

# Interpretación de la estructura de la zona NE de la cuenca de Madrid mediante datos gravimétricos

## Structure of Madrid basin (NE zone) derived from gravity data

BERGAMIN, J. F.; TEJERO, R.

Modelling of five profiles in the NE area of Madrid Basin shows that low anomalies are related to both the thicker sediments infill of the Basin and the basement rocks like gneiss and granites. The highs are related to thick sequences of alternating slates and quartzites, outcropping or underlaying a thin cover. The main gradients are related to the marginal faults of the Basin. The existence of a granitic body and a NE-SW striking fault, was also detected. Out of the data obtained in the models, an isobaths map has been depicted of Madrid Basin which shows a fault bounded structure.

**Key words:** Madrid Basin, gravity modelling, structure.

BERGAMIN, J. F. ; TEJERO , R. (Dpto. de Geodinámica. Fac. CC. Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid).

## INTRODUCCION

El área estudiada en este trabajo comprende la zona NE de la Cuenca de Madrid y sus márgenes, correspondientes al Sistema Central Español, a la Cordillera Ibérica y Sierra de Altomira (Fig. 1).

Con objeto de interpretar la estructura de la Cuenca se ha llevado a cabo un levantamiento gravimétrico, que se extiende desde Atienza y Molina de Aragón hasta Guadalajara y Buitrago de Lozoya, cubriendo una superficie de 7220 km<sup>2</sup>, donde han sido medidas 878 estaciones, con una cobertura de 0.12 estaciones por km<sup>2</sup>.

## CALCULO DE LA ANOMALIA DE BOUGUER Y OBTENCION DEL MAPA GRAVIMETRICO

En la realización del levantamiento se ha tenido en cuenta la situación de las estaciones con objeto de que la distribución alcanzase un alto grado de homogeneidad, limitado por la necesidad de situar el mayor número de estaciones en puntos de cota conocida, procurándose, en todos los casos, tomar la medida de modo que el efecto de la topografía cercana (hasta 170 m.) fuese mínimo. La totalidad de las medidas se han efectuado con el gravímetro Lacoste & Romberg, modelo G n° 953, que proporciona una precisión de 0.01 mGal., con una deriva inferior a 1mGal. al mes. La altimetría de las estaciones se ha determinado mediante la utilización de un altímetro barométrico Pauling, modelo MD-5, minimizando la deriva instrumental debida a las variaciones de presión y temperatura mediante el apoyo de los recorridos sobre vértices geodésicos.

Con el fin de hacer comparables los valores de la gravedad observada en cada una de

las estaciones experimentales y, así, poderlos asimilar a distribuciones de masas en profundidad, es necesario someter estas medidas de campo a una serie de reducciones y así obtener el valor final de anomalía de Bouguer completa. El procedimiento seguido es el especificado en la Norma Gravimétrica. Los recorridos diarios se han unido a la base de Alcolea del Pinar (Base Fundamental IGN) con el valor de  $g = 979952.87$  mGals. Para determinar la densidad de reducción se han tenido en cuenta diversos factores, como la distribución de los valores de densidad por unidad de superficie y sus espesores correspondientes. También, a partir de los propios datos se han efectuado cálculos según el método de PLATA (1983). Con estas consideraciones se ha llegado a la cifra de 2.67 g/cc., utilizada para la corrección de Bouguer. En la corrección topográfica de cada estación se consideran dos zonas: Zona A, hasta 170 m. alrededor de la estación, en la cual se estiman las diferencias de altura mediante la observación directa en el campo. Zona B, desde 170m. hasta 22 km. En ella la corrección se ha efectuado mediante la obtención previa de un modelo digital del relieve, realizado a partir de la base topográfica a escala 1:50.000. La corrección topográfica se calcula mediante el algoritmo de BOTT (1959).

La discretización numérica del mapa gravimétrico se ha realizado por el método de mínima curvatura, obteniéndose una malla cuadrada de 3000 m. de lado. El error cuadrático medio global del mapa es de +/- 0.54 mGals., lo que nos permite adoptar una equidistancia entre isoanómalas de 2 mGals. (Fig. 2).

