

METODOLOGÍA PARA LA RECUPERACIÓN DE LA MATRIZ DIGITAL DE LAS OBSERVACIONES DE UN LEVANTAMIENTO GEOFÍSICO

(METHODOLOGY TO RECUPERATION THE DIGITAL MATRIX
OF OBSERVATIONS IN GEOPHYSICAL SURVEY)

JOSÉ ALBERTO BATISTA RODRÍGUEZ

M. Sc. en Geofísica Aplicada. Profesor asistente, Departamento de Geología. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba.

RESUMEN: En este artículo se propone una metodología para recuperar las matrices digitales de las observaciones de los levantamientos geofísicos en aquellos casos en que sólo se poseen los materiales gráficos. Esto abre la posibilidad de realizar un nuevo procesamiento e interpretación de dicha información con técnicas no empleadas en el momento en que se llevaron a cabo tales trabajos. Para esto se utilizaron diferentes dispositivos de cómputo y software orientados a crear la base de datos digitales.

También se muestra cómo fue implementada la metodología propuesta durante la

recuperación de la matriz digital de las observaciones del levantamiento aeromagnético 1:50 000 de la región de Moa.

Palabras claves: matriz digital, metodología, levantamiento geofísico, aeromagnético, Moa.

ABSTRACT: This article proposes a methodology for recuperating the digital matrix of the observations of the geophysical survey in those cases where only the graphic materials are possessed. This opens the possibility of carrying out a new processing

and interpretation of this information with techniques not used at the moment when such works were carried out. To reach this goal several computes devices and software were used, guided to create the digital database.

Furthermore, there is a proposal for the methodology carried out during the recuperation of the digital matrix of the 1: 50 000 aeromagnetics survey observations of the region of Moa.

Keywords: digital matrix, methodology, geophysical survey, aeromagnetics, Moa.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo alcanzado en la rama de la informática abre la posibilidad de utilizar nuevos métodos durante el procesamiento e interpretación de la información geológica y geofísica, empleando un basamento matemático y estadístico, en ocasiones, imposible de implementar sin ayuda de la computación. De esta misma manera ha permitido incorporar a dicho proceso, informaciones que hasta el momento no estaban en formato digital, específicamente mapas de isóneas de parámetros geológicos y geofísicos. En el caso de estos últimos, una vez que se posee una matriz digital de las observaciones similar a la

que dio origen a dicho mapa, es posible utilizar métodos de transformaciones del campo físico que no se emplearon cuando se procesaron dichos datos y posibilitar su reinterpretación.

Muchas veces, por determinadas razones sólo se poseen los materiales gráficos de los levantamientos geofísicos, por ese motivo el objetivo de este trabajo es proponer una metodología que permita recuperar la matriz digital de las observaciones a partir de la cual se trazaron las isóneas que se muestran en dichos materiales gráficos. Esto permite que los ficheros numéricos creados al efecto puedan ser procesados posteriormente por distintos paquetes de programas.

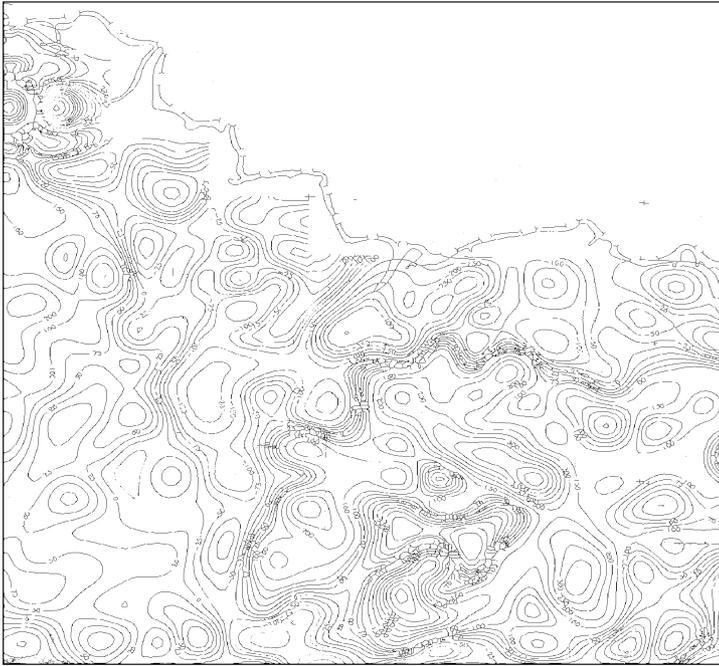


Figura 1. Imagen de una parte del mapa aeromagnético de Moa.

