

Precisión de las Declinaciones medidas con el Círculo Meridiano Repsold (190 mm.) del Observatorio Nacional Argentino

POR

J. M. Martínez Carreras

PARTE I

- I — ERROR MEDIO TEORICO DE OBSERVACION E. m. de lectura de los microscopios Comparación entre los e. m. m. teóricos de Córdoba y Bege Dorf (Hamburgo)
- II — DISGRESION SOBRE LA HOMOGENEIDAD DE LAS OBSERVACIONES EN A R Y EN DECL
- III — CORRECCION POR EL "RUN" Generalidades Determinación del "run". Constancia del "run"
- IV — ESTUDIO DEL ARCO DEL CIRCULO "A" COMPRENDIDO ENTRE
f 280° 0' — 280° 20'

PARTE II

- V — ERROR ACCIDENTAL DE DIVISION DEL CIRCULO "A" Errores dependientes del e. m. de lectura. Error accidental de división E. m. de la corrección de trazos para el círculo "A" del P. C. F. (tabla XI)
- VI — ERROR PERIODICO DE DIVISION. Círculo de platino-paladio
- VII — EL e. m. DE OBSERVACION DE LAS DECLINACIONES DEL P. C. F.
- VIII — CONCLUSIONES

INTRODUCCION

La "teoría de errores" es un método inventado por el matemático para tomarle el pulso al físico. Es un instrumento clínico por el que se puede transparentar los métodos de medidas y señalar sus fallas, si las hay, e incluso, decirle al operador alguna cosa sobre su habilidad. Si se me dan una serie de núme-

ros que son el resultado de diferentes medidas de una misma magnitud, yo puedo juzgar al operador sin necesidad de conocerle personalmente y, si le conozco, puedo prescindir de ese conocimiento personal y juzgarlo sin apasionamiento, ni bajo ninguna influencia subjetiva, porque lo hago a través de un cálculo.

En el trabajo que publico intento algo de esto. El Observatorio de Córdoba posee uno de los mejores instrumentos de Círculo Meridiano que se han fabricado. A pesar de esto, la medida de las declinaciones estelares correspondientes a las observaciones meridianas efectuadas en los últimos veinticinco años, han resultado de una precisión insatisfactoria. ¿Cuál es la causa? En el presente trabajo procuro señalarla.

Entre los años 1934 y 1936 di cuenta de mis trabajos en cuatro comunicaciones a la Dirección del Observatorio.

A principios de este año he presentado a la Academia Nacional de Ciencias una memoria donde después de ordenar el material investigado lo someto a un minucioso análisis. La Academia habrá tomado conocimiento de ello y los competentes en astronomía teórica y práctica que hay en su seno quedan así convenientemente informados.

Esa memoria, casi sin modificación, es la que ahora publico por medio de esta prestigiosa "Revista de la Universidad Nacional de Córdoba".

Pero como aquellos de mis ex-compañeros de tareas, no muy avezados a las discusiones de la teoría de errores, podrán pensar, quizás, que mis críticas carecen de fundamento o que son meticulosidades sin importancia y que, en este supuesto, bien estaría el silencio oficial; para que no haya la menor duda sobre la realidad y la magnitud de los principales errores apuntados, señalo a los observadores y computadores del círculo meridiano la verificación de los siguientes puntos, para lo que es suficiente la experiencia que ellos tienen adquirida en sus ordinarias tareas:

1°.) ¿Sabe usted, señor lector de microscopios, con qué precisión hace sus lecturas? Usted anota en su libreta hasta los dé-

cimos de segundo ¿conoce usted qué confianza merece esa última cifra anotada?

En la Parte I, N°. 2 de mi trabajo trato del “error medio de lectura de los microscopios”. Bisectando repetidas veces (unas diez veces, por ejemplo) un mismo trazo del círculo graduado (sin mover el telescopio) y efectuando cada vez la lectura sobre el tambor del micrómetro, se obtiene una serie de valores cuyo promedio es el “valor más probable” de su lectura. Si se establecen, ahora, las diferencias entre este promedio y las diferentes lecturas se obtiene las cantidades en que discrepan sus lecturas individuales con su lectura más probable. El promedio de los valores absolutos de estas discrepancias se aproxima bastante a su “error medio de lectura”.

Si repite varias veces la anterior operación hallará valores para su error medio de lectura que oscilan alrededor del valor de $0'' 3$.

En el pasaje citado de mi trabajo comparo este resultado con el que se ha obtenido en el estudio del error medio de lectura de los microscopios del círculo meridiano de Begedorf — Hamburgo — (gemelo del de Córdoba). Obsérvense las figuras 1 (a), 1 (b) y verifíquese en el instrumento la 1 (b).

Respecto a los efectos de estas diferencias en errores medios de lectura de los círculos de Córdoba y de Begedorf, véase lo que establezco en el N°. 5 (Parte I).

2°.) Para la observación de una estrella en declinación se dispone en el campo óptico del telescopio de dos hilos horizontales, uno fijo y otro móvil. Este último va accionado por un tornillo micrométrico con su correspondiente tambor graduado. Se comprende fácilmente que este dispositivo permite determinar el “error medio de apunte” en declinación de una estrella, de un modo semejante al de la determinación del error medio de lectura de los microscopios. Ese valor está dado en el N°. 1, Parte I.

Dicho dispositivo tiene la finalidad principal de permitir hacer rápidamente varias visaciones en declinación de la estrella durante su tránsito por el campo del telescopio, con las ventajas

consideradas en el N° 6, Parte I. ((Véanse, en particular, las conclusiones de dicho N° 6). ¿Por qué no ha utilizado usted, señor observador, esta ventaja que le ofrecía el instrumento para aumentar la precisión de la observación?

Recuerde usted cómo ha procedido en las observaciones en declinación para ciertos programas: acercaba el hilo móvil al fijo a una distancia de 6", cuando usted, accionando sobre el tornillo de calaje del telescopio, situaba a la estrella en una posición que usted apreciaba equidistante de ambos hilos, ordenaba la lectura de los microscopios. ¿Cree usted que su apreciación de esa equidistancia era inferior al décimo de la distancia entre ambos hilos? Yo no lo creo y, seguramente, usted estará de acuerdo conmigo en que su error de observación no ha sido, en término medio, inferior a 0" 5. Tenga en cuenta los demás errores y verá que en el valor final de la observación apenas quedaba asegurado, en término medio, el segundo de arco.

