

# **DIELMO 3D S.L.**

**D**igital **E**levation **M**odels



**DIELMO 3D S.L.**

[dielmo@dielmo.com](mailto:dielmo@dielmo.com)

---

Parque tecnológico de Paterna, Av.Benjamín Franklin N°12, 46980 Paterna, Valencia (Spain)

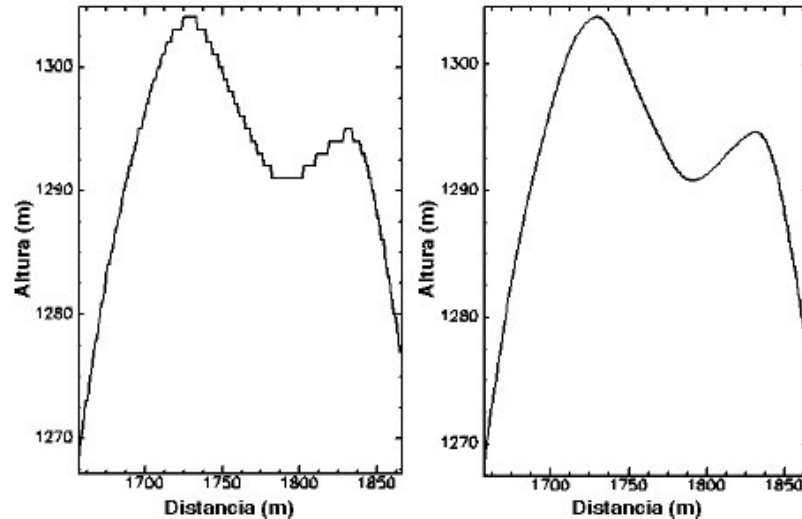
## Método de interpolación de alta calidad:

Para la producción del MDE, utilizamos un método de interpolación completamente nuevo, desarrollado por DIELMO 3D S.L., que no está basado en triangulación y no tiene nada que ver con los que se vienen utilizando hasta el momento. Sus principales características son:

- Bajo coste computacional, por lo que no tiene ninguna limitación en el número de puntos de entrada ni en el tamaño del fichero final, pudiendo generar MDE a partir de millones de puntos xyz y de muy alta resolución espacial. Esta es una gran ventaja frente a otros métodos de interpolación cuyo coste computacional es no lineal, lo que provoca que el ordenador se quede sin memoria cuando se pretenden calcular modelos a partir de muchos puntos de entrada.
- Utiliza todos los puntos de las curvas de nivel. Los algoritmos basados en triangulación hacen una selección de puntos para que aparezcan menos errores en la interpolación (errores típicos de la triangulación) y para reducir el coste computacional. El método de interpolación utilizado por DIELMO rasteriza las curvas de nivel, de esta forma se parte de curvas cerradas, usando toda la información que en ellas se encuentra.
- No redondea las alturas. Normalmente todos los algoritmos de interpolación redondean los valores de altura a 1m. De hecho los formatos estándar de modelos digitales del terreno trabajan con números enteros. Esto produce escalones, sobre todo cuando trabajamos con alta resolución espacial y en zonas donde la diferencia de alturas es pequeña. Por esta razón, nosotros entregamos nuestros MDE en formato binario float32 sin redondear (con todos los decimales).

En la figura 1 podemos ver un perfil horizontal de una parte del modelo. En la derecha tenemos los datos originales y en la izquierda hemos representado los mismos datos pero redondeados a 1m.

Figura 1.- Perfil horizontal de un MDE redondeado y sin redondear (producto ofrecido por DIELMO).



El efecto del redondeo que vemos en la figura 1, hace que no se pueda tener mucha precisión en el estudio del recorrido del agua en zonas donde la variación de alturas es pequeña. Además este efecto también se aprecia en el cálculo de la iluminación del modelo (figura 2).