Metodologías para recuperar matrices digitales a partir de materiales gráficos creados durante las investigaciones geológicas y geofísicas han sido propuestas con anterioridad por otros investigadores (Guilarte y Astraín, 1994; Rodríguez, 1997; Batista, 1998a y 1998b). Matrices digitales creadas de esta manera, como es el caso de los Modelos Digitales del Terreno (MDT) se han utilizado durante el desarrollo de diversas investigaciones, la mayoría vinculadas a Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Janssen y otros, 1990; Chagarlamudi y Plunkett, 1993; Shea y otros,

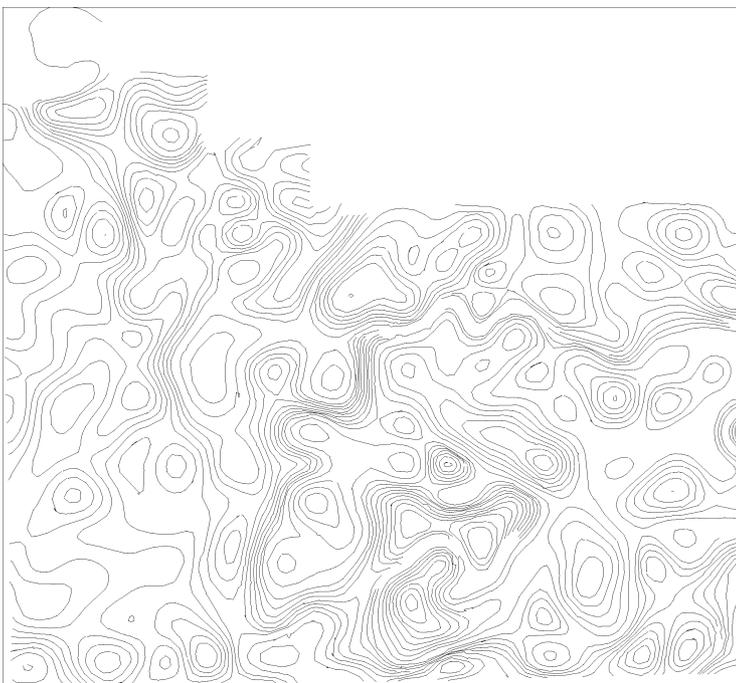


Figura 2. Vectores obtenidos de la imagen del mapa aeromagnético de Moa.

1993; Ichoku y otros, 1994; Hepner y Firco, 1995; Turdu y otros, 1995; Yoshiko y Dieter, 1995; Imray y otros, 1998; Álvarez y Ulloa, 1999; Blanco, 1999; Carrasco y Jiménez, 1999; Fundora y otros, 1999; García, 1999; Gutiérrez y Álvarez, 1999). La metodología propuesta se utilizó en los trabajos de Albuja (1998), Batista (1998a y 1998b) y Matos (1998), con el objetivo de recuperar los matrices digitales de los Campos Físicos analizados.

RECUPERACIÓN DE LA MATRIZ DIGITAL

Para recuperar la matriz digital de las observaciones se propone utilizar diferentes softwares, fundamentalmente TELEMAT v. 2. 2 y SURFER v. 6. 02. El primero es un paquete de programas desarrollado por GeoCuba (1996) que incluye diversos módulos, de los cuales utilizamos el TELEMAT/IMAGE y TELEMAT/VECT. El segundo es un software profesional desarrollado por la Golden Software (1996) orientado a la confección de mapas.

La secuencia que se propone para llevar a cabo dicha recuperación es la siguiente:

1. Preparación de los materiales gráficos

Los mapas de isolíneas, de los cuales se desean recuperar las matrices digitales de las observaciones, deben ser preparados de forma tal que el proceso de introducción de puntos de control y vectorización se logre eficientemente. Por tal motivo es necesario en cada uno de los mapas:

- ♦ Verificar que las isolíneas estén trazadas con claridad, en caso contrario se debe corregir este error.
- ♦ Seleccionar y señalar varios puntos donde se conocen con exactitud las coordenadas de ubicación (X,Y), los cuales harán la función de puntos de control.

2. Creación de la base de datos digital primaria

Abarca la introducción de los mapas de isolíneas en la computadora, o sea, tales materiales se pasan a formato digital con un *scanner* y se conforman imágenes con el mismo. Con ayuda del módulo de procesamiento de imágenes TELEMAT/IMAGE se georefieren cada una de ellas introduciendo varios puntos de control.

