



MEMORIA JENERAL

SOBRE LA ESPEDICION ESPLORADORA

DEL

RIO PALENA

Diciembre 1893 - Marzo 1894

—o—o—

(Continuacion)

MEMORIAS

del señor doctor Pablo Krüger sobre sus trabajos astronómicos, hipsométricos
meteorológicos en la espedicion

**La determinacion astronómica de las coordenadas jeográficas
en la espedicion al rio Palena**

I.-LOS INSTRUMENTOS, SU TRASPORTE, SUS ERRORES I OBSERVACIONES

El objeto principal de las espediciones científicas en rejiones poco conocidas debe ser una exacta representacion cartográfica del terreno explorado, por lo que los trabajos topográficos forman una parte importante del trabajo total. El método empleado en la construccion de los planos tiene naturalmente que ser mui diferente del que se usa en tierras conocidas i pobladas, pues las operaciones deben hacerse con instrumentos que sean

fáciles de trasportar i con la mayor economía posible de tiempo. Los medios mas importantes de la jeodesia moderna, es decir la triangulacion i la nivelacion ocupan por su naturaleza en viajes un lugar secundario o sirven solo para la construccion de planos locales, miéntras que la formacion del *itinerario de viaje* que consiste en apuntes esmerados i prolijos de la direccion de los rumbos seguidos i de las distancias recorridas, como tambien la *determinacion barométrica* de las *alturas* ocupan un lugar preferente. Ademas, si la rejion recorrida abarca dimensiones mayores o si circunstancias desfavorables del terreno hacen imposible llevar un itinerario aun de mediana exactitud, los levantamientos topográficos deben ser unidos i corregidos por *observaciones astronómicas* que determinan las coordenadas jeográficas de los puntos principales del camino. Una expedicion exploradora que une todas las tres clases de observaciones dará resultados numéricos que sirven de base exacta para los demas trabajos jeográficos i para la exploracion detallada posterior.

La expedicion al rio Palena contaba para realizar las determinaciones astronómicas con los siguientes *instrumentos*, en parte de propiedad de la Comision Internacional de Límites en Santiago:

1. Un *instrumento universal* aplicado a observaciones astronómicas (Cleps, gran modelo número 6,030) de *A. Salmoiraghi*, Milano. El instrumento es una especialidad de esta acreditada casa. La columna vertical de construccion maciza de bronce permite rotacion doble i orientacion magnética del círculo horizontal por medio de una aguja de declinacion, lo que da en las determinaciones del azimut un valor directo de la variacion magnética. El antejo es excéntrico, tiene un objetivo de 50 milímetros i aumenta 70 veces. Los círculos de 60 milímetros de diámetro graduados de 10 en 10 minutos estan herméticamente encerrados en una caja de bronce de forma cúbica i protegidos así de cualquier daño en viajes. La lectura de los ángulos se hace en ámbos limbos vertical i azimutal con ayuda de dos microscopios de apreciacion, por lo cual cada uno posee en el foco de su ocular un retículo de vidrio grabado provisto de 5 hilos paralelos. Por numerosos ensayos anteriormente practicados i por el uso continuo durante el viaje habia obtenido la capacidad de poder apreciar medio minuto con bastante segu-

ridad i un cuarto de minuto aproximadamente. El término medio de todas las 5 lecturas disminuye los errores de apreciacion hasta la quinta parte de su valor, es decir hasta 0.1 o 0.05 de minuto o hasta 6 o 3 segundos.

De los dos niveles que acompañan el teodolito, uno está afirmado sobre el instrumento e indica toda alteracion de la posicion horizontal; el otro, que es cilíndrico i mas sensible, puede colocarse sobre los collares torneados del antejo, haciendo posible una nivelacion exacta i la rectificacion del primer nivel de vez en cuando. Un ocular prismático con vidrio de color para observaciones solares permite la observacion de astros bajo todas las inclinaciones hasta el cenit i produce imágenes en posicion natural, mientras que el sencillo ocular astronómico las presenta invertidas. La iluminacion de los círculos encerrados en la caja oscura se hace por medio de dos prismas que reflejan la luz hacia adentro; para las observaciones nocturnas una lamparita fácilmente movible alumbra el campo del antejo i la lectura de los microscopios. El trípode tiene una construccion especial, sobre cuya pieza superior, que es triangular, puede atornillarse la base de igual forma del teodolito, disposicion que evita los errores angulares que pueden resultar de un movimiento jiratorio durante la observacion.

El círculo vertical da en la posicion izquierda (*I*) alturas directas, en la posicion derecha (*D*) lo que les falta para completar 180° o la distancia cenital mas 90° , determinando el microscopio número I los grados. Para las lecturas azimutales sirven en la posicion *I* los grados del microscopio A i en la posicion *D* los de B.

2. Un círculo de reflexion de Pistor i Martins, tambien una obra del mismo almacen; diámetro 27 centímetros, nonios a $10''$.
3. Una brújula topográfica con trípode correspondiente.
4. Tres relojes de precision:

Reloj *L* de A. Lange e hijos, número 12,317, Glashütte (Dresden).

Reloj *W*, american Waltham watch, número 5,415,205.

Reloj *U*, balancier chronomètre, número 274,910.

El primer reloj, sin el cual no habria sido posible ejecutar los trabajos astronómicos de un modo satisfactorio, habia puesto a

mi disposicion el señor don Enrique Schöchlin en Santiago. Cumplo con el deber de espresarle aquí mis sinceros agradecimientos por tan importante servicio.

He puesto cuidado especial en el *embalaje* i en el *manejo* de los instrumentos que debian ser trasportados a lomo de mula en un terreno mui accidentado i cubierto de espeso monte. A pesar de las grandes distancias que atraviesan las selvas vírjenes de la cordillera austral por caminos apénas abiertos i mui poco traficados, los instrumentos han resistido bien a las dificultades i peligros a que estaban continuamente espuestos. Sin contar algunos daños insignificantes, inevitables en el uso diario durante cuatro meses en esas circunstancias, el teodolito se conservaba en perfecto estado, debido tanto a su construccion sólida como al embalaje. La caja del instrumento estaba puesta en otra bien aforrada i afirmada por medio de colchoncitos llenados de virutas finas. La caja exterior era sólidamente construida i afirmada por medio de sunchos. Los aparejos que llevábamos, hechos para el uso especial de la Comision de Límites, tienen, sin duda, sus ventajas por la facilidad con que pueden cargarse los animales i colocar las cajas por medio de ganchos i cadenas, pero son absolutamente inservibles en las cordilleras i selvas del sur, como tuvimos la oportunidad de observar. Ya durante la salida, en el valle del rio Golgol, al pasar la mula con muchos esfuerzos una angostura en medio de los árboles del tupido bosque, se rompieron los ganchos de fierro, i como no teníamos a nuestra disposicion los medios para componer el daño, habia que afirmar las cajas sobre el aparejo por medio de lazos. Ademas del percance mencionado, tuvimos durante el viaje varios otros que podrian haber puesto en gran peligro los instrumentos. Cierto dia en el portillo de Puyehue el animal que llevaba las cajas, aunque era siempre el mas a propósito para su transporte, resbalándose cayó a los piés de un barranco de casi 20 metros de altura i quedó detenido en un espeso quitante, merced a lo cual han sido salvados los instrumentos. Un caso parecido sucedió en la "cuesta temerosa" del mismo paso. Dificultades sérias se presentaron tambien durante el viaje de regreso en la bajada de la célebre cuesta de Ipela (paso Ranco-Lacar), donde el camino pasa por largos trechos sobre la roca

nativa de extraordinaria inclinacion. Aquí cayeron todos los animales; el que llevaba las cajas heria las piedras con un ruido que nos dejaba pocas esperanzas de salvarlas. Sin embargo, no habia sucedido nada. Percances análogos sufrieron los instrumentos por causa de un naufragio en el lago Nahuelhuapi, i me costó árduo trabajo para ponerlos otra vez en estado servible. En la misma ocasion se perdió, junto con mi equipaje personal, la aguja de la brújula topográfica, miéntras que solo por una feliz casualidad se salvó el trípode del teodolito despues de haber nadado ya tres días en el mismo lago.

Respecto del *trasporte de los relojes* hai que tomar en cuenta que influye notablemente en el andar de ellos, prescindiendo de los movimientos inevitables, la posicion i la temperatura a que estan espuestos. Es preciso dejar los relojes siempre en la misma colocacion, para la cual han sido regulados, por ejemplo, no ponerlos horizontalmente, cuando son llevados verticalmente, pues otra posicion produce otra marcha. Nos parece acertado emplear para los relojes una cajita bien cerrada i cuidadosamente aforrada, que lleve el observador mismo en una mochila, juntamente, tal vez, con otros instrumentos delicados, como hip-sómetros, aneroides i brújulas, sin encargar el trasporte a personas no entendidas. Aunque la colocacion inmediata sobre el cuerpo humano ofrece las garantías mas grandes contra choques i movimientos violentos por la suma elasticidad de este cuerpo, es ménos preferible por los muchos cambios de posicion. Los cronómetros propiamente tales los consideramos como poco apropiados para esta clase de viajes por ser en extremo susceptibles a choques i continuos cambios. Segun nuestra opinion solo deben llevarse los mejores relojes de ancla. Ademas es indispensable, para el andar uniforme de los relojes, no mudar su temperatura sino dentro de límites reducidos i evitar todo cambio rápido, abrigándolos en noches frias por medio de malos conductores de calor. La comparacion de los relojes como tambien el darles cuerda debe hacerse a una hora fija ántes de ponerse el sol; nosotros solíamos hacer estas operaciones a las 7 P. M.

De los tres relojes llevados en la espedicion, el primero *L* i el último *U* no se pararon; todos los tres marcaban hora media

solar. El *reloj L*, que sirvió al mismo tiempo para reloj de observación, había sido observado en Agosto de 1893 en el Observatorio de Santiago i tenía un andar de $+3.875$, cantidad que llegó inmediatamente ántes de la salida (4 de Diciembre) a $+4.03$ i a vuelta de viaje (Abril de 1894) a $+7.23$. Los sacudimientos a que ha estado espuesto en los caminos que pasan al traves de la cordillera i durante los largos trechos a caballo en la Pampa, i tambien las variaciones de temperatura no han dejado de tener influencia sobre la marcha diaria que parece haber acelerado constantemente. Donde se ofreció la oportunidad, por ejemplo, en los lugares de detencion mayor, se observó el andar por medio de repetidas determinaciones de la hora. El *reloj W*, cuyo andar diario tambien había sido observado en Santiago ($+10.5$), dejó de andar bien el 23 de Enero de 1894, desde cuya fecha quedó inutilizado. El *reloj U* servia como de reserva, se le dió cuerda a las 7 A. M., i se podrian haber arreglado los otros dos relojes segun *U* en el caso de que éstos se pararan a causa de habernos olvidado darles cuerda. Para determinar las diferencias recíprocas entre los estados se compararon los tres relojes a las 7 A. M. i a las 7 P. M. i tambien ántes i despues de cada observacion de la hora.

Han llamado mucho la atencion durante el viaje las correcciones que provienen de los *errores del instrumento universal*, pues ninguno es rigurosamente perfecto. Estos errores proceden de la instalacion defectuosa i de la construccion inexacta, i tienen por consecuencia que los círculos no coinciden con los planos de las coordenadas, sino forman unos pequeños ángulos con éstos. Medidas de precision requieren en primer lugar un cuidado esmerado de los niveles, por lo cual atendimos tanto a su buena conservacion como a su rectificacion. Examinamos el nivel cilíndrico varias veces con respecto a la igualdad de sus piés, como tambien si los ejes del nivel i del instrumento estaban comprendidos en un mismo plano. El nivel redondo rectificado segun el otro servia para asegurarse, si el punto del círculo dirijido al cenit conservaba invariablemente esta posicion en todas las colocaciones del instrumento. Para determinar el *error cenital* i el de *colimacion* basta dirijir la visual a un lejano objeto terrestre primero en una posicion del anteojo i

repetir la observacion del mismo objeto despues de haber dado al anteojo un jiro de 180° al rededor de la columna vertical. Reducidas las lecturas del círculo al punto cero del nivel de altura, se obtiene la distancia cenital corregida z i el error cenital x mediante las espresiones:

$$z = \frac{1}{2} (\text{lectura } D - \text{lectura } I) = \frac{1}{2} [(90^\circ + z_1) - (h_2 = 90^\circ - z_2)]$$

$$x = \frac{1}{2} (\text{lectura } D + \text{lectura } I) = \frac{1}{2} [(90^\circ + z_1) + (90^\circ - z_2)],$$

si designamos con z_1 i z_2 las distancias cenitales en las posiciones D e I de los círculos. Valiéndose de x que es constante para una serie de observaciones con el mismo instrumento, se puede reducir cada distancia cenital a su valor verdadero, pues sigue:

$$z = z_1 - x \text{ (pos. } D); z = z_2 + x, h = h_2 - x \text{ (pos. } I).$$

Del mismo modo se anula el error de colimacion y de las lecturas azimutales a . Sean a_1 i a_2 las lecturas en las posiciones D e I , resulta:

$$a = \frac{1}{2} (\text{lectura } D + \text{lectura } I), y = \frac{1}{2} (\text{lectura } D - \text{lectura } I),$$

$$a = a_1 - y \text{ (pos. } D), a = a_2 + y \text{ (pos. } I).$$

Suponiendo el coseno del error de colimacion igual a 1, lo que es posible en virtud de su pequeño valor (siempre menor que 3'.5), toda correccion de las distancias cenitales respecto de y puede suprimirse, miéntras por otra parte seria necesario tomarla en cuenta.

El error cenital fué determinado 64 veces, casi siempre ántes i despues de una serie de observaciones, el error de colimacion 17 veces. La estabilidad del teodolito durante el viaje era mui satisfactoria, pues los errores indicaban solo pequeñas variaciones. Dos veces el error cenital sufrió cambios mayores, de $4'18''$ del 4 a 5 de Enero de 1894 en la orilla del lago Nahuelhuapi i de $6'42''$ durante el regreso de Osorno a Santiago, lo que solo pudo suceder por causa de las circunstancias del transporte.

Para eliminar los *errores de graduacion* de los círculos hemos leído siempre los dos microscopios opuestos, cuyo término medio da también un resultado exacto, en caso que los microscopios no tienen colocación diametral. De mucha importancia es la influencia que ejerce el *error de excentricidad* del anteojo, pues una sola medida con un teodolito excéntrico no da nunca un resultado exacto, sino solamente en unión con otra, en que el anteojo ha sido invertido. Por eso efectuamos las observaciones alternativamente en ambas posiciones (D e I) i formamos los términos medios. Este procedimiento que neutraliza también los errores cenitales i de colimación es preferible, en lugar de perder el tiempo con la rectificación del instrumento, sin tener la posibilidad de eliminar completamente los errores.

Las observaciones, por consiguiente, se componen de la lectura de cinco hilos en cada uno de los cuatro microscopios, lo que exige en ambas posiciones 40 apreciaciones i anotaciones. Tres o cuatro repeticiones de una distancia cenital así medida o de un ángulo azimutal dan el material de una observación completa. Este continuo cambio de mirar al microscopio para apreciar i al papel para escribir presentaba un inconveniente en el uso de nuestro teodolito, pues retardaba la duración de la observación i hacia disminuir la exactitud de los promedios. Por lo común uno de mis compañeros apuntó los ángulos apreciados lo más pronto posible, de manera que yo podía maniobrar el instrumento con ambas manos, aplicando la vista al anteojo i el oído al sonido del reloj. Con cuatro inversiones del instrumento se obtuvo una serie de observaciones orijinales en la forma $D_1 \parallel I_1, I_2 \parallel D_2, D_3 \parallel I_3, I_4 \parallel D_4$, de las cuales cada dos en posición contraria seguían tan pronto la una a la otra que sus términos medios $\frac{1}{2} (D_1 + I_1), \frac{1}{2} (I_2 + D_2), \frac{1}{2} (D_3 + I_3), \frac{1}{2} (I_4 + D_4)$ dieron cuatro resultados independientes i exentos de todo error. Pero estando solo, observé tres o cuatro veces consecutivas en la misma posición, luego $D_1, D_2, D_3 \parallel I_1, I_2, I_3$, i reduje las observaciones por medio del error cenital o de colimación a sus valores absolutos según el modelo $\frac{1}{2} (D_1 + D_2), \frac{1}{2} (D_3 + I_1), \frac{1}{2} (I_2 + I_3)$. El primero de estos *métodos de observación* neutraliza con más seguridad los errores instrumentales, pero exige mucha práctica para tomar visuales lijeras de la

estrella, nivelar el teodolito i apreciar la lectura de un modo lijero i seguro.

Las observaciones del sol se verificaron por mitad con el limbo superior, por mitad con el inferior. Antes i despues de cada medida han sido leidos los instrumentos meteorolójicos, por lo cual todas las distancias cenitales podian ser corregidas por el valor exacto de la *refraccion*. Aunque las alturas barométricas contengan inexactitudes de uno o dos milímetros a causa del uso de aneroides, esto no influia en el grado de precision que fué posible alcanzar. Observaciones cerca del horizonte no se han hecho con motivo de la correccion inexacta de la refraccion.

En el momento de hacerse una observacion fué necesario *anotar la hora*, lo que a un mismo tiempo hicimos con la determinacion de la distancia cenital; esta manipulacion da, segun nuestra opinion, mas seguridad que el servicio de la hora por otra persona. Antes de mirar al antejo anotamos de antemano la hora por algunos segundos, contamos desde el momento fijado con el reloj al oido casi instintivamente los golpes i observamos al mismo tiempo con el ojo el paso de la estrella o del limbo solar por el reticulo del ocular. Los golpes contados hasta el momento del pasaje los reducimos a segundos, multiplicándolos por 0.4, como el reloj *L* hizo cinco golpes en dos segundos, i anotamos la suma de ámbas cantidades con la exactitud de un segundo.

Hemós practicado durante la espedicion *determinaciones de la hora*, de la *latitud* i del *azimut* como tambien algunas *medidas trigonométricas*. Nos servimos casi esclusivamente del instrumento universal i solo pocas veces del círculo de reflexion para medir distancias lunares. Para las determinaciones de la hora preferimos la medida de *distancias cenitales cerca del primer vertical* i de *alturas correspondientes* en ángulos horarios iguales, miéntras que hemos usado el método de *alturas circunmeridianas* para las determinaciones de la latitud. Las observaciones del azimut que nos daban tambien la *variacion magnética* fueron acompañadas por medidas de *rumbos* o visuales a los puntos de referencia para orientar el itinerario i unir las varias estaciones astronómicas entre sí. En resúmen han sido medidas 1,317 dis-

tancias cenitales i ángulos horizontales que se distribuyen en:

393 distancias cenitales para 56 determinaciones de la hora cerca del primer vertical en 28 lugares distintos; 52 con el sol i 4 con vénus.

