
ANALES

DEL

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

UN COMPARADOR DE 100 M

PARA CINTAS METÁLICAS, CONSTRUIDO EN EL RECINTO DEL
OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE SANTIAGO

Con motivo de los importantes trabajos jeodésicos que se llevan i se proyecta llevar a cabo en el territorio de la República, nació la idea de construir en un local adecuado, un comparador de cintas metálicas, de 20 a 100 m, que se usan hoy dia en la medicion de las bases jeodésicas.

Despues de visitar algunos edificios fiscales, donde, como el Internado Santiago, los Arsenales de Guerra, etc., este comparador pudiera haberse establecido horizontalmente en un recinto cerrado i cubierto, se pudo llegar al convencimiento de que ésto no era posible, a causa principalmente de que en casi la mayoría de ellos el espacio disponible no alcanzaba a 100 m. Era indispensable darle a lo ménos esta dimension al comparador, por el gran uso que se ha hecho últimamente en todas partes de cintas i de alambres de este largo.

Era tan grande la conveniencia de haber tenido un recinto cerrado i cubierto, evitando así los bruscos cambios de temperatura, que no se abandonó esta idea hasta que se tuvo la certidumbre de que no podria realizarse en esta forma.

Perdida esta esperanza, se visitó entónces el recinto del Observatorio Astronómico, i desde el primer momento quedó decidida la construccion del comparador en ese lugar. En efecto, ademas del gran espacio disponible de los lados poniente i sur, de algo mas de 120 m de largo, habia la circunstancia de ser este establecimiento el mas ligado a las operaciones de esta clase, i desde el primer momento su Director, el señor Alberto Obrecht, ofreció al señor Alejandro Bertrand, autor de la idea, todo jénero de facilidades para su debida instalacion.

A pesar de que hubiera sido mui ventajoso hacer esa construccion en el lado poniente, por la proteccion i sombra de los árboles de aquel lado en la Quinta Normal de Agricultura, sin embargo se desechó la idea porque una de las puertas laterales del recinto se encontraba a ménos de 100 m de la esquina sur-poniente del cierro. Ademas ese lado ofrecia los inconvenientes de ser uno de los de mas tráfico, por la vecindad de la casa-habitacion del Director.

Hubo entónces que resolverse a aprovechar al costado sur del cierro, de 125 m de largo, espuesto al sol i con una inclinacion hácia el poniente de 1,2 %.

Después de pesar los inconvenientes que ofrecía un comparador en pendiente i el de que uno de los extremos estuviese bajo el nivel del suelo, se optó por este último, resolviendo la construcción del comparador a nivel i haciendo en el lado oriente una zanja en corte de 1,40 m de plataforma, con taludes de 2 x 1 (véase el fotograbado anexo).

Para las piedras de los extremos, 0 i 100 metros, se disponía de los monolitos del antiguo anteojito meridiano del Observatorio, que tenían 2,15 m de altura (véase el fotograbado anexo). Cortados a 1,45 m, ellos dieron además de los monolitos de los extremos, dos pequeñas piedras de 62 x 40 x 40 cm para colocarlas a los 20 i los 40 m.

Dos piedras de dimensiones análogas sirvieron para los 60 i 80 m.

Para los 50 m se mandó labrar una piedra de 80 x 75 x 40 cm, pues se iba a colocar también en ella por el Coronel Deinert, jefe de la Sección de la Carta, una marca a los 49,60 m, longitud de la cinta empleada por él en la medición de las bases del levantamiento del Estado Mayor Jeneral.

Los trabajos se comenzaron el 13 de julio de 1903, vijilados por el ingeniero señor Jorje Heuissler B., i con la importante cooperación del primer astrónomo del Observatorio, señor Ernesto Greve.

Se empezó por hacer los heridos para enterrar las piedras terminales, i con la apertura de la zanja a nivel.

En el herido del oriente se encontró cascajo firme a los 1,30 m del suelo, pero se prosiguió hasta los 2,55 m nivel a que debía estenderse una capa de concreto para fundar el monolito (véase la lámina anexa).

