

ANALISIS COMPARATIVO DE DOS METODOS
DE DENSIFICACION GEODESICA

Carlos R. Ibáñez y Rubén C. Rodríguez
Instituto Geográfico Militar
Buenos Aires
Argentina

RESUMEN

El estudio se efectúa sobre dos mallas: una densificada por triangulación (3I) y otra por poligonación (2I) ubicadas en áreas geográficas similares. En cada una se eligieron puntos situados en forma relativamente semejante respecto del marco fijo de las cadenas fundamentales que las encierran.

Son analizados los residuos, en dirección y distancias, resultados de la compensación y los errores posicionales de los puntos antes mencionados.

El examen muestra que los residuos de direcciones son similares en ambos tipos de densificación mientras que en distancias aparece una tendencia debida, supuestamente, al peso asignado a los lados. El error en posición es mayor en la poligonación sin alcanzar valores que comprometan la calidad de trabajo. Se incluye, finalmente una relación de costos que favorece a la poligonación.

ABSTRACT

The study is made over two networks: one filled by triangulation and the other by traversing, located in similar geographic areas.

In each one, points situated in a relatively similar position, with respect to the fix ring of the main chains that contain them, were chosen.

The residues are analyzed in directions and distances together with the results of the adjustment and the positional mistakes of the points mentioned before.

The examination shows that the directions residues are similar in both types of densification while in distances there appears a tendency due supposedly to the sides weight.

The mistake in position is larger in traversing but without reaching values that compromise the quality of the work.

Finally a cost relation that help traversing is included.

1. INTRODUCCION

Se ha realizado un análisis de la densificación de unidades geodésicas mediante redes de poligonación (2H, 2I) y mallas de triangulación (3I). Para realizar el mismo, se ha establecido un criterio de comparación basado en el uso de los residuos de compensación y en función de ellos, analizar la precisión de las coordenadas obtenidas, las que se manifiestan por medio de las elipses de error de los puntos de contralor.

Se ha establecido también una evaluación de los resultados provisionales en una red de poligonación (2H) y una comparación de los aspectos económicos de ambos métodos de densificación.

2. UBICACION, FORMA, DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS

Las mallas en consideración están ubicadas en el centro del territorio continental americano de nuestro país, abarcando las provincias de La Pampa y Río Negro.

La forma de las mismas es aproximadamente trapezoidal, con superficies que oscilan entre los 27 mil y 36 mil km², con la particularidad de que la malla 3I girada 180° coincide aproximadamente con la 2I, lo cual ha permitido ubicar los puntos de contralor de ambas mallas en posición relativa similar, respecto de los marcos (Gráfico 1).

La zona posee rasgos diferenciados en forma contundente y esas diferencias radican en hechos físicos y en las actividades económicas dominantes en el ancho espacio mesetario y árido que surcan los cursos casi paralelos de los ríos Negro y Colorado. Este monótono paisaje se ve interrumpido por abundantes cañadones y cuencas salinas, que dificultan el tránsito fuera de los escasos caminos existentes. La red vial se ha concentrado en función de la actividad económica del Valle del Río Negro.

Las rutas convergen hacia esa región, quedando grandes espacios carentes de vías de comunicación.

3. INSTRUMENTAL UTILIZADO

En todos los casos se ha empleado el mismo tipo de instrumental, a saber:

Medición Angular: teodolito de 0"2 de precisión.

Medición Lineal: electrodistanciómetros (EDM) de microondas (Telurómetros).

4. CALCULOS PREVIOS

Durante las operaciones de campo y siempre antes de someter los datos a un proceso de compensación, se realizan exámenes de los datos registrados en el te

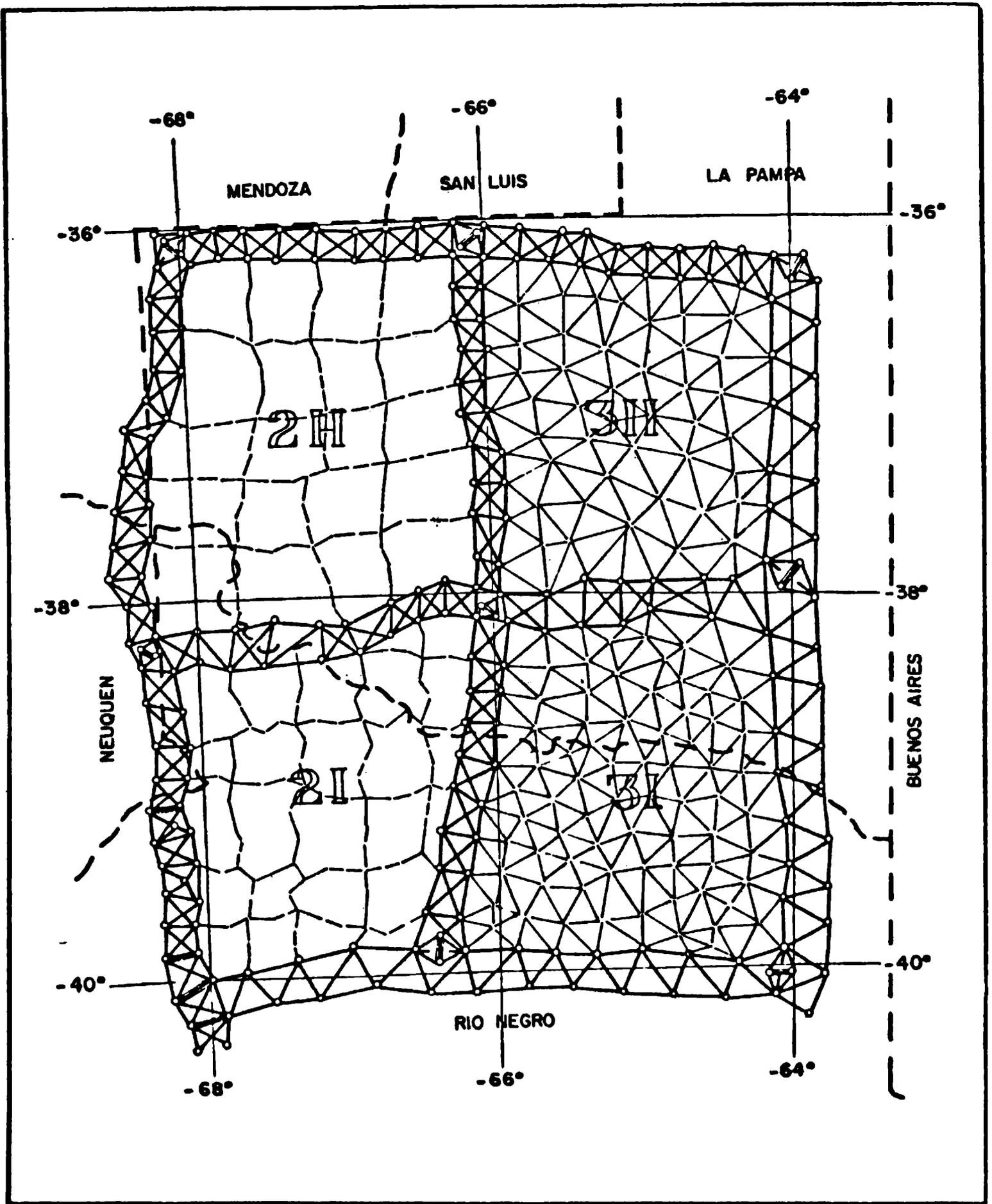


GRAFICO 1

rreno para determinar la bondad de las mediciones.

