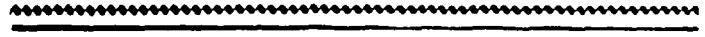


01125
10



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE INGENIERIA

OBSERVACIONES ASTRO-GEODESICAS PARA ESTABLECER
UNA ESTACION LAPLACE

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA
P R E S E N T A N :
CLAUDIA LEYVA SUAREZ
ERIK DE VALLE SALGADO

ASESOR: ING. ADOLFO REYES PIZANO



MEXICO, D. F., CIUDAD UNIVERSITARIA

2003



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/066/01

Señores
LEYVA SUAREZ CLAUDIA
ERIK DE VALLE SALGADO
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. ADOLFO REYES PIZANO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA.

"OBSERVACIONES ASTRO-GEODÉSICAS PARA ESTABLECER UNA ESTACIÓN LAPLACE"

- I. INTRODUCCIÓN
- II. DESCRIPCIÓN Y MANEJO DEL EQUIPO
- III. CRONÓMETRO SIDEREAL
- IV. DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA MERIDIANA
- V. LATITUD
- VI. LONGITUD
- CONCLUSIONES

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 27 de mayo de 2002.
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: EriK de Valle Salgado

FECHA: 26-03-03

FIRMA:

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: Leyva Suarez
Claudia
FECHA: 26-03-03
FIRMA:

DEDICATORIA

CLAUDIA LEYVA SUÁREZ

A MIS PADRES:

A quienes dedico con mucho cariño esta tesis en respuesta de todos sus esfuerzos por impulsarme y por estar a mi lado cuando los he necesitado. Gracias por su apoyo moral y económico, pero sobre todo por ser los padres que son.

Irene Suárez Medina.

Miguel Angel Leyva Guzmán.

A MIS HERMANOS:

Por su gran apoyo moral y por ser como son.

Miguel Angel Leyva Suárez.

Martha Monserrat Leyva Suárez.

Esther Leyva Suárez.

Verónica Leyva Suárez.

A MIS AMIGOS:

Por todos los momentos que compartimos y por animarme para seguir adelante. Guadalupe G.D, Alethia, Marisol (Soles), Carolyn.

ERIK DE VALLE SALGADO

CON CARIÑO A MIS PADRES:

Ofelia Salgado Vázquez.

Andrés Valle Estrada.

Por todos sus esfuerzos, desvelos y sacrificios realizados para que sea hoy un profesionalista.

MUCHAS GRACIAS

A MIS HERMANOS:

Adán Valle Salgado.

Jorge López Salgado

Silvia López Salgado.

Aldo de Valle Salgado.

Eslim Valle Salgado.

Porque todos ellos contribuyeron de una u otra forma a terminar mi carrera.

A MI ESPOSA:

Félix Hernández Valencia.

Por su gran apoyo desde que la conocí y por el que me seguirá dando mientras estemos juntos.

A MIS COMPAÑEROS:

A todos aquellos que convivieron conmigo en la universidad y me consideraron su Amigo.

CON AGRADECIMIENTOS A:

ANGÉLICA CRUZ ARANA.

A LA GENTE DEL GABINETE DE TOPOGRAFÍA

A NUESTROS PROFESORES

INDICE

INTRODUCCIÓN.	1
I.- DESCRIPCIÓN Y MANEJO DEL EQUIPO.	
I.1.- Descripción del Teodolito Universal T-3.	2
I.1.1.- Centrado y Nivelado.	6
I.1.2.- Revisión y Ajuste.	7
I.1.2.1.- Determinación del Valor de Una División del Nivel Horizontal T-3.	10
I.1.3.- Lecturas del círculo horizontal y círculo vertical.	11
I.2.- Descripción del Teodolito Universal Wild T-4.	15
I.2.1.- Descripción.	18
I.2.2.- Armado del equipo.	26
I.2.3.- Nivelación del Instrumento.	28
I.2.4.- Ajuste del Teodolito T-4.	31
I.3. - Calibraciones Necesarias para el Teodolito Universal Wild T-4.	33
I.3.1 Constantes instrumentales.	33
I.3.1.1 Determinación del valor angular de una división del nivel.	34
I.3.1.2 Constantes del micrómetro.	39
I.3.1.2.1 Movimiento perdido	39
I.3.1.2.2 Determinación del ancho medio de las tiras de los contactos eléctricos.	41
I.3.1.2.3 Procedimiento para determinar el valor ecuatorial del micrómetro.	43
I.3.2. Rectificaciones al Micrómetro Ocular.	44
II CRONÓMETRO SIDÉREO.	
II.1 Tiempo Sidéreo.	47
II.1.1 Cálculo del tiempo Sidéreo.	51
II.2 Precesión y Nutación	55
II.3 Puesta en marcha del cronometro sidéreo	57
II.3.1 Descripción del cronometro sidéreo digital.	58
III.- DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA MERIDIANA.	
III.2 Método de observaciones a la polar bajo cualquier ángulo horario.	67
III.2.1 Especificaciones para azimut Laplace	68
III.2.2 Registros de campo.	70
III.2.3 Transformación de tiempo medio a tiempo sidéreo	72
III.2.4 Determinación del t del reloj.	73
III.2.5 Determinación de ascensión recta y declinación para la época Media de observación.	76
III.2.6 Determinación del ángulo horario.	79
III.2.7 Calculo del Azimut de la polar.	81
III.2.8 Corrección por inclinación y curvatura	82
III.2.9 Angulo señal-polar azimut de la línea	88
III.2.10 Promedio de las posiciones.	90
III.2.11 Promedio de la series.	91
III.2.12 Correcciones al azimut promedio	101

III.2.13 Azimut astronómico final	104
III.3 Determinación de la meridiana del lugar observando estrellas al norte y al sur.	105

IV.- LATITUD.

IV.1 Introducción	112
IV. 2 Estrella Polaris	115
IV. 3 Método de Litrow.	118
IV.3.1 Observaciones a la estrella polar	122
IV.3.2. Procedimiento de observación.	123
IV.3.3 Calculo de latitud	124
IV.4 Método de Horrebow – Talcott	130
IV.4.1 Antecedentes	130
IV.4.2 Instrucciones generales para la elección de los pares de Estrellas	131
IV.4.3 Elaboración de pares de estrellas.	132
IV.4.4 Registro de campo	134
IV.4.5 Calculo de la latitud	135
IV.4.6 Correcciones	138
IV.4.7 Compensaciones	143
IV.4.8 Reducción de la latitud al nivel del mar.	145
IV.4.9 Corrección de la Latitud del movimiento del polo	147
IV. 5 Método de Sterneck.	148
IV.5.1 Selección de pares de estrellas	149
IV.5.2 Registro de campo	150
IV.5.3 Calculo de la latitud	151
IV.5.3.1 Procedimiento	152
IV.6 Comparaciones del método Horrebow - Talcott y Sternek	158

V.- LONGITUD.

V.1 Método de Alturas Iguales	162
V.2 Método de Mayer.	173
V.3 Método de Pasos Meridianos.	182
V.4 Método de Posiciones Correspondientes.	202
V.5 Método de observaciones en una Posición Cualquiera.	207

VI.- CONCLUSIONES.

Bibliografía	213
--------------	-----

INTRODUCCIÓN.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la actualidad los métodos modernos de posicionamiento Geodésico son de usos tan común que han logrado en el usuario depositar una gran confianza al grado de olvidar los fundamentos necesarios que se deben considerar en trabajos geodésicos.

Uno de los principios fundamentales para los trabajos en Geodesia es el establecimiento de un punto fijo en la superficie terrestre denominado Datum, sobre el cual hacemos nuestras referencias de trabajos topográficos, cartográficos y geodésicos, las determinaciones requieren del conocimiento detallado del Geoide y para tener una idea sobre el comportamiento de éste en alguna zona de la superficie terrestre aún se debe recurrir a métodos astronómicos clásicos para determinar valores tales como la desviación de la vertical, es decir establecimiento de estaciones Laplace.

El presente trabajo se enfoca esencialmente en mostrar métodos astronómicos para el establecimiento de una estación Laplace.

Los métodos astronómicos expuestos en el presente trabajo son los más reconocidos para trabajos astro-geodésico de primer orden.

Para llevar a la práctica algunos de los métodos, en la parte norte del edificio A de la Facultad de Ingeniería se monumeto una base en la cual se hicieron las observaciones astronómicas. La base construida de concreto fue anclada a la azotea del edificio con una profundidad de aproximadamente 80cm, con una altura de 90 cm y un ancho de 40 cm x 40cm, con una placa metálica al centro.

Para la realización de este trabajo se emplearon equipos especiales para observaciones astro-geodésicas, tales como el teodolito T-3 y el teodolito Universal Wild T-4.

Debido a la falta de accesorios originales y a lo obsoleto que resultaba utilizar algunos de estos aditamentos se hicieron adaptaciones al teodolito Universal Wild T-4, como fue el diseño y construcción de un cronómetro sidéreo digital para registrar los tiempos de observación de los astros, así como un programa para poder transferir datos en alguna computadora.

I. DESCRIPCIÓN Y MANEJO DEL EQUIPO.

I.1.- Descripción del Teodolito Universal T-3

Instrumento.

El teodolito T-3 esta construido con los más altos estándares, es un instrumento óptico-mecánico construido con estrictas especificaciones y diseñado para funcionar en los mas extremos ambientes climáticos, el T-3 es reconocido a través del mundo como un teodolito estándar para trabajos geodésicos de primer orden, como triangulaciones y astronomía de posición.

Descripción.

La parte inferior cónica está provista del sistema del eje vertical y del círculo horizontal. El círculo horizontal puede ser girado en torno a la caja del eje mediante un botón de mando. Una tapa de protección evita que se gire inadvertidamente el mando del círculo. Un espejo rebatible y giratorio de la parte inferior sirve para iluminar el círculo horizontal. El espejo puede ser desmontado y reemplazado por una lámpara de enchufar. A la izquierda del espejo se encuentra una caja de enchufe para conectar el compartimiento de baterías. A través de esta caja de enchufe se alimentan ambas lámparas. La corriente eléctrica es transmitida desde la parte inferior a la alidada a través de un contacto deslizante.

Alidada.

La parte superior del teodolito en torno al eje vertical, es la alidada. Sus partes principales son los montantes de apoyo del antejo con la óptica para la lectura de los círculos, el nivel de la alidada y el nivel del índice. Con los tornillos de fijación horizontal y el vertical se pueden fijar la alidada y el antejo en cualquier dirección deseada. Con el instrumento así fijado se puede efectuar la puntería exacta mediante los tornillos de movimiento fino horizontal y vertical.

En la parte exterior del montante derecho del antejo se encuentra, arriba, el mando del micrómetro para la lectura de los círculos. Debajo se encuentra el botón de conmutación para la lectura del círculo horizontal y vertical. El sistema de prismas para la lectura del círculo

vertical esta conectado al soporte del nivel de índice. El mando del nivel sirve para centrar el nivel del índice y la posición de su burbuja se vigila en un prisma giratorio a través de prismas de coincidencia. Si el nivel de índice esta centrado, el sistema de prismas para la lectura del círculo vertical está en la línea de la plomada. En la parte exterior del soporte izquierdo del antejo se encuentra el espejo para la iluminación del círculo vertical, el cual también puede ser remplazado por una lámpara de enchufar.

Antejo.

El T3 se suministra con tres oculares para el antejo, que pueden ser intercambiados entre si mediante un anillo de cierre de bayoneta. En la parte frontal de los oculares se encuentra grabado su factor de aumento de 24X, 30X y 40X respectivamente. Los oculares con menor aumento se utilizan sobre todo cuando las condiciones de visibilidad son malas (bruma). La montura del ocular es giratoria y posee una graduación en dioptrías para que el observador pueda enfocar de inmediato el retículo de acuerdo con su ojo. El anillo de enfoque sirve para enfocar la imagen del antejo.

Para trabajos en la oscuridad se ilumina la placa del retículo a través de un pequeño espejo en el interior del antejo. A tal fin la lámpara enchufable para la iluminación del círculo vertical sirve de fuente luminosa. La luminosidad se regula mediante el botón situado encima del telescopio. La posición de este botón de regulación es indiferente para trabajos con luz diurna. Inmediatamente al lado del ocular del antejo se encuentra el ocular de la lectura de los círculos el cual es ajustable para el enfoque de las imágenes de los círculos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TEODOLITO T-3

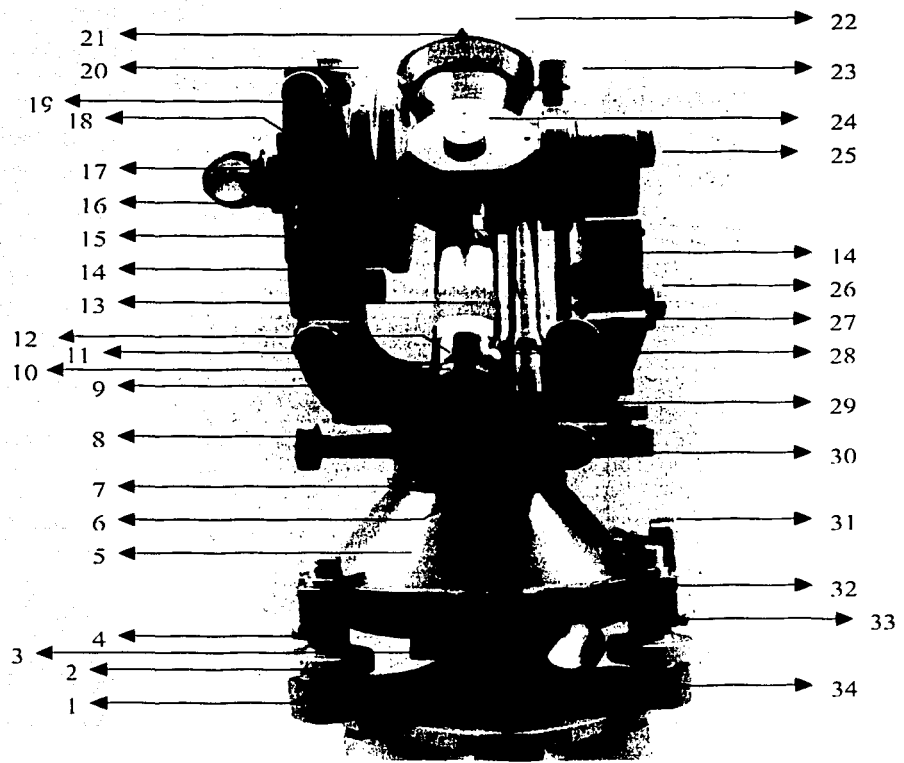


Figura. I.1

1. Placa Base
2. Tornillo de nivelación
3. Caja de enchufe
4. Tornillo de ajuste para 2
5. Parte inferior
6. Anillo de contacto
7. Contacto deslizante
8. Tornillo de fijación horizontal
9. Ocular del anteojo y anillo bayoneta de fijación
10. Tornillo de ajuste horizontal del retículo
11. Movimiento del nivel del círculo vertical
12. Nivel de alidada
13. Anillo de enfoque del anteojo
14. Montante
15. Caja del círculo vertical
16. Muesca de la mira
17. Espejo de iluminación del círculo vertical
18. Tornillo de ajuste para el Nivel de Índice (19)
19. Nivel de índice
20. Prisma del nivel
21. Mira abierta
22. Montura del objetivo
23. Tornillo de fijación vertical
24. Botón de regulación con punta de contraje
25. Botón del micrómetro
26. Conmutador para la lectura de los círculos horizontal o vertical
27. Movimiento fino del círculo vertical
28. Uno de los dos contra tornillos oblicuos para 10
29. Ocular de lectura
30. Movimiento fino del círculo horizontal
31. Tapa de protección para el botón de mando del círculo horizontal
32. Leva de apoyo
33. Espejo de iluminación del círculo horizontal
34. Placa elástica

1.1.1.- Centrado y Nivelado.

Si se quiere aprovechar totalmente la precisión del T3, es recomendable utilizar un parasol de gran tamaño cuando haga sol, se coloca el parasol de tal manera que todo el instrumento y las patas del trípode queden a la sombra.

El centrado con plomada de cordón nos permite centrar el equipo cuando no haga viento hasta con una exactitud de 2mm.

Nivelación.

Una regla a recordar es la siguiente: al girar un tornillo de nivelación la burbuja del nivel siempre se mueve en la misma dirección que el pulgar de la mano izquierda. Si se gira la alidada del T3 entre los diferentes pasos lentamente se gana tiempo porque la burbuja del nivel (muy sensible), entra en reposo más rápidamente.

Procedimiento:

1. Aflojar el tornillo de fijación horizontal y girar la alidada hasta que se encuentre paralela a la línea imaginaria que definen dos tornillos de nivelación. Girar estos dos tornillos al mismo tiempo pero en sentido contrario hasta que la burbuja de nivel se encuentre en el centro de la división.
2. Girar la alidada 90° en sentido de las agujas del reloj. Girar el tercer tornillo de nivelación hasta que la burbuja del nivel se encuentre en el centro de la división.
3. Girar la alidada otros 90° en el mismo sentido. Una vez que este en reposo, eliminar la mitad de su desviación girando uniformemente y en sentido opuesto los dos primeros tornillos que se utilizaron.
4. Girar la alidada otros 90° en el mismo sentido. Eliminar la mitad de la desviación, de nuevo con el tercer tornillo.
5. Girar la alidada de nuevo para que quede en su posición inicial y llevar la burbuja al centro con los dos tornillos del principio.

Los pasos 1. a 5. se deben repetir hasta que la burbuja del nivel entre en reposo siempre en el mismo punto.

1.1.2 Revisión y ajuste.

Tornillos de nivelación.

Los tornillos deben oponer una ligera resistencia al movimiento de giro. Controlar esto sólo cuando el instrumento aun no este fijado al trípode. Para regular la resistencia se ha provisto un tornillo de ajuste, al costado de cada tornillo de nivelación. Para el ajuste se giran estos tornillos de calavera hasta que alcancen la resistencia deseada.

Nivel de alidada. (Nivel del Limbo).

Primero se nivela el equipo por el método descrito anteriormente, si el nivel está correctamente ajustado, el centro de la burbuja se encontrará en el centro de la graduación. Si su posición fuera excéntrica por más de un intervalo, se corrige girando un tornillo de regulación (Fig. I.2). El último movimiento giratorio del tornillo de regulación debe ser efectuado en el sentido de las agujas del reloj.

TORNILLO DE
REGULACIÓN

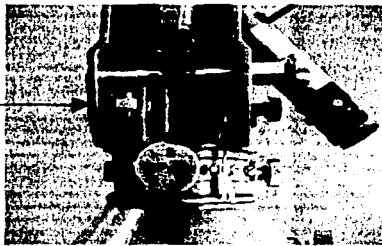


Figura. I.2

Error de colimación horizontal (hilo vertical)

La línea de puntería, conocida como línea de colimación debe ser perpendicular al eje de alturas. La desviación de este ángulo recto se denomina error de colimación horizontal. La corrección de este error requiere de cierta habilidad mecánica. Dado que, se elimina el error de colimación horizontal cuando se observa en ambas posiciones del antejo y se promedian las respectivas lecturas, se deberá ajustar únicamente en caso de que el error sea mayor que 15". Para determinar el error se debe colocar el instrumento con el antejo en posición aproximadamente horizontal de manera que apunte a un punto bien definido a una distancia no

menor de 100m. En la posición directa (círculo vertical a la izquierda) hacer un punto de mira con el trazo vertical y efectuar la lectura del círculo horizontal. Proceder de la misma manera en la posición inversa del anteojo. Se calcula el error de colimación horizontal "c" y la lectura corregida de acuerdo al siguiente ejemplo:

Posición	Lectura Horizontal	Corrección "c"	Valor. Corregido.
Directa	48°14'38"	-18 "	48°14'20"
Inversa	228°14'02"	+18"	228°14'20"

Una vez que se tienen las lecturas horizontales en posición directa e inversa se hace la resta de la lectura directa menos la lectura inversa:

Dirección.-Inversa.	180°00'36"	-36"	180°00'00"
---------------------	------------	------	------------

Con lo cual se sabe que hay 36" de diferencia, en la cual se tiene que obtener el valor para cada lectura, por lo cual son 18" los que se tienen que restar a la posición directa y sumar 18" a la posición inversa de este modo se obtiene el valor corregido y se sabe que el error de colimación en este ejemplo fue de:

$$2c \qquad +36''$$

Para eliminar el error de colimación horizontal se ajusta mediante el botón del micrómetro el valor corregido en la escala del micrómetro en posición directa del anteojo y se ponen los trazos de graduación en coincidencia por medio del movimiento fino horizontal. Si ahora el trazo vertical de la cruz reticular se encuentra a la izquierda del punto de mira, se afloja primero ligeramente el tornillo de ajuste horizontal a la izquierda del ocular del anteojo y se ajustan en forma pareja y ligeramente los dos tornillos de ajuste inclinados a la derecha del ocular; luego controlar el efecto en la imagen del anteojo. Si el trazo vertical estuviera a la derecha del punto de mira, se aflojan primero ligeramente y en forma pareja los dos tornillos de ajuste inclinados y se ajusta el tornillo horizontal izquierdo de ajuste. De esta manera se corrige paso a paso hasta que el trazo vertical coincida con el punto de mira. Se debe evitar todo ajuste excesivo de los tornillos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Si se bascula el anteojo mediante el movimiento fino vertical, el trazo vertical debe coincidir en toda su longitud con el punto de mira. De no ser así, se gira la placa del retículo con los dos tornillos de ajuste inclinados, aflojando ligeramente uno y ajustando el otro. Seguidamente repetir la prueba para su control. Debido a que un error de hasta 15" puede ser tolerado, no es necesaria la lectura de las fracciones de segundo.

Error de índice.

En una puntería horizontal con el anteojo y con la burbuja del nivel centrada, la lectura en el círculo vertical debería ser de $90^{\circ} 00' 00''$. Una diferencia de este valor corresponde a la mitad del error de índice $\frac{1}{2}i$. Sin embargo, midiendo en ambas posiciones del anteojo se elimina también este error. Por esta razón se debe corregir el error de índice sólo si fuera mayor que 30". Para determinar este error, visar con el trazo horizontal de la cruz reticular y con el anteojo en ambas posiciones un punto bien definido, anotando cada vez que la burbuja del nivel se haya centrado, el valor correspondiente de la lectura del círculo vertical. El error de índice y los valores corregidos de las lecturas se calculan de acuerdo con el ejemplo siguiente.

Posición	Lectura Vertical	Corrección	Val. Corregido.
Directa	$94^{\circ}14'28''$	+31 "	$94^{\circ}14'59''$
Inversa	$85^{\circ}44'30''$	+31 "	$85^{\circ}45'01''$
Dir.+ Inv.	$179^{\circ}58'58''$	+1'02"	$180^{\circ}00'00$
I		-1'02"	

Si se desea eliminar el error de índice, se pone por medio del botón del micrómetro y con el anteojo en posición inversa el valor de la lectura corregida en la escala del micrómetro y se hacen coincidir los trazos de graduación mediante el movimiento fino, mientras el anteojo permanece apuntando exactamente al punto de mira. Girando el tornillo de ajuste para el nivel de índice (18 en la Fig. I.1), se hacen coincidir otra vez los extremos de la burbuja del nivel de índice. El último movimiento giratorio del tornillo de ajuste debe ser efectuado en el sentido de las manecillas del reloj. Seguidamente repetir la prueba para su control. Debido a que un error de hasta 30" puede ser tolerado, no es necesario efectuar las lecturas de las fracciones de segundo

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

1.1.2.1.- Determinación del Valor de Una División del Nivel Horizontal T-3.

Una vez perfectamente nivelado el instrumento y estabilizada la burbuja del nivel "horizontal" se procede a determinar su valor, para lo cual se coloca el anteojo de suerte que la visual forme un ángulo de 90° con la dirección de los tornillos E – W:

1. Se fija el anteojo con un valor angular de $90^\circ 00' 00''$.0 en el círculo vertical.
2. Se hace la coincidencia de las dos mitades de la burbuja del nivel vertical.
3. Se sube ó se baja el tornillo sur y si se desplaza la burbuja del nivel horizontal se lleva nuevamente al centro accionando el tornillo del movimiento horizontal.
4. Se baja el tornillo sur casi hasta el tope y si hay desplazamiento, se vuelve a llevar la burbuja al centro accionando el tornillo del movimiento fino horizontal, con lo cual el anteojo adoptara la dirección deseada:
5. Se gira el tornillo Sur hasta que el aparato vuelva a quedara nivelado, lo cual se verifica cuando se logra la coincidencia de las dos mitades de la burbuja del nivel vertical.
6. El origen el círculo horizontal se pone a ceros.
7. Se acciona el tornillo del nivel vertical hasta inclinar el anterior $60'$, ya sea de depresión ó de altura (En el círculo vertical se leerán $30'$).
8. Se marca en una superficie sensiblemente plana el cruce de los hilos medios dejando una línea horizontal
9. se vuelve a llevar el instrumento a la posición de 90°
10. con el tornillo sur de nivelación se lleva el cruce de los hilos medios a la marca antes puesta. Con lo cual el instrumento queda con ángulo de 1° de elevación o depresión
11. El procedimiento de observación y cálculo es el mismo que se describe para el nivel T-4.

En la tabla 1 de ejemplo siguiente se determino el valor angular de una división del nivel del equipo T-3 (En este caso se determino el valor como un simple promedio de dos series de observaciones)

DETERMINACION DEL VALOR DE UNA DIVISION DEL NIVEL

APARATO: WILD T-3 ESTACION: INSTITUTO DE INGENIERIA OBSERVO: ERIK DE JALLE
 FECHA: 17/01/02 TEMPERATURA: 22° C SERIE: 1

LECTURA DEL MICROMETRO	LECTURA DE LA BURBUJA		DIFERENCIA		PROMEDIO	VALOR SUCESIVO DEL CENTRO DE BURBUJA	OBSERVACIONES
	ESTREMO IZQ.	ESTREMO DER.	IZQUIERDA	DERECHA			
X						Y	
16	9.2	38.5				43.85	
14	9.6	38.8	0.4	0.3	0.35	24.20	$i = 1^{\circ}$
12	9.9	39.0	0.3	0.2	0.25	24.45	
10	10.1	39.2	0.2	0.2	0.20	24.65	$\text{Tan } i = 0.01745506$
08	10.3	39.9	0.2	0.7	0.45	25.10	
06	10.8	40.0	0.5	0.1	0.3	25.40	$60 \text{ Tan } i = 1.047303$
04	11.0	40.1	0.2	0.1	0.15	25.55	
02	11.1	40.4	0.1	0.3	0.20	25.75	$[XX] 60 \text{ Tan } i =$
0							1709.1996
-02	11.6	40.9	0.5	0.5	0.50	26.25	
-04	11.9	41.1	0.3	0.2	0.35	26.50	$d = 1709.1996$
-06	12.1	41.2	0.2	0.1	0.15	26.65	191
-08	12.2	41.5	0.1	0.3	0.20	26.85	
-10	12.4	41.6	0.2	0.1	0.15	27.00	$d = 8.947$
-12	12.7	41.9	0.3	0.3	0.30	27.30	
-14	12.9	42.1	0.2	0.2	0.20	27.50	
-16	13.1	42.2	0.2	0.1	0.15	27.65	

[XX] = 1632

[XY] = 191

$d = 8.947$

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

DETERMINACION DEL VALOR DE UNA DIVISION DEL NIVEL

APARATO: WILD T-3 **ESTACION:** Facultad de Ingeniería **OBSERVO:** Ing. Adolfo Reyes P.
FECHA: 17.01.02 **TEMPERATURA:** 22°C **SERIE:** SERIE 2

LECTURA DEL MICROMETRO	LECTURA DE LA BURBUJA		DIFERENCIA		PROMEDIO	VALOR SUCESIVO DEL CENTRO DE BURBUJA	OBSERVACIONES
	ESTREMO IZQ.	ESTREMO DER.	IZQUIERDA	DERECHA			
X						Y	
14	12.0	41.5				26.75	
12	11.8	41.0	0.2	0.5	0.35	26.70	$i = 3^{\circ}$
10	11.1	40.9	0.7	0.1	0.4	26.00	
8	11.0	40.4	0.1	0.5	0.3	25.70	$Ten i = 0.01745506$
6	10.6	40.0	0.4	0.4	0.4	25.30	
4	10.1	39.4	0.5	0.1	0.3	25.00	$60 Ten i = 1.074303$
2	10.0	39.3	0.1	0.6	0.35	24.65	
0							$[X \times Y] 60 Ten i =$
2	9.1	38.9	0.6	0.1	0.35	24.0	1172.980
4	9.0	38.5	0.1	0.4	0.25	23.75	
6	8.8	38.0	0.2	0.5	0.35	23.46	$d = 1172.980$
8	8.2	37.9	0.6	0.1	0.35	23.05	179.6
10	5.0	37.6	0.2	0.3	0.25	22.80	
12	7.9	37.2	0.1	0.4	0.25	22.55	$d = 6'' 531$
14	7.5	37.0	0.4	0.2	0.30	22.25	
$[X^2] = 1120$					$[X \cdot Y] = 179.6$		

$d = 6'' 531$

Promedio final

Serie 1 8.'' 947

Serie 2 6.'' 531

$Prom = 7.'' 739$

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

10B

I.1.3.- Lecturas del círculo horizontal y círculo vertical.

El T-3 cuenta con un tornillo conmutador y dependiendo de la posición del botón se observara a través del ocular de lectura el círculo horizontal o vertical. En el ocular de lecturas se ven, en una ventanilla rectangular, abajo la imagen al derecho y arriba la imagen invertida de recortes diametralmente opuestos del círculo. Ambas imágenes están separadas por un trazo horizontal fino. La numeración aumenta en la parte inferior de la imagen de izquierda a derecha, y en la parte superior de derecha a izquierda. El valor del intervalo entre dos trazos es de 4'. Girando la alidada, las dos graduaciones diametrales del círculo se desplazan una respecto a la otra, tanto para el círculo horizontal como el vertical. Por lo tanto después de un giro de 2' las graduaciones diametrales vuelven a coincidir, de manera que un intervalo tiene así el valor de 2'.

Circulo horizontal

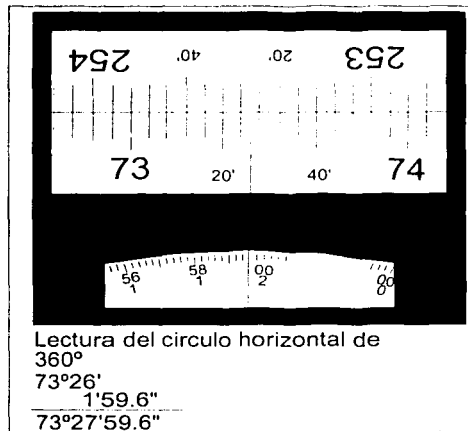


Figura. I.3

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la figura 1.3 de ejemplo se ve que los trazos correspondientes a los grados opuestos diametralmente, 73° y 253° , cada intervalo adquiere el valor de $2'$ y se tienen 13 marcas por lo que $13 \times 2' = 26'$. En cambio entre el trazo de grados y el índice, el intervalo efectivo es de $4'$, en el ejemplo $6\frac{1}{2} \times 4 = 26'$. El número inferior de la escala micrométrica indica los minutos, el superior los segundos. La lectura completa se obtiene sumando las lecturas parciales.

$$73^\circ + 26' + 1' 59.6'' = 73^\circ 27' 59.6''$$

Existen algunas variantes en modelos diferentes de T3, en este caso se ocupa un equipo donde la lectura del círculo horizontal no es directa, como en el ejemplo anterior, la diferencia esencial está en que la parte micrométrica de la lectura no tiene graduación en minutos, solo en segundos, por lo cual hay que hacer una doble coincidencia de trazos para leer en una segunda vez solo los segundos, esta lectura deberá variar en lo más mínimo con respecto a la primera, entonces se procede a hacer la suma de los segundos, en algunos casos la suma rebasa los $60''$ lo cual aumenta el valor de los minutos, quedando así la lectura definitiva.

Veamos el siguiente ejemplo:

Primera coincidencia	$293^\circ 06' 42.10''$
Segunda coincidencia	$42.49''$
Lectura completa	$293^\circ 07' 24.59''$

Círculo vertical

El círculo vertical se lee de la misma manera y con el mismo micrómetro. Sin embargo, aquí es de hacer notar que para obtener el ángulo vertical es necesario calcular la diferencia entre dos lecturas del círculo vertical, en posición directa e inversa (ver Fig. 1.4). La razón para esto es que el círculo vertical es más pequeño que el círculo horizontal y presenta, por lo tanto, solo la mitad de los trazos de graduación. La numeración de los intervalos es, sin embargo, la misma que en el círculo horizontal, razón por la cual en una posición se obtiene sólo la mitad del valor efectivo del ángulo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

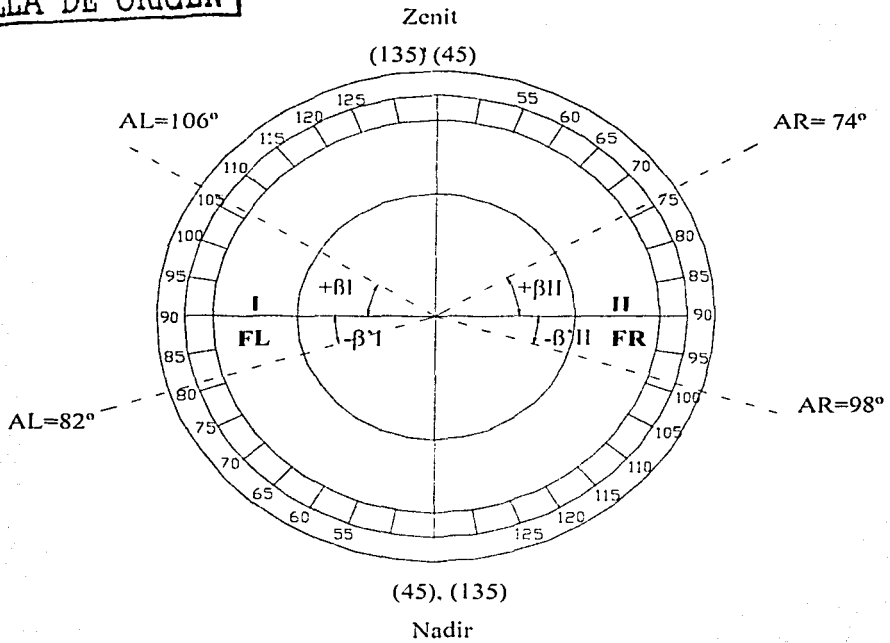


Figura. I 4

La figura I.4 muestra la numeración del círculo vertical, considerándose la mitad del círculo del lado izquierdo como lectura inversa. Nótese que la graduación en posición directa (I) inicia en el nadir con 45° aumentando hasta 90° en el horizonte y llega a 135° en el zenit. No así en la posición inversa (II) que inicia ahora en el zenit con 45° aumentando hasta el horizonte a 90° y terminando en 135° en el nadir.

Lecturas en el ejemplo.

$$\beta = 106^\circ - 74^\circ = +32^\circ$$

$$\beta' = 82^\circ - 98^\circ = -16^\circ$$

Por lo tanto de la figura se deduce, que partes diametralmente opuestas del círculo tienen cifras de grados idénticas. Como las punterías zenitales y nadirales no son posibles, la numeración realmente comienza con 55° y va hasta 125°.

A fin de cumplir con los elevados requerimientos de exactitud que justifican la utilización del T-3, es indispensable medir los ángulos siempre en las dos posiciones del antejo.

En el caso de los ángulos verticales la suma de la lectura en posición directa e inversa de un mismo punto de mira sirve de prueba, ya que esta siempre es constante con una exactitud de $\pm 2''$. Su diferencia respecto a 180° corresponde al error de índice.

I.2.- Descripción del Teodolito Universal Wild T-4.

Puede parecer paradójico, pero no obstante es un hecho que al alba de la era de exploración de los planetas y otros cuerpo celestes, la determinación de la figura de la tierra y el estudio preciso de su superficie es todavía una tarea sumamente importante lejos de completar.

Para determinar la figura de la tierra, las observaciones satelitales dan ya mejores resultados que los métodos tradicionales y cumplen con altos estándares de precisión. Sin embargo, para la investigación detallada en el geoide, los métodos clásicos de Astro geodesia, gravedad, ángulo y medición de distancias, son importantes ahora como en el pasado.

Uno de los instrumentos destacados para este tipo de trabajo es el Instrumento Universal wild T4 que puede usarse para la Astro geodesia, así como para las medidas angulares en redes de primer orden.

Instrumento Universal T4

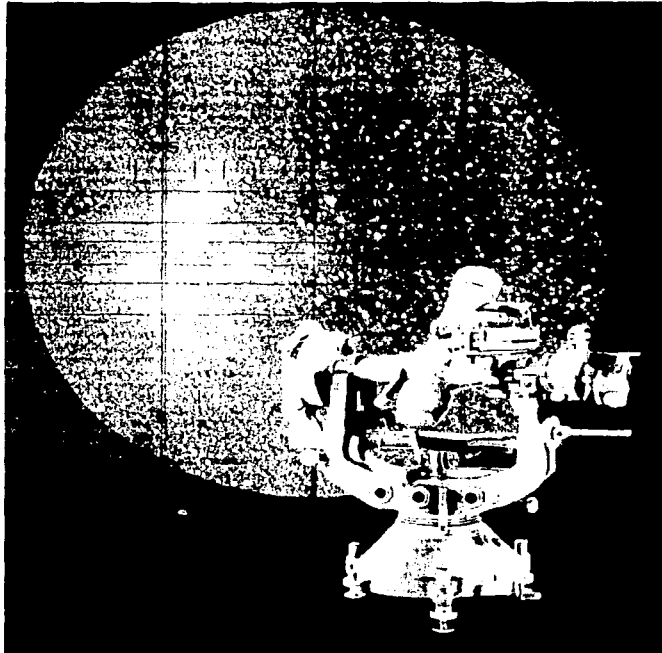


Figura. I.5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

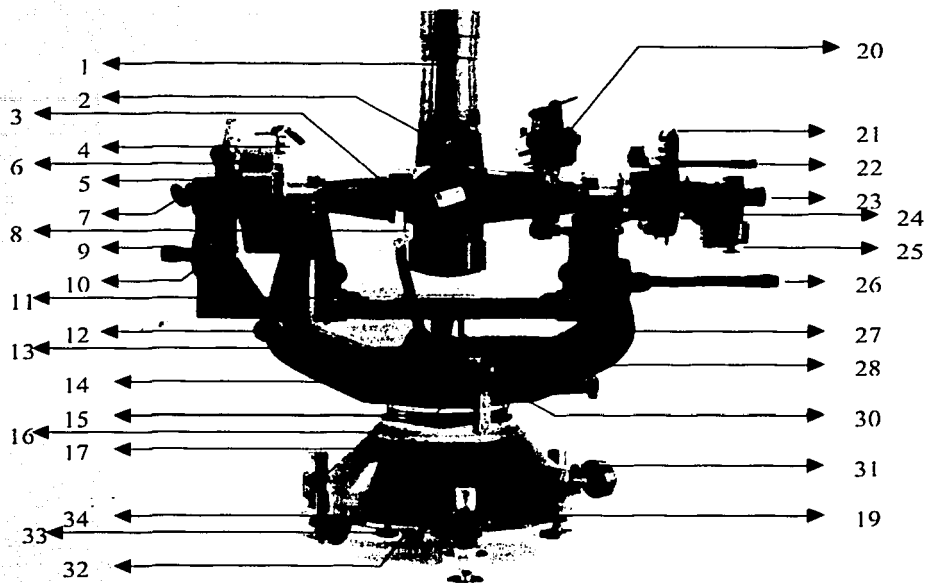


Figura. I.6

- | | |
|--|--|
| 1. Tubo del Objetivo | 15. Interruptor para luz del campo. |
| 2. Lámpara para el campo visual | 16. Limbo de orientación zenital |
| 3. Eje Horizontal | 17. Interruptor para la iluminación del limbo horizontal |
| 4. Tornillo de orientación del limbo zenital | 18. Nivel esférico |
| 5. Limbo zenital | |
| 6. Nivel del limbo zenital | |
| 7. Lámpara para el circulo zenital | |
| 8. Tornillo de presión zenital | |
| 9. Ocular del limbo zenital | |
| 10. Micrómetro del limbo zenital | |
| 11. Nivel pendular | |
| 12. Tornillo del nivel del limbo zenital | |
| 13. Tornillo de aproximación zenital | |
| 14. Interruptor para el limbo zenital | |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

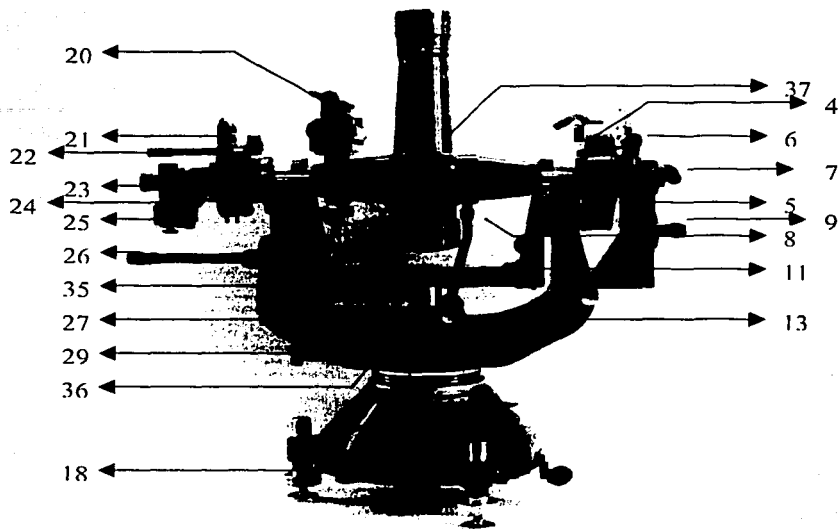


Figura. I.7

- | | |
|---|---|
| 15. Leva de Asiento | 30. Lámpara para el limbo horizontal |
| 16. Nivele de Horrebow | 31. Micrómetro del limbo horizontal |
| 17. Nivel del limbo de Orientación zenital | 32. Tornillo de aproximación horizontal |
| 18. Ocular del limbo de orientación vertical | 33. Espejo para el campo visual |
| 19. Ocular del antejo | |
| 20. Engrane del micrómetro | |
| 21. Tambor del micrómetro ocular | |
| 22. Ocular del limbo Horizontal | |
| 23. Apoyo del antejo | |
| 24. Interruptor para los limbos de orientación | |
| 25. Tornillo de presión azimutal | |
| 26. Lámpara para el limbo de orientación horizontal | |
| 27. Tornillo de orientación del limbo horizontal | |
| 28. Enchufe para el mecanismo registrador de tiempo | |
| 29. Enchufe para la batería | |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

I.2.1.- Descripción.

El instrumento universal Wild T4 sirve por una parte para las operaciones geodésicas de máxima precisión en triangulaciones de primer orden y por otra parte para los métodos acreditados de determinación del punto geográfico.

Rasgos.

Perfecto para requisitos de extrema exactitud.

Alto poder de resolución, amplificación de 60 x y 80x.

Excelente estabilidad en estaciones de campo.

Ideal para todos los métodos conocidos de astronomía y Geodesia

Aplicaciones.

Establecimiento de Estaciones Laplace en redes primarias.

Determinación de la desviación de la vertical por observaciones astronómicas.

Como un instrumento estacionario en observatorios.

Medidas angulares en triangulación de primer-orden.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

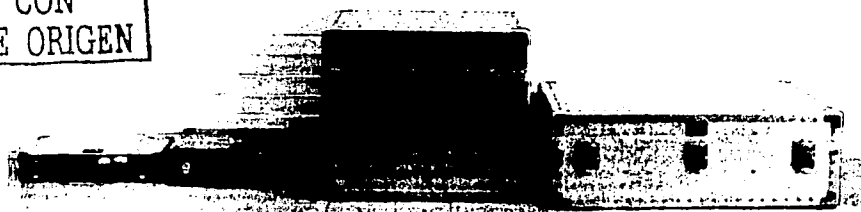


Figura. I.8

Sistema del Eje Vertical.

Se ha dado la preferencia al sistema constructivo, con eje cilíndrico y cojinete de bolas cónico en su extremidad superior. Logrando así un funcionamiento suave e invariable, perfectamente guiado que hace superfluo todo reajuste.

Limbo azimutal

De cristal óptico, tiene un diámetro de 25cm y está subdividido en intervalos de 2'. En el limbo después de la puesta en coincidencia de las divisiones de la escala diametralmente opuestas, se obtiene directamente la lectura en minutos, mientras que en el micrómetro óptico está subdividido en décimas de segundo.

Limbo de orientación azimutal, con lámpara de control.

Después de orientar el anteojo según el meridiano y de ajustar el limbo azimutal a $0^{\circ}0'$ mas menos segundos (puesta en coincidencia de los trazos correspondientes a 0° y 180°), se pondrá también a 0° el limbo de colimación azimutal que se encuentra encima del cono inferior del instrumento. Cuando se hace girar el tubo del anteojo desviándolo de la dirección del meridiano, se enciende inmediatamente una lámpara de control que vuelve a apagarse solo poco antes de terminar un giro de 180° . En este momento se observa el microscopio del limbo y mediante el tornillo de coincidencias azimutal se establece la coincidencia de los trazos de 180° y de 0° (de modo que se lea el mismo número de segundos) habiéndose entonces realizado el giro exacto.

Micrómetro óptico del limbo azimutal.

Esta colocado dentro del montante que sostiene la extremidad que lleva el ocular del anteojo. En la posición de servicio, el ocular del microscopio está en posición horizontal y 11 cm más abajo que el ocular del anteojo, de manera que el enfoque y la lectura del limbo pueden realizarse sin necesidad de desplazarse. La iluminación del limbo azimutal se obtiene mediante un espejo reflector orientable dispuesto en el borde inferior del instrumento. Para poder trabajar de noche, se saca el espejo y se reemplaza por una bombilla eléctrica que, cuando se monta, queda conectada automáticamente con el circuito eléctrico del instrumento.

El anteojo.

Es de forma acodada, de modo que la visión a través del ocular siempre resulta horizontal. En el centro del eje horizontal y en sentido transversal al mismo, se encuentra el tubo del objetivo y en el mismo; un espejo plano dirige los rayos incidentes a través del objetivo hacia el ocular. El aumento total es de 25 diámetros, la distancia focal es de 530mm y la calidad del anteojo

hace posible, con cielo claro, observar todas las estrellas cuyas posiciones aparentes están reseñadas en los anuarios astronómicos.

Una lámpara en el tubo del objetivo y el espejo que va al frente sirven para la iluminación del campo visual. Cuando el trazo en el botón que gobierna el espejo se encuentra en posición transversal respecto al tubo del objetivo, se proyecta la luz hacia el ocular del anteojo. El botón situado al lado de la lámpara sirve para cambiar el agujero del diafragma y permite variar escalonadamente la luminosidad. Esta puede ser graduada mas finamente aún utilizando el espejo.

Eje horizontal del anteojo.

Gira sobre cojinetes de bolas de la mayor precisión; el tejuelo del lado del ocular es desplazable verticalmente.

Ocular del anteojo.

Juntamente con el micrómetro ocular gira alrededor del eje óptico. El alcance de este movimiento giratorio queda restringido a 90° por dos topes ajustables. Los trazos de la escala del micrómetro están grabados en cristal por un procedimiento especial para poder seguir irreprouchablemente la marcha de los astros.

Mediante el micrómetro puede ser medida la posición ocupada respecto al trazo central de cualquier punto de mira incluido en el campo óptico del anteojo, lo que es indispensable para poder llevar a cabo con éxito el método de Horrebow-talcott.¹ Pero la principal ventaja consiste en el dispositivo registrador con el que queda eliminado casi completamente el tan temido error personal en la determinación de la hora. En lugar de observar el paso del astro por varios trazos paralelos, se sigue el movimiento del astro mediante un trazo móvil, girando continuamente el piñón del micrómetro. A distancias regulares del centro, que pueden ser medidas previamente, se van cerrando unos contactos eléctricos que quedarán registrados en un mecanismo de tiempo. Basándose sobre los datos así obtenidos, se calcula exactamente y con una presión de pocas centésimas de segundo el momento del paso de un astro por el trazo central teórico.

¹ Método Astronómico para determinar la Latitud

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para poder enfocar el anteojo hasta la distancia mínima de unos 100m, todo el ocular puede ser retirado un poco. Cuando se encuentra en la posición central entra ambos topes, se le puede sacar completamente.

Limbo de Orientación Zenital.

Permite ajustar rápidamente el anteojo para darle una inclinación cualquiera.

Para obtener el ajuste del anteojo requerido, solamente se necesita situar el limbo de colimación de modo que se lea la distancia zenital correspondiente, e inclinar luego el anteojo hasta que la burbuja del nivel del limbo de colimación se encuentre centrada.

Limbo Zenital.

Es de cristal óptico y tiene un diámetro de 15 cm, con la escala subdividida en intervalos de cuatro minutos. Esta en el eje horizontal, del lado opuesto al ocular del anteojo. Su micrómetro óptico corresponde al del limbo azimutal, los intervalos del tambor son de 0.2". De día, el limbo zenital puede ser iluminado mediante un espejo reflector que de noche, se remplazará por una lámpara eléctrica.

El nivel del limbo zenital está conformado como nivel de coincidencia pero tiene además una escala para medir las pequeñas desviaciones de la burbuja que, transformadas en segundos, deberán ser añadidas a la lectura arrojada por el limbo.

Nivel Suspendido.

Para medir la inclinación del eje horizontal un nivel suspendido descansa libre de tensiones y queda protegido por un tubo. La longitud de la burbuja puede ser graduada. Su sensibilidad es de aproximadamente 1" por cada 2mm.

Niveles Horrebow.

Pueden ser rigidamente sujetos al eje horizontal. Su objeto consiste en medir las variaciones en la inclinación del anteojo. Su sensibilidad es de 1" a 2" por cada 2mm.

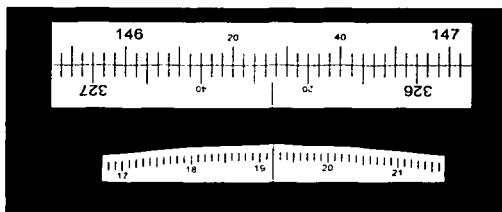
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Lectura de los limbos.

Limbo Azimutal.

El ocular de lectura se encuentra en un tubo plegadizo y debajo del ocular del anteojo. Para el uso se le endereza horizontalmente. El botón para el ajuste del micrómetro óptico esta a mano derecha.

Lectura $146^{\circ} 27' 19.2''$



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

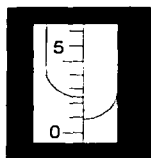
Figura 1.9

El limbo azimutal tiene el círculo subdividido en intervalos de dos minutos. Cada grado completo esta rotulado con su número entero y cada vigésimo minuto tiene una numeración especial. Para llevar acabo la lectura, el limbo deberá estar iluminado. Para la lectura, se deberá poner primeramente en coincidencia los trazos de la mitad inferior de la imagen con los de la mitad superior, haciéndolo con toda la exactitud que sea posible y manipulando para ello el botón del micrómetro. Luego se recorren los números erectos, de izquierda a derecha, hasta llegar al último trazo de 10 minutos que se encuentre a la izquierda del centro de la imagen indicado por el trazo inferior fijo. En la figura 1.9 se leerá $146^{\circ} 20'$. Entonces y siguiendo avanzando hacia la derecha, se cuentan los intervalos que medien entre dicho trazo hasta el diametralmente opuesto que, en nuestro ejemplo corresponde a $326^{\circ} 20'$ y, a cada intervalo, se le dará la mitad de su verdadero valor, esto es un minuto. Añadiendo esto a la primera lectura se obtendrá la lectura completa del limbo en minutos. En nuestro ejemplo se obtienen $146^{\circ} 27'$. En la imagen inferior se leen los segundos. Esta escala esta subdividida en décimas de segundo; los números corresponden a los segundos.

Limbo Zenital.

El ocular del limbo zenital se encuentra diametralmente opuesto al ocular del limbo azimutal; el botón micrométrico también está situado a mano derecha. Antes de cada lectura del limbo zenital deberá obtenerse la coincidencia en la burbuja de su nivel coincidencia que podrá ser exacta o aproximada. En este último caso deberá medirse la desviación de la burbuja, transformar el resultado en segundos y añadirlos a la lectura obtenida sobre el limbo, el último movimiento que se le imprima al tornillo de coincidencia del nivel deberá realizarse en el sentido de la marcha del reloj.

La desviación de la burbuja en el nivel del limbo zenital se obtiene deduciendo la posición del extremo de la burbuja a la derecha, de la posición del extremo de la burbuja izquierda, en la Fig. I.10 se tiene: desviación $2.4 - 0.9 = + 1.5$.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura I.10

(El valor de un intervalo se determina con el limbo zenital por modificación de las lecturas en el nivel con el tornillo micrométrico del mismo y leyendo lo que indica en cada paso el limbo zenital).

Para la lectura del círculo, se gira el botón micrométrico hasta que, en la imagen del limbo coincidan exactamente los trazos de la mitad superior de la imagen con la mitad inferior. Cada intervalo de la escala corresponden a 4 minutos. Se recorre la escala superior de izquierda a derecha hasta que se llegue al último trazo mas largo antes del trazo superior fijo, lo que, en la figura I.11 arroja $34^{\circ} 20'$. Desde éste último trazo se cuentan los intervalos que median hasta el trazo diametralmente opuesto ($214^{\circ}20'$), dando a cada intervalo la mitad de su valor real, esto es 2 minutos. En este ejemplo se obtienen dos intervalos es decir 4 minutos. Estos deben ser añadidos a la primera lectura con lo que se obtiene $34^{\circ}24'$.