En el herido del poniente apareció el cascajo a los 0,60 m i se continuó la escavación hasta 1,55 m de profundidad. El 5 de agosto se bajó el monolito del oriente, por medio de un chaffan a 45° que se hizo al lado norte del herido; previamente se había colocado i dejado fraguar una capa de concreto estendida en toda la sección de la escavación de 30 cm de espesor, con mezcla de 3 de arena, 1 de cal i $\frac{1}{2}$ de cemento.

El 7 de agosto se bajó el bloque del poniente que se hizo apoyar en una capa de concreto de 30 cm de espesor i de la misma mezcla.

En los días subsiguientes del mes de agosto se colocó los bloques de los 20, 40, 50, 60 i 80 m sobre capas de mampostería de 50 cm, estendidas en toda la sección de las escavaciones.

La colocación de los bloques se hizo teniendo presente dos alineaciones: a un tercio de la dimensión del cabezo de las piedras terminales una de otra, i destinadas a que se pudiese medir en ellas: en la del norte, una cinta o alambre apoyado en las piedras 20, 40, 60 i 80 m, i en la del sur, cintas de 49,60 i 50 m i alambres de 100 m apoyados en los puntos 0, 25, 50, 75 i 100 m (1).

Así en la alineación norte, la cinta metálica quedaba apoyada en las piedras de los 20, 40, 60 i 80 m, a un tercio del paramento sur i esta cinta pasaba 10 o 20 milímetros al norte del paramento norte de las piedras de 25, 50 i 75 m.

En la alineación sur, la cinta quedaba a un tercio de dimensión del paramento norte de las piedras de 25, 50 i 75 m i pasaba a 15 o 20 mm del paramento sur de las piedras chicas.

(1) El señor Deinert hizo colocar posteriormente dos piedras más a los 25 i 75 m.

Las piedras de los 20 i 50 m quedaron fundadas en cascajo fino; la de 40 m sobre arena i cascajo fino, la de 60 m sobre greda compacta i la de 80 m sobre greda i cascajo.

La alineacion fué trazada con un teodolito de 15 cm apoyado en las piedras terminales. A pesar del difícil manejo de las grandes piedras de los extremos todas ellas quedaron satisfactoriamente niveladas. Se tomó como la cota cero el nivel del cabezo de la piedra de 20 m, que habia quedado mas baja que las demas a causa de un descenso en la fundacion, hecha en concreto i una capa de cemento puro sin fraguar.

Las cotas de las otras piedras eran las siguientes, que hubo que rebajar:

La de	0 m.....	+13 mm
» »	20 ».....	0 »
» »	40 ».....	+11 »
» »	50 ».....	+17 »
» »	60 ».....	+ 9 »
» »	80 ».....	+14 »
» »	100 ».....	+38 »

Los bloques terminales fueron en seguida rodeados de mampostería de piedra, con la misma mezcla de 3 de arena, 1 de cal i $\frac{1}{2}$ de cemento, i enchapados en la parte superior con esta mezcla i la chapa alisada con cemento puro. Esta chapa se hizo en talud de 5% para facilitar el escurrimiento del agua.

El bloque del oriente, cuya cabeza queda a 1,10 m bajo el nivel del suelo fué rodeado de un muro de albañilería de ladrillos con la misma mezcla anteriormente empleada, i ambos bloques terminales dejan un hueco en la mampostería de $72 \times 40 \times 42$ cm para colocar las piernas i poder sentarse cómodamente durante la operacion de medir. La mampostería de los 50 m tiene tambien un hueco de $105 \times 40 \times 42$ cm. Estos huecos están comunicados por pequeños tubos de 2 pulgadas de diámetro, con resumideros colocados a 5 m al norte de los bloques de mampostería para evitar la acumulacion de aguas lluvias.

El recinto del bloque oriente, enchapado con mezcla, tiene tambien una canaleta perimetral, comunicada con el resumidero i destinada igualmente a recojer las aguas lluvias.

Luego que se decidió que el bloque del oriente llevase el *cero* del comparador, se le proveyó de dos círculos de plata del diámetro de la moneda de un peso (35 mm) i colocados en el primero i segundo tercio del ancho del cabezo de los bloques.

Se colocó en la piedra de los 100 m dos placas de plata de 106 mm de largo, del mismo ancho que las anteriores i 2 mm de espesor, que fué dividida de medio en medio milímetro i en un largo de 10 cm por el señor Alfredo Krahnass, del Observatorio Astronómico. Una línea longitudinal partia en dos estas divisiones i permitió hacer coincidir los ejes de las planchas i las alineaciones.