En mi opinión, los defectos más serios de vuestros métodos de observación se originan en la prescindencia del micrómetro. Primeramente, el tornillo de calaje no es adecuado para obtener el apunte fino de la estrella; con él se hace girar a todo el telescopio y es muy probable que esos pequeños movimientos de giro del orden del segundo de arco, por causa de la inercia, vayan acompañados de deformaciones y reacciones elásticas del orden de fracciones no muy pequeñas del segundo de arco, lo que hace que cuando usted da por bien apuntada a la estrella el efecto combinado de la inercia y de las reacciones elásticas siga haciendo girar al telescopio mientras su ayudante hace la lectura de los cuatro microscopios. Esto introduce, evidentemente, un factor de incertidumbre en las medidas de la declinación que si no se evita del todo con el uso del micrómetro al mantener inmóvil al telescopio durante el tránsito de la estrella, hay muchas probabilidades de que disminuya sensiblemente.

Además, el uso del micrómetro permite, repitiendo durante el tránsito dos, tres y hasta cuatro veces la visación de la estrella (bisectando su imagen con el hilo móvil), bajar el error me-

dio de apunte de $\pm 0''.32$ a $\pm 0''.23$, $\pm 0''.18$ y $\pm 0'' 16$ respectivamente.

En el N°. 3, Parte I puede verse cómo el elevado error medio de lectura de los microscopios del círculo meridiano de Córdoba impide que se acentúe como es debido el aumento de la precisión en las medidas de la declinación. Obsérvese la comparación con el círculo meridiano de Begedorf. Relacionados también con esto están, además del citado, los números 4, 5 y 6 de la Parte I.

3°) Otro tanto puede decirse del método que usted ha empleado en la determinación del nadir. La aproximación bi-tangencial entre la imagen directa del hilo de declinación y la reflejada en el baño de mercurio la obtenía usted mediante el tornillo de calaje. Observamos que por las mismas razones anteriores hubiera sido conveniente aquí también el empleo del micrómetro.

Hay, sin embargo, algo más importante como indicativo de falta de rigor. En las observaciones para los programas de "zonas" se hacían tres determinaciones del nadir: una al principio, otra a la mitad de la sesión y la tercera al terminar las observaciones. Los que han trabajado en esos programas han de recordar que invariablemente se producía una fuerte variación del nadir entre la primera y la segunda determinación; en cambio, esta variación era débil, a veces casi nula, entre la segunda y la tercera determinación. ¿Qué significado tiene este hecho? Para interpretarlo debidamente recordemos otra circunstancia importante. hasta el momento de efectuar la primera determinación el techo del pabellón del círculo meridiano había permanecido cerrado y la segunda determinación tenía lugar a la hora y media o dos horas después de haberlo abierto, en esta primera parte de la sesión de observaciones la temperatura del recinto sufría un cambio casi brusco, mientras que en la segunda parte la temperatura variaba ordinariamente poco. Después de esto ¿no es natural pensar que las fuertes variaciones del nadir de la primera parte de la sesión son debidas al brusco cambio de temperatura que se producía inmediatamente después de descorrer el techo del pabellón? ¿no se le ocurrió a usted que abriendo el

techo una hora antes de dar comienzo a las observaciones evitaría tan pernicioso efecto? ¿desconocía usted la regla de que las observaciones astronómicas deben efectuarse a una temperatura lo más próximo posible a la de la intemperie?

Reflexione usted, ahora, sobre el modo poco riguroso con que hizo las interpolaciones entre esos valores extremos del nadir y... pasemos a otra cosa.

4.º) Lo que pasa respecto del "run" es sumamente curioso. Usted determinaba con frecuencia su "run". Pero ¿cómo su "run"? ¿no es el "run" una constante instrumental? Sin embargo, parece que usted tiene razón, pues si compara sus resultados con los de los otros lectores de microscopios descubrirá en esos valores características casi personales; por ejemplo, algunos hallan valores pequeños, otros encuentran valores grandes; mientras unos determinan un "run" positivo, otros hallan un "run" negativo. Por otra parte, el sistema círculo-microscopio es, en realidad, círculo-microscopio — ojo del observador y entonces resulta que el "run" no es una constante instrumental absoluta, pero es una constante instrumental relativa a cierto observador, o mejor dicho, se compone de dos partes: una, absoluta, dependiente del instrumento y otra, relativa a determinado grupo de observadores. De modo, pues, que podemos aceptar que, en cierto sentido, usted hable de su "run".

En el N.º 7 de la Parte I hago la descripción de la operación de la determinación del "run" en el Observatorio de Bege-dorf y en el de Córdoba. En el N.º 8 (Parte I) hago una determinación de constantes personales para un grupo de observadores y en el N.º 9 establezco la constancia del "run" para un solo observador.

Puede usted observar fácilmente este último hecho: tome de su libreta de "runs" los correspondientes a los microscopios de un mismo pilar (del este o del oeste); distribúyalos por orden de fecha de observación en grupos de igual número, de 8 por ejemplo, y promedie los de cada grupo. Considerando a estos promedios como los valores más probables de distintas determi-

naciones del "run", su simple inspección le revelará inmediatamente que la variación de que están afectados es del orden de 0".01. Un cálculo análogo, pero riguroso, hemos hecho en el N°. 9 (Parte I).

Pero, hasta ahora, usted ha adjudicado al "run" no esos valores promedios que yo considero como los más probables, sino el simple resultado de una determinación aislada. Examine usted enseguida esos valores aislados del "run" y comprobará que discrepan del promedio en un valor medio próximo a 0" 04, lo que le convencerá de que dichos valores individuales son mucho menos seguros que los promedios que he considerado como valor más probable. Esta inseguridad proviene del error medio de lectura de los microscopios que, como hemos visto, es excesivo en el círculo meridiano de Córdoba, a tal punto, que determinando el "run", como usted lo hace, con una sola bisección de los trazos del círculo graduado, los errores de observación serán, en muchos casos, del mismo orden de magnitud que el "run" y las correcciones que usted aplique a sus lecturas micrométricas, deducidas de dicho "run", serán tan irreales como si usted las hubiera obtenido tirando a la suerte.

5°. En el N°. 8 (Parte I) al exponer el método que he empleado para hacer una determinación exacta del "run", digo que he tomado la precaución de compensar los "posibles desplazamientos de los microscopios durante la operación". Esto le parecerá a usted muy extraño. ¿No están, acaso, los cuatro microscopios de cada costado del círculo firmemente fijados sobre sendos tambores de hierro de gran rigidez que descansan sobre robustos pilares de granito bien cimentados? Así es, pero en los instrumentos de precisión no hay que confiar demasiado en el cumplimiento de las condiciones de estabilidad previstas por el constructor.