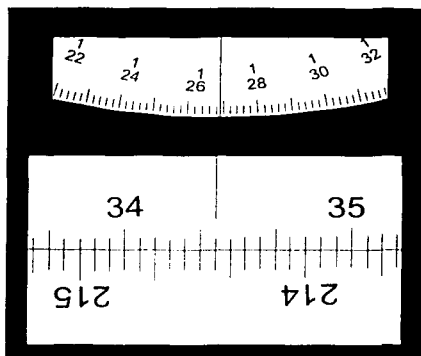


Figura. 1.11

En la imagen superior, que es el tambor del micrómetro se leen minutos y segundos; el intervalo mas pequeño corresponde a 0.2 segundos. En este ejemplo, la lectura del micrómetro arroja 1'26.9" por lo que la lectura total será igual a 34°25'26.9"

Limbo de Orientación Zenital.

El limbo de orientación sirve para ajustar rápidamente el anteojo en altura y darle una inclinación previamente calculada, el ocular de este limbo se encuentra al lado del ocular del anteojo.

En la escala del limbo de orientación se lee la distancia zenital; enfocando al zenit, la lectura da cero. El limbo esta subdividido en grados. La escala fija, con 6 intervalos de 10 minutos permite la lectura inmediata con una exactitud de un minuto como vemos en la figura. 1.12.

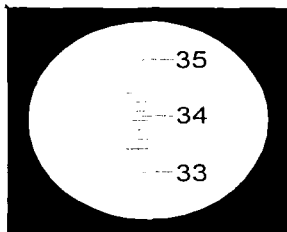


Figura. 1.12

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El ajuste del limbo de orientación para que indique una lectura cualquiera se obtiene mediante el tornillo tangencial que se encuentra en posición diametralmente opuesta a la del nivel y que lleva en cada extremo una cabeza y una palanca para su desembrague. Una vez desembragado, el limbo puede girar libremente, y vuelto a embragar con mucho cuidado, se le puede situar rápidamente sobre la lectura requerida. Inclinando luego el anteojo hasta que la burbuja del nivel del limbo de orientación esté al centro, el anteojo tendrá la inclinación correspondiente a la lectura.

Ocular del Anteojo con Micrómetro Registrador.

El tubo del ocular con su micrómetro puede girar 90° . El trazo central, ajustable, es paralelo al eje provisto de un botón negro a cada extremo. Para utilizar el micrómetro en la dirección del azimut, el eje mencionado deberá ponerse transversalmente a la dirección del tubo del objetivo, pero para medir distancias zenitales deberá estar colocado paralelamente al tubo del objetivo.

Dos tornillos de sujeción fijan el micrómetro ocular en la posición debida, se encuentran detrás del eje negro pero delante de la caja del limbo de orientación y forman uno con otro un ángulo recto. Para fijar el ocular del micrómetro deberá apretarse el tornillo paralelo al eje negro. Frente a estos tornillos de sujeción existen unos topes que se aseguran mediante contratuerzas y que sirven para el enderezamiento exacto del retículo.

Aflojando algo el tornillo paralelo al eje del piñón, el tubo del ocular podrá ser retirado en unos milímetros para poder enfocar bien objetos que se encuentren más próximos (hasta unos cien metros).

En la posición intermedia entre los topes, podrá sacarse completamente todo el ocular.

En el saliente redondo detrás de la caja rectangular de la corredera del micrómetro van dispuestos cuatro tornillos tensores a 90° uno de otro, que sirven para centrar precisamente el punto central del retículo. Un punto de mira enfocado en el centro del retículo deberá permanecer fijo cuando se gira el ocular.

El piñón del micrómetro actúa sobre un tornillo métrico que, cuando gira, desplaza una corredera. Dicha corredera soporta una placa de cristal con un trazo grabado que es el trazo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

central desplazable del micrómetro ocular. La importancia del desplazamiento se mide con el tambor métrico solidamente unido al tornillo métrico y que esta subdividido en 100 intervalos. Cada giro completo de este tambor desplaza el trazo en 0.40mm, como la distancia focal del objetivo del anteojo es aproximadamente de 530 mm, este desplazamiento modifica la dirección de la visual en:

$$\frac{0.40}{530} * \rho'' \approx 155''$$

Sin embargo este valor no es lo suficientemente preciso para hacer observaciones por lo que se debe encontrar un valor mas preciso.

El alcance útil del micrómetro es de 12 revoluciones del tambor, igual a 1860'', es decir 31'. Para contar los giros del tambor, en el retículo fijo frente al cual se encuentra la placa de cristal desplazable, se encuentra una escala auxiliar que lleva los números 5, 10 y 15; el trazo 10 designa la posición media.

Al tambor métrico va unido un tambor de contactos que tiene en su periferia y a igual distancia 10 tiras de contactos más otros dos contactos auxiliares para distinguir la posición correspondiente al cero. El intervalo entre dos puntos de contacto (1/10 de vuelta) es igual a $15'' = 1\text{seg.}$

Cuando se sigue un astro con el trazo móvil, para cada décima de vuelta del tambor se produce un cierre de contacto que queda registrado en el mecanismo adaptado para registrar el tiempo. De este modo se puede indicar la hora exacta para cada momento de contacto.

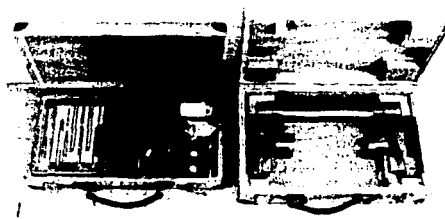
1.2.2.- Armado del equipo.

El instrumento mismo esta en dos cajas. Un nivel suspendido se encuentra en una tercera caja y los accesorios en una cuarta, (figura 1.13)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Telescopio y base del T4 en sus respectivas cajas



Cajas de accesorios y nivel colgante

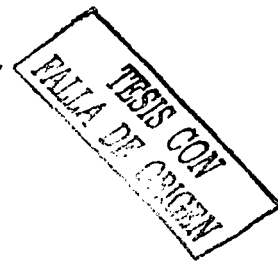


Figura. 1.13

Colocación de la base.

De la caja mas grande se sacará la parte inferior del teodolito. Para ello se aflojan los tres tornillos de sujeción negros y se recorren los cerrojos. Entonces, se asirá la parte inferior por el soporte y se le sacará de la caja con cuidado. Al colocarla en su sitio se cuidara de que los platillos móviles de abajo, en los tornillos nivelantes, queden bien planos para que no se suelten. Se debe colocar de suerte que dos tornillos queden en dirección este-oeste y el tercero hacia el sur. De la caja de accesorios se tomará una clavija de ajuste o punzón y, con ella, se hará dar vuelta al anillo blanco de enclavamiento, encima de la base cónica, en el sentido de la marcha del reloj hasta que su señal roja se encuentre enfrente de la señal "Messen" (Medir).

De este modo, el cojinete de bolas que fue cargado para el transporte, vuelve a soportar la carga, y entonces, la alidada podrá girar libremente siempre que el tornillo de presión este suelto. Entonces se pondrá al centro la burbuja del nivel esférico y, en el soporte, se retiraran los dos topes con muelle para que las lengüetas para los movimientos lentos puedan ser introducidas. Ante de colocar el anteojo, el soporte deberá ser girado de modo que los tres tornillos interruptores den hacia adelante para que el ocular del limbo azimutal caiga a mano derecha.

Colocación del anteojo

La caja mas baja contiene el anteojo. Primeramente se apretará el tornillo de presión zenital el de sujeción de los niveles Horrebow. Luego, se asirá con la mano izquierda el eje horizontal inmediatamente a la izquierda del tubo del objetivo, y, con la mano derecha, se sostendrá la cubierta del limbo colimador. Se levantara el anteojo de la caja y se dirigirá el tubo del objetivo hacia arriba verticalmente, con lo que las dos lengüetas para el movimiento lento (en el extremo de la izquierda e inmediatamente a la izquierda del centro) se encuentran dirigidas verticalmente hacia abajo. Entonces se colocará el conjunto con mucho cuidado sobre el soporte y de modo que las lengüetas engranen perfectamente. Los topes en el soporte de los tornillos de coincidencia pueden ser soltados ahora.

Para que, al bascular el anteojo, los **niveles de Horrebow** permanezcan fijos, se soltará primeramente el tornillo de presión zenital del anteojo y se inclinará éste hasta que al aflojar el tornillo de sujeción del porta nivel, el perno que queda libre agarre en el soporte del anteojo, volviéndose luego a apretar el tornillo de presión zenital.

Se tomará el nivel suspendido de su caja y se le colgará del eje horizontal. La sensibilidad de este nivel va indicada sobre una placa rotulada en la caja. Al colgarle, la barra de unión de la montura del nivel tropieza con el cilindro niquelado en el centro del soporte y da así al nivel la posición exacta que ha de ocupar.

1.2.3.- Nivelación del Instrumento.

Se utilizará primeramente el nivel poco sensible del limbo colimador que esta al lado del ocular del anteojo. En la cubierta del limbo colimador, diametralmente opuesto al nivel, se

encuentra un tornillo tangencial con cabeza y palanca de engrane en cada extremo. Con la palanca puede desengranarse la rosca del tornillo quedando el nivel suelto para poderle girar hacia arriba. Al volver a engranar, lo que se verificará con mucho cuidado, se pondrá la burbuja al centro. Nivélese por el procedimiento corriente con los tornillos nivelantes del calce.

La misma operación deberá ser repetida con el nivel suspendido.

En primer lugar se le dará a la burbuja del nivel una longitud de 40 intervalos. Se quita el nivel para darle la longitud correcta. Bajando la extremidad del nivel del lado de los números mayores, suben burbujas de aire y se alarga la burbuja del nivel. Cuando se alza la misma excentricidad, se acorta la burbuja del nivel. Para poder comprobar la longitud de la burbuja, el nivel debe estar nuevamente colgado.

Lo mas ventajoso es colocar en primer lugar el eje exactamente vertical y proceder tan solo después a corregir cualquier inclinación eventual del eje horizontal. para ello, póngase el nivel paralelo con la línea de unión entre dos tornillos nivelantes y léase la posición ocupada por la burbuja (basta una sola extremidad de la burbuja).

Gírese el soporte en 180° , vuélvase a leer la posición de la burbuja (misma extremidad).

Con los tornillos nivelantes, sitúese la extremidad leída de la burbuja en el centro entre las dos posiciones leídas antes. Gírese el soporte en 90° y ajuste el nivel en valor medio obtenido antes, utilizando esta vez el tercer tornillo nivelante. Repítase la operación hasta que, después de cada giro del soporte, la burbuja del nivel vuelva a ocupar la misma posición (con una aproximación de 1 intervalo).

Solamente entonces se descolgara el nivel y se vuelve a colgar del otro lado del eje horizontal. La mitad de la desviación de la burbuja se corrige con el tejuelo del eje horizontal. Dicho tejuelo descansa sobre dos puntos y un tornillo. Al enroscar el tornillo se eleva el tejuelo, y descende cuando se le desenrosca figura I.14

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

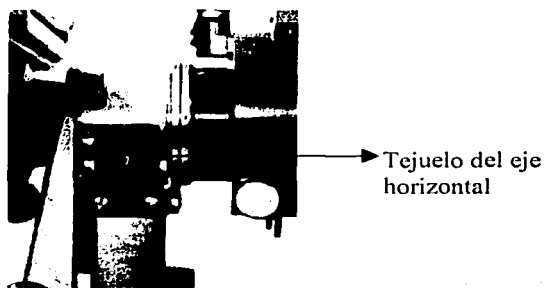


Figura I.14

Después de esta rectificación se vuelve a colgar el nivel en la posición original, la burbuja no deberá desviarse más de 3 intervalos.

Si una vez nivelado el instrumento, la burbuja del nivel se desvía considerablemente, se le deberá situar al centro manipulando los tornillos de ajuste verticales del nivel. Estos tornillos de ajuste tan sólo deberán apretarse moderadamente.

Caso en que se empleen los niveles de **Horrebow**, la longitud de sus burbujas deberá ser también graduada. Primero se ajustara el nivel que esta unido inseparablemente con el portanveces, aflojando para ello el tornillo de presión, desengranándolo con la palanca de debajo de la zapata de apriete e inclinando todo el portanveces hacia el uno y el otro lado hasta que su longitud de la burbuja llegue a ser de 25 intervalos. Para graduar la longitud de la burbuja, se quitara de su sitio el segundo nivel. Para poner en ambos niveles paralelos, uno de ellos dispone de unos tornillos de ajuste,

Instalación del sistema eléctrico

Instalaciones eléctricas

Antes de iniciar las observaciones, es conveniente revisar todo el sistema eléctrico.

En el borde inferior del instrumento existen dos contactos de enchufe: dos clavijas para la batería que suministra la corriente para alumbrado y una toma bipolar para conectar el micrómetro ocular con un mecanismo registrador de tiempo.

En caso de que no se utilizaran ni las baterías ni los accesorios normales, hay que tener cuidado en que la corriente pasada por el micrómetro no exceda 1 vatio.

Para economizar en cuanto posible la corriente de la batería, cada uno de los puntos de consumo del instrumento puede ser conectado y desconectado individualmente.

Para el sistema de iluminación del instrumento se requiere una fuente de potencia de 4.5v ó 12v., dependiendo del tipo de focos a emplear.

Cuando se vaya a emplear el micrómetro registrador, el enchufe pequeño de cable grueso se conecta con el teodolito, y el grueso, con el mecanismo registrador de tiempo. En el instrumento mismo deberá establecerse la conexión eléctrica entre el micrómetro ocular y, el soporte para ello, se empleara un cable corto con dos enchufes tripolares.

Los contactos para el micrómetro ocular no deberán en ningún momento conectarse directamente con una batería porque se estropearían los contactos del micrómetro y su reparación resulta costosa.

I.2.4 Ajuste del Teodolito T-4.

Ajuste de la Colimación Vertical.

Para ejecutar este ajuste se requiere localizar una superficie vertical sensiblemente plana para poder señalar las marcas que servirán para efectuar la corrección.

Procedimiento:

1. Se suelta el movimiento general vertical del antejo, colocándolo aproximadamente en 270° . A continuación se fija el tornillo del movimiento vertical general y con el tornillo del micrómetro del círculo vertical se lleva a $00.0''$, finalmente con el tornillo del movimiento fino vertical se hace la coincidencia de $270^\circ / 90^\circ$.
2. Se deja libre el movimiento azimutal para localizar la superficie que se utilizará para las correcciones. El enfoque de esta superficie se logra aflojando los dos tornillos de sujeción para latitud y longitud y girando 45° el ocular del antejo, se jala toda la pieza cuidadosamente hasta lograr ver con toda claridad dicha superficie. Con el movimiento azimutal fijo y accionado el tangencial, se elige con el cruce de los hilos centrales un punto para establecer la 1^{ra} marca mediante un trazo horizontal de aproximadamente 2 cm. (marca N° 1).
3. Se suelta el movimiento general vertical y se gira 180° el objetivo aproximadamente.. Se fija el movimiento vertical y con el tangencial vertical se hace la coincidencia $90^\circ / 270^\circ$.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4. Se suelta el movimiento horizontal y se gira azimutalmente 180° aproximadamente. Se fija el movimiento azimutal y con el tangencial horizontal se afinan los 180° .
5. Se debe señalar otra marca (Nº 2) en el lugar donde cayó el cruce de los hilos de la retícula. Se localiza el centro de la separación entre las dos marcas (1 y 2) y se señala sobre la superficie mediante un tercer trazo horizontal.
6. Con el movimiento fino vertical del anteojo se lleva el cruce de los hilos de la retícula en coincidencia con la marca central 3. con lo cual se desplaza la coincidencia de $90^\circ / 270^\circ$
7. Con el tornillo de colimación del nivel vertical se vuelve a hacer la coincidencia $90^\circ / 270^\circ$, con lo cual se desplazará la burbuja del nivel del limbo zenital.
8. Accionando el tornillo de calavera de dicho nivel se vuelve a llevar al centro la burbuja.

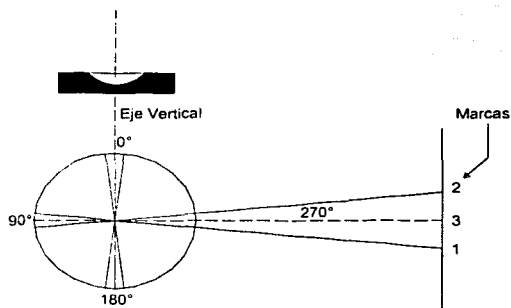


Figura. 1.15

Para verificar si se hizo bien esta corrección se repiten las operaciones descritas a partir del paso Nº 3, hasta lograr bisectar el mismo punto en ambas posiciones del aparato (figura 1.15)

Colimación del Anteojo.

Cuando, con el anteojo en ambas posiciones, se mide la dirección hacia un punto de mira bien enfocable y que dé una visual aproximadamente horizontal, ambas lecturas deberían diferir en justamente 180° pero resultando iguales los minutos y los segundos. De existir una diferencia,

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

sería igual al doble del error de colimación. Para la eliminación de semejante error, se calculará el promedio de los minutos y segundos leídos en las dos posiciones, se coloca el anteojo de modo que la tapa circular en el centro del eje horizontal venga a estar hacia arriba, se retira dicha tapa y, después de enfocar el anteojo aproximadamente sobre el punto de mira, se ajusta el tambor micrométrico para que indique el promedio calculado y con el tornillo de coincidencia azimutal, se establece la correspondiente coincidencia de los trazos de la escala del limbo necesaria para la lectura. El trazo central del anteojo divergirá del punto de mira. Girando con cuidado los tornillos del punto de acción antagónica que quedan visibles al levantar la tapa, se modifica la posición del tiempo axial hasta que el punto de mira aparezca sobre el trazo central. Los tornillos de ajuste deberán entonces volver a ser apretados, pero solo moderadamente. Se vuelve a colocar la tapa después de haberse asegurado por repetición de las medidas en ambas posiciones que se ha logrado la rectificación requerida salvo en unos pocos segundos.

Ajuste del Círculo de Orientación Zenital.

El objetivo de este ajuste es lograr la coincidencia de las lecturas zenitales en los círculos vertical y vertical de orientación. El procedimiento es el siguiente.

Con el limbo de orientación zenital se fija un ángulo de $45^{\circ} 00'$ y a continuación se gira el anteojo hasta que la burbuja del nivel del círculo de orientación zenital quede en el centro.

A continuación se pone el limbo del círculo vertical en el valor angular correspondiente a $45^{\circ} 00' 00''.0$, si se desplaza la burbuja del nivel del círculo de orientación zenital, se debe llevar al centro, accionando el tornillo de calavera del mismo. Para comprobar que el ajuste se hizo debidamente, se fija en el círculo de orientación zenital el valor angular de 315° y se gira el anteojo hasta que la burbuja del nivel del círculo mencionado caiga aproximadamente al centro. Siguiendo los pasos arriba mencionados se verá si es necesario un nuevo ajuste.

1.3. -Calibraciones Necesarias para el Teodolito Universal Wild T-4.

1.3.1 Constantes Instrumentales.

Debido a que la sensibilidad de los niveles y las constantes del micrómetro cambian, deben calibrarse para determinar sus valores. Cuando se establecen varias estaciones se determinan

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

los valores de las constantes instrumentales cada 3 ó 5 estaciones localizadas en una misma zona y sin cambios considerables de altitud o de condiciones atmosféricas.

Los errores por desplazamiento de la burbuja se corrigen sumando algebraicamente a las observaciones el producto de la sensibilidad del nivel por el valor de los desplazamientos.

La sensibilidad del nivel varía con el tiempo debido a los cambios de temperatura, "edad del nivel", longitud de la burbuja y esfuerzos en el tubo entre otros. Durante las observaciones la longitud de la burbuja debe mantenerse dentro de una o dos divisiones de la longitud usada para calibrarse. Si la temperatura ambiente varía considerablemente en relación con la cual se calibro de 1 a 20° F, los niveles deberán calibrarse nuevamente, una vez que éstos han sido calibrados, no se moverán de su lugar. Las calibraciones se llevan a cabo por series y en orden. Para obtener resultados precisos es necesario que todos los movimientos cerca del instrumento se reduzcan al mínimo durante las observaciones de las series. La temperatura leída durante las observaciones se anota como parte de los datos de calibración.

1.3.1.1 Determinación del Valor Angular de una División del Nivel.

Método Wisconsin.

Este método de calibración del nivel nos proporciona un medio para determinar la sensibilidad del nivel en el campo, sin necesidad de remover dichos niveles del instrumento.

El instrumento se nivela cuidadosamente. El nivel se pone en dirección paralela a 2 tornillos niveladores (E y W) hasta que se encuentre perfectamente paralelo a estos dos tornillos cosa que se comprueba cuando el tercer tornillo nivelador al girarlo hacia arriba o hacia abajo no desplace la burbuja del nivel. El tercer tornillo (S) se girara una cantidad (i), y el instrumento se gira azimutalmente una cantidad X. Conociendo los valores i y X se tiene la suficiente información para calcular el incremento de elevación ó depresión que experimenta el nivel (ver figuras I.16 y I.17)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

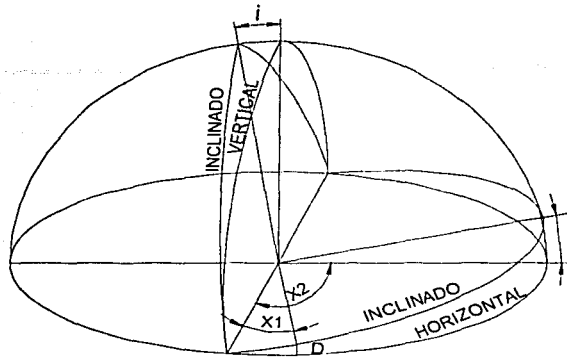


Figura I.16

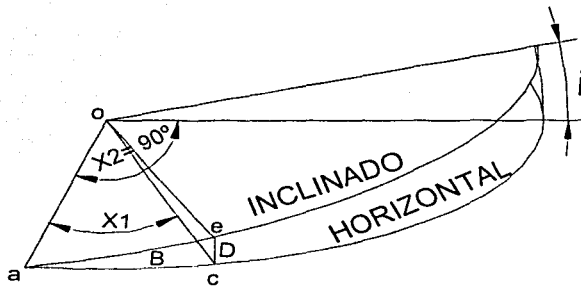
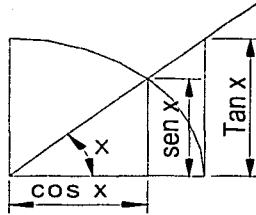


Figura I.17

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Recordemos que:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



El lado a-c considerando el ángulo X1 sería Sen X1, el lado c-e tangente a un círculo imaginario con centro en "o" sería tan D, por lo que:

$$\text{Tan B} = \frac{\text{Tan D}}{\text{Sen X1}}$$

Considerando lo mismo para i

$$\text{Tan B} = \frac{\text{Tan i}}{\text{Sen X2}}$$

Así:

$$\text{Tan B} = \frac{\text{Tan D}}{\text{Sen X1}} \rightarrow \text{Cot B} = \frac{\text{Sen X1}}{\text{Tan D}}$$

$$\text{Tan B} = \frac{\text{Tan i}}{\text{Sen X2}} \rightarrow \text{Cot B} = \frac{\text{Sen X2}}{\text{Tan i}}$$

$$\frac{\text{Sen X1}}{\text{Tan D}} = \frac{\text{Sen X2}}{\text{Tan i}} \quad \text{si} \quad \text{Sen X2} = \text{Sen } 90^\circ = 1$$

$$\frac{\text{Sen X1}}{\text{Tan D}} = \frac{1}{\text{Tan i}}$$

$$\text{Tan D} = \text{Sen X1 Tan i}$$

Como podemos ver se puede ir conociendo el valor de D si conocemos los incrementos en X es decir en el círculo horizontal y si conocemos el valor de la desviación i

Procedimiento de observación para determinar el valor de una división del nivel colgante del T4

Alineación del Nivel.

Una vez que el instrumento se nivela cuidadosamente, la burbuja debe calibrarse al centro. El telescopio se orienta aproximadamente hacia el tornillo Sur. Este tornillo se gira (subiendo ó bajando el instrumento) y si la burbuja se desplaza, se gira azimutalmente el telescopio, el cual ocupará su posición correcta cuando no ocurran desplazamientos. Una vez que el tornillo se suba o se baje sin producir movimientos de la burbuja, el nivel estará alineado paralelamente a los otros dos tornillos niveladores (E y W). Posteriormente se pone el círculo horizontal a ceros, usando el tornillo de orígenes. Durante las calibraciones deberá verificarse esta lectura inicial de $0^{\circ} 00' 00''$. Con el tornillo nivelador sur sobre el cual está orientado el telescopio se lleva el instrumento a su posición original nivelada cosa que se verifica con el nivel del círculo vertical. Con el tornillo del nivel del círculo vertical se desplaza éste un grado ($i = 1^{\circ}$), y por consiguiente también se desplazara la burbuja del nivel del círculo vertical, misma que se lleva al centro con el tornillo nivelador Sur. Una vez efectuadas estas operaciones en el orden descrito, el eje vertical del instrumento quedará desviado un grado con respecto a la vertical del lugar y permanecerá en esta posición inclinada durante toda la calibración.

Observaciones.

Una vez determinada la inclinación se gira azimutalmente el instrumento 14 minutos, para la 1^{ra} lectura de los extremos de la burbuja del nivel colgante, el azimut (lectura del círculo horizontal será $00^{\circ} 14'$). Después de estabilizada la burbuja, se leen los extremos de ella al décimo de división y se notan. A continuación el instrumento se regresa exactamente 2 minutos de arco con el movimiento fino horizontal, de tal manera que se lean $00^{\circ} 12'$ en el círculo horizontal. Se vuelven a leer los extremos de la burbuja y se anotan. Esta operación se repite cada vez con $2'$ menos azimutalmente, hasta que la burbuja esté cerca del extremo del tubo del nivel. El azimut debe leerse al final $359^{\circ} 46'$. Con esto se completa una serie de observaciones, una serie con el movimiento del instrumento en una dirección y otra en sentido contrario constituye un grupo de observaciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cálculo.

El cálculo del valor de una división (d) del nivel se calcula con la siguiente fórmula.

$$d = [xx] 60 \text{ TAN } i * [xy].$$

Donde:

d : Es el valor de una división del nivel.

i : Inclinación del eje vertical del instrumento.

X : valor ó lectura en minutos del micrómetro.

Y : Valores sucesivos que toma el nivel en sus diferentes posiciones.

[XX] Suma de los cuadrados de las lecturas del micrómetro.

[XY] Suma de los productos de X por Y.

Se determina el promedio de todas las series efectuadas y se calcula el error probable de una observación ó serie.

$$Ep = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{[VV]}{(n)(n-1)}}$$

Y en función de este error probable se calcula el límite de rechazo.

$$R = 3.5 * Es.$$

En caso de que se rechace alguna serie, se vuelven a calcular el promedio, error probable y el límite de rechazo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1.3.1.2 Constantes del micrómetro.

1.3.1.2.1 Movimiento Perdido.

Un mecanismo que trabaje por medio de un tornillo y bajo la acción de un resorte, pierde cierta cantidad de movimiento. Este principio se aplica al micrómetro del ocular, cuando sus volantes se giran de tal suerte que el hilo se mueva hacia arriba, el resorte en la caja del micrómetro se comprime. Por el contrario, moviéndolo hacia abajo se afloja el resorte.

Entonces se debe considerar el movimiento perdido durante el tiempo que una estrella es seguida, es decir durante el tiempo en que el tornillo del micrómetro está moviéndose. El juego libre debe ser determinado en diferentes partes del tornillo haciendo un grupo de observaciones en cada hilo fijo del retículo.

Para ilustrar el efecto (ver figura I.18) del movimiento perdido supongamos que una estrella se mueve de izquierda a derecha y que unos tiempos se registran con la estrella en las posiciones de los hilos 1, 2, 3 y 4 sucesivamente. Si se invierte la posición del instrumento los tiempos se deberían registrar de nuevo cuando la estrella está en las correspondientes posiciones de los hilos 4, 3, 2 y 1. Sin embargo, debido al pequeño juego de los volantes del micrómetro, éstos comienzan a moverse antes que el hilo, por lo que la estrella estará en las posiciones 4', 3', 2' y 1' respectivamente.

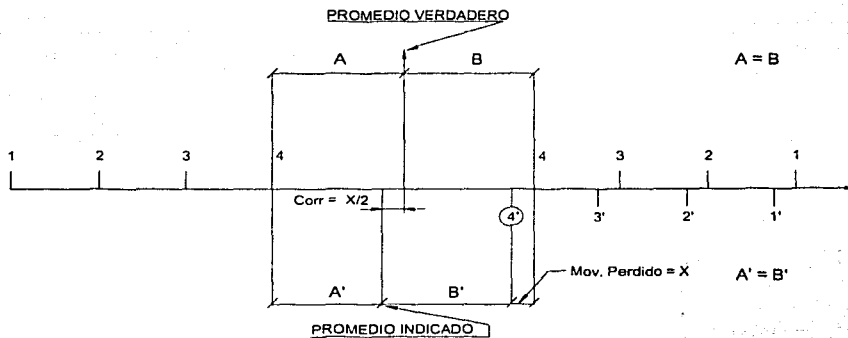


Figura I.18

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Es evidente que los tiempo registrados en posición inversa están adelantados por las cantidades $(4' - 4)$, $(3' - 3)$, $(2' - 2)$ y $(1' - 1)$. La corrección aplicable al tiempo observado de transito de una estrella será la mitad del promedio del intervalo de tiempo de estos espacios. Para observaciones hechas empezando con el instrumento en posición inversa se aplica la misma corrección.

Procedimiento para determinar el movimiento perdido.

El movimiento perdido se determina en tres posiciones del telescopio, a distancia zenitales de 30° , 0° y 330° . La observación se lleva a cabo sobre los hilos fijos y requiere de una muy cuidadosa bisección y gran concentración por parte del observador.

El ocular debe iluminarse y enfocarse de tal suerte que los hilos aparezcan como finas líneas negras sobre un fondo claro.

La determinación consiste en anotar las lecturas del tambor del micrómetro ocular correspondientes a las coincidencias del hilo móvil con los hilos 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13 y 14, con el telescopio en una posición, las coincidencias se hacen incrementando el valor de las lecturas y después decreciéndolas. Esto completa una serie con un total de 18 lecturas. Este procedimiento se repite 5 veces para un total de 90 lecturas en cada una de las tres posiciones del telescopio. El promedio de todas las observaciones es el valor del movimiento perdido.

Si el observador sintió que una bisección ó coincidencia fue hecha pobremente, debe volver atrás cerca de media vuelta del micrómetro y observar de nuevo. Asegúrese siempre que el valor de las lecturas vayan aumentando cuando haga lecturas que se incrementen ó decreciendo cuando haga lecturas que disminuyan. Una determinación parcial del movimiento perdido en una posición del telescopio se muestra en las tablas TABLA I.2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DETERMINACIÓN DEL MOVIMIENTO PERDIDO.

APARATO: T-4
FECHA: _____

ANOTO: Enk de 25
OBSERVO: Clocher 15

ESTACION: C. 21
LUGAR: F. I

PRESIÓN: 77.4
TEMPERATURA: 32°

ESTACION	SERIE N° 1			
	HILO	ARRIBA	ABAJ0	DIFERENCIA
6	98.0	98.9	-0.1	
7	99.1	91.9	-0.2	
8	98.8	98.0	+0.2	
9	98.9	98.0	+0.2	
10	98.9	98.1	+0.2	
11	99.4	99.3	-0.1	
12	99.6	99.7	+0.1	
13	99.5	99.8	+0.3	
14	99.8	99.6	-0.2	
		prom	+0.089	

HILO	SERIE N° 2			DIFERENCIA
	ARRIBA	ABAJ0	DIFERENCIA	
6	98.9	99.3	+0.4	
7	99.1	99.1	+0.0	
8	98.9	99.3	+0.4	
9	99.1	99.0	-0.1	
10	98.9	99.8	+0.9	
11	99.5	99.5	+0.0	
12	99.9	99.8	-0.1	
13	99.5	99.8	+0.3	
14	99.5	99.2	-0.3	
		prom	+0.167	

ESTACION	SERIE N° 3			
	HILO	ARRIBA	ABAJ0	DIFERENCIA
6	99.2	99.3	+0.1	
7	99.0	98.0	0.0	
8	99.0	99.2	+0.2	
9	99.6	99.0	-0.6	
10	99.8	99.4	-0.4	
11	98.9	99.2	+0.3	
12	99.9	99.9	0.0	
13	99.6	99.1	-0.5	
14	99.8	0.0	+0.2	
		prom	-0.078	

HILO	SERIE N° 4			DIFERENCIA
	ARRIBA	ABAJ0	DIFERENCIA	
6	99.1	99.2	+0.1	
7	99.5	99.2	-0.3	
8	99.5	98.8	-0.7	
9	99.6	0.0	+0.4	
10	99.1	99.9	+0.8	
11	99.5	99.7	+0.2	
12	99.2	99.8	+0.6	
13	99.0	99.4	+0.4	
14	98.8	99.2	+0.4	
		prom	+0.211	

ESTACION	SERIE N° 5			
	HILO	ARRIBA	ABAJ0	DIFERENCIA
6	99.1	99.5	+0.4	
7	99.3	98.5	-0.8	
8	99.1	99.1	0.0	
9	99.8	98.8	-1.0	
10	98.7	99.1	+0.4	
11	99.2	99.3	-0.4	
12	99.1	99.3	+0.2	
13	99.9	99.4	-0.5	
14	99.9	99.5	-0.4	
		prom	-0.233	

SERIE N°			

PROMEDIO PARA
TELESCOPIO A 330°
PROMEDIO +0.0312

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DETERMINACIÓN DEL MOVIMIENTO PERDIDO.

APARATO: T-4

ANOTO: Claudio S

ESTACION: C. V

PRESIÓN 774

FECHA:

OBSERVO: Erik de U. S

LUGAR: F. I

TEMPERATURA 30°

ESTACION	SERIE N° 1			
	HILO	ARRIBA	ABAJO	DIFERENCIA
	06	99.1	99.2	+0.1
Pos	7	99.2	99.8	+0.6
30"	8	98.9	99.1	+0.2
del	9	99.2	99.9	+0.7
Anteojo	10	98.9	99.9	+1.0
	11	99.3	0.0	+0.7
	12	99.3	0.1	+0.8
	13	99.7	0.0	+0.3
	14	99.9	0.2	+0.3
			prom	+0.522

HILO	SERIE N° 2			DIFERENCIA
	ARRIBA	ABAJO	DIFERENCIA	
6	99.1	99.2	+0.1	
7	99.3	99.2	-0.1	
8	99.2	99.2	0.0	
9	99.8	99.5	-0.3	
10	98.6	0.0	+1.4	
11	99.8	99.9	+0.1	
12	99.8	99.9	+0.1	
13	99.5	0.1	+0.6	
14	99.8	0.2	+0.4	
		prom	+0.256	

HILO	SERIE N° 3			DIFERENCIA
	ARRIBA	ABAJO	DIFERENCIA	
6	99.1	99.5	+0.4	
7	99.9	99.3	-0.6	
8	99.2	99.1	-0.1	
9	99.9	99.5	-0.4	
10	98.9	0.2	+1.3	
11	99.6	99.3	-0.3	
12	99.8	99.2	-0.6	
13	0.1	99.9	-0.2	
14	0.0	0.0	0.0	
		prom	-0.056	

HILO	SERIE N° 4			DIFERENCIA
	ARRIBA	ABAJO	DIFERENCIA	
6	99.2	99.2	0.0	
7	99.5	99.2	-0.3	
8	99.2	99.5	+0.3	
9	99.5	99.5	-0.2	
10	98.9	99.8	+0.9	
11	99.2	99.9	+0.7	
12	99.6	99.4	-0.2	
13	99.4	99.8	+0.4	
14	99.5	99.9	+0.4	
		prom	+0.222	

HILO	SERIE N° 5			DIFERENCIA
	ARRIBA	ABAJO	DIFERENCIA	
6	99.5	99.0	-0.7	
7	99.7	99.5	-0.2	
8	99.2	99.4	+0.2	
9	99.8	99.9	+0.1	
10	98.9	0.0	+1.1	
11	99.9	99.5	-0.4	
12	0.0	99.2	-0.8	
13	99.5	99.5	0.0	
14	99.5	99.8	+0.3	
		prom	-0.044	

SERIE N°			

SERIE N°			
PROMEDIO PARA EL TELESCOPIO EN 30°			
PROMEDIO +0.120			

SERIE N°			

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

40B

DETERMINACIÓN DEL MOVIMIENTO PERDIDO.

APARATO: T-4 ANOTO: P. K de U.S ESTACION: C V PRESIÓN 774
 FECHA: _____ OBSERVO: Claudio L S LUGAR: E J TEMPERATURA: 30°

ESTACIÓN	SERIE N° 1			
	HILO	ARRIBA	ABAJO	DIFERENCIA
6	99.0	99.3		+0.3
7	99.9	99.3		-0.6
8	99.1	99.3		+0.2
9	99.2	99.8		+0.6
10	98.2	0.1		+1.9
11	99.8	99.7		-0.1
12	99.3	99.9		+0.6
13	99.4	99.8		+0.4
14	99.5	0.0		+0.5
		<u>prom</u>		+0.422

HILO	SERIE N° 2			
	ARRIBA	ABAJO		DIFERENCIA
6	99.1	99.5		+0.4
7	99.0	99.3		+0.3
8	99.1	99.1		+0.0
9	99.6	0.1		+0.5
10	99.9	99.9		+0.0
11	98	0.0		+2.0
12	0.0	99.2		-0.8
13	99.2	99.9		+0.7
14	99.9	99.9		0.0
		<u>prom</u>		+0.456

ESTACIÓN	SERIE N° 3			
	HILO	ARRIBA	ABAJO	DIFERENCIA
6	99.0	99.4		+0.4
7	99.8	99.3		-0.5
8	98.0	99.6		+0.8
9	99.5	99.5		0.0
10	98.2	0.1		+6.1
11	99.2	99.5		+0.3
12	99.9	99.6		-0.3
13	99.4	99.3		-0.1
14	99.5	99.5		0.0
		<u>prom</u>		+0.188

HILO	SERIE N° 4			
	ARRIBA	ABAJO		DIFERENCIA
6	99.1	99.1		0.0
7	99.2	98.9		-0.3
8	98.2	99.8		+1.6
9	99.2	99.0		-0.2
10	96.3	0.1		+1.8
11	99.1	99.3		+0.2
12	99.7	99.2		-0.5
13	0.0	99.8		-0.2
14	99.2	99.3		+0.1
		<u>prom</u>		+0.278

ESTACIÓN	SERIE N° 5			
	HILO	ARRIBA	ABAJO	DIFERENCIA
6	99.1	99.5		+0.4
7	99.2	99.5		+0.3
8	98.9	99.1		+0.2
9	99.2	99.9		+0.7
10	99.3	99.2		-0.1
11	99.3	99.2		-0.1
12	99.1	99.8		+0.7
13	99.9	0.1		+0.2
14	99.5	0.0		+0.5
		<u>prom</u>		+0.381

SERIE N°				
HILO	ARRIBA	ABAJO		DIFERENCIA

PROMEDIO PARA TELESCOPIO
A 0°

PROMEDIO +0.331

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El resultado para las tres posiciones del telescopio fue el siguiente:

$$0^\circ = +0.331$$

$$30^\circ = +0.180$$

$$330^\circ = +0.0312$$

Por lo que el promedio final y que es el valor del movimiento perdido es:

$$\text{Movimiento Perdido} = 0.181$$

Valor que deberá considerarse como una pequeña corrección en el cálculo de la longitud del lugar.

1.3.1.2.2 Determinación del Ancho Medio de las Tiras de los Contactos Eléctricos.

Para seguir una estrella con el hilo móvil, giramos el tambor del micrómetro ocular, lo cual origina que los bordes de las tiras metálicas de la cabeza de éste entren en contacto con un punto de platino; el circuito electrónico se cierra apenas el borde frontal de la tirita hace contacto con el punto de platino registrando un tiempo en el mecanismo registrador. Después se invierte la posición del instrumento, la estrella es seguida ahora por un movimiento en sentido contrario del tornillo del micrómetro, por consiguiente el contacto con el punto de platino se hará esta vez con el borde contrario de la tira metálica. De donde es evidente que los registros de tiempo están adelantados por una cantidad correspondiente a la mitad del tiempo que requiere el punto de platino en pasar todo el ancho de las tiras.

Durante las observaciones de longitud una estrella se sigue en el campo visual una distancia cerca a dos y media vueltas del micrómetro.

Con lo cual todas las tiras se utilizan cuando menos dos veces y si suponemos que tienen aproximadamente el mismo ancho, podremos determinar un promedio (excepto las dos tiras de identificación) y calcular las correcciones que se aplican a los datos de observación.

El método para determinar el ancho de las tiras metálicas de los contactos consiste en conectar el mecanismo registrador, el radio amplificador y el sistema eléctrico del T4, tal como se hace para las observaciones de longitud. El tambor micrométrico se gira muy lentamente y se detiene en el instante en que se registra el tiempo en el mecanismo registrador. Se hace la lectura micrométrica y se anota.

El tambor se continúa girando hasta que se abra el circuito (en la misma dirección). A continuación el tambor se gira en sentido contrario y se detiene en el instante en que se registra otro tiempo que es cuando el otro extremo de la tira hace contacto con el punto de platino. El micrómetro de nuevo se lee y se anota. Se continúa el proceso hasta que se hayan tomado las lecturas correspondientes de ambas orillas de todos los contactos. Esto constituye una serie de observaciones. Se recomiendan veinte series para determinar el promedio del ancho de las tiras.

Las tablas I.3 muestran el registro para la determinación del ancho de las tiras de contacto para 16 series.

DETERMINACIÓN DEL ANCHO MEDIO DE LAS TIRAS DE LOS CONTACTOS ELÉCTRICOS (8)

APARATO: T-4
FECHA: 26-11-02

ANOTO: Claudia L.S.
OBSERVO: Erik D.V.S.

ESTACION: C.V.
LUGAR: F.I.

HILO	CONTACTO	ARRIBA	ABAJO	DIFERENCIA	HILO	CONTACTO	ARRIBA	ABAJO	DIFERENCIA	
5	0	0.0	99.8	0.2	9	6	60.3	59.5	0.8	
	1	10.2	9.8	0.4		7	70.2	69.6	0.6	
	2	20.2	19.9	0.3		8	80.5	79.8	0.7	
	3	30.3	29.8	0.5		9	90.2	89.8	0.4	
	4	40.2	39.6	0.6		10	0	0.3	94.5	0.2
	5	50.2	40.5	0.7			1	10.4	9.9	0.5
	6	60.2	59.6	0.6			2	20.5	19.8	0.7
	7	70.2	69.7	0.5			3	30.5	29.8	0.7
	8	80.2	79.7	0.5			4	40.4	39.7	0.7
9	90.3	89.8	0.5	5	50.1	49.4	0.7			
6	0	0.3	99.9	0.4	6	60.4	59.5	0.9		
	1	10.2	9.9	0.3	7	70.3	69.2	0.5		
	2	20.2	19.8	0.4	8	80.2	79.4	0.8		
	3	30.3	29.8	0.5	9	90.5	89.6	0.9		
	4	40.2	39.9	0.3						
	5	50.1	49.8	0.3						
	6	60.2	59.6	0.6						
	7	70.2	69.8	0.4						
	8	80.3	79.9	0.4						
7	9	90.3	89.8	0.5						
	0	0.2	99.9	0.3						
	1	10.2	9.7	0.5						
	2	20.2	19.9	0.3						
	3	30.4	29.7	0.7						
	4	40.2	39.7	0.5						
	5	50.3	49.9	0.4						
	6	60.2	59.8	0.4						
	7	70.2	69.7	0.5						
8	8	80.2	79.8	0.4						
	9	90.3	89.8	0.5						
	0	0.2	00	0.2						
	1	10.1	9.7	0.4						
	2	20.4	19.4	1						
	3	30.5	29.6	0.9						
	4	40.2	39.6	0.6						
	5	50.2	49.8	0.4						
	6	60.2	59.6	0.6						
9	7	70.5	69.8	0.7						
	8	80.3	79.9	0.4						
	9	89.9	89.0	0.9						
	0	0.8	99.9	0.9						
	1	10.5	9.5	1						
	2	20.4	19.8	0.6						
	3	30.2	29.9	0.3						
	4	40.4	39.9	0.5						
	5	50.4	49.6	0.8						

PROMEDIO FINAL = 0.546

42A

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DETERMINACIÓN DEL ANCHO MEDIO DE LAS TIRAS DE LOS CONTACTOS ELÉCTRICOS (6)

APARATO: T-4
 FECHA: 25-04-02

ANOTO: Erik D.V.S
 OBSERVO: Claudia L.S

ESTACION: C2
 LUGAR: F1

HILO	CONTACTO	ARRIBA	ABAJO	DIFERENCIA	HILO	CONTACTO	ARRIBA	ABAJO	DIFERENCIA
5	0	0.4	99.6	0.8	9	0	0.4	99.1	0.6
	1	10.5	9.7	0.8		1	10.5	9.8	0.7
	2	20.1	19.8	0.3		2	20.5	19.9	0.6
	3	30.4	29.7	0.7		3	30.7	29.8	0.6
	4	40.4	39.7	0.3		4	40.0	39.6	0.4
	5	50.3	49.7	0.6		5	50.6	49.8	0.8
	6	60.4	59.8	0.6		6	60.4	59.7	0.7
	7	70.3	69.6	0.7		7	70.2	69.6	0.6
	8	80.3	79.7	0.6		8	80.2	79.8	0.4
	9	90.3	89.8	0.5	9	90.2	89.8	0.4	
6	0	0.3	99.8	0.5	10	0	0.8	99.9	0.9
	1	10.5	9.8	0.7	1	10.5	9.6	0.9	
	2	20.5	19.8	0.7	2	20.5	19.7	0.8	
	3	30.2	29.9	0.3	3	30.3	29.8	0.5	
	4	40.2	39.8	0.6	4	40.3	39.6	0.7	
	5	50.1	49.8	0.3	5	50.5	49.5	1.0	
	6	60.7	59.6	0.9	6	60.4	59.6	0.8	
	7	70.5	69.9	0.6	7	70.2	69.7	0.5	
	8	80.2	80.0	0.2	8	80.4	79.6	0.8	
	9	90.5	89.8	0.7	9	90.4	89.8	0.6	
7	0	0.4	99.9	0.5	11	0	0.8	99.8	1.0
	1	10.2	9.8	0.4	1	10.4	9.8	0.6	
	2	20.4	19.7	0.7	2	20.8	19.8	0.4	
	3	30.4	29.8	0.6	3	30.8	29.8	1.0	
	4	40.4	39.7	0.3	4	40.2	39.7	0.5	
	5	50.0	49.6	0.4	5	50.3	49.8	0.5	
	6	60.5	59.7	0.8	6	60.2	59.8	0.4	
	7	70.2	69.7	0.5	7	70.2	69.9	0.3	
	8	80.1	79.8	0.3	8	80.3	79.9	0.4	
	9	90.5	89.7	0.8	9	90.2	89.8	0.4	
8	0	0.4	99.9	0.6	12	0	0.5	99.8	0.7
	1	10.4	9.8	0.6	1	10.2	9.8	0.4	
	2	20.3	19.8	0.5	2	20.2	19.8	0.4	
	3	30.2	29.9	0.4	3	30.2	29.8	0.4	
	4	40.2	39.8	0.6	4	40.3	39.8	0.5	
	5	50.3	49.8	0.5	5	50.2	49.8	0.4	
	6	60.3	59.7	0.5	6	60.1	59.7	0.3	
	7	70.3	69.8	0.5	7	70.4	69.8	0.6	
	8	80.2	79.9	0.3	8	80.2	79.8	0.4	
	9	90.5	89.9	0.7	9	90.2	89.8	0.4	

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

DETERMINACIÓN DEL ANCHO MEDIO DE LAS TIRAS DE LOS CONTACTOS ELÉCTRICOS (B)

APARATO: T-7
 FECHA: 25/04/62

ANOTO: Lik de V.S
 OBSERVO: Abdo L.S

ESTACION: C.V
 LUGAR: F.I

HILO	CONTACTO	ARRIBA	ABAJO	DIFERENCIA	HILO	CONTACTO	ARRIBA	ABAJO	DIFERENCIA
13	0	0.2	99.9	0.3					
	1	10.3	9.8	0.4					
	2	20.3	19.9	0.4					
	3	30.2	29.8	0.4					
	4	40.3	39.8	0.5					
	5	50.3	49.8	0.5					
	6	60.3	59.8	0.5					
	7	70.2	69.8	0.4					
	8	80.2	79.8	0.4					
	9	90.2	89.8	0.4					
14	0	0.2	99.8	0.4					
	1	10.3	9.9	0.4					
	2	20.2	19.8	0.4					
	3	30.4	29.8	0.6					
	4	40.2	39.8	0.4					
	5	50.3	49.8	0.5					
	6	60.2	59.8	0.4					
	7	70.2	69.8	0.4					
	8	80.3	79.8	0.5					
	9	90.2	89.8	0.4					
15	0	—	—	—					

TESIS CON
PALLA DE ORIGEN

El promedio final es:

Determinación del ancho medio de las tiras de los contactos eléctricos (s) = 0.546

Valor que deberá considerarse como una pequeña corrección en el cálculo de la longitud del lugar.

1.3.1.2.3 Procedimiento para determinar el valor ecuatorial del micrómetro.

Cada giro completo del tambor micrométrico desplaza el trazo en 0.40mm. como la distancia focal del objetivo del antejo es aproximadamente de 530 mm, este desplazamiento modifica la dirección de la visual en:

$$\frac{0.41}{530} p'' \approx 155''$$

Sin embargo este valor no es lo suficientemente preciso para hacer observaciones por lo que se debe encontrar un valor mas preciso.

El valor debe determinarse por el registro cronométrico de los pasos de estrellas ecuatoriales por el campo visual.

Para realizar estas observaciones el instrumento debe estar colocado en el meridiano, esto se puede lograr con bastante precisión si determinamos un azimut previo.

Las observaciones astronómicas deben practicarse en una noche despejada y con estrellas de magnitud 4 ó 5 preferentemente, debido a que las estrellas muy brillantes dan lugar a un error, de intersección ocasionado por el halo sobresaliente de estas estrellas.

Se debe verificar el perfecto enfoque hacia las estrellas y no se debe modificar este durante las observaciones ya que un cambio en el enfoque puede ocasionar un cambio en el valor ecuatorial.

Después de haber nivelado y enfocado cuidadosamente el T-4, se coloca en el meridiano. El sistema que registrará los tiempos, es decir el cronometro sidéreo es conectado.

Se observan estrellas ecuatoriales es decir con una declinación cercana a cero.

Una determinación completa consiste en seguir con los cruces del hilo medio y móvil, una estrella desde la marca 05 hasta la 15, con lo cual se obtendrán 10 vueltas completas del tambor y el ayudante observara cuidadosamente el numero de registro en el cronometro

asociado con el tiempo observado en el momento de cada paso por los hilos 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14 y 15.

Durante estas observaciones no se deberá invertir el T-4.

Una vez completada las observaciones, se determinan los tiempos de tránsito para cada estrella, como solamente interesaran intervalos de tiempo entre las marcas, no importa si el cronometro se arranco con algún tiempo arbitrario.

Considerando lo anterior se tienen los siguientes datos:

n = numero de vueltas del intervalo (en este caso 10 vueltas)

T_0 = Lectura de tiempo de la primera marca

T_n = Lectura de tiempo de la ultima marca

R' = Valor de una vuelta en segundos para δ (declinación de la estrella visada)

Se puede establecer entonces:

$$R' = \frac{T_n - T_0}{n}$$

Esto nos dará segundos de tiempo en un círculo mínimo o paralelo cuya distancia angular desde el ecuador o círculo máximo es igual a la declinación de la estrella.

Para reducir el valor del micrómetro R' a segundos de tiempo sobre el ecuador o círculo máximo es necesario multiplicar R' por el coseno de la declinación. Así, el valor ecuatorial del micrómetro será:

$$R = R' \cos \delta$$

1.3.2 Rectificaciones al Micrómetro Ocular.

Centrado del punto de intersección de la cruz reticular

Sitúese el centro de la cruz bien enfocado sobre un punto de mira nítidamente definido. Cuando se haga girar el micrómetro después de volver a atornillar los dos tornillos de sujeción, el punto de mira deberá permanecer en el centro de la cruz. De no ser así, deberá manipularse los cuatro tornillos rectificadores de dos en dos, aflojando un tornillo con la clavija de ajuste y apretando el tornillo contrario en la misma proporción. El apriete deberá ser justo lo suficiente para que el tornillo ejerza una presión segura; toda presión excesiva

producirá tensiones que producirán nuevos errores. Al imprimir un giro a la placa reticular obsérvese el cuadrante descrito por la cruz; dicha cruz deberá estar ajustada sobre el centro de rotación del cuadrante. La operación deberá repetirse hasta haber eliminado el último error residual. Se terminara atornillando el tornillo de sujeción paralelo al eje negro.

Topes para la rotación 90°.

Los topes consisten en un tornillo de ajuste con su contratuerca. El tornillo de tope que corresponde a la posición momentánea del micrómetro se encuentra paralelo al eje negro, provisto de dos botones negros para su manipulación. Se comprueba la posición del retículo enfocando un punto de mira bien definido y de modo que el eje de colimación esté horizontal. Al ladear el anteojo sobre su centro analítico (eje vertical), el punto de mira debería permanecer sobre el trazo horizontal. De no ser así, se aflojara la contratuerca del tornillo de tope horizontal utilizando para ello la llave de tuercas correspondiente que esta en la caja de accesorios. Entonces y mediante una clavija de ajuste se desplazará el tornillo y simultáneamente se va apretando con la mano el tornillo de sujeción antagonista hasta obtener que el trazo horizontal del retículo ocupe la posición debida. Conviene comprobar repetidamente ladeando el anteojo. Esta rectificación deberá llevarse a cabo con tanta precisión como lo permita la observación. La última verificación se efectuará después de volver a apretar la contratuerca. Entonces se volverá a aflojar el tornillo horizontal de fijación hasta que el micrómetro pueda girar en 90° y se volverá a apretar el otro tornillo de fijación que estará ahora horizontal. A continuación se procederá a ajustar el segundo tope del mismo modo que se ha hecho con el primero.

