

VALORES ESTIMADOS DE DENSIDAD EN LOS ANDES VENEZOLANOS Y REGIONES ADYACENTES OBTENIDOS POR METODO GRAVIMETRICO

C. A. Badell, J. T. Rodríguez y M. Uzcátegui
Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico
Universidad del Zulia
Maracaibo, Venezuela

RESUMEN

Valores de gravedad observados sobre la red gravimétrica de precisión de los Andes Venezolanos y Costa Oriental del Lago de Maracaibo, permitieron obtener valores medios para la densidad de $\rho = 2.36 \text{ gr/cm}^3$ y $\rho = 2.14 \text{ gr/cm}^3$, respectivamente. Estos valores obtenidos permiten diseñar tablas de corrección por efecto de la topografía del terreno, lo cual es de mucha utilidad para la reducción de las observaciones gravimétricas al geode.

ABSTRACT

Observed gravity values over the precise gravimetric network in the Venezuelan Andes and Costa Oriental del Lago de Maracaibo, has made possible to obtain mean density values of $\rho = 2.36 \text{ gr/cm}^3$ and $\rho = 2.14 \text{ gr/cm}^3$, respectively. With the values so obtained it is possible to design terrain correction tables which are useful to reduce the gravimeter observations to the geoid.

INTRODUCCION

El método de determinación de los valores de la gravedad mediante la utilización del gravímetro, permite entre otras cosas, determinar valores de densidad como una función integrada a las características del relieve topográfico. Es por ello que la aplicación de ésta técnica implica el conocimiento de valores de gravedad observados en una red gravimétrica, lo suficientemente densa, que permita seleccionar líneas de nivelación gravimétrica que incluyan las variaciones del relieve topográfico.

En éste trabajo, los valores de densidad fueron obtenidos gráficamente tomándose como referencia los valores de gravedad pertenecientes a la red gravimétrica de los Andes Venezolanos y regiones circunvecinas (1) y a la subsidencia de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo (2,3); además, se tuvo a disposición las correspondientes hojas cartográficas de la región a escala 1:100.000, con curvas de nivel a intervalos de 40 metros y curvas complementarias a intervalos de 20 metros.

Del análisis de los valores obtenidos, ha sido posible inferir el valor medio para la densidad que caracteriza las rocas superficiales en la región, valor éste de singular importancia para la correcta determinación de la "corrección por efecto topográfico", aplicada a la reducción de las observaciones gravimétricas al geode.

PROCEDIMIENTO DE ANALISIS Y CALCULOS.

RESULTADOS

En geofísica, la expresión matemática que representa la variación de la gravedad por efecto del relieve topográfico, puede ser escrita de la siguiente manera :

$$\frac{\partial g}{\partial h} + (\text{mgal/m}) = F_1 + F_2 + F_3 \quad (\text{ec.1})$$

donde ;

$F_1 = (0.3086 + 0.00022 \cos 2\phi - 0.000144 \times 10^{-4} h) \text{ mgal/m}$, representa el efecto de aire libre ó efecto de altura de la estación con respecto al geode, considerando éste de forma esferoidal con pequeña excentricidad; ϕ representa la latitud geocéntrica de la estación, la que para efectos prácticos se toma como la latitud geográfica; h considerado por encima del geode, expresado en metros.

$F_2 = -0.04193\rho \text{ mgal/m}$, representa el efecto que produce el material de densidad ρ situado entre la estación donde se determina el valor de la gravedad, y el geode.

$F_3 = CT \text{ mgal/m}$, representa la corrección topográfica ó efecto que produce la variación del relieve topográfico circundante a la estación de observación, por lo que este efecto depende de la densidad de la materia situada debajo de la superficie terrestre.

Como se observa, de los términos que intervienen en ecuación 1, F_2 y F_3 dependen de la densidad ρ , lo cual hace entonces que el gradiente de gravedad con la altura sea una función que depende de la distribución de las masas, y por ende, para poderlo calcular es necesario conocer previamente el valor de la densidad representativa de las masas distribuidas en la zona.

En la práctica, generalmente se adopta un valor para la densidad en F_2 de $\rho = 2.67 \text{ gr/cm}^3$, y para F_3 valores variables que oscilan entre 2.0 y 2.67 gr/cm^3 , dependiendo del propósito del cálculo y del autor.

Es propósito de éste trabajo, determinar el valor de densidad que permita calcular los términos F_2 y F_3 en la ecuación 1, y que corresponda a un valor real para la región en estudio; para ello, se procedió al análisis de un total de 47 estaciones gravimétricas pertenecientes a la red de los Andes Venezolanos y zonas circunvecinas (Tabla 1), las cuales fueron convenientemente agrupadas en siete perfiles que permitieron obtener un valor para la densidad lo más representativo posible.

De igual forma se hizo un análisis a estudios anteriores realizados en la zona de la subsidencia de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo (2,3) y cuya distribución de estaciones gravimétricas aparecen señaladas en la Fig. 1 con círculos de menor diámetro, a los efectos de poder definir el correspondiente valor de la densidad en esa zona, la cual, por tratarse de una zona de baja altura y estructura geológica diferente, su densidad difiere de aquella correspondiente a la región de los Andes.

Para el cálculo del efecto que produce el término F_3 , se elaboró una plantilla (4) consistente de círculos concéntricos a escala de los mapas topográficos disponibles, distribuidos y divididos radialmente en un total de 12 zonas y 132 compartimentos (1 zona con 4, 2 zonas con 6 y 8 respectivamente, 3 con 12 y 4 con 16 compartimentos) extendidos desde 2,00 hasta 22.000,00 metros. A cada compartimento se le calculó el efecto de atracción gravitatorio mediante la aplicación de la fórmula :

