

CONTRIBUCION A LA EXTENSION AUSTRAL DEL
MODELO DEL GEOIDE

Jaime R. Soto, Mario O. Olea y Federico Mayer
Servicio de Hidrografía Naval
Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

Se exponen resultados e interpretaciones de determinaciones geodésicas tridimensionales efectuadas mediante posicionamiento Doppler con satélites Transit utilizando equipo JMR - 4 a lo largo de la costa patagónica y Antártida.

Si bien estos puntos tuvieron como principal objetivo la determinación de constantes de transformación de los levantamientos locales a Sistemas Geodésicos generales WGS y Campo Inchauspe 1969, se utilizó la vinculación con referencias mareográficas para inferir una franja de la conformación del geoide hasta los 65° de latitud sur.

Para ello se compatibilizaron las determinaciones con el modelo desarrollado por el Instituto Geográfico Militar (IGM) en la región norte del país.

ABSTRACT

Results and interpretations of tridimensional geodetic determinations made by Doppler positioning with Transit Satellites using JMR 4 equipment along the Patagonian and Antarctic coast are exposed.

These points had as principal objective the determination of transformation parameters of local surveys to General Geodetic Systems WGS and Campo Inchauspe 69.

The leveling of mareographic references to these points were used to infer a band of the geoid conformation up to lat. 65° S.

Thus determinations with the unfolding model by Instituto Geográfico Militar (IGM) in the north region of the country were agreed.

1. INTRODUCCION

Durante los años 1981 y 1982 se efectuaron determinaciones Doppler con equipo JMR 4 en los siguientes puntos de la costa patagónica y Antártida:

- Puerto San Antonio (Pcia Río Negro)
- Puerto Madryn (Pcia. del Chubut)
- Comodoro Rivadavia (Pcia. del Chubut)
- Puerto Deseado (Pcia. de Santa Cruz)
- Río Gallegos (Pcia. de Santa Cruz)
- Río Grande (Tierra del Fuego)
- Base Naval Orcadas (Sector Antártico Argentino)
- Base de Ejército Esperanza (Sector Antártico Argentino)
- Caleta Potter (Isla 25 de mayo - Sector Antártico Argentino)

En cada uno de ellos se efectuó la vinculación a la triangulación que apoya a la cartografía náutica para obtener las constantes de transformación a los sistemas WGS y Campo Inchauspe 69 a fin de dar cumplimiento a convenciones internacionales, según las cuales debe insertarse una de las siguientes leyendas;

- a) Las posiciones obtenidas de navegación satelitaria, referidas al Sistema Geodésico Mundial (WGS) se pueden ubicar directamente sobre esta carta.
- b) Las posiciones obtenidas de navegación satelitaria, referidas al Sistema Geodésico Mundial (WGS) deben trasladarse -----al Norte/Sur y -----al Este/Oeste para concordar con esta carta.

- c) Para esta carta no se conocen los ajustes a aplicar a las posiciones obtenidas por navegación satelitaria referidos al Sistema Geodésico Mundial (WGS).

Si bien el requerimiento primario es netamente bidimensional, en todas estas estaciones se tomó la precaución de vincularla con referencias verticales de determinaciones del nivel medio del mar a través de observaciones mareográficas o mareométricas; de esta forma los parámetros de transformación se obtuvieron en forma tridimensional, lo cual les confiere validez más amplia a lo largo de toda la red de apoyo.

Planteada de esta forma la obtención de datos, surgió la posibilidad de obtener la altura del geode sobre los sistemas de referencia, si bien este procedimiento está limitado por el error vertical de la determinación Doppler, los resultados son coherentes entre sí y permiten una amplia extensión hacia el sur de la conformación obtenida con anterioridad.

Al ensamblar las determinaciones con la topografía de la superficie del geode, efectuada mediante nivelación astronómica de la Triangulación Fundamental Argentina, se encontró una discontinuidad del orden de los 10 metros, a los efectos de este estudio se elevó dicha superficie obteniéndose un modelo compatible.