57 pares de distancias cenitales para 5 determinaciones de la hora por medio de alturas correspondientes.

385 distancias cenitales para 58 determinaciones de la latitud en 31 lugares distintos; 37 con el sol i 21 con estrellas.

177 ángulos horizontales para 18 azimutes con rumbos i 17 determinaciones del error de colimacion.

160 distancias cenitales i ángulos horizontales para tres medidas trigonométricas de distancia i altura.

145 distancias cenitales para 64 determinaciones del error cenital.

En el *camino recorrido* por la espedicion los trabajos astronómicos se efectuaron de la manera siguiente. Obtenida la correccion del reloj ántes de la partida de Santiago principiaron las observaciones inmediatamente despues de llegar a *Osorno*. Aunque la posicion jeográfica estaba ya prolijamente fijada, dedicamos los días que allí permanecimos en practicar las operaciones i comprobar la exactitud de los instrumentos. En la *cordillera de Puyehue* el tiempo era mui lluvioso, i de consiguiente fué completamente imposible hacer cualquiera observacion astronómica; tampoco se pudo determinar la posicion de la cumbre del paso. Solo al llegar a la Argentina el cielo comenzó a despejarse. En la orilla del *lago Nahuelhuapi* pudimos hacer un número mayor de observaciones, de las cuales resultaron posiciones bien exactas de los extremos NO i SE como tambien del desagüe. En la *Pampa* desde el lago Nahuelhuapi hasta el rio *Palena* se determinó la posicion astronómica de todos los campamentos. Dada la rapidez de nuestro viaje de exploracion, los puntos de estacion tuvieron que ser los mismos de alojamiento u otros intermedios próximos al camino. Aunque no siempre caracterizados esteriormente, estos lugares llegaron a ser importantes como puntos fijos para la construccion del itinerario. Los trabajos se ejecutaron durante esta parte del viaje con mucha regularidad. Por la mañana ántes de ponernos en marcha determinamos la hora, a mediodía la latitud con el sol,

por la tarde otra vez la hora i al anoecer una nueva latitud con las estrellas, si la marcha de la tarde habia producido una variacion mayor de la latitud o si la de mediodía habia sido imposible tomar a causa de que el cielo estaba cubierto. Durante los días que detuvimos en el mismo lugar aprovechamos la ocasion de repetir diariamente las observaciones, principalmente las de hora para informarnos del andar del reloj. Dirijiéndonos en la Pampa por mucho tiempo al sur habria sido de importancia, de calcular durante el viaje las latitudes de algunos puntos principales como del rio Chubut, del valle Dieciseis de Octubre o del rio Carrileufu para obtener mayor seguridad de salir al encuentro con la otra espedicion. Pero eso no podia hacerse por falta de efemérides que juntas con nuestros libros, ropa, parte de los víveres i mucho material de espedicion se habian perdido en el lago Nahuelhuapi. En la *avanzada* que hicimos para encontrarnos en la parte superior del rio Palena abandonamos todas las observaciones; la verificamos sin instrumentos mayores, sirviéndonos solo de brújula i anerode. *Al volver por la Pampa* circunstancias imprevistas como la prision no nos permitieron seguir nuestros proyectos. A pesar de que se nos habia prohibido hacer observaciones, las continuamos en cuanto fuere posible de un modo reservado. Las marchas forzadas aumentaron las dificultades e impidieron un trabajo sistemático, se prolongaron muchas veces hasta las primeras horas de la noche causando ademas un atraso considerable de la carga. A esta sazon no costó poco esfuerzo hacer a pesar del estado de cansancio en que nos encontrábamos una observacion nocturna donde la precision i la escrupulosidad son indispensables. Durante el segundo paso al traves de la cordillera (*paso Ranco-Lacar*) se observaba con regularidad a medida que el tiempo lo permitia. Inmediatamente despues de la vuelta hicimos en Osorno i Santiago las determinaciones necesarias de la hora para relacionar las lonjitudes a un meridiano conocido.

Estando el cielo claro i el aire tranquilo nos complacia en hacer observaciones. Pero jeneralmente varias *circunstancias desfavorables* dificultaban los trabajos o a lo ménos no contribuian que dieran resultados precisos. En las rejiones de la cordillera i del lago Nahuelhuapi la atmósfera estaba mui cargada

de vapores, en la Pampa meridional i aun mas en la de Junin de los Andes soplabla constantemente un viento fuerte que a veces sacudia el trípode, arremolinaba la arena i cubria el teodolito con una capa delgada de polvo, dificultando mucho las observaciones hasta imposibilitarlas. Por las mismas razones no era siempre posible continuar el plan de observaciones. El nublado i el tiempo malo nos obligaron frecuentemente a suspender los trabajos i dejar de observar un astro de hora o latitud, mientras por otra parte observamos varias estrellas equivalentes.

II.—*Determinacion de la hora por medio de distancias cenitales medidas cerca del primer vertical (1)*

En el triángulo esférico formado por el cenit, el polo i el astro vale la ecuacion

$$\text{sen } h = \text{sen } \phi \text{ sen } \delta + \text{cos } \phi \text{ cos } \delta \text{ cos } t, \quad (2)$$

(1) Hemos usado en lo sucesivo las *designaciones* siguientes:

α *ascension recta* de un astro o el tiempo sidereal de su paso por el meridiano; se cuenta sobre el ecuador desde el equinoccio de la primavera de 0° a 360° , de oeste a este.

δ *declinacion* o distancia comprendida entre un astro i el ecuador; es negativa cuando el astro se halla entre el ecuador i el polo austral.

t *ángulo horario* o el arco del ecuador comprendido entre el círculo horario de un astro i el meridiano; se cuenta desde el meridiano $+$ en la direccion del movimiento diurno de la esfera celeste de 0^h a 24^h o $-$ en la direccion al este.

θ *tiempo sidereal* de la observacion, $\theta = t + \alpha$; $t = 0$, $\theta = \alpha$.

ϕ *latitud jeográfica* o altura del polo; $+$ al norte, $-$ al sur.

λ *longitud jeográfica*, $+$ al oeste de Greenwich.

h *altura*.

z *distancia cenital*, ξ *distancia cenital en el meridiano*.

p *distancia polar* o complemento de δ .

τ *tiempo solar verdadero* o el ángulo horario del sol en un instante dado.

τ' *tiempo solar medio* o el ángulo horario del sol ficticio medio.

$g = \tau' - \tau$ *ecuacion del tiempo*; se agrega con su signo al tiempo verdadero para obtener el tiempo medio.

a *azimut* o el arco del horizonte comprendido entre el círculo vertical i el meridiano; se cuenta desde el punto sur del meridiano por ONE de 0° a 360° .

L , W , U *horas de observacion de los relojes* L , W i U .

\odot , \ominus , $\omin�$, $\omin�$ *observacion del limbo superior, inferior, izquierdo o derecho del sol*. \odot *altura o distancia cenital reducida al centro*.

(2) Véase: *Lehrbuch der sphärischen Astronomie* von Dr. F. Brünnow,

de donde se obtiene, introduciendo la distancia cenital en lugar de la altura, para t la fórmula

$$\cos t = \frac{\cos z - \operatorname{sen} \phi \operatorname{sen} \delta}{\cos \phi \cos \delta}.$$

De consiguiente, la observacion de la distancia cenital de un astro conocido, practicada en un lugar cuya latitud i longitud se conocen aproximadamente, conduce inmediatamente al conocimiento del *ángulo horario*. A la espresion recibida puede darse una forma mas cómoda para el cálculo logarítmico, pues se tiene:

$$1 - \cos t = \frac{\cos \phi \cos \delta - \cos z + \operatorname{sen} \phi \operatorname{sen} \delta}{\cos \phi \cos \delta}$$

$$2 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} t = \frac{\cos (\phi - \delta) - \cos z}{\cos \phi \cos \delta}$$

$$= \frac{2 \operatorname{sen} \frac{1}{2} [z + (\phi - \delta)] \operatorname{sen} \frac{1}{2} [z - (\phi - \delta)]}{\cos \phi \cos \delta}$$

$$\operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} t = \frac{\operatorname{sen} (\frac{1}{2} z +) \operatorname{sen} (\frac{1}{2} z -)}{\cos \phi \cos \delta},$$

poniendo por brevedad

$$\frac{1}{2} z + = \frac{1}{2} z + \frac{1}{2} (\phi - \delta) \text{ i } \frac{1}{2} z - = \frac{1}{2} z - \frac{1}{2} (\phi - \delta).$$

Como en virtud de esta ecuacion el signo de t queda indeterminado, es necesario saber a qué lado del meridiano la observacion se ha hecho i tomar el valor positivo o negativo de t , segun que la distancia cenital se haya tomado al oeste o al este.

Berlín 1881, cuyas teorías nos han servido muchas veces de base para los cálculos.

Cuando se observa el sol, el ángulo horario calculado t es idéntico con el tiempo solar verdadero τ ; sumando pues la ecuacion del tiempo $\tau' - \tau$ resulta el tiempo medio solar τ' , cuya diferencia con respecto a la hora leida L da el *estado del reloj* $\delta L = \tau' - L$, es decir la cantidad de minutos i segundos que han de agregarse a la indicacion del reloj para obtener el tiempo local. Se toma esta diferencia positiva, si el reloj se atrasa, negativa si se adelanta.

Las observaciones siempre se practicaron, cuando el astro estaba en el *primer vertical*, simétricamente a ámbos lados o al ménos lo mas cerca posible de éste, porque en este caso un error cometido en la latitud ejerce la menor influencia sobre la hora. Además convenia observar dos astros distintos que se encontraban en alturas mas o ménos iguales, pero a lados opuestos del meridiano, uno al oeste i otro al este, porque así el promedio de los resultados que salen para la correccion del reloj es exento de varios errores constantes. Las estrellas que pasan por el vertical cerca del cenit o del horizonte, o cuya declinacion es grande no se usaban; la situacion mas ventajosa es la en las inmediaciones del ecuador.

Midiendo *alturas del sol*, cuyo centro no se puede observar inmediatamente, dirijimos la visual en cualquier limbo del disco solar, por ejemplo en el superior, i anotamos el momento en que se verificaba el contacto entre el limbo del sol i el hilo horizontal del anteojo, leyendo en seguida los dos microscopios del círculo vertical. Hecho esto invertimos el anteojo i repetimos toda la operacion con el limbo inferior. Suponiendo la variacion de altura proporcional al tiempo durante el pequeño intervalo de pocos minutos que duraban la inversion i la puntería nueva, suposicion siempre compatible con la exactitud que puede alcanzarse, obtuvimos en el término medio de las dos medidas la distancia cenital del centro del sol en un momento determinado, sin conocer el semi-diámetro ni el error cenital, pues estas dos correcciones se habian eliminado. También es indiferente el limbo que se elije, solo hai que tener cuidado en aplicar limbos contrarios.

Este método de observacion es el mejor para medidas aisladas; pero para una serie de observaciones consecutivas conviene

determinar el error cenital i tomar en cuenta el semi-diámetro. Habiendo medido i correjido por ejemplo 4 distancias cenitales en la posicion *D* i otras 4 en la posicion *I*, el pequeño *resto del error cenital* influye igualmente sobre los resultados de las 4 primeras observaciones como sobre los de las 4 últimas i, por consiguiente, desaparece completamente al formar el término medio jeneral.

Como la *declinacion del sol* i la ecuacion del tiempo son variables, deberia conocerse ya la hora para poder hacer uso, en el cálculo de *t*, de la declinacion i en seguida de la ecuacion del tiempo que realmente corresponden al instante de la observacion. Por esta razon formábamos primero un valor aproximativo de la declinacion que permitia obtener una determinacion aproximada de la hora; por medio de ésta se buscaba un valor nuevo i mas aproximado de la declinacion, con el cual se rehacia el cálculo.

Por otra parte la velocidad con que varia la declinacion solar es mui pequeña, en Diciembre casi se acerca a cero i en Marzo adquiere el valor de un segundo de arco durante un minuto de tiempo, lo que permite considerarla constante durante una serie de observaciones medidas a pequeños intervalos i calcularla para el término medio de las horas leidas. Partiendo de esta

suposicion se forma primero las cantidades $\phi - \delta$ i $\frac{1}{\cos \phi \cos \delta}$ i se calcula despues varias observaciones a un mismo tiempo. Cuando el intervalo sea mayor, se prefiere dividirlo en dos partes, calculando δ respecto de la mitad de cada una.

Si se han observado sucesivamente varias distancias cenitales, se puede calcular la correccion del reloj formando el término medio de ellas. Pero, para examinar la coincidencia de las diferentes observaciones entre sí, para formarse una idea del grado de precision i para preservarse mejor de errores de cálculo he preferido avalorar las determinaciones de la hora *separadamente* mediante cada uno de los datos, a pesar del mayor trabajo que exige este método. Los resultados obtenidos de los cálculos aislados dieron en jeneral una uniformidad satisfactoria dentro de la serie de observaciones; raras veces la diverjencia fué mayor que 1 o 2 segundos.

Los cálculos preparatorios consisten en formar los términos medios de las lecturas microscópicas, en la combinacion de dos observaciones hechas en posiciones iguales u opuestas i si fuera necesario en la correccion respecto del error cenital. Despues deben prescindirse las distancias cenitales de las correcciones producidas por la refraccion i la paralaje. La *refraccion* no solo depende de la altura del astro, sino tambien de la temperatura del aire i de la altura barométrica. Como siempre los instrumentos meteorológicos se observaban, se podia sacar el valor exacto de las tablas correspondientes; en el caso contrario no se tomaba en cuenta mas que la refraccion media. La *paralaje* o la reduccion de una observacion tomada desde un lugar de la superficie de la tierra a su centro, se resta de la distancia cenital. Finalmente si el astro observado no es una estrella fija, sino ofrece un disco mensurable, como el sol o un planeta, hai que agregar la reduccion al centro del astro, sumando o restando el *semi-diámetro*, segun haber observado \odot o \ominus .

Para esponer el órden en que debe hacerse el cálculo, citaremos del material disponible un *ejemplo* minuciosamente detallado.

Valle Lee-Lee, casa Casati, campamento 20; 1894. Enero 26, 7^h 1^m a, tiempo medio local. Instrumento universal, reloj *L*, astro \odot ; aire 14°.8, altura barométrica 698.4 mm.

De observaciones anteriores i del itinerario se conocen aproximativamente:

$$\phi = -42^{\circ} 25' 15''; \lambda = 71^{\circ} = 4^h 44^m.$$

Error cenital segun 4 determinaciones: $-10' 24''.5$.

Observacion orijinal:

I I. 19° 37'.0	II. 199° 37'.5	D I. 158° 36'.25	II. 338° 33'.5
48.75	48.25	48.25	44.75
20 10.0	200 9.75	159 9.75	339 6.5
31.0	30.25	30.25	28.75
42.0	41.0	41.25	39.5
$h = 20^{\circ} 9' 45''$	$200^{\circ} 9' 21''$	$159^{\circ} 9' 9''$	$339^{\circ} 6' 36''$
$L = 18^h 50^m 55^s$;	$z = 69 50 27$	$L = 18^h 53^m 2^s$;	$z = 69 7 52.5$

<i>D</i> I. 158° 19'.75	II. 338° 16'.75	<i>I</i> I. 20° 40'.5	II. 200° 40'.5
30.0	28.0	52.0	51.5
52.0	49.75	21 14.0	201 14.0
159 14.0	339 10.25	36.0	35.75
25.0	21.0	47.25	46.5

158° 52' 9"	338° 49' 9"	<i>h</i> = 21° 13' 57"	201° 13' 39"
<i>L</i> = 18 ^h 54 ^m 35 ^s ; <i>z</i> = 68 50 39		<i>L</i> = 18 ^h 56 ^m 49 ^s ; <i>z</i> = 68 46 12	

<i>I</i> I. 20° 57'.5	II. 200° 57'.5	<i>D</i> I. 157° 19'.75	II. 337° 16'.75
21 9.25	201 9.0	30.0	27.75
30.0	30.0	51.75	49.5
51.5	50.5	158 13.75	338 10.25
22 2.75	202 1.5	24.75	20.5

<i>h</i> = 21° 30' 12"	201° 29' 42"	157° 52' 0"	337° 48' 57"
<i>L</i> = 18 ^h 58 ^m 15 ^s ; <i>z</i> = 68 30 3		<i>L</i> = 19 ^h 0 ^m 4 ^s ; <i>z</i> = 67 50 28.5	

<i>D</i> I 157° 3'.75	II. 337° 0'.5	<i>I</i> I. 21° 56'.0	II. 201° 56'.0
14.75	11.0	22 7.0	202 7.0
36.5	33.5	29.5	29.0
59.25	55.25	50.25	50.0
158 9.75	338 6.0	23 0.5	203 0.25

157° 36' 48"	337° 33' 15"	<i>h</i> = 22° 28' 39"	202° 28' 27"
<i>L</i> = 19 ^h 1 ^m 30 ^s ; <i>z</i> = 67 35 1.5		<i>L</i> = 19 ^h 3 ^m 35 ^s ; <i>z</i> = 67 31 27	

Combinacion $\frac{1}{2} (D + I)$ i reduccion:

Reloj <i>L</i>	<i>z</i> ⊖	Refraccion	Paralaje	Corr. total	<i>z</i> (corregido) ⊕
18 ^h 51 ^m 58 ^s	.566° 29' 10".0	+ 2' 33" -14"	-8"	+ 18' 27".5	69° 47' 37".5
18 55 42	.068 48 25.5	2 28 14	Radio	18 22.5	60 6 48.0
18 59 9	.568 10 16.0	2 23 14	+ 16' 16".6	18 17.5	68 28 33.5
19 2 32	.567 33 14.5	2 18 13		18 13.5	67 51 28.0

- 18 57 21 promedio de las horas leidas,
- + 4 44 0 longitud en tiempo,
- + 3 0 atraso aproximativo del reloj,

23 44 21 = 23^h .74 (= -0^h .26) hora aproximada en Greenwich.

Para determinar la declinacion del sol i la ecuacion del tiempo, tenemos que interpolar los valores contenidos en el "Nautical Almanac" para el mediodía en Greenwich mediante la va-

τ	18h 42m 45 ^s .2	18h 46m 28 ^s .4	18h 49m 56 ^s .9	18h 53m 19 ^s .1
$\tau' - \tau$	+ 12 48.6	+ 12 48.6	+ 12 48.6	+ 12 48.6
τ'	18 55 33.8	18 59 17.0	19 2 45.5	19 6 7.7
L	18 51 58.5	18 55 42.0	18 59 9.5	19 2 32.5
$\delta L = \tau' - L$	+ 3 35.3	+ 3 35.0	+ 3 36.0	+ 3 35.2

De este modo hemos obtenido por medio de cuatro observaciones independientes cuatro valores de la correccion del reloj L , cuyo término medio es

$$\delta L = + 3^m 35^s .4$$

El reloj estaba atrasado con respecto al tiempo medio solar o se tiene que agregar $+ 3^m 35^s .4$ a la hora señalada para obtener la hora media del lugar.

