

Navarro frutos, A.; Erena Arrabal, M.; Cabrera Díez, M.; López Andreu, F.; Lóez Morales, J.; Sanchez Alcaraz, M.  
Ampliación del Gemelo Digital del Mar Menor al Territorio Regional: Metodología y Resultados Iniciales

# Ampliación del Gemelo Digital del Mar Menor al Territorio Regional: Metodología y Resultados Iniciales

Navarro frutos, Alvaro <sup>1</sup> Erena Arrabal, Manuel <sup>2</sup> Cabrera Díez, Marina <sup>1</sup> López Andreu, Francisco Javier <sup>2</sup> Lóez Morales, Juan Antonio <sup>2</sup> Sanchez Alcaraz, Marta <sup>2</sup>

<sup>1</sup> ESRI, España

<sup>2</sup> IMIDA, España

ORCID: Navarro frutos 0000-0001-7891-8717 Erena Arrabal 0000-0003-0335-2274 Cabrera Díez 0009-0002-7428-6219  
López Andreu 0000-0002-4808-8940 Lóez Morales 0000-0002-7930-6680 Sanchez Alcaraz 0000-0001-7024-5570

Correspondencia: [alvaro.navarro@esri.es](mailto:alvaro.navarro@esri.es) [manuel.arena@carm.es](mailto:manuel.arena@carm.es) [marina.cabrera@esri.es](mailto:marina.cabrera@esri.es) [franciscoj.lopez26@carm.es](mailto:franciscoj.lopez26@carm.es)  
[juanantonio.lopez@carm.es](mailto:juanantonio.lopez@carm.es) [marta.sanchez3@carm.es](mailto:marta.sanchez3@carm.es)

## RESUMEN

Los gemelos digitales territoriales se han consolidado como una herramienta estratégica para la gestión ambiental, la planificación urbana y la toma de decisiones informadas. En 2024 se construyó un primer gemelo digital centrado en el Mar Menor y su cuenca vertiente, integrando datos LiDAR, cartografía catastral y modelos de peligrosidad por inundación fluvial. A partir de estos se generó un modelo 3D del territorio, transformando la nube de puntos clasificada en un modelo digital de elevaciones y extruyendo ~273.000 edificaciones. Este entorno 3D permitió un análisis preliminar de afectación por escenarios de inundación sobre la infraestructura edificada. En 2026 se aborda una ampliación sustancial del alcance: la creación del Gemelo Digital de la Región de Murcia, que abarca todo el territorio y 1.356.000 edificaciones. El objetivo principal es construir una réplica virtual regional que integre diferentes fuentes de datos geoespaciales, visualizar el territorio en 3D mediante servicios web y habilitar capacidades analíticas, sentando las bases para futuros módulos avanzados de simulación. La plataforma será desplegada en ArcGIS Enterprise, con una arquitectura diseñada para garantizar escalabilidad, interoperabilidad y mantenimiento a largo plazo. El proyecto incluye la configuración de la infraestructura, la carga y publicación de datasets 2D y 3D, la implementación de aplicaciones web y visores 3D. Este artículo describe el proceso metodológico, los retos técnicos y los primeros resultados obtenidos en el desarrollo del gemelo digital regional, destacando su potencial como herramienta estratégica para la transformación digital del territorio murciano.

**Palabras clave:** Gemelo Digital, 3D SIG, LiDAR, Catastro, Mapas de peligrosidad

Fecha de recepción: 18 febrero 2026 · Fecha de aceptación: 18 febrero 2026





# Ampliación del Gemelo Digital del Mar Menor al Territorio Regional: Metodología y Resultados Iniciales

Navarro frutos, Alvaro <sup>(1)</sup>, Erena Arrabal, Manuel <sup>(2)</sup>, Cabrera Díez, Marina <sup>(1)</sup>, López Andreu, Francisco Javier <sup>(2)</sup>, Lóez Morales, Juan Antonio <sup>(2)</sup>, Sanchez Alcaraz, Marta <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> ESRI, España.