En la tabla 1 se exponen los resultados obtenidos en la densificación de la unidad geodésica 2H.

La misma consta de 97 anillos que han sido estudiados individualmente tanto en cierre angular como en cierre lineal. Surge de la mencionada tabla que el 48% de los anillos presenta un cierre angular inferior a $1,3''/\sqrt{n}$, tolerancia impuesta para la poligonación principal y el 77% con cierres por debajo de $2''/\sqrt{n}$, tolerancia impuesta para la densificación secundaria. Con respecto a los cierres lineales, el 60% de los anillos presenta valores inferiores a 5mm/km correspondiente a la tolerancia para la poligonación principal y el 93% por debajo de 7mm/km, tolerancia fijada para las poligonales de densificación secundaria.

Se debe tener en cuenta que en el estudio precedente se han considerado todos los anillos posibles, para lo cual en algunos casos, se ha tomado como parte del anillo los lados de las cadenas fundamentales que constituyen el marco.

TABLA 1

MALLA 2H			N° POLIGONOS: 97		
CIERRE ANGULAR			CIERRE LINEAL		
TOLERANCIAS principal $1,3''/\sqrt{n}$ secundaria $2''/\sqrt{n}$			5 mm/km 7 mm/km		
Promedio de vértices por polígono: 8					
ENTORNO "	CANTIDAD POLIGONOS	%	ENTORNO mm/km	CANTIDAD POLIGONOS	%
0" - 3,7	47	48	0 - 5	58	60
3,7 - 5,7	28	29	5 - 7	32	33
5,7 - 9	16	17	7 - 14	7	7
9 o más	6	6	14 o más	0	0

5. PROCESO DE CALCULO DE COMPENSACION

Se cuenta con dos programas para compensar redes de densificación:

Pgrm. 1: ajuste por variación de coordenadas geográficas; método riguroso que establece la solución de las ecuaciones normales por sustitución.

Pgrm. 2: ajuste por variación de coordenadas geográficas; método iterativo conocido como "gradientes conjugados", que permite la solución de las ecuaciones normales hasta alcanzar un nivel de variación mínimo de las incógnitas.

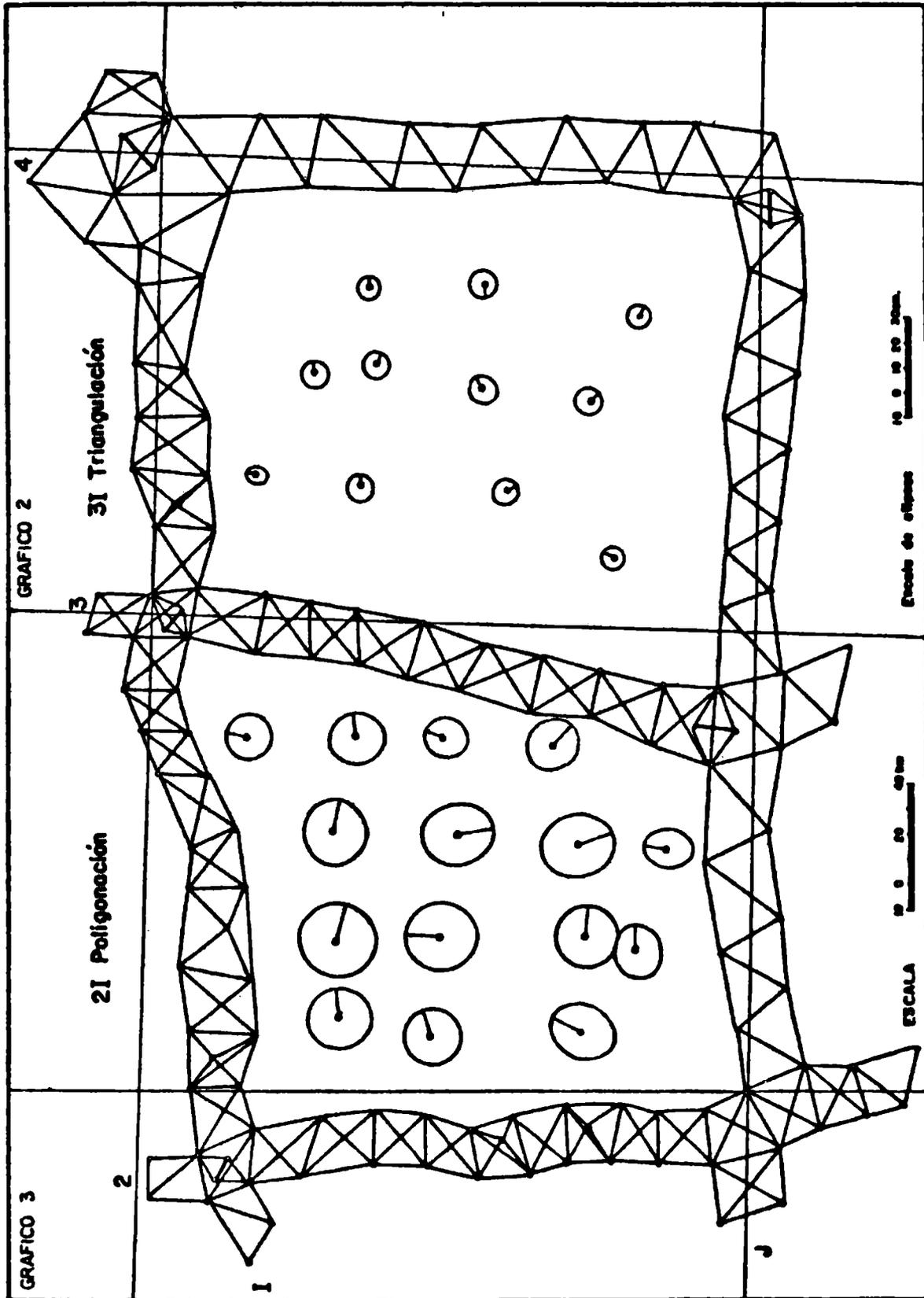
Permite asimismo calcular, por inversión de la matriz de ecuacio-

nes normales, la precisión de la posición geográfica de algunos puntos especialmente elegidos, llamados puntos de contralor. Con los parámetros obtenidos, se determinan las elipses de error.