## MODELIZACION

El mapa de anomalías de Bouguer de la región NE de la Cuenca de Madrid presenta

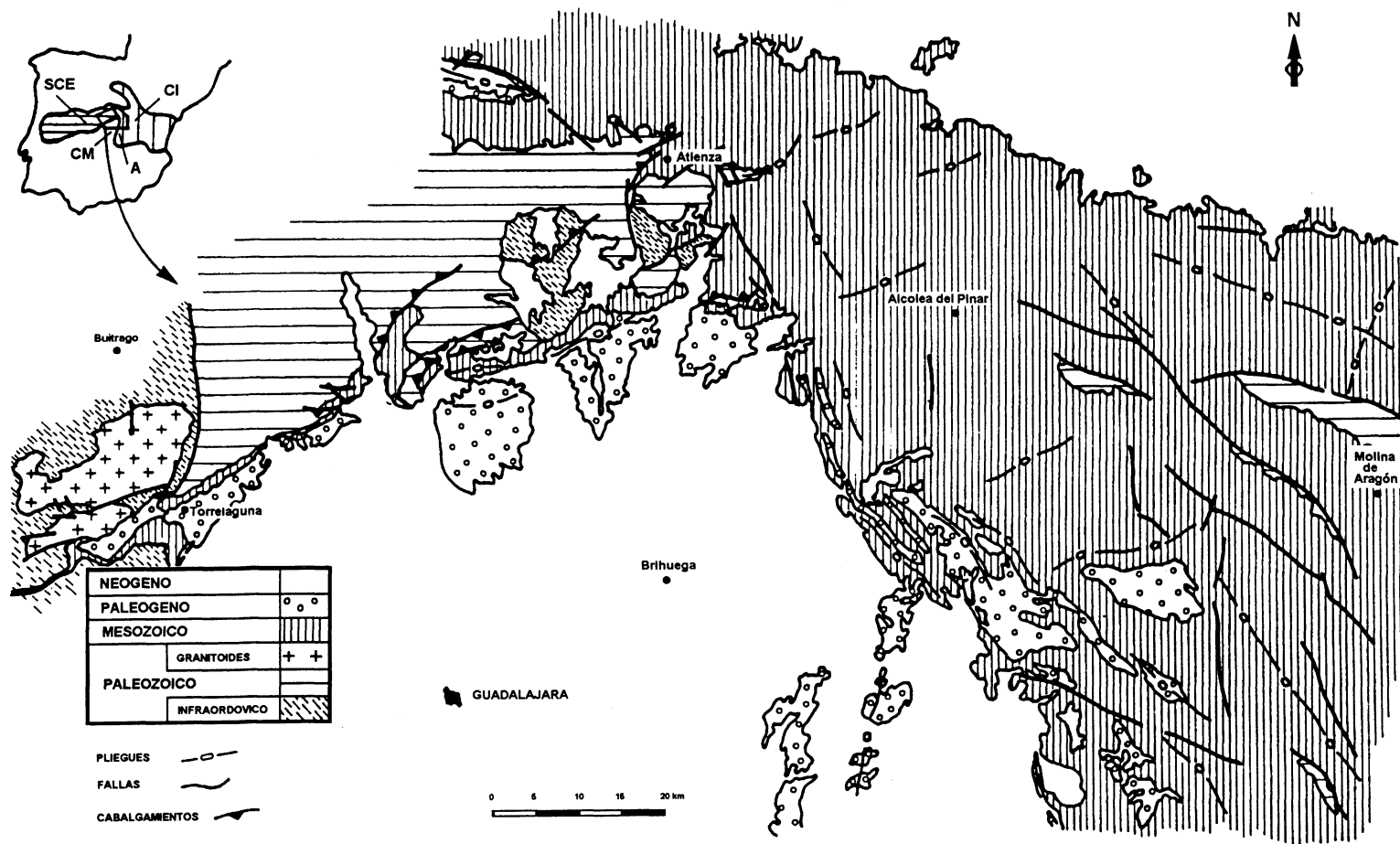


Fig. 1. Mapa geológico y situación de la zona estudiada.

