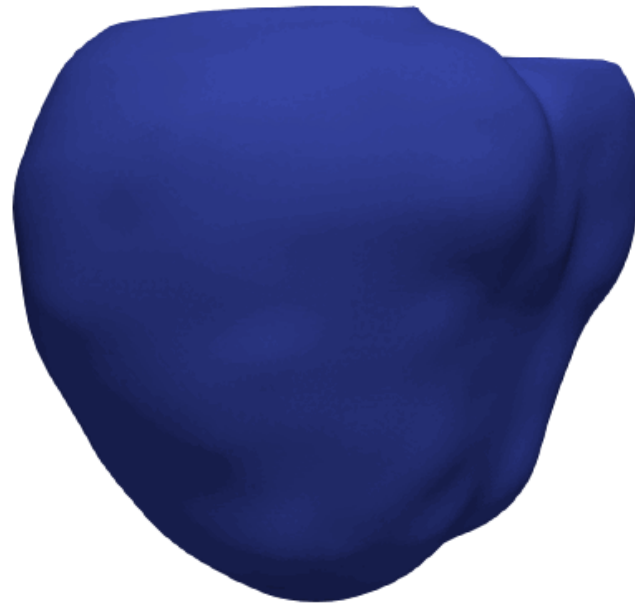


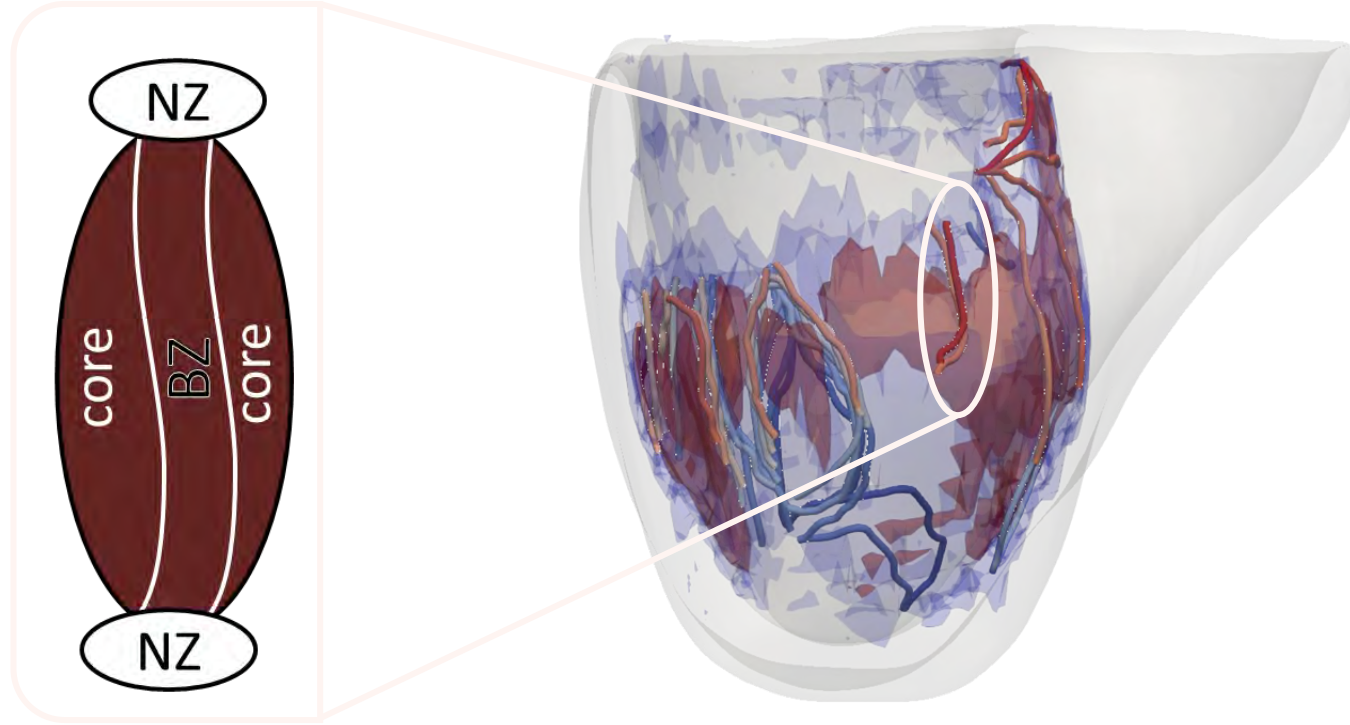


View of Mare Nostrum 4 one of the supercomputers from BSC where we have run Alya

<https://www.youtube.com/watch?v=ZxpA74XBGWY>

Time: 0.000000





CardioMesh

PROBLEMA CLÍNICO

Border Zone (BZ):

