

PLANO GRAVIMETRICO DE CONCEPCION

Hans A. MEINARDUS*

Claudio VALDENEGRO*

RESUMEN

Este estudio gravimétrico se realizó con el propósito principal de investigar la distribución del relleno sedimentario y la forma del basamento ígneo debajo de la ciudad de Concepción. Para la interpretación del plano gravimétrico se eligieron siete perfiles de dirección NW-SE a los cuales se ajustó un modelo bidimensional del subsuelo por el método de mínimos cuadrados. Se confirmó que existen dos cuencas de dirección NE-SW separadas por un umbral. Estas cuencas están rodeadas por una serie de fallas tectónicas y sus profundidades medias son del orden de 80 a 170 m.

INTRODUCCION

En 1966 el Departamento de Geofísica y Geodesia de la Universidad de Chile realizó un levantamiento gravimétrico del área urbana de la ciudad de Concepción, cuya ubicación se indica en la figura 1. Este estudio forma parte del Plan Concepción que consiste en la aplicación de diferentes técnicas de microrregionalización sísmica a dicha ciudad. Su propósito es obtener una relación entre las características del subsuelo y los efectos de los sismos en la superficie. Para lograr este objetivo se necesita tener una visión de las variaciones de potencia del relleno sedimentario sobre el cual está emplazada la mayor parte de la ciudad.

Para obtener valores precisos del espesor del aluvio se requiere ejecutar sondajes. Sin embargo, por su elevado costo, conviene reducir su número al mí-

* Departamento de Geofísica y Geodesia, Universidad de Chile.

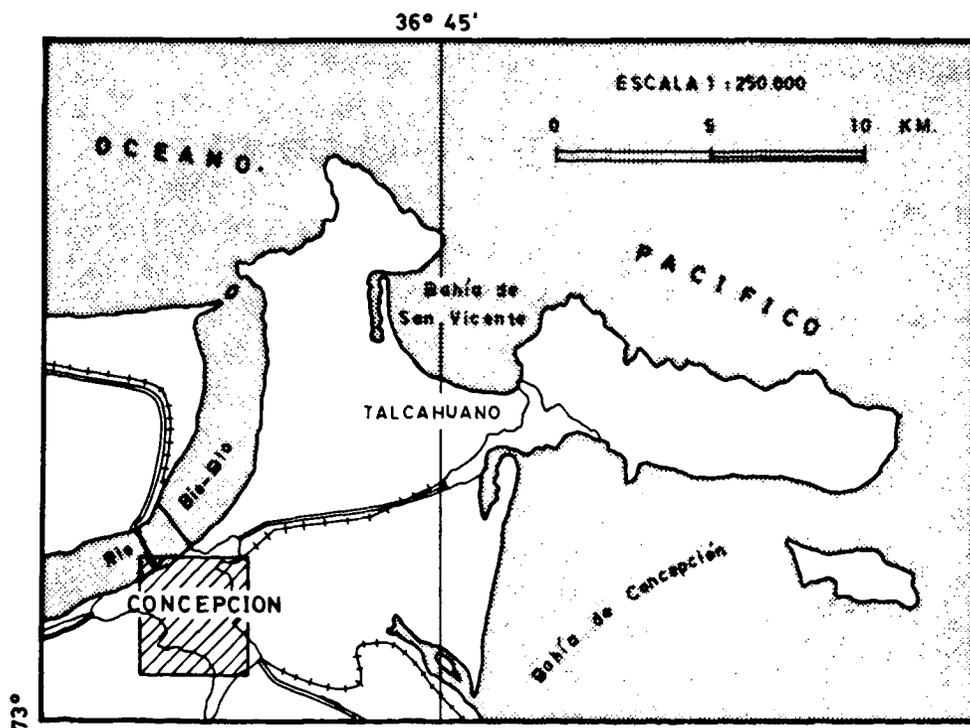


Fig. 1. Ubicación del plano gravimétrico de Concepción.

nimo posible y es en este aspecto donde intervienen los estudios geofísicos, para señalar las tendencias generales de la corteza, y el valor aproximado del espesor del relleno sedimentario, las zonas de mayor profundidad, y los lugares en que hay cambios de pendiente relativamente bruscos. De esta manera se puede recomendar la mejor ubicación de los sondeos, procurando que sus resultados sean más representativos en términos de la geología del área. A su vez, los resultados de los sondeos pueden aprovecharse para una nueva evaluación de un estudio geofísico previo. De esta manera un levantamiento geofísico nunca pierde su validez sino, al contrario, aportará un conocimiento más exacto del subsuelo de las regiones vecinas que no han sido investigadas por sondeos.

El método geofísico más adecuado para estudiar la geología del subsuelo de Concepción es el método de refracción sísmica. Este método determina la potencia del relleno sedimentario que yace sobre la roca fundamental, con mucha exactitud. Además suministra la velocidad de propagación de las ondas elásticas longitudinales en las diversas unidades geológicas del subsuelo, lo que permite estimar sus características elásticas. Desafortunadamente, la ejecución de un estudio sísmico en un área densamente poblada requiere una serie de precauciones especiales por causa de las explosiones de cargas de dinamita que hay que efectuar, la interferencia del tráfico de peatones y vehículos, etc.

Debido a estas dificultades era forzoso recurrir a otro método geofísico.

No se aplicó el método eléctrico de resistividad que sería la segunda opción para resolver el problema, por no existir instrumental adecuado en el Departamento de Geofísica.

En estas circunstancias se ha recurrido a la gravimetría. Este método se basa en la medición de las variaciones del campo gravitacional terrestre, que dan indicaciones sobre la distribución de los materiales con distinta densidad en el subsuelo. Los sedimentos de depositación reciente (cuaternario) tienen densidades bastante más bajas que las rocas ígneas y clásticas del área de Concepción. Por ello se presentan mínimos de gravedad (anomalías negativas) en las zonas donde existe un cierto espesor de sedimentos. Usando los principios físicos de la teoría del potencial, junto con el conocimiento geológico de la zona, es posible interpretar estas anomalías; es decir, llegar a un cuadro más o menos aproximado de la potencia de los sedimentos. Para más detalles sobre las bases teóricas del método de gravedad se refiere al lector a textos como el de Dobrin¹ (1961) o el de Grant y West² (1965).

Las mediciones gravimétricas cubrieron el área comprendida entre los ríos Bío Bío y Andalién, el Cerro Caracol al sur y el Cerro Chacabuco al norte. Los resultados se presentaron en el informe nº 5 del Plan Concepción³ (Valdenegro y Atwater, 1966). Además del plano de la anomalía de Bouguer residual se incluyó en dicho informe una interpretación cualitativa confirmando la existencia de algunas fallas y estimando el espesor máximo de los sedimentos en 160 m. La ejecución del sondaje de IDIEM en el centro de la ciudad, y la publicación del plano geológico de Concepción⁴ (Carlos Galli y R.W. Lemke, 1967) permitieron hacer una reinterpretación del plano gravimétrico. Con los nuevos datos se obtuvo un cuadro algo más exacto del espesor del relleno sedimentario, aunque quedan muchos puntos oscuros, principalmente en lo que atañe a la forma y al espesor de los cuerpos de roca clástica en el área.

