

EL CAMPO MAGNETICO TERRESTRE

GENERALIDADES

EL OBSERVATORIO GEOMAGNETICO DE FUQUENE DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR

CLEMENTE GARAVITO BARAYA

La tierra manifiesta un campo magnético como si tuviera en su seno una pequeña barra imantada relativamente corta, de momento magnético 8.1×10^{25} unidades c. g. s. (Fig. N° 1).

Este campo está oscilando continuamente. Algunos de sus movimientos son periódicos como la variación diurna y la variación secular y otros son irregulares y se presentan intempestivamente como sucede con las tempestades magnéticas y con las manchas solares. Pueden durar desde algunas horas hasta varios días y algunas de sus manifestaciones

son: auroras boreales y australes, disturbios en las ondas usadas en radio-comunicaciones y perturbaciones en las agujas magnéticas.

A unos 1.900 Kms. del polo Norte Geográfico se encuentran tres focos o polos magnéticos, de los cuales el mayor se halla en la Isla del Príncipe de Gales y los otros dos en la Isla de Bathurst y en la Península de Boothia.

En la zona antártica, a cerca de 2.500 Kms. del polo sur-geográfico, se ha localizado un polo sur magnético.

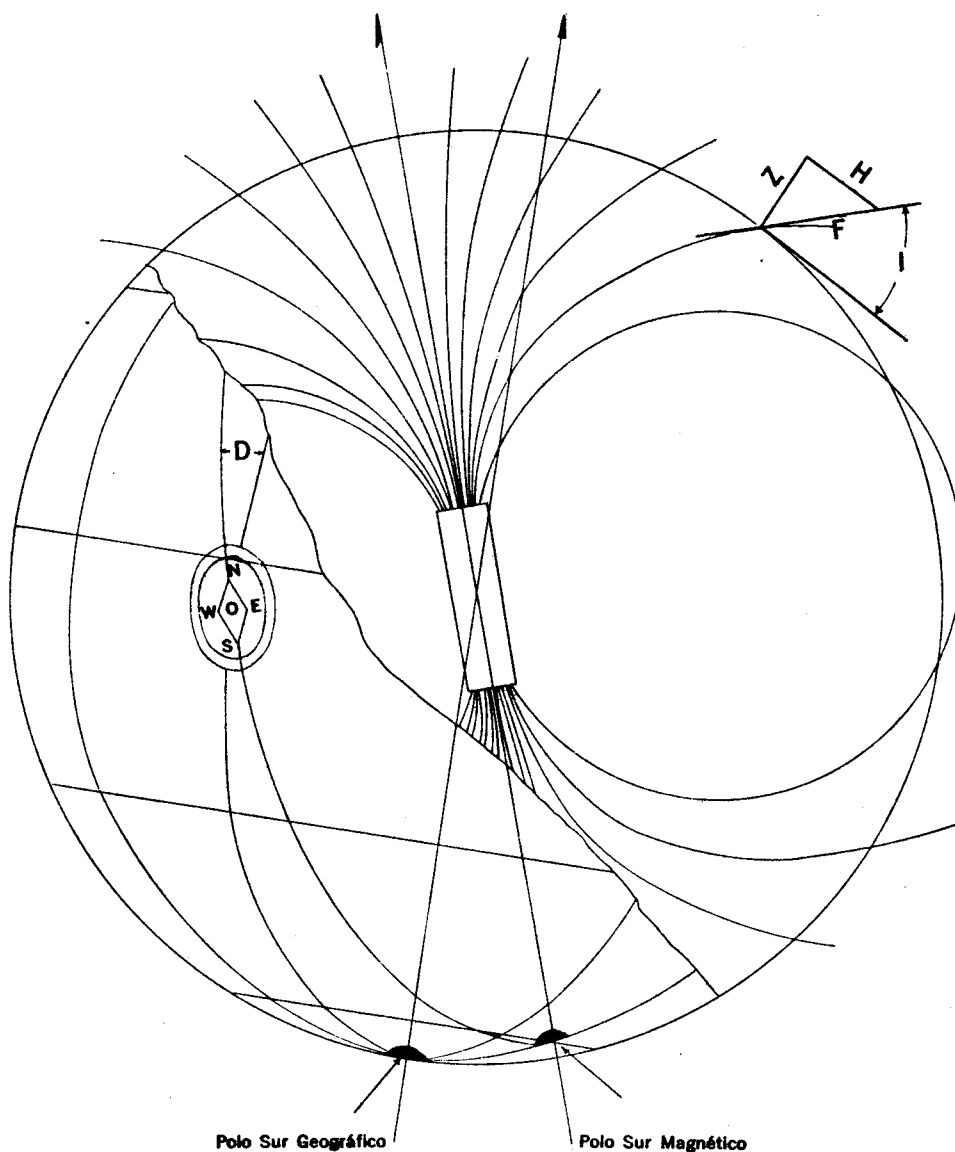


Figura No. 1

La línea que une los polos magnéticos de la tierra no coincide con un diámetro de ésta y se aparta en más de 1.000 Kms. de su centro geográfico.

La unión de los puntos en donde la inclinación de las líneas de fuerza del campo magnético terrestre es cero grados, determina el Ecuador magnético, curva irregular sometida a pequeñas variaciones, que, en Africa, Asia y gran parte del Pacífico, está situada al Norte del Ecuador Geográfico y al Sur de éste en Sur América.

