

INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A LA GESTIÓN CATASTRAL: DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA WEB DE ANÁLISIS

Viviane Todt^{1}, Pablo Cuña^{2,4}, Jean Schuster³, Davi Padilha², Horacio de Crecenzio⁴,
Víctor Castell²*

¹ *Departamento Académico de Tecnologías de la Información, Universidad Tecnológica,
Uruguay viviane.todt@utec.edu.uy*

² *Posgrado en Robótica e Inteligencia Artificial, Universidad Tecnológica, Rivera,
Uruguay pablo.cuna@utec.edu.uy, davi.padilha@estudiantes.utec.edu.uy,
victor.castelli@utec.edu.uy*

³ *Ingeniería en Control y Automática, Universidad Tecnológica, Rivera, Uruguay,
jean.schuster@utec.edu.uy*

⁴ *Licenciatura en Ingeniería de Datos e Inteligencia Artificial, Universidad Tecnológica,
Rivera, Uruguay horacio.decrecenzio@utec.edu.uy ,*

Temática: Inteligencia Artificial para la gestión de Ciudades Inteligentes

PALABRAS CLAVE: Redes convolucionales, sistema web, imágenes suborbitales, gestión catastral, ciudades inteligentes.

1. INTRODUCCIÓN

La gestión del catastro urbano constituye un desafío central para los gobiernos locales, ya que de su precisión y actualización dependen la equidad tributaria, la planificación territorial y la toma de decisiones en políticas públicas. En muchos países latinoamericanos, los registros catastrales presentan rezagos importantes o discrepancias entre lo registrado y lo construido, lo que afecta la recaudación, la transparencia institucional y el uso eficiente del suelo (Erba y Piumetto, 2021).

En este contexto, las tecnologías basadas en inteligencia artificial y visión por computadora, particularmente la segmentación semántica aplicada a imágenes de teledetección, han mostrado capacidad para automatizar la detección de áreas construidas, mitigar errores en inventarios físicos y facilitar actualizaciones frecuentes (Pluto-Kossakowska et al., 2025). Modelos recientes como YOLOv11 han sido

empleados con éxito para segmentar objetos y construcciones en entornos urbanos y de obra, alcanzando buenos índices de precisión (mAP) en estudios aplicados (He et al., 2024).

Este trabajo presenta el desarrollo e implementación de un sistema web interactivo que combina técnicas de segmentación semántica con módulos de geo-procesamiento y visualización. La aplicación accesible desde navegador permite cargar imágenes aéreas, comparar los resultados de la IA con registros oficiales, y generar reportes georreferenciados de discrepancias entre lo construido y lo declarado, para su uso práctico en la gestión catastral, con potencial de escalabilidad a nivel nacional.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo del sistema se organizó en cuatro etapas principales: (i) construcción del conjunto de datos, (ii) preprocesamiento y aumento de datos, (iii) desarrollo y entrenamiento del modelo de IA, y (iv) implementación del sistema web con integración de datos catastrales.

2.1 Construcción del conjunto de datos

Se descargó del portal de la Infraestructura de Datos Espaciales del Uruguay (IDEUy, 2024) una imagen georreferenciada en formato *GeoTIFF* que cubría toda la ciudad de San José de Mayo, con resolución espacial de 0,32 m/píxel. A partir de esta imagen se generaron recortes de 600×300 píxeles en formato JPG, que constituyeron la base inicial para la construcción del *dataset*.

El conjunto inicial estuvo compuesto por 446 imágenes. En un primer momento se consideró una clasificación en seis categorías: construcción, vegetación, terreno impermeable, patio, caminería e incierto. Sin embargo, durante las pruebas iniciales el modelo mostró confusión al diferenciar algunas de estas clases, lo que afectaba su desempeño general. Como estrategia de optimización, se decidió unificar las etiquetas en dos categorías principales, construcción y no construcción, lo que permitió mejorar la

precisión del modelo. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de imagen recortada para el *dataset*.

Figura 1 – Imagen suborbital de la ciudad de San José de Mayo. (Fuente: elaboración propia)



2.2 Preprocesamiento y aumento de datos

Para ampliar el conjunto de entrenamiento se aplicaron técnicas de *data augmentation*, generando cerca de tres salidas por cada imagen original. Se utilizaron operaciones de volteo horizontal y vertical, así como rotaciones de 90° en sentido horario y anti horario. Como resultado, el *dataset* alcanzó 900 imágenes para entrenamiento, 85 para validación y 38 para pruebas.