La hora corregida corresponde a $23^h 44^m 56^s .4$ en Greenwich i da segun el "Nautical Almanac" la declinacion $-18^\circ 38' 32'' .7$, valor que difiere por ménos que medio segundo de la cantidad arriba supuesta i no produce ninguna correccion en el resultado.

Antes i despues de cada determinacion de la hora habíamos comparado los otros relojes que servian para el transporte de la hora con el reloj de observacion. El reloj W ya se encontró fuera de uso, el reloj U dió el promedio

$$L - U = - 59^m 54^s .5,$$

$$\tau' - L = + 3 35.4,$$

luego la correccion $\delta U = \tau' - U = - 56 19.1$, adelantándose con respecto al tiempo medio local.

*
* *
*

Si las distancias cenitales son medidas por la observacion de una *estrella*, cuya posicion es conocida, el cálculo del ángulo horario se efectúa segun la misma fórmula, pero la trasformacion del ángulo horario en tiempo medio se hace de otra manera, a saber mediante la ascension recta de la estrella i el

tiempo sidereal segun la ecuacion $\theta = t + \alpha$. El cálculo núm. 17 da a conocer como procedimos en este caso.

Arroyo de las Bayas, campamento 16, 1894 Enero 21, 7^h 55^m p.
Instrumento universal, reloj *L*, vénus; aire 12.º1, aneroides 668,4 mm

Cantidades dadas:	Cantidades observadas:
$\phi = -41^{\circ} 26' 36''$	reloj <i>L</i> <i>z</i> (corregido)
$\lambda = 70^{\circ} 50' = 4^{\text{h}}.72$	$\frac{1}{2}(D+I) 7^{\text{h}} 48^{\text{m}} 55^{\text{s}}.5$ $81^{\circ} 3' 18''.4$
$\alpha = 22^{\text{h}} 23^{\text{m}} 21^{\text{s}}.8$	" $51 58 .0$ $81 37 16.0$
$\delta = -6^{\circ} 13' 55''$	D $54 23 .0$ $82 4 58.5$

El tiempo sidereal θ en el mediodía de Greenwich se reduce por medio de la diferencia de longitud al lugar de observacion:

$$\begin{array}{r} \theta = 20^{\text{h}} 3^{\text{m}} 20^{\text{s}}.6 \\ \text{correccion} \quad \quad \quad + 46 .5 \\ \hline \theta_0 = 20 4 7 .1 \end{array}$$

De un cálculo igual al ejemplo anterior han resultado los siguientes ángulos horarios:

<i>t</i>	83° 33' 26"	84° 18' 43"	84° 55' 44"
τ	5 ^h 34 ^m 13 ^s .7	5 ^h 37 ^m 14 ^s .9	5 ^h 39 ^m 42 ^s .9
α	22 23 21.8	22 23 21.8	22 23 21.8
$T = \tau + \alpha (I)$	27 57 35.5	28 0 36.7	28 3 4.7
θ_0	20 4 7.1	20 4 7.1	20 4 7.1
$T - \theta_0 = \tau' + \delta \tau'$	7 53 28.4	7 56 29.6	7 58 57.6
correccion $\delta \tau'$	-1 17.6	-1 18.1	-1 18.5
τ'	7 52 10.8	7 55 11.5	7 57 39.1
<i>L</i>	7 48 55.5	7 51 58.0	7 54 23.0
$\tau' - L$	+3 15.3	+3 13.5	+3 16.1

El último resultado tiene la mitad del peso por el resto del error cenital; luego resulta el estado del reloj $\delta L = +3^{\text{m}} 14^{\text{s}}.7$.

(1) T=Tiempo sidereal local.

III. — Determinacion de la hora mediante alturas correspondientes del sol

Si se observa la misma estrella en alturas iguales a ámbos lados del meridiano, es decir en *ángulos horarios iguales*, el promedio de las dos horas de observacion corresponderá al paso de la estrella por el meridiano. Designando con L_1 la hora del reloj correspondiente a la primera altura, con L_2 la misma cantidad relativa a la segunda altura, resulta $\frac{1}{2}(L_1 + L_2)$ para la hora de la culminacion, i como esta hora debe ser igual a la ascension recta conocida, el estado del reloj se espresa por $\alpha - \frac{1}{2}(L_1 + L_2)$, supuesto que el movimiento del astro sea uniforme durante el intervalo.

Este método de determinar la hora no puede aplicarse inmediatamente al sol, cuya posicion en el cielo se altera irregularmente. Es verdad que la variacion de la ascension recta como tambien el andar del reloj se eliminan, pero la declinacion varia sensiblemente en el curso de algunas horas. Por consiguiente, el término medio de los tiempos observados no dará el tiempo de la culminacion; si, por ejemplo, la declinacion aumenta (es decir si el sol se acerca mas al polo norte), el ángulo horario correspondiente a la altura tomada en la tarde será mayor que el que corresponde a la altura tomada en la mañana i el término medio de los tiempos caerá en un instante despues del mediodía. Viceversa este término medio caerá en un instante ántes del mediodía, si el sol va acercándose al polo austral o si su declinacion va disminuyendo. Designando por $-t$ i $t + dt$ los ángulos horarios, por δ i $\delta + d\delta$ las declinaciones de las observaciones hechas en la mañana i en la tarde, se representa el término medio de los dos ángulos horarios por

$$\frac{1}{2} [-t + (t + dt)] = +\frac{1}{2} dt,$$

cantidad que hai que restar del promedio de las horas observadas para obtener el momento de la culminacion. Esta correccion dependiente de la declinacion del sol se llama la *correccion del mediodía*, su valor es

$$x = -\frac{1}{2} dt.$$

Diferenciando la ecuacion primitiva

$$\cos t = \frac{\text{sen } h - \text{sen } \phi \text{ sen } \delta}{\cos \phi \cos \delta},$$

de modo que las cantidades t i δ se consideren variables, resulta:

$$-\text{sen } t \, dt = \frac{\text{sen } h}{\cos \phi} \frac{\text{sen } \delta}{\cos^2 \delta} d\delta - \frac{tj \phi}{\cos^2 \delta} d\delta.$$

Pero tambien es

$$\text{sen } h = \text{sen } \phi \text{ sen } \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t,$$

o

$$\text{sen } h \text{ sen } \delta = \text{sen } \phi \text{ sen}^2 \delta + \cos \phi \text{ sen } \delta \cos \delta \cos t$$

i sustituyendo esta expresion en la ecuacion que precede se sigue

$$\begin{aligned} -\text{sen } t \, dt &= \frac{d\delta}{\cos \phi \cos^2 \delta} (\text{sen } \phi \text{ sen}^2 \delta + \cos \phi \text{ sen } \delta \cos \delta \cos t - \\ &\quad \text{sen } \phi) \\ &= \frac{d\delta}{\cos \phi \cos^2 \delta} (-\text{sen } \phi \cos^2 \delta + \cos \phi \text{ sen } \delta \cos \delta \cos t) \\ dt^{(s)} &= \left(\frac{tj \phi}{\text{sen } t} - tj \delta \cot j t \right) \frac{d\delta^{(m)}}{15}, \end{aligned}$$

habiendo agregado el denominador 15 para trasformar los segundos de arco en segundos de tiempo. Si se denota ademas la mitad del tiempo trascurrido entre las observaciones, esto es, $\frac{1}{2}(L_2 - L_1)$ por t i si se supone que la declinacion varia proporcionalmente al tiempo, sacándola del N. A. por medio de la variacion horaria μ , resulta

$$d\delta^{(m)} = 2 t^{(h)} \mu,$$

luego

$$dt^{(s)} = \left(\frac{t_j \phi}{\operatorname{sen} t} - t_j \delta \cot t \right) \frac{2 t^{(h)} \mu}{15}$$

$$x^{(s)} = -\frac{\mu t^{(h)}}{15} \left(\frac{t_j \phi}{\operatorname{sen} t} - t_j \delta \cot t \right).$$

Para facilitar el cálculo de esta expresión se usan varias tablas que dan con el argumento t las cantidades

$$A = -\frac{t^{(h)}}{15 \operatorname{sen} t}, \quad B = +\frac{t^{(h)}}{15} \cot t,$$

mediante las cuales la fórmula para la corrección del mediodía toma la sencilla forma

$$x^{(s)} = \mu A t_j \phi + \mu B t_j \delta.$$

Expresando finalmente por L_0 el valor corregido de L o el instante del mediodía verdadero, se encuentra el estado del reloj respecto de la hora media del lugar por la relación

$$\delta L = 24^h + g - L_0.$$

El método de las alturas correspondientes es el más seguro para determinar la hora mediante observaciones de alturas, pero exige un buen reloj de andar uniforme durante el intervalo; además da la ventaja de no contener los errores constantes de los instrumentos, sin tener necesidad de conocer la altura misma. La refracción no la tomamos en cuenta, aunque las indicaciones de los instrumentos meteorológicos no sean las mismas a iguales distancias antes y después del mediodía verdadero, pero observamos siempre alturas mayores que 30° , lo que

disminuye la inexactitud cometida por haber prescindido del estado atmosférico a ménos que 0^s. I.

Por desgracia, no era posible servirse de este método con mucha frecuencia durante el viaje, en parte por la demora de muchas horas en el mismo lugar o el día de descanso que exige, en parte por la imposibilidad de contar siempre con un cielo despejado por la tarde despues de haber obtenido las alturas de la mañana. Al efectuar las observaciones que se toman en series fijamos siempre la alidada del instrumento de antemano en un número cabal de grados i minutos, anotándose, tanto en la mañana como en la tarde, los tiempos en que el mismo limbo del sol llegaba a esta altura. Hemos procurado componer las series de 10 a 12 alturas por la facilidad para sacar despues el promedio, miéntras que las alturas se espaciaron de 10' a 10' de la graduacion del universal. Un buen medio para acumular las observaciones es el uso de mas que un hilo horizontal en el retículo del antejo i la observacion del paso de ámbos limbos del sol.

Aun cuando se ignore la lonjitud exacta del punto de estacion, es fácil calcular de antemano aproximadamente el momento en que debe principiari por la tarde una serie correspondiente a otra tomada en la mañana, basando este cálculo en un estado aproximado del reloj, deduciendo éste a su vez de su marcha habitual i de la distancia en lonjitud que se supone haber recorrido. Si han trascurrido muchos días desde la última observacion, es necesario tomar tambien en cuenta la variacion en la ecuacion del tiempo.

Damos el ejemplo siguiente:

Valle Dieciseis de Octubre, boquete norte, campamento 22, 1894
Enero 29; instrumento universal, posicion *D*, reloj *L*, sol ☉.

Cantidades dadas:

$$\begin{array}{ll} \phi = -42^{\circ} 56' 5'' & g = +13^m 24^s .9 \\ \lambda = 71 10.30 = 4^h 745 & \mu = -40'' .62 \\ \delta = -17 47 53.7 \end{array}$$

Cantidades observadas:

z	L_1 (am.)	L_2 (pm.)	$\frac{1}{2}(L_1 + L_2)$
46° 40'	21 ^h 3 ^m 31 ^s .4	3 ^h 16 ^m 1 ^s .6	0 ^h 9 ^m 46 ^s .5
30	4 31 .6	15 3 .6	47 .6
20	5 26 .2	14 6 .4	46 .3
10	6 23 .8	13 11 .2	47 .5
0	7 20 .0	12 9 .6	44 .8
45° 50'	8 18 .2	11 14 .0	46 .1
40'	9 16 .8	10 16 .0	46 .4
30	10 13 .0	9 16 .8	44 .9
20	11 6 .6	8 19 .2	42 .9
10	12 7 .8	7 20 .2	44 .0

Términos med. 21^h 7^m 49^s .5 3^h 11^m 41^s .9 0^h 9^m 45^s .7

El semi-tiempo t transcurrido entre las observaciones es en término medio $3^h 1^m 56^s .2 = 3^h .0323 = 45^\circ 29' 3''$. Calculando con este valor las cantidades A i B , se obtiene:

$\lg t$	0.48177	$\lg t$	0.48177
$c \lg 15$	8.82391	$c \lg 15$	8.82391
$\lg \operatorname{sen} t$	9.85312	$\lg \cot t$	0.00734
$\lg A$	9.45256	$\lg B$	9.31302
$\lg \mu$	1.60874	$\lg \mu$	1.60874
$\lg t j \phi$	9.96866	$\lg t j \delta$	9.50655
\lg	1.02996, núm. + 10.7;	\lg	0.42831, núm. - 2.68

De consiguiente el sol pasó el meridiano o la hora verdadera fué igual a 0^h , cuando el reloj señalaba 0^h 9^m 45^s .7 + 8^s .0.

Correccion del mediodía	+ 8 ^s .0
Mediodía no correjido	0 ^h 9 ^m 45 ^s .7
Hora del reloj para el mediodía verd.	0 9 53 .7
0 ^h + ecuacion del tiempo	0 13 24 .9
Correccion del reloj L	+ 3 ^m 31 ^s .2.

IV.—*Determinacion de la latitud por alturas circunmeridianas*

Las determinaciones de la latitud o de la altura del polo se practicaron en el viaje por medio de distancias cenitales circunmeridianas durante el intervalo de 15^m ántes a 15^m despues del pasaje por el meridiano. Designando por H la altura i por ξ la distancia cenital en el momento de la culminacion, será

$$H - \delta + \phi = 90^\circ$$

$$\phi = 90^\circ - H + \delta$$

$$\phi = \delta + \xi,$$

cual relacion entre latitud, declinacion i *distancia cenital meridiana* da el método mas sencillo de determinar la primera. La ecuacion se puede emplear para todas las posiciones de astro i cenit, ya pertenezcan al hemisferio norte o sur, ya sea la distancia entre astro i polo mayor o menor que la entre cenit i polo. La única condicion que exige su validez jeneral es que se tome ϕ , δ i ξ positivamente, si cenit i polo pertenecen al hemisferio norte i si la distancia polar del astro es mayor que la distancia entre cenit i polo. En tal caso sigue para las culminaciones superiores

$$\xi = \pm (\phi - \delta), \quad \phi = \delta \pm \xi$$

i para las culminaciones inferiores

$$\xi = 180^\circ \mp (\phi + \delta), \quad \phi = \pm (180^\circ - \xi) - \delta,$$

contando negativamente la latitud i declinacion austral e igualmente ξ , luego que el astro culmina al sur del cenit. En la culminacion inferior se emplea el signo superior para latitudes i declinaciones positivas, el inferior para negativas. Por lo comun el uso del signo está fuera de duda, conociendo siempre un valor aproximativo de la latitud.

Las fórmulas que preceden conservan su valor riguroso en el único instante en que el astró pasa por el meridiano del lugar

de observacion. Al efecto se sigue observando, por ejemplo, el sol mediante un instrumento de altura, i se admite que el sol está en el meridiano en el momento en que la altura deja de aumentar o el astro principia a ponerse. Conociendo el error cenital se puede obtener así un buen resultado aproximativo i de mucha importancia para la orientacion en el viaje mismo por la facilidad para sacar el cálculo; pero el modo de observar no es seguro, puesto que en el meridiano la altura de los astros llega a su máximum i varia, por consiguiente, mui lentamente poco ántes i despues de la culminacion, haciendo imposible la precision del momento exacto. Una determinacion mas segura ofrecen las observaciones hechas cerca del meridiano ($t = \pm 15^m$), agregando a las alturas observadas una pequeña correccion, cuyo valor exacto se calcula, i deduciendo así la altura meridiana. Este método de las *alturas circunmeridianas* nos ha servido para calcular la latitud de los puntos de estacion.

Para efectuar la *reduccion de las distancias cenitales al meridiano* sea z una distancia cenital en la proximidad del meridiano i t el ángulo horario correspondiente. Trasformando la ecuacion

$$\cos z = \text{sen } \phi \text{ sen } \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t$$

por medio de las fórmulas

$$\cos t = 1 - 2 \text{sen}^2 \frac{1}{2} t, \quad \phi - \delta = \xi$$

resulta:

$$\begin{aligned} \cos z &= \text{sen } \phi \text{ sen } \delta + \cos \phi \cos \delta - 2 \cos \phi \cos \delta \text{sen}^2 \frac{1}{2} t \\ &= \cos \xi - 2 \cos \phi \cos \delta \text{sen}^2 \frac{1}{2} t. \end{aligned}$$

Adoptando ahora

$$z = \xi + \delta z,$$

luego

$$\begin{aligned} \cos z &= \cos \xi \cos \delta z - \text{sen } \xi \text{sen } \delta z \\ &= \cos \xi \left(1 - \frac{1}{2} \delta z^2 + \dots \right) - \text{sen } \xi (\delta z - \dots) \\ &= \cos \xi - \delta z \text{sen } \xi - \frac{1}{2} \delta z^2 \cos \xi, \end{aligned}$$

Observando estrellas circumpolares hicimos uso del método de las alturas circunmeridianas tambien en ángulos horarios mayores, porque el valor de $\cos \delta$ es pequeño. Algunas veces basta la observacion de *alturas extrameridianas* practicadas en un lugar donde la hora es conocida. Partiendo nuevamente de la ecuacion

$$\cos z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t,$$

i poniendo por brevedad

$$\sin \delta = n \sin N$$

$$\cos \delta \cos t = n \cos N.$$

se obtiene

$$\operatorname{tg} N = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos t},$$

$$\cos z = n \sin \phi \sin N + n \cos \phi \cos N = n \cos (\phi - N),$$

luego

$$\cos (\phi - N) = \frac{\cos z}{n} = \frac{\sin N \cos z}{\sin \delta},$$

en donde el signo de $\phi - N$ es preciso determinar.

Si las alturas circunmeridianas se refieren al sol, hai que tomar en cuenta la *variacion de la declinacion* i emplear en el cálculo el valor correspondiente a cada uno de los ángulos horarios, para efectuar la reduccion al meridiano; pero se puede usar tambien una sola declinacion, la que se verifica en el instante de la culminacion, contándose en tal caso los ángulos horarios no desde el paso del sol por el meridiano, sino desde el instante de la altura máxima. Indicando con μ la variacion horaria de la declinacion en segundos de arco, el valor del ángulo horario de la mayor altura z_0 se espresa en segundos de tiempo por

$$z_0 = 0.25464 \mu (\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \delta).$$

Para hallar la latitud con la mayor seguridad posible hemos unido las observaciones a ángulos horarios pequeños, tomándo-

las lo mas cerca posible del meridiano ¡ distribuyéndolas por partes iguales a ámbos lados. Estas *circunstancias* son las *favorables* i causan que los errores que afectan a la hora influyen poco en el resultado. Ademas deben escluirse las estrellas que culminan cerca del cenit, puesto que para éstas la correccion δz viene a ser considerable a causa del pequeño divisor $\phi - \delta$, por cuya razon un error cometido en la hora puede influir notablemente en la latitud calculada. Para eliminar varios otros errores se combinan ventajosamente las alturas de dos estrellas que culminan al norte i al sur del cenit.