Antes de adoptar este desplazamiento se efectuaron verificaciones de dos puntos con coordenadas Inchauspe 69 en las proximidades de Buenos Aires, a los cuales también se les efectuó la correspondiente vinculación.

altimétrica, el resultado fue compatible desde el punto de vista de la coherencia del conjunto.

Desde ya que esta modificación tiene validez solamente para obtener cotas a partir de valores obtenidos con equipos similares (JMR) a partir de los parámetros y efemérides en uso. Quedan planteados algunos interrogantes sobre la necesidad de depurar el geolde y los parámetros de transformación entre las efemérides radiodifundidas y el Datum Argentino. Por otra parte es menester hacer una revisión de la programación ("software") de los equipos en uso para no inducir a errores en su aplicación.

2. CARACTERISTICA DE LAS OBSERVACIONES

Las estaciones se establecieron en las proximidades de puntos acotados, a través de observaciones mareográficas las cuales se vincularon al centro eléctrico de la antena receptora mediante nivelación geométrica.

En general se tomaron más de 30 pasos con los satélites 30120, 30130, 30140 y 30200 de la serie OSCAR; en la mayoría de los casos se descartó el 30480 de la serie NOVA debido a que el programa G⁵B usado por el microprocesador del equipo JMR 4, empleado en la mayoría de los casos, no estaba preparado para ello; parcialmente se empleó el citado satélite con el equipo JMR 4 A, facilitado en préstamo por la Dirección Nacional del Antártico.

En el lugar se introdujeron los datos aproximados disponibles, los

resultados de estos procesos en tiempo real se emplearon para iterar en el tratamiento diferido.

En todos los casos se emplearon efemérides radio-transmitidas, dado que, de acuerdo a los descrito en 1., el objetivo esencial fue obtener las constantes de transformación para la navegación. Por otra parte, en lo que respecta a la elevación del geolde, se pretendió facilitar la utilización de este medio para obtener altimetría en lugares de difícil conexión geométrica o trigonométrica.

En cuanto al empleo de otro elipsolde y sistema, más evolucionados desde el punto de vista geodésico, la posibilidad de su posterior reproceso queda condicionada fundamentalmente a la obtención de las efemérides precisas y un modelo troposférico más ajustado a la época y zona de operación.

3. METODO EMPLEADO

Las expresiones que vinculan a las coordenadas geodésicas (φ, ω, h) con las ortogonales de la terna de referencia respectiva, de acuerdo a la figura 1, son las siguientes:

$$x = (N + h) \cos \varphi \cos \omega$$

$$y = (N + h) \cos \varphi \operatorname{sen} \omega$$

$$z = [N (1 - f)^2 + h] \operatorname{sen} \varphi$$

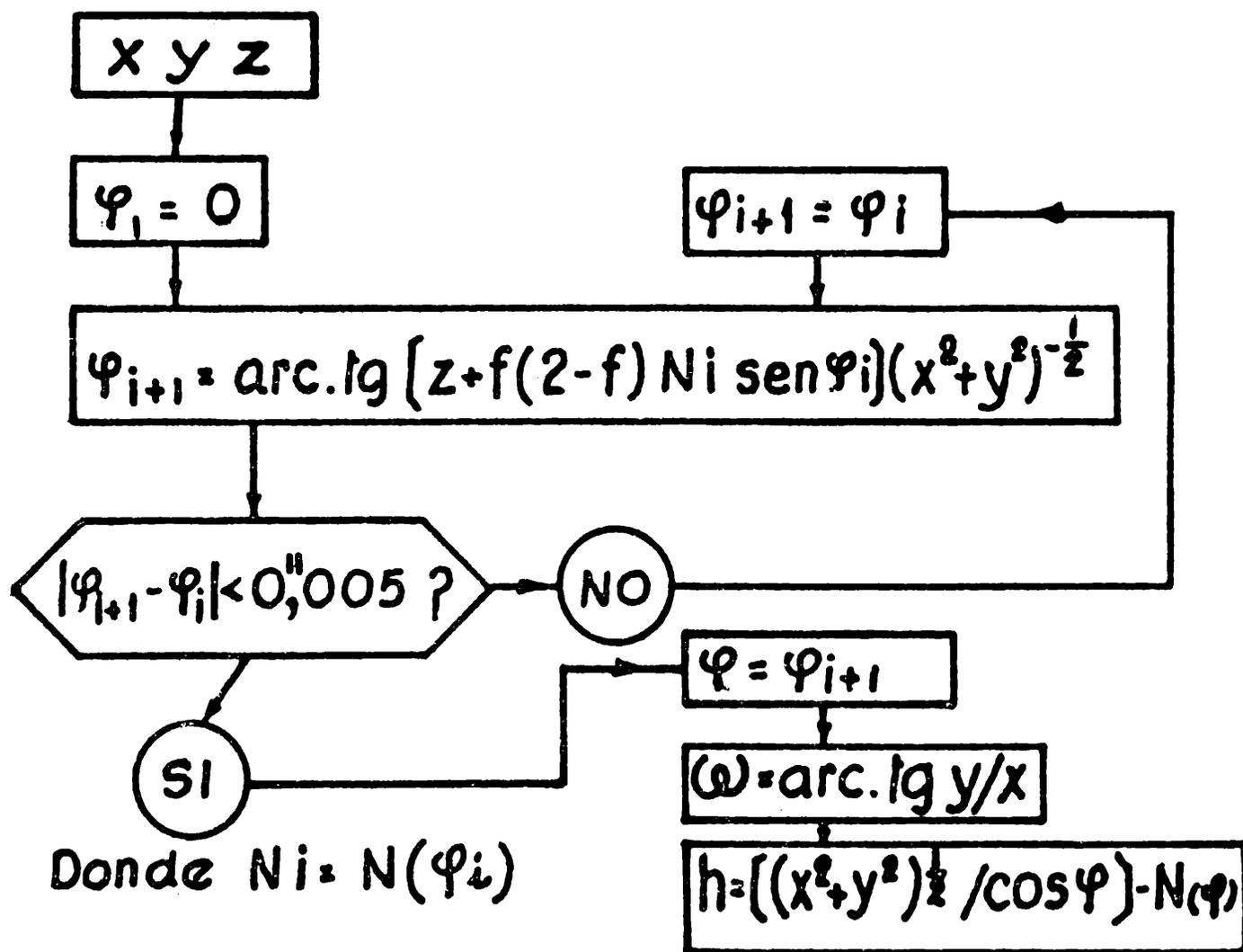
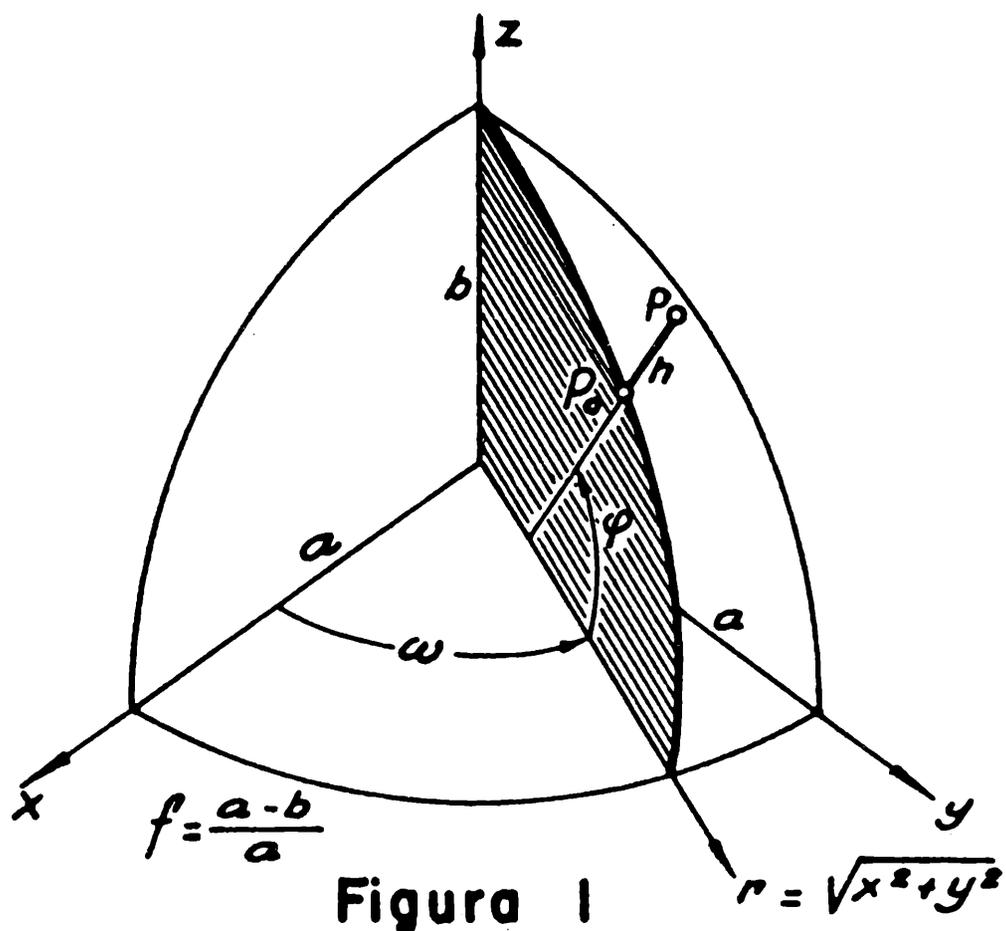
donde N es el radio de curvatura de la sección normal al meridiano:

$$N = a [1 - f (2 - f) \operatorname{sen}^2 \varphi]^{-\frac{1}{2}}$$

Si hay coordenadas ϕ, Ω, H , referidas a otro sistema, se obtendrán las correspondientes rectangulares X, Y, Z y las constantes de traslación que se obtengan serán:

$$\Delta x = X - x \quad \Delta Z = Z - z$$

$$\Delta y = Y - y$$



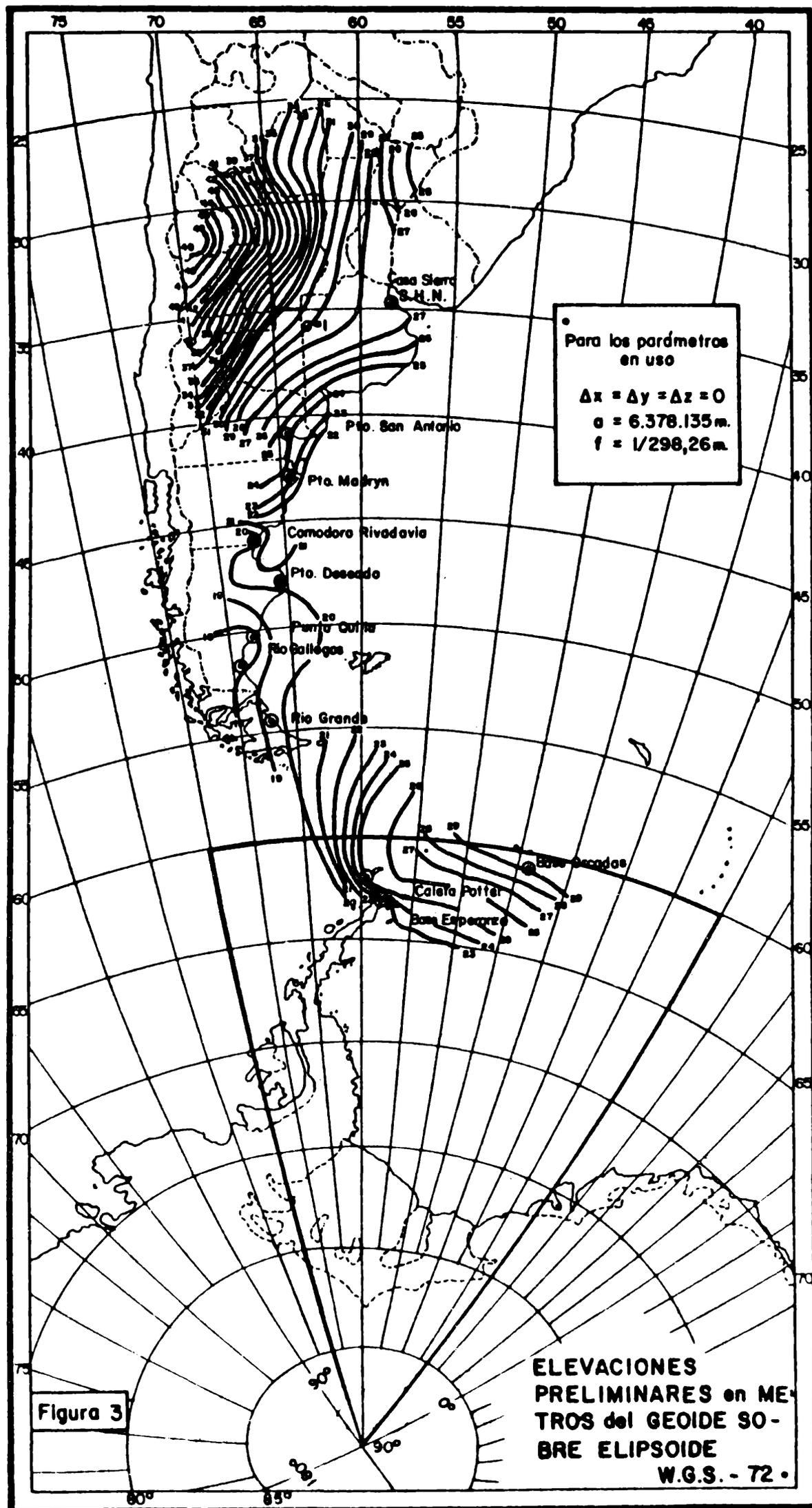
El diagrama de la figura 2 describe un método iterativo para el proceso inverso, en posesión de ambas rutinas de transformación es posible pasar de un sistema (φ, ω, h) a otro (φ', ω', h') , y viceversa, con mayor rigurosidad que con las fórmulas de Molodenskiĭ; en este proceso se introducen las traslaciones citadas, los cambios de parámetros elípticos (a, f) y, si fuese necesario, un cambio de orientación de la terna. Si el área es reducida puede aceptarse que la traslación deducida $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ absorbe la desorientación entre sistemas.

