

# 2025

Centro de Observación y  
Teledetección Espacial,  
S.A.U.

(COTESA – A47461066)



## SERVICIO DE DETECCIÓN DE CAMBIOS

[Metodología para la detección de cambios en verano de 2025 sobre el término municipal de Madrid, y añadiendo las pistas del aeropuerto Adolfo Suárez – Madrid Barajas]

---

## Contenido

1. Introducción.....	2
2. Objetivo.....	2
3. Metodología.....	2
3.2. Refinado de los resultados obtenidos.....	3
3.3. QC de los resultados obtenidos. ....	5
3.4. Cambios 3D.....	5
4. Entregables.....	7

## 1. Introducción.

En este informe se muestra la metodología utilizada para la obtención de los cambios realizados en Madrid para verano del año 2025. Para ello mediante la utilización de algoritmos de Deep Learning, se detectarán cambios en superficie que conllevarán un posterior examinado por parte de un fotointérprete.

## 2. Objetivo.

Obtención de una capa shapefile y raster donde queden plasmados los cambios obtenidos para el tercer semestre de 2025 para el término municipal de Madrid (añadiendo las pistas del Aeropuerto Adolfo Suárez - Madrid Barajas, a excepción del Monte del Pardo), tanto para cambios 2D como cambios 3D.

## 3. Metodología.

A continuación, se describe cada una de las fases llevadas a cabo para la obtención de los cambios.

### 3.1. Detección de cambios 2D.

Para la obtención de los cambios, cabe destacar que se toma como punto de partida la utilización de dos imágenes de muy alta resolución correspondientes al segundo semestre del año 2025, una de primavera de 2025 y otra de verano de 2025.

Para la detección de cambios entre ambas fechas, son utilizados procesos de inteligencia artificial empleando algoritmos Deep Learning. Para ello, son introducidas muestras manualmente realizadas para poder así implementarlas el algoritmo.

Una vez introducidas las áreas de entrenamiento en el algoritmo, éste extrae toda la información posible para poder así extrapolar los cambios detectados manualmente a los cambios que se producen sobre las dos fechas. Siendo así un total de 1359 cambios detectados por el algoritmo. A continuación, un fotointérprete hace una revisión rápida sobre los puntos obtenidos viendo así el fallo de comisión obtenido por el algoritmo, y de los 1346 cambios que se detectaron en un principio, ninguno de ellos fueron falsos cambios, es decir, el algoritmo para esta fecha tiene una fiabilidad del 100 % en los cambios detectados.



*Imagen 1. Puntos obtenidos por el algoritmo de detección de cambios. Cada punto representa un cambio.*

### **3.2. Refinado de los resultados obtenidos.**

Gracias a la inteligencia artificial y a los procesos de Machine Learning, es posible detectar cambios automáticamente, pero también se precisa de mano de obra cualificada que pueda verificar que los resultados obtenidos son los correctos.

Es por ello, que, tras la obtención de los resultados, un fotointérprete no sólo elimina los cambios que eran detectados como errores de comisión, sino que también se va a poligonizar manualmente el cambio detectado.

Para ello, se parten de ocho clases diferentes que fueron estipuladas con anterioridad, que son:

- Nueva edificación.
- Modificaciones en construcciones.
- Demolición de edificaciones.
- Edificación en construcción.
- Otros elementos en construcción.
- Modificación edificación.
- Modificación en otros elementos.
- Movimiento de tierras / vertidos.
- Construcciones temporales.

Así pues, el fotointérprete irá visualizando cada uno de los puntos y asignándoles una geometría y clase a los diferentes cambios.



**Imagen 2.** Arriba, puntos obtenidos por el algoritmo de detección de cambios sobre la imagen de estudio; abajo, geometría y clase atribuido a cada cambio sobre la imagen de estudio.

### 3.3. QC de los resultados obtenidos.

Una vez atribuidas todas las clases y creado los polígonos sobre cada punto de cambio, se procede a detectar manualmente los errores de omisión, o lo que es lo mismo, aquellos cambios que no fueron detectados por el algoritmo.