Las líneas fueron grabadas por el señor Krahnass, pasando dos veces su máquina de dividir con 100 gramos de peso, i las divisiones quedaron de un grueso de 0.05 de milímetro mas o ménos.

Las placas iniciales o *cero* están empotradas en las piedras por medio de dos pernos de bronce de 15 mm de largo, provistos de una cabeza de 11 mm por lado; las placas de los 100 m tenían 4 pernos como los anteriores i dispuestos en fila.

En las piedras de 20, 40, 50, 60 i 80 m se colocaron planchas de bronce de 10,6 cm i provistas de los mismos pernos.

Los taladros hechos en las piedras eran mas anchos abajo que arriba i se llenaron de una mezcla de cemento puro al colocar las placas.

Todas éstas fueron colocadas de manera que sobresaliesen una fraccion de milímetro encima de las piedras para poder hacer bien la coincidencia de las marcas.

Ya colocadas las placas iniciales i las terminales, se pensó en hacer una comparacion de cinco cintas: las signadas con los números 249, 250, 251, 252 i 253, de 100 m de largo i de $2 \times 0,4$ mm de seccion, que poseia la Oficina i que habian sido observadas por el United States Coast & Geodetic Survey (Standard Weights & Measures Office).

Estas cintas habian sido comparadas en Washington el 30 de junio de 1899, apoyadas en toda su longitud i a temperaturas que variaban de 23° a 26° C. En las cuatro primeras habian sido observados los extremos superiores de las marcas (puesto el 0 a la izquierda i los 100 m a la derecha) i solo en la última (la 253) los extremos inferiores.

Segun los certificados correspondientes las correcciones de las cintas reducidas a 0° eran las siguientes:

249.....	0 mm
250.....	+ 2,0
251.....	— 0,4
252.....	— 0,9
253.....	+ 1,9

El coeficiente de dilatacion aceptado era de 0,000011.

La tension a que se habia sometido las cintas en la comparacion era solo de 5 kg de suerte que empezamos por tratar de comprobar i rectificar los dinamómetros que podian emplearse.

Los dinamómetros enviados de Washington eran mui poco sensibles: los 5 kg abarcaban solo 8,5 milímetros. Los que podian conseguirse en el comercio estaban graduados de medio en medio kilógramo, abarcando por lo jeneral 22 kg en 52 mm o sea 2,4 mm por kilógramo, lo que era mui poco.

Hubo entónces que pensar en construir un dinamómetro especial, lo que se hizo con un doble resorte de bronce i con pesos que fueron comprobados en la Casa de Moneda de Santiago.

Se tuvo así un dinamómetro graduado de kilógramo en kilógramo i en la que las divisiones distaban nueve o diez milímetros unas de otras. En la operacion de graduar el dinamómetro intervino tambien la esperimentada mano del señor A Krahnass. Sin embargo, luego pudimos convencernos que este dinamómetro tenia una indecision o inercia de como 100 gramos, que no podíamos aceptar.

Salimos momentáneamente del apuro usando un pequeño dinamómetro nikelado que poseia el señor Bertrand desde mucho tiempo atras, dividido de 100 en 100 gramos por líneas distantes 0,9 mm i cuya comprobacion reveló una excelente construccion.

Como era difícil conseguir una superficie a nivel i libre de un gran frotamiento, se

pensó en sostener las cintas por medio de estacas suficientemente cercanas para que los acortamientos producidos por las flechas parciales fuesen insensibles.

Estas i otras cuestiones semejantes fueron resueltas fácilmente con ayuda de las fórmulas dadas en el completo estudio sobre la *Mathematical Theory of metallic tapes* publicada en la página 480 i siguientes del *Report of the Superintendent of the U. S. Coast & Geodetic Survey, for the fiscal year ending June 30, 1892.*—Washington, 1894.

Así, para nuestras cintas de 8,3 gramos por metro i sometidas a una tension de 5 kg se determinó el acortamiento que se produciría en los 100 m colocando los apoyos a 2 m unos de otros.