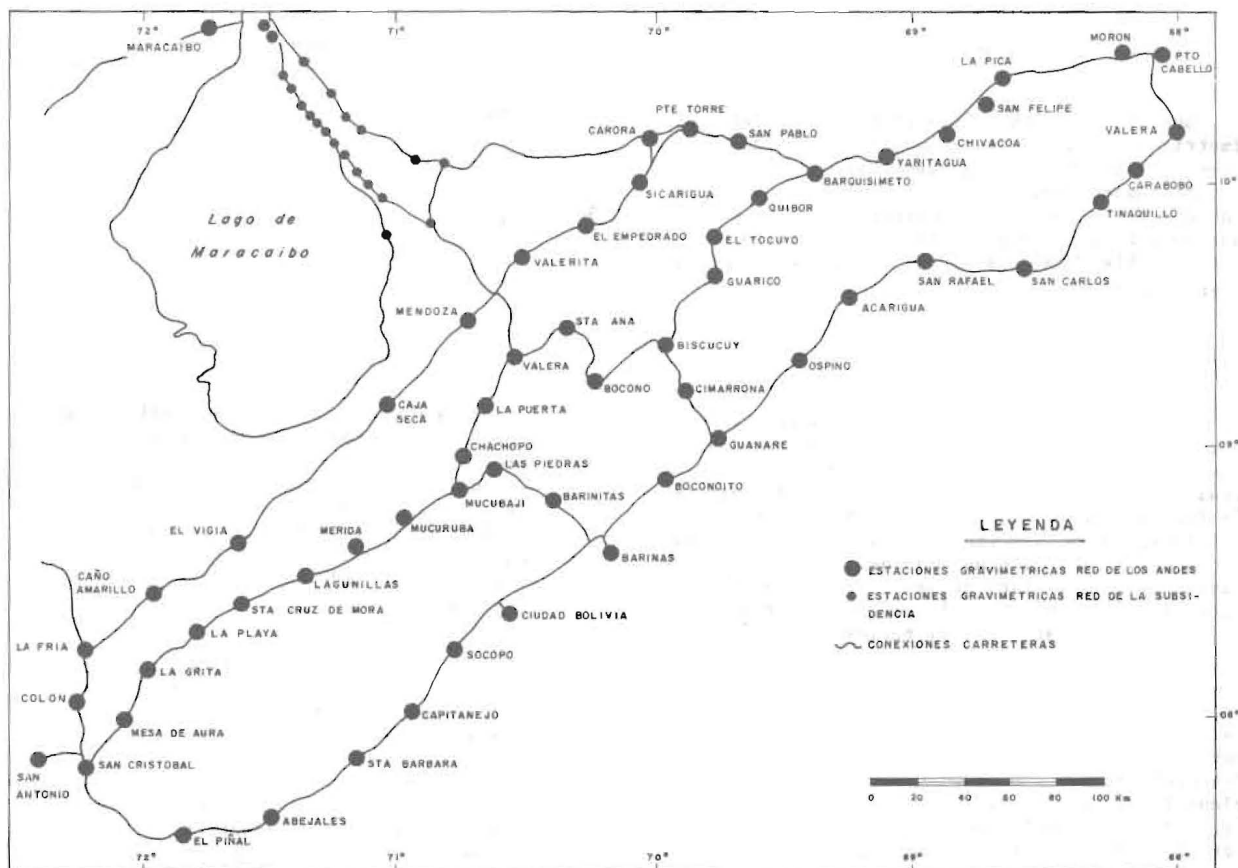


Fig. 1. Red Gravimétrica de Precisión en los Andes Venezolanos

$$CT = 6.67 \times 10^{-3} \rho \cdot \theta.$$

$$\left[(r - r_i) + \sqrt{r_i^2 + \Delta h^2} - \sqrt{r^2 + \Delta h^2} \right] \text{mgal (ec.2)}$$

donde θ = amplitud del sector topográfico expresado en radianes; Δh = diferencia de altura entre la estación y el centro del comportamiento expresado en metros; r , r_i = radio exterior y radio interior expresado en metros, respectivamente.

El cálculo del valor de la densidad para la región se obtuvo por aplicación del método de Nettleton (5), el cual consiste en el cálculo de la ecuación 1 para diferentes valores de ρ comprendidos en el intervalo $1.6 \leq \rho \leq 3.0 \text{ gr/cm}^3$, con variaciones de 0.2 gr/cm^3 . A los valores resultantes le fue aplicado el método de interpolación numérica a objeto de obtener curvas representativas de la distribución de las anomalías de gravedad que menos correlación tenga con el relieve topográfico en cada uno de los perfiles gravimétricos. Los resultados de estos cálculos se muestran en las gráficas del 2 al 8.

Los autores del presente trabajo han creído conveniente insertar la tabla que permite conocer la corrección topográfica (F_t) para el valor de densidad media obtenida para la región de los Andes Venezolanos, la cual facilita la reducción al geóide de cualquier observación gravimétrica que se realice en dicha región (Tabla 2).

En la zona de la subsidencia de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo, existe una evidencia de valores de densidad obtenidos a partir de registros en algunos pozos petroleros, y cuyos valores, identificados por campo de producción, son los siguientes :

CAMPO PETROLERO	LAT.	LONG.	ALTURA(m)	$\rho(\text{gr/cm}^3)$
Tía Juana	10°29	71°39	0.82	2.04
Lagunillas	10.25	71.25	-3.30	2.12
Bachaquero	09.97	71.13	-0.20	2.22

Por otra parte, la interpretación por modelos dado a las anomalías de gravedad en esta zona, y hasta una profundidad de 1000 metros (3), ha permitido inferir la siguiente distribución de densidades :

Perfil	Punto	Estacion	Latitud	Longitud	Altura (m.)	G.obs. (mgal)	G.Normal (mgal)
1	1	S.Cristobal	7.8	72.5	386.17	977927.97	978144.20
	2	M.de Aura	8.1	72.1	2091.68	977637.21	978151.70
	3	La Grita	8.1	72.1	1443.30	977619.95	978151.70
	4	La Playa	8.3	71.7	1238.11	977800.32	978156.80
	5	S.Cruz de Mora	8.3	71.7	588.44	977915.59	978156.80
	6	Lagunillas	8.6	71.3	1030.91	977822.39	978164.60
	7	Merida	8.6	71.3	1645.00	977736.45	978164.60
	8	Mucububa	8.7	71.0	2372.12	977567.73	978167.30
	9	Mucubaji	8.9	70.7	3871.94	977363.48	978172.80
	10	Las Piedras	8.9	70.7	1722.30	977747.82	978172.80
2	1	El Pinal	7.5	71.9	278.99	977954.42	978137.10
	2	Abejales	7.8	71.5	181.00	978009.89	978139.50
	3	S.Barbara	7.8	71.2	188.00	978020.18	978144.20
	4	Capitanejo	8.0	71.0	181.00	978016.87	978149.10
	5	Socopo	8.2	70.8	300.00	978000.81	978154.20
	6	Cdad.Bolivia	8.4	70.6	174.87	978029.17	978159.40
	7	Barinas	8.6	70.2	180.00	978051.40	978164.60
5	1	Guarico	9.7	69.8	1120.00	977914.97	978195.80
	2	El Tocuyo	9.7	69.8	611.38	978011.40	978195.80
	3	Quilbor	9.9	69.6	688.00	977997.35	978201.90
	4	Barquisimeto	10.0	69.4	620.00	978024.68	978205.00
	5	Yaritagua	10.1	69.1	370.00	978059.37	978208.00
	6	Chivacoa	10.2	68.9	305.00	978083.07	978211.20
	7	S.Felipe	10.3	68.7	220.00	978118.35	978224.30
	8	La Pica	10.3	68.7	40.00	978181.30	978224.30
	9	Moran	10.5	68.1	11.89	978205.15	978220.80
4	1	Acarigua	9.6	69.3	224.80	978105.14	978192.90
	2	S.Rafael de O.	9.7	69.0	157.00	978105.09	978195.80
	3	S.Carlos	9.7	68.6	150.00	978106.14	978195.80
	4	Tinaquillo	10.0	68.3	420.00	978075.62	978205.00
	5	Carabobo	10.0	68.3	478.82	978050.65	978205.00
	6	Valencia	10.2	68.0	478.00	978047.86	978211.20
	7	Pto.Cabello	10.3	68.1	8.80	978214.30	978220.80
3	1	Socopo	8.2	70.8	300.00	978000.81	978154.20
	2	Cdad.Bolivia	8.4	70.6	174.87	978029.17	978159.40
	3	Barinas	8.6	70.2	180.00	978051.40	978164.60
	4	Boconoito	8.8	70.0	182.46	978052.60	978170.00
	5	Guareare	9.0	69.8	186.00	978064.83	978175.60
6	1	Colon	8.1	72.1	802.00	977892.95	978151.70
	2	La Fria	8.1	72.1	127.25	977995.51	978151.70
	3	Cano Amarillo	8.5	72.0	74.00	977989.10	978162.00
	4	El Vigia	8.6	71.6	124.00	977981.34	978164.60
	5	Coja Seca	9.2	71.1	120.00	977994.98	978181.20
	6	S.de Mendoza	9.4	70.8	120.00	978017.30	978186.90
7	1	Caja Seca	9.2	71.1	120.00	977994.98	978181.20
	2	S.de Mendoza	9.4	70.8	120.00	978017.30	978186.90
	3	Valerita	9.7	70.5	240.00	978054.69	978195.80
	4	El Empedrado	9.9	70.2	569.75	978013.21	978201.90
	5	Sicanigua	9.9	70.2	500.95	978048.98	978201.90
	6	Carora	10.2	70.0	438.74	978071.02	978211.20
	7	Puente Torre	10.2	70.0	422.07	978071.24	978211.20
	8	San Pablo	10.2	61.7	927.6	978004.28	978211.20

Tabla 1. Estaciones Gravimétricas de los Andes Venezolanos y regiones circunvecinas, agrupadas por perfiles.