En la tabla 2 se muestran los datos estadísticos de las tres mallas comparadas; en la misma es de hacer notar:

- 5.1. Es prácticamente igual la representación lineal de los errores medios resultantes de compensación, tanto en triangulación como en poligonación
- 5.2. Teniendo en cuenta que en toda compensación la sumatoria de residuos debe tender a cero, ello significa que la cantidad de residuos positivos debe ser similar a la cantidad de negativos, condición que se cumple para los residuos de direcciones tanto en triangulación como en poligonación.
- 5.3. No ocurre lo mismo con la cantidad de residuos positivos y negativos en la medición de distancias con EDM.

TABLA 2 - RESUMEN ESTADISTICO				
Unidad Geodésica		3I	2I	2H
Programa utilizado		1/2	1/2	1
Puntos Fijos		28	37	32
Puntos Nuevos		70	86	89
Total observaciones		543	361	352
Peso direcciones		1	1	1
Peso distancias				
10 km		1,2	1,2	1,2
15 km		1,0	1,0	1,0
20 km		0,8	0,8	0,8
Lado medio		22 km	12 km	13 km
Error medio		1"6	3"	2"6
Representación lineal		0,17 m	0,17 m	0,16 m
<u>Residuos:</u>				
	+	286	122	127
Direcciones	-	257	129	117
	máx	3"2	4"	2"2
	+	-	92	100
Distancias	-	-	18	8
	máx	-	9"8	5"7
			(0,57 m)	(0,36 m)



GRAFICOS 2 y 3

6. ERRORES POSICIONALES

En los gráficos 2 y 3 se representan las elipses de error del posicionamiento de algunos puntos de las mallas 3I (triangulación) y 2I (poligonación). Estos puntos de contralor fueron elegidos de forma tal que presentaran la misma ubicación relativa respecto del marco que conforma la unidad geodésica. Ello se realiza con el propósito de que la propagación de los errores afecte por igual a los puntos equivalentes en ambas mallas.

Observando el tamaño de las elipses de error, resulta evidente que las correspondientes a poligonación son prácticamente el doble que las pertenecientes a triangulación, como puede confirmarse al comparar los valores de error medio cuadrático (EMC) de la tabla 3, en la cual se han ubicado en una misma fila los valores correspondientes a cada punto de contralor de igual posición relativa en ambas mallas. Estos valores son los obtenidos a través del proceso de com pensación con el Pgrm 2 ya citado.

TABLA 3 PUNTOS DE CONTRALOR

PUNTO	E M C	E L I P S E		PUNTO	E M C	E L I P S E	
		e. myr.	e. men.			e. myr.	e. men.
2I 3	0,320	0,237	0,214	3I 59	0,130	0,095	0,090
8	0,302	0,224	0,203	32	0,152	0,095	0,103
15	0,257	0,191	0,172	16	0,136	0,103	0,089
25	0,398	0,291	0,271	50	0,146	0,106	0,101
30	0,367	0,265	0,255	34	0,152	0,109	0,105
35	0,309	0,223	0,215	18	0,145	0,105	0,101
37	0,261	0,197	0,171	11	0,141	0,103	0,096
45	0,335	0,248	0,226	41	0,147	0,106	0,102
52	0,349	0,259	0,234	20	0,143	0,102	0,100
55	0,346	0,261	0,226	6	0,107	0,079	0,073
59	0,240	0,185	0,153	56	0,131	0,097	0,088
64	0,232	0,166	0,162				
70	0,272	0,198	0,186				
73	0,215	0,161	0,142				
79	0,268	0,208	0,168				
Los errores están expresados en metros.							

Resultaría entonces que, aparentemente, la precisión en la ubicación de los puntos de densificación sería el doble, cuando los mismos se obtienen por

triangulación.

Pero se debe tener en cuenta que las dimensiones de las elipses están directamente ligadas al EMC del posicionamiento de los puntos y que este error, por lo que resulta del presente análisis depende, principalmente, de:

6.1. La distribución anormal de los residuos de distancia.

6.2. La mezcla de datos de distinta naturaleza (direcciones y distancias).

En lo que sigue, se trata de dar una explicación a este resultado aparente y simultáneamente encontrar una solución realista al estudio que se ha propuesto.

