

CAPÍTULO 6. REPRESENTACIÓN

El principal objetivo del sistema y del conjunto de aplicaciones software desarrolladas ha sido la representación de un modelo digital del terreno o MDT. Para ello ha sido necesario primero realizar la adquisición de los datos con el LD-MRS, el MTi-G y la aeronave, y posteriormente el procesamiento de los mismos. En este apartado se describe la última tarea a realizar, la **representación del MDT**.

Tras el procesamiento de los datos se han obtenido varios **ficheros de salida**. De entre ellos, los **más importantes** son aquellos que almacenan las coordenadas de la superficie del terreno escaneado, expresadas en el sistema de coordenadas de representación. Las primeras coordenadas de latitud, longitud y altitud válidas se asocian a un sistema de coordenadas *n-frame* con la configuración NWU, y éste sirve de referencia para representar el MDT. Éstas coordenadas fueron extraídas del por el primer *scan* válido adquirido en el vuelo de adquisición de datos. Los ficheros de salida que se van a utilizar para representar el MDT reciben el nombre de ***scan_[numeración]***, y se tienen tantos como *scans* con datos válidos se adquirieron durante el vuelo con la aeronave.

Para la representación de los datos se ha usado **MATLAB**, debido a que proporciona ventajas a la hora del tratamiento de **grandes volúmenes de datos** en forma de vectores o matrices.

Dentro de la representación de datos se han desarrollado **diversas aplicaciones** que permiten ver los resultados desde **distintos puntos de vista**, por ejemplo, permitiendo la visualización de *scans* individuales o de un conjunto de ellos.

6.1. Representación individual de *scans*

En una primera aproximación a la representación de los datos, se ha desarrollado una aplicación que permite representar los *scans* individualmente. El programa recibe el nombre de *scan_visor* y la llamada al mismo se realiza desde el *workspace* de MATLAB.

La aplicación presenta un **menú inicial** al usuario que le da la opción de **elegir el *scan* que se quiere representar**. Una vez hecho esto, se representan en la pantalla dos imágenes del *scan* seleccionado. La imagen de la izquierda muestra el barrido o los puntos desde una perspectiva de “vista de pájaro” y la imagen de la derecha muestra el mismo *scan* en tres dimensiones, de manera que se aprecia el volumen. Ambas ventanas permiten la **rotación de la imagen** para poder ver el *scan* desde distintas perspectivas (Figura 61).

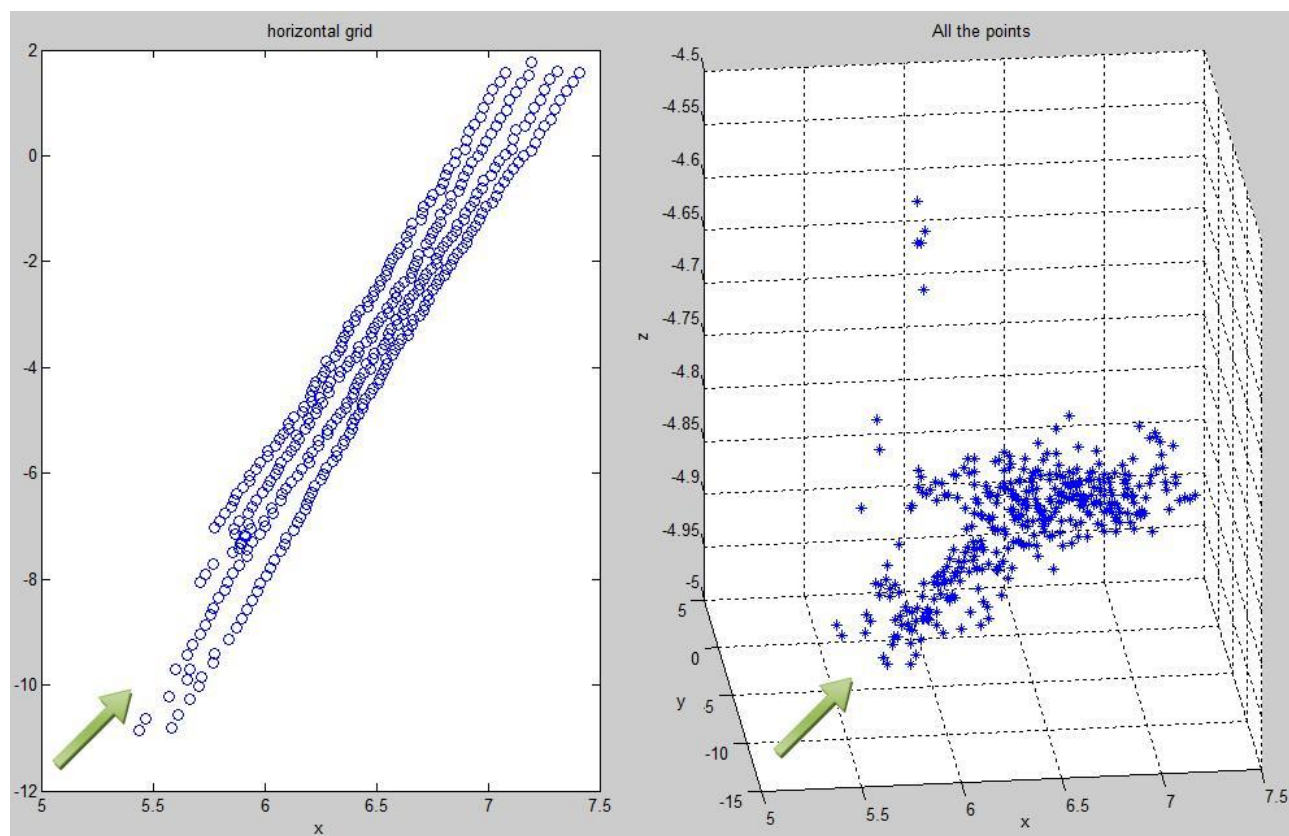


Figura 61. Resultados de la aplicación *scan_visor*

En un paso siguiente, la aplicación permite seleccionar un subconjunto de puntos para que sean representados de forma secuencial, situándose el punto de vista del usuario como si estuviera mirando desde la aeronave a la superficie que se está escaneando. Esta imagen nos permite entender cómo es el proceso de adquisición de los datos pertenecientes a un mismo barrido o *scan*, y cómo se emiten los pulsos láser del LD-MRS (Figura 62).

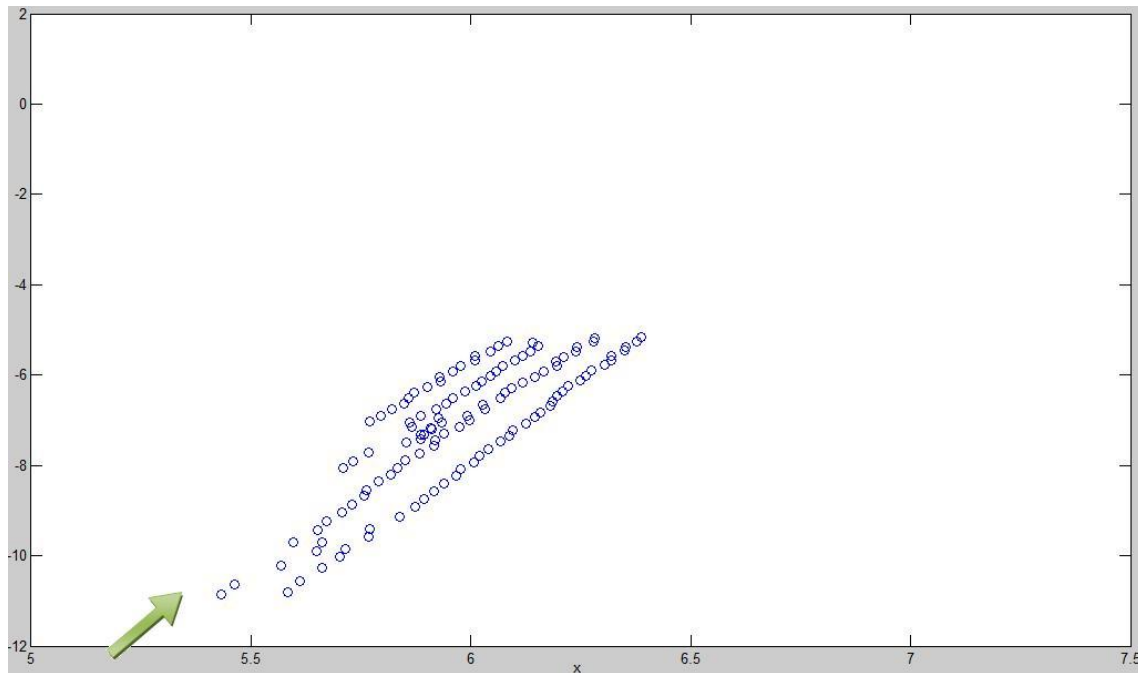


Figura 62. Resultados de la aplicación *scan_visor*

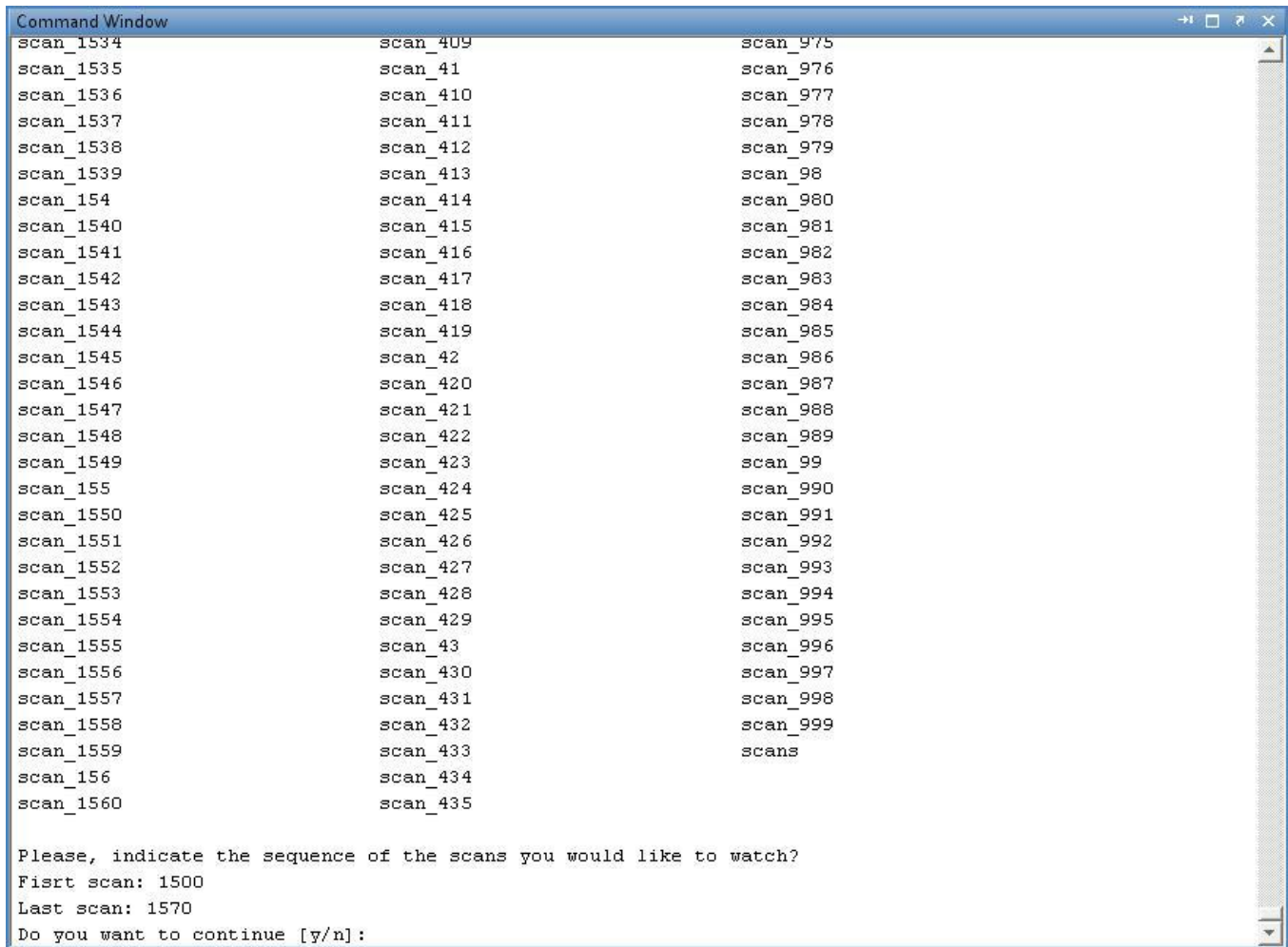
En las imágenes anteriores se aprecia fácilmente los **cuatro planos de la apertura vertical** que usa el **LD-MRS** para realizar el barrido. También se ve cómo en la parte izquierda (señalada por la flecha verde), que es por dónde comienza el barrido, estos planos son sólo dos. Esto se debe a la configuración del LD-MRS, que como se comentó anteriormente, tiene un rango de apertura horizontal de 100° , desde 50° a la izquierda hasta 50° a la derecha del centro del dispositivo. Sin embargo, por construcción los cuatro planos sólo pueden abarcar el rango de 35° hasta -50° , quedando el sector de la izquierda, para la configuración elegida, (desde 50° hasta 35°) escaneado sólo por dos de los cuatro planos.

