

VARIACIONES DIARIAS DE LA INTENSIDAD DE LOS RAYOS  
COSMICOS MEDIDA CON TELESCOPIOS DIRECCIONALES EN  
CHACALTAYA \* \*\*

I. Escobar V., C. Uría y R. Weil \*\*\*

Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia y Centro  
Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, Brasil

(Recibido: 7 febrero 1959)

RESUMEN

*Se está realizando en Chacaltaya un experimento con dos telescopios gemelos, sin absorbente y dirigidos a  $45^\circ$  este y oeste. Del estudio de datos de 5 meses se concluye que el factor principal en la variación observada se debe a las fluctuaciones de presión. Realizando la corrección barométrica y por otro*

---

\* This research was supported in part by the United States Air Force under contract. No. AF 49 (638) 290 monitor by the A.F. Office of Scientific Research of the Air Research and Development Command.

\*\* Equipo donado al Laboratorio de Chacaltaya por UNESCO.

\*\*\* Laboratorio Física Cósmica de Chacaltaya, La Paz, Bolivia.

*lado, eliminando los factores meteorológicos tomando la diferencia de los telescopios Este y Oeste resulta una variación diurna de la radiación primaria del orden de 0.3 % con un máximo a horas 12.00 y un mínimo a horas 20. Los datos parecen indicar que las partículas primarias de baja energía que originan la radiación registrada en el telescopio oeste son dispersadas por campos magnéticos extraterrestres.*

## INTRODUCCION

Al estudiar las variaciones de la radiación cósmica con el tiempo se hace necesario el definir los orígenes de estas variaciones. Una de las causas más notables de estas variaciones tiene su origen en las fluctuaciones de los distintos fenómenos meteorológicos.

Para eliminar los efectos atmosféricos en las investigaciones de la variación diurna de esta radiación, el grupo de Manchester <sup>1, 2, 3, 4</sup> sugirió la conveniencia de emplear telescopios gemelos direccionales orientados a diferentes ángulos azimutales y manteniendo el mismo ángulo zenital.

Considerando las ventajas ya expuestas <sup>5</sup> de la situación geográfica de Chacaltaya, desde octubre de 1957 se viene operando una experiencia de este tipo, con objeto de complementar las observaciones realizadas con equipos similares al nivel del mar y en otras latitudes.

Es preciso subrayar que, de acuerdo a las investigaciones de Brunber y Dattner sobre las trayectorias de las partículas de la radiación cósmica en el campo magnético terrestre, telescopios instalados en el ecuador que apunten a las direcciones Este Oeste reciben exclusivamente partículas que llegan al campo magnético terrestre, del plano ecuatorial.

Para una descripción completa del equipo ver (5). El equipo consiste principalmente de dos telescopios gemelos cada uno formado por 45 Contadores GM agrupados en tres bandejas que están en coincidencia. El semiángulo de apertura de los telescopios es de  $26^{\circ} 30'$  en la dirección zenital y  $29^{\circ}$  en la zimutal

tal, la inclinación es de  $45^\circ$ . Se muestra esquemáticamente los telescopios y el sistema electrónico usado en las figuras 1 y 2 respectivamente. No se ha utilizado ningún absorbente.

Aunque no se ha efectuado un estudio sobre la rigidez magnética media de las partículas incidentes en ambos telescopios, del efecto del campo magnético terrestre, se deduce que para la latitud de Chacaltaya el telescopio apuntando al Este sólo podrá admitir partículas originadas por primarios con una energía superior a 22 GeV en tanto que el del Oeste aceptará partículas provenientes de primarios de energías mayores a 11 GeV.

## ANALISIS DE LOS DATOS

La asimetría entre ambos telescopios calculada de acuerdo a la fórmula usual para este concepto arroja un valor de 14 %, que concuerda con los obtenidos por otros autores. Se han analizado los datos de ambos telescopios, sobre un período de 5 meses a partir del 10 de mayo de 1958 hasta el 31 de octubre del mismo año. Se eliminarán los datos correspondientes al mes de julio debido a que el microbarógrafo empleado para la determinación de la presión fue reajustado a fin de obtener una mayor amplificación en la escala. Los datos anteriores a este período no han sido incluidos en el análisis debido a que la geometría del equipo era diferente<sup>5</sup>.

El análisis se ha efectuado con datos de 120 días; ello se debe a que sobre el período total de los cinco meses utilizados, algunos días se han eliminado por revisión del equipo, cortes de energías y fallas menores. También se han perdido quince días en cada telescopio, en meses diferentes.

En el cuadro adjunto figuran, en forma resumida, los valores característicos de las curvas que se estudian a continuación.

Las curvas resultantes de los datos promediados tanto de intensidad como de presión se muestran en las figs. 3 y 4. En estas figuras están superpuestos los componentes armónicos. Los diales armónicos correspondientes a estos componentes se hallan representados en la fig. 5.

