

MANUAL
DEL CURSO DE ENTRENAMIENTO
LASOTER SIG

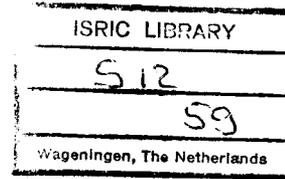
16 de Marzo - 3 de Abril 1992
Dirección de Suelos y Agua
Montevideo, Uruguay

V.W.P. van Engelen
Traducción W.L. Peters

Febrero 1992



CENTRO INTERNACIONAL DE REFERENCIA E INFORMACION EN SUELOS



MANUAL
DEL CURSO DE ENTRENAMIENTO
LASOTER SIG

16 de Marzo - 3 de Abril 1992
Dirección de Suelos y Agua
Montevideo, Uruguay

V.W.P. van Engelen
Traducción W.L. Peters

Febrero 1992

CENTRO INTERNACIONAL DE REFERENCIA E INFORMACION EN SUELOS

CONTENIDO

1	INTRODUCCION A SIG	1
1.1	Mapas e Información espacial	1
2	ESTRUCTURA DE DATOS Y DESCRIPCION GENERAL DE ILWIS	5
2.1	Estructuras de Datos	5
2.2	Descripción General de los Módulos	8
3	ENTRADA DE DATOS	13
3.1	Entrada de datos georeferenciados (mapa)	13
3.1.1	Digitalización de un mapa nuevo	13
3.1.2	Digitalización de un mapa existente	18
3.1.3	Creación de polígonos	19
3.1.4	Reticularización (rasterization) del mapa de polígonos	20
3.1.5	Mostrar el mapa reticular	21
3.2	Entrada de datos de atributos no espaciales	22
3.2.1	Definición de la estructura de la base de datos	22
4	APLICACIONES	25
4.1	Conectar atributos no espaciales con el mapa de polígonos reticularizado	25
4.2	Conectar atributos de otras tablas con el mapa reticular	26
4.3	Interpolación de datos puntuales	28
4.3.1	Preparación de los datos de atributos	30
4.4	Análisis de datos de atributos para un mapa de erosividad	32
4.4.1	Introducción	32
4.4.2	Erosividad de la precipitación	32
4.4.3	Gridding sin los puntos de control de LASOTER	33
4.4.4	Gridding con puntos registrados del mapa LASOTER	34
4.4.5	Factor grado de pendiente	35
4.4.6	Factor Cultivo	36
4.4.7	Combinar el Indice Fournier Modificado con mapas de los factores pendiente y cultivo	37
4.4.8	Comparación de riesgo de erosión con el estado de erosión	37
5	GUIAS PARA COPIAS DE SEGURIDAD (BACK UP)	39
5.1	Back ups regulares	39
5.2	Casos especiales	39
6	REFERENCIAS	41
ANEXO 1	GLOSARIO DE TERMINOS	42
ANEXO 2	INSTALACION DEL EQUIPO AMPLIADO (HARDWARE ENHANCEMENTS)	43
ANEXO 3	INSTALACION DEL SOFTWARE DE ILWIS	44

1 INTRODUCCION A SIG

1.1 Mapas e Información espacial

Hace poco la única forma de presentar información espacial eran mapas. Esto tiene algunas consecuencias en cuanto a calidad y manera de presentar. Las posibilidades técnicas de presentar información en un mapa son limitadas. Se debe hacer una selección de la información disponible antes de mostrarla en un mapa de manera conveniente.

Durante los siglos pasados la información representada en un mapa, p.e. mapa topográfico, ha aumentado en cantidad sin embargo ya no existen posibilidades de ampliar más. Al mismo tiempo el desarrollo de mapas temáticos ha avanzado sustancialmente pero las limitaciones de este tipo de mapas son evidentes. Por ejemplo la leyenda de un mapa de suelos puede contener varias características de suelo pero la cantidad disponible de datos que pueden ser mostrados es restringida. Además la recopilación de mapas interpretativos es una actividad muy laboriosa y costosa, porque los datos necesarios deben ser recolectados de otras fuentes (informes, resultados de laboratorio, etc.).

El mapa que es nada más que un pedazo de papel o de película y el informe que lo acompaña es la base de datos misma. Esto tiene consecuencias para la recolección, codificación y el uso de la información que aparece en el mapa (Burrough, 1986):

- Una reducción de la cantidad de datos en mapas de suelos realizada muchas veces por medio de clasificación de los datos: por ejemplo un mapa de fertilidad de suelos no muestra los resultados medidos de análisis de laboratorio, pero presenta clases de fertilidad.
- La información ha sido dividida muchas veces en varias hojas.
- Actualización del mapa es costosa muchas veces (dibujar de nuevo impresión).
- Finalmente la interpretación cuantitativa es exigente por el acceso difícil a los datos.

Hacia técnicas nuevas

Durante la década de los setenta la integración de recursos naturales ha llegado a ser un tópico importante. La aproximación del paisaje (olístico) de estudiar los recursos naturales fué adoptada en varios países. Esto ha resultado en una demanda muy fuerte de análisis: integración de varios temas mediante técnicas de superposición, una tarea que pudo ser automatizada. Programas sencillos de computación fueron elaborados para un análisis de datos cuadrículados. La aparición de cantidades grandes de datos satelitarios (también en forma de cuadrícula) ha contribuido fuertemente a la necesidad de este análisis automatizado. Los primeros programas eran algebraicos sencillos principalmente tales como sumar, restar, multiplicar y dividir valores de diferentes temas de una célula de cuadrícula. Estos programas fueron los primeros de mapeo automático o "técnicas de mapeo con ayuda de la computadora".

También existía la tendencia de automatizar los procesos cartográficos. Al mismo tiempo

programas de computación para diseño y producción fueron elaborados para la ingeniería civil (Sistemas CAD/CAM).

SIG

Las técnicas de integración de CAD/CAM, cartografía automatizada, técnicas de superposición y técnicas más avanzadas de análisis geográfico en combinación con la reducción de los precios de equipos de computación han resultado en un progreso enorme de Sistemas de Información Geográfica.

El crecimiento dramático en la década de los ochenta en el uso de SIG para un rango amplio de aplicaciones ha conducido a un número igual de definiciones del mismo. Para los fines de este curso de entrenamiento la siguiente definición es apropiada:

"Un Sistema de Información Geográfica es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para apoyar la captura, el manejo, la manipulación, el análisis, la modelación y la presentación de datos con referencias espaciales para resolver problemas complejos de planificación y manejo (Rhind, 1989)".

Esta definición comprensiva y precisa puede ser sustituida por una más sencilla:

"Un SIG es un sistema computarizado que puede mantener y manipular datos referentes a la superficie terrestre".

Muchos sistemas computarizados usados ampliamente (por ejemplo: hojas de cálculo (spreadsheet), sistemas de manejo de bases de datos, programas estadísticos y de dibujo) pueden manejar algunos datos geográficos sencillos. Sin embargo no pueden ser considerados como SIG porque no permiten operaciones espaciales con los datos.

Tendencias en el futuro

En términos de poder de procesamiento con los precios de los equipos de computación bajando es claro que los SIG se moverán de aplicaciones locales en proyectos pequeños hacia uso a nivel nacional y mundial. El mismo desarrollo está ocurriendo en los levantamientos de suelo. Las primeras aplicaciones de SIG estaban limitadas a proyectos y estaban cubriendo áreas relativamente pequeñas. En este momento sistemas comprensivos a nivel nacional han sido desarrollados o están en pleno desarrollo en varios países industrializados mientras que en el mundo en vía de desarrollo se está iniciando el mismo proceso. Paralelamente a estas actividades Sistemas de Información Geográfica con una cobertura mundial son considerados siendo SOTER¹ uno de ellos.

Uno de los problemas más grandes de procesamiento geográfico ha sido el volumen de datos, algo que juega un papel fundamental en los levantamientos de suelo también. Esto es un resultado de la complejidad de la superficie terrestre pero también porque suelo como cualquier otro ente geográfico no puede ser definido tan bien como otros objetos. Además datos de suelos son muy variables en el espacio y muchas veces presentan aspectos de incertidumbre. Límites de suelos tienden a variar entre varios levantadores de suelo.

Es claro que la aproximación actual de separar unidades descritas en inventarios de recursos naturales no pueden resolver los problemas mencionados. Técnicas nuevas como lógica polivalente (fuzzy) e inteligencia artificial, en su fase de infancia todavía podrían intentar resolver los problemas que provienen de los defectos conceptuales actuales.

2 ESTRUCTURA DE DATOS Y DESCRIPCION GENERAL DE ILWIS

En esta parte del manual las estructuras usadas por ILWIS¹ serán discutidas mientras que la segunda parte describirá en forma general de los diferentes módulos y sus opciones a ser usadas durante el entrenamiento.

2.1 Estructuras de Datos

Datos de un mapa pueden ser presentados en tres estructuras de datos diferentes:

- Datos vectoriales (vector)
- Datos reticulares (raster)
- Datos tabulares (tabular)

Datos vectoriales

En ILWIS los datos vectoriales contienen información sobre objetos lineales en el mapa. Dos niveles de datos vectoriales existen: mapas de segmentos y mapas de polígonos. Mapas de segmentos son representaciones de fenómenos lineales como caminos y ríos. Mapas de polígonos están mostrando áreas encerradas formadas por segmentos. Aparte de los segmentos mismos información sobre las relaciones entre los segmentos debe ser incluida también.