6.2. Representación de un MDT

En el proyecto se ha desarrollado otra aplicación, de nombre *scan_grid*, permite representar el **modelo digital del terreno o MDT por conjuntos de scans**, de manera que se genera una imagen fiel a la superficie del terreno en la que se pueden apreciar los detalles del mismo.

El subconjunto de *scans* elegido por el usuario se utiliza para generar una malla o *grid* plana homogénea, basándose con las coordenadas que estos *scans* contienen, y sobre este *grid* se levantan posteriormente las alturas correspondientes, formando la imagen del MDT. Es posible interaccionar con la ventana de representación para realizar operaciones de rotación y zoom.

El programa presenta un **menú inicial** en línea de comandos que ofrece la posibilidad de seleccionar el subconjunto de *scans* que el usuario prefiera representar, como puede verse en la Figura 63.



```

Command Window
scan_1534      scan_409      scan_975
scan_1535      scan_41       scan_976
scan_1536      scan_410     scan_977
scan_1537      scan_411     scan_978
scan_1538      scan_412     scan_979
scan_1539      scan_413     scan_98
scan_154       scan_414     scan_980
scan_1540      scan_415     scan_981
scan_1541      scan_416     scan_982
scan_1542      scan_417     scan_983
scan_1543      scan_418     scan_984
scan_1544      scan_419     scan_985
scan_1545      scan_42      scan_986
scan_1546      scan_420     scan_987
scan_1547      scan_421     scan_988
scan_1548      scan_422     scan_989
scan_1549      scan_423     scan_99
scan_155       scan_424     scan_990
scan_1550      scan_425     scan_991
scan_1551      scan_426     scan_992
scan_1552      scan_427     scan_993
scan_1553      scan_428     scan_994
scan_1554      scan_429     scan_995
scan_1555      scan_43      scan_996
scan_1556      scan_430     scan_997
scan_1557      scan_431     scan_998
scan_1558      scan_432     scan_999
scan_1559      scan_433     scans
scan_156       scan_434
scan_1560      scan_435

Please, indicate the sequence of the scans you would like to watch?
Fisrt scan: 1500
Last scan: 1570
Do you want to continue [y/n]:

```

Figura 63. Menú inicial en línea de comandos de la aplicación *scan_grid*

En la Figura 64 se puede apreciar la representación de un MDT, en la que cada uno de los *scans* ha sido representado con un color, de manera que se puede apreciar el solape entre ellos.

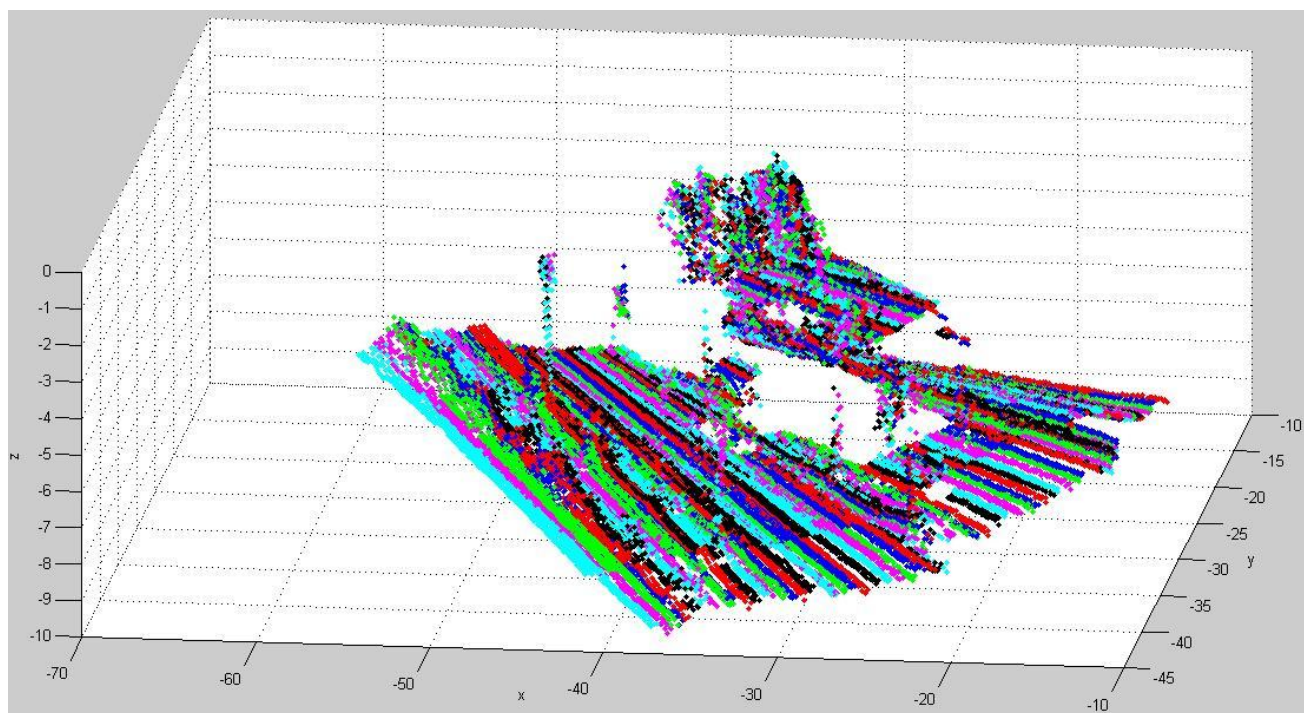


Figura 64. Ejemplo de MDT donde se aprecia el solape de los scans

Con el solape de los scans se consigue una mayor densidad de puntos del terreno que se está representando y una continuidad en el MDT, de manera que se aprecien en él mejor detalles como árboles, montículos, coches y otros. En la Figura 65 se muestra una **ampliación** de la anterior para apreciar el solape entre scans que se comenta con más detalle.

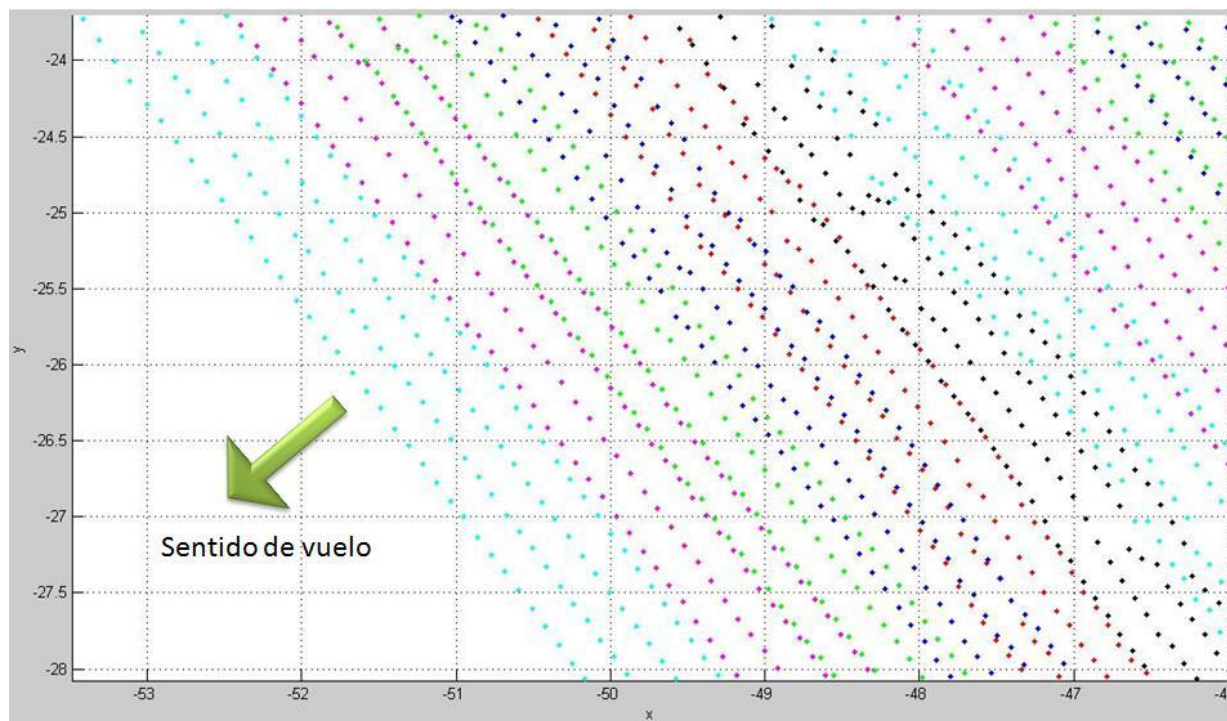


Figura 65. Zoom de la imagen anterior para ver el detalle del solape de los scans

Como se puede apreciar antes de que termine un *scan* empieza otro nuevo, y es así que las líneas de puntos de un *scan*, por ejemplo las de color verde, se encuentran intercaladas con las de los planos anterior (color azul oscuro) y posterior (color magenta).

Aunque la resolución del MDT esté íntimamente relacionada con la densidad de puntos es un tema más complejo, ya que en el solape entre *scans* influyen factores como la altura de vuelo y la velocidad de la aeronave.

En las imágenes que se muestran en este apartado aparecen algunas **fotografías**, tomadas en una de las zonas en las que se llevaron a cabo pruebas de adquisición de datos con el helicóptero CB-5000. Las primeras imágenes muestran la vista aérea de la zona y de una estructura metálica, a modo de casetilla, pertenecientes al club de aeromodelismo RC SAETA, situado al norte del parque del Alamillo y a la autovía SE-20 en la ciudad de Sevilla, concretamente en las coordenadas que aparecen en la Figura 66 (la flecha verde muestra el punto exacto).

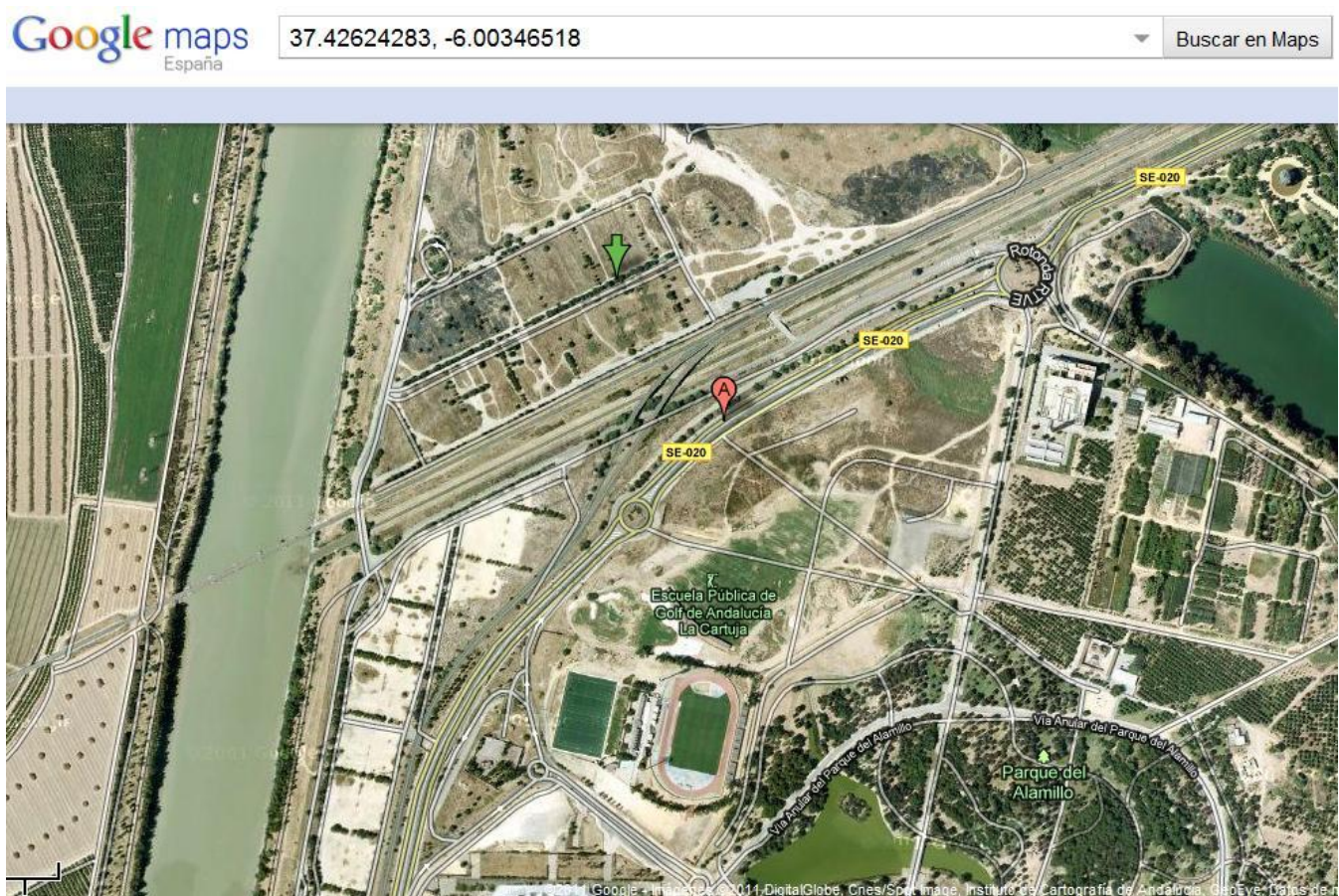


Figura 66. Localización del club de aeromodelismo RC SAETA⁶

⁶ Fuente: Google Maps - © 2011 Google



Figura 67. Vista aérea de la pista de aeromodelismo y la casetilla⁷

La zona correspondiente a la estructura metálica que se ve en la Figura 67 a modo de casetilla (debajo de los coches que también aparecen en la imagen) es la que se muestra más adelante en los MDTs resultantes. Al ser una estructura fácilmente distinguible del resto de la superficie del terreno es ideal como referencia para comprobar los resultados de la representación de un MDT a partir del trabajo realizado en este proyecto.