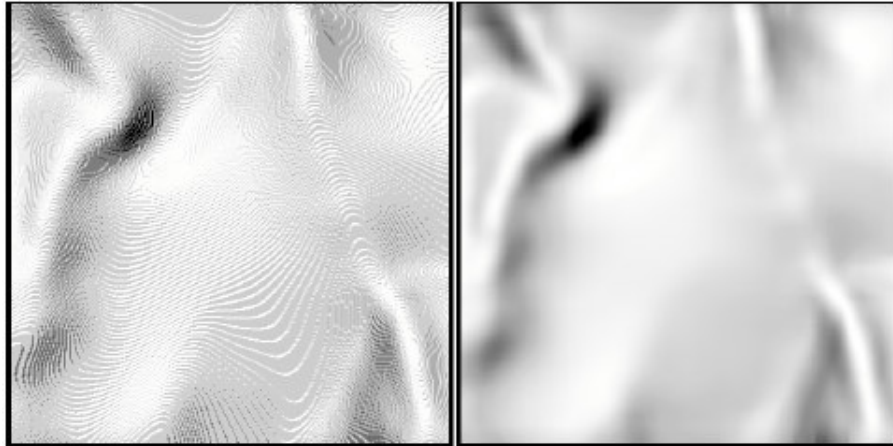


Figura 2.- Iluminación del MDE redondeado y sin redondear.

- Reconstruye la superficie del terreno de una forma suave, sin la aparición de plataformas, oscilaciones, cambios bruscos de pendiente indeseados y demás artefactos producidos por otros métodos de interpolación.

Veamos un ejemplo de la aparición de oscilaciones y plataformas en diferentes métodos de interpolación basados en triangulación. Para ello hemos generado varios modelos a partir de las curvas de la figura 3, y para la zona que está marcada en rojo, hemos representado sus perfiles verticales (figura 4).



Figura 3.- Curvas de nivel utilizadas para este ejemplo.

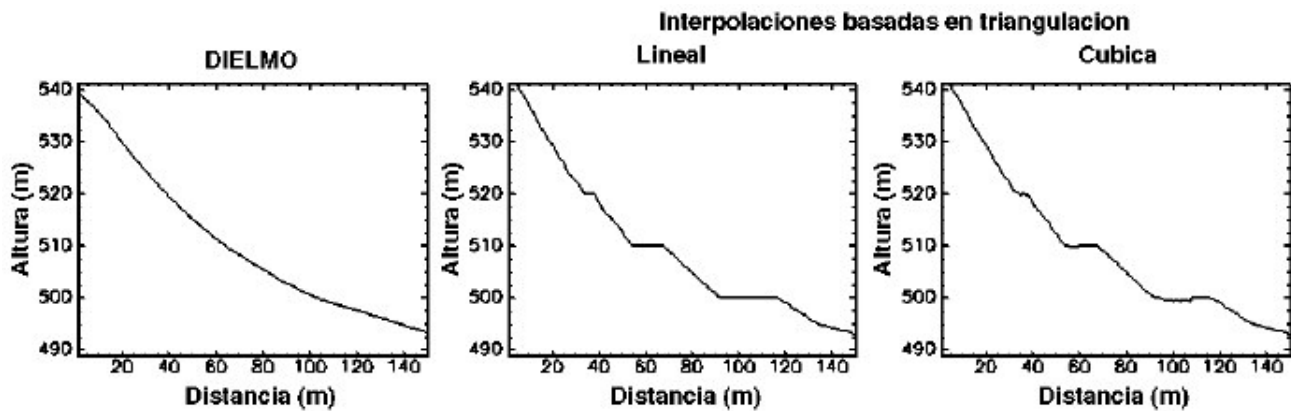


Figura 4.- Perfil vertical de un modelo generado con el método de interpolación de DIELMO comparado con los obtenidos con una interpolación lineal y otra cúbica basadas en triangulación.

Como vemos en la figura 4, en la interpolación lineal basada en triangulación, aparecen plataformas en las zonas donde se cierra la curva de nivel. En la interpolación cúbica observamos el mismo problema, pero además de las plataformas aparecen una serie de oscilaciones producidas por el efecto de Gibbs. Todos estos artefactos también aparecen cuando iluminamos el modelo (figura 5).

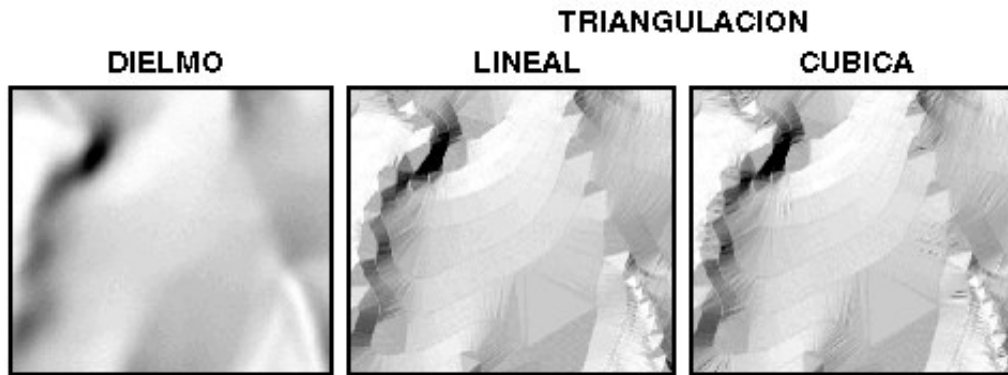


Figura 5.- Iluminación del MDE generado por el método de DIELMO y los obtenidos mediante triangulación.