Topología es un concepto importante en SIG. Son los datos que nos dicen:

- Cuales son los segmentos conectados uno con otro.
- Cuales son los segmentos que circundan un área (polígono).
- Que se encuentra al lado derecho/izquierdo de un segmento.

Segmentos

Un segmento está formado por una lista de coordenadas X e Y y un código de identificación. Estos puntos a veces se llaman vértices también ellos proveen forma a un segmento (fig.1). La información del segmento es almacenada en dos archivos con las extensiones .SEG y .CRD.

El archivo SEG el código, los puntos iniciales y finales (también llamados nodos) y el vínculo con los puntos intermedios son almacenados. El número máximo de segmentos es 32767.

¹ ILWIS: Sistema Integral de Información en Tierra y Agua del Centro Internacional de Levantamientos Aéreospaciales y Ciencias terrestres (ITC)

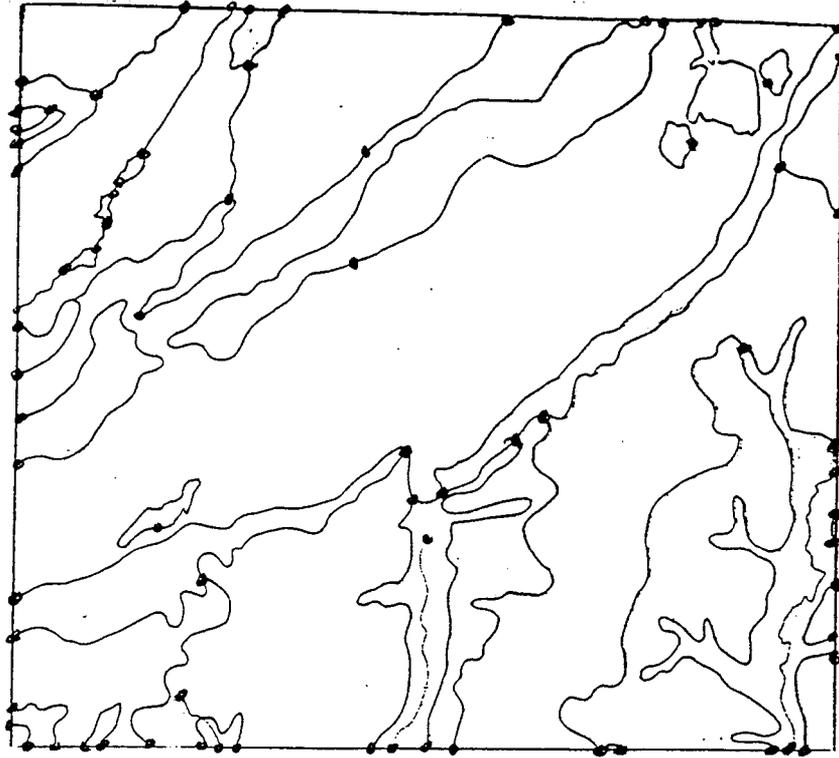


Figura 1. Mapa de segmentos (● = punto inicial o final)

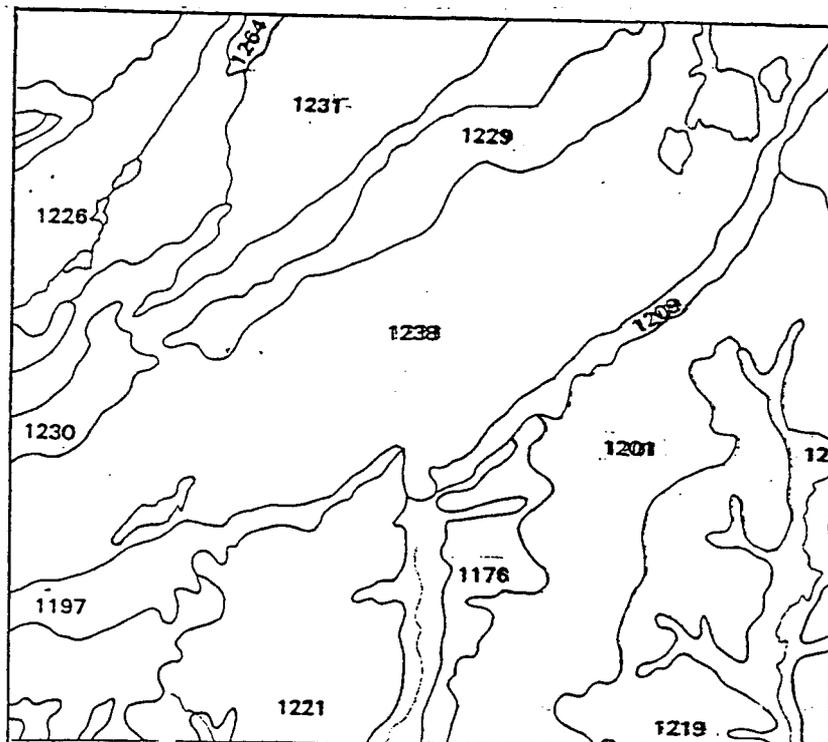


Figura 2. Mapa de polígonos

Polígonos

Cuando los segmentos están vinculados uno con otro formando así un límite de un área constituyen un polígono (fig.2). Unidades SOTER como cualquier otra unidad de mapeo son polígonos. Los archivos SEG y CRD que definen los segmentos están vinculados con dos otros archivos para topología e información del polígono respectivamente con las extensiones .TOP y .POL.

En el archivo POL el código, el color, las coordenadas X e Y, mínimas y máximas, perimetral y área son almacenadas.

En el archivo TOP la topología por segmento es registrada: vínculo hacia adelante, vínculo hacia atrás, información sobre el polígono al lado izquierdo y al lado derecho. La secuencia de los registros es idéntica a la del archivo SEG.

Datos Reticulares

Un mapa reticular consiste en un arreglo de células de una rejilla (pixel) cada una con un número de línea y de columna representando el valor del atributo mapeado. En ILWIS los datos son almacenados en dos archivos con las extensiones .MPD y .MPI.

El archivo MPD contiene información sobre el valor del pixel (número entero), línea por línea. El archivo MPI da información adicional sobre el sistema de coordenadas tamaño del pixel, valores mínimo y máximo del pixel, número de columnas y líneas etc. El número de columnas y líneas de un mapa reticular es limitado a 32767. En ILWIS no existe compresión de datos. El valor de cada célula es almacenado por separado, aún cuando todas las células tienen el mismo valor.

Los datos reticulares pueden ser almacenados en tres formatos:

- Como mapas binarios. El valor de cada pixel es 0 o 1. Un valor pixel ocupa un dígito binario (bit).
- Como mapas de bytes cada pixel tiene un rango de 0 a 255. Un valor de pixel ocupa un byte (8 bits).
- Mapas enteros. Cada valor de pixel tiene un rango de -32768 a 32768. Un valor de pixel ocupa 2 bytes (16 bits). El valor -32767 tiene un significado especial: el valor desconocido. Multiplicación de los valores de pixel por el factor escala (visualizado como potencia de diez) da los rangos reales. Un factor escala de 0 representa los números tal como son. Una escala de 1 significa un rango de -327670 a 327670 mientras un factor negativo p.e. 2 da un rango de números reales entre -327.67 y 327.67.

Advertencia: Un error puede ocurrir si el valor desconocido (-32767) es multiplicado y el resultado actúa como valor entero dentro del rango reconocido por ILWIS. Valores reales no pueden ser almacenados por ILWIS. Esto se puede circunvenir asignando factores de escala a los valores enteros. Por ejemplo: el valor real 1011,4 puede ser presentado como valor entero 10114 con factor escala -1.

Para valores reales de 5 dígitos que después de ajustar la escala son más altos que el valor entero máximo apoyado por ILWIS (por ejemplo 42.345 con factor escala -3 será 42345) no es

posible esto.

Datos tabulares

Dentro de las tablas ILWIS está usando el formato ASCII: un encabezamiento que indica los nombres de las columnas y una línea para cada registro. Las tablas tienen un máximo de 100 columnas y 2900 registros. La extensión asumida es. TBL. Los diferentes tipos que son apoyados en TABLAS son presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Identificadores y descripciones de tipo.

identificador	descripción	ejemplo
#	byte	0, 1
%	entero	6427, -98
!	entero largo	
&	real	65.98, -9.2
\$	serie (string)	'no datos'

Coordenadas

En ILWIS las coordenadas X e Y son valores expresados en metros (coordenadas métricas) preferiblemente. Sin embargo cualquier sistema de coordenadas puede ser seleccionado por el usuario siempre y cuando las coordenadas son expresadas en números decimales. Para mapas reticulares una notación de longitud - latitud puede ser usada. Esto es imposible para mapas vectoriales.

Puntos son identificados por dos coordenadas (valores X e Y), segmentos por una lista de coordenadas de puntos iniciales intermedios y finales.

Polígonos son identificados por los segmentos que los forman. Mapas reticulares son georeferenciados por coordenadas añadidas al archivo de retícula.

2.2 Descripción General de los Módulos

Aunque ILWIS tiene varios módulos más de lo discutidos aquí (p.e. de procesamiento de imágenes) solamente aquellos que serán usados durante el curso de entrenamiento serán descritos aquí. (Sub) módulos son imprimidos en letras mayúsculas, opciones de menú en minúsculas.

INPUT MODULE (Modulo de entrada)

El primer paso en cualquier SIG es la transformación de datos analógicos (mapas, tablas) en un formato digital. El módulo de entrada es usado para esta actividad. Ofrece la posibilidad de captar los datos geográficos (digitalizando) y los datos de atributos (tablas). Además este módulo puede transformar datos digitales existentes de otros SIG (p.e. IDRISI, ARC/INFO) en un formato compatible con ILWIS.