Se han determinado polos geomagnéticos teóricos que se apartan de los focos magnéticos reales en varios centenares de kilómetros.

El círculo máximo equidistante de estos puntos es el Ecuador Geomagnético.

CUADRO DE COORDENADAS

Polos	Latitud	Longitud
Norte Magnético	73° N	100° W de Gr.
Sur "	68° S	144° E
Norte Geomagnético	78.6 N	70°. I W
Sur "	78.6 S	109°.9 E

La intensidad y dirección de las líneas de fuerza del campo magnético terrestre varían de acuerdo con la latitud, como muestra la figura N° 2; en el Ecuador Magnético la componente horizontal (H) de la fuerza es máxima y la vertical (Z) nula; a medida que la latitud crece, (H) disminuye y (Z) aumenta, hasta que en los polos magnéticos (H) es nula y (Z) es máxima.

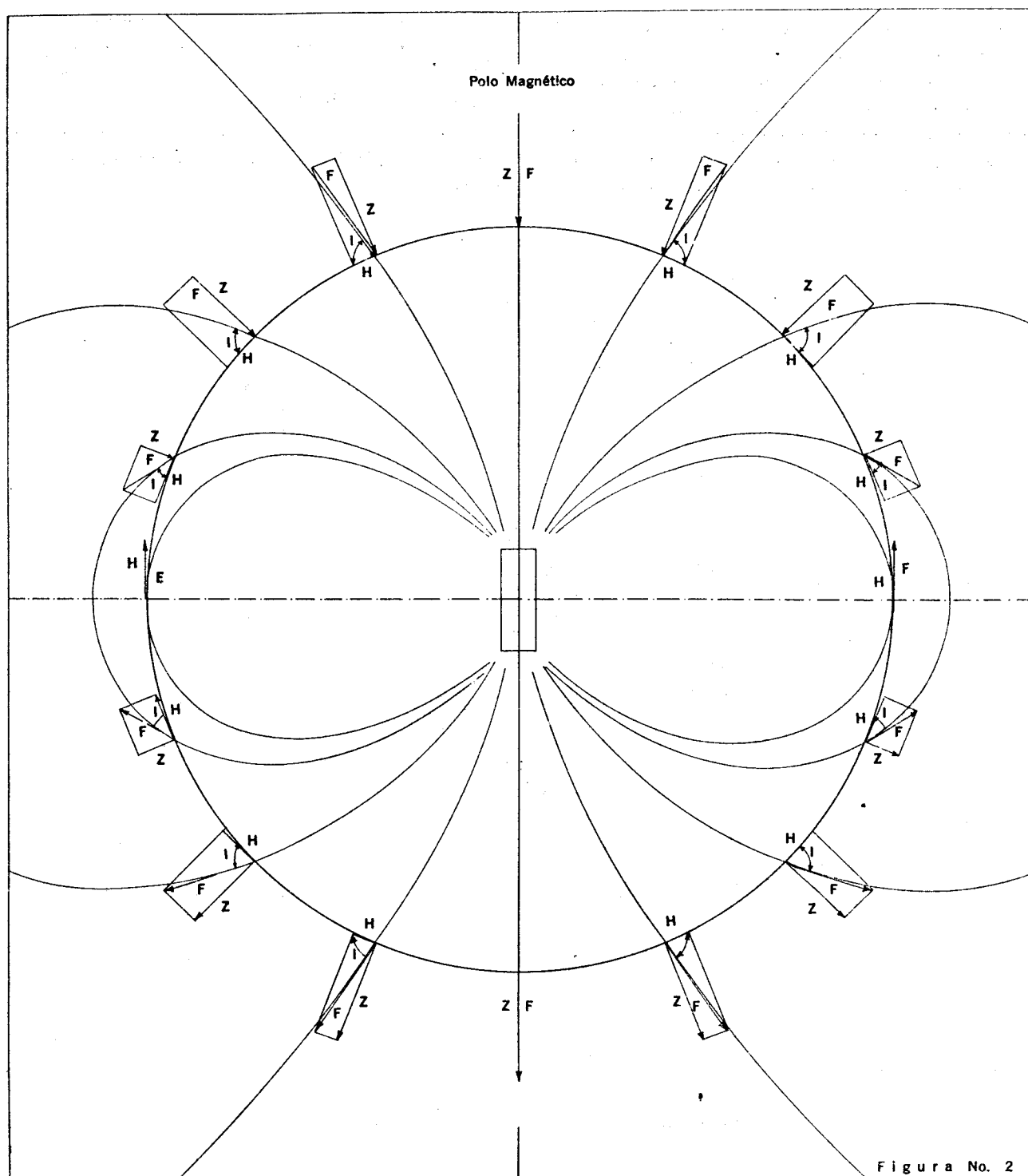


Figura No. 2

Además la proyección de la línea de fuerza sobre el plano horizontal forma con la meridiana geográfica un ángulo, la declinación. Hay lugares, como en Cúcuta, donde la aguja magnética indica la dirección del norte geográfico y lugares, como en las islas Isachaser y Longheed, donde la punta norte de la brújula indica el sur geográfico, es decir la declinación varía desde 0° hasta 180°.