CURVA	MAX. 1 %	HORA	MAX. 2 %	HORA	MIN. 1	HORA	MIN. 2 %	HORA
ESTE OBSERVADA	.35±.04	04.00	.25±.04	16.00	-.29±.04	10.00	-.35±.04	22.00
OESTE OBSERVADA	.41±.04	04.00	.19±.04	16.00	-.40±.04	10.00	-.29±.04	22.00
ESTE CORREGIDA	.09±.04	02.00	.29±.04	14.00	+.01±.04	06.00	-.21±.04	18.00
OESTE CORREGIDA	.12±.04	04.00	.08±.04	14.00	-.02±.04	10.00	-.20±.04	18.00
E-0 (DATOS OBSER.)	-.04±.06	00.00	.16±.06	12.00	-.06±.06	02.00	-.19±.06	20.00
E-0 (DATOS CORREG.)	-.01±.06	02.00	.25±.06	14.00	-.05±.06	04.00	-.23±.06	20.00

VALORES ARMONICOS

CURVA	PRIMERO %	HORA	SEGUNDO %	HORA
ESTE OBSERVADA	.08±.02	7.30	.32±.02	4.66
OESTE OBSERVADA	.10±.02	2.51	.33±.02	4.84
ESTE CORREGIDA	.16±.02	9.70	.13±.02	1.65
OESTE CORREGIDA	.08±.02	6.06	.05±.02	1.70

El estudio de estos gráficos hace resaltar los siguientes aspectos:

La combinación del 1o y 2o armónico de las curvas dá una descripción muy adecuada de las mismas estando las desviaciones dentro de los errores estadísticos. Además estos errores son muy pequeños en comparación a las amplitudes de las curvas.

Los segundos armónicos, tanto de intensidad como de presión, son los factores predominantes y se nota buena concordancia en sus fases.

Los primeros armónicos representan magnitudes inferiores a un tercio de los segundos armónicos y se observa que hay un desfase de más de 4 horas entre los primeros armónicos de ambos telescopios estando adelantado el de Oeste. Además la correlación entre los primeros armónicos de presión e intensidades prácticamente cero.

La figura 6 muestra las curvas resultantes para ambos telescopios, luego de ser aplicada la corrección por presión. Esta corrección se efectuó utilizando coeficientes de presión<sup>6</sup> obtenidos de los segundos armónicos cuya correlación es de 92% para el telescopio apuntando al Este y 98% para el Oeste.

Los valores obtenidos para estos coeficientes son los siguientes:

$$\text{Este} = [ -7.83 \pm 0.98 ] \% \text{ cm}^{-1} \text{ Hg}$$

$$\text{Oeste} = [ -7.33 \pm 0.86 ] \% \text{ cm}^{-1} \text{ Hg}$$

No obstante que dentro de los errores estadísticos ambos coeficientes tienen el mismo valor, se ha usado el obtenido para cada telescopio respectivamente. Cabe notar que estos coeficientes son muy superiores al encontrado por Elliot y Rothwell<sup>3</sup> que acusó un resultado de 2.7. La diferencia se puede explicar si se tiene en cuenta la diferencia geométrica y ubicación de los equipos.

Volviendo sobre las curvas ya corregidas, se puede señalar: Como consecuencia de la corrección de presión, las curvas se han modificado substancialmente. La curva representativa del telescopio Oeste tiene una amplitud menor que la del Este.

Los primeros y segundos armónicos en cada telescopio tienen prácticamente las mismas amplitudes. El gráfico para el telescopio Este acusa dos máximos: uno a las 02 y otro a las 13 horas, y un mínimo a las 20. Por otro lado, la curva del telescopio Oeste muestra un sólo máximo significativo a las 03 y el mínimo a las 19 horas.

Los segundos armónicos están en fase mientras que los primeros siguen desfasados. Las fases se han desplazado en todos los armónicos; en tanto que los segundos armónicos se han adelantado en 3 horas, en ambos telescopios, los primeros se han retrasado en 2 horas con respecto a los datos sin corrección.

De la diferencia entre los valores obtenidos de los telescopios Este y Oeste, tanto antes como después de la corrección por presión, se obtienen las curvas de la figura 7. Haciendo un estudio comparativo entre ellas, se desprende que:

Ambas curvas son similares excepto en los datos para las 14:00 horas. El máximo se registra a las 12 en una de las curvas y a las 14 en la otra; en ambas curvas el mínimo ocurre a las 20. A horas 02 existe un pequeño máximo en la curva obtenida de los valores corregidos mientras que se señala un pequeño mínimo en la otra; sin embargo, ambos valores son equivalentes si se consideran los errores estadísticos.

Cabe recalcar que las curvas de diferencias de los datos observados y de los datos corregidos por presión deberán ser prácticamente iguales debido a que la primera es la representación de la siguiente ecuación:

$$f(t) = E - 0$$

mientras que la segunda curva de diferencias resulta de:

$$\begin{aligned} f_1(t) &= [E - (\alpha_E \Delta P_E)] - [0 - (\alpha_0 \Delta P_0)] = \\ &= [E - 0] - [\alpha_E \Delta P_E - \alpha_0 \Delta P_0] \end{aligned}$$

como:  $\alpha_E \cong \alpha_0$ , y  $\Delta P_E \cong \Delta P_0$

$$\therefore f_1(t) = E - 0$$

Las diferencias obtenidas entre ambas curvas se deben a que como se ha señalado anteriormente, han existido períodos en que sólo uno de los dos telescopios ha funcionado.

Existe una muy buena correlación entre la curva de las diferencias de los valores corregidos y la que corresponde al telescopio Este de la figura 6.