El Módulo de Entrada tiene las siguientes opciones de menú:

- | | |
|------------------|---|
| VectorConversion | (Conversión vectorial): Convierte archivos de vectores de varios otros SIG en formatos compatibles con ILWIS p.e. archivos ARC/INFO Ugenerate. (Coordenadas de segmentos) pueden ser convertidos en archivos de segmentos ILWIS. No es posible convertir una topología completa de un sistema a otro. Solamente los bloques de construcción (segmentos) son aptos para esta transformación. |
| RasterConversion | (Conversión reticular): Convierte archivos de retículas de varios otros SIG en formatos compatibles con ILWIS. Esta conversión es bastante sencilla porque las estructuras de los diferentes archivos no son muy diferentes. La mayor parte de los SIG pueden convertir sus archivos de retículas en formato ASCII. |
| TableConversion | (Conversión tabular): Archivos creados por varios programas de hojas de cálculo (spreadsheet) y de bases de datos son convertidos en el formato de los archivos de ILWIS: primera línea un encabezamiento en las siguientes los registros. |
| Digitize | (Digitalizar): Transforma información georeferenciada análoga (copias duras de mapas) en información digital almacenada como mapas vectoriales. |
| EditMPI | (Editar MPI): Facilidad para mostrar y editar los parámetros de la información de mapas reticulares de ILWIS como coordenadas, georeferencia, transformación (factor escala, rotación y traducción) y formato (bit, byte o entero). |

VECTOR MODULE (Módulo Vectorial)

En este módulo el usuario puede digitalizar, mostrar, actualizar y reticular datos vectoriales mientras la vectorización de datos reticulares es posible también. Las siguientes opciones de menú serán tratadas durante el entrenamiento.

- | | |
|------------|---|
| Copy&Merge | (Copiar y Fusionar): Copia información vectorial de un archivo a un archivo nuevo. Fusiona mapas vectoriales. |
| Digitize | (Digitalizar): Véase digitalizar en el módulo de entrada. |

Display&Change (Mostrar y Cambiar): Para la manipulación de la presentación visual y/o los contenidos de mapas vectoriales: muestra mapas vectoriales. Sobrepone mapas vectoriales en mapas reticulares en la pantalla de colores. Recupera los códigos de segmentos y polígonos. Puede renombrar, enmascarar y recolorar segmentos y polígonos. Cambios de transformación (traducción, rotación) y poligonización automática. Polígonos renombrados/recoloreados.

RasterToVector (De Retícula a Vector): Conversión de mapas reticulares en mapas vectoriales con archivos de atributos correspondientes.

RASTERIZE (SUB)MODULE ((Sub)Módulo de reticularizar)

Una sola opción de menú será discutida aquí.

PoligonToRaster (De Polígono a Retícula): Convierte mapas vectoriales que consisten en polígonos en mapas reticulares. El usuario puede definir el tamaño del pixel y el área a ser reticulizada.

RASTER ANALYSIS MODULE (Módulo de Análisis de retícula)

Esta es la parte usada con más frecuencia del software ILWIS. Tiene posibilidades para mostrar, procesar y analizar información geográfica en formato reticular. Para el entrenamiento los siguientes (Sub)Módulos son importantes.

VISUALIZATION MODULE (Módulo de visualización)

Con este módulo mapas reticulares pueden ser mostrados en la pantalla y almacenados en diskette.

Display&Store (Mostrar y almacenar): Muestra mapas en la pantalla y los almacena desde la pantalla.

ColorLut Tablas de consulta para color. Determina el color de los pixels. Pueden ser seleccionados, mostrados, actualizados, manipulados y archivados.

PixelInfo Da información sobre pixels individuales para uno o más mapas reticulares y tablas conectadas a estos mapas. Permite editar valores de pixel en la pantalla.

ViewValues Muestra los valores de pixel de mapas reticulares en la pantalla monocromática o en el impresor.

WINDOW MODULE (Módulo de ventana)

Permite la manipulación de ventanas.

DefineWindow (Definir ventana): Definición de ventanas de mapas reticulares en la pantalla.

ClearWindow (Borrar ventana): Borra ventanas definidas.

SPATIAL MODELLING MODULE (Módulo de modelado espacial)

Este módulo es usado para el modelado y el análisis de uno o más mapas reticulares y/o tablas.

Calculation (Cálculo): Permite recalcular mapas reticulares con funciones definidas por el usuario usando operadores lógicos, aritméticos y condicionales. Integración de tablas con información de atributos con mapas reticulares.

Distances (Distancias): Calcula distancias entre objetos definidos por el usuario en mapas reticulares tomando en cuenta resistencia.

INTERPOLATION MODULE (Módulo de interpolación)

Permite interpolación entre puntos o isolíneas.

FromIsolines (Desde isolíneas): Ejecuta interpolación lineal desde isolíneas reticularizadas.

FromPoints (Desde puntos): Ejecuta interpolación desde puntos reticularizados. Varios métodos de interpolación son posibles: vecino más cercano, moviendo promedio, moviendo superficie y predicción lineal, todos con funciones de parámetros/peso definidas por el usuario.

TABLE MANIPULATION MODULE (Módulo de manipulación de tablas).

Este es usado para la manipulación de datos de atributos, la información no espacial de un SIG. Consiste en dos partes: la primera puede ser considerada como el sistema de manejo de la base de datos interna tabular de ILWIS mientras la segunda tiene facilidades para la creación de tablas a ser usadas para combinar dos mapas reticulares.

TableCalculation (Cálculo de tablas): Hace posible la manipulación de datos en formato tabular usando varios operadores y columnas y aplicando cierta estadística sencilla.

SpecialTables (Tablas especiales): Crea una tabla bidimensional para combinar dos mapas reticulares. Crea tablas de clasificación que son usadas para clasificar valores originales de pixels de un mapa reticular.

OUTPUT MODULE (Módulo de despliegue)

Este módulo permite la producción de resultados en mapas, gráficos y tablas trazadas o impresas. Permite la transformación de formatos ILWIS en varios otros también.

VectorConversion (Conversión vectorial): Convierte mapas vectoriales en formato ILWIS en mapas vectoriales en otros formatos (ARC/INFO, AutoCAD-DXF, Intergraph-SIF, etc.).

RasterConversion (Conversión reticular): Convierte mapas reticulares en formato ILWIS en varios otros formatos reticulares.

TableConversion (Conversión tabular): Convierte tablas en formato ILWIS en varios otros formatos (dBASE-SDF, Lotus-DIF, Delimited).

Annotation (Anotación): Permite la creación de leyendas y anotación con diferentes tipos de símbolos y texto.

MakePattern (Hacer patrones): Permite la creación de patrones definidos por el usuario en el impresor a colores.

Output (Despliegue): Hace mapas en trazadores de gráficos (plotters) HPGL, imprime mapas, gráficos y tablas en un impresor a colores (Paintjet) o de texto.

SYSTEM MANAGER MODULE (Módulo del administrador del sistema)

Este módulo es accesible solamente para el administrador del sistema (con el nombre del usuario/contraseña apropiada).

DOS Cambia para DOS y permite el uso de comandos DOS. Regresa a ILWIS tipeando EXIT.

Configuration (Configuración): Configura digitalizador, impresor a colores y de texto, trazados de gráficos y tablero de gráficos.

UserDefinition (Definición de usuario): Define, edita y elimina usuarios, contraseñas y mandos.

3 ENTRADA DE DATOS

La entrada de datos al SIG consiste en dos componentes: datos que indican un objeto en el terreno representado por polígonos, líneas o puntos en el mapa, y datos que caracterizan los polígonos, líneas y puntos (atributos). Los primeros son transferidos al SIG mediante un digitalizador o un lector óptico (scanner) mientras los segundos entrarán directamente a través del teclado (Keyboard) o a través de archivos de atributos existentes. El capítulo 3.1 discute la digitalización de datos georeferenciados (mapas) mientras el capítulo 3.2 trata la entrada de datos de atributos no espaciales.

3.1 Entrada de datos georeferenciados (mapa)

3.1.1 Digitalización de un mapa nuevo

Digitalizaremos un mapa pequeño a escala 1:1,000,000. Fija el mapa en el digitalizador con cinta y asegúrese que el papel está plano. La orientación del mapa no es de importancia primordial, pero para hacer más o menos similares los movimientos en el digitalizador y en la pantalla es mejor que los bordes del mapa estén paralelos a los bordes del digitalizador.

El menú lleva al usuario por este programa. El menú aparece en forma de bloques de 4 comandos en la pantalla. Después de haber seleccionado un comando un bloque nuevo aparecerá. Seleccione el comando apropiado oprimiendo el botón correspondiente en el digitalizador (transductor) o en el teclado. En este último caso asegúrese que:

- 1) el digitalizador está prendido
- 2) el símbolo móvil (cursor) está en el área activo del digitalizador y
- 3) se usan solamente los números de la parte no numérica del teclado.

Dentro de ILWIS existen dos posibilidades para digitalizar vectores:

- en el módulo VECTOR
- en el módulo INPUT

```
* Seleccione: INPUT
                Digitize
0
                VECTOR
                Digitize
```

En el caso nuestro de digitalizar un mapa nuevo podemos darle un nombre nuevo por ejemplo: SOTERTUT.

Después aparece un menú con la pregunta si queremos crear un mapa nuevo. Mediante los botones de referencia podemos confirmar (0), o salir (3).