Utilizamos el software QGIS de manera complementaria para recortar zonas piloto que cubrieran 2 manzanas, manteniendo la georreferencia original de las imágenes, lo que permitió realizar pruebas localizadas en el sistema y evaluar la coherencia espacial en escenarios reales.

2.3 Desarrollo y entrenamiento del modelo de IA

El modelo seleccionado fue YOLOv11-Seg, variante del *framework* YOLOv11 con capacidad de segmentación de objetos, lo que permite generar máscaras pixel a pixel de

las áreas identificadas (Ultralytics, 2025). Esta elección responde a que, a diferencia de la detección basada únicamente en cajas delimitadoras (*bounding boxes*), la segmentación semántica permite establecer una relación directa entre los píxeles clasificados como construcción y la superficie edificada real. Esto resulta fundamental para calcular discrepancias entre lo construido y lo declarado en los registros catastrales. El entrenamiento se realizó con el *dataset* aumentado y etiquetado en dos clases. El desempeño del modelo se evaluó principalmente a través de la métrica $mAP@0.5$, lo que permitió estimar su capacidad de detección y segmentación de superficies construidas.

2.4 Desarrollo del sistema web e integración de datos catastrales

El sistema se implementó como una aplicación web, con un backend en Django y un frontend desarrollado en Dash de Plotly. La arquitectura fue diseñada para permitir la integración de imágenes procesadas con datos oficiales obtenidos de la Dirección Nacional de Catastro (DNC), incorporando además rutinas de corrección de paralaje en los polígonos de padrones urbanos.

Para evaluar su aplicabilidad en distintos contextos, además de las imágenes descargadas desde el portal IDEUy, se utilizaron imágenes inéditas obtenidas a partir de un vuelo de drones facilitado por la Intendencia de San José. Estas imágenes permitieron validar el desempeño del sistema en condiciones reales de captura local, reforzando la capacidad de generalización de la herramienta.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

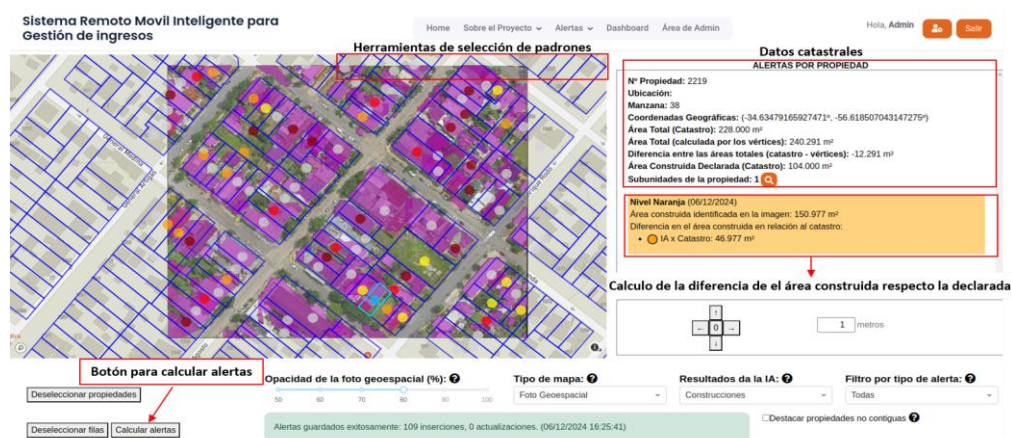
El sistema desarrollado alcanzó un desempeño en $mAP@0.5$ de 0.72 en la segmentación de áreas construidas. Este resultado adquiere relevancia considerando el número reducido de imágenes etiquetadas. La decisión metodológica de simplificar las clases a dos categorías principales, construcción y no construcción, fue determinante para mejorar el rendimiento del modelo, ya que permitió reducir la confusión entre clases y aumentar la capacidad de generalización en escenarios con datos limitados.

