

DEMONIO

Digital Elevation Models Obtained by
Numerical Interpolating Operations



Jean-François PARROT
LAGE, Instituto de Geografía
UNAM, México

Software desarrollado con Builder C++
por el Doctor Jean-François Parrot
Laboratorio de Análisis GeoEspaciales
Instituto de Geografía
Universidad Nacional Autónoma de México
México, D.F.

Jean-François PARROT

LAGE, Instituto de Geografía
UNAM, México D.F., México



Manual de utilización del *Software* DEMONIO_V1

El *software* DEMONIO (Digital Elevation Model Obtained by Numerical Interpolating Operations) genera Modelos Digitales de Elevación a partir de datos raster o vectoriales. Los datos raster corresponden a imágenes de curvas de nivel en tonos de gris y los datos vectoriales son archivos dxf.

Se obtienen Modelos Digitales de Elevación con diferentes tamaños de píxeles y con varias escalas de altitud. Se puede igualmente juntar diferentes documentos con formato dxf y también se puede extraer zonas a partir del archivo dxf.

Un editor de pantalla permite añadir puntos acotados, modificar y mejorar el dibujo de las curvas de nivel, arreglar los errores del documento inicial antes de hacer una interpolación. Existen dos tipos de interpolación: un proceso por dilatación (Taud *et al.*, 2001) y una interpolación multi-direccional (Parrot, 1999 *en* Parrot y Ochoa-Tejeda, 2004).

A la abertura aparece el cuadro reportado en la figura 1.

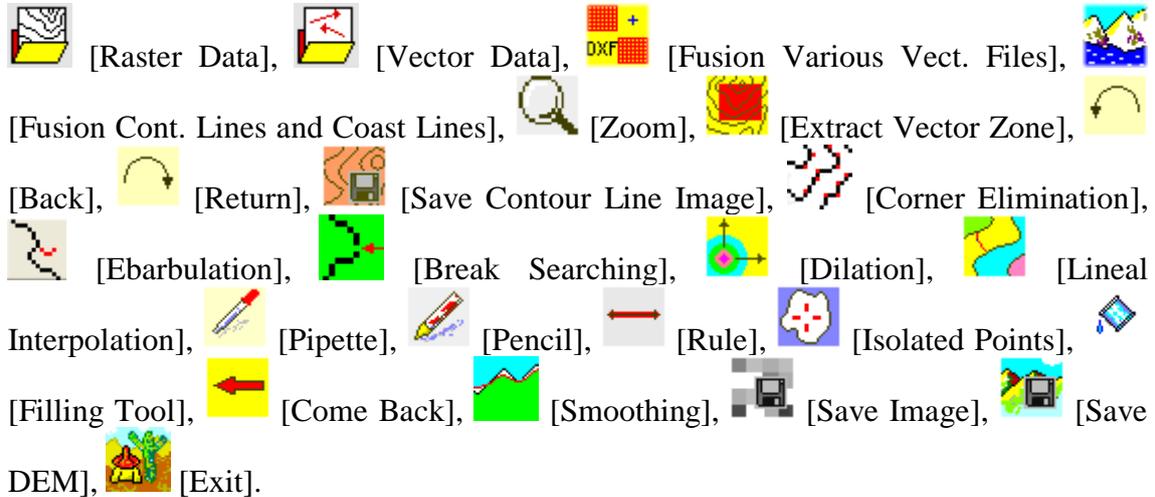


Figura 1. Abertura del software.

I. Los principales Menús

Existen siete Menús: el menú “*Data_in*”, el menú “*Vector Operations*”, el menú “*Pre_Treatments*”, el menú “*Interpolations*”, el menú “*Results*”, el menú “*Info*” y el menú “*Exit*”.

Se encuentran 24 botones en la barra de tarea:



I.1. Menú “*Data_in*”

El menú *Data_in* se compone de cuatro submenús: el comando “*Raster*”, el comando “*Vectorial*”, el comando “*Fusion Vect. Data*” que a su vez se divide en dos sub-comandos: “*Cont. Lin. and Coast Line*” and “*Various dxf Files*” y por ende el comando “*Info Result Image*” que se activa cuando se ha creado un Modelo Digital de Elevación [MDE] (Fig. 2).

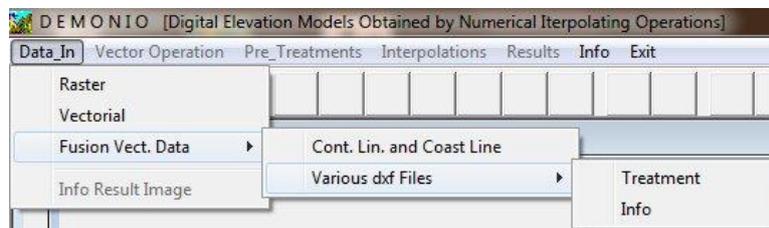


Figura 2. Abertura de una imagen en tonos de gris.

NOTA 1:

- a) Los dos primeros sub-menús (“*Raster*” y “*Vectorial*”) corresponden a los dos primeros botones  [Raster Data] y  [Vector Data]; los dos sub_comandos (“*Various dxf Files*” y “*Cont. Lin. and Coast Line*”) del tercer sub-menú “*Fusion Vect. Data*” corresponden a los botones 3 y 4:  [Fusion Various Vect. Files],  [Fusion Cont. Lines and Coast Lines].

- b) La apertura de una imagen raster activa los menús “*Pre_Treatments*” y “*Interpolations*”, pero el menú “*Vector Operation*” se queda naturalmente inactivo.

1.2. Menú “*Vector Operation*”

El menú “*Vector Operation*” (Fig. 3) que se activa cuando se abre una imagen a partir de un archivo vectorial con extensión .dxf, contiene dos submenús: el submenú

“*Selection*” que corresponde al sexto botón de la barra de tareas  [Extract Vector Zone], y el submenú “*Save Selection*” que se activa solo cuando aparece la imagen correspondiente a una selección.

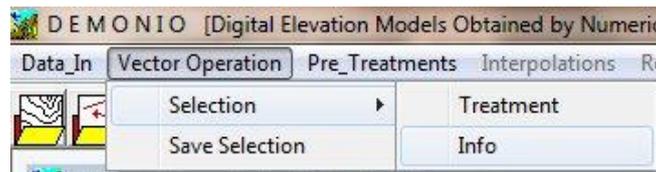


Figura 3. El menú “*Vector Operation*”.

NOTA 2:

Cuando se trata de una imagen proveniente de un archivo vectorial, la activación de los menús “*Pre_Treatments*” y “*Interpolations*” necesita una extracción a partir del documento inicial.

1.3. Menú “*Pre_Treatments*”

El menú “*Pre_Treatments*” (Fig. 4) que se activa cuando se abre una imagen raster o después de una selección a partir de un archivo vectorial contiene cuatro sub-menús: el sub-menú “*Contour Line Skel.*”, el sub-menú “*Ebarbulation*”, el sub-menú “*Break Searching*” y el sub-menú “*Save Resulting Raster Image*” que permite guardar las curvas de nivel de la imagen correspondiente a una extracción. Guardando una imagen de las curvas de nivel en tonos de gris se crea una tabla de correspondencia para hacer tratamientos ulteriores.

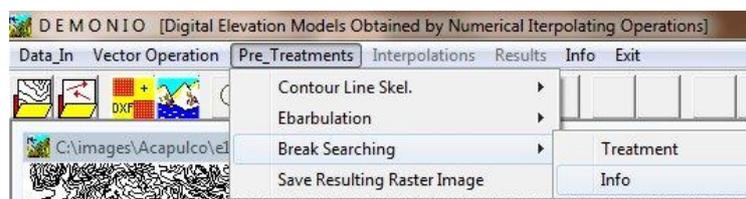


Figura 4. Menú “*Pre_Treatments*”.

Los tres primeros sub-menús corresponden respectivamente a los botones siguientes:

 [Corner Elimination],  [Ebarbulation],  [Break Searching] que aseguran

las mismas funciones. El botón  [Save Contour Line Image] corresponde al cuarto sub-menú “*Save Resulting Raster Image*”.

1.4. Menú “Interpolations”

El menú “Interpolations” (Fig. 5) contiene dos sub-menús: “Dilation” y “Lineal”. De hecho, solo el sub-menú “Dilation” está activado al igual que el botón correspondiente



[Dilation]. La activación del sub-menú “Lineal” necesita los tratamientos anteriores hasta obtener curvas de nivel constituidas por segmentos de 1 a n píxeles solamente conectados por sus esquinas (camino 8) y sin ninguna interrupción (la función “Break Searching” presentada más adelante permite asegurarse que estas condiciones se cumplen). En este caso el sub-menú “Lineal” se activa así como el botón



[Lineal Interpolation].