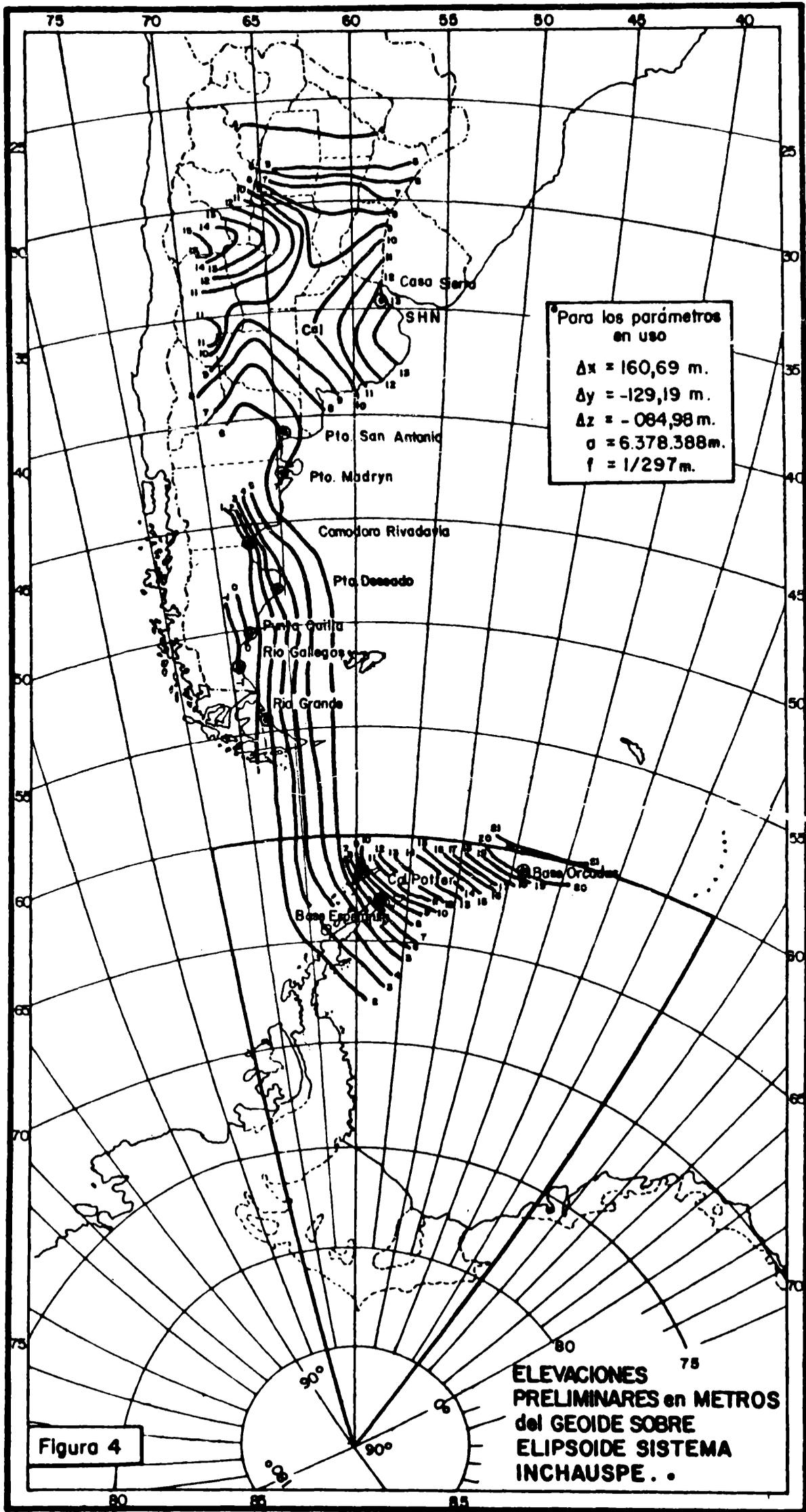
En algunos equipos, como el JMR 4, en su programación ("software") se admite que las efemérides radiotransmitidas vienen dadas en el sistema WGS 72. Aplicando este criterio y admitiendo las constantes que se dan en el gráfico correspondiente se obtuvo el gráfico de la figura 3, en rigor la extensión hacia el norte se efectuó aplicando una interacción con los resultados de la figura siguiente.

