



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

Paquete de programas para procesado de datos
grauimetricos.

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOFISICO
P R E S E N T A
JUAN JIMENEZ MENDEZ

México, D. F.

Agosto de 1982.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE INGENIERIA
Dirección
60-1-57

Señor JIMENEZ MENDEZ JUAN.
P r e s e n t e .

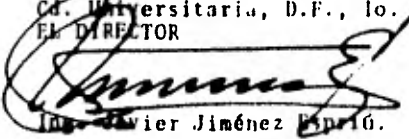
En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Prof. -- Ing. Octavio Lázaro Mancilla, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO GEOFISICO.

"PAQUETE DE PROGRAMAS PARA PROCESADO DE DATOS GRAVIMETRICOS"

- RESUMEN.
INTRODUCCION.
I. CORRECCIONES APLICADAS A DATOS GRAVIMETRICOS.
II. ANOMALIAS.
III. ALGORITMOS UTILIZADOS EN EL PROCESADO DE DATOS GRAVIMETRICOS.
IV. PAQUETE DE PROGRAMAS PARA PROSPECCION GRAVIMETRICA.
V. EJEMPLO.
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
BIBLIOGRAFIA.
APENDICES.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración-Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente.
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., lo. de julio de 1982.
EL DIRECTOR


Ing. Javier Jiménez Espriú.

JJE'MRV'gtg

I N D I C E

pag.

RESUMEN

INTRODUCCION

CAPITULO I;	Correcciones aplicadas a datos gravimetricos.....	I
	I.1 corrección por latitud.....	I
	I.2 corrección de aire libre.....	2
	I.3 corrección de Bouguer.....	4
	I.4 corrección topografica.....	5
	I.5 corrección por el efecto de mareas terrestres.....	6
CAPITULO II;	Anomalías.....	7
	II.1 anomalía de aire libre.....	7
	II.2 anomalía de Bouguer.....	8
	II.3 isostasis.....	8
	II.4 nivel de compensación.....	10
	II.5 anomalía isostatica.....	13
CAPITULO III;	Algoritmos utilizados en el procesamiento de datos gravimétricos.....	14
	III.1 regional y residual.....	14
	III.2 eliminación del efecto regional.....	15
	a).-método grafico.....	15
	b).-método de W.Reymond Griffin.....	16
	c).-método promedio de 9 puntos.....	17
	III.3	
	a).-filtros.....	19
	b).-convolución en dos dimensiones.....	20
	c).-transformada de Fourier en dos dimensiones.....	21

III.4	
a).	-cálculo de la segunda derivada de la componente vertical de la gravedad.....21
b).	-cálculo de la segunda derivada por medio del método del coeficiente numérico.....23
c).	- método de Roland G. Henderson.....24
d).	- método de Thomas A. Elkins.....25
e).	- método de Otto Rosenbach.....26
III.5	Continuación analítica de campo.....30
III.6	determinación del regional por ajuste superficial.....32
III.7	efecto gravitatorio de formas simples.....34
a).	-esfera.....34
b).	-atracción de una línea.....35
c).	-cilindro enterrado horizontalmente.....36
III.8	cálculo de la profundidad.....37
a).	- para esferas.....37
b).	- para cilindros.....38
III.9	exceso y déficit de masa.....39
III.10	estructo equivalente41
III.11	atracción gravitacional de estruc- turas de dos dimensiones.....44
a).	-atracción de lámina plana.....44
b).	- atracción de prisma46
c).	-integración de áreas por medio de prismas.....48
III.12	método analítico (Talwani).....49

	III.I3 comparación de perfiles	51
	III.I4 atracción gravitacional de cuerpos de tres dimensiones de formas arbitrarias.....	51
CAPITULO IV	paquete de programas para prospección gravimétrica.....	55
	preparación de datos	56
CAPITULO V	ejemplo.....	99
CAPITULO VI	conclusiones y recomendaciones.....	107
	bibliografía.....	108
	apendice A (cálculo de la densidad.....)	110
	apendice B (tablas).....	111

RESUMEN

Este trabajo describe los diferentes métodos utilizados en prospección gravimétrica y en forma principal lo referente a procesamiento digital de datos gravimétricos.

El objetivo de esta tesis es contar con un paquete de programas que faciliten el trabajo en este método geofísico:

Los alcances de este trabajo se limitan al análisis teórico de los métodos propuestos y un bloque de programas de computadora, así como también un pequeño ejemplo.

El texto está organizado de la siguiente manera:

En el capítulo I; se estudian las diferentes correcciones aplicadas a datos gravimétricos.

En el capítulo II; se trata lo referente a las anomalías gravimétricas.

En el capítulo III; se tratan los algoritmos utilizados en el procesamiento de datos gravimétricos.

El capítulo IV; consta de un paquete de programas de los métodos tratados en el capítulo III.

El capítulo V; se presenta un ejemplo en el cual se puede observar algunas corridas de los programas expuestos.

El último capítulo consta de las conclusiones y recomendaciones.

INTRODUCCION

La prospección Geofísica es una serie de métodos, los cuales están encaminados a localizar estructuras geológicas favorables - para depósitos de valor comercial. Efectuando mediciones físicas desde la superficie del suelo, las cuales, nos dan información acerca de las propiedades físicas de los materiales del interior de la tierra.

Los datos de los estudios Geofísicos, para ser eficaces dependerá de la calidad de estos y de la forma en que son interpretados.

El método por gravedad descubre y mide las pequeñas variaciones laterales de la atracción gravitatoria del suelo, que están asociadas a cambios de la densidad próximos a la superficie.

Estos cambios de la densidad se deben a que las rocas tienen densidades diferentes, las cuales las mas densas ejercen mayor atracción gravitacional.

Los diferentes tipos de anomalías de la gravedad buscadas en la exploración, representan una parte muy pequeña del campo total terrestre; Por esta razón, para medir pequeñas diferencias los instrumentos empleados deben de ser extremadamente sensibles.

CAPITULO I

CORRECCIONES APLICADAS A DATOS
GRAVIMETRICOS

En trabajos gravimétricos, lo que interesa es poder definir contornos de inhomogeneidades y densidades en la parte de la tierra que se está investigando.

Lo importante es la diferencia entre el efecto de un rasgo particular de gravedad y el efecto si tal rasgo no estuviera presente, por tal motivo se hace necesario una medición de g en un punto apropiado del área que se está investigando y otra medición en un punto fuera del área para calcular el valor de Δg (diferencia entre la gravedad del lugar y la gravedad en el punto de referencia).

Y obtener

$$g = g_{ref} \pm \Delta g$$

Sin embargo, la diferencia de gravedad entre dos puntos depende de otros factores independientes de variaciones de densidad; los cuales son: latitud, elevación, topografía del terreno, deriva del aparato y mareas terrestres.

Una vez obtenido el valor de Δg, se necesita corregirlo para eliminar el efecto de estos factores.

Las principales correcciones requeridas son las siguientes:

I.1 CORRECCION POR LATITUD (Δ₁g)

Ya mencionamos que la gravedad varía con la latitud, debido a la forma de la tierra, por lo tanto:

Si el lugar (a) y el punto de referencia (p), difieren en latitud, debe eliminarse este efecto de latitud de la diferencia de los valores medidos de la gravedad (Δg)

La variación de g con la latitud φ viene dada por la fórmula internacional de la gravedad, se deduce por diferenciación que si a y p difieren un $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ en latitud, la diferencia Δg en la gravedad, introducida en la medida de la diferencia de la gravedad Δg por el efecto de la latitud es:

$$\Delta g = (5.1723 \text{SEN } 2\varphi) \Delta\varphi \frac{\text{u. g.}}{\text{radian}}$$

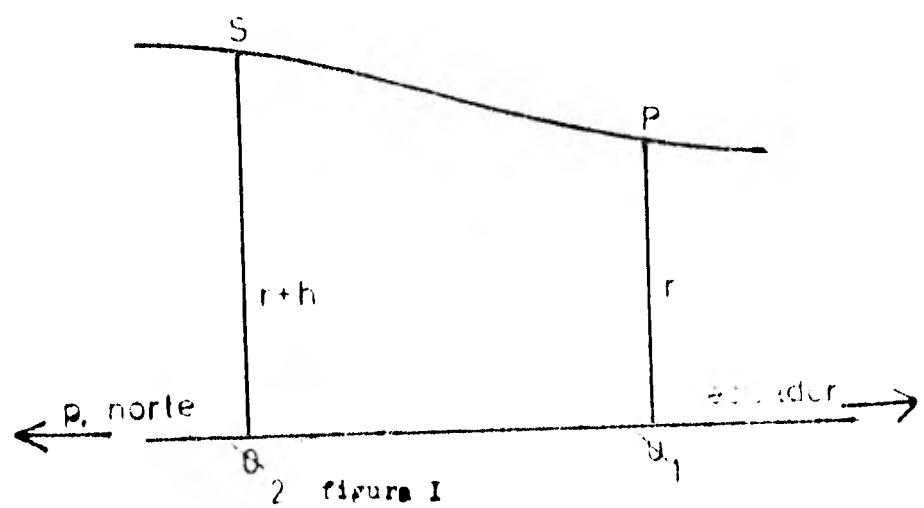
Si $\Delta\varphi$ es pequeño, Δg puede escribirse en términos de la distancia de norte a sur entre a y p por medio de la siguiente ecuación:

$$\Delta g = 0.315 \text{SEN } 2\varphi \frac{\text{u. g.}}{100 \text{ m.}}$$

Si a está a una latitud superior a p (en donde g es mayor debido al efecto de latitud) Δg deberá restarse de Δg y si a está a una latitud menor que p , Δg deberá sumarse; figura I.

I.2 ALTURA (corrección de aire libre) (Δg)

La g varía con la distancia r al centro de la tierra según $1/r^2$, por lo tanto g decrecerá al incrementarse la altura sobre la superficie de la tierra y si a y p no están a la misma altura, esto afectará a Δg



Así, el valor de g en p es:

$$g_p = \gamma \frac{M}{r^2} \text{ ---- (1)}$$

Y el valor de gravedad en s es g_s

$$g_s = \frac{M}{(r+h)^2} \text{ ---- (2)}$$

dividiendo $\frac{g_s}{g_p}$

para compararlos, tendremos:

$$\frac{g_s}{g_p} = \frac{r^2}{(r+h)^2}$$

despejando g_s

$$g_s = \left(\frac{r^2}{(r+h)^2} \right) g_p \text{ ---- (3)}$$

si h es pequeña, es permisible escribir esta ecuación en la siguiente forma.

$$g_s = g_p \left(1 - \frac{2h}{r} \right) = g_p - \frac{2hg_p}{r} \text{ ---- (4)}$$

y la diferencia de la gravedad $\Delta_2 g$, entre s y p debida al efecto de altura es

$$\Delta_2 g = g_p - g_s = \frac{2hg_p}{r} \text{ ---- (5)}$$

si $r=R=6367$ Km =radio medio de la tierra; tendremos:

$$\Delta_2 g = 3.080h \text{ u. g. ---- (6)}$$

donde h en metros, si $s > p$

h es positivo, $\Delta_2 g$ será positivo y deberá sumarse a $\Delta_1 g$; si $s < p$

h es negativo y $\Delta_2 g$ deberá restarse a $\Delta_1 g$

I.3 CORRECCION DE BOUGUER (Δg)

La corrección de Bouguer se hace para eliminar atracciones del material entre la estación (s) y el punto de referencia (p).

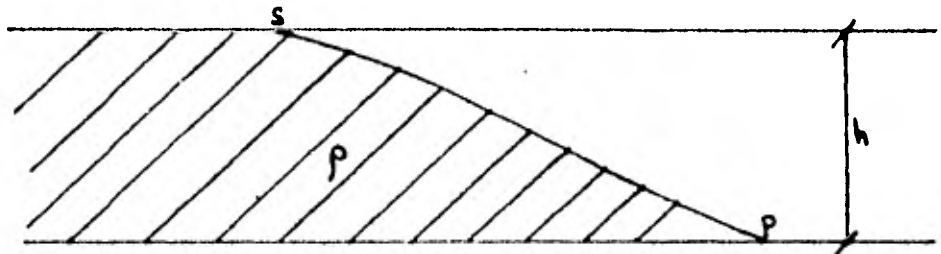


figura 2

La gravedad en s será mayor que en p en una cantidad Δg a causa de la atracción adicional ejercida por el material de densidad ρ existente entre las estaciones s y p.

Suponiendo el material como una losa horizontal de extensión infinita,

el efecto de esta losa sería : $2\pi\gamma\rho h$

Por lo tanto la corrección que habría que efectuar es:

$$\Delta g = 2\pi\gamma\rho h \text{ --- (1)}$$

Sustituyendo valores para 2π y γ tendremos:

$$\Delta g = 41.91 \times 10^{-5} \rho h \text{ --- (2)}$$

donde h se mide en metros y

ρ en $\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

Δg debe restarse, si s está sobre p y sumarse si está debajo de p.

En esta corrección ρ debe de ser conocida o supuesta.

I.4 CORRECCION TOPOGRAFICA (Δg)

Considérese el perfil topográfico de un área determinada, -
 figura 3;

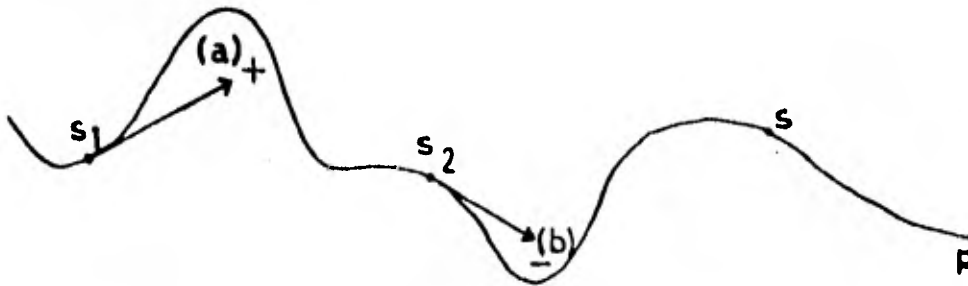


figura 3.

En el punto o estación s_1 , la gravedad será menor que en el -
 punto o estación s debido a que la colina (a) ejerce una atrac-
 ción positiva cuyo efecto es hacia arriba.

De la misma manera en el punto s_2 , g también es menor que s de-
 bido a que el valle (b), ejerce una atracción negativa en la direc-
 ción de la flecha.

Por lo tanto para eliminar estos efectos, esta corrección debe de
 ser siempre sumada a Δg , para aumentar g al valor que tendría si
 la topografía fuera plana.

Esta corrección se calcula dividiendo el área que rodea el lugar
 en compartimientos, tomando la elevación media de cada compartimen-
 to.

El efecto de la topografía de cada segmento sobre la gravedad se
 lee en unas tablas estándar ya calculadas.

La corrección topográfica Δg se obtiene sumando las correcciones
 de los distintos compartimientos individuales.

I.5 CORRECCION POR EL EFECTO DE MAREAS TERRESTRES

La gravedad tiene variaciones debido a las atracciones del sol y de la luna.

Estas atracciones levantan • bajan las aguas de la tierra periódicamente (mareas), deformando también a la superficie sólida.

La magnitud de la variación depende de la latitud, día del mes, época del año y del tiempo; existen dos métodos para obtener la corrección:

a).- consiste en elaborar registros diarios de la variación de la intensidad de la gravedad por la marea en una estación fija y corregir todas las lecturas de las estaciones móviles, de acuerdo con aquellos registros.

b).- utilizando el mismo instrumento de medida en el campo volviendo a la estación de base con la frecuencia suficiente, para que los efectos de las mareas terrestres queden incorporados a la curva de deriva del instrumento.

NOTA:

La principal imprecisión en las correcciones se debe a la elección de la densidad de las rocas.

CAPITULO : II

ANOMALIAS

Una anomalía gravitatoria, es la diferencia entre el valor medido de la gravedad en algún punto, y el valor teórico de la gravedad en el mismo punto predicho por la fórmula internacional de la gravedad, después de haber aplicado unos factores de corrección.

El tipo de anomalía depende de las correcciones que se hayan hecho al valor observado.

Estas anomalías se utilizan para fines geofísicos distintos y según el fin, utilizaremos uno u otro tipo de anomalía.

Los pasos en la determinación de una anomalía gravitatoria son los siguientes:

- a).- Se mide g en el lugar en cuestión (g_s)
- b).- Se calcula el valor teórico de g (g_o), dado por la fórmula internacional de la gravedad para un lugar en la misma latitud (y al nivel del mar).
- c).- Se calcula la diferencia de gravedad ($\Delta g = g_s - g_o$).
- d).- Se aplican las correcciones de aire libre, bouguer y topográfica a Δg , según el tipo de anomalía (no es necesaria la corrección de latitud debido a que g_o se aplica a la misma latitud que g_s).

NOTA

Si se resta g_o , esta implícita dicha corrección.

II.I ANOMALIA DE AIRE LIBRE ($\Delta_f g$)

Esta anomalía es como sigue:

$$\Delta_f g = \Delta g + \text{corrección de aire libre}$$

$$\Delta_f g = \Delta g + \Delta_2 g = \Delta g + 3.086h$$

donde h = altura del lugar en metros

Δg se mide en g.u.

II.2 ANOMALIA DE BOUGUER (Δg_B)

Esta anomalía es como sigue:

$$\Delta g_B = \Delta g \pm \text{corrección de aire libre} \pm \text{corrección de bouguer} \\ + \text{corrección topográfica} \pm \text{corrección de latitud}$$

$$\Delta g_B = \Delta g \mp \Delta_2 g \mp \Delta_3 g + \Delta_4 g \mp \Delta_1 g$$

$$\Delta g_B = \Delta g + 3.086h - 41.91 \times 10^{-5} \rho h + \Delta_4 g \mp \Delta_1 g$$

donde h = altura del lugar en metros

ρ = densidad $\left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]$

Δg se mide en g.u.

NOTA Δg_B

A mayor altura topográfica, más negativa resulta la anomalía de Bouguer.

II.3 ISOSTASIA

La interpretación de las anomalías gravitatorias se basa en la

ecuación siguiente: $g = \frac{4\pi R \rho}{3}$

En donde si ρ baja, g será baja; implicará deficiencia de masa

ρ alta, g será alta; implicará exceso de masa

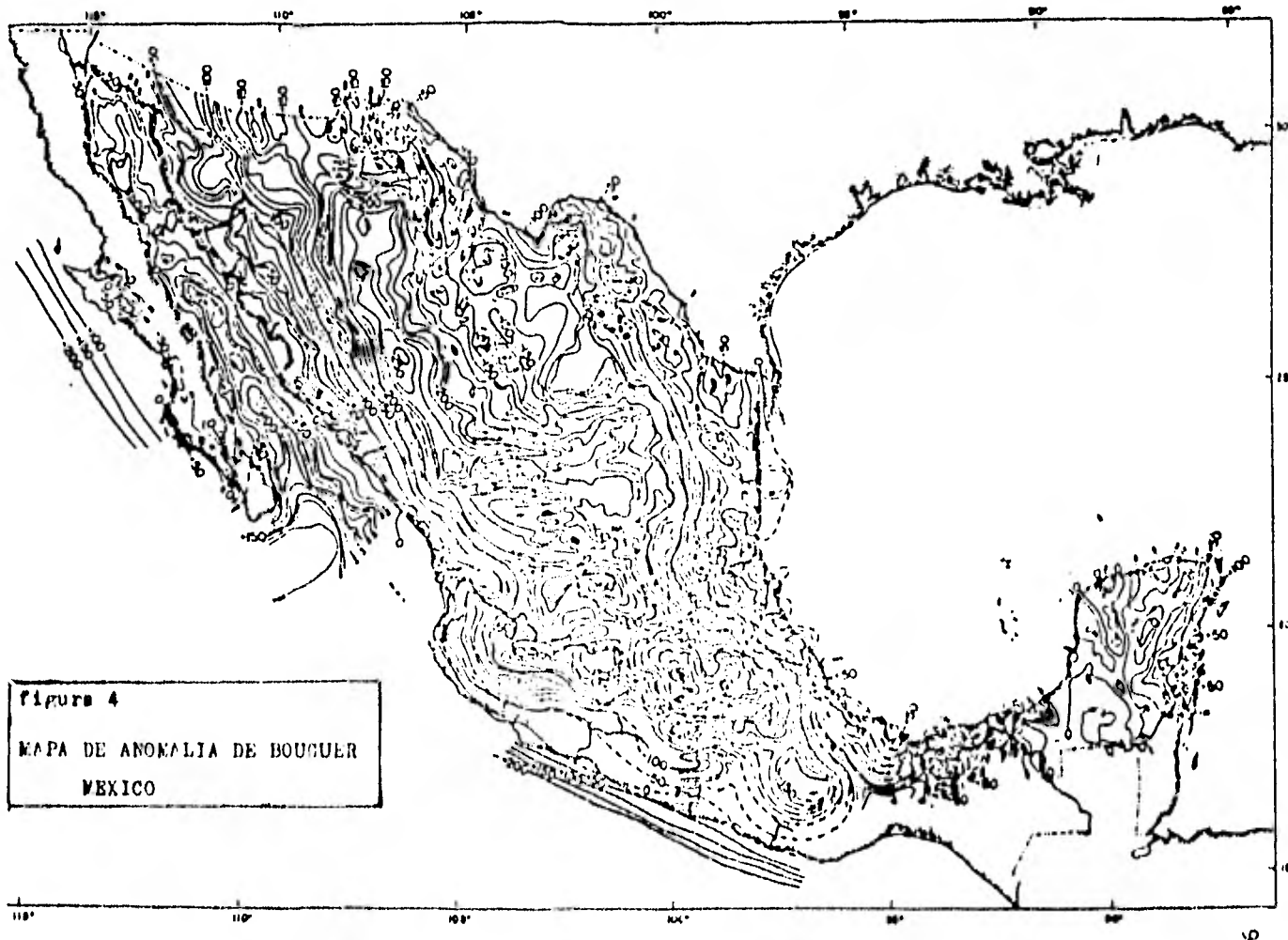
por lo tanto está nos lleva a considerar lo siguiente:

Una anomalía negativa indica una región con deficiencia de masa

y una anomalía positiva indica una región con exceso de masa.

Aplicando esto a la anomalía de Bouguer; se tiene figura 4.

LUGAR	ANOMALIA DE BOUGUER
Área continental	negativa
Área marina	positiva
nivel del mar	aproximadamente cero



Este es el principio de la isostasia, y en él que queda claro que los sistemas montañosos no ejercen la atracción ¿de la que obviamente son capaces?

La solución de esto, es que la masa continental debe ser compensada al menos por una deficiencia de masa igual bajo el nivel - del mar, dando como resultado una atracción neta muy pequeña; en 1889 DUTTON dio el nombre de isostasia para describir este fenómeno de compensación.

II.4 NIVEL DE COMPENSACION

a).- HIPOTESIS DE PRATT

PRATT sugirió que el nivel de compensación está situado a una profundidad constante, alrededor de la tierra (figura 5) y que el material bajo el nivel de compensación, se ajusta al equilibrio isostático, por variaciones laterales de densidad, dependiendo de la elevación:

b).-HIPOTESIS DE AIRY

AIRY sugirió que el nivel de compensación está situado a una profundidad constante alrededor de la tierra (figura 6), y que el material que está por encima forma una corteza de baja densidad que yace sobre un sustrato de alta densidad.

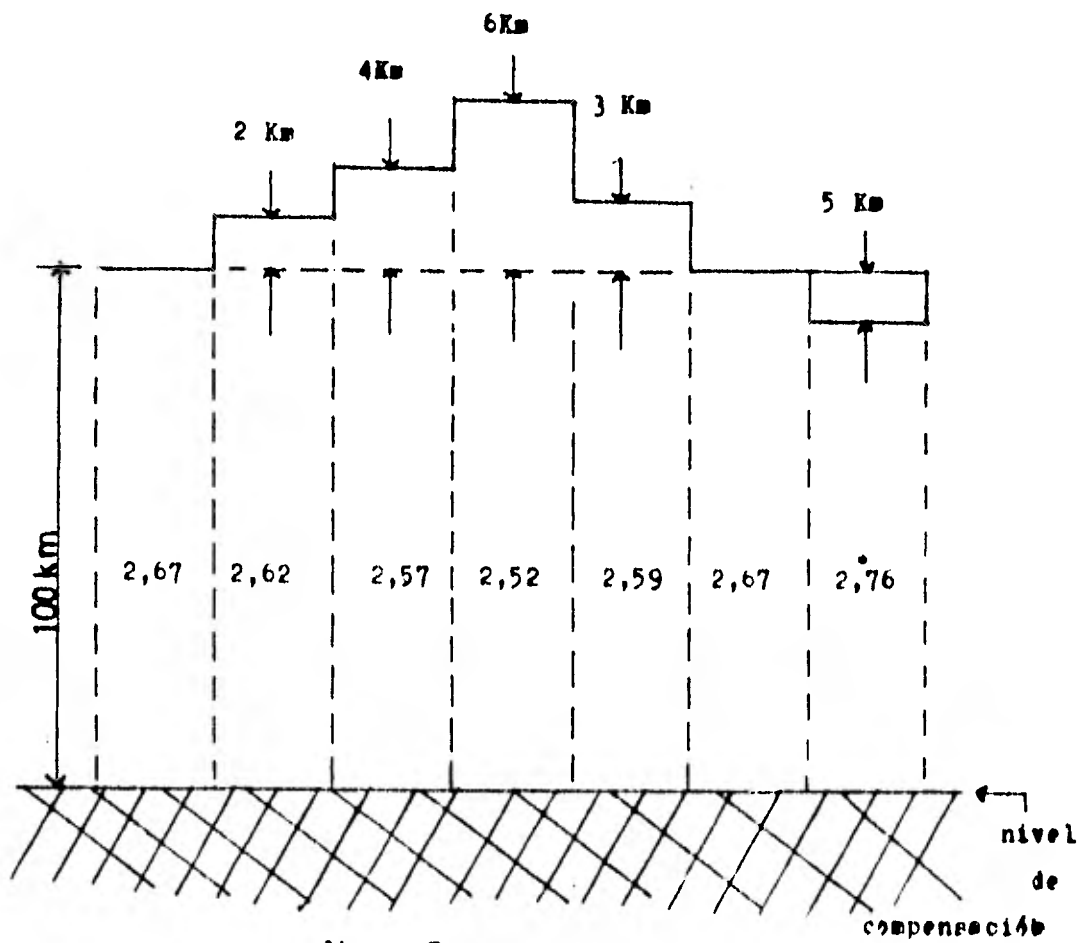


figura 5

Compensación isostática de acuerdos con la hipótesis de Pratt, la compensación de lugar a un ajuste lateral de la densidad.

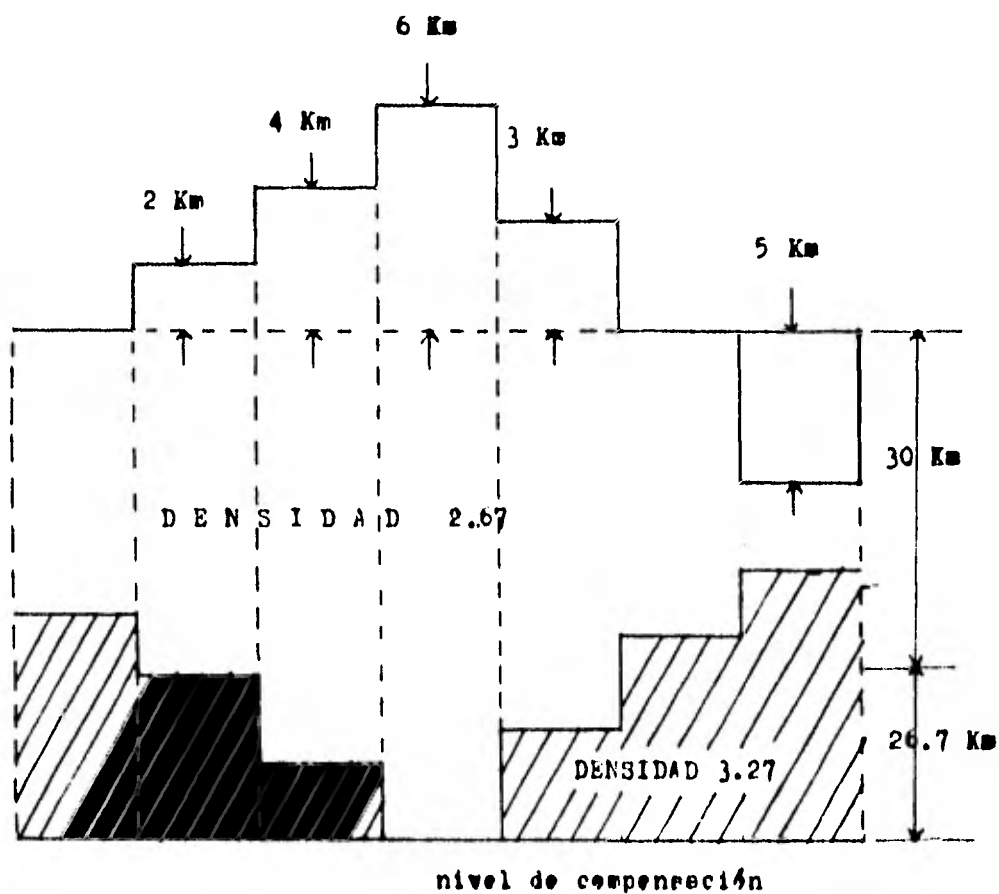


figura 6

Compensación isostática de acuerdo con la hipótesis de Airy, la compensación de lugar es un ajuste de la base de la corteza.

II.5 ANOMALIA ISOSTATICA

LA compensación isostática en cualquier lugar se determina cuantitativamente tomando como base los datos de la gravedad, haciendo una corrección adicional.

Esta corrección dependerá del tipo de compensación isostática supuesta (PRATT "o" AIRY).

Por lo tanto:

anomalía isostática = anomalía de Bouguer -

anomalía de raíz predicha

Definiendo raíz como: parte inferior a base de una montaña

Haciendo un cuadro de la ecuación anterior tenemos:

ANOMALIA ISOSTATICA	SIGNIFICADO
positiva	falta de compensación
negativa	sobrecompensación
cero	equilibrio isostático perfecto.

CAPITULO III

ALGORITMOS UTILIZADOS EN EL PROCESADO

DE DATOS GRAVIMETRICOS

Después de calculada la anomalía de Bouguer para cada uno de los puntos de una superficie, estos se colocan en un mapa y se unen - mediante curvas de igual valor (mapa de gravedad de Bouguer), este mapa de Bouguer, dara información cuando sea estudiado mediante - técnicas adecuadas.

III.I REGIONAL Y RESIDUAL

El mapa de Bouguer contiene dos efectos, el regional (bajas frecuencias) y el residual (altas frecuencias).

Este residual corresponde a perturbaciones locales y son de mayor importancia. Para ser interpretadas deben ser sustraídas del efecto regional.