PERFIL GRAVIMETRICO	MODELO	VALORES DE $\rho(\text{gr/cm}^3)$
Tía Juana	5 cuerpos	2.0;2.1;2.20;2.25;2.25
Lagunillas	6 cuerpos	2.0;2.12;2.20;2.20;2.25;2.25
Bachaquero	5 cuerpos	2.0;2.1;2.1;2.2;2.2

Hemos de hacer notar, que para los efectos de ésta interpretación, sus autores debieron densificar la red primaria originalmente mostrada en la Fig. 1, en un total de 205 estaciones auxiliares establecidas en base al interés de este objetivo, y con un espaciamiento entre estaciones en el intervalo comprendido entre 0.3 y 1 kilómetro.

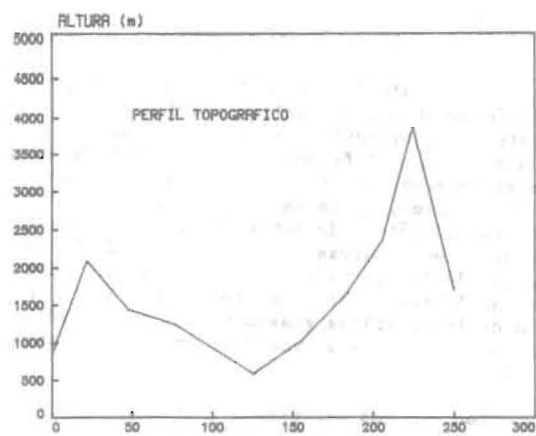
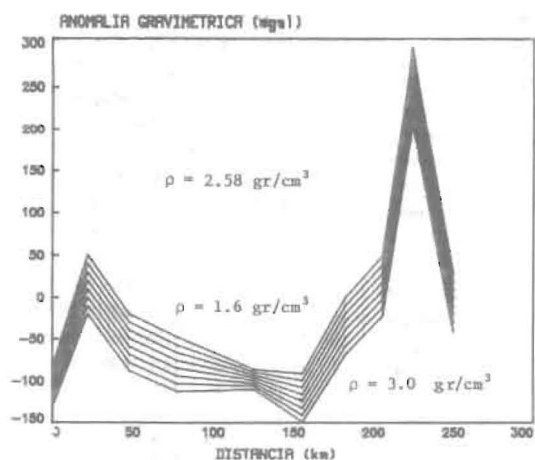


Fig. No. 2. Anomalías Gravimétricas Región Andes Venezolanas. Perfil No. 1.

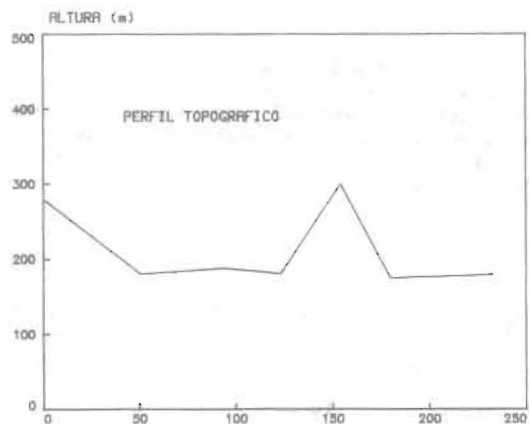
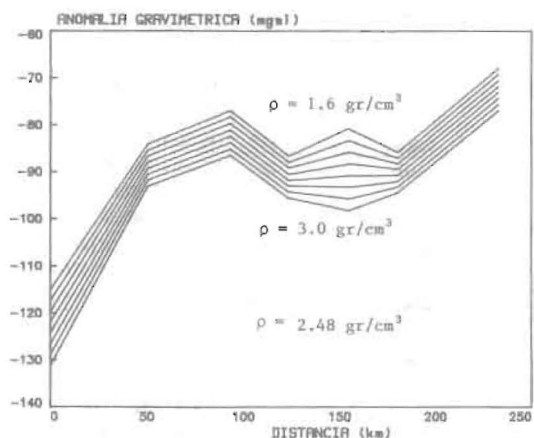


Fig. No. 3. Anomalías Gravimétricas Región Andes Venezolanas. Perfil No. 2

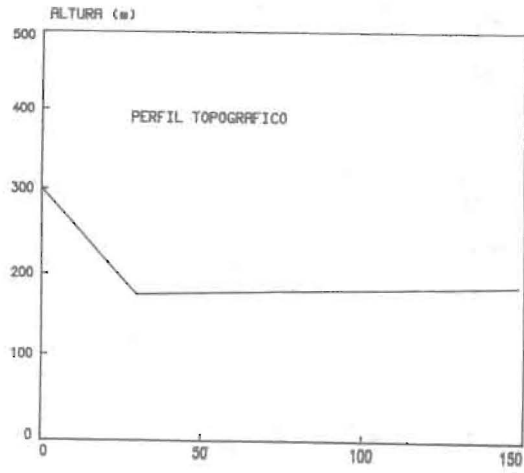
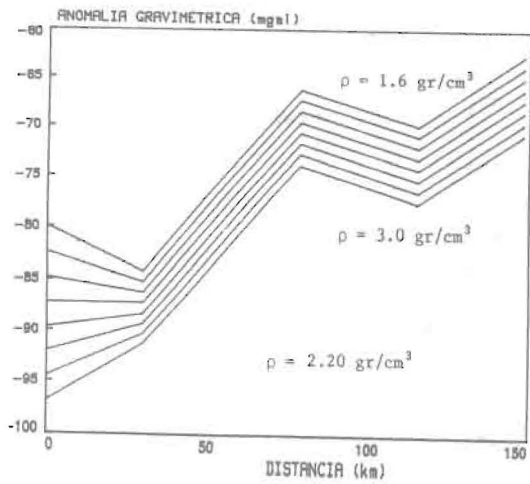


Fig. No. 4. Anomalías Gravimétricas Región Andes Venezolanos. Perfil No. 3.