 0000-0001-7891-8717, alvaro.navarro@esri.es ;  0009-0002-7428-6219, marina.cabrera@esri.es

<sup>(2)</sup> IMIDA, España.

 0000-0003-0335-2274, manuel.arena@carm.es ;  0000-0002-4808-8940, franciscoj.lopez26@carm.es  
 0000-0002-7930-6680, juanantonio.lopez@carm.es. ;  0000-0001-7024-5570, marta.sanchez3@carm.es

**Resumen:** Los gemelos digitales territoriales se han consolidado como una herramienta estratégica para la gestión ambiental, la planificación urbana y la toma de decisiones informadas. En 2024 se construyó un primer gemelo digital centrado en el Mar Menor y su cuenca vertiente, integrando datos LiDAR, cartografía catastral y modelos de peligrosidad por inundación fluvial. A partir de estos se generó un modelo 3D del territorio, transformando la nube de puntos clasificada en un modelo digital de elevaciones y extruyendo ~273.000 edificaciones. Este entorno 3D permitió un análisis preliminar de afectación por escenarios de inundación sobre la infraestructura edificada. En 2026 se aborda una ampliación sustancial del alcance: la creación del Gemelo Digital de la Región de Murcia, que abarca todo el territorio y 1.356.000 edificaciones. El objetivo principal es construir una réplica virtual regional que integre diferentes fuentes de datos geoespaciales, visualizar el territorio en 3D mediante servicios web y habilitar capacidades analíticas, sentando las bases para futuros módulos avanzados de simulación. La plataforma será desplegada en ArcGIS Enterprise, con una arquitectura diseñada para garantizar escalabilidad, interoperabilidad y mantenimiento a largo plazo. El proyecto incluye la configuración de la infraestructura, la carga y publicación de datasets 2D y 3D, la implementación de aplicaciones web y visores 3D. Este artículo describe el proceso metodológico, los retos técnicos y los primeros resultados obtenidos en el desarrollo del gemelo digital regional, destacando su potencial como herramienta estratégica para la transformación digital del territorio murciano.

**Palabras clave:** Gemelo Digital, 3D SIG, LiDAR, Catastro, Mapas de peligrosidad

## ***Scaling the Mar Menor Digital Twin to the Regional Territory: Methodology and Initial Results***

**Abstract:** Territorial digital twins have become a strategic tool for environmental management, urban planning, and informed decision-making. In 2024, an initial digital twin was developed focusing on the Mar Menor and its drainage basin, integrating LiDAR data, cadastral cartography and fluvial flood hazard models. From these datasets, a 3D model of the territory was generated, transforming the classified point cloud into a digital elevation model and extruding approximately 273,000 buildings. This 3D environment enabled a preliminary assessment of flood-scenario impacts on built infrastructure. In 2026, a major expansion of the project was launched: the creation of the Digital Twin of the Region of Murcia, covering the entire regional territory and 1,356,000 buildings. The main objective is to construct a regional-scale virtual replica that integrates multiple geospatial data sources, provides 3D visualization through web services, and enables analytical capabilities, laying the foundation for future advanced simulation modules. The platform will be deployed on ArcGIS Enterprise, with an architecture designed to ensure scalability, interoperability, and long-term maintainability. The project includes infrastructure configuration, ingestion and publication of 2D and 3D datasets, and the implementation of web applications and 3D viewers. This article describes the methodological workflow, technical challenges, and preliminary results obtained during the development of the regional digital twin, highlighting its potential as a strategic tool for the digital transformation of the Murcia territory.

