

LUGARES APARENTES - METODO VECTOR TRANSFORMACION
COMPARACION CON A.P.F.S.

R.A. CARESTIA, R.A. MARQUEZ, C.E. SVENDSEN

Observatorio Astronómico "Félix Aguilar"
San Juan

RESUMEN:

Se presenta la programación B.A.S.I.C. del método Vector-Transformación de B. Emerson que es propiciado desde 1981 por "The Astronomical Almanac".

Se propone el cálculo inverso, mediante un método de aproximación sucesiva desarrollado por los autores y se hace una comparación estadística con los valores dados por el "APARENT PLACE OF FUNDAMENTAL STARS".

La recomendación 4-C de la IAU, volumen XVI-B pgs. 59/60 dice lo siguiente:

"Las reducciones de los lugares aparentes deberán ser computadas en forma rigurosa y directa, sin la intermediación de los lugares medios para el comienzo de año, toda vez que se quiera alta precisión".

En virtud de esta recomendación decidimos estudiar el método de reducción de coordenadas medias a aparentes de B. Emerson, propiciado a partir de 1981 en "The Astronomical Almanac", editado conjuntamente por Washington y Londres.

Este método establece que si la posición de la estrella en el catálogo, referida al equinoccio standard de la época 1950,0 es representado por un vector unitario P_0 , entonces el vector unitario P (con componente: $\cos \delta \cdot \cos \alpha$, $\cos \delta \cdot \sin \alpha$, $\sin \delta$) que representa la posición aparente de la estrella, se obtiene por medio de los siguientes pasos:

$$1 : P_1 = \langle P_0 + tm - \pi r \rangle$$

$$2 : P_2 = \langle P_1 + 0.0057756(\dot{r} - S) \rangle$$

$$3 : P_3 = RP_2 = (NP)P_2$$

Donde $\langle \rangle$ representa el proceso de normalización de la expresión vectorial encerrada en dicho símbolo.

- π : paralaje anual de la estrella en radianes
 r : vector posición de la tierra X, Y, Z dado en pgs. B38-B52 del "Astronomical Almanac" (coordenadas baricéntricas de la tierra)
 t : intervalo de tiempo en centurias tropicales desde 1950.0 a la fecha: $t = (JD-2433282,423) / 36524,22$
 m : vector movimiento espacial (m_x, m_y, m_z) expresado en rad/cent. (teniendo en cuenta la velocidad radial \dot{r} , expresada en unid. astron/cent. y medida positivamente, alejándose de la tierra, así como el movimiento propio μ , expresado en rad/cent) donde:

$$m_x = -\mu \alpha \cos \delta_0 \operatorname{sen} \alpha_0 - \mu \delta \operatorname{sen} \delta_0 \cos \alpha_0 + \pi \cos \delta_0 \cos \alpha_0$$

$$m_y = \mu \alpha \cos \delta_0 \cos \alpha_0 - \mu \delta \operatorname{sen} \delta_0 \operatorname{sen} \alpha_0 + \pi \cos \delta_0 \operatorname{sen} \alpha_0$$

$$m_z = \mu \delta \cos \delta_0 + \pi \operatorname{sen} \delta_0$$
 \dot{r} : velocidad de la tierra (X, Y, Z) en unid. astron/día dadas en pgs B38; B52 (Astron. Almanac).
 δ : es la contribución al vector velocidad tierra originada por los E-términos de la aberración, cuyos componentes para 1950 son (-0.000281246; -0.00005527; -0.00002397) en unid. astron/día.
 R : matriz rotación para precesión y nutación dada en pgs B39-B53 (Astron. Almanac)

La figura 1 muestra la interpretación vectorial del método.

Debemos hacer notar que nuestro programa calcula por diferencias diarias, el vector velocidad de la tierra \dot{r} en función de las coordenadas del vector posición r que se ingresan como datos.