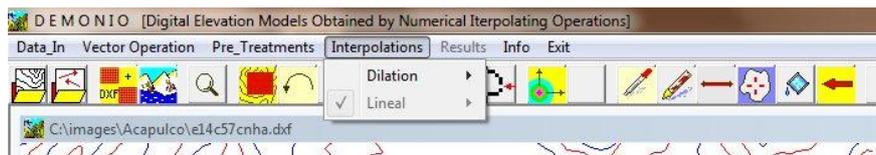


Figura 5. Menú “Interpolations”.

1.5. Menú “Results”

Cuando se realiza una interpolación (dilatación de curvas o interpolación multidireccional), el menú “Results” (Fig. 6) se activa así como los botones



[Come Back],  [Smoothing],  [Save Image] y  [Save DEM], funciones que también se encuentran en el menú “Results”.



Figura 6. Menú “Results”.

Así se puede hacer una suavización del MDE, guardar la imagen del modelo sombreado, salvar el MDE u obtener información sobre el MDE.

1.6. Menú “About”

Tres sub-menús aparecen en el menú “About” (Fig. 7): “Author”, “Copyrigh” y “Info”.

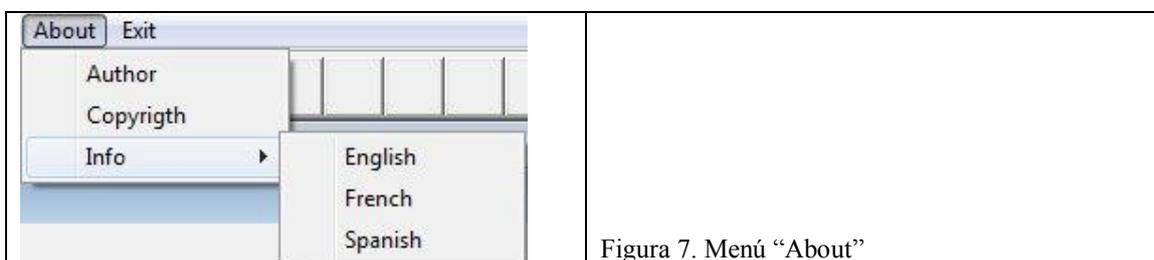


Figura 7. Menú “About”

El Menú “About” (Fig. 7) da información sobre el autor del algoritmo (Fig. 8), el copyright referente al producto (Fig. 9) y una descripción somera del tratamiento en inglés, francés y español (Fig. 10).

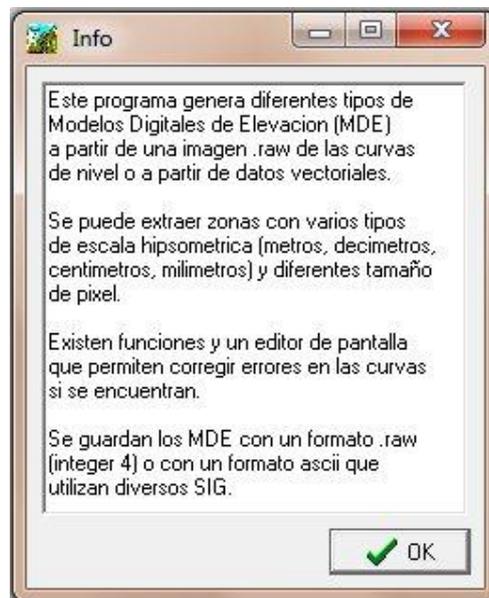


Figura 10. Ejemplo de comentario concierne al tratamiento.

I.7. Menú “Exit”

El menú “Exit” o el botón  [Exit], así como la cruz de San Andrés ubicada en la esquina superior derecha del cuadro general cierran el *software*.

II. Pretratamiento sobre los datos vectoriales

Dentro de una zona UTM dada, se puede agregar varios archivos vectoriales. La función “*Various dxf Files*” del sub-menú “*Fusion Vect. Data*” del menú “*Data_in*”, así como el

botón  [Fusion Various Vect. Files] permiten agrupar diferentes archivos dxf.

Por otro lado, en los archivos provenientes del INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) las curvas de nivel que corresponden al nivel del mar se encuentran en los archivos vectoriales con extensión ha.dxf donde se registran los cuerpos de agua y la red de drenaje. Por esta razón se necesita agregar dicha curva de nivel al archivo vectorial dxf que contiene las curvas de nivel. La función “Cont. Lin. and Coast Line” del sub-menú “*Fusion Vect. Data*” del menú “*Data_in*”, así como el

botón  [Fusion Cont. Lines and Coast Lines] asegura el tratamiento.

II.1. Fusión de varios archivos vectoriales

Cuando se agrupan archivos vectoriales, el programa pide en primer lugar el número de archivos a elegir (Fig. 11).



Figura 11. Número de archivos a pegar.

La ventana de dialogo de la figura 12 se abre en función del número de archivos elegidos.

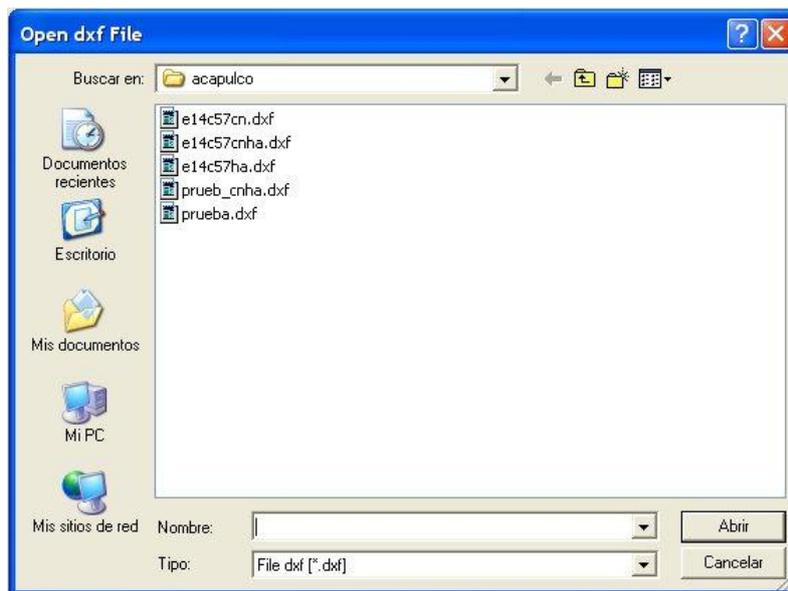


Figura 12. Nombre del archivo a pegar.

Cuando se acaba la selección, aparece la ventana de dialogo de la figura 13 pidiendo el nombre que se va a dar al nuevo archivo dxf.

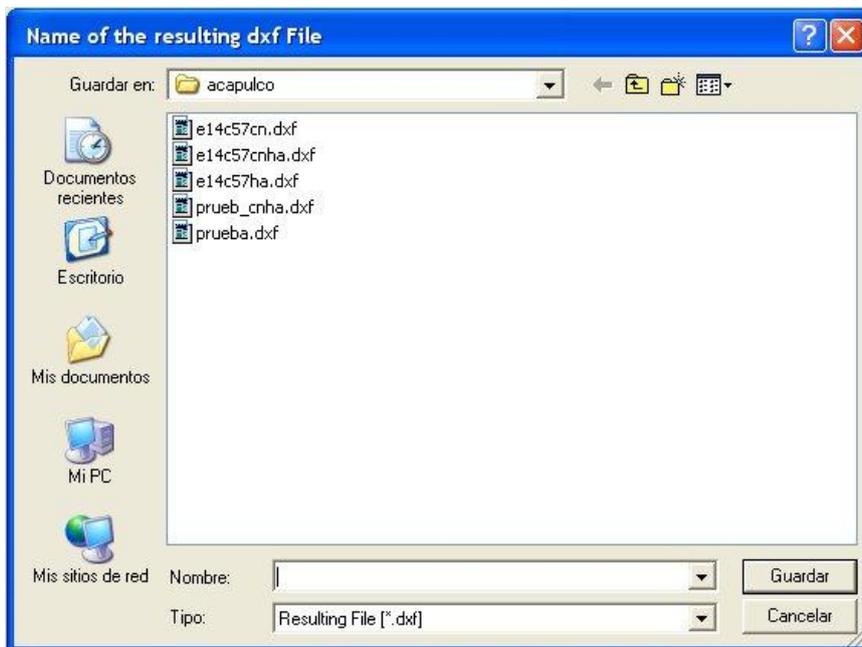


Figura 13. Nombre del archivo resultante.