* Oprima: **botón 0**

El programa pregunta por un archivo con puntos de control. Este archivo no existe todavía.

* Escriba: **N** después de 'Use control point file (y/n) [n]'

El programa pide la digitalización de puntos de control porque en el archivo no los hay. Usa como puntos de control las cuatro esquinas del mapa.

Los puntos de control establecen un vínculo entre las coordenadas del digitalizador (X-dig y Y-dig) y las coordenadas del mapa (X-coord. e Y-coord). Unidades del digitalizador definidas por la programación (software) son expresadas como decimales de milímetros. Las coordenadas correspondientes del mapa deben ser introducidas en estas unidades del digitalizador (0.1 mm) también.

Advertencia: Unidades del digitalizador definidas por la programación (software) difieren de la resolución del digitalizador definida por los aparatos (hardware). Para el digitalizador usado para el entrenamiento la resolución verdadera máxima es de 50 líneas por centímetro = 0.02 mm. Con el fin de facilitar la lectura de los resultados los datos son multiplicados por 2 ('media resolución' = 0.01 mm).

El archivo CONFIG.DIG de ILWIS contiene la configuración para el digitalizador. Las especificaciones de este archivo deben ser puestas en los interruptores programados (soft switches) del digitalizador. Véase anexo 2 y el manual del digitalizador.

Los cuatro puntos de control pueden ser digitalizados. Ahora coloque el cursor exactamente sobre el primer punto (abajo a la izquierda) y

* Oprima: **botón 0** en el transductor

A continuación las coordenadas del mapa deben ser introducidas por medio del teclado. Asumimos que el mapa es rectangular y que los orígenes de las coordenadas están en la esquina del lado izquierda abajo. Las coordenadas del mapa en este punto son $X = 0$ y $Y = 0$.

* Escriba: **0** <ENTER> después de 'Enter X:'
0 <ENTER> después de 'Enter Y:'

* Seleccione: **continue/next point**

La esquina del lado izquierdo arriba (punto 2) está por ejemplo a una distancia de 15.75 cms. (= 157500 unidades del digitalizador) de punto 1 y en el borde occidental del mapa. Así las

coordenadas de mapa X y Y del punto 2 son $X = 0$ y $Y = 157500$. Introduzca estos valores después de digitalizar el punto 2.

* Seleccione: **Digitize point** (botón 0 en el transductor).

* Escriba: **0** <ENTER> después de 'Enter X:'
157500 <ENTER> después de 'Enter Y:'

Haga lo mismo para los puntos 3 y 4. Después de haber terminado:

* Seleccione: **Return** (botón 3).

El sistema pide la aprobación de los puntos de control.

ILWIS ejecuta una transformación lineal (o similar) entre los puntos de control del mapa y las coordenadas del digitalizador. Una transformación lineal es un traslado de un conjunto de coordenadas en relación al origen de la hoja del mapa donde los traslados en las direcciones X e Y son iguales. No hay distorsión del mapa en ninguna de las direcciones pero una rotación del mapa es posible.

La diferencia entre puntos de control medidos (p.e. con regla) y calculados después de la transformación lineal (D_x-d y D_y-d) es indicada en unidades del digitalizador. Si los valores son 3 unidades del digitalizador (0.03 mm) o menos la transformación puede ser aceptada. Si son mayores hay que digitalizar los puntos de control de nuevo.

Otros resultados de la transformación aparecen en la pantalla también: coeficientes, escalas en direcciones X e Y y rotación en relación a los ejes X e Y. Los coeficientes (a a f) intercalan las fórmulas de transformación afine ($x' = ax + by + c$ e $y' = dx + ey + f$). Si Sigma es muy pequeño no hay error entre el mapa y su versión digitalizada prácticamente.

Confirme la transformación con Y(es) o rechace con N(o). En caso de ser confirmada el programa regresa con el próximo bloque de comandos: el WINDOW SET UP. Seleccione 0 para el mapa entero o indica una ventana con ayuda del cursor. Ambas opciones proceden al comando de SELECT MODE.

Una vez registrado correctamente el mapa puede iniciarse la digitalización de líneas (vectores) y puntos.

Primero queremos introducir las líneas.

* Seleccione: **Segment mode** (botón 0)

Líneas en el mapa pueden representar fenómenos diferentes: límites de unidades SOTER, ríos, carreteras, zonas urbanas, marco del mapa etc. En la versión digitalizada esta diferenciación debe ser preservada. Por eso debemos conectar etiquetas a cada tipo de línea/segmento que entra a la computadora.

- * Seleccione: **Segment mode** (botón 2)
 Code manipulation (botón 2)
 Code (botón 0) para meter nuevos segmentos

Las primeras líneas que queremos digitalizar son los límites exteriores del mapa. Así en la opción Code ponemos un código nuevo para este tipo de línea.

- * Escriba: **Frame** después de 'New code:'

Observa que el código aparece en la pantalla de texto:

- * Oprima: **botón 3** (return) 2 veces para regresar a Segment mode.

- * Seleccione: **Add segments** (botón 0)

Ponga el cursor sobre una esquina del marco del mapa.

- * Oprima: **Begin segment** (botón 0)

y el menú se mueve hacia el bloque de comandos de Entering Segments. La línea a ser introducida es la primera y no debe ser conectada con alguna otra.

- * Seleccione: **Enter points** (botón 0)

Puntos son introducidos, a manera de chorro (stream mode) manteniendo el botón 0 imprimido siguiendo la línea con el cursor. En nuestro caso estamos digitalizando un rectángulo (el marco del mapa) y debemos oprimir el botón solamente cuando estamos sobre las esquinas. Para terminar el segmento correctamente y para conectarlo con el comienzo del marco del mapa (cierre del polígono)

- * Seleccione: **Snap (end of segment)** (botón 1)

cuando el cursor está sobre la primera esquina. El color del elemento al cual el segmento será pegado (snap) cambia a violeta. Después de ser aceptado (botón 0) el segmento es pegado al primer nodo del segmento del marco del mapa. El color regresa a normal (verde).

Regrese al Segment mode para introducir las otras líneas. Repita el procedimiento anterior para los límites de unidades SOTER. Use como código: Sunit. La unidad SOTER debe ser pegada en el marco del mapa. Pegar a un segmento existente puede hacerse en los nodos únicamente. Pero el marco del mapa tiene un nodo únicamente (el comienzo/fin). Por esta razón debemos introducir nodos subdividiendo el marco del mapa en los sitios apropiados.

Ponga el cursor en el comienzo del límite de una unidad SOTER cerca pero no sobre el marco del mapa.

* Seleccione: **Segment mode**
Add segments
Snap (botón 1)

Pegar puede salir bien únicamente si un nodo es encontrado dentro de la tolerancia del cursor: el rectángulo que aparece en la pantalla. El segmento del marco del mapa es seleccionado oprimiendo botón 1. Su color cambia a azul y puede ser subdividido en el bloque de comandos Snap seleccionando las partes del segmento (botón 2). Asegúrense que el digitalizador se mantenga firme en el mismo sitio durante toda la operación. Cuando está digitalizando líneas curvas mantenga oprimido el botón 0 todo el tiempo.

Las otras líneas son digitalizadas de manera similar.

Si por error un código de un segmento es erróneo puede ser cambiado después en el bloque de comandos Code manipulation.

* Seleccione: **Segment mode**
Command
Code manipulation

Con el comando Alter codes el próximo bloque de comandos Alter codes permite la selección del segmento cuyo código debe ser cambiado.

Tachar segmentos digitalizados erróneamente

1) Tachar el segmento que está siendo digitalizado actualmente.

Durante la digitalización podemos corregir errores. Una parte de una línea que es digitalizada erróneamente puede ser tachada hacia atrás desde el último punto imprimiendo botón 3. (Delete last point(s)) en el bloque de comandos Entering Segments. Esto eliminará solamente (parte de) el segmento que no ha sido cerrado/pegado a un nodo.

2) *Tachar segmentos que ya han sido cerrados*

Si queremos tachar segmentos cerrados (nodo a nodo) tenemos que cambiar para el bloque de comandos Delete segments donde el segmento a ser removido puede ser seleccionado y eliminado.

Con Undelete segments segmentos tachados por equivocación pueden ser recuperados.

Modificar segmentos

Muchas veces cambios pequeños deben realizarse en algunos segmentos. Esto puede hacerse en el bloque de comandos Command.

* Seleccione: **Move points (Retouch)** botón 1.

Mueva el cursor sobre la parte del segmento que debe ser removida.

* Seleccione: **Take point**

Si la selección es exitosa el segmento al cual pertenece el punto cambia de color. Si no lo es, una señal es escuchada. El programa sigue al segundo bloque de comandos Retouch. La ubicación nueva del punto puede ser seleccionada ahora (New position, botón 0) o el punto puede ser pegado a un punto sobre otro segmento (aquel que está debajo de la posición nueva del cursor) seleccionando Snap (botón 2). En el último caso el programa cambia al bloque de comandos Snap.

Cerrar la sesión de digitalización

La digitalización puede ser parada seleccionando Return varias veces y uno entra el menú principal. En lugar de Return Escape puede ser usado también.

3.1.2 **Digitalización de un mapa existente**

Si hemos salido del módulo de digitalización ILWIS no recuerda las coordenadas del mapa del digitalizador. Sin embargo las coordenadas del mapa como han sido introducidas están almacenadas en el archivo CRD. Este es un archivo con coordenadas (veáse pág 231 del Manual para el Usuario de ILWIS para una explicación completa de la estructura del archivo).