La latitud magnética de un punto es función de su inclinación y está dada por la fórmula $tg \phi = 2tg I$, donde I es el valor de la inclinación observada.

Las coordenadas geomagnéticas del Observatorio de Fúquene se determinaron resolviendo el triángulo esférico: Polo geográfico, Polo geomagnético y punto estación Fúquene y se obtuvieron los siguientes valores: Latitud geomagnética 16°.9 N; longitud geomagnética 355°.1 E y declinación teórica 1°.0; su latitud magnética en la actualidad es de 18°.5 N, mientras que su coordenadas geográficas son: Latitud 5° 28' N, longitud 73° 44' W.

Para estudiar las líneas de fuerza del campo magnético terrestre se determina: su dirección con respecto al norte geográfico, declinación (D) y con respecto al horizonte, inclinación (I), en grados sexagesimales y la proyección de la fuerza en el plano horizontal (H), en gammas o sea en cienmilésimos de gauss.

La unidad de intensidad magnética es el "oerstedt". No obstante, en la práctica se usa el "gauss"—unidad de inducción o densidad del flujo magnético— porque la permeabilidad del aire es casi igual a la unidad. El gauss corresponde a la intensidad de un campo que obra sobre la unidad de polo magnético con la fuerza de una dina. En geomagnetismo se usa como unidad la "gamma" que equivale a 0.00001 de gauss.

A continuación se dan los datos de los elementos magnéticos D, H, I, en tres lugares del país, para la época de 1956.0:

Lugar	D.	H.	I.
Riohacha	0° 29'W	29 720γ	42° 38'N
Fúquene	1° 04'E	30 440γ	33° 46'N
Tumaco	4° 46'E	30 760γ	26° 43'N

DESCRIPCION DE LOS INSTRUMENTOS DE REGISTRO FOTOGRAFICO

Para el estudio de los elementos del campo magnético terrestre se ha instalado en Fúquene, en el Observatorio de Variómetros, un magnetógrafo Ruska sensitivo. Consta de tres variómetros que registran respectivamente la declinación magnética (D), la intensidad horizontal (H) y la intensidad vertical (Z), fotográficamente, durante las 24 horas del día, en un tambor provisto de mecanismo de relojería.

Cada variómetro produce dos trazas; una que indica las variaciones del respectivo elemento y otra fija o línea de base, con relación a la cual se mide la amplitud del movimiento.

La instalación se efectuó de tal manera que la ordenada fuera proporcional al valor absoluto de cada elemento (Fig. N° 3) y (Fig. N° 4).

Las ordenadas leídas en el magnetograma se corrigen de la deformación producida por el revelado fotográfico, comparando las distancias entre dos marcas fijas antes y después de dicho proceso.

Un cronómetro dotado de un dispositivo eléctrico especial registra trazas horarias en el magnetograma con error inferior a 30 segundos; diariamente se compara con las señales horarias de la emisora W. W. V. y se corrige su estado.

Las variaciones de la temperatura se registran también fotográficamente por medio de un termógrafo colocado en el variómetro (Z). Adicionalmente los tres variómetros tienen termómetros para hacer lecturas directas.

La humedad ambiente dentro del Observatorio de variómetros se controla por medio de cloruro de calcio colocado en conos de cobre.