Mediante la fórmula:

$$L_{\infty} - L_n = \frac{l}{24} a^2 n l^3$$

en que

$$a, \text{ es la razon } \frac{\omega}{\tau} = 0,0017$$

$$\omega, \text{ el peso de la cinta por m} = 8,3 \text{ g}$$

$$\tau, \text{ tension} = 5\,000 \text{ kg}$$

$$n, \text{ número de tramos} = 50 \text{ i}$$

$$l, \text{ largo de los tramos} = 2 \text{ m}$$

el acortamiento resultó ser de 0,046 mm, sobre los 100 m, lo que consideramos despreciable en nuestras observaciones.

Para soportar la cinta colocamos entónces al lado norte de la alineacion norte estaciones de roble de 45 × 10 × 5 cm, enterrados en el suelo 15 cm a golpe de mazo.

En el canto sur de los estacones se fijó, por medio de tornillos, carretillas de madera de 3 cm de diámetro, susceptibles de jirar libremente.

Las estacas no quedaron todas bien verticales, pero las carretillas respondian a una perfecta alineacion, i las jeneratrices donde deben descansar las cintas fueron traídas al plano horizontal de las placas con una aproximacion de 2 a 3 milímetros.

Como en el macizo de mampostería de los 50 m no pudiese enterrarse estaca, se construyó un aparato de madera (véase la lámina anexa) para el sostenimiento de la carretilla correspondiente.

Determinamos en seguida por la fórmula:

$$\Delta L = \frac{l}{4} a^2 l^3.$$

el acortamiento producido por la omision de un soporte, haciendo:

$$a = 0,0017$$

$$l = \text{longitud del tramo sin omitir soporte} = 2 \text{ m}$$

i resultó:

$$\Delta L = 0,006 \text{ mm}$$

Como se ve, será necesario omitir mas de diez soportes para que el error pueda ser apreciado.

Determinamos entónces la flecha que tendrá esta cinta en un tramo de 4 m con el objeto de determinar la precision con que deberá colocarse las estacas a fin de que no fuese omitido ningun soporte.

Por medio de la fórmula:

$$y = \frac{1}{2} a x^2 + \frac{1}{24} a^3 x^4 + \dots \left(\frac{1}{2} x^2 + \frac{1}{6} a^2 x^4 + \dots \right) \mu \omega$$

en la que no empleábamos sino el primer término

$$y = \frac{1}{2} a x^2$$

i en que

$$a = 0,0017 \text{ i}$$

$$x = \text{la mitad del tramo} = 2$$

resultaba

$$y = 3,4 \text{ mm}$$

Se determinó las variaciones provenientes de la diferencia de tension por medio de la fórmula:

$$\Delta L = n l \mu \Delta \tau + \frac{1}{12} a^2 n l^3 \frac{\Delta \tau}{\gamma}$$

en que,

$\Delta \tau$ = diferenciade tension = 25 g μ = la recíproca del módulo de elasticidad de la cinta multiplicado por el área de su seccion trasversal.

Este coeficiente deducido de nuestros esperimentos era de 45×10^9 , siendo el gramo la unidad; el módulo de elasticidad seria de 22 000 mas o ménos para nuestra cinta.

Haciendo el cálculo resulta que por una diferencia de 25 g en la tension, el alargamiento será de 0,112 mm En el dinamómetro de nikel, 25 g corresponden a 0,2 mm, lo que demuestra la importancia de la buena construccion de este aparato en las operaciones.

Las esperiencias hechas para la determinacion del módulo de elasticidad fueron las siguientes:

En la tarde del 17 de setiembre se observó las cintas 252 i 251, cuando el comparador estaba ya en la sombra despues de un dia de Sol.

Se colocó tres termómetros, a los 16, 50 i 84 m para tratar de tomar la temperatura correspondiente a cada uno de los tercios de las cintas.

Los termómetros fueron suspendidos en el extremo de varillas de madera, atornilladas en las estacas 16 i 84 i susceptibles de jirar en un plano vertical para que la ampollita de los termómetros quedase al mismo nivel de la cinta.

En los 50 m el termómetro se colgó del extremo de un liston de madera sujetado en la parte superior del corte de la escavacion.

La ampollita de los termómetros se introdujo en una espiral de alambre de acero, bajo el supuesto de que tendria la misma temperatura de la cinta.