Esta teoría nos conduce a la ecuación:

$$B(x,y) = g(x,y) + R(x,y) \quad \text{-----(A)}$$

donde

$B(x,y)$ = anomalía de bouguer en el punto (x,y)

$g(x,y)$ = regional en el punto (x,y)

$R(x,y)$ = residual en el punto (x,y)

De la ecuación (A) las incógnitas son $g(x,y)$ y $R(x,y)$, por lo tanto la ecuación tiene un número infinito de soluciones, para reducir este número se necesita toda la información que se pueda obtener sobre una o ambas incógnitas, y esta es:

INFORMACION

gravimétrica

eléctrica

geométrica

magnética

geológica

otras

III.2 ELIMINACION DEL EFECTO REGIONAL

Entre los numerosos métodos que se han ideado para la separación del regional y residual, se exponen los siguientes:

a).- METODO GRAFICO

En este método se obtiene una tendencia regional sobre la anomalía de Bouguer, el residual se obtiene restando a la anomalía la tendencia regional.

Para dibujar la tendencia regional, es utilizada toda información geológica acerca del área.

TEORIA DEL METODO

Cuando los contornos de una anomalía son bastante regulares, se pueden trazar la tendencia dibujando líneas que unan los contornos no afectados fuera del área de anomalía (figura 7).

En los puntos en que las curvas ficticias cortan a las curvas de la gravedad observada, se señalan las diferencias que tendrán valores lógicos en cada intersección; el plano que resulta represente la gravedad residual.

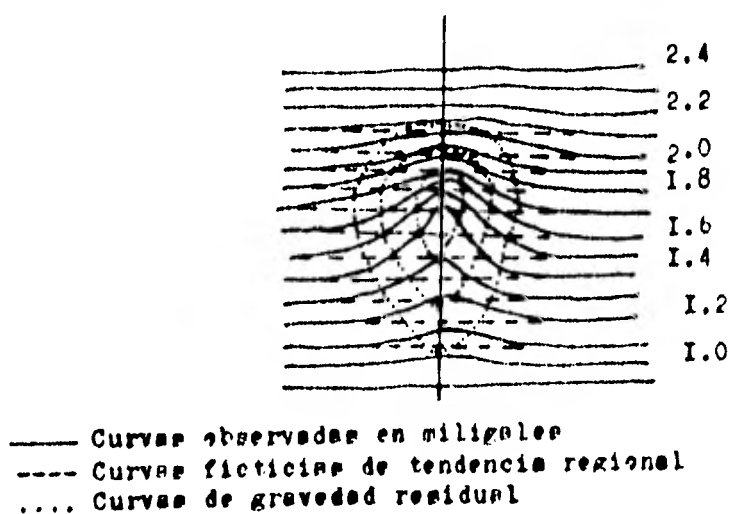


figura 7

Este mismo procedimiento se puede aplicar por medio de una sección que atraviese la anomalía, la tendencia regional se puede representar por la línea recta que une los extremos del perfil a cada lado de la anomalía.

El perfil residual se obtiene restando de la gravedad observada el valor regional calculado (figura 8).

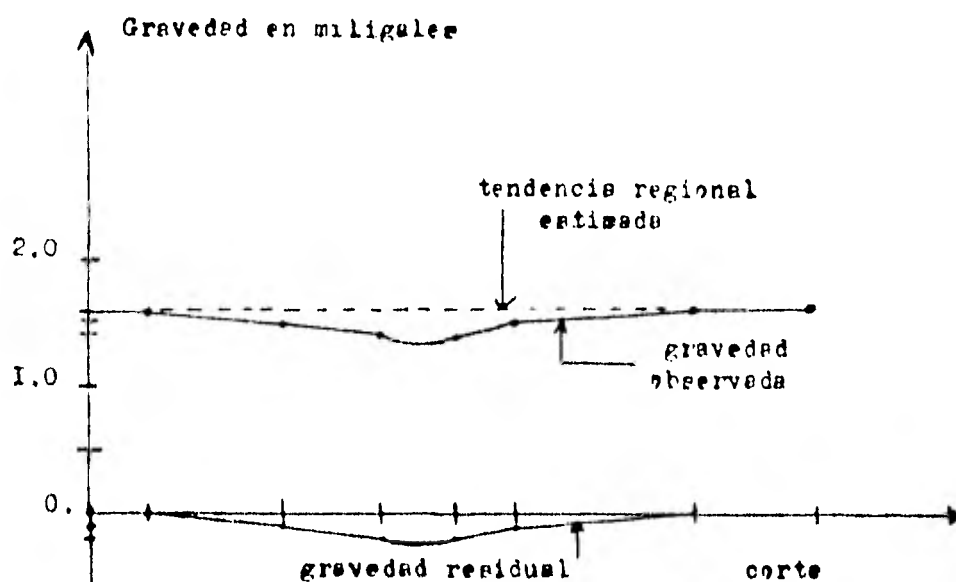


figura 8

b). - METODO DE W. RAYMOND GRIPPIN

La expresión matemática es la siguiente:

$$\Delta g = g(0) - \bar{g}(r)$$

donde Δg = efecto residual

$g(0)$ = anomalía de Bouguer en el punto donde se desea hacer la eliminación de efecto regional.

$\bar{g}(r)$ = valor promedio del área de anomalía de Bouguer

$$\bar{g}(r) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} g(r, \theta) d\theta$$

El valor promedio $\bar{g}(r)$ es obtenido alrededor de un círculo de radio r , teniendo $g(0)$ en el centro y obteniendo la suma de $g(r, \theta) d\theta$ para un número infinito de pequeños $d\theta$ (figura 9)

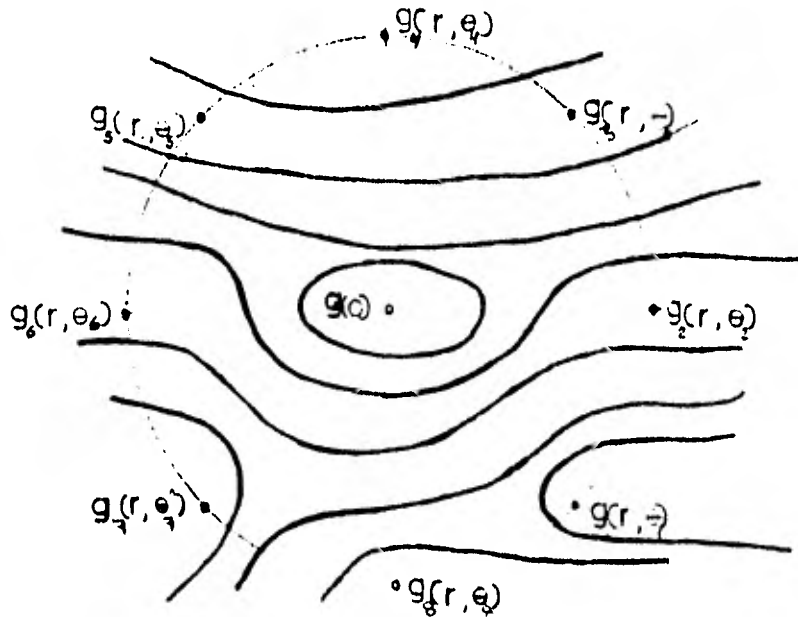


FIGURA 9

$\bar{g}(r)$ también se puede calcular de la siguiente manera:

$$\bar{g}(r) = \left[g_1(r) + g_2(r) + g_3(r) + \dots + g_n(r) \right] / n$$

a). - MÉTODO PROMEDIO DE 9 PUNTOS

La expresión matemática es la siguiente:

$$A_r = A_0 - \left[\frac{A_0 + \sum A(r) + \sum A(r\sqrt{2})}{9} \right]$$

9

donde

A_r = anomalía residual

A_0 = anomalía de Bouguer en el punto donde se desea hacer la eliminación de efecto regional.

$A(r)$ = valores de anomalía de Bouguer a una distancia r del valor A_0

$A(r\sqrt{2})$ = valores de amplitud de bouguer a una distancia $r\sqrt{2}$ del valor A_0

Tomando como referencia la figura 10

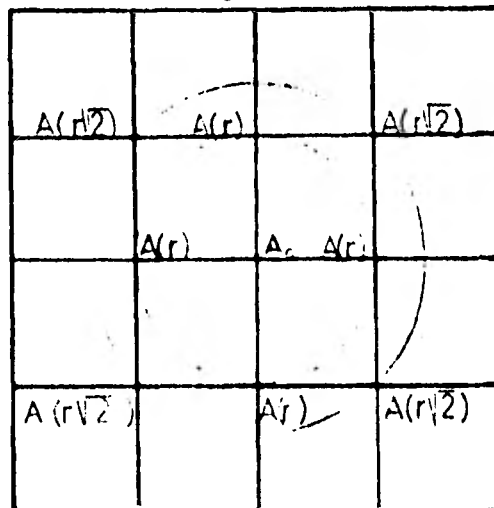


figura 10

Este método también se puede aplicar por medio de convolución utilizando la siguiente retícula como filtro:

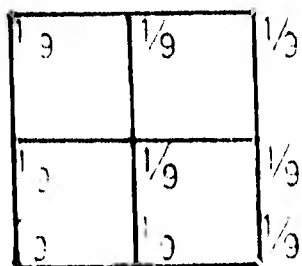


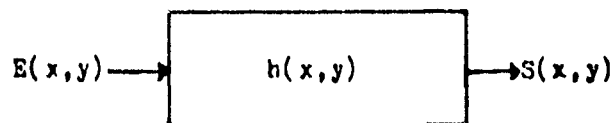
figura 11

III.3

a).- FILTROS

Señales en las que se tratan ciertas señales de entrada $E(x,y)$ y se obtienen señales de salida $S(x,y)$; este proceso depende de las características del sistema (respuesta al impulso $h(x,y)$).

Observando la figura I2 tenemos:



donde

figura I2

$E(x,y)$ = entrada (anomalía)

$S(x,y)$ = salida (anomalía filtrada)

$h(x,y)$ = función (filtro)

Si efectuamos la convolución de la entrada con la función h tendremos:

$$S(x,y) = E(x,y) * h(x,y) \quad \text{----- (A)}$$

Esta operación se puede facilitar y analizar mejor utilizando el teorema de convolución en espacio por lo cual la ecuación quedará

$$S(k_x, k_y) = E(k_x, k_y) H(k_x, k_y)$$

donde $S(k_x, k_y)$, $E(k_x, k_y)$, y $H(k_x, k_y)$ son las transformadas de Fourier de $S(x,y)$, $E(x,y)$ y $h(x,y)$

k_x, k_y = números de onda en las direcciones x, y

b).- CONVOLUCION EN DOS DIMENSIONES

Tomando como referencia la ecuación (A), vemos que no es necesario calcular la transformada de Fourier de la entrada y del filtro.

O sea, que la convolución en dos dimensiones se lleva a cabo sin usar el dominio del número de onda, por lo tanto la ecuación (A) se pone en la forma siguiente:

$$S(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E(\alpha, \beta) H(x-\alpha, y-\beta) d\alpha d\beta \quad \text{--- (B)}$$

donde

$E(x,y)$ = entrada (anomalía)

$h(x,y)$ = función (filtro)

$S(x,y)$ = salida (anomalía filtrada)

Un filtro debe de ser de extensión finita para que se pueda usar. Cuando utilizamos computadores digital está se cambia al caso de muestras discretas

$$S(x,y) = \sum_{n=-\frac{y}{\Delta y}}^{\frac{y}{\Delta y}} \sum_{k=-\frac{x}{\Delta x}}^{\frac{x}{\Delta x}} E(k\Delta x, n\Delta y) H(x-k\Delta x, y-n\Delta y) \Delta x \Delta y$$

$$n = \frac{y}{\Delta y} \quad k = \frac{x}{\Delta x}$$

c).- TRANSFORMADA DE FOURIER EN DOS DIMENSIONES

Las transformadas de Fourier de $E(x,y)$, $S(x,y)$ y $h(x,y)$ son:

Para:

la entrada:

$$E(W_x, W_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(X, Y) e^{-i(W_x X + W_y Y)} dx dy$$

la salida:

$$S(W_x, W_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} s(X, Y) e^{i(W_x X + W_y Y)} dx dy$$

filtro

$$H(W_x, W_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(X, Y) e^{i(W_x X + W_y Y)} dx dy$$

LII.4

a).- CALCULO DE LA SEGUNDA DERIVADA DE LA COMPONENTE VERTICAL DE LA GRAVEDAD

Si tenemos la siguiente relación:

$$g(x, y, z) \longleftrightarrow G(W_x, W_y, Z)$$

donde $g(x, y, z)$ = atracción gravitatoria

$G(W_x, W_y, Z)$ = transformada de la atracción

De la teoría de Fourier tendremos:

$$g(X, Y, Z) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} G(W_x, W_y, Z) e^{-i(W_x X + W_y Y)} dW_x dW_y \quad \text{---(A)}$$

De (A):

obteniendo las segundas derivadas parciales en la dirección x e y

tendremos

$$\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} = -\frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} w_x^2 G(w_x, w_y, z) e^{i(w_x x + w_y y)} dw_x dw_y \dots\dots(B)$$

$$\frac{\partial^2 g}{\partial y^2} = -\frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} w_y^2 G(w_x, w_y, z) e^{i(w_x x + w_y y)} dw_x dw_y \dots\dots(C)$$

Si se considera la ecuación de Laplace

$$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = - \left[\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2} \right] \dots\dots(D)$$

Y sustituimos (B) y (C) en (D) obtenemos:

$$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \Big|_{z=0} = \frac{1}{4\pi^2} (w_x^2 + w_y^2) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} G(w_x, w_y, 0) e^{i(w_x x + w_y y)} dw_x dw_y$$

$$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = (w_x^2 + w_y^2) G(w_x, w_y, 0) = H(w_x, w_y) G(w_x, w_y, 0)$$

donde

$$G(w_x, w_y, 0) \longleftrightarrow g(x, y, 0)$$

$g(x, y, 0)$ = entrada (análisis)

$H(w_x, w_y)$ = filtro

$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2}$ = salida

La segunda derivada de una función permite determinar los máximos y mínimos de la función y de la divergencia del gradiente del campo gravitacional, es decir la forma en que varía la gravedad en la vertical.

Dentro de la segunda derivada tenemos varios métodos, los cuales postulan una función $g(x,y,z)$ que satisface la ecuación de Laplace.

$$\nabla \cdot (\nabla g) = \nabla^2 g = 0$$

b). -CALCULO DE LA SEGUNDA DERIVADA POR MEDIO DEL METODO DEL COEFICIENTE NUMERICO

Este método utiliza una plantilla que se superpone a una cuadrícula de valores transferidos de un mapa de gravedad.

La plantilla esta perforada por un orificio en el polo en que ha de ser calculada la derivada, y lleva otra serie de orificios espaciados en círculos en torno de este punto (la distancia de los radios dependerá del método empleado).

Los valores leídos a través de los orificios son promediados para cada círculo y la derivada se calcula en términos de las medias por la fórmula:

$$D = \frac{C}{S} (W_0 H_0 + W_1 H_1 + W_2 H_2 + \dots)$$

donde

H_0 = valor de la gravedad en el punto central

H_1, H_2, \dots = las medias de los valores de la gravedad en torno de los círculos.

W_0, W_1, W_2, \dots = factores ponderados para los respectivos valores de gravedad, la suma debe de ser cero.

S = distancia correspondiente a la unidad de espaciamiento de la cuadrícula.

C = constante numérica. (esta constante se puede cambiar por K donde $K = CW_0$).

EL efecto de emplear diferentes espaciamientos de cuadrícula y

Factores ponderados, es comparable al empleo de diferentes filtros eléctricos.

Tomando como referencia la tabla I, tendremos

TABLA I

S (espaciamiento)	E F E C T O
pequeño	acentuará detalles que pudieran ser demasiado pequeños para que tuvieran importancia para el problema por resolver.
grande	harán destacar rangos más marcados en los mapas finales, pero podrían introducir una contribución mayor de la deseada de las características regionales.

A continuación se presentan algunas variantes de este método

c).-MÉTODO DE HOLLAND G. HENDERSON

Su expresión matemática es la siguiente:

$$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = \frac{I}{3S^2} (8 \Delta T_0 - 4 \overline{\Delta T(S)} - 4 \overline{\Delta T(S\sqrt{2})})$$

donde

S=espaciamiento en el terreno expresado en cm.

ΔT_0 = anomalía de Bouguer en el punto donde se desea calcular la segunda derivada

$\overline{\Delta T(S)}$ = valor promedio de la anomalía a una distancia S de ΔT_0

$\overline{\Delta T(S\sqrt{2})}$ = valor promedio de la anomalía a una distancia $S\sqrt{2}$ de

ΔT_0

La retícula usada en el método de Henderson es la siguiente:

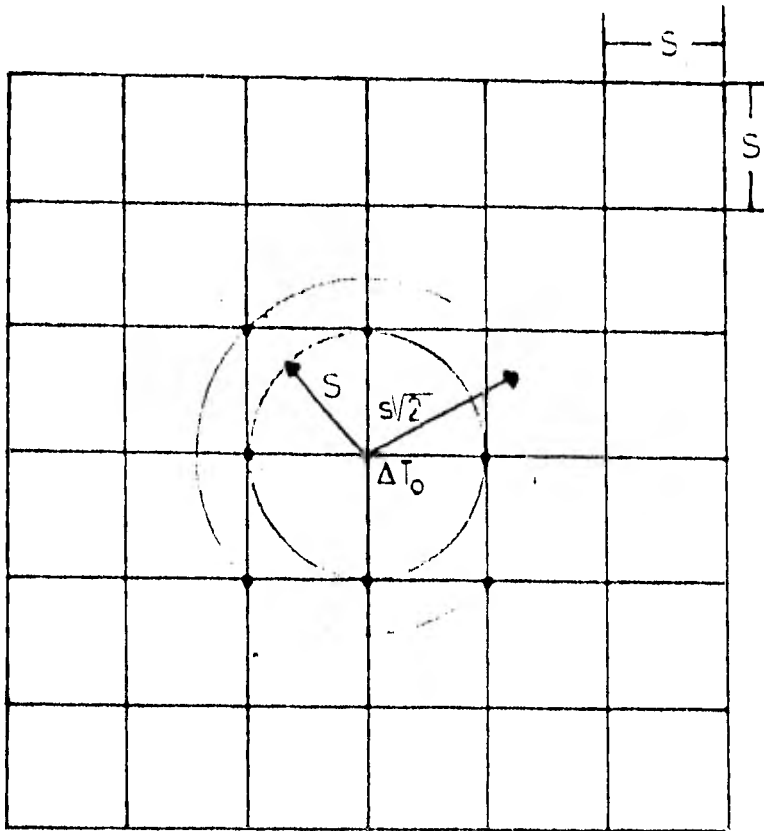


figura I3

d).- METODO DE THOMAS A. ELKINS

Su expresión matemática es la siguiente:

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2} \frac{1}{62s^2} [44\Delta T + 16\Delta T(S) - 12\Delta T(S\sqrt{2}) - 48\Delta T(S\sqrt{5})]$$

dónde

$\Delta T(S\sqrt{5})$ = valor promedio de la anomalía a una distancia $S\sqrt{5}$
de ΔT .

La retícula usada en el método de Elkins es la siguiente; figura I4.

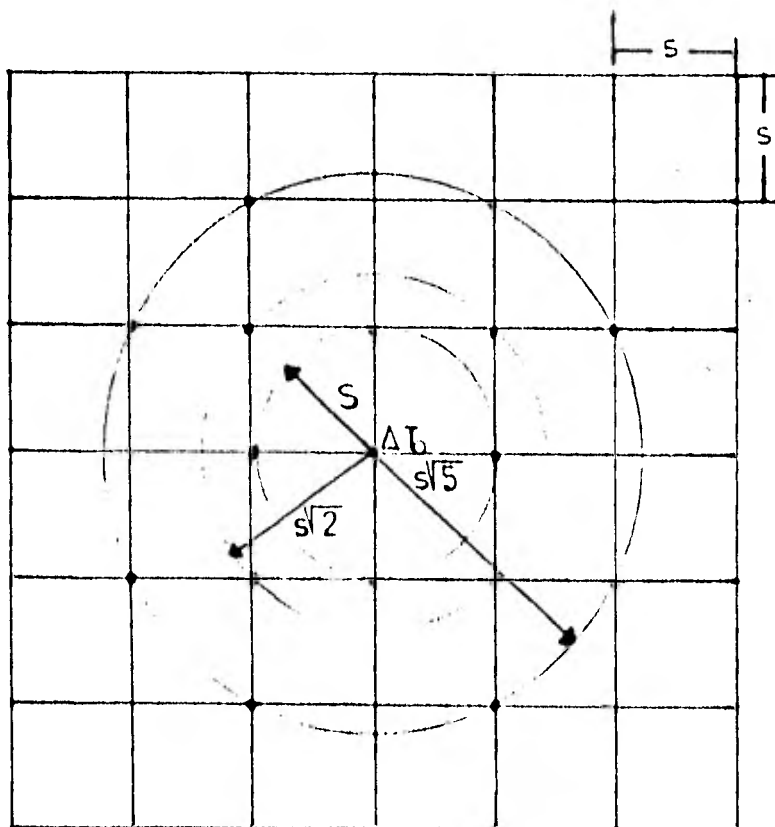


figure 14

e).- METODO DE OTTO ROSENBACH

Su expresión matemática es la siguiente:

$$\frac{\partial^2 z}{\partial z^2} = \frac{1}{24s^2} [9s\Delta T - 18\Delta T(s) - 9\Delta T(s\sqrt{2}) + \Delta T(s\sqrt{5})]$$

La reticula usada en el método de Rosenbach es la siguiente.

figure 15.

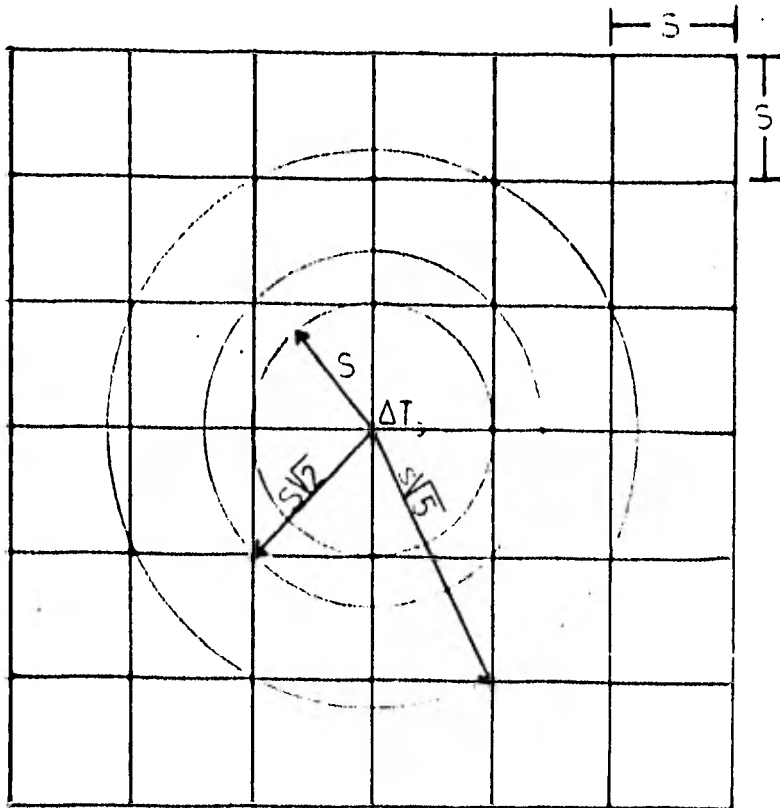


figura 15

NOTA :

La segunda derivada, también se puede obtener convolucionando la anomalía con una matriz (filtro), la cual contiene factores (estos factores varían dependiendo del tipo de frecuencia que se quiera eliminar).

A continuación se presenta una tabla con las fórmulas más utilizadas para el cálculo de la segunda derivada.

ORIGEN	FORMULA
Henderson y Zietz (1)	$\frac{\partial^2(\Delta T)}{\partial Z^2} = 6.185\Delta T_0 - 8.374\Delta T_1 + 3.186\Delta T_2$
Henderson y Zietz (2)	$\frac{\partial^2(\Delta T)}{\partial Z^2} = 1[3\Delta T_0 - 4\Delta T_1 + \Delta T_2]$
Henderson y Zietz (3)	$\frac{\partial^2(\Delta T)}{\partial Z^2} = 11\Delta T_0 - 31\Delta T_1 + 12\Delta T_2 - \Delta T_3$
donde $\Delta T_0, \Delta T_1, \Delta T_2$ y ΔT_3 son valores promedio a las distancias 0, $\sqrt{2S}$ y $2S$ respectivamente.	
Elkins (4)	$\frac{\partial^2 G}{\partial Z^2} = \frac{1}{60K^2} [64\bar{H}(0) - 32\bar{H}'(s) - 64\bar{H}''(s\sqrt{2}) - 32\bar{H}'''(s\sqrt{2})]$ $- \frac{1}{60K^2} [64\bar{H}(0) - 8\bar{H}(s) - 16\bar{H}(s\sqrt{2}) - 60\bar{H}(s\sqrt{2})]$
Elkins (5)	$\frac{\partial^2 G}{\partial Z^2} = \frac{1}{18K^2} [16\bar{H}(0) + 32\bar{H}'(s) - 32\bar{H}''(s\sqrt{2})]$ $- \frac{1}{18K^2} [16\bar{H}(0) + 8\bar{H}(s) - 24\bar{H}(s\sqrt{2})]$
Elkins (6)	$\frac{\partial^2 G}{\partial Z^2} = \frac{1}{61K^2} [44\bar{H}(0) + 4\bar{H}'(s) - 32\bar{H}''(s\sqrt{2}) - 6\bar{H}'''(s\sqrt{2})]$ $- \frac{1}{61K^2} [44\bar{H}(0) + 16\bar{H}(s) - 12\bar{H}(s\sqrt{2}) - 48\bar{H}(s\sqrt{2})]$
Peters (7)	$\frac{\partial^2 H}{\partial Z^2} = 1.156\bar{H}(0) + 0.156\bar{H}(s) - 0.455\bar{H}(s\sqrt{2}) - 1.156\bar{H}(s\sqrt{2})$ $+ 0.392\bar{H}(s\sqrt{2})$
Reisenbach (8)	$\left(\frac{\partial^2 f}{\partial z^2}\right)_r = \frac{1}{24r^2} [96f_0 - 18\sum f(s) - 8\sum f(s\sqrt{2}) + \sum f(s\sqrt{2})]$ $- \frac{1}{24r^2} [96f_0 - 72f(s) - 32f(s\sqrt{2}) + 48f(s\sqrt{2})]$

tabla 2

TABLA QUE PRESENTA FORMULAS EQUIVALENTES CON FACTORES DE PESO PARA LAS FORMULAS ANTERIORES

formúla	factor	factores de peso				
No.	K	$r=0$	$r=\sqrt{2}$	$r=2s$	$r=\sqrt{5}$	$r=\sqrt{9.23}$
1	6.185	-1.354	+ .354			
2	6.000	-1.333	+ .333			
3	7.00	-1.523	+ .571	-0.48		
4	1.067	-.125	-.250		-.625	
5	0.571	+ .500	0		-1.500	
6	0.710	+ .364	-.273		-1.091	
7	1.156	+ .221	-.385		-1.175	+ .339
8	3.000	-.750	-.333		+ .083	

table 3

III.5 CONTINUACION ANALITICA DE CAMPO

Este método convierte la atracción gravitatoria (medida en el campo), en lo que sería si los cuerpos estuvieran más alejados o más cercanos:

Así tomando como referencia la figura I6, tenemos:

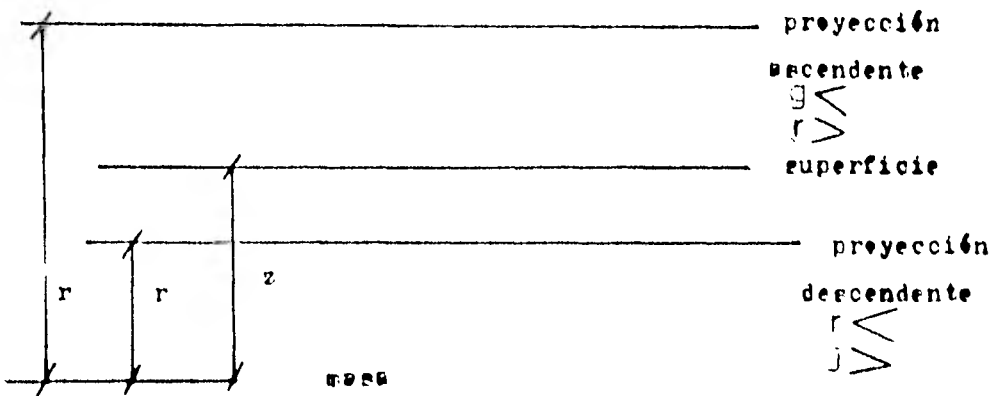


figura I6

Partiendo de que la ecuación de Laplace

$$\Delta^2 g(x, Y, Z) = 0 \text{ -----(1)}$$

se cumple excepto donde está el cuerpo tenemos:

$$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = - \left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2} \right) \text{ -----(2)}$$

utilizando la transformada de Fourier y sustituyendo en la ecuación (2), obtenemos:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, y, z) e^{i(W_x x + W_y y)} dx dy = - \left[\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial^2 g}{\partial x^2} e^{i(W_x x + W_y y)} dx dy + \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial^2 g}{\partial y^2} e^{i(W_x x + W_y y)} dx dy \right] \text{ -----(3)}$$

Però si se té en cuenta la ecuación $G(W_x, W_y, Z) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, y, z) e^{-i(W_x x + W_y y)} dx dy$

y se substituye en la ecuación (3), tendremos:

$$\frac{d^2}{dz^2} G(W_x, W_y, Z) = (W_x^2 + W_y^2) G(W_x, W_y, Z)$$

$$\frac{d^2}{dz^2} G(W_x, W_y, Z) - (W_x^2 + W_y^2) G(W_x, W_y, Z) = 0 \quad \text{--- (4)}$$

Esta ecuación diferencial tiene como solución

$$G(W_x, W_y, Z) = A(W_x, W_y) e^{\sqrt{W_x^2 + W_y^2} Z} + B(W_x, W_y) e^{-\sqrt{W_x^2 + W_y^2} Z}$$

Cuando

$$\lim_{Z \rightarrow \infty} G(W_x, W_y, Z) = 0 \Rightarrow B(W_x, W_y) = 0$$

por lo tanto

$$G(W_x, W_y, Z) = A(W_x, W_y) e^{\sqrt{W_x^2 + W_y^2} Z} \quad \text{para } Z > 0$$

$$G(W_x, W_y, 0) = A(W_x, W_y) \quad \text{de donde}$$

$$G(W_x, W_y, Z) = G(W_x, W_y, 0) e^{\sqrt{W_x^2 + W_y^2} Z} \quad \text{dónde}$$

$$G(W_x, W_y, Z) = \text{salida} \leftrightarrow g(x, y, z)$$

$$G(W_x, W_y, 0) = \text{entrada} \leftrightarrow g(x, y, 0)$$

$$e^{\sqrt{W_x^2 + W_y^2} Z} = \text{filtro}$$

análisis

La matriz (filtro) constará de coeficientes, los cuales varían según si la continuación es hacia arriba ó hacia abajo.