TRABAJO DE TERRENO

El plano de la anomalía residual de Concepción, Fig. 2, abarca un área en forma de cuadrado de aproximadamente 4,5 km por lado. Esta área se cubrió con el número suficiente de estaciones gravimétricas para definir claramente las anomalías de interés en el estudio. Con el fin de corregir los datos por la variación regional del campo gravitacional terrestre era necesario extender las mediciones a un área más extensa, Fig. 3.

En total se ejecutaron un poco más de 300 mediciones de gravedad en un período de 17 días. Participaron en este trabajo dos investigadores del Depar-

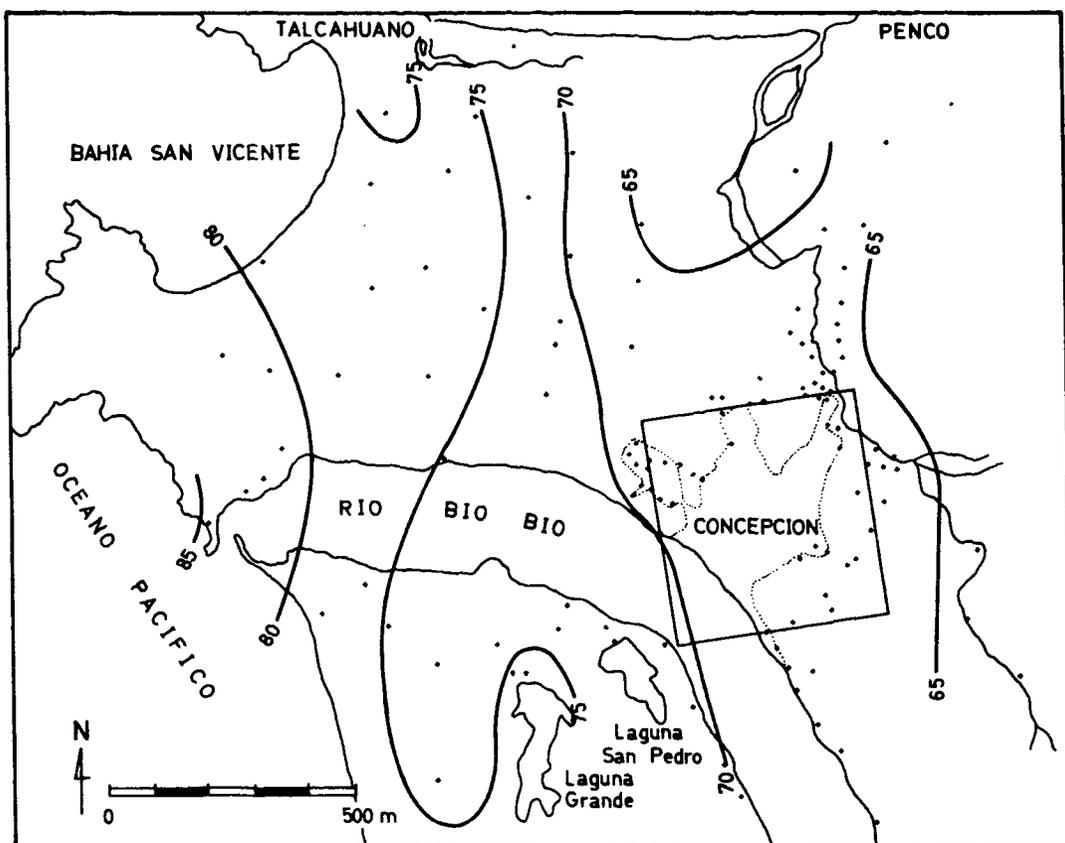


Fig. 3. Levantamiento gravimétrico regional. Anomalía de Bouguer simple referida al elipsoide internacional. Isonómalas cada 5 miligales. Se señalan con + las estaciones gravimétricas. El cuadrado representa los límites del plano de levantamiento ya indicados en la Fig. 1.

Las cotas de las estaciones alejadas de la ciudad fueron establecidas mediante nivelación barométrica. Se emplearon microaltímetros American Paulin System y las lecturas se corrigieron por variaciones de temperatura y presión. Se observó que el error máximo cometido con este procedimiento es de 3 m. Como control adicional por un posible error notorio, se compararon los resultados de altura con los valores interpolados en los planos.

Las mediciones de la variación de la componente vertical del campo gravitacional terrestre se efectuaron con un gravímetro Worden tipo E, con un valor de escala de 0,4890 miligal/división ($1 \text{ miligal} = 10^{-3} \text{ cm/seg}^2$). Su deriva instrumental se controló por mediciones repetidas en estaciones bases. El valor de la deriva rara vez superó 0,1 miligal/hora, siendo el valor máximo 0,2 miligal/hora. Las mediciones en las calles principales de Concepción se efectuaron durante la noche para evitar las vibraciones por el tránsito de vehículos. Las lecturas gravimétricas fueron ligadas a una medición del valor absoluto de la aceleración de gravedad que existe en el aeródromo de Hualpencillo (latitud $36^{\circ}47'$, longitud $73^{\circ}05'$, gravedad observada $979,969 \text{ cm/seg}^2$).

REDUCCION DE LOS DATOS

Para obtener la anomalía gravimétrica que revela la estructura geológica local es necesario remover de los datos una serie de efectos extraños a la geología. Estas perturbaciones dan lugar a varias correcciones, como por ejemplo, la corrección de latitud debido al achatamiento y la rotación de la tierra, la corrección de altura y de Bouguer causada por diferencias de cota de las estaciones gravimétricas, etc. Las correcciones se aplicaron reduciendo los datos a un plano común de referencia, para lo cual se usó el nivel del mar como línea base; para la corrección de latitud se eligió el paralelo 36°49'. Para la corrección de Bouguer se empleó una densidad superficial igual a la densidad promedio de las rocas de la corteza terrestre (2,67 g/cm³). En estas condiciones se obtienen los siguientes valores para las correcciones :

Corrección de latitud	$C_L = \pm 0,779$ miligal/km
Corrección de altura	$C_H = 0,3086$ miligal/m
Corrección de Bouguer	$C_B = - 0,1118$ miligal/m

El relieve de las áreas vecinas a la ciudad hizo forzosa la aplicación de la corrección topográfica. Ella fue evaluada mediante las tablas de Hammer¹, hasta un radio de 2,6 km alrededor de las estaciones. Se comprobó que zonas a más distancia producían un efecto que se superponía al regional y que se eliminaría junto con éste.