7. ANALISIS DE LOS RESIDUOS RESULTANTES DE LA COMPENSACION

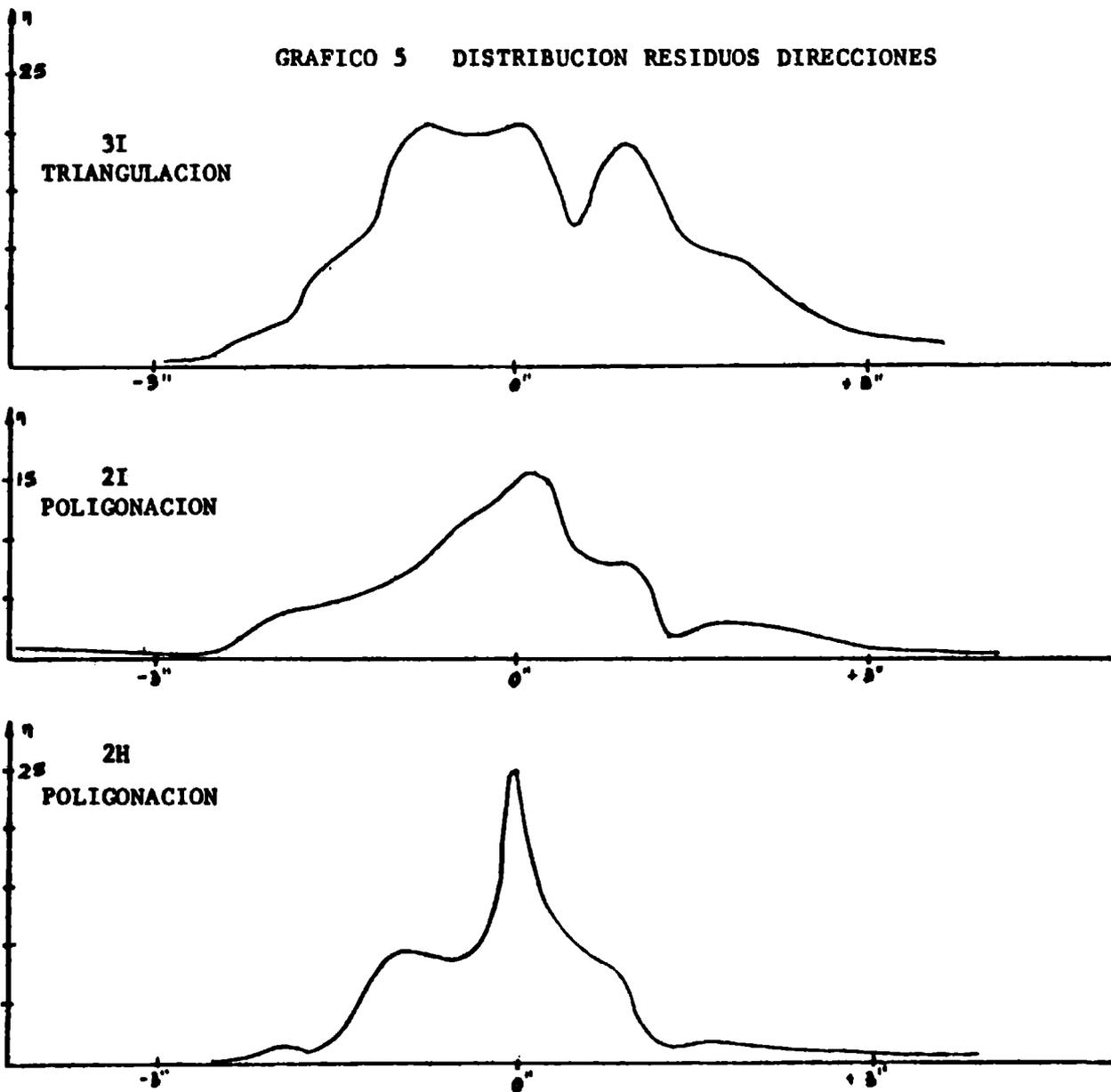
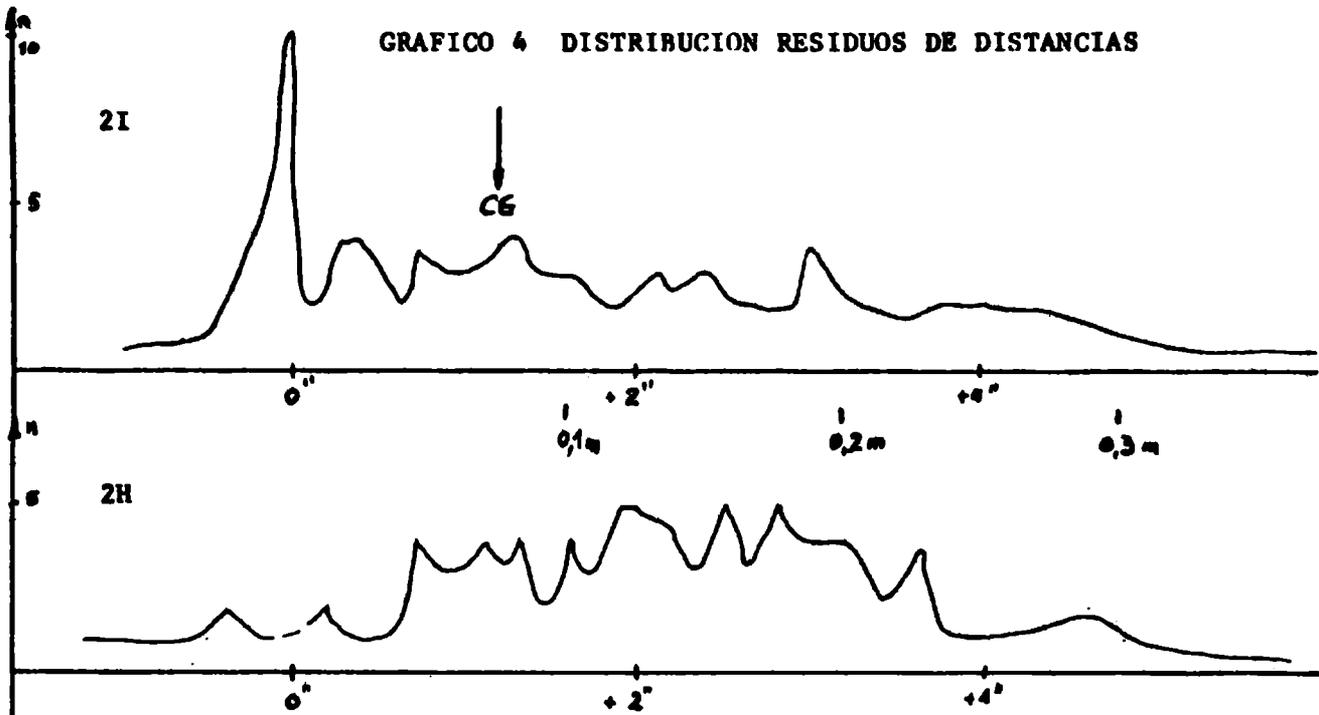
En el gráfico 4 que corresponde a la representación de los residuos de distancias en el caso de poligonación, es evidente la distribución anormal de los mismos respecto del eje de las ordenadas. Como ya se mencionó, existe mayor cantidad de residuos positivos que negativos, contradiciendo los conceptos clásicos de compensación. Es decir, en este caso, la sumatoria de residuos no tiende a cero.

Sabido es que el residuo lineal es la diferencia entre la distancia obtenida de las coordenadas compensadas y la medida en el terreno. Si la tendencia de los mismos es positiva, resulta que la compensación trata de expandir la malla. ¿Cuáles son las causas de este fenómeno?. Podemos citar dos:

7.1. En compensación planimétrica, las distancias medidas se introducen afectadas por un peso que equilibre el conjunto de medidas de distinto tipo (lineales y angulares). Este peso es un número aleatorio definido estadísticamente, dependiente de la longitud del lado y de la precisión del instrumento utilizado en su medida. Un peso mal determinado desequilibra el conjunto.

7.2. A su vez, el marco al cual debe ajustarse la malla, ha sido definido con anterioridad por triangulación y la posición de sus Puntos Trigonómicos debe permanecer inamovible cuando se compensa la red de densificación.

Teniendo entonces un marco fijo, establecido con anterioridad mediante la compensación de la cadena de triangulación de primer orden, se ha intercalado entre ellas una red en la cual se ha agregado la medición de una nueva magnitud las distancias. Estas, en las unidades en estudio, fueron determinadas con instrumentos de ondas electromagnéticas con precisión acorde al tipo de trabajo a



realizar. Al compensar el conjunto de mediciones de la red, resulta que los pesos asignados a las dos magnitudes no han logrado establecer una homogeneidad del sistema.

De ahí que los residuos de distancias aparecen con una manifiesta tendencia hacia el campo positivo y al no repartirse uniformemente, resulta significativa la sumatoria algebraica de los mismos. Es la misma causa por la cual, al calcular los parámetros de la elipse de error, se manifiesta el aumento del tamaño de la elipse representativa.

Sin embargo y aceptada esta distribución de los residuos de distancias, ¿cómo afecta a los resultados?

Tomando el centro de gravedad de la distribución (gráfico 4-2I), el mismo corresponde aproximadamente a un residuo de 0,08 m; y si se considera que el lado medio de la malla es de 12 km, resulta una razón de aumento de 1: 150 000, que aplicada a los resultados de la compensación, resulta insignificante.