Las observaciones hechas fueron las siguientes:

CINTA 252

Tension	Hora P. M.	Lectura a 100 m	Temper. Términ. medio	Lect. corregids. para temp. 14,3°	Alargamients. mm
5 kg	5.17	63,6	14,8 C	63,0	4,2
6 »	5.19	67,4	14,5	67,2	9,1
4 »	5.22	58,8	14,4	58,1	4,8
5 »	5.25	63,0	14,3	63,0	

o sea en término medio 4,55 mm por kilógramo.

CINTA 251

Tension	Hora P. M.	Lectura a 100 m	Temper. Términ. medio	Lect. corregids. para temp. 13,5°	Alargamients. mm
5 kg	5.36	61,5	13,8 C	61,2	3,9
6 »	5.38	65,3	13,7	65,1	9,1
4 »	5.40	56,2	13,7	56,0	5,0
5 »	5.43	61,0	13,5	61,0	

o sea en término medio $4,112$ mm por kilogramo, de acuerdo con el cálculo, que dió $0,112$ mm por 25 g.

El módulo de elasticidad de las *dos cintas* resulta muy cerca de 22 000.

Anteriormente a estas experiencias se había construido dobles aparatos para sujetar las cintas en los extremos, a los que quedaban adoptadas por medio de trozos de cadenas. Estos aparatos permitían un juego de 15 mm para hacer que uno de los bordes de la cinta coincidiese con el eje de la planchita graduada.

En el extremo de los 100 m se colocaba además un soporte para el dinamómetro con que se estiraba la cinta.

El 24 de setiembre se repitió la experiencia para la determinación del módulo de elasticidad. Se empleó entonces una nueva cinta, la 253, haciendo la operación en condiciones muy uniformes de temperatura.

CINTA 253

Tension	Hora P. M.	Lectura a 100 m	Temper. Termin. medio	Lect. corregids. para temp. $14,0^{\circ}$	Alargamientos mm
4 kg	4.09	54,7	$14,1^{\circ}$	54,6	
5 »	4.11	59,2	$14,1$	59,1	4,5
6 »	4.11	64,5	$14,0$	64,5	5,1

o sea un módulo de 20 000 para la *cinta* número 253.

En este caso la ampollita de los termómetros se cubrió con un pedazo de cinta de acero en espiral, de una sección próximamente igual a la de la cinta.

§

El 18 de setiembre, día nublado, se hizo un ensayo para determinar con nuestras cintas la lectura más probable para los 100 m

Con este objeto comprobamos la graduación de los termómetros que usábamos—4 381 4 382 i 4 391—aunque los dos primeros ya habían sido observados en Washington.

Se comprobó el *cero* con hielo derretido, i se les comparó además con el termómetro normal del Observatorio Astronómico, sumerjiendo sus cubetas en un baño de mercurio, donde se les dejaba a lo menos media hora.

En el hielo resultaron las correcciones siguientes:

4 381.....	-0,1 mm
4 382.....	0 »
4 391.....	-0,2 »

i a 22° de temperatura dieron:

Termómetros	2.25 P. M.	2.50 P. M.	3.10 P. M.
4 381	+0,1	+0,1	-0,05
4 382	+0,1	+0,1	-0,05
4 391	+0,2	+0,1	0

que dió, tomando los términos medios e interpolando para las temperaturas comprendidas entre 11° i 22°:

Termómetros	11°	13,75	16,5	19,25	22°
4 381	-0,05	-0,01	+0,01	+0,03	+0,05
4 382	+0,03	+0,03	+0,04	+0,04	+0,05
4 391	-0,05	-0,01	+0,03	+0,06	+0,10

entre 11° i 14° la suma de las correcciones era próximamente igual a cero (2).

Colocados los termómetros en los 16, 50 i 84 m, con sus ampollas cubiertas de alambre enrollado en espiral, se anotó:

Cintas	Hora P. M.	Temp. media	Lecturas	Lecturas corregidas
253	4.07 a 15	13,75	58,05	45,5
249	4.28 a 33	13,77	59,40	44,5
250	4.43 a 46	13,70	58,13	45,0
251	4.52 a 55	13,43	60,40	45,2
252	5.19 a 20	13,17	60,65	45,5

(2) Recuérdese que con el coeficiente 0,000011 i con una cinta de 100 m, un décimo de grado en a temperatura da una diferencia de un décimo de milímetro en el largo.

o sea en término medio i en números redondos, 45,0, con una indecision de $\pm 0,5$ mm o sea una aproximacion de 1 por 100 000.