Por muy sofisticado que sea el método de interpolación, si se basa en triangulación siempre tendrá estos problemas.

- Exactitud en los puntos por donde pasan las curvas de nivel. El modelo resultante reconstruye una superficie suave al mismo tiempo que pasa por todas las curvas de nivel. Las medidas de este error se realizan mediante dos estimadores: el Error Medio (EM) y el Error Cuadrático Medio (ECM), definidos en la ecuación 1, y medidos en todos los puntos de las curvas de nivel.

$$ECM = \sqrt{\frac{1}{n} \sum e_i^2} \quad ; \quad EM = \frac{1}{n} \sum e_i \quad ; \quad e_i = z_{MDE} - z_{Mcpa}$$

Ecuación 1.- Ecuaciones del Error Medio (EM) y el Error Cuadrático Medio (ECM).

Para el ejemplo en el MDE seleccionado para esta demostración, se han medido los siguientes errores: EM = -0.159 m y ECM = 0.725 m para un total de 5286483 puntos. En la figura 6 vemos cómo se reconstruye una superficie suave al mismo tiempo que se pasa por todas las curvas de nivel.

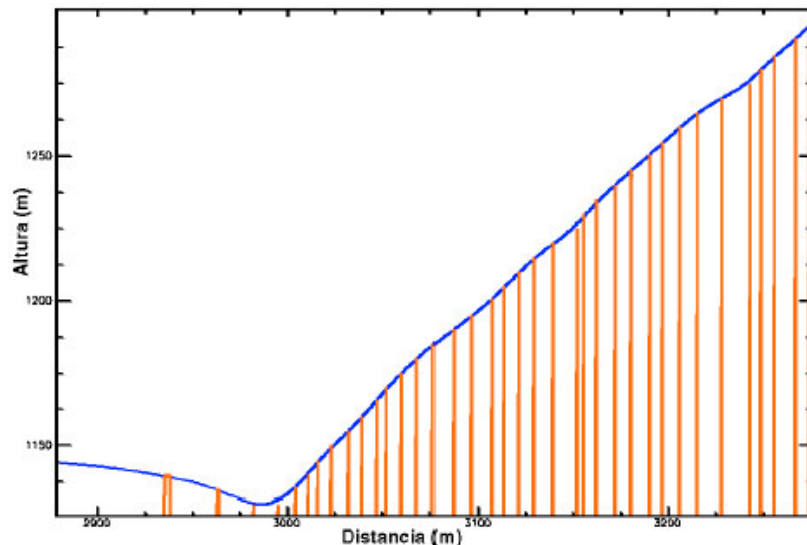


Figura 6.- Perfil horizontal de una parte del MDE (color azul) junto con los puntos de las curvas de nivel por donde debe pasar (color rojo).

- Los errores no dependen de la forma de las curvas de nivel. Cualquier método de interpolación basado en triangulación o los métodos basados en la generación de perfiles sobre la matriz de contornos (como el utilizado por el software IDRISI), cometen errores en función de la forma que tienen las curvas de nivel.

Supongamos que queremos interpolar las curvas de la figura 7. A simple vista podemos apreciar que tendremos problemas en la reconstrucción de la superficie comprendida entre las curvas de 60 y 70 m si pretendemos realizar una interpolación basada en triangulación. Los problemas vendrán debido a la forma de la curva de 70 m, donde aparecerá una serie de plataformas correspondientes a triángulos con exactamente el mismo valor de altura de la curva de nivel.