Por otra parte, observando el gráfico 5 de distribución de los residuos de direcciones de las tres unidades comparadas, se puede apreciar que los mismos presentan una distribución de forma normal de acuerdo con la teoría de probabilidades. Pero, sin embargo es apreciable que en el caso de la malla 2H, esta curva presenta una mayor "kurtosis" (agudez) que las otras dos, índice de una mayor precisión de las mediciones. Es decir hay una mejor "solución".

En general, se observa una mayor concentración de puntos en los intervalos de menor valor. (Tabla 4 y gráfico 6). Agrupando la cantidad de residuos en forma acumulativa, se pone de manifiesto que en el caso de las redes de densificación por poligonal (2H, 2I), el 80% de los valores se ubican dentro del intervalo de residuos menores que un segundo, mientras que para la densificación por triangulación, sólo el 68% se agrupa dentro del mencionado intervalo.

Se presenta, nuevamente, que en la densificación por poligonal, la compensación muestra una mejor "solución" en los residuos de direcciones.

Si se acepta que la distribución de residuos de una compensación proporciona un criterio de evaluación de la misma, y por ende del método empleado en la medición que le dio origen, resulta que la densificación por poligonación es de una calidad similar que la obtenida por triangulación y que una u otra se pueden aplicar indistintamente.

Queda empero adecuar el peso de las distancias medidas con EDM a fin de mejorar la distribución de los residuos y por consiguiente mejorar el error de posicionamiento y el error medio de la unidad de peso de compensación en el caso de las poligonales.

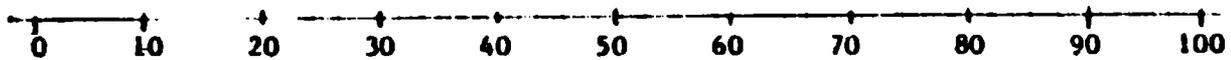
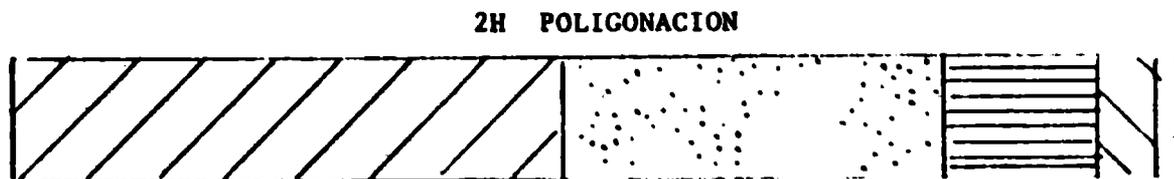
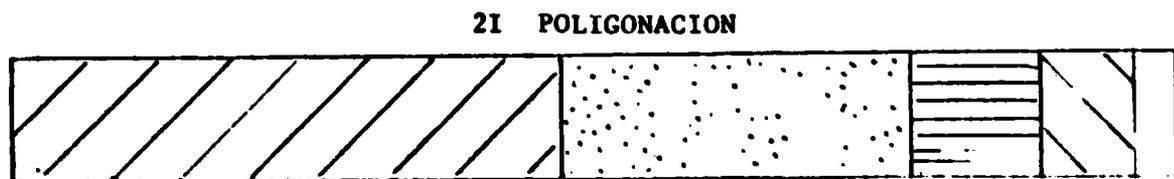
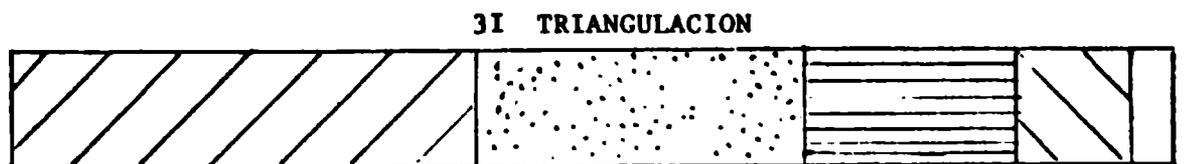
TABLA 4 - RESUMEN PORCENTUAL DE RESIDUOS

RESIDUOS DE DIRECCIONES				
ENTORNO	3I	2I	2H	
0" < R < 0,5	40%	47%	47%	
0,5 < R < 1,0	28%	30%	33%	
1,0 < R < 1,5	18%	11%	13%	
1,5 < R < 2,0	10%	8%	5%	
2,0 < R	4%	4%	2%	

RESIDUOS DE DISTANCIAS			
ENTORNO	2I	2H	
0" < R < 1,6 (10 cm)	57%	39%	
1,6 < R < 3,2 (20 cm)	25%	43%	
3,2 < R < 4,8 (30 cm)	12%	16%	
4,8 < R	5%	3%	

GRAFICO 6

RESIDUOS DE DIRECCIONES - PORCENTUALES ACUMULADOS



8. ESTUDIO DE LOS COSTOS

Para efectuar el estudio de los costos, se ha comparado las características económicas de ambas densificaciones. Se tuvo en cuenta, principalmente, tres aspectos incidentes:

- densificación; es decir la cantidad de puntos necesaria para el cubrimiento de la unidad geodésica;
- tiempo; el necesario para cumplir la tarea de campo;
- personal; cantidad total de empleados para ejecutar la tarea según el tipo de densificación.

Como resultado del estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

- 8.1. El cubrimiento de áreas similares requiere, tanto en triangulación como en poligonación, una densidad de puntos similar.
- 8.2. Por la metodología empleada en ambos cubrimientos, la triangulación requiere la disponibilidad de mayor cantidad de personal. La relación es de 10 a 7,4, lo que produce, al adoptar la densificación por poligonal, una reducción en el costo de 26%.
- 8.3. El tiempo de ejecución es también mayor para la triangulación con una relación de 10 a 6,25 que produce una disminución del costo en el orden del 38% cuando se emplea el cubrimiento por poligonal.
- 8.4. En el caso que se estudia, se obtuvo un costo por punto de u\$s 1.037 para poligonación y de u\$s 2.407 para triangulación, que representa un 56% de economía al adoptar el primer método.

9. CONCLUSION

El estudio realizado se ha planteado en dos aspectos: calidad de los resultados y costo de ejecución.

El primero fue analizado en función de las elipses de error en la posición de los puntos y en función de la distribución de los residuos resultantes de la compensación.

En la densificación por poligonación, surge que deberán ajustarse los pesos de las ecuaciones a fin de mejorar la homogeneidad del sistema.

Dado el buen resultado obtenido en la distribución de los residuos de direcciones, se espera que con el mencionado ajuste se logre una disminución de las elipses de error correspondientes a dicha densificación.

En el aspecto económico, los valores proporcionados hablan por sí solos en favor de la conveniencia de la densificación por poligonación.

CALCULO DEL CONTENIDO ELECTRONICO MEDIANTE IONOGRAMAS.
COMPARACION CON EL CONTENIDO FARADAY. (*)

Rodolfo G. Ezquer (**); Nieves de Adler y María de Acosta

Laboratorio de Ionósfera-Instituto de Física-Universidad Nacional
de Tucumán (Argentina).