## DISCUSION

La presente discusión de los resultados se ofrece fundamentalmente como materia de argumentación para el Curso Interamericano de Rayos Cósmicos a celebrarse en Bariloche del 15 al 31 de enero de 1959\*.

Las curvas obtenidas con los datos leídos confirman que el factor más importante en la variación observada se debe a las fluctuaciones de presión. Resulta por lo tanto obvio que esta corrección por presión es fundamental.

En cuanto a las curvas corregidas, se podría explicar el hecho de que la amplitud remanente en la variación en el Oeste es menor que en el Este si se supone que las partículas de menor energía admitidos en el telescopio Oeste, han sido distribuidas isotrópicamente por campos magnéticos extraterrestres. Por otro lado las partículas admitidas por el telescopio Este, teniendo mayor rigidez magnética, reflejarían la posición de la fuente originaria de la anisotropía observada, ya que serían menos afectadas por los campos magnéticos citados.

Continuando con la hipótesis anterior, resultaría que al restar la variación diurna del Oeste de la correspondiente al telescopio Este se eliminaría efectivamente el efecto producido por la modulación debida a las variaciones atmosféricas. De esta manera se obtendría la representación verdadera de la variación diurna en la radiación cósmica incidente. El hecho de que las curvas de diferencias entre ambos telescopios siguen prácticamente en forma sistemática la va-

---

\* Conferencia bajo el auspicio conjunto de la Comisión de Energía Atómica de Argentina y el Centro de Cooperación Científica para América Latina de UNESCO.

riación del telescopio Este corregida, vendría a confirmar por otro lado, la indicación de que al realizarse la corrección por presión solamente, se elimina prácticamente todos los factores meteorológicos.

Como en las curvas de diferencias el máximo ocurre al medio día y el mínimo cerca de medio noche, se supone que la variación registrada es de origen solar. La amplitud obtenida para la variación diurna es del orden de 0.3 %, que está de acuerdo con los valores obtenidos con otras geometrías<sup>5</sup> en Chacaltaya.

Parecería lógico que al hacerse la corrección por presión, desaparezca la segunda armónica de la curva corregida. Sin embargo esto no ha ocurrido y resulta difícil explicar la presencia de un segundo armónico importante en la variación de la radiación cósmica.

#### REFERENCIAS

- 1.- Elliot H. 1952 *Progress in Cosmic Ray Physics* (North Holland Publishing Company).
- 2.- Elliot H. 1955 *Memoria del Congreso de Rad. Cósmica* (México 1958).
- 3.- Elliot H. 1956 *The Philosophical Magazine* (July 1956).
- 4.- Jacklyn 1955 *Memoria del Congreso de Rad. Cósmica* (México 1958).
- 5.- Lab. de Física Cósmica, Chacaltaya *Resúmenes de Labores 1956 - 57, 1958.*
- 6.- Escobar, Nerarkar, Weil. 1958 *Publicaciones del Laboratorio de Física Cósmica Chacaltaya No. 2/58.*
- 7.- Harris, Escobar, *Physical Review* 100, 255.