El levantamiento gravimétrico regional, Fig. 3, demostró una disminución de la anomalía gravimétrica hacia el este. Esta tendencia es general en Chile y refleja el engrosamiento de la corteza terrestre debajo de la Cordillera de Los Andes, de acuerdo a la teoría de la isostasia.

El efecto gravimétrico regional en la zona del levantamiento detallado, Fig. 2, se obtuvo continuando las isoanómalas de la Fig. 3 en forma suave sobre toda el área e interpolándolas donde fuese necesario. El "regional" construido así se descontó del plano gravimétrico con las medidas corregidas obteniéndose el plano de anomalía residual, Fig. 2, que se utiliza en la interpretación.

El error máximo en los valores gravimétricos de este plano puede estimarse en $\pm 0,2$ miligal, que se desglosa de la siguiente manera:

	miligal
1. Error de lectura del instrumento	0,05
2. Error por deriva instrumental del gravímetro	0,05
3. Error de 10% en el valor máximo de la corrección topográfica (0,55 miligal)	0,05
4. Error en la corrección de latitud producida por un error de 20 m en la ubicación de la medida en el plano	0,02
5. Error en la corrección de altura por una variación de 10 cm en la cota de la estación	0,02
Máximo error absoluto	<hr/> 0,19

INTERPRETACION DEL PLANO GRAVIMETRICO

La interpretación consiste en expresar en términos geológicos la información contenida en el plano gravimétrico. Para ello es imprescindible hacer uso de todos los antecedentes existentes sobre la geología de la zona. En el caso de Concepción se dispone de un mapa geológico⁴ a escala 1:10.000 que incluye también tres secciones geológicas basadas en algunos sondajes de poca profundidad. Existe además en el centro de la ciudad un sondaje profundo realizado por IDIEM⁶ (Poblete, 1967), cuya ubicación se indica en la Fig. 2.

Geología de la zona

La ciudad de Concepción se encuentra sobre un delta formando una llanura plana y horizontal que se extiende del flanco oeste de la Cordillera de la Costa hacia el Océano Pacífico. La zona urbana queda limitada al sur por los primeros contrafuertes de la Cordillera de la Costa (cerros Caracol y Lo Pequén) y al norte por una serie de serranías bajas (cerros Chepe, Chacabuco y Lo Galindo). Los ríos Bío Bío y Andalién constituyen los límites urbanos al oeste y este respectivamente.

El relieve de la zona urbana está caracterizado por la llanura antes mencionada, sobre la cual se elevan algunos cerros isla de escasa altura (cerros Amarillo, La Pólvora, etc.).

Para los fines de la interpretación gravimétrica pueden diferenciarse tres tipos de roca cuya distribución se muestra en la Fig. 2.

1. *Roca granítica.* Forma parte del batolito paleozoico que constituye los cerros Caracol y Lo Pequén, y que aflora en algunos puntos aislados como en los cerros La Pólvora, Chepe, Chacabuco y Lo Galindo.

2. *Roca clástica.* Comprende las formaciones Quiriquina, Cosmito y Andalién de edad cretácico superior a terciario superior. Estos sedimentos se depositaron en diversos ambientes que van desde marino hasta continental; consisten principalmente en arenisca, lutita y conglomerado que aflora en los cerros (cerros Amarillo, Chepe, Chacabuco, La Pólvara y Lo Galindo).

3. *Relleno sedimentario.* Este nombre designa una serie de depósitos cuaternarios que constituyen la planicie sobre la cual edificó gran parte de la ciudad. La mayor proporción de estos depósitos corresponde a las Arenas Bío Bío (formación Huachipato), sedimentos fluviales que consisten en arena limpia a limosa con lentes y horizontes de arcilla, limo y grava. El término relleno sedimentario incluye también una serie de depósitos superficiales sin interés para la gravimetría (arenas de dunas, barro, turba y otros materiales pobremente drenados, arena Andalién depositada por el río de ese nombre, y relleno artificial).

Según Galli⁷, 1967, el cuadro estructural del área de Concepción se caracteriza por una tectónica de bloques. Este autor postula cuatro fallas normales de fuerte manteo (fallas Caracol, Lo Pequén, Chacabuco, y Chepe) que rodean la ciudad, y una falla (falla La Pólvara) cuya traza se localiza aproximadamente en el centro del área. Movimientos diferenciales a lo largo de estas fallas habrían producido el descenso de un bloque donde se emplaza hoy día el centro de Concepción, y de otro bloque situado en el norte de la ciudad.

Interpretación cualitativa

La inspección del plano de anomalía residual, Fig. 2, revela la buena correlación que existe entre las isoanómalas gravimétricas y los datos geológicos. Los máximos relativos de la gravedad están asociados con rocas graníticas y clásticas, mientras que las zonas de relleno sedimentario acusan mínimos notables. Estos mínimos de gravedad indican claramente dos cuencas en que ha habido gran depositación de sedimentos. La primera corresponde a la parte principal de la ciudad, encerrada por la curva $-2,0$ miligal. El mayor espesor de sedimentos se encuentra un poco al sur de la Plaza de Armas donde existe un mínimo de $-2,95$ miligal. La segunda cuenca está al norte del cerro La Pólvara y queda definida por la isoanómala de $-1,5$ miligal. Ambas cuencas están conectadas por portezuelos entre los cerros La Pólvara y Amarillo, y entre los cerros Chepe y Amarillo. El estrechamiento y la linealidad de las isoanómalas al norte del cerro Caracol y al sur del cerro Chacabuco significan que en estas localidades existe un salto pronunciado en las rocas graníticas del basamento. De esta manera se confirmaría la existencia de las fallas Caracol y Chacabuco, postuladas por geología. El plano gravimétrico sugiere además, aunque de un modo menos evidente, las fallas Lo Pequén, La Pólvara y Chepe.