**Keywords:** Digital Twin, 3D GIS, LiDAR, Cadastre, Hazard Maps

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los avances en teledetección, cartografía 3D y tecnologías SIG han impulsado la consolidación de gemelos digitales territoriales concebidos no solo como modelos 3D del entorno, sino como herramientas estratégicas de apoyo a la toma de decisiones. Estos sistemas permiten integrar grandes volúmenes de datos geospaciales, analizar escenarios alternativos y facilitar la planificación territorial y ambiental. En paralelo, numerosos trabajos han demostrado la utilidad de tratamiento de los datos LiDAR y catastrales para zonas urbanas; en el caso de la región de Murcia, estudios como el de Miranda (2021) han puesto de manifiesto la utilidad de los modelos 3D en la gestión urbana.

Sobre esta base científica y tecnológica, el Observatorio del Mar Menor (OMM) desarrolló un primer gemelo digital orientado a integrar múltiples fuentes de información ambiental y territorial. Este sistema combinó teledetección, sensores IoT, modelos atmosféricos, hidrológicos superficial y subterráneos, e hidrodinámica lagunar, junto con una representación 3D detallada del territorio basada en datos LiDAR y cartografía catastral. La integración de estos componentes permitió generar una representación coherente y operativa del ecosistema, empleada para visualizar escenarios, apoyar la monitorización continua y proporcionar información relevante para la toma de decisiones en un entorno ambiental especialmente complejo.

El proyecto actual extiende específicamente la componente 3D desarrollada en el ámbito del Mar Menor al conjunto de la Región de Murcia, ampliando de forma significativa la escala territorial, el volumen de datos y la complejidad del modelado. A diferencia de la fase anterior, centrada en integrar modelos ambientales acoplados, esta ampliación se focaliza en la construcción de una infraestructura regional de datos 3D, orientada a soportar visualización avanzada, análisis territoriales básicos y la futura incorporación de nuevas fuentes y módulos de simulación. De este modo, el gemelo digital regional se concibe desde su diseño como una plataforma escalable, preparada para integrar datos oficiales de actualización periódica, incorporar aplicaciones temáticas y servir como base para herramientas de análisis y apoyo a la decisión en el ámbito de la gestión territorial, la planificación urbana y la evaluación de riesgos. El objetivo general del proyecto consiste en construir una réplica virtual regional que permita integrar y visualizar en 3D la información geoespacial relevante para la Región de Murcia. De forma específica: (i) integrar diversas fuentes oficiales (LiDAR, Catastro y cartografía temática); (ii) generar un modelo 3D regional mediante la creación de un MDE y la extrusión de 1.356.000 edificaciones; (iii) publicar servicios web 2D y 3D y desarrollar visores interactivos y (iv) sentar las bases metodológicas para la futura incorporación de capacidades avanzadas de simulación y análisis.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Datos de entrada

A continuación, se detallan los datos de entrada empleados como base del flujo de procesamiento geoespacial y generación del modelo 3D (Tabla 1). Todas las operaciones y herramientas de tratamiento de datos se ejecutaron en ArcGIS Pro 3.6, incluyendo la importación masiva de la cartografía catastral mediante la extensión Data Interoperability (integración FME), utilizada para automatizar y unificar la conversión y preparación de los datasets originales.

**Tabla 1.** Datos de entrada utilizados para la generación del modelo 3D.

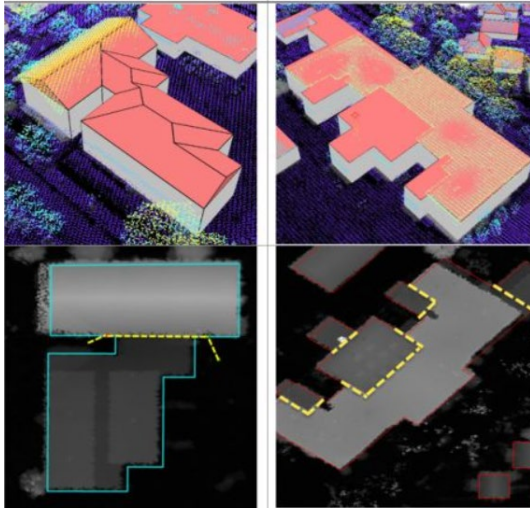
Tipo de dato	Fuente	Características
Ráster de inundaciones	Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)	Periodos de retorno de 10, 100 y 500 años. 218 archivos, 100 GB.
Archivos LAS	Instituto Geográfico Nacional (IGN)	Región de Murcia. 3152 archivos, 424 GB.
Feature Layers	Servicios INSPIRE – Dirección General del Catastro	~1.356.000 de entidades