3. Vectorización de la imagen obtenida

En esta etapa con ayuda del módulo de vectorización TELEMAT/VECT se realiza la digitalización (vectorización) semiautomática de las isolíneas del mapa, asignándole el valor del campo correspondiente a cada una de ellas. Inicialmente la imagen debe ser binarizada (si es necesario) y esqueletizada.

4. Generación de la base de datos numérica

Se importan los vectores (isolíneas) a formato XYZ (ASCII), generando una base de datos que contiene la posición y el valor del campo físico en diferentes puntos distribuidos a lo largo de las isolíneas que conforman el mapa.

5. Regularización y validación de la base de datos

- ♦ La base de datos en formato ASCII, se regulariza con el SURFER 6.02, utilizando una distancia entre puntos y perfiles en correspondencia con la escala del levantamiento, o sea, igual a la del mapa original, lo cual garantizará compararlos y detectar cualquier error grosero que se haya cometido. Como método de regularización se emplea el Kriging, aunque se recomienda probar con otros métodos, lo cual está en dependencia de las características de los datos tratados.
- ♦ Validación de la base de datos creada: Se realiza de forma cualitativa y cuantitativa. Para llevar a cabo la validación cualitativa, primero con la base de datos regularizada se construye el mapa geofísico (utilizando el SURFER) con características de representación similares a las del mapa original y se comparan ambos. La coincidencia nunca será absoluta pero no deben existir diferencias apreciables, en caso de existir tales diferencias se detecta donde está el error, se rectifica y se repite todo el proceso nuevamente. Cuando se logren minimizar las diferencias se procede a validar la base desde el punto de vista cuantitativo. Para ello se estima el error cometido durante la regularización, determinando el error cuadrático medio, considerado:

$$E = \pm \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{2n}}$$

Donde δ es la diferencia entre los valores de las bases de datos XYZ y la regularizada GRD, y n la cantidad de puntos contenidos en la base de datos iniciales.

- ♦ Luego se compara el error del levantamiento geofísico con el error cuadrático medio. Si este último es por lo menos dos o tres veces menor que el primero, entonces la matriz digital de observación creada es representativa del mapa original y por lo tanto puede ser utilizada en futuros trabajos de procesamiento e interpretación de los materiales primarios.

Además de los softwares y dispositivos señalados se pueden utilizar otros con estos fines. Si no se dispone de un *scanner* se puede utilizar un digitalizador, con el inconveniente de que el proceso se hace más lento y trabajoso.

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA

La metodología propuesta se utilizó para recuperar la matriz digital de las observaciones aeromagnéticas en la región de Moa, durante la caracterización geólogo-estructural del macizo ofiolítico de esta región a partir del levantamiento aeromagnético 1:50 000 (Batista, 1998a y 1998b). En esta investigación se tomó como base el levantamiento aerogeofísico complejo del territorio de las provincias Guantánamo y Holguín (Chang y otros, 1991).

Para realizar la misma se contaba sólo con el mapa aeromagnético impreso y el informe del levantamiento. Por este motivo se generó a partir de dicho mapa una

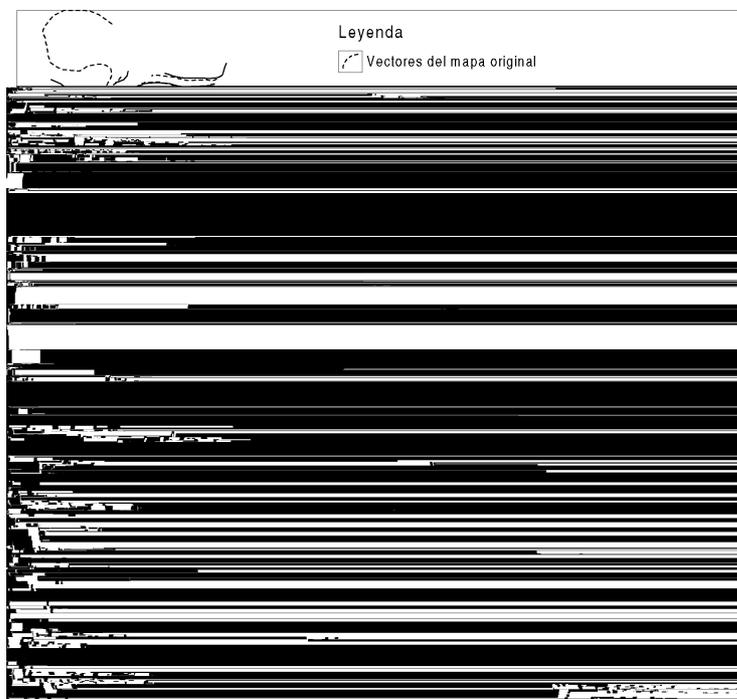


Figura 3. Comparación entre el mapa original y el obtenido a partir de la matriz regularizada.

matriz de datos magnéticos, con la cual se realizaron diferentes transformaciones del campo magnético, necesarias en la investigación.