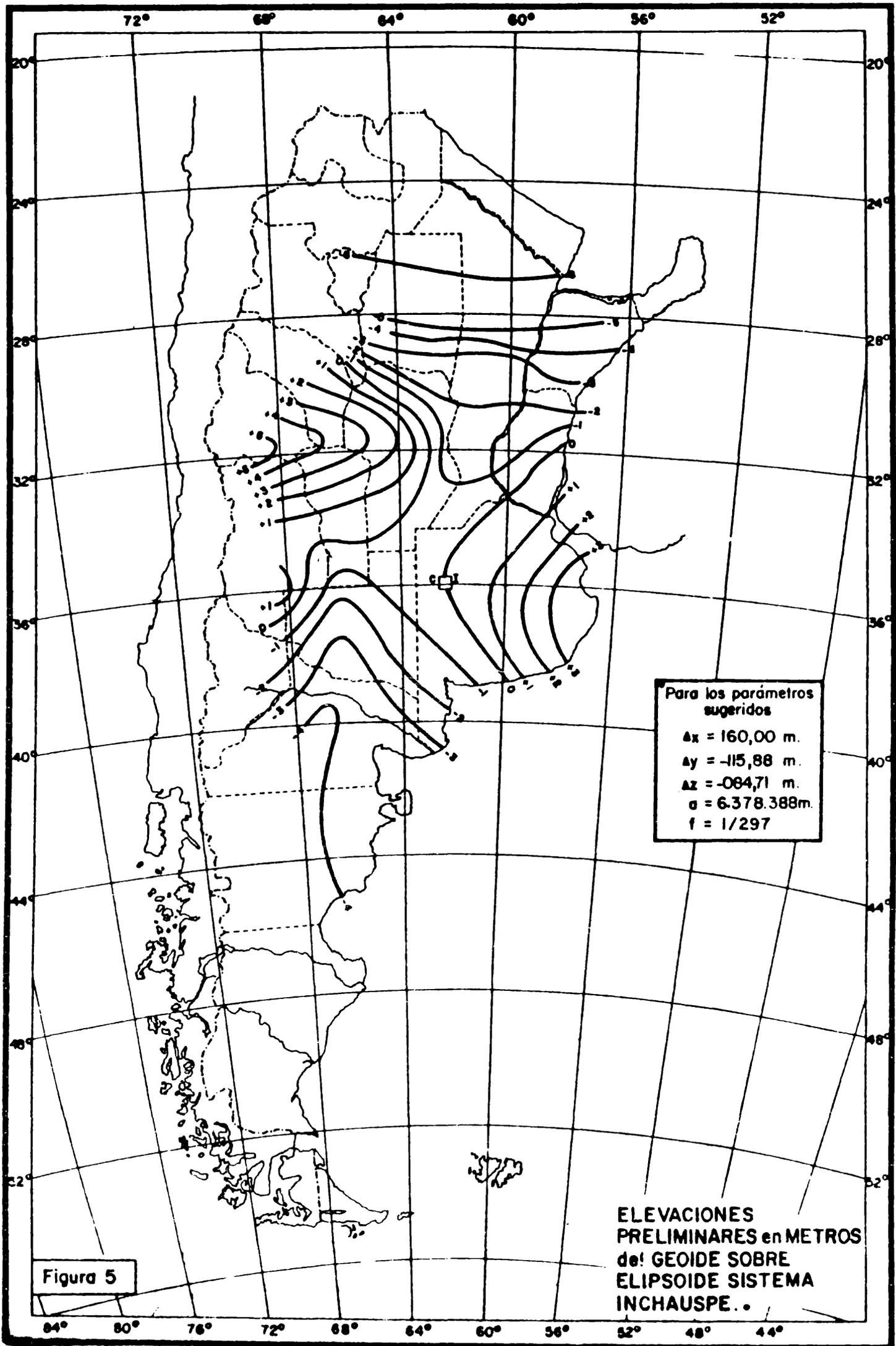
La figura 4 se obtuvo aplicándole a los resultados de las efemérides radiotransmitidas los valores $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$, que da el IGM para WGS 72 - INCHAUSPE 69, al llegar a la zona ya modelada, en base al proceso astrogeodésico de la triangulación fundamental, se encontró una discontinuidad y, para no distorsionar la conformación, se elevaron 10 metros los valores de las isolíneas respectivas tal como se expone en 1.

Ello no implica que sea incorrecto el modelo astrogeodésico, ni necesariamente que los parámetros de traslación WGS 72 - INCHAUSPE 69 estén desajustados; queda una tercera posibilidad: que las efemérides radiodifundidas no estén dadas para el WGS 72 sino para un nuevo sistema al cual le corresponden otros valores de traslación.

En la figura 5 se aplican parámetros $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ que compatibilizan







las efemérides transmitidas con el modelo astrogeodésico; éstos fueron deducidos provisoriamente a través de dos puntos al sólo efecto de mostrar la conformación general. Obviamente el resultado no es apto para uso geodésico.

Para pasar de una zona con conformación conocida en un sistema al conjunto de curvas del otro, se tomaron puntos a lo largo de las isolíneas dadas y se efectuó la transformación con el proceso ya descrito, las alturas resultantes permitieron obtener la topografía del geóide en el otro sistema y ellipsóide por interpolación. En la zona norte se adoptó el modelo del IGM y en la zona sur el conjunto de determinaciones más la tendencia que presentan los modelos conocidos del WGS.