Efectivamente, he observado entre los microscopios del oeste variaciones de la distancia mutua hasta de 3", de un día para otro, y hasta de 1" en pocas horas. Parece que estos desplazamientos de los microscopios se producen simétricamente y que

los de mayor amplitud tienen lugar en los arcos comprendidos entre los microscopios II y III y los IV y I, lo que puede indicar que el tambor en que están fijados sufre deformaciones con tendencia a producir la forma elíptica. Podría explicarse esto como un efecto de las variaciones térmicas del siguiente modo: estas variaciones tendrían su influencia más directa en el arco I-IV de la base y por un efecto de resonancia elástica en su simétrico II-III, sufriendo los arcos laterales I-II y III-IV los efectos de las tensiones o compresiones originadas en aquellas deformaciones principales.

Advierta usted, de paso, que es muy probable que estas micro-deformaciones constituyan una especie de ondas estacionarias de período muy bajo y de características complejas cuyo estudio podría constituir un capítulo de la teoría matemática de la elasticidad de sumo interés para la técnica instrumental. Por otra parte, la teoría de la medida deberá investigar en su campo los errores sistemáticos producidos por dichas micro-deformaciones y los correspondientes fenómenos de resonancia.

En el presente trabajo no trato de esta cuestión sino en la forma incidental con que la dejo expuesta proponiéndome estudiarla detenidamente en otro artículo.

6°) En la Parte II estudio el “error accidental de división del círculo de platino-paladio” que es el que usted designa con la letra “A” en sus libros de observaciones. Pero ¿debo precisarle qué entiendo por “error accidental” de división? No se extrañe usted que no considere superfluo esta explicación, pues las cuestiones relativas a la “teoría de errores” son frecuentemente mal conocidas, aún entre los especializados. A penas es necesario advertir que los errores de cuya discusión y cálculo trata la “teoría de errores” son aquellos que por su magnitud son inevitables en relación al método y a determinado instrumento de medida. Si usted utiliza, por ejemplo, una regla graduada en milímetros para medir longitudes es inevitable que usted cometa errores de 2 décimas de milímetro y aún algo mayores según sea el mayor o menor cuidado que usted ponga en la medición, etc. Estos erro-

res inevitables suelen clasificarse en dos grupos: los que pueden atribuirse a una causa permanente y que en una serie de medidas se distribuyen regularmente pudiéndoselos, además, representar por una función matemática; y los que, por el contrario, no se sujetan a ley alguna como si se debieran al azar o a causas inestables y complejas de tal modo que su producción y su magnitud parece accidental. Se llama *sistemáticos* a los errores del primer grupo; *accidentales* a los del segundo.

En la actualidad, todo círculo graduado de precisión se hace a máquina, y los círculos divididos por este sistema de la casa Repsold de Hamburgo gozan de justa fama. En el "Erstes Begedorfer Sternverzeichnis 1925,0 (Hamburgo) hallará usted los siguientes datos sobre los errores accidentales de ambos círculos del instrumento meridiano del Observatorio de Begedorf:

Error medio accidental del promedio de 4 trazos

del círculo de plata	$\pm 0''.099$
del círculo de platino-paladio	$\pm 0''.117$

"Los errores accidentales de trazos están, por consiguiente, dentro de los límites de los errores accidentales de lectura", es el comentario que se agregan a estos datos en el citado estudio.

En el N° 6 (Parte II) de mi trabajo doy el error medio accidental de división del círculo de platino-paladio del instrumento meridiano del Observatorio de Córdoba, deducido de la discusión de las medidas micrométricas de intervalos de 20' obtenidas por el observador señor Torres en las determinaciones de "runs". mi cálculo da como error medio accidental de división del círculo de platino paladio $\pm 0''.086$. En muy buena concordancia, como se ve, con los resultados de Begedorf.

Siguiendo el método que yo he empleado y que expongo en la Parte II (N° 1-6) podría usted verificar mis cálculos utilizando las medidas micrométricas en 20' de sus propias determinaciones de "runs".

Como el error medio de lectura del promedio de los cuatro microscopios del círculo meridiano de Córdoba es $\pm 0''.17$, o sea, el doble del error medio accidental del promedio de 4 trazos del

círculo graduado, resulta que no tiene ninguna importancia el aplicar las correcciones del error accidental de división. Por otra parte, como establezco en el N° 7 (Parte II), el error medio de que están afectadas las correcciones a los errores de división del círculo "A" (platino-paladio) publicadas en el volumen 35 de los Resultados del Observatorio Nacional Argentino, pág. 43, es mucho mayor que el error accidental de división y si esto se confirmara (usted puede contribuir a ello si somete a sus propias determinaciones de "runs" a la discusión que he indicado) de ningún modo le convendría aplicar dichas correcciones a sus lecturas sobre dicho círculo "A", siendo preferible que considerara usted a la división de dicho círculo como perfecta, en cuanto al error accidental.

7°.) El error accidental de división ha de ser determinado individualmente para cada trazo con una precisión muy superior a la de la propia división del círculo y cuando no puede lograrse esto, es obvio que no debe aplicarse.

En cambio, con una determinación del error de división menos exigente puede conseguirse una buena expresión del error sistemático. El error sistemático de división de un círculo graduado a máquina puede representarse por una función periódica que, como es sabido, es desarrollable en series de Fourier.

En los números 9-11 (Parte II) doy la expresión y discusión del error periódico de división del círculo platino-paladio del instrumento meridiano de Córdoba.

Me parece que los resultados de este estudio pueden ser útiles como indicios previos a un plan de investigaciones más completas.

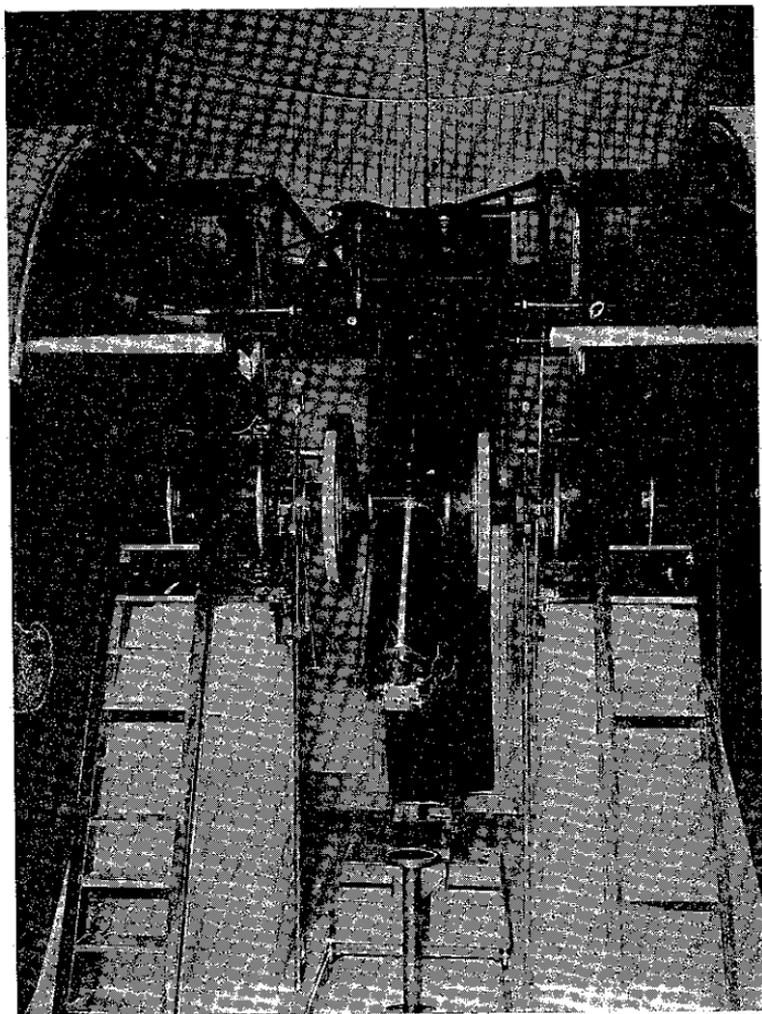
Las investigaciones que doy a conocer comprenden una determinación del error teórico de observación, una evaluación del error accidental de división del círculo "A" (círculo platino-paladio) y del error medio de las "correcciones de los errores de