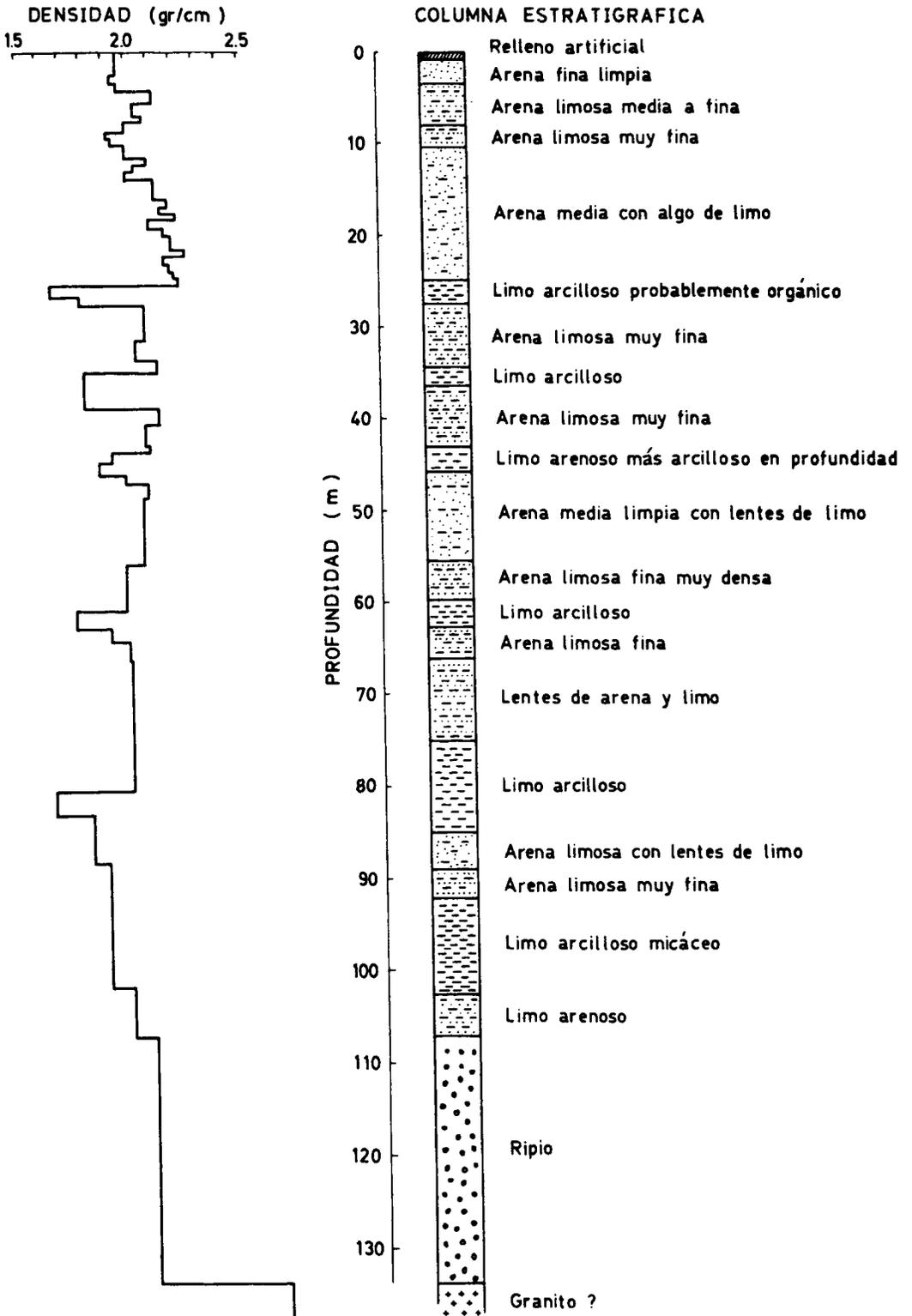


Fig. 4. Perfil de densidad y estratigrafía del pozo IDIEM.

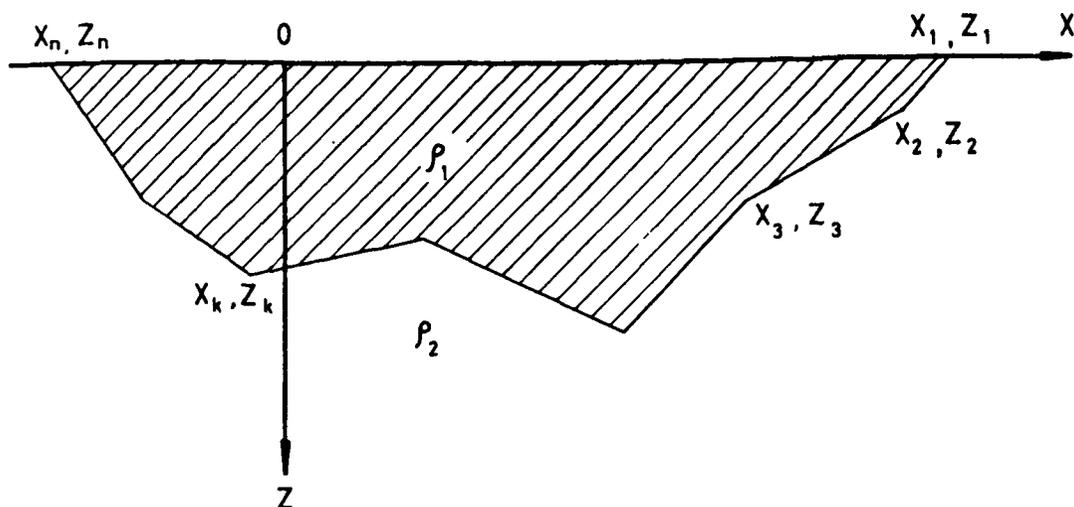


Fig. 5. Sección del relleno sedimentario de densidad ρ_1 representado por un polígono. La densidad del basamento es ρ_2 .

Interpretación cuantitativa

Para una interpretación cuantitativa se requiere conocer ante todo la densidad media de las diferentes unidades geológicas. La Fig. 4 presenta el perfil de densidad obtenido por muestreo del sondaje profundo de IDIEM. La densidad media de la sección de 133,7 m de relleno sedimentario es $2,0 \text{ g/cm}^3$. La determinación de la densidad de muestras de roca clástica del cerro Amarillo arrojó un valor de $2,4 \pm 0,2 \text{ g/cm}^3$. Para las rocas graníticas se tomó una densidad de $2,67 \text{ g/cm}^3$, un valor que fue confirmado por mediciones en muestras del cerro Caracol.

La determinación de la potencia de los sedimentos en el área de Concepción se basa en el análisis de siete perfiles paralelos (perfiles A, B, C, D, E, F, G, en la Fig. 2). Estos perfiles tienen rumbo NW que corta perpendicularmente al eje mayor de las anomalías gravimétricas. En estas condiciones se puede tratar las anomalías como aproximadamente bidimensionales, es decir, suponer que las estructuras geológicas tienen extensión infinita a lo largo de sus rumbos. Esta aproximación simplifica la interpretación enormemente, pero al mismo tiempo introduce un error al aplicarla a una estructura de extensión finita.

Este error podría ser apreciable en el perfil G y en el extremo N del perfil E por el efecto del borde de las cuencas. Para los demás perfiles el error por interpretación bidimensional es pequeño frente a la magnitud de las otras fuentes de error (lectura, reducción de los datos y densidades).

El espesor del relleno sedimentario se calculó por el método de aproximaciones sucesivas. Este procedimiento consiste en comparar la anomalía gravimétrica de un modelo aproximado de la forma del basamento con la anomalía ob-

servada usando la diferencia resultante como guía para el ajuste de un nuevo modelo. Este proceso se repite hasta que esta diferencia sea suficientemente pequeña.