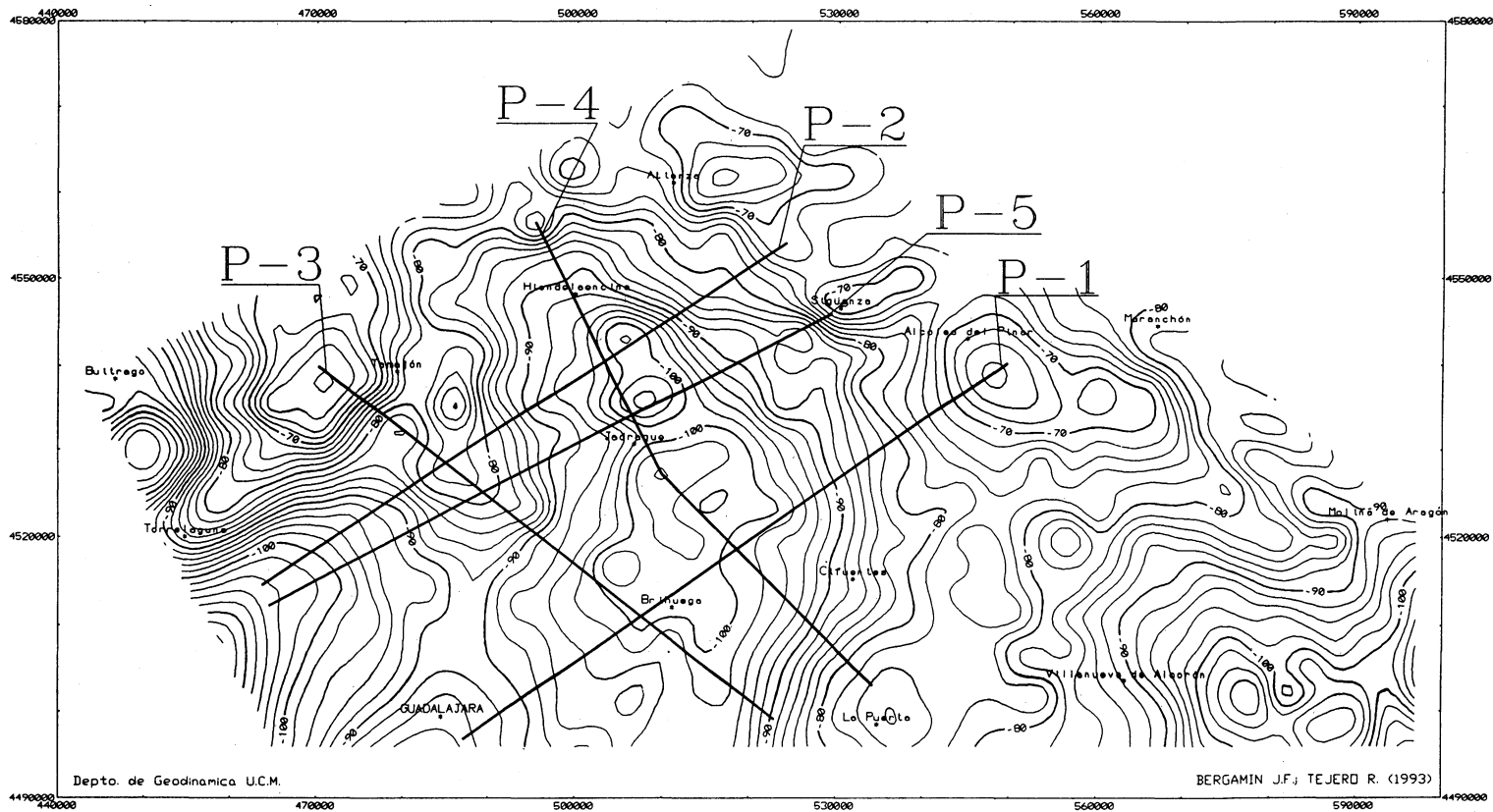


Fig. 2. Mapa de anomalías de Bouguer y situación de los perfiles gravimétricos modelizados. Equidistancia entre isoanómalas: 2 mGals. Coordenadas U.T.M.

un conjunto de máximos y mínimos relativos separados por gradientes, cuya distribución está claramente relacionada con las principales estructuras geológicas del área (Bergamín et al, 1993). Los máximos relativos están asociados a las potentes sucesiones de pizarras y cuarcitas paleozoicas del basamento hercínico, bien aflorantes o bien infrayacentes a una cobertera poco potente. Los mínimos relativos son debidos a la existencia de rocas graníticas y gneísicas en el basamento y a las mayores potencias de los sedimentos de la cobertera. Los principales gradientes definen alineaciones atribuibles a las fallas que delimitan la cuenca. Estas relaciones han sido interpretadas cuantitativamente mediante la modelización de cinco perfiles, correspondientes a secciones transversales a la cuenca y a sus márgenes.

En la búsqueda de un modelo geológico que satisfaga las anomalías de Bouguer, la ambigüedad inherente a la interpretación gravimétrica se ha reducido estableciendo unas limitaciones iniciales mediante la realización de cortes geológicos a los que se han incorporado los datos de sondeos y de los perfiles de sismica de reflexión disponibles (QUEROL, 1989). Las densidades se han medido a partir de muestras recogidas en afloramientos representativos de las unidades litoestratigráficas de la zona. Los cortes geológicos y los valores de las densidades han facilitado la elección de los cuerpos integrantes de los modelos gravimétricos. Para cada cuerpo se ha calculado una densidad media teniendo en cuenta la proporción de las rocas que lo componen y su potencia media para el área estudiada. Así en el basamento se han diferenciado cuatro cuerpos constituidos por: metasedimentos (Formación Angón) con una densidad media de 2.9 gr/cc.; ortogneises (Formación Antoñita) de

densidad media 2.67 gr/cc.; gneises (Formación Hiendelaencina) de densidad media de 2.7 gr/cc.; y pizarras y cuarcitas con una densidad media de 2.8 gr/cc. Por último, un cuerpo de densidad media 2.6 gr/cc. representa los materiales que rellenan las cuencas pérmicas. En la cobertera, las rocas mesozoicas en su conjunto constituyen un cuerpo de densidad media 2.55 gr/cc., y los cuerpos de densidades medias 2.5 gr/cc. y 2.4 gr/cc. corresponden a las sucesiones sedimentarias paleógenas y neógenas respectivamente.

La modelización se ha realizado en 2+1/2 D mediante el programa GM-SYS.

### PERFIL 1

Este perfil representa una sección NE-SW de la Cuenca y de su margen oriental (Fig. 3).

El modelo muestra la relación existente entre los máximos relativos y las áreas donde el basamento está más próximo a la superficie, constituido por series fundamentalmente pizarrosas bajo los materiales mesozoicos. El mínimo relativo está relacionado con una potente sucesión de sedimentos cenozoicos, situados sobre un basamento constituido por rocas gneísicas (Sondeo Santa Bárbara, en Querol, 1989). El límite de la Cuenca está definido por fallas inversas. El levantamiento del margen a favor de estas estructuras condiciona el relleno de la Cuenca, que alcanza su máxima potencia en la zona adyacente al borde oriental.

### PERFIL 2

Al igual que en el perfil 1, el 2 (Fig. 4), realizado en la parte más septentrional de la