Aún cuando el mapa no se mueve en el digitalizador una registración nueva es requerida. Esto implica que cuando hemos salido de una sesión de digitalización siempre debemos comenzar introduciendo los puntos de control otra vez.

* Seleccione: **INPUT**

Digitize

ILWIS pide un archivo de segmento. Ya que queremos continuar con el mapa 'Sotertut' metemos este nombre. Ahora las coordenadas del mapa X e Y aparecen en la pantalla y tenemos que digitalizar los puntos de control apropiados. Asegúrese de digitalizar en la secuencia correcta. Es aconsejable seguir el mismo procedimiento: comenzando por el punto de control al lado izquierdo arriba y según con el reloj.

Si los resultados son satisfactorios podemos aceptarlos.

* Escriba: **Y** después de "Accept y/n [y]"

Ahora el programa está listo para continuar la digitalización.

3.1.3 Creación de polígonos

Cuando todos los segmentos han sido digitalizados y los errores visuales obvios han sido corregidos podemos proceder al próximo paso: la formación de polígonos de todos estos segmentos sueltos. Primero el programa tiene que chequear si todas las líneas/segmentos están conectados correctamente. Esto significa: si el segmento "A" está conectado con el segmento "B", son las coordenadas del final de segmento A idénticas a las del comienzo de segmento B?. El programa reprime callejones sin salida ('dead ends'), intersecciones, segmentos repetidos, etc. Lo hace en el POLYGON MODE, opción Check segments.

Los polígonos en el mapa experimental son formados por límites de unidades SOTER (1), ríos de doble líneas (2), ciudades (3) y el marco del mapa (4). Entonces tenemos que decir al programa que revise estos segmentos solamente. Esto podemos hacer definiendo una máscara con estos códigos. Después de haber introducido estos códigos regresamos a Checks segments. Si algunas conexiones incorrectas o polígonos abiertos son encontrados (dead ends, intersecciones, segmentos repetidos) el programa avisa cambiando el color del segmento erróneo de verde a rojo y colocando un cuadro rojo alrededor del área del problema y dando un mensaje de error abajo en la pantalla monocromática. El error debe ser corregido manualmente.

Se puede ver mejor los errores en una ventana ampliada del área. Por eso tenemos que acercarnos. Regrese al menú principal de digitalización (Select mode):

* Seleccione: **Segment mode**

Command

Move Points (Retouch)

Ahora podemos hacer cambios en la ventana como ya fué explicado anteriormente.

Ahora los puntos a ser movidos deben ser seleccionados. Coloque el cursor sobre el punto y oprima el botón 1. Oprimiendo varias veces todos los puntos dentro del rango activo del cursor pueden ser seleccionados. Cuando la selección es exitosa el segmento al cual pertenece el punto cambia de color. Mueva el punto hacia la posición correcta. El programa está ahora en el segundo menú *Retouch* y debemos decidir si se deja el punto movido en la nueva posición o si se deja a un punto terminal del segmento sobre el cual está ubicado.

Salga del menú y active *Check segments* de nuevo. El programa seguirá automáticamente e indicará el próximo error (si existe). Después de haber corregido todos los errores se corren otra vez los mismos segmentos para hacer un chequeo final.

El próximo paso es la construcción de polígonos con los segmentos.

* Seleccione: **Polygon Mode**
Make Polygons

El programa crea polígonos automáticamente con los segmentos que caen dentro de una máscara predefinida. Si no existe un archivo de polígono un mensaje aparece: 'Creating Polygon File'. Si este archivo existe aparece: 'Updating Polygon File'.

Después de crear los polígonos debemos asignarles nombres. Los polígonos a ser nombrados parpadearán. Nombres pueden ser asignados después de que aparece 'Polygon Name (\quit):'. Un código con un máximo de 15 caracteres es aceptado. El código no es sensible a las mayúsculas (case sensitive).

Cuando todos los polígonos han sido nombrados el programa regresa al bloque de comandos *Polygon Mode*. Para salir de la sesión de etiquetar:

* Escriba: \

Las etiquetas de los polígonos son almacenadas en el archivo de polígonos (.POL). Etiquetas equivocadas pueden ser corregidas en el bloque de comandos *Polygon Handler*.

Por valor asumido (default) el primer carácter alfanumérico de la etiqueta del polígono determina su color. Los colores pueden ser cambiados en el bloque de comandos *Polygon Handler* del submenú *Polygon Mode*. En este bloque de comandos todos los polígonos pueden ser mostrados (botón 0), polígonos pueden ser seleccionados en base a (un grupo de) nombres de polígonos (botón 1) o polígonos pueden ser seleccionados manualmente usando el cursor (botón 2).

3.1.4 Reticularización (rasterization) del mapa de polígonos

El mapa de polígonos creado anteriormente debe ser convertido ahora en una versión reticularizada. Inicie con el menú principal.

* Seleccione: **Vector**

Rasterize

PolygonToRaster

El programa pide la reticularización del mapa de polígonos:

* Escriba: **SOTERTUT** después de 'Polygon map to be rasterized:'

Ahora hay que elegir entre el uso de polígonos o unidades cartográficas. En la primera opción cada polígono es considerado como un elemento de mapeo único y obtiene un valor de pixel de acuerdo al orden alfabético de los nombres de los polígonos. En la segunda opción los polígonos reciben un valor de pixel según el orden alfabético de las unidades cartográficas.

Ahora el programa pregunta si un mapa de atributos debe ser creado. Si es así una tabla con los nombres y atributos de polígonos debe existir dentro del directorio de ILWIS (extensión .TBL). No tenemos esta tabla todavía. Entonces tenemos que introducir los valores de atributos correspondiente al polígono manualmente. Por ejemplo polígono 2034 podría recibir atributo 34. Esto resultará en un color 34 (dependiendo de su definición en el ColorLut) de los pixels de este polígono.

* Escriba: **SOTERTUT** después de 'Output raster map:'

La transformación del nuevo mapa reticular puede ser copiada de un mapa existente. Sin embargo no existe tal mapa en el directorio ILWIS\SOTERTUT. Entonces debemos transformar el mapa haciendo uso de por lo menos cuatro puntos de control. En este caso pueden ser las cuatro esquinas del mapa. Estas no son los centros de los pixels pero los límites exteriores. Tenemos que dar el tamaño del pixel también. En este caso usaremos 1000 m.

3.1.5 Mostrar el mapa reticular

Archivos del mapa reticular

El mapa reticular (SOTERTUT) consiste en dos archivos. Pueden ser localizados bajo el recordatorio (prompt) de DOS (en Main menú seleccione DOS). En el directorio ILWIS\SOTERTUT los siguientes dos archivos existen (escriba: **dir**):

- SOTERTUT.MPI (archivo de información del mapa: tamaño, escala, coordenadas, transformación, etc).
- SOTERTUT.MPD (archivo de datos del mapa: los valores reales de todos los pixels).

Mostrar

Ambos archivos están en formato binario y pueden ser presentados como texto legible. Dentro de ILWIS el mapa reticular puede ser mostrado en la pantalla o puede ser enviado al impresor.

* Seleccione: **RASTER**

Visualization

Display&Store

* Escriba: **SOTERTUT** después de 'Name of the raster map:'

Acepte los valores asumidos para el tamaño del mapa oprimiendo cuatro veces <ENTER>.

Después de la aparición de 'Enter output map name'.

* Escriba: \$ (pantalla de colores)

* Seleccione: **no stretching** (sin alargamiento) y el factor de ampliación asumido escribiendo dos veces <ENTER>.

El archivo SOTERTUT.MPI puede ser mostrado usando el submenú EditMPI bajo INPUT. Después de dar el nombre del mapa información sobre tamaño, tipo, escala, formato, georeferencia y tamaño de pixel aparece.

Información sobre los pixels es suministrada en el submenú PixelInfo del menú RASTER MODULE, VISUALIZATION.

3.2 Entrada de datos de atributos no espaciales

Datos de atributos no espaciales de SOTER tales como han sido definidos en el Manual SOTER deben ser convertidos en forma digital. Para aplicaciones con un SIG SOTER ha definido archivos en formas DBF. En este momento solamente las estructuras de los archivos para SOTER son generadas por el programa SOTER que corre bajo MS-Windows. En el futuro pantallas de entrada y sistemas de preguntas con respuesta (output queries) formarán parte del programa SOTER también pero para este momento hay que hacer uso de los programas (software) de dBase III o IV.

3.2.1 Definición de la estructura de la base de datos

Todos los archivos necesarios de la base de datos pueden ser creados automáticamente por un programa SOTER bajo MS-Windows. Procede de manera siguiente:

- * Escriba: **win** (DOS prompt)
- * Toque (click) dos veces: **SOTER** icon
- * Seleccione: **Yes** después de 'Read catalog'
- * Seleccione: **File**
- * Seleccione: **Create New Project**

Con estos comandos el programa SOTER crea todos los archivos DBF necesarios para almacenar la información de atributos. Podemos revisar los archivos creados de la base de datos y sus estructuras.

En el dBase prompt:

- * Escriba: **dir** (o usa la clave F4) (muestra la lista de archivos DBF).

Los archivos de la base de datos están vacíos ya que ninguna información ha sido introducida. Un archivo DBF particular puede ser seleccionado ahora y puede ser mostrada su estructura.

- * Escriba: **display structure** (o usa la clave F5) (nombres, tipos y longitudes de campos aparecen).