La recuperación de la matriz digital se realizó de la siguiente forma:

1. En el mapa se mejoró el trazado de algunas isolíneas y se fijaron varios puntos con coordenadas (X,Y) conocidas.
2. Con un *scanner* MUSTEK 600 II EP se escaneó el mapa en 5 partes, conformándose una imagen con cada una de ellas (Figura 1). Utilizando el TELEMAT/IMAGE se georeferenció cada una de las imágenes.
3. Cada imagen se esquelitizó y luego se digitalizó (vectorizó) semiautomáticamente con el sistema de vectorización TELEMAT/VECT (Figura 2). A cada una de las isolíneas del mapa se le asignó su valor del campo magnético según el mapa original.
4. Se importaron los vectores (isolíneas) a formato XYZ, y se genera una base de datos numérica para cada sector escaneado que contiene la posición y el valor del campo magnético de diferentes puntos, distribuidos a lo largo de las isolíneas que conforman el mapa.
5. Esas bases de datos se regularizaron con el SURFER 6.02, utilizando como método de regularización el Kriging, con una distancia entre puntos de medición y perfiles de 250 m, con el objetivo de obtener una red de puntos más densa que la original. En aquellas partes donde existían líneas de costas, se empleó un radio de búsqueda de 750 m para no generar valores del campo magnético en la zona marina, en la cual no se poseen datos en el mapa original. Con cada base de datos regularizada se construyó el mapa aeromag-

nético con similares características de representación a las del mapa original, luego se compararon ambos y se comprobó que no existían diferencias significativas entre ellos (Figura 3). Luego se calculó el error cometido durante la regularización, cuyo valor es el siguiente: $E = 3.2 \text{ nT}$. Éste se comparó con el error del levantamiento $e = \pm 10 \text{ nT}$. Como el E es tres veces menor que e se utilizaron con suficiente seguridad las bases de datos creadas durante los trabajos posteriores de procesamiento e interpretación de la información geológica y geofísica.

6. Todas las bases de datos conformadas a partir de las diferentes partes del mapa escaneado se unieron en una base única, la cual se llevó a los formatos necesarios para su procesamiento posterior con diferentes Software.