división correspondientes al mismo círculo. Determino también el error periódico de división en dicho círculo "A".

He utilizado observaciones propias y las de otros observadores que menciono oportunamente.

Para las discusiones sobre los errores de división de los círculos graduados me he servido de la tabla de "correcciones por errores de trazos" publicada en el Primer Catálogo Fundamental de Córdoba (vol. 35 de los Resultados del Observatorio Nacional Argentino, tabla XI, págs. 43 y 45) y que citaremos P.C.F.

He considerado sumamente ilustrativo comparar los resultados de estas investigaciones con las hechas en el Observatorio de Begedorf (Hamburgo) sobre el Círculo meridiano de Repsold, gemelo del de Córdoba, instalado allí. Estas investigaciones están contenidas en el "Erstes Begedorfer Sternverzeichnis 1925,0, lo mismo que una descripción completa del instrumento. Vamos a referirnos frecuentemente a esta publicación que citaremos E.B.S.



Círculo Meridiano "Repsold" de 190 mm de abertura del Observatorio de Córdoba.

P A R T E I

I. — ERROR MEDIO TEORICO DE OBSERVACION

1. El "error medio teórico de una observación meridiana en declinación" depende del "e. m. (1) de apunte" de la estrella observada y del e. m. de lectura del círculo graduado. El e. m. teórico de una declinación depende del e. m. de determinación del "punto de ecuador" sobre el círculo graduado y del e. m. de observación de la estrella.

Cuando la determinación del punto de ecuador se funda en la declinación de "estrellas fundamentales" podemos suponer, sin cometer gran error, que la posición de dichas estrellas dadas por las efemérides se halla afectada de un e. m. despreciable frente a la magnitud del e. m. de observación. El e. m. de determinación del "punto de ecuador" depende, según esto, del e. m. de observación a lo menos en primera aproximación, suficiente, por otra parte, para nuestro propósito.

El e. m. de bisección de la estrella con el hilo móvil de declinación, deducido de observaciones que hicimos con el señor José Tretter, sobre estrellas distantes del cenit 20° término medio, resultó $\pm 0''.28$ Con suficiente aproximación, podemos considerar a este e. m. de bisección identificado con el e. m. teórico de apunte.

(1) Error medio

Si es $a = e.m.$ de apunte, $c = e.m.$ de lectura del círculo; $o = e.m.$ teórico de observación, tenemos:

$$o = \sqrt{a^2 + c^2}$$

2. **Error medio de lectura de los microscopios.** — En el segundo semestre del año 1934 investigué el error medio de lectura de los microscopios del Círculo de Repsold. Según mis propias observaciones este error medio sería $\pm 0''.36$. Para un observador experto que lee los microscopios con calma y atención este e.m. puede bajar a $\pm 0''.32$.

Podemos, pues, suponer que en las condiciones ordinarias de observación, la declinación va afectada de un e.m. dependiente de la lectura de los microscopios (leyendo los cuatro mi-

croscopios de que se disponen en el C.M.) no inferior a $\frac{\pm 0''.34}{\sqrt{4}}$

o sea, no inferior a $\pm 0''.17$.

Según el E.B.S. el e.m. de lectura de un microscopio en el C.M. de Repsold instalado en Begedorf es $\pm 0''.20$ y del promedio de los cuatro microscopios es $\pm 0''.10$.

La diferencia entre los e.e.m.m. de lectura de los microscopios en Córdoba y Begedorf es demasiado grande para instrumentos gemelos. Creemos que la causa de esto es el diferente ajuste óptico de los microscopios en cada uno de dichos instrumentos.

La colimación de los trazos del círculo graduado (espaciados de $4'$ en $4'$) se hace entre dos hilos paralelos del micrómetro. Entre el trazo y los hilos deben aparecer dos angostas bandas de luz. Cuando el trazo se halla bien colimado dichas bandas deben aparecer al ojo del observador del mismo ancho y de la misma iluminación. Ahora bien, en los microscopios de Begedorf los trazos tienen un ancho de $15''$ y la distancia entre los hilos de un mismo par del micrómetro es de $24''$ quedando, por lo tanto, entre cada uno de los bordes del trazo y los hilos del par dos bandas iluminadas de $4'',5$ de ancho, mientras en el de Córdoba

los hilos se coliman superponiéndolos a los bordes del trazo o dejando un hilo iluminado apenas perceptible. (Fig. 1).

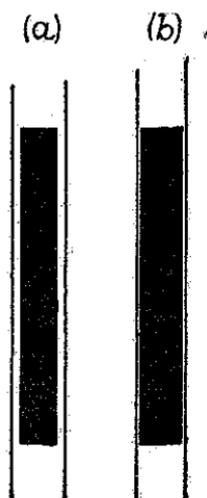


FIGURA 1

- (a) Colimación de los trazos del círculo graduado en el C. M. de Begedorf.
 (b) La misma en el C. M. de Córdoba.

3. **Comparación entre los errores medios teóricos de Córdoba y de Begedorf.** — Tomemos como base para este cálculo un igual e. m. de apunte para Córdoba y Begedorf. En la hipótesis de una estrella cenital este e. m. de a. será $\pm 0''.28$. Siendo el e. m. de lect. en Córdoba $\pm 0''.34$ y en Begedorf $\pm 0''.20$ para una estrella observada en declinación con el hilo móvil y en 1, 2, 4, 6 y 16 bisecciones, se tendrá para cada uno de aquellos casos:

Núm. de bisecciones	Córdoba	Begedorf
1	$\pm 0''.33$	$\pm 0''.30$
2	.26	.22
4	.22	.17
6	.21	.15
16	.18	.12

Como se ve, la observación en declinación de una estrella cenital hecha bisectándola 16 veces en Córdoba equivale a una observación hecha con 4 bisecciones en Begedorf. Además, pasando de las 4 bisecciones, el e. m. de obs. disminuye débilmente en Córdoba, algo más marcadamente en Begedorf.