Aparte de la creación de todos los archivos DBF de SOTER la manipulación es manejada con dBase. Cambios en los archivos DBF pueden ser realizados con dBase².

² Está previsto el desarrollo de un interfaz para el usuario (user interface) que haría posible ejecutar todas las manipulaciones/selecciones desde la aplicación de Windows sin usar dBase.

4 APLICACIONES

4.1 Conectar atributos no espaciales con el mapa de polígonos reticularizado

En este capítulo conectaremos un atributo del archivo TERRAIN.DBF con el mapa reticular. Observa que en este archivo DBF el atributo clave SUID puede ser relacionado directamente con el número del polígono del mapa. Para datos provenientes de las otras tablas se necesita un procedimiento más complicado. Esto será explicado en el capítulo 4.2.

El mapa reticular creado al final de la sesión de digitalización (Sotertut) puede ser conectado con la tabla de atributos hecho (ext.DBF) en el capítulo 2. El denominador común o el atributo clave del mapa y de la tabla es el nombre/número de la unidad SOTER/polígono. En el mapa así como en la tabla estos atributos claves están presentes. Ahora debemos convertir esta tabla en un formato compatible con ILWIS. En breve debemos hacer lo siguiente. Los datos deben ser extraídos de dBase y metidos en un archivo ASCII para ser modificados en un formato ILWIS.

En el dBase prompt (.):

* Escriba: **use sotertut.dbf** (el sotertut de la base de datos está en uso ahora).
 browse (muestra el contenido de la base de datos).
 copy to sotertut.txt fields XX,YY delimited with blank (esto crea un archivo
 ASCII con los datos requeridos, cada dato separado del
 próximo por un espacio)
 !edit sotertut.txt (comandos externos al editor de DOS y el texto aparece.
 Podemos añadir los encabezamientos apropiados de
 ILWIS; de al archivo el nuevo nombre SOTERTUT.TBL)

Deje el editor, salga de dBase e inicie ILWIS.

Revisaremos ahora la tabla en ILWIS. Esto se hará en el submenú TableCalculation del TABLES Module.

* Seleccione: **TABLES**
 TableCalculation

* Escriba: **SOTERTUT** (extensión .TBL puede ser omitida por ausencia) después
 que haya salido 'Enter table name:'.

Si la tabla no existe el programa pregunta si la tabla debe ser creada.

En el submenú View and Calculate, comando Display table la tabla puede ser examinada.

Observe los diferentes tipos de datos definidos cuando se modificó la tabla en el editor de texto.

Salga de TableManipulation oprimiendo [Esc] y dos veces [Return], y

* Escriba: Y después de: 'Do you really want to return out of TabCalc?'

El próximo paso es la reclasificación del mapa reticular Sotertut original usando la tabla Sotertut y la columna de elevación.

* Seleccione: **RASTER**
SPATIAL MODELLING
Calculation

* Escriba: **\$:= sotertut.elevation[sotertut]**

Oprima cuatro veces [Enter] para aceptar todos los valores asumidos.

Después de terminar el procedimiento oprima [Enter] para salir de Calculation. Si queremos almacenar el mapa de elevación en forma de archivo tenemos que modificar la fórmula MapCalc: cambie \$ en p.e. altitud sin cambiar el resto. La altitud del mapa reticular puede ser estudiada ahora en la pantalla.

Los archivos .MPD y .MPI serán almacenados en el directorio ILWIS\SOTERTUT como ALTITUDE.MP?.

Los valores de todos los pixels pueden ser mostrados (en la pantalla o impresos) en el submenú ViewValues del Raster Module.

4.2 Conectar atributos de otras tablas con el mapa reticular

Como ya fué mencionado en el capítulo 4.1 la conexión de atributos de tablas diferentes de la base de datos TERRAIN.DBF con un mapa reticular es más complicada. Primero revise las estructuras de los diferentes archivos DBF creados por SOTER. Nos limitaremos a los archivos TERRAIN.DBF, TERRCOMP.DBF, TERRDATA.DBF, SOILCOMP.DBF, SOILPROF.DBF Y LAYER.DBF. Sus estructuras son mostradas en la figura 3.

Si queremos conectar datos de archivos diferentes de TERRAIN.DBF tenemos que hacerlo a través de un denominador común: el atributo clave. Algunos atributos están presentes en diferentes tablas: p.e. suid está en TERRAIN, TERRCOMP y SOILCOMP. Así es posible conectar los datos de SOILCOMP.DBF con la ID de la unidad SOTER (SOTER unit ID) del mapa.

Un caso más complicado son los datos de los archivos SOILPROF y LAYER.DBF. No existe este tipo de enlace directo y tenemos que indicar la vía nosotros mismos. La relación entre

SOILCOMP y SOILPROF es establecida a través de suid, tcno, sono y pid y entre SOILPROF y LAYER con pid.

Figura 3. Estructuras para los archivos de la base de datos SOTER

TERRAIN.DBF

Field	Field name	Type	Width
1	suid	num	6
2	datc	date	8
3	land	char	1
4	alt1	num	4
5	alt2	num	4
6	reli	num	3
7	incd	num	3
8	incs	num	3
9	incc	num	3
10	lith	char	3
11	wats	num	3
12	map	num	6
13	cdat	date	8
14	udat	date	8

TERRCOMP.DBF

Field	Field name	Type	Width
1	suid	num	6
2	tcno	num	1
3	prop	num	3
4	tdid	num	6
5	cdat	date	8
6	udat	date	8

TERRDATA.DBF

Field	Field name	Type	Width
1	tdid	num	6
2	slop	num	3
3	slen	num	3
4	meso	char	1
5	micr	char	1
6	parm	char	3
7	txtg	char	1
8	pdep	num	3
9	rock	num	3
10	ston	num	3
11	sdrn	char	1
12	ffrq	num	3
13	fsta	num	3

Field	Field name	Type	Width
14	fdur	num	3
15	grwh	num	3
16	grwl	num	3
17	cdat	num	8
18	udat	num	8

SOILCOMP.DBF

Field	Field name	Type	Width
1	suid	num	6
2	tcno	num	1
3	sono	num	1
4	prop	num	3
5	posi	char	1
6	rdep	num	3
7	nref	num	3
8	cdat	date	8
9	udat	date	8

SOILPROF.DBF

Field	Field name	Type	Width
1	suid	num	6
2	tcno	num	1
3	sono	num	1
4	pno	num	3
5	pid	num	6

LAYER.DBF

Field	Field name	Type	Width
1	pid	num	6
2	lno	num	1
3	ldep	num	3
4	boun	char	1
5	lsiz	num	3
6	colm	char	12
7	cold	char	12
8	stfo	char	1
9	stsi	char	1

Field	Field name	Type	Width	Field	Field name	Type	Width
10	stgr	char	1	29	caco	num	3
11	carb	num	4	30	gyps	num	3
12	nitr	num	4	31	cfvo	num	3
13	ptot	num	1	32	cfvi	num	4
14	cec	num	3	33	sand	num	3
15	ecec	num	4	34	vcsa	num	3
16	aec	num	4	35	cosa	num	3
17	exca	num	5	36	mesa	num	3
18	exmg	num	4	37	fisa	num	3
19	exk	num	4	38	vfsa	num	3
20	exna	num	4	39	silt	num	3
21	exal	num	4	40	clay	num	3
22	fedl	num	1	41	clyn	num	3
23	aldi	num	1	42	txtc	char	4
24	feac	num	1	43	clym	char	2
25	alac	num	1	44	bulk	num	4
26	ph2o	num	4	45	diah	char	2
27	pkcl	num	4	46	diap	char	2
28	ece	num	3	47	cdat	date	8
29	caco	num	3	48	udat	date	8

4.3 Interpolación de datos puntuales

Ya que hemos introducido algunos datos meteorológicos en la base de datos podemos usarlos para la realización de un mapa de precipitación del área piloto. Primero la ubicación precisa de las estaciones de precipitación debe ser registrada. Esto podemos hacerlo digitalizando los puntos.

Usaremos un mapa de un área más grande que para el ejercicio de digitalización. Si no tiene el mapa del área piloto fijado en el digitalizador hágalo ahora. Prenda el módulo de digitalización (véase la sección de digitalización de este manual). Usaremos un mapa existente: el mismo que en el ejercicio de digitalización.

* Seleccione: **Point Mode** (botón 1)

Ya que esta es la primera sesión de digitalizar puntos no existe archivo de puntos viejos (extensión .PNT). Entonces

* Seleccione: **Digitize points** en Point Mode I
Enter points en Digitize Points

Asegúrese de digitalizar los puntos de control correctos y de asignar los códigos de estación correctos.

Después de haber digitalizado todos los puntos

* Seleccione: **Return** (botón 3)

El programa procede al segundo bloque de comandos Point Mode. Los puntos digitalizados pueden ser almacenados: botón 1, Store Pointfile. Usa RAIN.PNT como nombre del archivo de puntos.

Modificaciones del archivo .PNT pueden ser realizadas editando el archivo con un editor de texto. También puede ser construido un archivo completamente nuevo - el archivo METEO.PNT - Con las columnas X!, Y! y Name&columns y después pueden ser introducidas las coordenadas en unidades del digitalizador. El origen (0,0) del sistema de coordenadas es el punto en la esquina del lado izquierdo abajo del mapa usando en la primera sesión de digitalización. Tenemos que medir las coordenadas X e Y p.e. con una regla y como consecuencia los datos no pueden ser nunca tan precisos como en el caso de digitalización normal.

Salga del menú de digitalización y proceda al menú Standard.