III.6 DETERMINACION DEL REGIONAL POR AJUSTE SUPERFICIAL

Una aproximación bastante diferente en una separación anómala es la aplicación de un ajuste superficial .

Tales métodos matemáticos pueden ser usados bajo la hipótesis, que una superficie matemática tiende a describir la gravedad regional, en este método de mínimos cuadrados se adecua una operación equivalente la cual determina una superficie de campo potencial, la cual es ajustada al mapa de gravedad observada.

La aproximación de la superficie dependera del grado u orden del cálculo.

La idea general de la técnica de ajuste superficial está ilustrada esquemáticamente por la figura I7 , la ilustración es solamente para una línea de perfil.

Puesto que la operación es tratada en dos dimensiones para adecuar una superficie más bien que una línea .

La gravedad observada es representada por la curva G, una de primer grado sería una línea recta, línea I.

Una de segunda grado tiene una inversión y dos líneas cruzadas como indica la línea dos.

Una de tercer grado tiene dos inversiones y tres líneas cruzadas como esta mostrada por la línea tres, y una curva de cuarto grado, tendría tres inversiones y cuatro líneas cruzadas como esta mostrada por la línea cuatro.

En cada uno de estos casos la curva calculada es ajustada para que la suma de los cuadrados de la diferencia entre esta y la curva observada sea mínimo.

La diferencia entre la calculada y la observada es el residual. Un alto orden enfatiza pequeños detalles del mapa original; es posible también hacer un mapa con la diferencia entre un orden alto y uno bajo, usando diferentes combinaciones, una gran variedad de mapas pueden ser hechos dependiendo del uso deseado. El procedimiento matemático de ajuste superficial se convierte en una operación rutinaria, solamente con la aplicación de una computadora es posible hacer las operaciones, incluyendo el contorno de mapas bastante rápido.

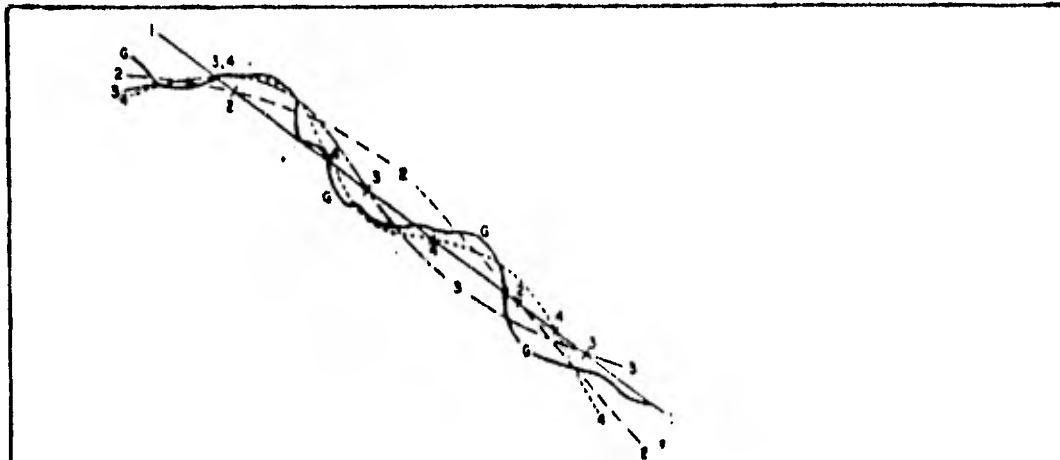


figura 17

Las curvas esquemáticas ilustran la técnica de ajuste superficial de mínimos cuadrados.

La curva G representa un perfil de gravedad observado, las curvas I, 2, 3, 4 representan ajustes a sucesivos órdenes.

El residual para un orden dado es la diferencia del observado y el correspondiente ajuste superficial.

III.7 EFECTOS GRAVITATORIOS DE FORMAS SIMPLES

Es de utilidad calcular el efecto de gravedad, debido a las principales formas geométricas.

a).- Esfera: De la figura 18, obtenemos lo siguiente:

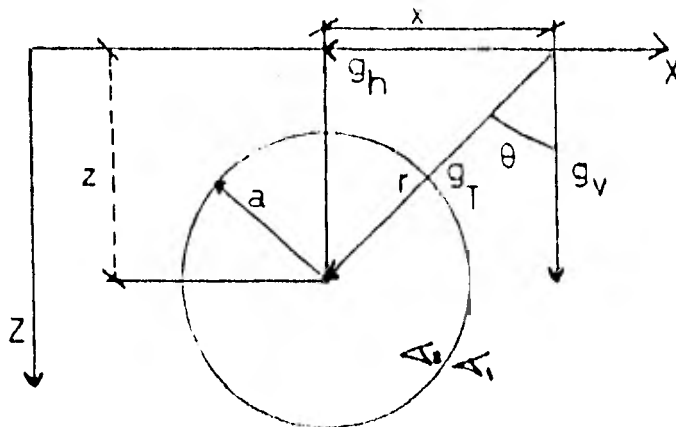


figura 18

$\rho_2 - \rho_1 = \rho = \text{contraste de densidad}$

$$g_T = \gamma \frac{m}{r^2}$$

$$g_v = g_T \cos \theta$$

donde $v = \text{volumen}$

$\rho = \frac{m}{v} = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi a^3} \implies m = \frac{4}{3}\pi a^3 \rho$
 sustituyendo lo anterior en g_v tenemos:

$$g_v = \gamma \frac{4}{3} \frac{\pi a^3 \rho}{r^2} \cos \theta$$

pero $\cos \theta = \frac{z}{r}$ por lo tanto:

sustituyendo

$$g_v = \gamma \frac{4}{3} \frac{\pi a^3 \rho}{r^2} \frac{z}{r} = \gamma \frac{4}{3} \frac{\pi a^3 \rho}{r^3} z$$

$$g_v = \gamma \frac{4}{3} \frac{\pi a^3 \rho}{(x^2 + z^2)^{3/2}} z$$

b).- Atracción de una lapa

De la figura I9 obtenemos lo siguiente:

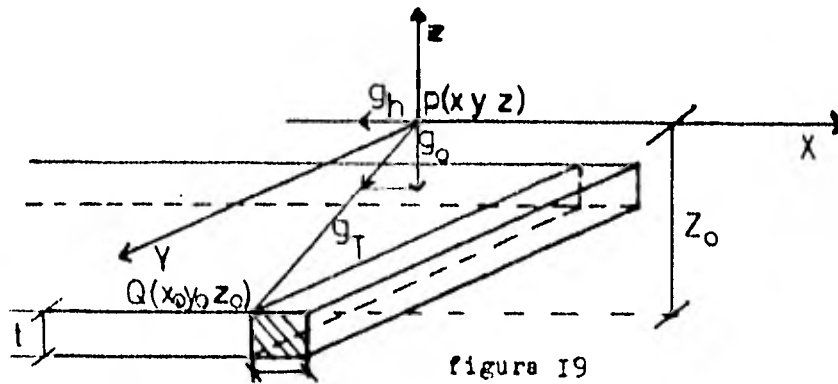


figura I9

$$g_0 = \gamma \frac{2m}{r} \cos \theta$$

$$\gamma = \frac{m}{v} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

$$v = dxT$$

$$\gamma = \frac{m}{dxT}$$

$$r = \sqrt{(x-x_0)^2 + (z-z_0)^2} \quad \text{por lo cual:}$$

sustituyendo, tendremos:

$$dg(x, z) = \frac{2\sqrt{l}\gamma dx}{\sqrt{(x-x_0)^2 + (z-z_0)^2}} \cdot \frac{z-z_0}{\sqrt{(x-x_0)^2 + (z-z_0)^2}} \quad \text{ahora}$$

integrando para todas las barras nos queda:

$$g(x, z) = 2\sqrt{l}\gamma(z-z_0) \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dx}{(x-x_0)^2 + (z-z_0)^2}$$

$$g(x, z) = 2\sqrt{l}\gamma(z-z_0) \left[\frac{1}{(z-z_0)} \tan^{-1} \frac{(x-x_0)}{(z-z_0)} \right]_{-\infty}^{\infty}$$

$$g(x, z) = 2\sqrt{l}\gamma \left[\tan^{-1} \frac{x}{z-z_0} - \frac{\pi}{2} \right]$$

para $x=0$ $z_0 = b$ $z=0$ en la superficie

$$g_z(x, 0) = -2\sqrt{l}\gamma \left[\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{x}{b} \right]$$

$$g_z(x, 0) = -2\sqrt{l}\gamma \left[\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{x}{h} \right]$$

c).- Cilindro enterrado horizontalmente

Tomando como referencia la figura 20 obtenemos lo siguiente:

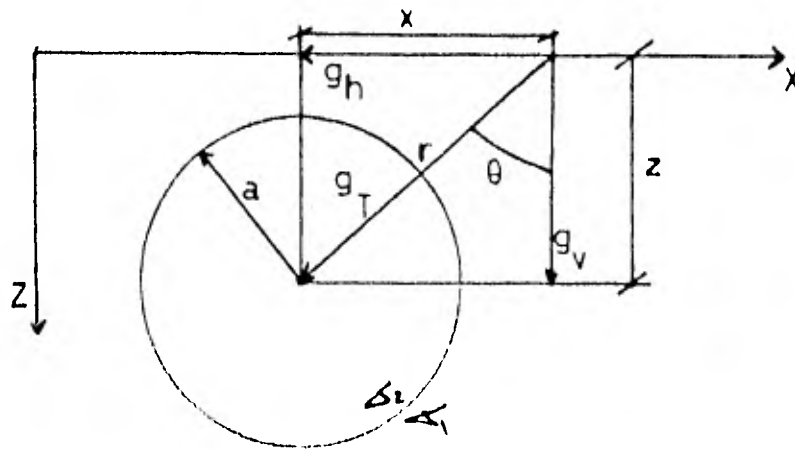


figura 20

$$g_v = g_r \cos \theta$$

donde

$$g_r = \gamma \frac{m}{r^2}$$

$$\cos \theta = \frac{z}{r} \quad r = \frac{m}{\gamma}$$

substituyendo tenemos:

$$g_v = \frac{2 \pi R^2 \gamma \gamma z}{r^2} = \frac{2 \pi R^2 \gamma \gamma z}{(x^2 + z^2)}$$

NOTA:

Las variables de los tres cuerpos deben estar representadas en Unidades c.g.s.

III.8 CALCULO DE LA PROFUNDIDAD

En gravimetría hay algunas fórmulas elaboradas para calcular la profundidad, dependiendo del tipo de cuerpo que tomamos como referencia.

a).- PARA ESPERAS:

De la figura 21 tenemos:

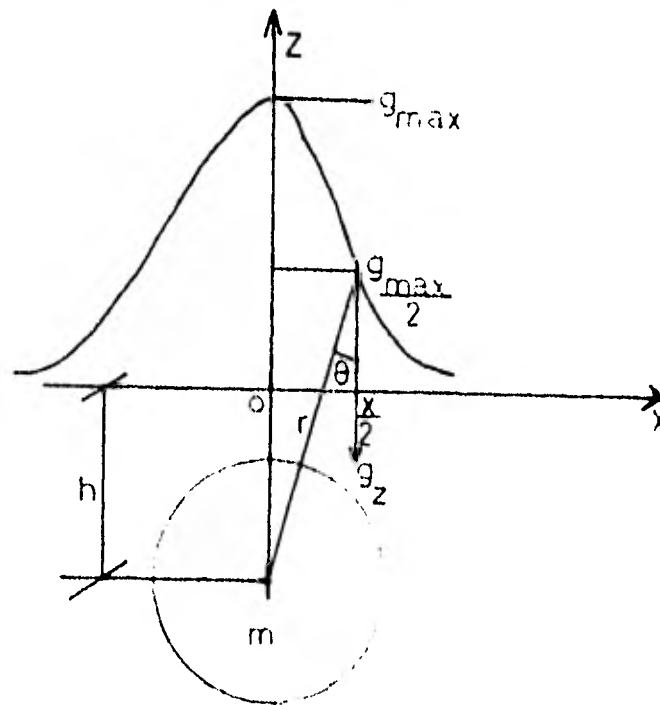


figura 21

$$r = \sqrt{(x-x_0)^2 + (z-z_0)^2}$$

en la superficie

$$x_0 = 0 \quad z_0 = 0 \quad z = h$$

por lo tanto

$$r = \sqrt{x^2 + h^2}$$

$$g_z(x-h) = \gamma \frac{m}{r^2} \cos \theta \quad \text{---(1)}$$

$$g_z(x-h) = \gamma \frac{m}{r^2} \frac{h}{r} = \gamma \frac{mh}{[x^2 + h^2]^{3/2}} \quad \text{---(2)}$$

$$Q_{\max}|_{x=0} = \gamma \frac{m h}{h^3} = \gamma \frac{m}{h^2} \quad (3)$$

$$Q_{\frac{1}{2}}^{\max} = \frac{1}{2} \gamma \frac{m}{h^2} \quad (4)$$

$$Q_z(x, h) = \gamma \frac{m h}{\left[\frac{x^2}{2} + h^2\right]^{3/2}} \quad (5)$$

$$(4) = (5)$$

$$x_{\frac{1}{2}} = \pm 0.75 h$$

por lo tanto tenemos lo siguiente:

$$h = 1.333 \frac{x}{2}$$

1).- PARA CILINDROS

$$Q_z(x, h) = 2\gamma \frac{m}{r} \frac{h}{r} = \gamma \frac{m 2h}{r^2}$$

$$Q_z(x, h) = \gamma \frac{m 2h}{\left[x^2 + h^2\right]}$$

$$Q_{\max}|_{x=0} = 2\gamma \frac{m}{h} \Rightarrow Q_{\frac{1}{2}}^{\max} = \gamma \frac{m}{h}$$

$$Q_z\left(\frac{x}{2}, h\right) = \gamma \frac{m 2h}{\left[\frac{x^2}{4} + h^2\right]}$$

igualando tenemos que:

$$h = \frac{x}{2}$$

III.9 EXCESO O DEFICIT DE MASA

En una anomalía de Bouguer es importante calcular el exceso o déficit de masa del cuerpo que lo produce, por lo tanto; daremos la teoría básica.

basándonos en la figura 22, tenemos:

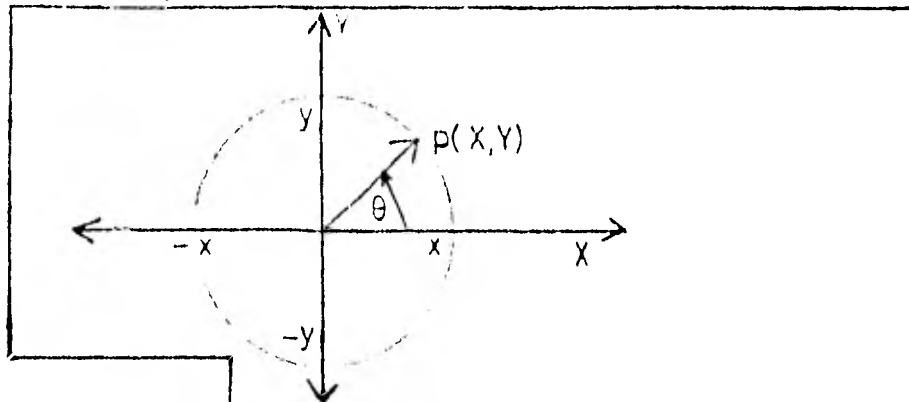


figura 22

$$F = G \frac{MM_1}{r^2} \quad (1)$$

$$F = M_1 g(x, y) \quad (2)$$

igualando 1 con 2

$$G \frac{MM_1}{r^2} = M_1 g(x, y)$$

$$g(x, y) = \frac{GM}{r^2} \quad (3)$$

para $r=1$

$$g(x, y) = GM \quad (4)$$

donde:

x = mitad de la distancia en x
del plano de anomalía.

y = mitad de la distancia en y
del plano de anomalía.

z = profundidad calculada del
centro de masa.

ahora integramos en todo el plano tenemos:

$$\iint_{-\infty}^{\infty} g(x, y) dx dy = \int_0^{2\pi} GM d\theta \quad (5)$$

$$\iint_{-\infty}^{\infty} g(x, y) dx dy = 2\pi GM \quad (6)$$

por lo tanto; efecto de Bouguer = $2\pi GM$

efecto de Bouguer = regional + residual

$$2\pi GM = I + R(x, y) \quad (7)$$

donde

$$I = \iint_{x,y} g(x,y) dx dy \quad (8)$$

$R(x,y)$ término de residuo

si el centro de masa esta en $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$

podemos escribir $R(x,y)$ como:

$$R(x,y) = 2\pi G M - G M \bar{z} \iint_{x,y} [(x-\bar{x})^2 + (y-\bar{y})^2 + (z-\bar{z})^2]^{-3/2} dx dy \quad (9)$$

integrando tenemos:

$$R(x,y) = 2\pi G M - 4GM \tan^{-1} \left(\frac{xy}{\bar{z} \sqrt{x^2 + y^2}} \right) \quad (10)$$
$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

sustituyendo en (10)

$$R(x,y) = 2\pi G M - 4GM \tan^{-1} \left(\frac{xy}{\bar{z} r} \right) \quad (11)$$

ahora sustituyendo (11) en (7) tenemos:

$$2\pi G M = I + 2\pi G M - 4GM \tan^{-1} \left(\frac{xy}{\bar{z} r} \right) \quad (12)$$

$$4GM \tan^{-1} \left(\frac{xy}{\bar{z} r} \right) = I \quad (13)$$

despejando M tendremos:

$$M = \frac{I}{4G \tan^{-1} \left(\frac{xy}{\bar{z} r} \right)}$$

con lo cual, para calcular M necesitamos conocer \bar{z} (profundidad).

III.10 ESTRATO EQUIVALENTE (fuente equivalente)

En gravimetría es necesario determinar una fuente $\rho(x,y,z)$, que nos produzca el campo observado $\Delta g(x,y,0)$, (figura 23).

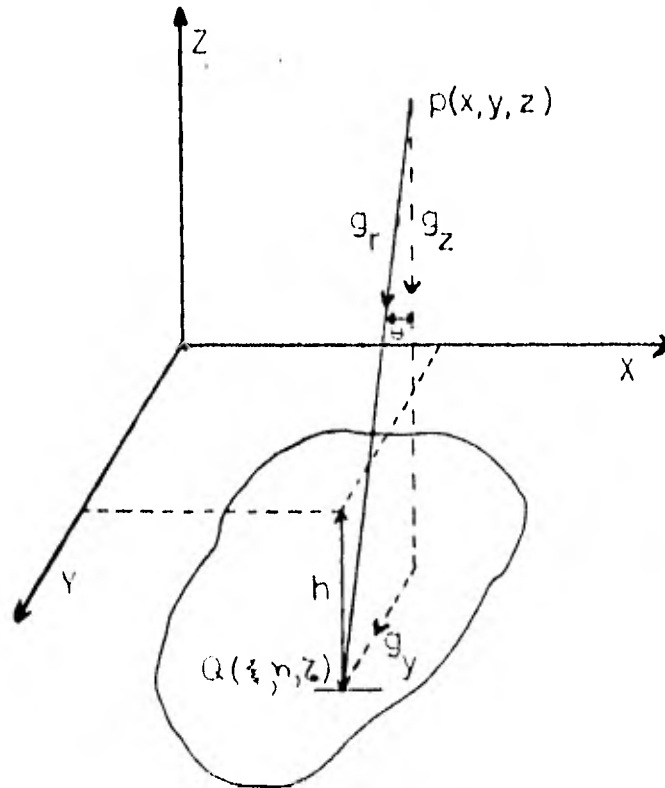


figura 23

Si suponemos que la fuente es un estrato delgado a una profundidad h sobre la superficie y con densidad superficial variable (σ) la forma de la función es:

$$\rho(x, y, z) = \sigma(x, y) \delta(z+h) \quad \text{--- (1)}$$

$$\text{densidad} = \rho(x, y, z) \quad g = \sigma \frac{M}{r^2} \quad \text{--- (2)}$$

$$\rho(x, y, z) = \frac{M}{V}$$

$$M = \int \rho(x, y, z) dV$$

sustituyendo lo anterior en (2) tenemos:

$$g_2(x, y, z) = \delta \int_V \frac{\nabla(x, y, z)}{r^2} \cos \theta$$

pero $\cos \theta = \frac{z-b}{r}$

$$g_2(x, y, z) = \delta \int_V \frac{\nabla(x, y, z) (z-b)}{r^3}$$

$$g_2(x, y, z) = \delta \int_V \frac{\nabla(x, y, z) (z-b)}{r^3} \quad \text{--- (3)}$$

sustituyendo 1 en 3

$$g_2(x, y, z) = \delta \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(x, y) \delta(z+h) (z+b) dx dy dz}{[(x-x')^2 + (y-n)^2 + (z-b)^2]^{3/2}} \quad \text{--- (4)}$$

pero $\int_{-\infty}^{\infty} (z-b) \delta(z+h) dz = (z+b) \Big|_{z=h} = (z+h) \quad \text{--- (5)}$

sustituyendo 5 en 4

$$g_2(x, y, z) = \delta \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(x, y) (z+h) dx dy}{[(x-x')^2 + (y-n)^2 + (z+h)^2]^{3/2}}$$

en la superficie $z=0$

$$g_2(x, y, 0) = \delta \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(x, y) h dx dy}{[(x-x')^2 + (y-n)^2 + h^2]^{3/2}} \quad \text{--- (5)}$$

la convolución de esta ecuación

$$s(x, y) \text{ con } \frac{h}{(x^2 + y^2 + h^2)^{3/2}} \quad \text{nos da:}$$

$$g_2(x, y, 0) = \delta \left[s(x, y) * \frac{h}{(x^2 + y^2 + h^2)^{3/2}} \right] \quad \text{--- (7)}$$

pero de las propiedades de la convolución

$$F[f_1(x) * f_2(x)] = F_1(\omega) F_2(\omega) \quad \text{teorema}$$

$$G(\omega_x, \omega_y, 0) = \delta \left[S(\omega_x, \omega_y) F \left[\frac{h}{(x^2 + y^2 + h^2)^{3/2}} \right] \right] \quad \text{--- (8)}$$

pero

$$F \left[\frac{h}{(x^2 + y^2 + h^2)^{3/2}} \right] = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{h}{(x^2 + y^2 + h^2)^{3/2}} e^{-i(\omega_x x + \omega_y y)} dx dy = 2\pi h \int_{-\infty}^{\infty} \frac{J_0(\kappa r) r dr}{(h^2 + \kappa^2)^{3/2}}$$

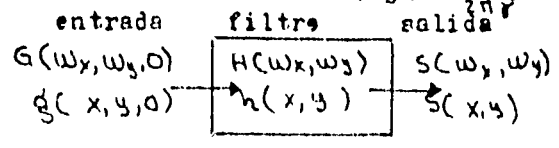
$$= 2\pi e^{-h\kappa} \quad \text{--- (9)} \quad \text{donde } \kappa = (\omega_x^2 + \omega_y^2)^{1/2}$$

ahora sustituyendo 9 en 8 tenemos:

$$G(\omega_x, \omega_y, 0) = \delta S(\omega_x, \omega_y) 2\pi e^{-hk} \quad (1.)$$

despejando $S(\omega_x, \omega_y)$

$$S(\omega_x, \omega_y) = \frac{1}{2\pi} e^{h(\omega_x^2 + \omega_y^2)/k} G(\omega_x, \omega_y, 0)$$



$$H(\omega_x, \omega_y) = \frac{i}{2\pi k} e^{h(\omega_x^2 + \omega_y^2)/k}$$

III.II ATRACCION GRAVITACIONAL DE ESTRUCTURAS DE DOS DIMENSIONES

a).- EL PRINCIPIO DEL METODO

ATRACCION DE LAMINA PLANA

Para entender el principio del método, escogeremos un sistema de coordenadas con el plano XZ, como el plano de integración y con el eje Y, horizontal y paralelo a la recta o eje de la configuración de masa.

El eje X será horizontal y el eje Z vertical y positivo hacia abajo, el origen será tomado como el punto en el cual el efecto gravitatorio del cuerpo será calculado.

Esta atracción será detectada por un gravímetro, como un incremento Δg a la gravedad total g , se considera la componente z de la atracción, tomando como referencia la figura 24

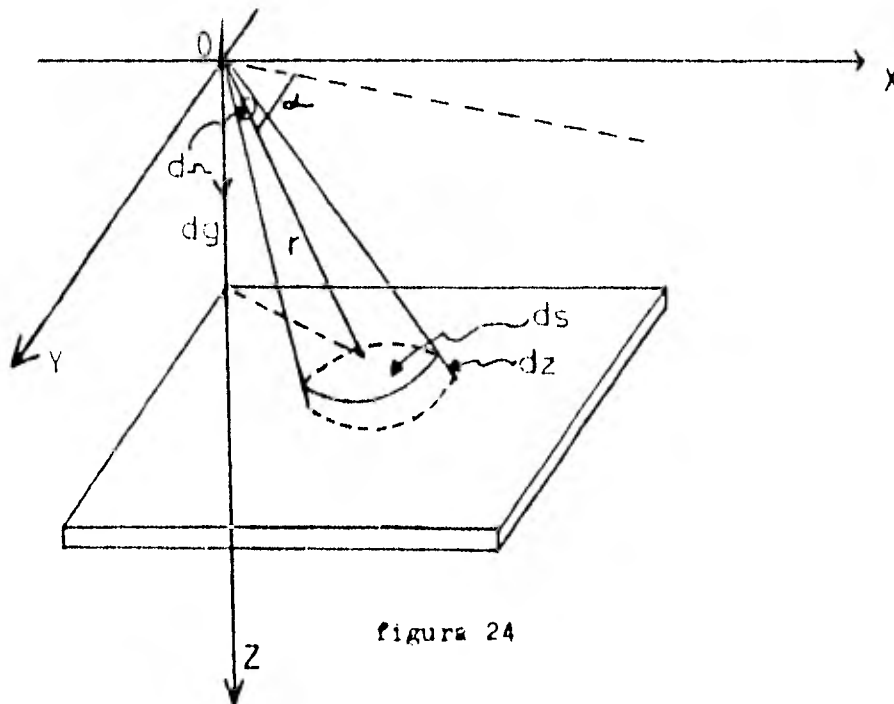


figura 24

Primero consideraremos una lámina plana horizontal infinita limitada por el plano z y $z+dz$.

ds será un elemento de área de este plano en el espacio de tres dimensiones. Y ρ es la densidad del volumen de este elemento, la componente vertical en el origen de la atracción debida a este elemento será:

$$dg = \frac{Kdm}{r^2} \sin \delta = \frac{K\rho dzds}{r^2} \sin \delta \quad \dots\dots(1)$$

donde K es la constante de gravitación

r es la distancia polar del elemento desde el origen

δ es el ángulo de depresión de r desde la horizontal de la estación.

pero $d\Omega = \frac{ds \sin \delta}{r^2}$ es el ángulo sólido $\dots\dots(2)$

subtendido en el origen por el área ds
sustituyendo en la ecuación (1)

$$dg = K\rho dz d\Omega \quad \dots\dots(3)$$

si nosotros ahora consideramos una masa finita m de forma arbitraria, la atracción en el origen debida a la masa cerrada será:

$$g = Kdz \int \rho d\Omega \quad \dots\dots(4)$$

y si ρ es constante sobre m , este se simplifica a:

$$g = K\rho dz \quad \dots\dots(5)$$

Para un ángulo sólido Ω , la atracción de la materia cerrada entre dos planos horizontales Z_1 y Z_2 será obtenida por integración de la ecuación 5 con respecto a z .

$$g = K\Omega \int_{Z_1}^{Z_2} \rho dz \quad \dots\dots(6)$$

y de nuevo si ρ es constante este se convierte

$$g = K\rho\Omega (Z_2 - Z_1) \quad \dots\dots(7)$$

La cual es la contribución de gravedad en el origen de la masa contenida en el tronco de un cono inclinado con vértice en el origen.

b).- ATRACCION DE PRISMA $d\theta dz$

Consideraremos la atracción en el origen, el cual resultará si nosotros dejamos el elemento de área superficial de convertida en una línea estrecha de longitud infinita paralela al eje Y. Esta será definida por el área sobre el plano $Z=\text{constante}$ entre dos planos inclinados, los cuales intersectan sobre el eje Y, hechos con ángulos respecto al eje X, θ y $\theta+d\theta$.

Tomando como referencia la figura 25.

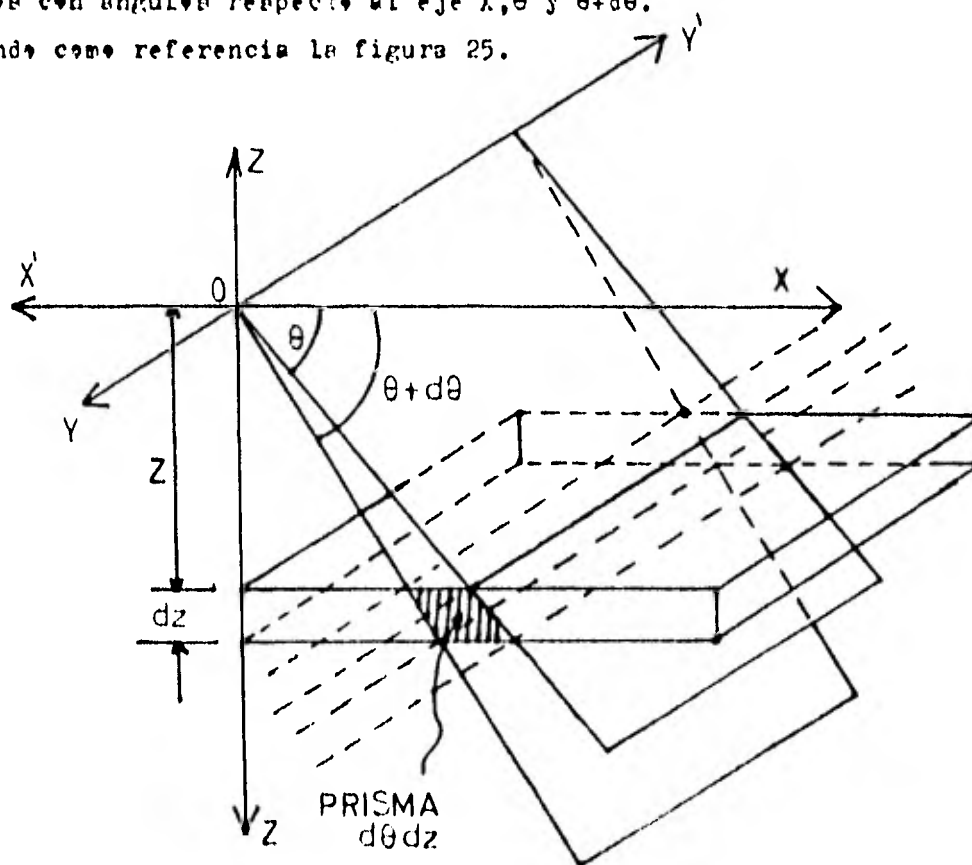


figura 25

El ángulo sólido $d\Omega$ entre dos planos interceptados en un ángulo $d\theta$ contendrá el mismo radio.