4. Errores medios del punto de ecuador en Córdoba y en Begedorf. — El e. m. del punto de ecuador medio en una noche

de observación es $e = \frac{o}{\sqrt{n}}$, donde n es el número de estrellas cenitales observadas.

Tomemos como base un punto de ecuador deducido de $n = 4$, 8 y 16 estrellas cenitales observadas con 4 bisecciones en declinación. De este modo el cálculo de e da

n	Córdoba	Begedorf
4	$\pm 0'' .11$	$\pm 0'' .08$
8	.08	.06
16	.06	.04

Según esto, para obtener un punto de ecuador en Córdoba de la misma precisión que en Begedorf, se han de emplear para el primero doble número de estrellas que para el segundo (entre los límites de 4 a 16 estrellas).

5. Errores medios teóricos de declinación en Córdoba y en Begedorf. — Si llamamos d al e. m. teórico de declinación, tendremos

$$d = \sqrt{e^2 + o^2}.$$

Suponiendo que el punto de ecuador ha sido determinado mediante la observación de 8 estrellas cenitales, el cálculo del e. m. teórico de declinación de una estrella observada con 1, 2, 3, y 4 bisecciones, teniendo en cuenta las magnitudes de los e. e. m. m del punto de ecuador y de observación da:

Núm. de bisecciones	Córdoba	Begedorf
1	$\pm 0'' .34$	$\pm 0'' .31$
2	.27	.23
4	.22	.17
8	.20	.14
16	.18	.12

La tabla anterior nos demuestra que la precisión teórica de la declinación de una estrella observada con una bisección en Córdoba es ligeramente inferior a la precisión de una declinación observada en las mismas condiciones en Begedorf. En cambio, para igualar estos e. m. teóricos en las declinaciones de Córdoba y Begedorf, manteniendo la actual diferencia entre sus e. m. de lect. de los microscopios, una estrella observada con 3 bisecciones en Begedorf ha de ser observada con 12 bisecciones en Córdoba.

Diferencias entre los e. m. de lect. de Córdoba y Begedorf que representan el 20 % solamente, puede tener efectos en las observaciones de la declinación que alcanzan un 400 %.

Mientras es posible hacer hasta 4 lecturas micrométricas durante el transcurso de una estrella ecuatorial por el campo del telescopio (2 minutos más o menos) —una bisección antes de comenzar la observaciones del tránsito, dos durante el curso de estas observaciones y una cuarta bisección después de hacer las observaciones de tránsito— no es posible hacer más de dos lecturas del círculo graduado. De aquí resulta la conveniencia de que el e. m. de lectura de los microscopios sea sensiblemente menor que el e. m. de apunte de la estrella. Esta condición no se cumple en el estado actual del C. M. (2) de Córdoba y ya se ha visto la ventaja de que se cumpla en su gemelo de Begedorf.

II. — DISGRESION SOBRE LA HOMOGENEIDAD DE LAS OBSERVACIONES EN A. R. Y DECLINACION

6. Tomando como base para el e. m. de lect. de un microscopio el valor de $\pm 0'' .36$, o sea, para el promedio de los 4 microscopios

(2) Círculo meridiano.

$\pm 0''.18$; un e. m. de apunte en declinación igual a $\pm 0''.32$ y un e. m. de observación del tránsito sobre un hilo igual a $\pm 0''.75$ ($\pm 0''.05$) — valores estos que nosotros hemos deducido de la observación: los primeros como ya hemos explicado en los párrafos anteriores; el último, del examen de un cierto número de Δt — hemos calculado los ee. mm. teóricos en declinación y en A. R. (3) para los siguientes casos.

1. Se leen dos microscopios; 1 apunte

e. m. de lect.	$\pm 0''.25$
„ „ bisección	.32
„ „ declinación	$\pm 0''.41$
	<hr/>
„ „ tráns. s/4 hilos	$\pm 0''.38$

2. Se leen dos microscopios; 2 apuntes

e. m. de lect.	$\pm 0''.25$
„ „ des bisecciones	$\pm 0''.23$
„ „ declinación	$\pm 0''.34$
	<hr/>
„ „ tráns s/4 hilos	$\pm 0''.33$
„ „ tráns. s/6 hilos	$\pm 0''.31$
	<hr/>

3. Se leen 4 microscopios; 2 apuntes

e. m. de lect.	$\pm 0''.18$
„ „ bisección	.23
„ „ declinación	$\pm 0''.29$
	<hr/>
„ „ tráns. s/6 hilos	$\pm 0''.31$
	<hr/>
„ „ tráns. s/12 hilos	$\pm 0''.22$
	<hr/>

(3) Aecensión recta.

4. Se leen 4 microscopios; 3 apuntes

e. m. de lect.	$\pm 0'' .18$
„ „ bisección	.18
„ „ declinación	$\pm 0'' .25$
„ „ tráns. s/12 hilos	$\pm 0'' .22$

5. Se leen 4 microscopios; 4 apuntes

e. m. de lect.	$\pm 0'' 18$
„ „ bisección	.16
„ „ decl.	$\pm 0'' .24$
„ „ tráns. s/12 hilos	$\pm 0'' 22$

Este cálculo nos demuestra que:

- En ningún caso conviene apuntar una sola vez la estrella, ni siquiera cuando sólo se leen dos microscopios.
- En observaciones de precisión poco exigentes puede ser suficiente la lectura de dos microscopios y dos apuntes de la estrella en la determinación de la declinación y la observación del tránsito sobre 6 hilos en la determinación de la A. R.
- En los trabajos de precisión y con los e. e. m. m. básicos de observación señalados al principio de este párrafo, es óptima, desde el punto de vista de la homogeneidad, la observación hecha con lectura de 4 microscopios y 3 apuntes en declinación y observación del tránsito sobre 12 hilos; si se disminuyeran estos errores básicos (equiparándolos a los de Begedorf, por ejemplo) 4 apuntes, a la vez que aumentaría la precisión de la observación en declinación, mejoraría la homogeneidad.
- No es prácticamente posible realizar observaciones de tránsito sobre los 18 hilos del micrómetro, a la vez que observaciones en declinación del mismo peso a estrellas de declinaciones bajas, pues esto exigiría no menos de 4 apuntes de

la estrella (además de 2 lecturas de los microscopios) operaciones aquellas que no hallan lugar a realizarse simultáneamente durante el paso de una estrella ecuatorial por el campo del telescopio.