4. CONCLUSIONES

El método desarrollado, si bien puede ser mejorado con más y mejores determinaciones con balanceo geométrico y con un modelo troposférico más elaborado, ha demostrado ser apto para extensiones extracontinentales de la conformación del geóide y permite un análisis objetivo de las constantes de transformación en uso.

El auge que ha tomado la aplicación de la geodesia satelitaria y la necesidad de homogeneizar la referencia para la navegación, hace imprescindible establecer una correcta relación entre el sistema geodésico al cual están referidas las efemérides radiodifundidas y el "datum" argentino. Independientemente de ello, es también necesario conocer la programación ("software") de los equipos en uso para no aumentar la confusión. Por ejemplo los equipos JMR-1, JMR-4 admiten que las efemérides transmitidas vienen dadas en WGS 72 y el equipo Motorola MRSSS les aplica una corrección para llevarlas a ese sistema.

Dentro de las revisiones a efectuar para establecer parámetros

definitivos debe considerarse la depuración del modelo astrogeodésico que se reproduce en la parte superior de la figura 5. Como puede observarse en el mismo, el elipsoide no es tangente si no secante en el punto Campo Inchauspe.

Si bien un geolide, en teoría, debería ser tangente en el punto datum, en la práctica esto no se requiere con rigurosidad ya que, de hecho, un sistema queda definido por las coordenadas que se difunden. En cambio sí es necesario que quede ubicado en una porción paralela: máximo o mínimo relativo o bien punto de silla como queda insinuado en la zona próxima a Campo Inchauspe de la conformación conocida.

Dadas las circunstancias actuales el modelo puede surgir de una combinación de todos los procedimientos: astrogeodésicos y gravimétricos complementados con nivelaciones vinculadas a la red mareográfica y aún con determinaciones como las expuestas en el presente trabajo.

BIBLIGRAFIA

- Ashkenazi, V., 1977: Una Red Continental Terrestre Doppler para América del Sur. Revista Cartográfica del IPGH, N° 31. México.
- Ashkenazi, V., Gough, R.J. y Sykes, R.M., 1977: Determinación de Posiciones Geodésicas por medio de Satélites Doppler. Traducción reproducida para el Seminario sobre sistema Doppler y su Aplicación en la Determinación de Estaciones de Control Geodésico. Buenos Aires, 1977.
- Bomford, G., 1980: Geodesy 4th Edition. Oxford Claredon Press (UK).
- Eaton, Well, Stuijbergen, 1976: Satellite Navigation en Hydrographie. The International Hydrographic Review. Vol LIII N° 1. Mónaco, 1976.
- Jenkins y Leroy, 1979: Broadcast versus Precise Ephemeris, Apples and Oranges. Proceeding of 2nd. Int. Geodetic Symposium on S.D.P. Texas (USA), 1979.
- JMR Instruments, 1978: Operator and Instalation, Manual JMR 4 California (USA).
- Ledersteger, 1969: Handbuch der Vermessungskunde (JEK). Band V. Astronomische und Physikalische Geodäsie. Stuttgart (BRD).
- Mayer, F., 1982: El problema de la Cartografía Local en Relación con los Sistemas Modernos de Navegación. Boletín del Centro Naval N° 730. Buenos Aires.
- Meade, B.K., 1982: NWL - 10F Versus WGS 72 Doppler Results and Broadcast versus Precise Ephemeris Coordinate. Louisiana (USA).
- Motorola Inc., 1982: 1) The Mini-Ranger Satellite Survey System.
2) Preliminary Users Manual (M-R SSS). Arizona (USA).
- Rodríguez, R., 1979: Estado actual de la Geodesia Satelitaria. GEOACTA, Vol.10, n.1. Buenos Aires.
- Seppelin, T.O., 1974: Informe de la Defense Mapping Agency (DMA) presentado en el "International Symposium on Problems Related to the Redefinition of North American Geodetic Networks". New Brunswick Canada. Mayo, 1974.