Ajuste del tambor de contactos.

Cuando se hace un uso normal no debería nunca ser necesario rectificar el ajuste del tambor de contactos. Para limpiar los contactos se puede abrir la tapita; toda operación debe efectuarse con mucho cuidado para la verificación del micrómetro se desmonta el ocular completo y se tapan los orificios del micrómetro mediante taponces de papel muy limpio.

Se conectara un sistema registrador con el cual se pueda verificar el cierre del circuito de los contactos del micrómetro. Se sitúa el trazo móvil, manipulando el piñón del micrómetro, al centro entre trazos 9 y 10 y se le hace avanzar lentamente hacia el trazo 10 hasta que cierre el

primer contacto y se vuelva abrir. Al ocurrir el cierre y la reabertura del contacto se leerá lo que indique el tambor del micrómetro y se continuará del mismo modo hasta que haber recorrido los 12 contactos. De los datos anotados se obtienen los intervalos de contacto y, simultáneamente, también la anchura de los contactos expresado todo en intervalos del tambor micrométrico.

Los 10 intervalos principales del tambor de contactos tienen cada uno una longitud de 10 divisiones del tambor micrométrico, los dos contactos auxiliares, en cambio, se encuentran tan solo a unos 4 intervalos del tambor antes y después del contacto central. De ello se obtiene la posición de dicho punto central referida a la escala micrométrica. Estando bien ajustado el micrómetro, el principio y el fin del contacto central estarán situados simétricamente respecto al trazo del tambor que indica el cero.

Cuando el trazo móvil coincida con el trazo central fijo (para la comprobación deberá quitar el tapón), el contacto central deberá estar también cerrado. De no ser así, el tambor de contacto deberá ser ajustado nuevamente. Para este objeto se abrirá la tapa de bisagra que así se deja libre el disco de contactos.

El tambor de contactos queda protegido por un tornillo de seguridad contra cualquier rotación intempestiva.

Dicho tornillo se encuentra en el centro aproximadamente entre el tambor de contactos y el tambor micrométrico que queda al exterior y queda visible al girar lentamente el tambor. Con un pequeño destornillador mantenido algo oblicuo se accede al tornillo se le afloja. El trazo central móvil en el ocular se pondrá en coincidencia con el trazo central fijo manipulando el micrómetro y se hace girar el disco de contactos hasta que el contacto de cero esté situado debajo del centro de la toma de contacto. Entonces se aprieta prudentemente el tornillo de seguridad y se verifica nuevamente el ajuste correcto del trazo central y del contacto de cero.

El tambor micrométrico deberá ahora indicar también cero. Si no ocurriese así, se aflojará con la llave de clavija, la tuerca redonda de la cabecera del micrómetro se procede al ajuste y se vuelve a apretar la tuerca. Se vuelve a comprobar la posición exacta del trazo móvil en el ocular, la del contacto de cero y la del tambor micrométrico, y se vuelve a cerrar la tapa de bisagra.

II. Cronómetro Sidéreo.

II.1 Tiempo Sidéreo.

En astronomía la medida del tiempo es muy importante debido a que los eventos y posiciones de los cuerpos celestes cambian respecto a él.

Para realizar observaciones astronómicas, registrarlas y comunicarlas es necesario medir tiempos uniformes por lo cual el tiempo en las medidas astronómicas se vuelve un factor vital para la precisión de resultados.

La medición de nuestro tiempo esta basado en la rotación de la Tierra sobre su eje. La rotación de la tierra da lugar al día y el movimiento de translación da lugar al año.

Por definición de día diremos que es el intervalo transcurrido entre dos pasos consecutivos de un cierto punto de la esfera celeste por un cierto meridiano y que da lugar a un "sistema de Tiempo".

Al realizar observaciones astronómicas debemos considerar tres sistemas de tiempo.

Sistemas de tiempo

Tiempo Solar verdadero. Un día solar verdadero es el intervalo de tiempo entre dos pasos inferiores sucesivos del centro del disco solar por un cierto meridiano. El sol al no moverse sobre el ecuador celeste, si no sobre la eclíptica (plano que contiene el centro del sol), tiene una velocidad que no es constante ya que en el perigeo va más deprisa que en el apogeo, de acuerdo con la segunda Ley de Kepler (las áreas iguales en tiempos iguales, son iguales), lo que lleva a tener un sistema de tiempo no uniforme por lo que no es un sistema de tiempo que se pueda emplear en astronomía.

Tiempo Solar Medio. (Tiempo Civil). Este tiempo es el medido por un sol ficticio llamado "sol medio", con un supuesto movimiento a velocidad uniforme de este sol sobre el plano del ecuador. Es la base para el tiempo común de los relojes y el día civil de 24 horas.

Tiempo Sidéreo. Al extender el plano del ecuador hacia el infinito (con la esfera celeste), tenemos el plano del ecuador celeste y la intersección de éste con el plano de la eclíptica define la línea equinoccial que une el equinoccio de primavera, punto Aries o punto vernal (gama (γ)) y el equinoccio de otoño punto libra.

Un día sidéreo es el intervalo de tiempo entre dos pasos o tránsitos superiores del punto vernal o punto gama por un mismo meridiano, este punto es considerado adecuado para medir el movimiento de la estrella. El tiempo sidéreo se utiliza para observaciones astronómicas, ya que la hora sidérea se puede considerar uniforme o constante aunque rigurosamente no sea así debido a los pequeños movimientos de Nutación y Presesión terrestre (Al final del capítulo se da una explicación breve de estos movimientos).

Los ángulos medidos sobre el plano de la eclíptica corresponden a la ascensión recta (AR) generalmente medida en horas (Figura II.1)

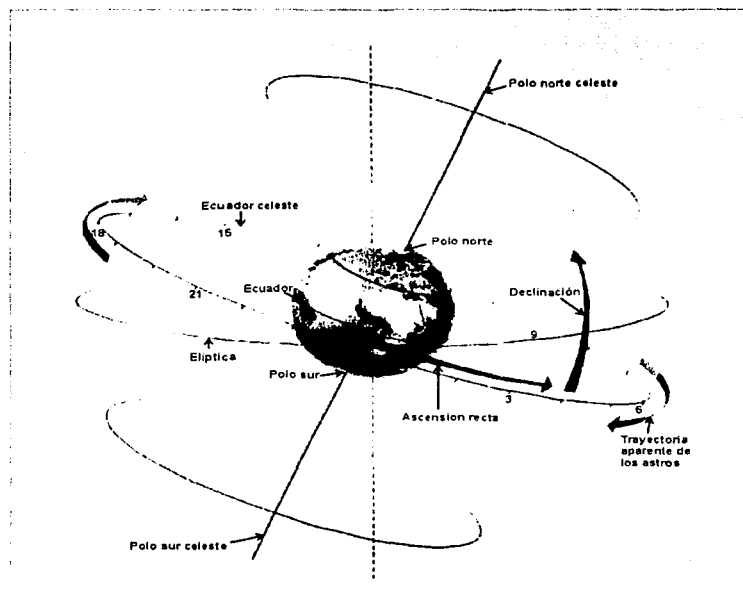


Figura. II.1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

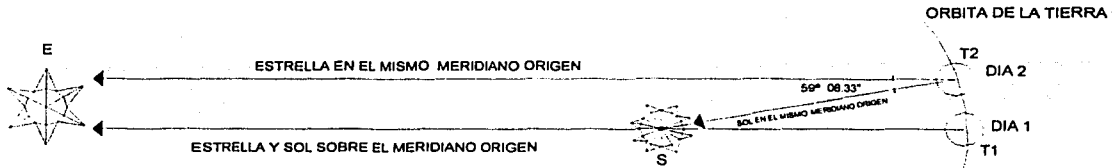
Estos tres sistemas de tiempo tienen un origen diferente, para el tiempo solar verdadero el origen lo constituye el centro del sol, el origen del tiempo solar medio es un punto imaginario llamado sol medio y el origen del tiempo sidéreo lo constituye el punto vernal.

El Tiempo Universal del Meridiano de Greenwich, corresponde al tiempo local o civil del meridiano 0^h que pasa y está marcado en una placa en el observatorio de Greenwich en Inglaterra, se mantiene como un estándar para las observaciones astronómicas. Para su cálculo basta conocer las horas que separan el sitio de observación con el meridiano de Greenwich, si el lugar se encuentra al Este del meridiano de Greenwich las horas (diferencia de longitud) se suman al Tiempo medio del meridiano de Greenwich, pero si el sitio de observación se encuentra al Oeste (W) del meridiano de Greenwich, entonces, la diferencia de horas se restará al Tiempo medio de Greenwich, como lo es en el caso de la República Mexicana.

Relación entre tiempo medio y tiempo sidéreo

En la figura II.2 representamos como T1 y T2 las posiciones de la Tierra en un momento dado y como S el sol y E una estrella de referencia, se puede observar que cuando la Tierra se encuentra en la posición T1 y considerando que el sol está en el zenit del observador igual que la estrella E es decir, que están sobre el meridiano del lugar; ahora si la Tierra al girar sobre su eje de rotación al mismo tiempo que se traslada ocupará en un momento dado la posición T2. Vemos que cuando el observador vuelva a tener en el zenit a la estrella no pasará lo mismo con el sol pues la Tierra girará más de 360° alrededor de su eje de rotación para tener al sol nuevamente en su zenit. Al estar tan lejana la estrella los rállos luminosos se consideran paralelos lo que provoca que la Tierra gire únicamente 360° para que se encuentre en el zenit otra vez esta estrella.

TIEMPO SIDERAL



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura II.2

Analizando la figura II.2 vemos que la Tierra debe girar más de 360° grados para tener un día solar y 360° para un día sidéreo, y es que las estrellas están tan distantes de nosotros que el movimiento de la Tierra en su órbita representa una diferencia despreciable en la dirección de las estrellas y prácticamente se les considera fijas en sus posiciones sobre la esfera celeste. Así pues la tierra gira $59^{\circ} 08.33''$ aproximadamente más para que el mismo meridiano vuelva a pasar por el centro del sol.

Tenemos entonces que un día solar medio es ligeramente más largo que el día sidéreo, como vimos en la figura II.2

La tierra debe girar un ángulo de $360^{\circ} 59' 08.33''$ para completar un día medio. Esta cantidad expresada en tiempo la tenemos a través de:

$$\frac{360^{\circ}}{24^h_{Ts}} = \frac{360^{\circ}59'08.33''}{X^h_{Tm}}$$

$$X^h_{Tm} = 24^h 03^m 56.555$$

Por lo que la tierra tarda 03 min. 56.555seg. más en completar un día medio, este intervalo de tiempo se le conoce como aceleración de las estrellas fijas.

Así pues la relación entre un día sidéreo y un día medio será:

$$24 T_s = (23 \text{ h } 56 \text{ m } 04.09) T_m$$

$$24 T_m = (24 \text{ h } 03 \text{ m } 56.55) T_s$$

Es decir:

$$1 \text{ día de tiempo solar medio} = 1.00273790935 \text{ días de tiempo sidéreo}$$

y

$$1 \text{ día de tiempo sidéreo} = 0.99726956633 \text{ días de tiempo medio}$$

Ahora si por día tenemos un adelanto de 03min 56.555seg por hora se tendrá:

$$24 \text{ h} = 03 \text{ m } 56.555 \text{ s}$$

$$1 \text{ h} = 9.856458 \text{ s}$$

Estos valores nos permiten llevar acabo las transformaciones entre tiempo medio y sidéreo.

II.1.1 Cálculo del tiempo Sidéreo.

En los anuarios astronómicos viene la hora sidérea para un meridiano de referencia y viene dada para las cero horas de tiempo medio de ese meridiano y para todos los días del año, en el anuario del Observatorio Astronómico Nacional del Instituto de astronomía de la UNAM viene la hora sidérea para las 0^h de tiempo medio del meridiano 90 al oeste de Greenwich. Entonces para calcular el tiempo sidéreo tenemos el problema de obtener la hora sidérea para cualquier hora y para cualquier meridiano.

Por ejemplo si deseamos conocer la hora sidérea en la Facultad de Ingeniería cuya longitud en tiempo es de 6^h 36^m 44.21^s el día 2 de abril de 2002 a las 20^h tenemos que proceder de la siguiente manera.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El primer dato lo obtenemos del anuario y es la hora sidérea para las 0^h del meridiano 90° W.G. (al oeste de Greenwich.) del día 2 de abril de 2002.

Si denominamos a T_0 como el tiempo sidéreo para las 0^h

$T_0 = 12^h 41^m 38.3^s$ para el 2 de abril de 2002 en el meridiano 90 W.G.

Como deseamos obtener la hora sidérea para la 20^h deberíamos sumarle la diferencia de tiempo entre las 0^h y las 20^h pero como por un lado tenemos tiempo sidéreo y por el otro tiempo medio se debe tener una corrección para el intervalo de 20^h de tiempo medio y sumarle esta corrección al mismo tiempo medio y así obtener el tiempo sidéreo equivalente a 20 horas medias.

De las relaciones anteriores teníamos que:

$$1 \text{ día de tiempo solar medio} = 1.00273790935 \text{ días de tiempo sidéreo}$$

Si consideremos esta relación como una relación de intervalos de tiempo:

$$1 \text{ intervalo de } T_m = 1.00273790935 \text{ intervalos } T_s$$

Esta relación se cumple para cualquier intervalo de tiempo por lo que para tener un intervalo de tiempo sidéreo dado un intervalo de tiempo medio se necesita multiplicar por 1.00273790935.

En este caso $(20^h)_{T_m} \times 1.00273790935 = (20^h 03^m 17.129^s)_{T_s}$ que sumado al tiempo sidéreo dado en el anuario obtenemos el tiempo sidéreo para las 20^h, pero para el meridiano 90 WG.

Propiamente el factor es 0.00273790935 que al multiplicar por el intervalo de tiempo medio nos da la corrección que hay que sumarle al mismo intervalo de tiempo medio.

Ahora falta resolver como tener el tiempo sidéreo para nuestro meridiano específico en este caso en la Facultad de Ingeniería, esto se resuelve fácilmente ya que si consideramos que el tiempo esta relacionado con la longitud de tal manera que: 15° de arco es igual a 1 hora de tiempo medio.

Por lo tanto al conocer la longitud del lugar se le puede sumar o restar al tiempo sidéreo dependiendo si estamos al este o al oeste respectivamente del meridiano origen. En nuestro

caso al estar al oeste se debe restar la diferencia de longitudes entre el meridiano 90 W.G y el meridiano local.

El meridiano 90 equivale a 6^h y nuestra longitud es de 6^h 36^m 44.21^s por lo que la diferencia es de 36^m 44.21^s, valor que se debe restar para obtener así nuestro tiempo sidéreo del meridiano local.

En resumen la fórmula que nos da la transformación de tiempo medio a tiempo sidéreo considerando que estamos al oeste del meridiano de referencia es:

$$T_{sl} = T_o + T_m + C1 - \Delta\lambda \dots\dots\dots 1$$

Si nos encontramos al este del meridiano de referencia la ecuación sería:

$$T_{sl} = T_o + T_m + C1 + \Delta\lambda \dots\dots\dots 2$$

Donde:

Tsl: Tiempo Sidéreo en el meridiano local

To: Es el tiempo sidéreo origen en el Meridiano estándar (en México M90 WG)

Tm: es el tiempo medio del meridiano estándar

C1: Corrección para el intervalo de tiempo medio (intervalo de tiempo medio por 0.0027379)

$\Delta\lambda$: Diferencia de longitudes

A continuación se encuentra el procedimiento de cálculo aplicado a estas ecuaciones.

Recordemos que se desea conocer el tiempo sidéreo a las 20^h del día 2 abril de 2002 en la facultad de Ingeniería de la UNAM cuya longitud en tiempo es de 6^h 36^m 44.21^s.

12^h 41^m 38.3^s Tiempo sidéreo para el 2 de abril de 2002 en el meridiano 90 W.G.

+ 20^h 00^m 00.00^s Intervalo de Tiempo medio desde las 0^h (Tiempo Medio del lugar)

03^m 17.129^s Corrección por intervalo de tiempo medio (0.002737909 x 20^h)

08^h 44^m 55.429^s Tiempo sidéreo en el meridiano 90 W.G. para las 20^h 2/Abril/02

— 36^m 44.21^s Diferencia de longitud entre el meridiano 90° y la F. Ingeniería.

08^h 08^m 11.219^s Tiempo Sidéreo en la Facultad de Ingeniería para las 20^h 2/Abril/02

Analicemos por ultimo que tan preciso es nuestro resultado, si bien es cierto que tenemos milésimas de segundo éstas provienen meramente de tomar hasta la milésima el resultado de multiplicar el intervalo de tiempo medio por 0.002737909, es decir de la corrección, pero de entrada el tiempo sidéreo dado en el anuario viene solo con una décima de segundo entonces se puede considerar realmente que el resultado no es preciso hasta la milésima de segundo y ni siquiera a la centésima.

Si tomamos en cuenta que el tiempo va a hacer un factor vital en las observaciones astronómicas debemos calcular un valor más preciso y esto se logra obteniendo un valor mas preciso en el tiempo sidéreo para las 0^h de un meridiano origen o estándar, y este es se puede obtener de otros anuarios o catálogos astronómicos.

El Apparent Places of Fundamental Stars (APFS) editado por el Astronomisches Rechen-Institut de Heidelberg proporciona el Tiempo sidéreo para las 0^h del meridiano 0 T. U., es decir para el meridiano de Greenwich.

El procedimiento de cálculo para obtener un tiempo sidéreo de cualquier meridiano a cualquier hora básicamente es el mismo.

Para apreciar la diferencia entre los métodos e recalcula el tiempo sidéreo ahora con base al meridiano de Greenwich como sigue.

Retomando los datos del tiempo sidéreo a las 20^h del día 2 abril de 2002 en la facultad de Ingeniería de la UNAM con longitud en tiempo de 6^h 36^m 44.21^s:

$$\begin{array}{r}
 20^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00.00^{\text{s}} \text{ Tiempo medio para las del meridiano } 90 \text{ W.G. } 2/\text{Abril}/02 \\
 + 06^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00.00^{\text{s}} \text{ Longitud en Tiempo para referir a Greenwich meridiano } 0^{\text{h}} \\
 \hline
 26^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00.00^{\text{s}} \\
 - 24^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00.00^{\text{s}} \\
 \hline
 02^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00.00^{\text{s}} \text{ Tiempo medio de Greenwich para } 3/\text{Abril}/02 \\
 + 12^{\text{h}} 44^{\text{m}} 36.274^{\text{s}} \text{ Tiempo sidéreo de Greenwich para } 3/\text{Abril}/02 \text{ a las } 0^{\text{h}} \\
 \quad 19.713^{\text{s}} \text{ Corrección por intervalo de tiempo medio para } 2^{\text{h}} \text{ (Tablas del APFS)} \\
 \hline
 14^{\text{h}} 44^{\text{m}} 55.987^{\text{s}} \text{ Tiempo sidéreo de Greenwich para } 3/\text{Abril}/02 \text{ a las } 2^{\text{h}} \\
 - 06^{\text{h}} 36^{\text{m}} 44.210^{\text{s}} \text{ Longitud del lugar Facultad de Ingeniería} \\
 \hline
 08^{\text{h}} 08^{\text{m}} 11.777^{\text{s}} \text{ Tiempo sidéreo del lugar a las } 20^{\text{h}} \text{ de tiempo medio, del } 2/\text{Abril}/02
 \end{array}$$

Este tiempo sidéreo es más preciso ya que de entrada el tiempo sidéreo para las 0^h del meridiano de Greenwich esta al milésimo de segundo y la corrección se puede tomar de tablas del APFS o multiplicar por 0.002737909 para el intervalo de tiempo, el resultado es prácticamente el mismo. Si fuéramos mas rigurosos a este tiempo se le debería de sumar una pequeña corrección por la variación de la nutación en ascensión recta entre las 0^h y el tiempo universal dado, esta variación viene siendo de unas cuantas milésimas de segundo por lo cual las podemos considerar que no influyen de manera tan significativa. En el método de Mayer para el cálculo de longitud esta corrección si debe ser considerada.

08 ^h 08 ^m 11.219 ^s	Tiempo sidéreo calculado con datos del Anuario del Observatorio Astronómico Nacional
08 ^h 08 ^m 11.777 ^s	Tiempo sidéreo calculado con datos del APFS
00.558 ^s	Diferencia.

Valor que se puede considerar significativo ya que estamos hablando de más de medio segundo. Por esto en este trabajo además de calcular el tiempo sidéreo con datos del APFS se ocupara este catalogo para los cálculos de latitud y longitud.

II.2 Precesión y Nutación .

A las observaciones astronómicas de precisión debe aplicarse una corrección debida a los movimientos de los polos terrestres, efectos producidos por la precesión y la nutación.

En los datos tabulados en los catálogos o anuarios astronómicos como en el caso del APFS hacen referencias de algunas consideraciones que se deben tener en cuenta para aplicar sus datos tabulados en observaciones astronómicas y casi todas estas consideraciones tienen que ver con estos dos movimientos por lo cual damos una breve explicación de ellos.

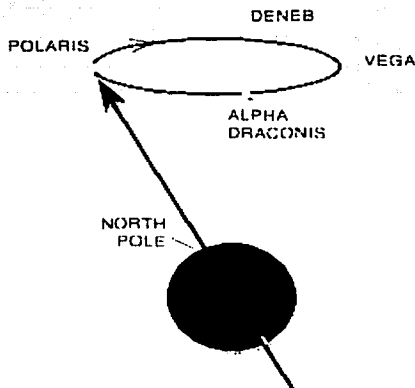
La precesión es un fenómeno conocido desde la antigüedad que no se explico, hasta que Newton enuncio su famosa ley gravitacional.

El fenómeno está motivado por tres razones:

- 1- La inclinación del eje terrestre (23.5°).
- 2- La tierra que no es exactamente una esfera, sino que esta achatada en los polos.
- 3- La influencia gravitatoria combinada del Sol y la Luna sobre la Tierra.

Como la tierra es una esfera achatada en los polos y el eje de rotación esta inclinado, la fuerza de atracción gravitacional del Sol y de la Luna sobre una mitad de la esfera, no es igual a la fuerza de atracción sobre la otra mitad. La fuerza de atracción, debida al Sol, sobre la mitad que está dirigida hacia él, es mayor que la fuerza de atracción sobre la mitad opuesta. Si en ese momento la Luna se encuentra en el lado opuesto al Sol, su atracción gravitacional será mayor sobre la mitad de la Tierra más cercana a ella.

Estas dos fuerzas desequilibradas, originan una fuerza de torsión en el eje terrestre que lo hace cambiar de orientación. Pero, como la tierra esta girando, ese cambio en la dirección del eje, se transforma en un movimiento circular alrededor de una línea perpendicular al plano de la órbita de la Tierra. De esta forma se origina el movimiento de precesión. Este movimiento se traduce en un desplazamiento del punto Aries a lo largo de la eclíptica y en sentido retrogrado, de unos $52.22''$ anuales. (Ver Figura II.3)

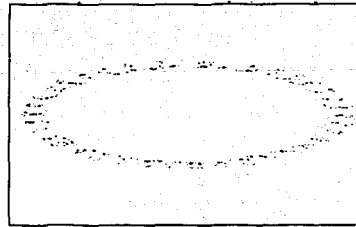


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura II.3

La duración del movimiento de precesión, es de 26000 años, por lo que sus efectos son perceptibles a través de muchos años.

El movimiento de Nutación, se debe a que la órbita de la Luna, está inclinada respecto al plano de la órbita de la Tierra. Esto origina perturbaciones en la dirección del eje terrestre, que se traducen en pequeñas onditas durante la precesión.



NUTACIÓN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura II.4

El movimiento de nutación completa un ciclo en 18 años y las amplitudes que alcanza son muy pequeñas. Esto hace que sea un movimiento imperceptible para todas las personas, excepto para los astrónomos.

II. 3. Puesta marcha del cronometro sidéreo

Existen estaciones de radio que continuamente están transmitiendo por onda corta el tiempo universal que como se menciona es el tiempo civil del meridiano cero o de Greenwich. Con estas radio - transmisiones que nos proporcionan el tiempo cada minuto podemos poner en marcha nuestro cronometro sidéreo.

Para el cálculo del azimut se utilizó un cronometro con una resolución de décima de segundo, marca Omega Olympic.

Una vez calculada la hora sidérea del lugar las manecillas del cronometro se colocan de tal manera para que marque esa hora y se espera a que el radio que esta transmitiendo el tiempo

universal de la hora y el minuto para la cual se cálculo ese tiempo sidéreo, en ese instante se echa andar nuestro cronometro.

Recordemos que el radio transmite el tiempo universal así que dependiendo del huso horario en que nos encontremos estaremos adelantados o atrasados con respecto al tiempo universal a menos que estemos lógicamente en la zona horaria regida por el meridiano 0^h , así pues en el ejemplo expuesto en este capitulo se determino la hora sidrería para el día 2 de abril de 2002 a las 20^{hrs} . pues para poner en marcha nuestro cronometro deberemos esperar a que el radio transmita las 02^{hrs} del 3 de abril de 2002 tiempo de Greenwich, ya que nos encontramos en el meridiano 90° o 6^h al oeste por lo que tenemos 6^{hrs} de retraso con respecto al tiempo de Greenwich.

Para determinaciones de longitud y latitud se utiliza un cronómetro sidéreo de mayor precisión. En este trabajo se realizaron operaciones con un cronómetro digital digital el cual tiene una resolución de milésima de segundo y que fue construido especialmente para este trabajo. A continuación se describe brevemente.

II.3.1 Descripción del cronometro sidéreo digital

El cronometro fue desarrollado para sustituir al cronógrafo que se conectaba junto con el radio amplificador al T-4 para poder obtener los registros de tiempo.

El cronometro actual fue desarrollado en una palm que despliega los registros de tiempo y un pequeño dispositivo que es propiamente el cronometro denominado PIC-CS.

El dispositivo se conecta a la palm y a un radio de onda corta que fue acondicionado para este fin, de tal manera que una vez calculado la hora sidérea se pone este valor en la palm y se espera a que el radio de la señal correspondiente para que automáticamente con el "bip" de este el cronometro arranque.

En seguida se expone un pequeño manual del Cronometro Sidéreo

Manual de Cronometro Sidéreo

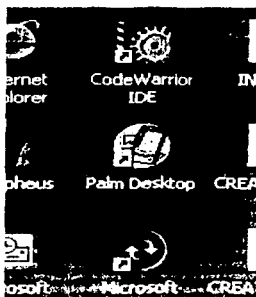
Cronometro Sidéreo consta de dos partes:

1. El cronometro PIC-CS
2. El software CSideral para Palm

Como instalar el Software CSideral a la Palm

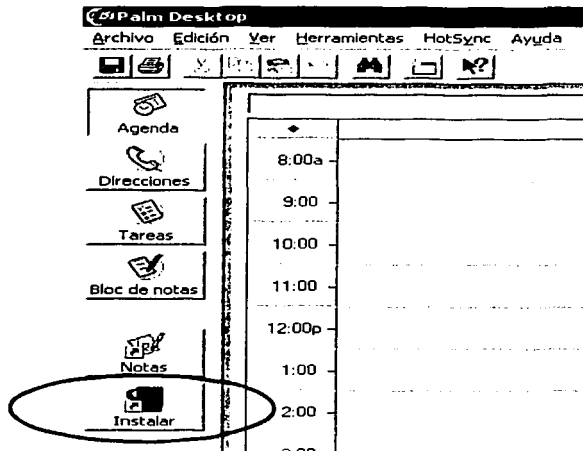
El software de CSideral se instala por medio de las herramientas dadas por el software "Palm DeskTop" proporcionado por Palm. El procedimiento es el siguiente:

1. Tener el software "Palm DeskTop"

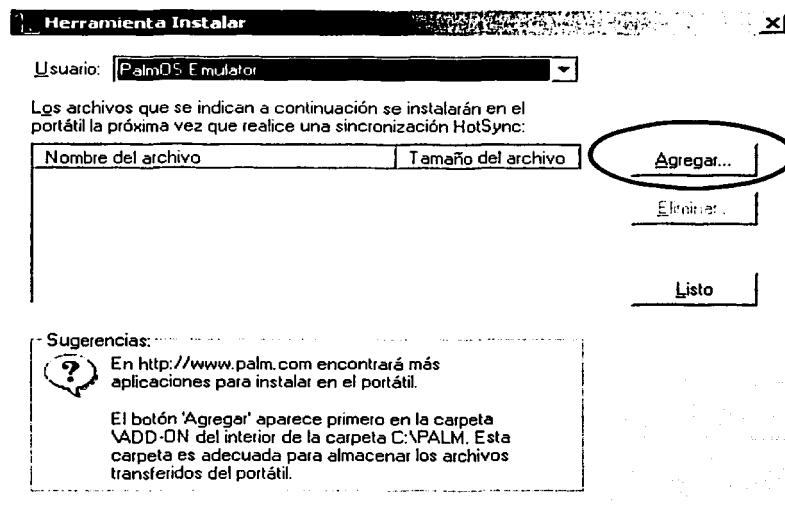


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

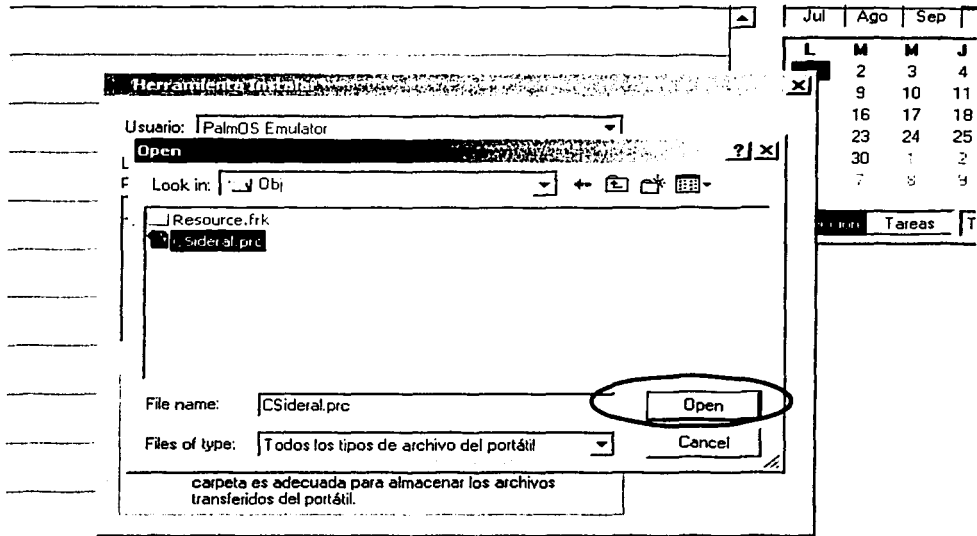
2. Insertar el disco que contiene CSideral.prc
3. Dar doble clic a "Palm DeskTop" y dar clic a "Instalar"



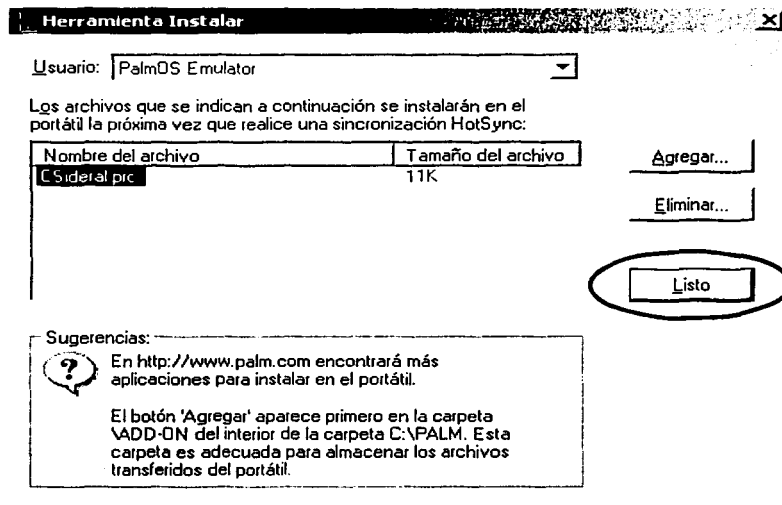
4. Dar clic a "Agregar..." y buscar el archivo CSideral.prc



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



5. Por último poner "Listo" y sincronizar la palm con ello se instalará la aplicación.

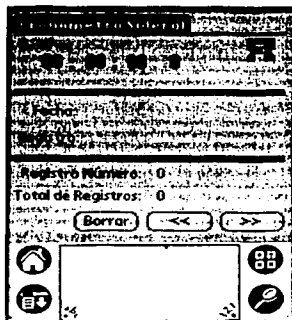


TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Con esto tendremos instalado CSideral en la Palm



Al dar un Tap a CSideral entrara al ambiente de medición además de crear, si no existe todavía, la base de datos donde guardará las lecturas tomadas.



Al inicio debe estar con ceros, es decir, sin ningún registro.

Contamos con tres botones los cuales tienen la siguiente función:



Este botón es para borrar el registro en curso reordenando los índices.



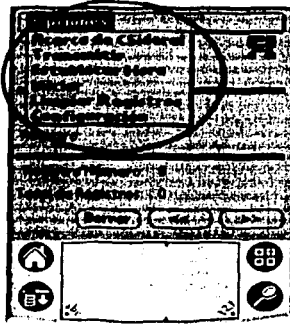
Retrocede un Registro.



Avanza un registro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

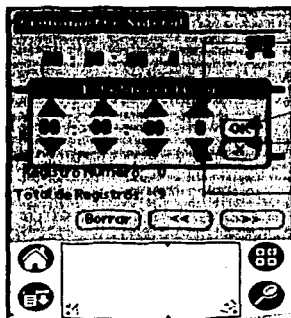
Se cuenta también con una serie de opciones como se muestra:



Acerca de CSideral: da información general de CSideral

Transmitir: Envía la base de datos a otra palm que tenga CSideral con el objetivo de compartir datos, si existieran datos en la Palm receptora no se pierden pues al enviarse solo inserta los nuevos valores en la receptora.

Establecer Hora: Este nos permite establecer la hora sidérea calculada para la fecha y hora que se aya establecido, esta es independiente de la hora interna.



Incrementa valor

Acepta las modificaciones

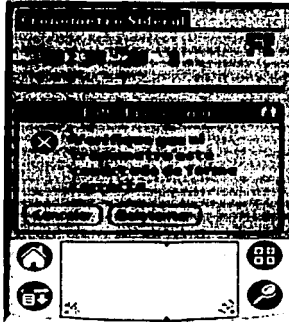
Cancela las modificaciones

Decrementa Valor

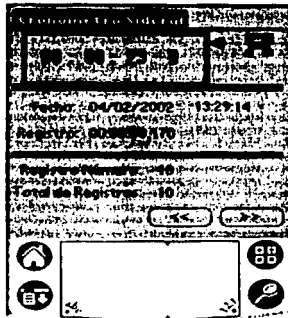
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Iniciar: Es la opción para que comience la captura de tiempo, este comando funciona conjuntamente con el cronometro que deberá estar encendido y conectado a la Palm, en

caso contrario saldrá un mensaje indicándola, además el foco de estado en el cronometro debe estar en rojo.



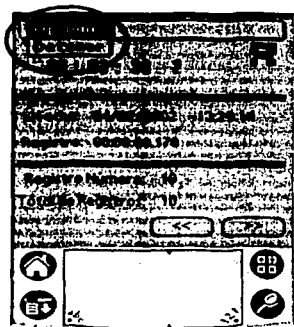
Si esta la conexión de forma correcta entonces el foco indicador del estado del cronometro pasara a verde, y esperará la señal de radio para que arranque el cronometro, esto se notara al incrementarse los valores en el tiempo establecido dentro de la palm.



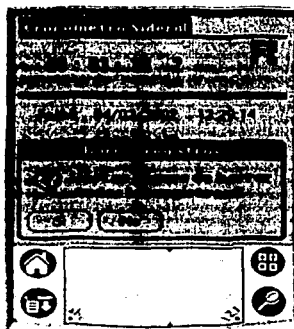
Cronometro

En este estado solo se tendrá una opción en el menú que será el de detener el cronometro, al hacerlo el foco que esta en verde deberá pasar a rojo indicando que se ha detenido. Cabe mencionar que mientras el cronometro esta corriendo no existe el botón de borrar, esta opción solo estará habilitada mientras este detenido el cronometro.

En este estado solo se tendrá una opción en el menú que será el de detener tal como se indica a continuación.



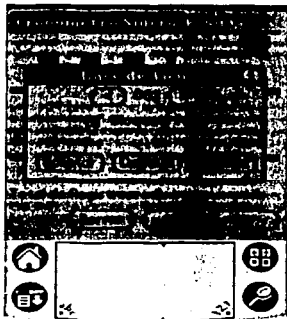
Limpiar Registros: Se encarga de borrar todos los registros de la base de datos, una vez borrados no se podrán recuperar.



Configuración: Este se encarga de ajustar el tiempo, se ajusta en dimensiones de microsegundos, no existe en si una relación entre la variable que se modifica y el tiempo, pues es una constante que utiliza internamente el cronometro PIC-CS, Además también maneja el bloqueo de la señal de radio.

Esta configuración es muy importante ya que realmente es la manera en que se pone el cronometro para que este corriendo en tiempo sidéreo ya que el cronometro no fue diseñado para que automáticamente corra en tiempo sidéreo sino que puede tener marchas diferentes dependiendo de la configuración.

El bloqueo de la señal se refiere a que el cronometro pueda arrancar automáticamente o manualmente y que también puede obtener los registros automáticamente o manualmente.



EL PIC-CS

El cronometro PIC-CS es quien lleva el tiempo sideral en milisegundos, se encarga también de detectar la señal de radio para comenzar y de mandar las lecturas a la Palm. Tiene un conector DB9 que es donde se conecta la palm, para ajustar la intensidad de la señal del radio tiene un foco rojo, el cual encenderá con la señal de radio, este debe de parpadear junto con el "tic" de la señal de radio que indica los segundos para asegurarse que cuando llegue la señal del minuto pueda detectarlo. Se debe poner la opción de **Iniciar** cuando se desee que arranque con el siguiente pulso indicado por el foco rojo. Utiliza una pila de 9V.

Se tiene también el conduit de CSideral, si deseas guardar los datos almacenados en la Palm a un archivo de texto se debe de correr el instalador que se llama "Instalar.bat" que se encargara de instalar el conduit y de registrarlo, de esta manera cada vez que sincronices tendrás un archivo de texto llamado "CSideral.txt" en la raíz de tu disco duro, estos datos solo se pueden bajar y no subir a la Palm. Una vez que tienes ese archivo puedes almacenarlo de la forma que desees solo hay que tener en cuenta que la siguiente vez que se sincronice se sobrescribirá el archivo. Para correr el instalador es necesario copiar el directorio "instalar" al disco duro y correr el Instalar.bat desde ahí, cuando acabe la instalación se puede borrar el directorio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.- Determinación de la Línea Meridiana

III.2 Método de observaciones a la polar bajo cualquier ángulo horario.

Los métodos más precisos para determinar la longitud y la latitud astronómica del lugar requieren la observación de estrellas en su paso por el meridiano y uno de los instrumentos más precisos para determinar el meridiano del lugar es el teodolito Universal Wild T-4, curiosamente el equipo antes de ser utilizado requiere de ciertas correcciones instrumentales y una de ellas requiere que el equipo sea colocado precisamente en el meridiano es por ello que se determinara el azimut de una línea base para poder determinar el meridiano del lugar lo más preciso posible, empleando métodos de primer orden en la determinación del azimut.

Empleando la tecnología moderna como es el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se han obtenido los datos necesarios como son la latitud y longitud del lugar, obtenidas con equipos y métodos geodésicos que nos proporcionan resultados de primer orden geodésico. Estos datos son utilizados en métodos astronómicos para determinar el azimut astronómico y así de manera indirecta determinar el meridiano. Se justifica la utilización de la longitud y la latitud geodésica ya que en teoría la latitud y la longitud geodésica no varían mucho con respecto a las astronómicas y por lo tanto no se alteran de una manera significativa el resultado del azimut.

Antes de entrar de lleno con la explicación en la determinación del azimut astronómico es necesario recordar algunos conceptos fundamentales de la astronomía de posición y de los sistemas de coordenadas celestes para poder establecer bajo que parámetros se tienen los cálculos que nos determinaran dicho azimut. El meridiano de un observador es el círculo máximo que pasa a través de ambos polos de la esfera celeste y el zenit del observador.

El azimut astronómico de una dirección se define como el ángulo diedro formado por el plano meridiano a través del zenit astronómico del observador y el plano vertical que contiene al observador y al punto que define la dirección dada. Generalmente se mide a partir del norte pero en muchos trabajos geodésicos se mide a partir del sur.

Las longitudes, latitudes y azimutes calculados y proyectados a una superficie de referencia como el ITRF92 empleado actualmente en México y que ocupa el elipsoide de referencia GRS80, se denominan longitudes, latitudes y azimutes geodésicos respectivamente y en las

estaciones donde se determinan estos parámetros el zenit esta definido por la dirección normal al esferoide de referencia.

Debido a la variación en la atracción horizontal causada por las irregularidades en la superficie física de la tierra y las densidades variables bajo la superficie, la dirección de la plomada no coincide en general, con la dirección normal al elipsoide en una estación y por consiguiente los azimutes geodésicos y astronómicos no son idénticos. Hay sin embargo, una definitiva relación entre estos dos azimutes en una estación. Los azimutes astronómicos y geodésicos, difieren una cantidad denominada **CORRECCIÓN LAPLACE**, la que se obtiene mediante la expresión.

$$(\lambda_A + \lambda_G) \text{ sen } \varphi$$

Donde φ , es la latitud geodésica de la estación y λ_A y λ_G son la longitudes astronómicas y geodésicas respectivamente de la estación. El azimut, obtenido por la suma de la corrección Laplace al azimut astronómico, se denomina Azimut Laplace o Azimut Geodésico.

III.2.1 Especificaciones para azimut Laplace o Azimut Geodésico.

Para determinar un azimut Laplace deben realizarse observaciones astronómicas con especificaciones que determinen precisiones de primer orden estas especificaciones son las siguientes:

1. En el hemisferio norte deberá usarse de preferencia la estrella Polaris.
2. Las observaciones deberán de efectuarse de preferencia en dos días consecutivos, equivalentes a dos noches.
3. Se efectuaran por lo menos dos series de observaciones, que consisten en 20 posiciones cada una, con un mínimo de 12 posiciones aceptables.
4. Cualquier posición con un residuo mayor de $\pm 5.00''$ del promedio de la serie se desechará.
5. El error probable del promedio del azimut astronómico final no excederá de $\pm 0.30''$
6. Para cada serie se calcula un promedio, si éstos difieren más de $1.00''$ se observara una tercera serie.
7. Cuando se observan mas de dos series se escogen cuando menos dos cuya diferencia no exceda de $1.00''$.

El método de observación a la estrella polar bajo cualquier ángulo horario requiere la lectura del círculo horizontal y el tiempo preciso de observación. Se prescinde de métodos que ocupan lecturas de círculo vertical, ya que la medida de distancias zenitales viene influenciada fundamentalmente por la refracción, aunque este error en cierta forma puede ser corregido es preferible no emplear los métodos que ocupen la altura o distancia zenital, Ya que de echo son métodos que no dan precisiones de primer orden.

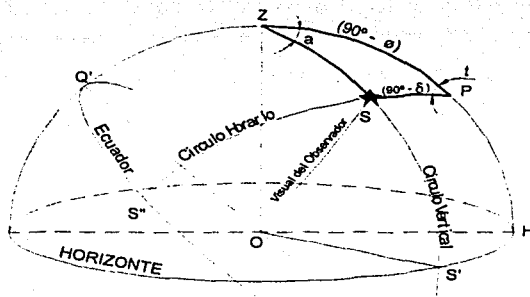


Figura. III -1

La Figura III-1 muestra la relación geométrica en las que se basa la ecuación que se ocupara para determinar el azimut. El método utiliza como elementos de cálculo el ángulo horario de la estrella (AH), la colatitud (90- φ) la codeclinación (90- δ), y la latitud astronómica del lugar. La declinación y la ascensión recta se obtienen del catalogo de estrellas APFS.

La fórmula a utilizar es:

$$\text{Tan}A = \frac{\text{sen}AH}{\cos \phi \text{Tan} \delta - \text{sen} \phi \cos AH} \quad \text{III.1}$$

Donde:

- AH: es el ángulo horario
- φ : es la latitud del lugar
- δ : es la declinación del lugar
- A : es el azimut de la estrella desde el norte en dirección de las manecillas del reloj.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.2 Registros de campo

Se debe utilizar un equipo que cumpla con ciertas especificaciones, en latitudes medias y bajas, las observaciones deben efectuarse con teodolitos del tipo T-3 ó T-4, en este caso las observaciones se hicieron con un teodolito del este tipo T-3.

El instrumento debe estar bien ajustado y descansar sobre un soporte estable. Realmente el trípode propio del instrumento no es lo suficientemente estable pero considerando ciertas precauciones se puede utilizar. El punto estación en este caso tiene una plataforma de concreto en la cual descansan las patas del trípode dándole la estabilidad necesaria.

El equipo se centra y nivela lo más cuidadosamente posible y se procura el menor movimiento alrededor del instrumento.

Las comparaciones de radio-cronómetro se hacen justamente antes de empezar las observaciones e inmediatamente después de ellas.

Procedimiento de observación.

1. Comparaciones radio-cronometro. Se deben realizar cuando menos tres comparaciones, pero es recomendable hacer cinco para después obtener un Δt promedio, así se disminuye el error que puede tener el anotador al comparar el radio con el cronometro.
2. Se centra y se biseca la señal, con el círculo vertical a la derecha y se hace doble coincidencia con el micrómetro para obtener la lectura.
3. Se da vuelta de campana y se vuelve a bisectar la señal y se a hace doble coincidencia con el micrómetro para obtener la segunda lectura.
4. Se vuelve a dar vuelta de campana y se visa a la polar realizando las siguientes instrucciones.
 - a) Al tener a la polar sobre el hilo horizontal y cerca del cruce se le dice al anotador "atención" para que este se prepare a tomar el tiempo cronométrico de observación.

- b) Se afina la puntería y da la voz de “op” en el instante de la bisección en ese preciso momento el anotador registra el tiempo cronométrico.
- c) Se leen los extremos de la burbuja de nivel de izquierda a derecha, con aproximación a un décimo de graduación.
- d) Se lee el círculo horizontal con dos coincidencias del micrómetro.
- e) Se coloca el instrumento con el círculo vertical a la izquierda y se repiten los pasos a, b, c, y d.
- f) En esta última posición se visa la señal y se lee el círculo horizontal con dos coincidencias del micrómetro.

Con esto queda concluida una posición y así se prosigue alternando las posiciones y preferentemente también los orígenes hasta completar 20 posiciones.

5. Si la señal tiene un ángulo de altura o depresión mayor a un grado, se debe leer el nivel en cada puntería a la señal, de la misma manera que cuando se observa a la polar. El ángulo deberá medirse dos veces, suficiente para toda la serie de 20 posiciones.

Otro método empleado es el Siguiente:

1. Hacer 4 punterías a la señal con el instrumento en posición directa
2. Girar azimutalmente y visar a la polar haciendo también cuatro punterías con respectivas lecturas de nivel y tiempos cronométricos
3. .- Invertir la posición del teodolito se repiten las observaciones a la polar.
4. Se gira azimutalmente para visar la señal con cuatro punterías.

De igual manera si la señal tiene un ángulo de altura o depresión mayor a un grado se deben hacer lecturas de nivel. Este proceso constituye una serie para obtener una posición y se recomiendan 36 posiciones.

El cálculo del azimut consiste esencialmente en dos operaciones; el cálculo del azimut de la estrella en el momento de la bisección y el cálculo del ángulo horizontal entre la estrella y la

señal, la combinación de estos dos resultados mediante una suma o resta de ellos nos da el azimut de la línea orientada.

Estas operaciones se realizan para cada posición de la serie, después se obtiene el promedio por serie y se comparan de acuerdo a las especificaciones, enseguida se calcula el promedio de las series y se les aplican las correcciones por aberración diurna, reducción a la estación, elevación de la señal y variación polar, con lo cual se obtiene el promedio final del azimut astronómico observado.

Para ilustrar el método y cálculo del azimut expondremos la metodología de cálculo para una serie de 20 posiciones.

Todas las anotaciones se llevan en el registro de campo, en donde se incluyen todos los datos necesarios para el cálculo del azimut como son, la fecha, nombre de la estación, las comparaciones, lecturas de niveles, latitud, longitud, etc., en las siguientes paginas se observa los registros de campo para una serie de quince posiciones del día 07 de febrero de 2002.

III.2.3 Transformación de tiempo medio a tiempo sidéreo

Dado que se tomaron los tiempos cronométricos con un reloj que no corre en tiempo sidéreo, y aun si se hubieran tomado con un cronometro sidéreo, siempre se debe verificar el estado del reloj y su marcha. Entendiéndose por estado a la diferencia entre la hora que marca y la que debería de marcar y marcha a la variación de estados en un cierto intervalo de tiempo.

Esto es con el fin de aplicar las pequeñas correcciones cronométricas (Δt) a los tiempos cronométricos registrados en cada posición y así obtener el tiempo sidéreo local de observación correcto. Por este motivo se deben hacer las radio comparaciones correspondientes antes de empezar a observar e inmediatamente después de terminar.

Recordemos que el radio transmite la hora Universal que es la hora civil de Greenwich, y nosotros vamos a comparar esa hora con la que marca el cronómetro que debe llevar la hora

sidérea local, se hace necesario entonces que se transforme ese tiempo medio de Greenwich a tiempo sidéreo local . El tiempo sidéreo local calculado se comparara con los tiempos cronometrados para así determinar nuestra diferencia de tiempos es decir nuestro Δt del reloj . En el capítulo del cronómetro sidéreo se explica ampliamente el cálculo de transformación de tiempo medio a sidéreo.

Un Δt promedio al principio y un Δt al final de las observaciones nos proporcionar la información necesaria para poder corregir por interpolación nuestros tiempos cronometrados.

A manera de ejemplo calcularemos un solo tiempo sidéreo local de la misma manera se calculan todos los demás.

02 ^h 26 ^m 00.000 ^s	Tiempo que marca la señal de radio.
09 ^h 11 ^m 42.392 ^s	Tiempo sidéreo para el 8 de febrero de 2002 en el Meridiano de Greenwich (M.G.)
+	23.984 Corrección por intervalo de tiempo medio de 2 ^h 26 ^m
<hr/>	
11 ^h 38 ^m 06.376 ^s	Tiempo Sidéreo en el M.G.
-	06 ^h 36 ^m 44.210 ^s Longitud del lugar.
<hr/>	
05 ^h 01 ^m 22.166 ^s	Tiempo sidéreo local

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.4 Determinación del ΔT del reloj

En la siguientes tablas se muestran las radio comparaciones con los resultados de todas las radio comparaciones antes y después de observar.

Ejemplo:

Primeras radio comparaciones 7 de febrero de 2002 Ciudad de México.

Radio	T. Cronometrado	T. Calculado	ΔT
02 ^h 26 ^m	5 ^h 01 ^m 22.1 ^s	5 ^h 01 ^m 22.166 ^s	+0.006 ^s
02 ^h 27 ^m	5 ^h 02 ^m 22.2 ^s	5 ^h 02 ^m 22.223 ^s	+0.033 ^s
02 ^h 28 ^m	5 ^h 03 ^m 22.3 ^s	5 ^h 03 ^m 22.495 ^s	+0.195 ^s
02 ^h 29 ^m	5 ^h 04 ^m 22.4 ^s	5 ^h 04 ^m 22.659 ^s	+0.263 ^s
02 ^h 30 ^m	5 ^h 05 ^m 22.5 ^s	5 ^h 05 ^m 22.823 ^s	+0.323 ^s
02 ^h 31 ^m	5 ^h 06 ^m 22.6 ^s	5 ^h 06 ^m 22.987 ^s	+0.387 ^s

$$\Delta T1 \text{ promedio} = 0.211^{\text{seg}}$$

$$\text{Tiempo promedio}_1 (T1) = 5^{\text{h}} 03^{\text{m}} 52.35^{\text{s}}$$

Segundas radio comparaciones 8 de febrero de 2002 Ciudad de México.

Radio	T. Cronometrado	T. Calculado	ΔT
09 ^h 06 ^m	11 ^h 42 ^m 11.6 ^s	11 ^h 42 ^m 27.876 ^s	+16.276 ^s
09 ^h 07 ^m	11 ^h 43 ^m 11.5 ^s	11 ^h 43 ^m 28.040 ^s	+16.540 ^s
09 ^h 08 ^m	11 ^h 44 ^m 11.6 ^s	11 ^h 44 ^m 28.204 ^s	+16.604 ^s
09 ^h 09 ^m	11 ^h 45 ^m 11.7 ^s	11 ^h 45 ^m 28.369 ^s	+16.669 ^s
09 ^h 10 ^m	11 ^h 46 ^m 11.7 ^s	11 ^h 46 ^m 28.533 ^s	+16.833 ^s
09 ^h 11 ^m	11 ^h 47 ^m 11.9 ^s	11 ^h 47 ^m 28.697 ^s	+16.797 ^s

$$\Delta T2 \text{ promedio} = 16.620^{\text{seg}}$$

$$\text{Tiempo promedio}_2 (T2) = 11^{\text{h}} 44^{\text{m}} 41.666^{\text{s}}$$

Con estos $\Delta T1$, $\Delta T2$ y $T1$, $T2$, por medio de interpolación se corrigen los tiempo cronometrados la interpolación se hace utilizando un polinomio de Lagrange de 1er orden.

$$T$$

$$5^{\text{h}} 03^{\text{m}} 52.35^{\text{s}}$$

$T_{\text{cronometrado}}$

$$11^{\text{h}} 44^{\text{m}} 41.666^{\text{s}}$$

ΔT

$$0.211^{\text{seg}}$$

$\Delta T_{\text{correspondiente}}$

$$16.620^{\text{seg}}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Utilizando el polinomio de Lagrange de 1er orden nuestra ecuación general para calcular los ΔT quedara de la siguiente manera

$$\frac{T_c - T_2}{T_1 - T_2} * \Delta T_1 + \frac{T_c - T_1}{T_2 - T_1} * \Delta T_2$$

Donde

T_c : es el tiempo promedio cronometrado en una posición.