### 2.2. Generación del modelo 3D del territorio

La construcción del modelo tridimensional se inició con la creación de un LAS Dataset que integra la totalidad de la 2ª cobertura LiDAR disponible para la Región de Murcia, proporcionada por el IGN.

A partir del LAS Dataset regional, y utilizando únicamente las clases de puntos correspondientes a suelo (*ground*) y edificaciones (*buildings*), se generaron superficies de elevación mediante interpolación ráster. Estas superficies constituyen la base del proceso de modelización 3D: (1) Modelo Digital del Terreno (DTM), (2) Modelo Digital de Superficie (DSM), Modelo Digital de Superficie Normalizado (nDSM) y (4) Ráster *Level of Detail 2* (LOD2).

A partir del DTM, DSM, nDSM y LOD2 se calcularon los atributos necesarios para la modelización 3D de las edificaciones. Para cada huella catastral se calcularon los siguientes campos (BASEELEV, BLDGHEIGHT, EAVEHEIGHT, ROOFORM y ROOFDIR), donde BASEELEV corresponde a la cota del terreno bajo la edificación, BLDGHEIGHT a la altura total estimada a partir del nDSM, EAVEHEIGHT a la altura del tejado, ROOFORM al tipo de cubierta (plana, a dos aguas, a cuatro aguas o inclinada) y ROOFDIR indica la orientación dominante de la pendiente del tejado (Figura 1).



**Figura 1.** Ejemplo del proceso de modelización 3D a partir de datos LiDAR y cartografía catastral (arriba). Caracterización de cubiertas según la pendiente del DSM (abajo). Fuente: Esri.

Con estos atributos, se aplicó una regla procedimental para generar la geometría tridimensional de los edificios, reproduciendo cubiertas planas, a dos aguas, a cuatro aguas o inclinadas según los valores de forma y orientación calculados.

### 2.3. Análisis básico de inundabilidad

Se prepararon los rásters de inundación a partir de los datos del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) correspondientes a los tres escenarios de peligrosidad (T10, T100 y T500). Estos datos se diferenciaron en: rásters de profundidad de inundación y rásters que representan la cota absoluta de la lámina de agua, *Water Surface Elevation* (WSE). Esta diferenciación permitió procesarlos de forma conjunta y visualizar los escenarios como superficies 3D coherentes con el modelo digital del terreno. Además, para cada edificio se interpoló el valor de inundación asociado a cada uno de los tres escenarios, incorporando esta información como atributos adicionales de la capa de edificaciones, y clasificándolos en categorías de riesgo alto, medio y bajo. Esto permitió evaluar de forma preliminar la afectación potencial de las edificaciones ante distintos niveles de peligrosidad, replicando y ampliando el procedimiento aplicado previamente en el ámbito del Mar Menor.

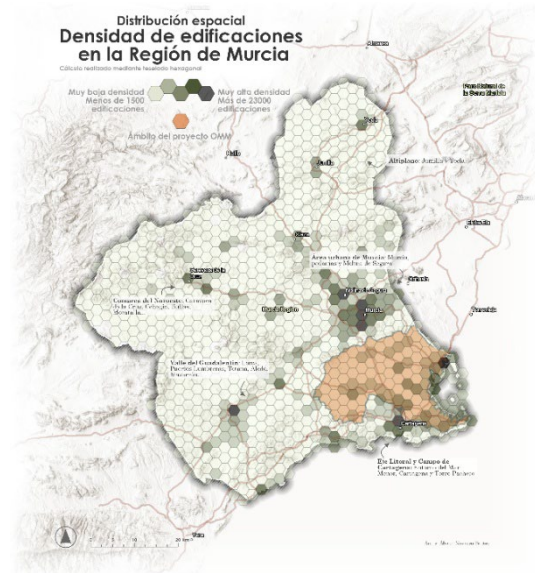
### 2.4. Arquitectura, publicación y análisis