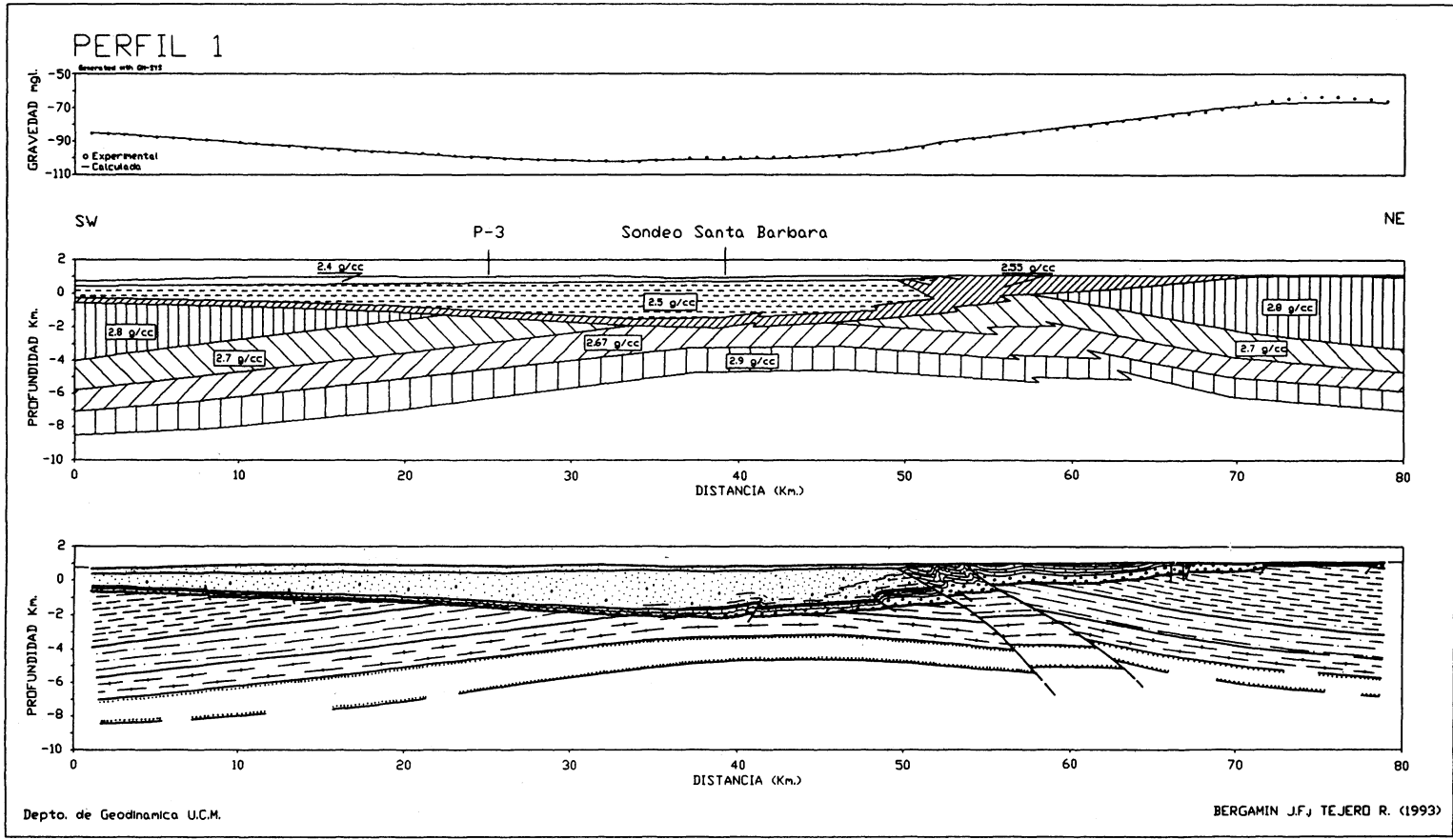


Fig. 3. Perfil 1.

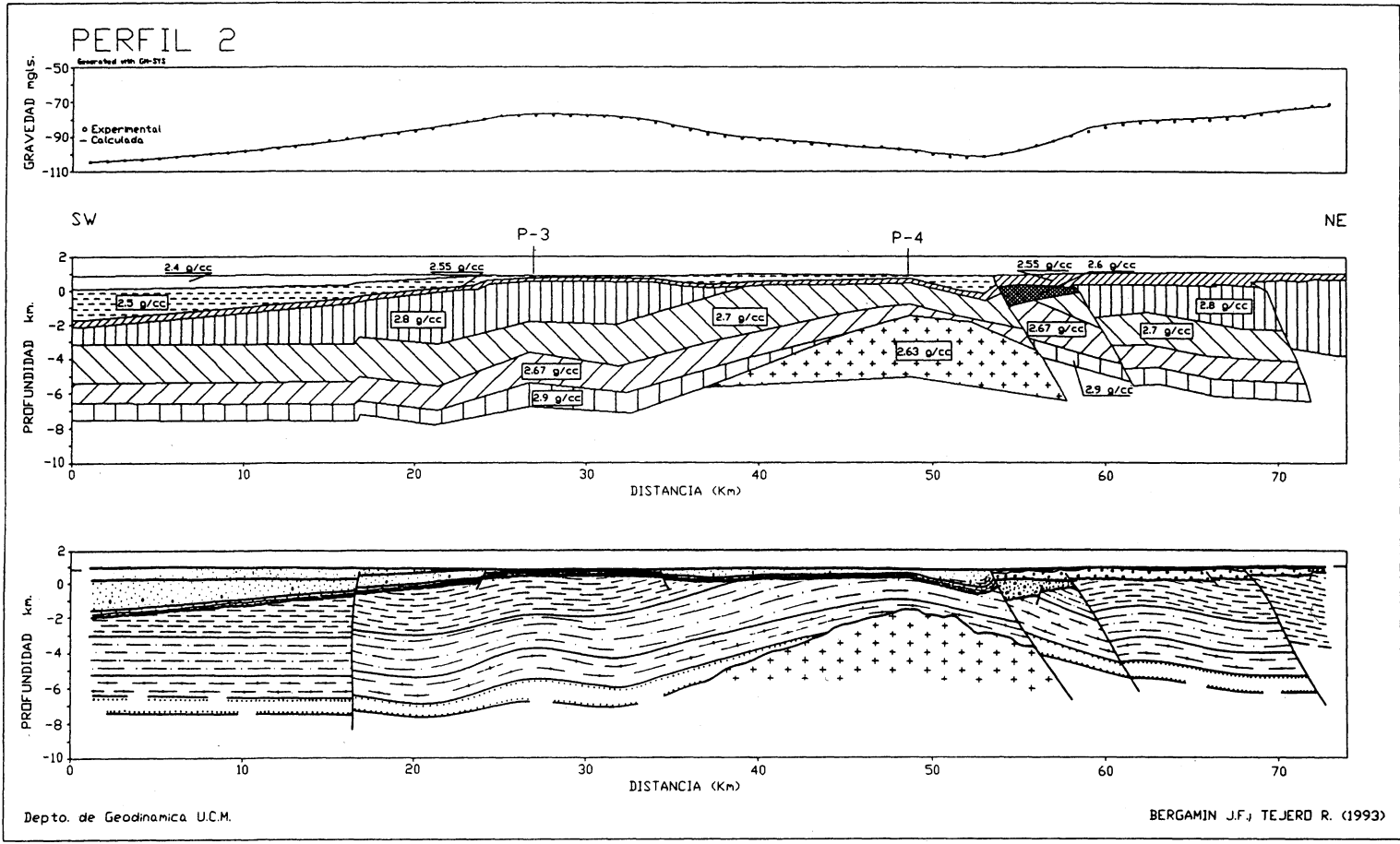


Fig. 4. Perfil 2.