Al practicar las observaciones no hemos tomado ordinariamente una sola distancia cenital, sino sucesivamente un número mayor para conseguir resultados mas exactos mediante los términos medios de los diferentes cálculos. Tambien combinamos esta clase de observaciones de a dos i calculamos separadamente, haciendo posible así una crítica completa del material de observacion.

Con un reloj arreglado, es fácil calcular de antemano el momento aproximado del paso, para no hacer una estacion mas larga de lo necesario; basta tomar en cuenta, ademas del estado del reloj, la ecuacion del tiempo i la longitud aproximada de la estacion.

Las estrellas que nos han servido por la oportunidad de la hora de su paso, han sido α tauri (aldebaran), α orionis (betigeuze) i α^2 centauri. Tambien las culminaciones de júpiter, que se verificaban en las primeras horas de la noche, eran fáciles de observar, siendo este planeta por su brillo mui visible.

El cálculo lo hemos dispuesto en el orden siguiente:

Valle Nolquinco, campamento (de descanso) número 36, 1894
Febrero 14, a mediodía. Instrumento universal, reloj *L*, sol ☉;
aire $32^{\circ}.2$, anroides 681.5 mm, combinacion $\frac{1}{2} (D + I)$.

Cantidades dadas:

$$\begin{aligned}\delta L &= + 8^m 46^s.8, \\ \lambda &= 70^{\circ} 45'.6 = 4^h .717 \text{ (valor aprox.)}, \\ &- 13' 9''.25 \text{ error cenital.}\end{aligned}$$

Para la diferencia corregida de longitud da el N. A.:

$$\delta = - 12^{\circ} 50' 54'', g = + 14^m 22^s.0, \mu = 51''.17.$$

Cantidades observadas:

reloj L	$z \odot$	refraccion	+	$32''$	z (corr.) \odot
$23^h 57^m 51^s.5$	$28^\circ 43' 19''.5$	correccion	-	5	$28^\circ 59' 56''$
0 2 0.5	40 39	paralaje	-	4	57 16
6 16.5	40 23	semidiám.	+	$16' 13''.5$	57 0
10 24.5	41 33	corr. total	+	$16 36.5$	58 10

De las distancias cenitales que primero disminuyen i despues aumentan, deducimos que la culminacion se verifica dentro del tiempo de observacion, resultando tambien un valor aproximado de la distancia cenital meridiana que sirve para calcular el factor constante.

$$\xi = -28^\circ 57' 0''$$

$$\phi_0 = \delta + \xi = -40 47 54$$

$$\lg \cos \phi_0 = 9.87246$$

$$\lg \cos \delta = 9.98899$$

$$\lg \operatorname{sen} (\phi_0 - \delta) = 9.68489$$

$$\lg \frac{\cos \phi_0 \cos \delta}{\operatorname{sen} (\phi_0 - \delta)} = 0.17656$$

Para calcular los ángulos horarios reducimos las horas observadas por medio de la correccion del reloj i de la ecuacion del tiempo a tiempo medio i verdadero. Despues calculamos la reduccion al meridiano.

L	$23^h 57^m 51^s.5$	$0^h 2^m 0^s.5$	$0^h 6^m 16^s.5$	$0^h 10^m 24^s.5$
$\delta L = \tau' - L$	+ 8 46.8	+ 8 46.8	+ 8 46.8	+ 8 46.8
τ'	0 6 38.3	0 10 47.3	0 15 3.3	0 19 11.3
$g = \tau' - \tau$	+ 14 22.0	+ 14 22.0	+ 14 22.0	+ 14 22.0
τ	- 7 43.7	- 3 34.7	+ 0 41.3	+ 4 49.3
$\lg \frac{2 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} g}{\operatorname{sen} 1''}$	2.06916	1.40039	9.96851	1.65941
$\lg \frac{\cos \phi_0 \cos \delta}{\operatorname{sen} (\phi_0 - \delta)}$	0.17656	0.17656	0.17656	0.17656
$\lg \delta z$	2.24572	1.57695	0.14507	1.83597
δz	-2' 57''	38''	1''	1' 9''
z	-28° 59 56	28° 57' 16	28° 57' 0	28° 58 10
$\xi = z - \delta z$	-28 56 59	28 56 38	28 56 59	28 57 1
δ	-12 50 59	12 50 57	12 50 54	12 50 50
$\phi = \delta + \xi$	-41 47 58	41 47 35	41 47 53	41 47 51

en donde la declinacion ha sido corregida respecto de los diferentes ángulos horarios. El segundo resultado se aparta de los demas, probablemente en consecuencia de un pequeño error hecho en la observacion, pero no es necesario escluir este resultado de la formacion del término medio, cuyo valor junto con el error probable es

$$\phi = -41^{\circ} 47' 49'' \pm 4''.3$$

El mismo tipo sirve para calcular la latitud, cuando se ha observado una *estrella*; pero la declinacion es constante i la correccion del semidiámetro se pierde.

Paso Ranco-Lacar, Maullin de Neñoso, campamento 45; 1894 Febrero 27, 7^h 23^m p. Instrumento universal, reloj *L*, α orionis (beteigeuze); aire 14^o.0, aneroides 688.5 mm.

Cantidades dadas:	Cantidades observadas:	
$\delta L = +8^m 15^s .0$	reloj <i>L</i>	<i>z</i> (corr.)
$\lambda = 71^{\circ} 50' = 4^h .789$ (valor aprox.)	$\frac{2D}{2}$ 7 ^h 5 ^m 32 ^s .5	47 ^o 31' 56"
$\alpha = 5^h 49^m 26^s .7$	$\frac{D+I}{2}$ 14 40 .5	32 11
$\delta = +7^{\circ} 23' 17'' .0$	" 17 56 .5	33 33
error cenital - 14 15 .0		
refraccion + 57''.		
Tiempo sidereal en el med. de Greenwich	$\theta = 22^h 29^m 13^s .1$,	
correccion por la diferencia de lonjitud		+47.2
t. sid. en el mediodía del lugar de obs.	$\theta_0 = 22 30 0 .3$,	
	$\theta_0 - \alpha = 16 40 33 .6$	

El tiempo medio local τ' se reduce mediante la correccion $\delta \tau'$ i el valor de $\theta_0 - \alpha$ a tiempo sidereal para obtener los ángulos horarios correspondientes a las varias observaciones:

<i>L</i>	7 ^h 5 ^m 32 ^s .5	7 ^h 14 ^m 40 ^s .5	7 ^h 17 ^m 56 ^s .5
$\tau' - L$	+8 15 .0	+8 15 .0	+8 15 .0
τ'	7 13 47 .5	7 22 55 .5	7 26 11 .5
$\delta \tau'$	1 11 .3	1 12 8	1 13 .2
$\tau' + \delta \tau'$	7 14 58 .8	7 24 8 .3	7 27 24 .7
$\theta_0 - \alpha$	16 40 33 .6	16 40 33 .6	16 40 33 .6
<i>t</i>	23 55 32 .4 -4 27 .6	+4 41 .9	+7 58 .3

La primera distancia cenital que pertenece al menor ángulo horario da un valor aproximado ϕ_0 para la determinación del factor constante.

$$\begin{array}{r} z_0 = -47^\circ 32' 53'' \\ \delta = + 7 \quad 23 \quad 17 \end{array} \quad \begin{array}{l} \lg \cos (z_0 + \delta) = 9.88323 \\ \lg \cos \delta = 9.99638 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} z_0 + \delta = -40 \quad 9 \quad 36 \\ \delta z_0 = \quad \quad \quad 40 \end{array} \quad \begin{array}{l} \lg \frac{2 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} t}{\operatorname{sen} 1''} = 1.59169 \\ \lg \operatorname{sen} z_0 = 9.86796 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \phi_0 = \delta + z_0 - \delta z_0 = -40 \quad 8 \quad 56 \\ \phi_0 - \delta = -47 \quad 32 \quad 13 \end{array} \quad \begin{array}{l} 1.60334 \\ 40'' \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \lg \cos \phi_0 = 9.88330 \\ \lg \cos \delta = 9.99638 \\ \lg \operatorname{sen} (\phi_0 - \delta) = 9.86789 \end{array}$$

$$0.01179$$

Luego será la reducción al meridiano:

$\lg \frac{2 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} t}{\operatorname{sen} 1''}$	1.59169	1.63691	2.09608
$\lg \frac{\cos \phi_0 \cos \delta}{\operatorname{sen} (\phi_0 - \delta)}$	0.01179	0.01179	0.01179
	1.60348	1.64870	2.10787
δz	-40''	45''	2' 8''
z	-47° 32' 53	47° 33' 8	47° 34' 30
$\zeta = z - \delta z$	-47 32 13	47 32 23	47 32 22
δ	+ 7 23 17	7 23 17	7 23 17
$\phi = \zeta + \delta$	-40 8 56	40 9 6	40 9 5
		$\phi = -40^\circ 9' 2''$	

Finalmente ilustraremos con un ejemplo el caso de una altura *extra-meridiana*.

Potrero Hube, ensenada NO del lago Nahuelhuapi, campamento 9; 1894 Enero 8^h 39^m p. Instrumento universal, reloj *L*, α^2 centauri; aire 15°.1, aneroides 694.1 mm, combinacion: $\frac{1}{2}(D+I)$.

	Cantidades dadas:	Cantidades observadas:
$\delta L = -3^m 20^s$.	reloj <i>L</i>	<i>z</i> refr.
λ (val. aprox.) = 71° 57' = 4 ^h .797	8 ^h 34 ^m 7 ^s	77° 44' 1" + 3' 53"
$\delta = -60^\circ 23' 32''.0$	38 28	36 4 51
$\alpha = 14^h 32^m 22^s .7$	43 5	27 0 49
$\theta = 19 12 5 .3$	47 1.5	18 48 47
correccion	+47.2	

$$\theta_0 = 19 12 52.5; \theta_0 - \alpha = 4^h 40^m 29^s .8$$

<i>L</i>	8 ^h 34 ^m 7 ^s	8 ^h 38 ^m 28 ^s	8 ^h 43 ^m 5 ^s	8 ^h 47 ^m 1 ^s .5
$\tau' - L$	-3 20	-3 20	-3 20	-3 20
τ'	8 30 47	8 35 8	8 39 45	8 43 41.5
$\delta \tau'$	+1 24	+1 24.6	+1 25.5	+1 26.1
$\tau' + \delta \tau'$	8 32 11	8 36 32.6	8 41 10.5	8 45 7.6
$\theta_0 - \alpha$	4 40 29.8	4 40 29.8	4 40 29.8	4 40 29.8
<i>t</i>	1 12 40.8	1 17 2.4	1 21 40.3	1 25 37.4
ángulo horario	18° 10' 12"	19° 15' 36"	20° 25' 5"	21° 24' 21"
lg tj δ	0.24545	0.24545	0.24545	0.24545
lg cos <i>t</i>	9.97778	9.97498	9.97182	9.96896
lg tj <i>N</i>	0.26767	0.27047	0.27363	0.27649
<i>N</i>	61° 38' 4"	61° 47' 19"	61° 57' 43"	62° 7' 7"
<i>z</i>	77 47 54	77 39 55	77 30 49	77 22 35
lg sen <i>N</i>	9.94445	9.94508	9.94578	9.94641
lg cos <i>z</i>	9.32501	9.32965	9.33487	9.33954
lg sen δ	9.93923	9.93923	9.93923	9.93923
lg cos ($\phi - N$)	9.33023	9.33550	9.34142	9.34672
$\phi - N$	77° 38' 54"	77° 29' 43"	77° 19' 14"	77° 9' 44"
<i>N</i>	61 38 4	61 47 19	61 57 43	62 7 7
ϕ	139 16 58	139 17 2	139 16 57	139 16 51
	40 43 2	40 42 58	40 43 3	40 43 9
		$\phi = -40^\circ 43' 3''$		

* *

Los métodos de determinar la hora i la latitud dejan ver las relaciones recíprocas que existen entre ámbos cálculos. Las de-

terminaciones de la hora presuponen un valor de la latitud i las determinaciones de la latitud se fundan en el conocimiento de la hora; sin embargo, al principio, ámbas cantidades son desconocidas. El cálculo primero lo hicimos ordinariamente en la forma siguiente: De las distancias cenitales medidas cerca del meridiano elejimos la menor como valor aproximado de la distancia cenital en el instante de la culminacion i calculamos con éste la latitud aproximada i en seguida la correccion de la hora. Despues nos servimos del estado del reloj junto con su andar diario para reducir las alturas circunmeridianas al meridiano i para obtener un valor exacto de la latitud. En caso de resultar una diverjencia considerable del valor supuesto fué preciso de rehacer con el último valor de ϕ el cálculo de la hora i con la hora corregida otra vez la latitud. Cuando no conocíamos el estado del reloj, obtuvimos un valor provisional de la hora mediante el itinerario o la distancia cenital mas lejana del meridiano.

Segun los modelos de cálculo anteriormente citados hemos calculado todas las observaciones de hora i latitud practicadas durante el viaje. Los datos i resultados hemos dado a conocer en los *dos primeros registros* que acompañan esta memoria, i tan detalladamente que es posible verificar la repeticion de cada uno de los cálculos hechos. Las letras D e I significan las observaciones hechas en la posicion derecha o izquierda de los círculos del instrumento, miéntras que las cantidades $\frac{1}{2}(D+I)$, $\frac{1}{2}(2D)$ i $\frac{1}{2}(2I)$ sirven para espresar la combinacion de dos observaciones. Los promedios de las horas leidas son reducidos a segundos enteros, la hora de observacion en la seccion «fecha i hora» se refiere a tiempo medio local. Las distancias cenitales son corregidas de los errores instrumentales, de la refraccion, de la paralaje i reducidas al centro del sol. Cuando no se habia observado la latitud de un lugar, la primera seccion de las determinaciones de la hora da un valor aproximado de ϕ obtenido de las latitudes vecinas i del itinerario, i espresado hasta por minutos. Las observaciones hechas segun el método de las alturas correspondientes estan comprendidas en las otras determinaciones de hora, para hacer ver el andar continuo del reloj. Del resultado no se han tomado en cuenta las observaciones

que difieren mas de tres segundos (de tiempo) de los demas valores de la correccion del reloj i mas de dos minutos (de arco) en los cálculos de latitud. El resultado final es el término medio de las observaciones parciales.

En caso de ser necesario *un segundo cálculo* para uno u otro lugar, éste puede hacerse con todos los medios auxiliares que ofrecen los resultados presentes. Para las determinaciones de hora se encuentran los valores de latitud i longitud en los registros correspondientes. Para las determinaciones de latitud se saca la correccion del reloj con respecto al tiempo medio local del primer registro, interpolándolo por medio del andar diario. Las diferencias de longitud para determinar la declinacion del sol, la ecuacion del tiempo i el tiempo sideral en el mediodía medio del lugar de observacion se espresan en otras tablas, de las cuales se hablará despues.

V.—La determinacion de la longitud

Las diferencias de longitud se determinaron en la espedicion por medio del *trasporte inmediato de la hora* de un lugar al otro. Conociendo el andar diario del reloj i observando su correccion en todas las estaciones del viaje, se puede obtener la diferencia en longitud, presupuesto que el reloj ha conservado un andar uniforme durante el intervalo. En efecto, si en un lugar el estado del reloj es δL i se señala el andar diario por $\frac{d}{dt}(\delta L)$, el estado al cabo de a dias será igual a $\delta L + a \frac{d}{dt}(\delta L)$. Supongamos ahora que al tiempo L' , distante del primer tiempo de observacion en a dias, se haya hallado el estado del reloj igual a $\delta L'$, se obtendrá la longitud λ' entre ámbos lugares mediante la relacion

$$\lambda' = \delta L + a \frac{d}{dt}(\delta L) - \delta L'$$

El estado i el andar del reloj resultan de las observaciones de la hora, verificadas en todas las estaciones principales del viaje. Los resultados que da el primer registro son completados por la

tabla núm. 3 que contiene los términos medios de las correcciones del reloj para las varias determinaciones en un mismo lugar. En cuanto al andar el intervalo entre los dos estados δL i $\delta L'$ sea igual a t horas, de lo que el valor durante 24 horas sigue mediante la fórmula

$$\frac{24}{t} (\delta L - \delta L'),$$

que se toma positiva, si el reloj se atrasa, negativa si se adelanta.

Para el uso de este método de determinar la longitud era de importancia la forma de los caminos recorridos que volvian a encontrarse en Osorno, en la chacra de Tauscheck i en la comisaría del valle del Dieciseis de Octubre. Esta circunstancia permitió la determinacion de varios valores del *andar medio* restando las correcciones observadas durante la ida i la vuelta (*tabla núm. 4-A*). Otros valores se obtuvieron de las determinaciones hechas en el mismo lugar durante los días de descanso o de detencion mayor (*tabla núm. 4-B*); pero de este modo resultaron tambien algunos valores irregulares, inconveniente que nos enseña que de la marcha del reloj en un día de descanso despues de haber recorrido largos trechos a caballo no se puede deducir mucho con respecto al andar durante el viaje mismo.

Como un reloj conserva mui raras veces o mas bien nunca con toda rigurosidad un andar invariable durante el intervalo comprendido entre dos observaciones, se hace necesario, para conseguir resultados exactos, trasladar de un lugar a otro no uno solo, sino el mayor número de relojes posible, tomando finalmente el término medio de los diferentes resultados. De nuestros relojes quedaron íntegros L i U , el tercero W dejó de funcionar bien desde el 23 de Enero. La diferencia entre los varios valores de la marcha habria sido mas uniforme, si hubiéramos tenido a nuestra disposicion otros dos relojes mas de la misma exactitud del primero; como sucede en todas las expediciones modernas. Sin embargo, hemos obtenido resultados satisfactorios, suponiendo uniforme el andar solo durante intervalos relativamente cortos del camino. Por medio de compen-

sacion de los valores resultaron varias *marchas supuestas* (tabla núm. 5) que sirven tambien para la rejion recorrida en la época correspondiente.

Todas las *diferencias de lonjitud* se refieren al meridiano de Santiago, calle Cintura Norte núm. 12, donde se ejecutaron las determinaciones de hora ántes i despues del viaje. El meridiano nombrado está situado 5^s al E del Observatorio de la Quinta Normal, cuya lonjitud jeográfica es 4^h 42^m 42.^s6 al oeste de Greenwich. Al hacer los cálculos han sido determinadas primero las diferencias de las estaciones principales del viaje: Osorno, lago Nahuelhuapi (potrero Hube, desagüe i chacra Tauscheck), valle del Dieciseis de Octubre (boquete norte i comisaría) i Junin de los Andes. Esto se hizo combinando el mayor número posible de valores del andar del reloj i formando los términos medios de los resultados parciales. Las marchas en la ida i en la vuelta se tomaron aisladamente en cuenta, lo que dió una prueba de la exactitud. Así, por ejemplo, se determinaba la diferencia del valle del Dieciseis de Octubre con respecto a Santiago, Osorno i lago Nahuelhuapi (Hube i Tauscheck) en la ida i al lago Nahuelhuapi (desagüe), Junin, Osorno i Santiago a la vuelta, es decir por ocho cálculos independientes. Despues de haber fijado las estaciones cardinales, se intercalaron las diferencias en lonjitud correspondientes a las estaciones interpuestas por medio del andar diario del reloj. Finalmente se trasformó la diferencia de hora en la de arco con respecto a Greenwich. Todos los resultados estan contenidos en la *tabla núm. 6*.