II.1. Inserción de la línea de costa en un archivo con curvas de nivel

En este caso, el programa pide en primer lugar el nombre del archivo de la curvas de nivel (Fig. 14). Generalmente este archivo vectorial tiene la extensión cn.dxf cuando proviene del INEGI.

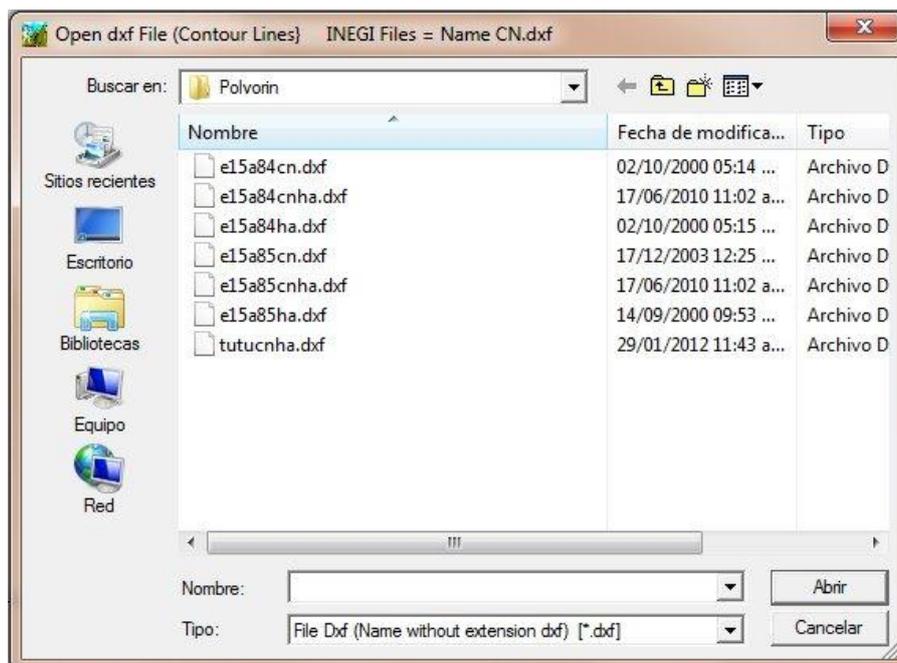


Figura 14. Nombre del archivo dxf que contiene las curvas de nivel.

Después una nueva ventana de dialogo (Fig. 14) pide el nombre del archivo que contiene la línea de costa, es decir la curva de nivel de altitud 0. Este archivo vectorial del INEGI tiene la extensión ha.dxf.



Figura 15. Nombre del archivo dxf donde se encuentra la línea de costa

Finalmente aparece la ventana de dialogo de la figura 16 que pide el nombre que se va a dar al nuevo archivo dxf.

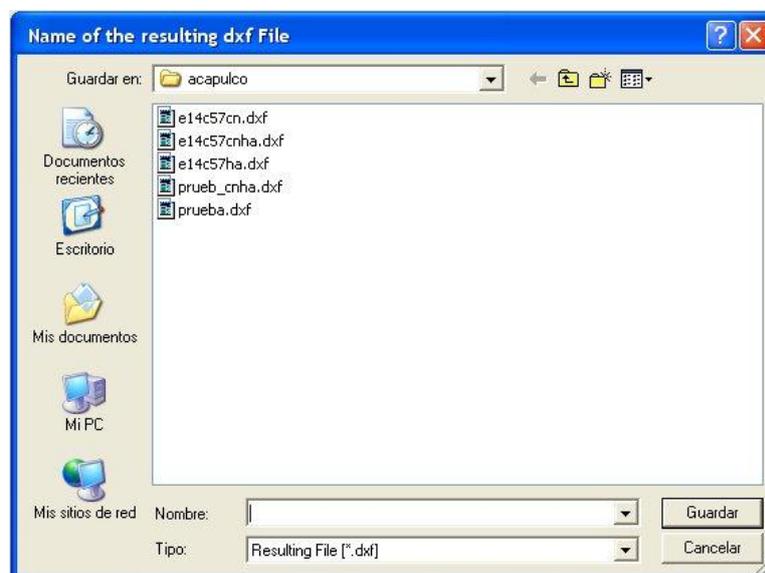


Figura 16. Nombre del archivo resultante.

El archivo vectorial resultante tendrá la extensión cnha.dxf.

NOTA 3:

El tiempo de cálculo depende del tamaño de las imágenes y, en el caso de una fusión, del número de archivos a pegar. Al final del proceso se pueden utilizar los diferentes tratamientos que generan un MDE.

Estas dos funciones corresponden a dos módulos utilitarios cuyo uso no es necesario cuando se tienen los datos adecuados para generar un MDE.

III. Etapas para generar un Modelo Digital de Elevación [MDE]

En general, más vale dar un ejemplo que explicar en detalle las diversas posibilidades que propone el *software* para generar un MDE. En este ejemplo tomaremos el caso de un tratamiento aplicado a datos vectoriales. Un tratamiento a partir de datos raster se reportará en el apartado IV.

III.1. Abertura preliminar de los datos

El comando “*Vectorial*” del menú “*Data_in*” o el botón  [Vector Data] abren una ventana de dialogo (Fig. 17) que permite elegir el documento vectorial con extensión dxf.



Figura 17. Elección del archivo vectorial inicial.

Se abre una imagen de las curvas de nivel con un tamaño de píxel de 30×30 (Fig. 18), lo que permite tener una visión general de la zona en estudio.

En la barra de estado aparecen 5 cuadros. En el primer cuadro de izquierda se indica la posición en línea y columna del cursor sobre la imagen. En el cuadro siguiente aparecen las coordenadas UTM (X, Y) correspondientes. El tercer cuadro se activa solamente después de realizar una extracción. El cuarto cuadro indica si el cursor se ubica sobre una curva (valor 0) o sobre el fondo (valor 255). Por fin el último cuadro da información sobre el tamaño de la imagen (líneas y columnas).

En este momento se activa el menú “*Vector Operation*” y también el botón  [Extract Vector Zone].

NOTA 4:

En la imagen desplegada todas las curvas de nivel tienen el valor 0 (negro) y el fondo el valor 255 (blanco). No se puede generar directamente un MDE a partir de dicha imagen. Se requiere de una imagen donde cada curva de nivel tenga un valor en tono de gris, lo que asegura el tratamiento presentado en el apartado siguiente (§ III.2).