Aplicando esta fórmula tenemos los siguientes resultados

Pos.	T_c	Corrección (Seg.)	Tiempo corregido
1	6 ^h 33 ^m 57.70 ^s	3.899	6 ^h 34 ^m 01.599 ^s
2	6 ^h 43 ^m 58.40 ^s	4.308	6 ^h 44 ^m 02.708 ^s
3	6 ^h 50 ^m 02.50 ^s	4.557	6 ^h 50 ^m 07.057 ^s
4	6 ^h 56 ^m 43.35 ^s	4.831	6 ^h 56 ^m 48.181 ^s
5	7 ^h 02 ^m 51.55 ^s	5.082	7 ^h 02 ^m 56.632 ^s
6	7 ^h 09 ^m 26.40 ^s	5.351	7 ^h 09 ^m 31.751 ^s
7	7 ^h 15 ^m 37.75 ^s	5.605	7 ^h 15 ^m 43.355 ^s
8	7 ^h 22 ^m 08.40 ^s	5.871	7 ^h 22 ^m 14.271 ^s
9	7 ^h 26 ^m 37.90 ^s	6.055	7 ^h 26 ^m 43.955 ^s
10	7 ^h 33 ^m 58.75 ^s	6.356	7 ^h 34 ^m 05.106 ^s
11	7 ^h 42 ^m 09.10 ^s	6.691	7 ^h 42 ^m 15.791 ^s
12	7 ^h 47 ^m 48.60 ^s	6.922	7 ^h 47 ^m 55.522 ^s
13	7 ^h 53 ^m 44.95 ^s	7.165	7 ^h 53 ^m 52.115 ^s
14	7 ^h 59 ^m 09.15 ^s	7.387	7 ^h 59 ^m 16.537 ^s
15	8 ^h 04 ^m 05.05 ^s	7.589	8 ^h 04 ^m 12.639 ^s

Como los ΔT fueron positivos también todas las correcciones son positivas esto quiere decir que las correcciones se suman a los tiempos promedios cronometrados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.5 Determinación de ascensión recta y declinación para la época media de observación.

En trabajos de primer orden no basta con tomar los datos de α y δ de la fecha de observación tal y como están en los anuarios sino que se requiere de algo más preciso.

Dado que α y δ varían de un día a otro, lo que se busca es obtener la posición aparente más cercana de Ursae Minoris (la polar) para el momento de la observación.

El catálogo APFS nos proporciona las posiciones aparentes de la estrella polar para cada tránsito superior por Greenwich todos los días del año. La ascensión recta y la declinación están referidas al ecuador y equinoccio verdaderos de la fecha e incluye los cortos periodos de nutación. Tanto ascensión recta como declinación se proporcionan con tres cifras decimales.

Generalmente para determinar la época media local es suficiente con la media del tiempo sidéreo local de la primera y última observación, solo cuidando que no disten más de cuatro horas.

Ejemplo.

06^h 33^m 05.70^{seg} Tiempo cronométrico de la primera posición.

08^h 04^m 05.05^{seg} Tiempo cronométrico de la última posición.

El promedio de las anteriores es:

+ 07^h 18^m 35.3^{seg} Época media de las observaciones (T.S.L)

06^h 36^m 44^{seg} Longitud del lugar

13^h 55^m 19.99^{seg} Tiempo sidéreo en Greenwich de la época media

- 09^h 11^m 42.39^{seg} Tiempo sidéreo a las 0^h de Greenwich 8/feb/02

04^h 43^m 36.99^{seg} Intervalo de tiempo sidéreo

283.6165 En minutos.

Para expresar en fracción de día se debería dividir entre 1440 pero hay que considerar que tenemos 24.066 horas siderales o 1444 minutos siderales en un día civil por lo que dividimos entre 1444.

284.6165/1444 = 0.197 día después de las 0^h de febrero 8 de 2002.

Esto quiere decir que nuestra época media de observación referida a la fecha civil en Greenwich es febrero 8.197 de 2002.

Considerando que la ascensión recta y la declinación que se encuentran tabuladas en el catalogo APFS están dadas para el transito superior de Greenwich tenemos que:

$\alpha = 2^h 33^m 31.829^{scg}$ para el 8 de febrero, y como es a la hora del transito superior es decir que el ángulo horario es cero entonces.

$\alpha =$ Tiempo Sidéreo Local (T.S.L.)

Lo que se hará es calcular el intervalo sidéreo a partir de las cero horas del meridiano de Greenwich a la hora de paso de la estrella polar, es decir, la fecha civil en Greenwich para la cual esta tabulada α y δ de la estrella polar.

$09^h 11^m 42.392^{scg}$ Tiempo sidéreo a las 0^h de Greenwich 8/feb/02

$02^h 33^m 31.829^{scg}$ Ascensión recta para el 8 de febrero en el transito superior

$17^h 21^m 49.437^{scg}$ Intervalo de tiempo sidéreo

Como el tiempo sidéreo es $09^h 11^m 42.392^{scg}$ para las cero horas de tiempo civil en el meridiano de Greenwich, lógicamente al llegar a 24^h sidéreas empezara un nuevo día sidéreo y esto no indica que el día civil allá terminado. Por lo que el intervalo determinado arriba es 24^h menos las $09^h 11^m 42.392^{scg}$, mas $02^h 33^m 31.829^{scg}$ que es la ascensión recta para dicha fecha.

Una vez determinado el intervalo sidéreo entre la hora de paso de la polar y la hora sidérea para las cero horas se expresan estos resultados en fracción de días.

$17^h 21^m 49.437^{scg}$ Intervalo de tiempo sidéreo

1041.824 En minutos.

$1041.824/1444 = 0.721$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por lo que la fecha civil para la cual esta realmente tabulada la ascensión recta y la declinación es febrero 8.721 de 2002, entonces :

febrero 8.197 de 2002 Época media de observación referida a la fecha civil de Greenwich.

febrero 8.721 de 2002 Fracción de día a la que están tabuladas α y δ .

Como observamos nuestra época media de observación debe estar comprendida entre los valores tabulados en el APFS que proporcionan la ascensión recta y declinación para el 7 y 8 de febrero de 2002. Entonces se necesita calcular la fracción de día civil para la cual esta tabulada α y δ del día 7 de febrero de 2002.

Siguiendo el procedimiento anterior:

09^h 07^m 45.831^{scg} Tiempo sidéreo a las 0^h de Greenwich 7/feb/02

02^h 33^m 33.420^{scg} Ascensión recta para el 7 de febrero en el transito
superior

17^h 25^m 47.589^{scg} Intervalo de tiempo sidéreo

1045.793 En minutos

1045.793/1444 = 0.724

por lo que tenemos febrero 7.724 de 02, fecha civil para la cual esta tabulada la ascensión recta y declinación. Con estos valores procedemos a interpolar de la manera:

febrero 7.724 de 02 \longrightarrow 02^h 33^m 33.420^{scg}

febrero 8.197 de 02 \longrightarrow α

febrero 8.721 de 02 \longrightarrow 02^h 33^m 31.829^{scg}

$(8.197-8.721) \cdot (02^h 33^m 33.420^{scg}) + (8.197-7.724) \cdot (02^h 33^m 31.829^s)$

$(7.724-8.72)$ $(8.721-7.724)$

$\alpha = 2^h 33^m 32.665^{scg}$ que es la ascensión recta referida a la época media de observación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Interpolando de la misma manera para obtener la declinación tenemos de resultado:

febrero	7.724	de	02	→	89° 16' 39.206"
febrero	8.197	de	02	→	δ
febrero	8.721	de	02	→	89° 16' 39.211"

$$\delta = 89^{\circ} 16' 39.208''$$

Por lo tanto la ascensión recta y la declinación calculadas para la época media y que se utilizaran en los cálculos son:

$$\alpha = 2^{\text{h}} 33^{\text{m}} 32.665^{\text{seg}}$$

$$\delta = 89^{\circ} 16' 39.208''$$

III.2.6 Determinación del ángulo horario

Una vez calculadas la ascensión recta y la declinación, se procede a calcular el ángulo horario (AH), Este se obtiene fácilmente considerando si recordamos que:

$$T_{S.L.} = \alpha + AH$$

Donde:

- α : Ascensión recta
- $T_{S.L.}$: Tiempo sidéreo local
- AH : Angulo Horario

Por lo tanto solo despejamos AH quedando:

$$AH = T_{S.L.} - \alpha$$

con el ángulo horario calculado tenemos todos los elementos para calcular el azimut de la estréllalas mediante la fórmula:

$$\tan A = \frac{\text{sen} AH}{\cos \varphi \text{Tan} \delta - \text{sen} \varphi \cos AH}$$

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Determinación del Angulo horario y el azimut de la estrella polar

En la siguiente tabla se muestra la obtención del ángulo horario.

Pos	Tiempo Sidéreo Local Corregido	Ascensión Recta A	Angulo Horario (AH)	En Grados
1	6 ^h 34 ^m 01.599 ^s	2 ^h 33 ^m 32.665 ^{seg}	4 ^h 00 ^m 28.934 ^{seg}	60 07 14.010
2	6 ^h 44 ^m 02.708 ^s	2 ^h 33 ^m 32.665 ^{seg}	4 ^h 10 ^m 30.043 ^{seg}	62 37 30.645
3	6 ^h 50 ^m 07.057 ^s	2 ^h 33 ^m 32.665 ^{seg}	4 ^h 16 ^m 34.392 ^{seg}	64 08 35.880
4	6 ^h 56 ^m 48.181 ^s	2 ^h 33 ^m 32.665 ^{seg}	4 ^h 23 ^m 15.516 ^{seg}	65 48 52.740
5	7 ^h 02 ^m 56.632 ^s	2 ^h 33 ^m 32.665 ^{seg}	4 ^h 29 ^m 23.967 ^{seg}	67 20 59.505
6	7 ^h 09 ^m 31.751 ^s	2 ^h 33 ^m 32.665 ^{seg}	4 ^h 35 ^m 59.089 ^{seg}	68 59 46.290
7	7 ^h 15 ^m 43.355 ^s	2 ^h 33 ^m 32.665 ^{seg}	4 ^h 42 ^m 10.690 ^{seg}	70 32 40.350
8	7 ^h 22 ^m 14.271 ^s	2 ^h 33 ^m 32.665 ^{seg}	4 ^h 48 ^m 41.606 ^{seg}	72 10 24.090
9	7 ^h 26 ^m 43.955 ^s	2 ^h 33 ^m 32.665 ^{seg}	4 ^h 53 ^m 11.290 ^{seg}	73 17 49.350
10	7 ^h 34 ^m 05.106 ^s	2 ^h 33 ^m 32.665 ^{seg}	5 ^h 00 ^m 32.441 ^{seg}	75 08 06.615
11	7 ^h 42 ^m 15.791 ^s	2 ^h 33 ^m 32.665 ^{seg}	5 ^h 08 ^m 43.136 ^{seg}	77 10 46.890
12	7 ^h 47 ^m 55.522 ^s	2 ^h 33 ^m 32.665 ^{seg}	5 ^h 14 ^m 22.857 ^{seg}	78 35 42.855
13	7 ^h 53 ^m 52.115 ^s	2 ^h 33 ^m 32.665 ^{seg}	5 ^h 20 ^m 19.450 ^{seg}	80 04 51.750
14	7 ^h 59 ^m 16.537 ^s	2 ^h 33 ^m 32.665 ^{seg}	5 ^h 25 ^m 43.572 ^{seg}	81 25 58.080
15	8 ^h 04 ^m 12.639 ^s	2 ^h 33 ^m 32.665 ^{seg}	5 ^h 30 ^m 39.974 ^{seg}	82 39 59.610

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.7 Cálculo del Azimut de la polar

La declinación ya ha sido calculada para la época media de observación de esta manera solo nos falta conocer la latitud del lugar, dato que se ha obtenido a través de la tecnología GPS, por procedimientos que proporcionan la latitud con precisiones geodésicas para la estación y esta es:

$$\varphi = 19^{\circ} 19' 54.939''$$

Ahora si aplicando la fórmula III.1 entonces se determina el azimut de la estrella polar. La tabla muestra los valores obtenidos para cada posición, en esta solo ponemos el ángulo horario ya que es el único valor que va cambiando en la fórmula.

Pos	Angulo horario AH	Azimut de la Polar A
1	60 07 14.010	-0° 39' 55.098''
2	62 37 30.645	-0° 40' 52.523''
3	64 08 35.880	-0° 41' 25.042''
4	65 48 52.740	-0° 41' 58.813''
5	67 20 59.505	-0° 42' 27.935''
6	68 59 46.290	-0° 42' 57.122''
7	70 32 40.350	-0° 43' 22.621''
8	72 10 24.090	-0° 43' 47.386''
9	73 17 49.350	-0° 44' 03.229''
10	75 08 06.615	-0° 44' 26.943''
11	77 10 46.890	-0° 44' 50.083''
12	78 35 42.855	-0° 45' 04.094''
13	80 04 51.750	-0° 45' 17.021''
14	81 25 58.080	-0° 45' 27.190''
15	82 39 59.610	-0° 45' 35.146''

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ejemplo de cálculo para la primera posición

$$\text{Tan}A = \frac{\text{sen}AH}{\cos\varphi \text{Tan}\delta - \text{sen}\varphi \cos AH}$$

$$\text{Tan}A = \frac{\text{sen}(60^{\circ}07'14."010)}{\cos(19^{\circ}19'54."939)\text{Tan}(89^{\circ}16'39."208) - \text{sen}(19^{\circ}19'54."939)\cos(60^{\circ}07'14."010)}$$

$$\text{Tan} A = -0.0116122846$$

$$A = \text{Arc Tan} (-0.0116122846)$$

$$A = -0^{\circ} 39' 55.098''$$

De la misma manera se calculan las demás observaciones. El uso de las calculadoras programables actualmente agilizan todos estos cálculos.

III.2.8 Corrección por inclinación y curvatura

Corrección por curvatura.

En el método empleado para determinar el azimut necesitamos hacer doble puntería a la estrella polar, tanto en posición directa como en inversa, el azimut resultante se calcula mediante la fórmula III-1, usando como valor el ángulo horario "AH", que es el ángulo horario promedio de visar en directo e inverso, el azimut así calculado será el azimut del ángulo horario medio de la observación; ya que no es lo mismo si tomamos el promedio de los azimutes calculados por separado, es decir para cada posición del instrumento; un azimut para la posición directa y otro para la posición inversa. Ya que la proporción de cambio del azimut es constantemente variable debido a la curvatura de la trayectoria aparente de la estrella. La diferencia es pequeña aunque no siempre despreciable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La fórmula general de corrección por curvatura es:

$$(\tan A)^{1/n} \sum \left(\frac{2 \operatorname{Sen}^2 \frac{1}{2} \tau}{\operatorname{sen} l''} \right)$$

Donde:

A: azimut de la estrella polar a partir del norte,

n: numero de punterías

τ : Intervalo entre la media del ángulo horario y un ángulo horario en particular.

En este método empleado de observación $n = 2$ y 2τ es el intervalo entre la visual en posición directa e inversa. Para la estrella polar se puede obtener la corrección por curvatura por medio de la tabla .

Corrección por curvatura polaris

2 τ Azimut de la polaris	1 ^m	2 ^m	3 ^m	4 ^m	5 ^m	6 ^m	7 ^m	8 ^m	9 ^m	10 ^m
0 0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
10	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1
20	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.2	.2	.3
30	.0	.0	.0	.1	.1	.2	.2	.3	.3	.4
40	.0	.0	.1	.1	.1	.2	.3	.4	.5	.6
50	.0	.0	.1	.1	.2	.3	.3	.5	.6	.7
1 00	.0	.0	.1	.1	.2	.3	.4	.5	.7	.9
10	.0	.0	.1	.2	.2	.4	.5	.6	.8	1.0
20	.0	.0	.1	.2	.3	.4	.6	.7	.9	1.1
30	.0	.0	.1	.2	.3	.5	.6	.8	1.0	1.3
40	.0	.1	.1	.2	.4	.5	.7	.9	1.2	1.4
50	.0	.1	.1	.3	.4	.6	.8	1.0	1.3	1.6
2 00	.0	.1	.2	.3	.4	.6	.8	1.1	1.4	1.7
10	.0	.1	.2	.3	.5	.7	.9	1.2	1.5	1.9
20	.0	.1	.2	.3	.5	.7	1.0	1.3	1.6	2.0
30	.0	.1	.2	.3	.5	.8	1.1	1.4	1.7	2.1
40	.0	.1	.2	.4	.6	.8	1.1	1.5	1.9	2.3
50	.0	.1	.2	.4	.6	.9	1.2	1.6	2.0	2.4
3 00	.0	.1	.2	.4	.6	.9	1.3	1.6	2.1	2.6
10	.0	.1	.2	.4	.7	1.0	1.3	1.7	2.2	2.7

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los argumentos para entrar a la tabla son el azimut e intervalo de tiempo entre las dos posiciones. Esta corrección se aplica al azimut de la estrella de cada posición calculada y su signo es positivo cuando la estrella esta al oeste y negativo cuando esta al este del norte.

Ejemplo:

Posición	1	2
(A) a partir del norte	-00° 39' 55.098"	-00° 40' 52.523"
Intervalo de tiempo entre las Dos posiciones	00° 02' 44.20"	00° 05' 22.20"
Corrección por curvatura	+08"	+2"
Azimut Corregido	-00° 39' 55.018"	-00° 40' 52.323"

Corrección por inclinación

Si el instrumento estuviera perfectamente nivelado y durante las observaciones no se presentaran ninguna perturbación que desnivelara el instrumento en lo más mínimo esta corrección seria cero. Pero en la práctica no sucede así, además para trabajos que arrojan precisiones de primer orden siempre se consideran las más pequeñas causas de error a fin de ser compensadas.

Esta corrección se da por las pequeñas inclinaciones que se tienen en el eje horizontal del aparato y que es observada a través de los sensibles niveles que tienen los equipos utilizados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La corrección es de la siguiente manera:

Al promedio de las lecturas del círculo horizontal en las dos posiciones visando a la estrella polar debe aplicársele esta corrección cuya fórmula es:

$$(d/4) * \text{Tan } h [(\Delta I) - (\Delta D)]$$

Donde:

d: Valor en segundos de arco de una división del nivel

h: Altura de la estrella polar

ΔI : Diferencia aritmética de las lecturas del extremo izquierdo de la burbuja en sus dos posiciones

ΔD : Diferencia aritmética de las lecturas del extremo derecho de la burbuja en sus dos posiciones

El dato faltante para calcular esta corrección es la altura pero cuando se observa a la estrella polar y no se mide su distancia zenital, la altura puede ser obtenida mediante la fórmula:

$$\text{Sen } h = \text{Sen } \varphi \text{ Sen } \delta + \text{Cos } \varphi \text{ Cos } \delta \text{ Cos } AH$$

Donde:

φ : Latitud del lugar.

δ : Declinación de la estrella visada

AH : Angulo horario.

En la tabla se resumen los resultados para la serie de ejemplo.

Pos	Angulo horario	Altura (h)
	° ' "	° ' "
1	60 07 14.010	19 41 25
2	62 37 30.645	19 39 45
3	64 08 35.880	19 38 44
4	65 48 52.740	19 37 34
5	67 20 59.505	19 36 30
6	68 59 46.290	19 35 21
7	70 32 40.350	19 34 15
8	72 10 24.090	19 33 05
9	73 17 49.350	19 32 16
10	75 08 06.615	19 30 55
11	77 10 46.890	19 29 25
12	78 35 42.855	19 28 22
13	80 04 51.750	19 27 16
14	81 25 58.080	19 26 15
15	82 39 59.610	19 25 20

La altura calculada al minuto proporciona la precisión necesaria para los cálculos correspondientes.

Ejemplo de cálculo para la posición 1:

Lecturas de nivel :

Izq. Der.

12.5 42.2

38.3 8.2

$\Delta I = 25.8$ $\Delta D = 34.0$

$$\Delta I - \Delta D = -8.2$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En el cálculo para obtener el valor de una división del nivel del equipo Wild T3 se obtuvo el valor de:

$$d = 7.739 \text{ "}$$

$$d/4 = 1.93475 \text{ "}$$

para la primera posición tenemos una altura de

$$h = 19^\circ 41' 25 \text{ "}$$

Aplicando la fórmula

$$(d/4) * \text{Tan } h [(\Delta I) - (\Delta D)] \\ 1.93475 \text{ " Tan } (19^\circ 41' 25 \text{ "}) [-8.2] = -5.677 \text{ "}$$

valor que se suma algebraicamente al promedio de las lecturas del círculo horizontal visando a la estrella.

Lectura promedio del círculo horizontal visando a la estrella	226° 35' 52.15"
Corrección por inclinación	-05.677"
Lectura corregida	226° 35' 46.473"

Todos los resultados de la serie se pondrán en un formulario que mas adelante resume todo el proceso de cálculo del azimut.

III.2.9 Angulo señal-polar azimut de la línea

La lectura corregida del círculo horizontal visando a la estrella polar se sustrae de la lectura correspondiente visando a la señal si sale un ángulo negativo se suman 360°, el resultado es la dirección de la marca medida desde la estrella polar es decir el ángulo desde la polar hasta la señal medido en el sentido de las manecillas del reloj , a esta dirección se le suma algebraicamente el azimut corregido de la estrella polar y el resultado es el azimut medido a partir del norte.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ejemplo:

Lectura visando a la señal	90° 00' 56.785"
Lectura corregida visando a la polar	226° 35' 46.473"
Angulo señal-polar	223° 25' 10.312"
Azimut corregido de la polar	-00° 39' 55.018"
Angulo señal-polar	223° 25' 10.312"
Azimut de la línea a partir del norte	222° 45' 15.294"

+360

El siguiente formulario muestra el proceso de cálculo para las 15 posiciones de la serie.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

REGISTRO DE CAMPO PARA EL CALCULO DEL AZIMUT POR MEDIO DE OBSERVACIONES A LA ESTRELLA POLAR

MÉTODO: OBSERVACIONES A LA ESTRELLA POLAR EN CUALQUIER POSICION

APARATO: Wild T-3 ANOTO: Claudia Hegués ESTACION: Ciudad Universitaria LAT: 19 14 54 939 T.S. A LAS 0 Hrs: 9 11 42 342
 FECHA: 7/02/02 OBSERVO: Erik de Valle S. LUGAR: Facultad de Ing. LONG: 06 36 44 210

SERIE	EST.	P.V.	POS.	TIEMPO CRON.	A. HORIZONTAL	2a LEC. MIC.	LEC. A.H.	PROMEDIO D. y I.	LEC. NIVEL	HORA SIDERIA
MOS	Sen		D		210 00 23.26	23.24	210 00 57.18		11.5 Nivel	Determinación del
			I		90 00 22.21	22.21	90 00 56.42	90 00 56.785	7 4.2	Tiempo sideria
									NIVEL	20 25 Tm Local
									12.0	0.0
Polvo	I	6 33	35.6		226 34 54.25	59.71	226 35 59.56		12.5 -12.2	3 25 Tm M.S.
			D	6 35 19.8	46 34 52.39	52.35	46 35 44.71	226 35 52.12	38.3 8.2	9 11 42.342 H.S. 0 ^h 11.5
				6 33 57.70					25.8 34.0	23 20 Corrección
				02' 44.20					-8.2	11 32 35.212
MOS	Sen		D		270 00 26.72	26.72	270 00 53.44			06 36 44 210 Long. sid. 1900
			I		90 00 27.32	27.50	90 00 54.82	90 00 54.13		5 00 22.002 T.S.C
Polvo	I	6 41	17 3		226 34 34.68	34.54	226 35 09.22		12.8 42.8	
			D	6 46 39.5	46 34 22.59	22.51	46 34 56.90	226 35 03.06	39.0 8.1	
				6 45 58.4					26.2 34.0	Revisión - Correcciones
				05 22.2					-7.8	
										RADIO
										CRON.
MOS	Sen		D		270 00 27.10	26.90	270 00 53.50			su comparación
			I		90 00 27.80	27.82	90 00 55.62	90 00 54.56		02 26 5 01 22.1
										02 27 5 02 22.2
										02 28 5 03 22.3
Polvo	I	6 49	06 7		226 34 15.60	15.80	226 34 31.40		12.9 42.8	02 29 5 04 22.4
			D	6 50 52.3	46 34 10.49	10.30	46 34 20.79	226 34 26.10	38.1 8.0	02 30 5 05 22.5
				6 50 02.5					25.2 34.8	02 31 5 06 22.6
				01' 51.6					-9.6	
										2 Corrección
MOS	Sen		D		270 00 26.79	26.79	270 00 53.57			9 06 11 42 11.6
			I		90 00 27.85	27.66	90 00 56.51	90 00 55.05		9 07 11 43 11.7
										9 08 11 44 11.8
										9 09 11 45 11.9
Polvo	I	6 56	01 9		226 32 54.72	54.91	226 33 19.63		12.5 42.6	9 10 11 46 12.0
			D	6 57 24.8	46 32 53.32	52.11	46 33 15.43	226 33 17.53	38.1 8.0	9 11 11 47 12.1
				6 56 43.35					-16.3 34.6	
				01 22.9					-8.3	

TESTES CON FALLA DE ORIGEN

89A

REGISTRO DE CAMPO PARA EL CALCULO DEL AZIMUT POR MEDIO DE OBSERVACIONES A LA ESTRELLA POLAR

MÉTODO: OBSERVACIONES A LA ESTRELLA POLAR EN CUALQUIER POSICION

APARATO: Wild T-3 ANOTO: Claudia Leyva S ESTACION: Ciudad Universitaria LAT: 19 19 54 934
 FECHA: 7/02/02 OBSERVO: Erick de Valle S LUGAR: Facultad de Ing LONG: 6 36 44 210 T.S. A LAS 0 Hrs: 9 11 42 312

SERIE/EST.	P.V.	POS.	TIEMPO CRON.	A. HORIZONTAL	2a LEC. MIC.	LEC. A.H.	PROMEDIO D. y I.	LEC. NIVEL	HORA SIDERIA
MOJ Social		D		270 00 27 31	27 60	270 00 54 91	90 00 59 01		
		I		90 00 31 51	31 59	90 01 03 10			
Polar		I	7 02 02 5	226 32 42 31	41 25	226 33 23 56		12.9	42.9
		D	7 03 34.6	46 32 32 10	32 05	46 33 16 15	226 33 19 86	32.0	7.9
		Prom	7 02 51.55					25.1	35.0
		D.F	01 26.1						-9.9
MOJ Social		D		270 00 27 52	27 69	270 00 55 21	90 00 56 15		
		I		90 00 28 58	28 51	90 00 51 09			
Polar		I	7 08 35.6	226 32 27 41	27 60	226 32 55 01		13.0	43.0
		D	7 10 17.2	46 32 24 19	23 99	46 32 48 18	226 32 51 60	38.1	8.0
		Prom	7 09 26 40					25.1	35.0
		D.F	01 41 60						-9.9
MOJ Social		D		270 00 27 11	27 05	270 00 54 16	90 00 59 29		
		I		90 00 29 21	29 20	90 00 58 41			
Polar		I	7 14 59.2	226 32 14 49	14 39	226 32 28 88		12.8	42.9
		D	7 16 16.3	46 32 14 02	13 91	46 32 27 93	226 32 28 41	37.8	7.8
		Prom	7 15 27 3					25	35.1
		D.F	01 17 10						-10.1
MOJ Social		D		270 00 27 36	27 69	270 00 55 25	90 00 55 64		
		I		90 00 28 00	28 12	90 00 56 12			
Polar		I	7 20 37.4	226 32 06 55	06 70	226 32 13 25		13.0	43.0
		D	7 22 02.4	46 32 01 56	01 21	46 32 02 77	226 32 02 01	38.0	7.9
		Prom	7 21 22 9					25	35.1
		D.F	01 31 0						-10.1

89B

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

REGISTRO DE CAMPO PARA EL CALCULO DEL AZIMUT POR MEDIO DE OBSERVACIONES A LA ESTRELLA POLAR MÉTOD: OBSERVACIONES A LA ESTRELLA POLAR EN CUALQUIER POSICION

APARATO: Wild T-3 ANOTO: Claudio Legua S. ESTACION: Ciudad Universitaria LAT: 19 19 54.939
 FECHA: 07/02/02 OBSERVO: Erik de Valle S. LUGAR: Facultad de Ing LONG: 06 36 14.210 T.S. A LAS 0 Hrs: 11 42 392

SERIE	EST.	P.V.	POS.	TIEMPO CRON.	A. HORIZONTAL	2a LEC. MIC.	LEC. A.H.	PROMEDIO D. y I.	LEC. NIVEL	HORA SIDERIA
Mos	Señal		D		210 00 27.79	28 00	270 00 55.99			
			I		90 00 29.51	29 58	90 00 59.17		90 00 57.58	
	Polar		I	7 26 00.9	225 30 54.06	53 91	226 31 47.97		13.0 73.0	
			D	7 24 41.9	46 30 53.34	53.34	46 31 46.78	226 31 47.8	32.6 7.5	
	Prom			7 26 37.9					19.6 35.5	
	D.F			01 14.00					-15.9	
Mos	Señal		D		210 00 28.41	28 42	210 00 56.83			
			I		90 00 28.15	28 15	90 00 56.30		90 00 56.55	
	Polar		I	7 32 34.8	226 30 48.20	48 20	226 31 25.20		12.9 43.0	
			D	7 35 17.7	46 30 39.55	39 55	46 31 18.16	226 31 21.90	38.0 7.9	
	Prom			7 33 52.45					25.1 35.1	
	D.F			02 37.50					-10	
										RADIO CRON.
Mos	Señal		D		210 00 29.00	28 09	210 00 55.89			
			I		90 00 28.75	28 8.9	90 00 57.64		90 00 56.74	
	Polar		I	7 40 38.2	226 30 30.59	30 60	226 31 01.29		13.0 73.0	
			D	7 43 40.0	46 30 29.95	29 40	46 30 59.35	226 31 00.32	27.9 7.8	
	Prom			7 42 09.10					24.9 35.2	
	D.F			03 01.20					-10.3	
Mos	Señal		D		210 00 27.50	27 49	210 00 54.99			
			I		90 00 30.16	30 00	90 01 00.16		90 00 57.58	
	Polar		I	7 47 04.6	226 30 25.11	25 28	226 30 50.39		12.9 73.0	
			D	7 48 42.6	46 30 23.20	23 20	46 30 47.31	226 30 48.05	37.5 7.5	
	Prom			7 47 48.60					24.6 35.5	
	D.F			01 28.00					-10.9	

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

89C

10

12

REGISTRO DE CAMPO PARA EL CALCULO DEL AZIMUT POR MEDIO DE OBSERVACIONES A LA ESTRELLA POLAR

MÉTODO: OBSERVACIONES A LA ESTRELLA POLAR EN CUALQUIER POSICION

APARATO: W10 T-3 ANOTO: Claudia Laguna S. ESTACION: Ciudad Universitaria LAT: 19 19 54 934 T.S. A LAS 0 Hrs: 9 11 42.542
 FECHA: 07/02/02 OBSERVO: Enrique de Valle S. LUGAR: Facultad de Ing. LONG: 96 36 14 210

SERIE	EST.	P.V.	POS.	TIEMPO CRON.	A. HORIZONTAL	2a LEC. MIC.	LEC. A.H.	PROMEDIO D. y I.	LEC. NIVEL	HORA SIDERIA
Mor	Senal		D		270 00 28 27	28 49	270 00 56 78	90 00 57 39		
			I		90 00 28 7	27 31	90 00 53 01		lec Nivel	
	Polea		I	7 52 51 1	226 30 15 51	15 11	226 30 30 62		13 6 46	
			D	7 54 38 8	46 50 17 05	16 79	46 50 33 94	226 30 32 33	35 6 7 5	
	nivel			7 53 47 95					22	38 5
	Dif			01 49 7					-16.5	
Mor	Senal		D		270 00 27 28	27 10	270 00 55 58	90 00 56 05		
			I		90 00 38 21	27 30	90 00 56 51			
	Polea		I	7 58 31 3	226 30 10 41	10 77	226 30 21 68		13 0 43 1	
			D	7 59 17 0	46 30 12 69	12 62	46 30 25 31	226 30 23 50	32 5 7 1	
	nivel			7 57 07 15					19 5 3 6	
	Dif			01 15 7					-16.5	
Mor	Senal		D		270 00 25 12	28 80	270 00 57 52	90 00 58 7		
			I		90 00 24 73	30 15	90 00 59 88			
	Polea		I	8 03 28 2	226 30 07 44	07 40	226 30 14 89		13 0 43 1	
			D	8 04 11 9	46 50 07 35	07 35	46 50 14 70	226 30 11 90	32 5 7 5	
	nivel			8 04 05 05					19 5 25.6	
	Dif			01 13 7					-16.1	

89 D

FALTA DE ORIGEN

TESIS CON

FALLA DE ORIGEN

TESIS CON

89E

CALCULO DEL AZIMUT OBSERVACIONES A LA ESTRELLA POLAR EN CUALQUIER POSICION

APARATO: Wild T-3	LAT: 19° 19' 54" 939	VALOR DEL NIVEL 7.739 = d
FECHA: 7-02-02	LONG: 06° 36' 22" 210	DIA CIVIL EN GREENWICH: Febrero 8. 197 de 2002
OBSERVÓ: Enk de Valk Salgado	ESTACION: Ciudad Universitaria	hoja 1/3
CALCULO: Enk de Valk Salgado	LUGAR: Facultad de Ingenieria	

POSICION	1	2	3	4	5	6
T.SID. OBS.	6° 33' 57.70	6° 43' 58.40	6° 50' 02.50	6° 56' 43.35	7° 02' 51.55	7° 09' 26.40
ΔT	+ 3.899	+ 4.308	+ 4.557	+ 4.831	+ 5.082	+ 5.351
T.SID. CORREG.	6 34 01.599	6 44 02.708	6 50 07.057	6 56 48.181	7 02 56.632	7 09 31.751
A.R α	2° 33' 32.665					
ANGULO HORARIO (t)	4 00 28.934	4 10 30.093	4 16 34.392	4 23 15.516	4 29 23.967	4 35 59.087
(t) ° ' "	60 07 14.010	62 37 50.645	64 09 35.880	65 48 52.740	67 20 59.505	68 59 96.290
δ POLARIS	89° 16' 39.208					
φ LATITUD	19° 19' 54" 939					

$$\tan A = \frac{-\text{Sen}(AH)}{\text{Cos}(\phi)\text{Tan}(\delta) - \text{Sen}(\phi)\text{Cos}(AH)}$$

Az. POLARIS	-0° 39' 55.098	-0° 40' 52.523	-0° 41' 25.042	-0° 41' 58.913	-0° 42' 27.935	-0° 42' 57.122
DIF. T. OBS.	2' 44" 20	5' 22" 2	01' 51" 6	01' 22" 9	1' 26" 1	1' 41" 6
CORR. POR CURVATURA	+ .08	+ .2	0.0	0.0	0.0	0.0
ALTURA POLARIS (h)	19° 41' 25	19 39 45	19 38 44	19 37 34	19 36 30	19 35 21
d4 * Tan (h) = FACTOR DEL NIVEL	0.69237	0.69131	0.69067	0.68993	0.68925	0.68852
INCLINACION (i)	-8.2	-7.8	-7.6	-8.3	-9.9	-9.9
COOR. POR NIVEL	-5.677	-5.392	-6.630	-5.726	-6.824	-6.816
C. H. VISANDO A POLARIS	226 35 52.12	226 35 03.06	226 34 26.10	226 33 47.53	226 33 19.86	226 32 51.60
C. H. CORREG. VISANDO A POLARIS	226 35 46.473	226 34 57.669	226 34 19.470	226 33 41.804	226 33 13.036	226 32 44.714
C. H. VISANDO LA SEÑAL	90 00 56.725	90 00 54.13	90 00 54.56	90 00 55.05	90 00 59.01	90 00 56.15
ANGULO SEÑAL-POLAR + 360	223 25 10.312	223 25 56.462	223 26 35.09	223 27 13.246	223 27 45.974	223 28 11.266
Az. POLARIS CORREGIDO	-0° 39' 55.018	-0° 40' 52.323	-0° 41' 25.042	-0° 41' 58.913	-0° 42' 27.935	-0° 42' 57.122

Az. DE LA SEÑAL A PARTIR DEL N.	222 45 15.294	222 45 04.139	222 45 10.048	222 45 14.433	222 45 18.039	222 45 14.244
---------------------------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

LIMITE DE RECHAZO
 +/- 5"

LOS AZIMUTES PROMEDIO DE LAS SERIES QUE CUMPLAN CON LOS REQUISITOS DE UNA ESTACION LAPLACE AUN DEBEN SER CORREGIDOS POR ABERRACION DIURNA, ELEVACION DE LA MARCA, REDUCCION A LA ESTACION Y POR VARIACION DEL POLO

No DE POSICIONES 15

No DE RECHAZOS DE LA SERIE 4

AZIMUT PROMEDIO FINAL DE LA SERIE 222° 45' 14.762

CALCULO DEL AZIMUT OBSERVACIONES A LA ESTRELLA POLAR EN CUALQUIER POSICION

APARATO: WILD T-3

LAT: 19° 19' 54.939

VALOR DEL NIVEL 7" 739

FECHA: 7-02-02

LONG: 6° 36' 44.210

DIA CIVIL EN GREENWICH. Febrero 8. 197 de 2002

OBSERVÓ: Erik de Valle Salgado

ESTACION: Ciudad Universitaria

hoja 2/3

CALCULO: Erik de Valle Salgado

LUGAR: Facultad de Ingenieria

POSICION	7	8	9	10	11	12
T.SID. OBS.	7 15 37.75	7 22 08.40	7 26 37.92	7 33 58.75	7 42 09.10	7 47 48.60
ΔT	+ 5.605	+ 5.871	+ 6.055	+ 6.356	+ 6.691	+ 6.922
T.SID. CORREG.	7 15 43.355	7 22 14.271	7 26 43.955	7 34 05.106	7 48 15.791	7 47 55.115
AR α	2 33 32.665					
ANGULO HORARIO (t)	1 42 10.690	1 48 41.606	1 53 11.290	5 00 32.941	5 08 43.136	5 14 22.857
(t) ° ' "	70 32 40.350	72 10 24.090	73 17 49.350	75 02 06.615	77 10 46.890	78 35 12.855
δ POLARIS	89° 16' 39" 208					
φ LATITUD	19 19 54.939					

$$\tan A = \frac{-\text{Sen}(AH)}{\text{Cos}(\varphi)\text{Tan}(\delta) - \text{Sen}(\varphi)\text{Cos}(AH)}$$

Az. POLARIS	-0° 43' 22.621	-0° 43' 47.336	-0° 44' 03.229	-0° 44' 26.943	-0° 44' 50.033	-0° 45' 04.094
DIF. T. OBS.	1' 17.1"	1' 31.0"	1' 44.0"	2' 37.5"	3' 01.8"	1' 28.0"
CORR. POR CURVATURA	0.0	0.0	0.0	+ 0.05	+ .1	0.0
ALTURA POLARIS (h)	19 34 15	19 33 05	19 32 16	19 30 55	19 29 25	19 28 22
d/4° Tan (h) = FACTOR DEL NIVEL	0.68782	0.68708	0.68657	0.68571	0.68476	0.68409
INCLINACION (i)	-10.1	-10.1	-15.9	-10.0	-10.3	-10.9
COOR. POR NIVEL	-6.947	-6.940	-10.916	-6.857	-7.053	-7.457
C. H. VISANDO A POLARIS	226 32 28.41	226 32 08.01	226 31 47.8	226 31 21.90	226 31 00.32	226 30 48.05
C. H. CORREG. VISANDO A POLARIS	226 32 21.463	226 32 01.07	226 31 36.894	226 31 15.043	226 30 53.267	226 30 40.593
C. H. VISANDO LA SEÑAL	90 00 59.29	90 00 55.69	90 00 57.57	90 00 56.55	90 00 56.77	90 00 57.58
ANGULO SEÑAL-POLAR	223 28 37.927	223 28 54.620	223 29 20.696	223 29 41.507	223 30 03.503	223 30 16.987
Az. POLARIS CORREGIDO	-0° 43 22.621	-0° 43 47.386	-0 44 03.229	-0 44 26.893	-0 44 49.983	-0 45 04.094
Az. DE LA SEÑAL A PARTIR DEL N.	222 45 15.206	222 45 07.234	222 45 17.467	222 45 14.614	222 45 13.52	222 45 12.893

LIMITE DE RECHAZO

+/- 5"

LOS AZIMUTES PROMEDIO DE LAS SERIES QUE CUMPLAN CON LOS REQUISITOS DE UNA ESTACION LAPLACE AUN DEBEN SER CORREGIDOS POR ABERRACION DIURNA, ELEVACION DE LA MARCA, REDUCCION A LA ESTACION Y POR VARIACION DEL POLO

No DE POSICIONES 15

No DE RECHAZOS DE LA SERIE 4

AZIMUT PROMEDIO FINAL DE LA SERIE 222° 45' 14.762"

FALTA DE ORIGEN

TESIS CON

897

CALCULO DEL AZIMUT OBSERVACIONES A LA ESTRELLA POLAR EN CUALQUIER POSICION

APARATO: WILD T-3

LAT: 19° 19' 54" 939

VALOR DEL NIVEL d = 7.739

FECHA: 7-02-02

LONG: 6° 36' 44" 210

DIA CIVIL EN GREENWICH. Febrero 8. 1971 de 2002

OBSERVÓ: Erik de Valle Salgado

ESTACION: Ciudad Universitaria

hoja 3/3

CALCULO: Erik de Valle Salgado

LUGAR: Facultad de Ingenieria

POSICION	13	14	15
SID. OBS.	7 53 44.95	7 59 09.15	8 04 05.05
T	+ 7.165	+ 7.387	17.589
SID. CORREG.	7 53 52.115	7 59 16.537	8 04 12.639
A.R α	2 33 32.665		
ANGULO HORARIO (t)	2 20 19.450	5 25 43.572	5 30 39.974
(t) " " "	80 04 51.750	81 25 58.080	92 39 59.610
δ POLARIS	89 16 39.208		
φ LATITUD	19° 19' 54.939		

$$\tan A = \frac{-\text{Sen}(AH)}{\text{Cos}(\phi)\text{Tan}(\delta) - \text{Sen}(\phi)\text{Cos}(AH)}$$

Az POLARIS	-0° 45' 17" 021	-0° 45' 27" 190	-0° 45' 35" 146
DIF. T. OBS.	1' 47.7"	1' 15.7"	1' 13.7"
CORR. POR CURVATURA	0.0	0.0	0.0
ALTURA POLARIS (h)	19 27 16	19 26 15	19 25 20
d/4 * Tan (h) = FACTOR DEL NIVEL	0.68240	0.68276	0.68214
INCLINACION (i)	-16.5	-16.5	-16.1
COOR. POR NIVEL	-11.276	-11.266	-10.983
C. H. VISANDO A POLARIS	226 30 32.23	226 30 23.50	226 30 14.90
C. H. CORREG. VISANDO A POLARIS	226 30 20.954	226 30 12.234	226 30 03.917
C. H. VISANDO LA SEÑAL	90 00 57.39	90 00 56.05	90 00 52.7
ANGULO SEÑAL-POLAR + 360	223 30 36.436	223 30 43.816	223 30 54.793
Az POLARIS CORREGIDO	-0 45 17.021	-0 45 27.190	-0 45 35.146
Az. DE LA SEÑAL A PARTIR DEL N.	222 45 19.415	222 45 16.626	222 45 19.637

LIMITE DE RECHAZO

+/- 5"

LOS AZIMUTES PROMEDIO DE LAS SERIES QUE CUMPLAN CON LOS REQUISITOS DE UNA ESTACION LAPLACE AUN DEBEN SER CORREGIDOS POR ABERRACION DIURNA, ELEVACION DE LA MARCA, REDUCCION A LA ESTACION Y POR VARIACION DEL POLO

No DE POSICIONES 15

No DE RECHAZOS DE LA SERIE 4

AZIMUT PROMEDIO FINAL DE LA SERIE 222° 45' 14.762"

FALLA DE ORIGEN

TESIS CON

896

III.2.10 Promedio de las posiciones

Una vez calculadas los azimutes para cada posición de la serie se promedian y se analizan los residuos de acuerdo a las especificaciones para determinar el azimut Laplace. De acuerdo a estas especificaciones se rechazan las posiciones que excedan de $\pm 5.00''$ del promedio y se vuelve a calcular un nuevo promedio y el error probable respectivo.

Resultados de la serie. Fecha de observación febrero 8.197 de 2002

POSICION	AZIMUT	V	Rechazada
1	222° 45' 15.294''	1.107	no
2	222° 45' 04.139''	10.048	si
3	222° 45' 10.048''	4.139	no
4	222° 45' 14.433''	.246	no
5	222° 45' 18.039''	3.852	no
6	222° 45' 14.244''	.057	no
7	222° 45' 15.206''	1.019	no
8	222° 45' 07.234''	6.953	si
9	222° 45' 17.467''	3.280	no
10	222° 45' 14.614''	.427	no
11	222° 45' 13.520''	.667	no
12	222° 45' 12.893''	1.294	no
13	222° 45' 19.415''	5.227	si
14	222° 45' 16.626''	2.439	no
15	222° 45' 19.637''	5.450	si

Az. Promedio. 222° 45' 14.187''

Se rechazaron 4 posiciones.

El nuevo promedio es:

222° 45' 14.76''

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.11 Promedio de la series

En las especificaciones para determinar el azimut Laplace, se necesita que este promedio no difiera mas de 1" con el azimut promedio de otra serie, en éste nuestro caso se determinaron aproximadamente 8 series en diferentes fechas. Expondremos solo los resultados obtenidos para cada serie de tal manera que al final se observa el promedio de azimutes que cumplen con las especificaciones.

Resultados serie 2 de diciembre de 2001 (Dic. 2.411 de 2002 fecha civil de Greenwich).

POSICION	AZIMUT	V	VV
1	222° 45' 26.34"	7.945	---
2	222° 45' 18.02"	0.375	.141
3	222° 45' 13.92"	4.475	20.025
4	222° 45' 26.31"	7.915	---
5	222° 45' 22.16"	3.765	14.175
6	222° 45' 16.28"	2.115	4.473
7	222° 45' 20.44"	2.045	4.182
8	222° 45' 10.89"	7.505	---
9	222° 45' 13.77"	4.625	21.391
10	222° 45' 15.82"	2.575	6.631

Azimut promedio 222 45 17.20 $\Sigma[v v]$ 71.018

Se desechan las posiciones 1,4 y 8, el promedio final es:

222° 45' 17.20"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Resultados serie 01 de febrero de 200 (Feb. 2.335 de 2002 fecha civil de Greenwich).

POSICION	AZIMUT	V	VV
1	222° 45' 39.430"	14.329	---
2	222° 45' 36.321"	11.220	---
3	222° 45' 31.794"	6.694	---
4	222° 45' 29.234"	4.134	17.089
5	222° 45' 42.036"	16.936	---
6	222° 16' 39.430."	14.329	---
7	222° 45' 28.944"	3.843	14.769
8	222° 45' 10.395"	14.705	---
9	222° 45' 19.657"	5.443	---
10	222° 45' 17.355"	7.745	---
11	222° 45' 19.657"	5.443	---
12	222° 45' 25.012"	.088	.008
13	222° 45' 21.251"	3.849	14.815
14	222° 45' 21.059"	4.041	16.329
15	222° 45' 20.489"	4.611	21.261
16	222° 45' 13.867"	11.233	---

$$\Sigma[v v] \quad 89.271$$

De entrada se descarta la posición 6 por dispararse fuertemente.

El promedio es 222° 45' 25.100"

En esta serie se rechazaron las posiciones 1,2,3,5,6,8,9,10,11 y 16.

Resultando buenas solo seis de 16 posiciones, el promedio final es:

$$222^{\circ} 45' 24.332''$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Resultados serie 01 de febrero de 200 (Feb. 2.238 de 2002 fecha civil de Greenwich).

POSICION	AZIMUT	V	VV
1	222° 45' 26.338"	1.519	2.307
2	222° 45' 26.538"	1.719	2.955
3	222° 45' 24.484"	0.335	0.112
4	222° 45' 19.923"	4.896	23.978
5	222° 45' 26.571"	1.752	3.069
6	222° 16' 22.730"	2.089	4.364
7	222° 45' 25.079"	0.260	0.067
8	222° 45' 28.033"	3.214	10.330
9	222° 45' 23.842"	0.977	0.955
10	222° 45' 27.924"	3.105	9.641
11	222° 45' 20.127"	4.692	22.015
12	222° 45' 22.901"	1.918	3.679
13	222° 45' 26.016"	1.197	1.433
14	222° 45' 24.183"	0.636	0.404
15	222° 45' 27.601"	2.782	7.740
16	222° 45' 45.634"	-----	-----

$$\Sigma[v v] \quad 93.049$$

De entrada se descarta la posición 16 por dispararse fuertemente.

Azimut promedio

$$222^{\circ} 45' 24.819''$$

como no se descarta ninguna posición excepto la menciona éste también es el promedio final.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Resultados serie 17 de enero de 2002 (Enero 17. fecha civil de Greenwich).

POSICION	AZIMUT	V	VV
1	222° 45' 23.43"	6.835	---
2	222° 45' 22.78"	6.185	---
3	222° 45' 15.92"	0.675	0.455
4	222° 45' 17.35"	1.469	2.157
5	222° 45' 09.80"	6.795	---
6	222° 16' 20.34"	3.745	14.025
7	222° 45' 17.15"	0.555	0.308
8	222° 45' 16.84"	0.245	0.060
9	222° 45' 17.63"	1.035	1.071
10	222° 45' 23.98"	7.385	---
11	222° 45' 15.80"	0.795	0.632
12	222° 45' 13.80"	3.795	14.402
13	222° 45' 17.88"	1.285	1.651
14	222° 45' 16.46"	0.135	0.018
15	222° 45' 14.37"	2.225	4.951
16	222° 45' 14.28"	2.315	5.359
17	222° 45' 05.02"	11.575	---
18	222° 45' 19.37"	2.775	7.701
19	222° 45' 13.90"	2.695	7.263
20	222° 45' 15.80"	0.795	0.632

$\Sigma[v v]$ 60.685

promedio final 222° 45' 16.595"

Se desechan las posiciones 1,2,5,10 y 17. el promedio final es:

222° 45' 16.459"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Resultados serie 17 de enero de 2002 (Enero 17. fecha civil de Greenwich).

POSICION	AZIMUT	V	VV
1	222° 45' 29.80"	4.609	21.243
2	222° 45' 19.80"	5.392	---
3	222° 45' 19.91"	5.282	---
4	222° 45' 20.68"	4.512	20.359
5	222° 45' 17.53"	7.662	---
6	222° 16' 26.54"	1.349	1.820
7	222° 45' 28.92"	3.729	13.905
8	222° 45' 16.84"	8.352	---
9	222° 45' 17.32"	7.872	---
10	222° 45' 27.59"	2.399	5.755
11	222° 45' 21.90"	3.292	10.837
12	222° 45' 32.40"	7.209	---
13	222° 45' 27.30"	2.109	4.448
14	222° 45' 20.93"	4.262	18.165
15	222° 45' 23.00"	2.192	4.805
16	222° 45' 24.30"	0.892	0.795
17	222° 45' 30.48"	5.289	---
18	222° 45' 56.22"	31.029	---
19	222° 45' 21.47"	3.722	---
20	222° 45' 20.90"	4.292	18.422

$\Sigma[v v]$ 120.554

promedio final 222° 45' 25.192"

Se desechan las posiciones 2, 3, 5, 8, 9, 12, 17, 18, y 19. el promedio final es:

222° 45' 24.715"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Resultados serie 7 de febrero de 2002 (febrero 8.280 de 2002 fecha civil de Greenwich).

POSICION	AZIMUT	V	VV
1	222° 45' 15.847"	1.465	2.146
2	222° 45' 18.051"	0.739	0.546
3	222° 45' 15.156"	2.157	4.653
4	222° 45' 15.103"	2.209	4.880
5	222° 45' 15.306"	2.007	4.028
6	222° 16' 16.543"	0.769	0.591
7	222° 45' 19.795"	2.483	6.165
8	222° 45' 20.149"	2.837	8.049
9	222° 45' 16.775"	0.537	0.288
10	222° 45' 25.023"	7.711	----
11	222° 45' 18.080"	0.768	0.590
12	222° 45' 14.650"	2.662	7.086
13	222° 45' 23.380"	6.068	----
14	222° 45' 11.183"	6.129	----
15	222° 45' 16.059"	1.253	1.570
16	222° 45' 15.886"	1.426	2.033

$$\Sigma[v v] 42.625$$

promedio final 222° 45' 17.312"

Se desechan las posiciones 2, 3, 5, 8, 9, 12, 17, 18, y 19. el promedio final es:

222° 45' 16.723"

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Resultados serie 8 de febrero de 2002 (febrero 8.280 de 2002 fecha civil de Greenwich).

POSICION	AZIMUT	V	VV
1	222° 45' 14.313"	2.079	4.322
2	222° 43' 08.948"	-----	-----
3	222° 45' 06.892"	9.500	-----
4	222° 45' 16.658"	0.266	0.071
5	222° 45' 16.724"	0.332	0.110
6	222° 16' 19.786"	3.394	11.519
7	222° 45' 17.548"	1.156	1.336
8	222° 45' 17.103"	0.711	0.505
9	222° 45' 22.295"	5.903	-----
10	222° 45' 16.212"	0.180	0.032

$$\Sigma[v v] 17.895$$

De entrada se descarta la posición 02 por dispararse fuertemente.