RESUMEN

Utilizando datos del sondador ionosférico vertical de Tucumán (26,9° S; 294,6° E), y adoptando para la distribución de densidad e electrónica un modelo con altura de escala variable (Chapman modificada), se calculó el contenido electrónico hasta los 600 Km de altura (NC). Se compararon los resultados obtenidos con los valores del contenido electrónico Faraday (NF), dados por la señal del satélite geostacionario ATS-5 registrada en Tucumán.

Este análisis muestra que las variaciones del contenido electrónico medido son explicadas por las variaciones del contenido electrónico desde la base de la ionósfera hasta los 600 Km de altura.

ABSTRACT

Using vertical ionosonde data obtained at Tucumán (26,9° S; 294,6° E) and assuming a variable scale height model for the electron density distribution (modified Chapman), the electron content up to 600 Km height (NC) has been calculated. The obtained results and the Faraday electron content (NF) value, obtained from the ATS-5 geostationary satellite signals received at Tucumán, have been compared.

This analysis show that the measured electron content variations are explained by the electron content variations, from the bottom of the ionosphere up to 600 Km height.

(*) Trabajo subvencionado parcialmente por el CONICET, a través del PRONARP.

(**) Investigador del CONICET.

1. INTRODUCCION

De los ionogramas se deduce la distribución de la concentración electrónica (n) en función de la altura virtual desde la base de la ionósfera hasta el pico de la región F. Utilizando un método de reducción de altura virtual a real se puede encontrar la correspondiente distribución de n en función de la altura real.

Varios autores propusieron distintos modelos para la distribución de la concentración electrónica por encima del pico de la región F. Adoptando uno de ellos y teniendo en cuenta el perfil real para la parte baja de la ionósfera, se puede calcular el contenido electrónico (NC), hasta una altura que depende del modelo utilizado. En efecto, conociendo la función de distribución de n se la puede integrar para obtener NC.

En este trabajo se calcula NC para algunos ionogramas de Tucumán ($26,9^\circ$ S; $294,6^\circ$ E) y se comparan con los valores del contenido electrónico Faraday (NF), que es el contenido electrónico hasta unos 2000 Km de altura. Los valores de NF se obtuvieron a partir de los registros de rotación Faraday de la señal del satélite ATS-5 recibida en Tucumán.

2. MODELOS

Para la distribución de la densidad electrónica por encima del pico de la región F, Wright (1960) propone un modelo representado por una función Chapman con altura de escala constante de 100 Km. Otros autores mostraron que este modelo no era consistente con las mediciones en general.

Utilizando un gradiente de altura de escala constante Yonezawa y Takahashi (1960), obtuvieron un buen ajuste con los datos experimentales solo hasta aproximadamente 100 Km por encima del máximo de la región F.

Considerando un gradiente de altura de escala variable Chandra (1963), consiguió una buena concordancia con la distribución de densidad electrónica determinada experimentalmente, hasta una altura de 600 Km aproximadamente. La figura 1 muestra los resultados de Chandra.

En este trabajo se adopta el modelo de Chandra (1963) quién obtuvo un buen ajuste con los datos experimentales hasta alturas muy por encima del pico.

La distribución de densidad electrónica propuesta por Chandra (1963) está dada por

$$n = n_0 \exp \frac{1}{2} \left\{ 1 - \frac{Z'}{1 - \alpha \exp(-\alpha Z'/2)} - \exp \left[-\frac{Z'}{1 - \alpha \exp(-\alpha Z'/2)} \right] \right\} \quad (1)$$

la que se obtuvo considerando que la altura de escala varía según:

$$H = H_0 \frac{(1 - \alpha \exp(-\alpha Z'/2))^2}{1 - \alpha \exp(-\alpha Z'/2) - (\alpha^2 Z'/2) \exp(-\alpha Z'/2)} \quad (2)$$

donde:

$$Z' = Z/H_0 = (h - h_m)/H_0$$

$$\alpha = (H_0 - H_m)/H_0 \geq 0$$

h_m = altura del máximo de la región F

$H_0 = KT/m_0 g(h)$ = altura de escala del oxígeno atómico donde O^+ es el ión dominante (aproximadamente 600 Km).

T = temperatura exosférica

$g(h)$ = aceleración de la gravedad

m_0 = masa del oxígeno atómico

K = constante de Boltzmann

H_m = altura de escala correspondiente a h_m ($Z' = 0$)

El modelo de Chandra (1963) supone las siguientes hipótesis:

- 1.- Por encima de los 250 Km la atmósfera es isoterma y puede considerarse dividida en 3 zonas según las concentraciones relativas de los constituyentes iónicos:
 - a) iones oxígeno, dominantes hasta 900 Km.
 - b) iones helio, dominantes desde 900 a 3000 Km.
 - c) protones, dominantes por encima de 3000 Km.
- 2.- Cerca del pico de la región F la distribución de la concentración electrónica puede considerarse como una capa parabólica, y muy por encima del mismo como una exponencial. En esta zona el ión dominante es el O^+ y el neutro dominante es el oxígeno atómico, de manera que en el equilibrio termodinámico es $H^+ = 2 H_0$, donde H^+ es la altura de escala del gas.

3. CALCULO DE NC

El método utilizado para calcular NC consta de las siguientes etapas:

- a) A partir de los datos de ionogramas de Tucumán, se obtuvieron los perfiles reales de distribución de n hasta el pico de la región F, utilizando el método de reducción de altura virtual a real de Paul (1977).
- b) Se adoptó el modelo de Chandra (1963) para la distribución de la densidad electrónica. Como en la ecuación (1) Z' es función de H_0 , fue necesario determinar el valor de la temperatura exosférica. Para ello se implementó un programa de cálculo que permite obtener el perfil de temperatura según el modelo de Jacchia para la temperatura exosférica (1977).
- c) Determinado H_0 para cada perfil real considerado, se ajustó el valor correspondiente de α . Para ello se eligió el valor de α que hiciera mínima la siguiente expresión:

$$S = \sum (n_i - n_i')^2 \sqrt{n_i} \quad (3)$$

siendo:

n_i = valor de n a una altura h_i , obtenido del perfil real.

n_i' = valor de n a una altura h_i , según el modelo de Chandra.

obtenido el valor de α la expresión (1) quedó determinada.

- d) Se integró la función (1) hasta 600 Km de altura para obtener NC, ya que hay evidencias experimentales de buena concordancia hasta esa altura (Chandra, 1963).

4. PRESENTACION DE RESULTADOS Y DISCUSION

La figura 2 muestra los resultados obtenidos para el período analizado (del 1 al 11 de Agosto de 1981); los datos faltantes no se usaron ya sea porque los valores de foF2 están afectados por mayor, ó porque no hay datos de NF. En esta figura la línea continua representa los valores de NF, la de trazos los valores de NC.