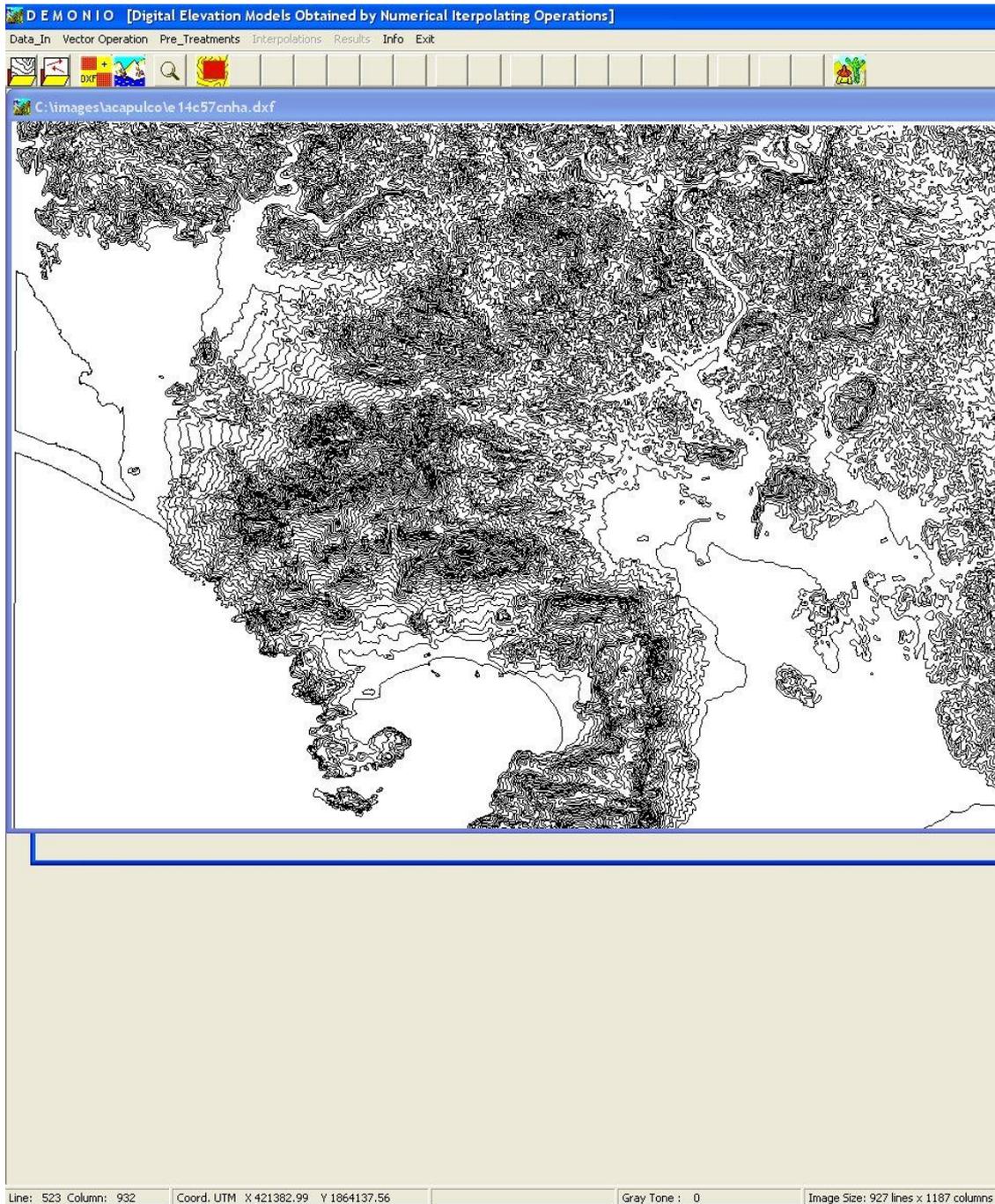


Figura 18. Despliegue del archivo vectorial inicial.

III.2. Abertura preliminar de los datos

El uso del botón  [Extract Vector Zone] o del comando “*Selection*” del menú “*Vector Operation*” abre una ventana de dialogo (Fig. 19) que permite seleccionar una escena y definir el tamaño del píxel.

En la parte superior de la ventana se anotan las coordenadas UTM de toda la escena. Los parámetros de extracción se definen en la parte inferior de la ventana.

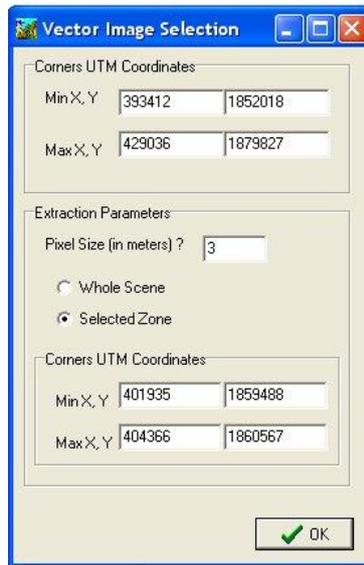


Figura 19. Dialogo de extracción.

Después de definir el tamaño del píxel, existen dos opciones: generar un MDE que abarca toda la zona o definir una sub-escena. La selección aparece en el segundo panel del *software* (Fig. 20), por ejemplo, la isla La Roqueta en la bahía de Acapulco con un tamaño del píxel de 3×3 metros.

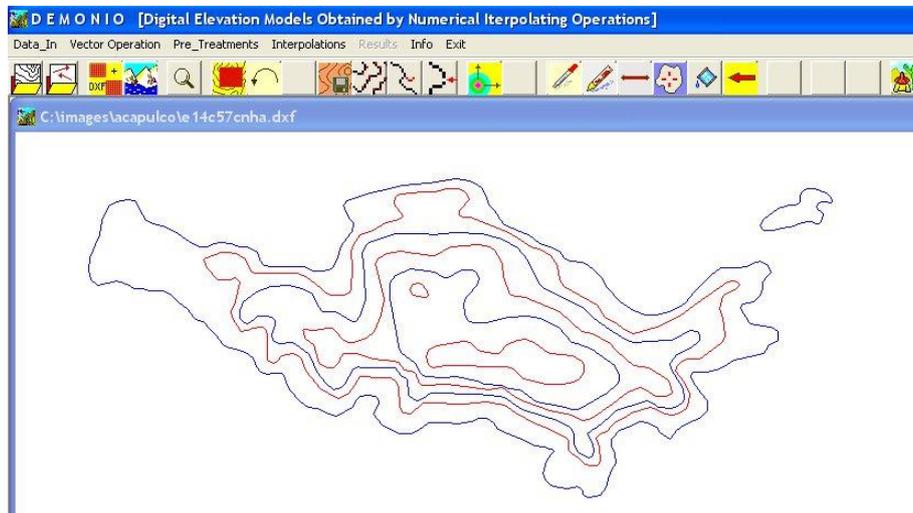


Figura 20. Curvas de nivel de la isla Roqueta.



Figura 21. Barra informativa ubicada abajo de la pantalla.

NOTA 5:

a) En la imagen desplegada las curvas de nivel aparecen en Rojo y Azul. Los valores RGB (Rojo, Verde, Azul) decrecen regularmente con el fin de distinguirlas, por ejemplo (255,0,0), (0,255,0), (254,0,0), (0,254,0), (253,0,0), (0,253,0), (252,0,0), etc... Aparecen estos valores en el cuarto de la barra de estado, en el presente caso para la posición del cursor en la línea 210 y la columna 514, se indica el valor del color de la

curva de nivel [R: 252 G: 0 B: 0], así como en el tercer cuadro, el numero de orden de la curva de nivel (6) y la altitud correspondiente (100). De hecho a cada curva de nivel corresponde un valor de altitud (en metros si están en metros en el archivo .dxf original).

b) Se puede igualmente tomar en cuenta toda la zona y así tener una visión general sobre la zona estudiada. Pero se debe aclarar que los defectos que tiene la imagen original (ver por ejemplo los efectos de borde sobre la escena que se despliegue en la figura 18) no va a permitir utilizar la interpolación lineal multi-direccional. Por otro lado, mas vale definir un tamaño grande para el píxel (50 o mas).

El despliegue de la imagen extraída activa los menús “Pre_treatments”, “Interpolations” y también los botones siguientes:  [Back],  [Save Contour Line Image],  [Corner Elimination],  [Ebarbulation],  [Break Searching],  [Dilation].

El botón  [Back] permite regresar a la imagen inicial activando el botón  [Return] que asegura la posibilidad de regresar a la imagen extraída.

El botón  [Save Contour Line Image] así como el comando “Save Resulting Raster Image” del menú “Pre_Treatments” abren una ventana de dialogo (Fig. 22) donde se da el nombre de la imagen raster que se va a salvar. Se debe señalar que este comando genera (Fig. 23) una imagen en formato raw, un archivo descriptivo en formato txt donde se mencionan el número de líneas, el número de columnas, el número de bytes (en este caso 1), la dinámica y el tamaño del píxel y un segundo archivo txt con la extensión _tab.txt que se refiere a una tabla de correspondencia entre los tonos de gris y la altitud (ver la figura 24).

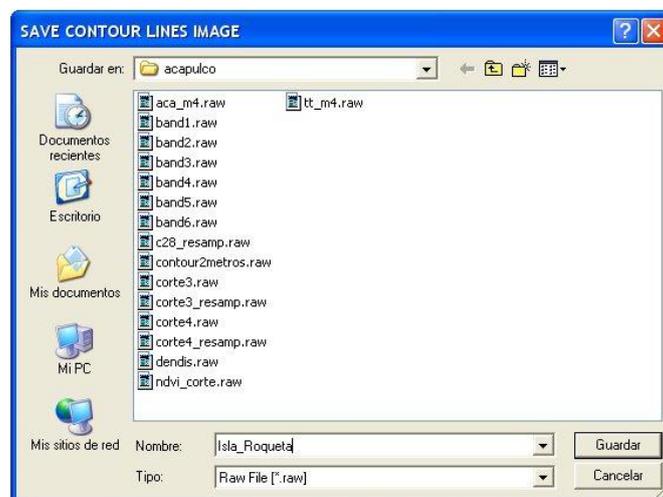


Figura 22. Ventana de dialogo para salvar la imagen de la curvas de nivel.

 Isla_Roqueta.raw	285 KB	Image Paint Shop Pro	24/01/2012 12:11 p...
 Isla_Roqueta.txt	1 KB	Documento de texto	24/01/2012 12:11 p...
 Isla_Roqueta_tab.txt	1 KB	Documento de texto	24/01/2012 12:11 p...

Figura 23. Datos creados cuando se guarda la imagen de las curvas de nivel.

