

# Relación empírica para determinar el espesor cortical en el SE Español, a partir de las anomalías de Bouguer.

*Empirical formula for determining thickness of the earth's crust, spanish s.e., from bouguer anomaly*

S. Castaño Fernández (\*) y A. Carbó Gorosabel (\*\*)

(\*) I.D.R. Univ. Cast. La Mancha, Albacete.  
 (\*\*) Dpto. Geod. Fac. Geol. Univ. Complutense, Madrid.

## ABSTRACT

*We obtaine an empirical formula for the relation between crustal thickness and Bouguer anomaly, in a complicated tectonics as the one of the S.E. of Spain. For that matter we compute the results of applying, establish formulas, in differents points of the zone or near then with know curstal thickness. The error are analyze and we find the relation that may minimice the metionet error.*

**Key words:** gravity, Bouguer anomalies, crustal thickness.

*Geogaceta, 17 (1995), 64-67  
 ISSN:0213683X*

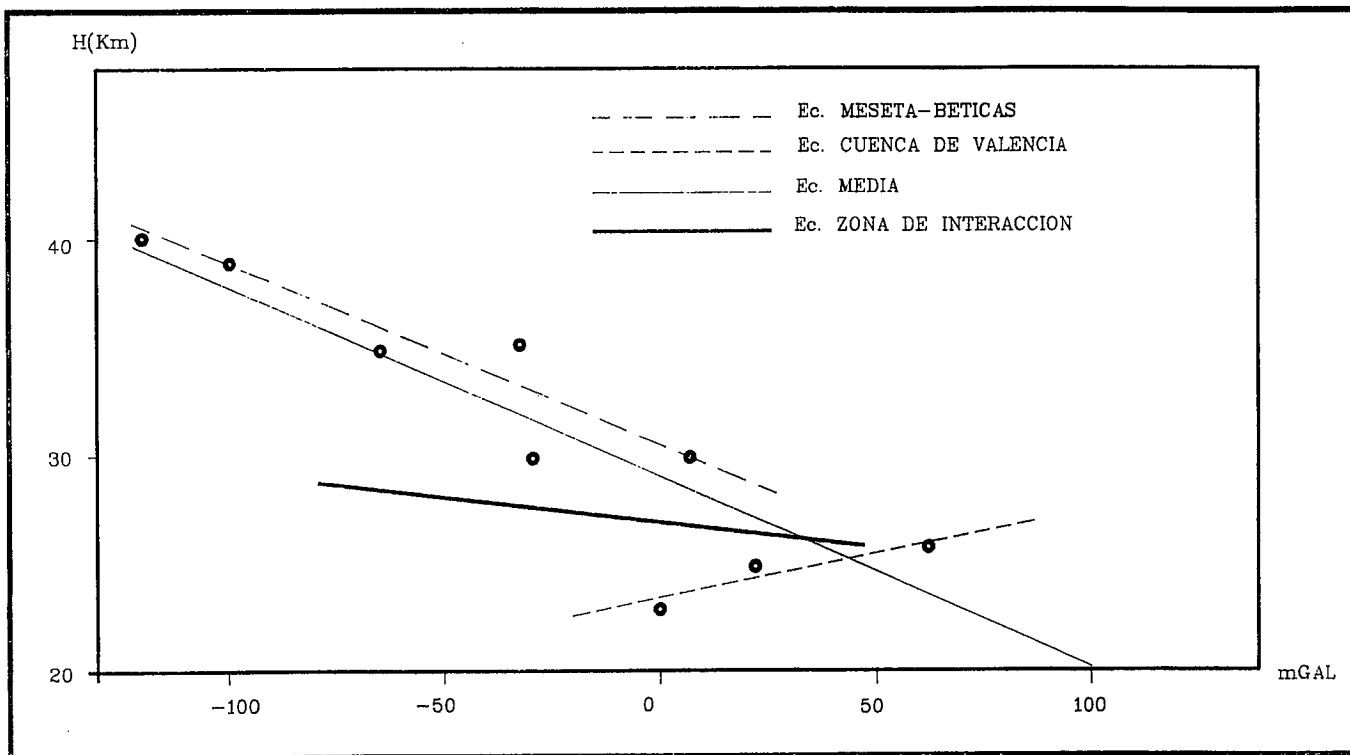
## Introducción

En la literatura científica, son abundantes las fórmulas empíricas que relacionan anomalías de Bouguer con espesor cortical y que se establecen a partir de datos sísmicos. Su ámbito de aplica-