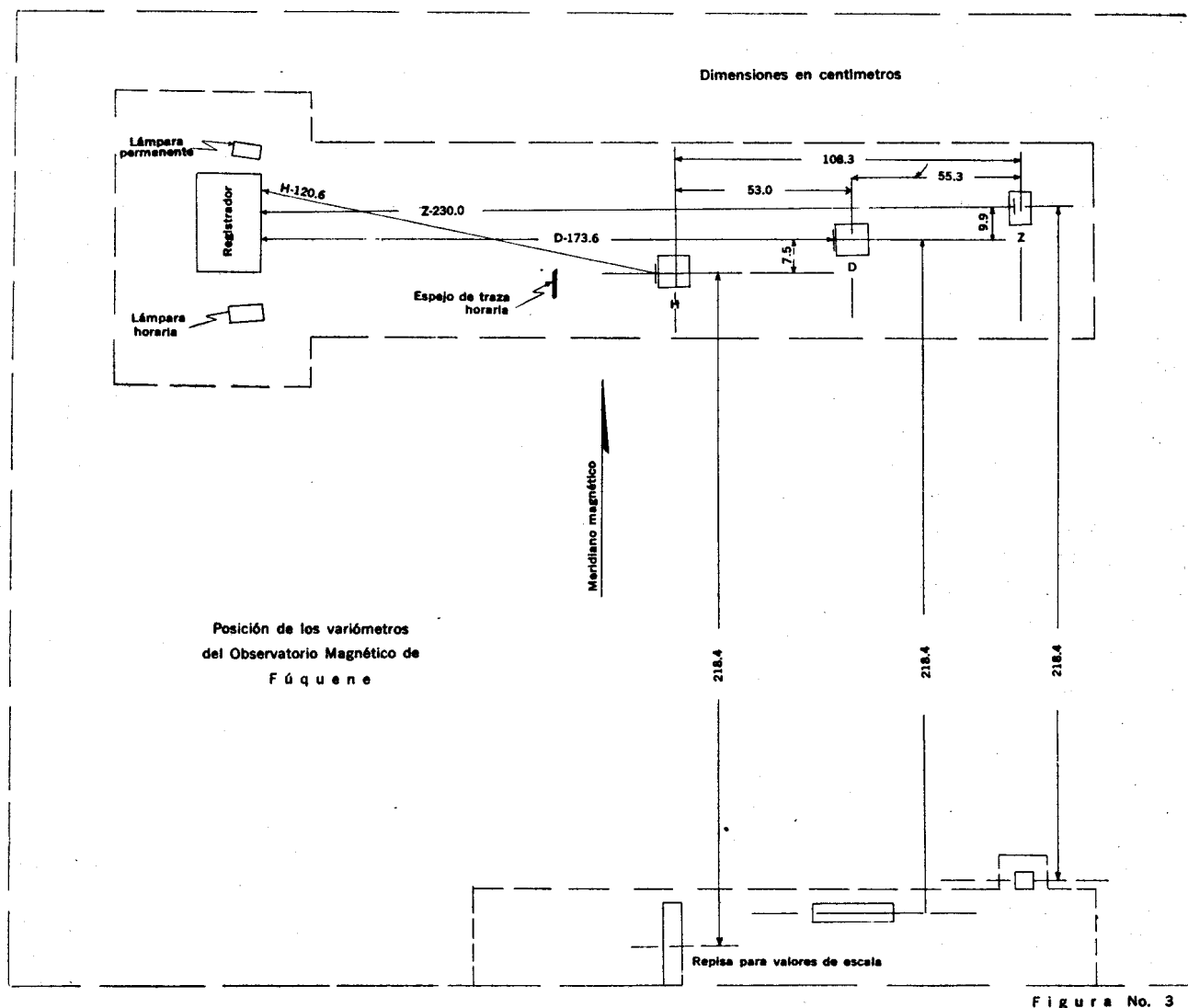
VARIOMETROS

El variómetro de Declinación consta principalmente de un pequeño imán permanente de alnico* de 2 mm. de diámetro por 10 mm. de longitud y momento magnético de 11.3 unidades c.g.s., suspendido de una fina fibra de cuarzo de 0.02 mm. de diámetro. Orientado en el meridiano magnético, registra las variaciones de la declinación, es decir, de la componente horizontal E-W del campo. Se instaló de manera que 1 mm. represente 1.00 minutos de arco u 8.88 gammas y está provisto de un imán corrector de momento magnético 10.4 unidades c.g.s.

En el variómetro (H), el imán permanente de alnico, cilíndrico, de 2 × 10 mm. y momento magnético de 12.6 unidades c.g.s., suspendido en una fibra de cuarzo de 0.05 mm. de diámetro, orientado en el primer vertical magnético por torsión de la fibra, registra las variaciones de la componente horizontal N-S del campo magnético o intensidad horizontal. Este variómetro tiene un imán compensador de temperatura de 174.9 unidades c.g.s. y está calibrado para que registre 3.9 gammas por milímetro.

El variómetro (Z) tiene un par de imanes permanentes en forma de aletas de 8.1 cms. de longitud, apoyados en su centro de gravedad sobre cuchillas de ágata y con su eje magnético balanceado horizontalmente de tal manera que puede oscilar en el plano vertical. Está orientado en la meridiana magnética y registra las variaciones de la com-

* Alnico: aleación de aluminio, níquel y cobalto.



ponente vertical del campo. Tiene un imán compensador de temperatura de 273.8 unidades c.g.s. y su valor de escala actualmente es de 3.9 gammas por milímetro.

DESCRIPCION DE LOS INSTRUMENTOS DE VALORES ABSOLUTOS

La determinación del valor absoluto de la declinación, intensidad horizontal e inclinación se efectúa en Fúquene con el magnetómetro e inductor terrestre Askania N° 578182, instrumento patrocinado en el Observatorio Magnético de Cheltenham, Md., en 1952.

Se le determinaron las siguientes constantes: Valor de la escala —Momento de inercia— Coeficiente de temperatura —Factor de inducción— y se adoptó su corrección por coeficientes de distribución, para que el valor de la intensidad horizontal quedara sin error índice instrumental.

MAGNETOMETRO

La declinación magnética se determina por medio del imán de aletas con su aditamento de inversión, suspendido de una fibra de oro, a la cual se le ha quitado previamente la torsión.

Se observa directamente el valor absoluto del azimuth magnético a una señal fija en un momento dado y se compara con el azimuth astronómico anteriormente determinado.