CONCLUSIONES

La metodología propuesta brinda una alternativa para recuperar las matrices digitales de las observaciones de materiales gráficos impresos durante las investigaciones geológicas y geofísicas, lo cual permite una vez recuperadas dichas matrices, que tales levantamientos puedan ser reinterpretados empleando nuevas técnicas de procesamiento e interpretación, solamente aplicables en aquellos casos que se posean las matrices digitales de las observaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Albuja, P. (1998): "Generalización geólogo-geofísica del sector Esmeralda-Minas al norte de la provincia de Camagüey". Tesis de diploma, ISMM de Moa, ICT, p. 84.
- Álvarez, O. H. y D. R. Ulloa (1999): "Obtención de algunas relaciones funcionales de un sistema geoespacial utilizando sistemas de información geográfica" en *III Taller de Geociencias y Medio Ambiente*. Habana, p. 58-62.
- Avery, T. E. y G. L. Berlin (1985): *Interpretation of aerial photographs*, 4^a Ed. EUA, Burgess Publishing Company, p. 554.
- Batista, J. (1998a): "Caracterización geológica y estructural de la región de Moa a partir de la interpretación del levantamiento aeromagnético 1:50 000". Tesis de maestría, ISMM de Moa, ICT, p. 80.
- _____: (1998b): "Características geológicas y estructurales de la región de Moa a partir de la interpretación del levantamiento aeromagnético 1:50 000" en *Libro de resúmenes del XL Congreso Brasileño de Geología*, 1998b: 399; *Libro de resúmenes de la segunda conferencia internacional sobre la geología de Cuba, el Golfo de México y el Caribe noroccidental*, p. 2.
- Blanco, J. (1999): "Profundización en el estudio geológico y tectónico de Moa". Tesis de maestría, ISMM de Moa, ICT, p. 72.
- Carrasco, H. y G. Jiménez (1999): "El uso de los SIG y los GPS en el procesamiento de datos para medio ambiente. Caso del proyecto vial" en *III Taller de Geociencias y Medio Ambiente*. Habana, p. 37-40.
- Chagarlamudi, P. y G. W. Plunkett (1993): "Mapping applications for low-cost remote sensing and geographic information system" en *Int. J. Remote Sensing* 14 (17), p. 3181-3190.
- Chang, J. L. y otros (1991): *Informe sobre los resultados del levantamiento aerogeofísico complejo en el territorio de las provincias Guantánamo y Holguín (Sector Guantánamo sur)*. ONRM, p. 320.
- Colectivo de autores (1994): *Manual de usuarios del TELEMAT. Versión 2.1*. GEOCUBA, p. 255.
- Congalton, R. G. (1988): "A comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data" en *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 54 (5), p. 593-600.
- Escartín, E. (1999): "Uso de herramientas de sistemas geográficos de información para el modelaje sísmico" en *III Taller de Geociencias y Medio Ambiente*. Habana, p. 130-135.
- Freund, J. E. y G. A. Simón (1992): *Modern elementary statistics*, Eighth Ed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., p. 578.
- Fundora, M. J., L. Díaz, J. L. Cuevas y R. Rodríguez (1999): "Estimación de riesgos geológicos y tecnológicos conexos del municipio de San José de las Lajas, provincia La Habana" en *III Taller de Geociencias y Medio Ambiente*. Habana, p. 1-6.
- García, J. L. (1999): "Interpretación del vuelo magnético y radiométrico de la faja pirítica en las hojas A.E. 1/25 000, No. 959-I Villanueva de las Cruces y 960-II Berrocal" en *Boletín Geológico y Minero* 10 (3), p. 31-47.
- Guiarte, C. M. y P. J. Astraín (1994): "Sistema complejo de digitalización del relieve, análisis morfométrico, teledetección de fracturas y detección de estructuras disyuntivas" en *Grupos de Estudios Regionales CITEC-ORIENTE*. P. 83.
- Gutiérrez, T. y O. H. Álvarez (1999): "Sistema de procesamiento geoespacial para la obtención de una red nacional de referencia para la cartografía de elementos meteorológicos. Aplicación al caso de la temperatura mínima" en *III Taller de Geociencias y Medio Ambiente*. Habana, p. 62-66.
- Hepner, G. F. y M. V. Firco (1995): "Modeling dense gaseous contaminant pathways over complex terrain using a geographic information system" en *Journal of hazardous materials* 42, p. 187-199.
- Ichoku, Ch., J. Chorowicz y J. F. Parrot (1994): "Computerized construction of geological cross sections from digital maps" en *Computers and Geosciences* 20 (9), p. 1321-1327.
- Imray, M., L. Sander y G. W. Sander (1998): "Advances in navigation and airborne geophysical survey design" en X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de geología económica: *Simpósio: Geofísica aérea y geoquímica en la prospección geológica-minera*, p. 185.
- Janssen, L. L. F. y J. M. van Der Wel (1994): "Accuracy assessment of satellite derived land-cover data: A review" en *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 60 (4), p. 419-42.
- Janssen, L. L. F., M. N. Jaarsma y E. T. M., van Der Lenden (1990): "Integrating topographic data with remote sensing for land-cover classification" en *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 56 (11), p. 1503-1506.
- Logachev, A. A. y V. P., Zajarov (1978): *Exploración magnética*. España, Editorial Reverté S. A., p. 346.
- Matos, M. (1998): "Reinterpretación del levantamiento aeromagnético 1: 50 000 de la región comprendida entre Sagua de Tánamo y Moa". Tesis de diploma, ISMM de Moa, ICT, p. 51.
- Mironov, V. S.: *Curso de prospección gravimétrica*, 1era Ed. España, Editorial Reverté S. A., 1977: 346.
- Rodríguez, W. R. (1997): "Metodología para la adquisición de las matrices digitales a partir de los mapas impresos en las investigaciones geólogo-geofísicas" en *XI Forum de Ciencias y Técnica*. ISPJAE. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Shea, C., W. Grayman, D. Darden, R. M. Males y P. Sushinsky (1993): "Integrated GIS and hydrologic modeling for countywide drainage study" en *Journal of water resources planning and management* 119 (2), p. 112-128.
- Turdu, C. L. E., Ch. Coussement, J. J. Tiercelin, R. W. Renaut, J. Rolet, J. P. Richert, J. P. Xavier y D. Coquelet (1995): *Rift basin structure and depositional patterns interpreted using a 3D remote sensing approach: The Baringo and Bogoria basins, Central Kenya rift, east Africa*. Bull. Centres Rech. Explor. -Prod 19 (1), p. 1-37.
- Yoshiko, A. y M., Dieter (1995): "A landscape perspective of the Hawaiian rain forest Dieback" en *Journal of vegetation sciences*, 6, p. 449.