La matriz rotación R es calculada haciendo el producto de NP donde N es la matriz nutación y P la matriz precesión: $R = NP$ donde:

$$N = \begin{pmatrix} \cos \Delta \psi & -\operatorname{sen} \Delta \psi \cos \epsilon & -\operatorname{sen} \Delta \psi \operatorname{sen} \epsilon \\ \operatorname{sen} \Delta \psi \cos(\epsilon + \Delta \epsilon) & \cos \Delta \psi \cos \epsilon \cos(\epsilon + \Delta \epsilon) + \operatorname{sen} \epsilon \operatorname{sen}(\epsilon + \Delta \epsilon) & \cos \Delta \psi \operatorname{sen} \epsilon \cos(\epsilon + \Delta \epsilon) - \cos \epsilon \operatorname{sen}(\epsilon + \Delta \epsilon) \\ \operatorname{sen} \Delta \psi \operatorname{sen}(\epsilon + \Delta \epsilon) & \cos \Delta \epsilon \cos \epsilon \operatorname{sen}(\epsilon + \Delta \epsilon) - \operatorname{sen} \epsilon \cos(\epsilon + \Delta \epsilon) & \cos \Delta \epsilon \operatorname{sen} \epsilon \operatorname{sen}(\epsilon + \Delta \epsilon) + \cos \epsilon \cos(\epsilon + \Delta \epsilon) \end{pmatrix}$$

donde $\Delta \epsilon$ y $\Delta \psi$ son nutación en oblicuidad y longitud, calculadas por programa como dif. diarias, y ϵ es la oblicuidad, calculada por programa, para el instante de observación.