Es de notar la similitud que hay entre las curvas de NF y NC. Esto estaría indicando que las variaciones de NF se deben en su mayor parte a variaciones de NC, o sea que las variaciones del contenido electrónico Faraday serían causadas, principalmente, por cam-

bios en la ionósfera por debajo de los 600 Km.

En la figura 3 se graficó $\Delta N / \Delta t$, que es la pendiente de las curvas de la figura 2, para intervalos de una hora. En ésta se observa que los valores de $\Delta NF / \Delta t$ están próximos a los valores de $\Delta NC / \Delta t$; en algunos casos como los correspondientes a los días 1/8/81 y 11/8/81 la concordancia entre estos valores es muy buena. Esto reafirmaría la idea de que las variaciones de NF se deben a cambios en la ionósfera por debajo de 600 Km.

5. CONCLUSIONES

- i) El método utilizado permite calcular el contenido electrónico hasta los 600 Km, obteniendo así una idea del orden del contenido electrónico ionosférico, utilizando datos de ionogramas.
- ii) El análisis realizado muestra que las variaciones del contenido electrónico medido serían explicadas, principalmente, por las variaciones del contenido electrónico desde la base de la ionósfera hasta los 600 Km de altura.

BIBLIOGRAFIA

- Chandra, S., 1963; Electron density distribution in the upper F region; J. Geophys. Res., 68, 1937 - 1942.
- Jacchia, L.G., 1977; Thermospheric temperature, density and composition: new models; Smithsonian Astrophysical Observatory Special Rep., N° 375.
- Paul, A.K., 1977; A simplified inversion procedure for calculating electron density profiles from ionograms for use with minicomputers; Radio Science, 12, 119 - 122.
- Wright, J.W., 1960; A model of the F region above hmF2; J. Geophys. Res., 65, 185 - 191.
- Yonezawa, T. y Takahashi, H., 1960; J. Radio Res. Lab. Japan, 7, 335.

EPIGRAFES DE LAS FIGURAS

Fig. 1: Comparación de la distribución de la densidad electrónica experimental con el modelo empírico de Chandra (1963).

Fig. 2: Comparación del contenido electrónico Faraday (NF, —) y el contenido electrónico calculado hasta los 600 Km (NC, ----).

Fig. 3: Pendientes de las curvas de la Fig. 2, para intervalos de una hora.

$$\frac{\Delta NF}{\Delta t} = \frac{NF_i - NF_{i-1}}{\Delta t} \quad ; \quad \frac{\Delta NC}{\Delta t} = \frac{NC_i - NC_{i-1}}{\Delta t}$$

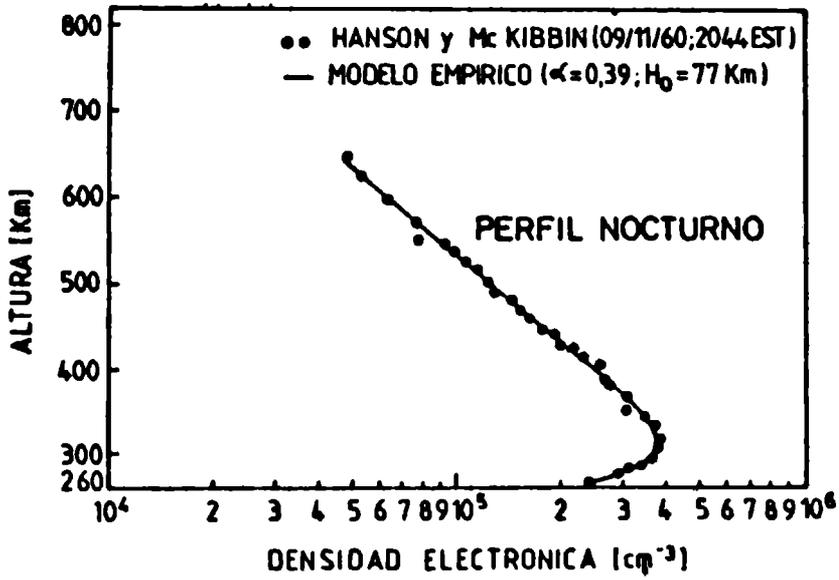
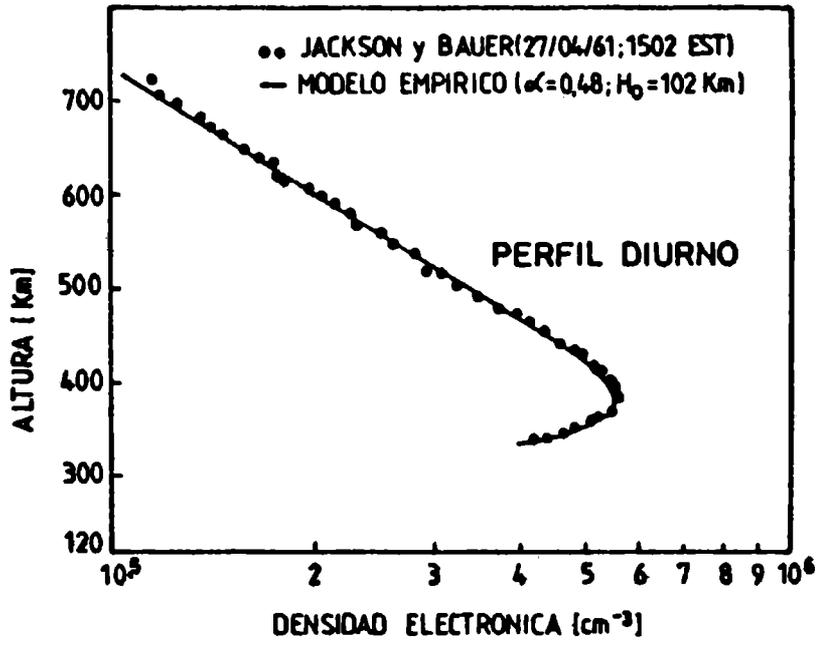