Para calcular la componente vertical de la atracción de un cuerpo bidimensional se reemplaza éste por un polígono de n lados como ilustra la Fig. 5. Su efecto gravitacional en el origen $g_{calc}^{(o)}$ está dado² por :

$$g_{calc}^{(o)} = 2 G \Delta \rho \sum_{k=1}^n \frac{b_k}{1 + a_k^2} \left[\frac{1}{2} \log \left(\frac{x_{k-1}^2 + z_{k-1}^2}{x_k^2 + z_k^2} \right) + a_k \left(\text{arc tg } \frac{x_{k+1}}{z_{k+1}} - \text{arc tg } \frac{x_k}{z_k} \right) \right] \quad (1)$$

con

$$g_{calc}^{(o)} = 0 \quad \text{para} \quad \begin{cases} x_{k+1}^2 + z_{k+1}^2 = 0 \\ x_k^2 + z_k^2 = 0 \end{cases}$$

en que G es la constante universal de atracción, $\Delta \rho$ es el contraste de densidad, $\Delta \rho = \rho_1 - \rho_2$, y

$$a_k = \frac{x_{k-1} - x_k}{z_{k-1} - z_k}$$

$$b_k = \frac{x_k z_{k-1} - x_{k-1} z_k}{z_{k-1} - z_k}$$

El perfil gravimétrico completo se obtiene deslizando el origen de coordenadas a lo largo del eje horizontal $z = 0$.

El ajuste del modelo teórico puede efectuarse mediante el método de Bott, que consiste en agregar al espesor del relleno debajo de cada punto del perfil gravimétrico el espesor de una plancha de extensión infinita cuyo efecto gravimétrico es igual a la diferencia entre la gravedad observada (g_{obs}) y la gravedad calculada (g_{calc}). Este espesor de ajuste está dado por $(g_{obs} - g_{calc}) / 2 \pi G \Delta \rho$.

Se encontró que este método converge muy lentamente si el basamento presenta irregularidades. Además no permite separar la gravedad regional (g_{reg}) de

la gravedad observada, que muchas veces subsiste aunque se haya descartado ya a grandes rasgos. Estas dificultades se resuelven con el método de los mínimos cuadrados propuesto por Corbató⁹.

Entre las m lecturas del perfil gravimétrico observado, la gravedad calculada para el modelo teórico y la tendencia regional de la gravedad puede establecerse un sistema de m ecuaciones del tipo

$$g_{obs}(x_i) = g_{calc}(x_i) + \Delta g_{calc}(x_i) + g_{reg}(x_i) + \Delta g_{reg}(x_i)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

en que $\Delta g_{calc}(x_i)$ y $\Delta g_{reg}(x_i)$ son términos correctivos.

Si éstos son de pequeña magnitud comparados con $g_{calc}(x_i)$ y $g_{reg}(x_i)$ respectivamente se tiene como primera aproximación:

$$\Delta g_{calc}(x_i) \approx \sum_{j=1}^n \Delta z_j \frac{\partial}{\partial z_j} g_{calc}(x_i)$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

variando sólo n ordenadas y manteniendo fijas las abscisas del modelo. Para un regional lineal de la forma $g_{reg}(x_i) = a + bx_i$, el término correctivo linealizado será:

$$\Delta g_{reg}(x_i) \approx \Delta a + \Delta b x_i$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

Se obtiene entonces un sistema de m ecuaciones lineales en $n + 2$ incógnitas $\Delta z_j, j = 1, 2, \dots, n, \Delta a$ y Δb , de la siguiente forma:

$$\sum_{j=1}^n \Delta z_j \frac{\partial}{\partial z_j} g_{calc}(x_i) + \Delta a + \Delta b x_i =$$

$$g_{obs}(x_i) - g_{calc}(x_i) - g_{reg}(x_i)$$

$$i = 1, 2, \dots, m \tag{2}$$

Los coeficientes $\frac{\partial}{\partial z_j} g_{calc}(x_i)$ pueden calcularse analíticamente a partir de la fórmula (1).

Para poder resolver el sistema de ecuaciones lineales (2) se requiere que $m = n + 2$; sin embargo en la práctica es mejor que $m > n + 2$. En este caso se resuelve el sistema por el método de mínimos cuadrados y se suavizan errores de observación o de reducción de los datos gravimétricos.

El procedimiento del ajuste por mínimos cuadrados se codificó en FORTRAN IV para la IBM 360/40 de la Universidad de Chile. En general bastaron dos iteraciones del procedimiento para que la suma de los cuadrados de los residuos

$$s = \sum_{i=1}^m [g_{obs}(x_i) - g_{calc}(x_i) - g_{reg}(x_i)]^2$$

sea mínima. Como dato ilustrativo puede citarse que el procesamiento de los siete perfiles del plano gravimétrico de Concepción tomó $4\frac{1}{2}$ minutos.

El tiempo total de computación fue mayor porque se calcularon los perfiles gravimétricos B, Fig. 7 y D, Fig. 9 con varios contrastes de densidad, con el objeto de calzar los datos obtenidos de los pozos Instituto Investigaciones Geológicas 24, 26 e IDIEM. Resultó que era preferible usar una densidad de $2,1 \text{ g/cm}^3$ para el relleno sedimentario en vez de $2,0 \text{ g/cm}^3$ determinado por el muestreo. Esta discrepancia puede explicarse por el hecho que el menor contraste en densidad entre relleno sedimentario y basamento ígneo tiende a compensar el error cometido por la interpretación bidimensional. Similarmente se observó que la roca clástica debe tener una densidad promedio de $2,45 \text{ g/cm}^3$.

Los cuerpos de roca clástica presentan un problema serio en la interpretación porque se tienen pocos antecedentes sobre su espesor y extensión lateral. Sin estos datos, la determinación del espesor de relleno sedimentario en la vecindad de cuerpos de roca clástica es muy dudosa. En estas circunstancias se cree que la mejor solución consiste en atribuir las pequeñas anomalías positivas dentro del área de relleno sedimentario, enteramente al efecto gravitacional de las rocas clásticas. Con esta hipótesis se puede aislar la anomalía positiva (en forma análoga como se separa una anomalía residual del regional) y sustituirla en seguida por la anomalía ficticia que resulta al reemplazar el volumen que ocupa la roca clástica de densidad $2,45 \text{ g/cm}^3$, por roca ígnea de densidad $2,67 \text{ g/cm}^3$. Esta anomalía ficticia que se ha denominado anomalía corregida para roca clástica en los perfiles B, C y D (Figs. 6, 7 y 8 respectivamente) se obtiene multiplicando la anomalía de roca clástica por el factor

$$(dens_{ign} - dens_{rell}) / (dens_{clast} - dens_{rell}),$$

dado que de acuerdo a la fórmula (1) el contraste de densidad influye sólo en la amplitud de la anomalía gravimétrica y no en su forma.