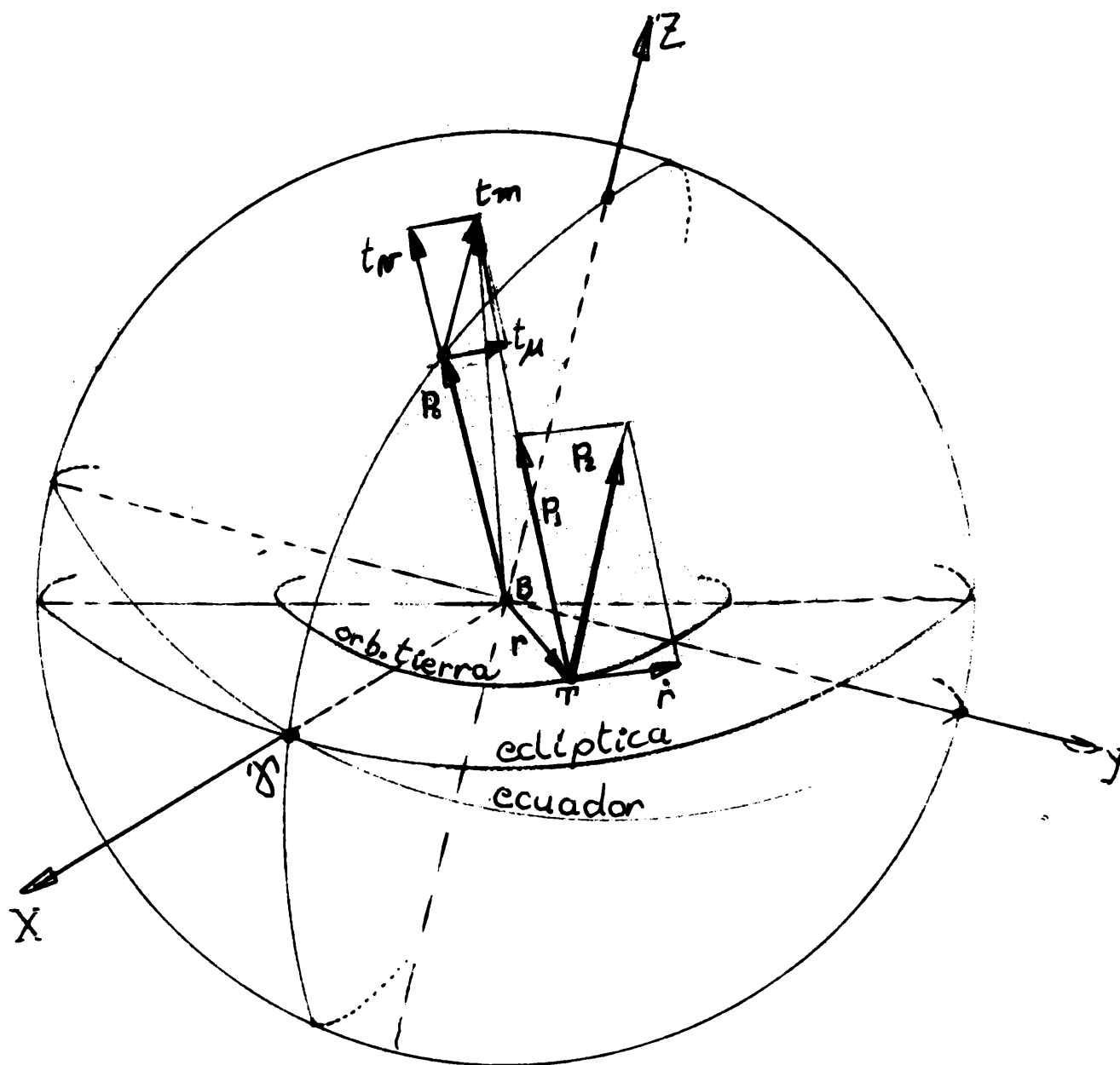


Figura 1

$$P = \begin{pmatrix} \cos \delta \cos \theta \cos Z - \sin \delta \sin Z & -\sin \delta \cos \theta \cos Z & -\sin \theta \cos Z \\ \cos \delta \cos \theta \sin Z + \sin \delta \cos Z & -\sin \delta \cos \theta \sin Z & -\sin \theta \sin Z \\ \cos \delta \sin \theta & -\sin \delta \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$$

donde δ , θ , Z son los ángulos de precesión calculados por programa para el instante de observación.

PROCESO INVERSO:

Como el método Vector-Transformación no propone el cálculo inverso, es decir la transformación de coordenadas aparentes, equinoccio y ecuador época t , a ecuador y equinoccio medios, época cero, desarrollamos el siguiente procedimiento en aproximaciones sucesivas:

Las fórmulas del cálculo directo son:

$$(1) \quad P_1 = \left\langle P_0 + t_m - \pi r \right\rangle = \frac{P_0 + t_m - \pi r}{|P_0 + t_m - \pi r|}$$

$$(2) \quad P_2 = \left\langle P_1 + 0.0057756(t - s) \right\rangle = \frac{P_1 + 0.0057756(t - s)}{|P_1 + 0.0057756(t - s)|}$$

$$(3) \quad P = R P_2$$

Para abreviar la escritura, tenemos:

$$G = t_m - \pi r ; \quad M1 = |P_0 + t_m - \pi r|$$

$$V = 0.0057756(t - s) ; \quad M2 = |P_1 + 0.0057756(t - s)|$$

Podemos escribir 1, 2 y 3 así:

$$(1') \quad P_1 = \frac{P_0 + G}{M1}$$

$$(2') \quad P_2 = \frac{P_1 + V}{M2}$$

$$(3') \quad P = R P_2$$

Con los 1', 2' y 3', el cálculo inverso puede ser planteado como lo muestra el siguiente diagrama:
(ver diagrama figura 3)