Para ello, se crea una malla que cubra toda la superficie del término municipal de Madrid (añadiendo el aeropuerto Adolfo Suárez – Madrid Barajas, y se hace una selección aleatoria del 10% de los 1954 polígonos creados, los cuales tienen una dimensión de 500 metros por 500 metros, lo que conlleva un total de 5800 hectáreas.

A continuación, el fotointérprete analiza cada una de las áreas estableciendo así los cambios que no fueron detectados por el algoritmo, es decir, detectando los errores de omisión, siendo un total 11 los cambios no detectados en las 196 zonas de estudio.

Con lo cual, si tenemos en cuenta los cambios que sí fueron detectados dentro de los recuadros donde se realizó el QC, y los comparamos con aquellos que no fueron detectados, obtenemos que se da un acierto del 96.24%, ya que un total de 282 cambios fueron detectados por el algoritmo dentro de las áreas del QC.

Estos cambios, son añadidos a los ya detectados previamente con el algoritmo obteniendo un total de 1359 cambios en el municipio de Madrid.



*Imagen 3. En verde las celdas sobre las que se ha realizado el QC; en rojo, los cambios no detectados por el algoritmo.*

### 3.4. Cambios 3D.

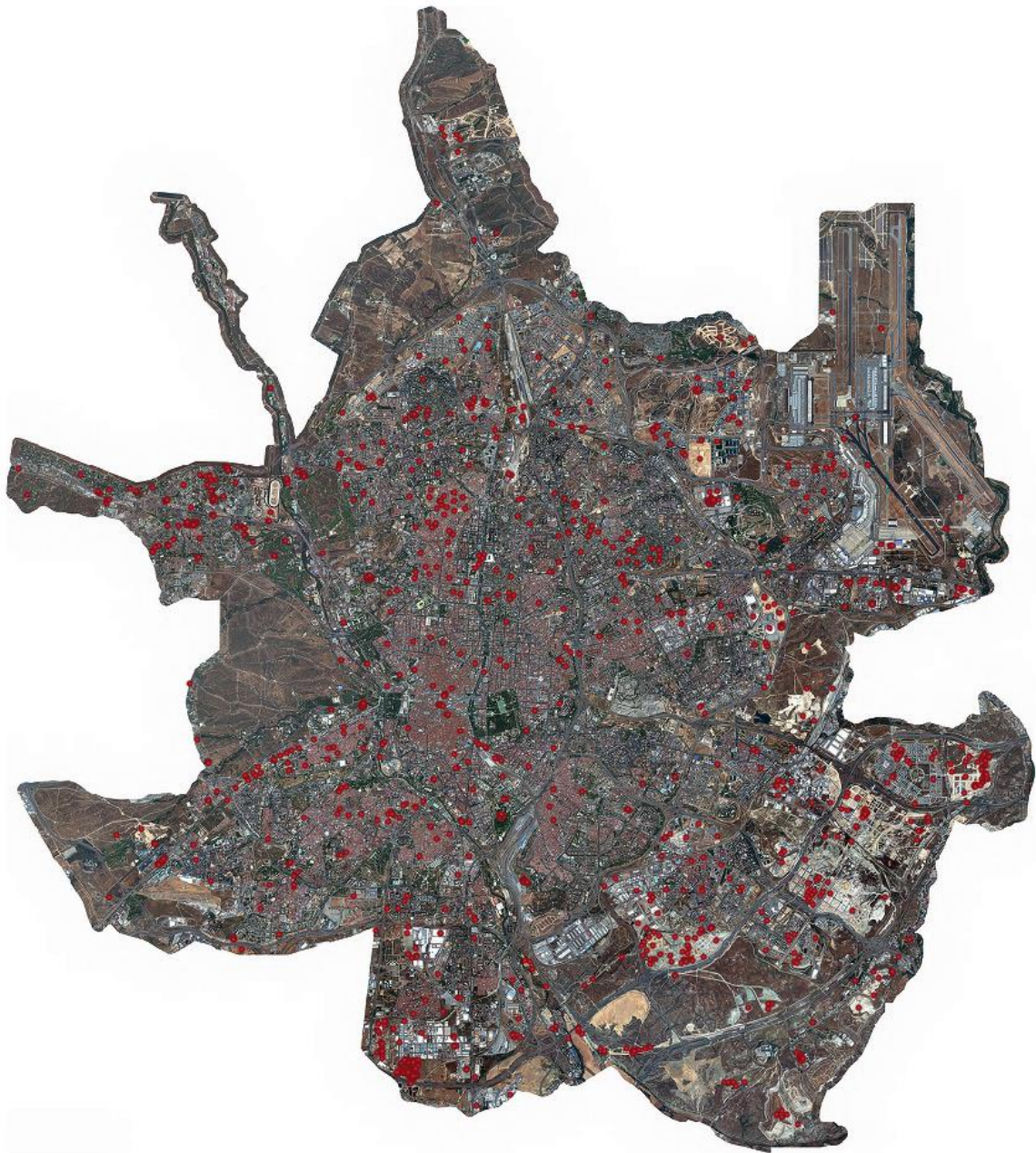
Una vez que todos los cambios han sido localizados, se procede a atribuirles el cambio en altura, para ello, se utilizarán los DHM (Modelo Digital de Alturas -*Digital Height Model por sus siglas en inglés*-) de cada fecha y se calculará la diferencia entre ambas, obteniendo así el valor 3D de diferencias de altura.