1	0
2	20
3	40
4	60
5	80
6	100
7	120
8	140
9	160
10	180
11	200
12	220
13	240
14	260
15	280
16	300
17	320
18	340
19	360
20	380
21	400
22	420
23	440
24	460
25	480
26	500
27	520
28	540
29	560
30	580
31	600
32	620
33	640
34	660
35	680
36	700
37	720
38	740
39	760
40	780
41	800
42	820
43	840
44	860
45	880
46	900
47	920
48	940

Figura 24. Tabla de correspondencia

III.3. Pretratamiento de los datos

Existen tres funciones en el menú “Pre_Treatments”: “Contour Line Skel.”, “Ebarbulation” y “Break Searching”.

III.3.a. Esqueletización de las curvas

El comando “Contour Line Skel.” del menú “Pre_Treatments” o el botón correspondiente  [Corner Elimination] afinan las curvas de nivel tratando obtener curvas de camino 8 (ver arriba) siguiendo el tratamiento que ilustra la figura 26.

NOTA 6:

Casi todas las operaciones tienen un comando “Info” que abre una ventana donde se dan informaciones sobre el tratamiento. Por ejemplo el sub-menú “Contour Line Skel.” se divide en dos comandos (Fig. 25): “Treatment” y “Info”.



Figura 25. Los dos comandos de una función, aquí la función “Contour Line Skel.”.

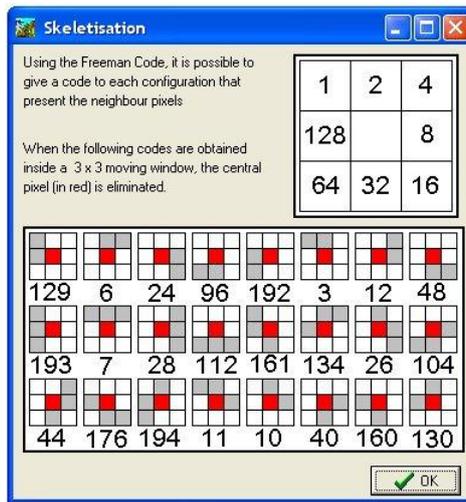


Figura 26. Esquema de esqueletización.

III.3.b. Eliminación de las colas

El comando “*Ebarbulation*” del menú “*Pre_Treatments*” o el botón correspondiente  [Ebarbulation] eliminan segmentos pegados a las curvas de nivel siguiendo el tratamiento presentado en la figura 27 que se abre con el comando “*Info*” del sub-menú “*Ebarbulation*”.

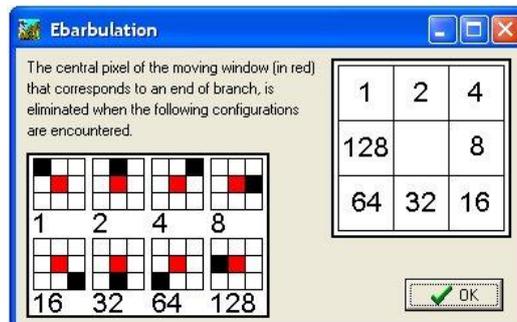


Figura 27. Information about the “*Ebarbulation*” Process.

Antes de usar esta función se necesita tener la certeza que no existen cortes en las curvas de nivel sino esta curva va a desaparecer totalmente porque el proceso es iterativo. Por seguridad, cuando se inicia el tratamiento aparece una ventana que advierte el usuario sobre este riesgo (Fig. 28).

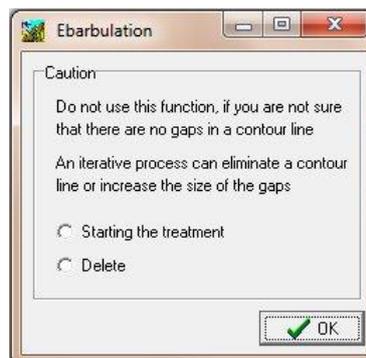


Figura 28. Advertencia.

III.3.c. Chequeo sobre la presencia de cortes en las curvas

El comando “*Break Searching*” del menú “*Pre_Treatments*” o el botón correspondiente



[Break Searching] busca la presencia de cortes en las curvas de nivel siguiendo el tratamiento descrito en la ventana de la figura 29 que despliegue el comando “Info” del sub-menú “*Break Searching*”.

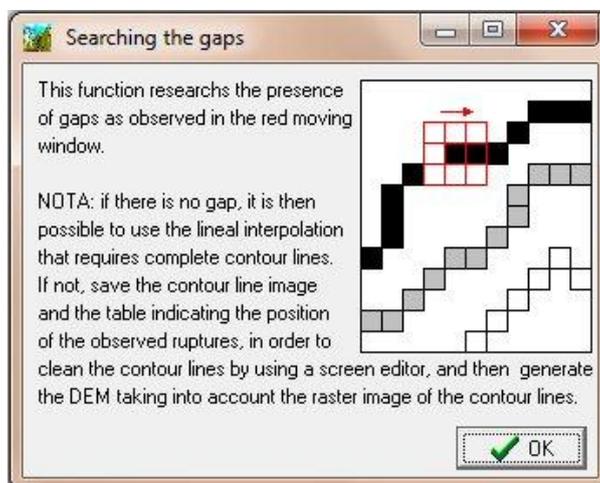


Figura 29. Búsqueda de cortes en una curva.

Existen dos posibilidades:

- a) Presencia de cortes;
- b) Ausencia de cortes.

Cuando el tratamiento encuentra cortes, se menciona sobre la pantalla el número de cortes encontrados y se propone crear una tabla donde se menciona el valor de la curva cortada (Fig. 30).

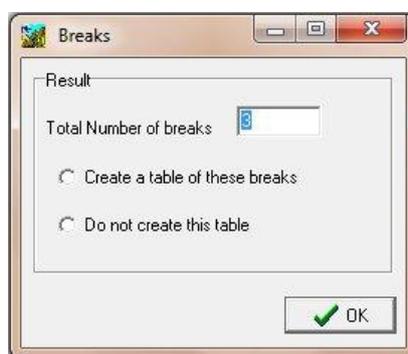


Figura 30. Presencia de cortes.

Si se crea esta tabla, se abre una ventana de dialogo para definir el nombre de la misma (Fig. 31). La tabla con extensión .txt indica donde se encuentran las extremidades de las curvas; un píxel ausente crea dos extremidades (ver Fig. 32).

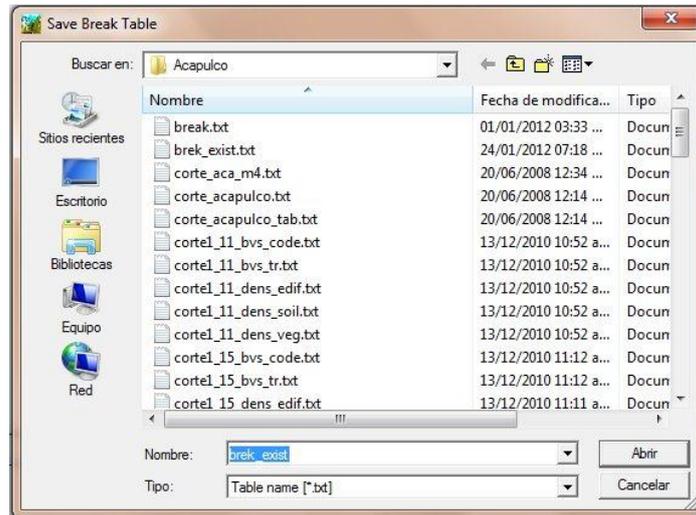


Figura 31. Ventana de dialogo para guardar la tabla.

lines	columns	curve
21	19	6
35	109	12
37	110	12

Figura 32. Posición de las extremidades.

En este caso se puede guardar la imagen raster de las curvas para arreglar los errores utilizando un editor de pantalla (Paint Shop Pro, por ejemplo) y así cargarla de nuevo en el software DEMONIO con el comando “Raster” del menú “Data_in” o el botón  [Raster Data] o, sobre todo cuando no hay tantos cortes, utilizar las funciones del editor de pantalla de DEMONIO (botones  [Pipette],  [Pencil],  [Rule],  [Isolated Points] y  [Filling Tool]) para eliminar los errores.

Cuando no se encuentra un corte, el mensaje de la figura 33 aparece y después de decir “Aceptar”, el comando “Lineal” del menú “Interpolations” se activa así como el botón  [Lineal Interpolation] (ver más adelante).



Figura 33. Ausencia de cortes.

III.4. Editor de Pantalla

El *software* DEMONIO tiene un mini editor de pantalla que permite corregir directamente algunos errores que las curvas de nivel pueden presentar. El editor utiliza solamente 5 botones cuyo uso se va a explicar en las líneas siguientes.