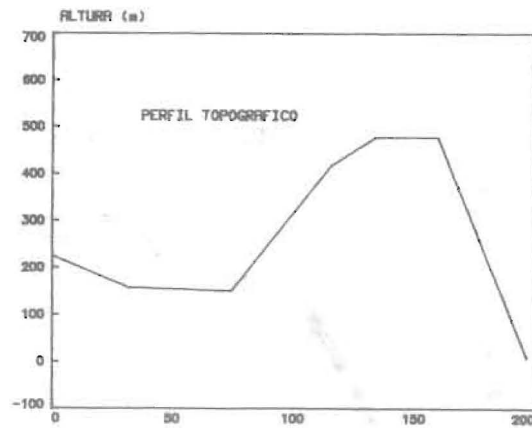
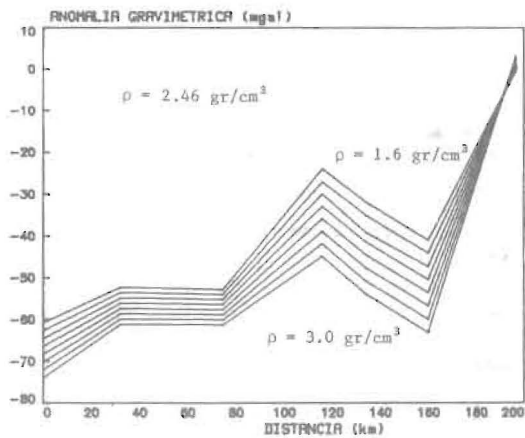


Fig. No. 5. Anomalías Gravimétricas Región Andes Venezolanos. Perfil No. 4.

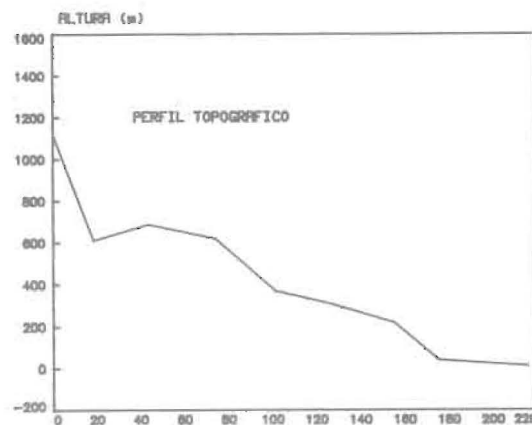
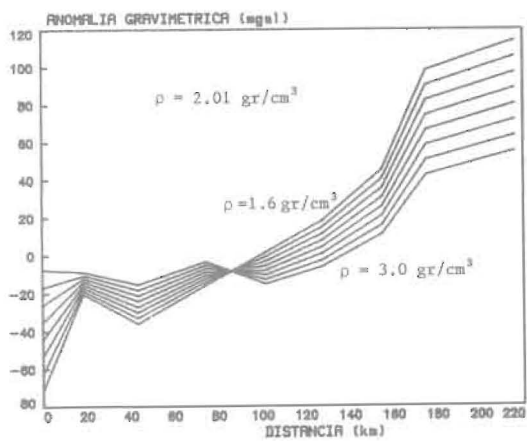


Fig. No. 6. Anomalías Gravimétricas Región Andes Venezolanos. Perfil No. 5.

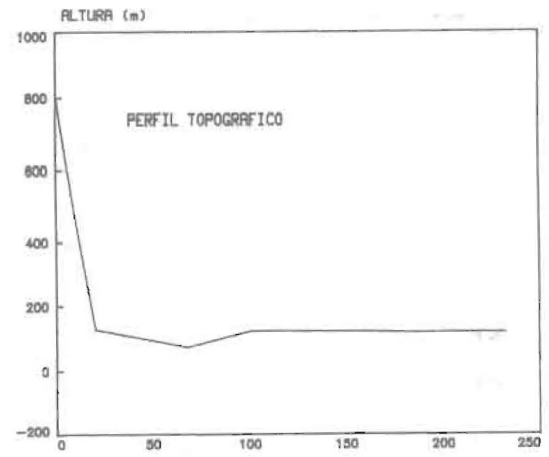
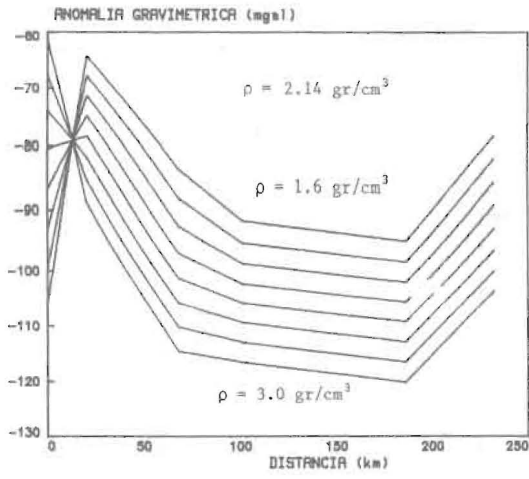


Fig. No. 7. Anomalías Gravimétricas Región Andes Venezolanos.
Perfil No. 6.

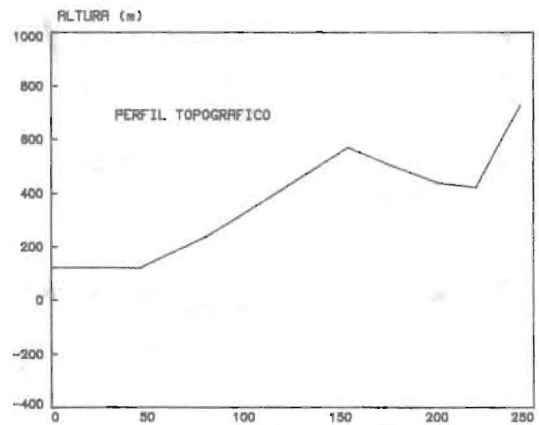
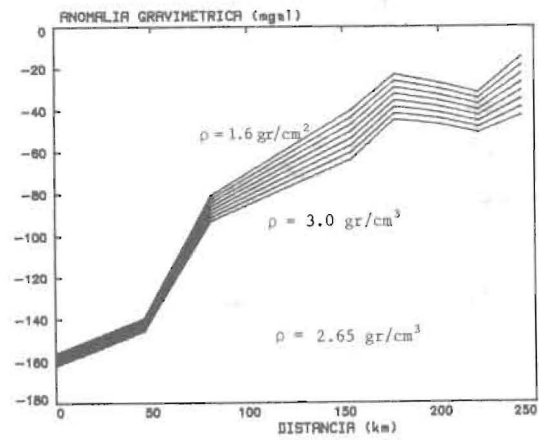


Fig. No. 8. Anomalías Gravimétricas Región Andes Venezolanos
Perfil No. 7.