ción, suele ser para una configuración geotectónica concreta, si bien algunas están definidas para un entorno "universal".

Las limitaciones implícitas en este tipo de formulaciones, son abundantes y su grado de aproximación decrece

rápidamente al alejarnos de las condiciones marco para las que fueron calculadas. Sin embargo, tienen la innegable ventaja de permitir hacer aproximaciones rápidas y bastante fiables, a la configuración cortical de extensas regiones.



Nº	AUTOR	RELACIÓN	OTROS DATOS
1	Worzel y Shurbet	H=33-0.055 AB	
2	Andreev	H=30-0.1-AB	
3	Demenitskaya	H=35(1-tg hip 0-37-AB)	Válida para todo el mundo
4	Woollard	11=32-0-08-AB	Válida para todo el mundo
5	Antonenko (A)	H=160.33-AB	Balkpash, Temir-Tau
6	Antonenko (B)	H=36-0.14-AB	Asia central
7	Woollard y Strange	H=405-(32.5 tg hip AB+75/275)	Todo el mundo
8	Fortiadi y Karataev (A)	H=23.7-0.079 AB-0.358 Con+0.744 Bas	Siberia
9	Fortiadi y Karataev (B)	H=33.4-0.088 AB-0.651 Con+0.003 Bas	Lejano Este

H = Prof. Mohorovicic (Km)  
 AB = Anomalia de Bourguer (mGal)  
 Con = Conrad (Km)  
 Bas = Basamento Krrt)

Localidad	ANOMALÍA DE BOUGUER Miligales	PROFUNDIDAD SÍSMICA Km	% DE ERROR COMETIDO EN EL CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD POR CADA FÓRMULA							ERROR MEDIO %	ERROR CUADRO MEDIO E <sup>2</sup> m
			Worzel & Shurbet 1955	Andreev 1958	Demenit skaya 1958	Wollard 1959	Antonenko 1961 A	Antonenko 1961 B	Woollard & Strange 1962		
TRUJILLO	-43,0	35.1	0.68	2.33	15.37	0.91	14.03	19.64	4.58	8.22	3.86
ADRA	+7,0	30.5	6.9	3.93	11.78	3.08	55.11	14.81	1.9	13.93	6.79
GUADIX	-120	405	2.22	3.7	22.45	2.71	37.28	30.37	13.01	15.96	8.40
CARTAGENA	+60,0	25.5	16.47	5.88	7.27	6.66	114.9	8.23	0.82	22.89	11.27
37N / 3W	-65	35	4.48	4.28	23.59	6.28	7	28.85	12.31	12.39	5.40
ERROR MEDIO %			7.51	4.44	16.27	4.68	53.57	20.56	7.01	16.29	
DENIA	+12,0	25	29.36	15.2	33.76	24.16	51.84	37.28	22.16	30.53	8.12
SAGUNTO	0	23	43.47	30.43	52.17	39.13	30.43	56.52	38.43	41.51	9.78
MALLOCA	+62,0	26	13.80	8.46	4.23	4.00	117.15	5.07	1.84	22.07	11.64
ERROR MEDIO %			28.87	18.03	30.05	22.43	66.47	32.95	20.81	31.37	
40 Km Costa	-40	30	17,33	13,33	33,80	14,0	2,66	38,66	21,66	20,14	6,96