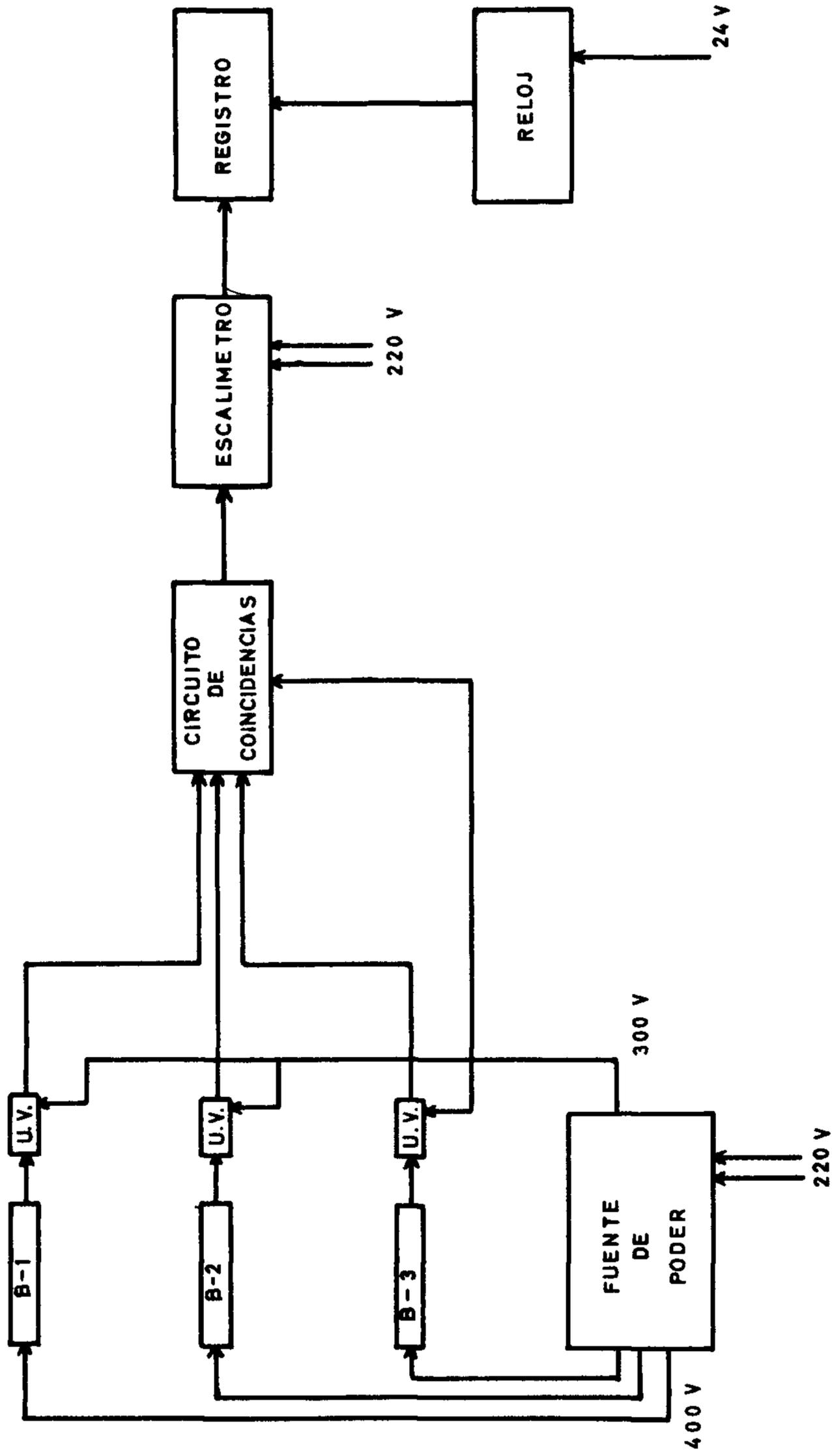
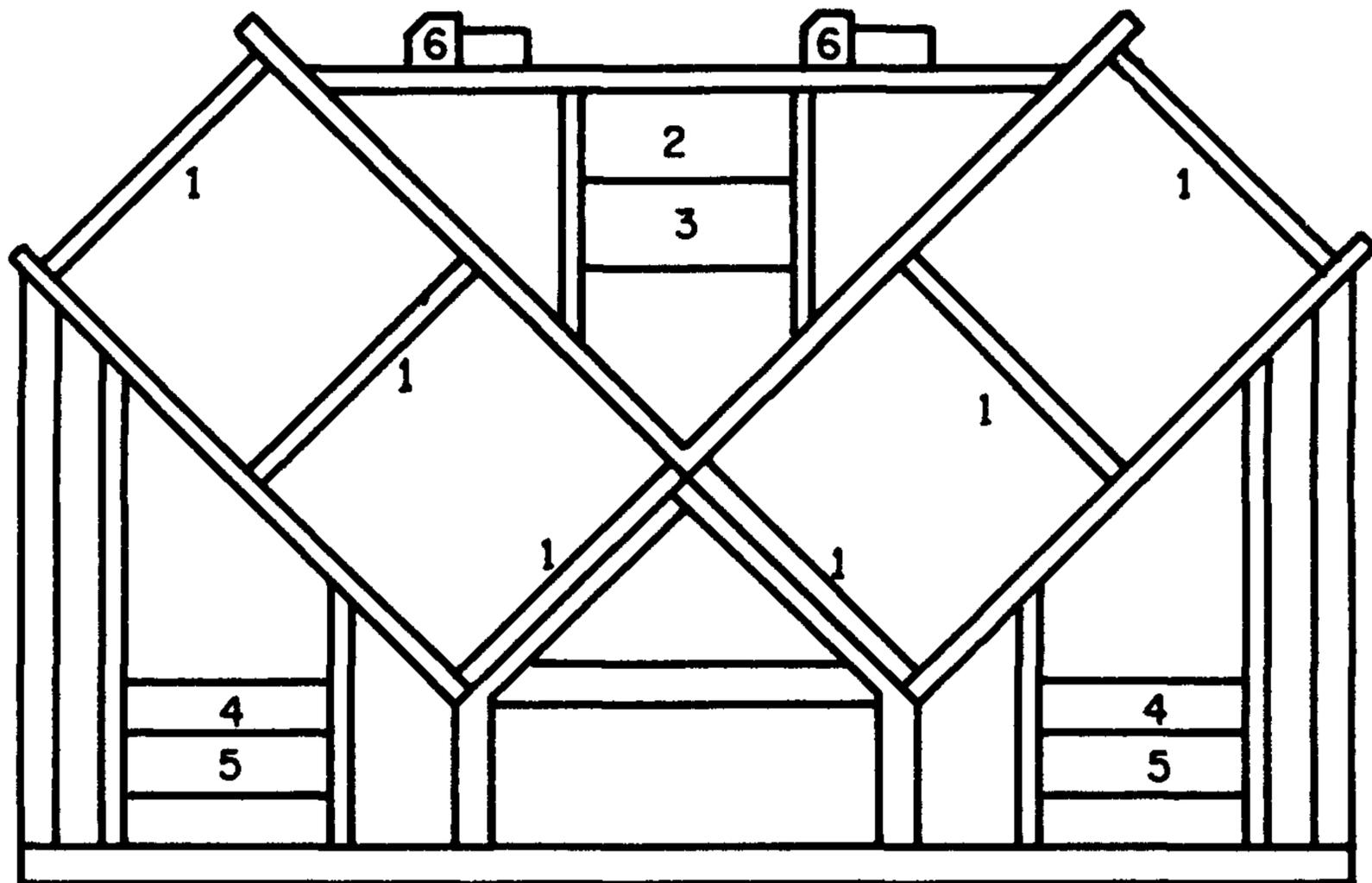