* Seleccione: **Raster**
Interpolación

Interpolación de los datos meteorológicos será basada en observaciones puntuales entonces seleccione

* Seleccione: **FromPoints**

Varios métodos de interpolación son apoyados por ILWIS. Aplicaremos algunos y compararemos los resultados.

Los diferentes métodos de interpolación pueden agruparse en los siguientes grupos:

- 1 Vecino más cercano (nearest neighbour)
- 2 Moviendo promedio (moving average)
- 3 Moviendo superficie (moving surface)
- 4 Predicción lineal (linear prediction o kriging)

Una breve explicación de los métodos es dada en el Manual ILWIS para el Usuario. Está fuera del alcance de este curso dar una descripción más amplia de las diferentes teorías y consideraciones detrás de estas técnicas geo-estadísticas. Para más referencia véase p.e. Davis (1986).

Para este curso las siguientes técnicas y parámetros serán seleccionados:

- moviendo promedio con el método de peso $1/d^2$
- predicción lineal, según dominio (domain wise), exponencial, promedio.

4.3.1 Preparación de los datos de atributos

Antes de poder iniciar la interpolación dentro de ILWIS la tabla CLIM.DBF en dBase con los valores de atributos puntuales (código de la estación datos de precipitación etc.) debe ser transferida a ILWIS. Tenemos que extraer de la tabla CLIM.DBF en dBase el código de la estación y la precipitación anual y copiar los datos hacia un archivo de texto ASCII que puede ser modificado en un formato ILWIS.

En dBase haga lo siguiente:

En el dBase prompt (.):

- * Escriba: **use clim.dbf** (el clim.dbf de la base de datos está en uso ahora)
- browse** (muestra el contenido de la base de datos)
- copy to clim.txt fields XX, YY delimited with blank**(esto crea un archivo ASCII con los datos requeridos)
- !edit clim.txt** (comandos externos al editor de DOS y el texto aparece ahora. Podemos añadir los encabezamientos apropiados de ILWIS: X, Y!, %scd y poner el nuevo nombre al archivo: CLIM.TBL).

Deje al editor, salga de dBase e inicie con ILWIS.

- * Seleccione: **RASTER**
SPATIAL MODELLING
INTERPOLATION
FromPoints

La tabla con los datos puntuales (CLIM.TBL) se necesita en este momento:

- * Escriba: **Clim** después de: 'Enter table name for point data:'

Si la tabla tiene más de una columna de atributos aparte de las coordenadas X e Y debe ser seleccionada la columna del atributo necesario para la interpolación. Cambie entre las columnas de atributos con <TAB>. Seleccione con <ENTER>.

El mapa que resulta del procedimiento de interpolación debe ser dado:

* Escriba: **rain** después de: 'Enter output map name:'

El mapa de interpolación debería ser registrado con los mismos puntos de control que el primer mapa digitalizado (Sotertut) con el fin de hacer posible cualquier análisis entre estos dos mapas. Esta es la razón por la cual las coordenadas de la estación de precipitación fueron medidas desde el origen del mapa Sotertut.

Confirme a la pregunta: 'Copy transformation from existing map? (y,n) [n]'.

* Escriba: **Sotertut**

Ahora el método de interpolación puede ser seleccionado.

* Seleccione: **Moving Average**

Este método realiza una interpolación de moviendo promedio pasando por toda la red (gridding) de datos puntuales calculando un promedio ponderado con distancias limitantes definidas por el usuario (d0) usando varias funciones de peso (weight functions).

Seleccione el primer método de peso (weight method) y acepte el valor estimado para n (= 1).

Repita la interpolación pero ahora con el segundo método de peso y n = 1.

Si 'Copy transformation from existing map? (y,n) [n]' es rechazado el programa determina el tamaño de los pixels y el número de líneas y columnas es mucho más bajo que en el caso de usar un mapa existente.

Debe ser claro que mientras más fina la retícula puesta más pixels serán formados y más cálculos deberán ser realizados por el programa. Por esta razón es recomendable tomar un tamaño de retícula no tan pequeño (p.e. 2000 m). Después de la interpolación el mapa reticular resultante puede ser densificado como sigue:

* Seleccione: **Interpolation
FromRaster**

Las diferencias entre las dos opciones presentadas ahora están relacionadas con el número de células de la retícula circundantes que son consideradas y la forma del plano resultante que será puesto sobre los puntos originales:

- Bi-linear interpola entre 4 células circundantes y presenta el resultado en un plano inclinado.

- Cubic spline considera 16 pixels por medio de un plano polinomial del tercer orden (p.e. un plano ondulado).

Sin entrar a la teoría de estos planos es evidente que el primer método necesita menos cálculos que el segundo y como consecuencia es más rápido (pero menos preciso). Dependiendo de la variación en los datos originales el usuario tiene que seleccionar el mejor método.

El mapa reticular que es formado ahora no puede ser usado directamente con los demás mapas calculados durante el entrenamiento. Debe ser conectado con los puntos de control del primer mapa que ha sido digitalizado.

4.4 Análisis de datos de atributos para un mapa de erosividad

4.4.1 Introducción

La erosividad del área LASOTER será estimada en base a erosividad de la precipitación, grado de pendiente y uso de la tierra. Esta es una aproximación basada en el modelo de erosión USLE/SLEMSA desarrollado por Wischmeier/Stocking.

4.4.2 Erosividad de la precipitación

La erosividad de la precipitación está relacionada con la energía de las gotas de lluvia cuando caen en la tierra. La energía cinética está relacionada directamente con las intensidades de la lluvia (diámetro de las gotas). Con las intensidades de la lluvia la energía cinética puede ser calculada.

En una situación ideal las intensidades de la lluvia durante un número de años están disponibles. Ya que este no es el caso en muchas áreas en el mundo, como también en el área LASOTER tenemos que trabajar con una aproximación desarrollada por Fournier y mejorada después por Arnoldus para estimar la erosividad de la precipitación en base a precipitación mensual y anual total.

Cálculo del Índice Fournier Modificado (Arnoldus, 1980).

$$\Sigma p^2/P$$

en el cual p = precipitación mensual (en mm) y

P = precipitación anual (en mm)

Para 59 estaciones pluviométricas en el área LASOTER el Índice Fournier Modificado ya ha sido calculado y el resultado aparece en el archivo MFI.DAT. Revise la estructura del archivo y su contenido a través del editor MS-DOS.

Si el archivo se ajusta al formato ILWIS como está definido en el Manual podemos darle un nuevo nombre MFI.TBL para ser usado dentro de ILWIS.

Inicie con ILWIS y proceda al submenú interpolación:

* Seleccione: **RASTER**
SPATIAL MODELLING
INTERPOLATION
FromPoints

* Escriba: **MFI.TBL** después de 'Enter table names for point data:'

* Escriba: **RAIN1** después de 'Enter outputname:'

Ahora existen dos posibilidades tal como fué explicado en el capítulo 4.3 Interpolación...:

- 1 El mapa tiene los mismos puntos de registro/control que el mapa LASOTER. La misma retícula que en el mapa LASOTER (502 líneas y 540 columnas) será usada y pasa por toda la red (gridding) tomará mucho tiempo (\pm 20 min.). Proceda al comienzo de capítulo 2 y repite todas las acciones hasta "* Escriba: MFI.TBL después de 'Enter table name for point data'". Proceda ahora al capítulo 4.4.4.
- 2 El mapa no tiene registración, así que no se puede hacer conexión alguna con el mapa LASOTER. Ahora podemos definir el tamaño de nuestra rejilla y acelerar la creación de la red (gridding). Proceda al capítulo 4.4.3.

4.4.3 Gridding sin los puntos de control de LASOTER

Nuestra primera opción será gridding sin relación con un mapa existente (opción 2 de capítulo 4.4.2).

* Escriba: **N** después de 'Copy transformation from an existing map? (y,n) [n].

El tamaño del pixel es determinado por el programa. Si no está de acuerdo con el tamaño asumido cámbielo a p.e. 25000 (m) pero manténgalo grande para acelerar gridding.

* Escriba: **25000** después de 'Meters per pixel:'

* Acepte los valores asumidos para las esquinas del mapa:

* Escriba: <ENTER> cuatro veces

El programa muestra el número de líneas y columnas que será usado para griding.

Ahora el método de interpolación puede ser seleccionado. Un análisis de los datos (semivariograma) indica una preferencia para el método de kriging.

* Seleccione: **Linear Prediction**
Pointwise
Exponential

El programa muestra el exponente (-C x d) y pregunta por el constante C.

* Acepte el valor asumido (C = 1.00)

Gridding comienza y el mapa resultante es almacenado como 'RAIN'.

El mapa puede ser mostrado para ser inspeccionado. Si no podemos aceptar el resultado podemos repetir el procedimiento con modificaciones de los parámetros de Kriging y nombrando el nuevo mapa RAIN2. Este mapa puede ser mostrado al lado del mapa anterior en otra ventana de la pantalla a colores.

En el submenú Display&Store:

* Escriba: \$1 después de 'Enter output raster map:'
1 detrás de 'Starting first line:'
100 detrás de 'Starting left column:'

Solamente uno de los mapas de interpolación del Índice de Fournier Modificado será conservado para análisis posterior.

4.4.4 Gridding con puntos registrados del mapa LASOTER

La segunda aproximación será un gridding, con el registro de un mapa existente (opción 1 de capítulo 4.4.2).