El ángulo sólido total, es el radio del área superficial de una esfera a el cuadrado de su radio, esea 4π , y el plano angular total es 2π , este es:

$$\frac{d\Omega}{4\pi} = \frac{d\theta}{2\pi}$$

$$d\Omega = 2d\theta \quad \dots\dots(8)$$

introduciendo este a la ecuación (3), tenemos:

$$dK = 2K\rho d\theta dz \quad \dots\dots(9)$$

Lo cual nosotros la consideraremos como la ecuación diferencial fundamental de la atracción de una masa de dos dimensiones.

La intersección de dos planos θ y $\theta+d\theta$ con los planos z y $z+dz$, define un prisma elemental & solenoide de longitud infinita y en terminos de las variables θ y z , de sección de área $d\theta dz$, a este nosotros le llamaremos el prisma & solenoide $d\theta dz$.

Para un área finito en el plano de integración.

$$K = 2K \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{z_1}^{z_2} \rho d\theta dz \quad \dots\dots(10)$$

Y cuando ρ es constante en el área .

$$K = 2K\rho (\theta_2 - \theta_1)(z_2 - z_1) \quad \dots(11)$$

independientemente de la magnitud absoluta de θ & z .

c).- INTEGRACION DE AREA POR MEDIO DE PRISMAS $\Delta\theta\Delta z$

Las ecuaciones 9 y II son una de las bases simples para la computación de los efectos gravimétricos de masa de dos dimensiones, las coordenadas θ y Z son tomadas como las variables de integración y el plano de integración, es dividido por líneas radiales desde el origen $\theta = \text{constante}$, con espaciamiento constante $\Delta\theta$ y por líneas horizontales $Z = \text{constante}$, con espaciamiento constante ΔZ , dentro de un mosaico de polenoides ó prismas $\Delta\theta\Delta Z$. Si los prismas son escogidos bastante pequeños que ρ puede ser considerada constante para cada uno. tomando como referencia la figura 26.

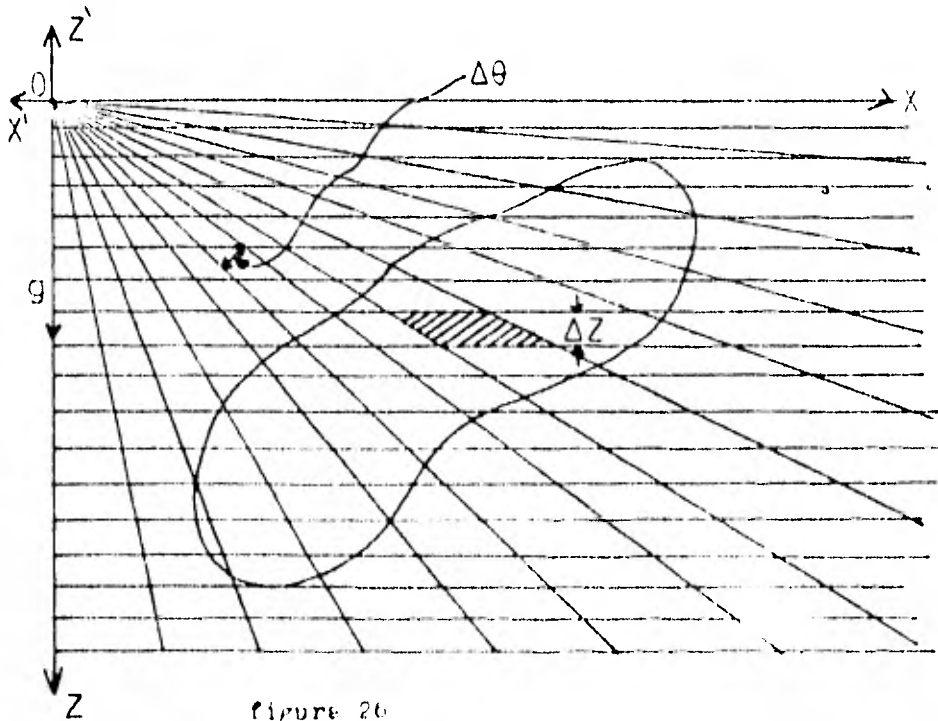


figure 26

La contribución gravimétrica de un único prisma será :

$$g = 2K\rho\Delta\theta\Delta z \dots\dots(I2)$$

y la integración sobre alguna área será aproximada por:

$$g = 2K \sum_{i=1}^{i=n} \rho_i \Delta\theta\Delta z \dots\dots(I3)$$

y si ρ es constante sobre el área de integración :

$$g = 2K\rho \sum \Delta\theta\Delta z = 2K\rho n\Delta\theta\Delta z \dots\dots(I4)$$

donde n es el número de prismas que contiene el área.

III.12 METODO ANALITICO (talwani)

Usando una forma poligonal de n lados que se aproxime a una sección vertical ,de un cuerpo de dos dimensiones, uno puede calcular el efecto gravitatorio a mano & por computadora digital.

Tomando en cuenta la figura 27.

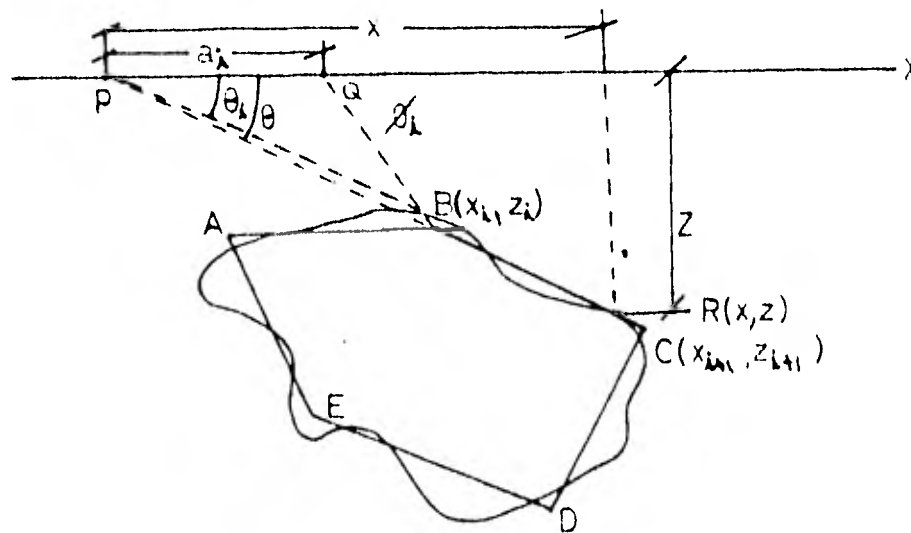


figure 27

Puede ser mostrado que el efecto gravitatorio de esta sección es igual a la integral de línea alrededor del perímetro, esta relación será:

$$g = 2\gamma \oint z d\theta$$

de la geometría de la figura 27, tenemos:

$$z = (\alpha_i \tan \theta \tan \phi_i) / (\tan \phi_i - \tan \theta)$$

La integral de línea para el lado BC es:

$$\int_{B_i} z d\theta = \int_{\theta_i}^{\theta_{i+1}} \frac{\alpha_i \tan \theta \tan \phi_i}{\tan \phi_i - \tan \theta} d\theta = Z_i$$

entonces

$$g = 2\gamma \sum_{i=1}^n Z_i$$

Y en el caso más general Z está dado por:

$$Z_i = \alpha_i \sin \phi_i \cos \phi_i \left[(\theta_i - \theta_{i+1}) + \tan \phi_i \log \left(\frac{\cos \theta_i (\tan \theta_i - \tan \phi_i)}{\cos \theta_{i+1} (\tan \theta_{i+1} - \tan \phi_i)} \right) \right]$$

donde:

$$\theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{Z_i}{Y_i} \right)$$

$$\phi_i = \tan^{-1} \left(\frac{Z_{i+1} - Z_i}{X_{i+1} - X_i} \right)$$

$$\alpha_i = X_{i+1} - Z_{i+1} \cot \phi_i$$

$$= X_{i+1} + Z_{i+1} \left(\frac{X_{i+1} - X_i}{Z_i - Z_{i+1}} \right)$$

III.13 COMPARACION DE PERFILES

En este método se compara el perfil gravimétrico observado en el campo, con perfiles elaborados con formas geométricas que se superponen por otros métodos, son las más parecidas.

En este método se puede variar sistemáticamente la profundidad, densidad, forma del cuerpo, hasta que los perfiles gravimétricos - observado y calculado se ajusten.

En algunas ocasiones se combinan formas para una mayor aproximación.

III.14 ATRACCION GRAVITACIONAL DE CUERPOS DE TRES DIMENSIONES DE FORMAS ARBITRARIAS

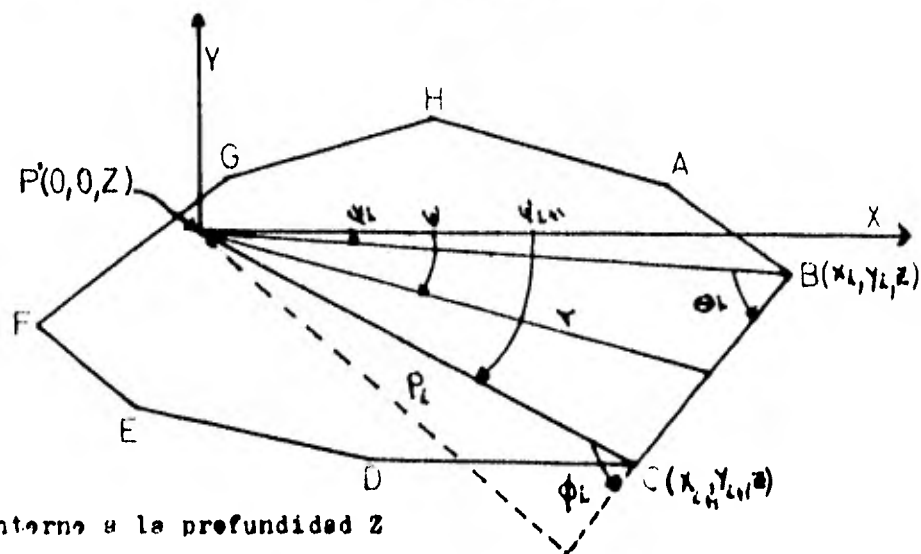
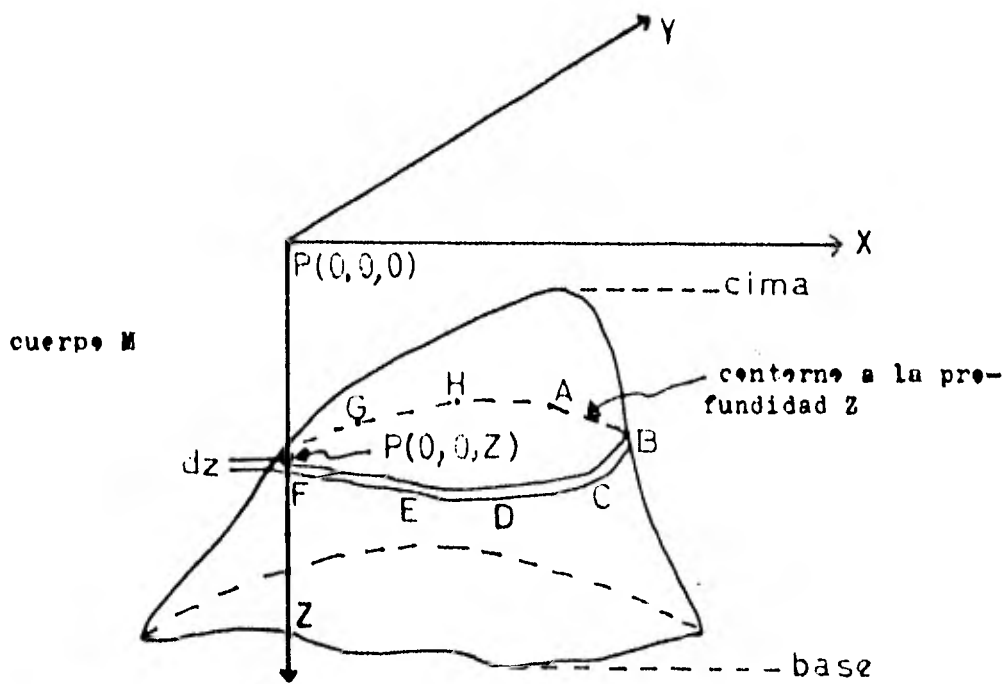
En el presente método el cuerpo es representado por centros, cada centro es reemplazado por una lámina poligonal horizontal de n lados.

Los polígonos pueden ser aproximados a los centros con líneas tan cerradas como deseesen.

La anomalía gravimétrica causada por cada lámina puede ser detectada ó determinada analíticamente en algún punto externo.

En la figura 28 p (origen del sistema), es el punto en el cual la anomalía gravimétrica causada por el cuerpo M será evaluada. UN centro sobre la superficie del cuerpo a la profundidad Z , abajo de p , es reemplazada por la lámina poligonal ABCDEFGH' de espesor infinitesimo dZ ; la atracción gravimétrica causada - por ABCDEFGH en p es entonces:

$$\Delta g = V \delta Z$$



centro a la profundidad Z
 fig 28 elementos geométricos que comprenden la computación en la anomalía gravimétrica causada por un cuerpo de tres dimensiones.

donde

v = anomalía causada por ABCDEFGH por unidad de espesor.

Si v lo expresamos por una integral de superficie.

$$v = k \rho \left[\phi d\psi - \phi \frac{z}{(r^2 + z^2)^{3/2}} d\psi \right]$$

donde

k = constante universal

ρ = densidad de la lámina

z, ψ, r = son las coordenadas cilíndricas usadas para definir el límite de ABCDEFGH.

De la figura I tenemos que:

$$r = \frac{\rho_i}{\sin(\phi_i - \psi_{i+1} + \psi)}$$

haciendo esta sustitución y notando que $\rho_i, \phi_i, \psi_{i+1}$ son todas constantes y ψ es la única variable.

La integral puede fácilmente resolverse para el segmento BC

$$\arcsen \left[\frac{z \cos \theta_i}{(\rho_i^2 + z^2)^{1/2}} \right] - \arcsen \left[\frac{z \cos \phi_i}{(\rho_i^2 + z^2)^{1/2}} \right]$$

Entonces la contribución total en U de BC es:

$$k \rho \left[\psi_{i+1} - \psi_i - \arcsen \left(\frac{z \cos \theta_i}{(\rho_i^2 + z^2)^{1/2}} \right) + \arcsen \left(\frac{z \cos \phi_i}{(\rho_i^2 + z^2)^{1/2}} \right) \right] \quad \text{--- (2)}$$

Esta expresión puede identificarse como la anomalía causada por la lámina triangular ϕBC por unidad de espesor.

La anomalía causada por el polígono ABCDEFGH por unidad de espesor, se obtiene entonces aplicando y sumando la expresión (2) sobre los n lados del polígono.

$$v = k \rho \left[\sum_{i=1}^n \left\{ \psi_{i+1} - \psi_i - \arcsen \left(\frac{z \cos \theta_i}{(\rho_i^2 + z^2)^{1/2}} \right) + \arcsen \left(\frac{z \cos \phi_i}{(\rho_i^2 + z^2)^{1/2}} \right) \right\} \right] \quad \text{--- (3)}$$

expresando $\rho_i, \psi_i, \psi_{i+1}, \cos \theta_i$ y $\cos \phi_i$

en términos de x_i, y_i y x_{i+1}, y_{i+1}, z

las coordenadas de los dos vértices sucesivos del polígono

$$V = k \rho \sum_{i=1}^n \left[w \arccos \left\{ (x_i/y_i)(x_{i+1}/y_{i+1}) + (y_i/y_i)(y_{i+1}/y_{i+1}) \right\} \right. \\ \left. - \arccos \left(\frac{z \rho_i}{(\rho_i^2 + z^2)^{1/2}} \right) + \arccos \left(\frac{z \rho_{i+1}}{(\rho_{i+1}^2 + z^2)^{1/2}} \right) \right] \quad \text{--- (C)}$$

La computadora digital obtiene los valores de v para cada contorno de C .

la ecuación

$$\Delta \sigma_{\text{total}} = \int_{z(\text{base del cuerpo})}^{z(\text{cima del cuerpo})} v dz$$

nos da la anomalía gravimétrica causada por el cuerpo entero.

La posibilidad que la densidad varíe con la profundidad puede ser solucionado asignando una densidad para cada contorno.

CAPITULO :IV

PAQUETE DE PROGRAMAS PARA PROSECCION

GRAVIMETRICA

En este capítulo se presentan los programas que son utilizados en los respectivos métodos ,se presenta al principio un diagrama de flujo que nos indica las variables que necesitaremos y lo que obtendremos al final.

Después de los programas base se presentan listadas de las subrutinas utilizadas dentro de los programas fuente.

PREPARACION DE DATOS

La preparación de datos para computadoras ,se hace en igual forma al que se usa para calcular con una máquina de escritorio, sea , es necesario disponer de valores correspondientes a puntos igualmente espaciados formando renglones y columnas, lo que constituye un arreglo semejante al de una matriz o un determinante.

En la práctica, lo común es que sobre la hoja que se desea calcular , se trace una cuadrícula ,cuyos lados serán iguales al espaciamiento que previamente se ha escogido en función del tamaño de las anomalías que se consideran de importancia económica, aunque también debe atenderse la calidad del trabajo ó lo que es lo mismo la densidad de estaciones ,ya que si esta baja ,es posible que las anomalías estén deformes ó no deban existir, todo esto por falta de control en las líneas de igual anomalía .

Las lecturas de los valores ,se hacen en los puntos que definen los cruces de las líneas verticales y horizontales de la cuadrícula y si se desea procesar el total de la hoja atlas ó un área en particular, sera necesario adicionar valores fuera de las líneas marginales de la hoja, ó del área, dependiendo el número de columnas y renglones adicionales, del tamaño de la figura que se emplee y rellenar con ceros aquellas áreas que carezcan de información , a fin de que el arreglo quede completo.


```

c nombre del programa:correcciones
c tesis profesional presentada por
c Jiménez Méndez Juan
c EL PERFIL GRAVIMETRICO TIENE LOS SIGUIENTES DATOS
c X()=DISTANCIA QUE HAY ENTRE LA ESTACION UNO
c Y LAS DEMAS ESTACIONES (EN KM.)
c H()=ALTURA DE LAS ESTACIONES MEDIDAS A PARTIR
c DEL NIVEL DEL MAR (M.)
c DELTG()=DIFERENCIA DE GRAVEDAD EN EL PUNTO DE OBSERVACION(MGALS)
c DELTX()=DISTANCIA QUE HAY DE LA ESTACION BASE(5)
c A CADA UNA DE LAS ESTACIONES
c DELTH()=ALTURA QUE HAY DE LA ESTACION BASE A CADA
c UNA DE LAS ESTACIONES
c LA ESTACION QUE SE TOMARA COMO BASE SERA LA CINCO
c DLTG()=CORRECCION POR LATITUD
c DHG()=CORRECCION POR AIRE LIBRE
c CTRR()=CORRECCION POR TERRENO
c ANLL( )=ANOMALIA DE LATITUD
c ANLA( )=ANOMALIA DE AIRE LIBRE
c ANLT( )=ANOMALIA POR TERRENO
c ANB( )=ANOMALIA DE BOUSSUER SIN CORRECCION POR TERRENO
c DHB( )=CORRECCION DE BOUSSUER
c DIMENSION DHB(10),ANB(10),ANET(10)
c DIMENSION CTRR(10)
c DIMENSION ANLT(10)
c DIMENSION X(10), H(10),DELTG(10),DELTX(10),DELTH(10)
c DIMENSION DLTG(10), DHG(10), ANLL(10),ANLA(10)
c LECTURA DE DATOS
c READ(5,31)(X(1),I=1,10)
31 FORMAT(10F4,2)
c READ(5,33)(H(J),J=1,10)
33 FORMAT(10F5,1)
c READ(5,35)(DELTG(K),K=1,10)
35 FORMAT(10F6,2)
c READ(5,37)(DELTX(L),L=1,10)
37 FORMAT(10F5,2)
c READ(5,39)(DELTH(M),M=1,10)
39 FORMAT(10F5,1)
c WRITE(6,40)
40 FORMAT(2X,"DISTANCIA ENTRE LA ESTACION UNO Y LAS DEMAS")
c DO 41 I=1,10
c WRITE(6,42)X(I)
42 FORMAT(2X,F4.2,/)
41 CONTINUE
c WRITE(6,43)
43 FORMAT(2X,"ALTURA DE LAS ESTACIONES")

```

```

DO 44 J=I,IO
WRITE(6,45)H(J)
45 FORMAT(2X,F5.1,/)
44 CONTINUE
WRITE(6,46)
46 FORMAT(2X,"DIFERENCIA DE GRAVEDAD EN CADA ESTACION")
DO 47 K=I,IO
WRITE(6,48)DELTG(K)
48 FORMAT(2X,F6.2,/)
47 CONTINUE
WRITE(6,49)
49 FORMAT(2X,"DISTANCIA DE LA ESTACION BASE A LAS ESTACIONES")
DO 50 L=I,IO
WRITE(6,51) DELTX(L)
51 FORMAT(2X,F4.2,/)
50 CONTINUE
WRITE(6,52)
52 FORMAT(2X,"ALTURA DE LA ESTACION BASE A LAS ESTACIONES")
DO 53 M=I,IO
WRITE(6,54)DELTM(M)
54 FORMAT(2X,F5.1,/)
53 CONTINUE
c EL PERFIL PASA DE NORTE A SUR LATITUD 40 GRADOS 30" NORTE
c CALCULO DE LA CORRECCION POR LATITUD
WRITE(6,55)
55 FORMAT(2X,"CORRECCION POR LATITUD")
DO 56 I=I,IO
DLTG(I)=0.8192*0.98768*DELTX(I)
WRITE(6,57)DLTG(I)
57 FORMAT(2X,F7.3,/)
56 CONTINUE
c CALCULO DE LA CORRECCION POR AIRE LIBRE
WRITE(6,58)
58 FORMAT(2X,"CORRECCION POR AIRE LIBRE")
DO 59 J=I,IO
DHG(J)=0.3086*DELTH(J)
WRITE(6,60)DHG(J)
60 FORMAT(2X,F7.3,/)
59 CONTINUE
c LECTURA DE LA CORRECCION POR TERRENO
READ(5,82)(CTRR(N),N=I,IO)
82 FORMAT(10F4.2)
WRITE(6,83)
83 FORMAT(2X"CORRECCION POR TERRENO")
DO 86 N=I,IO
WRITE(6,84)CTRR(N)
84 FORMAT(2X,F4.2)
86 CONTINUE
c CALCULO DE LA CORRECCION DE BOUGUER

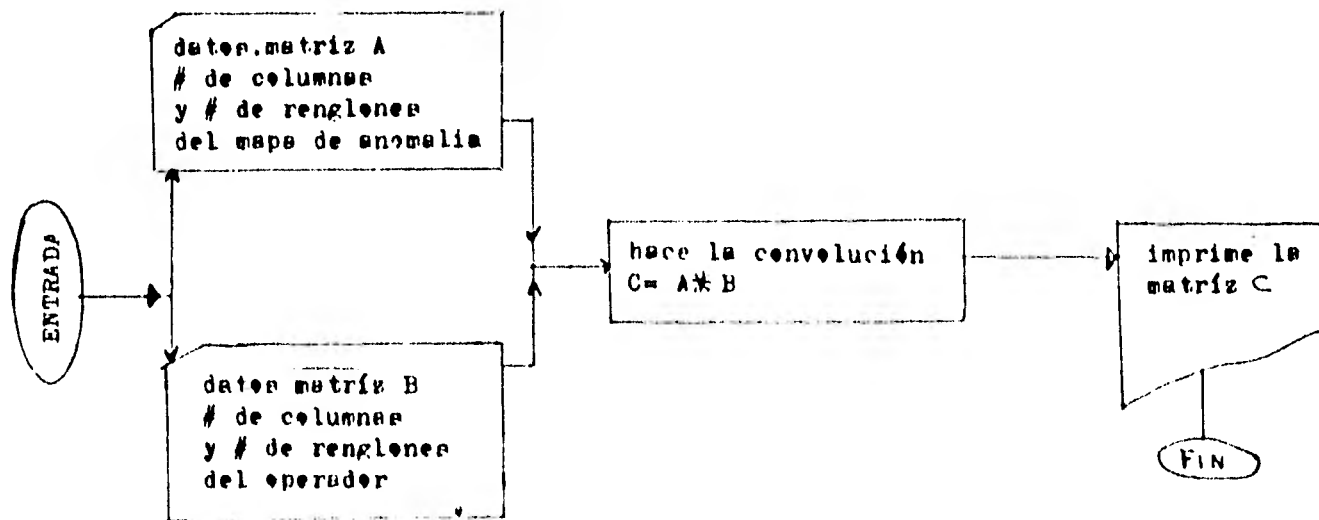
```

```

WRITE(6,90)
90 FORMAT(2X"CORRECCION DE BOUGUER")
DO 91 K=1,10
DHB(K)=0.04193*2.4*DELTH(K)
WRITE(6,92) DHB(K)
92 FORMAT(2X,F6.3,/)
91 CONTINUE
WRITE(6,62)
62 FORMAT(2X,"GRAFICA DEL PERFIL TOPOGRAFICO")
CALL GRAFI(H,10,2,2)
WRITE(6,63)
63 FORMAT(2X,"GRAFICA DE LA DIFERENCIA DE GRAVEDAD EN CADA ESTACION")
CALL GRAFI (DELTG,10,2,2)
c CALCULO DE LA ANOMALIA DE LATITUD
WRITE(6,80)
80 FORMAT(2X,"ANOMALIA DE LATITUD")
DO 65 K=1,10
ANLL(K)=DLTGT(K)+DLTG(K)
WRITE(6,66)ANLL(K)
66 FORMAT(2X,F8.2,/)
65 CONTINUE
WRITE(6,67)
67 FORMAT(2X,"GRAFICA DE LA ANOMALIA DE LATITUD")
CALL GRAFI (ANLL,10,2,2)
c CALCULO DE LA ANOMALIA DE AIRE LIBRE
WRITE(6,81)
81 FORMAT(2X,"ANOMALIA DE AIRE LIBRE")
DO 69 L=1,10
ANLA(L)=DELTG(L)+DHG(L)
WRITE(6,70)ANLA(L)
70 FORMAT(2X,F8.2,/)
69 CONTINUE
WRITE(6,72)
72 FORMAT(2X,"GRAFICA DE LA ANOMALIA DE AIRE LIBRE")
CALL GRAFI(ANLA,10,2,2)
c CALCULO DE LA ANOMALIA POR TERRENO
WRITE(6,85)
85 FORMAT(2X,"ANOMALIA POR TERRENO")
DO 87 I=1,10
ANLT(I)=BELTG(I)+CTRR(I)
WRITE(6,88) ANLT(I)
88 FORMAT(2X,F8.3,/)
87 CONTINUE
WRITE(6,89)
89 FORMAT(2X,"GRAFICA DE LA ANOMALIA POR TERRENO")
CALL GRAFI(ANLT,10,2,2)
c CALCULO DE LA ANOMALIA DE BOUGUER
c SIN LA CORRECCION POR TERRENO
WRITE(6,93)

```

DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMA CONVOLUCION 2



numero del programa: conv2
 tesis profesional presentada por
 Jiménez Méndez Juan

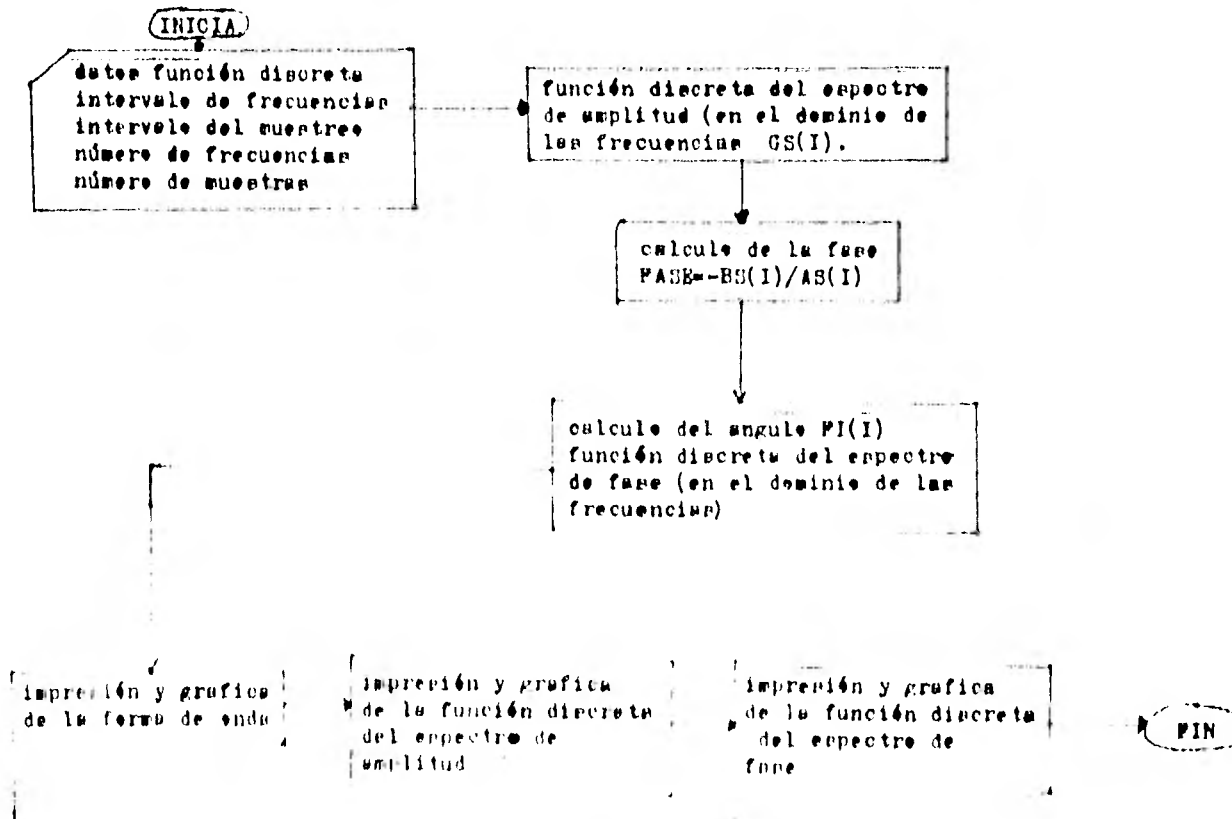
02

```

C* SUBROUTINA NECESARIAS
C* PRINTA
C* PROGRAMA PARA CALCULAR LA CONVOLUCION EN DOS DIMENSIONES
C* DESCRIPCION DE VARIABLES
C*
C* NRA=NUMERO DE RENGLONES DE LA MATRIZ A CONVOLUCIONAR
C* NCA=NUMERO DE COLUMNAS DE LA MATRIZ A CONVOLUCIONAR
C* NRA=NUMERO DE RENGLONES DEL OPERADOR
C* NCC=NUMERO DE COLUMNAS DEL OPERADOR
C*
C*
C* DIMENSION A(100,100),B(100,100),C(100,100)
C* WRITE(5,7)
7 FORMAT(2X,"DAME NRA NCA NRA NCC")
READ(5,1)NRA,NCA,NRR,NCC
1 FORMAT(4I2)
WRITE(6,8)
8 FORMAT(2X,"DAME A(I,J)")
DO 2 I=1,NRA
  READ(5,3) (A(I,J),J=1,NCA)
3 FORMAT(3F4.0)
2 CONTINUE
WRITE(6,9)
9 FORMAT(2X,"DAME B(I,J)")
DO 4 I=1,NRR
  READ(5,10) (B(I,J),J=1,NCC)
10 FORMAT(3F8.6)
4 CONTINUE
NRC=NRA+NRR-1
NCC=NCA+NCC-1
DO 12 IR=1,NRC
  DO 12 JC=1,NCC
    C(IR,JC)=0.0
12 CONTINUE
C* HACE LA CONVOLUCION
DO 13 I=1,NRA
  DO 13 K=1,NRR
    IR=I+K-1
    DO 13 J=1,NCA
      DO 13 L=1,NCC
        JC=J+L-1
        C(IR,JC)=C(IR,JC)+A(I,L)*B(K,J)
13 CONTINUE
CALL PRINTA(C,NRC,NCC,100,100)
CALL F311
END
SUBROUTINE PRINTA(A,NR,NC,NR1,NC1)
  DIMENSION A(NR,NC)
  NR1=NR1-1
  NC1=NC1-1
  DO 11 I=NR1,NR
    DO 11 J=NC1,NC
      PRINT *,A(I,J)
11 CONTINUE
END