Sustrato arritmogénico post-MI · ratio fibrosis:fondo ~1:99
< 1% vol. miocárdico · fragmentación espacial · variabilidad inter-escáner

PIPELINE: 2 FASES

Fase 1 · Domain Adaptation

ACDC (100 pac.) + M&Ms-2 (360 pac., 4 escáneres)

ImageNet → encoder → cardiac features · 150 épocas

Fase 2 · BZ Fine-Tuning

VIU-Casos V5 Gold (N=48) · LR=7×10⁻⁵ · 100

OVERDRIVE LOSS ENGINE

L = 0.6·Tversky + 0.4·CE + αβ·Boundary

Tversky (α=0.3, β=0.7): prioriza Recall · evita FN clínicos

CE ponderada (pos_weight=5.0) · Boundary SDM warm-up 0→50% en 30 épocas · Deep Sup. ×4

MEDICAL AUGMENTATION

Anatómica: Elastic def. · Shift/Scale/Rot ±15° · H-flip

Artefactos: Motion blur · Cardiac ghosting (ρ=0.1)

Ruido: Rician noise · BZ contrast aug. 1.5–3.5σ

ECOSISTEMA DE ENCODERS

ResNet-50

25M params
Residual blocks
Prev. SOTA:
HD95=0.80mm

DenseNet-121

8M params
Dense reuse
Textura MRI
Grad. sutil BZ

ConvNeXtV2 ★

NUEVO SOTA
DSC=0.923
HD95=0.66mm
Large 7×7 ker.

ARQUITECTURAS (DECODER)

MANet ★ (primario):

PAM + CAM · suprime artefactos pulmonares y blood-pool

UNet++: Skip connections densas · DSC=0.918/HD95=1.64mm (R50)

Segformer: Transformer jerárquico 4 niveles (1/4→1/32)

Entrada 2.5D: tensor 3×512×512 · Z-score/instancia · 1.0×1.0mm²

CLINICAL BALANCED SCORE (CBS)

$$CBS = DSC \times (50 / (50 + HD95))$$

HD95=0mm → CBS=DSC · HD95=50mm → CBS=DSC/2

Penaliza islas FP flotantes → checkpoint clínicamente seguro

PHASE 3 ROADMAP

LCC post-proc. · Semi-supervisado · Simuladores EP · Validación multicéntrica

FASE 1 — ACDC ANATOMY (NUEVO SOTA)

Método	DSC ↑	HD95 ↓
nnU-Net Ens. [2]	0.941	~1.3–3.5
Guo CNN Ens. [5]	0.943	~5.8–11
Simantris [6]	0.931	~7.0–12
CardioMesh UNet++ R50	0.918	1.64
CardioMesh MANet R50	0.916	0.80
CardioMesh MANet DINOv3	0.919	2.11
CardioMesh MANet ConvNeXt	0.920	0.72
CardioMesh MANet ConvNeXtV2 ★	0.923	0.66 ★

FASE 2 — BZ SEGMENTATION (3D VOLUMÉTRICO)

Split	Arquitectura	DSC ↑	HD95 ↓
TRAIN	ConvNeXtV2 ★	0.759	1.62
TRAIN	UNet++ R50	0.716	3.83
TEST	MANet R50	0.391	7.93
TEST	ConvNeXtV2	0.335	6.98 ★

ANÁLISIS DE PACIENTE (3D VOLUMÉTRICO)

Pac.	Fenotipo	DSC	HD95
P10/11	Masivo	>0.82	<0.95
P48 ★	Masivo	0.705	2.10
P30	Parcheado	0.470	5.27
P51	Difuso	0.379	4.60
P6	Difuso	0.175	11.41
P22	Artefacto	0.000	—