Considerando las circunstancias que aumentaban las dificultades del trabajo con instrumentos durante el viaje, es seguro que no se puede alcanzar el mismo *grado de exactitud* como hubiera sido obtenido con tranquilidad i en circunstancias favorables. Sin embargo, los resultados han alcanzado una exactitud que puede considerarse suficiente para los fines de una espedicion esploradora. Todas las determinaciones de hora i latitud se componen de una serie de cálculos aislados que permiten deducir el grado de precision, segun que la diverjencia de los varios resultados entre sí sea mayor o menor. Las latitudes son bastante satisfactorias i se aproximan mucho a las

verdaderas, principalmente en las estaciones como Osorno, lago Nahuelhuapi (Hube i Tauscheck), valle Ñolquinco, valle Dieciseis de Octubre (boquete N i comisaría), cuyos resultados se fundan en 4 a 6 observaciones independientes, efectuadas tanto en días diferentes como con astros al N i S del cenit sin manifestar una diferencia considerable. La falta de exactitud de estas latitudes es mui pequeña i no vale mas de 15 segundos, miéntras que la de los demas lugares con una o dos observaciones puede subir hasta 30 segundos. Con respecto a las lonjitudes los resultados no son naturalmente tan completos. Creemos poder atribuirles la aproximacion de 3 minutos de arco mas o ménos, pues la mayor parte de ellos se funda en las indicaciones de solo dos relojes; pero una prueba de su exactitud es la uniformidad que los resultados de la ida i vuelta ofrecen dentro del límite mencionado.

Finalmente hemos sacado de todas las latitudes i lonjitudes calculadas los términos medios reducidos a un décimo de minuto para no formarse una idea errónea del grado de precision. Estos valores pueden servir para la construccion de mapas. El registro se completa con las alturas sobre el nivel del mar, igualmente abreviadas hasta por decenas de metros. (1)

(1) Véase mi informe sobre «las observaciones hipsométricas i meteorológicas en la espedicion al rio Palena.»

VI.—Resultados de la determinación de las coordenadas jeográficas

Número	LOCALIDAD	Campamento	Número de las determ.	Latitud jeográfica S	Número de las determ.	Longitud jeográfica, al oeste de Greenwich	Altura sobre el nivel del mar en metros
1	Santiago, Cintura Norte 12..		9	33° 26'.3	9	70° 39'.4	540
2	Osorno, casa Cárlos Geisse..		6	40 34.5	6	73 8.7	20
3	Potrero Hube, ensenada NO del lago Nahuelhuapi.....	9	5	40 43.6	7	71 56.7	780
4	Desagüe del lago Nahuelhuapi (rio Limai), casa Zavaleta.....	13 i 38	1	41 3.9	1	70 57.5	780
5	Chacra Tauscheck, orilla SE del lago Nahuelhuapi.....	14	5	41 6.8	4	71 4.6	820
6	Estremidad meridional del Maullin Grande.....	15	1	41 11.9	1	70 55.4	900
7	Arroyo Curileufu.....	37	1	41 19.0	1	70 51.0	1070
8	Arroyo de las Bayas.....	16	1	41 26.6	2	70 47.7	1100
9	Valle Chinquin-Niño.....	a mediodía	1	41 34.8			1120
10	Valle Chacai-Varruca.....	17	1	41 41.2	1	70 36.9	1050
11	Valle Nolquinco, camp. de descanso.....	36	2	41 47.6	3	70 45.6	940
12	Valle Nolquinco, primer rancho.....	18	1	41 56.9	1	70 45.0	870
13	Valle Cuchamen.....	35			1	70 44.2	830
14	Rio Chubut, vado.....	19	1	42 20.1	1	70 49.6	660
15	Valle Lee-Lee, casa Casati..	20	1	42 25.2	2	70 56.7	710
16	Valle Lepá.....	21	1	42 45.5	1	70 52.5	880
17	Valle Dieciseis de Octubre, boquete N.....	22	4	42 56.1	4	71 10.5	620
18	Valle Dieciseis de Octubre, comisaría.....	23 i 32	2	43 5.4	2	71 14.9	400
19	Valle Dieciseis de Octubre, estremidad SO, estero del Salto.....	24	1	43 12.0	2	71 24.0	370
20	Valle Frio (Chaviñique).....	25	2		2	71 24.3	700
21	Laguna entre valle Frio i rio Carrileufu.....	a mediodía	1	43 26.4			660
22	Cerro al N del rio Carrileufu	26			1	71 21.1	750
23	Valle Carrileufu, vado del rio	27	1	43 31.8	1	71 27.3	350
24	" " rancho Jones.....	30	1	43 32.6			440

Número	LOCALIDAD	Campamento	Número de las determ.	Latitud jeográfica S.	Número de las determ.	Longitud jeográfica, al oeste de Greenwich	Altura sobre el nivel del mar en metros
25	Río Limai, casa de las piedras	a mediodía	1	40° 54'.8			760
26	Río Limai, desembocadura del río Traful	39			1	70° 59'.8	740
27	Río Limai, Chacabuco nuevo	a mediodía	1	40 39.0			730
28	Puesto Canales	40			1	70 47.9	800
29	Río Cateufu, casa Carrion...	a mediodía	1	40 14.7			700
30	Río Quemquemtreo	41			1	70 53.1	820
31	Junin de los Andes	42	2	39 57.7	1	71 4.4	790
32	Río Quilquihue	43	1	40 5.6	1	71 14.0	830
33	Paso Ranco-Lacar, pampita con puesto, cerca del fortin Maipú	a mediodía	1	40 7.9			960
34	Vega de Quinallahue	44			1	71 35.5	890
35	Pucara, orilla N del lago Lacar	a mediodía	1	40 9.6			640
36	Maullin de Ñeñoso, paso Ranco-Lacar	45	1	40 8.9			820
37	Lago Ranco, orilla oriental..	a mediodía	1	40 10.4			70
38	" " orilla norte	48			2	72 34.9	70
39	Culcuma, orilla NO del lago Ranco	a mediodía	1	40 14.6			90

VII.—Crítica

Comparando las varias coordenadas jeográficas conocidas hasta ahora de la rejion recorrida con los nuevos valores del registro anterior resultan algunas diferencias, de las cuales haremos en seguida una lijera crítica en cuanto a los lugares principales del itinerario.

Osorno

<i>Pissis</i> , jeografía física de Chile...	$\phi = -40^{\circ} 34' 32''$	$\lambda = 73^{\circ} 11' 90$	Grw.
<i>Dr. Martin</i> , Karte von Süd-Chile	40 35.0	73 5.0	
Autor	40 34 27	73 8.7	

La última latitud es el promedio de 6 determinaciones diferentes i concuerda con la de *Pissis* hasta 5'', mientras la longitud tiene un valor de 3'.2 al E. Los mapas de *Martin*, *Seelstrang* i *Brackebusch* dan 73°5' de longitud i tienen, por consiguiente, 7' de diferencia oriental comparándolos con el de *Pissis*.

Lago Nahuelhuapi (desagüe, Limai)

<i>Guillermo Cox</i> , expedición a la Patagonia 1862-63.....		$\phi = -40^{\circ} 59'.5, \lambda = 70^{\circ} 45' O.$			
Plano jeneral del lago N. segun Cox, correjido por <i>Stg. Albarracin</i>		41	2.0	71	3.0
<i>Eduardo O'Connor</i> , esp. al rio Negro i lago Nahuelhuapi 1884.....		41	7.2	70	49.0
<i>J. Rhode</i> , mapa de los territorios Neuquen i Rio Negro		41	4.0	71	13.0
<i>A. Seelstrang</i> , atlas de la República Arjentina (gob. Rio Negro).....		41	3.5	71	1.5
<i>L. Brackebusch</i> , mapa jeneral de la República Arjentina..		41	5.5	70	46.0
<i>v. Siemiradzki</i> , eine Forschungsreise in Patagonien 1891.....		41	15.0	71	8.0
<i>H. Steffen</i> i <i>P. Stange</i> , Routenaufnahmen in Süd-Chile, Petermann's Mitt. 1894.....		40	57.0	71	21.0
<i>O. de Fischer</i> , el paso de Vuriloche, 1894.....		41	0	71	17.0
Autor	{ desagüe.....	41	3.9	70	57.5
	{ chacra Tauscheck....	41	6.8	70	4.6

Los datos de O'Connor obtenidos por observaciones astronómicas merecen mucha fé i han servido de base principal a los mapas arjentinos. Miétras las latitudes no diverjen mucho de mi valor medio, muestran las lonjitudes diferencias mayores. El valor que resulta del cálculo trasporta el desagüe 8'.5 mas al O que el de O'Connor, pero está mas o ménos en el medio entre las lonjitudes de O'Connor i Seelstrang-Albarracin. Los mismos mapas arjentinos de Seelstrang i Brackebusch discuerdan hasta 15'.5. Mas raro todavía es el valor de Rhode que diverje por 24'O del valor de O'Connor. Las latitudes de Siemiradzki (estremo norte del lago Nahuelhuapi 41° 11' S, estremo sur 41° 32' S) se di-

ferencian en cantidades mui considerables de todas las otras observaciones. (1) El mapa recién publicado en «Petermann's Mitteilungen» da igualmente al desagüe una posición que sin duda se aparta mucho de la verdadera, pero no proviene de los viajeros que no han llegado a este punto. El croquis de O. Fischer supone una diferencia de 4' resp. 7' en latitud i 19'.5 resp. 28' en lonjitud, valores que según mis cálculos i las observaciones de O'Connor son completamente imposibles i se fundan en itinerarios, visuales i alturas meridianas (*) efectuadas en el lado occidental de la cordillera, donde los primeros a causa de las dificultades del terreno no pueden ser exactos.

Ensenada noroeste del lago Nahueihuapi (potrero Hube)

A. Seelstrang-Albarracin.	$\phi = -40^{\circ} 40'$	$\lambda = 71^{\circ} 52' O.$
L. Brackebusch.....	40 35	71 46
v. Siemiradzki.....	41 16	71 55
Petermann's Mitteilungen 1894	40 45	71 33
Autor.....	40 43.6	71 56.7

Ensenada occidental (puerto Blest)

J. Steffen, plano topográfico
de la rejion andina de Llan-
quihue..... $\phi = -40^{\circ} 57'$, $\lambda = 71^{\circ} 37'$

Las diferencias que resultan en cuanto a estas ensenadas son parecidas a las anteriores. Mi latitud es el término medio de siete observaciones independientes, además el único dato obtenido por observaciones i sin duda exacto. La lonjitud da 4'.7 i 10'.7 de diferencia con respecto al límite occidental del lago dibujado en los mapas de Seelstrang i Brackebusch. A pesar de que la ensenada larga al NO del lago se extiende mas

(1) También la forma del lago es mui distinta de la que le da Siemiradzki en «Petermann's Mitteilungen» 1893; los planos primitivos de Cox i O'Connor (Brackebusch) nos parecen mas exactos i concuerdan con nuestras propias observaciones como tambien con el itinerario hecho a lo largo de la orilla noreste del lago.

(*) Según lo observa el señor Fischer en el citado trabajo (páj. 54), el planito ilustrativo que lo acompaña *no* es construido en vista de sus observaciones astronómicas. Por lo demás, véase la disertación del mismo señor Fischer sobre la construcción de la carta jeneral, publicada en continuacion. J. St.

al O que la ensenada occidental, el valor de $71^{\circ} 56'.7$ es tal vez demasiado grande, comparado con la posición de $71^{\circ} 37'$ que el señor Steffen da al puerto Blest, según el itinerario de su viaje en 1893.

Valle Dieciseis de Octubre (comisaría)

<i>P. Ezcurra</i> , plano del territorio del Chubut 1893.....			
	$\phi = -43^{\circ} 6'.0$,	$\lambda = 71^{\circ} 18'.0$ O.	
Autor.....	43 5.4	71 14.9	
<hr/>			
<i>L. Fontana</i> , río Staleufu.....			
	$\phi = -43 16$,	$\lambda = 72 27$	
Autor, campamento 24, estero del Salto.....	43 12	71 24.	

La posición que asigna Ezcurra a la casa del comisario está conforme con el resultado de mi cálculo, también la longitud da solo $3'.1$ de diferencia. Los números de Fontana son completamente inservibles i espresan para los dos lugares últimamente mencionados i no muy distantes una diferencia de $4'.0$ en latitud i no menos que $1^{\circ} 3'$ en longitud.

Junin de los Andes

A. Selstrang.....	$\phi = -39^{\circ} 55'$,	$\lambda = 70^{\circ} 50'$ O.	
L. Brackebusch.....	39 55	71 7	
J. Rhode.....	39 54	71 3	
v. Siemiradzki.....	39 58	70 55	
A. Fernandez Vial.....	39 56	71 3	
Autor.....	39 57.7	71 4.4.	

Los datos de A. Fernandez Vial se refieren a un mapa que existe en la oficina de la Comisión de Límites en Santiago i contiene las observaciones hechas en un viaje a la región donde nace el río Valdivia. La conformidad entre este plano i los resultados del cálculo es muy satisfactoria, también en cuanto al paso Ranco-Lacar, mientras que los mapas argentinos dan una diferencia de $17'$ en la longitud geográfica de Junin.

El «Boletín de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba» (Buenos Aires, 1892) contiene una *recopilación* de todas

las *posiciones geográficas* i *alturas* determinadas en la República Arjentina por *Arturo Seelstrang*, pero ofrece nada de nuevo respecto al territorio recorrido por nosotros. Para el lago Nahuelhuapi se han publicado las noticias primitivas de Cox, siendo falsa la lonjitud de $71^{\circ} 30'$ i omitiéndose a un mismo tiempo los valores de O'Connor, mientras que las coordenadas de Junin de los Andes i del lago Lacar concuerdan con las determinadas por otros viajeros i por mí. La altura de Junin (650 m) i el nivel del lago Nahuelhuapi (580 m) son demasiado pequeños, mas o ménos en la cantidad de 150 metros. La posicion i la altura de la cordillera situada al sur del monte Tronador, es decir, de los cerros Ballena, Minchinmávida, Corcovado, Yantales, Melimoyu son comunicadas segun cartas hidrográficas, pero el autor ha incorporado todos estos cerros, aunque algunos se hallan situados cerca de la costa del Océano Pacífico, al territorio arjentino del Chubut, departamento sur, designando igualmente el volcan chileno Osorno como perteneciente a la gobernacion arjentina del Rio Negro (seccion Vuriloche).

VIII.—*La determinacion del azimut*

Prescindiendo de las coordenadas jeográficas son de mucha importancia en expediciones exploradoras las *observaciones del azimut* que sirven para determinar la *meridiana* i la *variacion magnética* o para orientar el itinerario, trasformando los rumbos magnéticos en verdaderos; ademas desempeñan un importante papel en las medidas trigonométricas. La determinacion necesita tambien auxilios astronómicos.

Designando la lectura horizontal de un objeto terrestre con H , la lectura del punto austral del círculo con S_0 i suponiendo idéntico el modo de contar los azimutes con la direccion de la graduacion horizontal, se halla el azimut A del objeto por la fórmula

$$A = H - S_0.$$

Si ademas significan S la lectura azimutal i a el azimut absoluto de un astro observado, se obtiene

$$S_0 = S - a.$$

La lectura que corresponde a la direccion del antejo al punto meridiano varia segun la colocacion casual del instrumento, S ha sido observado i a puede ser calculado de δ , ϕ i t para todas las posiciones del astro por medio de la ecuacion

$$\cotj a = \cotj t \operatorname{sen} \phi - \operatorname{cosec} t \operatorname{tj} \delta \cos \phi.$$

En lugar de esta fórmula que es poco cómoda para el cálculo logarítmico se puede hacer uso de otra, aplicando al triángulo formado por el cenit, el polo i el astro las relaciones entre los lados a, b, c , i los ángulos α, β, γ de un triángulo esférico, conocidas bajo el nombre de ecuaciones de Gauss:

$$\begin{aligned} \operatorname{sen} \frac{1}{2} a \cos \frac{1}{2} (\beta - \gamma) &= \operatorname{sen} \frac{1}{2} (b + c) \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha \\ \operatorname{sen} \frac{1}{2} a \operatorname{sen} \frac{1}{2} (\beta - \gamma) &= \operatorname{sen} \frac{1}{2} (b - c) \cos \frac{1}{2} \alpha \\ \cos \frac{1}{2} a \cos \frac{1}{2} (\beta + \gamma) &= \cos \frac{1}{2} (b + c) \operatorname{sen} \frac{1}{2} \alpha \\ \cos \frac{1}{2} a \operatorname{sen} \frac{1}{2} (\beta + \gamma) &= \cos \frac{1}{2} (b - c) \cos \frac{1}{2} \alpha. \end{aligned}$$

Los lados i ángulos del triángulo mencionado son $a = z$, $b = 90^\circ - \phi$, $c = 90^\circ - \delta$; $\alpha = t$, $\beta = p$ (ángulo en el astro), $\gamma = 180^\circ - a$ (azimut); por consiguiente

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} (\beta + \gamma) &= 90^\circ - \frac{1}{2} (a - p) & \frac{1}{2} (b + c) &= 90^\circ - \frac{1}{2} (\phi + \delta) \\ \frac{1}{2} (\beta - \gamma) &= \frac{1}{2} (a + p) - 90^\circ & \frac{1}{2} (b - c) &= -\frac{1}{2} (\phi - \delta), \\ \operatorname{sen} \frac{1}{2} z \operatorname{sen} \frac{1}{2} (a + p) &= \cos \frac{1}{2} (\phi + \delta) \operatorname{sen} \frac{1}{2} t \\ \operatorname{sen} \frac{1}{2} z \cos \frac{1}{2} (a + p) &= \operatorname{sen} \frac{1}{2} (\phi - \delta) \cos \frac{1}{2} t \\ \cos \frac{1}{2} z \operatorname{sen} \frac{1}{2} (a - p) &= \operatorname{sen} \frac{1}{2} (\phi + \delta) \operatorname{sen} \frac{1}{2} t \\ \cos \frac{1}{2} z \cos \frac{1}{2} (a - p) &= \cos \frac{1}{2} (\phi - \delta) \cos \frac{1}{2} t. \end{aligned}$$

Por division se deduce:

$$\begin{aligned} \operatorname{tj} \frac{1}{2} (a + p) &= \frac{\cos \frac{1}{2} (\phi + \delta)}{\operatorname{sen} \frac{1}{2} (\phi - \delta)} \operatorname{tj} \frac{1}{2} t = \operatorname{tj} a_0 \\ \operatorname{tj} \frac{1}{2} (a - p) &= \frac{\operatorname{sen} \frac{1}{2} (\phi + \delta)}{\cos \frac{1}{2} (\phi - \delta)} \operatorname{tj} \frac{1}{2} t = \operatorname{tj} \beta_0 \\ \frac{1}{2} (a_0 + p) &= a_0 \text{ (astro al oeste)} \\ \frac{1}{2} (a_0 - p) &= \beta_0; a_0 = a_0 + \beta_0. \end{aligned}$$

Si el astro está al lado oriental del meridiano, tenemos

$$a_e = -a, t_e = -t;$$

luego la misma ecuacion

$$a_e = a_e + \beta_e.$$

Finalmente resulta

$$\begin{array}{ll} \text{para los astros al oeste } S_o = S - a = S - a_o, & A = H - S + a_o \\ \text{" " este } S_o = S - a = S + a_e, & A = H - S - a_e. \end{array}$$

Conociendo la hora, puede observarse cualquier astro, por ejemplo el sol, en distancias cenitales mayores i restar de la lectura del círculo horizontal el valor del azimut calculado. Conviene hacer esta observacion a la hora en que la altura del astro varia con mayor rapidez, lo mismo que las alturas destinadas al cálculo del ángulo horario. Cuando no se conoce la hora, se observan alturas i azimutes simultáneos durante la digresion máxima del astro. Acelerando el trabajo en ámbas posiciones del instrumento, resultarán una distancia cenital i una lectura azimutal exentas de los errores del instrumento i correspondientes al término medio de la hora de las observaciones. Es fácil tomar simultáneamente estos dos datos, cuando se trata de una estrella que no tiene diámetro aparente; pero para el caso mas comun de observaciones diurnas, hai que valerse del sol, i el modo de hacer la observacion dependerá de la forma del retículo del instrumento.