Como las indicaciones del dinamómetro hacian un papel mui importante en la comparacion de las cintas, $-0,2$ mm en las lecturas del dinamómetro daban $0,1$ mm en el largo de los 100 m, — se hizo un aparato para aplicar directamente pesos a los extremos de las cintas sin necesidad de dinamómetro. Se componia de una polea o rueda de 7 cm de diámetro, cuyo eje de 11 mm jiraba sobre cuatro ruedecitas de bronce, dos en cada extremo del eje de la polea.

Se pudo comprobar que la inercia del aparato no sobrepasaba 25 g, o sea $0,1$ mm en la lectura de los 100 m.

En efecto, cuando agregábamos a los 5 kg sobrepesos de 25 g, que deberian dar un sobreestiramiento de $0,1$ mm, no se notaba cambio alguno en la longitud de las cintas, i con 50 g se producía un mayor alargamiento de $0,11$ mm en vez de $0,2$, que da el cálculo.

Por otra parte, cuando se iba aumentando gradualmente el peso hasta 5 kg, la lectura era como $0,5$ mm, menor que cuando se iba gradualmente disminuyendo hasta ese peso, diferencia que se reducía a solo $0,1$ m despues de repetidos golpecitos sobre el aparato.

Esto hace ver la necesidad de conocer exactamente el *modus operandi* seguido en la comparacion orijinal de cintas para medir bases jeodésicas, con el objeto de emplear exactamente el mismo para medir el comparador.

El 12 de octubre hicimos las nuevas observaciones sin dinamómetros, en un dia nublado, como en las anteriores, obteniendo los resultados siguientes:

Cintas	Hora P. M.	Temp. media	Lecturas	Lecturas correjidas
249	4.13	16, ^o ₇	63, ₃₀	45, ₀
250	4.40	16, ₃	60, ₆₅	44, ₇
251	4.53	16, ₀	63, ₃₀	45, ₃
252	5.15	15, ₇	63, ₈₀	45, ₆
253	5.27	15, ₄	60, ₃₀	45, ₃

resultando para los 100 m como el 18 de setiembre, en término medio 45,0 con mas o ménos medio milímetro de aproximacion.

Dados nuestros medios de observacion, confiamos dar entónces los 100 m en el comparador con una aproximacion de 1 en 100 000.

El 31 de octubre se hizo observaciones semejantes para trazar en la placa de los 20 m la raya que correspondia a esta medida. Se ha preferido dejar para mas tarde el trazado de las divisiones de las piedras 40, 60 i 80 m, para las que hai ménos urjencia.

En la línea de los 20 m se observó cuatro de las cintas, dando una diverjencia máxima de medio milímetro.

Santiago, noviembre de 1903.

LUIS RISO PATRON-S.,
Injenero 1° de la Oficina de Límites.