```

DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMA POURIER
TRANSFORMADA DE POURIER EN UNA DIMENSION



nombre del programa:fourier
 tesis profesional presentada por
 Jiménez Méndez Juan

```

---
C*  CALCULO Y GRAFICAS DE LOS ESPECTROS DE AMPLITUD
C*  Y FASE DE UNA FUNCION O SENAL (U ONDA) DISCRETA
C*  G(I)
C*  AS(J) Y BS(J) PARTE REAL E IMAGINARIA DE LA TRANSFORMADA
C*  DE LA FUNCION G(I)
C*
C*  G(I)=FUNCION O SENAL (U ONDA) DISCRETA , EN EL DOMINIO
C*  DEL TIEMPO O EN EL DOMINIO DEL ESPACIO
C*  GS(J)=FUNCION DISCRETA DEL ESPECTRO DE AMPLITUD(EN EL
C*  DOMINIO DE LAS FRECUENCIAS)
C*  FI(J)=FUNCION DISCRETA DEL ESPECTRO DE FASE (EN EL
C*  DOMINIO DE LAS FRECUENCIAS)
C*  NN(I)=NUMERO DE ORDEN DE LA MUESTRA
C*  MM(J)=NUMERO DE ORDEN DE LA FRECUENCIA
C*  -----
C*  DATOS
C*  N=NUMERO DE MUESTRAS
C*  M=NUMERO DE FRECUENCIAS
E,
C*  AT=INTERVALO DEL MUESTREO
C*  AF=INTERVALO DE FRECUENCIAS
C*  G(I)=FUNCION DISCRETA
C*
C*  -----
C*  DIMENSION T(300),G(300),AS(300),BS(300)
C*  DIMENSION GS(300),MM(300),NN(300),FI(300)
C*  DIMENSION H(300),F(300)
C*
C*  LECTURA DE DATOS
C*  WRITE(6,31)
31  FORMAT(2X,'DAME N M AT AF')
    READ(5,30) N,M,AT,AF
30  FORMAT(2I3,2F5,3)
    WRITE(6,32)
32  FORMAT(2X,'DAME G(I)')
    READ(5,40)(G(I),I=1,N)
40  FORMAT(10F5,0)
    DO 20 J=1,M
      SUM1=0.0
E,
      SUM2=0.0
      MM(J)=J-1
      EME=MM(J)
      F(J)=AF*MM(J)
      DO 10 I=1,N
        NN(I)=I-1
        ENE=NN(I)
        T(I)=AT*NN(I)
        X=6.2832*EME*AF*ENE*AT
        SUM1=SUM1+G(I)*COS(X)
        SUM2=SUM2+G(I)*SIN(X)
10  CONTINUE
      AS(J)=SUM1

```

```

      BS(J)=SUM2
      GS(J)=SQRT(AS(J)**2+DS(J)**2)
      IF(AS(J).EQ.0) GO TO 6
C*
C*   CALCULO DE LA FASE
      FASE=-BS(J)/AS(J)
C*
      .
C*   CALCULO DEL ANGULO
C*
      GO TO 13
      6 IF(BS(J)) 7,8,9
      13 FI(J)=ATAN(FASE)
      GO TO 20
      7 FI(J)=4.7123809
      GO TO 20
      8 FI(J)=0.
      GO TO 20
      9 FI(J)=1.5707963
      20 CONTINUE
      WRITE(6,70)
      70 FORMAT(1H1,////,10X,'FUNCION DISCRETA DE LA FORMA DE ONDA',///)
      WRITE(6,50)(T(I),G(I),NN(I),I=1,N)
      50 FORMAT(10X,'G(',F5.3,')=',F10.4,5X,'N= ',I3)
      WRITE(6,90)
      90 FORMAT(1H1,///,10X,'GRAFICA DE LA FORMA DE ONDA',///)
C*
C*   LLAMAMOS A LA SUBROUTINA GRAFI

      CALL GRAFI (G,N,2)
      WRITE(6,00)
      80 FORMAT(1H1,////,10X,'FUNCION DISCRETA DEL ESPECTRO,
      * DE AMPLITUD',///)
      WRITE(6,60)(F(J),GS(J),MM(J),J=1,M)
      60 FORMAT(      ,//,10X,'GS(',F6.2,')=',F10.4,5X,'N= ',I3)
      WRITE(6,100)
      100 FORMAT(1H1,////,10X,'GRAFICA DEL ESPECTRO DE ,
      * AMPLITUD',///)
      CALL GRAFI(GS,H,2)
      WRITE(6,120)
      120 FORMAT(1H1,////,10X,'FUNCION DISCRETA DEL ,
      * ESPECTRO DE FASE',////)
      WRITE(6,130)(MM(J),FI(J),J=1,M)
      130 FORMAT(10X,'FI(',I3,')= ',F10.4)
      WRITE(6,110)
      110 FORMAT(1H1,///,10X,'GRAFICA DEL ESPECTRO DE FASE',///)
      CALL GRAFI(FI,H,2)
      CALL EXIT
      END

      SUBROUTINE GRAFI(X,N,ITIPO)
C*   SUBROUTINA PARA GRAFICAR POR IMPRESORA ARREGLOS
C*   UNIDIMENSIONALES
C*   X=ARREGLO QUE SERA GRAFICADO
C*   N=NUMERO DE ELEMENTOS DEL ARREGLO

```



```

C*   SI ITIPO=1;LOS DATOS POR GRAFICAR TIENEN EL RANGO(-1,1)
C*   SI ITIPO=2;LOS DATOS TIENEN CUALQUIER RANGO
C*-----
      DIMENSION X(1),ISAL(61),XX(13)
      DATA II,IAS,IBLNO/'I','*',' '
      IF(ITIPO-1)11,10,11
10   XMIN=-1.0
      XMAX=1.0
      GO TO 13
11   XMIN=X(1)
      XMAX=XMIN
      DO 12 I=1,N
      IF(X(I)-XMIN) 101,101,102
101  XMIN=X(I)
102  IF(X(I)-XMAX) 12,12,103

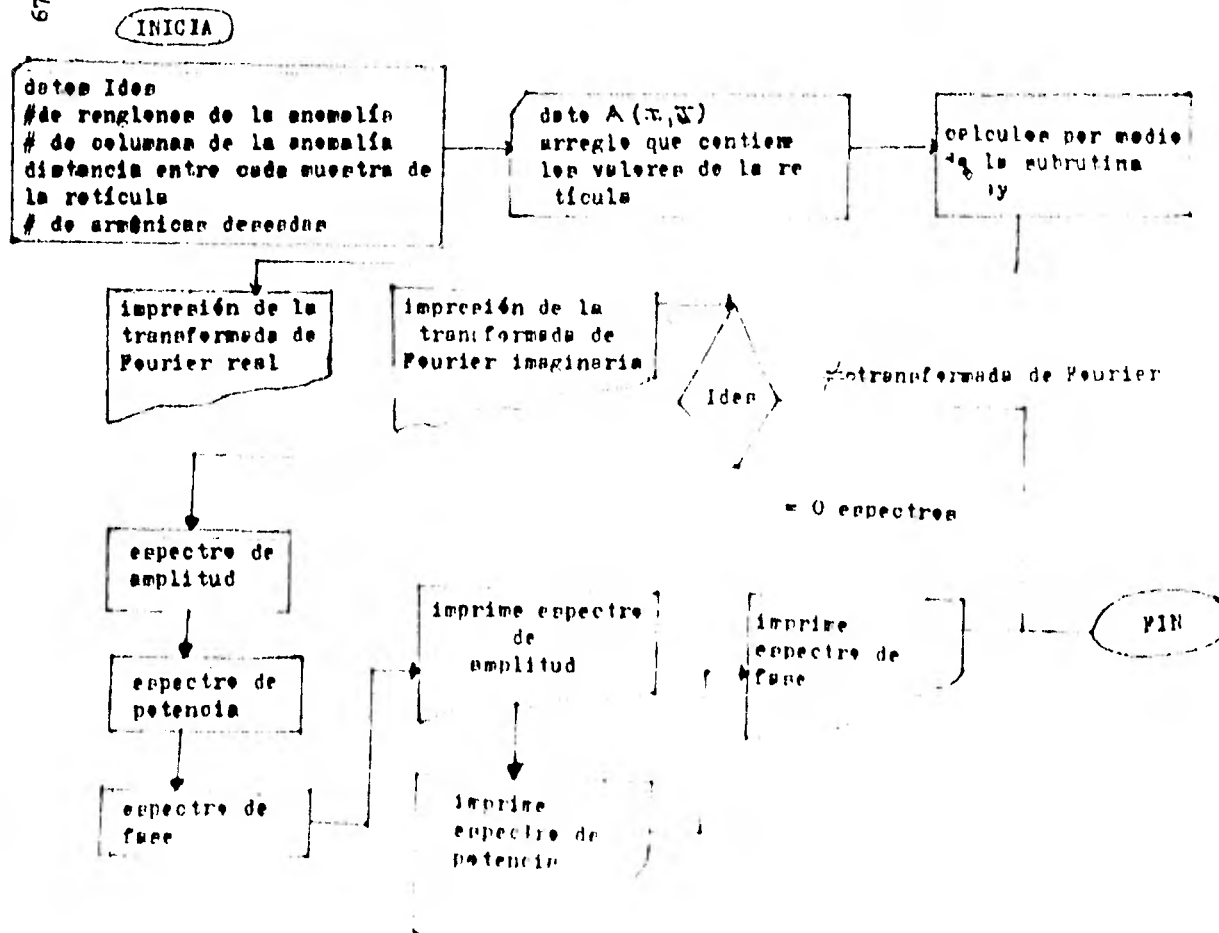
103  XMAX=X(I)
12   CONTINUE
      IF(ITIPO-3) 13,104,13
104  XMIN=2.3059*ALOG(XMIN)
      XMAX=2.3059*ALOG(XMAX)
13   DX=XMAX-XMIN
      XXX=XMIN
      DO 14 I=1,13
      XX(I)=XXX
      IF(ITIPO-3) 106,105,106
105  XX(I)=10.0**XXX
106  XXX=XXX+DX/12.0
14   CONTINUE
      WRITE(6,16) (XX(I),I=2,12,2)
16   FORMAT(36X,6F10.4)
      WRITE(6,17) (XX(I),I=1,13,2)
17   FORMAT(31X,7F10.4)
      WRITE(6,18)
18   FORMAT(38X,'+',I2 ('-----+'))
      DO 22 I=1,N

      DO 19 J=1,61
      ISAL(J)=IBLNO
19   CONTINUE
      DO 20 J=1,61,10
      ISAL(J)=11
20   CONTINUE
      XXX=X(I)
      IF(ITIPO 3) 111,110,111
110  XXX=2.3059*ALOG(XXX)
111  IX=IFIX((XXX-XMIN)*60.0/DX)+1.0
      ISAL(IX)=IAS
      WRITE(6,21) X(I),ISAL
21   FORMAT(26X,F10.4,61A1)
22   CONTINUE
      WRITE(6,18)
      WRITE(6,17) (XX(I),I=1,13,2)
      WRITE(6,16) (XX(I),I=2,12,2)
      RETURN
      END

```

DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMA DOBLE/FOURIER

67



nombre del programa: doble/fourier
 tesis profesional presentada por
 Jiménez Méndez Juan

```

C*   SUBRUTINAS NECESARIAS
C*   PRINTM
C*   ARRAY
C*   PROGRAMA PARA CALCULAR LA DOBLE TRANSFORMADA
C*   DE FOURIER
C*   FORMA DE USAR EL PROGRAMA
C*   DESCRIPCION DE LAS VARIABLES
C*   NR=NUMERO DE RENGLONES DE LA RETICULA DE ANOMALIA
C*   NC=NUMERO DE COLUMNAS DE LA RETICULA DE ANOMALIA
C*   INT=DISTANCIA ENTRE CADA MUESTRA DE LA RETICULA
C*   NHAR=NUMERO DE ARMONICAS DESEADAS
C*   SI IDES=0 , QUEREMOS LOS ESPECTROS
C*   SI IDES ES DIFERENTE DE 0 , CALCULA
C*   UNICAMENTE LA TRANSFORMADA DE FOURIER
E.
C*   DE LA RETICULA
C*   A(I,J)=ES EL ARREGLO QUE CONTIENE
C*   LOS VALORES DE LA RETICULA
C*
C*   DIMENSION TFR(100,100),A(100,100),DX(100,100)
C*   DIMENSION DY(100,100),TFI(100,100),EP(100,100)
C*   DIMENSION EA(100,100),EF(100,100)
C*   WRITE(6,20)
20  FORMAT(2X,'DAME NR NC INT NHAR IDES')
C*   READ(5,1) NR,NC,INT,NHAR,IDES
C*   1  FORMAT(5I5)
C*   WRITE(6,21)
21  FORMAT(2X,'DAME A(I,J)')
C*   DO 2 I=1,NR
C*   READ(5,3)(A(I,J),J=1,NC)
C*   3  FORMAT(3F8,6)
C*   2  CONTINUE
C*   CALL ARRAY(DX,DY,NR,NC,INT,100,100)
C*   DO 4 I=1,NHAR
E.
C*   DO 4 J=1,NR
C*   DO 4 K=1,NC
C*   TFR(J,K)=TFR(J,K)+A(J,K)*COS(FLOAT(I)*DX(J,K))
C*   **COS(FLOAT(I)*DY(J,K))
C*   TFI(J,K)=TFI(J,K)+A(J,K)*SIN(FLOAT(I)*DX(J,K))
C*   **SIN(FLOAT(I)*DY(J,K))
C*   4  CONTINUE
C*   DO 5 I=1,NR
C*   DO 5 J=1,NC
C*   TFI(I,J)=-TFI(I,J)
C*   5  CONTINUE
C*   WRITE(6,11)
11  FORMAT(2X,'TRANSFORMADA DE FOURIER REAL',///)
C*   CALL PRINTM(TFR,NR,NC,100,100)

```

```

WRITE(6,12)
12 FORMAT(2X,'TRANSFORMADA DE FOURIER IMAGINARIA',///)
CALL PRINTM(TFI,NR,NC,100,100)
IF(IDES)9,10,9
10 DO 6 I=1,NR
DO 6 J=1,NC
E.
EA(I,J)=SQRT(TFR(I,J)**2.+TFI(I,J)**2.)
EP(I,J)=EA(I,J)**2.
IF(TFR(I,J))7,8,7
7 EF(I,J)=ATAN(-TFI(I,J)/TFR(I,J));GO TO 6
8 EF(I,J)=1.57079634
6 CONTINUE
WRITE(6,13)
13 FORMAT(2X,'ESPECTRO DE AMPLITUD',///)
CALL PRINTM(EA,NR,NC,100,100)
WRITE(6,14)
14 FORMAT(2X,'ESPECTRO DE POTENCIA',///)
CALL PRINTM(EP,NR,NC,100,100)
WRITE(6,15)
15 FORMAT(2X,'ESPECTRO DE FASE',///)
CALL PRINTM(EF,NR,NC,100,100)
9 CALL EXIT
END
SUBROUTINE ARRAY(DX,DY,NY,NX,II,L1,M1)
DIMENSION DX(L1,M1),DY(L1,M1)
FF=FLOAT(II)
C.
DO 1 I=1,NY
DO 1 J=1,NX
DX(I,J)=(J-1.)*FF;DY(I,J)=(I-1.)*FF
1 CONTINUE
RETURN
END
C*
C*
C*
C*
C*
C*
SUBROUTINE PRINTM(A,N,IM,N1,M1)
DIMENSION A(N1,M1)
2 WRITE(6,2000)(I,I=1,IM)
DO 101 J=1,N
WRITE(6,2001)(J,(A(J,K),K=1,IM))
101 CONTINUE
2000 FORMAT(1H0,2X,5(9X,12))
2001 FORMAT(1H0,12,5(2X,F9.3))
E.
RETURN
END

```

nombre del programa:efent
tesis profesional presentada por
Jiménez Méndez Juan

```

01  SUBROUTINA METEORICA
02  PLOT
03  PROGRAMA PARA CONSTRUIR UN PERFIL DE ANOMALIA O UNA RECTA
04  LIGAMENTE PARALELA, DEBIDO AL EFECTO QUANTICO DE UNA LATERA
05  LOS VALORES DE LOS PARAMETROS EN UAL, EN GRADOS, O EN UAL
06  EL PERFIL ASI COMO LA RECTA SE CONSTRUYEN A TRAVES DEL CENTRO
07  DE LA ESFERA
08
09  DESCRIPCION DE VARIABLES
10  ITI=1 NOS INDICA SI CALCULAMOS UN PERFIL O UNA ANOMALIA
11  SI ITI=1,1, CALCULAMOS UN PERFIL
12  SI ITI=1,2, CALCULAMOS UNA ANOMALIA
13  ITI=1,3,3 NOS DA EL TIPO DE UNIDAD EN LOS ANGULOS, GRADOS
14  O EN UAL, DE LA RECTA EN METROS
15  DEM=1, DENSIDAD DE LA TIERRA EN G/CM3
16
17  CORD PERI
18  CORD=ARCO COS (COS LATITUD DONDE SE DEBE ANALIZAR LA
19  CONTRA EL ANGULO
20  CORD=PI/180 * CORD
21  CORD=CORD * 6370
22  CORD=CORD * 3.14159265359
23  CORD=CORD * 180
24
25  CORD PERI
26  CORD=ARCO COS (COS LATITUD DONDE SE DEBE ANALIZAR LA
27  CONTRA EL ANGULO
28  CORD=PI/180 * CORD
29  CORD=CORD * 6370
30  CORD=CORD * 3.14159265359
31  CORD=CORD * 180
32
33  CORD PERI
34  CORD=ARCO COS (COS LATITUD DONDE SE DEBE ANALIZAR LA
35  CONTRA EL ANGULO
36  CORD=PI/180 * CORD
37  CORD=CORD * 6370
38  CORD=CORD * 3.14159265359
39  CORD=CORD * 180
40
41  CORD PERI
42  CORD=ARCO COS (COS LATITUD DONDE SE DEBE ANALIZAR LA
43  CONTRA EL ANGULO
44  CORD=PI/180 * CORD
45  CORD=CORD * 6370
46  CORD=CORD * 3.14159265359
47  CORD=CORD * 180
48
49  CORD PERI
50  CORD=ARCO COS (COS LATITUD DONDE SE DEBE ANALIZAR LA
51  CONTRA EL ANGULO
52  CORD=PI/180 * CORD
53  CORD=CORD * 6370
54  CORD=CORD * 3.14159265359
55  CORD=CORD * 180
56
57  CORD PERI
58  CORD=ARCO COS (COS LATITUD DONDE SE DEBE ANALIZAR LA
59  CONTRA EL ANGULO
60  CORD=PI/180 * CORD
61  CORD=CORD * 6370
62  CORD=CORD * 3.14159265359
63  CORD=CORD * 180
64
65  CORD PERI
66  CORD=ARCO COS (COS LATITUD DONDE SE DEBE ANALIZAR LA
67  CONTRA EL ANGULO
68  CORD=PI/180 * CORD
69  CORD=CORD * 6370
70  CORD=CORD * 3.14159265359
71  CORD=CORD * 180
72
73  CORD PERI
74  CORD=ARCO COS (COS LATITUD DONDE SE DEBE ANALIZAR LA
75  CONTRA EL ANGULO
76  CORD=PI/180 * CORD
77  CORD=CORD * 6370
78  CORD=CORD * 3.14159265359
79  CORD=CORD * 180
80
81  CORD PERI
82  CORD=ARCO COS (COS LATITUD DONDE SE DEBE ANALIZAR LA
83  CONTRA EL ANGULO
84  CORD=PI/180 * CORD
85  CORD=CORD * 6370
86  CORD=CORD * 3.14159265359
87  CORD=CORD * 180
88
89  CORD PERI
90  CORD=ARCO COS (COS LATITUD DONDE SE DEBE ANALIZAR LA
91  CONTRA EL ANGULO
92  CORD=PI/180 * CORD
93  CORD=CORD * 6370
94  CORD=CORD * 3.14159265359
95  CORD=CORD * 180
96
97  CORD PERI
98  CORD=ARCO COS (COS LATITUD DONDE SE DEBE ANALIZAR LA
99  CONTRA EL ANGULO
100 CORD=PI/180 * CORD

```

```

      ROOT(I)=SQRT((XIZQ1(I))**2+T)
      AP(I)=((CON*PROF)/(ROOT(I)**3))*(100.0)
      IF(IUGMG-2)7,8,6
7     AP(I)=AP(I)*(10000.0)
      GO TO 6
8     AP(I)=AP(I)*(1000.0)
6     CONTINUE
      WRITE(6,44)
44    FORMAT(//,5X,"VALORES DE LA ATRACCION EN EL PERFIL ",//,
*10X,"DEBIDO A UNA ESFERA ENTERRADA",//)
      DO 17 I=1,NPUNT
      WRITE(6,18)I,AP(I)
18    FORMAT(///,20X,"AP(",I2,")= ",1PE16.6)
17    CONTINUE
      WRITE(6,9)
9     FORMAT(///,2X,"GRAFICA DEL PERFIL DEBIDO A UNA ESFERA",//)
      CALL PLOT(AP,NPUNT,2)
      GO TO 100
4     WRITE(6,38)
38    FORMAT("DAME NFX NPY YPART XPART DELTX DELTY PROF")
      READ(5,10) NFX,NPY,YPART,XPART,DELTX,DELTY,PROF
10    FORMAT(2I2,5F6.2)
      WRITE(6,20) NFX,NPY,YPART,XPART,DELTX,DELTY,PROF
20    FORMAT(20X,"NFX= ",I2,2X,"NPY= ",I2,2X,"YPART= ",F10.2
*,"XPART= ",F10.2,2X,"DELTX= ",F6.1,"DELTY= ",F6.1,"PROF= ",F6.1)
      DO 21 I=1,NPY
      DO 21 J=1,NPX
      DX(I,J)=XPART+(J-1.0)*DELTX
      DY(I,J)=YPART+(I-1.0)*DELTY
21    CONTINUE
      T=PROF**3
      DO 12 I=1,NPY
      DO 11 J=1,NPX
      AR(I,J)=((CON*PROF)/(SQRT(DX(I,J)**2+DY(I,J)**2+T))**3)*
* (100.0)
      GO TO (13,14,11),IUGMG
13    AR(I,J)=AR(I,J)*(10000.0)
      GO TO 11
14    AR(I,J)=AR(I,J)*(1000.0)
11    CONTINUE
12    CONTINUE
      WRITE(6,16)
16    FORMAT(///,2X,"VALORES DE LA ATRACCION DEBIDA A UNA ESFERA",//,
*15X,"ENTERRADA",//)
      CALL PRINTM(AR,NPY,NFX,100,100)
100   CONTINUE
      CALL EXIT
      END
      SUBROUTINE PLOT(X,N,ITIPO)
C*
C* SUBROUTINA PARA GRAFICAS POR IMPRESORA APLICANDO UNIDIMENSIONALIDAD
C* X=05 EL ASREGLO PUEDE SER GRAFICADO
C* SI ITIPO=1 LOS DATOS TIENEN EL RANGO DE 0,1,10
C* SI ITIPO=2, LOS DATOS TIENEN UNO OMBRE RANGO
C* SI ITIPO=3, SE GRAFICA EL LOGO DEL ASREGLO X
C* DIMENSION X(1),Y(1),X(2),Y(2)
C* DATA 11,1,ACT,1,1,10/1,"*","/
C* IS(ITIPO,1,0)11,10,11
10    XMIN=1.0
      XMAX=1.0
      GO TO 11

```

```

C* DETERMINAR EL MAXIMO Y EL MINIMO DE UN ARREGLO CUALQUIERA
11 XMIN=X(1)
   XMAX=XMIN
   DO 12 I=1,N
   IF(X(I)-XMIN)101,101,102
101 XMIN=X(I)
102 IF(X(I)-XMAX)12,12,103
103 XMAX=X(I)
   12 CONTINUE
   IF(ITIPO=3)13,104,13
104 XMIN=2.305586LOG(XMIN)
   XMAX=2.305586LOG(XMAX)
   13 DX=XMAX-XMIN
   XXX=XMIN
   DO 14 I=1,10
   XX(I)=XXX
   IF(ITIPO=5)106,105,106
105 XX(I)=10.0+XXX
106 XXX=XXX+DX/12.0
   14 CONTINUE
   WRITE(6,16) (XX(I),I=2,12)
16 FORMAT(3AX,AF10.4)
   WRITE(6,17) (XX(I),I=1,12)
17 FORMAT(3IX,7F10.4)
   WRITE(6,18)
18 FORMAT(3AX," ",12("----"))
   DO 22 I=1,N
   DO 19 J=1,M
   ICAL(J)=IBLNC
   19 CONTINUE
   XXX=X(I)
   IF(ITIPO=2)111,110,111
110 XXX=2.305586LOG(XXX)
111 IX=IFIX((XXX-XMIN)*60.0/70.0)+1.0
   ICAL(IX)=165
   WRITE(6,21) X(I),ICAL
   21 FORMAT(10X,1F20.10,7X,1A1)
   22 CONTINUE
   WRITE(7,199)
   RETURN
   END
SUBROUTINE FRONT(A,N,IM,M)
DIMENSION A(N,M)
2 WRITE(6,200) N,M,IM
DO 101 I=1,N
WRITE(7,201) (A(I,J),J=1,M)
101 CONTINUE
2000 FORMAT(10X,1F10.2X,12X)
2001 FORMAT(10X,1F10.2X,5X,7X)
RETURN
END

```

```

FILE 6(KIND=REMOTE,MAXRECSIZE=22)
C*
C*
C*
C*      nombre del programa:escipla
C*      tesis profesional presentada por
C*      Jiménez Méndez Juan
C*      SUBRUTINAS NECESARIAS
C*      PRINTM PLOT
C*
C*      -----
C*      PROGRAMA PARA CONSTRUIR UN PERFIL DE ANOMALIA O UNA
C*      RETICULA IGUALMENTE ESPACIADA
C*      DEBIDO AL EFECTO GRAVITATORIO DE:
C*      UNA ESFERA ENTERRADA
C*      UN CILINDRO ENTERRADO HORIZONTALMENTE
C*      UNA PLACA O FALLA VERTICAL
C*      -----
C*      DESCRIPCION DE LAS VARIABLES
C*      ITIPO1=NOS IMPLICA SI CALCULAREMOS
C*      UN PERFIL O UNA ANOMALIA
E.
C*      SI ITIPO1=1;CALCULAREMOS UN PERFIL
C*      SI ITIPO1=2;CALCULAREMOS UN MAPA
C*      IUGMG=NOS IMPLICA EL TIPO DE UNIDADES
C*      SI IUGMG=1;EL RESULTADO ESTARA DADO EN U.G.
C*      SI IUGMG=2;EL RESULTADO ESTARA DADO EN MILIGALS
C*      SI IUGMG=3;EL RESULTADO ESTARA DADO EN GALS
C*      ICUER=NOS IMPLICA EL CALCULO DEBIDO A UN CIERTO CUERPO
C*      SI ICUER=1;CALCULAMOS EL EFECTO DEBIDO A UNA ESFERA
C*      SI ICUER=2;CALCULAMOS EL EFECTO DEBIDO A UN CILINDRO HORIZ.
C*      SI ICUER=3;CALCULAMOS EL EFECTO DEBIDO A UNA PLACA
C*      RADIO=RADIO DEL CUERPO CONSIDERADO (METROS)
C*      DENSI=DENSIDAD DEL CUERPO (GRS/CM**3)
C*      PROF=PROFUNDIDAD DE LA SUPERFICIE AL CENTRO DEL CUERPO
C*      ESP=ESPESOR DE LA PLACA (METROS)
C*      -----
C*      CASO PERFIL
C*      -----
C*      XIZO=ABSCISA DONDE SE DESEA INICIAR LA CONSTRUCCION DEL PERFIL
C*      DELTX=ESPACIAMIENTO ENTRE LAS MUESTRAS DEL PERFIL (METROS)
C*      NPUNT=NUMERO DE PUNTOS DESEADOS EN EL PERFIL
E.
C*      -----
C*      CASO RETICULA O MAPA
C*      -----
C*      SE CONSTRUYE UNA MATRIZ (NPX),(NPY)
C*      XPART ASI COMO YPART SON LOS PUNTOS DE PARTIDA EN LA
C*      CONSTRUCCION DE LA RETICULA
C*      DELTX ASI COMO DELTY INTERVALOS PARA LAS MUESTRAS EN X E Y
C*      RESPECTIVAMENTE
C*      NPX=NUMERO DE COLUMNAS DE LA RETICULA
C*      NPY=NUMERO DE FILAS DE LA RETICULA
C*      -----
C*      CALCULOS
C*      DIMENSION KOO(100)
C*      DIMENSION AK(100),AR(100,100),ZIZO(100)
C*      DIMENSION DX(100,100),DY(100,100)
C*      DIMENSION W(100),ONE(100,100)