Cuenca, muestra la relación entre las mayores potencias de sedimentos terciarios con el mínimo relativo situado en el extremo occidental. Entre el modelo inicial y los datos observados aparecieron algunas discrepancias. Para conseguir un ajuste razonable ha sido necesario introducir un cuerpo de baja densidad (2.63 gr/cc.) en el basamento. La existencia de este cuerpo, probablemente un batolito granítico, está apoyada por los datos del sondeo de Baidés (QUEROL, 1989), realizado en un área próxima, en el que se han perforado rocas graníticas bajo la cobertera. La falla inversa situada en el extremo nororiental del perfil corresponde al límite Sistema Central-Cordillera Ibérica.

### PERFIL 3

De orientación NW-SE se extiende desde el borde meridional del Sistema Central hasta los primeros afloramientos de la Sierra de Altomira (Fig. 5). Los desplazamientos a favor de fallas inversas y cabalgamientos crean diferentes bloques en la Cuenca, dónde la máxima potencia de sedimentos se encuentra situada en la zona suroriental del perfil, coincidiendo con un mínimo relativo. El proceso de ajuste ha requerido cambios de espesor de los cuerpos del basamento que se han interpretado mediante la existencia de fallas que afectan a las rocas premesozoicas, como la localizada bajo la cuenca terciaria.

### PERFIL 4

En este perfil, al igual que en el perfil 2, ha sido necesario introducir un cuerpo de baja densidad en el basamento. El límite SE de este probable batolito granítico está afectado por una falla, posiblemente prolonga-

ción de la interpretada en el perfil anterior (Fig. 6).

Bloques limitados por fallas inversas definen la forma de la Cuenca en profundidad. Estas estructuras buzan hacia el NW en el Sistema Central y hacia el SE en la Sierra de Altomira.

### PERFIL 5

Próximo al perfil 2, ha permitido contrastar los resultados obtenidos en aquel (Fig. 7). El mínimo relativo occidental está asociado a la máxima potencia de sedimentos terciarios. La elevación del basamento y la menor potencia de la cobertera justifican el máximo relativo adyacente. En el ajuste del mínimo relativo oriental vuelve a ser necesaria la presencia de un cuerpo de baja densidad, cuya forma requiere la existencia de fallas en el basamento. La cobertera yace en no conformidad sobre este batolito. En la elaboración del modelo se han considerado los datos aportados por el sondeo de Baidés.

El error de ajuste de los perfiles es menor de 0.8 mGals.

### RESUMEN Y CONCLUSIONES: LA ESTRUCTURA DE LA CUENCA DE MADRID

Los modelos que mejor satisfacen los perfiles gravimétricos ponen de manifiesto que, bajo la discordancia basamento-cobertera, la presencia de rocas más densas, como las sucesiones pizarras y cuarcitas paleozoicas- están asociadas a máximos relativos de las anomalías, mientras que las rocas menos densas, gneises y rocas graníticas, son responsables de los mínimos relativos, contribuyendo a incrementar este carácter cuando son infrayacentes a las zonas de