Azimut promedio

$$222^{\circ} 45' 16.392''$$

Se desechan las posiciones 2, 3 y 5, el promedio final es:

$$222^{\circ} 45' 16.906''$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Resultados serie 6 de febrero de 2002 (febrero 7.196 de 2002 fecha civil de Greenwich).

POSICION	AZIMUT	V	VV
1	222° 45' 17.657"	0.393"	0.154
2	222° 43' 31.069"	-----	-----
3	222° 45' 18.288"	1.024"	1.049
4	222° 45' 12.750"	4.514"	20.376
5	222° 45' 16.224"	1.040"	1.086
6	222° 16' 20.924"	3.660"	13.396
7	222° 45' 17.739"	0.475"	0.226

$\Sigma[v v]$ 36.287

De entrada se descarta la posición 02 por dispararse fuertemente.

Azimut promedio

222° 45' 17.264"

no se desecha ninguna posición excepto la ya mencionada por lo que el azimut es el mismo

Promedio Final.

222° 45' 17.264"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En el siguiente cuadro se resumen el promedio de las posiciones para todas las series.

Fecha de observación	No de posiciones promediadas	Azimut
Diciembre 2.411 de 2001	7	222° 45' 17.20"
Enero 18. de 2002	15	222° 45' 16.459"
Enero 18. de 2002	11	222° 45' 24.715"
febrero 2.238 de 2002	15	222° 45' 24.819"
febrero 2.335 de 2002	6	222° 45' 24.332"
febrero 7.196 de 2002	6	222° 45' 17.264"
febrero 8.197 de 2002	11	222° 45' 14.76"
febrero 8.280 de 2002	7	222° 45' 16.723"
febrero 8.197 de 2002	7	222° 45' 16.906"

Se puede ver claramente de la tabla, que existen dos posibilidades de resultados que cumplen las especificaciones, Analizando estas dos podremos indicar cual de ellas tiene mayor peso y a partir de esto decir cual es al azimut final.

Antes de concluir con el resultado final se deben considerar las condiciones bajo las cuales fueron echas las observaciones, principalmente son dos: En primer lugar mencionaremos que la distancia que existe entre la señal y la estación no rebasa los 130 m, por lo cual se puede tener una mayor error de puntería. También el centrado y nivelado tanto de la señal como del instrumento que al tener plomadas de cordón nos permiten tener un error probable de aproximadamente 2mm en el centrado. Considerado esto tenemos que series echas en diferentes fechas y que cumplan con las especificaciones se les puede asignar mayor peso.

De estos resultados los promedios de las series que cumplen con los requisitos para un azimut Laplace serian las series de enero 18. , febrero 2.238 y febrero 2.335 en total suman 32 posiciones calculadas. Una desventaja que podemos notar en estos promedios es que dos promedios de los que coinciden fueron de series observadas en la misma noche, si bien es

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

cierto que esto, nos debería bastar para tener el azimut; por las consideraciones antes dichas no se toma este azimut. Consideremos ahora su error probable

$$Es = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{[302.874]}{(32)(32-1)}}$$

$Es = \pm 0.373''$, error que excede el limite permitido en las especificaciones del azimut Laplace de $\pm 0.3''$

El otro resultado probable es el de las fechas Diciembre 2.411 de 2001, Enero 18. de 2002 , febrero 7.196 de 2002, febrero 8.280 de 2002, febrero 8.197 de 2002. como observamos estos resultado están en tres fechas diferentes con un total de 42 posiciones calculadas y no se rebasa el segundo entre los promedios más separados., esto le da mas peso al resultado final que será el promedio de estas series.

Serie	Azimut	Diferencia Máxima
Diciembre 2.411 de 2001	222° 45' 17.20''	0.805''
Enero 18.	222° 45' 16.459''	
febrero 7.196 de 2002	222° 45' 17.264''	
febrero 8.280 de 2002	222° 45' 16.723''	
febrero 8.197 de 2002	222° 45' 16.906''	

Promedio **222° 45' 16.910''**

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Con un error probable de:

$$Es = \pm 0.6745 \sqrt{228.51/42*41}$$

$$Es = \pm 0.246''$$

Ahora a este azimut promedio determinado debe ser corregido por aberración diurna, excentricidad del instrumento o de luz, si la hay elevación de la señal y por variación del polo.

III.2.12 Correcciones al azimut promedio

Debido al rápido movimiento del observador por la rotación de la tierra alrededor de su eje, la estrella se ve ligeramente desplazada de su posición real. La fórmula general para calcular esta corrección por aberración diurna es:

$$K = \frac{\cos A \cos \varphi}{\cos h} \times 0.320''$$

Donde:

A: azimut de la estrella

h: altura de la estrella

φ latitud del lugar.

Para polaris y para latitudes no mayores de 74° la fórmula se simplifica a:

$$K = \cos A * 0.320''$$

El signo de la corrección es siempre positivo cuando se aplica al azimut marcado en sentido de las manecillas del reloj.

Para este caso nuestros azimutes de la estrella varían de 34' a 45', si sustituimos cualquiera de estos valores en la fórmula es prácticamente el mismo resultado.

$$A \approx 40'$$

$$K = \cos (40') * 0.320 = + 0.32''$$

La corrección es positiva en el hemisferio norte y negativa en el hemisferio sur.

Elevación de la señal.

Dado que el punto visado no se encuentra sobre el elipsoide de referencia, si no en un punto de la superficie terrestre esta corrección se aplica debido a la altura. Cuando la altura es considerable (mayor a 2000 m.s.n.m.) es necesario aplicar la corrección para obtener la proyección de la dirección estación-senal sobre la superficie del elipsoide de referencia.

Esta corrección, en segundos de arco es:

$$CA = \frac{e^2 * h}{2 a * \text{sen } 1''} \quad (\text{Cos}^2 \varphi * \text{Sen } 2A)$$

Donde:

e: excentricidad

a: semieje mayor del elipsoide

φ : latitud del lugar

A: azimut de la señal a partir del sur

h: elevación de la señal sobre el nivel medio del mar

Siendo el elipsoide de Clarke de 1886 y h expresada en metros, la fórmula queda:

$$CA = 0.000109 h \cos^2 \varphi \text{ Sen } 2A.$$

El signo de la corrección es positivo en 1er. Y 3er. Cuadrantes y negativo en el 2o. Y 4o.

$$h = 2295 \text{ m.s.n.m}$$

$$\varphi = 19^\circ 19' 54''$$

$$A = 42^\circ 45' 16.91''$$

$$CA = + 0.222''$$

En la actualidad el marco de referencia es el ITRF del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para el año de 1992 con datos de la época 1988.0 y que se denomina ITRF92 Época 1988.0 que es definido por los siguientes parámetros:

Semieje Mayor	a	6 378 137m
Velocidad Angular	ω	$7\ 292\ 115 \times 10^{-11}$ rad/seg
Constante Gravitacional Geocéntrica	GM	$3\ 986\ 005 \times 10^8$ m ³ / seg ²
Factor Dinámico de la Tierra	J2	$108\ 263 \times 10^{-8}$

Constantes geométricas

Semieje menor	b	6 356 752.314 1 m
Excentricidad lineal	E	521 854.009 7 m
Radio polar	c	6 399 593.625 9 m
Primera excentricidad al cuadrado	e ²	0.006 694 380 022 90
Segunda excentricidad al cuadrado	e' ²	0.006 739 496 775 48
Achatamiento	f	0.003 352 810 681 18
Recíproco del achatamiento	f-1	298.257 222 101
Cuadrante meridiano	Q	10 001 965.729 3 m
Radio medio	R1	6 371 008.771 4 m
Radio de la esfera de la misma superficie	R2	6 371 007.181 0 m
Radio de la esfera del mismo volumen	R3	6 371 000.790 0 m

Considerado estos valores la corrección por elevación de la señal tenemos

$$CA = \frac{0.00669438002290 * 2295}{2 * 6378137 \text{Sen } 1''} * \text{Cos}^2 19^\circ 19' 54'' * \text{Sen } 85^\circ 30' 33.82''$$

$$CA = \frac{e^2 * h}{2a * \text{Sen} 1''} \text{Cos}^2 \varphi \text{Sen } 2A$$

Considerando este valor tenemos que:

$$CA = 0.221''$$

III.2.13 Azimut astronómico final

Promedio del azimut astronómico Observado.	42° 45' 16.91"	+/- 0.246"
Aberración diurna	+ 0.32"	
Elevación de la señal	+ 0.221"	
Azimut astronómico final	42° 45' 17.451"	+/- 0.246"

Existe otra corrección que es debida al movimiento del polo, ya que las observaciones astronómicas están hechas en un momento determinado y por lo tanto están referidas al polo de ese momento o polo instantáneo. La posición del polo terrestre varía recorriendo una curva llamada poloida que es una especie de espiral, de la cual se han determinado posiciones a lo largo de una serie de años.

Existen dependencias como la Bureau Internacional de la hora (B. I. H) que dan la corrección para pasar del polo medio al polo instantáneo. Esta corrección es:

$$\Delta\alpha = (x \text{ Sen } \lambda - y \text{ cos } \lambda) \text{ sec } \varphi$$

Nota:

Esta corrección no se aplico por no tener los datos para llevarla acabo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.3 Determinación de la meridiana del lugar observando estrellas al norte y al sur.

Antes de los años 70 aproximadamente para establecer un punto geográfico de precisión por astronomía de posición se determinaba primero el meridiano del lugar después la latitud, luego la longitud y al ultimo se calculaba el azimut ya que este requiere de los datos de latitud y longitud para su cálculo.

En la sección III.2 se determino un azimut astronómico con especificaciones de primer orden con lo cual de manera indirecta tenemos definida la meridiana del lugar, procediendo así de manera inversa a como tradicionalmente se realizaba. Aquí se aprovecharon los métodos satelitales actualmente disponibles y se utilizo la latitud y la longitud geodésica para determinar el azimut astronómico lo cual no es totalmente valido pero se realizo este para determinar indirectamente el meridiano local y así poder realizar una corrección previa que necesita el T-4.

Para establecer una estación astronómica de primer orden con las especificaciones requeridas y de cierta manera tradicionalmente, se debe determinar el meridiano del lugar ya que como se menciono los resultados mas precisos para obtener la latitud y la longitud astronómica requieren de observar a los astros por su paso en el meridiano. El T-4 de Leica (antes Wild) nos permite observar a los astros por su paso en el meridiano. Ocupando un método astronómico se debe poner el instrumento en el meridiano con un error menor o igual a un 1". Una vez centrado y nivelado el equipo (omitiendo el valor obtenido de azimut) el procedimiento para determinar el meridiano del lugar es el siguiente:

- 1.- Se determina el tiempo sidéreo local y se pone en marcha el cronometro sidéreo
- 2.- Del catalogo APFS se elige una estrella brillante (magnitud 2 o 3 aproximadamente) se determina su paso por el meridiano local, que ocurrirá cuando el tiempo sidéreo local sea igual a la ascensión recta de la estrella.

Ejemplo:

Fecha	5 de Mayo de 2002
Estrella	420 Ψ Ursae Majoris
Magnitud	3.01
Ascensión recta	11 ^h 09 ^m 47.49 ^s
Declinación	+ 44° 29' 23.661"

Datos del
APFS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Con la latitud aproximada al minuto se calcula la distancia zenital meridiana

$$D.Z. = \text{Declinación} - \text{Latitud}$$

$$D.Z. = (+44^\circ 29') - (+19^\circ 19')$$

$$D.Z. = 25^\circ 10'$$

El signo nos indica:

Positivo (+) culmina al norte del zenit.

Negativo (-) culmina al sur del zenit.

El observador fijará la distancia zenital calculada o su explemento dependiendo de la posición del instrumento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

	Ocular al W	Valor angular	Ocular al E
Distancia zenital	Al norte	Explementos	Al sur
De la estrella	Al sur	Directos	Al norte

En el equipo T- 4, primero se fija el valor en el círculo de orientación zenital, con esto normalmente la burbuja de este nivel queda desplazada. Girando el telescopio se lleva aproximadamente al centro dicha burbuja, y se afina el centrado con el movimiento fino vertical, una vez echo esto el limbo zenital queda aproximado al valor que se ha de fijar; con el tornillo micrométrico del limbo zenital se ponen los segundos calculados y con el movimiento fino del movimiento vertical se lleva a los minutos y grados calculados. Con esto queda fijada la distancia zenital calculada.

El anotador le indicara al observador el tiempo que falta para que la estrella culmine: 3, 2, 1 minuto, 30, 20 10, segundos. Y finalmente dará la voz de "op" cuando el cronometro marque la hora correspondiente a la ascensión recta de la estrella.

Una vez que el equipo este puesto en la distancia zenital calculada, faltando aproximadamente 3 minutos para que culmine la estrella con el movimiento azimutal suelto se gira levemente el instrumento hasta hacer entrar en el campo visual a la estrella que se seguirá cuidadosamente; faltando unos 20 segundos el observador hará coincidir el hilo medio con la estrella y lo hará con el movimiento fino vertical.

Se fija el movimiento azimutal y a la voz de 10 segundos, se bisecta a la estrella con el hilo medio y diez posición que se mantiene con los movimientos finos hasta que el anotador de la voz de "op". A continuación se pone en ceros el limbo azimutal del instrumento. En este

instante el equipo queda orientado aproximadamente en el meridiano con una desviación o error que llamaremos "a"

Este primer paso es para colocar el instrumento aproximadamente en el meridiano, unas series mas con un par de estrellas esta vez nos determinaran la posición del instrumento en el meridiano con un error no mayor a 15 segundos de arco.

Procedimiento:

Escójanse dos estrellas una que culmine al norte y otra al sur del zenit con una diferencia máxima de 5 minutos en la culminación y con distancias zenitales parecidas (la diferencia no mayor de 10°).

Sin mover azimutalmente el instrumento el observador fijara la distancia zenital de la 1ª estrella es decir la que culmine primero con el procedimiento ya mencionado y dejando solo en el limbo de orientación zenital el valor de la distancia zenital de la segunda estrella.

El observador deberá estar atento en el momento en que la primera estrella entre en el campo visual del telescopio. Cundo la estrella este en el campo visual se bisectará con el hilo medio a través del movimiento fino vertical y se mantendrá en éste hasta que cruce el hilo medio y diez instante en que dará la voz de "op" para que el anotador apunte el tiempo cronométrico del reloj.

A continuación se pone el telescopio a la nueva posición zenital, dejándolo listo para observar la culminación de la segunda estrella. Procediendo de la misma manera en que se observó a la estrella anterior se anotara el segundo tiempo cronométrico.

Con los datos obtenidos se establece la siguiente ecuación para cada una de las estrellas:

$$\Delta t + t - \alpha + Aa = 0 \quad \text{III-1}$$

Donde:

Δt : Corrección cronométrica.

t : Tiempo sidéreo de observación.

α : ascensión recta de la estrella.

a : error en azimut.

A: Factor de azimut, Seno (Z.)* Sec (δ), donde "Z" es la distancia zenital de la estrella y δ es la declinación de la misma. En latitudes norte Z es positivo para estrellas que culminen al sur del zenit y negativo par estrellas que culminen que culminen al norte del zenit,

Al establecer estas dos ecuaciones las dos incógnitas son Δt y a , si se resta una ecuación de la otra se eliminara Δt y el error en azimut "a" se calculara directamente. Si "a" es positivo, el telescopio apuntando al norte estará demasiado el oeste y si es negativo estará demasiado al este.

Ejemplo:

Fecha : 5 de Mayo de 2002

Lugar: Facultad de Ingeniería Ciudad Universitaria México D.F.

Estrella	447 γ Ursae Majoris	1309 η Cretaris
Magnitud	2.44	5.18
Ascensión Recta	11 ^h 53 ^m 57.7 ^s	11 ^h 56 ^m 07.9 ^s
Declinación	+53° 41' 09"	-17° 09' 52"
Latitud	19° 19' 54"	19° 19' 54"
Distancia zenital	34° 21' 15"	-36° 29' 46"
Explemento	325° 38' 44"	323° 30' 13"

En este ejemplo se colocara primero el valor de distancia zenital de la estrella 447 γ Ursae Majoris que es la estrella que culmina primero y se tomara el tiempo cronométrico cuando pase por el hilo medio y diez tal y como se menciona en el procedimiento de observación correspondiente. Posteriormente se tomara el tiempo cronométrico de la estrella 1309 η Cretaris.

Resumiendo en la tabla siguiente los resultados tenemos:

Culmina	Al Norte del zenit	Al sur del zenit
Tiempo Cronométrico (t)	11 ^h 51 ^m 54.9 ^s	11 ^h 57 ^m 20.5 ^s
Ascensión Recta de la Estrella (AR)	11 ^h 53 ^m 57.7 ^s	11 ^h 56 ^m 07.9 ^s
t- AR	- 02 ^m 02.8 ^s	+ 01 ^m 12.6 ^s
Factor de Azimut A	-0.95	0.62

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Recordemos que el factor de azimut A se calcula a través de la fórmula

$$\text{Seno } (Z.) * \text{Sec } (\delta)$$

Y considerando que Z" es la distancia zenital de la estrella y δ es la declinación de la misma. En latitudes norte Z es positivo para estrellas que culminen al sur del zenit y negativo para estrellas que culminen al norte del zenit.

Con estos datos se establece la ecuación III-1, para cada una de las estrellas.

$$\Delta t + t - \alpha + Aa = 0$$

$$\Delta t + 11^{\text{h}} 51^{\text{m}} 54.9^{\text{s}} - 11^{\text{h}} 53^{\text{m}} 57.7^{\text{s}} + (-0.95) a = 0$$

$$\Delta t + 11^{\text{h}} 57^{\text{m}} 20.5^{\text{s}} - 11^{\text{h}} 56^{\text{m}} 07.9^{\text{s}} + (+0.62) a = 0$$

ó

En segundos

$$\Delta t - 122.7699 - 0.95a = 0 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1$$

$$\Delta t + 72.593 + 0.62a = 0 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 2$$

Despejando Δt de 2

$$\Delta t = -0.62a - 72.593$$

Sustituyendo en 1

$$-0.62a - 72.593 - 0.95a - 122.7699 = 0$$

$$a = \frac{195.36}{-1.57} = -124.4349^{\text{s}} \text{ (segundos de Tiempo)}$$

En Arco $a = -31' 06.52''$

Valor que es el error de azimut con el cual esta orientado el instrumento en relación al meridiano.

Si "a" es positivo nos indica una desviación hacia el oeste y al este si es negativo, misma que se corrige de la siguiente manera:

Fije el valor de "a" en el micrómetro, cuando "a" sea positivo continúe con las instrucciones 1,2, y 3 en orden. Cuando "a" sea negativo el orden para efectuar la corrección será 3, 2 y 1.

- 1.- Con el movimiento tangencial azimutal haga la coincidencia $0^{\circ}/180^{\circ}$.
- 2.- Se regresa a ceros el micrómetro.
- 3.- Con el tornillo de orígenes se hace la coincidencia $0^{\circ}/180^{\circ}$

una vez efectuadas las operaciones descritas el equipo debe quedar corregido por error de azimut. Para verificar la orientación del instrumento T-4, se recomienda observar un par más de estrellas y se determina nuevamente el valor de "a".

Si $|a| > 1.5''$ se corrige nuevamente observando otro par de estrellas.

Si $|a| < 1.5''$ el instrumento está listo para efectuar las observaciones de estrellas en su paso por el meridiano. Aunque es conveniente comprobarlo en la posición opuesta del ocular.

Del ejemplo anterior tenemos un valor de $a = -31' 06.52''$

Como es negativo el orden para corregir el instrumento sería:

Fijar el valor de los segundos en el micrómetro del limbo azimutal $06.52''$ y con el tornillo fino del movimiento azimutal los minutos $31'$. Con el tornillo de orígenes se hace la coincidencia $0^{\circ}/180^{\circ}$. Se regresa el micrómetro a ceros. Y con el movimiento tangencial azimutal se hace la coincidencia $0^{\circ}/180^{\circ}$.

Para comprobar que tanto se el instrumento esta corregido por error de azimut se viso un nuevo par de estrellas y los resultados fueron los siguientes:

Fecha : 5 de Mayo de 2002

Lugar: Facultad de Ingeniería Ciudad Universitaria México D.F.

Estrella	456	453
	δ Ursae Majoris	ξ Corvi
Magnitud	3.31	3.0
Ascensión Recta	$12^h 15^m 33.3^s$	$12^h 10^m 14.6^s$
Declinación	$+57^{\circ} 01' 25''$	$-22^{\circ} 38' 01''$
Latitud	$19^{\circ} 19' 54''$	$19^{\circ} 19' 54''$
Distancia zenital	$37^{\circ} 41' 31''$	$-41^{\circ} 57' 55''$
Explemento	$322^{\circ} 18' 28''$	$318^{\circ} 02' 04''$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Observando los tiempos cronométricos tenemos:

Culmina	Al Norte del zenit	Al sur del zenit
Tiempo Cronométrico (t)	12 ^h 15 ^m 28.3 ^s	12 ^h 10 ^m 09.08 ^s
Ascensión Recta de la Estrella (AR)	12 ^h 15 ^m 33.3 ^s	12 ^h 10 ^m 14.6 ^s
t- AR	+ 05.321 ^s	- 05.496 ^s
Factor de Azimut A	-1.12	+0.72

Con los datos establecemos las ecuaciones:

$$\Delta t - 5.0321 - 1.12a = 0 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1$$

$$\Delta t - 5.4957 + 0.72a = 0 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 2$$

Con lo que obtenemos un valor de "a"

$$a = 0.2519^s \text{ (segundos de tiempo)}$$

en arco.

$$a = 3.779''$$

como podemos observar el instrumento se corrigió considerablemente pasando de un error de -31' 06.52" a uno de 3.779", pero aun no se logro tener el valor deseado que es menor a 15".

Este procedimiento se debe llevar acabo hasta que el error en azimut "a" se menor a 15 segundos de arco.

Este procedimiento requiere de gran concentración del observador y del anotador ya que un pequeño error de observación de la estrella en el momento de su paso o de apreciación en el tiempo nos pede causar un error que nos deje fuera del error permitido que es de 15 segundos de arco. Esto es debido a que el procedimiento requiere observar tiempos y estos a pasarlos en segundos de arco se vuelven valores considerables, por ejemplo un error de apreciación de 2 décimas de segundo de tiempo no arroja un error de 3 segundos de arco. Es por esto que es procedimiento de observación debe ser lo mas preciso posible.

En campo se emplean los siguientes formatos que resumen el proceso de cálculo de las dos observaciones echas a los pares de estrellas.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

**RE GISTRO DE CAMPO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MERIDIANO POR MEDIO DE
DOS ESTRELLAS QUE CULMINEN AL NORTE Y AL SUR**

APARATO: T-4 ANOTO: C.L.S ESTACION: HOLMERA PRESIÓN INICIAL: _____
 FECHA: 5-V-02 OBSERVO: E.D.V.S LUGAR: QUANTE TEMPERATURA: _____

	ESTRELLA AL NORTE			ESTRELLA AL SUR		
N° DE ESTRELLA	456			453		
NOMBRE	E Urae Magis			E Corvi		
MAGNITUD	3.31			3.0		
ASC. RECTA	12	15	33.3321	12	10	14.5757
DECLINACIÓN	57	01	25.673	-22	38	01.499
LATITUD	19	19	54.0	19	19	54.0
DIST. ZENITAL	37	41	31.673	-11	37	55.499
EXPLEMTO.	325	12	22.227	310	02	01.51

	ESTRELLA AL NORTE			ESTRELLA AL SUR		
TIEMPO (T)	12	15	28.3	12	10	29.05
ASC. RECTA (AR)	12	15	33.3321	12	10	14.5757
T-AR	5.321			5.4957		

ESTABLECER ECUACIÓN

$$1 \quad \Delta t = 112a - 5.0221 = 0$$

$$\Delta t + 0.72a - 5.4957 = 0$$

Restando ambas Δt & Δt se cancela

$$\Delta t = -0.72a + 5.4957 = 0$$

Substituyendo Δt en 1°

$$-0.72a + 5.4957 - 112a - 5.0221 = 0$$

Agrupando términos

$$-1.12a + 0.4736 = 0$$

Despejando "a"

$$a = \frac{-0.4636}{-1.84}$$

VALOR DE "A" EN SEGUNDOS.

$$a = 0.2519$$

VALOR DE "A" EN ARCOS.

$$a = 3.779''$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

111A

**RE. GISTRO DE CAMPO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MERIDIANO POR MEDIO DE
DOS ESTRELLAS QUE CULMINEN AL NORTE Y AL SUR**

APARATO: T-4 ANOTO: C.L.S ESTACION: Mojonera PRESIÓN INICIAL: _____

FECHA: 15-V-02 OBSERVO: E.D.V.S LUGAR: UNEL.F.I TEMPERATURA _____

	ESTRELLA AL NORTE			ESTRELLA AL SUR		
N° DE ESTRELLA	447			1309		
NOMBRE	1 Ursae Majoris			1 Crateris		
MAGNITUD	2.44			5.18		
ASC. RECTA	11	53	57.6699	11	56	07.9070
DECLINACIÓN	53	41	09.768	-17	09	52.510
LATITUD	19	19	54	19	19	54.0
DIST. ZENITAL	34	21	15.762	-36	29	46.51
EXPLEMTO.	325	38	44.232	323	36	13.49

	ESTRELLA AL NORTE			ESTRELLA AL SUR		
TIEMPO (T)	11	51	54.9	11	57	20.5
ASC. RECTA (AR)	11	53	57.6699	11	56	07.9070
T-AR	-	02	02.7699	-	01	12.593
A	- 0.95			0.62		

ESTABLECER ECUACIÓN

1) $\Delta t - 0.95a - 122.7699 = 0$

2) $\Delta t + 0.62a + 72.593 = 0$

Despejando Δt de Ecuación (2)

$\Delta t = -0.62a - 72.593 = 0$

Sustituyendo Δt en la Ecuación (1)

$-0.62a - 72.593 - 0.95a - 122.7699 = 0$

Agrupando Términos

$-1.57a - 195.36 = 0$

Despejando "a"

$$a = \frac{195.36}{-1.57}$$

VALOR DE "A" EN SEGUNDOS.

$a = 124.4349$

VALOR DE "A" EN ARCOS.

$a = 31' 06.42$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

IV.- DETERMINACIÓN DE LA LATITUD

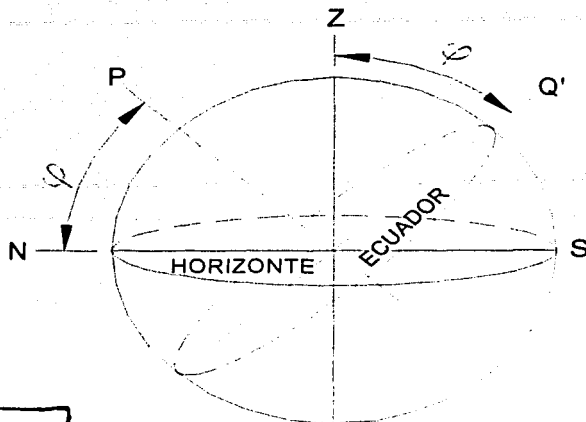
IV.1 Introducción

Actualmente en donde los sistemas satelitales parecen haber resuelto el problema de obtener las coordenadas geográficas, longitud λ , y latitud φ , geodésicas para establecer cualquier posición sobre la superficie de la tierra, a echo que los métodos clásicos para la obtención de estas coordenadas queden obsoletos, sin embargo la investigación sobre geodesia y las formas para determinar la verdadera forma de la tierra, así como investigaciones en donde tener parámetros del geoide es fundamental; hace necesario el recordar y tener presentes métodos astronómicos para la determinación de las coordenadas longitud λ , y latitud φ .

La determinación de la latitud astronómica tiene como solución diversos métodos astronómicos, unos proporcionaran mayores precisiones que otros, en la actualidad solo para grandes investigaciones geodésicas se aplican métodos que arrojen precisiones de primer orden. En el presente trabajo se retoman algunos de estos métodos para la obtención de la latitud.

Antes de describir los métodos que se han seleccionado para la determinación de una latitud astronómica precisa o de primer orden, es necesario hacer referencia de lo que es la latitud, así como las latitudes que se usan con más frecuencia.

La latitud se mide por el arco de meridiano, comprendido entre el Ecuador y el Lugar de observación, según la figura IV-1; su valor es el de la altura del polo sobre el horizonte:



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura IV-1

Esto es cierto suponiendo la tierra esférica, pero si suponemos que es un elipsoide o mejor un geoide, tendremos que definir tres clases de latitud

Latitud Astronómica: es el ángulo que forma la vertical del lugar o normal al geoide con el plano del Ecuador terrestre.

Latitud Geocéntrica: es el ángulo entre el radio central y el ecuador.

Latitud Geodésica: es el ángulo que forma la normal al elipsoide con el ecuador. Esta es la latitud astronómica reducida a un punto origen, en el que se anulan las desviaciones de la vertical debidas a las atracciones de las masas terrestres.

Si la tierra fuese un elipsoide coincidirían la astronómica y la geodésica; si fuese una esfera coincidirían las tres

La astronomía práctica determina únicamente las latitudes astronómicas y la Geodesia proporciona los elementos para calcular las latitudes Geocéntricas y Geodésicas.

La diferencia entre las latitudes astronómicas y geodésicas se llama desviación de la vertical y en un gran número de lugares su conocimiento contribuye a la localización del geoide, lo que constituye una importante investigación geodésica.

Los métodos aquí expuestos determinan la latitud con precisiones de primer orden y segundo orden. El primer método expuesto es el método de "Mr. Litrow", Director del Observatorio de Viena. Este método arroja precisiones de segundo orden en el cálculo y observación de la latitud, es uno de los métodos mas prácticos en la determinación de la latitud su precisión viene influenciada principalmente por la refracción ya que requiere de la observación de la altura o distancia zenital.

La observación de una sola estrella tiene el inconveniente de que la distancia zenital queda afectada del error de refracción, el cual no tiene un valor bien determinado, así que con esto pierde precisión el valor obtenido para la latitud. Hay que agregar otra causa de error: la que proviene de la dificultad de obtener con precisión las distancias zenitales absolutas, debido, por una parte, a la falta de verticalidad que pueda haber en el eje azimutal; y por otra, a la aproximación del círculo vertical. La influencia de error de índice del círculo vertical, se puede nulificar observando la estrella en las dos posiciones del anteojo, con círculo a la derecha y con círculo a la izquierda; y tomando el promedio de los resultados obtenidos.

En realidad no es de nuestro conocimiento si al emplear los datos y dispositivos de la actualidad y conjugando estos con la instrumentos clásicos para la astronomía de posición, si el método que emplea la fórmula de Mr. Litrow pueda conseguir precisiones de primer orden en la obtención de la latitud, solamente si podemos asegurar que el método es lo bastante preciso para obtener resultados con un error promedio de $\pm 1''$.

Los otros dos métodos expuestos son considerados métodos de precisión y exactitud en el cálculo y obtención de la latitud; estos métodos son el de **Horrebow-Talcott**, y el método **Sterneck**.

Estos métodos dos métodos similares tienen una diferencia esencial. Los dos métodos determinan la latitud astronómica, en base a la observación de pares de estrellas que culminan al norte y al sur del zenit. El fundamento es el de medir las distancias zenitales de las estrellas en su momento de paso por el meridiano del lugar. Pero la diferencia notable es que en el método de Horrebow-Talcott, la diferencia de distancias zenitales se mide con un micrómetro y no con el círculo vertical del aparato.

Al final del capitulo se mencionan algunas ventajas y desventajas entre los métodos de Horrebow-Talcott y Sterneck.

IV. 2 Estrella Polaris.

La estrella Polaris (α de la Osa Menor) o como es más conocida, "la estrella polar", es una súper gigante de tipo F, es decir, que su color es amarillo-verdoso. Dista de nosotros unos 357 años luz y es unas 1600 veces más brillante que nuestro Sol. Si estuviera en el lugar de éste, su calor nos abrasaría ya que tiene un diámetro 35 veces que el Sol. Es la estrella más brillante de su constelación, la Osa Menor. Marca el extremo de la punta del "pequeño carro". En torno a esta estrella gira toda la bóveda celeste y esto ocurre porque Polaris se encuentra en el polo norte celeste, aunque no exactamente en el polo. Desde la antigüedad siempre ha servido de guía para los navegantes por este mismo motivo.

Polaris es una estrella cuya posición se identifica fácilmente por las constelaciones cercanas de la Osa Mayor y de Casiopea. Su distancia al polo celeste es aproximadamente de 1 ó 1.5 grados y tiene un cambio anual de declinación menor a 1'. Su compañera es una estrella de magnitud 8.8 que está oculta a nuestra vista por la luz de Polaris. Es probable que en torno a esta compañera orbite otra estrella de novena magnitud.

Se ha escogido la estrella Polaris para determinaciones astronómicas de latitud y azimut porque el radio de su órbita con respecto al Polo es muy pequeño, está a 1 ó 1.5 grados del polo norte celeste, lo que es muy poco, y por eso parece no moverse. Pero la estrella polar o la que esta mas cerca al polo celeste no ha sido siempre la misma. El motivo tiene una explicación: el eje de rotación de la Tierra no está orientado siempre al mismo sitio si no que describe un cono debido a movimientos propios de la tierra como los son la nutación y la presesión (ver capítulo II), aunque sí mantiene la misma inclinación con respecto al plano de la órbita.

En el año 2000 antes de Cristo, por ejemplo, la estrella polar era Thuban, la estrella alfa del Dragón, porque el polo norte celeste estaba allí. En estos 4000 años se ha desplazado hacia Polaris y en el año 2102 alcanzará la distancia mínima con respecto a Polaris: unos 27 minutos de arco. Dentro de 2000 años la estrella polar será Errai, la Gamma Cephei. en torno a esta estrella girara toda la boveda celeste ya que será la estrella más cercana al polo norte celeste, aunque no exactamente por los movimientos ya mencionados.

Si hacemos una fotografía de larga exposición se verá que en el lugar de Polaris aparece un arco, demostrando que la estrella tiene movimiento. La estrella Polaris en su movimiento

circumpolar aparente, en dirección contraria a la de las manecillas del reloj, pasa dos veces por el meridiano: en su culminación superior (C.S) y en su culminación inferior (C.I).

En los puntos denominados de elongación al Este (E.E) y elongación al oeste (E.W), polaris tiene sus alejamientos máximos respecto del meridiano.

Datos de Polaris:

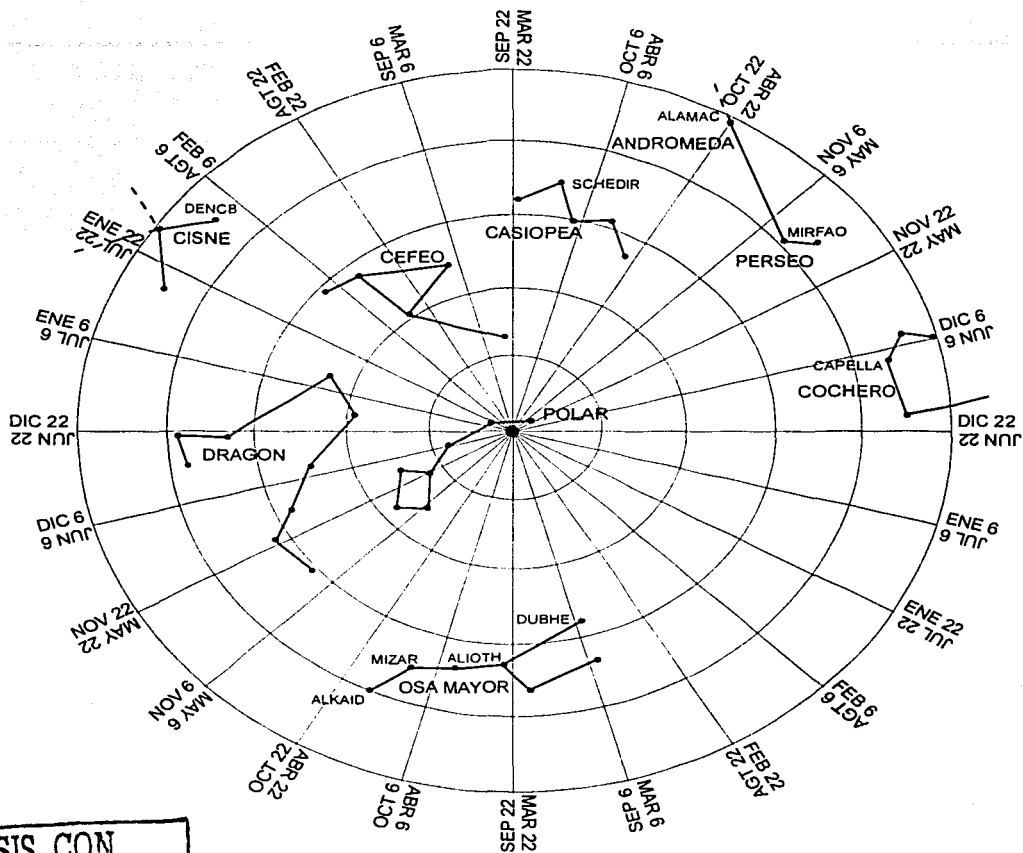
Nombre Propio	Polaris
Nombre Científico	Alfa Ursae Minoris
Magnitud Aparente	2.00
Distancia	357 años luz
Magnitud Absoluta	3.97
Tipo Espectral	F8

Para identificar a la estrella polaris en el firmamento se hace mediante las constelaciones auxiliares de cassiopeia (casiopea) y Ursae Majoris (Osa Mayor).

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CASQUETE POLAR NORTE

A LAS 19 HORAS DEL MERIDIANO 90



INSTRUCCIONES

DIRIJASE LA VISUAL AL NORTE ESTANDO ENFRENTA DEL OBSERVADOR EL DIAGRAMA PONIENDO HORIZONTAL LA LINEA CORRESPONDIENTE A LA FECHA DE OBSERVACION SE TENDRA EL ASPECTO DEL CIELO A LAS 19 HORAS, SI LA OBSERVACION SE HACE A LAS 20 HORAS LA LINEA QUE DEBE PONERSE HORIZONTAL ES LA DE LA FECHA SIGUIENTE Y ASI SUCESIVAMENTE PARA CADA HORA DE AUMENTO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV. 3 Método de Litrow

IV.3.1 Deducción de la fórmula

Este método consiste en la observación de la estrella polaris, cuya órbita es muy próxima al polo.

Si la estrella polaris estuviera en el polo, bastaría observarla y medir su altura para obtener la latitud, pero debido a que esta no se encuentra en el polo, sino girando alrededor de este a 1 ó 1.5 grados aproximadamente de distancia, se tienen que hacer ciertas correcciones a la altura observada para la obtención de la latitud.

Este método consiste en medir la distancia zenital de una estrella circumpolar en cualquier punto de su órbita; Z (distancia zenital), la cual diferirá de la colatitud una pequeña cantidad, llamada distancia polar (P), mientras más pequeña sea P, más pequeña será la diferencia entre Z y la colatitud ($90 - \varphi$). Llamando X a esta diferencia, tenemos:

$$Z + X = 90 - \varphi$$

despejando φ y agrupando términos se tiene:

$$\varphi = 90 - (Z + X)$$

$$\varphi = 90 - Z - X$$

Si consideramos que:

$$A = 90 - Z$$

Sustituyendo el valor de A en la fórmula se tiene:

$$\varphi = A - X$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ahora despejando A, la fórmula queda de la siguiente forma:

$$A = \varphi + X \dots\dots\dots(1)$$

donde:

$$\varphi = A - X$$

La distancia polar es igual a:

$$P = 90 - \delta$$

Siendo P la distancia polar y H el ángulo horario de la estrella en el instante de la observación, y con la fórmula fundamental de la Trigonometría esférica, en función de los elementos del triángulo astronómico, será:

$$\text{sen}A = \text{sen}(A - X) \cos P + \cos(A - X) \text{sen}P \cos H \dots\dots\dots(2)$$

Desarrollando a sen (A-X) y cos(A-X) por serie de Taylor hasta la 2a. derivada:

$$f(x + h) = f(x) + hf'(x) + \frac{h^2 \cdot f''(x)}{2!} + \frac{h^3 f'''(x)}{3!} + \dots\dots\dots$$

$$\text{sen}(A - X) = \text{sen}A - X \cos A - \frac{1}{2} X^2 \text{sen}A + \frac{1}{6} X^3 \cos A + \frac{1}{24} X^4 \text{sen}A \dots\dots\dots(3)$$

$$\cos(A - X) = \cos A + X \text{sen}A - \frac{1}{2} X^2 \cos A - \frac{1}{6} X^3 \text{sen}A + \frac{1}{24} X^4 \cos A \dots\dots\dots(4)$$

Desarrollando a Sen P y Cos P en serie de McLauren:

$$\text{Sen}P = P - \frac{1}{6} P^3 \dots\dots\dots(5)$$

$$\cos P = 1 - \frac{1}{2} P^2 + \frac{1}{24} P^4 \dots\dots\dots(6)$$

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Sustituyendo las expresiones 3, 4, 5 y 6, en la expresión 2:

$$\begin{aligned} \text{sen}A &= (\text{sen}A - X \cos A - \frac{1}{2} X^2 \text{sen}A + \frac{1}{6} X^3 \cos A + \frac{1}{24} X^4 \text{sen}A) (1 - \frac{1}{2} P^2 + \frac{1}{24} P^4) + \\ &+ (\cos A + X \text{sen}A - \frac{1}{2} X^2 \cos A - \frac{1}{6} X^3 \text{sen}A + \frac{1}{24} X^4 \cos A) (P - \frac{1}{6} P^3) \cos H \end{aligned}$$

Haciendo operaciones:

$$\begin{aligned} \text{sen}A &= \text{sen}A - X \cos A - \frac{1}{2} X^2 \text{sen}A + \frac{1}{6} X^3 \cos A + \frac{1}{24} X^4 \text{sen}A - \frac{1}{2} P^2 \text{sen}A + \frac{1}{2} P^2 X \cos A + \\ &+ \frac{1}{4} P^2 X^2 \text{sen}A - \frac{1}{12} P^2 X^3 \cos A - \frac{1}{48} P^2 X^4 \text{sen}A + \frac{1}{24} P^4 \text{sen}A - \frac{1}{24} P^4 X \cos A - \\ &- \frac{1}{48} P^4 X^2 \text{sen}A + \frac{1}{144} P^4 X^3 \cos A + \frac{1}{528} P^4 X^4 \text{sen}A + P \cos A \cos H + PX \text{sen}A \cos H - \\ &- \frac{1}{2} PX^2 \cos A \cos H - \frac{1}{6} PX^3 \text{sen}A \cos H + \frac{1}{24} PX^4 \cos A \cos H - \frac{1}{6} P^3 \cos A \cos H - \\ &- \frac{1}{6} P^3 X \text{sen}A \cos H + \frac{1}{12} P^3 X^2 \cos A \cos H + \frac{1}{36} P^3 X^3 \text{sen}A \cos H + \frac{1}{144} P^3 X^4 \cos A \cos H \end{aligned}$$

Dividiendo ambos miembros de la igualdad entre $\cos A$:

$$\begin{aligned} \tan A &= \tan A - X - \frac{1}{2} X^2 \tan A + \frac{1}{6} X^3 + \frac{1}{24} X^4 \tan A - \frac{1}{2} P^2 \tan A + \frac{1}{2} P^2 X + \frac{1}{4} P^2 X^2 \tan A - \\ &- \frac{1}{12} P^2 X^3 - \frac{1}{48} P^2 X^4 \tan A + \frac{1}{24} P^4 \tan A - \frac{1}{24} P^4 X - \frac{1}{48} P^4 X^3 + \frac{1}{144} P^4 X^3 + \frac{1}{528} P^4 X^4 \tan A + \\ &+ P \cos H + PX \tan A \cos H - \frac{1}{2} PX^2 \cos H - \frac{1}{6} PX^3 \tan A \cos A + \frac{1}{24} PX^4 \cos H - \frac{1}{6} P^3 \cos H - \\ &- \frac{1}{6} P^3 X \tan A \cos H + \frac{1}{12} P^3 X^2 \cos H + \frac{1}{36} P^3 X^3 \tan A \cos H + \frac{1}{24} P^3 X^4 \cos H \end{aligned}$$

Despejando todos los términos que contienen a X y a P, así como despejando la X a la primera potencia:

$$\begin{aligned} X &= P \cos H - \frac{1}{2} (X^2 + P^2 - 2PX \cos H) \tan A + \frac{1}{6} (X^3 + 3P^2 X - 3PX^2 \cos H - P^3 \cos H) + \\ &+ \frac{1}{24} (X^4 + 6P^2 X^2 + P^4 - 4PX^3 \cos H - 4P^3 X \cos H) \tan A \dots \dots \dots (7) \end{aligned}$$

Calculando a X por aproximaciones sucesivas, tendremos como primera aproximación:

$$X = P \cos H \dots\dots\dots(8)$$

Sustituyendo este valor en 7 y utilizando únicamente hasta el segundo término, tendremos como segunda aproximación:

$$X = P \cos H - \frac{1}{2} (P^2 \cos^2 H - 2P^2 \cos^2 H + P^2) \tan A$$

$$X = P \cos H - \frac{1}{2} P^2 (1 + \cos^2 H - 2 \cos^2 H - 2 \cos^2 H) \tan A$$

$$X = P \cos H - \frac{1}{2} P^2 \operatorname{sen}^2 H \tan A \dots\dots\dots(9)$$

Sustituyendo 9 en el tercer término de 7 y aceptando únicamente los términos que contengan hasta P^3 , obtenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{6} \left(\left(P \cos H - \frac{1}{2} P^2 \operatorname{sen}^2 H \tan A \right)^3 + 3P^2 \left(P \cos H - \frac{1}{2} P^2 \operatorname{sen}^2 H \tan A \right) - \right. \\ & \left. - 3P \left(P \cos H - \frac{1}{2} P^2 \operatorname{sen}^2 H \tan A \right)^2 \cos H - P^3 \cos H \right) \\ & = \frac{1}{6} \left(P^3 \cos^3 H - \frac{3}{2} P^4 \cos^2 H \operatorname{sen}^2 H \tan A + \frac{3}{4} P^5 \cos H \operatorname{sen}^4 H \tan^2 A - \frac{1}{8} P^6 \operatorname{sen}^6 H \tan^3 A \right) + \\ & + 3 \left(P^3 \cos H - \frac{1}{2} P^4 \operatorname{sen}^2 H \tan A \right) - 3 \left(P^3 \cos^3 H - P^4 \operatorname{sen}^2 H \cos^2 H \tan A + \right. \\ & \left. \frac{1}{4} P^5 \cos H \operatorname{sen}^4 H \tan^2 A \right) - P^3 \cos H = \\ & = \frac{1}{6} (P^3 \cos^3 H + 3P^3 \cos H - 3P^3 \cos^3 H - P^3 \cos H) = \frac{1}{6} (-2P^3 \cos^3 H + 2P^3 \cos H) = \\ & = \frac{1}{3} P^3 \cos H (1 - \cos^2 H) = \frac{1}{3} P^3 \operatorname{sen}^2 H \cos H \end{aligned}$$

Esta última viene a ser el tercer término de la expresión 9, por lo que ésta queda:

$$X = P \cos H - \frac{1}{2} P^2 \operatorname{sen}^2 H \tan A + \frac{1}{3} P^3 \operatorname{sen}^2 H \cos H \dots\dots\dots(10)$$

Se multiplica el segundo y tercer término por $\operatorname{sen} 1''$ para reducirlo a segundos.

$$X'' = P \cos H - \frac{1}{2} P^2 \operatorname{sen}^2 H \tan A \operatorname{sen} 1'' + \frac{1}{3} P^3 \operatorname{sen}^2 H \cos H \operatorname{sen}^2 1'' \dots\dots\dots(10b)$$

Y, finalmente, sustituyendo 10 y 10(b) en la expresión 1, tendremos:

$$\varphi = A - P \cos H + \frac{1}{2} P^2 \operatorname{sen}^2 H \tan A \operatorname{sen} 1'' - \frac{1}{3} P^3 \operatorname{sen}^2 H \cos H \operatorname{sen}^2 1''$$

El tercer término es muy pequeño por lo que en general la fórmula la podemos expresar como:

$$\varphi = A - P \cos H + \frac{1}{2} P^2 \operatorname{sen}^2 H \tan A \operatorname{sen} 1''$$

Esta fórmula se debe a "Mr. Litrow", Director del Observatorio de Viena; y es uno de los mejores procedimientos para determinar la latitud por observaciones a la Estrella Polar (Alfa Ursae Minoris), así mismo esta deducción en particular de la fórmula se debe al Ing. Ruiz Galindo ex profesor de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

IV.3.2 Observaciones a la estrella polar

El instrumento con el que se realizaron estas observaciones fue el T-3. El equipo se centra y nivela lo mas cuidadosamente posible y se procura el menor movimiento alrededor del instrumento debido a la sensibilidad del nivel.

Se realizan los cálculos para la transformación del tiempo medio a tiempo sidéreo local para la puesta en marcha del cronómetro.

Las comparaciones del radio-cronómetro se hacen justamente antes de empezar las observaciones e inmediatamente después de que se terminaron estas.

IV.3.2.1 Procedimiento de observación.

1. Comparaciones radio-cronómetro. Se deben realizar cuando menos tres comparaciones, pero es recomendable hacer cinco para después obtener un Δt promedio, así se disminuye el error que puede tener el anotador al comparar el radio con el cronometro.
2. Se toman lecturas del termómetro y barómetro y se anotan los datos en el registro.
3. Se visa a la estrella polaris considerando las siguientes instrucciones.
 - a) Una vez que se tiene a la estrella polaris sobre el hilo vertical y cerca del hilo horizontal (cruce de los hilos principales de la retícula), se le dice al anotador "atención" para que este se prepare a tomar el tiempo cronométrico de observación.
 - b) Se afina la puntería y se dice "op" en el instante de la bisección, en ese preciso momento el anotador registra el tiempo cronométrico.
 - c) Se hace la coincidencia de meniscos y se lee el círculo vertical con dos coincidencias del micrómetro (no olvidando que en la segunda lectura solo se leen los segundos).
 - d) Se repiten los pasos "b" y "c"
 - e) Se da vuelta de campana y se repiten los incisos "b", "c" y "d" para así terminar un posición.
 - f) Se hacen 8 posiciones para terminar una serie
 - g) Se toman comparaciones del radio-cronómetro y se toma la temperatura y presión final.

Es recomendable hacer unas tres series por noche, bastara con una noche de observación para obtener un buen resultado en el cálculo de la latitud que bajo condiciones normales y empleando un equipo normal el método nos proporcionara un resultado posible de la latitud con un error probable de $\pm 1''$.

Para el establecimiento de una estación Laplace las especificaciones en la determinación de la latitud nos exige una latitud con un error probable no mayor a $\pm 0.10''$.

IV.3.3 Cálculo de latitud.

1. Se obtiene el valor de las lecturas del círculo vertical, es decir se suman los valores de la primera y segunda lectura, (recordando que la segunda lectura solo son segundos).
2. Se obtienen los promedios del tiempo y de las lecturas del círculo vertical.
3. Se obtiene el valor de la altura.
4. Se calcula el promedio de la 1ª y 2ª comparación del reloj.
5. Se calcula el Δt del cronómetro.
6. Se calcula la marcha del cronómetro.
7. Se calcula el promedio de la presión y temperatura.
8. Se hacen los cálculos para obtener la corrección por refracción.
9. Se calcula la altura corregida.
10. Se determina el tiempo corregido de observación.
11. Se obtiene el Ángulo Horario.
12. Se obtiene el valor de P.
13. Se toman los valores calculados y se aplica la fórmula de Litrow.