Tabla 2 .- TABLA PARA CORRECCION TOPOGRAFICA EN MEDICIONES GRAVIMETRICAS

Densidad: 2.36

CT	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	Zona F	Zona G
	4 Compartimentos 2.00-16.64	6 Compartimentos 16.64-53.34	8 Compartimentos 53.34-170.00	8 Compartimentos 170.00-290.00	8 Compartimentos 290.00-895.00	12 Compartimentos 895.00-1529.50
	±Dh, m	±Dh, m	±Dh, m	±Dh, m	±Dh, m	±Dh, m
0.00	0000.00-0000.29	0000.00-0001.16	0000.00-0002.07	0000.00-0004.69	0000.00-0007.10	0000.00-0015.35
0.05	0000.29-0000.43	0001.16-0001.68	0002.07-0003.06	0004.69-0006.81	0007.10-0010.32	0015.35-0022.31
0.10	0000.43-0000.53	0001.68-0002.07	0003.06-0003.71	0006.81-0008.42	0010.32-0012.74	0022.31-0027.57
0.15	0000.53-0000.61	0002.07-0002.41	0003.71-0004.30	0008.42-0009.76	0012.74-0014.77	0027.57-0031.97
0.20	0000.61-0000.69	0002.41-0002.70	0004.30-0004.82	0009.76-0010.94	0014.77-0016.56	0031.97-0035.84
0.25	0000.69-0000.76	0002.70-0002.96	0004.82-0005.29	0010.94-0012.01	0016.56-0018.18	0035.84-0039.33
0.30	0000.76-0000.82	0002.96-0003.21	0005.29-0005.72	0012.01-0012.99	0018.18-0019.66	0039.33-0042.53
0.35	0000.82-0000.88	0003.21-0003.43	0005.72-0006.12	0012.99-0013.90	0019.66-0021.04	0042.53-0045.51
0.40	0000.88-0000.94	0003.43-0003.65	0006.12-0006.50	0013.90-0014.76	0021.04-0022.33	0045.51-0048.31
0.45	0000.94-0000.99	0003.65-0003.85	0006.50-0006.86	0014.76-0015.57	0022.33-0023.55	0048.31-0050.96
0.50	0000.99-0001.04	0003.85-0004.05	0006.86-0007.20	0015.57-0016.34	0023.55-0024.71	0050.96-0053.47
0.55	0001.04-0001.09	0004.05-0004.23	0007.20-0007.52	0016.34-0017.07	0024.71-0025.82	0053.47-0055.87
0.60	0001.09-0001.14	0004.23-0004.41	0007.52-0007.83	0017.07-0017.78	0025.82-0026.89	0055.87-0058.17
0.65	0001.14-0001.19	0004.41-0004.58	0007.83-0008.13	0017.78-0018.46	0026.89-0027.91	0058.17-0060.40
0.70	0001.19-0001.23	0004.58-0004.75	0008.13-0008.42	0018.46-0019.11	0027.91-0028.90	0060.40-0062.53
0.75	0001.23-0001.28	0004.75-0004.91	0008.42-0008.70	0019.11-0019.75	0028.90-0029.86	0062.53-0064.60
0.80	0001.28-0001.32	0004.91-0005.06	0008.70-0008.98	0019.75-0020.36	0029.86-0030.78	0064.60-0066.60
0.85	0001.32-0001.36	0005.06-0005.22	0008.98-0009.24	0020.36-0020.96	0030.78-0031.68	0066.60-0068.56
0.90	0001.36-0001.40	0005.22-0005.36	0009.24-0009.50	0020.96-0021.54	0031.68-0032.56	0068.56-0070.45
0.95	0001.40-0001.41	0005.36-0005.38	0009.50-0009.52	0021.54-0021.60	0032.56-0032.64	0070.45-0070.64
1.00	0001.41-0001.79	0005.38-0006.71	0009.52-0011.80	0021.60-0026.73	0032.64-0040.36	0070.64-0087.34
1.50	0001.79-0002.14	0006.71-0007.85	0011.80-0013.72	0026.73-0031.05	0040.36-0046.84	0087.34-0101.36
2.00	0002.14-0002.47	0007.85-0008.88	0013.72-0015.43	0031.05-0034.86	0046.84-0052.54	0101.36-0113.70
2.50	0002.47-0002.78	0008.88-0009.84	0015.43-0016.98	0034.86-0038.32	0052.54-0057.69	0113.70-0124.86
3.00	0002.78-0003.09	0009.84-0010.74	0016.98-0018.41	0038.32-0041.51	0057.69-0062.44	0124.86-0135.14
3.50	0003.09-0003.40	0010.74-0011.60	0018.41-0019.76	0041.51-0044.49	0062.44-0066.86	0135.14-0144.71
4.00	0003.40-0003.71	0011.60-0012.43	0019.76-0021.03	0044.49-0047.30	0066.86-0071.02	0144.71-0153.72
4.50	0003.71-0004.01	0012.43-0013.24	0021.03-0022.25	0047.30-0049.98	0071.02-0074.96	0153.72-0162.26
5.00	0004.01-0004.32	0013.24-0014.02	0022.25-0023.41	0049.98-0052.53	0074.96-0078.71	0162.26-0170.39
5.50	0004.32-0004.63	0014.02-0014.79	0023.41-0024.54	0052.53-0054.98	0078.71-0082.30	0170.39-0178.18
6.00	0004.63-0004.94	0014.79-0015.55	0024.54-0025.62	0054.98-0057.35	0082.30-0085.76	0178.18-0185.66
6.50	0004.94-0005.26	0015.55-0016.30	0025.62-0026.67	0057.35-0059.63	0085.76-0089.09	0185.66-0192.87
7.00	0005.26-0005.58	0016.30-0017.04	0026.67-0027.70	0059.63-0061.85	0089.09-0092.30	0192.87-0199.85
7.50	0005.58-0005.91	0017.04-0017.78	0027.70-0028.70	0061.85-0064.00	0092.30-0095.42	0199.85-0206.61
8.00	0005.91-0006.24	0017.78-0018.51	0028.70-0029.67	0064.00-0066.10	0095.42-0098.45	0206.61-0213.18
8.50	0006.24-0006.58	0018.51-0019.24	0029.67-0030.63	0066.10-0068.15	0098.45-0101.40	0213.18-0219.57
9.00	0006.58-0006.93	0019.24-0019.96	0030.63-0031.57	0068.15-0070.15	0101.40-0104.27	0219.57-0225.80
9.50	0006.93-0007.28	0019.96-0020.69	0031.57-0032.49	0070.15-0072.10	0104.27-0107.08	0225.80-0231.89
10.00	0007.28-0007.64	0020.69-0021.42	0032.49-0033.39	0072.10-0074.02	0107.08-0109.82	0231.89-0237.83
10.50	0007.64-0008.02	0021.42-0022.14	0033.39-0034.28	0074.02-0075.91	0109.82-0112.50	0237.83-0243.65
11.00	0008.02-0008.4	0022.14-0022.87	0034.28-0035.16	0075.91-0077.76	0112.50-0115.12	0243.65-0249.35
11.50	0008.4-0008.79	0022.87-0023.61	0035.16-0036.03	0077.76-0079.58	0115.12-0117.70	0249.35-0254.94
12.00	0008.79-0009.19	0023.61-0024.34	0036.03-0036.88	0079.58-0081.37	0117.70-0120.23	0254.94-0260.43
12.50	0009.19-0009.61	0024.34-0025.09	0036.88-0037.73	0081.37-0083.14	0120.23-0122.71	0260.43-0265.82
13.00	0009.61-0010.04	0025.09-0025.83	0037.73-0038.57	0083.14-0084.88	0122.71-0125.15	0265.82-0271.12
13.50	0010.04-0010.48	0025.83-0026.59	0038.57-0039.39	0084.88-0086.59	0125.15-0127.55	0271.12-0276.34
14.00	0010.48-0010.94	0026.59-0027.34	0039.39-0040.21	0086.59-0088.29	0127.55-0129.92	0276.34-0281.48
14.50	0010.94-0011.41	0027.34-0028.11	0040.21-0041.03	0088.29-0089.96	0129.92-0132.25	0281.48-0286.54
15.00	0011.41-0011.51	0028.11-0028.26	0041.03-0041.19	0089.96-0090.29	0132.25-0132.71	0286.54-0287.54

NOTA: Los valores se encuentran en centésimas de miligal.