- e) En la observación de las estrellas circumpolares puede convenir en algunos casos aprovechar su lento movimiento para disminuir los errores de observación con la repetición de las medidas. En este caso podrán efectuarse en una misma estrella numerosas observaciones tanto en A. R. como en declinación, así como lecturas repetidas de los microscopios sin las limitaciones anotadas para las estrellas ecuatoriales.

III.— CORRECCION POR EL “RUN”

7. **Generalidades.** — Se llama ordinariamente “run” a la corrección que requieren las lecturas micrométricas hechas sobre un círculo graduado, para reducir la unidad micrométrica a la unidad de medida del círculo. Generalmente el ajuste óptico de los microscopios con que se lee el círculo es tal que esta corrección es pequeñísima.

El círculo Repsold de Córdoba dispone, como su gemelo de Begendorf de 4 microscopios. Los trazos del círculo graduado distan entre sí 4 minutos de arco. Para llevar los hilos colimadores del micrómetro, de la imagen de un trazo a la del siguiente, han de darse 4 vueltas al tambor del tornillo micrométrico; corresponde pues a cada vuelta del tambor una traslación de los hilos colimadores sobre la imagen del círculo igual a $1'$. Como el tambor del micrómetro se halla dividido en 60 partes, cada una de estas partes equivale a una traslación de $1''$. Colimando, pues, un determinado trazo del círculo graduado, la lectura micrométrica sobre este trazo ha de hallarse repetida después de dar 4 vueltas al tambor y colimados los hilos sobre el trazo siguiente. La diferencia de estas dos lecturas extremas dividida por 4 es el

“run” o la corrección por minuto de arco que ha de aplicarse a las lecturas micrométricas.

En el “Erstes Begedorf Sternverzeichniss” 1925,0 que en adelante citaremos “E. B. S.”, se describe el método empleado en Begedorf para determinar el “run”, habiéndose elegido para tal objeto un intervalo doble de 4 minutos (los intervalos $14^{\circ} 56'$ — $15^{\circ} 0'$ y $15^{\circ} 0'$ — $15^{\circ} 04'$). Para la corrección de los errores de división de este intervalo se estudiaron 15 intervalos dobles (método de Brun para el estudio de los errores de división) simétricamente distribuidos en todo el círculo. Hay, pues, en el método descrito la preocupación de referir todas las medidas micrométricas a *un intervalo doble único bien estudiado*, lo que es una garantía de homogeneidad. Claro está que esta elección (tanto del método como del intervalo) ha podido hacerse, dado el pequeño valor y la regularidad del error periódico, así como la inexistencia de términos de pequeños períodos en este error; de este modo han podido considerarse algebraicamente iguales los errores periódicos de dos trazos contiguos (intervalo de 4'). Hechas las respectivas correcciones a los trazos del intervalo doble designado, podía calcularse exactamente el “run”; lógicamente el e. m. accidental de que van afectadas aquellas correcciones influirá sobre el e. m. accidental de la determinación de esta magnitud. En el caso de Begedorf este e. m. accidental es muy pequeño y el “run” se mantuvo extraordinariamente constante, lo que permitió pasarse con determinaciones que se hacían cada mes o cada dos meses.

En el Observatorio de Córdoba se determina el “run” sobre intervalos de 20' tomados en cualquier parte del círculo, pues, según parece, en la determinación de los errores de división se ha dado mayor peso a los errores correspondientes a los trazos 0', 20', 40' que a los de los trazos intermedios, de donde resulta que los intervalos comprendidos entre estos trazos quedan mejor corregidos que los intervalos menores. Esto ha inducido, seguramente, a no elegir *un intervalo único bien estudiado*, como en Begedorf, sino, por el contrario, a repetir por todo el círculo graduado los “intervalos fundamentales”, considerando como

tal a los comprendidos entre los trazos 0', 20', 40', criterio fundamental, distinto del aplicado en Begedorf.

8. **Determinación del "run". Constante personal.** — Los "runs" que discutimos aquí se han determinado sobre el intervalo $280^{\circ} 0' - 280^{\circ} 20'$ del círculo "A" con freno al Oeste (4). Se ha supuesto que este intervalo (debidamente corregidas las lecturas sobre los trazos extremos por las correcciones del P. C. F.) es exacto. En el párrafo anterior hemos explicado el procedimiento general para efectuar esta determinación. Pero en nuestra investigación hemos tomado algunas precauciones para mejorar la precisión.

Cada trazo extremo del intervalo de 4' fué medido 8 veces del siguiente modo: visado el trazo $280^{\circ} 0'$ sobre el "peine" N°. 5 del micrómetro se efectuaron 4 lecturas correspondientes a 4 visaciones del trazo; enseguida se giró el tornillo micrométrico hasta visar, sobre el "peine" N°. 1 al trazo siguiente, o sea, el de $280^{\circ} 4'$, sobre el que se hicieron 8 lecturas; finalmente se visó de nuevo el trazo $280^{\circ} 0'$ y se hicieron las últimas 4 lecturas. Las tres partes de esta operación se efectuaron de manera que no se pasaba de la una a la otra sin haberla realizado en los cuatro microscopios. Terminado esto, se movía el telescopio hasta llevar el trazo de 4' bajo el "peine" N°. 5, quedando simultáneamente el trazo de 8' bajo el "peine" N°. 1, repitiéndose para este nuevo intervalo de 4' la operación del intervalo anterior. Recorriendo así todo el intervalo de 20' se obtenía la medida micrométrica entre los trazos $280^{\circ} 0'$ y $280^{\circ} 20'$. Aplicados a los trazos 0' y 20' las correcciones respectivas, la medida micrométrica obtenida debiera ser exactamente 20'; la diferencia nos da el "run" acumulado en 20' (20 revoluciones del tornillo) y de ello deducimos el "run" para 1' (1 revolución del tornillo). El método descrito es el que, en esencia, se emplea en el Observatorio de Córdoba y sólo se diferencia en la mayor precisión que hemos obte-

(4) El C M de Córdoba, como todo instrumento de tránsito moderno puede invertirse de modo que el extremo *este* de su eje horizontal pase al *oeste* y viceversa. En nuestro caso, con las expresiones "freno al oeste", "freno al este" indicamos esas dos posiciones simétricas

nido en nuestras determinaciones con la repetición de lecturas y la compensación de los posibles desplazamientos de los microscopios durante la operación obtenida mediante la descomposición en dos series —“inicial” y “final”— de las lecturas correspondientes al “peine 5”, entre las que quedan encerradas las ocho lecturas correspondientes al “peine 1”.