En el siguiente registro de campo se calculan los pasos 1, 2, 3 y 7.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**RE GISTRO DE CAMPO PARA EL CALCULO DE LA LATITUD POR MEDIO DE
OBSERVACIONES A LA ESTRELLA POLARIS.**

APARATO: UHL T-3 ANOTO: Claudia L.S. ESTACION: UNANI PRESIÓN INICIAL: 796 mm Hg PRESIÓN FINAL: 796 mm Hg
 FECHA: 01/03/02 OBSERVO: Enk D.V.S. LUGAR: F.I. TEMPERATURA: 17°C TEMPERATURA: 17°C

SERIE	EST.	P.V.	POS.	TIEMPO	A.V.	ZALEC"	PROMEDIO	NIVEL	CALCULO DEL TIEMPO	OBSERVACIONES
1	Hor	POLAR	D	08 31 28.3	99 40 10.01	10:81	99 40 21.71		$T_m = 21.25$	La presión esta en milibares Se tiene que pasar a mmHg
		POLAR	I	08 32 51.0	80 18 05.35	05.25	80 18 12.40		$H_0 = 6$	
				08 32 11.15			19 22 11.10		$T_m H_0 = 0.3 25$	
									$T_m H_0 = 11.06 02.96$	
2	Hor	POLAR	D	08 39 13.7	99 38 45.19	48.71	99 39 36.90			Calculo
		POLAR	I	08 41 02.8	80 18 29.06	29.21	80 18 58.27			
				08 40 09.25			19 20 38.63			
3	Hor	POLAR	D	08 47 07.04	99 38 25.91	26.09	99 38 52.00			Calculo
		POLAR	I	08 49 36.3	80 18 55.35	55.12	80 19 50.47			
				08 48 21.62			19 19 01.53			
4	Hor	POLAR	D	08 57 04.1	99 36 55.14	58.49	99 37 57.68			Calculo
		POLAR	I	09 00 37.5	80 20 26.82	26.82	80 20 53.64			
				08 58 50.0			19 17 04.04			
5	Hor	POLAR	I	09 07 08.02	99 38 30.19	30.10	99 39 00.29			Calculo
		POLAR	I	09 09 07.0	80 20 50.20	50.21	80 21 12.91			
				09 08 07.51			19 17 19.88			

129A

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**REGISTRO DE CAMPO PARA EL CÁLCULO DE LA LATITUD POR MEDIO DE
OBSERVACIONES A LA ESTRELLA POLARIS.**

APARATO: Waldt-3 ANOTO: Claudia L.S ESTACION: UNAM PRESIÓN INICIAL: 796mmHg PRESIÓN FINAL: 796mmHg
 FECHA: 8/03/02 OBSERVO: Eric D.V.S LUGAR: F.I TEMPERATURA: 17°C TEMPERATURA: 17°C

SERIE	EST.	P.V.	POS.	TIEMPO	A.V.	2aLEC"	PROMEDIO	CALCULOS
6	Hor	Polar	D	9 15 33.4	99 38 07.05	06.92	99 38 13.97	Presión = 597 mmHg Temperatura = 17°C
		Polar	I	9 17 13.0	80 22 12.81	12.62	80 22 25.43	
				9 16 23.2			19 15 48.54	
7	Hor	Polar	D	9 24 57.1	99 36 39.51	39.59	99 35 19.10	
		Polar	I	9 27 28.1	80 22 72.0	42.69	80 32 24.69	
				9 26 12.6			19 14 51.91	
8	Hor	Polar	D	9 34 36.6	99 34 11.71	14.71	99 34 29.42	
		Polar	I	9 37 10.3	80 24 09.49	09.55	80 24 17.04	
				9 35 53.45			19 10 12.38	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

124B

**REGISTRO DE CAMPO PARA EL CÁLCULO DE LA LATITUD POR MEDIO DE
OBSERVACIONES A LA ESTRELLA POLARIS**

APARATO: T-3 ANOTO: Enl. D.V.S ESTACION: Huamantla F.I PRESIÓN INICIAL: 783 mbar PRESIÓN FINAL: 783 mbar
FECHA: 8/02/02 OBSERVO: Claudia L.S LUGAR: ONAM TEMPERATURA: 15° TEMPERATURA: 13°

SERIE	EST.	P.V.	POS.	TIEMPO	A.V.	2aLEC"	PROMEDIO	NIVEL	CÁLCULO DEL TIEMPO	OBSERVACIONES
1	Hoj	Polar	D	11 06 35.9	99 26 22.73	22.73	99 26 45.46			
			I	11 08 38.0	80 30 57.69	57.21	80 31 59.9			
				11 07 36.95			18 59 50.56			
									$T_m = 21.25$ $H_g = 06$ $T_{alt} H_g = 03.25$ $T_{50} H_g = 11.06 02.96$ $T = 06.36 33.67$ $T_{50} = 07.54 51.93$	La presión está en milibares se tienen que pasar a mmHg
2	Hoj	Polar	D	11 28 27.9	99 24 37.05	37.02	99 25 14.07			
			I	11 30 03.6	80 32 40.66	40.41	80 33 21.07			
				11 29 15.75			18 51 53.0			
									T DEL RELOJ	
								RADIO RELOJ		
								1ª Comparación	Cálculo	
								3:28 7 57 51.2	= 57 52.455	
								7:29 7 58 51.4	7 58 52.589	
3	Hoj	Polar	D	11 37 53.10	99 24 18.95	18.78	99 24 37.73			
			I	11 39 37.60	80 32 59.99	59.82	80 33 59.81			
				11 38 45.35			18 50 37.92			
									2ª Comparación	
								9:05 13 35 25.7	13 35 47.785	
								9:06 13 36 25.8	13 36 48.949	
4	Hoj	Polar	D	11 47 26.9	99 24 02.49	02.31	99 24 01.86			
			I	11 49 07.2	80 34 17.99	17.90	80 34 35.89			
				11 48 17.05			18 49 28.91			
									9:07 13 37 25.8	13 37 48.221
								9:08 13 38 26.0	13 38 49.385	
								9:09 13 39 26.1	13 39 50.549	
								9:10 13 40 26.2	13 40 51.713	
5	Hoj	Polar	D	11 58 52.7	99 22 39.77	39.78	99 23 19.55			
			I	12 01 27.8	80 34 37.75	37.72	80 35 15.97			
				12 00 10.25			18 48 01.08			

124 C

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**REGISTRO DE CAMPO PARA EL CÁLCULO DE LA LATITUD POR MEDIO DE
OBSERVACIONES A LA ESTRELLA POLARIS**

APARATO: T-3 ANOTO: Ent. D.V.S ESTACION: Mojocera PRESIÓN INICIAL: 783mm Hg PRESIÓN FINAL: 783mm Hg
FECHA: 15/10 OBSERVO: Chadín L.S LUGAR: UJAJA TEMPERATURA: 15° TEMPERATURA: 13°

SERIE	EST.	P.V.	POS.	TIEMPO	A.V.	2aLEC"	PROMEDIO	NIVEL	CALCULO DEL TIEMPO	OBSERVACIONES
1	Hoj	Polaris	D	12 27 08.10	99 20 54.50	54.41	99 21 49.11			
		Polaris	I	12 31 22.10	80 36 26.60	26.60	18 36 53.2			
				12 29 15.10			18 44 55.91			
2	Hoj	Polaris	D	12 38 50.8	99 20 37.61	37.20	99 21 15.31			
		Polaris	I	12 41 59.9	80 36 39.59	39.60	80 37 19.19			
				12 40 25.35			15 43 56.12		T DEL RELOJ	
								RADIO	RELOJ	
3	Hoj	Polaris	D	12 50 07.00	99 20 23.12	23.30	99 20 46.42			
		Polaris	I	12 52 31.6	80 37 54.02	54.16	80 42 48.19			
				12 51 17.8			18 42 58.23			

124 D

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El procedimiento de cálculo se desarrolla con el ejemplo siguiente

Comparación del Reloj

Primer Comparación. (Comparación inicial)

RADIO	RELOJ	CALCULADO	Δt
03:28	07 ^h 57 ^m 51.2 ^s	07 ^h 57 ^m 52.425 ^s	01. ^s 225
03:29	07 ^h 58 ^m 51.4 ^s	07 ^h 58 ^m 52.589 ^s	01. ^s 189
03:30	07 ^h 59 ^m 51.5 ^s	07 ^h 59 ^m 52.753 ^s	01. ^s 253
03:31	08 ^h 01 ^m 51.6 ^s	08 ^h 01 ^m 52.917 ^s	01. ^s 317
03:32	08 ^h 02 ^m 51.8 ^s	08 ^h 02 ^m 53.082 ^s	01. ^s 282
03:33	08 ^h 03 ^m 52.0 ^s	08 ^h 03 ^m 53.246 ^s	01. ^s 256

De estos datos se saca el promedio de la columna reloj y del Δt , para así obtener:

$$T_1 = 08^h 00^m 21.583^s \quad \Delta T_1 = 01^s.252$$

Lo mismo se hace con la segunda comparación que es aquella que se hace inmediatamente después de haber terminado las observaciones a la estrella polaris.

Segunda Comparación. (Comparación final).

RADIO	RELOJ	CALCULADO	Δt
09:05	13 ^h 35 ^m 25.7 ^s	13 ^h 35 ^m 47.785 ^s	22. ^s 085
09:06	13 ^h 36 ^m 25.8 ^s	13 ^h 36 ^m 47.949 ^s	22. ^s 149
09:07	13 ^h 37 ^m 25.8 ^s	13 ^h 37 ^m 48.114 ^s	22. ^s 314
09:08	13 ^h 38 ^m 26.0 ^s	13 ^h 38 ^m 48.278 ^s	22. ^s 278
09:09	13 ^h 39 ^m 26.1 ^s	13 ^h 39 ^m 48.442 ^s	22. ^s 342
09:10	13 ^h 40 ^m 26.2 ^s	13 ^h 40 ^m 48.601 ^s	22. ^s 401

$$T_2 = 13^h 37^m 55.933^s \quad \Delta T_2 = 22^s.262$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cálculo de la marcha y Tiempo corregido.

$$m = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{T_2 - T_1} = \frac{22^s.262 - 01^s.252}{13^h37^m55^s.933 - 08^h00^m21.583^s} = \frac{21.01^s}{5^h37^m34.35^s} = 0^h00^m03.734^s$$

Una vez que se tiene la marcha se procede a calcular el tiempo corregido del promedio de cada serie.

$$T = T_o + m(T_o - T_1) + \Delta T_1$$

$$T = 08^h34^m01.775^s + 3.^s734(08^h34^m01.775^s - 18^h00^m21.583^s) + 01.^s252$$

$$T = 08^h32^m22.942^s$$

Este procedimiento se realiza para cada uno de los promedios de tiempo de observación.

Una vez que se cálculo el tiempo corregido se calcula el Ángulo Horario.

$$AH = T_{SL} - \alpha$$

El dato de la ascensión recta se obtiene del anuario y el T_{SL} es el tiempo corregido de cada observación. Sustituyendo los valores en la ecuación se obtiene:

$$AH = 8^h32^m22.^s942 - 2^h32^m47.^s555$$

Para la aplicación de la fórmula de Litrow el valor del AH se debe de transformar a grados minutos y segundos.

$$AH = 89^{\circ}53'50.805''$$

La declinación se obtiene del anuario (en la actualidad el valor es muy preciso) y con este dato se obtiene el valor de P, este valor es el mismo para cada una de las series a calcular.

$$\delta = 89^{\circ}16'36.104''$$

$$P = 90 - \delta$$

$$P = 90 - 89^{\circ}16'36.104''$$

$$P = 00^{\circ}43'23.''896$$

Una vez que se obtuvieron estos datos se aplica la fórmula de Litrow para el cálculo de la latitud.

Se presenta el cálculo ordenado de la latitud por el método de Litrow en la hoja de registro siguiente.

**REGISTRO PARA EL CALCULO DE LA LATITUD
MÉTODO DE LITROW**

LUGAR: UNAN

FECHA: 8. Marzo - 2002

CRONÓMETRO: Omega

ESTACIÓN: Mojave F.I

ANOTÓ: Claudia Lynn Spies

PRESIÓN: 796 mmbr

LATITUD: 19° 19' 54" (973)

OBSERVO: Erk de Valle Salgado

TEMPERATURA: 17°C

LONGITUD: 6° 36' 44" 21

APARATO: Teodolito T-3

DECLINACIÓN: 89° 16' 36" 09

DATOS DE LA ESTRELLA POLARIS:

ASCENCIÓN RECTA: 2^h 32^m 47^s 55

P	NÚM. SERIE.	1	2	3	4	5	6	7	8
1	A. OBSERVADA	19 22 11.11	19 20 38.63	19 19 01.53	19 17 01.04	19 17 19.88	19 15 48.54	19 14 51.41	19 10 12.38
2	CORR. POR REF	00 02 06.45	00 02 06.63	00 02 06.82	00 02 07.41	00 02 07.01	00 02 07.12	00 02 07.19	00 02 07.87
3	A. CORREGIDA	19 20 04.66	19 18 32.00	19 16 54.71	19 14 56.63	19 15 12.87	19 13 41.42	19 12 44.09	19 08 04.51
	TIEMPO CORR.	08 32 11.38	08 45 11.97	08 48 25.92	08 58 54.89	09 08 12.97	09 16 28.17	09 26 40.20	09 36 00.64
4	A.H (en grados)	05 59 26.83	06 07 21.42	06 15 38.26	06 26 07.33	06 32 25.42	06 43 41.61	06 53 52.65	07 03 13.09
	A.H (en arco)	89 51 42.16	91 51 06.37	93 51 35.42	96 31 49.98	98 51 21.29	100 55 24.22	103 28 09.75	105 48 16.36
5	P=90-DECL	00 43 23.89	00 43 23.89	00 43 23.89	00 43 23.89	00 43 23.89	00 43 23.89	00 43 23.89	00 43 23.89
6	-PCOSH	-1.2946476E-3	-1.2946476E-3	-1.2946476E-3	-1.2946476E-3	-1.2946476E-3	-1.2946476E-3	-1.2946476E-3	-1.2946476E-3
7	0.5SEN1"	2.424068E-6	2.424068E-6	2.424068E-6	2.424068E-6	2.424068E-6	2.424068E-6	2.424068E-6	2.424068E-6
8	P ² (En segundos)	1883.4008	1883.4008	1883.4008	1883.4008	1883.4008	1883.4008	1883.4008	1883.4008
9	SEN H ²	0.999991182	0.99895581	0.99535058	0.108685751	0.108734766	0.964091125	0.945745668	0.9258219
10	TAN A	0.35087365	0.350319195	0.319839705	0.349197302	0.319285631	0.31878826	0.318476538	0.34701153
11	(7)x(8)x(9)x(10)	1.60190138E-3	1.597937E-3	1.589761E-3	1.73273057E-4	1.7339505E-4	1.5352089E-3	1.5046487E-3	1.4667591E-3
12	(11)3600	4.449726E-7	4.438719E-7	4.4160177E-7	4.8131401E-8	4.8165292E-8	4.2644692E-7	4.1795829E-7	4.07433E-7
13	LONGITUD:	19 20 04.66	19 18 32.00	19 16 54.71	19 14 07.41	19 15 12.87	19 13 41.42	19 12 44.09	19 08 04.51
14	-PCOSH	-1.2946476E-3	-1.2946476E-3	-1.2946476E-3	-1.2946476E-3	-1.2946476E-3	-1.2946476E-3	-1.2946476E-3	-1.2946476E-3
15	(11)3600	4.449726E-7	4.438719E-7	4.4160177E-7	4.8131401E-8	4.8165292E-8	4.2644692E-7	4.1795829E-7	4.07433E-7
	LATITUD	19° 20' 04.65	19° 20' 01.89	19° 19' 57.99	19° 19' 58.44	19° 21' 59.34	19° 22' 00.38	19° 22' 51.00	19° 19' 58.99

PROMEDIO DE LATITUD: Considerando las ocho series 19° 20' 51.52

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**REGISTRO PARA EL CALCULO DE LA LATITUD
MÉTODO DE LITROW**

**TESIS CON
FALTA DE ORIGEN**

LUGAR: UNAM
ESTACIÓN: Hoyonera
LATITUD: 19° 19' 54" (4Ps)
LONGITUD: 6° 36' 44" 21
DATOS DE LA ESTRELLA POLARIS:

FECHA: 5. Marzo -2002
ANOTÓ: Erik de Valle Salgado
OBSERVO: Claudia Leyva Suarez
APARATO: Teodolito T-3
ASCENCIÓN RECTA: 2^h 32^m 47^s55

CRONÓMETRO: Omega
PRESIÓN: 783mmbar
TEMPERATURA: 14°C
DECLINACIÓN: 89° 16' 36" 101

P	NÚM. SERIE.	1	2	3	4	5	6	7	
1	A. OBSERVADA	18 57 50.56	18 51 53.0	18 50 37.92	18 49 28.91	18 48 08.10	18 44 55.91	18 43 56.12	18 42 58.23
2	CORR. POR REF	00 02 08.58	00 02 08.99	00 02 09.09	00 02 09.24	00 02 09.41	00 02 10.29	00 02 09.92	00 02 09.40
3	A. CORREGIDA	18 52 41.98	18 49 44.06	18 48 28.83	18 47 19.67	18 45 58.7	18 42 45.62	18 41 46.2	18 40 48.83
	TIEMPO CORR.	11 04 36.95	11 29 11.90	11 38 41.36	11 48 15.92	11 59 33.1	12 29 13.37	10 07 37.8	12 51 15.75
4	A.H (en grados)	08 31 48.86	08 56 27.35	9 05 56.81	09 15 28.37	9 27 22.7	9 56 25.82	07 31 50.25	10 18 28.2
	A.H (en arco)	128 42 12.95	134 06 50.25	136 29 12.17	138 52 03.56	141 41 03.85	149 06 27.32	151 51 27.0	154 37 03.0
5	P=90-DECL	00 43 23.89	00 43 23.89	00 43 23.89	00 43 23.89	00 43 23.89	00 43 23.89	00 43 23.89	00 43 23.89
6	-PCOSH	0.452275189	0.503182185	0.524549829	0.547790604	0.56876035	0.62068992	0.64393651	0.6531796
7	0.5SEN1"	2.424068E-6	2.424068E-6	2.424068E-6	2.424068E-6	2.424068E-6	2.424068E-6	2.424068E-6	2.424068E-6
8	P ² (En segundos)	1883.4008	1883.4008	1883.4008	1883.4008	1883.4008	1883.4008	1883.4008	1883.4008
9	SEN H ²	0.600937984	0.5151618790	0.4710635932	0.4326919429	0.381672778	0.26360789	0.221743426	0.18371871
10	TAN A	0.341951336	0.310990829	0.310583746	0.310209598	0.33974987	0.33872785	0.338406757	0.33809679
11	(7)(8)(9)(10)	9.881699E-4	8.0246629E-4	7.37136762E-4	6.120675E-4	5.9202226E-4	4.076588E-4	3.4259208E-4	2.8363E-4
12	(11)/3600	2.606027E-7	2.2290730E-7	2.0476021E-7	1.866854E-7	1.649506E-7	1.1323857E-7	9.5169169E-8	7.878624E-8
13	LONGITUD:	18 52 41.98	18 49 44.06	18 48 28.83	18 47 19.67	18 48 08.1	18 42 45.62	18 41 46.2	18 40 48.83
14	-PCOSH	0.452275189	0.503182185	0.524549829	0.547790604	0.56876035	0.62068992	0.64393651	0.6531796
15	(11)/3600	2.606027E-7	2.2290730E-7	2.0476021E-7	1.866854E-7	1.649506E-7	1.1323857E-7	9.5169169E-8	7.878624E-8
	LATITUD	19 19 53.59	19 19 59.48	19 19 59.86	19 20 03.33	19 20 03.87	19 20 01.57	19 20 04.55	19 20 02.37

PROMEDIO DE LATITUD:

Considerando las ocho series 19° 20' 01.68

El resultado de las dos series se muestran a continuación.

En primera instancia se anulan tres de las posiciones ya que es evidente que se disparan mucho.

POSICIÓN	LATITUD	V	VV	RECHAZADA
1	19°20'04.15'''	3.86	14.89	No
2	19°20'01.89'''	1.6	2.56	No
3	19°19'57.98'''	2.31	5.33	No
4	19°19'58.44'''	1.85	3.42	No
5	19°21'59.34''	119.05	-----	Si
6	19°22'00.38''	120.09	-----	Si
7	19°22'51.00''	170.71	-----	Si
8	19°19'58.98''	1.31	1.71	No

$$\sum [vv] = 27.93$$

Latitud promedio sin rechazar ninguna posición

$$19^{\circ}20'51.52''$$

Latitud promedio rechazando las posiciones 5, 6 y 7

$$19^{\circ}20'00.29''$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

$$Es = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{[27.93]}{(8)(8-1)}}$$

$$Es = 0.47''$$

Esta latitud no es valida para una estación Laplace, por no cumplir con la tolerancia del error probable.

Los resultados de la otra serie se muestran a continuación.

En esta serie se descarto una posición por pasar del rango estipulado.

POSICIÓN	LATITUD	V	VV	RECHAZADA
1	19°19'53.59"	7.49	-----	Si
2	19°19'59.48"	1.6	2.56	No
3	19°19'59.86"	1.22	1.48	No
4	19°20'03.33"	2.25	5.06	No
5	19°20'03.87"	2.79	7.78	No
6	19°20'01.57	0.49	.24	No
7	19°20'04.55"	3.47	12.04	No
8	19°20'02.37"	0.129	0.01	No

$$\sum [vv] = 29.19$$

Latitud promedio sin rechazar ninguna posición

$$19^{\circ}20'01.08''$$

Latitud promedio rechazando las posiciones 5, 6 y 7

$$19^{\circ}20'02.29''$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$Es = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{[29.19]}{(8)(8-1)}}$$

$$Es = 0.48''$$

Esta latitud no es valida para una estación Laplace, por no cumplir con la tolerancia del error probable.

IV.4 Método de Horrebow-Talcott.

IV.4.1 Antecedentes

Este método para la determinación de la latitud, es hasta hoy conocido con el nombre de Horrebow-Talcott, fue primeramente dado a conocer por Peter Horrebow en su "Atrium Astronomiae" publicado en 1732; en ese tiempo se le dio muy poca atención y fue hasta cien años después que el Capitán Andrew Talcott del cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos lo redescubrió y desarrolló independientemente demostrando su uso práctico con el telescopio zenital.

Este método fue introducido en el Coast and Geodetic Survey por el Superintendente A.D. Bache en 1846 y después de numerosos ensayos fue finalmente adoptado en 1851 como el método standard para la determinación de la Latitud astronómica por el C. And G. Survey.

El método Horrebow-Talcott que se basa en medir la pequeña diferencia en distancias zenitales de dos estrellas en su culminación por el meridiano local para determinar la latitud ha mejorado métodos anteriormente usados, que consistían en medir las distancias zenitales absolutas con el sector zenital o en las observaciones del tránsito de estrellas sobre el primer vertical con un tránsito de primer vertical.

Este método, al igual que el de Sterneck determina la latitud astronómica con grandes precisiones. Se basa también en la observación de pares de estrellas, pero con una diferencia notable respecto del método de Sterneck y es que la diferencia de distancias zenitales se mide con un micrómetro del aparato.

Es de importancia señalar que este método depende íntegramente en medidas diferenciales. La medición de pequeñas diferencias meridianas con el micrómetro ocular es de gran precisión. La medición de la diferencia de inclinación meridiana del eje de colimación con dos niveles sensibles de latitud es de gran precisión cuando se toman las debidas precauciones, mientras que la diferencia en refracción para las dos estrellas de aproximadamente la misma altitud es pequeña y puede calcularse sin error apreciable, es decir en este método se atenúan los errores de refracción. El hecho de observarse los ángulos verticales con un tornillo micrométrico, exige que las distancias zenitales de cada par de estrellas, no se diferencien en más de 20'. Esto lleva consigo la dificultad de encontrar pares de estrellas para utilizar el método.

El rasgo más notable entonces del método Horrebow-Talcott es la medición, en el meridiano, de la pequeña diferencia de distancias zenitales que consiste en la observación de dos estrellas

tales que culminen una al Norte (N) y otra al Sur (S) del zenit, este par de estrellas deben ser seleccionadas de tal forma que tengan casi la misma altura y por lo tanto que sus distancias zenitales, en el momento de la culminación sean sensiblemente iguales: $Z_1=Z_2+\epsilon$, finalmente es necesario que el tiempo que transcurra entre ambas culminaciones sea inferior a 4 ó 5 minutos.

La latitud determinada por observaciones en dicho par de estrellas, es la medida de las declinaciones de las dos estrellas combinadas algebraicamente con las siguientes cantidades expresadas en arco a saber; la mitad de la diferencia micrométrica observada, la mitad de la diferencia de inclinación meridiana del eje de colimación durante las observaciones medidas por los niveles y la mitad de la diferencia de refracción de los dos ángulos zenitales. Si cualquiera de las estrellas se observa fuera del meridiano, habrá otro término adicional a aplicar para reducir las observaciones al meridiano.

En el método de Horrebow – Talcott se mide la inclinación del eje principal con los dos niveles. Estos niveles están colocados paralelos y tienen una sensibilidad en ambos de 1"aproximadamente (su valor exacto figura grabado en el nivel) y en ambos es diferente.

Se debe asegurar que los niveles Horrebow estén bien corregidos y que la burbuja sea lo bastante pequeña, para que al girar el anteojo, no se salga a algún extremo, lo que inutilizaría la observación.

IV.4.2 Instrucciones generales para la elección de los pares de estrellas.

Las estrellas catalogadas deben ser de un catálogo de autoridad reconocida, como el APFS.

Antes de empezar las observaciones, deberá hacerse una lista de todas las estrellas a observarse.

Para elegir las estrellas de cada par se deben satisfacer las siguientes condiciones:

1. Para encontrar por medio del catálogo, todos los pares posibles de estrellas de una latitud dada, uno puede, para cada estrella en sucesión dentro de la zona de observación, restar la declinación de dos veces la latitud y después comparar esta diferencia con la declinación de cada estrella en el catálogo en los siguientes 20 minutos de ascensión recta. Cualquier estrella cuya declinación este entre 20 minutos

- de la diferencia antedicha, combinará con la estrella en cuestión para hacer un par, siempre que las otras condiciones que se dirán a continuación se cumplan.
2. La semisuma de sus declinaciones no deberá diferir más de 20 revoluciones del micrómetro empleado, con respecto al valor aproximado de la latitud del lugar
 3. Las declinaciones no deben diferir entre sí más del tiempo máximo que pueda emplear el observador entre una y otra observación, por lo general, 10 minutos.
 4. Las ascensiones rectas deben estar comprendidas entre las horas sidéreas que pueda emplear el observador entre una y otra observación, por lo general, 10 minutos.
 5. Las ascensiones rectas deben estar comprendidas entre las horas sidéreas que limitan la observación en una noche.
 6. Los pares a observarse desde la estación deberán seleccionarse de tal manera que la suma algebraica de las diferencias micrométricas medidas en vueltas del micrómetro sea menor que el número total de pares, esto es, la suma algebraica dividida por el número de pares deberá ser numéricamente menor a una vuelta del micrómetro.
 7. Un par de estrellas deberá observarse una sola vez en cada estación a menos que un fuerte error sea advertido, en cuyo caso el par puede observarse nuevamente en otra noche pero se recomienda que las estrellas sean pareadas con diferentes estrellas. Es preferible tener una lista de pares de estrellas diferentes para cada noche. Si es necesario observar más de una noche, deberán observarse cada noche por lo menos 8 pares que formen una serie bien balanceada de diferencias micrométricas de signo positivo y de signo negativo, dependiendo si la estrella culmina al norte o al sur.

IV.4.3 Elaboración de pares de estrellas

Se recomienda realizar una lista de las estrellas a observar la cual debe de contener 11 columnas como se describe a continuación:

1. La primera columna contiene el número de catálogo de las estrellas seleccionadas.
2. La segunda columna, las magnitudes de cada estrella.
3. La tercera columna, la ascensión recta.
4. En la cuarta columna se anotan las declinaciones..
5. La quinta columna contiene la diferencia de declinaciones de cada par.
6. La sexta columna contiene las sumas de las declinaciones de cada par.

7. La séptima columna contiene la diferencia en minutos de arco entre dos veces la latitud y la suma de las declinaciones de cada par, es decir $2\phi - \Sigma\delta$. Esta ecuación expresa la distancia zenital de la estrella Sur menos la de la estrella Norte.
8. La octava columna denominada E-W, expresa esta diferencia en términos de números de vueltas del tornillo micrómetro que se representa como $a (2\phi - \Sigma\delta)$, donde,

$$a = \frac{60''}{R}$$

Donde:

a= número de vueltas del tornillo del micrómetro por minutos de arco.

R= valor de una vuelta del micrómetro en segundos de arco.

9. La novena columna explica si la estrella está al Norte o al Sur del zenit y si la posición del ocular es Este (E) ó Oeste (W).
10. La décima columna contiene la colocación del círculo vertical. Para el ocular al Este y una estrella Norte o el ocular al Oeste (W) y estrella al Sur, el ángulo de que se deberá poner es el círculo vertical es la mitad de la diferencia de las declinaciones del par. Para ocular al Este y estrella al Sur u ocular al Oeste (W) y estrella al Norte el ángulo será igual al implemento de la mitad de la diferencia de la declinación del par.
11. La onceava columna (última columna de observaciones), contiene la colocación del micrómetro para el punto donde la imagen de cada estrella aparecerá en el campo visual. Sin tomar en cuenta la posición de la estrella con respecto al zenit, el micrómetro colocado con ocular al Este es:

$$10 + \frac{E - W}{2},$$

y para el ocular al Oeste (W) es:

$$10 - \frac{E - W}{2}.$$

NOTA: Estas columnas son ilustradas en el registro 1

IV.4.4 Registro de campo

Después de nivelarse el T-4 se ve la lista para el primer par de estrellas.

1. Se pone el telescopio en posición para la primera estrella con el ocular al Este u Oeste según se indique en la lista de observaciones.
2. Se sujetan los niveles Horrebow y se nivelan.
3. El micrómetro se coloca en posición para la aparición de la primera estrella en el campo visual mediante la colocación del hilo movable en el punto indicado en la última columna de la lista de observaciones.
4. Con el hilo móvil una vez que entra la estrella en el campo del anteojo, se sigue cuidadosamente y cuando esté cerca del centro del campo visual se da la voz de atención al anotador para que verifique en el cronometro el registro correspondiente al tiempo de transito, leemos entonces el numero de vueltas del micrómetro desde el centro del ocular y el número de divisiones del tambor del micrómetro, apreciándose al décimo cada división.
5. Se leen inmediatamente los dos extremos de los niveles de latitud (niveles Horrebow).
6. Para la preparación de la segunda estrella del par, se debe girar exactamente en 180° , la lámpara de control del T-4 nos ayuda a establecer rápidamente el giro.
7. Si es necesario, se llevan las burbujas del nivel Horrebow al centro por medio del tornillo tangencial del limbo vertical, el cual cambia la inclinación del eje del telescopio. Pero no se debe de tocar el tornillo tangencial que actúa sobre el soporte del nivel.
8. Se coloca el micrómetro para la segunda estrella, de acuerdo al paso 3 y se procede a observar mediante los pasos 4 y 5.

El registro 2, muestra las columnas que se deben de llenar al momento de realizar las observaciones.

Esto completará la observación de la latitud para un par de estrellas.

Estos pasos se deben de repetir hasta que el número requerido de pares de estrellas haya sido observado.

NOTAS: Se debe de bisectar la estrella con mucho cuidado, estando seguro que el último movimiento sea siempre en la misma dirección y preferentemente en la dirección que comprime los resortes del micrómetro.

La posición del micrómetro en el telescopio debe permanecer sin cambios durante una serie de observaciones, ya que un cambio en este ajuste, cambiará el foco, el que a su vez cambiará el valor de una vuelta del micrómetro en segundos de arco.

Mientras se hacen las observaciones se debe de evitar que el calor de la respiración del observador, de su cara o de la linterna, estorben las burbujas de los niveles Horrebow, ya que el calor afecta la posición de los extremos de las burbujas en los niveles de la latitud y tiende a dar lecturas erróneas de nivel.

En general el paso 4 hace mención de que el anotador debe prepararse a tomar las lecturas del tiempo en el momento del tránsito de la estrella independientemente del mecanismo con el cual se este registrando el tiempo.

IV.4.5 Cálculo de la latitud

Si se observa una estrella en su paso por el meridiano, la latitud del punto se obtiene por la fórmula:

$$\varphi = \delta' - Z' \quad \text{Si la estrella culmina al norte del zenit;}$$

$$\varphi = \delta + Z \quad \text{Si la estrella culmina al sur del zenit.}$$

donde:

δ y δ' representan las declinaciones de las estrellas meridional y septentrional;

Z y Z' sus distancias zenitales,

φ la latitud del lugar en que se ejecuta la observación.

De estas ecuaciones se obtiene:

$$\varphi = \frac{1}{2}(\delta - \delta') + \frac{1}{2}(Z_W - Z_E)$$

Donde el segundo término se determina por:

$$\frac{1}{2}(Z_W - Z_E) = \frac{1}{2}R(M_W - M_E)$$

donde R es el valor de una revolución del micrómetro y M_W y M_E son las respectivas lecturas micrométricas.

La combinación de las observaciones de dos estrellas, una septentrional y la otra mitad (al sur del zenit) y la determinación directa de la diferencia de sus distancias zenitales por medio de un micrómetro en el ocular, constituye la base del método de Horrebrow-Talcott. Si ahora consideramos las correcciones que habrán de aplicarse tanto por refracción como por nivel y reducción al meridiano, la fórmula general quedara de la siguiente forma:

$$\varphi = \frac{1}{2}(\delta - \delta') + \frac{1}{2}R(M_W - M_E) + \frac{1}{4}\left(\frac{d + d_1}{2}\right) + \frac{1}{2}[(n + n_1 + s + s_1)_W - (n + n_1 + s + s_1)_E] + \frac{1}{2}(r - r') + \frac{1}{2}(m + m')$$

donde.

δ, δ' = declinaciones aparentes de las estrellas de un par, en el momento de su observación.

M_E y M_W lecturas del micrómetro con el ocular al Este y Oeste respectivamente.

$\frac{1}{2}R$ valor, en segundos de arco de media vuelta del micrómetro.

d y d_1 valores en segundos de arco de una división de los dos niveles respectivamente.

n y n_1

s y s_1 son las lecturas de los extremos Norte y Sur de los dos niveles.

$r - r'$ diferencia de refracción de las dos estrellas

$\frac{1}{2}(m + m')$ suma de las correcciones de las distancias medianas.

$\frac{1}{2}(r - r')$ este término tendrá el mismo signo que la diferencia de las lectura

Las letras no primas en el primero y en los dos últimos términos se refieren a la estrella observada con el ocular al Este y las letras primas pertenecen a la estrella observada con el ocular al Oeste (w).

Las letras sin subscritos pertenecen al nivel.

Para mayor facilidad en el cálculo de la latitud se recomienda elaborar un registro, el cual contenga en las columnas designadas para cada estrella, el número de la estrella del catálogo, la posición de la estrella con relación al zenit Norte o Sur, la posición Este u Oeste del ocular durante la observación de la estrella, la lectura del micrómetro en vueltas de tornillo, en divisiones y décimas de divisiones del tambor del micrómetro, las lecturas respectivas de los extremos Norte y Sur de los dos niveles de latitud y el tiempo cronométrico de observación.

La elevación aproximada de la estación se coloca en la parte superior de la hoja, junto con el valor de una media vuelta del micrómetro y el valor del nivel.

Las declinaciones aparentes, deberán anotarse en el registro en la columna designada "Declinación" y la semi-suma de estas declinaciones para cada par, calculadas y anotadas en la próxima columna.

La diferencia algebraica de las lecturas del micrómetro para cada par en el sentido Este del ocular menos Oeste, es colocada en la columna "Dif. Dist. Zen" generalmente en forma decimal. La diferencia se convierte en segundos de arco, multiplicándola por el valor de media vuelta del micrómetro y el resultado es anotado en la columna de la corrección del micrómetro.

La diferencia algebraica de la suma de las lecturas de los niveles para la estrella con ocular Este menos la suma de las lecturas con ocular Oeste (W) se coloca, en la columna designada para este objeto. Esta diferencia, multiplicada por el valor del nivel, es decir, por:

$$\frac{1}{8} \left(\frac{d + d_1}{2} \right)$$

que constituye la corrección de nivel.

El ángulo horario aproximado se calcula con la fórmula:

$$\alpha_0 - (t + \Delta t)$$

donde:

α_0 ascensión recta.

t tiempo cronométrico de observación.

Δt corrección al tiempo cronométrico obtenida por una señal horaria.

. Este resultado debe de colocarse en la columna respectiva.

Con las combinaciones algebraicamente de las correcciones del micrómetro, nivel, refracción y distancia meridiana con la media de las declinaciones del par de estrellas, se obtiene la latitud de la observación de ese par.

Estos datos son representados en el registro 3, que es el que se debe de llenar para el cálculo de la latitud.

IV.4.6 Correcciones

La diferencia de distancias zenitales debe sufrir ciertas correcciones de acuerdo al método empleado.

Las observaciones se corregirán por:

- Por inclinación del eje azimutal con respecto a la vertical, la cual se determina por medio de los niveles de Horrebow.
- Por refracción diferencial.
- Por reducción al meridiano en el caso de que no se observe la estrella en su paso por éste.

a) CORRECCIÓN POR NIVEL A LAS DISTANCIAS ZENITALES.

Este error como ya se menciona se corrige por medio de la fórmula:

$$\frac{1}{8} \left(\frac{d + d_1}{2} \right)$$

b) CORRECCIÓN POR REFRACCIÓN DIFERENCIAL.

La refracción de cada estrella de un par es casi proporcional a la tangente de la distancia zenital. Así, la refracción diferencial será también casi proporcional al cuadrado de la secante de la distancia zenital media. La refracción diferencial depende de la presión y temperatura de la atmósfera en el momento de la observación.

Para una distancia zenital cualquiera, la corrección por refracción es dada por la fórmula de Bessel:

$$r = 57.7''tp \tan Z$$

donde:

r y Z son la refracción y la distancia zenital, respectivamente de la estrella observada con ocular al Este.

t y p son temperatura del aire y la presión atmosférica respectivamente.

Tomando la diferencia y en vista de que Z y Z' difieren poco entre sí, puede poner:

$$r - r' = 57.7''tp \sec^2 Z (Z - Z') \operatorname{sen} l'$$

Las letras primas se refieren a la estrella observada con ocular al Oeste (W).

El signo de esta corrección depende del valor que resulta al hacer la operación $Z - Z'$: si Z es mayor que Z' , la corrección es positiva; si es menor, es negativa; así es que su signo es el mismo que el de la corrección micrométrica $\frac{1}{2}(Z - Z')R$.

c) REDUCCIÓN AL MERIDIANO.

Si la estrella es observada "tarde", y si la verticalidad de la línea de cruz está fuera del ajuste, se cometerá un error en la distancia zenital observada. Por tal motivo antes de las observaciones, la verticalidad de la línea de cruz deberá ser ajustada lo mejor posible. La mejor manera de hacer esto es bisectando una estrella en el ecuador y observando si la estrella permanece en la línea de cruz dentro del campo del telescopio (girando el micrómetro desde el hilo 5 hasta el hilo 15, del T-4). Haciendo esto el instrumento debería de estar en el meridiano. Hay que tener presente que las estrellas que no están en el ecuador no viajan en línea recta a través del campo del telescopio debido a su curvatura.

Como la verticalidad de la línea de cruz nunca puede ser ajustada perfectamente, un error, por pequeño que sea, deberá ser tomado en cuenta. Cuando observamos una estrella tardía, este error puede ser compensado, bisectando una estrella intencionalmente que tenga la misma dirección de distancia zenital (norte o sur) más temprano y más o menos a la misma distancia del centro de la línea de cruz., otro modo es observando una estrella con distancia zenital opuesta a la que hemos observado tardíamente, también tardíamente, más o menos a la misma distancia del centro de la línea de cruz. (hilo N^o 10.)

Si la estrella es observada tarde (o temprano), es decir antes o después, la corrección basada en el ángulo horario local y la declinación de las estrellas, tiene que ser aplicada a la distancia zenital observada. Esta corrección siempre disminuirá numéricamente, las distancias zenitales de las estrellas observadas en su culminación superior, y aumentará las observadas en su culminación inferior.

Se puede corregir mediante la siguiente fórmula:

$$cm = \frac{\text{sen}^2(\alpha - t)/2}{\text{sen}^2 \delta} \text{sen} 2\delta$$

donde:

cm es la corrección en segundos de arco.

$(\alpha - t)$ es el ángulo horario local de la estrella (hora sidérea local menos la Ascensión Recta).

δ es la declinación de la estrella.

Esta fórmula se puede emplear en caso general, pero si se tiene un caso específico como lo son los siguientes, entonces se debe de aplicar la fórmula que más se ajuste.

Primer caso:

La línea de colimación está apuntando a la estrella; pero fuera del meridiano.

El triángulo astronómico PQZ, figura IV.2 da:

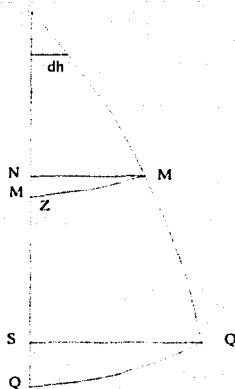


Figura IV.2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$\cos Z = \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \delta + \cos \varphi \cos \delta \cosh = \cos(\varphi - \delta) - 2 \cos \varphi \cos \delta \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} h$$

Designado por Y el segundo término, se ve, que como la observación se hace muy cerca del meridiano, Y tiene que ser muy pequeño; así es que la diferencia entre Z y $Z_0 = \varphi - \delta$, lo será igualmente, y se podrá poner:

$$\cos Z - \cos Z_0 = -2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} (Z - Z_0) \operatorname{sen} \frac{1}{2} (Z + Z_0) = -(Z - Z_0) \operatorname{sen} Z = -Y$$

$$Z_0 - Z = \frac{\cos \varphi \cos \delta 2 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} h}{\operatorname{sen} Z \operatorname{sen} \frac{1}{2} (Z + Z_0)}$$

Como $Z = \varphi - \delta$, es positiva para las estrellas meridionales y negativa para las septentrionales, en vista de esto se tiene que:

$$\varphi = \frac{1}{2}(\delta + \delta') + \frac{1}{2}(Z' - Z):$$

$$\text{Correc.} = \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\text{sen} Z} \frac{\text{sen}^2 \frac{1}{2} h}{\text{sen} l''} + \frac{\cos \varphi \cos \delta'}{\text{sen} Z'} \frac{\text{sen}^2 \frac{1}{2} h'}{\text{sen} l''}$$

Se ve, que las dos correcciones son positivas, y que el signo no cambia ya sea que se observe la estrella al oriente o al occidente.

Segundo Caso:

El anteojo está en la dirección del meridiano; pero la estrella se observa fuera.

En la figura IV.1 P es el polo; Z, el zenit; QQ', la trayectoria de una estrella Q, la cual se observa fuera del meridiano, en Q, en lugar de observarla en Q', o sea en su paso por el meridiano. Como se hace coincidir con la estrella el hilo micrométrico QS, la distancia zenital obtenida será la ZS en lugar de la ZQ', por lo cual se habrá cometido un error SQ' el cual será aditivo para la distancia zenital observada si la estrella es meridional. Si la estrella es septentrional, que esté por ejemplo, en M, la distancia zenital observada será a ZN, y la corrección, M' N, la cual será en este caso, subtractiva: así es que la semidiferencia de distancias zenitales que entra en la fórmula (1), tendrá por valor:

$$\frac{1}{2}(Z_1 - Z_1') = \left(\frac{1}{2}Z + \frac{1}{2}SQ'\right) - \left(\frac{1}{2}Z' - \frac{1}{2}MN\right) = \frac{1}{2}(Z_1 - Z_1') + \frac{1}{2}(SQ' + MN)$$

De lo cual se infiere que las correcciones por reducción al meridiano son siempre positivas.

En el triángulo PQS se tiene, designando por δh la diferencia QPQ' de ángulos horarios, o sea el intervalo de tiempo entre la hora de paso de la estrella por el meridiano y el instante en que se observó.

$$\cos QS = \text{sen} \delta \text{sen}(\delta + SQ') + \cos \delta \cos(\delta + SQ') \cos \delta h;$$

$$\cos QS = \text{sen} \delta \csc(\delta + SQ')$$

Igualando los dos valores de $\cos QS$, y reduciendo, se tiene:

$$\begin{aligned} \cos(\delta + SQ') \operatorname{sen}(\delta + SQ') \cos \delta h \cos \delta &= \operatorname{sen} \delta \cos^2(\delta + SQ') \\ &= \tan \delta (1 - \tan \delta (\tan SQ') / (\tan \delta + \tan SQ')) \\ \tan SQ' \left(\sec^2 \delta - 2 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} \delta h \right) &= 2 \tan \delta \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} \delta h; \end{aligned}$$

Y despreciando a $2 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} \delta h$ en el primer miembro, se obtiene finalmente: poniendo el ángulo por la tangente SQ' :

$$SQ' = \operatorname{sen} 2 \delta \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} \delta h \operatorname{csc} 1''$$

Este valor se puede tabular tomando como argumentos el intervalo en tiempo dh y la declinación δ de la estrella.

La semisuma $\frac{1}{2}(SQ' + MN)$ es la corrección por reducción al meridiano, y tiene por valor:

$$\operatorname{Red. Mer.} = \frac{1}{2} \operatorname{sen} 2 \delta \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} \delta h \operatorname{csc} 1'' + \frac{1}{2} \operatorname{sen} 2 \delta' \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} \delta h \operatorname{csc} 1''$$

IV.4.7 Compensaciones

Se debe elaborar otro formulario en el cual se resuman los resultados de la latitud. Este resume los resultados de la latitud para los pares calculados y se utilizará para la compensación de los datos.

Las primeras cuatro columnas son obtenidos directamente de la tabla que resume los cálculos de la latitud.

Para continuar con la compensación, es necesario saber cual de los resultados es el que se va a rechazar, si es que hay alguno, que debe rechazarse. Se usa un límite absoluto de rechazo de $3''$ del promedio de todas las latitudes, se calcula nuevamente la media de las latitudes no rechazadas y se calcula el error probable e_p .

Después que todos los rechazos hayan sido hechos, las restantes observaciones aceptadas serán compensadas para así determinar, de las observaciones mismas, el valor más probable de una vuelta del micrómetro y la latitud más probable de la estación.

Se toma entonces, una media φ_m de las latitudes no rechazadas y se calcula la diferencia

$$\Delta\varphi = \varphi_m - \varphi.$$

Si designamos por p, como el número de las latitudes aceptadas y a “c”, la cantidad en segundos que se desvía la latitud media de la latitud más probable y “r”, la cantidad a aplicar como corrección al valor preliminar de la media vuelta del micrómetro, entonces habrán p, ecuaciones de la forma:

$$c - Mr + \Delta\varphi = v$$

Considerando que la condición $[v^2]$ o $[vv]$ debe ser un mínimo, las ecuaciones normales a resolver para c y r, son:

$$pc - [M]r + [\Delta\varphi] = 0$$

$$- [M]c + [MM]r - [M\Delta\varphi] = 0$$

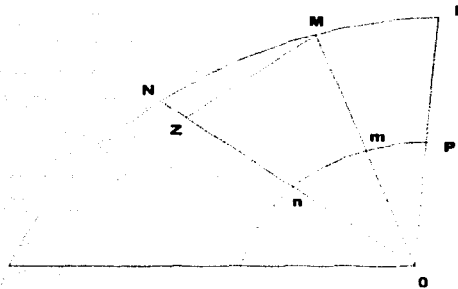
donde [] es el símbolo corriente que indica suma en las operaciones con mínimos cuadrados. Este par de ecuaciones nos proporcionan los valores de “c” y “r”, con los cuales obtendremos una latitud corregida. Cada diferencia de micrómetro, M, de las latitudes aceptadas es ahora multiplicada por el valor de, r, y el resultado colocado en la columna. Después, a cada latitud preliminar se le suma algebraicamente el correspondiente “Mr” para producir la latitud corregida. Ahora, se calcula la media de estas latitudes. y se vuelve a calcular la diferencia entre latitud media menos latitud individual para cada par de estrellas así como la suma de los cuadrados de estos nuevos $\Delta\varphi$.

La media de la latitud corregida es la media de la latitud astronómica observada en la estación de latitud, incorrecta sin embargo, por la elevación sobre el nivel del mar o la variación del polo.

IV.4.8 Reducción de la latitud al nivel del mar.

Esta es una corrección para la curvatura del vertical o, dicho de otra manera, debido a que dos superficies planas a diferentes elevaciones no son paralelas sino ligeramente convergentes a medida que se acercan a los polos, como la fuerza de la gravedad es menor en el ecuador que en los polos, encontramos que una superficie de nivel está más alejada del nivel del mar en el ecuador que en el polo. Si tales superficies se dibujaran, se vería que convergen hacia los polos. Por tanto las normales a cada superficie aunque estén sobre el mismo plano del meridiano, no serán paralelas y es necesaria la diferencia entre las normales en el punto de observación y la superficie del nivel del mar.

Por tal motivo la latitud obtenida debe sufrir una corrección subtractiva, originada por la altitud del punto. Si las superficies de nivel fueran concéntricas, la dirección de la vertical sería la misma vertical, a una altura h , y no habría ningún error en la determinación de la latitud, la cual debe reducirse al nivel del mar, que es la superficie de referencia. Como las superficies de nivel se van separando más y más hacia el ecuador.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura IV.3

Resulta, que si la observación se hace en un punto M situado a una altura h sobre el nivel del mar, (Figura IV. 3) la observación queda referida y normal a la superficie MN en lugar de quedar referida y normal a la superficie mn del nivel mencionado. Se tiene que determinar la latitud como si la observación se hubiere hecho en el punto m. Se ve en la figura que el ángulo entre las dos verticales (que es el error), es igual al ángulo NMN' formado por dos posiciones infinitamente pequeñas de las líneas MN y MN' paralela a mn. En el triángulo NMN', el arco MN' es igual a $R\delta\varphi$, siendo R el radio medio terrestre (despreciando la altura h) y $\delta\varphi$ la corrección a la latitud; y NMN', es igual a esta corrección. La magnitud NN' es igual a δh y su valor dato en Geodesia en la teoría de la nivelación, es el siguiente:

$$\Delta h = -0.005288h \operatorname{sen} 2\varphi \cdot \Delta\varphi$$

Por parte se tiene:

$$\Delta\varphi = \Delta h / R \cdot \operatorname{sen} 2\varphi = -0.05288h \cdot \operatorname{sen} 2\varphi / R \operatorname{sen} 1''$$

Poniendo por R $\operatorname{sen} 1''$ su valor, se obtiene la corrección a la latitud de elevación, para reducirla a nivel del mar:

$$\Delta\varphi = -0.000171 \operatorname{sen} 2\varphi \cdot h$$

donde:

- $\Delta\varphi$ es la corrección en segundos de arco.
- H es la elevación de la estación en metros
- φ es la latitud.

Desde que esta corrección ha sido regularmente aplicada en el pasado, por razones de uniformidad, deberá seguir aplicándose. Sin embargo no esta bien definido si esta corrección es totalmente valida.

NOTA:

No se necesita conocer la altitud h del punto en que se hace estación, con gran precisión, pues según se puede ver en la siguiente tabla, bastará conocerla con aproximación de 100 metros, para que quede garantizado el centésimo de segundo de la latitud.

La tabla da a conocer los factores K por los cuales deben multiplicarse las altitudes h, para tener la corrección. La altitud se expresa en kilómetros.

φ	K	φ	K	φ	K	φ	K	φ	K
15 ^a	0.086	18 ^a	0.101	21 ^a	0.115	24 ^a	0.127	27 ^a	0.138
16 ^a	0.091	19 ^a	0.105	22 ^a	0.119	25 ^a	0.131	28 ^a	0.142
17 ^a	0.096	20 ^a	0.110	23 ^a	0.123	26 ^a	0.135	29 ^a	0.145
								30 ^a	0.148

IV.4.9 Corrección de la Latitud del movimiento del polo.

Los ejes de la Tierra no son fijos, la dirección y la magnitud del movimiento se han observado por muchos años y están matemáticamente definidos por los términos de precesión y nutación, sin embargo hay aún una pequeña diferencia entre los ejes definidos por los términos de precesión y nutación y el real. Esta diferencia es lo que se denomina movimiento de los polos, y aunque el cambio nunca excede unos pocos décimos de segundo, su efecto debe considerarse en astronomía de primer orden.

$$\Delta\varphi = -(x \cos \lambda + y \operatorname{sen} \lambda)$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

donde:

x, y son las coordenadas de la posición media del polo norte en segundos.

V.1.1 Método de Sternek

Algunas de las ventajas que nos reporta este método para determinar la latitud en un lugar a partir de distancias zenitales meridianas de estrellas cuya declinación sea conocida, son la facilidad con la cual se elabora la lista de estrellas, la notable simplicidad en las observaciones y en los respectivos cálculos, así como la precisión de primer orden requerida para el establecimiento de estaciones Laplace,

Suponiendo que estamos situados en el plano meridiano. La latitud ϕ del lugar es la altura del Polo sobre el horizonte, como se muestra en la figura IV.4

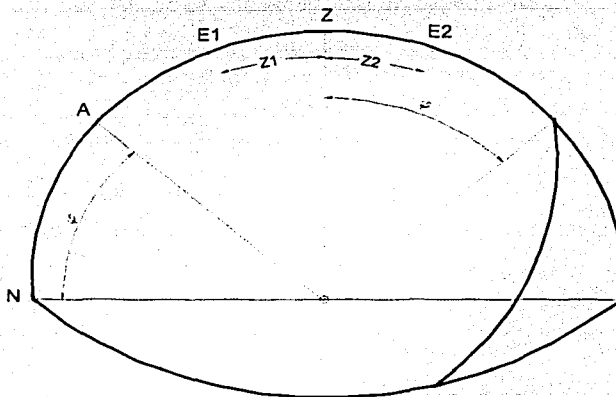


Figura IV.4

La latitud del punto es:

$$\phi = \delta' - Z \quad \text{Si la estrella culmina al norte del zenit;}$$

$$\phi = \delta + Z \quad \text{si culmina al sur del zenit.}$$

En dichas fórmulas, δ y δ' representan las declinaciones de las estrellas meridional y septentrional; Z y Z' sus distancias zenitales, y ϕ la latitud del lugar en que se ejecuta la observación.

Si conocemos la declinación δ y medimos la distancia zenital Z tendremos la latitud φ . La primera coordenada se conoce exactamente, incluyendo los términos de corto período de la nutación. Conociendo estos datos el problema solo se reduce al cálculo de la medida de la distancia zenital. La fórmula general para calcular la latitud es:

$$\varphi = \delta \pm Z$$

Los factores que afectan la medición de la distancia zenital como se a mencionado son principalmente la refracción y el de inclinación de del eje vertical. En los procedimientos de cálculo se describe brevemente como son considerados estos errores para su debida compensación

IV.5.1 Selección de pares de estrellas.

1. Del catálogo de estrellas (APFS), se eligen los astros convenientes para fórmular una lista útil para trabajos de observación.
2. Se realizan ocho grupos de ocho a diez estrellas cada uno, de los cuales la mitad deben de culminar al norte y la otra mitad al sur.
3. Las observaciones se pueden efectuar en dos noches con un mínimo de tres grupos en cualquiera de ellas.
4. La distancia zenital de cada una de las estrellas no deberá ser mayor de 30° . La suma de las distancias zenitales de las estrellas que culminen al norte del zenit no deben diferir $\pm 10^\circ$ con las del sur.
5. No se observan estrellas de magnitud mayor a 7 ni menor a 3.

IV.5.2 Registro de campo

El equipo se centra y nivela lo mas cuidadosamente posible y se procura el menor movimiento alrededor del instrumento debido a la sensibilidad que este aparato tiene.

Se realizan los cálculos para la transformación del tiempo medio a tiempo sidéreo para la puesta en marcha del cronómetro sidéreo.