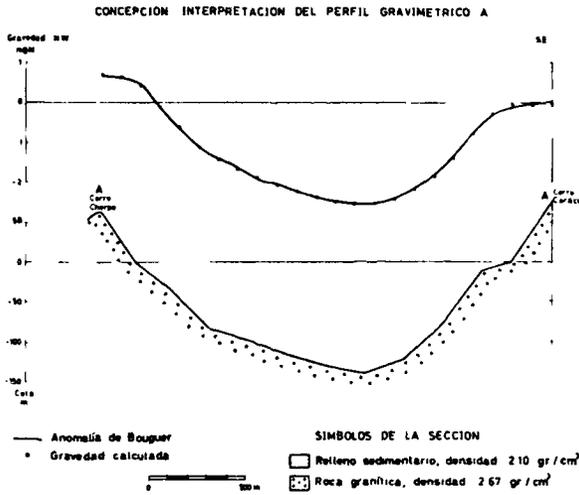


Fig. 6. Interpretación del perfil gravimétrico A de la Fig. 2.

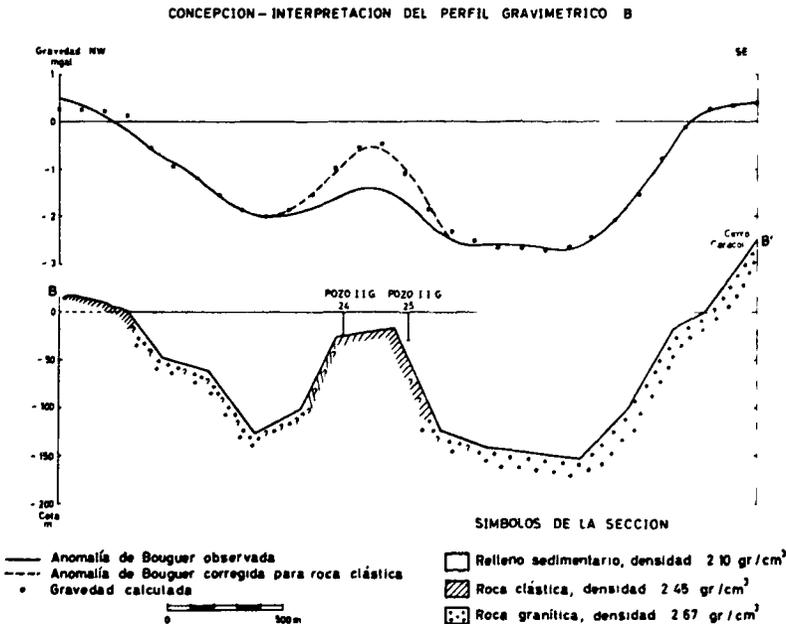


Fig. 7. Interpretación del perfil gravimétrico B de la Fig. 2.

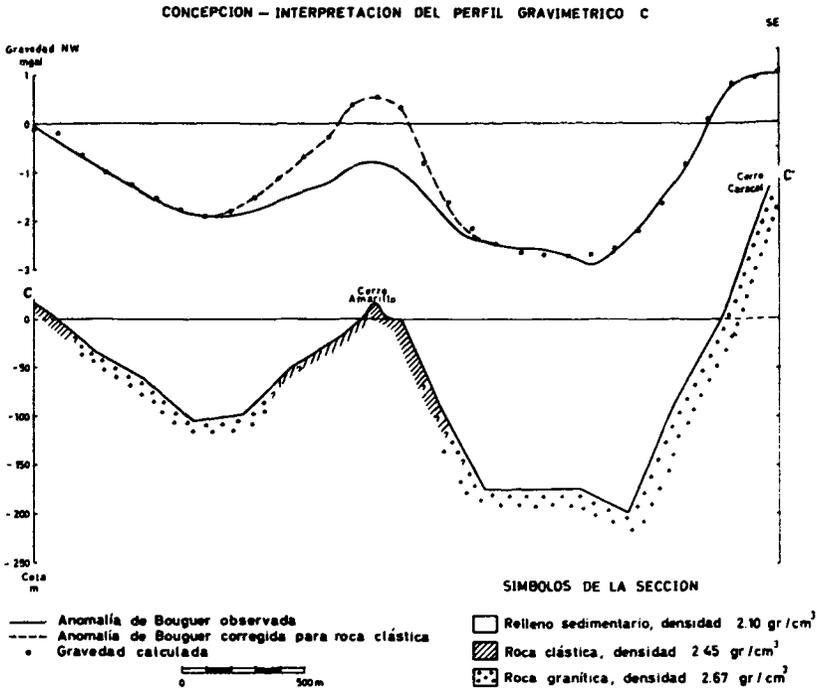


Fig. 8. Interpretación del perfil gravimétrico C de la Fig. 2.

RESULTADOS

El resumen presentado en la Tabla I indica que el espesor máximo de los sedimentos en los diversos perfiles varía entre 100 y 200 m.

TABLA I

RESUMEN DE LA INTERPRETACION DE LOS PERFILES GRAVIMETRICOS

Perfil	Extensión total (m)	Profundidad máxima (m)	Error de ajuste	
			Máximo absoluto (mgal)	Suma de los cuadrados de los residuos (mgal)
A	2300	140	0,09	0,04
B	3000	150	0,33	0,10
C	3100	200	0,21	0,09
D	1600	170	0,14	0,07
E	3100	140	0,13	0,04
F	2900	130	0,07	0,04
G	2800	100	0,21	0,09

Las Figs. 6 a 12 muestran las secciones geológicas inferidas por la interpretación de los perfiles gravimétricos. En los perfiles B, C y D puede observarse una fuerte pendiente del basamento ígneo en ambos costados de la cuenca ubicada al SE de la sección. Estas pendientes coinciden con los planos de

CONCEPCION INTERPRETACION DEL PERFIL GRAVIMETRICO D

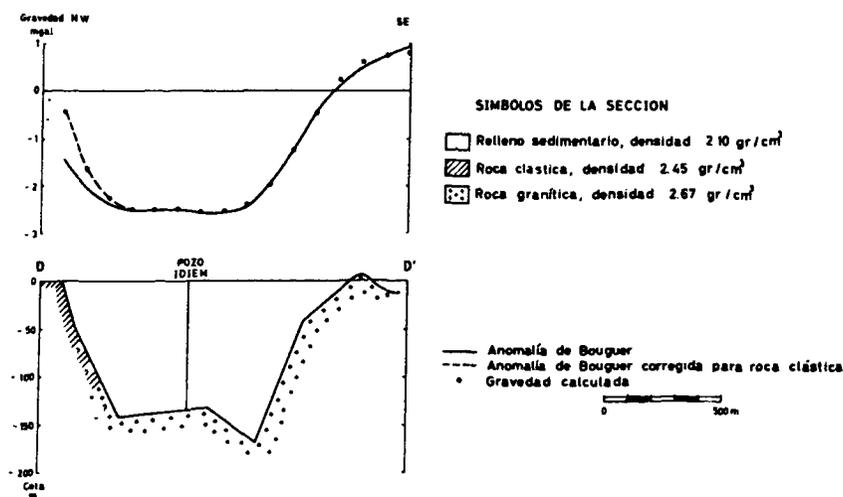


Fig. 9. Interpretación del perfil gravimétrico D de la Fig. 2.