```



```

WRITE(6,9)
9 FORMAT(2X,'DAME ICUER ITIPO1 IUGMG')
READ(5,10)ICUER,ITIPO1,IUGMG
10 FORMAT(3I1)

WRITE(6,11)ICUER,ITIPO1,IUGMG
11 FORMAT(1H1,5X,'ICUER= ',I1,5X,'ITIPO1= ',I1,5X,'IUGMG= ',I1,/)
IF(ICUER-2)12,13,14
12 WRITE(6,15)
15 FORMAT(10X,'CASO ESFERA')
WRITE(6,16)
16 FORMAT(5X,'DAME RADIO DENSI')
READ(5,17)RADIO,DENSI
17 FORMAT(2F6,2)
WRITE(6,18) RADIO,DENSI
18 FORMAT(///,20X,'RADIO= ',F10,2,5X,'DENSIDAD= ',F4,1)
ANASA=4.160897*DENSI*(RADIO**3)
GAMMA=0.6667*(1./1000000,0)
CON=ANASA*GAMMA
IF(ITIPO1-2)19,20,20
19 WRITE(6,21)
21 FORMAT(5X,'CALCULO DEL PERFIL CASO ESFERA',/)
WRITE(6,22)
22 FORMAT(5X,'DAME XIZO PROF DELTA NFUNT')
READ(5,23)XIZO,PROF,DELTA,NFUNT

23 FORMAT(3F6,2,12)
T=PROF**2
XIZO1(1)=XIZO
DO 24 I=2,NFUNT,1
XIZO1(I)=XIZO1(I-1)+DELTA
24 CONTINUE
WRITE(6,25)
25 FORMAT(///,'DISTANCIA HORIZONTAL XIZO1(I)')
DO 26 I=1,NFUNT
WRITE(6,27)XIZO1(I)
27 FORMAT(//,F15,6)
28 CONTINUE
DO 28 I=1,NFUNT
ROOT(I)=SQRT((XIZO1(I))**2+T)
AP(I)=((CON*PROF)/((ROOT(I))**3))+100,0
IF(IUGMG-2)34,35,28
34 AP(I)=AP(I)*(1000,0)
GO TO 28
35 AP(I)=AP(I)*(1000,0)
29 CONTINUE

WRITE(6,29)
29 FORMAT(//,5X,'VALORES DE LA ATRACCION EN EL PERFIL',/,
/10X,'DEBIDO A UNA ESFERA ENTERRADA',/)
DO 30 I=1,NFUNT
WRITE(6,31)I,AP(I)
31 FORMAT(//,20X,'AP(',I2,')= ',F16,6)
30 CONTINUE
WRITE(6,32)
32 FORMAT(//,5X,'GRAFICA DEL PERFIL DEBIDO A LA ATRACCION',/,
/10X,'DE UNA ESFERA',/)
CALL PLOT(AP,NFUNT,2)

```

```

GO TO 100
20 WRITE(6,33)
33 FORMAT(//,5X,'CALCULO DE LA ANOMALIA CASO ESFERA',/)
WRITE(6,60)
60 FORMAT(4X,'DAME NPX,NPY,YPART,XPART,DELTX,DELTY,PROF')
READ(5,61)NPX,NPY,YPART,XPART,DELTX,DELTY,PROF
61 FORMAT(2I2,5F6,2)
WRITE(6,62)NPX,NPY,YPART,XPART,DELTX,DELTY,PROF
62 FORMAT(20X,'NPX= ',I2,5X,'NPY= ',I2,5X,'YPART= ',F10.2
*,///,5X,'XPART= ',F10.2,5X,'DELTX= ',F10.3,///,
*5X,'DELTY= ',F10.3,5X,'PROF= ',F10.2,///)
DO 63 I=1,NPY
DO 63 J=1,NPX
DX(I,J)=XPART+(J-1,0)*DELTX
DY(I,J)=YPART+(I-1,0)*DELTY
63 CONTINUE
T=PROF**2
DO 64 I=1,NPX
DO 65 J=1,NPY
AR(I,J)=((CON*PROF)/(SQRT(DX(I,J)**2+DY(I,J)**2+T))**3)*100.0
GO TO (66,67,65),IUGMG
66 AR(I,J)=AR(I,J)*10000.0
GO TO 65
67 AR(I,J)=AR(I,J)*1000.0
65 CONTINUE
64 CONTINUE
WRITE(6,68)
68 FORMAT(///,5X,'VALORES DE LA ATRACCION DEBIDA A UNA ESFERA',
*///,15X,'ENTERRADA',/)
CALL PRINTH(AR,NPY,NPX,100,100)
GO TO 100
C* -----
13 WRITE(6,39)
39 FORMAT(//,10X,'CASO CILINDRO HORIZONTAL',/)
WRITE(6,40)
40 FORMAT(5X,'DAME RADIO DENSI')
READ(5,41)RADIO,DENSI
41 FORMAT(2F6,2)
WRITE(6,42)RADIO,DENSI
42 FORMAT(///,20X,'RADIO= ',F10.2,5X,'DENSIDAD= ',F10.2,/)
ANASA=2.*3.1416978*DENSI*(RADIO**2)
GAMMA=0.6667*(1./10000000.0)
CON=ANASA*GAMMA
IF(IITIP01-2)43,44,44
43 WRITE(6,45)
45 FORMAT(5X,'CALCULO DEL PERFIL DEBIDO A LA ATRACCION',/,
*15X,'DE UN CILINDRO HORIZONTAL',/)
WRITE(6,46)
46 FORMAT(5X,'DAME XIZQ PROF DELTX NFUNT')
READ(5,47)XIZQ,PROF,DELTX,NFUNT
47 FORMAT(3F6,2,12)
T=PROF**2
XIZQ(1)=XIZQ
DO 48 I=2,NFUNT,1

```

```

XIZQ1(I)=XIZQ1(I-1)+DELTX
48 CONTINUE
WRITE(6,49)
49 FORMAT(/,10X,'DISTANCIA HORIZONTAL XIZQ1(I)')
DO 50 I=1,NPUNT
WRITE(6,51)XIZQ1(I)
51 FORMAT(/,F10.3)
50 CONTINUE
DO 52 I=1,NPUNT
ROOT(I)=((XIZQ1(I))**2+I)
AP(I)=((CON*PROF)/(ROOT(I)))*100.0
IF(IUGMG-2)53,54,52
53 AP(I)=AP(I)*10000.0
GO TO 52
54 AP(I)=AP(I)*1000.0

52 CONTINUE
WRITE(6,55)
55 FORMAT(/,5X,'VALORES DE LA ATRACCION EN EL PERFIL',/,
*15X,'DEBIDO A UN CILINDRO HORIZONTAL ENTERRADO',//)
DO 56 I=1,NPUNT
WRITE(6,57)I,AP(I)
57 FORMAT(/,20X,'AP(',I2,')= ',1PE13.6)
56 CONTINUE
WRITE(6,58)
58 FORMAT(/,5X,'GRAFICA DEL PERFIL DEBIDO A LA ATRACCION',
*//,10X,'PRODUCIDO POR UN CILINDRO HORIZ. ENTERRADO',//)
CALL PLOT(AP,NPUNT,2)
GO TO 100
44 WRITE(6,59)
59 FORMAT(/,5X,'CALCULO DE LA RETICULA CASO CILINDRO HORIZ')
WRITE(6,70)
70 FORMAT(4X,'DAME NFX,NFY,YPART,XPART,DELTX,DELT Y,PROF')
READ(5,71)NFX,NFY,YPART,XPART,DELTX,DELT Y,PROF
71 FORMAT(2I2,5F6.2)
WRITE(6,72)NFX,NFY,YPART,XPART,DELTX,DELT Y,PROF

72 FORMAT(20X,'NFX= ',I2,5X,'NFY= ',I2,5X,'YPART= ',F10.2,/,
*20X,'XPART= ',F10.2,5X,'DELTX= ',F10.2,5X,'DELT Y= ',F10.2
*//,20X,'PROF= ',F10.2,//)
DO 73 I=1,NFY
DO 73 J=1,NFX
IX(I,J)=XPART+(J-1.0)*DELTX
IY(I,J)=YPART+(I-1.0)*DELT Y
73 CONTINUE
T=PROF**2
DO 74 I=1,NFY
DO 75 J=1,NFX
GR(I,J)=((CON*PROF)/(IX(I,J)**2+IY(I,J)**2+T))*100.0

GO TO(76,77,75),IUGMG
76 GR(I,J)=GR(I,J)*10000.0
GO TO 75
77 GR(I,J)=GR(I,J)*1000.0
75 CONTINUE
74 CONTINUE
WRITE(6,70)

```

```

78 FORMAT(///,5X,'VALORES DE LA ATRACCION DEBIDA ',/,
  *10X,'A UN CILINDRO INHRIZONTAL',//)
  CALL PRINTH(AR,BPY,NPX,100,100)
  GO TO 100

```

C*

```

-----
14 WRITE(6,90)
80 FORMAT(//,10X,'CASO FALLA O PLACA')
  WRITE(6,81)
81 FORMAT(5X,'DAME ESP DENSI')
  READ(5,82)ESP,DENSI
82 FORMAT(2F6.2)
  WRITE(6,83)ESP,DENSI
83 FORMAT(//,20X,'ESPESOR= ',F10.2,//,20X,'DENSIDAD= ',F10.2)
  ANASA=2.*DENSI*ESP
  GAMMA=0.6667*(1./1000000.0)
  CON=ANASA*GAMMA
  PIEN2=3.1417/2.0
  IF(ITIPO1-2)84,85,85
84 WRITE(6,86)
86 FORMAT(5X,'CALCULO DEL PERFIL DE LOS VALORES ',/,
  *10X,'DE LA ATRACCION DE UNA FALLA',//)
  WRITE(6,87)
87 FORMAT(5X,'DAME XIZQ PROF DELTX NPUNT')
  READ(5,88)XIZQ,PROF,DELT, NPUNT
88 FORMAT(3F6.2,I2)
  XIZQ1(1)=XIZQ
  DO 89 I=2, NPUNT
    XIZQ1(I)=XIZQ1(I-1)+DELT
89 CONTINUE
  WRITE(6,90)
90 FORMAT(//,10X,'DISTANCIA HORIZONTAL XIZQ1(I)')
  DO 91 I=1, NPUNT
    WRITE(6,92) XIZQ1(I)
92 FORMAT(/,10X,F10.3)
91 CONTINUE
  DO 93 I=1, NPUNT
    W(I)=ATAN(XIZQ1(I)/PROF)
93 CONTINUE
  DO 94 I=1, NPUNT
    AP(I)=(CON*(PIEN2 * W(I)))*100.0

    IF(IUGMB-2)95,96,94
95 AP(I)=AP(I)*10000.0
    GO TO 94
96 AP(I)=AP(I)*1000.0
94 CONTINUE
  WRITE(6,97)
97 FORMAT(//,5CX,'VALORES DE LA ATRACCION EN EL PERFIL',/,
  *10X,'DEBIDO A UNA FALLA',//)
  DO 98 I=1, NPUNT
    WRITE(6,99)I,AP(I)
99 FORMAT(//,20X,'AP',I2,' = ',F15.3)
98 CONTINUE
  WRITE(6,101)
101 FORMAT(//,5X,'GRAFICA DEL COMPLEJOS DEBIDO A LA ATRACCION',/,
  *10X,'DE UNA FALLA')

```

```

      CALL PLOT(AP, NPUNT, 2)
      GO TO 100
    B5 WRITE(6,102)
102 FORMAT(/,5X,'CALCULO DE LA RETICULA CASO FALLA')
      WRITE(6,103)

103 FORMAT(5X,'DAME NPX,NPY,YPART,XPART,DELTX,DELTY,PROF')
      READ(5,104)NPX,NPY,YPART,XPART,DELTX,DELTY,PROF
104 FORMAT(2I2,5F6.2)
      WRITE(6,105)NPX,NPY,YPART,XPART,DELTX,DELTY,PROF
105 FORMAT(20X,'NPX= ',I2,5X,'NPY= ',I2,5X,'YPART= ',F10.2,/,
*20X,'XPART= ',F10.2,5X,'DELTX= ',F10.2,5X,'DELTY= ',F10.2,
*//,20X,'PROF= ',F10.2,/)
      DO 106 I=1,NPY
      DO 106 J=1,NPX
      DX(I,J)=XPART+(J-1.0)*DELTX
      DY(I,J)=YPART+(I-1.0)*DELTY
106 CONTINUE
      DO 107 I=1,NPY
      DO 108 J=1,NPX
      ONE(I,J)=ATAN(SQRT(DX(I,J)**2+DY(I,J)**2)/PROF)
      AR(I,J)=CON*(PIEN2-ONE(I,J))*100.0
      GO TO(109,110,108),IUGHG
109 AR(I,J)=AR(I,J)*10000.0
      GO TO 100
110 AR(I,J)=AR(I,J)*1000.0

108 CONTINUE
107 CONTINUE
      WRITE(6,111)
111 FORMAT(///,5X,'VALORES DE LA ATRACCION DEBIDA A UNA FALLA')
      CALL PRINTH(AR,NPY,NPX,100,100)
100 CONTINUE
      CALL EXIT
      END
      SUBROUTINE PLOT(X,N,ITIPO)
C7
C8 SUBROUTINA PARA GRAFICAR POR IMPRESORA ARREGLOS UNIDIMENSIONAL
C9 DES DEL ARREGLO QUE SERA GRAFICADO
C1 SI ITIPO=1, LOS DATOS TIENEN EL RANGO DE (-1.0)
C2 SI ITIPO=2, LOS DATOS TIENEN CUALQUIER RANGO
C3 SI ITIPO=3, SE GRAFICA EL TITULO DEL ARREGLO <
DIMENSION X(1),Y(1),Z(1),X(15)
DATA II, IAST, IENDC/'I', 'I', 'I'
IF (ITIPO=1.0) II, IO, I1
C10 IAIN=-1.0
      IMAZ=1.0

      GO TO 13
C11
C12 DETERMINAR EL MAXIMO Y EL MINIMO DE UN ARREGLO CUALQUIERA
C13 IAIN=X(1)
      IMAZ=Z(1)

```

```

      DO 12 I=1,N
      IF(X(I)-XMIN)101,101,102
101 XMIN=X(I)
102 IF(X(I)-XMAX)12,12,103
103 XMAX=X(I)
      IF CONTINUE
      IF(ITIPO-3)13,104,13
104 XMIN=2.3059*ALOG(XMIN)
      XMAX=2.3059*ALOG(XMAX)
      DX=XMAX-XMIN
      XXX=XMIN
      DO 14 I=1,13
      XX(I)=XXX
      IF(ITIPO-3)106,105,106
105 XX(I)=10.0*XXX

106 XXX=XXX+DX/12.0
14 CONTINUE
      WRITE(6,16) (XX(I),I=2,12,2)
16 FORMAT(36X,6F10.4)
      WRITE(6,17) (X(I),I=1,13,2)
17 FORMAT(31X,7F10.4)
      WRITE(6,18)
18 FORMAT(36X,'+',12('---+'))
      DO 22 I=1,N
      DO 19 J=1,61
      ISAL(J)=IBLNC
19 CONTINUE
      XXX=X(I)
      IF(ITIPO-3)111,110,111
110 XXX=2.3059*ALOG(XXX)
111 IX=IFIX((XXX-XMIN)*60.0/DX)+1.0
      ISAL(IX)=IAST
      WRITE(6,21) X(I),ISAL
21 FORMAT(10X,1PE20.10,7X,51A1)
22 CONTINUE

      WRITE(6,18)
      RETURN
      END
      SUBROUTINE PRINTH(A,B,IM,II,III)
      DIMENSION A(1,1),B(1,1)
2 WRITE(6,2000)(I,I=1,16)
      DO 101 J=1,11
      WRITE(6,2001)(I,CN(I),B(I,1),B(I,2))
101 CONTINUE
2000 FORMAT(1H0,22,10(2X,12))
2001 FORMAT(1H0,12,10(2X,72.3))
      RETURN
      END

```

```

FILE 5=DATOS9,UNIT=DISK,RECORD=14,BLOCKING=30
FILE 6(KIND=REMOTE,MAXRECSIZE=22)
C*
C*
C*      nombre del programa:filtro
C*      tesis profesional presentada por
C*      Jiménez Méndez Juan
DIMENSION OP9(100,100),CO9V(100,100)
DIMENSION OP20(100,100),CO20V(100,100),F5(100,100)
DIMENSION CFSV(100,100),OCCPA(100,100),COCCV(100,100)
DIMENSION V(100,100)
C*  V=ANOMALIA DE BOUGUER
C*  F5=FILTRO DE 25 PUNTOS
C*  OP20=OPERADOR DE SEGUNDA DERIVADA
C*  OCCPA=OPERADOR DE CONTINUACION DE CAMPO HACIA ARRIBA
C*  CONV2=SUBROUTINA CONVOLUCION EN DOS DIMENSIONES
C*  OP9=OPERADOR (FILTRO) DE 9 PUNTOS
C*  LECTURA DE LA MATRIZ DE LA ANOMALIA
WRITE(6,94)
94 FORMAT(2X,'MATRIZ DE LA ANOMALIA DE BOUGUER')
WRITE(6,23)
23 FORMAT(2X,'DAME V(I,J) UNA')
DO 40 I=1,16
READ(5,41)(V(I,J),J=1,8)
41 FORMAT(8F4.1)
40 CONTINUE
WRITE(6,42)
42 FORMAT(2X,'DAME V(I,J) DOS')
DO 43 I=1,16
READ(5,44)(V(I,J),J=9,16)
44 FORMAT(8F4.1)
43 CONTINUE
WRITE(6,45)
45 FORMAT(2X,'MATRIZ DE LA ANOMALIA DE BOUGUER')
DO 46 I=1,16
WRITE(6,47)(V(I,J),J=1,8)
47 FORMAT(////,6X,8F8.3)
46 CONTINUE
WRITE(6,48)
48 FORMAT(2X,////)
DO 49 I=1,16
WRITE(6,50)(V(I,J),J=9,16)
50 FORMAT(////,6X,8F8.3)
49 CONTINUE
C*
C*
C*
C*
C*
WRITE(6,29)
29 FORMAT(2X,'LECTURA DEL OPERADOR SEG. DER.')
```

```

C*  LECTURA DE LOS VALORES DEL OPERADOR DE SEGUNDA DERIVADA
      OP2D(1,1)=0.354
      OP2D(1,2)=-1.354
      OP2D(1,3)=0.354
      OP2D(2,1)=-1.354
      OP2D(2,2)=4.0
      OP2D(2,3)=-1.354
      OP2D(3,1)=0.354
      OP2D(3,2)=-1.354
      OP2D(3,3)=0.354
      WRITE(6,999)
999  FORMAT(/,2X,'MATRIZ CON LOS VALORES DEL OPERADOR DE SEGUNDA
      *DERIVADA')
      WRITE(6,777)((OP2D(M,I),I=1,3),M=1,3)
777  FORMAT(//,2X,3F10.2)
C*  CONVOLUCION DE LA ANOMALIA CON EL OPERADOR DE SEGUNDA
C*  DERIVADA
      CALL CONV2(0,16,16,OP2D,3,3,CO2DV,18,18)
      WRITE(6,95)
95   FORMAT('MATRIZ DE LA CONVOLUCION DE LOS VALORES DE
      *LA ANOMALIA CON EL OPERADOR DE SEGUNDA DERIVADA')
      WRITE(6,51)((CO2DV(M,N),N=1,9),M=1,18)
51   FORMAT(////,2X,9F8.3)
      WRITE(6,52)
52   FORMAT(2X,////)
      WRITE(6,53)((CO2DV(M,N),N=10,18),M=1,18)
53   FORMAT(////,2X,9F8.3)
C*
C*  LECTURA DEL FILTRO DE 25 PUNTOS
      WRITE(6,14)
14   FORMAT(2X,'MATRIZ CON LOS VALORES DEL FILTRO DE 25 PUNTOS')
      DO 1333 K=1,5
      DO 1333 L=1,5
1333  F5(K,L)=0.04
      WRITE(6,8013)((F5(K,L),L=1,5),K=1,5)
8013  FORMAT(//,30X,5F12.3)
C*
C*  CONVOLUCION DE LA ANOMALIA CON EL FILTRO DE 25 PUNTOS
      CALL CONV2(0,16,16,F5,5,5,CF5V,20,20)
      WRITE(6,8113)
8113  FORMAT(15X,'ESTA ES LA MATRIZ DE LA CONVOLUCION DE LOS
      *VALORES DE LA ANOMALIA CON EL FILTRO DE 25 PUNTOS')
      WRITE(6,54)((CF5V(M,I),I=1,10),M=1,20)
54   FORMAT(////,2X,10F8.3)
      WRITE(6,56)
56   FORMAT(2X,////)
      WRITE(6,55)((CF5V(M,I),I=11,20),M=1,20)
55   FORMAT(////,2X,10F8.3)
C*

```



```

C*  LECTURA DE LA MATRIZ DE CONTINUACION DE CAMPO
    OCCPA(1,1)=0.02208
    OCCPA(1,2)=-0.74169
    OCCPA(1,3)=0.02208
    OCCPA(2,1)=-0.74169
    OCCPA(2,2)=3.65472
    OCCPA(2,3)=-0.74169
    OCCPA(3,1)=0.02208
    OCCPA(3,2)=-0.74169
    OCCPA(3,3)=0.02208
    WRITE(6,8513)
8513 FORMAT(//,2X,"MATRIZ CON LOS VALORES DEL OPERADOR
*DE CONTINUACION DE CAMPO POTENCIAL HACIA ARRIBA")
    WRITE(6,8613)((OCCPA(M,L),L=1,3),M=1,3)
8613 FORMAT(//,15X,3F10.5)
C*
C*  CONVOLUCION DE LA ANOMALIA CON EL OPERADOR DE CONTINUACION
C*  ANALITICA DE CAMPO HACIA ARRIBA
    CALL CONV2(V,16,16,OCCPA,3,3,COCCV,18,18)
    WRITE(6,8713)
8713 FORMAT(///,2X,"CONVOLUCION DE LA ANOMALIA CON EL
*OPERADOR DE CONTINUACION DE CAMPO POTENCIAL")
    WRITE(6,60)((COCCV(K,L),L=1,9),K=1,18)
60 FORMAT(////,2X,9F8.3)
    WRITE(6,61)
61 FORMAT(2X,////)
    WRITE(6,62)((COCCV(K,L),L=10,18),K=1,13)
62 FORMAT(////,2X,9F8.3)
C*  LECTURA DE LA MATRIZ DE 9 PUNTOS
    OP9(1,1)=1./9.
    OP9(1,2)=1./9.
    OP9(1,3)=1./9.
    OP9(2,1)=1./9.
    OP9(2,2)=1./9.
    OP9(2,3)=1./9.
    OP9(3,1)=1./9.
    OP9(3,2)=1./9.
    OP9(3,3)=1./9.
    WRITE(6,63)
63 FORMAT(//,2X,"MATRIZ CON LOS VALORES DEL FILTRO DE 9 PUNTOS")
    WRITE(6,64)((OP9(I,J),J=1,3),I=1,3)
64 FORMAT(//,10X,3F15.9)
C*  CONVOLUCION DE LA ANOMALIA CON EL FILTRO DE 9 PUNTOS
    CALL CONV2(V,16,16,OP9,3,3,CO9V,18,18)
    WRITE(6,65)
65 FORMAT(////,2X,"CONVOLUCION DE LA ANOMALIA")
    WRITE(6,66)((CO9V(I,J),J=1,9),I=1,18)

```

```
66 FORMAT(////,2X,9F8.3)
WRITE(6,67)
67 FORMAT(2X,////)
WRITE(6,68)((CO9V(I,J),J=10,18),I=1,18)
68 FORMAT(////,2X,9F8.3)
CALL EXIT
END
SUBROUTINE CONV2(A,NRA,NCA,B,NRB,NCB,C,NRC,NCC)
DIMENSION A(100,100),B(100,100),C(100,100)
NRC=NRA+NRB-1
NCC=NCA+NCB-1
DO 1 IR=1,NRC
DO 1 JC=1,NCC
C(IR,JC)=0.0
1 CONTINUE
C* HACE LA CONVOLUCION
DO 2 I=1,NRA
DO 2 K=1,NRB
IR=I+K-1
DO 2 J=1,NCA
DO 2 L=1,NCB
JC=L+J-1
C(IR,JC)=C(IR,JC)+A(I,J)*B(K,L)
2 CONTINUE
RETURN
END
```

```

nombre del programa: derivada
tesis profesional presentada por
Jiménez Méndez Juan
-----
C*
C* CALCULO DE LA SEGUNDA DERIVADA DE LA COMPONENTE VERTICAL
C* DE LA GRAVEDAD METODO DE HENDERSON
C* DIMENSION B(100,100),SDER(100,100),FNTS9(100,100)
C* DATOS
C* B(I,J)=ANOMALIA DE BOUGUER
C* M=NUMERO DE RENGLONES
C* N=NUMERO DE COLUMNAS
C* R=ESPACIAMIENTO DE LA CUADRICULA
C* LECTURA DE DATOS
WRITE(6,19)
19 FORMAT(2X,"DAME DATOS N M R")
16 READ(5,1) N,M,R
1 FORMAT(2I3,F12.2)
IF(N)2,2,3
2 CALL EXIT
3 WRITE(6,18)
18 FORMAT(2X,"DAME B(I,J)")
READ(5,4)((B(I,J),J=1,8),I=1,16)
4 FORMAT(8F4,1)
WRITE(6,28)
28 FORMAT(2X,"DAME 2 B(I,J)")
READ(5,30)((B(I,J),J=9,16),I=1,16)
30 FORMAT(8F4,1)
WRITE(6,13)
13 FORMAT(2X,"MATRIZ DE LA ANOMALIA DE BOUGUER")
DO 22 I=1,16
WRITE(6,25)(B(I,J),J=1,8)
25 FORMAT(////,6X,8F8.3)
22 CONTINUE
WRITE(6,31)
31 FORMAT(2X,////)
DO 26 I=1,16
WRITE(6,27)(B(I,J),J=9,16)
27 FORMAT(////,6X,8F8.3)
26 CONTINUE
C*
WRITE(6,71)
71 FORMAT(///,2X,"PROGRAMA METODO DE HENDERSON")
N4=16
M4=16
C*
CALCULOS
N3=16
M3=16
N2=N
M2=M
N=N-2
M=M-2
DO 6 I=3,M
DO 6 J=3,M
B1=(B(I+1,J)+B(I-1,J)+B(I,J+1)+B(I,J-1))/4.
A1=B(I,J)-B1
B2=(B(I-1,J-1)+B(I+1,J-1)+B(I+1,J+1)
+B(I-1,J+1))/4.
A2=B(I,J)-B2
12 SDER(I,J)=(1./(3.*R**2.))*(8.*B(I,J)-4.*B1-4.*B2)
6 CONTINUE
WRITE(6,15)
15 FORMAT(2X,"MATRIZ DE SEG. DERIVADA DE HENDERSON",////)
WRITE(6,40)((SDER(I,J),J=3,8),I=3,14)
40 FORMAT(////,6X,6F8.3)
WRITE(6,41)
41 FORMAT(2X,////)
WRITE(6,42)((SDER(I,J),J=9,14),I=3,14)
42 FORMAT(////,6X,6F8.3)
C*
WRITE(6,24)
24 FORMAT(2X,"TERMINACION DE PROGRAMA HENDERSON")
C*
PROGRAMA DE ELKINS
C*

```

```

59 WRITE(6,59)
   FORMAT(////,2X,"PRINCIPIO DEL PROGRAMA DE ELKINS",////)
C*
C*
C*
C*
C*
C*
C*
C*
C*
C*
CALCULO DE LA SEGUNDA DERIVADA DE LA COMPONENTE VERTICAL
DE LA GRAVEDAD
METODO DE ELKINS
C*
CALCULOS
N=N2-2
M=M2-2
DO 8 I=3,M
DO 8 J=3,M
B1=(B(I,J-1))+B(I,J+1)+B(I-1,J)+B(I+1,J))/4.
A1=B(I,J)-B1
B2=(B(I-1,J-1))+B(I-1,J+1)+B(I+1,J+1)+B(I+1,J-1))/4.
A2=B(I,J)-B2
B3=(B(I-1,J-2))+B(I-2,J-1)+B(I-2,J+1)+B(I-1,J+2)+
*B(I+1,J+2))+B(I+2,J+1)+B(I+2,J-1)+B(I+1,J-2))/8.
A3=B(I,J)-B3
SDER(I,J)=(1./62.)*R*(44.*B(I,J)+16.*B1-12.*B2-48.*B3)
8 CONTINUE
WRITE(6,57)
57 FORMAT(2X,"MATRIZ DE SEG. DERIVADA DE ELKINS",////)
WRITE(6,43)((SDER(I,J),J=3,8),I=3,14)
43 FORMAT(////,6X,6F8.3)
WRITE(6,44)
44 FORMAT(2X,////)
WRITE(6,45)((SDER(I,J),J=9,14),I=3,14)
45 FORMAT(////,6X,6F8.3)
WRITE(6,58)
58 FORMAT(2X,"TERMINACION DEL PROGRAMA ELKINS")
C*
C*
C*
C*
C*
WRITE(6,64)
64 FORMAT(2X,"PRINCIPIO DEL PROGRAMA DE LOS NUEVE PUNTOS")
WRITE(6,65)
65 FORMAT(2X,////)
C*
C*
C*
C*
C*
CALCULO DEL RESIDUAL POR MEDIO DEL
METODO DE LOS NUEVE PUNTOS
C*
CALCULOS
N=N3-1
M=M3-1
DO 60 I=2,M
DO 60 J=2,N
PNTS9(I,J)=B(I,J)-(B(I,J)+B(I-1,J-1)+B(I-1,J)+B(I-1,J+1)+
*B(I,J+1)+B(I+1,J+1)+B(I+1,J)+B(I+1,J-1)+B(I,J-1))/9.
60 CONTINUE
WRITE(6,46)
46 FORMAT(2X,"MATRIZ DEL METODO DE 9 PUNTOS",///)
WRITE(6,47)((PNTS9(I,J),J=2,8),I=2,15)
47 FORMAT(////,6X,7F8.3)
WRITE(6,48)
48 FORMAT(2X,////)
WRITE(6,49)((PNTS9(I,J),J=9,15),I=2,15)
49 FORMAT(////,6X,7F8.3)
WRITE(6,63)
63 FORMAT(2X,"TERMINACION DEL PROGRAMA DE LOS NUEVE PUNTOS")
WRITE(6,60)