FIG. 1

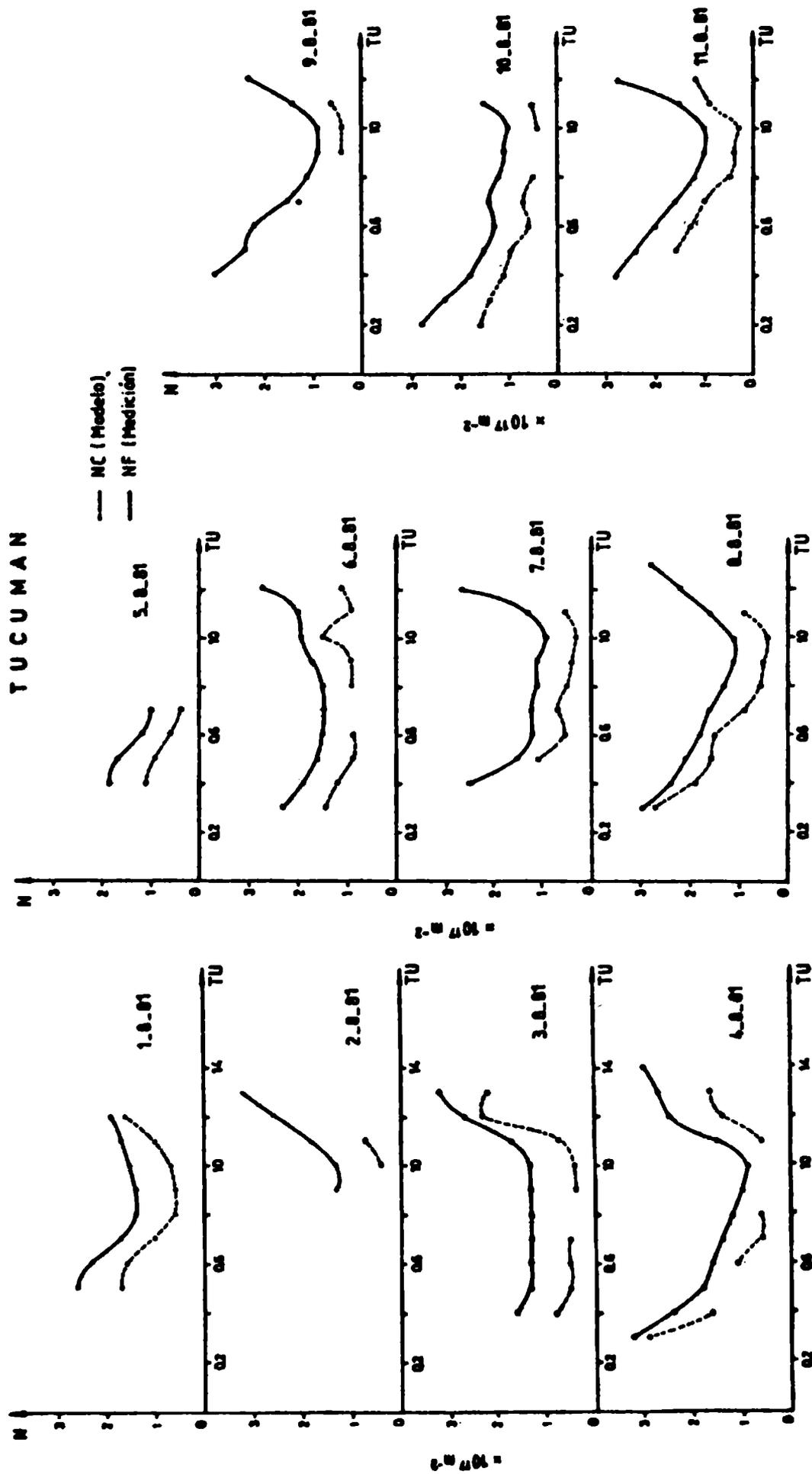


FIG. 2

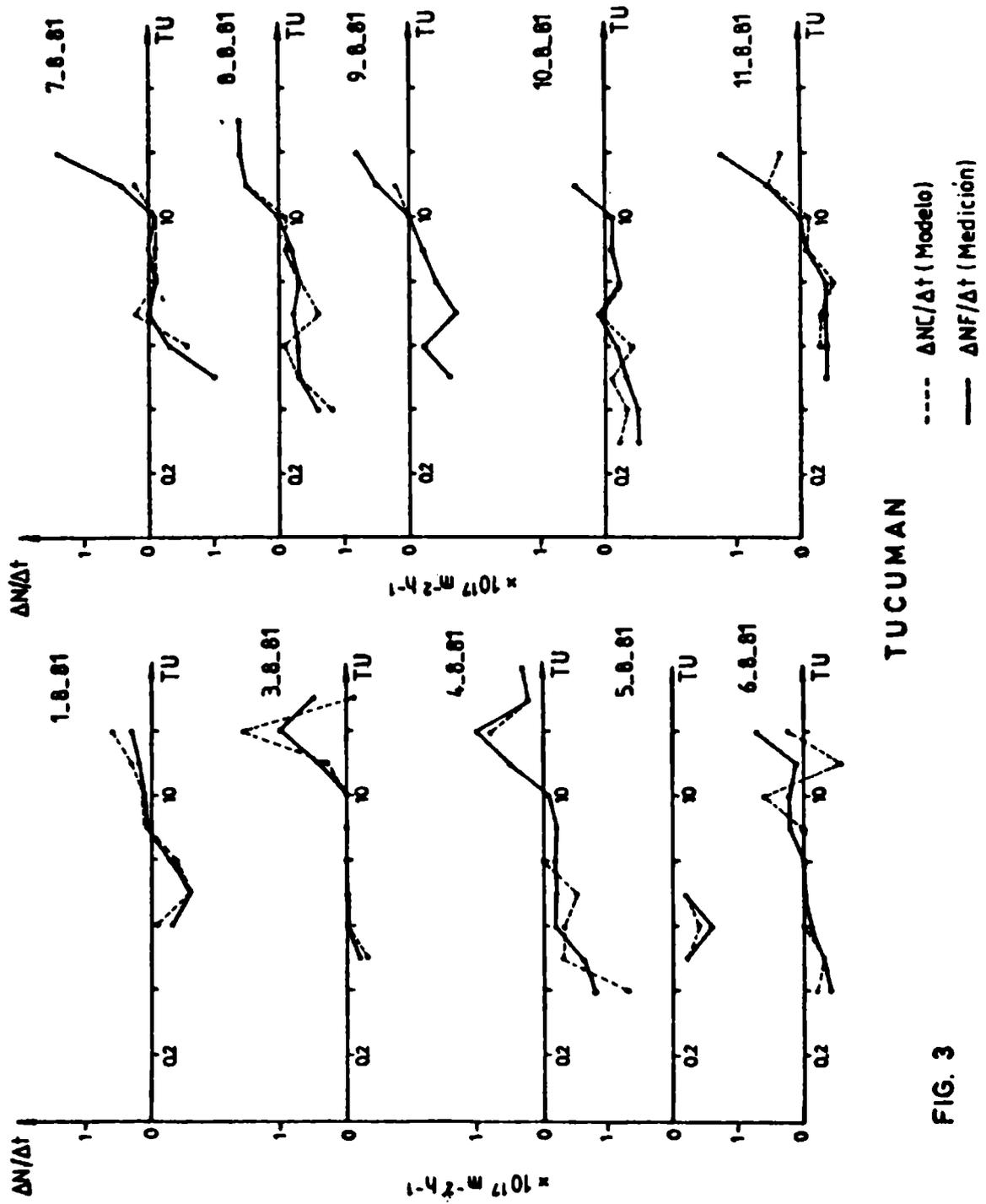


FIG. 3