DIAGRAMA GENERAL DE LA EXPERIENCIA

Fig. I



### REFERENCIAS

- 1    Bandeja de contadores Geiger Muller
- 2    Circuito de tiempo
- 3    Fuente de poder
- 4    Circuito de coincidencia
- 5    Escalador
- 6    Contador impresor

Fig. 2

# TELESCOPIO ESTE

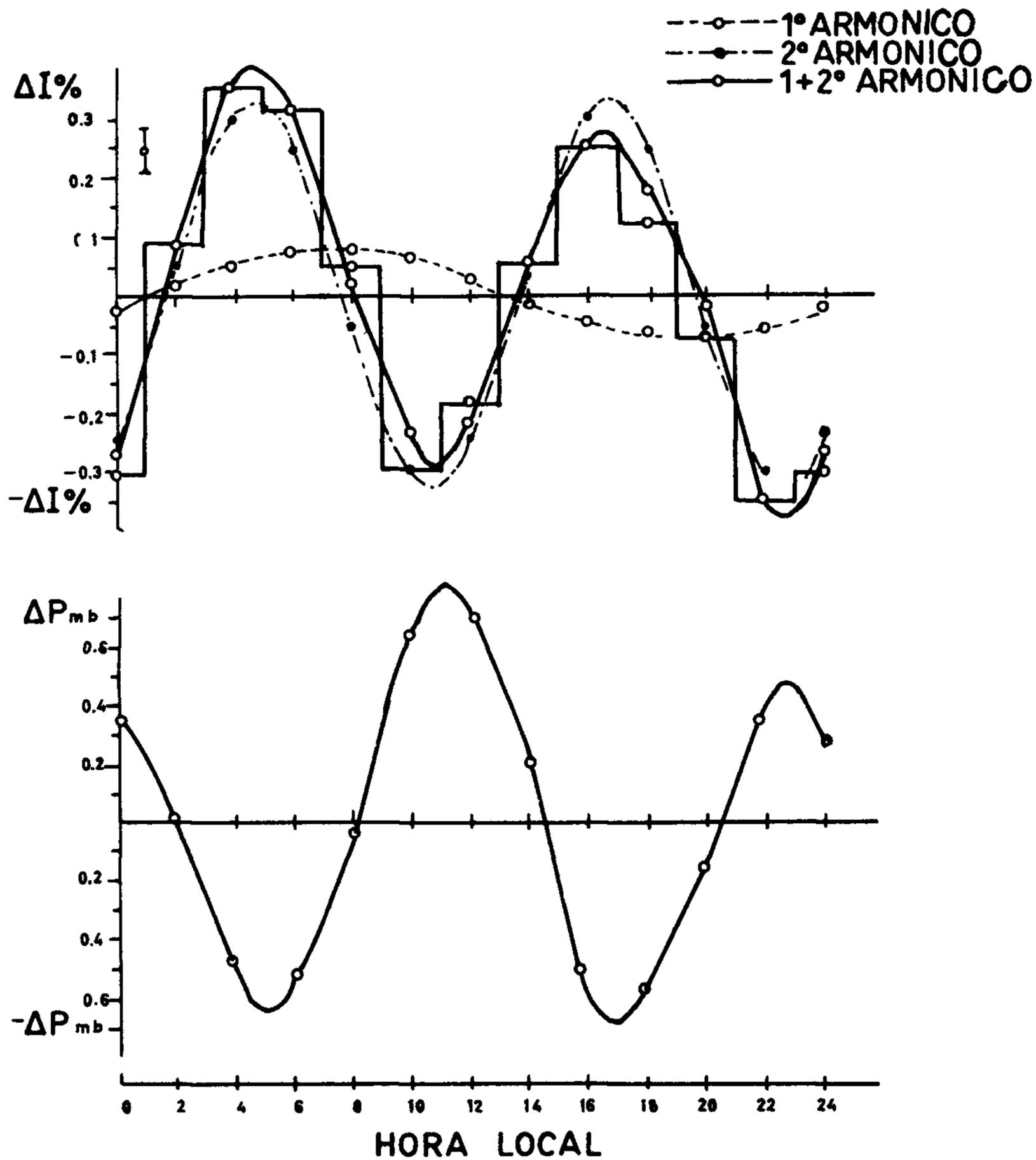


Fig. 3

# TELESCOPIO OESTE

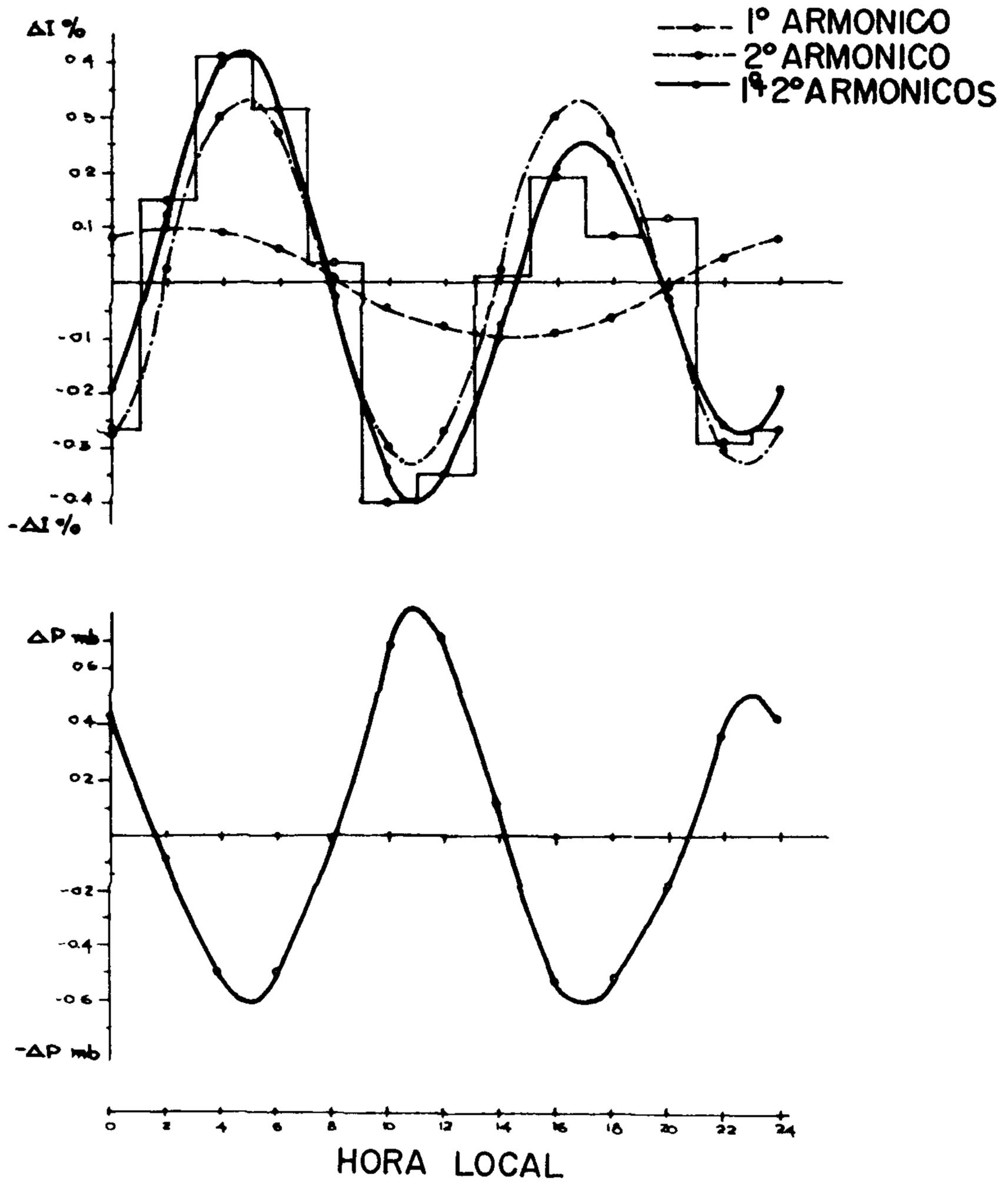
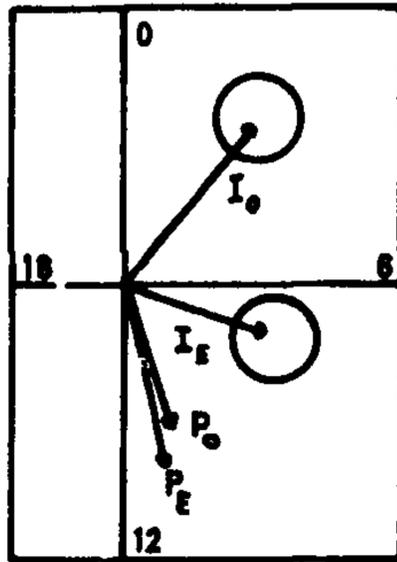
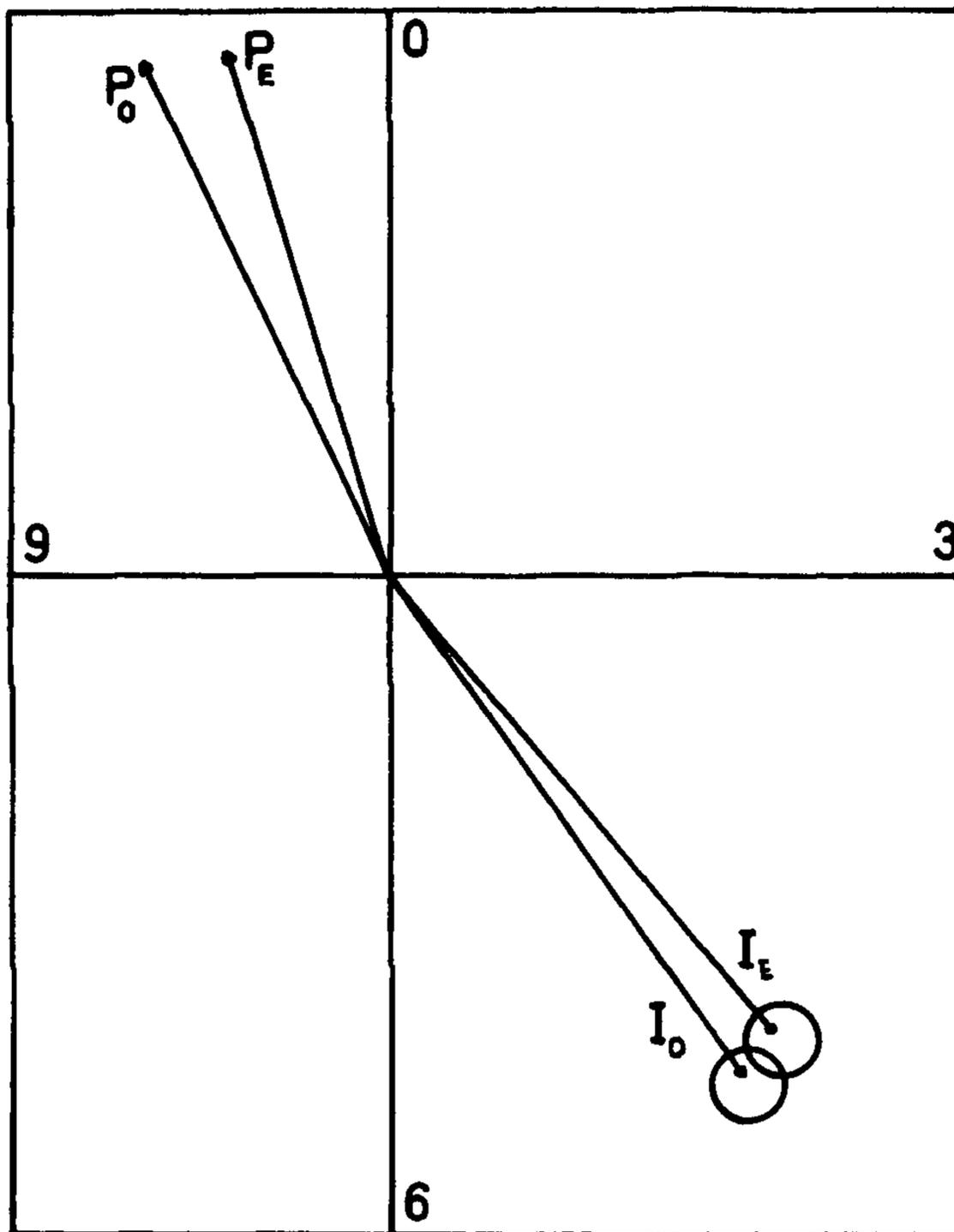