```

```

80 FORMAT(2X," PROGRAMA METODO DE OTTO ROSENBACH ")
C*  CALCULO DE LA SEGUNDA DERIVADA DE LA COMPONENTE
C*  VERTICAL DE LA GRAVEDAD
C*  METODO DE OTTO ROSENBACH
C*  CALCULOS
      N=N4-2
      M=M4-2
      DO 81 I=3,M
      DO 81 J=3,M
      B1=(B(I,J-1)+B(I,J+1)+B(I-1,J)+B(I+1,J))/1.0
      B2=(B(I-1,J-1)+B(I-1,J+1)+B(I+1,J+1)+B(I+1,J-1))/1.0
      B3=(B(I-1,J-2)+B(I-2,J-1)+B(I-2,J+1)+B(I-1,J+2)+
      *B(I+1,J+2)+B(I+2,J+1)+B(I+2,J-1)+B(I+1,J-2))/1.0
      SDER(I,J)=(1./(24.*R**2))*(96.*B(I,J)-
      *18.*B1-8.*B2+B3)
81  CONTINUE
      WRITE(6,B2)
82  FORMAT(2X," SEG. DERIVADA METODO OTTO ROSENBACH")
      WRITE(6,B3)((SDER(I,J),J=3,8),I=3,14)
83  FORMAT(////,6X,&F8.3)
      WRITE(6,B4)
84  FORMAT(2X,////)
      WRITE(6,B5)((SDER(I,J),J=9,14),I=3,14)
85  FORMAT(////,6X,&F8.3)
      WRITE(6,B6)
86  FORMAT(2X," TERMINACION DEL PROGRAMA")
      GO TO 16
      CALL EXIT
      END

```

nombre del programa: talbi
 tesis profesional presentada por
 Jiménez Méndez Juan

```

C* PROGRAMA PARA CALCULAR EL EFECTO GRAVITATORIO DE UN CUERPO
C* AL CUAL SE LE APROXIMA SU SECCION TRANSVERSAL POR UN POLIGONO
C* EL CUERPO ES INFINITO EN LA DIRECCION PERPENDICULAR A SU
C* SECCION.
C* PARA LA CONSTRUCCION DEL PERFIL SE TOMA COMO ORIGEN DE
C* COORDENADAS EL PUNTO DONDE SE DESEA INICIAR LA CONSTRUCCION
C* DEL PERFIL.
C* LOS RESULTADOS SE OBTIENEN EN U.G.
C*
C* DESCRIPCION DE VARIABLES
C* NUES=NUMERO DE MUESTRAS EN EL PERFIL
C* DENSI=DENSIDAD DEL CUERPO CONSIDERADO(GRS/CM**3)
C* LADOS=NUMERO DE VERTICES DEL POLIGONO
C* DELTA=ESPACIAMIENTO ENTRE LAS MUESTRAS DEL PERFIL(KM)
C* X(I),Z(I) VERTICES DEL POLIGONO(KM)
C* CALCULOS
DIMENSION X(500),Z(500),H(500),V(500),CONPH(500)
DIMENSION CONPV(500),A(500),FIF(500),FET(500),HET(500)
DIMENSION W(500),R(500),R(500)
WRITE(6,60)
  60 FORMAT(2X,'DAME NUES DELTA')
  READ(5,500)NUES,DELTA
5000 FORMAT(I3,F5.2)
  WRITE(6,61)
  61 FORMAT(2X,'DAME LADOS DENSI')
  READ(5,300)LADOS,DENSI
300 FORMAT(I3,F5.2)
  WRITE(6,62)
  62 FORMAT(2X,'DAME X(I)')
  READ(5,104)(X(I),I=1,LADOS)
  WRITE(6,63)
  63 FORMAT(2X,'DAME Z(I)')
  READ(5,100)(Z(I),I=1,LADOS)
100 FORMAT(10F5.0)
104 FORMAT(10F6.0)
  WRITE(6,64)
  64 FORMAT(2X,'NUES',5X,'DELTA')
  WRITE(6,65)NUES,DELTA
  65 FORMAT(27,2X,I3,5X,F12.6)
  WRITE(6,66)
  66 FORMAT(27,2X,'LADOS',5X,'DENSI')
  WRITE(6,67)LADOS,DENSI
  67 FORMAT(27,2X,I3,5X,F5.2)
  WRITE(6,68)
  68 FORMAT(277,5X,'DISTANCIA HORIZ( X(I) )',77)
  WRITE(6,69)(X(I),I=1,LADOS)
  69 FORMAT(27,2X,10F6.2)
  WRITE(6,70)
  70 FORMAT(277,5X,'PROFUNDIDAD Z(I)',77)
  WRITE(6,71)(Z(I),I=1,LADOS)
100 FORMAT(10,2X,10F6.0)
C*

```

```

C*   CALCULOS
C*-----
C*
C*
      JJ=LADOS+1
      X(JJ)=X(1)
      Z(JJ)=Z(1)
      PI=3.141592653589
      GAMMA=0.6667E-07
      CONST=2.*GAMMA*DENST
      ITER=1
7000 DO 101 I=1,LADOS
      IF(Z(I).EQ.0.0.AND.X(I).EQ.0.0)GO TO 2001
      IF(Z(I+1).EQ.0.0.AND.X(I+1).EQ.0.0)GO TO 2001
      IF(Z(I).EQ.0.0.OR.Z(I+1).EQ.0.0)GO TO 4030
      IF(X(I))26,29,23
28  IF(X(I+1))30,31,30
30  IF(Z(I)-Z(I+1))32,33,32
32  IF(X(I)-X(I+1))34,35,34
34  IF(X(I).EQ.Z(I))GO TO 2001
      IF(X(I+1).EQ.Z(I+1))GO TO 2001
      GO TO 2002
4030 IF(Z(I).EQ.0.0.AND.Z(I+1).EQ.0.0)GO TO 2001
      IF(Z(I).EQ.0.0.AND.Z(I+1).NE.0.0)GO TO 2001
      IF(Z(I).NE.0.0.AND.Z(I+1).EQ.0.0)GO TO 2002
7001 IF(X(I).EQ.X(I+1))GO TO 35
      GO TO 2002
7002 IF(X(I).EQ.X(I+1))GO TO 35
      GO TO 2002
C*
C*   CASO (A) X(I)=0,0
      W(I)=Z(I+1)-Z(I)
27  IF(Z(I).EQ.Z(I+1))GO TO 33
      IF(X(I).EQ.0.0.AND.X(I+1).EQ.0.0)GO TO 2001
      A(I)=X(I+1)*Z(I+1)+X(I)*Z(I)-(Z(I)-Z(I+1))
      IF(X(I+1).EQ.0.0)GO TO 31
      F(I)=ATAN2(W(I),Z(I+1))
      IF(TET1(I).EQ.F(I))GO TO 2001
      TET1(I)=ATAN2(Z(I+1),X(I+1))
      V(I)=(A(I)*SIN(F(I))+COS(F(I))-F(I))
      *PI/2.01TAN(ATAN2(W(I),X(I+1)))+ALOG(COS
      *(TET1(I))*(TAN(ATAN2(Z(I+1),X(I+1))-TAN(ATAN2(
      *W(I),X(I+1)))))*CONST
      H(I)=(A(I)*SIN(F(I))+COS(F(I)))+
      *(TAN(ATAN2(W(I))),
      *X(I+1))+ALOG(COS(TET1(I))+TAN(ATAN2(
      *Z(I+1),X(I+1))-TAN(ATAN2(
      *W(I),X(I+1)))))*CONST
      GO TO 101
C*
C*   CASO (P) X(I+1)=0,0
31  IF(Z(I).EQ.Z(I+1))GO TO 33
      IF(X(I).EQ.0.0.AND.X(I+1).EQ.0.0)GO TO 2001
      B(I)=Z(I)-Z(I+1)
      A(I)=Z(I+1)+X(I)/B(I)
      F(I)=ATAN2(B(I),X(I))
      TET1(I)=ATAN2(Z(I),X(I))

```

```

      V(I)=(A(I)*SIN(FIF(I))*COS(FIF(I))-H(I)-PI/2.0
      *TAN(ATAN2(D(I),X(I))*ALOG(COS(TET(I))*TAN(ATAN2
      *(Z(I),X(I))-TAN(ATAN2(D(I),X(I)))))))*CONST
C*
      H(I)=-(A(I)*SIN(FIF(I))*COS(FIF(I))*
      *(TAN(ATAN2(D(I),X(I))*TET(I)-PI/
      *2.0)-ALOG(COS(TET(I))*TAN(ATAN2(Z(I),
      *X(I))-TAN(ATAN2(D(I),X(I)))))))*CONST
      GO TO 101
C*
C*      CASO (C) Z(I)=Z(I+1)
33 TET(I)=ATAN2(Z(I),X(I))
      TET(I+1)=ATAN2(Z(I+1),X(I+1))
C*      PUEDE OCURRIR EL CASO (C) H(I)=H(I+1)
C*
      IF(TET(I).EQ.TET(I+1))GO TO 2001
      V(I)=(Z(I)*TET(I)-TET(I+1))*CONST
      H(I)=(Z(I)*ALOG(SIN(TET(I))/SIN(TET(I+1))))*CONST
      GO TO 101
C*
C*      CASO (D) X(I+1)=X(I)
35 TET(I)=ATAN2(Z(I),X(I))
      TET(I+1)=ATAN2(Z(I+1),X(I+1))
C*
C*      PUEDE OCURRIR EL CASO (D) H(I)=H(I+1)
      IF(TET(I).EQ.TET(I+1))GO TO 2001
      V(I)=(X(I)*ALOG(COS(TET(I))/COS(TET(I+1))))*CONST
      H(I)=(X(I)*TET(I)-TET(I+1))*CONST
      GO TO 101
C*
C*      CASO (E) X(I)=Z(I)
C*      CASO (F) Z(I+1)=Z(I+1)
2001 H(I)=0.0
      V(I)=0.0
      GO TO 101
C*
C*      CASO GENERAL
2002 TET(I)=ATAN2(Z(I),X(I))
      TET(I+1)=ATAN2(Z(I+1),X(I+1))
      W(I)=Z(I+1)-Z(I)
      D(I)=X(I+1)-X(I)
      * PUEDE OCURRIR EL CASO (E) H(I)=H(I+1)
      IF(TET(I).EQ.TET(I+1))GO TO 2001
      A(I)=(TET(I)-TET(I+1))*CONST
      B(I)=ATAN2(D(I),W(I))*CONST
      IF(TET(I).EQ.B(I))GO TO 2001
      V(I)=(A(I)*SIN(B(I))*COS(B(I))-H(I)-PI/2.0
      *TAN(ATAN2(D(I),W(I))*ALOG(COS(TET(I))*TAN(ATAN2
      *(Z(I),X(I))-TAN(ATAN2(D(I),W(I)))))))*CONST
      H(I)=(A(I)*SIN(B(I))*COS(B(I))-H(I)-PI/2.0
      *TAN(ATAN2(D(I),W(I))*ALOG(COS(TET(I))*TAN(ATAN2
      *(Z(I),X(I))-TAN(ATAN2(D(I),W(I)))))))*CONST

```



```

      XTAN(FIF(I))))))RCURST
101 CONTINUE
      L=ITER
      DO 102 I=1,LADOS
        V(I)=V(I)*( .10000E+10)
        H(I)=H(I)*( .10000E+10)
102 CONTINUE
      COMPH(L)=0.0
      COMPV(L)=0.0
      DO 103 I=1,LADOS
        COMPH(L)=COMPH(L)+H(I)
        COMPV(L)=COMPV(L)+V(I)
103 CONTINUE
      DO 1500 I=1,LADOS
        H(I)=0.0
        V(I)=0.0
        TET(I)=0.0
        TET1(I)=0.0
        FIF(I)=0.0
        A(I)=0.0
4500 CONTINUE
      IF(ITER.EQ.NUES)GO TO 4000
      ITER=ITER+1
      DO 2315 I=1,LADOS
        X(I)=X(I)-DELTA
2315 CONTINUE
      X(1)=Y(1)
      GO TO 3000
4000 WRITE(6,71)
      71 FORMAT(//,20X,'COMP HORIZ',7X,'COMP VERT',2)
      DO 3795 I=1,NUES
3795 WRITE(6,3799)I,COMPH(I)+1,COMPV(I)
3799 FORMAT(20X,'H(',13,')= ',F12.5)
      1' V(',13,')= ',F12.5)
      WRITE(6,4503)
4503 FORMAT(//,5X,'GRAFICA DE LA PROFUNDIDAD',2)
      CALL PLOT(7,LADOS,2)
      WRITE(6,4501)
4501 FORMAT(//,5X,'GRAFICA DE LA COMPONENTE HORIZ',2)
      CALL PLOT(COMPH,NUES,2)
      WRITE(6,4502)
4502 FORMAT(//,5X,'GRAFICA DE LA COMPONENTE VERT',2)
      CALL PLOT(COMPV,NUES,2)
      CALL I=11
      END
      SUBROUTINE I1000 (L,N)
01
02
03
04
05
06
07
08
09
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

```

10 XMIN=-1.0
   XMAX=1.0
   GO TO 13
C*
C* DETERMINAR EL MAXIMO Y EL MINIMO DE UN ARREGLO CUALQUIERA
11 XMIN=X(1)
   XMAX=XMIN
   DO 12 I=1,N
     IF(X(I)-XMIN)101,101,102
101 XMIN=X(I)
102 IF(X(I)-XMAX)12,12,103
103 XMAX=X(I)
12 CONTINUE
   IF(ITIPO-3)13,104,13
104 XMIN=2.3059*ALOG(XMIN)
   XMAX=2.3059*ALOG(XMAX)
13 DX=XMAX-XMIN
   XXX=XMIN
   DO 14 I=1,13
     XX(I)=XXX
     IF(ITIPO-3)106,105,106
105 XX(I)=10.0**XXX
106 XXX=XXX+DX/12.0
14 CONTINUE
   WRITE(6,16) (XX(I),I=2,12,2)
16 FORMAT(36X,6F10.4)
   WRITE(6,17) (X(I),I=1,13,2)
17 FORMAT(31X,7F10.4)
   WRITE(6,18) -
18 FORMAT(36X,'+',12(' - '))
   DO 22 I=1,N
     DO 19 J=1,61
       ISAL(J)=IBLNC
19 CONTINUE
     XXX=X(I)
     IF(ITIPO-3)111,110,111
110 XXX=2.3059*ALOG(XXX)
111 IX=IFIX((XXX-XMIN)*50.0/DX)+1.0
     ISAL(IX)=IASI
     WRITE(6,21) X(I),ISAL
21 FORMAT(10X,1PE10.10,'X',61A1)
22 CONTINUE
   WRITE(6,10)
   RETURN
END

```

nombre del programa: subrutinas para los programas fuente
 tesis profesional presentada por
 Jiménez Méndez Juan

```

SUBROUTINE AMULT(A,B,C,L,N,M,NA,MA,NB,MB,NC,MC)
* SIRVE PARA MULTIPLICAR DOS MATRICES
DIMENSION A(NA,MA),B(NB,MB),C(NC,MC)
DO 1 I=1,L
DO 2 J=1,M
C(I,J)=0.0
DO 3 K=1,N
C(I,J)=C(I,J)+A(I,K)*B(K,J)
3 CONTINUE
2 CONTINUE
1 CONTINUE
RETURN
END

```

```

C*
C*
SUBROUTINE FIND(Z,N5,N6,XMAX)
C* DETERMINA EL MAXIMO DE UN ARREGLO MATRICIAL
DIMENSION Z(N5,N6)
XMAX=Z(1,1)
DO 1 I=1,N5
DO 1 J=1,N6
YT=Z(I,J)
IF(YT.GT.XMAX)XMAX=YT
1 CONTINUE
RETURN
END

```

```

C*
C*
C*
SUBROUTINE CONVO(A,N,B,M,C,L)
C* N=NUMERO DE ELEMENTOS DEL PERFIL A CONVOLUCIONAR
C* M=NUMERO DE ELEMENTOS DEL OPERADOR
DIMENSION A(100),B(100),C(100)
L=N+M-1
DO 1 I=1,L
C(I)=0.0
1 CONTINUE
C* HACE LA CONVOLUCION
DO 2 I=1,N
DO 2 J=1,M
K=I+J-1
C(K)=C(K)+A(I)*B(J)
2 CONTINUE
RETURN
END

```

```

C*
C*
C*

```

```

C*
SUBROUTINE DINTER(D,X,Y,NR,NC,DLTX,DLTY,MM,RESULT)
DIMENSION D(NR,NC),X(NR,NC),Y(NR,NC),E(60,60)
RESULT=0.0
GO TO (1,2,3),MM
1 CALL AMULT(D,X,E,NR,NC,NC,NR,NC,NR,NC,NR,NC)
GO TO 4
2 CALL AMULT(D,Y,E,NR,NC,NC,NR,NC,NR,NC,NR,NC)
4 DO 5 I=1,NR
DO 5 J=1,NC
D(I,J)=E(I,J)
5 CONTINUE
3 DELT=DLTX*DLTY/4.0
IL=1
IM=2
IT=1
IN=2
DO 6 I=1,NR-1
DO 7 L=1,NC-1
DO 8 J=IL,IM
DO 8 K=IT,IN
RESULT=RESULT+D(J,K)
8 CONTINUE
IL=IL+1
IM=IM+1
7 CONTINUE
IL=1
IM=2
IT=IT+1
IN=IN+1
6 CONTINUE
RETURN
END

```

C*

C*

C*

C*

```

SUBROUTINE GRAF2(X,N,Y,XMAX,XMIN)
DIMENSION X(N),Y(N),IOUT(100),XX(13)
DATA II,ISTAR,IPUNK/'I','*','/'
DX=XMAX-XMIN
XXX=XMIN
DO 101 I=1,13
XX(I)=XXX
XXX=XXX+DX/12.0
101 CONTINUE
WRITE(6,2002)
WRITE(6,2001)(XX(I),I=1,13,2)
WRITE(6,2000)(XX(I),I=2,12,2)
DO 102 I=1,N
DO 103 J=1,100
IOUT(J)=I+I*NN
103 CONTINUE
/XX=X(1)

```

```

      YYY=Y(I)
      IX=IFIX((XXX-XMIN)*99.0/DX)+1
      IY=IFIX((YYY-XMIN)*99.0/DX)+1
      IOUT(IY)=II ; IOUT(IX)=ISTAR
      WRITE(6,2003)X(I), IOUT, Y(I)
102  CONTINUE
2000  FORMAT(16X,6(5X,F10.4))
2001  FORMAT(11X,7(5X,F10.4))
2003  FORMAT(1X,F10.4,100A1,F10.4)
2002  FORMAT(11X,'I',10('-----I'))
      RETURN
      END
C*
C*
C*
C*
      SUBROUTINE DINTEG(F,N,ZF,FO)
      DIMENSION F(N),ZF(N)
      TO=0.0
      FO=0.0
      M=N-3
      L=MOD(M,2)
      IF(L)2,2,3
2   M=(M+1)/2
      GO TO 5
3   M=(M+1)/2
5   DO 1 I=1,M,2
      FO=FO+(1.0/6.0)*((3.*ZF(I+1)-ZF(I+2))-2.*ZF(I)
      *(ZF(I)-ZF(I+2))/(ZF(I)-ZF(I+1))+F(I+1)
      *(ZF(I)-ZF(I+2))*3/(ZF(I+1)-ZF(I+2))
      *(ZF(I+1)-ZF(I)))
      TO=TO+(1./6.)*(F(I+2)*(3.*ZF(I+1)-
      *ZF(I)-2.*ZF(I+2))*(ZF(I)-ZF(I+2))/
      *(ZF(I+2)-ZF(I+1)))
1   CONTINUE
      FO=FO+TO
      IF(L)4,4,6
6   XAMAX=AMAX1(ZF(N),ZF(N-1))
      XAMIN=AMIN1(ZF(N),ZF(N-1))
      DIF=XAMAX-XAMIN
      T=XAMIN*(ZF(N)-ZF(N-1))+((DIF/2.)*
      *(ZF(N)-ZF(N-1)))
      FO=FO+T
4   RETURN
      END
C*
C*
C*
      SUBROUTINE EXCESS(A,NR,NC,FO,YE,ZE,DELTX,DELT,Y,RESULT)
C*  SUBROUTINA PARA CALCULAR EL EXCESO DE MASA, DADO POR UN
C*  PLANO DE ANOMALIA RESIDUAL EN U.G.
C*
C*  DESCRIPCION DE LAS VARIABLES
C*  A=ARREGLO QUE CONTIENE LOS VALORES DE ANOMALIA
C*  NR=NUMERO DE BENGIONES DEL ARREGLO A

```

```

C* NC=NUMERO DE COLUMNAS DEL ARREGLO A
C* DELTX=ESPACIAMIENTO DEN X DE LOS VALORES DE A
C* DELTY=ESPACIAMIENTO EN Y DE LOS VALORES DE A
C* EQ=MITAD DE LA DISTANCIA EN X DE LOS VALORES DE A
C* (PLANO DE ANOMALIA)
C* YE=MITAD DE LA DISTANCIA EN Y DE A (PLANO DE ANOMALIA)
C* ZE=PROFUNDIDAD CALCULADA DEL CENTRO DE MASA
C*
C* LOS DATOS DE ENTRADA PARA LAS DISTANCIAS DEBEN EN
C* METROS ,LOS RESULTADOS ESTAN EN TONELADAS METRICAS
C*

```

```

DIMENSION A(NR,NC)
DELT=DELT*DELT/4.0
GAMMA=0.6667E-07
TOF=0.0
T=ATAN((EQ*YE)/(ZE*SQRT(EQ**2+YE**2)))
DO 1 I=1,NR
DO 1 J=1,NC
TOF=TOF+A(I,J)
1 CONTINUE
RESULT=TOF/(4.0*GAMMA*T)
WRITE(6,2)
2 FORMAT(10X,'TOF',10X,'RESULT',///)
WRITE(6,3)TOF,RESULT
3 FORMAT(10X,F15.5,10X,F15.5)
RETURN
END

```

```

C*
C*
C*
C*
C*

```

```

SUBROUTINE TALWA3(X,Y,Z,MM,NA,DENST,VV)
DIMENSION X(100,100),Y(100,100),Z(100)
DIMENSION MM(100),DENST(100),E(100),G(100)
DIMENSION V(100)
GAMMA=0.6667E-07
DO 1 I=1,NA
DO 2 J=1,MM(I)
E(J)=X(J,I)
G(J)=Y(J,I)
2 CONTINUE
JI=MM(I)+1
E(JI)=E(1)
G(JI)=G(1)
V(I)=0.0
DO 3 L=1,MM(I)
D=SQRT((E(L)-E(L+1))**2+(G(L)-G(L+1))**2)
R3=SQRT(E(L)**2+G(L)**2)
R4=SQRT(E(L+1)**2+G(L+1)**2)
T=R3/R4
GI=(G(L+1)*E(L)-E(L+1)*G(L))/T
T1=D/R4
FI=((G(L)-G(L+1))*G(L+1)+(E(L)-E(L+1))*E(L+1))/T1
T2=D/R3
QI=((G(L)-G(L+1))*G(L)+(E(L)-E(L+1))*E(L))/T2
PI=((E(L)-E(L+1))*G(L)-(G(L)-G(L+1))*E(L))/D
IF(PI)4,5,5

```

```

4 S=-1,0
  GO TO 7
5 S=1,0
7 IF(G1)8,9,9
8 W=-1,0
  GO TO 10
9 W=1,0
10 RPZ=SQRT(FI**2+Z(I)**2)
  V(I)=V(I)+W*ARCOS((E(L)*E(L+1)+G(L)*G(L+1))/
  *(R3*R4))-ARSIN(Z(I)*QI
  **S/RPZ)+ARSIN(Z(I)*FI*S/RPZ)
3 CONTINUE
  V(I)=V(I)*CONST*0.10E+10
1 CONTINUE
  CALL DINTEG(V,NA,Z,RR)
  VV=RR
  RETURN
  END
C*
C*
C*
  SUBROUTINE DERIVA(YI,DF,NP,RES)
  DIMENSION YI(NP)
C*  SUBROUTINA QUE DERIVA NUMERICAMENTE POR EL METODO
C*  DE SEGUNDAS DIFERENCIAS CENTRALES
  RES=YI(1)-8.*YI(2)+8.*YI(4)-YI(5)
  RES=RES/(12.0*DF)
  RETURN
  END
C*
C*
C*
  SUBROUTINE TICKNS(AP,TP,DP,IJ,JK,K1,L1,SIG,DEF)
  DIMENSION AP(IJ,JK),TP(IJ,JK),DP(IJ,JK)
C*  FORMA UN ARREGLO CON ESPESORES A PARTIR DE LA
C*  ANOMALIA , SE USA LA FORMULA DE LA LOSA
  CON=238.99976*SIG
  DO 1 I=1,JK
  DO 1 J=1,IJ
  TP(I,J)=CON*AP(I,J)
  DP(I,J)=DEF-TP(I,J)
1 CONTINUE
  RETURN
  END
C*
C*
C*
C*
  SUBROUTINE ARRAY1(ALX,ALY,NR,NC,AR,NX,NY,TT)
  DIMENSION ALX(NR,NC),ALY(NR,NC),AR(NR,NC)
C*  FORMA UN ARREGLO CON DISTANCIAS A PARTIR DE UN PUNTO
C*  QUE SE ENCUENTRA SOBRE UN PLANO A PUNTOS QUE SE
C*  ENCUENTRAN EN OTRO PLANO.
  AT=TT**2
  DO 1 I=1,NR
  DO 1 J=1,NC

```

```

1 AR(I,J)=0.0
  DO 2 K=1,NR
    DO 2 L=1,NC
      APR=((ALX(NX,NY)-ALX(K,L))**2+(ALY(NX,NY)+ALY(K,L))**2)
      AR(K,L)=SQRT(APR+AT)
2 CONTINUE
  RETURN
  END

C*
C*
C*
C*
  SUBROUTINE FOUND(CO,NGR,SOL)
C*
C* DETERMINA LAS N RAICES DE UN POLINOMIO DE GRADO
C* N POR EL METODO DE NEWTON RAPHSON
C*
  KM=NGR+1
  N=1
  MM=1
  NH=KH
  NR=NGR
  DO 1 I=1,NGR
1 SOL(I)=1.0
  X=1.0
  4 DER=0.0
  FUN=0.0
  DO 2 I=1,NH
2 FUN=FUN+CO(I)*X**(I-1)
  DO 3 I=1,NH-1
3 DER=DER+(CO(I+1)*X**(I-1))*I
  XNUEVA=X*FUN/DER
  IF(ABS(X-XNUEVA).LT.1.E-6.OR.N.GT.30)GO TO 5
  N=N+1
  X=XNUEVA
  GO TO 4
5 SOL(MM)=XNUEVA
  DO 6 I=1,NH
6 COP(I)=CO(NR+2-I)
  CO(1)=COP(1)
  DO 7 I=2,NH
  A1=COP(I-1)
  A1=COP(I)+A1*XNUEVA
  COP(I)=A1
7 CONTINUE
  NH=NH-1
  NR=NR-1
  IF(MM.GT.NGR)RETURN
  MM=MM+1
  N=1
  DO 8 I=1,NH
8 CO(I)=COP(NR+2-I)
  X=XNUEVA/3.0
  GO TO 4
  RETURN
  END
  SUBROUTINE PLOT(X,N,TTIPO)
C*

```



```

C* SUBROUTINA PARA GRAFICAR POR IMPRESORA ARREGLOS UNIDIMENSION
C* X=ES EL ARREGLO QUE SERA GRAFICADO
C* SI ITIPO=1 ,LOS DATOS TIENEN UN RANGO DE (-1,1)
C* SI ITIPO=2, LOS DATOS TIENEN CUALQUIER RANGO
C* SI ITIPO=3, SE GRAFICA EL LOG10 DEL VALOR X
DIMENSION X(1),ISAL(61),XX(13)
DATA II,IAST,IBLNC/'I','*', '/'
IF(ITIPO-1,0)11,10,11
10 XMIN=-1.0
XMAX=1.0
GO TO 13
C*
C* DETERMINAR EL MAXIMO Y EL MINIMO DE UN ARREGLO CUALQUIERA
11 XMIN=X(1)
XMAX=XMIN
DO 12 I=1,N
IF(X(I)-XMIN)101,101,102
101 XMIN=X(I)
102 IF(X(I)-XMAX)12,12,103
103 XMAX=X(I)
12 CONTINUE
IF(ITIPO-3)13,104,13
104 XMIN=2.3059*ALOG(XMIN)
XMAX=2.3059*ALOG(XMAX)
13 DX=XMAX-XMIN
XXX=XMIN
DO 14 I=1,13
XX(I)=XXX
IF(ITIPO-3)106,105,106
105 XX(I)=10.0**XXX
106 XXX=XXX+DX/12.0
14 CONTINUE
WRITE(6,16) (XX(I),I=2,12,2)
16 FORMAT(36X,6F10.4)
WRITE(6,17) (X(I),I=1,13,2)
17 FORMAT(31X,7F10.4)
WRITE(6,18)
18 FORMAT(36X,'+',12('----+'))
DO 22 I=1,N
DO 19 J=1,61
ISAL(J)=IBLNC
19 CONTINUE
XXX=X(I)
IF(ITIPO-3)111,110,111
110 XXX=2.3059*ALOG(XXX)
111 IX=IFIX((XXX-XMIN)*60.0/DX)+1.0
ISAL(IX)=IAST
WRITE(6,21) X(I),ISAL
21 FORMAT(10X,1PE20.10,7X,61A1)
22 CONTINUE
WRITE(6,18)
RETURN
END