Diagrama del Cálculo Inverso

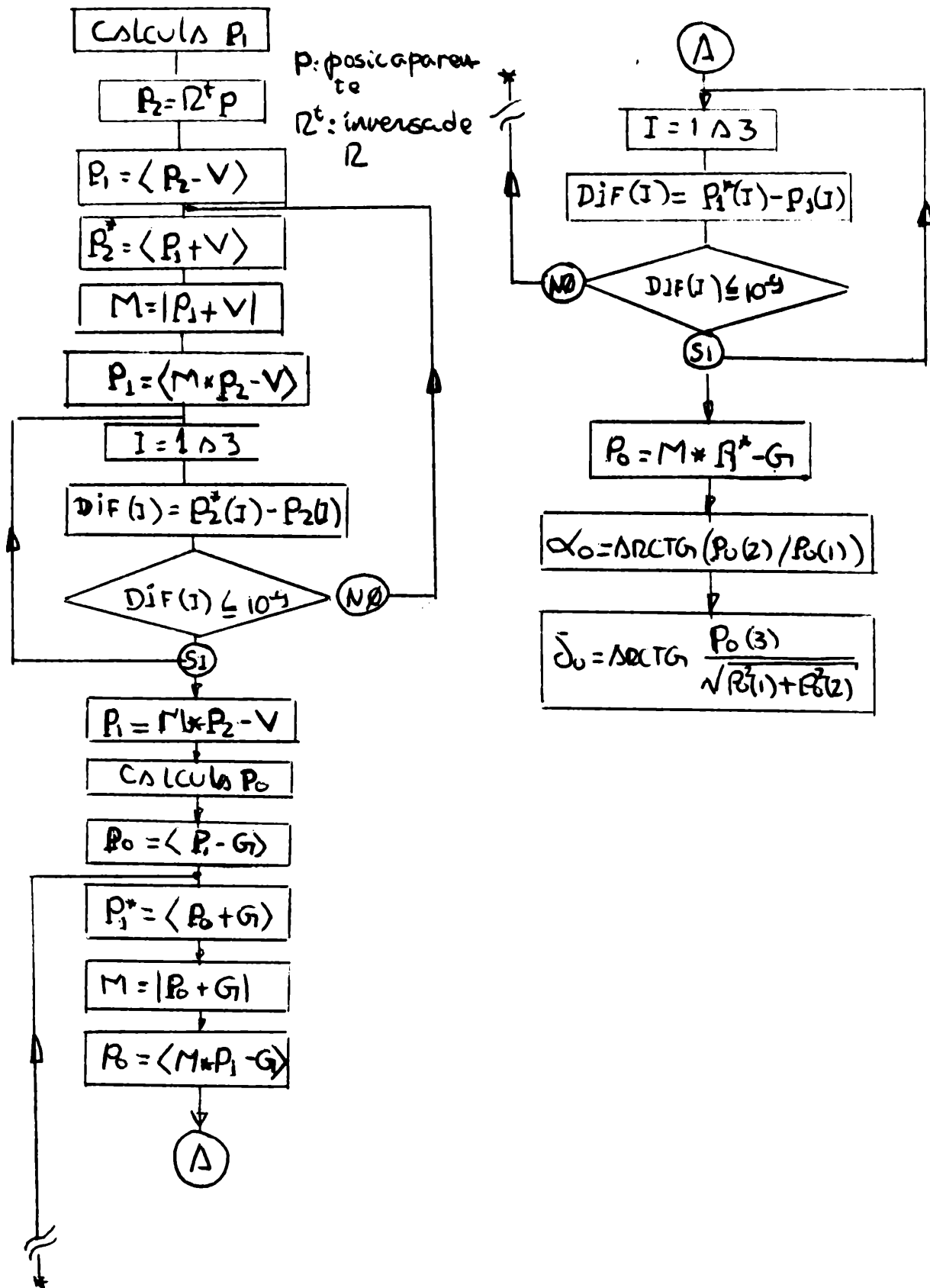


Figura 3

Programa:

Tanto el método directo (transformación-vector) como el proceso inverso programados en BASIC 4.0 y procesados en nuestra microcomputadora PET COMMODORE de 32 K en RAM.

Los datos ingresados vía teclado son los siguientes:

- 1) Día Juliano correspondiente a las 0^h TU del día b de observación en día y fracción) Astronomical Almanac.
- 2) Longitud oeste respecto de greenwich, del pto de observación en hora y fracción.
- 3) Coordenadas X, Y, Z, baricéntricas rectangulares ecuatoriales de la tierra para los días a, b, c, d (para estrellas observadas la noche del día a al b) ecuador y equinoccio medio 1950.0 (pgs B-38; B-52 Astron. Almanac). Por programa se calculan X, Y, Z como diferencias diarias de X, Y, Z.
- 4) Nutación en longitud ($\Delta\psi$) y en oblicuidad ($\Delta\epsilon$) para los días a, b, c (Astron. Almanac B-24; B-31).

Por programa se calculan $\Delta\psi$ y $\Delta\epsilon$ para el instante de observación

5) Datos de las estrellas

- a) n° de la estrella
- b) α_0 (1950.0) en horas, minutos y segundos
- c) δ_0 (1950.0) en ° ' "
- d) μ_α en seg/cent.
- e) μ_δ en "/cent.
- f) π en "
- g) en km/seg

Que están grabados en un archivo de acceso directo (REL).