La solución se despliega sobre ArcGIS Enterprise 11.5, en una arquitectura corporativa que integra varios servidores, bases de datos y seguridad. Sobre esta base, se publican servicios 2D y 3D (map, feature y scene services - 3D tiles) y se configuran escenas web y aplicaciones 3D, permitiendo la gestión de capas y herramientas de análisis, consulta y medición.

## 3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos confirman la viabilidad técnica de escalar el núcleo 3D desarrollado inicialmente en el Mar Menor y su cuenca vertiente al conjunto de la Región de Murcia, generándose un MDE regional continuo a

partir de la 2ª cobertura LiDAR, gracias al cual se generaron los rásters derivados DSM, nDSM y LOD2 necesarios para la reconstrucción 3D. Sobre esta base, se ha completado la extrusión preliminar de más de un millón de edificaciones (Figura 2), calculando automáticamente los atributos altimétricos y morfológicos para obtener una representación LOD2 homogénea a escala regional.



**Figura 2.** Distribución de la densidad de edificaciones en la Región de Murcia mediante teselado hexagonal; se destaca en naranja el ámbito del proyecto inicial (Fase 1 – OMM).

Fuente: Elaboración propia.

Estos datos se han publicado como Scene Layers en ArcGIS Enterprise, logrando tiempos de carga y navegación adecuados en visores web 3D y garantizando la interoperabilidad con servicios 2D y 3D existentes. Asimismo, se han realizado primeras evaluaciones de afectación por inundación empleando los escenarios oficiales, verificando la capacidad del gemelo digital para soportar análisis territoriales. El comportamiento de la plataforma se ha validado mediante pruebas de integración y rendimiento, confirmando la estabilidad del sistema y la correcta visualización en entorno web de la cartografía 3D (Figura 3), así como la idoneidad de la arquitectura para ampliaciones futuras.



**Figura 3.** Visualización 3D del análisis básico de inundación, mostrando las edificaciones afectadas y el escenario de inundación T500. Fuente: Elaboración propia.

## 4. DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la ampliación del gemelo digital 3D del Mar Menor y su cuenca vertiente al conjunto de la Región de Murcia es técnicamente viable y comparable a desarrollos recientes de gemelos digitales territoriales que combinan LiDAR, 3D GIS y servicios web para análisis ambientales, como los descritos en Ranatunga *et al.* (2024) sobre el uso Gemelos Digitales-GIS en la toma de decisiones geoespaciales. No obstante, uno de los retos principales del proyecto es la desincronización temporal entre datasets, dado que la segunda cobertura LiDAR (2015–2021) no refleja adecuadamente la evolución del parque edificatorio hasta la fecha más reciente disponible en Catastro (diciembre de 2025), lo que genera inconsistencias en las edificaciones más recientes. La incorporación futura de la tercera cobertura LiDAR del IGN (2022–2025) permitirá mejorar significativamente la alineación entre la geometría del terreno, las alturas edificadas y el parcelario actualizado, aumentando la fidelidad del modelo regional.