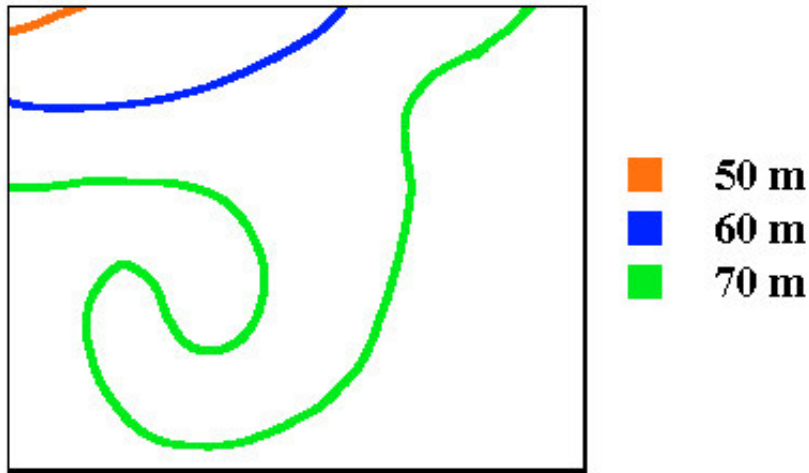


Figura 7.- Curvas de nivel utilizadas para este ejemplo.

En el caso del IDRISI se interpola en el sentido de las abscisas, de las ordenadas y diagonalmente. Estos algoritmos también producen errores dependiendo de la forma de las curvas de nivel. En la figura 8 vemos un ejemplo simple que muestra claramente este error para el caso de una interpolación horizontal y otra vertical de las que posteriormente se calcula su promedio (interpolación bilineal).



Figura 8.- Errores producidos por una interpolación bilineal.

En la figura 8 hemos representado en color amarillo las zonas donde debido a la forma de las curvas, la interpolación horizontal o vertical da lugar a una plataforma con exactamente el mismo valor de altura que la curva de nivel. En color rosa hemos representado las zonas donde después de realizar el promedio, sigue apareciendo dicha plataforma. Esto provoca cambios bruscos de pendiente que no tienen nada que ver con la forma del terreno. El método sería el mismo y tendría el mismo tipo de errores si se aplicara la interpolación diagonalmente.

El método de interpolación utilizado por DIELMO usa información espacial de la forma de las curvas de nivel. No tiene una estructura definida, sino que identifica la forma de las curvas de nivel y a partir de ahí interpola. De esta forma siempre se evitarán estos errores y se obtienen modelos hidrológicamente

correctos. Además, el cálculo se puede realizar para alta resolución espacial, porque el método de interpolación funciona igual de bien independientemente de la distancia a la que se encuentren las curvas de nivel. En la figura 9 vemos el resultado de la interpolación de las curvas de la figura 7.

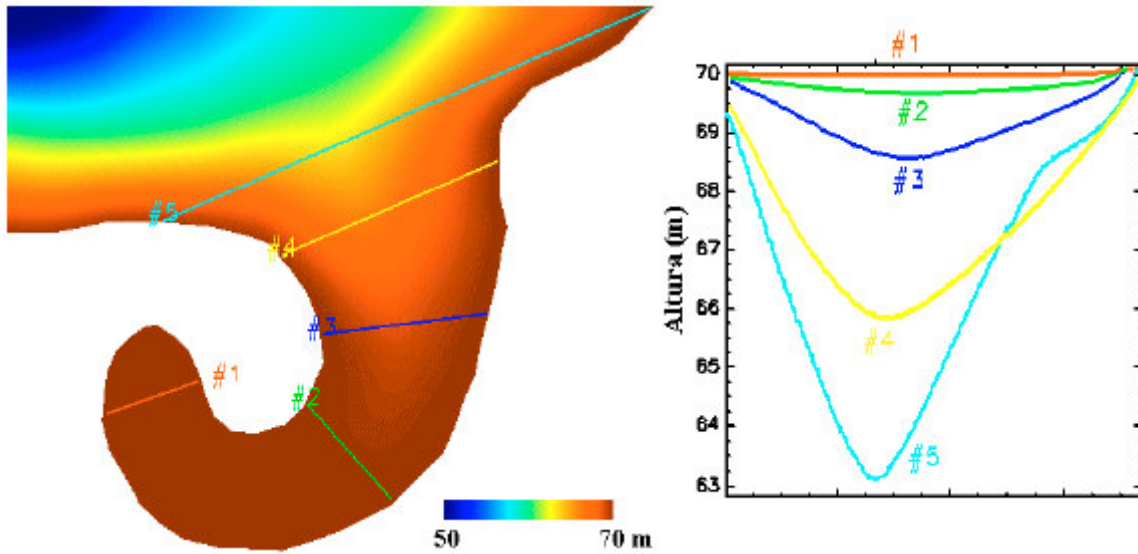


Figura 9.- Interpolación obtenida con el método de DIELMO.

Como vemos, en este caso si se reconstruye la superficie del terreno de una forma suave e hidrológicamente correcta.