Para hacer en este caso el cálculo mas cómodo, procedimos del modo siguiente:

Valle Dieciseis de Octubre, boquete N, campamento 22, 1894
Enero 29, 5^h 35^m.5p. Instrumento universal, reloj *L*, sol ☉| al oeste del meridiano; objeto terrestre: el cerro de la Laguna
Combinacion: $\frac{1}{2}(D+I)$.

Antes de hacer la observacion, el instrumento habia sido orientado por medio de la aguja de declinacion, coincidiendo la posicion de ella con la lectura 0° i 180° del círculo horizontal.

Cantidades dadas:		Cantidades observadas:	
$\phi = -42^{\circ} 56' 5''$	reloj <i>L</i>	áng. horiz. ☉	
$\lambda = 71 10 30$	5 ^h 26 ^m 25 ^s .0	245° 26' 25".5	
$\delta L = + 3^m 33^s.5$	29 55.5	244 52 22.0	
	33 43.0	244 15 6.5	
	37 15.5	243 40 42.0	

Hor. med. de la obs. 5 31 50 }
 $\lambda = 4 44 42$ } 10^h .335, luego $\delta = -17^{\circ} 44' 7''$
 $\delta L = + 3 33.5$ } $g = + 13^m 27^s.2$.

El semidiámetro - 16' 16".2 se resta por haber observado el limbo derecho del sol.

$\phi + \delta = -60^{\circ} 40' 12''$;	$\frac{1}{2}(\phi + \delta) = -30^{\circ} 20' 6''$		
$\phi - \delta = -25 \ 11 \ 58$	$\frac{1}{2}(\phi - \delta) = -12 \ 35 \ 59$		
$\lg \cos \frac{1}{2}(\phi + \delta) = 9.93605$	$\lg \sin \frac{1}{2}(\phi + \delta) = 9.70334$		
$\lg \sin \frac{1}{2}(\phi - \delta) = 9.33872$	$\lg \cos \frac{1}{2}(\phi - \delta) = 9.98941$		
<hr/>			
$\lg F_1$	= 0.59733	$\lg F_2$	= 9.71393
<hr/>			
L	$5^h \ 26^m \ 25^s$	$5^h \ 29^m \ 55^s.5$	$5^h \ 33^m \ 43^s$
$\tau' - L$	$+ \ 3 \ 33.5$	$+ \ 3 \ 33.5$	$+ \ 3 \ 33.5$
τ'	$5 \ 29 \ 58.5$	$5 \ 33 \ 29.0$	$5 \ 37 \ 16.5$
$\tau' - \tau$	$+13 \ 27.2$	$+13 \ 27.2$	$+13 \ 27.2$
τ	$5 \ 16 \ 31.3$	$5 \ 20 \ 1.8$	$5 \ 23 \ 49.3$
$\frac{1}{2}\tau$	$2 \ 38 \ 15.7$	$2 \ 40 \ 0.9$	$2 \ 41 \ 54.7$
$\frac{1}{2}t$	$39^{\circ} \ 33' \ 56''$	$40^{\circ} \ 0' \ 14''$	$40^{\circ} \ 28' \ 41''$
$\lg t j \frac{1}{2}t$	9.91712	9.92388	9.93116
$\lg F_1$	0.59713	0.59713	0.59713
$\lg F_2$	9.71393	9.71393	9.71393
$\lg t j \alpha$	0.51445	0.52121	0.52849
$\lg t j \beta$	9.63105	9.63781	9.64509
α	$-72^{\circ} \ 59' \ 32''$	$73^{\circ} \ 14' \ 24''$	$73^{\circ} \ 30' \ 13''$
β	$-23 \ 9 \ 7$	$23 \ 28 \ 34$	$23 \ 49 \ 45$
$\alpha + \beta$	$-96 \ 8 \ 39$	$96 \ 42 \ 58$	$97 \ 19 \ 58$
a	$83 \ 51 \ 21$	$83 \ 17 \ 2$	$82 \ 40 \ 2$
$S \odot$	$245 \ 10 \ 9$	$244 \ 36 \ 6$	$243 \ 58 \ 50$
$S_0 = S - a$	$161 \ 18 \ 48$	$161 \ 19 \ 4$	$161 \ 18 \ 48$

Sur astronómico $S_0 = 161^{\circ} 18' 53''$

Sur magnético = 180 0 0

Declinacion magnética = 18 41 7 = 18° 41'.1 E.

Antes i despues de la observacion de este azimut del sol hemos tomado (sin alterar la colocacion del instrumento) visua-

les en varias direcciones, por ejemplo, al cerro de la Laguna, i obtenido:

ángulo horizontal	<i>H</i>	365° 28' 5"
sur verdadero	<i>S_o</i>	161 18 53
<hr/>		
azimut astronómico	<i>A</i>	204 9 12.

La 7.^a *tabla* contiene todas las determinaciones de azimutes del sol en una forma análoga a los registros anteriores. Los azimutes han sido observados en ámbas posiciones del instrumento, formándose los promedios del modo cada vez indicado. En la penúltima seccion se indican los azimutes astronómicos del centro del sol, calculados para las horas del reloj *L*; la última seccion da el valor del sur verdadero junto con el de la variacion magnética.

Las observaciones del azimut solar se unieron en un punto propicio con una *determinacion de los rumbos* o de las visuales con relacion al meridiano magnético de todas las cimas importantes i visibles, restando de la lectura del círculo el resultado del azimut calculado. Los puntos de referencia deben ser de forma bastante característica para reconocerlos de sus varios lados sin riesgo de equivocacion, por lo cual tuvimos que prestar una atencion continua durante el trayecto al modo como ⁸⁸¹varia la configuracion particular de la cumbre de cada cerro a ⁸⁸¹medida que cambia el punto de vista. Además es bueno valerse de ⁸⁸¹panoramas i perfiles que dibujamos al lado de las observaciones.

En ⁸⁸¹esta ~~se tabla~~ ⁸⁸¹tabla se da un registro de los rumbos tomados durante el viaje, los ⁸⁸¹azimutes terrestres han sido contados desde el sur verdadero por ⁸⁸¹O, N, E de 0° a 360°. Algunos ángulos verticales de las ⁸⁸¹cumbres observadas determinan su elevacion sobre el horizonte.

⁸⁸¹Medidas trigonométricas han sido hechas durante el viaje solo en número reducido, a saber en la ensenada NO del lago Nahuelhuapi (Hube) para determinar la altura i la distancia del cerro ⁸⁸¹Pantico en la cumbre del paso Payehue, una segunda en el mismo lugar para hacer una lijera fijacion trigonométrica de los ⁸⁸¹contornos de esta parte del lago, una tercera desde la charca de Tauschoe en las ⁸⁸¹cerros SE del lago, dirigida al monte

Tronador, al cerro Carmen, al desagüe del lago, a la isla grande i a algunas cimas características de las inmediaciones. Impidiendo el terreno montañoso i en parte cubierto con espesísimo monte la *medida directa de una base*, ésta se determinó por medio de un método en que no hai que tomar en cuenta la configuración del terreno. Una escala de l metros de largo fué colocada en la estacion A de la base i tomada en visual desde la otra B , lo que con el antejo del instrumento universal era posible con mucha exactitud hasta dos kilómetros de distancia. La condicion de posicion vertical se puede satisfacer a buen seguro, exijiendo esta posicion el menor esfuerzo. Las oscilaciones que produce el viento no molestaban, pues el extremo superior de la escala describe un pequeño arco en cuyo medio se dirige la visual. Designando con z_1 i z_s las distancias cenitales de los extremos inferior i superior, se obtiene la fórmula

$$b = \frac{l \operatorname{sen} z_1 \operatorname{sen} z_s}{\operatorname{sen} (z_1 - z_s)}$$

para calcular la longitud horizontal b de la base trigonométrica. Poniendo $z_1 = 90^\circ$, resulta $b = l \operatorname{tg} z_s$. Para practicar el método hai dos pruebas, la observacion en ámbas posiciones del círculo i el cambio de instrumento i escala en las dos estaciones de la base. Por desgracia no llevábamos una escala exacta con miras, sino teníamos que emplear un tronco de cipres, lo que, segun el cálculo, produjo errores en la determinación de la base, de modo que los resultados obtenidos no pueden considerarse como exactos para la publicacion. Despues de haber medido la base las manipulaciones son las que tienen uso comun; se dirige la visual desde cada una de las dos estaciones al punto observado P , se anota la distancia cenital i el ángulo horizontal i se determina ademas la direccion del meridiano mediante un azimut del sol. Formados los triángulos se obtiene, por cálculo trigonométrico, tanto la distancia horizontal como la elevacion de P . Finalmente existe para todas las medidas de altura la misma prueba de exactitud, pues la diferencia entre las alturas de A i B obtenida por el método caracterizado es siempre igual a la diferencia de las elevaciones del objeto observado sobre las mismas dos estaciones.

1. Registro de las observaciones para la determinación de la hora (1)

LOCALIDAD	Fecha i hora	Núm. i comb.		Reloj Z	z \odot	t	δZ		
		D	I						
Santiago, Cintura Norte 12....	1893 Diciembre 4 ^h 45 ^m p	3	4	4 $\frac{1}{2}$ (D+I)	61° 55'	47 ^h 70 ^o 10'	32 ^m		
				"	"	42 34	55 56	72 36	42
				"	"	51 16	59 44	75 7	56
				"	"	5 0 14	67 33	8 77	2 25
"	Diciembre 4 ^h 54 ^m p	6	4	"	64 9	38 73	6 0		
				"	"	4 45 49	51 74	39 12	
				"	"	52 33	65 25	51 73	39 12
				"	"	59 6	66 51	31 76	24 20
Osorno, Consulado aleman....	Diciembre 8 ^h 8 ^m a	20	4	"	68 15	12 78	7 40		
				"	"	5 5 59	52 30	58 59	52 42
				"	"	20 9 42	51 15	3 58	12 46
				"	"	16 29	50 1	2 56	35 14
"	Diciembre 8 ^h 30 ^m a	21	4	"	48 5	4 54	2 22		
				"	"	33 11	48 29	1 54	34 12
				"	"	20 31 35	47 12	28 52	53 10
				"	"	37 48	45 55	41 51	11 46
"				"	45 1	45 55	41 51	11 46	
				"	48 55	45 12	45 15	0 14 54	

(1) Instrumento de observación: Cleps, gran modelo.

Astros observados: Sol i vénus.

La hora de observación en la sección "fecha i hora" se refiere al tiempo medio local.

Reloj Z = promedio de las horas leídas (reloj Z). z \odot = promedio de las distancias cenitales corregidas i reducidas al centro del sol. t = ángulo horario calculado. δZ = corrección del reloj Z o su estado con respecto al tiempo medio.

LOCALIDAD	Fecha i hora	Núm. i comb.		Reloj Z	z ⊙	t	δ Z						
		D	I										
Chacta Tauscheck, Nahuelhuapi.	1894 Enero 9 ^h 21 ^m a	4	4	1/2 (D+I)	42°	17'	27 ^h 43' ^o 45' 26"	+1 ^m 14.6					
				"	"	18 5	41	38	52 42	52 12			
				"	"	21	27	1	32 42	0 22			
"	Enero 8 ^h 21 ^m a	4	4	"	40	28	7 41	13 54	escluido				
				"	20	14	47	33 58	48 45				
				"	17	33	52	58	18 58	0 32	+1 28.4		
"	Enero 9 ^h 6 ^m a	4	4	"	9	51	44	26 56	22 0	+1 50.8			
				"	20	58	38	45	26	32 47	42 32		
				"	21	2	31	44	44	7 46	44 44		
Estremidad meridional del Maullin Grande, campanen- to 15.	Enero 6 ^h 30 ^m a	5	5	"	16	43	30	35 45	3 56	+2 35.1			
				"	18	19	3	75	14	13 87	28 38		
				"	22	59	74	31	42	86	30 30		
Arroyo de las Bayas, camp. 16. (observacion con véhus)	Enero 7 ^h 55 ^m p	3	2	"	26	54	48	24 85	31 36				
				"	32	9	72	50	40	84	13 0		
				"	35	36	72	13	1	83	22 0		
"	Enero 6 ^h 54 ^m a	4	4	1/2 (D+I)	70	23	52	80	46 26	+3 18.5			
				"	7	48	56	81	3	18 83	33 26	+3 pesa confirmada in- verior	
				"	51	58	81	37	16	84	18 43		
Valle Chacai-Varruca, campa- mento 17.	Enero 8 ^h 6 ^m a	4	4	"	54	23	82	4	59 84	55 44	+3 18.5		
				"	18	45	31	70	23	52	80	46 26	+3 pesa confirmada in- verior
				"	48	41	69	49	56	80	0 34		
"	Enero 8 ^h 6 ^m a	4	4	"	52	11	69	10	13 79	6 56	+4 17.8		
				"	55	46	68	30	37	78	13 36		
				"	19	55	30	57	20	47	63	4 48	+4 17.8
"	Enero 8 ^h 6 ^m a	4	4	"	56	40	47	62	11 10				
				"	59	59	7						
				"	59	59	7						

Valle Nolinco, primer ran- cho; campamento 18.	Enero 5 ^h 46 ^m p	23	4	4	"	"	20	3	12	55	54	46	161	9	26				
					"	"	5	7	12	55	33	31	60	10	0	+3	50.4		
					"	"	41	3	3	71	17	15	83	9	38				
					"	"	44	25	72	54	28	46	84	1	0				
Rio Chubut, vado; campamen- to 19.	Enero 7 ^h 28 ^m a	25	6	5	"	"	19	18	27	63	42	57	72	36	34	+3	51.6		
					"	"	22	29	29	63	57	13	71	34	28				
					"	"	26	0	0	63	18	18	70	41	50				
					"	"	29	53	32	34	34	69	42	40					
Valle Lee-Lee, casa Casati; cmp. 20 (observacion con vénus).	Enero 7 ^h 43 ^m p	25	3	3	"	"	7	36	4	82	17	20	84	19	32	+3	35.0		
					"	"	39	0	0	82	49	57	85	3	52				
					"	"	42	8	8	83	24	12	85	50	6				
					"	"	18	51	59	69	47	38	79	18	42	+3	35.4		
					"	"	55	42	42	69	6	48	78	22	54				
					"	"	59	10	10	68	28	34	77	30	46				
					"	"	19	2	33	67	51	28	76	40	14				
Valle Lepá, campamento 21.	Enero 6 ^h 8 ^m a	27	4	4	"	"	17	56	36	79	47	40	93	3	0	+4	8.4		
					"	"	18	1	58	78	51	45	91	44	4				
					"	"	7	15	17	77	55	13	90	24	32				
					"	"	10	46	46	77	17	40	89	32	10				
Valle Dieciseis de Octubre, bo- quete N; campamento 22.	Enero 8 ^h 5 ^m a	28	4	4	"	"	19	56	42	58	22	52	63	18	50	+3	14.1		
					"	"	20	0	16	57	44	3	62	25	38				
					"	"	3	47	5	57	5	50	61	33	8				
					"	"	7	24	24	56	26	27	60	39	0				
					"	"	5	48	21	73	58	53	84	36	34	+3	23.4		
					"	"	52	23	74	42	47	85	37	26					
					D	"	55	9	75	12	34	86	18	55					
					$\frac{1}{2}$ (D+I)	"	20	32	53	52	0	24	54	16	36	+3	24.2		
					"	"	36	43	43	51	19	0	53	18	52				

LOCALIDAD	Fecha i hora	Núm. i comb.		Reloj L	z ⊙	t	δ L
		D	I				
Valle Dieciseis de Octubre, boquete N; campamento 22. " (alturas correspond. del sol.) Valle Dieciseis de Octubre, comisaría; campamento 23. Valle Dieciseis de Octubre, estremidad SO, estero del Salto; campamento 24.	1894 Enero 29 8 ^h 42 ^m a	2	10	20 ^h 40 ^m 30 ^s	50° 38' 34"	52° 22' 20"	
	Enero 29 10 pares	2	10	44 18	49 58 14	51 25 40	+ 3 ^m
	Enero 31 1 ^h 6 ^m a	1	1	7 49.5 18 22.5	3 ^h 11 ^m 41 ^s .9 1 12.0	corrección del meridiana + 8.0"	31.2
	Enero 31 5 ^h 48 ^m p	1	1	21 2 5	47° 16' 35"	47° 0' 20"	+ 3
" " " "	Enero 31 3 ^h 3 ^m p	3	3	5 41 43	73 9 22	82 46 32	+ 3
	Enero 31 7 ^h 8 ^m a	4	4	44 41 47 39	74 13 28 84	83 30 20 84 15 24	
	Febrero 1. 1 ^h 4 ^m p	4	4	18 59 48	69 35 17	77 42 28	+ 3
	Febrero 1. 7 ^h 8 ^m a	3	3	19 3 25 6 39 9 56	68 56 14 68 20 34 67 44 57	76 48 40 75 59 36 75 10 46	
Valle Frio (Chavinique), campamento 25; φ = -43° 20' 30". " " " "	Febrero 5 ^h 47 ^m p	3	3	5 50 33 54 12	74 54 46 75 35 10	84 58 46 85 55 5	+ 3
	Febrero 6 ^h 43 ^m a	3	3	57 42 18 35 55	76 12 15 74 2 41	86 46 55 83 38 15	bastante diverjencia
	Febrero 6 ^h 49 ^m p	2	2	39 47 43 23	73 21 26 72 42 57	82 41 0 81 47 36	+ 3
	Febrero 5 ^h 52 ^m p	3	3	6 45 13 5 38 41 22	84 44 59 73 6 23 73 39 12	98 41 46 81 58 2 82 43 36	+ 3
Cerro al N del rio Carrileufu, camp. 26; φ = -43° 31'. Rio Carrileufu, vado del rio; campamento 27.	Febrero 5 ^h 52 ^m p	3	3	6 45 13 5 38 41 22	84 44 59 73 6 23 73 39 12	98 41 46 81 58 2 82 43 36	+ 3