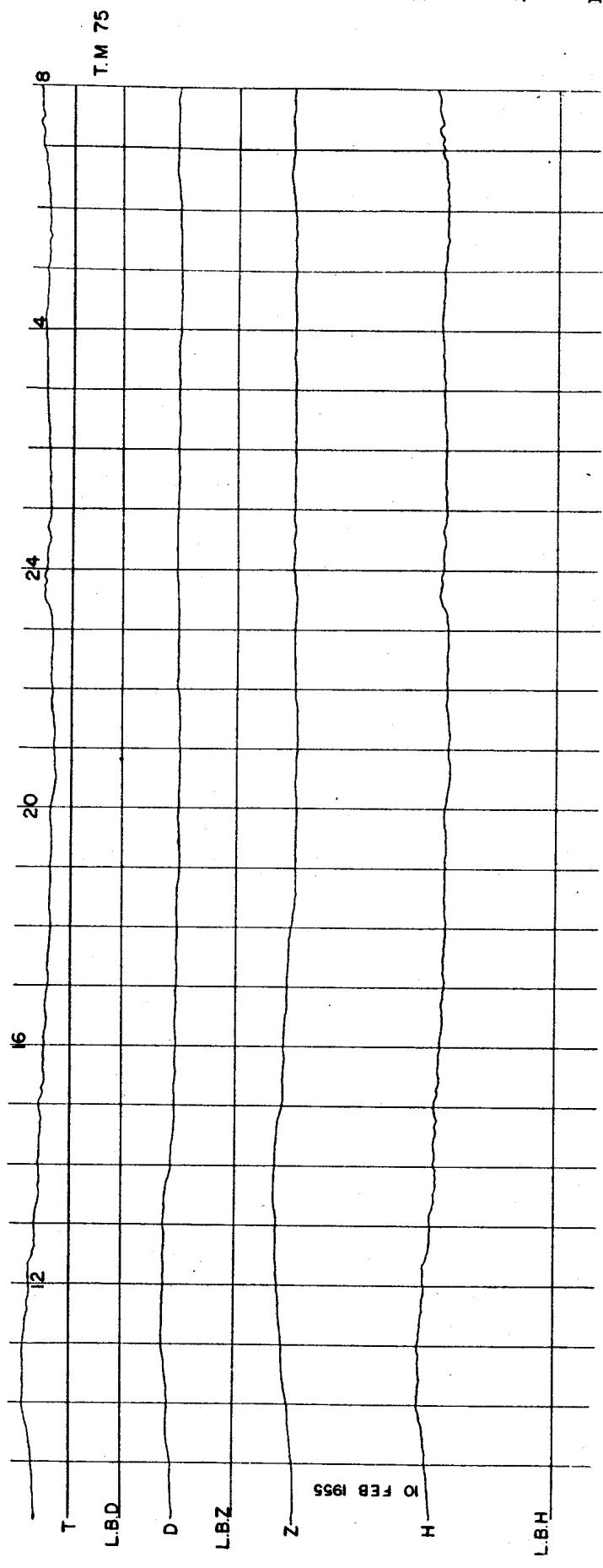
El valor absoluto de la componente horizontal se obtiene relacionando el período de oscilación de un imán de momento magnético conocido y suspendido de una fibra de oro, con las deflexiones que el mismo produce sobre un imán de aletas, cuando se coloca a cada lado de éste y a distancias calibradas.

INDUCTOR TERRESTRE Y GALVANOMETRO

La determinación de la inclinación se efectúa con el inductor terrestre, que consta principalmente de un pequeño generador cuya bobina se hace girar en el campo magnético terrestre, y cuyo paso de corriente es registrado por un galvanómetro. Cuando su eje de giro se coloca paralelamente a las líneas de fuerza, no hay paso de corriente y el ángulo de inclinación del eje de la bobina en ese momento es la inclinación de las líneas de fuerza.

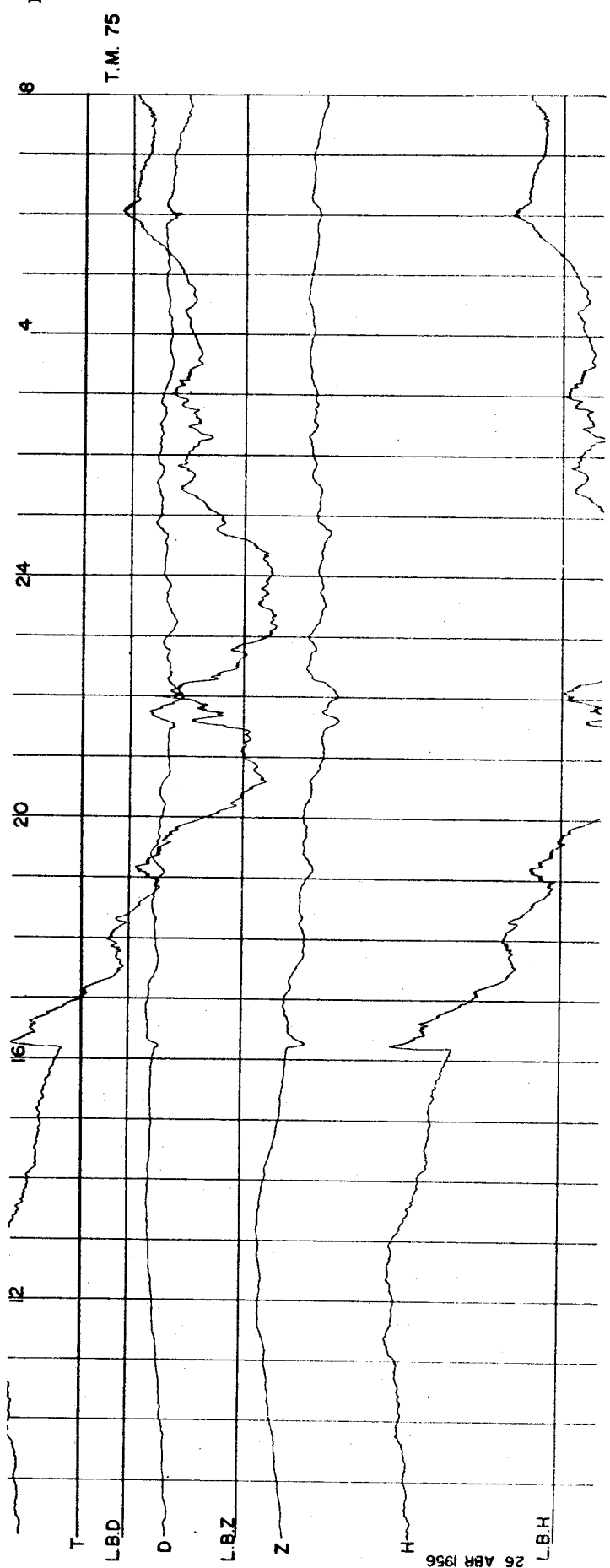
El galvanómetro de Kelvin tipo astático registra corrientes hasta del orden de 1×10^{-12} amperios.