III.4.a. Pipette



Se activa el botón con el ratón. La activación de la Pipeta desactiva los botones siguientes. Así se puede explorar los valores de las curvas de nivel. Cuando se requiere elegir una curva de nivel, un clic en el botón izquierdo del ratón toma en cuenta el valor de esta curva. Una ventana de dialogo (Fig. 34) aparece indicando el valor en la escala (0, 255) que se va a elegir con el comando “OK”. Se necesita desactivar la Pipeta para que los botones siguientes aparezcan.

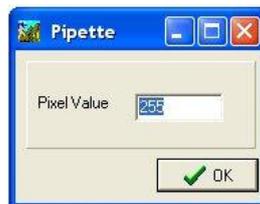


Figura 34. Valor del píxel seleccionado.

III.4.b. Pencil



El lápiz (Pencil) permite dibujar un punto, por ejemplo se puede de esta manera cerrar una curva de nivel. Cuando el lápiz se activa los otros botones del editor de pantalla se desactivan. Cuando se utiliza el lápiz, una ventana informativa (Fig. 35) se abre indicando las coordenadas en línea y columna del píxel modificado, el valor utilizado (este valor proviene del uso anterior de la pipeta) y la altitud correspondiente. Se necesita desactivar el lápiz para que aparezcan todos los botones del editor de pantalla.



Figura 35. Información sobre el píxel modificado.

III.4.c. Rule



Como en el caso del lápiz, la regla (Rule) toma en cuenta el valor de tono de gris elegido utilizando la pipeta y la activación de este botón desactiva los otros. La regla permite dibujar líneas. El inicio de la línea debajo de la cruz que aparece sobre la pantalla se define haciendo un clic sobre el botón izquierdo del ratón y el fin de la línea se obtiene con un clic sobre el botón derecho del ratón. Se necesita desactivar la regla para que aparezcan todos los botones del editor de pantalla.

III.4.d. Isolated Points

Este botón permite introducir en la imagen de las curvas de nivel puntos acotados. Generalmente se introducen estos puntos cuando se encuentran curvas de nivel cerradas. De hecho una curva cerrada genera una zona plana si no hay un punto de altitud dentro de la curva; un punto de altitud menor genera un cráter o una dolina y un punto más alto una colina o un cono (Fig. 36).

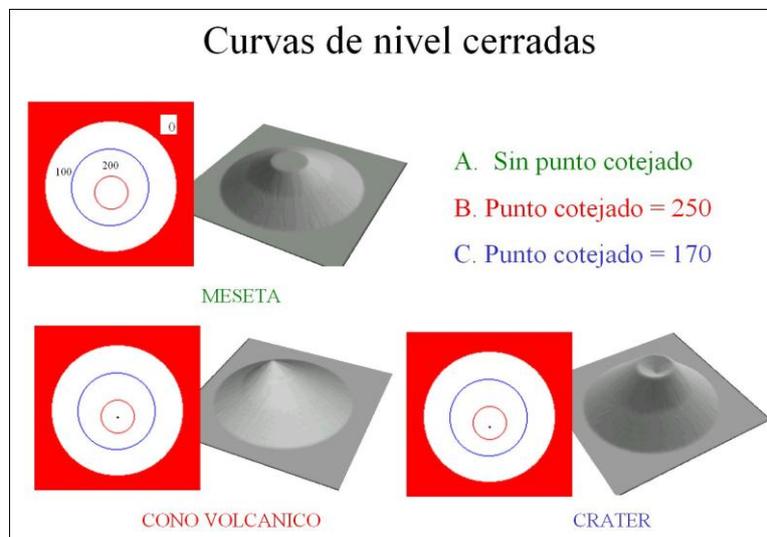


Figura 36. Ejemplos de puntos acotados.

Como en los casos anteriores, el botón  desactiva los otros. Se necesita poner el cursor en la posición donde se requiere introducir un punto y hacer un clic en el botón izquierdo del ratón. Enseguida aparece la ventana que ilustra la figura 37 donde se indica cual será el valor del tono de gris del punto (se calcula este valor automáticamente) y pide el valor de altitud que se va a dar a aquel punto.

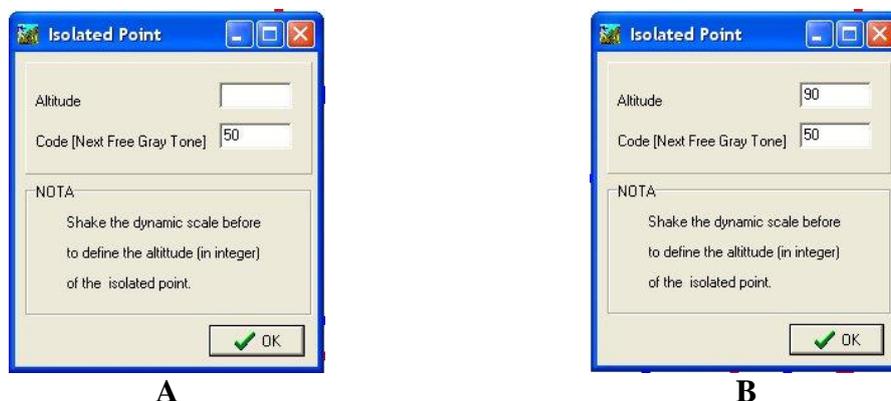


Figura 37. Atribución de un valor de altitud a un nuevo punto aislado.

A. Definición automatizada del valor de tono de gris del punto; B. Definición de la altitud.

Como antes se necesita desactivar el botón  para que reaparezcan todos los botones del editor de pantalla.

NOTA 7:

Cada vez que se llama al botón , se va a crear un nuevo valor de tono de gris que se añade a la tabla de correspondencia entre el tono de gris y la altitud correspondiente. Por esta razón cuando se atribuye un mismo valor a diferentes puntos acotados, no se debe reutilizar el botón  sino la Pipeta y después el Lápiz como se describió mas arriba.

III.4.e. Filling Tool

Este botón permite llenar un espacio con un tono de gris con el fin de no interpolar y calcular una zona llena, cuando se puede atribuir un mismo valor a toda la zona. Se necesita posicionar el cursor dentro de la zona a llenar y hacer un clic en el botón izquierdo del ratón para que aparezca una ventana de diálogo (Fig. 38) que permite definir el valor del llenado. La tecla “OK” inicia el llenado.

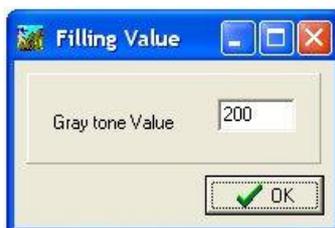


Figura 38. Definición del valor del llenado.

III.4.f. Come back

Este botón permite regresar a los valores anteriores.

III.5. Interpolaciones

Existen dos tipos de interpolación. El primer tipo (dilatación de curvas) se puede aplicar directamente sin arreglar la imagen de las curvas de nivel. Por esta razón cuando el comando “*Break Searching*” señala un número importante de errores y si se necesita tener una idea de lo que será el MDE final, se puede utilizar el comando “*Dilation*”. También si se desea ver toda la escena (que en general tiene muchos errores sobre todo con un tamaño de píxel igual o superior a 30) mas vale utilizar el proceso “*Dilation*”, proceso capaz de generar un MDE con datos incompletos. El segundo proceso que corresponde a una interpolación multi-direccional (comando “*Lineal*”) requiere limpiar y completar las curvas de nivel.

III.5.a. Dilatación de curvas

El comando “*Treatment*” del sub-menú “*Dilation*” del menú “*Interpolations*” o el botón  [Dilation] inicializan el proceso de interpolación.

Por otro lado, el comando “Info” del sub-menú “Dilation” abre dos ventanas sucesivas ilustrando las principales líneas del proceso (Fig. 39 y 40).

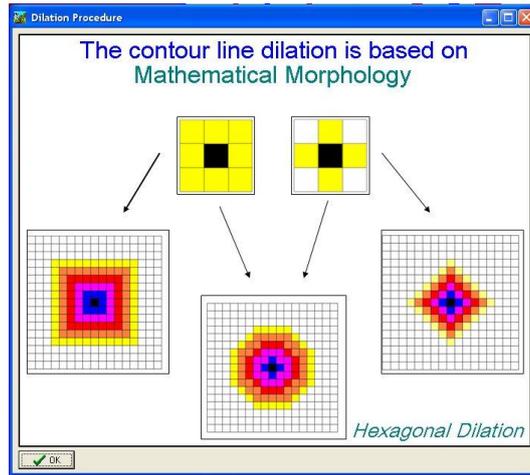


Figura 39. Información (1) sobre el tratamiento “Dilatación de Curvas”.