Valle Dieciseis de Octubre, comisaría; campamento 32.	Febrero 6 ^h 55 ^m a	10	4	3 $\frac{1}{2}$ (D+I) I	48 55 59 39 45 51 59	11 19 56 48 20 18 18	74 76 76 74 73 72 71	52 10 48 37 33 5 5	10 84 48 14 1 38 39	25 10 15 12 20 39 20	25 10 15 12 20 39 20	+6 escluido +8	1.4 34.6
Valle Cuchamen, campam. 35; $\phi = -42^{\circ} 7'$.	Febrero 6 ^h 21 ^m a	13	4	4 $\frac{1}{2}$ (D+I) D	7 10 14 18 25 29 33 37 37	13 32 15 4 56 25 24 20 43.4	80 32 79 78 55 54 54 53 28	53 17 4 88 57 54 11 21 29 10 14	27 4 88 49 24 54 86 56 20 54 55 40 53 4.8	39 4 40 24 40 32 12 5 32	39 4 40 24 40 32 12 5 32	+8 34.6	34.6
Valle Ñolquinco, campamento de descanso (núm. 36).	Febrero 8 ^h 40 ^m a	14	4	4 " " " " " " " "	18 20 29 33 37 37	4 4 4 4 4 4 4	71 80 80 80 80 80 80	5 33 ^m 2 ^h 33 ^m 2 ^h 33 ^m 2 ^h 33 ^m	77 89 88 49 24 54 86 56 20 54 55 40 53 4.8	17 4 88 49 24 54 86 56 20 54 55 40 53 4.8	17 4 88 49 24 54 86 56 20 54 55 40 53 4.8	+8 40.3	40.3
" " (alturas correspond. del sol.)	Febrero 5 ^h 30 ^m p	14	2	5 $\frac{1}{2}$ (2 I) " " " " " " " "	8 17 36 39 43 47	3 4 39 53 35 12	70 72 76 75 74 12 81	51 32 11 31 51 9 0	58 ^m 75 38' 0' 58 75 38' 0' 58 75 38' 0'	38' 0' 58 75 38' 0' 58 75 38' 0'	38' 0' 58 75 38' 0' 58 75 38' 0'	+8 51.0	51.0
Arroyo Curileufu, camp. 37.	Febrero 6 ^h 52 ^m a	16	3	3 $\frac{1}{2}$ (D+I) " " " " " " " "	18 24 34 37 37	8 19 45 18 18	75 75 74 74 74	31 52 81 51 9	81 23 20 80 28 38	23 20 80 28 38	23 20 80 28 38	+8 48.3	48.3
Rio Limai, casa Zavaleta; campamento 38.	Febrero 6 ^h 20 ^m p	16	3	3 $\frac{1}{2}$ (2 I) D " " " " " " " "	0 4 19 24 34 37	2 4 35 45 18 18	81 81 84 85 77 76	0 51 28 34 7 25	43 88 12 93 94 82	32 26 0 0 41 20 16 6	32 26 0 0 41 20 16 6	+8 18.7 escluido +8	18.7 40.4
Rio Limai, desembocadura del rio Trafal; campamento 39. $\phi = -40^{\circ} 46'$.	Febrero 6 ^h 48 ^m a	18	4	4 $\frac{1}{2}$ (D+I) " " " " " " " "	34 37 37	3 4 41	77 76 41	7 25 25	4 82 81	51 16 56	51 16 56	+8 40.4	40.4

LOCALIDAD	Fecha i hora	Núm. i comb.		Reloj L	z ⊙	t	δ L
		D	I				
	1894						
Rio Limai, desembocadura del rio Traful.	Febrero 18 6 ^h 48 ^m a			18 ^h 40 ^m 52 ^s	75° 49'	44° 81' 8" 36"	
Puesto Canales, campam. 40; φ = -40° 25'.	Febrero 19 7 ^h 39 ^m a	3	3	19 24 14 29 37 66 34 53 65	75 56 67 36 66 34	7 69 59 52 52 68 39 12 6 67 20 20	+9 ^m 46°.4
Rio Quemquintiro, camp. 41; φ = -40° 7'.	Febrero 20 7 ^h 5 ^m a	3	3	18 48 33 55 35 8 19 3 8	74 37 73 16 71 50	53 78 56 20 47 77 10 20 21 75 17 12	+9 36.8
Junin de los Andes, campamento 42.	Febrero 24 8 ^h 51 ^m a	4	4	20 34 52 39 2 54 42 19 53	55 18 53 33 53 58	53 52 3 46 40 51 1 20 25 50 12 14	+10 13.7
Rio Quilquihue, campamento 43.	Febrero 26 6 ^h 50 ^m a	4	4	18 34 12 37 48 77 41 45 76	78 30 77 43 76 21	11 82 11 0 42 81 10 22 36 79 23 2	+10 escluido
Vega de Quinallahue, campamento 44; φ = -40° 10'.	Febrero 27 7 ^h 22 ^m a	4	4	19 5 39 9 26 72 13 23 71	72 52 72 9 71 24	3 74 29 26 31 73 33 42 37 72 34 42	+9 11.1
Lago Ranco, orilla N; camp. 48. φ = -40° 11" (obs. c. vénus). "	Marzo 4 5 ^h 56 ^m a Marzo 6 6 ^h 54 ^m a	1	1	17 49 35 18 40 31 44 31	69 12 79 8 78 22	48 68 57 12 39 81 7 24 4 80 6 24	+6 49.2 +6 52.7

Osorno, casa Cárlos Geisse.	Marzo	7	4	4	"	49	16	77	27	37	78	55	10	
	4 ^h 50 ^m p				"	53	3	76	44	43	68	14	58	+5
					"	41	57	70	17	43	77	58	48	
					"	46	3	71	58	13	69	9	4	
					"	49	41	72	45	30	70	12	12	
					"	21	18	51	42	0	41	35	46	escluido
	9 ^h 28 ^m a	8	3	3	"	22	20	51	5	41	40	38	46	+5
					"	26	0	50	30	36	39	43	6	
Osorno, cerro Pilauco.	Marzo	8	3	3	$\frac{1}{2}$ (2 D)	4	31	27	69	24	48	66	42	+6
	4 ^h 51 ^m p				$\frac{1}{2}$ (D+1)	44	42	71	52	42	70	1	14	
					$\frac{1}{2}$ (2 I)	58	43	74	30	15	73	31	0	
					5 pares	37	50.7	30 ^m 4 ^h 0	24	28.8	24	28.8	13.1(6)	+6
Osorno, casa C. Geisse. (alturas correspond. del sol). Santiago, Cintura N.	Marzo	9	10		"	45	28.2	73	15	3	61	22	0	+24
	Abril	18	3	3	$\frac{1}{2}$ (D+1)	19	29	41	72	39	26	60	34	28
	7 ^h 57 ^m a				"	32	50	72	39	26	60	34	28	
					"	36	16	72	1	11	59	43	8	
					"	19	21	25	28	18	64	0	54	+24
					"	25	15	74	15	3	62	24	4	
					"	28	53	73	33	59	61	29	32	
					"	19	33	72	51	20	60	14	20	+24
					"	37	7	72	17	11	59	28	16	
	8 ^h 1 ^m a	20	4	3	"	39	36	71	44	21	58	43	44	+24
					"	19	30	2	73	38	49	61	0	+24
					"	34	20	72	51	53	59	57	4	
					"	38	36	72	4	41	58	53	2	
					D	19	45	31	70	59	24	57	5	+24
					$\frac{1}{2}$ (D+1)	20	57	53	54	55	38	58	26	
	8 ^h 47 ^m a	22	4	2	D	58	12	58	52	10	38	53	48	

LOCALIDAD	Fecha i hora	Núm. i comb.		Reloj Z	z ⊙	l	δ Z
		D	I				
Santiago, Cintura N.	1894 Abril 22			$\frac{1}{2}$ (D+I)	58° 30' 46"	38° 17' 20"	
	Abril 23	4	4	"	74 10 17	61 7 28	+24 ^m 44 ^s .1
	7 ^h 59 ^m a			"	73 30 11	60 13 18	
				"	72 45 49	59 12 56	
"	Abril 24	4	4	"	72 10 40	58 24 45	
				"	73 37 7	60 5 2	+24
				"	73 2 6	59 17 10	
				"	72 31 17	58 35 2	
"	8 ^h 2 ^m a			"	71 58 6	57 49 18	
				"	41 52		

2. Registro de las observaciones para la determinación de latitudes (1)

LOCALIDAD	Fecha i hora	Astro	Núm. i comb.		Reloj Z	z	t	φ
			D	I				
Santiago, Cint. N. 12.	1893 20 Nbre.	sol ☉	1	1	alt. meridiana	13° 34' 14"		33° 26' 13"
"	" 21	"	1	1	"	13 21 21		33 26 30
"	" 26	"	1	1	"	12 20 57		33 26 20
"	3 Dbre.	sol ☉	1	1	"	11 12 14		33 26 8
"	7 " a mediodía	sol ☉	4	4	$\frac{1}{2}(D+I)$	23 ^h 29 ^m	3 - 0 ^h 24 ^m 3 ^s	33 26 10
"	" 7	"			"	37 16 11	7 16 27	
"	" 7	"			"	44 39 10	55 46	la tercera observa- ción se dio a mucho.
"	" 7	"			"	53 4 10	43 56	
Osorno, consulado alemán.	19 8 ^h 52 ^m p	júpiter	4	4	"	8 54 56 58	54 35	- 0 42 54 40 34 22
"	" 20	sol ☉			"	9 7 3	41 10	36 44
"	" 20	α tauri			"	6 32	30 58	31 15
"	9 ^h 56 ^m p	(aldebaran)			"	12 1	22 0	25 45
"	" 20	sol ☉	1	1	alt. meridiana	17 7 0		40 34 8
"	" 20	α tauri	4	4	"	9 ^h 59 ^m 48 ^s 57	41 27	- 0 41 42 40 34 43
"	9 ^h 56 ^m p	(aldebaran)			"	10 4 32	31 25	36 29
"	" 20	"			"	9 15	22 13	32 13
"	" 20	"			"	13 39	14 9	27 48

(1) Instrumento de observación: Cleps, gran modelo. La hora de observación en la sección "fecha i hora" se refiere a tiempo medio local. Reloj Z = promedio de las horas leídas (reloj Z). z = promedio de las distancias cenitales corregidas i reducidas al centro del astro. t = ángulo horario calculado. φ = latitud jeográfica sur.

LOCALIDAD	Fecha i hora	Astro	Núm. i comb.		Reloj Z	s	t	φ	
			D	I					
Osorno, consulado alemán.	1893 Dbre. 21	sol ☉			alt. meridiana 17°	6' 38"		4° 33' 56"	
	1894 Enero 4 a mediodía	"	4	5 ½ (D+I)	23 ^b 47 ^m	37	3	-0 ^b 22 ^m 0 ^s 40	
Potrero Hube, ense- nada NO del lago Nahuelhuapi; cam- pamento 9.	Enero 5 a mediodía	"	4	"	"	8	32	8 38	escluido
"	Enero 6 a mediodía	"	5	"	"	1	14	48	7 47
"	Enero 8 a mediodía	"	5	"	"	1	11	48	4 46
"	Enero 8 a mediodía	α ² centauri	4	"	"	8	47	54	12 41
"	Enero 8 8 ^h 39 ^m p	"	4	"	"	38	39	55	17 2
"	Enero 8 a mediodía	"	5	"	"	43	30	49	21 40
"	Enero 8 a mediodía	"	5	"	"	47	22	35	25 37

LOCALIDAD	Fecha i hora	Astro	Núm. i comb.		Reloj Z		s	t	φ
			D	I	oh	9 ^m			
Valle Chin-juin - Ni-ñeo.	1894 Enero 22 a mediodía	sol ☉	4	4	52 ^s 22 ^o	14	1'	+0 ^h 1 ^m 41 ^s	41° 34' 47"
Valle Chacai-Varruca; camp. 17.	Enero 22 9 ^h 59 ^m p	α orionis (bet. igeuze.)	2	2	56	56	19	39	21 20
Valle Nolquinco, primer rancho; campamento 18.	Enero 23 7 ^h 58 ^m p	júpiter	4	4	53	51	15	21	46 17 41
Rio Chubut, vado; campamento 19.	Enero 25 a mediodía	sol ☉	4	4	18	51	39	47	16 28
Valle Lee-Lec, ca-a Casati; camp. 20.	Enero 25 9 ^h 16 ^m p	α tuuri (ald. baran)	4	4	23	8	54	29	1 0 20
Valle Lepá; campamento 21.	Enero 26 9 ^h 36 ^m p	α orionis. (beteigeuze)	4	4	1	0	31	41	6 45
Valle Dieciseis de Octubre, boquete N; camp. 22.	Enero 27 2 ^h 10 ^m p	sol ☉	5	2	33	56	23	34	46 34 42
					46	40	16	18	14 49
					32	52	21	52	20 36
					49	5	42	45	55 54
					35	8	6	25	58 36
					15	12	39	37	2 2 20

Mucha diverjencia

"	Enero 28 a mediodía	"	4	4	$\frac{1}{2}(D+I)$	23	16	29	36	19	48	-0	6	44	10	31	42	56	19
"	Enero 28 8 ^h 17 ^m p	α tauri (aldebaran)	3	4	"	8	10	27	59	22	36	+0	17	4	0	10	31	42	56
"	Enero 29 7 ^h 58 ^m p	júpiter	2	2	I	21	18	5	52	29	51		24	44	28	37			
Valle Dieciseis de Octubre, comisa- ria; camp. 23.	Enero 31 a mediodía	sol ☉	3	3	$\frac{1}{2}(D+I)$	23	48	41	62	31	20	+1	10	51	42	56	10		
Valle Dieciseis de Octubre, estremi- dad SO, estero del Salto; camp. 24.	Enero 31 7 ^h 44 ^m p	júpiter	4	4	$\frac{1}{2}(D+I)$	7	59	52	63	14	19	-0	18	38	43	5	26		
Laguna entre valle Frio (Chavinique) i rio Carrileufu.	Febrero 2 a mediodía	sol ☉	4	4	"	42	2	13	15	54	11		7	53	4	50			
Rio Carrileufu, ran- cho Jones; campa- mento 30.	Febrero 3 a mediodía	"	5	7	"	23	38	48	38	25	50	+1	4	8	43	11	58		
Rio Carrileufu, vado del rio; camp. 27.	Febrero 3 8 ^h 6 ^m p	α^2 centauri	4	4	$\frac{1}{3}(3I)$	7	54	52	72	2	36	+2	22	46	43	31	47		
					$\frac{1}{3}(D+I)$	8	2	8	71	39	48		30	4					
					$\frac{2}{3}(3D)$	6	6	23	23	25	18		34	19					

LOCALIDAD que visitamos, si no el campamento	Fecha i hora de la observación	Astro	Núm. i comb.		Reloj Z	Z	i	ϕ
			D	I				
	1894							
Valle Dieciseis de Octubre a comisa- ria, camp. 32. Rio Chacabuco	Febrero 10 a mediodía	sol ☉	4	$\frac{1}{2}$ (D+I)	$3^h 28^m$	$59^{\circ} 44'$	$-6^h 10^m 53^s$	$43^{\circ} 5' 18''$
		"	3	"	$3^h 24^m$	$50^{\circ} 34'$	$-6^h 59^m$	
		"	3	"	$3^h 25^m$	$54^{\circ} 35'$	$+0^h 25^m$	
		"	4	"	$3^h 47^m$	$53^{\circ} 51'$	$+0^h 24^m$	
Valle Nolquino, camp. de deschan- so, huan. 36. Rio Chacabuco	Febrero 14 a mediodía	"	4	"	$3^h 28^m$	$50^{\circ} 57'$	$-0^h 49^m$	$41^{\circ} 47' 49''$
		"	4	"	$3^h 2^m$	$57^{\circ} 16'$	$-0^h 36^m$	
		sol ☉	4	"	$3^h 17^m$	$57^{\circ} 0'$	$+0^h 36^m$	
		"	4	"	$3^h 16^m$	$58^{\circ} 10'$	$+0^h 44^m$	
Febrero 14 8 ^h 35 ^m p	α orionis (beteigeuze)	"	1	"	$3^h 36^m 49^s$	$53^{\circ} 28'$	$+0^h 24^m$	$41^{\circ} 47' 20''$
Febrero 16 18 ^h 10 ^m p	α tauri (aldebarán)	"	4	$\frac{1}{2}$ (D+I)	$3^h 54^m$	$51^{\circ} 35'$	$+1^h 26^m$	$41^{\circ} 3' 51''$
		"	4	$\frac{1}{2}$ (I+D)	$3^h 59^m$	$45^{\circ} 28'$	$+1^h 26^m 25^s$	
		"	4	"	$4^h 4^m$	$40^{\circ} 31'$	$-0^h 36^m 49^s$	
		sol ☉	4	$\frac{1}{2}$ (I+D)	$4^h 8^m$	$31^{\circ} 28'$	$+0^h 35^m 55^s$	$40^{\circ} 54' 48''$
Febrero 17 a mediodía	"	"	4	"	$4^h 8^m$	$31^{\circ} 0'$	$+0^h 23^m 0^s$	
		"	4	"	$4^h 12^m$	$31^{\circ} 8'$	$+0^h 24^m$	
		"	4	"	$4^h 21^m$	$31^{\circ} 11'$	$+0^h 15^m 10^s$	
Febrero 18 a mediodía	"	"	3	$\frac{1}{2}$ (2I)	$4^h 53^m 29^s$	$30^{\circ} 10'$	$-0^h 1^m 28^s$	$40^{\circ} 39' 0''$
		"	4	$\frac{1}{2}$ (D+I)	$4^h 50^m$	$34^{\circ} 30'$	$+0^h 6^m 38^s$	
		"	4	$\frac{1}{2}$ (2D)	$4^h 9^m$	$28^{\circ} 25'$	$-0^h 12^m 48^s$	
Febrero 19 a mediodía	"	"	4	$\frac{1}{2}$ (2I)	$5^h 22^m 29^s$	$24^{\circ} 54'$	$-0^h 11^m 47^s$	$40^{\circ} 14' 39''$
		"	4	"	$5^h 16^m$	$20^{\circ} 20'$	$+0^h 6^m 4^s$	
		"	4	"	$5^h 33^m$	$20^{\circ} 33'$	$+0^h 3^m 24^s$	
		"	4	"	$5^h 16^m$	$25^{\circ} 11'$	$+0^h 11^m 52^s$	
		"	4	"	$5^h 36^m$	$20^{\circ} 30'$	$+0^h 0^m 0^s$	