15.00	0011.51-0012.46	0028.26-0029.73	0041.19-0042.70	0090.29-0093.40	0132.71-0137.01	0287.54-0296.89
16.00	0012.46-0013.54	0029.73-0031.33	0042.70-0044.28	0093.40-0096.62	0137.01-0141.44	0296.89-0306.52
17.00	0013.54-0014.72	0031.33-0032.96	0044.28-0045.84	0096.62-0099.78	0141.44-0145.76	0306.52-0315.93
18.00	0014.72-0016.01	0032.96-0034.63	0045.84-0047.38	0099.78-0102.89	0145.76-0149.99	0315.93-0325.11
19.00	0016.01-0017.44	0034.63-0036.36	0047.38-0048.91	0102.89-0105.94	0149.99-0154.12	0325.11-0334.11
20.00	0017.44-0019.02	0036.36-0038.14	0048.91-0050.42	0105.94-0108.95	0154.12-0158.17	0334.11-0342.92
21.00	0019.02-0020.79	0038.14-0039.98	0050.42-0051.92	0108.95-0111.92	0158.17-0162.14	0342.92-0351.57
22.00	0020.79-0022.80	0039.98-0041.89	0051.92-0053.41	0111.92-0114.86	0162.14-0166.04	0351.57-0360.06
23.00	0022.80-0025.11	0041.89-0043.88	0053.41-0054.90	0114.86-0117.76	0166.04-0169.87	0360.06-0368.42
24.00	0025.11-0027.79	0043.88-0045.94	0054.90-0056.38	0117.76-0120.63	0169.87-0173.64	0368.42-0376.64
25.00	0027.79-0030.95	0045.94-0048.10	0056.38-0057.85	0120.63-0123.47	0173.64-0177.35	0376.64-0384.73
26.00	0030.95-0034.75	0048.10-0050.35	0057.85-0059.31	0123.47-0126.29	0177.35-0181.01	0384.73-0392.71
27.00	0034.75-0039.43	0050.35-0052.72	0059.31-0060.78	0126.29-0129.09	0181.01-0184.62	0392.71-0400.58
28.00	0039.43-0045.35	0052.72-0055.20	0060.78-0062.24	0129.09-0131.86	0184.62-0188.18	0400.58-0408.35
29.00	0045.35-0053.11	0055.20-0057.81	0062.24-0063.70	0131.86-0134.62	0188.18-0191.69	0408.35-0416.03
30.00	0053.11-0063.78	0057.81-0060.57	0063.70-0065.16	0134.62-0137.35	0191.69-0195.16	0416.03-0423.61
31.00	0063.78-0079.43	0060.57-0063.49	0065.16-0066.62	0137.35-0140.08	0195.16-0198.59	0423.61-0431.11
32.00	0079.43-0104.72	0063.49-0066.59	0066.62-0068.08	0140.08-0142.79	0198.59-0201.98	0431.11-0438.53
33.00	0104.72-0152.81	0066.59-0069.90	0068.08-0069.54	0142.79-0145.48	0201.98-0205.34	0438.53-0445.88
34.00	0152.81-0270.45	0069.90-0073.26	0069.54-0070.93	0145.48-0148.05	0205.34-0208.51	0445.88-0452.82
35.00	0270.45-1370.07	0073.26-0077.03	0070.93-0072.40	0148.05-0150.72	0208.51-0211.80	0452.82-0460.03
36.00		0077.03-0081.08	0072.40-0073.87	0150.72-0153.39	0211.80-0215.06	0460.03-0467.17
37.00		0081.08-0085.46	0073.87-0075.34	0153.39-0156.05	0215.06-0218.29	0467.17-0474.25
38.00		0085.46-0090.20	0075.34-0076.82	0156.05-0158.70	0218.29-0221.50	0474.25-0481.28
39.00		0090.20-0095.37	0076.82-0078.31	0158.70-0161.34	0221.50-0224.67	0481.28-0488.25
40.00		0095.37-0130.42	0078.31-0085.82	0161.34-0174.51	0224.67-0240.20	0488.25-0522.35
45.00		0130.42-0196.89	0085.82-0093.55	0174.51-0187.65	0240.20-0255.21	0522.35-0555.41
50.00		0196.89-0379.90	0093.55-0101.54	0187.65-0200.84	0255.21-0269.82	0555.41-0587.66
55.00			0101.54-0109.85	0200.84-0214.15	0269.82-0284.10	0587.66-0619.26
60.00			0109.85-0127.72	0214.15-0241.40	0284.10-0311.88	0619.26-0681.03
70.00			0127.72-0147.74	0241.40-0269.84	0311.88-0338.95	0681.03-0741.57
80.00			0147.74-0170.64	0269.84-0299.93	0338.95-0365.56	0741.57-0801.50
90.00			0170.64-0197.46	0299.93-0332.15	0365.56-0391.92	0801.50-0861.28
100.00			0197.46-0229.70	0332.15-0367.04	0391.92-0418.19	0861.28-0921.32
110.00			0229.70-0269.68	0367.04-0405.24	0418.19-0444.49	0921.32-0981.95
120.00			0269.68-0321.15	0405.24-0447.58	0444.49-0470.94	0981.95-1043.47
130.00			0321.15-0390.78	0447.58-0495.06	0470.94-0497.65	1043.47-1106.19
140.00			0390.78-0491.45	0495.06-0549.04	0497.65-0524.70	1106.19-1170.37
150.00			0491.45-0953.01	0549.04-0684.40	0524.70-0580.18	1170.37-1304.25
170.00				0684.40-0879.03	0580.18-0638.07	1304.25-1447.45
190.00				0879.03-1432.91	0638.07-0730.94	1447.45-1685.66
220.00					0730.94-0833.37	1685.66-1962.21
250.00					0833.37-0948.55	1962.21-2293.16
280.00					0948.55-1080.69	2293.16-2703.04
310.00					1080.69-1235.59	
340.00					1235.59-1421.68	
370.00					1421.68-1651.82	
400.00					1651.82-2195.89	

NOTA: Los valores se encuentran en centésimas de milígal.