⁷ Fuente: www.rcsaeta.es



Figura 68. Fotografía del terreno donde se llevó a cabo la adquisición de datos (I)

La Figura 68 y la Figura 69 fueron tomadas el día en que se realizó la prueba de adquisición de datos. En ellas se aprecia la casetilla, un coche, unas mesas de hormigón y árboles alrededor.



Figura 69. Fotografía del terreno donde se llevó a cabo la adquisición de datos (II)

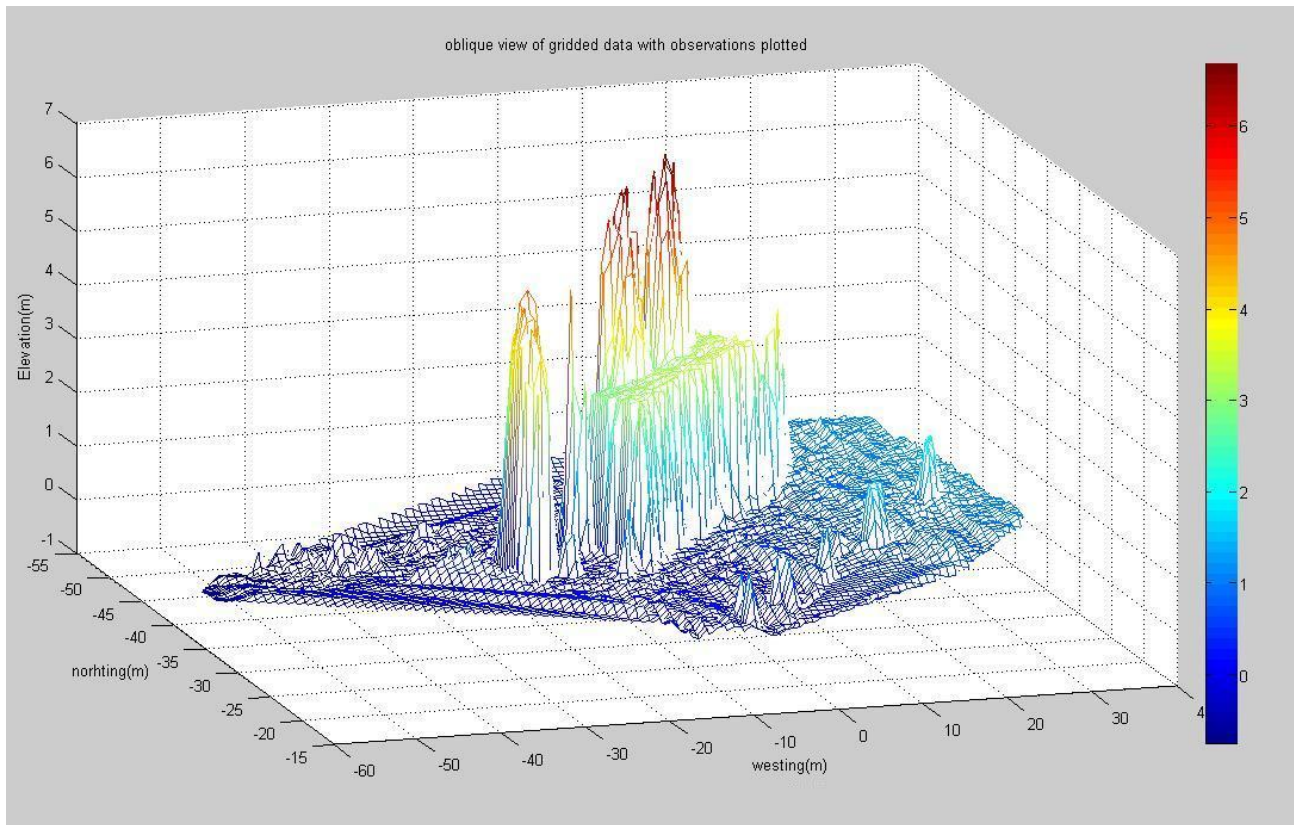


Figura 70. MDT de la estructura metálica (casetilla)

Tratando de guardar la perspectiva desde las que están tomadas estas fotografías se ha generado el MDT que se ve en la Figura 70, el cual guarda bastante similitud con la imagen real mostrada en figuras anteriores. Este MDT ha sido generado aprovechando las propiedades de representación de la función **mesh** de MATLAB. Los pasos necesarios para representar la superficie utilizando MATLAB se detallan en un apartado posterior.

En la Figura 71 se muestra el MDT generado junto con detalles de las fotografías tomadas en la zona en la que se realizó la adquisición de datos. Rotando la imagen se obtiene la Figura 72 donde se ve cómo aparecen otros detalles por el lado contrario de la casetilla que antes no se apreciaban, como por ejemplo un bulto que se corresponde con el coche que aparece estacionado en las fotografías detrás de la casetilla.

El mismo MDT puede ser representado con superficies de distintas características dependiendo del objetivo final para el que se necesite y también utilizar distintos colores para representar las alturas del mismo. Un ejemplo de esto puede verse en la Figura 73 y en la Figura 74.