			CÁLCULO Km			ERROR %		
LOCALIDAD	ANOMALÍA	PROFUNDIDAD Km	A Bet	B Val	C Total	A Bet	B Val	C Total
TRUJILLO	-43	35.1	3420	24.15	3286	253	3,40	636
ADRA	+7,	30.5	30.05		28.51	1.44		6.5
GUADIX	-120	40.5	40.6		39.56	0.24		2,0
CARTAGENA	T60	25.5	25.66		23,90	0.62		6.25
37N / 3W	-65	35	36.03		34.78	2.95		0.62
DENIA	+12,	25			28.08			12.32
SAGUNTO	0	23			29.125	2.91		26.63
MALLORCA	+62,	26			23.73	0.57		8.72
ERROR MEDIO ACUMULADO %						155	2.29	
40 Km costa	-40	30	37.96	22.07	32,60	13.2	26.43	8.68
ERROR MEDIO ACUMULADO %						3.49	8.32	8,70

FÓRMULAS	Valor de la anomalía en Miligales			
	-70	-58	-36	+8,0
WORZEL y SHIURBET 1955	36.85	36.19	34.98	32.56
ANDREEV 1958	37	35.8	33.6	29.2
DE MENITSKAYA 1958	43.8	42.3	39.6	33.9
WOOLLARD 1959	37.6	36.34	34.88	31.36
ANTONENKO 1961 A.	39.1	35.14	27.88	13.36
ANTONENKO 1961 B.	45.8	44.12	41.04	34.88
WOOLLARD y STRANGE 1962	39.9	38.5	35.9	30.9
FORM. A Meseta y Béticas	40.45	39.45	37.62	33.97
FORM. B Costa de Valencia	20.87	21.35	22.23	23.99
FORM. C Total.	35.21	34.17	32.25	28.42
FÓRMULA FINAL	28.64	28.38	27.89	26.93

El objetivo de nuestro trabajo, es definir una relación adecuada a un área compleja, como es el S. E. español, donde confluyen: una cadena alpina (Cadenas Béticas); una cadena de tipo intermedio (Cadena Ibérica); un área de plataforma (Meseta Ibérica); un rift abortado con corteza adelgazada de tipo intermedio (Golfo de Valencia); y un

borde continental próximo.

#### Metodología, cálculo y discusión

Como primera aproximación, hemos elegido una serie de relaciones que, por una u otra razón, consideramos próximas al problema planteado y las hemos sometido a control, verificando-

las sobre puntos en los que disponemos de información cortical contrastada. Las fórmulas utilizadas figuran en la Tabla 1 y los resultados de su aplicación junto con los errores para los lugares considerados, se exponen en la Tabla 2. En esta última Tabla se han omitido los cálculos con las fórmulas de Fortadi y Karatav dado el elevado error

que producen.

Las formulaciones de Antonenko (A y B) y la de Demenitskaya son las que presentan los mayores índices de error, tanto totales como puntuales, por lo que no las consideramos adecuadas para estas zonas. Hemos de resaltar sin embargo la buena aproximación de la fórmula de Antonenko-A para zonas alejadas de las costa, hacia el interior y con anomalías de Bouguer medias.

Como puede verse en la Tabla 2, la menor desviación total (8.22% de error) se da en Trujillo, punto donde la corteza, claramente continental, es más estable. Las mayores desviaciones (31.37% de error) se presentan en el área de borde de la cuenca de Valencia, lugares en los que la corteza sufre fuertes y bruscos cambios de potencia. Un grado de error intermedio (16.29%) aparece en los puntos de la Cordillera Bética.

Tradicionalmente se ha considerado que la fórmula que menor error presentaba en su aplicación a la Península era la Woollard. Esto es así para las zonas estables (Trujillo, 0.91%), pero no para el SE, donde la que mejor aproximación produce es la de Andreev.

De todas formas, los elevados márgenes de error confirman la imprecisión de estas fórmulas, al aplicarse en el SE español.

Los resultados obtenidos nos hacen pensar que cada zona responde a un aparato matemático distinto.