El cálculo del “run” se funda en las siguientes consideraciones: los resultados de la observación dan el exceso o el defecto de la medición (promedio de los 4 microscopios) de un intervalo de 20' tomados sobre el tambor del tornillo. Si una revolución del tornillo fuera 60" exactos, 20 vueltas exactas del tornillo cubrirían el intervalo de 20', pero hay una diferencia Δ expresada en unidades igual a una división del tambor (el tambor se halla dividido en 60 partes. Un cálculo sencillo da en segundos de arco el valor de una división del tambor:

$$(20 \times 60 + \Delta) x'' = 20 \times 60$$

$$x'' = \frac{1200}{1200 + \Delta}$$

y una revolución completa del tornillo será

$$e'' = \frac{1200}{1200 + \Delta} \times 60$$

El “run” para una revolución del tornillo es

$$R'' = 60'' - e''$$

de donde:

$$R'' = \frac{60 \Delta}{1200 + \Delta}$$

o sea, aproximadamente (dado el pequeño valor de Δ)

$$R'' = \frac{\Delta}{20}$$

La siguiente tabla nos da los valores de **R** obtenidos por diferentes observadores, y según mis indicaciones, en Junio de 1934. Corresponden a los microscopios del Oeste y las lecturas fueron hechas sobre el círculo de platino-paladio ("A") lo que corresponde al "freno oeste":

TABLA I

Observador	Run	v	vv
Bobone	+ 0". 0105	— 0". 024	0". 000576
Martínez Carreras	.1415	+ .027	729
Soler	.0850	— .030	900
Mac Leish	.1415	+ .027	729
Promedio	+ 0". 1146		0". 002934

$$m = \pm 0".031 \quad \mu = \pm 0".016$$

Para formarnos un criterio sobre la influencia que tiene la ecuación personal de cada observador en las discrepancias v , procedamos a calcular el error medio m por otro método, independiente de dicha ecuación personal. Consiste éste en determinar el e. m. de cada observador basado en sus propias observaciones, el que no es otro que el e. m. de lectura de los microscopios, deducido de las repetidas colimaciones del trazo (5).

Sea μ este e. m.; el correspondiente a un intervalo de 4' será $\mu\sqrt{2}$, y al intervalo total de 20', utilizado para determinar el "run" corresponderá un e. m. igual a $\sqrt{[2\mu^2]}$, lo que dividido por 20 da el e. m. de cada observador en su determinación del "run" y cuyo valor μ se halla influenciado por la ecuación personal.

Sea ahora, m el promedio de estos errores medios individuales de observación, m el e. m. de una determinación del "run"

(5) Cada trazo del círculo fué colimado 8 veces

deducido de la determinación de varios observadores tal como lo indica la tabla I y m_2 la parte que en este último e. m. depende de las diferentes ecuaciones personales de los observadores, considerando a estas diferencias como accidentales.

Tendremos según esto

$$m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$$

de donde:

$$m_2 = \sqrt{m^2 - m_1^2}$$

La tabla I nos da $m = \pm 0''.031$. El promedio de los e. e. m. m. de lectura de los diferentes observadores nos permite establecer mediante la fórmula dada anteriormente el e. m. individual en la determinación de un "run"; calculado éste para los distintos observadores de la tabla I y promediados esos e. e. m. m. hemos hallado $m_1 = \pm 0''.012$. La fórmula anterior nos da

$$m_2 = \pm 0''.028 \text{ (6)}$$

El hecho que la magnitud de m_2 sea del mismo orden que la magnitud de m indica que las discrepancias v (tabla I) deben ser consideradas como la verdadera magnitud de la ecuación personal.

9. Constancia del "run". — Entendemos que la forma en que se aplica la corrección del "run" a las lecturas micrométricas en algunas trabajos del Círculo Meridiano recientemente efectuados en el Observatorio de Córdoba, supone a dicha magnitud de naturaleza esencialmente variable, mientras que nosotros hemos demostrado que es de naturaleza esencialmente constante.

Hemos examinado una serie de "runs" que uno de los observadores de C. M. ha medido con fines de práctica (7). Estas determinaciones han sido hechas en diferentes intervalos comprendidos entre los calajes de 70° y 125° del círculo "A" y 76° y 130° del círculo "B", todas con freno al Oeste de modo que corres-

(6) Ver Apéndice, tablas IV y V.

(7) Ver Apéndice, tabla VII

ponden a ambos grupos de microscopios (pilar del Este y pilar del Oeste).

Agrupados de 8 en 8 los "runs" correspondientes a los microscopios del Oeste, hemos obtenido los siguientes promedios con sus respectivos e. e. m. m. de la media (μ) y de cada determinación aislada (m):

"run"		
(prom. de 8 determin.)	m	μ
$\pm 0'' .0445$	$\pm 0'' .038$	$\pm 0'' .014$
.0522	.034	.012
.0562	.038	.014
.0309	.027	.009
<hr/>	<hr/>	<hr/>
Prom. gen. $\pm 0'' .0460$	$\pm 0'' .036$	$\pm 0'' .012$

De este "run" (promedio general) deducimos que el e. m. de una determinación es $\pm 0'' .036$ y que el e. m. del promedio de 8 determinaciones es $\pm 0'' .012$. Resultados que, por otra parte, son concordantes con los que obtuvimos en el párrafo anterior al hablar de la ecuación personal.

El e. m. que afecta al promedio general es $\pm 0'' .006$.

Los microscopios del Este dan un resultado análogo ⁽⁸⁾ como demuestra la siguiente tabla:

(prom. de 8 determin.)	m	μ
$\pm 0'' .0154$	$\pm 0'' .038$	$\pm 0'' .014$
.0025	.026	.009
.0118	.034	.012
.0040	.047	.019
<hr/>	<hr/>	<hr/>
Prom. gen. $\pm 0'' .0072$	$\pm 0'' .036$	$\pm 0'' .013$

(8) Es notable la concordancia entre los e. e. m. m. de esta doble serie de "runs" y las de la serie de la tabla I

Además, de la comparación de este promedio general con cada uno de los "runs" promedio de 8 determinaciones resulta un e. m. de $\pm 0'' .008$ para cada "run" promedio y $\pm 0'' .004$ para el promedio general. Por lo demás, el promedio de los errores medios de las medias de una determinación aislada (m) es $\pm 0'' .036$ y el promedio de los e. e. m. m. correspondientes a los "runs" promedio de 8 determinaciones es $\pm 0'' .013$, enteramente concórdante con los resultados obtenidos para los microscopios del Oeste.

De la discusión de estos e. e. m. m. se infiere inmediatamente que las variaciones que acusa cada determinación aislada del "run" son de *naturaleza accidental*. Falta saber, ahora, qué parte de esta variación accidental corresponde realmente al "run" y cuál a errores de observación, dependientes del e. m. de lectura).