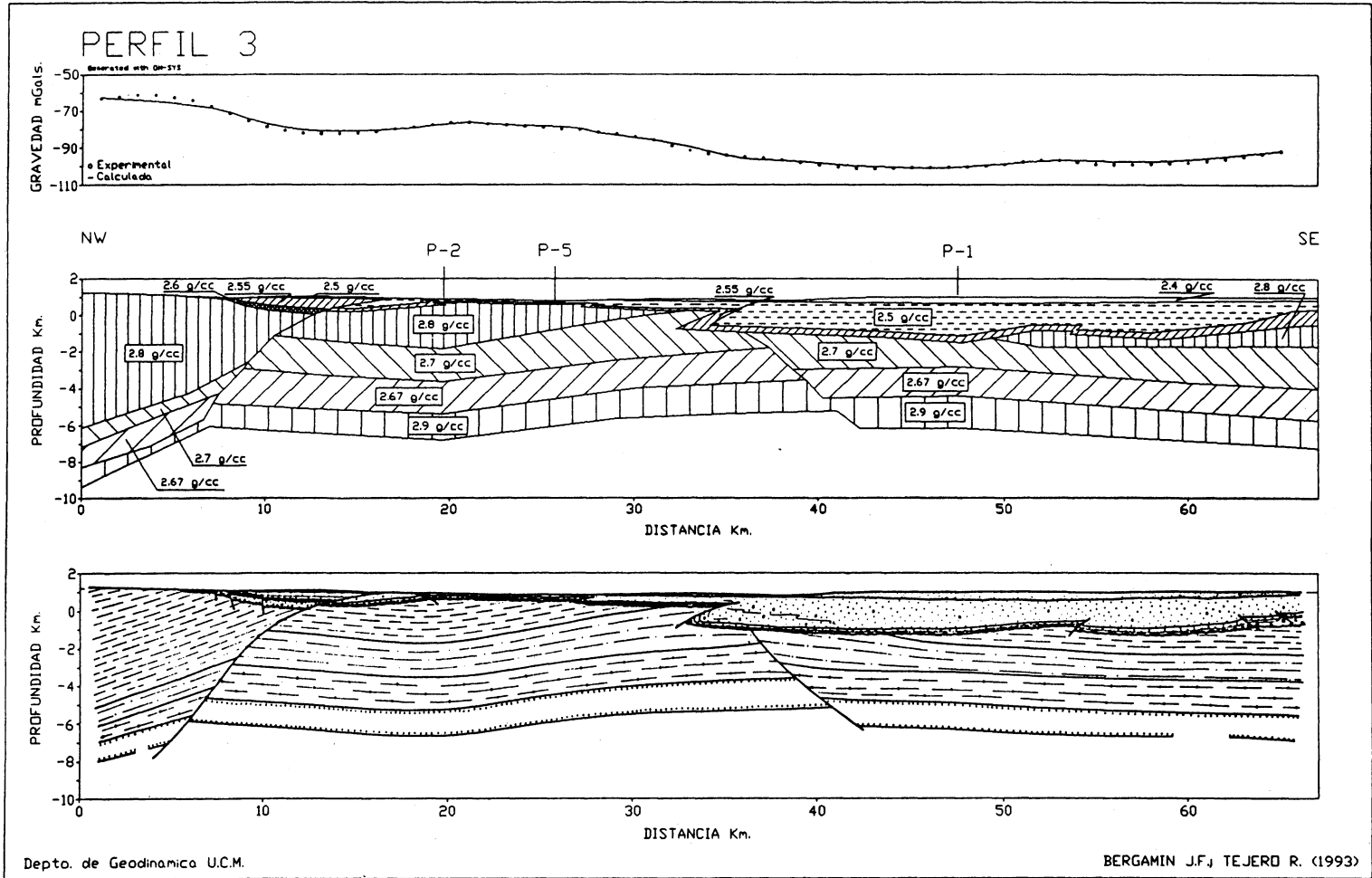


Fig. 5. Perfil 3.

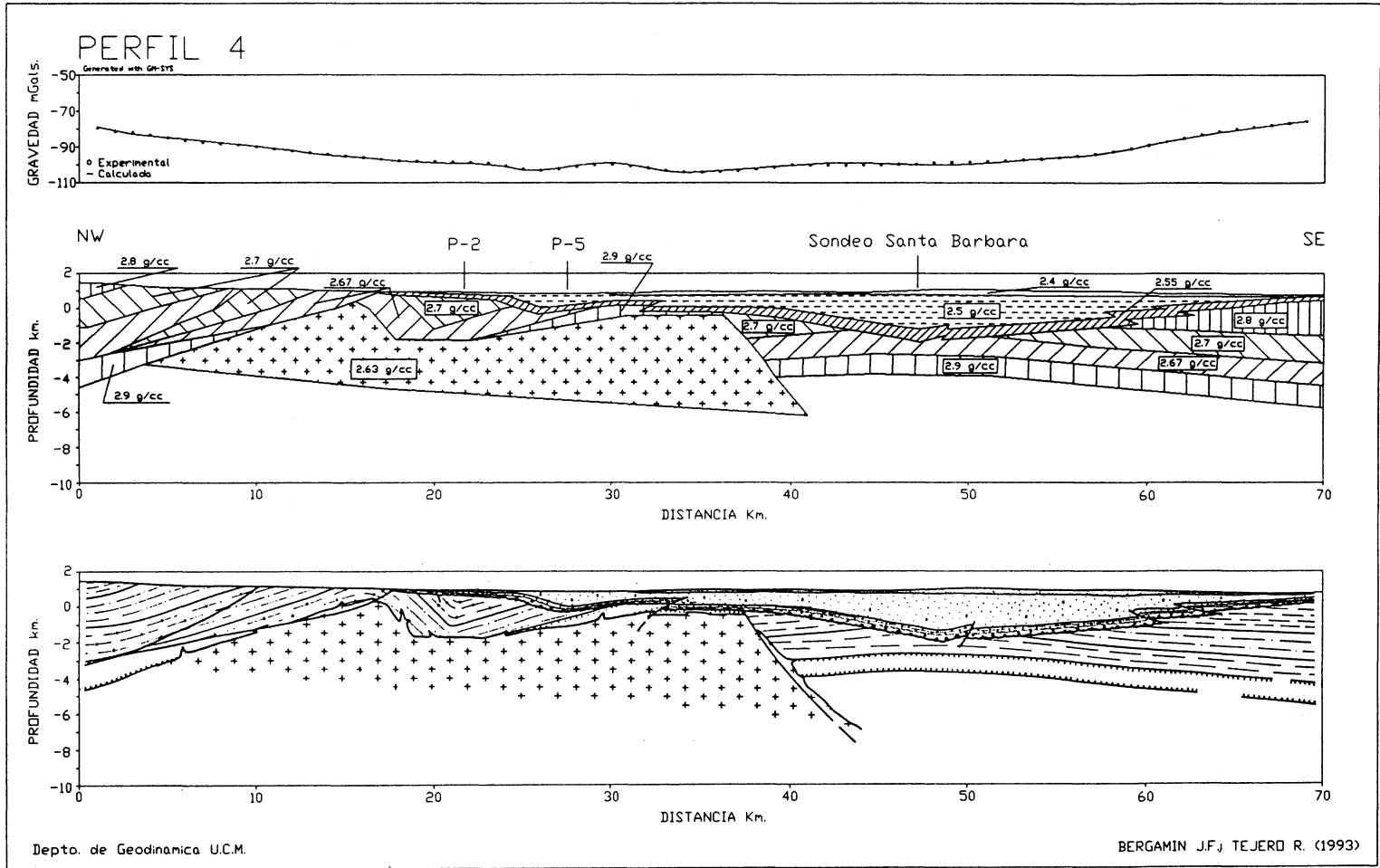


Fig. 6. Perfil 4.