CONCEPCION INTERPRETACION DEL PERFIL GRAVIMETRICO E

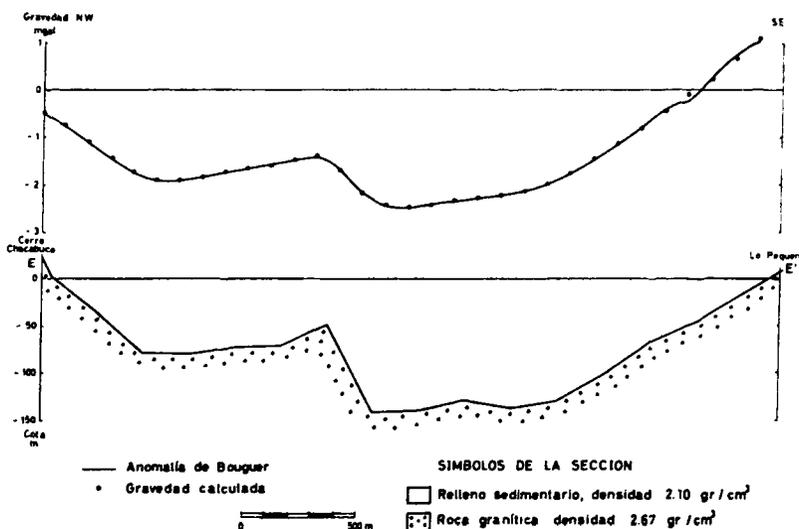


Fig. 10. Interpretación del perfil gravimétrico E de la Fig. 2.

las fallas Caracol y La Pólvara indicados en el mapa geológico. La falla La Pólvara aparece también como cambio brusco de pendiente de la circa en los perfiles E, F y G, aunque en el perfil E se encuentra corrido 400 m hacia el NW de la traza propuesta por el plano geológico. Esto se podría explicar por la erosión del antiguo curso del río Bío Bío que habría destruido en parte el bloque levantado de dicha falla.

La falla Chacabuco se revela en forma notoria en el extremo NW de la sección G. Las fallas Chepe y Lo Pequeño no están asociadas con pendientes abruptas de la roca fundamental.

Como resumen de la interpretación gravimétrica se incluyen en la Fig. 13 curvas de igual espesor de los sedimentos de Concepción, con un intervalo de 50 m. Este plano fue obtenido a partir de los siete perfiles gravimétricos analizados, y en él pueden observarse todos los rasgos estructurales mencionados anteriormente.