TABLA PARA CORRECCION TOPOGRAFICA EN MEDICIONES GRAVIMETRICAS

Densidad: 2.36

CT	Zona H	Zona I	Zona J	Zona K	Zona L	Zona M
	12 Compartimentos 1529.50-2614.60	12 Compartimentos 2614.60-4469.00	16 Compartimentos 4469.00-6652.50	16 Compartimentos 6652.50-9903.00	16 Compartimentos 9903.00-14741.60	16 Compartimentos 14741.60-22000.00
	±Dh, m	±Dh, m	±Dh, m	±Dh, m	±Dh, m	±Dh, m
0.00	0000.00-0020.04	0000.00-0026.13	0000.00-0044.49	0000.00-0054.28	0000.00-0066.25	0000.00-0080.45
0.05	0020.04-0029.15	0026.13-0038.14	0044.49-0064.70	0054.28-0078.94	0066.25-0096.28	0080.45-0116.52
0.10	0029.15-0036.02	0038.14-0047.10	0064.70-0079.91	0078.94-0097.59	0096.28-0119.05	0116.52-0144.75
0.15	0036.02-0041.77	0047.10-0054.61	0079.91-0092.76	0097.59-0113.17	0119.05-0138.06	0144.75-0167.74
0.20	0041.77-0046.81	0054.61-0061.16	0092.76-0103.87	0113.17-0126.71	0138.06-0154.58	0167.74-0187.98
0.25	0046.81-0051.39	0061.16-0067.19	0103.87-0114.04	0126.71-0138.99	0154.58-0169.70	0187.98-0206.67
0.30	0051.39-0055.57	0067.19-0072.63	0114.04-0123.35	0138.99-0150.44	0169.70-0183.54	0206.67-0223.13
0.35	0055.57-0059.47	0072.63-0077.73	0123.35-0131.96	0150.44-0161.01	0183.54-0196.34	0223.13-0239.09
0.40	0059.47-0063.12	0077.73-0082.48	0131.96-0140.06	0161.01-0170.82	0196.34-0208.42	0239.09-0253.48
0.45	0063.12-0066.57	0082.48-0087.02	0140.06-0147.76	0170.82-0180.23	0208.42-0219.96	0253.48-0267.63
0.50	0066.57-0069.85	0087.02-0091.32	0147.76-0154.98	0180.23-0189.07	0219.96-0230.68	0267.63-0280.73
0.55	0069.85-0072.99	0091.32-0095.42	0154.98-0161.95	0189.07-0197.58	0230.68-0240.88	0280.73-0293.11
0.60	0072.99-0076.00	0095.42-0099.33	0161.95-0168.66	0197.58-0205.70	0240.88-0251.01	0293.11-0305.44
0.65	0076.00-0078.90	0099.33-0103.13	0168.66-0175.06	0205.70-0213.51	0251.01-0260.41	0305.44-0316.98
0.70	0078.90-0081.68	0103.13-0106.78	0175.06-0181.24	0213.51-0221.09	0260.41-0269.74	0316.98-0328.41
0.75	0081.68-0084.39	0106.78-0110.29	0181.24-0187.26	0221.09-0228.40	0269.74-0278.65	0328.41-0339.03
0.80	0084.39-0087.00	0110.29-0113.71	0187.26-0193.03	0228.40-0235.41	0278.65-0287.26	0339.03-0349.30
0.85	0087.00-0089.55	0113.71-0117.05	0193.03-0198.65	0235.41-0242.31	0287.26-0295.67	0349.30-0359.70
0.90	0089.55-0092.01	0117.05-0120.28	0198.65-0204.16	0242.31-0249.04	0295.67-0303.76	0359.70-0369.60
0.95	0092.01-0092.26	0120.28-0120.58	0204.16-0204.68	0249.04-0249.66	0303.76-0304.46	0369.60-0370.53
1.00	0092.26-0114.04	0120.58-0149.02	0204.68-0252.99	0249.66-0308.54	0304.46-0376.47	0370.53-0457.92
1.50	0114.04-0132.31	0149.02-0172.86	0252.99-0293.83	0308.54-0357.87	0376.47-0436.52	0457.92-0531.09
2.00	0132.31-0148.36	0172.86-0193.81	0293.83-0329.01	0357.87-0401.20	0436.52-0489.35	0531.09-0595.45
2.50	0148.36-0162.88	0193.81-0212.72	0329.01-0361.14	0401.20-0440.35	0489.35-0537.06	0595.45-0653.41
3.00	0162.88-0176.22	0212.72-0230.11	0361.14-0390.67	0440.35-0476.27	0537.06-0580.87	0653.41-0706.62
3.50	0176.22-0188.65	0230.11-0246.29	0390.67-0418.14	0476.27-0509.70	0580.87-0621.61	0706.62-0756.15
4.00	0188.65-0200.32	0246.29-0261.48	0418.14-0443.95	0509.70-0541.17	0621.61-0659.93	0756.15-0802.76
4.50	0200.32-0211.37	0261.48-0275.86	0443.95-0468.35	0541.17-0570.86	0659.93-0696.04	0802.76-0846.68
5.00	0211.37-0221.89	0275.86-0289.54	0468.35-0491.57	0570.86-0599.11	0696.04-0730.44	0846.68-0888.48
5.50	0221.89-0231.96	0289.54-0302.60	0491.57-0513.79	0599.11-0626.13	0730.44-0763.35	0888.48-0928.42
6.00	0231.96-0241.62	0302.60-0315.15	0513.79-0535.11	0626.13-0652.02	0763.35-0794.87	0928.42-0966.73
6.50	0241.62-0250.93	0315.15-0327.22	0535.11-0555.62	0652.02-0676.94	0794.87-0825.21	0966.73-1003.57
7.00	0250.93-0259.92	0327.22-0338.89	0555.62-0575.44	0676.94-0701.03	0825.21-0854.51	1003.57-1039.20
7.50	0259.92-0268.62	0338.89-0350.17	0575.44-0594.58	0701.03-0724.30	0854.51-0882.83	1039.20-1073.57
8.00	0268.62-0277.07	0350.17-0361.11	0594.58-0613.17	0724.30-0746.89	0882.83-0910.27	1073.57-1106.89
8.50	0277.07-0285.28	0361.11-0371.74	0613.17-0631.25	0746.89-0768.83	0910.27-0936.96	1106.89-1139.24
9.00	0285.28-0293.28	0371.74-0382.09	0631.25-0648.84	0768.83-0790.16	0936.96-0962.88	1139.24-1170.74
9.50	0293.28-0301.07	0382.09-0392.16	0648.84-0665.98	0790.16-0810.95	0962.88-0988.14	1170.74-1201.37
10.00	0301.07-0308.69	0392.16-0402.01	0665.98-0682.71	0810.95-0831.26	0988.14-1012.84	1201.37-1231.48
10.50	0308.69-0316.13	0402.01-0411.62	0682.71-0699.06	0831.26-0851.06	1012.84-1036.91	1231.48-1260.62
11.00	0316.13-0323.43	0411.62-0421.03	0699.06-0715.04	0851.06-0870.46	1036.91-1060.47	1260.62-1289.16
11.50	0323.43-0330.56	0421.03-0430.24	0715.04-0730.71	0870.46-0889.45	1060.47-1083.50	1289.16-1317.16
12.00	0330.56-0337.56	0430.24-0439.27	0730.71-0746.06	0889.45-0908.04	1083.50-1106.10	1317.16-1344.57
12.50	0337.56-0344.44	0439.27-0448.14	0746.06-0761.12	0908.04-0926.28	1106.10-1128.25	1344.57-1371.41
13.00	0344.44-0351.19	0448.14-0456.82	0761.12-0775.90	0926.28-0944.17	1128.25-1149.96	1371.41-1397.77
13.50	0351.19-0357.83	0456.82-0465.36	0775.90-0790.43	0944.17-0961.74	1149.96-1171.30	1397.77-1423.60
14.00	0357.83-0364.35	0465.36-0473.76	0790.43-0804.71	0961.74-0979.04	1171.30-1192.27	1423.60-1449.02
14.50	0364.35-0370.78	0473.76-0482.02	0804.71-0818.76	0979.04-0996.01	1192.27-1212.88	1449.02-1474.03
15.00	0370.78-0372.05	0482.02-0483.65	0818.76-0821.54	0996.01-0999.40	1212.88-1216.99	1474.03-1478.97