Fig. 4



PRIMEROS ARMONICOS



SEGUNDOS ARMONICOS

Fig. 5

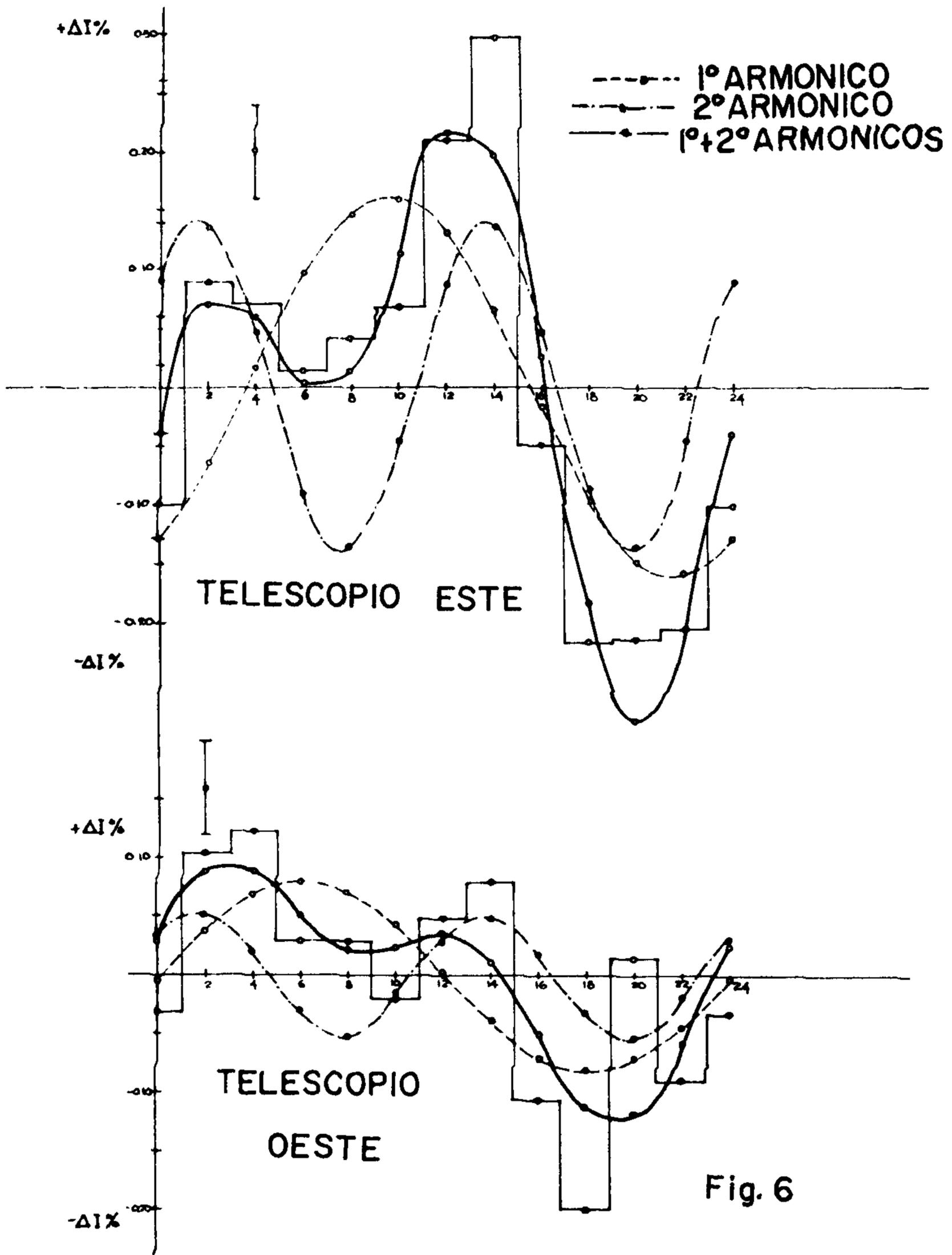


Fig. 6