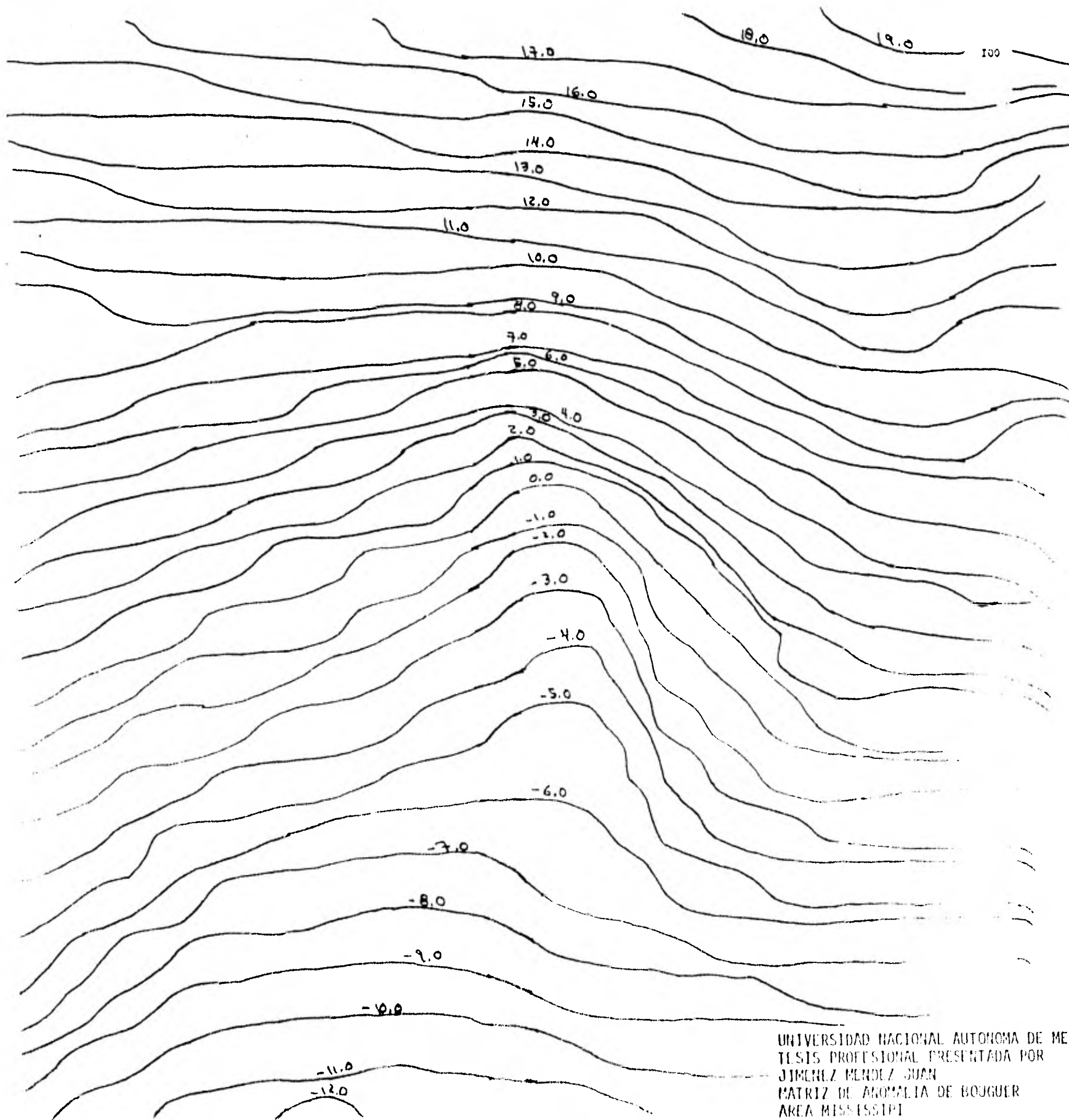
```

CAPITULO V

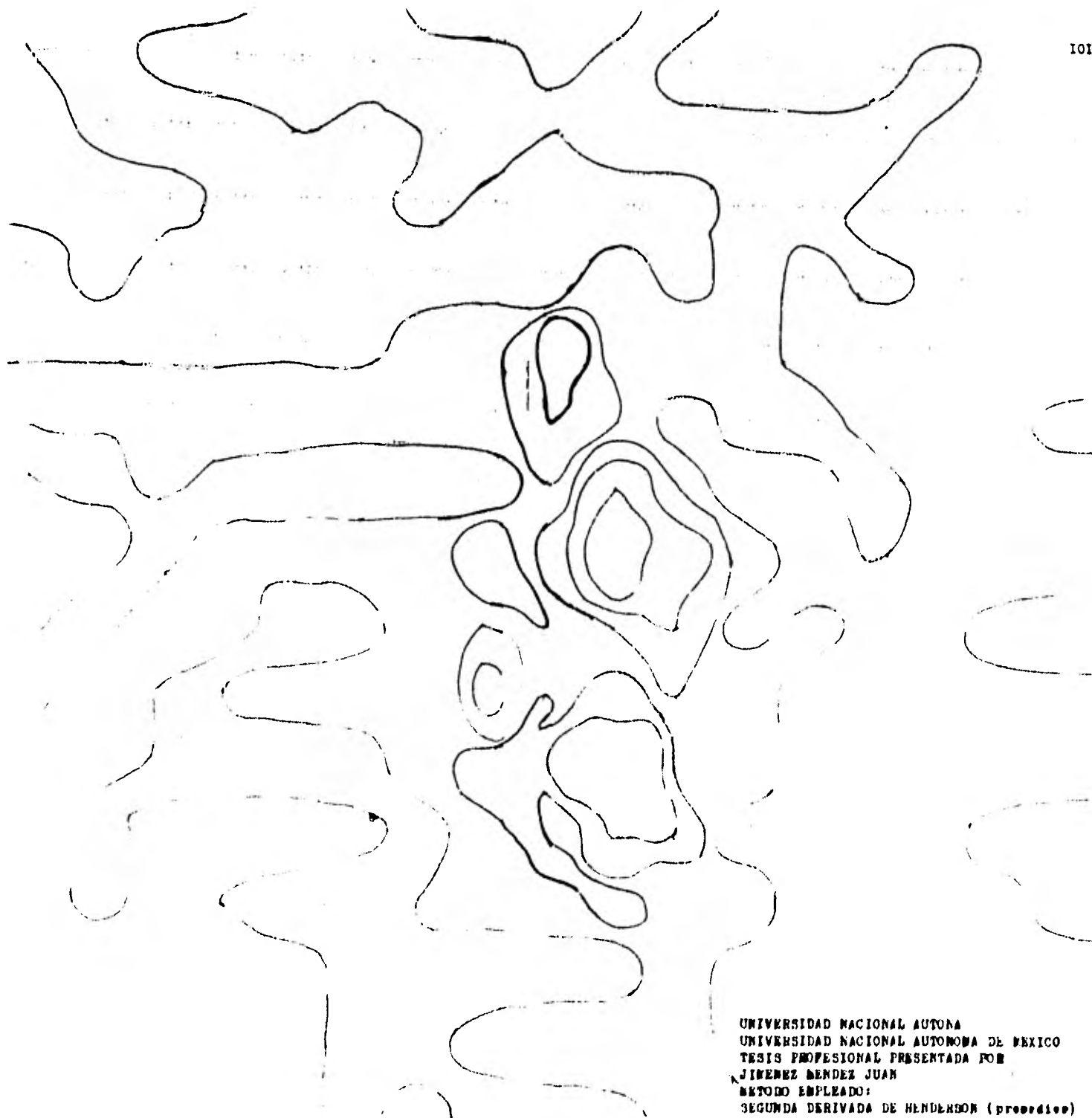
EJEMPLO

En este capítulo se presenta un ejemplo, donde algunas corridas de computadora de algunas medidas que contiene esta tesis.

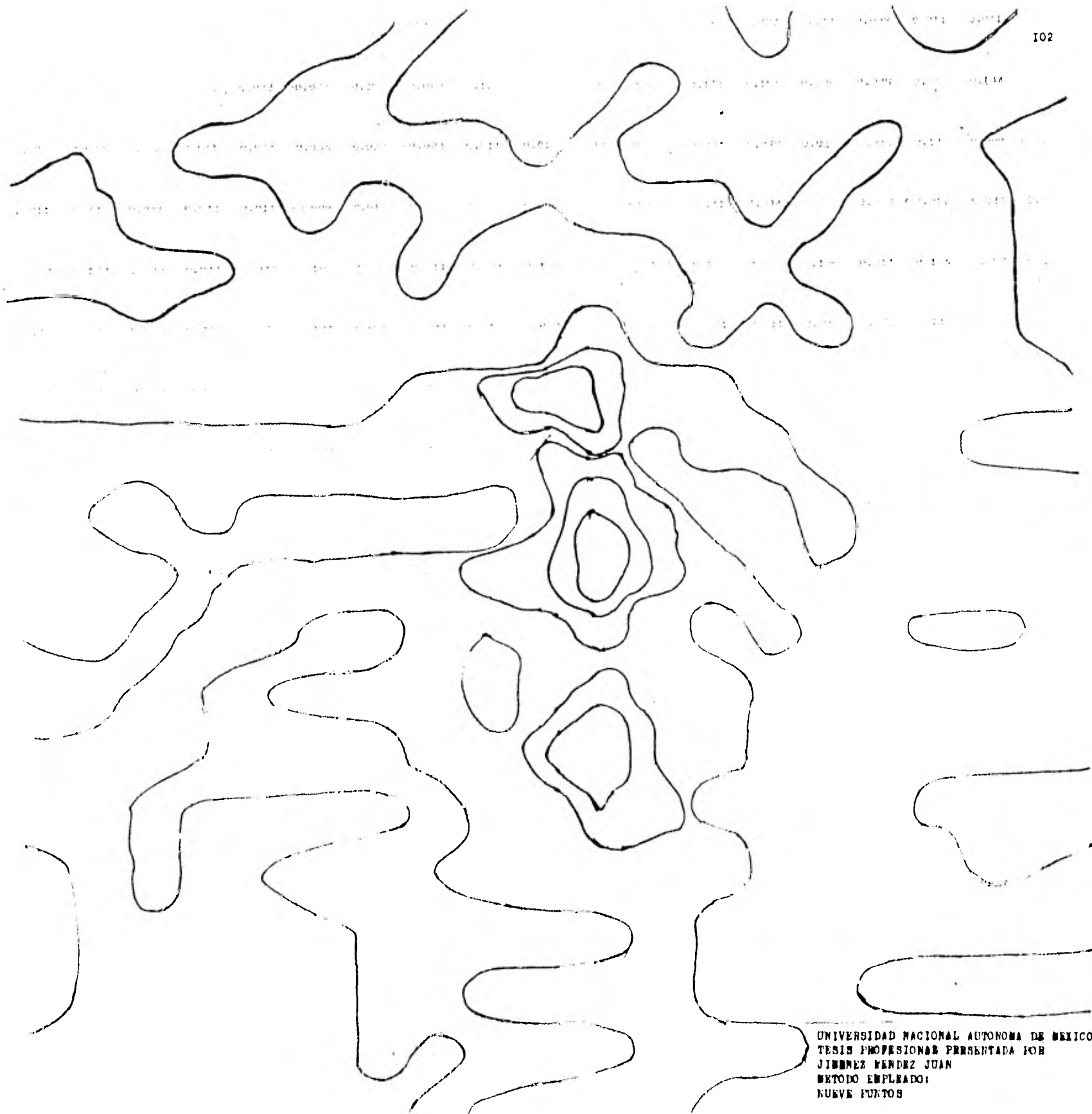
El efecto que se toma como referencia, es un levantamiento gravimétrico sobre un domo salino, en una área del mississippi.

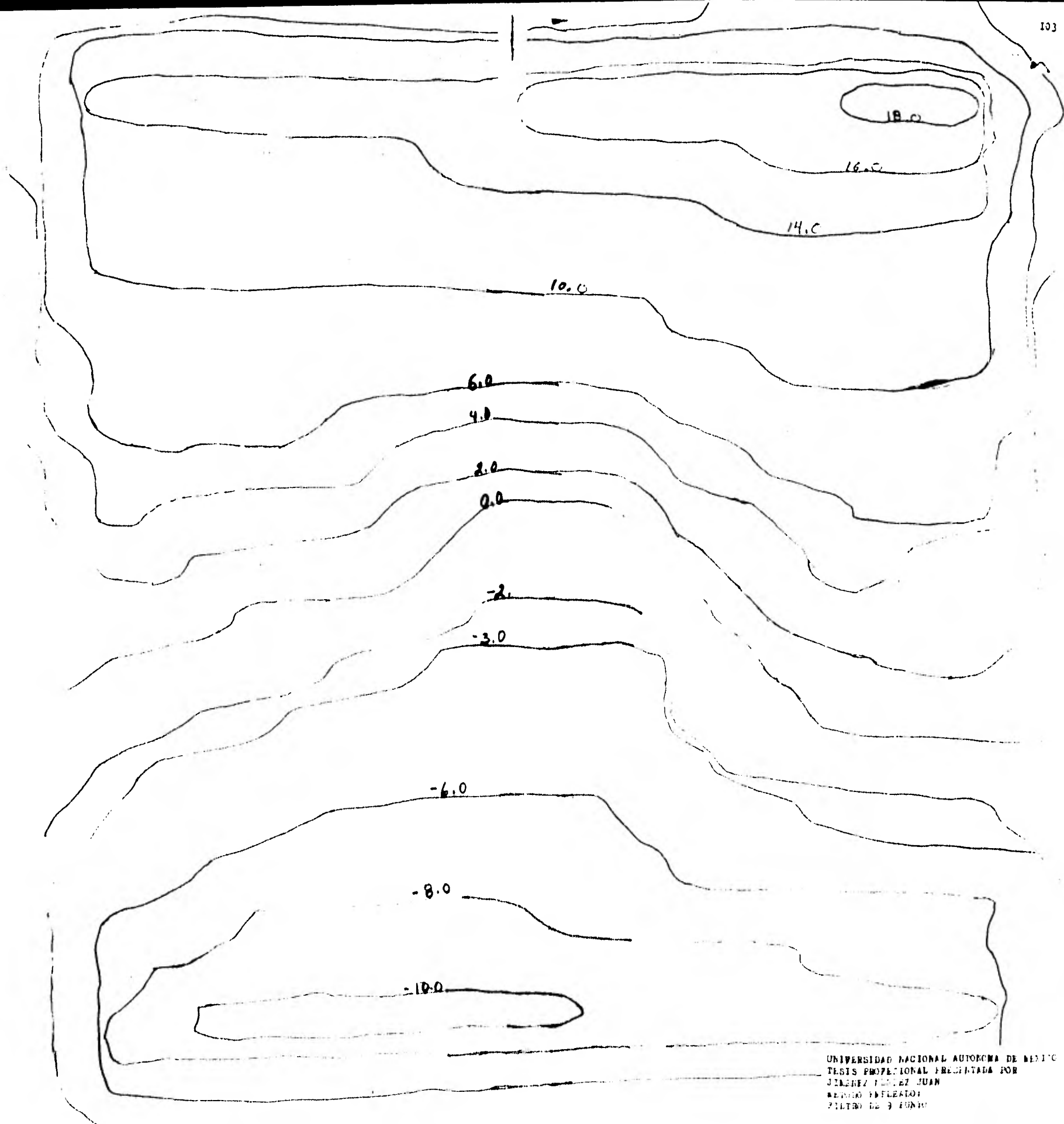


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
TESIS PROFESIONAL PRESENTADA POR
JIMENEZ MENDEZ JUAN
MATRIZ DE ANOMALIA DE BOUGUER
AREA MISSISSIPPI
UNIDADES MILIGALES



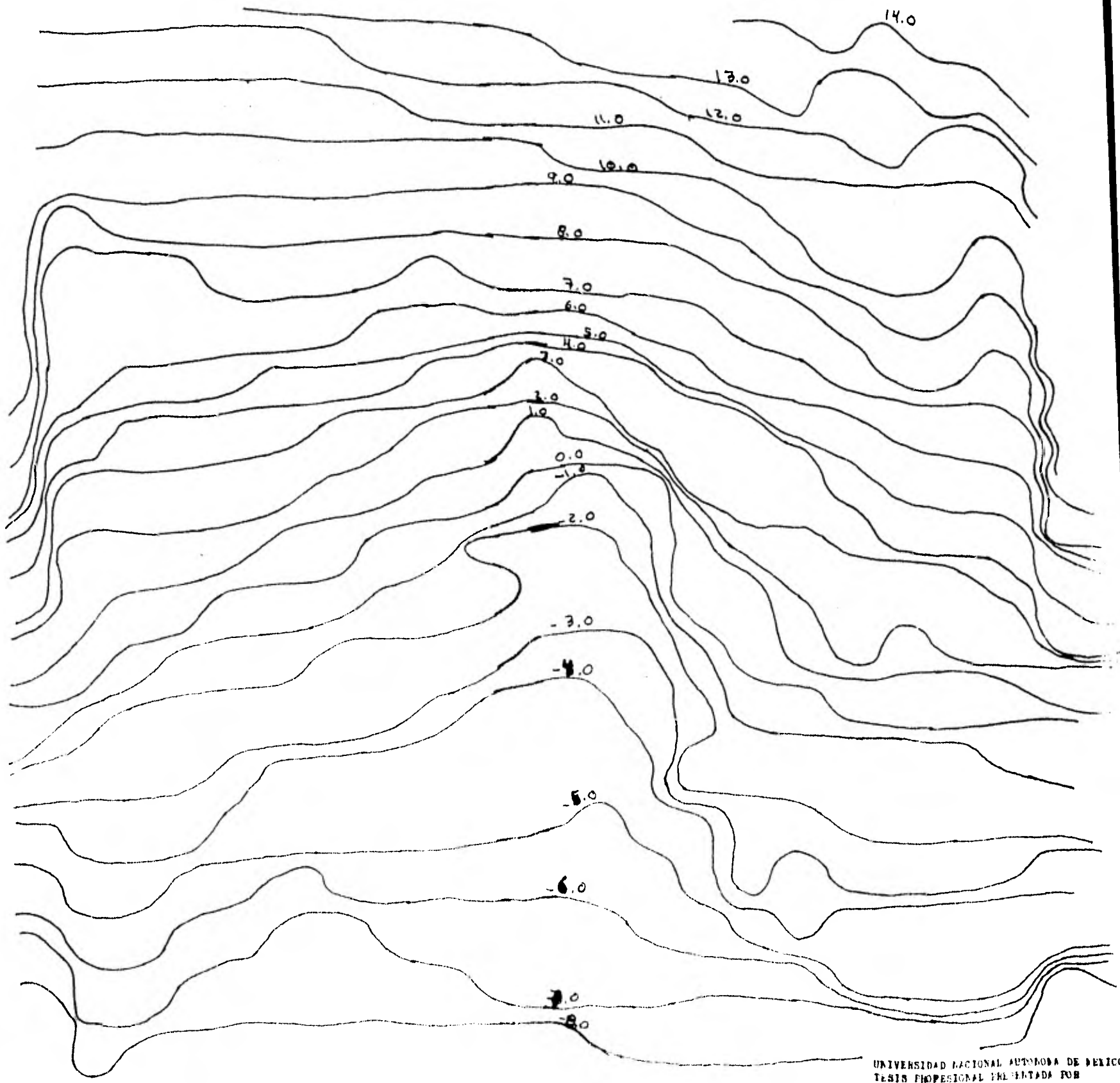
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTOMA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
TESIS PROFESIONAL PRESENTADA POR
JIMENEZ BENDEZ JUAN
METODO EMPLEADO:
SEGUNDA DERIVADA DE HENDERSON (procedido)



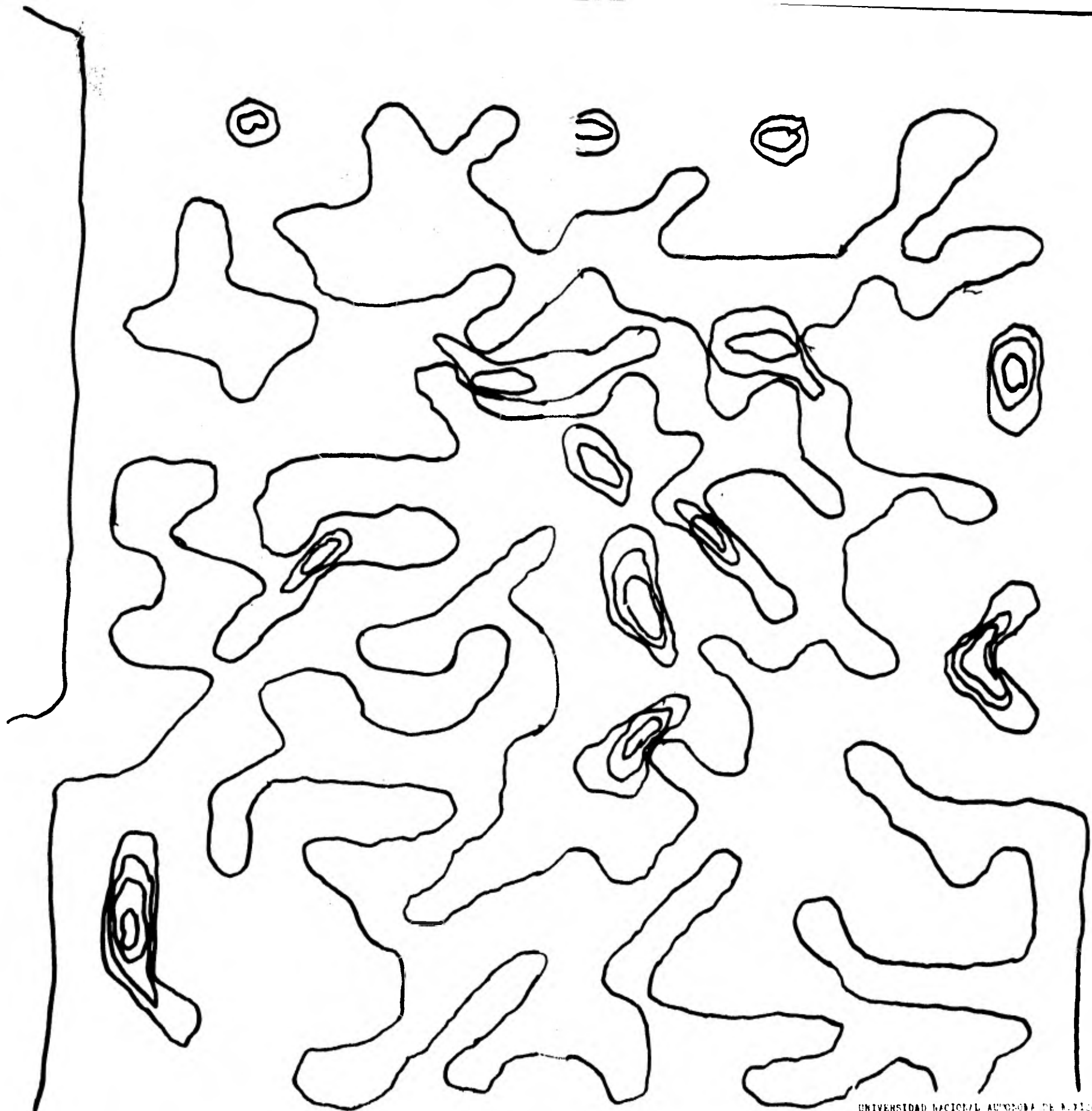




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
TESIS PROFESIONAL PRESENTADA POR
JIBENEZ MENDES JUAN
METODO EMPLEADO:
SEGUNDA DERIVADA DE ELKINS (proceder)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
TESIS PROFESIONAL PRESENTADA POR
JIMENEZ BENEZ JUAN
MÉTODO EMPLEADO:
OPERACIÓN DE DISEÑO Y ANALÍTICA DE C.
HACIA ARRIBA



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La prospección gravimétrica consta de cuatro facetas importantes

Primera.- obtención de datos de campo

Segunda.- aplicación de correcciones y obtención de anomalías.

Tercera.- aplicación de filtros y operadores

Cuarta.- la interpretación, propiamente dicha

Dentro de este trabajo, se trató de dar importancia a la segunda y tercera faceta.

En lo que respecta a interpretación, falta de tratar la teoría de algunos métodos, así como elaborar y correr algunos programas.

Hay algunos programas para calculadora de bolsillo aplicados a datos gravimétricos, que no se incluyen, pero que se pueden tratar en trabajos posteriores.

Se recomienda trabajar en el desarrollo e implementación de las técnicas aquí expuestas para adaptarlas a calculadoras de bolsillo, lo cual sería de mucha aceptación sobre todo para las brigadas que van efectuando el procesamiento de datos en el campo.

B I B L I O G R A F I A

- I.- PETER J. SMITH ; temas de Geofísica, editorial Reverte S.A pag.(54-79).
- 2.- W.M. TELFORD; applied Geophysics, pag.(7-103).
- 3.- K.B. DOBRIN; introducción a la prospección Geofísica, segunda edición, editorial Omega S.A pag.(194-292).
- 4.- THE FAST FOURIER TRANSFORM; E. ORAN FRIGHAM, editorial prentice-hall, INC.
- 5.- GRIFFIN W.R; residual gravity in theory and practice geophysics, vol.14 pag.(39-56) 1949.
- 6.- ELKINS T.A; the second derivative method of gravity interpretation, geophysics vol.16 pag.(29-50) 1951
- 7.- HUBBERT B.K; line-integral method of computing gravity - geophysics, vol 13, pag.(215-225) 1948.
- 8.- VLADIMIR BARANOV; potential fields and their transformations in applied geophysics (1975).
- 9.- DANIEL D. McCracken; programación Fortran IV editorial - Limusa.
- 10.- RANSEY A.S; (1940) introduction to the theory of newtonian attraction, london cambridge univ.
- 11.- TALWANI M. and EWING M. (1960) rapid computation of gravitational attraction of three-dimensional bodies of arbitrary shape, geophysics 25 pag.(203-225).
- 12.- HAMBER, S. (1945). Estimating ore masses in gravity prospecting. Geophysics pag. (10,50-62).
- 13.- TALWANI, M., NORZEL, J.L and LANDISMAN, N. (1959) rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the mendocino submarine fracture zone. Jour Geophys - res 64,49-59.

- I4.- NETTLETON, L.L. (1954). Regionals, residuals and structures
Geophysics, 19, 1-22.
- I5.- TREJO, CESAR A.: note on Downward continuation of gravity, Geo-
physics, vol. 19 pag. 71-75 (1954).
- I6.- OTTO ROSENBACH; a contribution to the computation of the
second derivative from gravity data, Geophysics 18, (804-912).
- I7.- JOAQUIN SADA ANAYA; anomalias residuales, asociacion mexi-
cana de geofisicos de exploración pag. (29-49).
- I8.- SIGMUND HANNER; note on the variation from equator to pole
of the earth's gravity, Geophysics 8, pag. (57-60).

APENDICE A (CALCULO DE LA DENSIDAD)

Una de los principales problemas en prospección gravimétrica es la densidad.

Para esto se han ideado varias formas de obtenerla en un área - donde la topografía es homogénea, se obtiene un promedio de densidad, tomando pocas medidas en el área.

Otra forma de calcularla, es tomar muestras representativas de rocas en el área y enviarlas a laboratorio en donde con el picnómetro o con las balanzas de Schwarz ó Jolly se calcula.

Sin embargo los resultados de laboratorio no necesariamente dan la verdadera densidad de formación.

Netleton elaboró el método indirecto para el cálculo de densidad, en el cual se hace un perfil gravimétrico a lo largo de una desigualdad topográfica, cuando se elabora el perfil de los valores - medidas, el efecto gravitatorio debido a la desigualdad topográfica se calcula en cada punto de observación a lo largo del perfil y se descarta el valor medido para ese punto.

El cálculo se repite varias veces utilizando en cada caso densidades diferentes, y se considera que el valor de densidad en el que la topografía es mínima, es el más correcto.

Otro método similar de Netleton es el de Parashin

DIAGRAMAS DE DENSIDAD

En el año geofísico internacional (1957) se elaboró un instrumento que mide directamente la densidad de las formaciones en los pozos de sondes.

Este aparato elaboró un diagrama de radiación gamma difractada - que es una función sencilla de la densidad de la formación.

Con la escala logarítmica leemos directamente las densidades en el diagrama.

APENDICE B (TABLAS)

En el siguiente inciso se presentan unas tablas , en el cual viene el método empleado seguido de la fórmula y al final lo que efectua ó calcula.

Estas fórmulas serían algunas de las más importantes.

METODO EMPLEADO	FORMULA	EPECTUA (calcula)
ley de Newton	$F = \frac{m_1 m_2 \gamma}{r^2}$	fuerza de atracción entre dos masas, separadas una distancia r.
	$g = \frac{m}{r^2} \gamma$	aceleración de la gravedad.
potencial gravitacional	$V(r) = \gamma \frac{m}{r}$	trabajo hecho por una masa moviéndose desde el infinito al punto considerado.
relación	$\nabla V(r) = -g(r)$	relación entre la aceleración de la gravedad y el potencial gravitacional.
medición	$f = \frac{R^2}{r^3} \Delta R$	achatación de la tierra.
fórmula internacional de la gravedad	$g = g_0 (1 + \text{sen}^2 \lambda - \text{sen}^2 \lambda_0)$	la variación de g con la latitud al nivel del mar.
corrección	$\Delta g = 3.086 h$	corrección de aire libre.
corrección	$\Delta g_s = 41.3 \times 10^{-8} \rho h$	corrección de Bouguer
corrección	$\Delta \gamma g =$	corrección topográfica.
medición en el lugar	g_s	
	$\Delta g = g_s - g_0$	diferencia de gravedad.
anomalía	$\Delta_f g = \Delta g + 3.086 h$	anomalía de aire libre.
anomalía	$\Delta_b g = \Delta g + 3.086 h - 41.9 \times 10^{-8} \rho h + \Delta \gamma g$	anomalía de Bouguer.

convolución	$S(X, Y) = E(X, Y) * h(X, Y)$	convolución del plano de anomalía con un filtro.
transformada de Fourier	$E(W_x, W_y) = \iint_{-\infty}^{\infty} E(x, y) e^{-i(w_x x + w_y y)} dx dy$	transformada de Fourier de una función $E(x, y)$.
anomalía de Bouguer	$B(X, Y) = \sigma(X, Y) + R(X, Y)$	anomalía de Bouguer en el punto (x, y) .
W. Raymond Griffin	$\Delta \sigma = \sigma(0) - \overline{\sigma}(Y)$	eliminación del efecto regional.
	$\overline{\sigma}(Y) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sigma(Y, \theta) d\theta$	efecto regional.
	$\overline{\sigma}(Y) = [\sigma_1(Y) + \sigma_2(Y) + \dots + \sigma_n(Y)]$	efecto regional.
promedio de 9 puntos	$A_R = R_0 - \frac{[R_0 + \epsilon A(Y) + \epsilon A(Y+Z)]}{9}$	eliminación del efecto regional
segunda derivada	$D = \frac{G}{g^2} [W_0 H_0 + W_1 H_1 + \dots]$	eliminación del efecto regional
continuación analítica de campo hacia arriba	$G(W_x, W_y, z) = G(W_x, W_y, 0) e^{-\sqrt{W_x^2 + W_y^2} z}$	realiza el efecto regional.
continuación analítica de campo hacia abajo		eliminación del efecto regional, realiza el efecto residual.
estrato equivalente	$S(W_x, W_y) = \frac{1}{2\pi\gamma} \int_0^{\infty} G(W_x, W_y, z) dz$	determina una fuente que nos produzca el campo observado.
exceso & deficit de masa	$m = \frac{I}{4G \tan^{-1} \left(\frac{x y}{z^2} \right)}$	exceso & deficit de masa de un cuerpo - que produce la anomalía de Bouguer.

efecto gravitatorio	$g_v = \frac{\gamma \rho \pi R^3}{3(x^2+z^2)^{3/2}}$	efecto gravitatorio de una esfera.
efecto gravitatorio	$g_z = -2\gamma \rho \pi R^2 \left[\frac{z}{2} - \frac{\tan^{-1} \frac{x}{h}}{h} \right]$	efecto gravitatorio de una losa.
efecto gravitatorio	$g_v = \frac{2\pi R^2 \gamma \rho z}{(x^2+z^2)}$	cilindro enterrado horizontalmente.
profundidad	$h = 1.333 \frac{x}{2}$	calculo de la profundidad de una esfera.
profundidad	$h = \frac{x}{2}$	calculo de la profundidad de un cilindro.