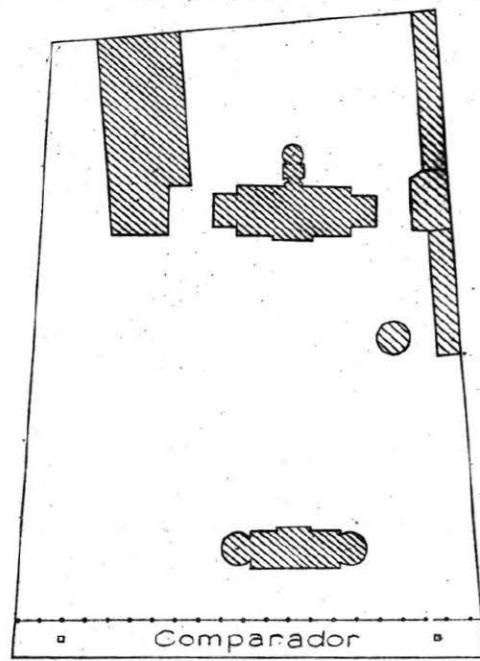




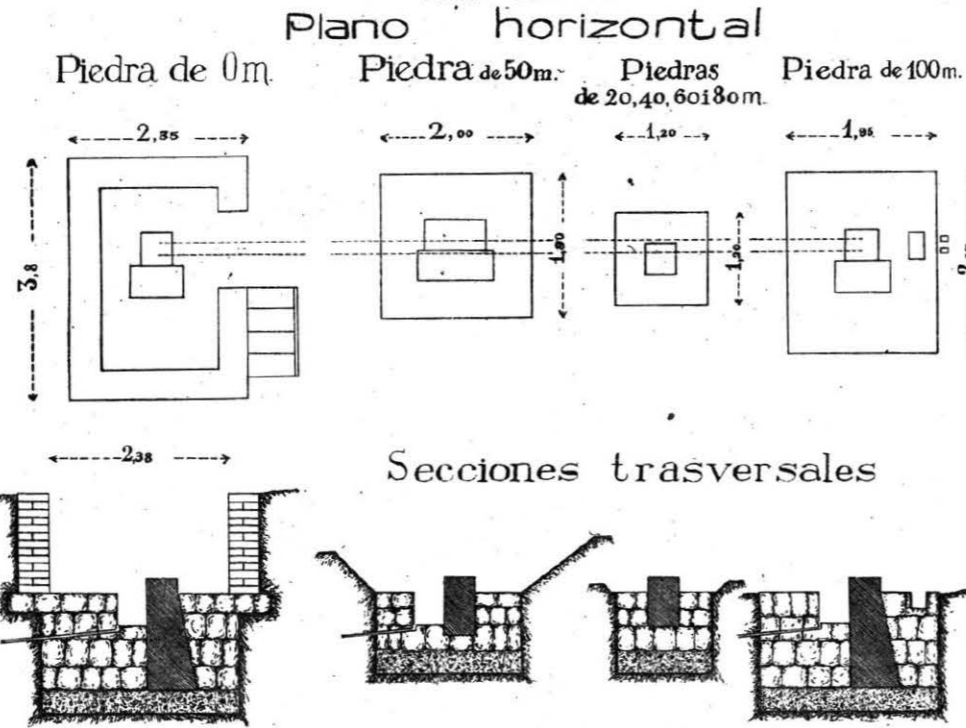
Vista del Comparador, desde el extremo poniente.

COMPARADOR DE QUINCENAS METÁLICAS

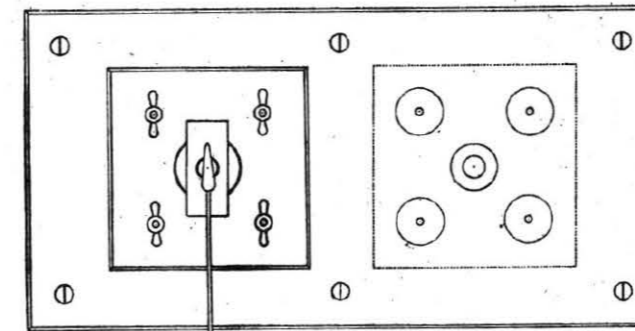
Recinto del Observatorio Astronómico
 $\frac{1}{2}'' = 1m.$



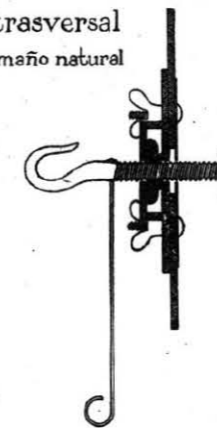
Piedras i fundaciones
 1cm. = 1 metro



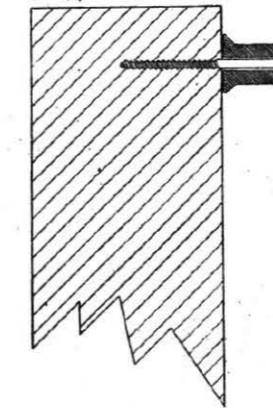
Aparatos para sujetar las cintas
 En el 0m.
 $\frac{1}{4}$ tamaño natural