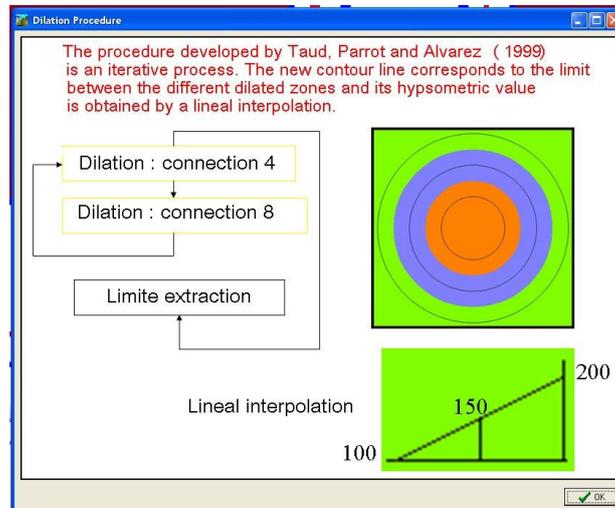


Figura 40. Información (2) sobre el tratamiento “Dilatación de Curvas”.

El tratamiento empieza abriendo una ventana de dialogo que permite modificar la escala hipsométrica del MDE. Por ejemplo, la escala del archivo original puede ser en metros y la escala del MDE se puede definir en centímetros o milímetros.

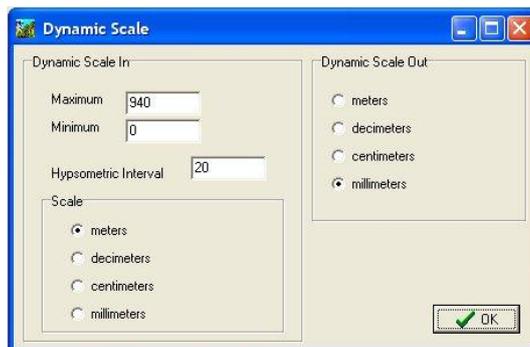


Figura 41. Ventana de dialogo. Definición de la escala hipsométrica.

El resultado aparece en la pantalla como un modelo sombreado (Fig. 42) y el despliegue activa el menú “Results” y los botones  [Smoothing],  [Save Image],  [Save DEM]. Las funciones de estos tres botones se encuentran en el menú “Results” donde se observan los comandos “Smoothing”, “Save Image”, “Save DEM” y “Info DEM”.

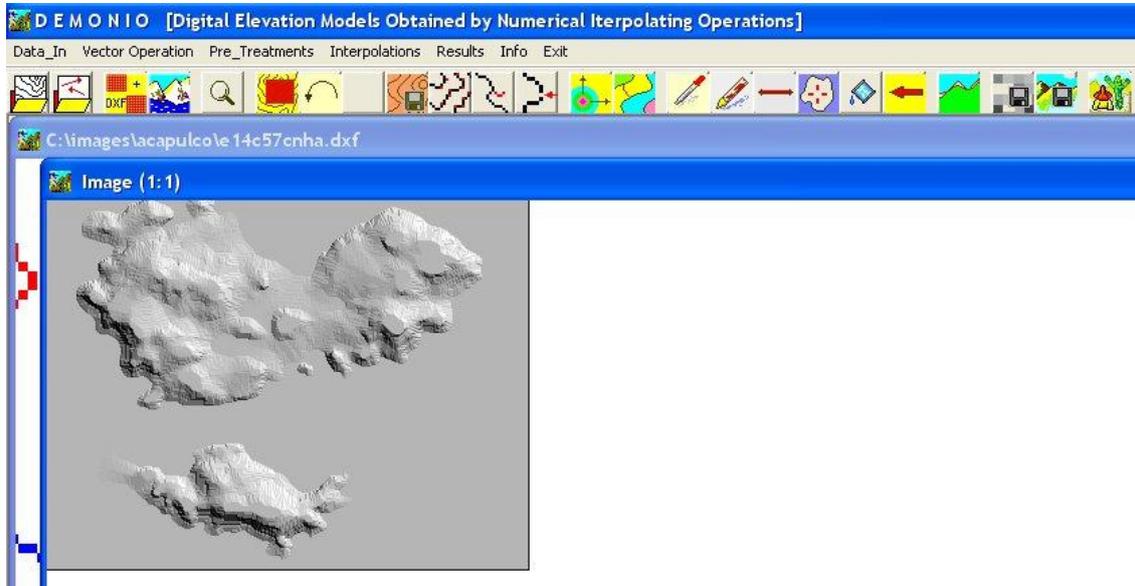


Figura 42. Resultado de una interpolación por dilatación.

La función “Smoothing” suaviza el MDE. Cuando se aprieta el botón  o se utiliza el comando “Smoothing” del menú “Results” se abre una ventana de dialogo (Fig. 43) que permite definir el tamaño de la ventana móvil donde se hará una convolución basada en un filtro de tipo β Spline creando el MDE suavizado (ver MDE suavizado y sombreado de la figura 44).



Figura 43. Definición del rango de la ventana utilizada para suavizar el MDE.

El comando “Save Image” o el botón  permiten salvar la imagen del MDE sombreado (elevación 45° y azimut 45°) y el comando “Save DEM” así como el botón  guardan el MDE.

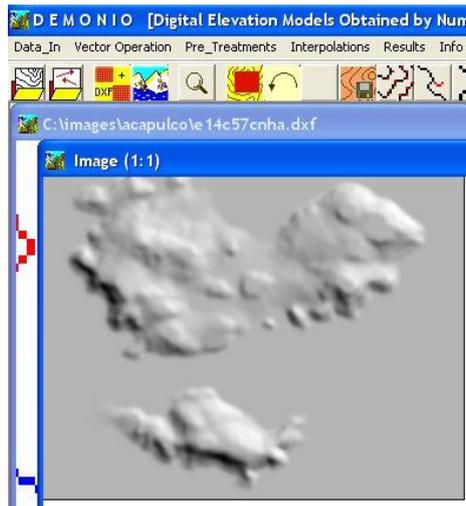


Figura 44. MDE suavizado.

En el primer caso se abre la ventana de dialogo de la figura 45 y en el segundo la ventana de dialogo de la figura 46.

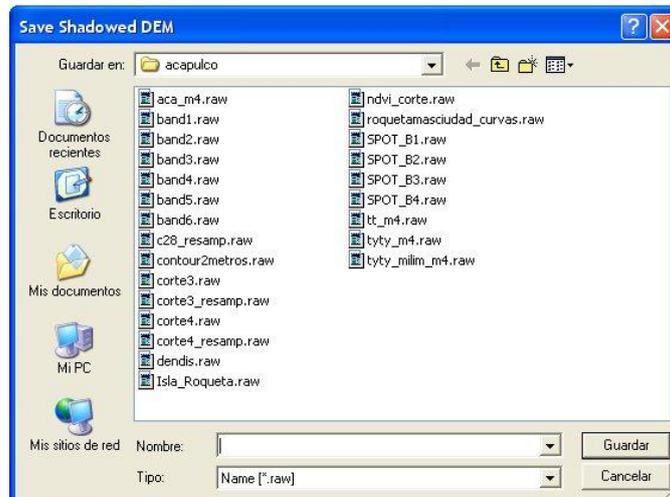


Figura 45. Guardar MDE sombreado (formato raw).

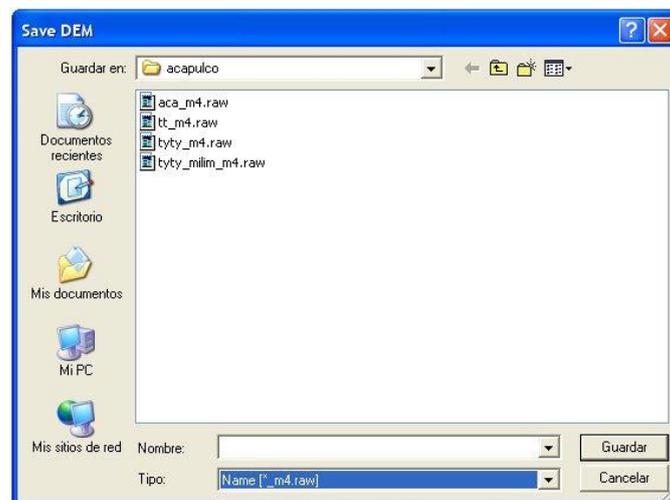


Figura 46. Guardar MDE (formato integer con extensión _m4.raw).