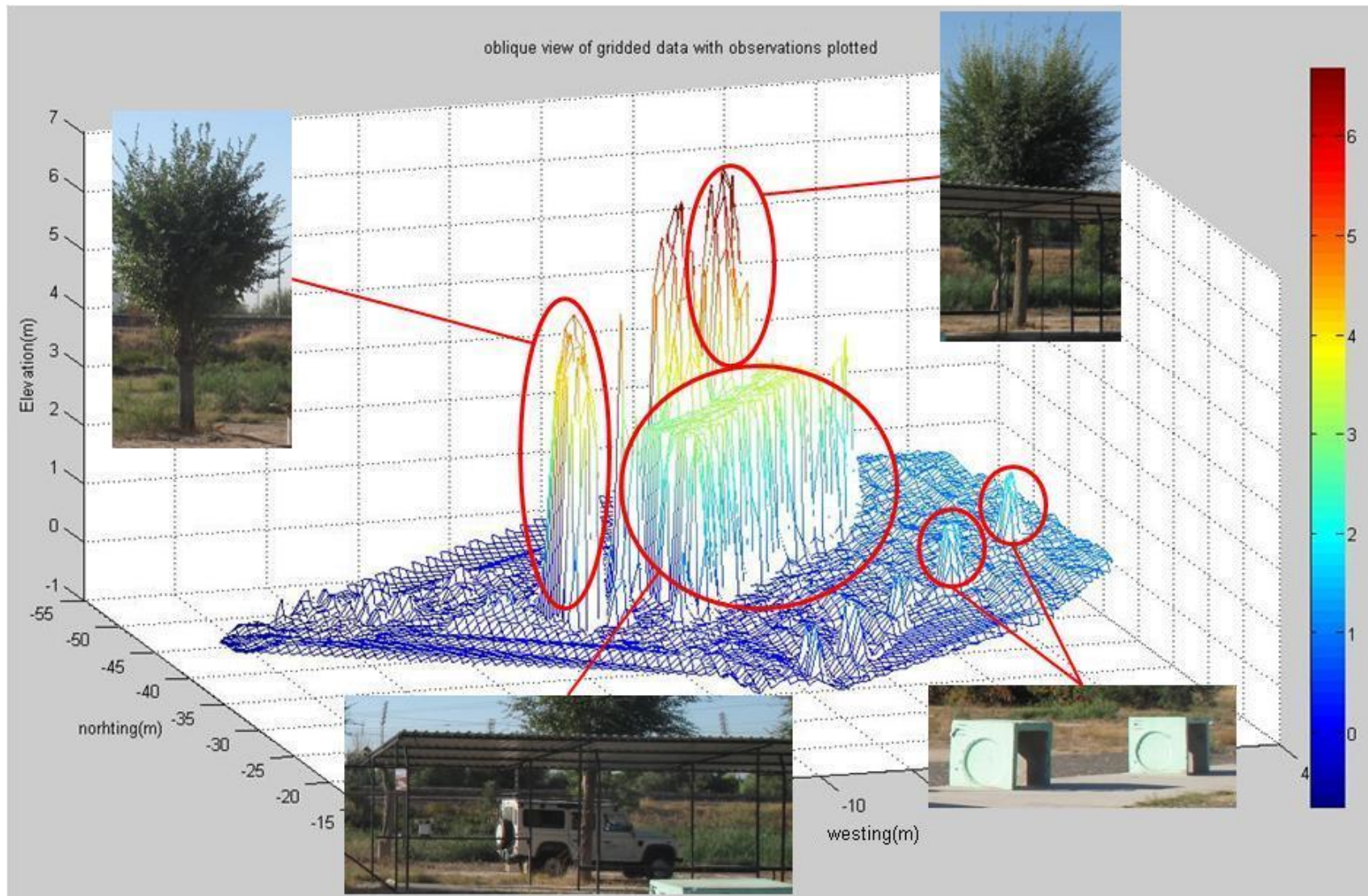


Figura 71. Representación del MDT, con detalles de las fotografías anteriores

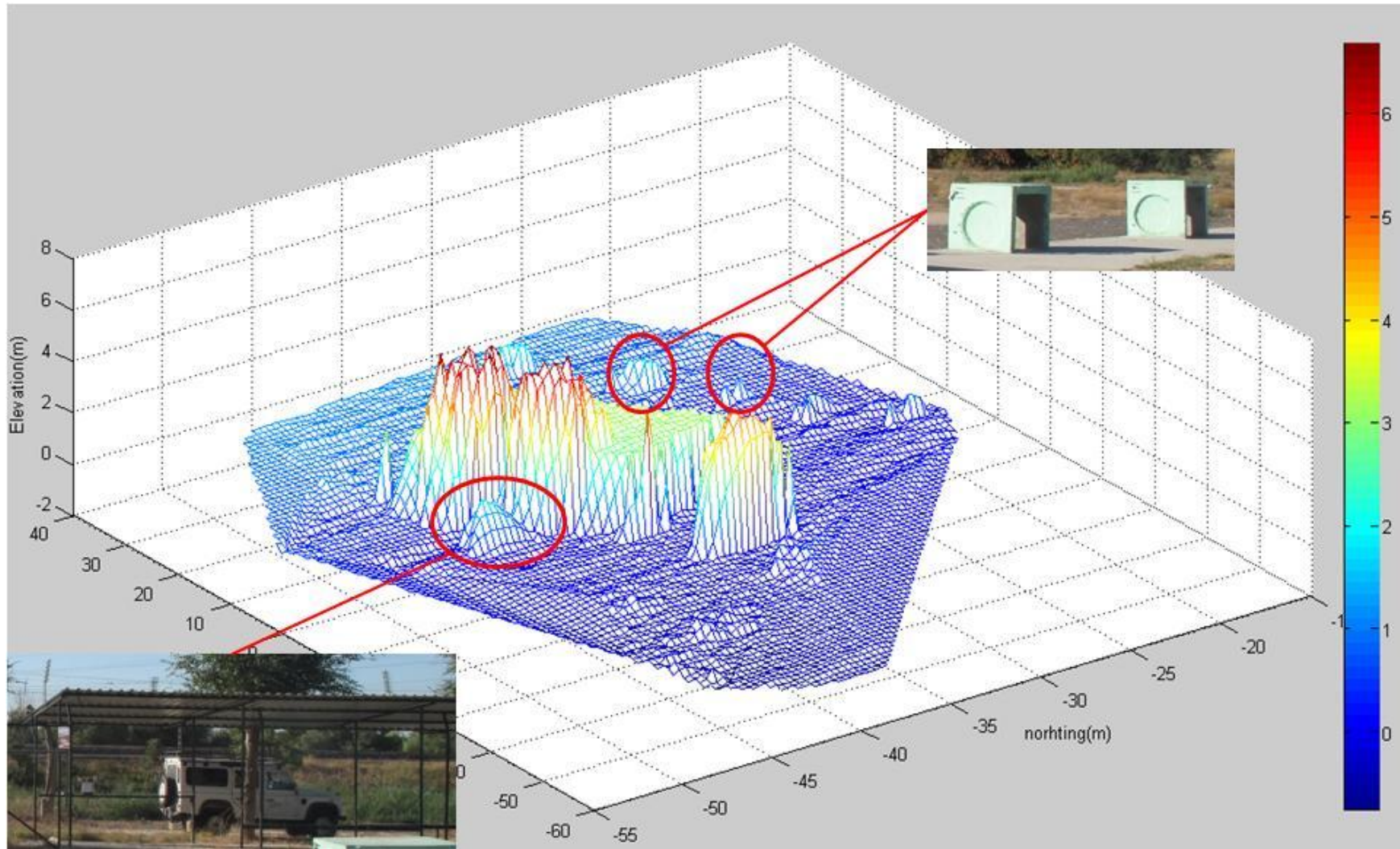


Figura 72. Imagen anterior vista desde otra perspectiva

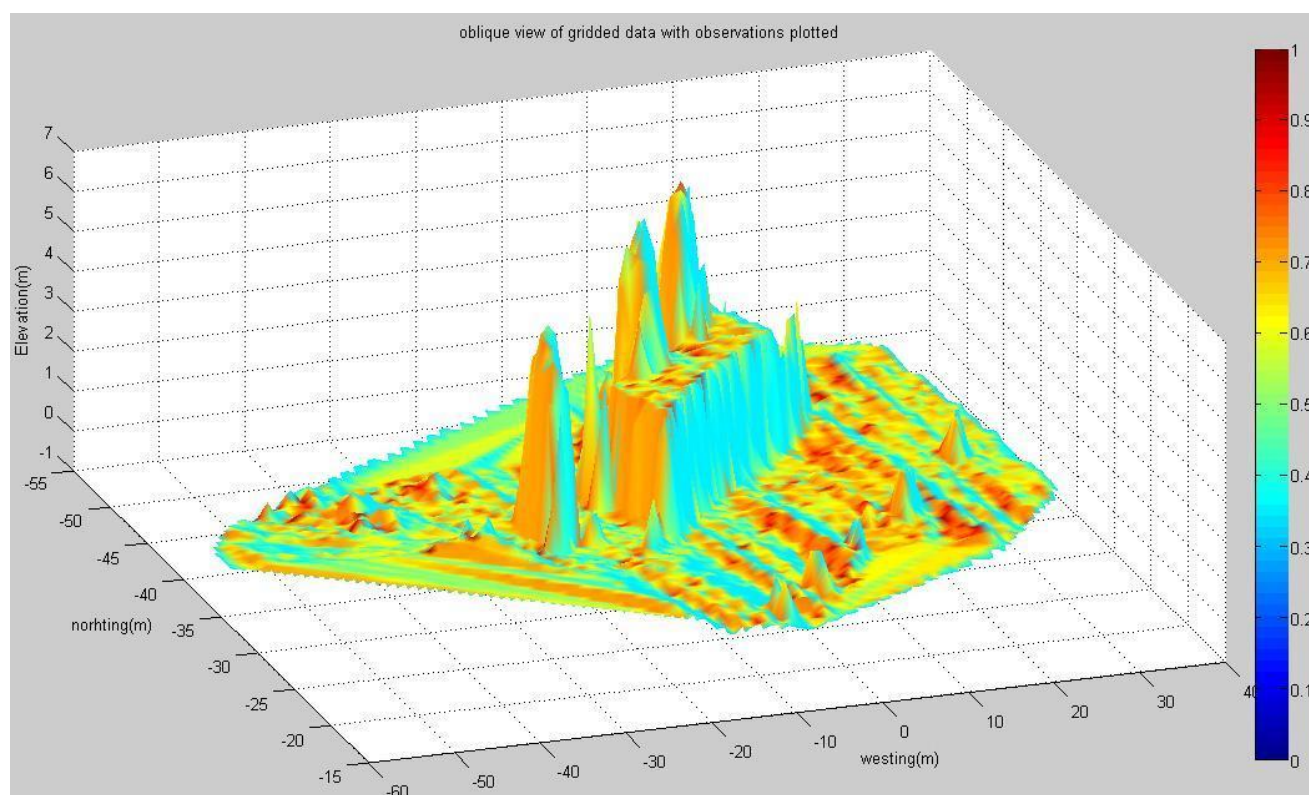


Figura 73. Representación del MDT con una superficie de distintas características

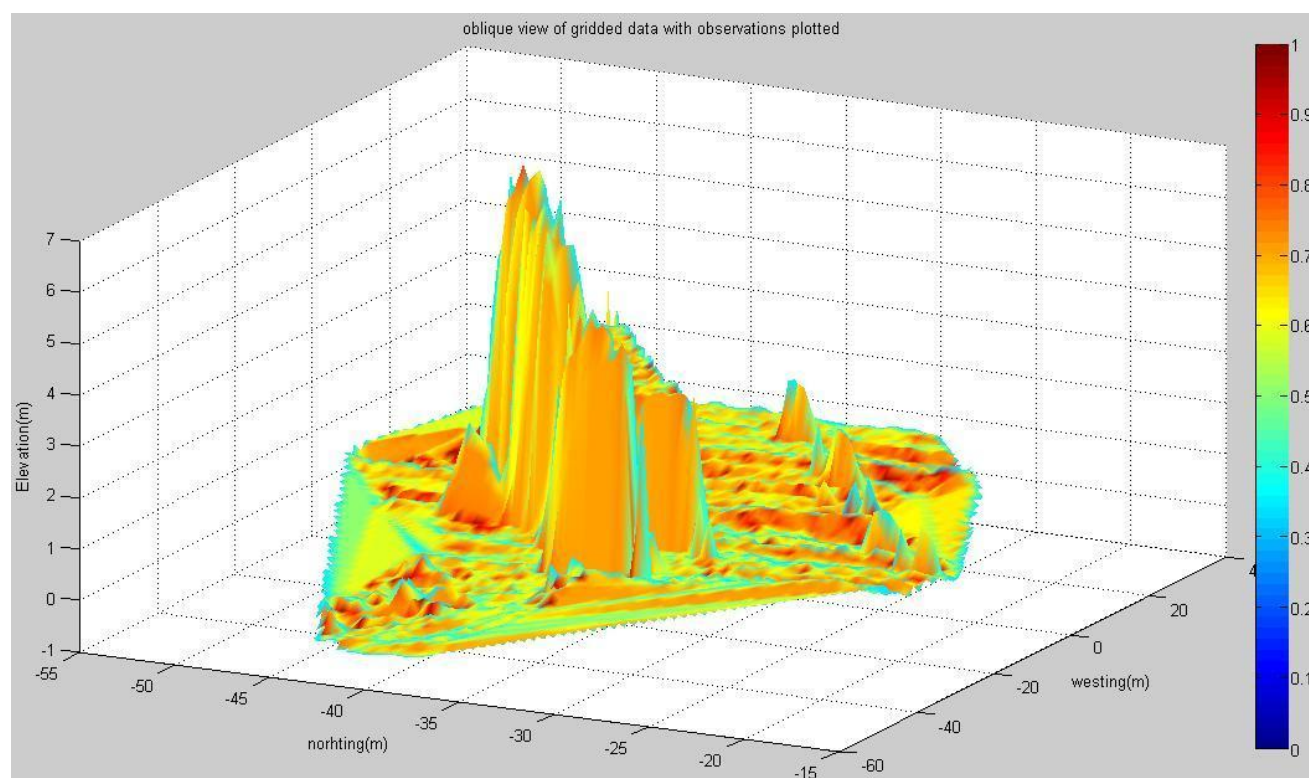


Figura 74. Imagen anterior vista desde otra perspectiva

En la Figura 75 se muestra otra imagen correspondiente al mismo MDT, solo que en ésta se han representado únicamente los puntos, es decir, no se ha generado una superficie a partir de ellos. Esta representación es mejor para apreciar, por ejemplo, las copas de los árboles y otros tipos de superficies que pueden aparecer un poco desvirtuadas cuando se representa la superficie completa del MDT utilizando interpolación. La perspectiva de esta imagen es la misma que en las imágenes anteriores.

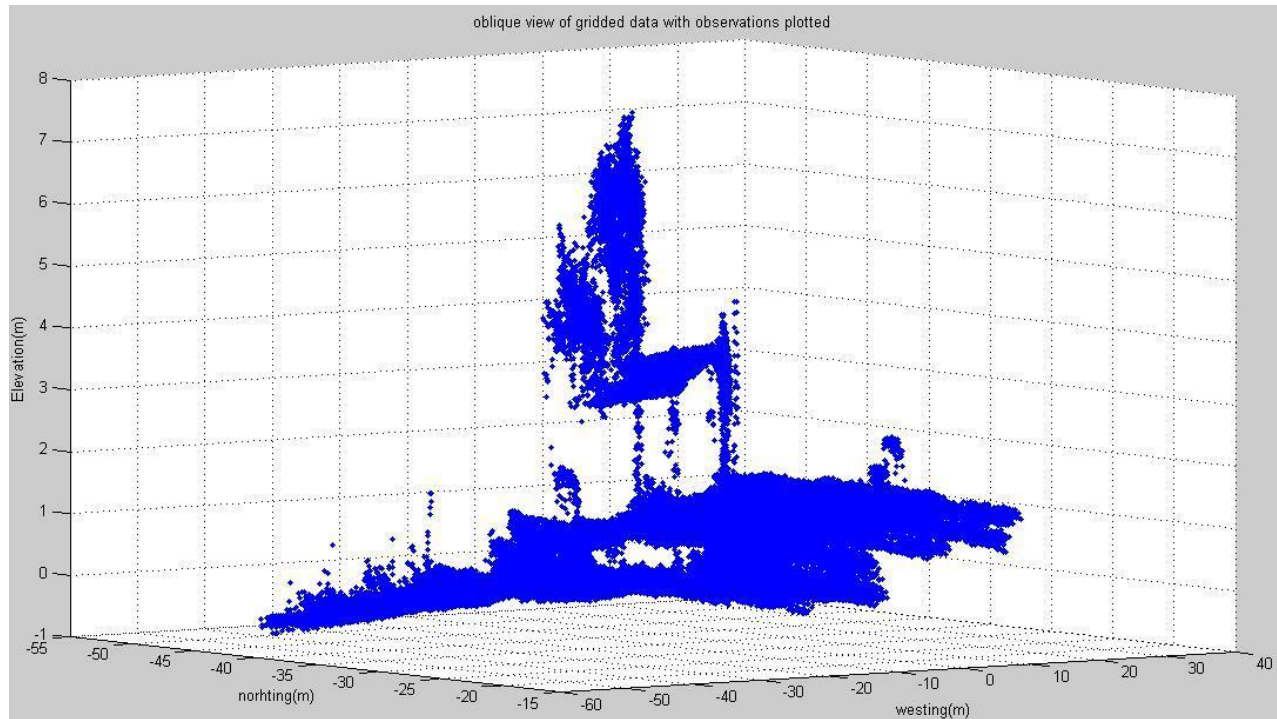


Figura 75. Representación del MDT usando puntos, detalles de las copas de los árboles

Como se ha podido ver en las imágenes anteriores se tienen **dos tipos de representaciones**, las de superficie y las de puntos. En el caso de imágenes generadas únicamente con **puntos** no se tiene la necesidad de generar una malla de distribución homogénea sobre la que levantar las alturas, por lo que los únicos puntos que se representan son los provenientes de la adquisición de datos.

6.2.1. Procedimiento de representación de un MDT de superficie

En el caso de que se vaya a representar el MDT por medio de **superficies** sí se necesita generar, como paso previo, una **malla de puntos homogénea o grid** sobre la que levantar las alturas.

Como es lógico, durante la adquisición de datos no se obtiene una distribución homogénea de puntos de la superficie que se ha escaneado, por esta razón se hace necesario generar esta malla de puntos distribuidos de manera homogénea.

Ésta malla homogénea se tiene que generar a partir de los puntos provenientes de la adquisición de datos, es decir, de la distribución no homogénea. Por este motivo los puntos de esta malla homogénea que se

genere podrán estar colocados en posiciones de la superficie no pertenecientes al conjunto de puntos escaneado, es decir, algunos puntos de la malla homogénea no tendrán una altura asociada. Por esta razón se les asigna una altura calculada a partir de una interpolación de puntos cercanos. Esto puede verse en la Figura 76.