La validación realizada con ortofotos cenitales inéditas obtenidas por drones proporcionados por la Intendencia de San José permitió comprobar la capacidad de generalización del sistema en un escenario distinto al de entrenamiento. En la localidad de Libertad se identificaron discrepancias de hasta un 54% entre las superficies construidas registradas en la Dirección Nacional de Catastro y las observadas en las imágenes procesadas, lo que demuestra el potencial de la herramienta para fortalecer los procesos de actualización catastral y la identificación de inconsistencias en los registros.

Asimismo, las pruebas realizadas con resoluciones espaciales variables de 10, 20, 30 y 40 cm por píxel demostraron que el modelo mantiene un $mAP@0.5$ de 0.6 en todos los casos, lo que nos permite asumir cierto grado de generalización del enfoque frente a distintas calidades y fuentes de imágenes. Este aspecto resulta clave para la escalabilidad del sistema, ya que garantiza su aplicabilidad tanto a imágenes suborbitales de libre acceso como a vuelos de drones realizados por gobiernos locales.

La implementación de la aplicación web permitió comprobar la viabilidad de integrar el modelo entrenado con una interfaz accesible para usuarios técnicos y no técnicos. El prototipo desarrollado posibilitó la visualización georreferenciada de las discrepancias detectadas, la corrección de paralaje en los polígonos de padrones y la generación automática de reportes con superficies estimadas y diferencias respecto al catastro oficial (Figura 2).

Figura 2 – Interfaz del sistema web, pantalla para seleccionar padrones, cálculo de alertas y presentación de resultados. (Fuente: elaboración propia)



Dichos reportes, que incluyen información sobre áreas construidas detectadas, superficies declaradas y porcentajes de discrepancia, son exportables en formato XLS para facilitar su análisis en hojas de cálculo y su integración con otros sistemas de gestión. Además, el sistema incorpora un mecanismo de alertas configurables, que permite definir umbrales de discrepancia a partir de los cuales se notifican posibles irregularidades. Estas funcionalidades, validadas en entornos piloto, confirman la aplicabilidad práctica del sistema y su potencial para convertirse en una herramienta estratégica de apoyo a la gestión urbana y territorial.

4. CONCLUSION

El trabajo presentó el desarrollo de un prototipo que combina segmentación semántica y un sistema web interactivo para la detección de áreas construidas a partir de imágenes aéreas cenitales ortorrectificadas. El modelo alcanzó un desempeño satisfactorio, con un $mAP@0.5$ de 0.72, aun trabajando con un conjunto reducido de datos enriquecido mediante *data augmentation*. La validación con imágenes inéditas de vuelos de drones demostró la capacidad de generalización del enfoque y permitió identificar discrepancias significativas respecto a los registros catastrales.

La implementación de la aplicación web permitió integrar los resultados del modelo en una interfaz accesible, con funcionalidades de visualización georreferenciada, corrección de polígonos, generación de reportes exportables en formato XLS y alertas configurables según umbrales de discrepancia. Estas características, validadas en entornos piloto, confirman la viabilidad de la herramienta y su potencial para consolidarse como un apoyo estratégico en la gestión urbana y territorial. Como línea futura, se propone ampliar la base de datos con imágenes de diferentes regiones del país y avanzar hacia la publicación del sistema en línea, lo que permitiría su acceso abierto y su utilización directa por parte de instituciones y gobiernos locales.

REFERENCIAS

Erba, D. A., & Piumetto, M. A. (2021). *Making land legible: Cadastres for urban planning and development in Latin America*. Lincoln Institute of Land Policy.

He, L., Zhou, Y., Liu, L., & Ma, J. (2024). Research and application of YOLOv11-based object segmentation in intelligent recognition at construction sites. *Buildings*, 14(12), Article 3777. <https://doi.org/10.3390/buildings14123777>

Infraestructura de Datos Espaciales del Uruguay – IDEUy. (2025). *Visualizador IDEUy*. <https://visualizador.ide.uy>

Pluto-Kossakowska, J., Wróbel, B., Aniszewska, K., & Gruszczyńska, M. (2025). *Supervised semantic segmentation of urban area using high-resolution remote sensing images*. *Remote Sensing*, 17(9), 1606. <https://doi.org/10.3390/rs17091606>

Ultralytics. (2025). *Instance Segmentation — YOLOv11* [Documentación]. Ultralytics. Recuperado de <https://docs.ultralytics.com/tasks/segment/>