1. El nivel sterneck se debe nivelar cuidadosamente para que la burbuja se mantenga centrada, ó bien con un desplazamiento no mayor de una división.
2. El T-4 debe ser puesto en el meridiano, con una desviación menor ó igual a un segundo de tiempo (1^s).
3. Comparar los valores de tiempo sidéreo observados en el cronómetro con los captados en el radio receptor, mismos que deben apreciarse el décimo de segundo.
4. Se toma la lectura de la presión barométrica y la temperatura al iniciar las observaciones entre grupo y grupo y al concluir los trabajos.
5. El micrómetro ocular debe colocarse en la posición "latitud" y el hilo móvil en coincidencia con el hilo central 10.
6. Las estrellas a observar deben seleccionarse de tal suerte que se intercepte primero una al sur y después otra al norte o viceversa, en ocasiones es necesario observar sucesivamente dos ó tres estrellas al norte ó al sur, ya que es importante observar el grupo en el menor tiempo posible, o de lo contrario se corre el riesgo de emplear un tiempo excesivo de observación para un grupo (mayor de una hora), lo cual no es recomendable para trabajos de primer orden.
7. Todos los grupos se observarán de tal manera que las estrellas de un grupo se intercepten en una posición del ocular, bien sea al este o al oeste. Se deben de observar el mismo número de grupos con el ocular al este y al oeste, cuidando de no alterar las posiciones entre grupo y grupo.
8. El tiempo que dispone el observados para efectuar las lecturas del círculo vertical, los extremos de la burbuja y la orientación del telescopio entre dos intercepciones consecutivas de estrellas del mismo lado del zenit es de aproximadamente dos minutos y de tres minutos si una culmina al norte y la otra al sur.

9. El anotador dictara el valor de la distancia zenital indicando si es al norte ó al sur, para que el observador fije el valor angular respectivo por medio del circulo de vertical.
10. Se orienta el anteojo y una vez que la estrella entre al campo del anteojo, se bisecta con el hilo medio. Diez segundos antes de la culminación se dará la voz de “atención”. En el instante en que la estrella llegue al hilo medio y diez se da la voz de “OP” y el anotador tomara el tiempo registrado.
11. A continuación se leerán los extremos de la burbuja del nivel sterneck y el circulo vertical con dos coincidencias del micrómetro, cuidando que las diferencias entre las dos coincidencias sea menor de 0.3”.

El procedimiento de observación es el mismo para cada estrella hasta completar un grupo.

NOTA: En caso de que la burbuja del nivel Sterneck se desplace más de una división, se llevará al centro accionando el tornillo del nivel vertical y se esperará a que se estabilice.

IV.5.3 Cálculo de la latitud

Debido a la simplicidad de los cálculos, éstos se elaboran en el campo y se verifican en el gabinete, eliminando así el riesgo de tener que regresar en caso de que los resultados no hayan sido los que se esperaban.

Con base en los datos de observación, para obtener la latitud astronómica final se deben seguir los siguientes pasos.

Para cada serie:

1.- Comparaciones de radio-cronómetro, Δt y marcha.

Para cada estrella observada.

2. Tiempo correcto de observación

3. Angulo Horario ($\alpha - t$).

4. Corrección por inclinación del eje vertical

5. Corrección por refracción atmosférica

6. Corrección por observación echa fuera del meridiano

7. Distancia zenital corregida.

8. Declinación.

9. Latitud.

Para cada serie.

10. Latitud promedio de la serie.

11. Promedio de la latitud astronómica observada

12. Reducción al nivel del mar

13. Variación Polar.

14. Excentricidad

15. Latitud astronómica final.

IV.5.3.1 Procedimiento

1. Comparaciones de radio-cronómetro, Δt y marcha.
2. Tiempo correcto de observación.

Los pasos 1, 2 y fueron ejemplificados en el capítulo II y en el capítulo IV.

3. Angulo Horario ($\alpha - t$). En la actualidad el APFS, publica las posiciones de las estrellas en Internet, esta modo de publicación permite que las estrellas catalogadas estén para cada día del año, además se expresa la fracción de día civil a las cuales están referidas, por lo que la “ α ” y “ φ ”, se pueden conocer con bastante precisión si conocemos la época media de observación para la fecha civil de Greenwich.
4. Corrección por inclinación del eje vertical. Esta se lleva acabo aplicando la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{d}{2} (I - D) \right)$$

donde:

d es el valor de una división del nivel en segundos de arco.

I, D son las lecturas de los extremos izquierdo y derecho de la burbuja.

Algunos equipos cuentan con un nivel adaptado (Nivel Sterneck) que permite las lecturas de nivel mas cómodamente la fórmula en caso de tener este nivel es:

$$d(m - (I + D)/2)$$

donde “ m ” es la graduación central del tubo del nivel.

Esta corrección se puede efectuar en el mismo registro de observación y se aplica a la distancia zenital observada.

5. Corrección por refracción atmosférica.

Debido a que la refracción varía mucho con la distancia zenital, en observaciones de primer orden, sólo se deben observar estrellas con distancias zenitales inferiores a 30°, ya que a partir de 45° la refracción produce errores grandes. Para corregir este efecto, se utiliza la fórmula de Bradley, en la que interviene la distancia zenital, la temperatura y la presión.

Sterneck, Brigadier Austriaco, pensó en este efecto producido por la atmósfera, y lo minimizo observando una estrella culminando al N y otra estrella culminando al S y con distancias zenitales casi iguales, debido a que tomando el promedio de las latitudes obtenidas para un par de estrellas en estas condiciones casi se elimina la refracción. Pero aun con estas exigencias, se siguen aplicando las correcciones de refracción, por lo que se toman datos metereológicos, como son presión y temperatura.

6. Corrección por observación hecha fuera del meridiano.

Si una estrella es observada "tarde" y si la línea de cruz está fuera de ajuste, se cometerá un error en la distancia zenital. Se debe considerar este error como se considero en el método de Horrebow Talcott. Entonces utilizando la fórmula general para esta corrección tenemos:

$$c m = \frac{\text{sen}^2(\alpha - t) / 2}{\text{sen}^n} \text{sen} 2\delta$$

donde:

cm es la corrección en segundos de arco.

$(\alpha - t)$ es el ángulo horario local de la estrella (hora sidérea local menos la Ascensión Recta).

δ es la declinación de la estrella.

Si $(\alpha - t)$ es mayor que seis segundos, se aplica la corrección. Esta corrección siempre disminuirá numéricamente la distancia zenital cuando la estrella observada este en su culminación superior, y aumentara cuando este en su culminación inferior. Con las debidas correcciones del equipo y considerando que el equipo este puesto en el meridiano con el

método expuesto en capítulo III, con error menor o igual a 15" esta corrección puede ser prácticamente nulificada.

7. Distancia zenital corregida. Todas las estrellas pertenecientes a la misma serie se observan en la misma posición del ocular, sin embargo, la posición se cambia entre dos series consecutivas eliminando o cuando menos reduciendo al mínimo, el error de colimación. Además el equipo debió ser corregido con anterioridad por error de colimación de acuerdo a lo expuesto en el capítulo 1. en estas condiciones la distancia zenital deberá ser corregida por.

- a) Índice
- b) Inclinación del eje vertical
- c) Refracción atmosférica
- d) Reducción al meridiano

Error de índice. Antes se creía necesario cambiar el origen del círculo vertical para cada serie o grupo de observaciones. Sin embargo, después de numerosas experiencias desarrolladas por TOPCOM se ha llegado a la conclusión de que es innecesario, debido a que las estrellas por observar tendrán declinaciones diferentes y por lo tanto el círculo vertical será leído en varias posiciones. Si el instrumento tiene manera de cambiar el origen del círculo vertical, éste será puesto tan cerca de cero como sea posible y por lo tanto el error de índice será igual a cero.

8. Declinación como se menciona en el punto 3, este valor se puede obtener con bastante precisión.

9. Latitud. Para cada estrella resulta un valor para la latitud con la siguiente relación.

$$\varphi = \delta \pm Z$$

(+) para estrellas que culminen al sur del zenit

(-) para estrellas que culminen al norte del zenit.

δ ; Declinación exacta.

Z ; Distancia zenital corregida.

10. Latitud promedio de la serie. Se debe de calcular un promedio de las latitudes para las estrellas observadas al sur del zenit y otro para las del norte. Si la latitud derivada de una estrella particular, está muy alejada con los otros resultados del grupo, ésta deberá rechazarse, si alguna de las estrellas del grupo, se rechaza, habrá que rechazar una del otro

grupo que tenga más o menos la misma distancia zenital “opuesta” a la ya rechazada, aunque ésta tenga la latitud de promedio con las otras. Posteriormente se obtienen promedios de las latitudes en cada grupo y se determina si otra (s) estrella (s) debe rechazarse comparada cada una de las latitudes individuales con el promedio respectivo. Si la diferencia da un valor $\geq \pm 2.5$ segundos, esa latitud será rechazada conjuntamente con su par, promediando nuevamente las restantes y repitiendo la operación arriba descrita.

Las latitudes promedio de cada grupo todavía estarán afectadas por el error de colimación vertical. La latitud de la serie se obtiene tomando el promedio de ambos grupos norte y sur. Esto eliminará los errores de colimación y de índice.

Las sumas de las distancias zenitales norte y las distancias zenitales sur, deberán ser aproximadamente iguales (dentro de los límites especificados) después de los rechazamientos.

Si la verticalidad de la línea de cruz, estuvo fuera del ajuste, y la estrella fue observada tardíamente, dejando un residuo mayor de $2.5''$, entonces esta estrella no deberá ser rechazada, ya que este residuo lo podemos llevar al mínimo, observando otra estrella tardíamente o tempranamente. Por ejemplo, si una estrella norte fue observada tardíamente y otra estrella norte fue observada tempranamente, entonces ambas estrellas pueden tener un residuo alto, siendo una positiva y la otra negativa. Pero, si una estrella norte ha sido observada tardíamente, y una estrella sur, fue también observada tardíamente, entonces el residuo de ambas estrellas puede ser alto, pero tendrían signos opuestos si la línea de cruz, esta fuera de ajuste. Estos errores tienden a cancelarse en sus promedios.

12. Promedio de la latitud astronómica observada. Como la latitud no se determina con una sola serie, sino por varias (8 como mínimo), se tiene que hallar al final el promedio de todas las series y los residuos respectivos, así como también el error probable por serie y del promedio y determinar el límite de rechazamiento. Además se efectúa la suma algebraica de las correcciones por refracción y/o de las distancias zenitales, en cualquier caso, la suma no debe exceder de 10 unidades, por ejemplo $\pm 10^0$ de distancia zenital ó $\pm 10''$ de corrección por refracción.

El error probable del promedio de la latitud está dado por:

$$E_p = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{[VV]}{n(n-1)}}$$

donde:

n es el número de series.

El error probable del resultado no debe exceder de $\pm 0.10''$.

El error probable de una serie de observaciones está dado por:

$$E_s = E_p \sqrt{n}$$

Se emplea el criterio de Chauvenet para determinar el límite de rechazo.

$$r = \pm t' E_s$$

donde:

t' son valores tabulados de acuerdo al criterio de Chauvenet y están en función del número de grupos observados.

FACTORES DE RECHAZAMIENTO DE CHAUVENET.

n	t'	n	t'
6	2.57	13	3.07
7	2.67	14	3.11
9	2.76	15	3.15
9	2.84	16	3.19
10	2.91	17	3.23
11	2.97	18	3.26
12	3.02	19	3.29

Cuando $n > 20$ el valor es $t' = 3.5$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

12. Reducción a nivel del mar. Esta corrección está basada en dos presunciones:

Primeo, que el cambio del valor de la gravedad con relación a la latitud es normal y segundo, que el espacio entre el geoide y el lugar de observación está vacío. Ninguna de estas dos cosas es realmente cierta por eso como se menciona en el método de Horrebow – Talcott, no se sabe si esta corrección es totalmente correcta.

La fórmula para la esta corrección, es la misma que se aplica en el método de Horrebow – Talcott.

13. Variación polar. En el método de Horrebow - Talcott se hace mención de este cálculo.

14. Excentricidad. Si la estación astronómica se observó fuera de la estación de triangulación ó poligonal, para reducirla a ésta se debe medir la distancia, azimut y la elevación a la misma.

$$\Delta\varphi = -S \cos Az.B$$

donde:

- $\Delta\varphi$ corrección a la latitud de la estación astronómica.
- S distancia.
- Az azimut medio desde el sur, de la estación de la poligonal a la estación astronómica.
- B factor del esferoide de referencia.

15. Latitud astronómica final. A la latitud astronómica observada se le aplican las correcciones respectivas y obtenemos la latitud astronómica final de la estación.

Promedio de la Latitud Astronómica observada	+	φ_m
Reducción al nivel del mar	+	R_{NMM}
Corrección por excentricidad.		C_e
Corrección por variación polar.		
C_{17}		

LATITUD ASTRONOMICA FINAL.

IV.6 Comparaciones del método Horrebow - Talcott y Sterneck

Los dos métodos determinan la latitud astronómica con gran precisión, se basan en la medida de las distancias zenitales de pares de estrellas en su paso por el meridiano cuando culminan ya sea norte y al sur del zenit, es decir, los dos métodos se basan en el mismo fundamento para obtener la latitud de un lugar.

La primera gran diferencia es que el método de Horrebow – Talcott mide las distancias zenitales con un micrómetro especial con el que cuentan algunos equipos como el T-4, y el método de Sterneck utiliza el limbo vertical del equipo, además aunque los dos métodos se basan en la observación de pares de estrellas el método de Horrebow – Talcott basa el cálculo de la latitud en la diferencia de distancias zenitales, es decir, por cada par se encuentra una latitud y se calcula un promedio para ocho pares que determinan una serie, mientras que en el método de Sterneck se calcula una latitud para cada estrella y se obtiene un promedio para estrellas al norte y otras al sur y después un promedio de estas. El resultado final en cuanto el cálculo de una serie parece ser el mismo, pero esas diferencias en el procedimiento hace que varíe el proceso de selección de las estrellas a observar. Resulta más difícil de encontrar pares a observar para el método de Horrebow – Talcott, aunque se obtienen los mismos resultados con este método empleando un número menor de pares que en el de Sterneck.

Puede decirse que el método de Horrebow – Talcott, basa el cálculo en la medición de pequeñas diferencias del par de estrellas, tanto de distancias zenitales como de refracción y por inclinación del anteojo. Mientras que el método de Sterneck realiza primero cálculos por estrella y después combina los resultados para cada grupo de estrellas donde existen un número igual de estrellas que culminan al norte y al sur.

V. Longitud

Hay diversos tipos de longitud y entre los más conocidos y usados se encuentran:

Longitud geográfica: En astronomía práctica es el ángulo diedro formado por dos meridianos terrestres y medido en grados de la circunferencia, es decir; es la diferencia de longitudes de los lugares por los cuales pasan los meridianos considerados. Si uno de estos meridianos es el que pasa por el observatorio de Greenwich y el otro por un lugar Local, de la superficie de la Tierra, el ángulo entre ambos es la longitud geográfica, o simplemente su longitud.

Por convención mundial, el meridiano de Greenwich ha sido aceptado como el origen de las longitudes, de manera que podemos definir la longitud de un lugar como el ángulo que forma el meridiano local con el de Greenwich o bien, la diferencia de horas entre Greenwich y el lugar considerado.

Debido a la rotación de la Tierra, que se efectúa con movimiento casi uniforme, cuya duración es de 24 horas sidéreas, la distancia angular de un meridiano a otro puede calcularse también en tiempo y expresar la longitud en horas, minutos y segundos. Como se dijo, la Tierra invierte 24 horas siderales en efectuar una revolución alrededor de su eje, por lo tanto una hora equivaldrá a quince grados de la circunferencia, un minuto lo será a quince minutos y un segundo representará quince segundos de arco.

Es decir,

La Tierra gira cada hora: $360^\circ/24 = 15$ grados.

Considerando el párrafo anterior, el problema de la determinación de una longitud geográfica se reduce, a la comparación de los tiempos locales en un mismo instante físico, entre el meridiano de Greenwich y el meridiano del lugar considerado.

Determinaciones de la longitud, según sus precisiones.

La determinación de la longitud geográfica, según la importancia del punto por situar, se clasifica en:

1. Determinaciones de la exploración.

Para estas determinaciones, se acepta un error probable, máximo de 0.07 , o sea, $\pm 01''.0$ en arco

En estas operaciones poco precisas el tiempo puede determinarse por alturas absolutas del sol o de estrellas, o bien por alturas iguales, empleando un teodolito de $1'$ de aproximación o un sextante; la recepción de las señales de tiempo es a oído.

2. Determinaciones semiprecisas.

Para estas determinaciones la tolerancia es de ± 0.02 o sea $\pm 0''.3$.

3. Determinaciones precisas.

Para estas determinaciones la tolerancia es de $+0.007$ que corresponde a $\pm 0''.1$

Determinaciones de este tipo son las empleadas para el establecimiento de estaciones **Laplace** en un sistema geodésico de triangulación o en levantamientos precisos para fijar rutas y direcciones para las navegaciones aéreas o marinas; la Tolerancia requerida en el caso de operaciones geodésicas es de $\pm 0''.1$.

Para alcanzar precisiones de $(\pm 0''.1)$ se necesita refinar la determinación de la hora empleando métodos precisos como son la observación de pasos meridianos de estrellas y recepción automática de las señales de tiempo universal, transmitidas por las estaciones de radio.

Las determinaciones precisas requieren de métodos precisos, entre los métodos precisos se encuentran :

- Método de Mayer
- Método de Pasos Meridianos.
-

Hay otros métodos que son semiprecisos, pero que también ayudan para tener referencia de datos, estos son:

- Método de Posiciones Correspondientes
- Método en una Posición Cualquiera.
- Método de alturas Iguales.

V.1. Método de Alturas Iguales.

La fórmula de Covarrubias, es el resultado del Método de Alturas Iguales de Dos Estrellas, realizada por el Ing. Mexicano Francisco Díaz Covarrubias. En esta fórmula se consideran alturas iguales de dos estrellas con declinación diferente (de 15° a 20° de diferencia entre ellas), aunque en la práctica se ha visto que se pueden llegar a elegir estrellas con declinación muy parecida, sin que se afecte la precisión.

Se dice que se observan pares de estrellas, ya que se observa una estrella al Este y otra al Oeste del Meridiano, las cuales al momento de la observación tienen la misma altura.

Partiendo de las siguientes fórmulas para la obtención de las distancias zenitales de las estrellas, al este y oeste se tiene:

La fórmula para la estrella al Oeste es:

$$\cos Z_w = \sin \varphi \sin \delta_w + \cos \varphi \cos \delta_w \cos AH_w \quad \dots\dots\dots(1)$$

para la estrella al Este:

$$\cos Z_e = \sin \varphi \sin \delta_e + \cos \varphi \cos \delta_e \cos AH_e \quad \dots\dots\dots(2)$$

Tomando en cuenta las siguientes condiciones auxiliares:

$$\begin{array}{lll} Z + B = Z_w & \delta + D = \delta_w & AH + \Delta AH = AH_w \\ Z - B = Z_e & \delta - D = \delta_e & AH - \Delta AH = AH_e \end{array}$$

Donde:

D y B son:

$$D = \frac{1}{2} (\delta_w - \delta_e); \quad B = \frac{1}{2} (Z_w - Z_e)$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Sustituyendo estos valores en las ecuaciones (1) y (2), obtendremos la ecuación (3):

$$\begin{aligned} \cos(Z + B) &= \operatorname{Sen}\varphi\operatorname{Sen}(\delta + D) + \operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Cos}(\delta + D)\operatorname{Cos}(AH + \Delta AH) \\ &\dots\dots\dots (3) \\ \cos(Z - B) &= \operatorname{Sen}\varphi\operatorname{Sen}(\delta - D) + \operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Cos}(\delta - D)\operatorname{Cos}(AH - \Delta AH) \end{aligned}$$

Desarrollando la ecuación se tiene:

$$\operatorname{CoZ}\operatorname{CosB} - \operatorname{SenZ}\operatorname{SenB} = \operatorname{Sen}\varphi(\operatorname{Sen}\delta\operatorname{CosD} + \operatorname{Cos}\delta\operatorname{SenD}) + \operatorname{Cos}\varphi(\operatorname{Cos}\delta\operatorname{CosD} - \operatorname{Sen}\delta\operatorname{SenD})\operatorname{Cos}(AH + \Delta AH)$$

$$\operatorname{CoZ}\operatorname{CosB} + \operatorname{SenZ}\operatorname{SenB} = \operatorname{Sen}\varphi(\operatorname{Sen}\delta\operatorname{CosD} - \operatorname{Cos}\delta\operatorname{SenD}) + \operatorname{Cos}\varphi(\operatorname{Cos}\delta\operatorname{CosD} + \operatorname{Sen}\delta\operatorname{SenD})\operatorname{Cos}(AH + \Delta AH)$$

$$\operatorname{CoZ}\operatorname{CosB} - \operatorname{SenZ}\operatorname{SenB} = \operatorname{Sen}\varphi\operatorname{Sen}\delta\operatorname{CosD} + \operatorname{Sen}\varphi\operatorname{Cos}\delta\operatorname{SenD} + (\operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Cos}\delta\operatorname{CosD} - \operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Sen}\delta\operatorname{SenD})(\operatorname{Cos}AH\operatorname{Cos}\Delta AH - \operatorname{Sen}H\operatorname{Sen}\Delta AH)$$

$$\operatorname{CoZ}\operatorname{CosB} + \operatorname{SenZ}\operatorname{SenB} = \operatorname{Sen}\varphi\operatorname{Sen}\delta\operatorname{CosD} - \operatorname{Sen}\varphi\operatorname{Cos}\delta\operatorname{SenD} + (\operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Cos}\delta\operatorname{CosD} + \operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Sen}\delta\operatorname{SenD})(\operatorname{Cos}AH\operatorname{Cos}\Delta AH + \operatorname{Sen}H\operatorname{Sen}\Delta AH)$$

Realizando las multiplicaciones y restando a la segunda ecuación, la primera nos da:

$$\begin{aligned} 2\operatorname{SenZ}\operatorname{SenB} &= -2\operatorname{Sen}\varphi\operatorname{Cos}\delta\operatorname{SenD} + 2\operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Sen}\delta\operatorname{SenD} \\ &\dots\dots\dots(4) \\ \operatorname{Cos}AH\operatorname{Cos}\Delta AH + 2\operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Cos}\delta\operatorname{CosD}\operatorname{Sen}AH\operatorname{Sen}\Delta AH \end{aligned}$$

Si dividimos la ecuación entre 2, y sustituyendo los arcos pequeños del seno por el arco, así como la unidad por el coseno, se tiene:

$$\operatorname{SenZ}.B = -\operatorname{Sen}\varphi\operatorname{Cos}\delta.D + \operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Sen}\delta.D\operatorname{Cos}AH + \operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Cos}\delta\operatorname{Sen}AH.\Delta AH \dots\dots\dots(5)$$

si; $\frac{\operatorname{SenZ}}{\operatorname{Cos}\delta\operatorname{Sen}AH} = \frac{1}{\operatorname{Sen}Az}$, y despejando a ΔAH , obtenemos lo siguiente:

$$\Delta AH = \frac{\operatorname{SenZ}.B + \operatorname{Sen}\varphi\operatorname{Cos}\delta.D - \operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Sen}\delta.D\operatorname{Cos}AH}{\operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Cos}\delta\operatorname{Sen}AH}$$

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

$$\Delta AH = \frac{\operatorname{SenZ}.B}{\operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Cos}\delta\operatorname{Sen}AH} + \frac{\operatorname{Sen}\varphi\operatorname{Cos}\delta.D}{\operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Cos}\delta\operatorname{Sen}AH} - \frac{\operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Sen}\delta.D\operatorname{Cos}AH}{\operatorname{Cos}\varphi\operatorname{Cos}\delta\operatorname{Sen}AH}$$

$$\Delta AH = \frac{B}{\cos\varphi \text{Sen}Az} + \frac{\text{Tan}\varphi \cdot D}{\text{Sen}AH} - \frac{\text{Tan}\delta \cdot D}{\text{Tan}AH}$$

$$\Delta AH = \left[\frac{\text{Tan}\varphi}{\text{Sen}AH} - \frac{\text{Tan}\delta}{\text{Tan}AH} \right] D + \frac{B}{\cos\varphi \text{Sen}Az} \quad \dots\dots\dots(6)$$

Recordando que D y B son:

$$D = \frac{1}{2}(\delta_w - \delta_E); \quad B = \frac{1}{2}(Z_w - Z_E)$$

sustituyendo se tiene:

$$\Delta AH = \left[\frac{\text{Tan}\varphi}{\text{Sen}AH} - \frac{\text{Tan}\delta}{\text{Tan}AH} \right] \frac{1}{2}(\delta_w - \delta_E) + \frac{\frac{1}{2}(Z_w - Z_E)}{\cos\varphi \text{Sen}Az} \quad \dots\dots\dots(7)$$

Para que quede expresada la ecuación en segundos de tiempo, dividimos el segundo miembro entre 15,

$$\Delta AH = \left[\frac{\text{Tan}\varphi}{\text{Sen}AH} - \frac{\text{Tan}\delta}{\text{Tan}AH} \right] \frac{(\delta_w - \delta_E)}{30} + \frac{(Z_w - Z_E)}{30 \cos\varphi \text{Sen}Az} \quad \dots\dots\dots(8)$$

Este es el valor correctivo del ángulo horario (ΔAH) que se substituye en la fórmula de Días Covarrubias.

$$\Delta t = \frac{1}{2}(\alpha_w + \alpha_E) + \Delta AH - \frac{1}{2}(T_w - T_E)$$

En el último término de la fórmula del ΔAH , el numerador ($Z_w - Z_E$), se obtiene con las indicaciones del nivel paralelo al círculo vertical del instrumento. La desviación de las

distancias zenitales de las dos estrellas es la diferencia de lecturas entre una y otra observación; en unidades de arco.

Considerando

O_E y E_E son las lecturas en los dos extremos de la burbuja en la observación de la estrella al Este.

O_W y E_W son las lecturas en los dos extremos de la burbuja en la observación de la estrella al Oeste

La fórmula que ayudaría a encontrar dicha corrección es:

$$\pm [(O_E + E_E) - (O_W + E_W)] v \frac{1}{60 \cos \varphi \operatorname{Sen} Az}$$

Donde:

O_E y E_E son las lecturas en los dos extremos de la burbuja en la observación de la estrella al Este.

O_W y E_W son las lecturas en los dos extremos de la burbuja en la observación de la estrella al Oeste.

v es el valor angular de una división del nivel.

O es la lectura del nivel del lado del objetivo del anteojo.

E es del lado del ocular.

Az es el promedio de los azimutes del par de estrellas.

Nota: para las observaciones de las estrellas se utilizó el Teodolito Universal T-4 y el teodolito Wild T-2.

En el teodolito Wild T-2, el nivel paralelo al círculo vertical es automático, por lo tanto la corrección por nivel **se anula**.

La fórmula anterior se aplica en el teodolito Wild T-4, cuando este cuenta con el nivel Sterneck

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Operaciones de Gabinete.

Para los cálculos de los pares de estrellas que se van a observar, es indispensable la fecha, hora en que se desea empezar a observar las estrellas, el lugar del punto del cual se requieren las coordenadas, un anuario astronómico y un catálogo de estrellas (APFS).

También se requiere de la latitud y longitud aproximados del punto donde se realizarán las observaciones, estos datos pueden ser determinados por observaciones al sol, que sería lo más conveniente, de no ser posible esto, los valores se pueden tomar de una carta topográfica o del anuario astronómico.

Con los datos antes mencionados y con la transformación del tiempo medio a tiempo sidéreo, se necesitan encontrar dos estrellas, una al este y otra al oeste del meridiano local, las cuales deben tener igual altura a una hora deseada.

Elección de Pares de Estrellas.

1. Se calcula la hora sidérea a la que se requiere observar el par de estrellas en base al Tiempo Civil para el meridiano estándar en cuestión.
2. Una vez que tenemos la hora de observación en T_{SL} se restan 4 horas ($T_{SL}-4$), con esta hora se busca en un catálogo, la estrella que este próxima a dicha hora.
 - a. La declinación debe aproximarse a la Latitud Astronómica en $\pm 5^\circ$.
 - b. La magnitud aparente deberá ser de preferencia menor a 5

Para la búsqueda de la segunda estrella, a la hora de observación calculada se le suman 4 horas ($T_{SL}+4$) y se busca en el catálogo una estrella cuya ascensión recta este próxima a dicha hora.

Estas estrellas deben de cumplir el inciso a y b del punto 2 además de las siguientes condiciones:

- c. Las declinaciones de las dos estrellas no deberán diferir en más de 2° .
- d. Las ascensiones rectas deben de satisfacer la siguiente desigualdad:

$$4horas < |ARe - ARw| < 8horas$$

donde:

ARE estrella a observar al este del meridiano.

ARW estrella a observar al oeste del meridiano.

- e. Las estrellas deben observarse de preferencia a $\pm 5^\circ$ del primer vertical. Es decir que las declinaciones para ambas estrellas serán semejantes a la Latitud Astronómica en $\pm 5^\circ$.
- f. La magnitud aparente deberá ser de preferencia menor a 5.

De las condiciones anteriores el inciso a) es riguroso, ya que las fórmulas involucradas en los métodos son resueltas tomando en cuenta estas consideraciones.

3. Conociendo la declinación y ascensión recta, para cada una de las estrellas del par encontrado, procedemos a calcular la hora sidérea de igual altura de las dos estrellas con la siguiente ecuación:

$$\text{Hora sidérea de igual altura } H_s = \frac{\alpha_e + \alpha_w}{2}$$

4. Calculamos la hora de observación para el par de estrellas.

Para la hora de observación de la estrella al este (E) = $T_{SLE} = H_s - 4$ minutos.

Para la hora de observación de la estrella al oeste (W) = $T_{SLW} = H_s + 4$ minutos.

Estas operaciones se realizan para que las estrellas puedan ser observadas a la misma altura, con tiempo suficiente.

5. Cálculo del ángulo horario perteneciente a cada estrella:

$$AH_w = T_{SLW} - \alpha_w$$

$$AH_e = \alpha_e - T_{SLE}$$

Ambos ángulos deberán ser idénticos indicando que el procedimiento se está realizando de forma correcta.

6. Cálculo de las distancias zenitales para el par en cuestión:

$$Z_e = \text{angCos}(\text{Sen} \delta_e \text{Sen} \varphi + \text{Cos} \delta_e \text{Cos} \varphi \text{Cos} AH_e)$$

$$Z_w = \text{angCos}(\text{Sen} \delta_w \text{Sen} \varphi + \text{Cos} \delta_w \text{Cos} \varphi \text{Cos} AH_w)$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7. Cálculo de la distancia zenital de observación para el par de estrellas:

$$Z_m = \frac{Z_e + Z_w}{2}$$

8. Cálculo de los azimuts de observación para el par en cuestión.

$$a) \quad AZ_e = \text{angCos} \left(\frac{\text{Sen} \delta_e - \text{Sen} \varphi \text{Cos} Z_m}{\text{Cos} \varphi \text{Sen} Z_m} \right)$$

$$b) \quad AZ_w = \text{angCos} \left(\frac{\text{Sen} \delta_w - \text{Sen} \varphi \text{Cos} Z_m}{\text{Cos} \varphi \text{Sen} Z_m} \right)$$

Para el Azimut de la estrella al este se toma el valor de la fórmula, pero para el Azimut de la estrella al oeste se toma en cuenta lo siguiente:

$$Az_w = 360 - AZ_w$$

Considerando que AZ_w es el que se cálculo en el inciso b).

9. Con esto se determinan los elementos necesarios para observar un par.

Para los demás pares de estrellas se debe de partir de la hora sidérea de la ultima estrella al oeste, a la cual se le sumarán de 15 a 30 minutos, siendo este el paso 1 y de ahí continuar hasta el paso 9.

Notas:

Existen tablas en las que ya vienen seleccionadas las estrellas por pares, de acuerdo a las condiciones anteriores, como son las tablas de pares de estrellas para aplicar el método de alturas iguales de dos estrellas en la determinación de la hora del Ing. Ricardo Toscano, publicadas en 1942, por el Instituto de la Dirección de Geografía, meteorología e Hidrología. En estas tablas están calculadas la altura y el azimut para cada estrella, a intervalos de 1ª de latitud, por lo que con una interpolación encontramos los datos para la latitud deseada.

Otras tablas son para la aplicación del método de Díaz Covarrubias, en la determinación de la hora, por los Ingenieros Manuel Medina Peralta y Federico Alonso Lerch, publicadas en 1963 por el Departamento de Geodesia del Instituto de Geofísica de la UNAM. En estas tablas se

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

encuentra la altura y el azimut en nomograma, con la precisión que éstos nos dan, es suficiente para encontrar la estrella.

En la actualidad se pueden realizar programas que realicen una búsqueda automática de los pares de estrellas.

Registro de campo para la preparación de pares de estrellas.

El registro debe de tener el nombre del aparato, fecha, nombre de quien observe y quien anote, estación, lugar, latitud y longitud aproximada.

Debe de contener 11 columnas con los siguientes datos.

1. Catalogo.
2. Número de par.
3. Nombre de la estrella al Este.
4. Magnitud de la estrella al Este.
5. Hora de paso de la estrella al Este. "Estimada hasta el minuto".
6. Azimut de la estrella al Este.
7. Distancia Zenital.
8. Nombre de la estrella al Oeste.
9. Magnitud de la estrella al Oeste.
10. Hora de paso de la estrella al Oeste. "Estimada hasta el minuto".
11. Azimut de la estrella al Oeste.

A continuación se presenta la tabla de pares de estrellas que se utilizó para la realización de las observaciones para la obtención de la longitud astronómica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RE GISTRO DE CAMPO PARA LA PREPARACIÓN DE PARES DE ESTRELLAS

APARATO: T-2

ANOTO: Urbina L. S.

ESTACION: MONTEÑA F I

LAT: 19° 19' 51.939

FECHA: 19-4-02

OBSERVO: 2.00 P.M.

LUGAR: MIAMI

LONG: _____

CATA LOGO	PAR No	ESTRELLA ESTE				ESTRELLA OESTE				
		NOMBRE	MAG	HORA	AZIMUT	DIST. ZENITAL	NOMBRE	MAG	HORA	AZIMUT
	137	✓ Hydorae	3	08 13	130 78	51 36	β Leporis	4	08 21	231 18
	142	δ Capri	4	08 28	125 57	53 27	δ Leporis	4	08 36	233 78
	148	ε Capri	3	08 41	127 78	61 36	β Leporis	3	08 52	237 30
	156	δ Capri	3	09 03	121 37	61 18	δ Leporis	4	09 11	210 12
	164	α Capri	3	09 25	128 48	5° 12	α Capri Majoris	3	09 33	232 24
	175	β Capri	3	09 41	133 36	59 30	β Capri Majoris	3	09 52	225 30
	176	✓ Uranus	1	10 0°	117 00	57 51	θ Capri Majoris	1	10 17	241 30
	185	α Scorp	4	10 27	68 42	37 18	α Capri Minoris	1	10 41	291 24
	187	α Hydorae	3	10 38	125 06	58 00	β Scorp	4	1 06	223 06
	190	α Hydorae	4	10 57	133 18	61 54	ε Scorp	4	11 01	224 18
	191	✓ Librae	4	11 18	124 48	79 24	ε Capri Majoris	4	11 21	234 12
	208	✓ Scorpitina	3	11 20	93 06	63 12	α Capri Majoris	3	11 25	264 36
	211	α Scorp	3	11 49	125 09	75 00	α Scorp	4	11 57	236 30
	212	✓ Scorp	2	12 01	123 24	78 12	δ Scorp	1	12 12	238 24
	213	π Scorp	3	12 20	126 18	70 06	α Pictoria	4	12 28	229 42
	214	τ Scorp	3	12 30	122 12	71 06	γ Pictoria	4	12 46	222 30
	215	σ Ophiuchi	3	12 32	114 12	61 00	α Virgo	3	13 05	248 18
	216	β Ophiuchi	3	13 14	73 12	63 30	γ Hydorae	3	13 22	262 24
	228	10 Horologii	5	13 32	78 36	51 24	α Leporis	1	13 40	270 30
	217	ρ Scorpitina	3	13 55	101 18	62 12	γ Hydorae	4	14 03	240 54
	244	ζ Ophi	4	14 10	90 51	56 30	ρ Leporis	4	14 23	269 00
	248	109 Horologii	4	14 41	77 00	50 48	δ Leporis	3	14 52	281 48

69A
PALMA DE ORGEN
TESIS CDN

CALCULO DEL TIEMPO SIDEREO.

$T_m = 19 00$
 $H_0 = 6 00$
 $W_{119} = 01 00$
 $+ \Delta H_0 = 13 01 \text{ } 02.610$

COMPARACIÓN DEL RELOJ

22 41 - 11 56 39.1
 22 47 - 11 52 39.4
 22 48 - 11 52 39.5
 22 49 - 11 52 39.6
 22 50 - 12 00 39.6

COMPARACIÓN DEL RELOJ

02 31 - 16 42 10.2
 02 32 - 16 48 10.2
 02 33 - 16 54 10.2
 02 34 - 16 59 10.2
 02 35 - 17 05 10.2
 02 36 - 17 11 10.2

OBSERVACIONES

$T_0 = 13 48 40.0$
 $T_m = 19 00$
 $T_1 = 03 07.27$
 $T_2 = 04 51 17.47$
 $\Delta T = 36 44.21$
 $T_{ed} = 03 15 03.26$

REGISTRO PARA LA ELECCIÓN DE PARES DE ESTRELLAS.

APARATO: T-2
FECHA: 19-IV-52

ESTACION: Mosquera
LUGAR: F. F. 1151

LATITUD 10° 14' 21.739
LONGITUD 6° 36' 44.215

PAR	ESTRELLA				ASCENSIÓN RECTA				DECLINACIÓN		HORA			
	No	ESTE (E)	M	OESTE (W)	M	H	M	H	M	E	W	H	M	
137	1	Hydras	3	2	Leopoldo	4	10	48	05	46	-27	21	09	52
142	2	Centarus	4	4	Leopoldo	4	11	18	05	46	-19	54	09	50
148	3	Centarus	2	4	Leopoldo	4	11	09	05	46	-22	36	08	12
156	4	Centarus	2	4	Leopoldo	4	12	57	05	46	-16	23	09	07
165	5	Centarus	3	2	Car. Hércules	3	12	00	05	46	-12	25	09	20
175	6	Centarus	3	2	Car. Hércules	3	12	00	05	46	-23	16	09	48
176	7	Centarus	1	6	Car. Hércules	1	12	20	05	46	-12	01	10	51
182	8	Centarus	4	2	Car. Hércules	4	12	00	05	46	-28	05	10	27
183	9	Centarus	3	2	Centarus	3	12	00	05	46	-24	11	10	42
184	10	Centarus	4	2	Centarus	4	12	00	05	46	-24	48	10	57
185	11	Centarus	4	2	Centarus	4	12	00	05	46	-23	58	11	17
186	12	Centarus	3	2	Car. Hércules	3	12	00	05	46	-28	20	11	34
187	13	Centarus	3	2	Ruthe	3	12	00	05	46	-24	48	11	53
188	14	Centarus	2	3	Ruthe	2	12	00	05	46	-24	48	12	08
189	15	Centarus	3	2	Toxido	3	12	57	05	46	-23	37	12	21
190	16	Centarus	2	1	Toxido	2	12	39	05	46	-22	10	12	42
191	17	Centarus	2	1	Toxido	2	12	26	05	46	-40	07	12	01
192	18	Centarus	3	2	Hércules	3	12	43	05	46	-31	25	12	18
193	19	Centarus	5	2	Hércules	5	12	01	05	46	-12	46	12	36
194	20	Centarus	3	2	Hydras	3	12	21	05	46	-27	00	12	59
195	21	Centarus	4	2	Hydras	4	12	02	05	46	-29	17	13	01
196	22	Centarus	4	2	Centarus	4	12	04	05	46	-27	16	13	04
197	23	Centarus	1	2	Centarus	1	12	00	05	46	-29	12	13	11
198	24	Centarus	5	2	Leopoldo	5	12	00	05	46	-28	00	13	20
199	25	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	13	27
200	26	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	13	34
201	27	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	13	41
202	28	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	13	48
203	29	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	13	55
204	30	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	14	02
205	31	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	14	09
206	32	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	14	16
207	33	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	14	23
208	34	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	14	30
209	35	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	14	37
210	36	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	14	44
211	37	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	14	51
212	38	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	14	58
213	39	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	15	05
214	40	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	15	12
215	41	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	15	19
216	42	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	15	26
217	43	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	15	33
218	44	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	15	40
219	45	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	15	47
220	46	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	15	54
221	47	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	16	01
222	48	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	16	08
223	49	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	16	15
224	50	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	16	22
225	51	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	16	29
226	52	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	16	36
227	53	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	16	43
228	54	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	16	50
229	55	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	16	57
230	56	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	17	04
231	57	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	17	11
232	58	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	17	18
233	59	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	17	25
234	60	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	17	32
235	61	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	17	39
236	62	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	17	46
237	63	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	17	53
238	64	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	18	00
239	65	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	18	07
240	66	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	18	14
241	67	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	18	21
242	68	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	18	28
243	69	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	18	35
244	70	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	18	42
245	71	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	18	49
246	72	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	18	56
247	73	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	19	03
248	74	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	19	10
249	75	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	19	17
250	76	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	19	24
251	77	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	19	31
252	78	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	19	38
253	79	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	19	45
254	80	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	19	52
255	81	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	20	00
256	82	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	20	07
257	83	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	20	14
258	84	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	20	21
259	85	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	20	28
260	86	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	20	35
261	87	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	20	42
262	88	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	20	49
263	89	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	20	56
264	90	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	21	03
265	91	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	21	10
266	92	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	21	17
267	93	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	21	24
268	94	Centarus	4	2	Leopoldo	4	12	00	05	46	-27	00	21	31

Operaciones de campo.

Es necesario la orientación de una línea para la determinación de la meridiana astronómica, la cual es indispensable para marcar en el aparato el valor de los azimutes calculados y así poder observar los astros.

El azimut que es el que se requiere para la determinación de la meridiana se calcula por algún método astronómico de preferencia observaciones de la estrella polaris.

En este caso se utilizaron los métodos descritos en el capítulo III.

Observaciones a las estrellas.

1. Se debe de verificar que el aparato este en $0^{\circ} 0' 0''$, al norte del meridiano.
2. Con los datos de la lista de pares de estrellas 5 o 7 minutos antes de la hora de paso de la primer estrella a observar se marca en el retículo vertical y horizontal del aparato los valores correspondientes de la distancia zenital y del azimut de cada estrella. La estrella al oeste aparece en el campo visual del anteojo por arriba de los hilos de la retícula y la estrella al este por debajo. El T-4 tiene imagen inversa las estrellas aparecen al contrario, es decir la estrella al oeste aparece en el campo visual del anteojo por debajo de los hilos de la retícula y la estrella al este por arriba.
3. Se espera el paso de la estrella por los hilos de la retícula, procurando que cuando la estrella entre, esté cerca del hilo vertical.
4. El tiempo de tránsito por los hilos, se toma al momento que el observador da la voz de "op" cada vez que la estrella cruza uno de los hilos de la retícula.
5. Terminadas las observaciones correspondientes de la estrella al este, se hace girar azimutalmente el aparato hasta obtener el azimut de la estrella al oeste, teniendo cuidado de "no hacer variar en lo más mínimo la inclinación del anteojo".
6. Ya que se puso el valor del azimut, se espera la entrada de la estrella en el campo visual el anteojo y se anotan la hora de paso por cada uno de los hilos.

RE GISTRO DE CAMPO PARA EL CÁLCULO DE LA LATITUD POR MEDIO DE OBSERVACIONES A DOS ESTRELLAS DE IGUAL ALTURA.

APARATO: <u>T-2</u>		ANOTO: <u>Clayton L. S.</u>		ESTACION: <u>Miami</u>		PRESIÓN INICIAL: <u>763 mmHg</u>		TEMPERATURA: <u>78.5 mmHg</u>		OBSERVACIONES	
FECHA: <u>12-11-07</u>		OBSERVO: <u>2116 15</u>		LUGAR: <u>Miami</u>		TEMPERATURA: <u>76.5</u>					
PAR N°	ESTRELLA AL E.	DIFS	ESTRELLA AL W.	DIFS	PAR N°	ESTRELLA AL E.	DIFS	ESTRELLA AL W.	DIFS	OBSERVACIONES	
234	h 19 44.7				236	h 16 37 0		h 16 45 4.7			
	a 21 22 57.2					a 21 23.6		a 16 41 22.2			
	a 12 22 10.6					a 12 51 10.7		a 11 42 40.5			
						49 34 10.3		50 01 07.4			
						16 31 23.13		16 41 22.43			
242	h 13 52 15.9		h 14 04 15.9								
	h 13 29 29.8		h 14 05 29.3								
	h 13 59 11.1		a 14 06 43.6								
			42 16 24.2								
			14 05 29.6								
			140159.76								
244	h 11 11 46.1		a 11 22 29.8								
	h 11 15 52.5		a 11 23 51.1								
	a 11 17 11.3		a 11 25 01.4								
			42 47 25.55								
			41 15 58.22								
			14								
			33								
			20 27								
249	h 11 41 31.		h 11 51 41.								
	h 11 45 41.3		a 11 51 15.6								
	a 11 46 57.1		a 11 52 29.2								
			44 12 41.1								
			44 45 41.3								
			14								
			48								
			29.92								
250	h 15 56 47.2		a 15 11 39.5								
	h 15 08 01.5		a 15 16 11.1								
	a 15 09 11.7		a 15 17 15.2								
			45 24 46.2								
			45 16 46.5								
			15 16 35.12								
			15								
			12								
			02.41								
251	h 15 50 42.1		a 15 30 29.6								
	h 15 50 42.1		a 15 30 29.6								
	a 15 51 11.7		a 15 31 35.6								
			46 04 42.1								
			46 04 42.1								
			15 51 11.3								
			46 04 42.1								
			46 04 42.1								
252	a 15 47 11		a 15 50 35								
	a 15 50 14.3		a 15 53 11								
	a 15 51 22.2										
			46 04 42.1								
			46 04 42.1								
			15 50 14.3								
			46 04 42.1								
			46 04 42.1								
253	h 16 00 47.2		h 16 10 22.5								
	h 16 00 47.2		h 16 11 32.5								
	a 16 01 47.2		a 16 12 42.5								
			46 04 42.1								
			46 04 42.1								
			16 09 45.72								
			16 17 33.13								

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Cálculo de la Longitud.

1. Determinar el ΔT del reloj.
2. Se deben de calcular los promedios de tiempo de cada par de estrellas observadas.
3. Se calcula el promedio de la ascensión recta de cada par de estrellas.
4. Se calcula el promedio de las declinaciones de cada par de estrellas.
5. Se obtiene el ángulo horario con la fórmula de Díaz Covarrubias
6. Se obtiene el Δt para cada par de estrellas.

Estos pasos a excepción del paso 1 se muestran en el siguiente registro.

En los siguientes registros se muestran los tiempos cronometrados de las estrellas que se lograron observar.

Solo se muestra el cálculo paso a paso de los primeros 5 pares de estrellas, en el siguiente registro se muestran los ΔT de los 9 pares observados y el cálculo de la longitud.

**REGISTRO PARA LA DETERMINACIÓN DEL T
PARA EL CÁLCULO DE LONGITUD**

APARATO: ANOTO: ESTACION: LONGITUD PROVISIONAL
 FECHA: OBSERVO: LUGAR: LONGITUD PROVISIONAL

ELEMENTOS DE CÁLCULO	PARES DE ESTRELLAS OBSERVADAS				
	212	241	248	252	254
ESTRELLAS	AL ESTE R. Arcturus	AL ESTE " "	AL ESTE " "	AL ESTE " "	AL ESTE M. Aquilae
	AL OESTE " "	AL OESTE " "	AL OESTE " "	AL OESTE " "	AL OESTE " "
1/2 (Tw-Te)	00 03 29.52	00 03 29.52	00 03 29.52	00 03 29.52	00 03 29.52
Tw-Te	00 06 59.04	00 07 03.04	00 06 59.04	00 06 59.04	00 07 03.04
Tw	14 05 27.6	14 23 27.6	14 05 27.6	14 05 27.6	15 30 20.67
Te	12 52 29.72	14 13 29.72	14 45 29.72	15 20 29.72	15 28 29.72
Tw-Te	28 03 29.72	22 09 29.72	21 26 29.72	20 21 29.72	30 53 14.7
1/2 (Tw+Te)	14 01 52.36	14 18 29.72	14 24 29.72	15 12 29.72	15 26 29.72
1/2 (αe - αw)	01 01 29.72	01 01 29.72	01 01 29.72	01 01 29.72	02 19 29.72
αe - αw	02 02 59.44	02 02 59.44	02 02 59.44	02 02 59.44	04 38 59.44
αe	19 21 29.72	11 22 29.72	11 22 29.72	14 05 29.72	19 34 29.72
αw	07 10 29.72	09 22 29.72	11 14 29.72	12 23 29.72	17 21 29.72
αe + αw	26 31 29.72	20 44 29.72	22 36 29.72	26 28 29.72	36 55 29.72
1/2 (αe + αw)	13 15 29.72	10 22 29.72	11 18 29.72	13 14 29.72	18 27 29.72
1/2 (δw - δe)	00 22 10	00 22 10	00 22 10	00 22 10	01 41 18
δw - δe	01 44 20	01 44 20	01 44 20	01 44 20	03 22 36
δw	01 04 20	1 22 17	20 22 17	03 17 10	02 27 12
δe	-02 20 20	12 22 17	21 42 17	08 27 17	06 20 26
δw + δe	-01 16 00	14 44 34	42 04 34	11 44 27	12 23 48.0
1/2 (δw + δe)	-00 08 00	7 22 17	21 02 17	5 72 13.5	6 11 24
AH=en grados	01 21 15.0	01 21 15.0	03 22 21.61	01 42 42.22	01 21 15.0
AH=en arcos	66 03 29.52	66 03 29.52	66 03 29.52	66 03 29.52	66 03 29.52
Tan φ	0.3508287	0.3508287	0.3508287	0.3508287	0.3508287
tan δ =	1.512582822	1.512582822	1.512582822	1.512582822	2.117442511
Sen AH	0.02774022	0.02774022	0.02774022	0.02774022	0.02774022
Tan AH	0.02774022	0.02774022	0.02774022	0.02774022	0.02774022
A=	0.27591979	0.400371722	0.427522724	0.27591979	0.27591979
B=	0.00673542	0.00673542	0.00673542	0.00673542	0.00673542
A · B	0.00184829	0.00184829	0.00184829	0.00184829	0.00184829
ΔAH	06 01 29.52	06 01 29.52	06 01 29.52	06 01 29.52	06 01 29.52
AT	7.62	30' 10" 11	10.97"	11.24"	14.72"

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Ejemplo con los cálculos del día 19-04- 02

1.

13 ^h 57 ^m 15. ^s 9		14 ^h 04 ^m 15. ^s 9
13 ^h 58 ^m 29. ^s 8		14 ^h 05 ^m 29. ^s 3
13 ^h 59 ^m 44. ^s 1		14 ^h 06 ^m 43. ^s 6
13 ^h 58 ^m 29. ^s 93	PROMEDIO	14 ^h 05 ^m 29. ^s 6

2. Determinación del ΔT y ΔAH .

$$\Delta AH = \left[\frac{\text{Tan} \varphi}{\text{Sen} AH} - \frac{\text{Tan} \delta}{\text{Tan} AH} \right] \frac{(\delta_W - \delta_E)}{30}$$

$$\Delta t = \frac{1}{2} (\alpha_W + \alpha_E) + \Delta AH - \frac{1}{2} (T_W + T_E)$$

Para el cálculo de la determinación de la longitud, se requiere de una tabla que contenga 13 columnas con la siguiente información:

1. Fecha de observación
2. Número del par de estrellas.
3. Δt obtenida de la observación astronómica.
4. Hora de observación.
5. Marcha cronométrica por minuto.
6. Tiempo de Greenwich al momento de comparación.
7. Tiempo del cronómetro al momento de comparación.
8. El valor de la columna 7 menos la columna 4.
9. El valor de la columna 8 por la columna 5.
10. Hora sidérea local.
11. Hora sidérea de Greenwich.
12. Longitud del lugar de observación en tiempo.
13. Longitud del lugar de observación en arco. PRECISIONES ALCANZADAS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

V.2 Método de Mayer

Entre los métodos para determinar la longitud astronómica, sobresale el método de Mayer, también denominado de tránsitos meridianos o pasos meridianos, este método proporciona resultados de alta precisión +/- a 0,1".

La longitud de un lugar es el ángulo diedro formado por el meridiano del lugar y el meridiano origen de Greenwich. Dado que hay una relación directa entre longitud y tiempo, la determinación del Tiempo de un lugar con respecto al tiempo de meridiano de origen nos establecerá la longitud del lugar. Es decir la diferencia de horas locales de dos puntos es lo mismo que la diferencia de longitudes entre esos dos puntos. Si uno de esos puntos esta contenido en el meridiano de Greenwich (origen de la longitud astronómica), esta diferencia de longitudes será propiamente la longitud astronómica del punto.

En determinaciones astronómicas, la longitud esta determinada a partir de la hora local, es decir del tiempo sidéreo local.

Existen varios métodos que permiten la determinación del tiempo sidéreo local.

El método de Mayer para determinar la longitud, consiste básicamente en determinar el instante cronométrico de la estrella en su paso por el meridiano.

Una estrella en su paso por el meridiano, tiene un ángulo horario cero (nulo) para ese meridiano. Con auxilio de la ecuación fundamental de astronomía de posición observamos que:

$$T_{sl} = \alpha + AH$$

En el momento de paso por el meridiano:

$$T_{sl} = \alpha$$

Determinado el tiempo sidéreo local (T_{sl}), la longitud esta dada por:

$$\lambda = T_{sl} - T_{sg}$$

$$\lambda = \alpha - T_{sg}$$

Donde:

λ	Longitud
T_{sl}	Tiempo sidéreo local
T_{sg}	Tiempo sidéreo de Greenwich

La determinación del tiempo sidéreo local, consiste en determinar el instante del astro en su paso por el meridiano. Debido a errores accidentales o sistemáticos, el instante cronométrico no corresponde exactamente al paso del astro por el meridiano.