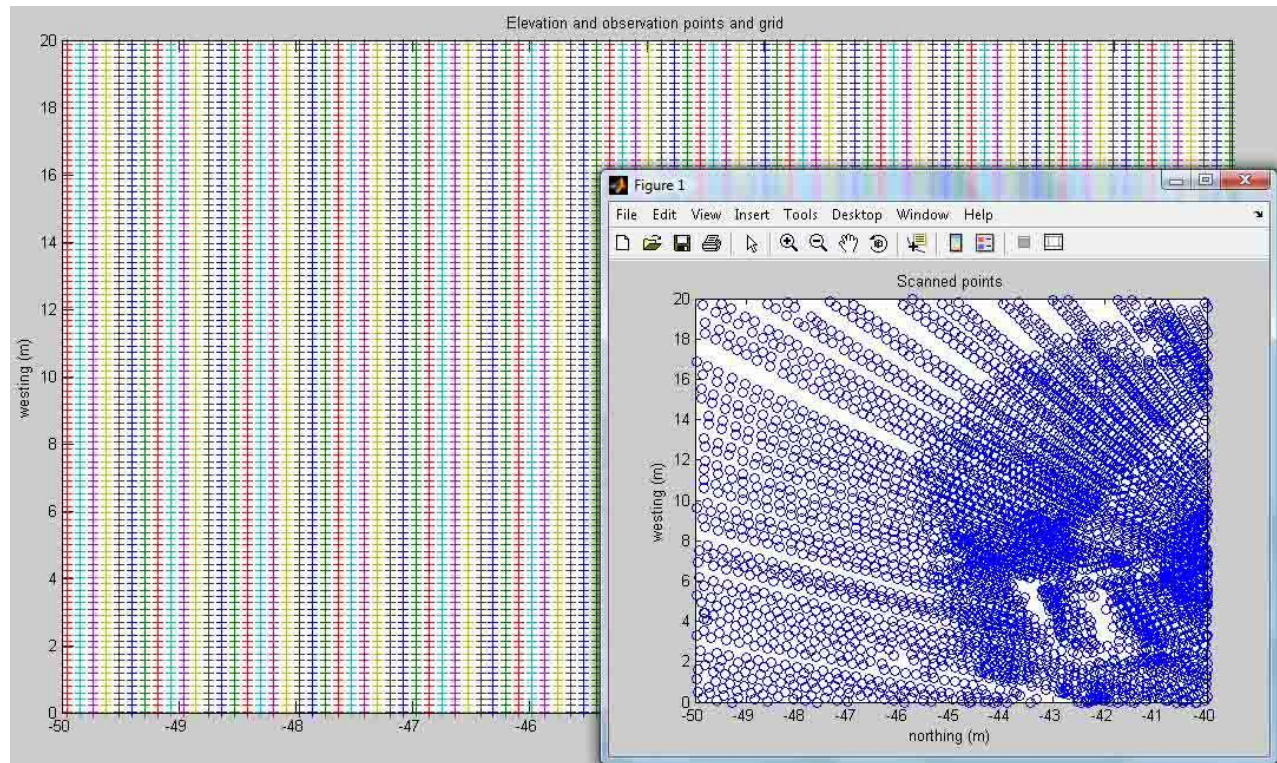


Figura 76. Conjuntos de puntos del *grid* homogéneo generado (izquierda) y los procedentes de la adquisición (derecha abajo)

Para crear la malla homogénea se toma el conjunto de puntos procedentes de la adquisición de datos y se calcula la distancia entre los puntos más distantes en cada una de las dos direcciones horizontales (norte y oeste). Posteriormente se divide tal distancia entre un valor determinado (a criterio del usuario dependiendo de varios factores como resolución de la adquisición de datos, concentración por zonas, etc.), para así determinar el paso entre los puntos contiguos de la malla homogénea, y por tanto el número total de puntos que se tendrá en cada una de las direcciones.

Un ejemplo de la operación que se realiza para generar la malla se describe a continuación, donde **north** es un vector definido en MATLAB que recoge todas las coordenadas del eje que apunta al norte. Se recuerda que para representar el MDT las coordenadas de los puntos de la superficie se expresan en un sistema de coordenadas *n-frame* con la configuración NWU (*North-West-Up*). Se calcula la distancia entre las coordenadas mayor y menor correspondientes al eje norte (Figura 77) y se divide esta distancia entre una cantidad determinada, que en el caso de este ejemplo es 100. Aparte se le calcula el valor absoluto al resultado anterior como puede verse en la expresión [17]. *North_step* representa entonces el paso que existirá entre dos

valores contiguos de la malla de puntos homogénea en la dirección del eje del sistema de coordenadas que apunta al norte. En la expresión [18] se genera de forma lineal el vector n , con la distancia entre puntos dada por $north_step$. El vector n contiene pues los valores que va a tomar la coordenada correspondiente al eje que apunta al norte. Las expresiones [17] y [18] provienen de instrucciones del lenguaje de programación propio de MATLAB y no se corresponden con expresiones matemáticas formales.

$$north_step = abs((\min(north) - \max(north))/100) \quad [17]$$

$$n = \min(north):n_step:\max(north) \quad [18]$$

Se hace lo análogo con la dirección oeste del sistema de coordenadas $n-frame$ en el que se va a representar el MDT. Una vez que se tienen ambos vectores generados se utiliza la función **griddata** de MATLAB para generar la malla homogénea sobre la que se levantarán las alturas, la cual proporciona las coordenadas de los puntos que corresponden a esta malla homogénea.

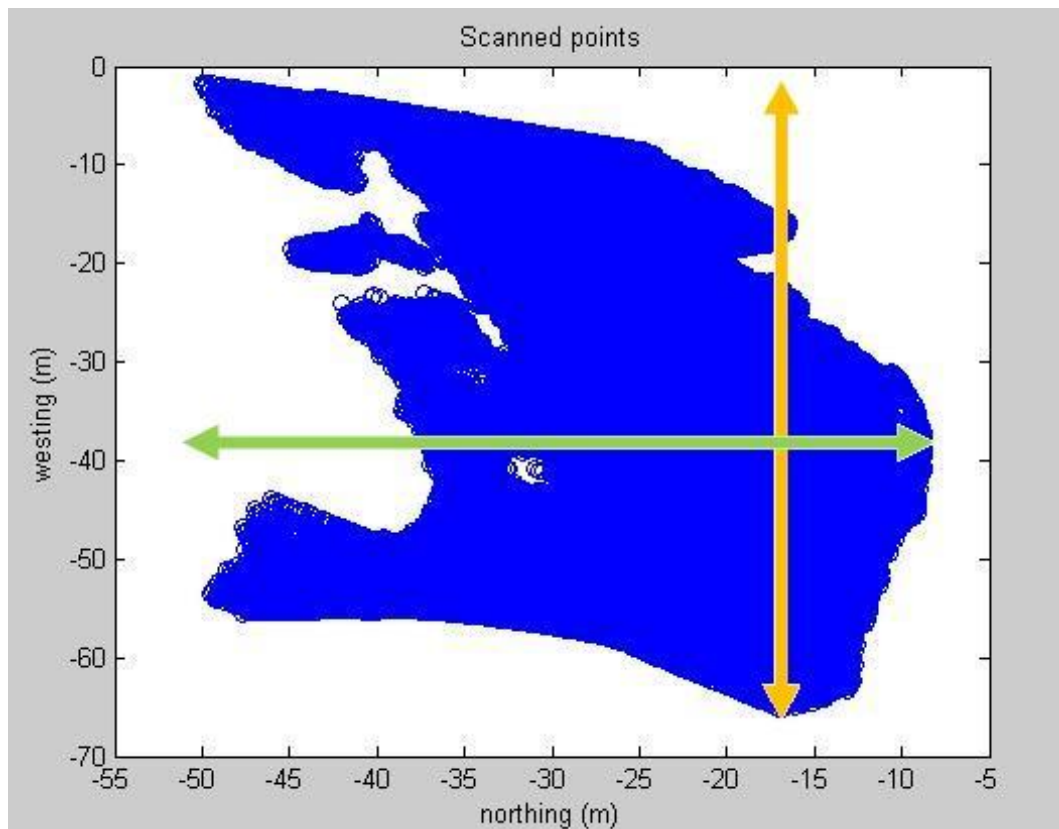


Figura 77. Valores máximos y mínimos en las direcciones north (verde) y west (naranja) para la generación del grid

En el caso de que se utilice como divisor en [17] un valor mayor que 100, se tendrá un valor más pequeño para $north_step$ y también para el caso de la dirección oeste, lo que dará lugar a una mayor densidad de puntos en la superficie del MDT representado. Esto se aprecia en la Figura 78 y en la Figura 79, en las cuales

el escenario representado es el mismo que el de figuras anteriores de este mismo capítulo como son la Figura 71 y la Figura 72, donde aparecen la casetilla y los árboles.

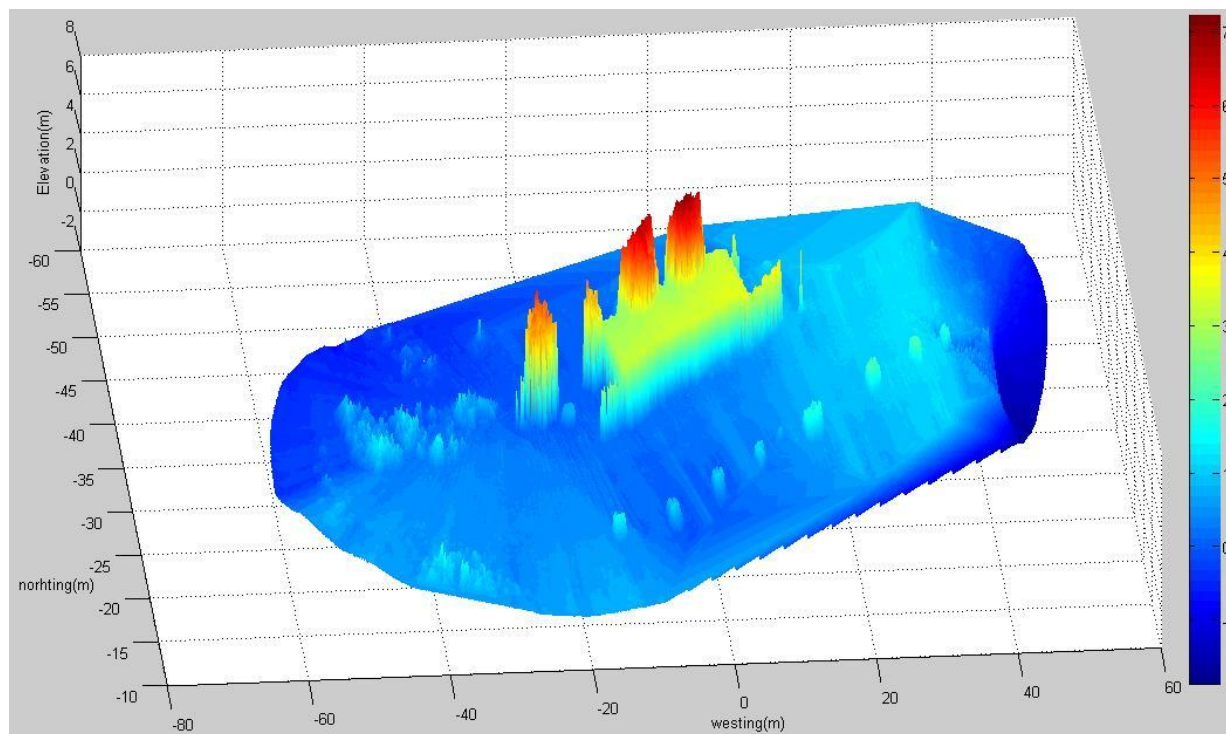


Figura 78. Representación del MDT con más densidad de puntos (I)

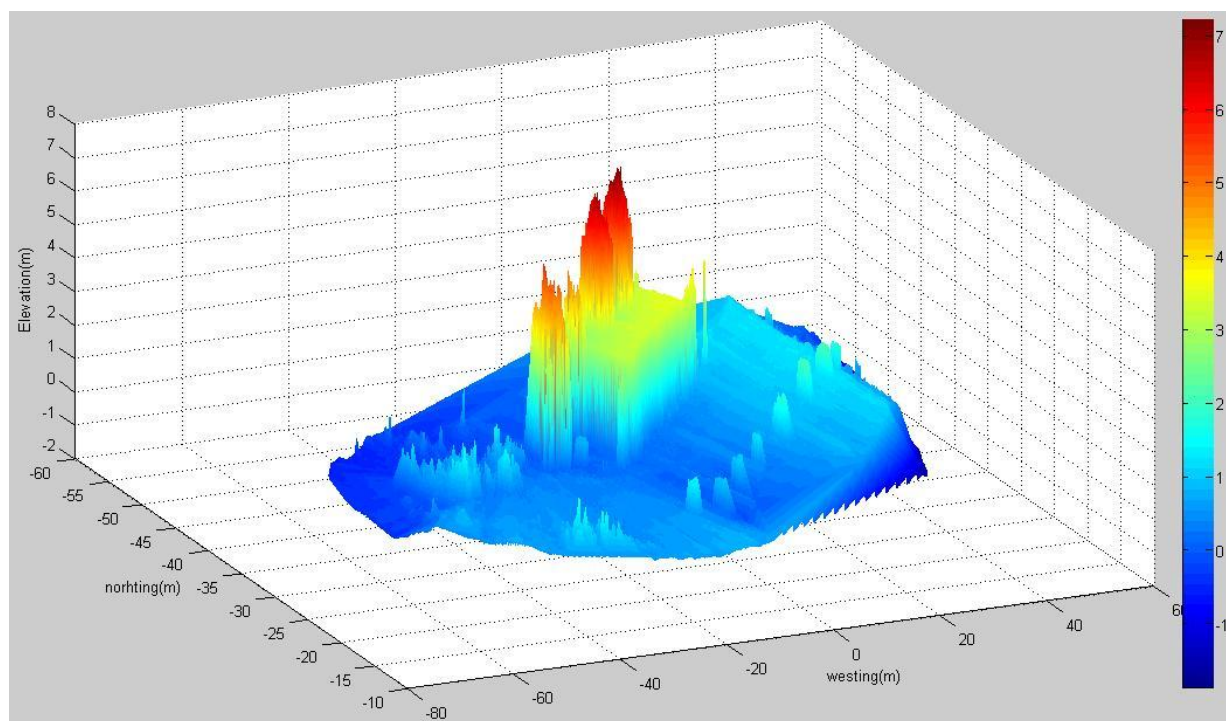


Figura 79. Representación del MDT con más densidad de puntos (II)

Es posible representar la trayectoria de la aeronave sobre los MDT, de manera que se aprecien los movimientos que ha realizado ésta durante el transcurso de la adquisición de datos. En la Figura 80 se representa una parte de la trayectoria de vuelo junto con el aterrizaje, en el mismo escenario que las imágenes anteriores.