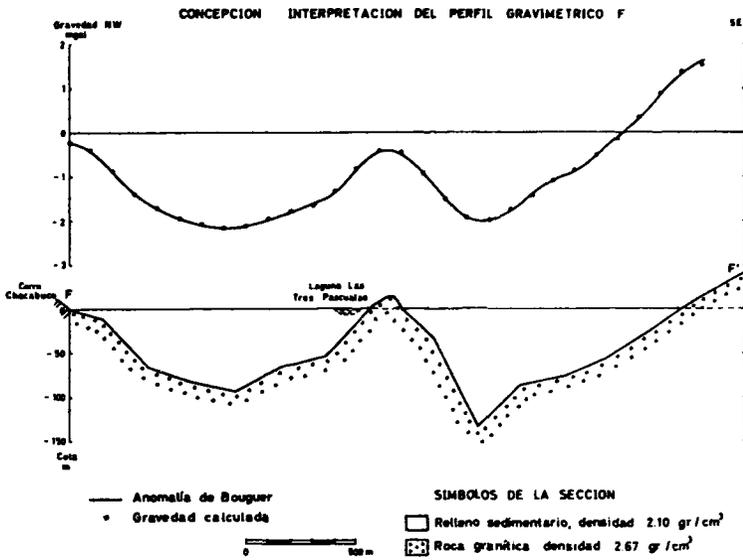


Fig. 11 Interpretación del perfil gravimétrico F de la Fig. 2

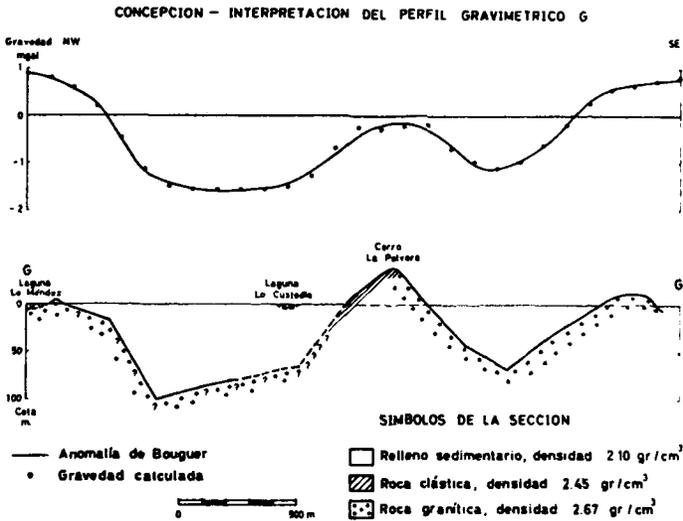


Fig. 12 Interpretación del perfil gravimétrico G de la Fig. 2

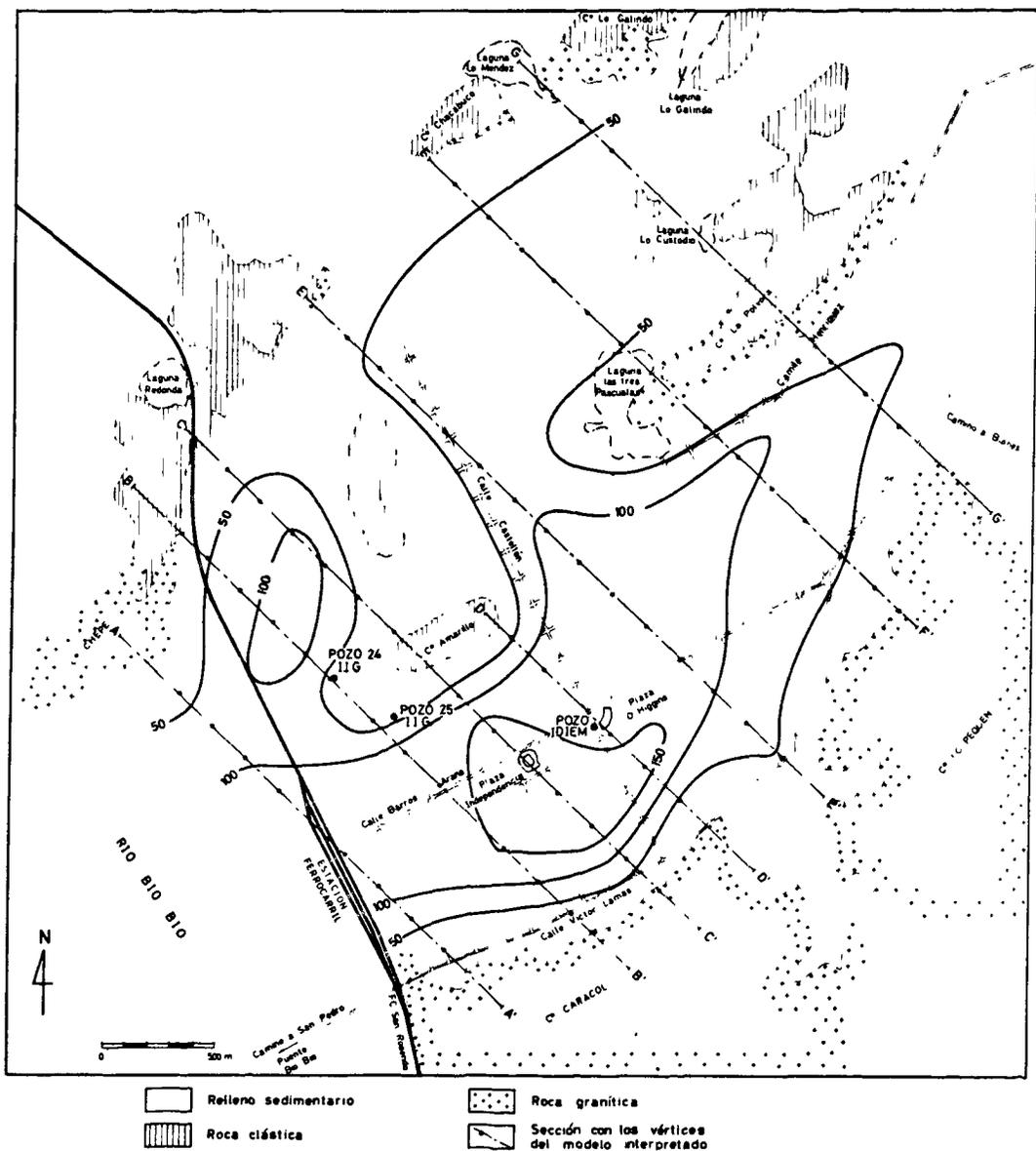


Fig. 13. Curvas de igual espesor de los sedimentos. Intervalo 50 metros.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

La Tabla I indica que con excepción del perfil B el máximo error absoluto entre la gravedad observada y la gravedad calculada para el modelo teórico no es mayor que el error inherente en los datos. Dentro de ese margen de error existen varias posibilidades de interpretación y naturalmente se ha elegido el modelo más factible geológicamente.

La principal fuente de error está en el valor de las densidades y en la dis-

tribución de las rocas clásticas. Se ha constatado que en el caso de la sección A, Fig. 6, en la cual no existen rocas clásticas, un cambio de $0,1 \text{ g/cm}^3$ en el valor de la densidad del relleno sedimentario produce una variación de 20% en el espesor máximo. La influencia de las rocas clásticas en la determinación de la potencia del relleno es aún mayor; si, por ejemplo, se supone que la circa en el lado NW del perfil C consiste en rocas ígneas, en vez de clásticas, como se propone en la Fig. 6, su profundidad máxima se reducirá a la mitad. Por esta razón no pudo determinarse con cierta precisión la profundidad de la cuenca situada al N de la falla La Pólvara donde interfieren rocas clásticas. Puede afirmarse, sin embargo, que esta cuenca es menos profunda y de menor extensión que la cuenca situada hacia el S. Es probable que en esta última cuenca no existen rocas clásticas en cantidades significativas. El error de interpretación que se comete en este caso se debe principalmente a la incertidumbre en la elección del contraste de densidad entre relleno sedimentario y roca ígnea, y en parte al método de interpretación bidimensional. Se estima que su efecto combinado produce un error del orden de 20% en la determinación de la profundidad media del basamento, que oscila entre 130 y 170 m.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a IDIEM por las facilidades otorgadas durante la ejecución de las medidas y por el suministro de los datos del sondaje. Asimismo, se deja constancia de la colaboración prestada por el geólogo de la Universidad de Concepción Sr. Carlos Galli.

REFERENCIAS

1. DOBRIN, M.B. *Introducción a la prospección geofísica*: Ediciones Omega, Barcelona 1961.
2. GRANT, F.S., y WEST, G.F. *Interpretation theory in applied geophysics*: Mc Graw-Hill, New York 1965.
3. VALDENEGRO, C., y ATWATER, T. *Letantamiento gravimétrico de Concepción*, Departamento de Geofísica y Geodesia, Universidad de Chile. Informe inédito (1966).
4. GALLI OLIVIER, C., y LEMKE, R.W. El suelo de fundación de Concepción: *Estudios Geotécnicos* N° 2, (1967) Instituto de Investigaciones Geológicas, Chile.
5. ORGANIZACION DE ESTADOS AMERICANOS. Proyecto aerofotogramétrico OEA-CHILE-BID. *Mapa topográfico de la ciudad de Concepción escala 1:2000*, Proyecto aerofotogramétrico OEA-CHILE-BID (1961).
6. POBLETE, M. *El subsuelo del centro de Concepción en relación con el diseño antisísmico*, Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Santiago 1967.

7. GALLI OLIVIER, C. *Geología urbana y suelo de fundación de Concepción y Talcahuano, Chile*. Informe final del proyecto de investigación N° 25 de la Universidad de Concepción. (1967) Inédito.
8. BOTT, M.H.P. The use of rapid digital computing methods for direct gravity interpretation of sedimentary basins: *Geophysical Journal*, vol. 3 (1960), pp. 63-67.
9. CORBATO, CH.E. A least-squares procedure for gravity interpretation. *Geophysics*, vol. 30, nº 2, pp. 228-233.
10. DIRECCION DE PLANEAMIENTO Y URBANISMO. *Plano base del área intercomunal, Concepción*. Escala 1 : 20.000. (1965).

GRAVIMETRIC PLAN OF CONCEPCION

SUMMARY:

The purpose of this study was to find out the distribution of the sedimentary deposits and the shape of igneous basement under Concepción. To interpret the gravimetric data seven profiles in a NW-SE orientation were selected and a bidimensional model was adjusted by the method of least squares. The presence of two basins in a NW-SE orientation separated by a sill was confirmed. The basins are of 80 to 160 m of mean depth and they are surrounded by a group of tectonic faults.