* Escriba: RAIN después de 'Enter output map name:'

* Escriba: Y después de 'Copy transformation from an existing map? (y,n) [n]

* Escriba: LASOTER después de 'Name of the map from which the transformation should be copied'

El tamaño de pixel es determinado por el mapa LASOTER en el cual fué puesto a 1000 m. Observe que este tamaño de pixel es muchas veces menor (25 x) que aquel usado en la primera aproximación de gridding. Por esta razón el número de pixels es 625 m el número del mapa no registrado y gridding tomará mucho más tiempo que en el capítulo 4.4.1.

4.4.5 Factor grado de pendiente

En la base de datos de atributos del área LASOTER la tabla 'Terrain' (TERRAIN.DBF) contiene atributos que pueden ser usados para estimar el porcentaje de pendiente. Para esta aplicación particular usaremos la descripción general del tipo de paisaje para la definición de la pendiente.

El factor pendiente (S) usado en la USLE se define como:

$$S = 0.065 + 0.045s + 0.0065s^2$$

en la cual s = grado de pendiente en %

Usa la conversión siguiente:

Hills : 16 - 30%
Uplands : 4 - 16%
Valleys : 4 - 16%
Plains : 0 - 4%

Esto da como resultado los siguientes intervalos del factor pendiente:

Hills : 1.12 - 3.57
Uplands : 0.84 - 1.12
Valleys : 0.84 - 1.12
Plains : 0.07 - 0.84

Ahora podemos tomar el promedio de cada clase para obtener un valor simple para cada unidad SOTER:

Hills : 2.35
Uplands : 0.98
Valleys : 0.98
Plains : 0.45

Tenemos que conectar el factor pendiente con la unidad SOTER. El archivo LASOTER.MPD contiene los números de los polígonos del área LASOTER. El procedimiento es el siguiente:

Active en dBase el archivo TERRAIN.DBF:

Cuando aparece el punto (dot prompt):

* Escriba: **use terrain**

copy to slopct.txt fields suid, land delimited with blank

Los datos pueden ser estudiados en un editor de texto. Podemos sustituir el código de forma de tierra por el valor del factor pendiente. La tabla resultante debe recibir el encabezamiento de una tabla ILWIS también: 'Name&' para la columna con las IDs de las unidades SOTER y 'Slope#' para la columna con los factores pendientes. Si la tabla es correcta puede ser guardada como SLOPFCT.TBL.

Antes de seguir debe estar claro que ILWIS puede contener solamente valores enteros entre 32768 y -32768. El factor pendiente es un factor real con dos decimales. Para poder usarlo en ILWIS debe ser multiplicado por 100.

Regresemos ahora al módulo Calculation de ILWIS:

* Seleccione: **RASTER**
SPATIAL MODELLING
Calculation

En el módulo MapCalc podemos asignar valores nuevos (o reclasificar) a un mapa reticular existente (LASOTER) según los valores de atributos de una tabla de atributos (SLOPFCT.TBL).

* Escriba: **slope:=(slopct*100).slope[lasoter]**

El mapa puede ser mostrado en la pantalla a el módulo VISUALIZATION.

4.4.6 Factor Cultivo

Los atributos 'luse' y 'veg' de los archivos LANDUSE.DBF y VEGETAT.DBF fueron convertidos en un factor cultivo como es usado en la USLE modificada. Valores de factor cultivo para los diferentes tipos de utilización de la tierra y tipos de vegetación fueron derivados de estimaciones por Jetten (1988). El procedimiento resultó en los siguientes factores cultivo:

bosque:	0,0025
pradera:	0,0065
agricultura migratoria:	0,001
pasto:	0,0625
plantación:	0,05
cultivos anuales:	0,40

El mismo procedimiento que usamos para el factor pendiente se usará ahora. Asigne valores nuevos al atributo uso de la tierra en la base de datos uso de la tierra (luse en LANDUSE.DBF) según la conversión mostrada anteriormente. Continúe como en capítulo 4.4.5. Multiplique los valores reales por 10,000 para obtener valores enteros.

4.4.7 Combinar el Índice Fournier Modificado con mapas de los factores pendiente y cultivo

Ya que el riesgo de erosión ha sido definido en el capítulo 4.4.1 como $A = R \times S \times C$ tenemos que hacer el cálculo. Esto se puede hacer fácilmente en cualquier programa de hoja de cálculo (spreadsheet) p.e. Lotus 1-2-3.

Los valores resultantes de los cálculos de A para todas las unidades SOTER puedan ser mostrados en AFCT.TBL. La primera columna contiene los SU-ID, la segunda el factor de riesgo de erosión calculado y la tercera los valores reclasificados.

El mapa de riesgo de erosión resultante puede ser mostrado en el módulo VISUALIZATION.

4.4.8 Comparación de riesgo de erosión con el estado de erosión

Aparte del mapa de riesgo de erosión calculado ahora existe un archivo en la base de datos que contiene el estado de erosión de cada unidad SOTER. Compare estos mapas. Haga un mapa de la severidad del estado de erosión con los atributos del archivo DEGRADAT.DBF.

5 GUIAS PARA COPIAS DE SEGURIDAD (BACK UP)

5.1 Back ups regulares

No existe regla general para procedimientos de backup. Depende de muchos factores como la frecuencia de cambios de datos, número de usuarios del sistema, etc. Sin embargo cualquier cambio sustancial merece un backup.

Varios procedimientos existen: programas de backup permiten copiar conjuntos completos de datos, conjuntos que han sido cambiados solamente, cambios de cierto período, etc.

5.2 Casos especiales

Un backup de los segmentos recién digitalizados es absolutamente necesario antes de poder iniciar cualquier chequeo de segmentos. Errores pueden ser creados cuando AutoEdit corrige cualquier error en el archivo de segmentos. Por ejemplo segmentos pueden ser conectados de tal manera que los polígonos están cerrados pero el mapa resultante es diferente del original. En este caso la corrección debe hacerse manualmente y esto es posible únicamente de un backup.

6 REFERENCIAS

- Burrough, P.A., 1986. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Clarendon Press, Oxford.
- Davies, J.C., 1986. Statistics and data analysis in geology. Wiley & Sons, New York.
- ITC, 1991. ILWIS manual. ITC, Enschede.
- Jetten, V. 1988. USLE computer program. Dept. of Physic. Geogr. State Univ. Utrecht.
- Rademacher, F.E.P., 1991. Using the SOTER database for soil erosion assessment. Working paper and preprint 91/8. ISRIC, Wageningen.

ANEXO 1 GLOSARIO DE TERMINOS

Administrador	El usuario con la autoridad para retirar a del sistema otros usuarios, definir la configuración del sistema (digitalizador, tabla gráfica, trazador de gráficos, impresor).
Contraseña	Nombre invisible dado por el adminstrador del sistema a cada usuario. Debe ser presentado en cada inicio del programa.
Coordenadas	Valores de X e Y en un sistema de coordenadas.
Cursor	Dispositivo para introducir datos geográficos manualmente en la computadora.
Línea	Elemento geográfico básico definido por lo menos 2 puntos.
Manera de chorro	La manera de transmitir en forma continua (Stream mode) en la cual el cursor del digitalizador indica su posición a la computadora.
Nodo	Punto donde se juntan segmentos.
Nombre del usuario	El nombre dado por el administrador de sistema a un usuario. Debe ser dado cada vez cuando inicia ILWIS o después que un cambio en usuario es efectivo.
Pixel	Abreviación de elemento de la imagen. Elemento básico en un mapa de una rejilla de células (grid cell map).
Polígono	Area en un mapa representada por una figura con muchos lados formados por uno o más segmentos.
Punto de control	Punto de referencia en un mapa/forma digital que determina la conexión entre las coordenadas geográficas del mapa y de la versión digital.
Punto	Elemento geográfico básico.
Raster	Una rejilla regular cubriendo un mapa (veáse pixel).
Segmento	Una línea curva con un punto de comienzo y final.
Vértice	Un par de coordenadas X e Y ubicado en un segmento entre los nodos de comienzo y final. Ayuda a definir la forma del segmento.
Vector	Una cantidad que tiene ambas dirección y tamaño.

ANEXO 2 INSTALACION DEL EQUIPO AMPLIADO (HARDWARE ENHANCEMENTS)

1 Tabla gráfica

Usa el comando VSETUP para configurar el arreglo de los monitores de la tabla gráfica ATI Wonder. ILWIS trabaja en un arreglo de dos monitores.

2 Digitalizador

El arreglo del interruptor programado (soft switch) del digitalizador Calcomp requerida por ILWIS:

SWITCH	1	2	3	4	5	6	7	8
BANK #1	0	0	0	0	0	0	0	1
BANK #2	0	0	0	1	0	0	0	0
BANK #3	1	1	1	0	0	0	0	0
BANK #4	0	0	1	0	0	0	0	1
BANK #5	0	1	0	1	0	1	0	0

0 = OFF, 1 = ON

Para el procedimiento de cambiar el arreglo veáse el manual Calcomp.

ANEXO 3 INSTALACION DEL SOFTWARE DE ILWIS

Sigue las instrucciones del Manual para el Usuario de ILWIS.

No olvide hacer copias (backup) de los diskettes de ILWIS!

Defina a si mismo como el único usuario/administrador del sistema quien tiene la autoridad para meter y remover a otros usuarios y guiar puede especificar las configuraciones del sistema como definición de impresor y trazador gráfico. Esto puede hacerse en el menu SYSTEM. Acceso a este menú está permitido al administrador solamente.

Si olvida el nombre del usuario/la contraseña para el administrador del sistema, la única solución será instalar el software de nuevo. Esto permite la definición del administrador del sistema.