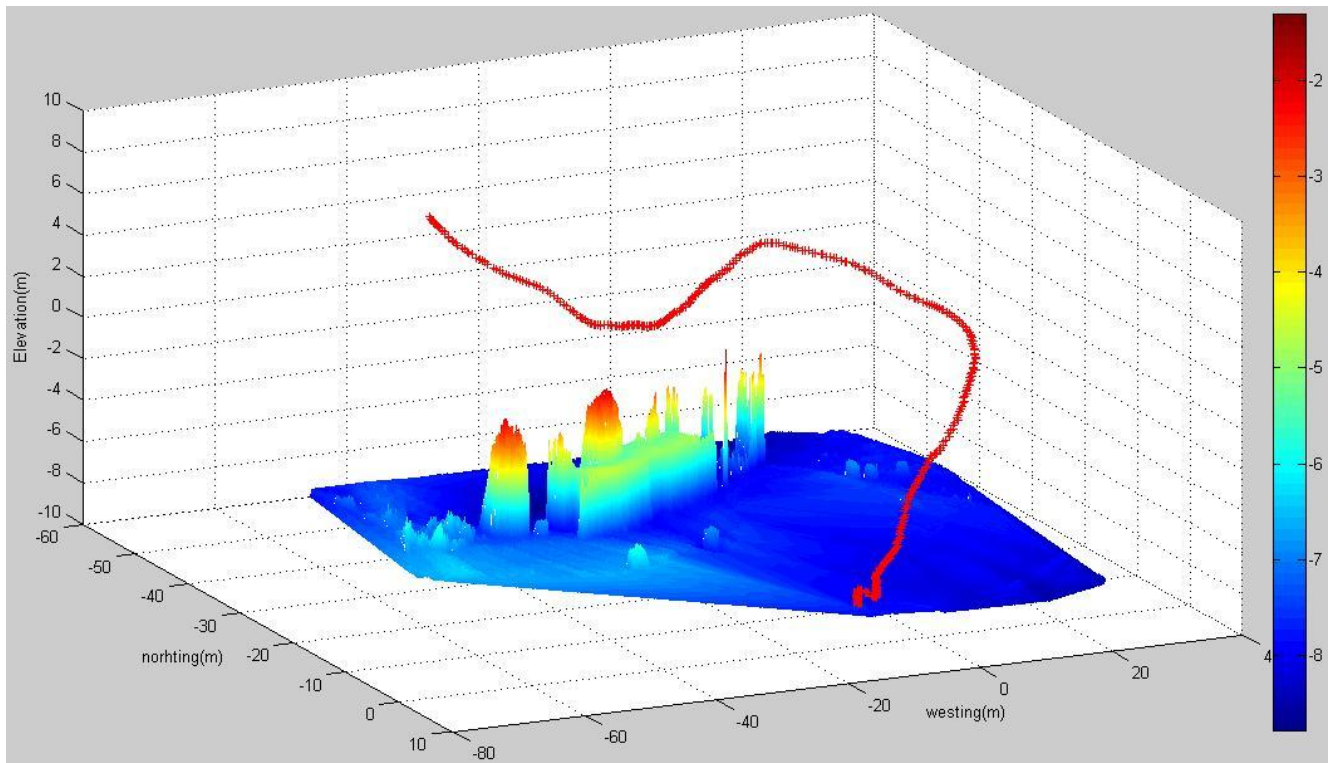


Figura 80. Representación del MDT junto con la trayectoria de la aeronave (I)

6.2.2. Imágenes de otros MDT

6.2.2.1. Aerópolis – Parque Tecnológico Aeroespacial de Andalucía



Figura 81. Imagen por satélite de la situación de otra prueba de adquisición de datos⁸



Figura 82. Imagen por satélite de la situación de otra prueba de adquisición de datos (detalle)⁸

⁸ Fuente: Google Maps - © 2011 Google

La Figura 81 y la Figura 82 son imágenes por satélite obtenidas mediante *Google Maps*, y representan el entorno en el que se llevó a cabo otro de los vuelos de adquisición de datos. El escenario corresponde al **Parque Tecnológico Aeroespacial de Andalucía, Aerópolis**.

La zona sobre la que se realizó la adquisición de datos, la cual se representa más adelante en el MDT, se corresponde aproximadamente con el interior del rectángulo naranja de la Figura 82. La flecha roja que aparece simplemente es una indicación para que sea más fácil encontrar las semejanzas entre las fotografías y las imágenes correspondientes al MDT generado.

El MDT correspondiente a este escenario aparece en la Figura 83, en el cual se aprecia, a la derecha de la imagen, una zona plana que representa el asfalto de la calle y la acera. Justo a la izquierda y junto a la zona plana aparece una línea de árboles y arbustos. Más a la izquierda se aprecia el desnivel del canal y al otro lado del canal se aprecian algunos árboles más.

La zona roja de la izquierda de la imagen aparece desvirtuada, es decir, no representa con fidelidad los edificios que hay a ese lado del canal, esto es debido a que durante el proceso de adquisición de datos no se obtuvo suficiente información de las paredes y techo de los edificios que ahí se levantan. Entonces, el hecho de tener pocas coordenadas o puntos de esta zona ha provocado que el proceso de interpolación de los mismos deforme la imagen real, ya que las coordenadas de las que se tiene información en ese área en cuestión están muy separadas en superficie y altura.

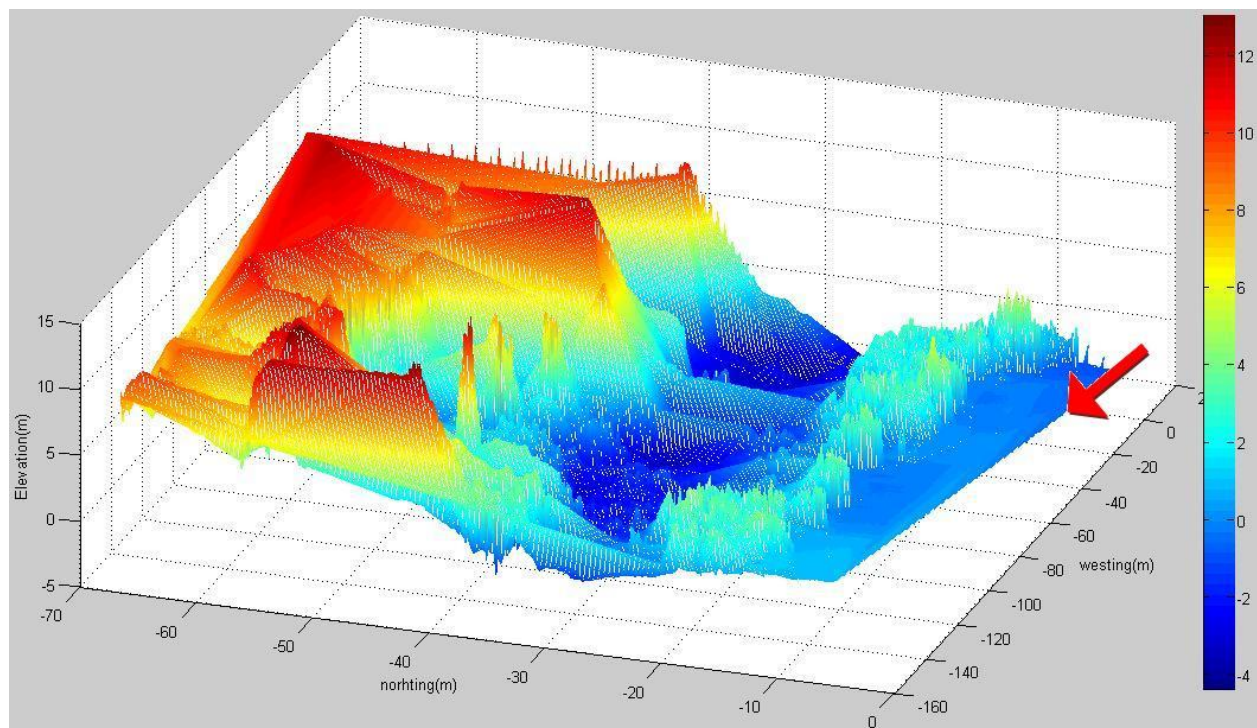


Figura 83. MDT de la calle Juan Olivert perteneciente a AERÓPOLIS y el canal que lo atraviesa

En las Figura 84 se muestra una fotografía tomada desde el asfalto, en la que se aprecian detalles de la misma, como un árbol, una farola y una papelerera. En la Figura 85 se ve el MDT correspondiente, usando representación por puntos, con los mismos detalles.

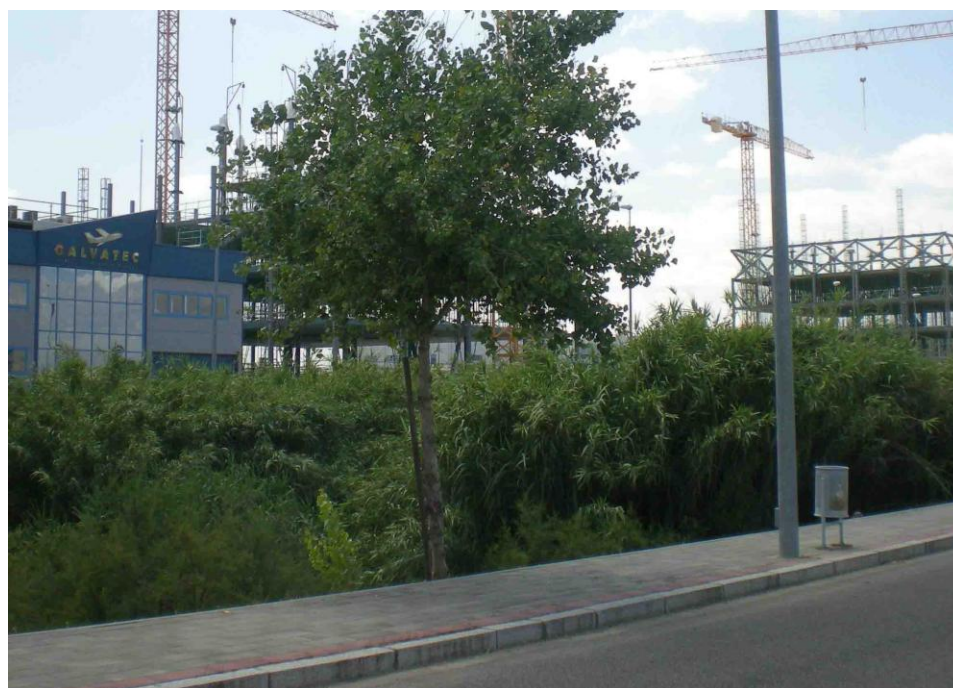


Figura 84. Fotografía de la calle Juan Olivert (detalle de árbol, farola y papelerera)

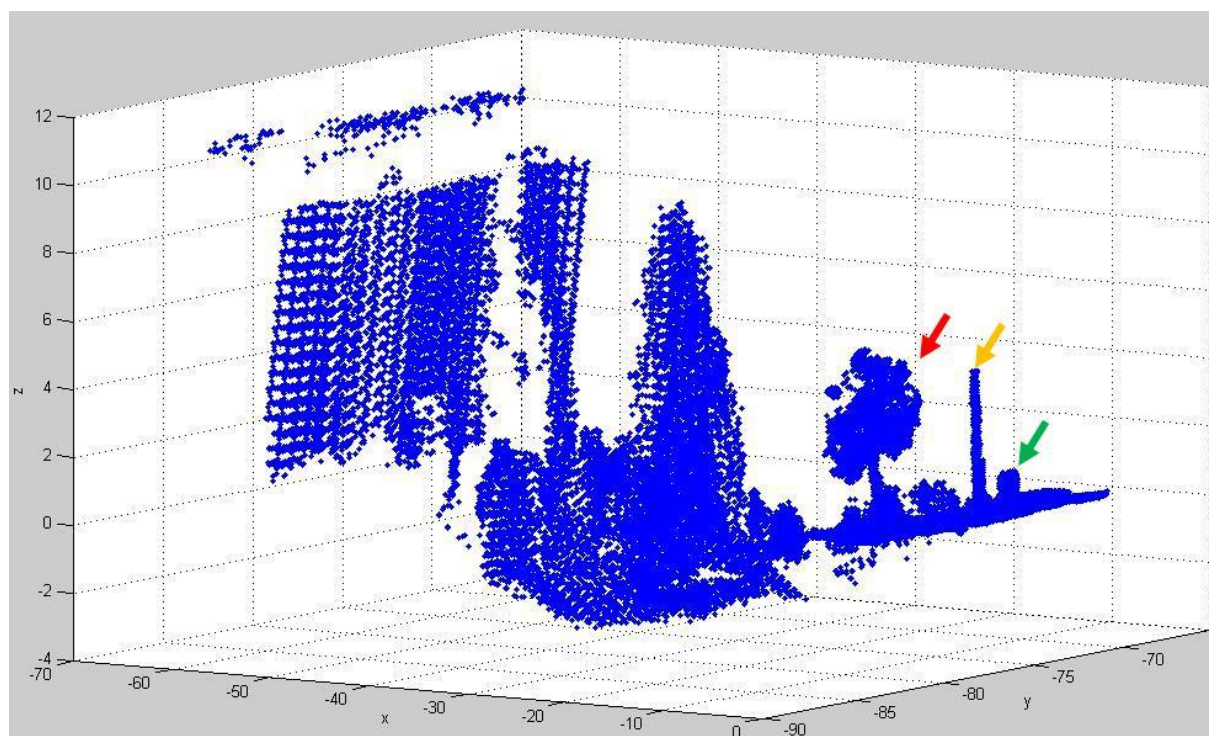


Figura 85. Detalle del MDT anterior con árbol (rojo), farola (naranja) y papelerera (verde) (I)

En la Figura 85 se ven un árbol perteneciente al acerado, el poste de una farola y a la derecha de ambos una papelera. A la izquierda se aprecia la pared de uno de los edificios que hay al otro lado del canal. En la Figura 86 se representa el mismo MDT desde otro ángulo, pudiendo apreciar el desnivel del canal y la pared del edificio de la izquierda. A la derecha a su vez, se siguen distinguiendo el árbol, la farola y la papelera.