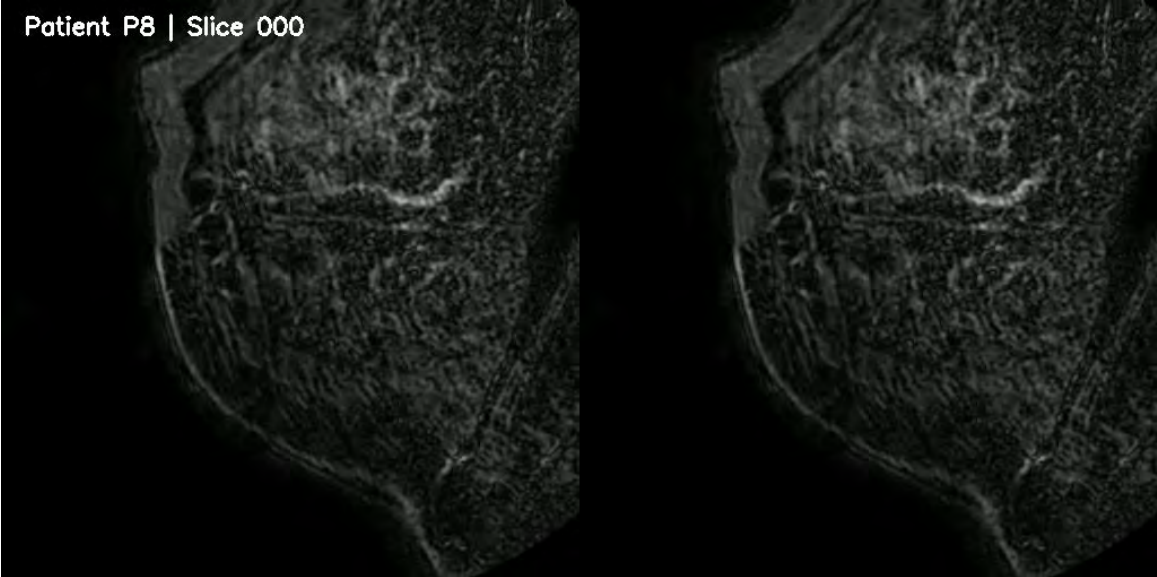
★ P48: Gold-standard de resolución · DSC=0.705, HD95=2.10mm sub-mm boundary

⚠ P22 Alucinación: GT sin fibrosis pero el modelo predice >26.000 vóxeles BZ → requiere post-proc. LCC (Phase 3)

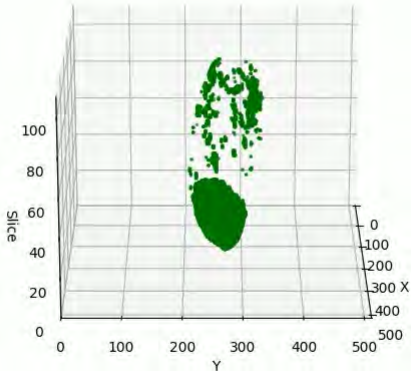
CONTRIBUCIONES CLAVE

- 1 **ConvNeXtV2:** nuevo SOTA ACDC DSC=0.923, HD95=0.66mm — supera nnU-Net en precisión espacial
- 2 **Overdrive Loss:** evita epoch-12 failure (DSC alto + HD95 incoherente)
- 3 **CBS:** checkpoint clínicamente seguro via penalización HD95
- 4 **Med. Aug.:** Rician noise + BZ contrast aug. 1.5–3.5σ · física LGE-MRI
- 5 **Eval. 3D:** per-paciente volumétrico · revela modos de fallo invisibles a métricas agregadas

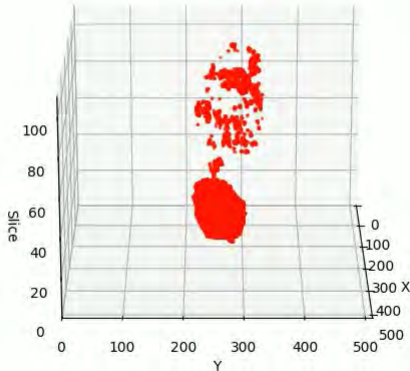
Patient P8 | Slice 000



GT - P8



Pred - P8



In Silico Study of Ventricular Arrhythmias in Structurally and Functionally Remodeled Myocardium



**Universidad
Internacional
de Valencia**

**Fabian Romero Montoya, Javier Villar-Valero, Juan F. Gómez;
jfgomez@universidadviu.com**