Figura No. 4 — Magnetograma (día tranquilo).



- CONVENCIONES:
- T = Traza de temperatura.
 - LBD = Línea base de D (declinación).
 - D = Traza de declinación.
 - LBZ = Línea base de Z (Intensidad Vertical).
 - Z = Traza de Intensidad Vertical.
 - H = Traza de Intensidad Horizontal.
 - LBH = Línea base de H (Intensidad Horizontal).

Figura No. 4 — Magnetograma (día tempestuoso).



Calculado por: AIB Revisado por: GCM Extractado por: _____

Diciembre 1955
(Mes) (Año)

VALOR DE LA LINEA DE BASE DE DECLINACION

Magnetógrafo RUSKA Magnetómetro No. 57818-2 A-K

FECHA	HORA MERIDIANO 75	ESCALAMIENTO PROMEDIO	ORDENADA CALCULADA	D OBSERVADA	VALOR DE LA LINEA DE BASE	OBSERVADOR	NOTAS
15	16 51	11.3		1'05.36	0'54.0	AI	
16	09 19	16.1		06.7	506	AI	Rechazada
16	09 29	16.0		06.7	507	AI	*
21	15 17	11.0		04.5	536	AI	
21	15 26	11.0		04.5	535	AI	
22	14 23	12.2		05.9	537	AI	
27	09 45	15.1		08.8	537	AI	
27	09 55	15.2		08.7	535	AI	
28	10 43	15.1		08.3	532	GC	

Promedio

* Corregido por encogimiento a 100.0 mm.

** Valor de escala asignado = 1 mm. a encogimiento cero

Escalado por: G.C.M. Revisado por: J.R.B.
Calculado por: G.C.M. Revisado por: J.R.B. Extractado por:

VALOR DE LA LINEA DE BASE DE INTENSIDAD VERTICAL

Diciembre 1955

Magnetógrafo

RUSKA

Inductor terrestre No.

ASK

578182

Fecha		22				22				28			
		HORA		Escalamientos prom.*		HORA		Escalamientos prom.*		HORA		Escalamientos prom.*	
		Meridiano 75		H	Z	HORA		H	Z	HORA		H	Z
		h	m	mm	mm	h	m	mm	mm	h	m	mm	mm
Primera mitad		16	17	30.3	13.0	16	30	30.2	13.2	11	36	40.1	13.1
Segunda mitad		16	25	30.2	13.1	16	40	29.3	13.1	11	46	40.2	13.3
Ordenada prom.				30.2	13.0			29.8	13.2			40.2	13.2
S _u	S _v			3.88	3.90								
	h			117				116				156	
	B _u			30306				30306				30301	
log H _u	H	4.48320		30423		4.48319		30422		4.48369		30457	
log tg I _u	I	2.82576		33 48 10		2.82589		33 48 40		2.82508		33 45 42	
log Z _u	Z	4.30896		20368		4.30908		20374		4.30877		20360	
	z			51				51				51	
Obsr.	B _u	A.I		20317		A.I		20323		A.I		20309	

Fecha

28

		HORA		Escalamientos prom.*		HORA		Escalamientos prom.*		HORA		Escalamientos prom.*	
		Meridiano 75		H	Z	HORA		H	Z	HORA		H	Z
		h	m	mm	mm	h	m	mm	mm	h	m	mm	mm
Primera mitad		11	59	32.3	12.8								
Segunda mitad		12	20	38.0	12.0								
Ordenada prom.				38.6	12.4								
S _u	S _v												
	h			150									
	B _u			30301									
log H _u	H	4.48360		30451									
log tg I _u	I	2.82525		33 46 18									
log Z _u	Z	4.30885		20364									
	z			48									
Obsr.	B _u	G.C		20316									

Ordenada corregida a 100 mm. de encogimiento. Se permite la peralte.

S_v = S_o + 1/2 ah

Se puede usar la siguiente comprobación diferencial:

ΔZ =

ΔI +

ΔH

Escalado por:

G.C.M.

Revisado por:

V.A.B.

Calculado por:

G.C.M.

Revisado por:

Extractado por:

Revisado por:

* Ordenada corregida a 100 mm. de encogimiento. Se permite la parafaja.