15.00	0372.05-0383.89	0483.65-0498.86	0821.54-0847.41	0999.40-1030.68	1216.99-1254.91	1478.97-1525.02
16.00	0389.89-0396.08	0498.86-0514.50	0847.41-0874.01	1030.68-1062.83	1254.91-1293.89	1525.02-1572.24
17.00	0396.08-0407.95	0514.50-0529.70	0874.01-0899.89	1062.83-1094.07	1293.89-1331.76	1572.24-1618.06
18.00	0407.95-0419.52	0529.70-0544.52	0899.89-0925.11	1094.07-1124.51	1331.76-1368.62	1618.06-1662.77
19.00	0419.52-0430.83	0544.52-0558.97	0925.11-0949.71	1124.51-1154.18	1368.62-1404.57	1662.77-1706.25
20.00	0430.83-0441.89	0558.97-0573.10	0949.71-0973.75	1154.18-1183.16	1404.57-1439.62	1706.25-1748.68
21.00	0441.89-0452.72	0573.10-0586.90	0973.75-0997.26	1183.16-1211.52	1439.62-1473.94	1748.68-1790.19
22.00	0452.72-0463.33	0586.90-0600.43	0997.26-1020.30	1211.52-1239.24	1473.94-1507.45	1790.19-1830.76
23.00	0463.33-0473.75	0600.43-0613.69	1020.30-1042.87	1239.24-1266.41	1507.45-1540.31	1830.76-1870.48
24.00	0473.75-0483.97	0613.69-0626.68	1042.87-1065.01	1266.41-1293.04	1540.31-1572.49	1870.48-1909.40
25.00	0483.97-0494.03	0626.68-0639.45	1065.01-1086.75	1293.04-1319.18	1572.49-1604.05	1909.40-1947.53
26.00	0494.03-0503.92	0639.45-0651.98	1086.75-1108.12	1319.18-1344.86	1604.05-1635.08	1947.53-1985.03
27.00	0503.92-0513.66	0651.98-0664.32	1108.12-1129.13	1344.86-1370.07	1635.08-1665.51	1985.03-2021.78
28.00	0513.66-0523.25	0664.32-0676.45	1129.13-1149.81	1370.07-1394.89	1665.51-1695.44	2021.78-2057.95
29.00	0523.25-0532.70	0676.45-0688.40	1149.81-1170.17	1394.89-1419.31	1695.44-1724.92	2057.95-2093.52
30.00	0532.70-0542.02	0688.40-0700.15	1170.17-1190.23	1419.31-1443.33	1724.92-1753.90	2093.52-2128.51
31.00	0542.02-0551.22	0700.15-0711.76	1190.23-1210.00	1443.33-1467.02	1753.90-1782.42	2128.51-2162.95
32.00	0551.22-0560.30	0711.76-0723.19	1210.00-1229.51	1467.02-1490.37	1782.42-1810.56	2162.95-2196.90
33.00	0560.30-0569.28	0723.19-0734.47	1229.51-1248.74	1490.37-1513.39	1810.56-1838.28	2196.90-2230.31
34.00	0569.28-0577.74	0734.47-0745.11	1248.74-1266.89	1513.39-1535.10	1838.28-1864.39	2230.31-2261.81
35.00	0577.74-0586.51	0745.11-0756.11	1266.89-1285.66	1535.10-1557.52	1864.39-1891.38	2261.81-2294.35
36.00	0586.51-0595.18	0756.11-0766.97	1285.66-1304.21	1557.52-1579.68	1891.38-1918.04	2294.35-2326.47
37.00	0595.18-0603.76	0766.97-0777.71	1304.21-1322.53	1579.68-1601.53	1918.04-1944.31	2326.47-2358.13
38.00	0603.76-0612.25	0777.71-0788.33	1322.53-1340.65	1601.53-1623.15	1944.31-1970.30	2358.13-2389.44
39.00	0612.25-0620.66	0788.33-0798.83	1340.65-1358.58	1623.15-1644.53	1970.30-1995.98	2389.44-2420.36
40.00	0620.66-0661.54	0798.83-0849.69	1358.58-1445.46	1644.53-1747.90	1995.98-2120.05	2420.36-2569.62
45.00	0661.54-0700.76	0849.69-0898.19	1445.46-1528.38	1747.90-1846.29	2120.05-2237.85	2569.62-2711.18
50.00	0700.76-0738.59	0898.19-0944.70	1528.38-1607.95	1846.29-1940.40	2237.85-2350.34	2711.18-2846.19
55.00	0738.59-0775.26	0944.70-0989.51	1607.95-1684.65	1940.40-2030.87	2350.34-2458.25	2846.19-2975.52
60.00	0775.26-0845.77	0989.51-1074.88	1684.65-1831.00	2030.87-2202.67	2458.25-2662.56	
70.00	0845.77-0913.32	1074.88-1155.67	1831.00-1969.73	2202.67-2364.52	2662.56-2854.26	
80.00	0913.32-0978.65	1155.67-1232.82	1969.73-2102.43	2364.52-2518.39		
90.00	0978.65-1042.28	1232.82-1307.02	2102.43-2230.28	2518.39-2665.70		
100.00	1042.28-1104.62	1307.02-1378.78	2230.28-2354.15	2665.70-2807.54		
110.00	1104.62-1166.00	1378.78-1448.52	2354.15-2474.76	2807.54-2944.73		
120.00	1166.00-1226.67	1448.52-1516.55	2474.76-2592.62			
130.00	1226.67-1286.85	1516.55-1583.13	2592.62-2708.20			
140.00	1286.85-1346.74	1583.13-1648.48	2708.20-2821.87			
150.00	1346.74-1466.24	1648.48-1776.19				
170.00	1466.24-1586.29	1776.19-1900.83				
190.00	1586.29-1769.36	1900.83-2083.91				
220.00	1769.36-1958.47	2083.91-2264.27				
250.00	1958.47-2156.20	2264.27-2443.60				
280.00	2156.20-2365.20	2443.60-2623.22				
310.00	2365.20-2588.35	2623.22-2804.27				
340.00	2588.35-2828.94	2804.27-2987.75				

NOTA: Los valores se encuentran en centésimas de milígal.

CONCLUSIONES

Del estudio realizado a los valores de gravedad observados en la región de los Andes Venezolanos y regiones circunvecinas, se puede inferir un valor medio para la densidad de $\rho = 2.36 \text{ gr/cm}^3$. Este valor obtenido, permite conocer el correspondiente efecto por variación del relieve topográfico (F_2 y F_3) circundante a la estación, usualmente calculado para valores distintos de densidad no representativos de la región.

Para la zona de la subsidencia de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo, el valor de la densidad puede establecerse como resultante entre los valores señalados, i.e., $\rho = 2.14 \text{ gr/cm}^3$, el cual se corresponde con la de cuerpos sedimentarios en

proceso de consolidación con la profundidad. Por tratarse de una zona de muy poca variación en el relieve topográfico, el efecto de la densidad sobre el gradiente de la gravedad queda restringido al factor $F_2 = 0.04193 \text{ ph mgal}$.

AGRADECIMIENTO

Deseamos agradecer a Aarón Montiel, personal técnico del CONDES, y al Departamento de Control de Proyectos Especiales (I.D.E.C.) de la Empresa Maraven S.A. en Maracaibo, por su inestimable ayuda en el procesamiento y cálculo de toda la información.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) DREWES, H. : "Investigations on vertical crustal movements in the Venezuelan Andes by gravimetric methods". Rep. Dep. Sci., The Ohio State Univ., Columbus, Ohio, N^o 280 : 159-163, 1978.
- 2) HENNEBERG, H., BADELL, C.A. y DREWES, H.: "Investigaciones recientes sobre la subsidencia de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo". Rev. Téc. Ing., Univ. Zulia, Vol. 3, N^o 1 : 1-17, 1980.
- 3) BENITEZ, R.M. y BRAVO, D.R. : Tesis de grado : "Estudio geofísico de la subsidencia de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo", 1978.
- 4) HAMMER, S. : "Terrain corrections for gravimetric stations". Geophysics, Vol. 4 : 184 - 194, 1939.
- 5) NETTLETON, L.L. : "Determination of density for reduction of gravimeter observations". Geophysics, Vol. 4 : 176-183, 1939.

Recibido el 9 de marzo de 1987