III.5.b. Interpolación multi-direccional

El comando “Info” del sub-menú “Lineal” abre una ventana que ilustra el cálculo de la hipsometría dentro de una capa de altitud (Fig. 47).

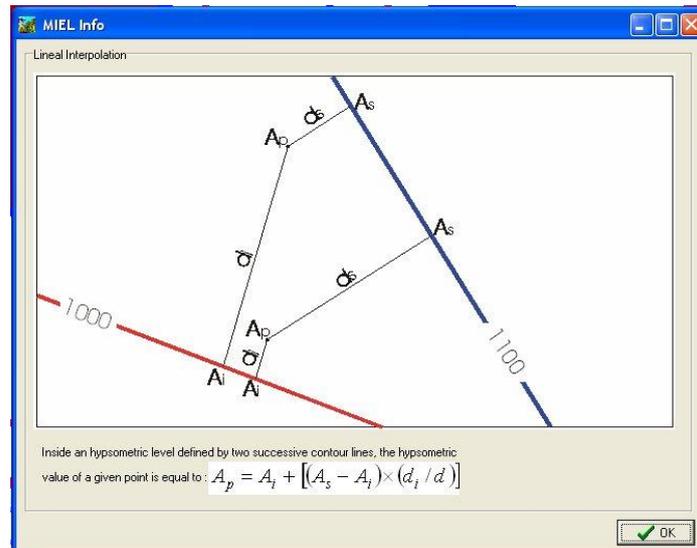


Figura 47. Cálculo del valor de altitud de un píxel dentro de una capa de altitud.

El comando “Treatment” del sub-menú “Lineal” o el botón  abren una primera ventana de dialogo (Fig. 48) que permite definir la escala hipsométrica y también una segunda ventana de dialogo (Fig. 49) para precisar la escala de los valores en tonos de gris sin tomar en cuenta los valores correspondientes a los puntos acotados que no se calculan en diversas capas de altitud sino en zonas delimitadas por curvas cerradas.

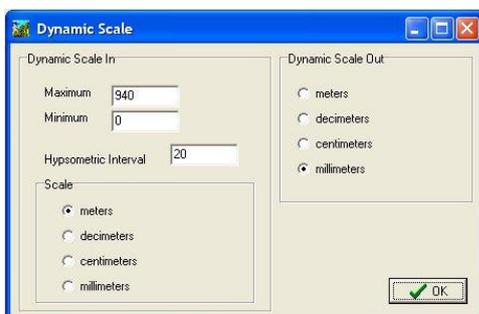


Figura 48. Definición de la escala hipsométrica.

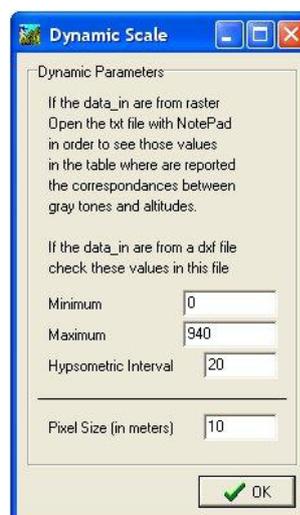


Figura 49. Definición de la escala de los tonos de gris.

Como en el caso del resultado de la interpolación por dilatación de las curvas de nivel, se activan los botones que aseguran una suavización y permiten salvar el MDE y su equivalente

sombreado. Pero en este caso se desactiva el comando “*Lineal*” del menú “*Interpolations*” y el botón  correspondiente. Este comando y este botón necesitan una prueba de “*Break Searching*” para reactivarse.

IV. Generación de un Modelo Digital de Elevación [MDE] a partir de una imagen raster de las curvas de nivel

En el apartado anterior se dieron las diferentes etapas necesarias para generar un MDE. Vimos entre otras, varias funciones que permiten arreglar eventuales defectos dentro de la imagen de las curvas de nivel provenientes de la extracción de una zona a partir de los datos vectoriales.

En el presente caso vamos a tomar en cuenta una imagen de las curvas en modo raster y mostrar las particularidades de los tratamientos. Se debe aclarar que vamos a necesitar la creación previa de una tabla de correspondencia entre los tonos de gris y las altitudes reales. Como se menciona anteriormente esta imagen raster y la tabla de correspondencia puede provenir de un tratamiento anterior hecho con el *software* DEMONIO con la finalidad de mejorar los datos con un editor de pantalla externo. Pero también la imagen raster de las curvas de nivel puede tener otra fuente, por ejemplo digitalización de curvas a partir de un barrido de un mapa topográfico utilizando el método descrito en Parrot y Ochoa (2004).

El comando “*Raster*” del menú “*Data_in*” o el botón  [Raster Data] abren una ventana de dialogo (Fig. 50) que pide el nombre del archivo que se va a abrir. Después el *software* pide el nombre de la tabla de correspondencia (Fig. 51); la tabla de correspondencia es un archivo txt similar al que ilustra la figura 24; una tabla de correspondencia es un archivo que establece la relación que existe entre un tono de gris y un valor de altitud.



Figura 50. Búsqueda del archivo a abrir.

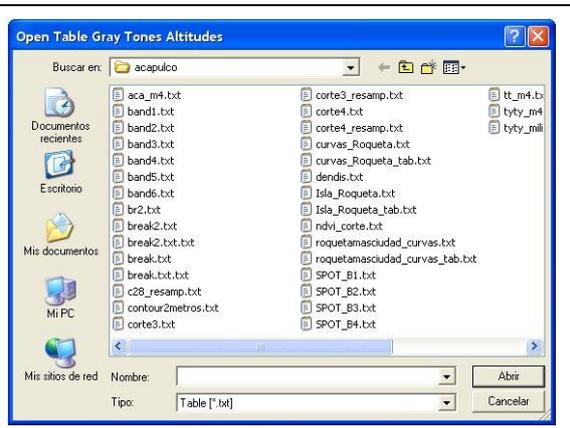


Figura 51. Abertura de la tabla de correspondencia.

El software también necesita definir la escala de las curvas de nivel y el valor del intervalo hipsométrico entre ellas, pero no se debe indicar valores que no corresponden a dichas curvas y son en general puntos acotados que se dibujaron en zonas delimitadas por curvas de nivel cerradas (ver la figura 36). Antes de desplegar la imagen de las curvas de nivel, se abre una ventana de diálogo (Fig. 52) para definir dicha escala.

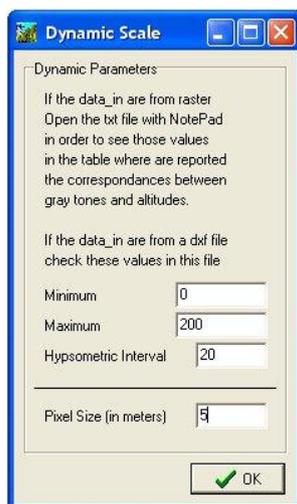


Figura 52. Definición de la escala de las curvas.

Cuando se despliegue la imagen de las curvas de nivel provenientes de un archivo raster, se activan el menú “Pre_Treatments” y el comando “Raster” del menú “Interpolations”, y los botones  [Corner Elimination],  [Ebarbulation],  [Break Searching],  [Dilation].

Todas las operaciones descritas en los apartados anteriores III.3, III.4 y III.5. se pueden aplicar a las curvas de nivel provenientes del archivo raster.

V. Sobre el uso de algunos botones no mencionados anteriormente

No se mencionó el uso de tres botones que corresponden a funciones utilitarias. Se tratan de los botones  [Back],  [Return] y  [Come Back].

El primer botón [Back] permite regresar a la imagen inicial obtenida cuando se abren datos vectoriales. Esta función se utiliza cuando la zona extraída no corresponde exactamente a la zona deseada. Al inverso el botón [Return] lleva de nuevo a la zona extraída.

NOTA 7:

Cuidado. La última operación no toma en cuenta las modificaciones hechas sobre la imagen extraída que se pierden cuando se regresa a la imagen original. Estos botones son solamente botones utilitarios que se puede utilizar al inicio del tratamiento.

El botón  [Come Back] lleva a la penúltima transformación borrando la última operación.

VI. Dos referencias.

PARROT, J.-F., OCHOA-TEJEDA, V. (2005). “Generación de Modelos Digitales de Terreno raster. Método de digitalización” Geografía para el Siglo XXI, Serie Textos universitarios, Instituto de Geografía UNAM., 31 p.

TAUD, H., PARROT, J.F. and ALVAREZ R. (1999) - DEM generation by contour line dilation. *Computers & geosciences*. 25, 7, 775-783. ISSN: 0098-3004.

Agradezco a la Maestra Carolina Ramirez Nuñez por sus correcciones al manuscrito, sus observaciones y sugerencias para mejorar el texto.