S_u = S_o + 1/2 ah

Se puede usar la siguiente comprobación diferencial:

Escalado por: <u>G.C.M.</u>	Revisado por: <u>V.A.B.</u>
Calculado por: <u>G.C.M.</u>	Revisado por:
Extractado por:	Revisado por:

Diciembre 1955
(Mes) (Año)

VALOR DE LA LINEA DE BASE DE INTENSIDAD HORIZONTAL

Magnetógrafo RUSKA Magnetómetro No. ASK 578182

FECHA	HORA MERIDIANO 75	ESCALAMIENTO PROMEDIO	ORDENADA CALCULADA	D OBSERVADA	VALOR DE LA LINEA DE BASE	OBSERVADOR	NOTAS
16	09 33	02 41	32.9	15 09	16 53	286	
21	15 09	16 53	286	21 41	21 40	281	
22	14 23	12 2	277	22 14	22 23	228	
Oscilaciones D.	09 33	02 41	32.9	15 09	16 53	286	
Deflexiones D.	02 45	02 42	35.1	16 08	16 03	382	
Deflexiones I	09 54	10 01	381	16 05	16 10	381	
Oscilaciones I	10 05	10 10	381	16 16	16 25	277	
Ordenada Prom.		38.05		38.53		28.78	
Encogimiento	995	019	926	012	985	014	
Ordenada Correg.		38.2		28.7		28.9	
G _u (γ/mm.) 322		388					
h (γ)		14.8		111		112	
H (Observada)		30468		30418		30411	
Linea de Base de H.		30320		30307		30299	
Observador		A. Izquierdo		A. Izquierdo		A. Izquierdo	

* Ordenada corregida a 100 mm. de encogimiento. Se permite la parafaja.

Escalado por: G.C.M. Revisado por: J.R.B.
Calculado por: G.C.M. Revisado por: J.R.B. Extractado por:

Fecha Diciembre 29/55

VALORES DE ESCALA DE LOS VARIOMETROS DE INTENSIDAD

Deflector	Distancia de deflexión	cm.	Observador	A. Izquierdo
VARIOMETRO H	VARIOMETRO D	VARIOMETRO Z		
(cara del deflector hacia arriba)	(cara del deflector hacia arriba)	(cara del deflector hacia el Este)		
Extremo N 2U _u	Extremo N 2U _u	Extremo N 2U _u		
N > mm ⁽¹⁾	E > mm ⁽¹⁾	U > mm ⁽¹⁾		
S > 42.2	W > 09.4	D > 21.2		
N > 42.0	E > 09.3	U > 21.2		
Promedio (N-S)=2U _u 42.1	Promedio (E-W)=2U _u 09.4	Promedio (U-D)=2U _u 21.2		
Ordenada { Antes 39.2 mm. Después 39.0 "	Ordenada { Antes 17.0 mm. Después 17.2 "	Ordenada { Antes 15.0 mm. Después 14.9 "		
Promedio h _u 39.1 "	Promedio d _u 17.1 "	Promedio z _u 15.0 "		
S _u 3.88 γ/mm	S _u 1 γ/mm	Tempo medio		
h _r 152 γ	d 17 "	Comenzó 10 15 "		
V. prel. L.B.H. 30300 γ	Valor prel. L.B.D. 0° 54 "	Terminó 10 45 "		
H _r 30452 γ	D 1° 11 "	Tem. magnetógrafo 15.5 °C		
D 1° 12 "	(D - D _u) - 1 "	Notas:		
S _u = S _u tg I ¹	S _u = 4M(10) ⁰ α _u /r ² U _u	S _u = 2M(10) ⁰ α _u /r ² U _u		
log tg I ¹ 6.4637	log 4(10) ⁰ 5.6021	log 2(10) ⁰ 5.3010		
log S _u 0.0000	log α _u 0.0012	log α _u 9.9997		
log H _r 4.4836	log r ¹ 2.9822	log r ¹ 2.9822		
log S _u 0.9473	log 4(10) ⁰ α _u /r ² 5.8555	log 2(10) ⁰ α _u /r ² 5.7829		
S _u 8.86	log M 3.6380	log M 3.6380		
M = r ² 2U _u S _u /20α _u (10) ⁰	log 2U _u 8.3757	log 2U _u 8.6737		
log r ² (10) ⁰ 1.7167	log S _u 0.5992	log S _u 0.5946		
log α _u 0.0009	S _u 3.974	S _u 3.93		
log 2U _u 0.9731	0.0037 (D-D _u) + 0.0037	S _u = S _u - (D-D _u)		
log S _u 0.9473	S _u 3.978	S _u = S _u - h _u		
log M 3.6380	0.0025 h _u - 0.098	S _u = S _u + h _u		
M 4345	S _u 3.88	h _r = S _u h _u		

1 Escalamiento corregido para 100.0 mm. distancia de encogimiento

2 Promedio de la declinación para 1955: 0° 1' 12" (al minuto)

Escalado por: G.C.M. Escalamientos calculados por: J.R.B. Chequeados por: J.R.B. Extractado por:

ESCALAMIENTO HORARIO
DE MAGNETOGRAMAS

Abril de 1956

Valor medio en períodos sucesivos de una hora a partir de media noche, 75 T. M.

Distancia en decenas de milímetros corregida de deformación 995 — 997 — 997 m.m.