La representación Potencia (H)/Anomalía Gravimétrica (G), Figura 1, muestra como los diferentes puntos (H.G.), corresponden a dos alineaciones distintas: una para la Cordillera Bética y otra para la cuenca de Valencia. Tanto Trujillo como el punto 40 Km tierra adentro, en la Ibérica, se localizan a ambos lados de la secuencia principal.

En base a estos datos hemos calculado mediante aproximaciones por rímnimos cuadrados las fórmulas que se podrían aplicar:

A) Para la zona de Meseta e influencia Bética:  $H_a = 30.64 - (0.083G)$

B) Para la zona de influencia de la Cuenca Valenciana:  $H_b = 23.64 + (0.04G)$

C) Como ecuación del conjunto:  $H_c = 29.125 - (0.087G)$

El problema surge en el área de confluencia, donde las tendencias varían en función de la doble influencia.

La Tabla 3 indica los valores y el error obtenido al aplicar estas fórmulas a cada punto. Como se puede ver, los errores medios son netamente inferiores a los generados por las formulaciones clásicas. En nuestro caso oscilan entre un 3.49% para el área de las Béticas y un 8.7 % para el conjunto del SE español.

Para mejorar el error que puede cometerse en la citada zona de doble influencia, se ha elaborado una nueva expresión, partiendo de la fórmula media indicada, así como de las anomalías de Bouguer y espesores corticales derivados de la modelización efectuada por CASTAÑO (1993). La fórmula que se obtiene es:

$$H = 27.11 - 0.0219G$$

En la Tabla 4, se comparan los espesores calculados para diversas anomalías de Bouguer de la zona y se observa la sensible mejora que produce la última fórmula propuesta, si se tiene en cuenta que para esta zona, según la modelización, los espesores van desde 26 a 29 Km.

#### Referencias

- Andreev, B. A., 1958. *Doklady Akad. Nauk SSSR.*, 119, pp. 255-256.
- Ansorge, J.; Banda, E.; Muller, ST.; Udias, A. y Mezcuca, J. 1978. *Ed. Univ. de Granada*. pp. 9-17.
- Ansorge, J.; Banda, E.; López-Lago, A.; Mezcuca, J.; Muller, ST.; Oliveira, C.; Suriñach, E. y Udias, A. 1977. *Boletín Geológico y Minero*. T. LXXXVIII-VI 528-542 pp. 60-74.
- Antonenko 1961, in Demenitskaya, R.M. and Belyaevsky, N.A. 1969, *The Earth's Crust and Upper Mantle*. (Ed. Pembroke J. Hart. Am. Geoph. Union. Washington.).
- Banda, E. 1992. Conference on continental Crust studies by deep seismic profiling. Oviedo. 1992.
- Carbó, A. (1982). *Rev. Real Acad. Cien. Exac. Fis. y Nat.* T.LXXXVI, cuad. 2Q. Madrid.
- Castano, S. 1993. *Tesis Doc. Inédita. Univ. Complut.* Madrid.
- Dañobeitia, J. J.; Arguedas, M.; Gallart, J.; Banda, E. and Makris, J. 1992. *Tectonophysics*, 203. pp. 37-55.
- Demenitskaya, R.M. 1985. *Sov. Geol.* n° 8, 1958.
- Karataev 1963, in Demenitskaya, R. M. and Belyaevsky, N. A. 1969, *The Earth's Crust and Upper Mantle*. (Ed. Pembroke J. Hart. Am. Geoph. Union. Washington).
- Payo, G. y Ruiz de la parte, E. 1977, *Boletín Geológico y Minero* T. LXXXVIII-VI 543-551 pp. 75-83.
- Woollard, G.P. 1959. *Journal of Geophysics Res.* V. 64, n° 10 pp. 1521-1544.
- Woollard, G. P. and Strange, W. E. 1962. *The Crust of the Pacific Basin*. Geophys. Monograph 6. Ed. G. A. Macdonald and Hisashi Kuno. pp. 60-80. American Geophysical Union. Washington, D. C.
- Worzel J. L. and Shurbet, G. L. 1955. *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, 62, pp. 87-100