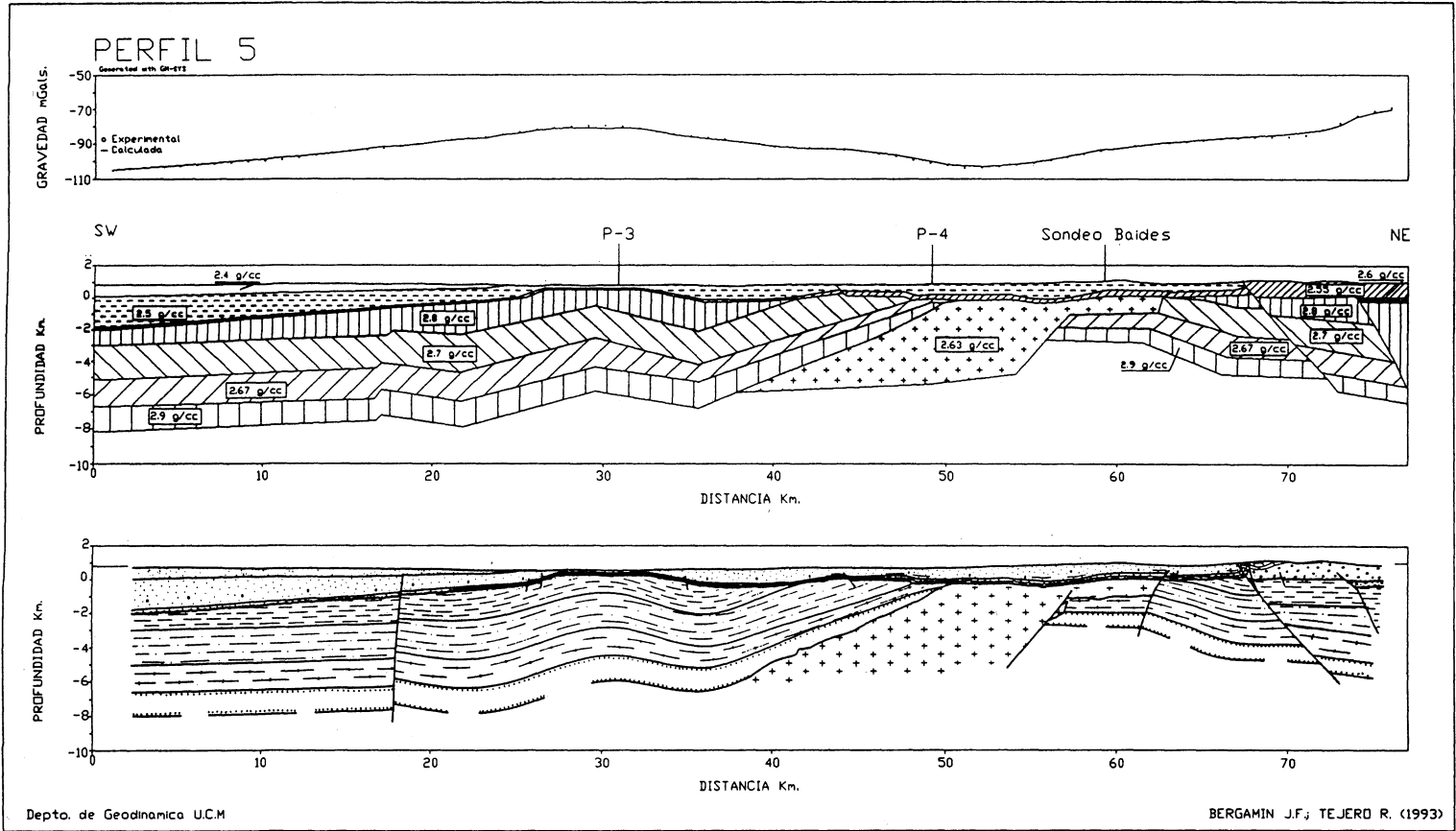


Fig. 7. Perfil 5.