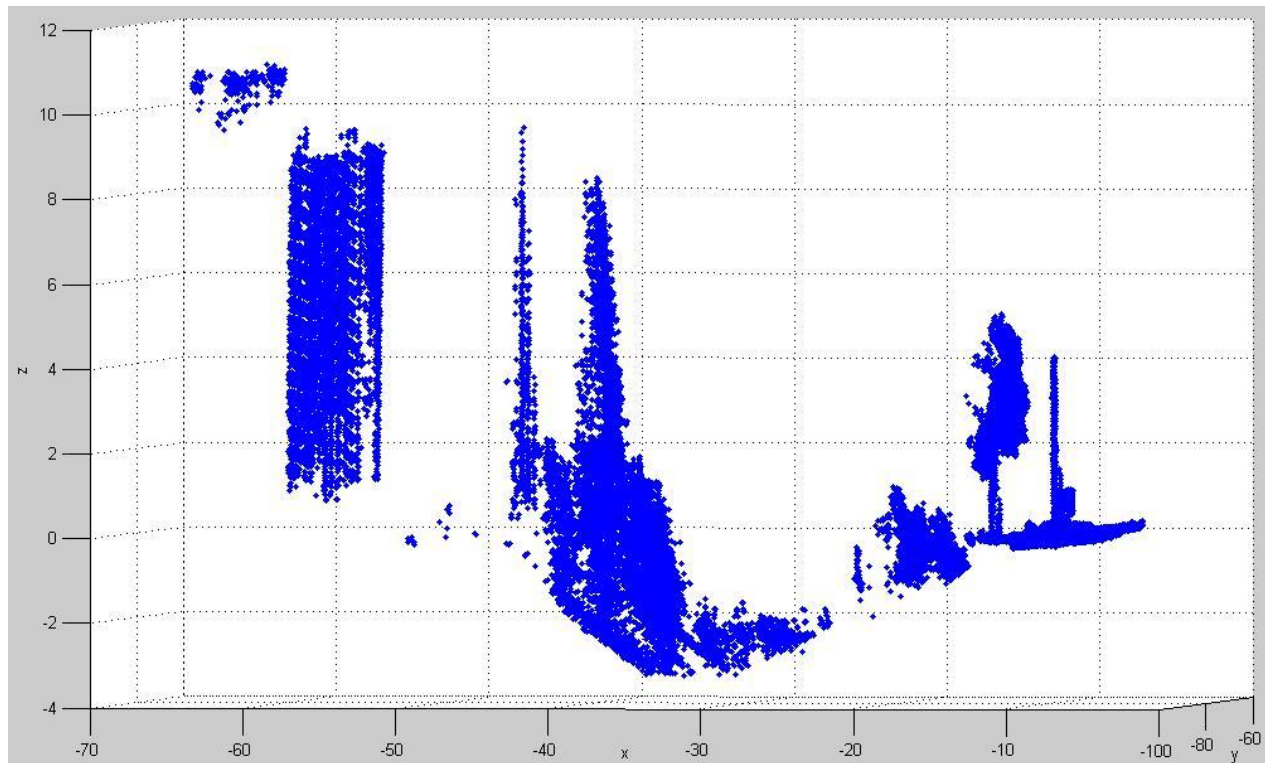


Figura 86. Detalle del MDT anterior mediante representación por puntos (árbol, farola y papelera) (II)

6.2.2.2. Alrededores de la pista del club de aeromodelismo RC Saeta

Se realizaron más vuelos de adquisición de datos en la pista de aeromodelismo del club RC Saeta, en los alrededores de la casetilla mostrada en imágenes anteriores. En este caso los vuelos cubrieron un área mayor pudiendo así generar MDTs de más superficie, como los que se muestran más adelante.

Para facilitar la comparación entre la fotografía (Figura 87) de la zona y el MDT generado se han marcado en ambas figuras y con letras rojas los puntos clave de la zona. Los puntos marcados son, la casetilla (A), la pista en el punto de despegue de la aeronave (B), árboles de la esquina noroeste de la finca y montículo visible en la foto (C) y elevación del terreno en la parte este y alineado con la pista (D). Ésta última no aparece en la fotografía y por desgracia no se tienen fotografías aéreas en las que se pueda apreciar.

La Figura 88, la Figura 89 y la Figura 90 muestran los MDTs de la zona desde distintos puntos de vista. La Figura 91 incluye también los detalles de la trayectoria de la aeronave.



Figura 87. Vista aérea de la pista de aeromodelismo y la casetilla⁹

⁹ Fuente: www.rcsaeta.es

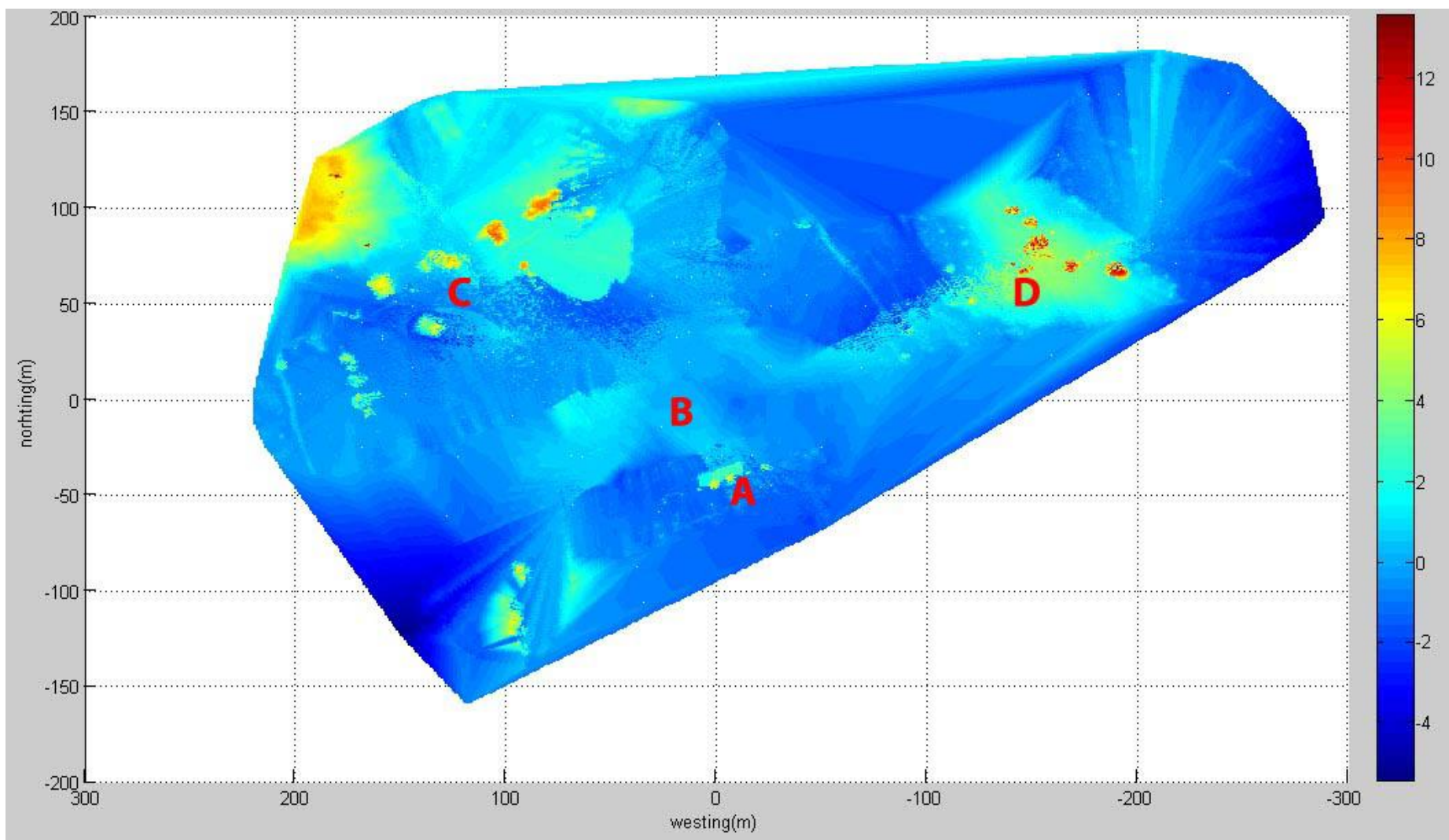


Figura 88. MDT de la pista de aeromodelismo visto desde arriba

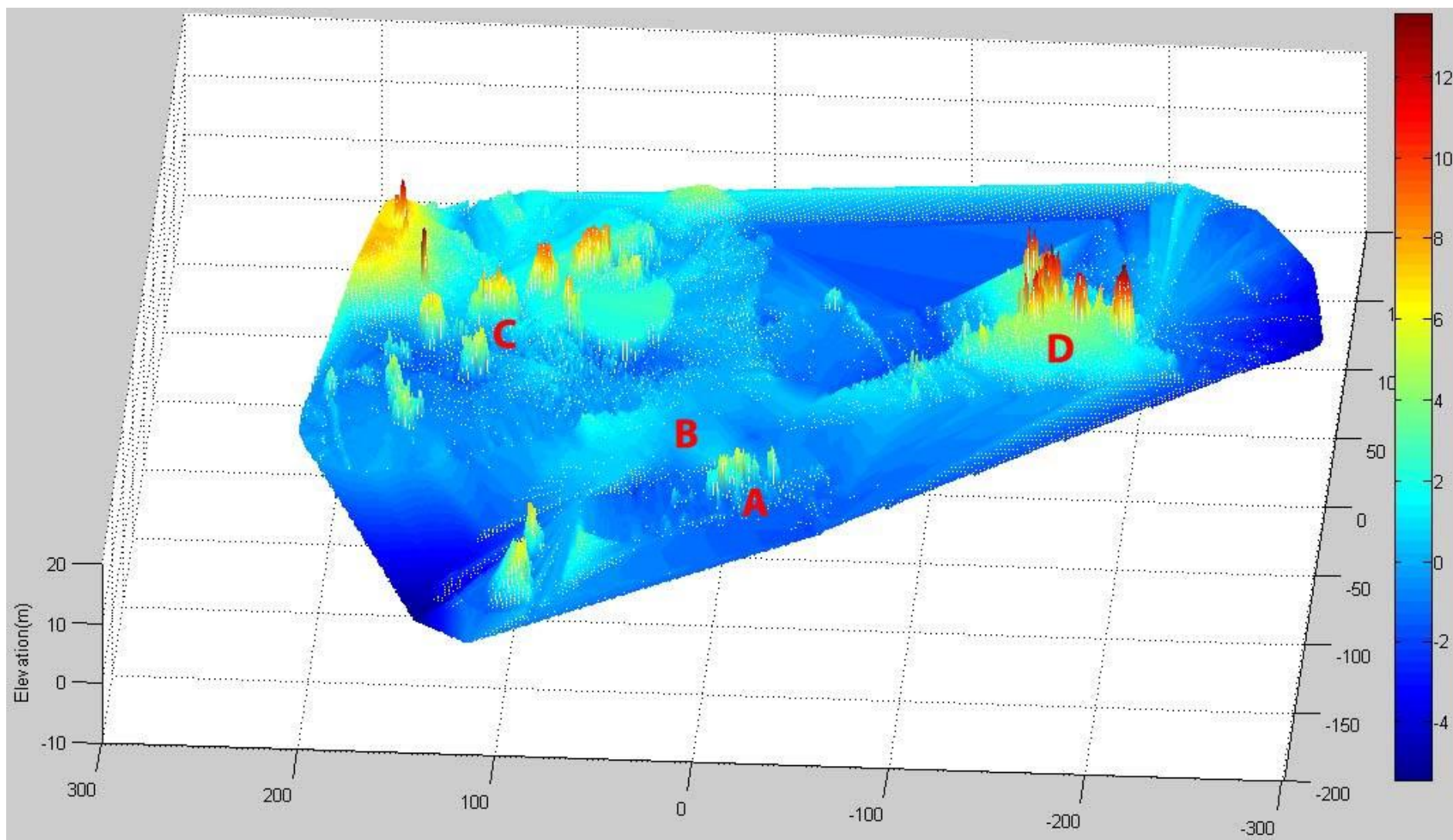


Figura 89. MDT de la pista de aeromodelismo (I)