Los "runs" que estamos discutiendo han sido determinados por los métodos ordinariamente empleados en el Observatorio. Las bisecciones de los trazos del círculo graduado y las lecturas de los microscopios fueron hechas una sola vez. De tal modo, al e. m. de lectura igual a $\pm 0'' .36$ corresponde un e. m. en la observación del "run" —tomado en un intervalo de 20'— igual a $\pm 0'' .029$. Siendo, como se ha visto, el e. m. de una determinación aislada de los "runs" que estamos discutiendo igual a $\pm 0'' .036$, el e. m. accidental de la *variación* real del "run" será:

$$\sqrt{(0'' .036)^2 - (0'' .029)^2} = \pm 0'' .024$$

Las observaciones en que se fundan estos cálculos se hicieron durante un intervalo de dos meses (Enero y Febrero de 1930) de modo que puede concluirse que *el "run" es prácticamente invariable*, por lo menos para lapsos de tiempo comprendidos entre dichos límites. Esta conclusión válida para el C. M. de Repsold (190 mm) del Observatorio de Córdoba confirma a la que se consigna en el "E. B. S." respecto del C. M. gemelo a este del Observatorio de Hamburgo.

IV. — ESTUDIO DE UN ARCO DEL CÍRCULO GRADUADO
 COMPRENDIDO ENTRE LOS CALAJES 280° 0' - 280° 20'

10. **Errores promedios de división.** — Como los estudios sobre el “run” referidos en el art. III los hemos hecho en un mismo intervalo del círculo, el comprendido entre los calajes 280° 0' y 280° 20', nos ha parecido interesante completar ese estudio con el de los errores de división en ese intervalo.

Utilicé el mismo material que en el art. anterior me sirvió para los estudios sobre el “run” y que fué proporcionado por mis propias observaciones y las que hicieron a mi pedido los señores Bobone, Soler y Mac Leish.

TABLA II

Resumen de los errores de división del círculo graduado “A”
 en el intervalo 280° 0' - 280° 20'

Fecha	Observador	280° 0'	4'	8'	12'	16'	280° 20'
Jun 23	Bobone	0. 000	+ 0. 148	+ 0. 206	+ 0. 174	+ 0. 362	+ 0. 280
Jun 28	Bobone	000	. 158	366	324	352	280
	Promedio	000	153	0 286	0 249	0 357	0 280
Jun 27	Martínez Carreras	0. 000	+ 0. 024	+ 0. 192	+ 0. 208	+ 0. 394	+ 0. 290
Jun 30	Martínez Carreras	000	008	304	306	378	280
	Promedio	0 000	0 016	0 258	0 257	0 387	0 285
Jun 25	Soler	0. 000	+ 0. 092	+ 0. 356	+ 0. 004	+ 0. 187	+ 0. 280
Jul 5	Mac Leish	000	084	418	392	376	280
	Prom Total.	0'' 000	+ 0'' 078	+ 0'' 329	+ 0'' 226	+ 0'' 326	+ 0'' 28

De la tabla anterior se deducen los

Errores en la determinación de los errores de división

TABLA III

Trazo de 4'		8'		12'		16'	
v	vv	v	vv	v	vv	v	vv
-0'' 07	0.0049	+0'' 04	0.0016	-0'' 02	0.0004	-0'' 05	0.0025
+ .06	.0036	+ .07	.0049	- .03	.0009	- .06	.0036
+ .01	.0001	- .03	.0009	+ .23	.0529	+ .15	.0225
.00	.0000	- .09	.0081	- .16	.0256	- .05	.0025
	0.0086		0.0155		0.0798		0.0311
m = ± 0'' 054		± 0'' 072		± 0'' 163		± 0'' 102	
μ = ± 0'' 027		± 0'' 036		± 0'' 082		± 0'' 051	

Promedio de los e e m. m. en la determinación de un error de división:

$$\mu = \pm 0'' .049$$

Error probable:

$$\pi = \pm 0'' .033$$

Los valores que en el "P. C. F." se adjudican a los errores de división en este mismo intervalo son respectivamente: 0'' 00, + 0.51, + 0 68, + 0 64, + 0 53, + 0 28 En la tabla XI de dicho catálogo (pág. 43) figuran con signo cambiado en frente de la "lectura" 100° 0', 4', etc. que corresponde al círculo "A" con freno al Este. Para obtener la misma posición del círculo "A" respecto a los microscopios después de la inversión del anteojo (freno al Oeste) ha de "calarse" 280° 0', 4', etc. Como nuestras determinaciones se han hecho sobre el círculo "A" con freno

al Oeste, las correcciones a aplicar en el calaje 280° , son las contenidas en la tabla XI frente a la lectura 100° .

Recordaremos que en el cálculo del "run" llamábamos Δ a la diferencia entre el intervalo de $20'$, debidamente corregido por los errores de división, y su medida micrométrica. Se recordará también que esta medida micrométrica, en el método adoptado para determinar el "run" en el Observatorio de Córdoba (y seguido por nosotros en estas investigaciones) era el resultado de la suma de cinco medidas micrométricas parciales de las divisiones de $4'$ comprendidas en el intervalo de $20'$. Diferencias de la misma clase de Δ han de resultar de estas medidas. Llamando $\delta_1, \delta_2, \dots$ a estas diferencias parciales tendremos:

$$\Delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5$$

Ahora bien, si corregimos por los errores de división no sólo las lecturas micrométricas correspondientes a los trazos extremos sino también las de los trazos intermedios, debería ser teóricamente:

$$\frac{\Delta}{5} = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = \delta_5$$

Si tenemos dos determinaciones diferentes de errores de división aplicándolas independientemente a una misma serie de medidas de δ_1 , el sistema de corrección que mejor realice la condición de igualdad de los δ_i será el mejor.

Aplicando a las medidas micrométricas de los intervalos de $4'$ comprendidos entre los calajes $280^\circ 0'$ y $280^\circ 20'$ (freno al Oeste) las correcciones de la tabla XI del P. C F., comparando cada

diferencia parcial δ_i con su promedio $\frac{\Delta}{5}$ nos resulta una discre-

pancia media, en promedio igual a $\pm 0'' 267$. Aplicando las correcciones que hemos calculado mediante las determinaciones descritas en las páginas anteriores, el promedio de esta discrepancia media baja a $\pm 0'' 071$.

Con esto no procuramos sacar una conclusión general y de peso respecto a las determinación de los errores de división tabulados en el P. C. F. Pero creemos que puede ser un modo de realizar una investigación previa que dará buenos indicios para investigaciones más completas, si agregado a otros motivos, resultara conveniente una revisión de la determinación de constantes instrumentales y métodos empleados en el C. M. en Córdoba.

(Continuará)