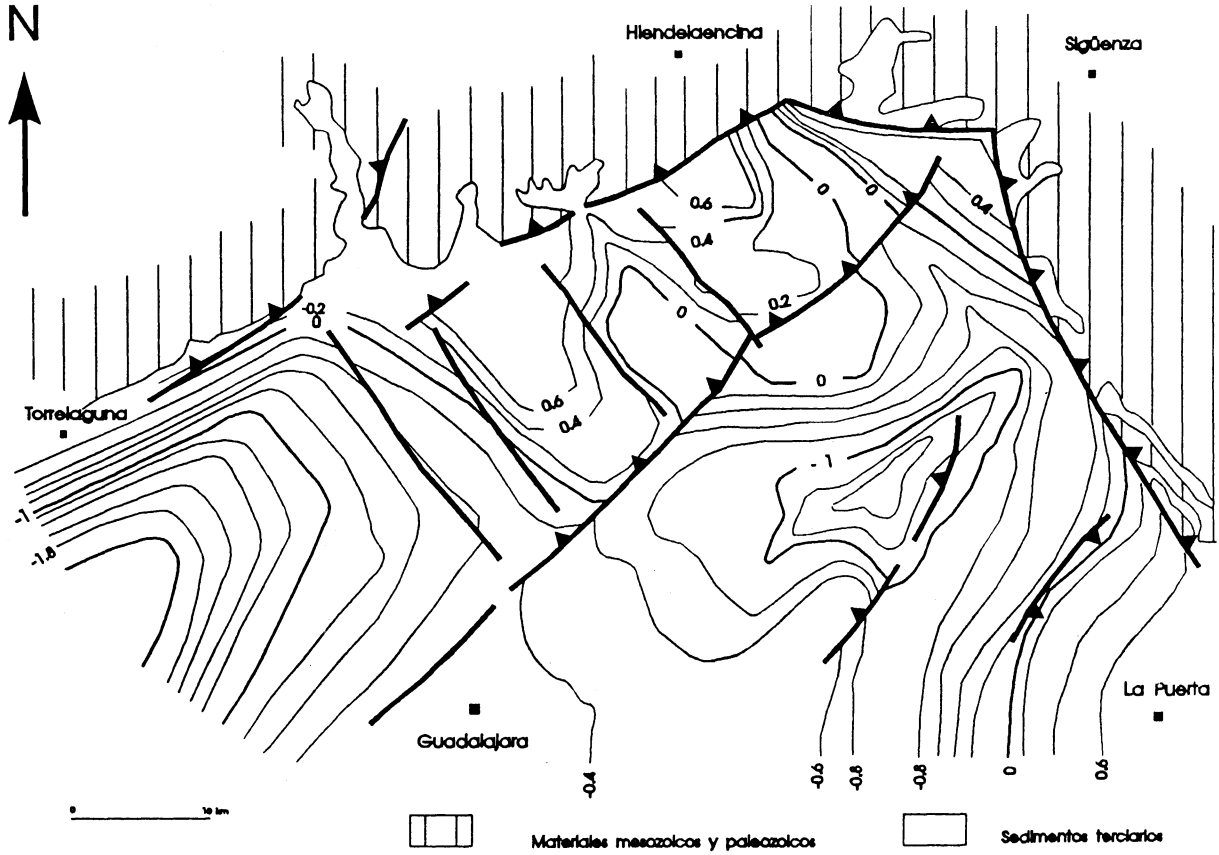


Fig. 8. Mapa de isobatas de la zona NE de la Cuenca de Madrid. Equidistancia entre isobatas es de 0.2 Km.

mayor potencia de sedimentos terciarios. Además en el basamento se ha interpretado la existencia de un cuerpo granítico que justifica los mínimos relativos situados al Sur de Hiendelaencina y la presencia de una falla asociada a la alineación de gradientes que se extienden desde Guadalajara hacia Alcolea del Pinar, denominada accidente de Ledanca (BERGAMÍN et al 1993).

La cuenca se haya compartimentada en bloques, resultado de las etapas de deformación alpinas. Cabalgamientos y fallas inversas de dirección NE-SW, paralelos al borde meridional del Sistema Central (BABÍN et al, 1993), dan lugar a una estructura escalonada, alcanzándose las máximas potencias de sedimentos al Sur de Torrelaguna y en la zona de Brihuega. El límite con la Cordillera Ibérica está caracterizado por la presencia de fallas inversas, de dirección NW-SE, cuyos desplazamientos en la vertical son mayores hacia el Sur del área estudiada, así como la potencia de los sedimentos terciarios.

Con objeto de reflejar la geometría y la estructura de la Cuenca de Madrid se ha ensayado la elaboración un mapa de isobatas (Fig. 8), considerando como horizonte de referencia la superficie que limita los cuer-

pos de densidad 2.55 gr/cc. y 2.5 gr/cc., asimilados a los materiales mesozoicos y a los sedimentos del Terciario Inferior. Los datos de la profundidad de esta superficie han sido extraídos de los perfiles, extrapolándose en el resto de la zona mediante un análisis del mapa de anomalías de Bouguer.

En este mapa de isobatas, dibujadas con una equidistancia de 200 m., se pueden definir dos bloques principales en el interior de la cuenca: un bloque noroccidental limitado por cabalgamientos y fallas inversas de dirección NE-SW, afectado por fallas de dirección NW-SE que originan levantamientos y hundimientos del basamento; y un bloque suroriental, limitado por fallas inversas de orientación NW-SE en el borde con la Cordillera Ibérica y de dirección NE-SW en la Sierra de Altomira y el bloque nororiental. Estas estructuras individualizan dos depocentros encontrándose las mayores potencias de sedimentos terciarios entre Torrelaguna y Guadalajara y en el área de Brihuega.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado con el Proyecto DGICYT PB-91 0397.

## BIBLIOGRAFIA

- BABÍN, R.; BERGAMÍN, J. F.; FERNÁNDEZ-RODRIGUEZ, C.; GONZÁLEZ-CASADO, J.; HERNÁNDEZ ENRILE, J.; TEJERO, R. & VICENTE, G. (1993). Modélisation gravimétrique de la structure alpine du système central espagnol (secteur NE). *Bull. Soc. Géol. France*, t. 164, 3, 385-393.
- BERGAMÍN J. F.; TEJERO, R.; RIVAS, A. 1993. Interpretación del Mapa de Anomalías de Bouguer de la zona nororiental de la Cuenca de Madrid. *Geogaceta*, 14: 129-131.
- BOTT, M. H. P. 1959. The use of electronic digital computers for the evaluation of gravimetric terrain corrections. *Geophysical Prospecting*, v. 7, 1, 45-54.
- PLATA, J. 1983. Nuevo método de cálculo de la densidad de reducción en gravimetría. *Bol. Geol. Min.*, 94-96, 510-520.
- QUEROL, R. 1989. Geología del subsuelo de la Cuenca del Tajo. ITGE-ETSI de Minas. 48 pp. Madrid, España.

Recibido: 25-III-94  
Aceptado: 10-VII-94