Junin de los Andes, campamento 42.	Febrero 23	júpiter	2 1	"	6 54	25 63	42	21	+1	52 56 39	57 51
"	Febrero 24 a mediodía	sol ☉	4 5	(D+I)	23 36	47 31	58 13	58	-0	26 18 39	57 33
Río Quiquihue, campamento 43.	Febrero 26	α ² centauri	2 2	D	16 35	39 20	57	4	+0	32 8 40	5 35
	4 ^h 54 ^m a mediodía		4 4	(D+I)	38 44	36 21	16 48	56	+0	45 1 1	
Paso Rarbo-Lacar, pampa con puesto, cerca del fortin Maipú.	Febrero 26 a mediodía	sol ☉	4 4	(D+I)	3 3	46 32	48	47	+0	55 25 1	
Pucara, ofilla norte de la laguna Lacar.	Febrero 27 a mediodía	"	3 3	(D+I)	2 2	45 31	50	46	+0	18 36 40	7 56
Maulin de Nenosa, paso Ranco-Lacar, campamento 45.	Febrero 27 a mediodía	α orionis (beteigeuze)	3 3	(D+I)	7 13	38 47	33	17	+8	0 32 46	13 34
Lago Ranco, orilla Occidental.	Marzo 3 a mediodía	sol ☉	3 4	"	23 54	33 33	36	30	+0	10 19 40	10 25
	1891		9 9	I	15 39	39 1	33	53	+0	4 18 45	
Culcuma, orilla NO del lago Ranco.	Marzo 4 a mediodía	"	4 5	(D+I)	23 57	14 34	2	25	-0	8 6 40	14 38
			9 9	I	4 9	41 33	58	23	+0	0 39	peca conformidad interior
Osorno, casa Carlos Geisse.	Marzo 7 a mediodía	"	2 2	D	0 15	10 35	33	31	+0	9 47 40	34 32
			17 17	"	17 48	48 4	36	4		12 36	

LOCALIDAD	Fecha i hora	Astro	Núm. i comb.		Reloj Z	z	t	ϕ
			D	I				
	1894							
Osorno, casa C. Geisse	Marzo 7 a mediodía	sol ☉	3	I	o ^h 22 ^m 26 ^s 35 ^o	42' 22"	+ o ^h 17 ^m 3 ^s	
"	Marzo 8 a mediodía	"	3	$\frac{1}{2}$ (D+I)	o 9 0 35	48 20 11	+ o 4 11 8 3	40° 34' 58"
					12 51 16 47	56 39 59 11	8 3 11 58	
Santiago, Cint. N. 12	Abril 16	"	I	I	alt. meridiana	43 43 45		33 26 27
"	Abril 17	"	4	$\frac{1}{2}$ (2 D)	"	44 5 2	--o	33 26 38
"	Abril 19 a mediodía	"	4	$\frac{1}{2}$ (D+I)	23 27 18 44	48 4 4	+ o 7 29 33	26 27
					32 13 36 51	46 54 46 53	+ o 2 34 2 4	
					"	47 29 47 29	+ o 4 30	
					$\frac{1}{2}$ (2 D)	20 24 46	--o	133 26 13
Abril 20 a mediodía		"	7	$\frac{1}{2}$ (D+I)	23 31 38	13 26 7 20	+ o 1 47	
					$\frac{1}{3}$ (3 I)	39 54	+ o 6 29	
					$\frac{1}{3}$ (D+I)	44 23	+ o 10 58	
					$\frac{1}{3}$ (3 D)			

3. Términos medios de las correcciones del reloj L

LOCALIDAD	Número de las determinaciones de la hora	Fecha	Tiempo medio local	Estado del reloj L con respecto al tiempo medio
Santiago, Cintura Norte 12.....	2	1893-94		
Osorno, consulado alemán.....	2	Diciembre 5	4 ^h .8 a	$\delta L = -2^m 1^s.3$
Potero Hube, Nahuelhuapi.....	7	" 20	8.3 p	11 14.1
Chacra Tauscheck, Nahuelhuapi.....	4	Enero 6	9.2 a	3 47.4
Arroyo de las Bayas.....	2	" 18	9.0 p	+1 21.7
Valle Lee-Lee, casa Casati.....	2	" 22	1.4 a	3 16.6
Valle Dieciseis de Octubre, boquete N.....	4	" 26	1.4 a	3 35.2
Valle Dieciseis de Octubre, estrem. SO, camp. 24	2	" 28	11.7 p	3 23.4
Valle Eric, campamento 25.....	2	Febrero 1	0.5 a	3 9.3
Valle Ñolquico, campamento 36.....	3	" 2	0.3 a	3 22.7
Laguna Ranco, campamento 48.....	2	" 14	0.7 p	8 46.0
Osorno, casa C. Geisse.....	4	Marzo 4	6.4 a	6 50.9
Santiago, Cintura Norte 12.....	7	" 8	1.8 p	6 4.2
		Abril 21	8.1 a	24 29.03

5. Marchas supuestas del reloj L.

DISTANCIA RECORRIDA	Época	Días	Andar diario del reloj L.
Santiago-Osorno	Diciembre 5 a Diciembre 20	15.65	+ 3.76
Santiago - Nahuelhuapi (Hube) - Nahuelhuapi (Tauscheck)	" 5 a Enero 6 a Enero 18	32.2; 44.7	6.44
Osorno - Nahuelhuapi (Hube) - Nahuelhuapi (Tauscheck)	" 20 a " 6 a " 18	16.54; 29.0	9.44
Santiago - Valle Dieciseis de Octubre (boquete N)	" 5 " " 28	54.79	8.25
Nahuelhuapi (Hube) - Valle Dieciseis de Octubre (boquete N)	Enero 6 " " 28	22.6	11.56
Nahuelhuapi (Tauscheck) - Valle Dieciseis de Octubre (boquete N)	" 18 " " 28	10.1	13.68
Santiago-Valle Dieciseis de Octubre (comisaría)	Dbre. 5 " " 31	57.2	8.25
Osorno-Valle Dieciseis de Octubre (comisaría)	" 20 " " 31	41.55	10.85
Nahuelhuapi (Hube) - Valle Dieciseis de Octubre (comisaría)	Enero 6 " " 31	25.0	11.56
Nahuelhuapi (Tauscheck) - Valle Dieciseis de Octubre (comisaría)	" 18 " " 31	12.5	13.68
Comisaría Comisaría	" 31 " Fbr. 10	9.91	14.64
" Nahuelhuapi (desagüe)	Febrero 10 " " 16	5.52	13.68
" Osorno	" 10 " Mzo. 8	26.29	17.63
" Santiago	" 10 " Abril 21	70.05	13.68
Nahuelhuapi (desagüe) - Junin	" 16 " Fbr. 24	7.6	17.63
" " Osorno	" 16 " Mzo. 8	19.8	19.04
" " Santiago	" 16 " Abril 21	63.57	14.34
Junin-Osorno	" 24 " Mzo. 8	12.2	19.6
Osorno-Santiago	Marzo 8 " Abril 21	43.76	11.76

6. Diferencias de la hora i longitudes jeográficas

LOCALIDAD	Campamento	Número i promedio de las diferencias para el meridiano de Santiago, Cintura Norte 12	Longitud jeográfica, oeste de Greenwich
Santiago, Observatorio.....			$\lambda = + 70^{\circ} 41' 35''$
Santiago, Cintura Norte 12.....			70 40 20
Osorno, casa Carlos Geisse.....	9	5 ^s este del Observatorio	73 8 44
Potrero Hube, Nahuelhuapi.....	6	$\lambda' = + 9^m 57^s.5$ oeste de Santiago	71 56 42
Chacra Tauscheck, Nahuelhuapi.....	14	5 9.4 "	71 4 35
Desagüe del lago Nah. (rio Limai).....	38	1 24.9 "	70 57 27
Estremidad merid. del Maulin Grande..	15	0 12.4 "	70 55 24
Arroyo de las Bayas.....	4	— 0 8.2 este del desagüe	70 47 42
Valle Chacai-Varruca.....	16	0 39.0 "	70 36 51
Valle Nólquino.....	17	1 22.4 "	70 45 1
Río Chubut, vado.....	18	0 49.7 "	70 49 34
Valle Lee-Lee, casa Casati.....	19	0 31.5 "	70 56 44
Valle Lepá.....	20	0 29.0 "	70 52 31
Valle Dieciseis de Octubre, boquete N.	21	0 19.7 "	71 10 27
" " comisaría.....	22	+ 0 52.0 oeste del desagüe	71 14 51
" " estremidad SO	23	1 9.6 "	71 24 0
Valle Frio (Chavínique).....	24	0 36.6 oeste de la comisaría	71 24 17
Cerros al N del río Carrileufu.....	25	0 37.7 "	71 21 6
Valle Carrileufu, vado del río.....	26	0 25.0 "	71 27 18
Valle Cuchamen.....	27	0 49.8 "	70 44 9
	35	— 0 53.2 este del desagüe	

Valle Nolquenco, camp. de descanso.....	36	3	0	47.4	"	70	45	36
Arroyo Curileufu.....	37	2	0	25.7	"	70	51	1
Rio Limai, desemboc. del rio Trafal.....	39	"	+0	9.4	oeste del desagüe	70	59	48
Puesto Canales.....	40	"	-0	38.3	este	70	47	52
Rio Quemquentreo.....	41	"	0	17.5	"	70	53	5
Junin de los Andes.....	42	3	+1	40.2	oeste de Santiago	71	4	24
Rio Quilquihue.....	43	2	0	38.5	oeste de Junin	71	14	2
Vega Quinalahue.....	44	"	2	4.5	"	71	35	32
Lago Ranco, orilla N.....	48	"	-2	15.5	este de Osorno	72	34	51

7. Azimutes del sol para la determinación del meridiano i de la variación magnética (1)

LOCALIDAD	Fecha i hora	Núm. i comb.		Reloj L	$S \odot$	α	S_0 i δ_m				
		D	I								
Potrero Hube, ensenada NO del lago Nahuelhuapi; campamento 9.	1894 Enero 6 ^h 15 ^m p	4	4	$\frac{1}{2}(D+I)$	6 ^h	13 ^m	8 ^s	235 ^o	48' 30"	71 ^o 55' 34"	163 ^o 53' 18"
		"	"	"	"	17	27	235	9 48	71 16 56	16 6.7 E
		"	"	"	"	21	43	234	32 18	70 39 3	
"	Enero 10 ^h 22 ^m a.	8	4	"	22	19	10	44 15 46	119 50 32	164 4 54	
		"	"	"	"	23	6	42 56 24	121 9 0	15 55.1 E	
		"	"	"	"	27	32	41 23 27	122 40 41		
"	Enero 5 ^h 48 ^m p	8	4	"	5	31	19	40 2 23	124 1 21	76 33 8	164 5 0
		"	"	"	"	45	39	240 37 47	75 50 57	15 55.0 E	
		"	"	"	"	49	43	240 1 13	75 50 57		
Lago Nahuelhuapi, desem- bocadura del rio Nyrriwao.	Enero 6 ^h 32 ^m p	19	4	"	6	53	53	239 24 34	75 19 55		
		"	"	"	"	57	50	238 51 24	74 44 56		
		"	"	"	"	23	43	234 24 58	72 21 18	162 3 35	
						28	53	233 36 53	71 33 32	17 56.1 E	
						32	40	233 1 36	70 57 33		
						36	53	232 23 51	70 19 15		

(1) Instrumento de observación: Cleps, gran modelo.

La hora de observación en la sección "fecha i hora", se refiere a tiempo medio local.

Reloj L = promedio de las horas leídas (reloj L). $S \odot$ = promedio de los azimutes observados i reducidos al centro del sol. α = azimut astronómico calculado. S_0 i δ_m = sur verdadero i declinación magnética.

Valle Dieciseis de Octubre, boquete N; camp. 22.	Enero 9 ^h 33 ^m a	4	4	"	21	24	29	48	44	37	112	22	4	161	6	2
"	Enero 5 ^h 35 ^m p	4	4	"	5	26	25	245	10	9	83	51	21	161	18	53
Valle Dieciseis de Octubre, comisaría; camp. 23.	Enero 10 ^h 24 ^m a	1	1	D	22	13	39	33	57	40	127	14	45	161	12	20
Valle Dieciseis de Octubre, estremidad SO, estero del Salto; camp. 24.	Enero 6 ^h 11 ^m p	3	3	I $\frac{1}{2}$ (2 I) $\frac{1}{2}$ (D+I)	6	1	47	238	35	51	131	40	39	18	47.7 E	
Valle Frio (Chavinique), camp. 25.	Febrero 1. ^o 6 ^h 9 ^m p	3	3	$\frac{1}{2}$ (2 D) $\frac{1}{2}$ (D+I)	6	14	43	236	28	23	76	38	17	19	9.25 E	
"	Febrero 2. ^o 6 ^h 56 ^m a	3	3	"	18	5	31	239	6	4	78	23	53	19	18.0 E	
Valle Nolquinco, camp. de descanso núm. 36.	Febrero 9 ^h 9 ^m a	3	3	"	20	57	29	75	24	31	85	23	36	162	5	31
"	Febrero 5 ^h 36 ^m p	3	3	"	21	59	48	50	23	48	111	41	14	17	54.5 E	
Junin de los Andes, campa- mento 42.	Febrero 9 ^h 24 ^m a	3	3	I $\frac{1}{2}$ (2 D) $\frac{1}{2}$ (D+I)	21	14	43	44	16	56	115	2	37	161	54	44
Osorno, cerro Pilauco.....	Marzo 5 ^h 2 ^m p	8	3	D $\frac{1}{2}$ (2 I)	4	23	22	42	11	3	119	44	2	18	5.3 E	
				"		41	17	260	48	18	100	18	34	160	29	58
				"		45	6	260	8	19	99	38	48			
				"		48	4	259	38	45	99	8	6			

LOCALIDAD	Fecha i hora	Núm. i comb.		Reloj Z	S ⊙	a	S ₀ i δ _m
		D	I				
Osorno, cerro Pilauco.....	1894						
	Marzo 8 5 ^h 2 ^m p	8		5 ^h 3 ^m 43 ^s 0	256° 58' 49" 256 26 38	96° 28' 37" 95 56 15	160° 30' 29" 19 29.8 E
Santiago.....	Abril 18	2	2	19	255 54 13 45 58 54	95 23 21 118 29 35	164 28 16 15 31.7 E
	8 ^h 15 ^m a			$\frac{1}{2}$ (D+I) I	45 0 49 56 41 43	119 27 27 120 29 47	
"	Abril 19	3	3	19	46 45 54	118 43 12 120 51 10	164 30 25 15 29.6 E
	8 ^h 18 ^m a			$\frac{1}{2}$ (2 D) $\frac{1}{2}$ (D+I) $\frac{1}{2}$ (2 I)	4 43 39 25 0 40 41 52 15	120 51 10 122 37 58	
"	Abril 20	3	3	19	51 2	120 9 1	164 33 10 15 26.8 E
	8 ^h 20 ^m a			I 19 " 20	43 52 12 42 2 44	120 42 32 122 2 27	
"	Abril 23	4	4	20	15 23 24 12 38	125 36 51 126 20 8	164 25 4 15 34.9 E
	8 ^h 53 ^m a			$\frac{1}{2}$ (2 D) " 20 $\frac{1}{2}$ (2 I) "	35 8 44 33 29 39	129 12 27 130 30 5	

8. Azimutes

LOCALIDAD	Fecha	Punto observado	Azimut astronómico	Distancia cenital
Potrero Hube, ensenada NO del lago Nahuelhuapi, estacion astronómica.	1894 Enero	Cerro β de la cordillera al sur de la ensenada,	12° 6' 27"	77° 44' 37"
"	"	Cerro α	0 33 7	78 25 12
		Cerro β } en la orilla meridional	12 6 10	77 44 44
		Cerro γ } de la ensenada.	27 0 3	78 37 36
		Cerro δ	57 35 1	82 10 1
		Cerro μ	75 9 21	83 2 57
		Cerro ν	79 40 50	82 20 25
		Cerro ω	85 19 10	81 27 57
		Cerro Bellavista } al N de la ense-	110 59 32	75 46 26
		nada.	131 56 16	81 31 46
		Cerro τ	154 14 37	79 59 8
Potrero Hube, estacion trigonométrica, distante 500 metros al SE de la estacion astronómica.	"	Cerro Pantojo, paso Puyehue.....	73 6 52	85 0 17
Lago Nahuelhuapi, desembocadura del rio Nyrrivao.	"	Monte Tronador, cima S.....	82 20 13	87 37 22
	"	" " N.....	83 7 44	87 47 4
	"	Cerro de la Direccion (1), orilla N del lago Nahuelhuapi.	131 46 19	87 50 38
	"	Cerro Cármen, desagüe del Lago....	264 17 5	85 42 57

(1) Cerro prominente, de forma mui característica.

LOCALIDAD	Fecha	Punto observado	Azmut. astronómico	Distancia cenital
	1894			
Chacra Tauscheck, orilla SE del lago Nahuelhuapi; estacion trigonométrica en la loma situada al sur de la casa.	Enero 19	Monte Tronador, cima S..... " " N..... Estremidad SE de la isla grande del Lago.	92° 10' 21' 92 56 24 130 38 27	87° 39" 23" 87 49 17
Valle Dieciseis de Octubre, boquete N; camp. 22.	" 28	Cerro de la Direccion..... Desagüe del lago Nahuelhuapi..... Cerro Cármen..... Cima oriental del cerro situado en medio del valle. Cerro de la Laguna, en la cordillera al N del boquete. Cerro Tres Puntas, de la cordillera anterior.	159 7 19 232 35 14 244 26 40 74 36 41 204 9 17 232 15 27	88 16 28 87 12 43 76 8 42 76 37 51
Valle Dieciseis de Octubre, comisaría; camp. 23.	" 29 " 31	Cima prominente de la cordillera al S del boquete. Cerro Colorado, de la misma cordillera. Cerro de la Laguna Rio Staleufu, al pié del cerro de Si- tuacion. Cerro Santo Tomas.....	10 9 59 204 9 12 62 19 11 284 20 6	77 50 6 76 8 51 84 5 51