# DIFERENCIA ESTE-OESTE

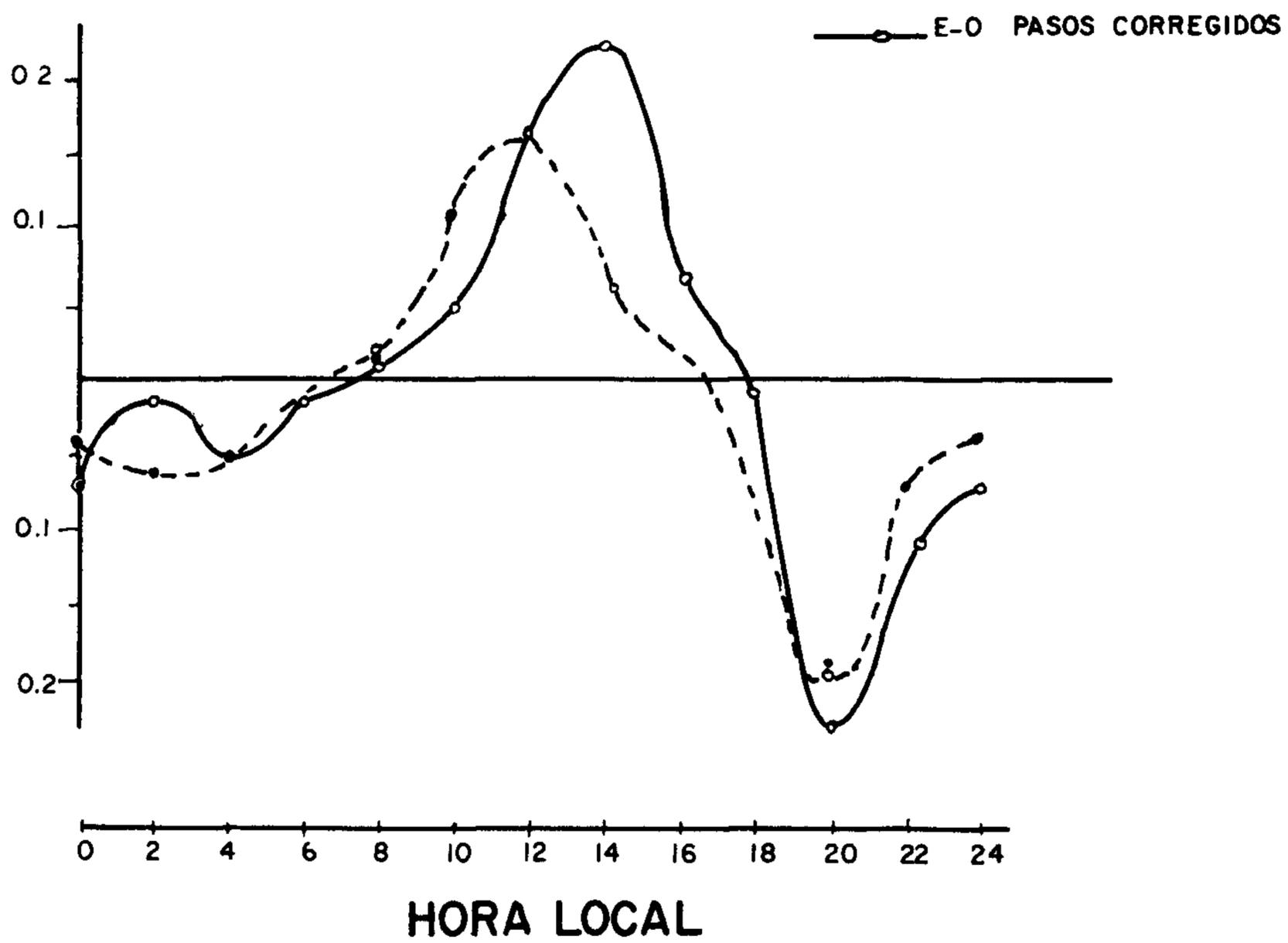


Fig. 7

Esta página está intencionalmente en blanco