En relación con los rásteres de inundación empleados, es importante señalar que, si bien los escenarios T10, T100 y T500 del SNCZI proporcionan una base homogénea y oficialmente estandarizada para el análisis preliminar, presentan limitaciones debido a la resolución de los modelos. Su uso debe interpretarse como una aproximación conservadora del alcance potencial de la lámina de agua. Asimismo, la integración de estos rásteres con el modelo 3D revela que pequeñas variaciones en la precisión altimétrica —especialmente en zonas urbanas densas— pueden influir en la identificación puntual de edificaciones afectadas. Aun así, el empleo conjunto de las superficies WSE y de profundidad de inundación permitió estructurar un análisis coherente a escala regional y asignar un nivel de riesgo a cada edificio (alto, medio o bajo), sentando una base sólida para futuras evaluaciones más detalladas con modelos hidrodinámicos avanzados o con datos procedentes de la tercera cobertura LiDAR del IGN.

En conjunto, la plataforma resultante demuestra ser una solución robusta y escalable, proporcionando una base sólida para futuras ampliaciones analíticas y para la incorporación progresiva tanto de capacidades avanzadas de simulación ambiental como de nuevas fuentes de datos. No obstante, es importante señalar que el proyecto se encuentra todavía en fase de desarrollo. En esta etapa inicial, el trabajo se ha centrado en la construcción e integración de la infraestructura 3D, por lo que no se incluyen aún métricas cuantitativas de rendimiento ni comparativas explícitas con otros gemelos digitales regionales. La incorporación de nuevas fuentes y la estabilización de los flujos de procesado permitirán, en fases posteriores, llevar a cabo evaluaciones específicas sobre eficiencia y comparabilidad, reforzando así la interpretación y el posicionamiento del modelo regional dentro del contexto de los gemelos digitales territoriales.

## 5. CONCLUSIONES

El trabajo desarrollado ha permitido consolidar un modelo 3D regional coherente basado en datos oficiales de elevación y edificaciones, integrados en una infraestructura geoespacial unificada y operativa en ArcGIS Enterprise. La generación del MDE regional, la extrusión de las edificaciones y la publicación de Scene Layers proporcionan una base consistente para la visualización y el análisis 3D a escala territorial. Asimismo, la integración de los escenarios de inundación del SNCZI ha permitido estructurar un análisis preliminar de afectación, demostrando la capacidad del gemelo digital para soportar evaluaciones territoriales a diferentes escalas.

Más allá de estos resultados, la plataforma desarrollada se configura como un punto de partida abierto y escalable, preparado para incorporar nuevas fuentes oficiales, integrar datos temáticos adicionales y soportar la creación de aplicaciones de visualización, aplicaciones temáticas o soluciones específicas 2D y 3D orientadas a la gestión pública y a la toma de decisiones. En conjunto, el gemelo digital regional ofrece una infraestructura sólida y extensible sobre la que podrán construirse futuras capacidades analíticas y servicios avanzados, acompañando la evolución de las necesidades de gestión territorial de la Región de Murcia.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al IGN, a la Dirección General del Catastro, al SNCZI, al Observatorio del Mar Menor gestionado por el IMIDA por los datos utilizados en este trabajo y al Proyecto Ruraltech- Ecosistema emprendedor para un territorio rural y costero inteligente, financiado con fondos-NextGenerationEU en colaboración con la Agencia de Transformación Digital de la Región de Murcia -Fundación Integra.

## 7. REFERENCIAS

- Miranda, Mónica (2021). Generación de Modelos Urbanos Tridimensionales con estándar CityGML. Thesis (Doctoral), E.T.S. Arquitectura (UPM). <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.67409>
- Esri España (2024) Gemelo Digital del Mar Menor: Caso de éxito IMIDA-Esri. <https://www.esri.es/es-es/descubre-los-gis/casos-de-exito/medio-ambiente/2024/cs-gemelodigital-marmenor>
- Observatorio del Mar Menor (2024). Modelado integral del Mar Menor y su cuenca vertiente. <https://sigdata.imida.es/omm/>
- Ranatunga, S., Ødegård, R. S., Onstein, E., & Jetlund, K. (2024). Digital twins for geospatial decision-making. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, X-4-2024*, 271–278. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-4-2024-271-2024>