Los modelos digitales de alturas se obtienen a partir de calcular la diferencia entre los rasters del modelo de superficie digital (DSM, copas de árboles, edificios y otros objetos) y el modelo de

terreno digital (DTM, nivel del suelo). En este caso, el modelo digital de alturas representará la altura real de árboles, edificios, etc.

Cuando ya se han obtenido las capas se extrae el valor más alto del DHM que se da dentro de los polígonos, tomando ese valor como referencia.

Vemos así que se han obtenido un total de 1193 cambios en altura, con unos cambios que varían entre -7 y 37 metros con una altura media de cambio de 2.76 metros, 2.86 sin las demoliciones, por lo que no distorsiona demasiado los datos.



*Imagen 4. En rojo, los cambios en superficie que poseen cambios en altura.*

#### 4. Entregables.

A continuación se muestran los entregables con una breve explicación de los mismos.

- *EsAytMadridVe2025CmbUrSemest\_2D.shp*; cambios detectados automáticamente por el algoritmo y con los errores de comisión eliminados en formato shapefile.
- *EsAytMadridVe2025CmbUrSemest\_2D.xml*; metadatos de la capa.
- *EsAytMadridVe2025CmbUrSemest\_2DmasQC.shp*; cambios detectados automáticamente por el algoritmo y con los errores de comisión eliminados más los cambios detectados en el QC, es decir los errores de omisión en formato shapefile.
- *EsAytMadridVe2025CmbUrSemest\_2DmasQC\_shp.xml*; metadatos de la capa.
- *EsAytMadridVe2025CmbUrSemest\_2DmasQC.tif*; cambios detectados automáticamente por el algoritmo y con los errores de comisión eliminados más los cambios detectados en el QC, es decir los errores de omisión en formato tif.
- *EsAytMadridVe2025CmbUrSemest\_2DmasQC\_tif.xml*; metadatos de la capa.
- *EsAytMadridVe2025CmbUrSemest\_CaliddTrtmnt.shp*; cambios detectados en la elaboración del QC, errores de omisión en formato shapefile.
- *EsAytMadridVe2025CmbUrSemest\_CaliddTrtmnt.xml*; metadatos de la capa.
- *EsAytMadridVe2025CmbUrSemest\_3D.shp*; cambios en altura detectados sobre los cambios 2D, en formato shapefile.
- *EsAytMadridVe2025CmbUrSemest\_3D\_shp.xml*; metadatos de la capa.
- *EsAytMadridVe2025CmbUrSemest\_3D.tif*; cambios en altura detectados sobre los cambios 2D, en formato tif.
- *EsAytMadridVe2025CmbUrSemest\_3D\_tif.xml*; metadatos de la capa.
- *EsAytMadridVe2025CmbUrSemest\_Infrm.pdf*; informe donde se refleja la detección de cambios 2D y 3D así como el control de calidad.