Estos errores (τ) pueden ser minimizados a través de:

$$\tau = Aa + Bb + Cc + k$$

Donde:

τ - Reducción al instante cronométrico al meridiano;

A - Factor de azimut;

B - Factor de nivel;

C - Factor de colimación;

k - Aberración diurna;

a - Desvío azimutal del instrumento

b - Inclinação del eje secundario del instrumento;

c - Desvío de colimación del instrumento.

$$A = \operatorname{sen}(\varphi - \delta) \operatorname{sec} \delta$$

$$B = \operatorname{cos}(\varphi - \delta) \operatorname{sec} \delta$$

$$C = \operatorname{sec} \delta$$

$$b = (\Delta W - \Delta E) d / 60$$

$$c = (m - s) R / 200$$

$$k = 0,02132s \operatorname{cos} \varphi \operatorname{sec} \delta \operatorname{cos} AH$$

ΔW - Diferencia aritmética de mayor a menor lectura del nivel.

(ocular al Oeste);

ΔE - Diferencia aritmética de mayor a menor lectura del nivel.

(ocular a este);

d - Sensibilidad del nivel;

m - Movimiento perdido del micrómetro;

s - Ancho medio de los contactos del micrómetro;

R - Valor ecuatorial de una vuelta del micrómetro;

AH - Ángulo horario de la estrella;

Aplicando estas correcciones a la ecuación:

$$\lambda = \alpha - T_{SG}$$

$$\lambda = \alpha - (T_{SG} + Aa + Bb + Cc + k)$$

Siendo que:

$$\Delta \lambda = \lambda - \lambda_0$$

Donde:

$\Delta \lambda$ – Corrección a la longitud;

λ - Longitud del punto;

λ_0 - Longitud aproximada del punto.

Con lo cual se forma la siguiente expresión:

$$\Delta \lambda + \lambda_0 + T_{SG} + Aa + Bb + Cc + k - \alpha = 0$$

Formando una ecuación de este tipo para cada estrella de una serie de 6 u 8 estrellas al norte y 6 u 8 estrellas al sur, calculamos el residuo de la longitud ($\Delta \lambda$) y el desvío azimutal del instrumento (a), a través de mínimos cuadrados. Posteriormente se calcula el valor de la longitud con la expresión:

$$\lambda = \alpha - (T_{SG} + Aa + Bb + Cc + k)$$

Para cada estrella.

Al final se calcula el error medio cuadrático de la media.

Y por último se hace una reducción al polo medio.

Para alcanzar resultados de alta precisión deben ser consideradas las siguientes restricciones para la selección del grupo de estrellas a observar:

1. Estar en un catálogo como el A.P.F.S.
2. Tener una magnitud entre 3.0 y 7.0.

3. Tener un factor de azimut (A) menor que 0.6 en valor absoluto.
4. La sumatoria de los factores de azimut de un conjunto o grupo de estrellas (serie), debe ser menor que 1.0 en valor absoluto, de preferencia lo mas cercano a cero.
5. El grupo de estrellas normalmente es constituido de 6 a 8 estrellas. Para un grupo de estrellas 8 al sur y 8 al norte. Para grupos formados con números impares una diferencia no mayor de 2 respecto las del norte con las del sur y viceversa.
6. Deben ser observadas por lo menos 6 grupos de estrellas.
7. Se debe observar mínimo dos noches.

Procedimiento.

Se calcula el tiempo sidéreo para iniciar las observaciones.

Como el tiempo sidéreo local es igual a la ascensión recta de la estrella en el momento de su paso por el meridiano, entonces tomamos estrellas con ascensión recta mayor al tiempo sidéreo calculado para iniciar.

Como el factor de azimut (A) debe ser menor que 0.6 en valor absoluto, la expresión:

$$A = \text{sen}(\varphi - \delta) \text{sec } \delta$$

Nos puede proporcionar del límite o intervalo de las declinaciones de las estrellas a observar, tanto al norte como al sur. Una vez calculado este intervalo, las estrellas elegidas deberán satisfacer además las condiciones antes mencionadas (del punto 1 al punto 7).

Se elabora la lista de estrellas conteniendo los campos siguientes;

1. Número de estrella.
2. Magnitud de la estrella.
3. Ascensión recta.
4. Declinación.
5. Distancia Zenital
6. Factor de azimut.
7. Indicación de culminación al Norte (N) o Sur (S).

Operaciones de Campo

Estando el instrumento instalado y nivelado sobre el punto, se coloca en el meridiano local, tal como se describe en el capítulo III.

Para que la precisión y el resultado estén dentro de las tolerancias mencionadas para este método, la orientación debe tener un error inferior a los 15" de arco.

El micrómetro es colocado para observaciones de longitud.

El cronómetro sidéreo es conectado al instrumento, este cronómetro puede o no estar exactamente corriendo en tiempo sidéreo, ya que al cabo sólo proporcionan el tiempo o la hora sidérea aproximada de la estrella en su paso por el meridiano.

Al inicio y fin de cada serie de observaciones se deben de realizar radio comparaciones.

De la lista de estrellas se elige la primer estrella a observar y con el auxilio del cronómetro sidéreo, aproximadamente un minuto de tiempo antes del instante previsto al paso por el meridiano de la estrella se toma la lectura del nivel y se deja el hilo móvil del micrómetro en el hilo 7.

Cuando la estrella entre por el ocular con el movimiento tangencial del telescopio se lleva la estrella al hilo central y se espera a que este en la marca del hilo 7, en ese momento se sigue la estrella hasta el instante en que la estrella esta entre los hilos 9 y 10. Se invierte la posición del instrumento y se sigue aproximadamente la estrella hasta que deja el hilo 13.

Terminada la observación se toma nuevamente la lectura del nivel.

Esta técnica permite que sean registrados los tiempos cronométricos momentos antes y posteriores al paso de la estrella por el meridiano y cuya media aritmética de los tiempos simétricos nos proporcionan el tiempo cronométrico de la estrella por su paso.

Una ventaja de este método es que el error debido a la orientación instrumental es anulado.

Este mismo procedimiento es repetido para cada estrella.

Durante las observaciones de una serie o grupo de estrellas el teodolito no puede ser re-nivelado ni orientado. Al inicio y final de cada serie son registradas la temperatura y presión, tipo del cronómetro utilizado y emisora retransmisora de las señales horarias utilizadas.

Correcciones.

Como se menciona anteriormente el método mayor debe considerar algunos errores sistemáticos.

Debido a que es fundamental determinar el tiempo sidéreo local se considera lo siguiente:

1. Tiempo de propagación.

Las ondas electromagnéticas poseen una velocidad finita del orden de 299,792.5 Km/seg.

En determinaciones astronómicas de alta precisión es considerado el tiempo transcurrido por la onda portadora de la señal de radio para llegar desde la emisora a la antena de nuestro radio receptor. Este tiempo de atraso puede ser calculado por la expresión:

$$V = \left(290 - \frac{a}{(d+b)} \right) \text{ km/ms}$$

$$\Delta T = \frac{D}{V}$$

$$d = \frac{D}{1000}$$

$a = 139.41$, $b = 2.9$ (Constantes empíricas).

Donde:

D distancia en kilómetros que separa la estación emisora de la estación receptora.

V velocidad de propagación de la onda de radio.

ΔT Tiempo transcurrido por la onda de radio.

Esta corrección es considerada en el cálculo del tiempo sidéreo local.

2. Corrección de emisión.

Las emisoras de radio transmiten señales horarias en sistema de Tiempo Universal Coordinado (TUC), este sistema de tiempo generalmente esta desfasado en relación al

sistema de Tiempo Universal (TUI), sistema de tiempo fundamental en astronomía de posición.

La transformación del sistema de Tiempo Universal Coordinado al Tiempo Universal esta dado por la expresión:

$$DTU1=TU1-TUC$$

El valor de la corrección DTU1 es divulgado por el boletín de la Bureau Central Intrnational Earth Rotation Service (IERS), asi mismo esta ecuación es sumada al TUC

3. Cálculo de la marcha del cronómetro.

4. Corrección de azimut a (Aa).

Esta corrección esta dada en dos partes.

La primera:

Factor de azimut (A) que es calculado a partir de la expresión:

$$A = \text{sen}(\varphi - \delta) \text{ sec } \delta$$

Donde este factor de corrección depende de la latitud del lugar y declinación de la estrella.

La segunda :

El desvío azimutal del instrumento (a). El azimut del eje de colimación del instrumento depende de la orientación del instrumento. En determinaciones de longitudes de alta precisión esta orientación o factor (a) debe ser inferior a 1" de tiempo. Este factor es determinado para cada grupo de estrellas por mínimos cuadrados, dadas las ecuaciones para cada estrella de la forma:

$$\tau = Aa + Bb + Cc + k$$

5. Corrección por nivel (Bb), esta corrección, también es descompuesta en dos partes, el factor de nivel (B) y la inclinación del eje secundario del transito (b). El factor de nivel (B) es calculada de la ecuación:

$$B = \text{cos}(\varphi - \delta) \text{ sec } \delta$$

La inclinación del eje secundario del instrumento (b) se calcula con la expresión:

$$b = (\Delta W - \Delta E) d/60$$

6. Corrección de colimación, movimiento perdido y ancho de las tiras de contacto (Cc)

El factor de colimación (C), depende exclusivamente de la declinación de la estrella observada y es determinado por la expresión:

$$C = \sec \delta$$

La corrección por movimiento perdido y ancho de las tiras de contacto ©, se calculan en función de las constantes del instrumento a través de la ecuación:

$$c = (m - s) R /200$$

7. Corrección por aberración diurna.

El fenómeno causado por la aberración entre la velocidad tangencial del observador, debido al movimiento de rotación de la tierra y la velocidad de la propagación de la luz, es conocida en astronomía como aberración diurna.

Esta corrección se calcula con la expresión:

$$k = 0,02132s \cos \varphi \sec \delta \cos AH$$

Se debe recordar que como es para el instante de la observación $AH=0$. Esta corrección es un valor que debe ser sumado al tiempo cronométrico de la estrella en su paso por el meridiano.

8. Corrección por términos de corto periodo de nutación.

La ascensión recta aparente de cada estrella, como se interpola para una determinada fracción de día en la fecha de la observación, deberá corregirse por el término de corto

Cálculo de la longitud

El desarrollo para el cálculo de la longitud es como sigue:

1. Cálculo del tiempo de propagación de la onda portadora de la señal de radio
2. Corrección de emisión.
3. Corrección por marcha y estado del cronómetro, al instante cronométrico del paso meridiano de la estrella.
4. Cálculo de la longitud, con uso de la expresión.

$$\lambda = \alpha - (T_{SG} + Aa + Bb + Cc + k)$$

Inicialmente se considera el desvío azimutal del instrumento (a).

5. Cálculo del residuo de la longitud (λ) y el desvío azimutal del instrumento (a), a través de la expresión:

$$\Delta \lambda + \lambda_0 + T_{SG} + Aa + Bb + Cc + k - \alpha = 0$$

Aplicando el método de mínimos cuadrados, esto aplicada a cada uno del grupo de estrellas.

6. Cálculo de la longitud para cada grupo de estrellas a través de la expresión:

$$\lambda = \alpha - (T_{SG} + Aa + Bb + Cc + k)$$

7. Cálculo del error medio cuadrático.
8. Reducción al polo medio (CRPL) a través de la expresión.

$$CRPL = -(X \sin \lambda + y \cos \lambda) \tan \varphi$$

V.3 Método de Pasos Meridianos.

Este método de pasos meridianos es uno de los métodos precisos para determinar la hora. Tiene mayores ventajas que el método de alturas iguales de dos estrellas.

Este método consiste en observar a estrellas y tomar el tiempo en su paso por el meridiano del lugar considerado.

En el momento en que una estrella atraviesa el meridiano, el ángulo horario es igual a cero. Esto nos dice que en ese instante el ángulo horario es igual a la ascensión recta.

$$AH = \alpha$$

se comprende que las observaciones se llevan a cabo con el instrumento ajustado y puesto en el meridiano de tal suerte que la línea de colimación defina el plano del meridiano del observador cuando el anteojo gire alrededor de su eje horizontal

Así que el problema consiste en buscar una estrella en los catálogos o efemérides cuyas coordenadas conozca. En particular necesitamos la ascensión recta α .

Instrucciones Generales.

Para la obtención de la longitud de un lugar se deben seguir los siguientes pasos:

1. Se da a la estación una longitud aproximada. Al minuto es suficientes, si es que no se cuenta con un valor más preciso.
2. Se calcula el tiempo sidéreo local y se pone en marcha el cronómetro sidéreo, así como fue descrito en el capítulo II.
3. Se determina el meridiano del lugar con el procedimiento descrito en el capítulo III.
4. Se registran los tiempos de tránsito para cada estrella, a los cuales se les aplican las correcciones por errores instrumentales y aberración.

5. Al tiempo de tránsito corregido “ t ” se le suma la corrección cronométrica “ Δt ”, para así reducirlo al meridiano aproximado.

$$t = t' + \Delta t'$$

6. El tiempo sidéreo local es igual a la ascensión recta cuando la estrella se encuentra en el meridiano verdadero.
7. Para obtener el tiempo sidéreo local “ tsl ” del verdadero meridiano, es necesario añadir otra corrección cronométrica “ Δt ” a “ t ”.

$$Tsl = t + \Delta t$$

ò bien

$$\alpha = t + \Delta t$$

de donde

$$\Delta t = \alpha - t$$

8. Para cada estrella observada tendremos una ecuación del tipo:

$$\Delta t = \alpha - t$$

LONGITUD POR DIFERENCIA DE TIEMPO

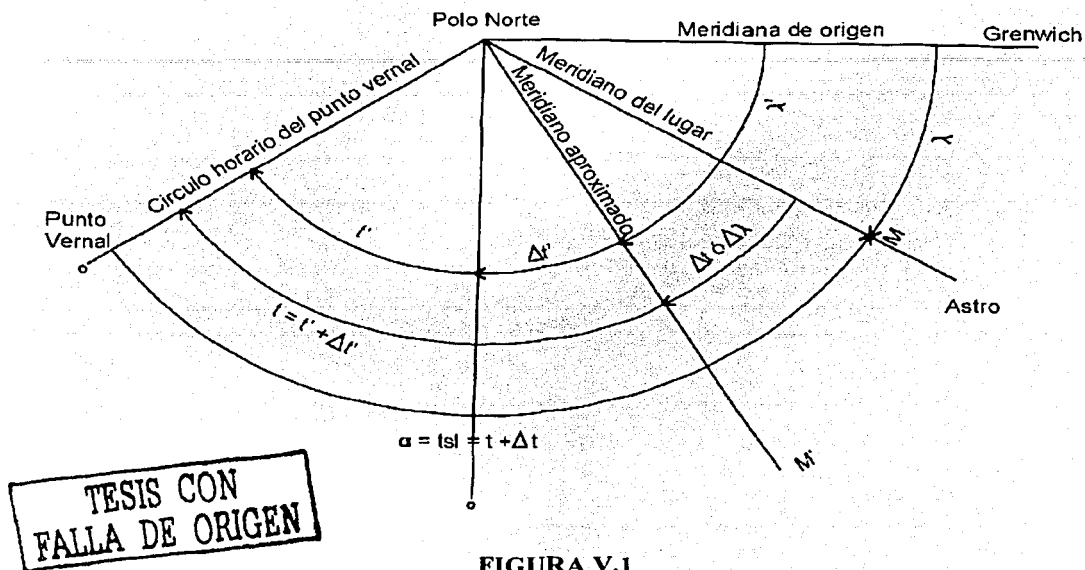


FIGURA V.1

- t' Tiempo cronométrico de observación.
- $\Delta t'$ Corrección al tiempo cronométrico de observación para reducirlo al meridiano aproximado.
- t Tiempo cronométrico de observación reducido al meridiano aproximado
- Δt Corrección cronométrica que se aplica a "t" para obtener la hora sidérea local.
- α Ascensión recta de la estrella, es igual al tiempo sidéreo local.
- λ' Longitud aproximada.
- λ Longitud verdadera.
- $\Delta\lambda$ Longitud verdadera menos longitud aproximada.

De la figura V..1, se deduce que:

$$\lambda = \lambda' - \Delta t$$

pero como:

$$\Delta t = \alpha - t$$

entonces

$$\lambda = \lambda' - (\alpha - t)$$

pasando todo al primer miembro nos queda:

$$\lambda - \lambda + (\alpha - t) = 0$$

y como

$$\Delta \lambda = \lambda - \lambda'$$

sustituyendo $\Delta \lambda$ tendremos:

$$\Delta \lambda + (\alpha - t) = 0$$

Esta misma ecuación una vez aplicado el factor de corrección por azimut, nos queda en forma de ecuación de observación:

$$\Delta \lambda - Aa + (\alpha - t) = v$$

donde:

- $\Delta \lambda$ es la corrección a la longitud aproximada.
- Aa es la corrección por azimut.
- t tiempo de tránsito reducido al meridiano aproximado.
- α ascensión recta.
- v residuo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Formando una ecuación similar para cada estrella observada, con el conjunto de ecuaciones se formarán las dos normales siguientes:

$$n\Delta\lambda - [A]a + [(a-t)] = 0$$

$$-[A]\Delta\lambda + [AA]a - [A(\alpha-t)] = 0$$

de las cuales se despejan los valores de "a" y $\Delta\lambda$.

Especificaciones Generales.

1. Únicamente se observarán estrellas consignadas en el catálogo APFS.
2. El factor "A" de las estrellas seleccionadas no excederá de ± 0.75 . La suma algebraica de los factores "A" no debe ser mayor que ± 1.00 en cada serie y en la suma de ellas.
3. Cada serie consiste en seis tránsitos con sus correspondientes registros cronométricos. Una hora es el tiempo máximo de observación por serie. Cinco estrellas es el mínimo aceptable para una serie. Siempre y cuando esté debidamente compensado el factor "A". En ningún caso el número de estrellas observadas al sur excederá a las del norte en más de una y viceversa.
4. Son necesarias cuando menos seis series, las cuales deben observarse en dos o más noches.
5. Los registros cronograficos deben contener por lo menos diez registros de tiempo, normalmente se registran 25 a 30 contactos para satisfacer este límite.
6. No se observan estrellas de magnitud mayor que 7.0 ni menor que 3.0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7. Si se emplea un cronometro mecánico, las comparaciones radio-cronométricas se hacen antes y después de cada serie, con treinta señales identificadas. Una comparación se puede emplear para el final de una serie y el principio de otra. Las señales del radio deben ser de buena calidad y debe conocerse la posición geográfica de la trasmisora.
8. Una hora es el máximo intervalo entre dos comparaciones sucesivas.
9. En el cálculo individual de las series ningún residuo debe exceder de $\pm 0.08 \text{ sec } \varphi$, sino está balanceado por otro igual y de signo contrario. Residuos mayores que $\pm 0.15 \text{ sec } \varphi$ causan el rechazo de las estrellas correspondientes.
10. En el resumen de la longitud ningún residuo debe exceder en 2.5 veces el error probable de una serie.

$$r = 2.5 Es \cdot \text{sec } \varphi$$

$$Es = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}}$$

donde:

- r límite de rechazo.
- Es error probable de una serie.
- n número de series observadas.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El error probable del promedio es:

$$Ep = \frac{Es}{\sqrt{n}}$$

El error probable del promedio no debe exceder $\pm 0.10 \text{ sec } \varphi$

Instrucciones para las observaciones

1. La lista se forma buscando en el catálogo APFS las estrellas cuya ascensión recta esté comprendida entre las horas sidéreas locales para el anochecer y la madrugada, tomando en consideración los siguientes conceptos:
 - a) Magnitudes entre 3.0 y 7.0
 - b) El factor "A" no excederá de ± 0.75 .
 - c) Consignar en la lista el número de estrellas, ascensión recta, magnitud, declinación (norte o sur), distancia zenital, explemento de la distancia zenital (360-Distancia Zenital).
2. Con el instrumento ajustado cuidadosamente, se determina el meridiano, de acuerdo a lo especificado en el capítulo II, con un error en azimut menor que $15''$. Durante las observaciones el instrumento ha de mantenerse siempre bien nivelado, en caso de renivelarse durante una serie, se anotará en el registro. Las diferencias de lecturas del nivel colgante ($\Delta W - \Delta E$), no deben ser mayores que ± 10 divisiones y la suma algebraica para todas las series debe aproximarse a cero.
3. Comparaciones cronométricas cada serie va acompañada por dos comparaciones, una justamente antes y la otra inmediatamente después de las observaciones. El cronómetro empleado debe tener las características siguientes:
 - a) Tiempo sidéreo.

El cronómetro empleado debe ser capaz de registrar las señales con una precisión de centésimo de segundo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Procedimiento de Observación.

Para la realización de este procedimiento se requiere que el observador logre volver a interceptar la misma estrella tan rápidamente como sea posible, al girar azimutal y verticalmente el anteojo del T-4, después de leer los extremos W y E de la burbuja del nivel colgante.

1. Con el instrumento en posición con el ocular al Este y estrella por culminar al Norte, el anotador da con voz clara el valor de la distancia zenital, mismo que el observador fijará en el círculo de orientación vertical y a continuación soltando el movimiento general vertical, gira cuidadosamente el anteojo mediante suaves golpecitos aplicados cerca del objetivo, hasta llevar aproximadamente al centro la burbuja del nivel del círculo de orientación vertical.

Se fija el movimiento general vertical y con el fino correspondiente, se centra bien la burbuja. A continuación el anotador proporciona el valor angular explementario de la distancia zenital (de la misma estrella) y el observador procede a fijar en el círculo de orientación vertical dicho valor sin mover el anteojo y por consiguiente sin llevar al centro la burbuja, por el momento.

El anotador indicará la magnitud de la estrella, así como el tiempo que falta para que culmine. Cuando el anotador indique que faltan dos minutos, la estrella estará por entrar en el campo visual del anteojo y el observador permanecerá pendiente para interceptarla con el hilo medio.

2. Antes de empezar a accionar el micrómetro para seguir a la estrella, se coloca el hilo móvil debajo del hilo 5 (ó del 15 si la posición del ocular está al oeste), además debe verificarse la lectura del círculo horizontal ($0^{\circ}0'0''$) para cerciorarse de que el anteojo se encuentra orientado al meridiano.

Aproximadamente treinta segundos antes de iniciar el movimiento del hilo móvil, se le dice al anotador treinta segundos, para que se ponga alerta. Cuando la estrella llegue al

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

cruce de los hilos móvil y medio en las marcas 4.5 (ó 15.5), se indica el movimiento suave, continuo y constante de los dos volantes del micrómetro, cuidando de:

- a) Se deben de mantener constantes los movimientos de los dedos pulgar, índice y medio de una mano primero e inmediatamente después los de la otra, sin dejar que la estrella se atrase o adelante.
- b) Dejar a la estrella en la marca 7.0 ó 7.5 (ó 12, ó 12.5 (según la posición).
- c) Tomar las lecturas W y E de los extremos de la burbuja del nivel colgante, apreciadas al décimo de división.
- d) Soltar el movimiento general azimutal y girar el instrumento 180°, leyendo el micrómetro y verificando dicha lectura.
- e) Soltar el movimiento general vertical, se gira el anteojo y con golpecitos muy suaves aplicados cerca del objetivo, se lleva aproximadamente al centro la burbuja del nivel del círculo de orientación vertical.
- f) Se fija el movimiento general vertical y con el particular se afina el centrado de la burbuja.
- g) Se vuelve a intersectar la estrella con el hilo medio y se espera a que llegue a las marcas 7 ó 7.5 (ó bien 12 ó 12.5) y en el momento en que llegu el cruce se repiten los pasos a, b y c.
- h) Cuando se deje de seguir a la estrella en las marcas 4.5 ó 15.5, se dice “fuera” para que el anotador tenga el valor de los registros del cronómetro.

3. El anotador deberá de seguir las siguientes instrucciones:

- a) Escoger la lista de estrellas, el grupo que constituirá la serie por observar. Si falla alguna observación, sobre la marcha se modificará la selección de las mismas.
- b) Debe calcular la hora sidérea local, para así arrancar el cronómetro y sacar su marcha del mismo, así como verificar bien la conexión del cronómetro, la palm y el radio.

Debe verificar que tenga a la mano el registro de observación y poner los datos necesarios antes de iniciar las observaciones.

- c) Efectuar las comparaciones del radio-cronómetro. La primera cinco minutos antes del tránsito de la primera estrella.

4. En el transcurso de las observaciones se deben de coordinar bien el anotador y el observador, y seguir los pasos:

- a) Dar al observador la distancia zenital, el explemento y la magnitud de la estrella por observar indicándole lo que falta para que culmine; tres, dos y un minuto.
- b) Cuando el observador indique que ya viene la estrella, se debe de poner mucha atención en los registros cronométricos para identificar los números de registro con respecto a los hilos del T-4 .
- c) Se anotaran en el registro los datos correspondientes a la estación astronómica y la hora en que se efectuó la comparación, el número de la estrella, las lecturas de los niveles y sus diferencias $\Delta W - \Delta E$.
- d) A la voz de “fuera” dada por el observador, pondrá atención en los registros cronométricos y se anotaran los valores , con lo cual se completa la observación de una estrella. Para la siguientes se repiten los pasos, a, b, c y d, hasta completar la serie.

5. Ya que se efectuó la última observación de la serie, inmediatamente se lleva a cabo la segunda comparación radio-cronómetro, que sirve a su vez para el inicio de la siguiente serie.

No se requiere girar azimutalmente el instrumento después de haber observado el tránsito de una estrella, en virtud de que se espera a la siguiente en la misma posición en que se quedó el T-4.

Cálculo de la longitud.

De preferencia se calcula en el campo los valores de la longitud con el fin de garantizar el éxito de las observaciones, y no tener que regresar después con los inconvenientes que esto representa. En general los cálculos de campo son idénticos a los realizados en oficina, excepto que en éstos existen mayores refinamientos y se efectuaran pequeñas correcciones adicionales.

El procedimiento se describe a continuación:

Para cada estrella observada se calcula:

1. El tiempo de tránsito.

En un formulario se anotan en secuencia y de arriba hacia abajo en una columna los tiempos cronométricos de los pasos de la estrella por los hilos de la retícula antes de su tránsito (antes de girar 180°) y en una segunda columna y de abajo hacia arriba se anotan los correspondientes después del tránsito, de modo que la primera y la última marcas (antes y después del tránsito respectivamente) queden en la misma línea. El promedio para cada par se denomina "tiempo cronométrico del tránsito de la estrella.

2. Factores de corrección por errores instrumentales y aberración.

Los factores denominados por las letras A, B y C se calculan tomando como argumentos la declinación de la estrella y la latitud más precisa del lugar.

La tangente y la secante de la declinación están tabuladas para cada estrella en el catálogo APFS.

El seno y el coseno de la latitud se toman con 5 cifras decimales.

Dichos factores están definidos por las siguientes fórmulas:

Factor de azimut: Positivo para estrellas que culminen al sur del zenit.

$$A = \operatorname{sen} \zeta \sec \delta = \operatorname{sen} \varphi - \tan \delta \cos \varphi$$

Factor de nivel: Positivo para los tránsitos superiores.

$$B = \cos \zeta \sec \delta = \cos \varphi + \tan \delta \cos \varphi$$

Factor de colimación:

Positivo para los tránsitos superiores.

$$C = \sec \delta$$

donde:

- ζ distancia zenital de la estrella.
- δ declinación de la estrella.
- φ latitud del lugar.

Corrección por inclinación del eje horizontal.

La corrección por falta de horizontalidad del eje de alturas se calcula por medio de las lecturas del nivel colgante en las dos posiciones del aparato. Designando por E y W las indicaciones de

los extremos de la burbuja en una posición del nivel y por E' y W' las similares, después de haberlo invertido, la inclinación en segundos de arco del eje del nivel, será:

$$[(W - W') - (E' - E)]d / 4$$

considerando las diferencias aritméticas:

$$\Delta W = (W' - W)$$

$$\Delta E = (E' - E)$$

$$i = \Delta W - \Delta E$$

tendremos que la inclinación "b" es:

$$b = i \frac{d}{4} \text{ en segundos de arco.}$$

$$b = i \frac{d}{60} \text{ en segundos de tiempo.}$$

La corrección por inclinación, será:

$$Bb = Bi \frac{d}{60}$$

donde:

B factor de nivel.

d valor en segundos de arco de una división del nivel.

Aberración diurna.

Esta corrección debería aplicarse más propiamente a la posición aparente de la estrella, pero para mayor simplicidad se aplica al tiempo de tránsito:

$$K = 0.213 \cos \varphi C$$

donde:

C factor de colimación.

Corrección por movimiento perdido y ancho de los contactos eléctricos del micrómetro.

Las correcciones del movimiento perdido y ancho de los contactos tienen como factor común a $(1/2)R/100$ sec, conviene combinarlas en una sola corrección, que es como sigue:

$$l = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{R}{100}\right)(M + S)\sec \delta$$

Debido a que la "sec δ " es por definición el factor de colimación "C", la fórmula queda expresada de la siguiente forma:

$$l = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{R}{100}\right)(M + S)C$$

donde:

R valor ecuatorial del micrómetro en segundos de tiempo sidéreo.

M valor del movimiento perdido.

S ancho medio de los contactos eléctricos.

El término $\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{R}{100}\right)(M + S)$ es constante para todas las series y "C" varía en función de la declinación de cada estrella.

Las tres correcciones Bb, k y l

Se aplican al tiempo promedio de tránsito, de esta manera obtenemos el tiempo de tránsito parcialmente corregido .

3. $\Delta t'$ en función de las comparaciones radio-cronómetro, cada serie, tendrá dos radio-comparaciones una al principio y otra al final de las observaciones.

El proceso para el cálculo de las comparaciones del radio cronómetro y para el cálculo de la marcha fueron explicados en el capítulo II, así que después de hacerse dicho cálculo, se procede a hacer el cálculo de la corrección por cambio en nutación .

Cambio en nutación:

En los valores del tiempo sidéreo aparente a las 0 hrs. U.T, están considerados los términos de nutación (períodos corto y largo). Pero como las comparaciones de radio-cronómetro rara vez se calculan para las 0 hrs. U.T., entonces se requiere una corrección por cambio en nutación que ocurre entre las 0 hrs. U.T. y el U.T. de la comparación. La corrección se determina tomando como argumento de interpolación el U.T. de la época media convertida a parte decimal de día.

Los valores de nutación se encuentran tabulados en el APFS bajo el nombre de: "Equations of the equinoxes, long period, short period".

Corrección cronométrica.

La época media (en tiempo medio) de las señales del radio se convierte a tiempo sidéreo y se compara con la correspondiente época media (en tiempo sidéreo) del cronómetro, obteniéndose una corrección cronométrica Δt_1 para la primera comparación y un Δt_2 para la segunda.

Corrección por marcha del cronómetro.

Al tiempo cronométrico t' parcialmente corregido del tránsito de la estrella, se le resta el tiempo correspondiente a la época media de la primera comparación y se multiplica

por la marcha "R" del cronómetro, obteniendo así la corrección por marcha, con la siguiente fórmula.

$$\text{Corrección por marcha} = (t' - \text{épocamedia})R$$

$$\text{Corrección cronométrica } \Delta t'$$

Esta corrección es la que resulta de la primera comparación del radio-cronómetro, a la cual se le añade la corrección por marcha del cronómetro, obteniéndose de esta manera el $\Delta t'$

En conclusión aquí si se debe considerar muy rigurosamente el proceso para la corrección cronométrica ya que esta directamente relacionado el tiempo con la longitud del lugar.

4. Ascensión recta. La ascensión recta se obtiene usando el mismo procedimiento de cálculo para la declinación en la latitud, es decir, se interpola para la fecha de observación, calculando en primer lugar los elementos de interpolación necesarios; η , ν , $d\Psi$ dE y posteriormente se añade el término $\Delta\alpha$ correspondiente al corto período de nutación en ascensión recta.

$$\alpha_1 = \alpha' + \eta(1 \text{ er} \Delta) + \nu''(2^\circ \Delta)$$

$$\Delta\alpha = d\alpha(\Psi) * d\Psi + d\alpha(\epsilon) * d\epsilon$$

5. El término $(\alpha - t)$. Este valor se calcula considerando:

$$t = t' + \Delta t'$$

Ya que se hayan calculado todos los términos $(\alpha - t)$ de la serie y anotados en el registro, se observará la consistencia de estos valores, si alguno resulta disparado es posible que se deba a un error de cálculo.

6. El factor de azimut "A". El factor de azimut se calcula y se anota en el registro en el área correspondiente, se puede obtener de la siguiente fórmula:

$$A = \text{sen} \zeta \sec \delta = \text{sen} \varphi - \tan \delta \cos \varphi$$

donde:

$\text{sen} \varphi$ es constante para toda la serie.

$\cos \varphi$ es constante para toda la serie.

Para cada serie se obtiene:

7. Ajuste de $\Delta\lambda$ por mínimos cuadrados. Todas las estrellas se deben de anotar en orden cronológico de observación con el correspondiente $(\alpha - t)$ y el factor de azimut "A".

$$\Delta\lambda_n - Aa + (\alpha - t) = V_n$$

Los valores de $\Delta\lambda$ y "a" se resuelven por el método de los mínimos cuadrados. Las ecuaciones normales son:

$$n\Delta\lambda - [A]a + [(a-t)] = 0$$

$$-[A]\Delta\lambda + [AA]a - [A(a-t)] = 0$$

donde:

n es el número de estrellas observadas.

En la solución de estas ecuaciones el valor absoluto de "a" no debe exceder de 1.00 seg.

El valor de "a" de la serie obtenido por mínimos cuadrados se multiplica por el factor individual "A" de cada estrella aplicando la fórmula:

$$\Delta\lambda = Aa - (\alpha - t)$$

Una vez que se obtuvo un $\Delta\lambda$ por cada estrella observada, se toma el promedio y de acuerdo con las especificaciones ningún residuo debe exceder de $\pm 0.08 \text{ sec } \varphi$, si no está balanceado por otro igual y de signo contrario.

Para todas las series tendremos:

8. El promedio de $\Delta\lambda$. Se debe de efectuar el promedio de todas las series y se obtiene el error probable del promedio y el límite de rechazo, mismos que se volverán a calcular en caso de que resulte rechazada alguna serie.

$$Ep = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}}$$

$$Es = Ep\sqrt{n}$$

$$r = 2.5Es.\sec \varphi$$

9. Correcciones por tiempo de transmisión, variación polar y excentricidad. Para obtener el promedio definitivo de la longitud astronómica, se le aplican al promedio de las series las correcciones ya enunciadas.

Tiempo de transmisión de la señal del radio, Dado que se requiere un cierto intervalo de tiempo para que una señal de radio viaje de un punto de la tierra a otro, esta señal se recibe un poco después de que fue transmitida, y dicho intervalo de tiempo se aplica a la longitud astronómica observada.

La distancia en arco entre la estación transmisora y la astronómica se calcula con la siguiente fórmula:

$$\cos D = \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \Delta\lambda$$

donde:

- D distancia en arco entre las estaciones.
- φ respectivas latitudes de las estaciones.
- $\Delta\lambda$ diferencia de longitudes de las estaciones, $\leq 180^\circ$.

La corrección a la longitud observada en segundos de tiempo está dada por la expresión:

$$\text{Tiempo de transmisión} = 0.000401D$$

Y en unidades de arco:

$$\text{Tiempo de transmisión} = 0.006015D$$

La distancia en arco "D" está expresada en grados y decimales.

Variación polar.

Los ejes de la tierra no son fijos, la dirección y la magnitud del movimiento se han observado por muchos años y están matemáticamente definidos por los términos de precesión y nutación, sin embargo hay aún una pequeña diferencia entre los ejes definidos matemáticamente y el real.

Esta diferencia se denomina variación polar. Aunque el cambio nunca excede a pocos décimos de segundo, su efecto debe considerarse en astronomía de primer orden.

$$\Delta\lambda = -(x \operatorname{sen} \lambda - Y \cos \lambda) \tan \varphi$$

donde:

x, y son las coordenadas del polo publicadas por la IERS

Excentricidad.

Si la estación astronómica se observó fuera de la estación de triangulación ó poligonal, para reducirla a ésta se debe medir la distancia, azimut y elevación.

La corrección por excentricidad se calcula con la fórmula:

$$\Delta\lambda = \frac{S \operatorname{sen} \alpha A'}{\cos \varphi}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

donde:

- $\Delta\lambda$ es la corrección a la longitud de la estación astronómica.
- S distancia.
- α azimut desde el sur, de la estación geodésica a la astronómica.
- A' factores del esferoide de referencia.

10. Longitud astronómica final.

Para la obtención de la longitud es recomendable hacer el siguiente cuadro y llenarlo con los datos obtenidos y posterior mente realizar la suma o resta según los valores obtenidos.

Longitud aproximada		Error Probable	Vértice.
$\Delta\lambda$ promedio			
Tiempo de transmisión			
Promedio de la longitud astronómica (en tiempo)			
λ astronómica en arco.			
Excentricidad.			
Longitud Astronómica Final.			

IV.4 Método de posiciones correspondientes.

Este método consiste en observar una misma estrella en dos posiciones simétricas respecto del meridiano. La declinación en ambas observaciones es la misma lógicamente. El método no requiere el conocimiento del meridiano.

En las dos posiciones correspondientes, la altura es la misma. observemos con un teodolito ene el campo y tomamos la hora. Basta esperar a que la estrella vuelva a tener la misma altura, tomando también la hora (este procedimiento requiere que el reloj sea de tiempo sidéreo). La estrella atraviesa el mismo almicanarat que en la toma anterior. El método es de muy poca precisión: es difícil captar el momento del paso por el hilo horizontal.

En este método no se leen alturas por lo que no interviene la refracción. Como conocemos las horas T_1 , T_2 del reloj. Si el estado y la marcha del reloj, fuesen cero, el problema estaría terminado pues conoceríamos la hora sidérea local que es lo que buscamos.

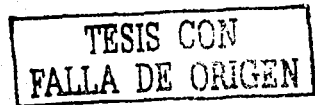
a) Supongamos que el estado no es cero $E \neq 0$ y lo conocemos.

Entonces el problema estaría igualmente terminado, ya que esto equivale a conocer la hora.

Si no se conociese el estado (suponiendo la marcha cero), tendríamos:

$$\theta_1 = T_1 + E = \alpha + AH_1$$

$$\theta_2 = T_2 + E = \alpha + AH_2$$



donde:

T_1 y T_2 son las horas que marca el reloj en ambas observaciones.

El valor de E se conserva sin variar al ser $m=0$. Sumando:

$$\frac{\theta_1 + \theta_2}{2} = \frac{T_1 + T_2}{2} + E = \frac{AH_1 + AH_2}{2} + \alpha$$

$$E = \alpha - \frac{T_1 + T_2}{2}$$

Con esto, conocemos el estado del reloj y conocido éste, tendremos ya la hora sidérea local. Naturalmente si el estado fuera cero, sería.

$$\alpha = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Es decir, que la semisuma de las dos horas en posiciones correspondientes sería igual a la hora del paso por el meridiano, que a su vez será igual a α (ya que el $AH=0$).

En cuanto conozcamos E ya tendremos la hora sidérea local, pues será la que marque el reloj, mas E.

- b) La marcha del reloj es $\neq 0$. Recordando que se llama marcha a la diferencia de estados en dos intervalos de tiempo. La marcha de un reloj, podemos determinarla sin más que escuchar las señales horarias que emiten multitud de observatorios, por ejemplo cada hora. Es decir, no necesitamos conocer la longitud del lugar, sino que bastará saber que estas señales las recibimos exactamente con una hora de intervalo, para comparando los estados del reloj con las señales recibidas, determinar la marcha.

Por lo tanto tenemos que:

$$m = \frac{E_2 + E_1}{T_2 - T_1}$$

es decir, que la marcha es la diferencia de estados dividida por el tiempo transcurrido.

En la primera posición en que observamos la estrella, tendremos, ver figura IV.2

$$\theta_1 = T_1 + E_1 = AH_1 + \alpha$$

y en la segunda:

$$\theta_2 = T_2 + E_2 = AH_2 + \alpha$$

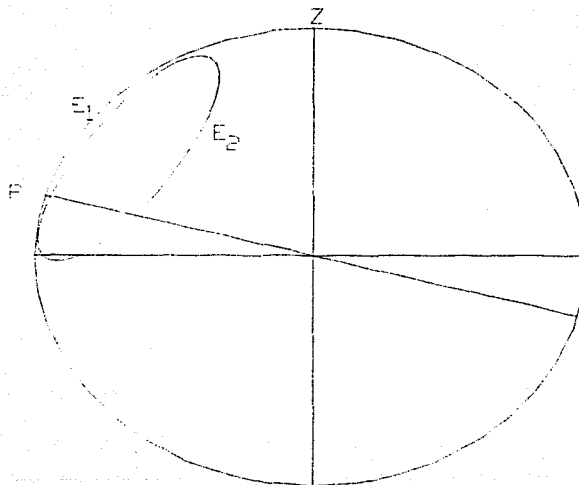


Figura IV.2

Ahora, de la fórmula que nos da la marcha, deducimos:

$$E_2 = E_1 + m(T_2 - T_1)$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Sustituyendo en la hora θ_2 nos quedará:

$$\theta_2 = T_2 + E_2 = T_2 + E_1 + m(T_2 - T_1) = AH_2 + \alpha$$

$$\theta_1 = T_1 + E_1 = T_1 + E_1 + m(T_2 - T_1) = AH_1 + \alpha$$

Sumando términos:

$$\frac{T_2 + T_1}{2} + E_1 + m \frac{T_2 - T_1}{2} = \frac{H_1 + H_2}{2} + \alpha$$

$$E_1 = \alpha - \frac{T_1 + T_2}{2} - m \frac{T_2 - T_1}{2}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En cuando conozcamos el valor de E_1 , que es el estado del reloj, en la primera observación, tenemos el problema resuelto, ya que conocíamos la hora T_1 que marcaba nuestro reloj, y hemos calculado el estado en ese momento, luego conocemos la hora local.

En la ecuación conocemos todos los elementos que intervienen, ya que α es la ascensión recta de la estrella, T_1 y T_2 son las horas que ha marcado el reloj, y m aun, no siendo =0, se conoce.

Cuando conozcamos E_1 , ya tendremos la hora sidérea local, pues si a T_1 le sumamos E_1 tendremos θ_1 .

Hay que tener cuidado con este método que sigue siendo de poca precisión, ya que entre las dos posiciones correspondientes, puede haber transcurrido un intervalo de tiempo bastante grande y pueden haber variado las condiciones atmosféricas, dando lugar a que creamos que la estrella tiene la misma altura en ambas, cuando la realidad no sea así, debido a la refracción.

IV.5 Método de observación en una posición cualquiera.

Supongamos una cierta estrella de coordenadas conocidas α δ y vamos a calcular AH (ángulo horario) a partir de estos datos, de la altura que medimos en el momento de la observación d y de la latitud que suponemos conocida.

Partiendo de :

$$\cos a = \cos b \cos c + \operatorname{sen} b \operatorname{sen} c \cos A$$

$$\operatorname{sen} h = \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos AH$$

$$\cos AH = \frac{\operatorname{sen} h - \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \delta}{\cos \varphi \cos \delta}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Una vez conocido H , como sabemos que $T_{Sl.} = \alpha + AH$, conoceremos la hora sidérea real local.

Es interesante ver cómo influye en el elemento que vamos buscando, las variaciones de los términos que constituyen los datos, o sea que vamos buscando la influencia en AH, de h , δ y φ .

Como δ se conoce exactamente, no hay error en este valor y por tanto $\Delta\delta = 0$, con φ y h no es así.

Diferenciando la ecuación: $\operatorname{sen} h = \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos AH$

Tenemos:

$$\operatorname{cosh} dh = (\operatorname{sen} \delta \cos \varphi - \operatorname{sen} \varphi \cos \delta \cos AH) \Delta\varphi - \cos \varphi \cos \delta \operatorname{sen} AH \Delta AH$$

Vamos a sustituir el paréntesis por otra expresión que obtenemos de las relaciones de senos:

$$\frac{\sin a \sin B}{\sin a \sin A} = \frac{\sin b \sin C}{\sin b \sin A} \rightarrow \cosh \frac{\sin a}{\sin A} = \cos \delta \frac{\sin A}{\sin A}$$

y de la última fórmula:

$$\frac{\sin a \cos B}{\sin a \cos A} = \frac{\cos b \sin c}{\cos b \sin A} - \frac{\sin b \cos c}{\sin b \cos A} \rightarrow -\cosh \frac{\cos A}{\cos A} =$$

$$= \frac{\sin \delta \cos \varphi}{\cos \delta \sin \varphi} \cos AH$$

sustituyendo en la ecuación :

$$\cosh dh = (\frac{\sin \delta \cos \varphi}{\cos \delta \sin \varphi} \cos AH) \Delta \varphi - \cos \varphi \cos \delta \frac{\sin AH}{\sin AH} \Delta AH$$

queda:

$$\cosh dh = -\cosh \cos A \Delta \delta - \cos \varphi \cos \delta \frac{\sin AH}{\sin AH} \Delta AH$$

despejando,

$$-\Delta AH = \frac{\cosh dh + \cosh \cos A \Delta \delta}{\cos \varphi \cos \delta \frac{\sin AH}{\sin AH}} = \frac{\cosh dh}{\cos \varphi \cos \delta \frac{\sin AH}{\sin AH}} + \frac{\cosh \cos A \Delta \delta}{\cos \varphi \cos \delta \frac{\sin AH}{\sin AH}}$$

De:

$$\frac{\cosh}{\sin AH} = \frac{\cos \delta}{\sin A}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

sustituida esta expresión en la expresión anterior nos da:

$$-\Delta AH = \frac{\cos \delta dh}{\operatorname{sen} A \cos \varphi \cos \delta} + \frac{\cos \delta \cos A \Delta \delta}{\operatorname{sen} A \cos \varphi \operatorname{sen} \delta}$$

$$-\Delta AH = \frac{dh}{\operatorname{sen} A \cos \varphi} + \frac{\Delta \varphi}{\cos \varphi \tan A}$$

de aquí deducimos que, para que el error ΔAH sea mínimo, habrá de ser,

$$\cos \varphi \operatorname{sen} A = \text{máximo} \rightarrow A = 90$$

$$\cos \varphi \tan A = \text{máximo} \rightarrow A = 270$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ya que φ no varía. Por tanto convendrá hacer la observación en el primer vertical o lo más próximo a él.

Diferencias de longitud.

La diferencia de longitudes entre dos puntos es igual a la diferencia de horas locales en un mismo instante. Bastará que un observador en A, determine su hora local y lo mismo el de B. Haciendo esta determinación en el mismo momento.

Por esto, antiguamente se usó el método de transporte de horas. Se toma un cronómetro en A y se transporta a B, donde seguirá marcando la hora local de A.

Otro método es observar desde los dos puntos un fenómeno astronómico que se pudiera considerar como simultáneo en ambos lugares. Por ejemplo la ocultación de los satélites de Júpiter. También se usó y hoy se vuelve a utilizar la ocultación de estrellas por la luna.

En estos tiempos puede utilizarse la hora emitida en señales horarias por radio que pueden garantizar hasta la milésima de segundo. El comienzo de la última señal corresponde al segundo cero. Tomadas estas señales con un Cronógrafo o como en este caso en una Palm que esta conectada a un cronómetro que maneja en tiempo sidéreo, queda registrado el tiempo exactamente en dicho instante.

También pueden escucharse entre otras estaciones la RWM de Moscú, la GBR de Rugby, y emitida por el observatorio de la Marina de San Fernando. Estas últimas señales corresponde al llamado Tiempo Universal Coordinado (T.U.C).

La recepción de la señal, cualquiera que sea el observatorio que emite, al dar T.U.C, nos está dando la hora civil de Greenwich.

La toma de esta señal, corresponde al paso de la estrella que estamos observando, por el meridiano superior del lugar. Suponiendo que no existiesen errores de ninguna clase, en ese momento, en el vértice en que estamos estacionados, la hora sidérea es justamente la ascensión recta de la estrella.

Si conocemos en ese preciso instante (en que sabemos la hora sidérea del vértice), la hora sidérea de Greenwich, la diferencia de ambas nos dará la diferencia de longitudes que estamos buscando.

La hora sidérea de Greenwich es perfectamente conocida, pues se conoce la hora civil, y en cualquier anuario se obtiene la hora sidérea a 0^h de T.U. dato en el cual transformamos la hora civil en sidérea.

Hecha esta operación, bastará restar de la ascensión recta la estrella. Al hacer observación con n estrellas y al tomar para cada una con el micrómetro las distintas y numerosas tomas que automáticamente se van registrando, tendremos elementos suficientes para alcanzar unos buenos resultados.

VI. CONCLUSIONES

La Gran Evolución que han experimentado los distintos aparatos, que nos han llevado a conseguir precisiones antes solo imaginables tras complejos trabajos, ha llegado a hacer que solo ciertas naciones con una cultura en Geodesia lo bastante desarrollada, puedan sobrellevar de una manera razonable el uso de la tecnología moderna en cuestión de geodesia y los métodos clásicos de astronomía fundamentales, como lo es el establecimiento de puntos fundamentales astronómicos, es decir puntos Laplace ó estaciones Laplace.

Este trabajo en su principio fundamental que es el describir métodos astronómicos con los cuales se pueden establecer estaciones astronómicas de primer y segundo orden, queda ciertamente cumplido, mas sin embargo no se pudieron realizar observaciones para todos los métodos aquí descritos por diferentes causas. Al no ejemplificar cada caso algunos métodos no se describieron tan a detalle como otros, por lo cual algunas fórmulas, pasos, procedimientos, cálculos y correcciones pudieran no parecer del todo claras o precisas. Pero en general queda como un buen material de consulta para aquellos profesionistas que deseen ampliar mas sus conocimientos en métodos astrogeodesicos para el establecimiento estaciones astronómicas de primer orden.

Los Al inicio del proyecto se tuvo que replantear los tiempos para la realización del trabajo, ya que debido a que no se contaba con gente que supiera el manejo del equipo, y a la ausencia de los manuales se provoco un atraso, estos manuales fueron solicitados a Leica (México), de ahí a suiza y finalmente fueron comprados en España, tardando este tramite aproximadamente 1 mes, el catálogo de estrellas APFS del 2001 se compro en Alemania, para el 2002 se obtuvieron copias del ejemplar con el que cuenta el Instituto de Astronomía y de los pares de estrella se bajaron de internet.

Otro problema fue la monumentación del punto para las observaciones, retrasando 2 meses aproximadamente el proyecto.

Estos fueron unos de los principales motivos del atraso del proyecto, sin olvidar las condiciones climatológicas, Además, la ausencia de un cronógrafo nos llevó a diseñar y construir un cronómetro sidéreo digital, así como un colector de datos digitales (PALM), este cronómetro tiene la función de iniciar el reloj mediante el sonido y registrar los datos de tiempo sidéreo. Esto se realizó para aumentar la precisión en algunas observaciones.

Un aspecto importante que percibimos en el transcurso de este desarrollo es que ya no hay personas especializadas para este tipo de trabajo, el cual se ha sido olvidado por los ingenieros geodestas desconociendo la gran importancia que tiene el establecimiento de vértices de este tipo para el buen desarrollo de la geodesia.

BIBLIOGRAFÍA

BOMFORD, Guy, Geodesy, Cuarta Edición, Gran Bretaña,
Editorial: Oxford University Press, 1980

MEDINA Peralta, Manuel, Elementos de Astronomía de Posición;
Primera edición, México; Editorial: Limusa 1978.

MONTES de Oca Miguel, Topografía, Cuarta edición,
Editorial: Alfaomega, 1970.

TOSCANO, Ricardo, Métodos Topográficos, Decimotercera edición,
Editorial porrua, 1970

Paul R. Wolf; Russell C Brinker. Topografía 9 edición Ed. Alfaomega 1997 Mexico D.F

Apuntes de Astronomía. Madrid, Septiembre 1977, Tomo I y Tomo II. Apuntes de
Astronomía. Madrid, Septiembre 1977

ANUARIOS

APPARENT PLACES OF FUNDAMENTAL STARS, Astronomisches Rechn-Institut
Heidelberg 2001, 2002

U.N.A.M. Instituto de Astronomía, anuario del observatorio Astronómico Nacional
Edición CXXI. Año 2001, 2002

MANUALES

J. HOSKINSON Albert y J.A. Duerksen, "Manual de astronomía geodésica, determinación
de Longitud, Latitud y Azimut". Traducción realizada en la Escuela Cartográfica del

Servicio Geodésico Interamericano por Quintero Ernesto, Guardia Jr Tomás, Freile Alfonso y Estudiantes del curso de Astronomía Geodésica. 1947.

Instrucciones para el empleo Wild T-3, Wild Heerbrugg S.A. CH-9435 Heerbrugg, Suiza, Óptica, Electrónica y Mecánica.

Instrucciones para el uso del instrumento universal Wild T-4. Wild Heerbrugg Société Anonyme, Heerbrugg/Suiza, fábrica de óptica y mecánica de precisión

TESIS

HIGUERA Moreno José Luis, "Determinación de Latitud y Longitud Geográficas por Medio de Estrellas". México, D.F., 1983.

ARVIZU Díaz Raymundo, "Estación Astronómica de Primer Orden", México, D.F., 1973

PUBLICACIONES DE INTERNET

Conocimiento del Cielo Por Antonio sanches Ibarra

La esfera Celeste por Miguel R. Lago

Jose Milton M. Comparacion de Determinaciones Precisas de latitud y longitud Astronomicas.

FOTOGRAFÍAS

Fotografías tomadas por el Ing. Adolfo Reyes Pizano y Erik de Valle Salgado.