DIAGRAMA DE FLUJO DEL METODO DIRECTO (ver figura 2)

RESULTADOS:

Procedimos a comparar las coordenadas aparentes de un grupo de estrellas de APFS con las coordenadas aparentes calculadas con el programa BASIC del método Vector-Transformación. Para ello dividimos la esfera celeste en cuatro fajas según la ascensión recta: 0^h-6^h ; 6^h-12^h ; 12^h-18^h ; 18^h-24^h , tomando 5 o 6 estrellas por faja de tal manera de tener 2 polares norte y sur, dos ecuatoriales y dos de declinación inter

Diagrama del cálculo directo

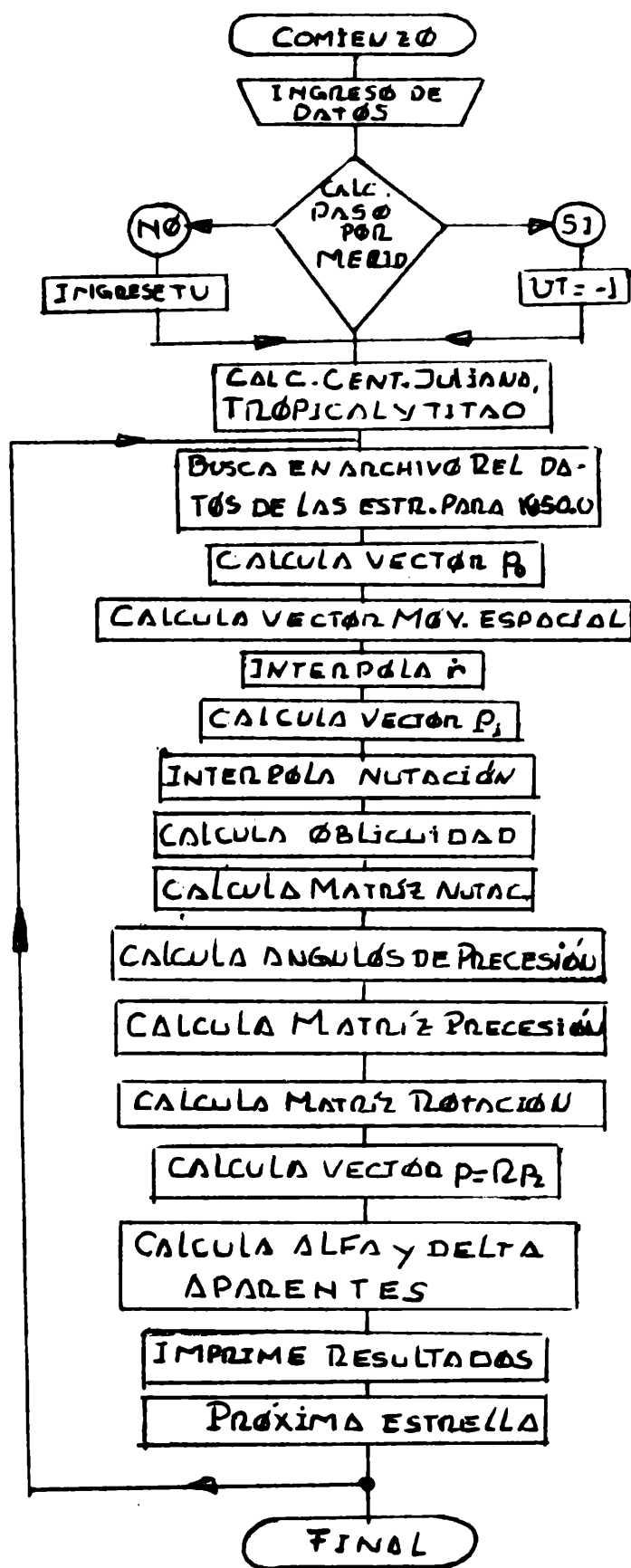


Figura 2

media, norte y sur por faja.

Tomamos una muestra de 25 estrellas del archivo, calculamos sus coordenadas aparentes para los años 1981 y 1982 a razón de 2 días por mes (5 y 15) obteniendo en total 2400 coordenadas aparentes calculadas.

Las máximas discrepancias obtenidas estuvieron en el orden de $0^s.001$ en α y $0'',01$ en δ para estrellas no polares y $0^s.01$ en α y $0''.01$ en δ para estrellas polares.