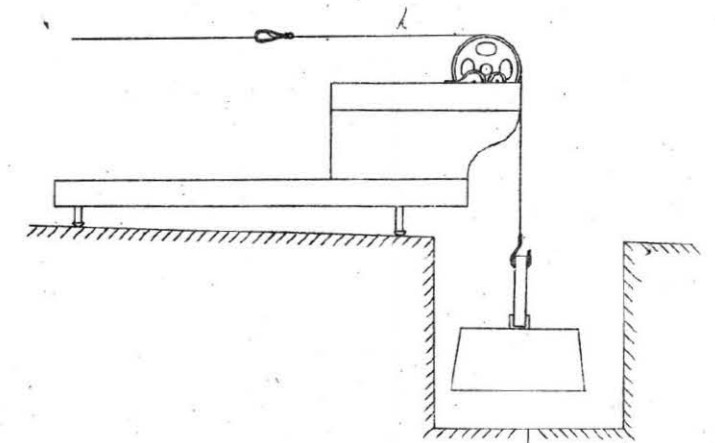
Corte trasversal
 $\frac{1}{4}$ tamaño natural



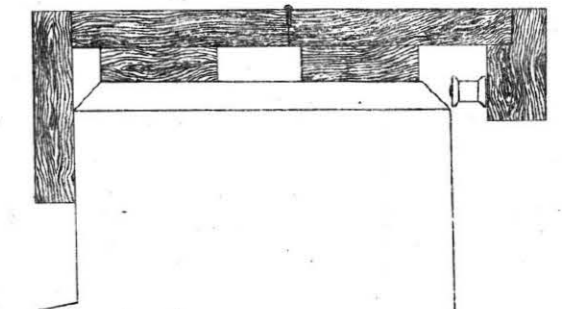
Estacones i carretillas
 $\frac{1}{4}$ tamaño natural



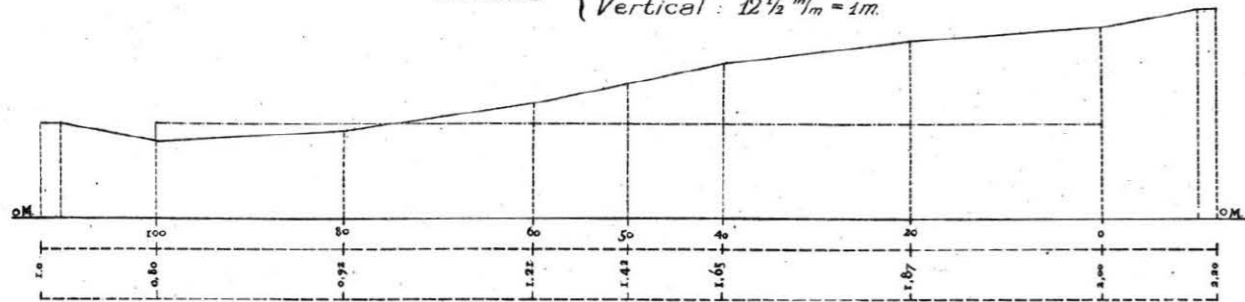
Aparato trasmisor de tension
 $\frac{1}{8}$ tamaño natural



Aparato para la carretilla de los 50m
 $\frac{1}{8}$ tamaño natural



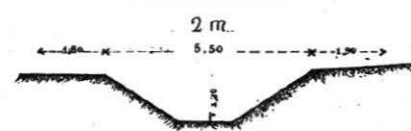
Perfil longitudinal
 Escalas { Horizontal: $2\frac{1}{2}'' = 2m.$
 Vertical: $12\frac{1}{2}'' = 1m.$



Seccion a los
 40m.

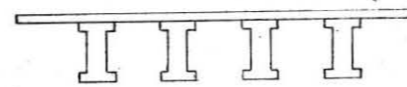
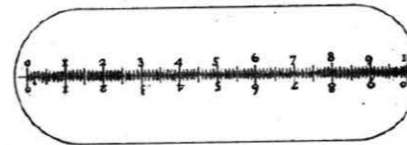


Seccion a los
 2m.

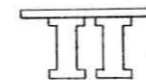
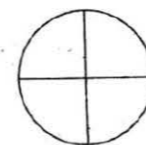


Escala: $5'' = 1m.$

Placas de los 100m.
 $\frac{1}{2}$ tamaño natural

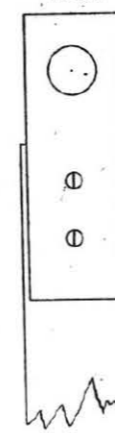


Placa del 0m.
 $\frac{1}{2}$ tamaño natural



A los 100m
 $\frac{1}{4}$ tamaño natural

Vista



Corte