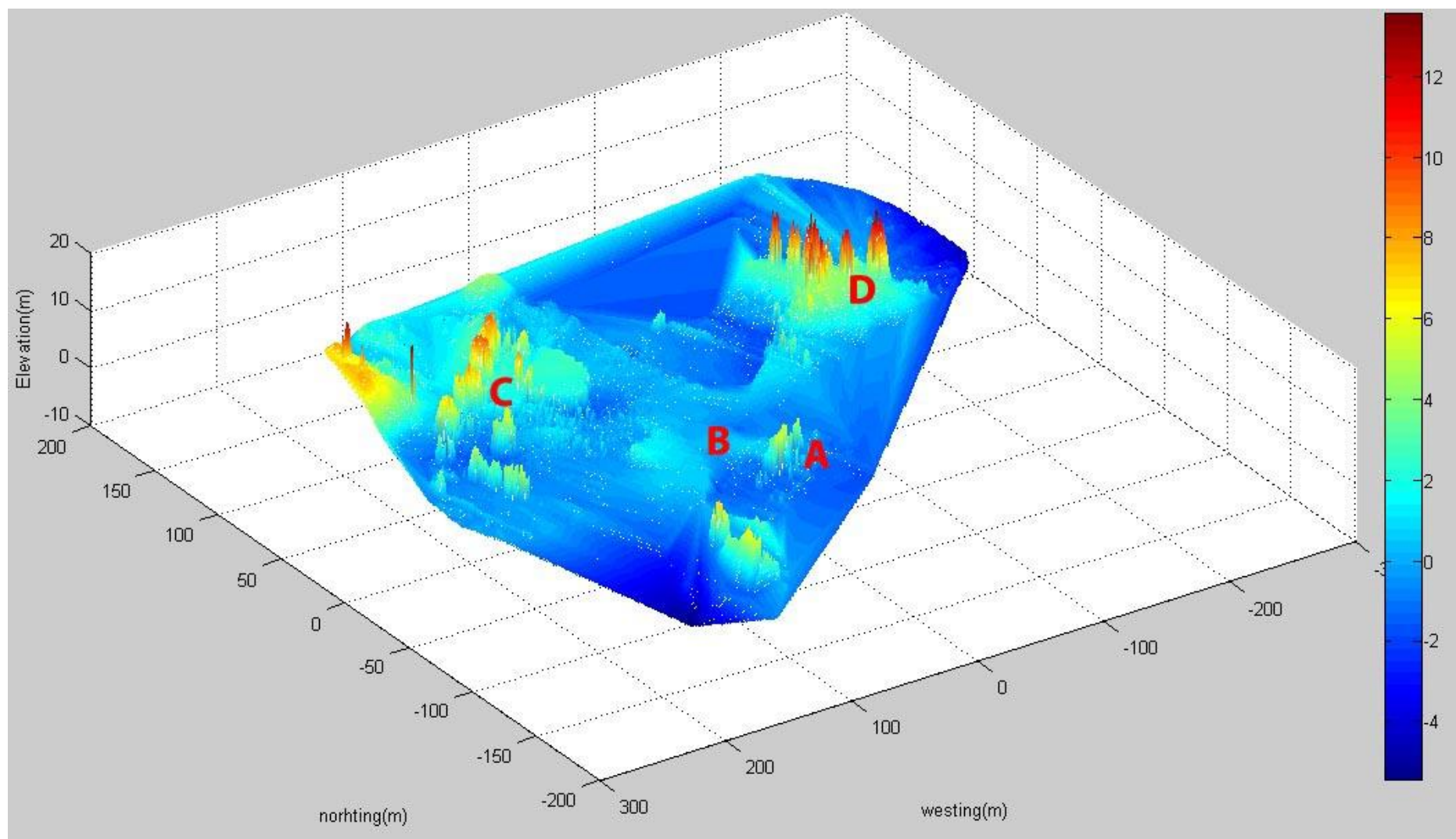


Figura 90. MDT de la pista de aeromodelismo (II)

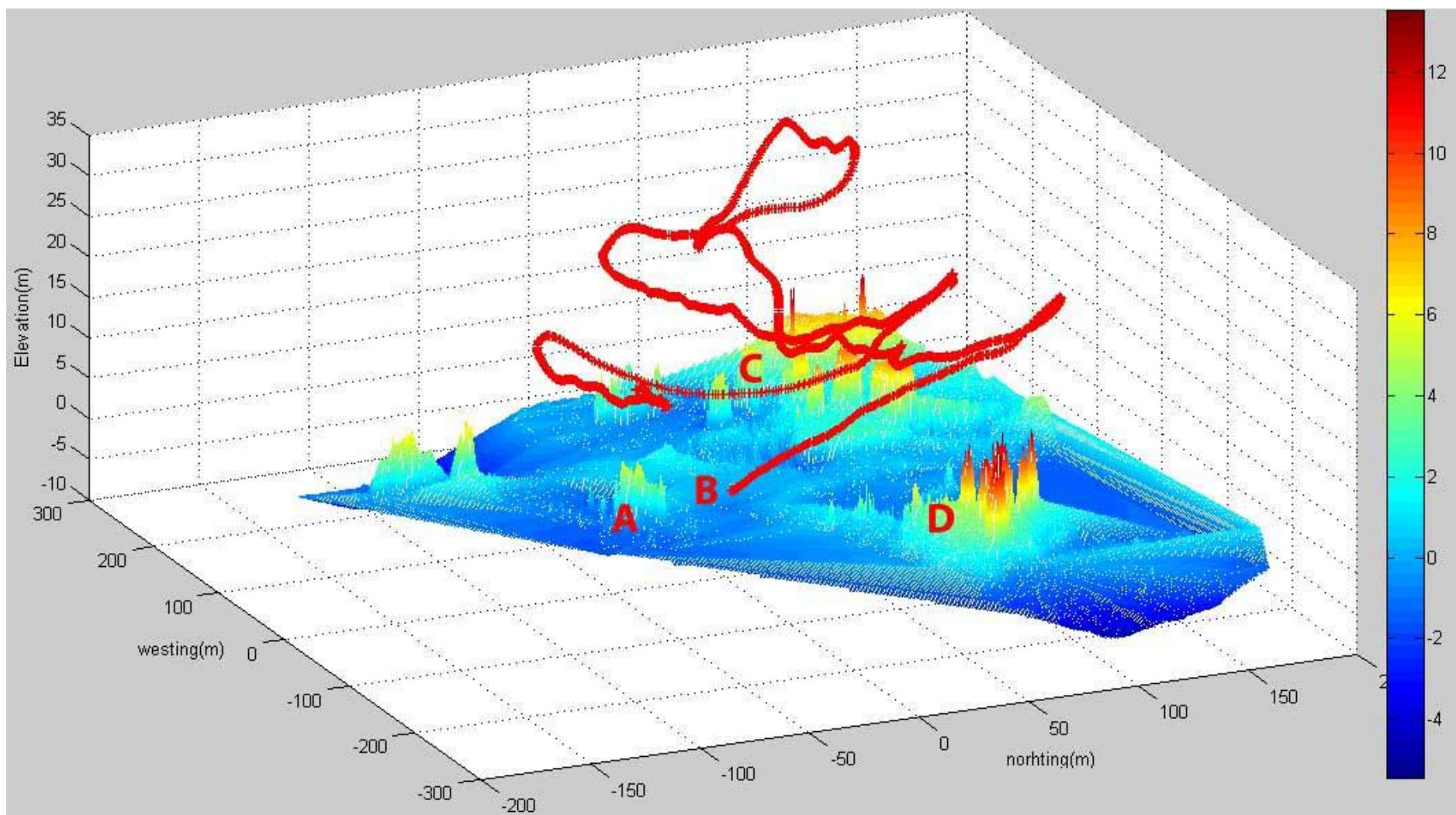


Figura 91. MDT de la pista de aeromodelismo junto con la trayectoria de vuelo

6.2.3. Pseudocódigo

En el anexo de este mismo documento se adjuntan diagramas de flujo que representan el pseudocódigo de esta parte del software, correspondiente a la representación de los datos.

6.3. Precisión de los MDT generados

Viendo los MDT que se han mostrado a lo largo de este documento es fácil darse cuenta de la similitud que hay entre éstos y las fotografías de los escenarios representados. Sin embargo, es lógico preguntarse hasta qué punto éstos MDT representan la realidad y si los elementos que aparecen están colocados en las coordenadas que realmente ocupan. Cuando se habla de la **precisión de un MDT** se hace referencia a la precisión de las **coordenadas** que lo componen. A continuación se presentan las principales fuentes de error que afectan al sistema diseñado y a los MDTs que se generan con el mismo. Aparte de lo que se describe en este apartado, anteriormente ya se comentaron algunos factores que influyen en el funcionamiento de los dispositivos y que por lo tanto afectan también a la precisión de las coordenadas del MDT como por ejemplo en el apartado 3.2.7.

Generalmente, el método utilizado para conocer la fidelidad de los modelos digitales del terreno es la comparación con otras **técnicas de posicionamiento de gran precisión**. Para esto se escoge un conjunto de puntos de referencia del escenario en el que se realiza la adquisición de datos y se toman medidas de gran precisión de las coordenadas de esos puntos, por ejemplo las coordenadas de algún elemento del terreno destacado como un árbol, una antena u otros. Una vez generado el MDT de la zona, las coordenadas de éste que se corresponden con los puntos de referencia se comparan con las proporcionadas por las mediciones de gran precisión. En base a esto se estima el error cometido en los MDTs generados con la tecnología LIDAR.

En los vuelos de adquisición de datos se llevados a cabo en este proyecto **no se han utilizado técnicas de posicionamiento de gran precisión para determinar las coordenadas de puntos de referencia**, debido a que el equipo con el que se trabajó no incluía otros dispositivos de posicionamiento de precisión mayor que la propia del MTi-G. El objetivo principal del proyecto ha sido conocer el comportamiento del prototipo de un sistema basado en tecnología LIDAR de pequeñas dimensiones que se utiliza para generar MDTs. Un estudio detallado de la precisión de los MDTs generados con el mismo queda pendiente para **futuros desarrollos**.

Los factores que influyen en la precisión de las coordenadas de un MDT son numerosos y variados. En primer lugar están los propios errores que introducen los dispositivos, el LD-MRS y el MTi-G. Éstos son los principales responsables de la precisión de las coordenadas. En segundo lugar, las condiciones del entorno en

el que se realiza la adquisición de datos también influyen en el MDT, como por ejemplo las condiciones atmosféricas, el tipo de terreno, la existencia de vegetación densa, y otras.

En particular, la fuente de error más importante proviene del MTi-G. Como ya se ha explicado anteriormente, éste dispone de un receptor **GPS no diferencial** que proporciona información de la posición con un **error estimado de ± 2.5 m**. El error cometido en las coordenadas de los MDT generados se ven influidas por este error. El error que introduce el LD-MRS es muy inferior al del MTi-G, ya que es del orden de 0,1 m, por lo tanto el error en las coordenadas que proporciona el LD-MRS queda oculto bajo el error del MTi-G.

Durante el procesamiento de las coordenadas que se realiza para expresarlas con respecto al **sistema de coordenadas de representación** también se ha visto que se realizan algunas **aproximaciones**. Como ya se ha comentado, el sistema de representación elegido es un sistema de coordenadas de navegación o *n-frame*, el cual se puede definir en cada punto de la superficie terrestre y utiliza una linearización de la superficie terrestre mediante el plano tangente local o LTP (*Local Tangent Plane*). La documentación proporcionada por el fabricante del MTi-G recomienda representar las coordenadas utilizando este tipo de sistema de coordenadas, teniendo la precaución de escoger el origen del mismo lo más cercano posible a las coordenadas que se van a representar. Esto se traduce en que el vuelo de adquisición de datos debe realizarse en un área no muy extensa, ya que así el **error de linearización es despreciable**. Esto ha sido tenido en cuenta durante la adquisición de datos para minimizar esta fuente de error.

Durante el la **representación del MDT** puede ser necesaria realizar una **interpolación** para dar valores a las alturas de algunas de las coordenadas. Esto ocurre en los casos en los que el MDT se representa mediante una superficie y entran en juego en la representación del MDT coordenadas que no pertenecen al conjunto de los puntos de la superficie de los que se tiene información. Cuando esto ocurre es necesario definir una red de puntos homogéneamente distribuidos, para luego representar las alturas de los mismos. Es obvio que durante la adquisición de datos las coordenadas que se obtienen no están homogéneamente distribuidas por lo que, cuando se crea la red de puntos homogénea en el plano horizontal en MATLAB (tal y como se vio en la Figura 76), algunos de ellos no tendrán información de la coordenada vertical asociada (altura) y sólo se le puede proporcionar un valor de altura aproximada proveniente de la interpolación de alturas de coordenadas próximas.

Cuando la densidad de puntos provenientes de la adquisición de datos es alta, esta interpolación no presenta problemas, sin embargo, cuando no se tiene una densidad de puntos adecuada, como por ejemplo puede ocurrir en los extremos del rango del radar láser, puede llegar a desvirtuarse el MDT y representar superficies que no son como tales (Figura 83).

Cuando la representación se hace mediante puntos esto no afecta, ya que no se lleva a cabo ningún proceso de interpolación, y las coordenadas representadas son únicamente las adquiridas durante el vuelo.