Carácter:					Carácter:					Carácter:				
Día Miércoles 25					Día Jueves 26					Día Viernes 27				
Hora	D	H	Z	T	Hora	D	H	Z	T	Hora	D	H	Z	T
01	100	411	179	159	01	101	431	174	159	01	107	-258	257	156
02	100	411	181	158	02	106	414	176	159	02	093	-080	239	154
03	101	416	176	158	03	112	390	176	157	03	099	-077	228	153
04	105	430	171	157	04	112	401	177	156	04	121	-069	220	152
05	110	436	168	157	05	114	421	171	154	05	119	-061	215	151
06	118	447	169	154	06	124	435	167	153	06	115	047	233	150
07	131	491	171	152	07	140	426	171	152	07	129	117	224	149
08	132	542	160	151	08	131	473	161	152	08	168	080	244	148
09	123	567	147	151	09	136	491	145	151	09	167	123	249	148
10	Δ 101	Δ 595	Δ 123	151	10	126	511	122	151	10	154	083	217	148
11	075	622	102	151	11	110	528	096	151	11	140	039	188	148
12	051	614	071	152	12	092	553	072	151	12	115	023	151	149
13	039	581	062	153	13	077	559	064	153	13	089	029	126	150
14	042	544	080	154	14	067	502	062	155	14	055	079	110	151
15	053	506	111	155	15	071	442	100	158	15	057	158	125	153
16	073	462	146	157	16	076	411	136	159	16	052	140	145	154
17	086	422	165	159	17	068	416	155	160	17	068	074	173	155
18	092	416	170	160	18	081	197	175	161	18	091	064	202	156
19	091	430	170	161	19	082	110	195	161	19	093	065	200	157
20	092	425	170	161	20	091	021	211	161	20	098	080	210	157
21	092	423	172	161	21	112	-24.5	222	160	21	082	142	182	156
22	096	419	173	161	22	122	-183	272	159	22	109	111	205	155
23	102	419	180	161	23	130	-181	239	158	23	105	143	191	154
24	097	441	174	160	24	130	-32.3	250	157	24	095	215	193	154
Suma	2202	11470	3591	3754	Suma	2511	7200	3889	3748	Suma	105	053	197	152
Prome.	092	478	150	156	Prome.	105	300	162	156	Prome.	2521	1267	4727	3658
Escaló: P. Quintero					Escaló: A. Izquierdo					Escaló: L. Acosta M.				
Chequeó: M. Velázquez					Chequeó: M. Velázquez					Chequeó: M. Velázquez				
Revisó Signos:					Revisó Signos:					Revisó Signos:				
Dar sumas y promedios mensuales en la primera hoja.					Suma mensual D:		H:		Z:	Chequeó sumas y promedios mensuales:				
					Prom. mensual D:		H:		Z:					

El observatorio magnético, aparte de su rutina de observaciones absolutas, control de los variómetros y escalamiento horario de las ordenadas de los magnetogramas, estudia:

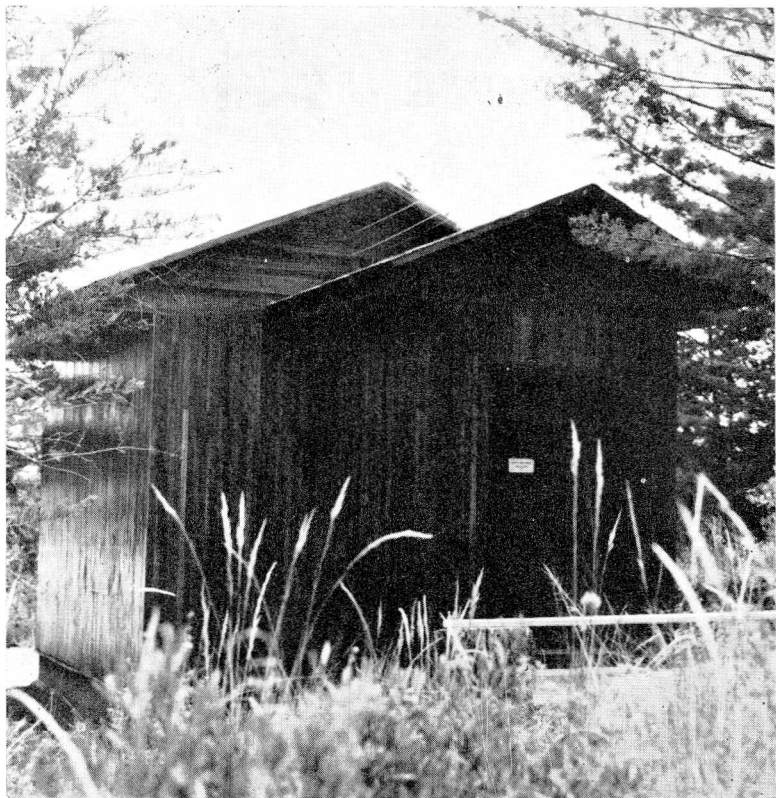
Tempestades magnéticas, hora de comienzo súbito de cada una de ellas. Hora de comienzo y terminación de cada uno de los efectos producidos por manchas solares.

Para medir la intensidad y frecuencia de los disturbios magnéticos se usa la escala de índices

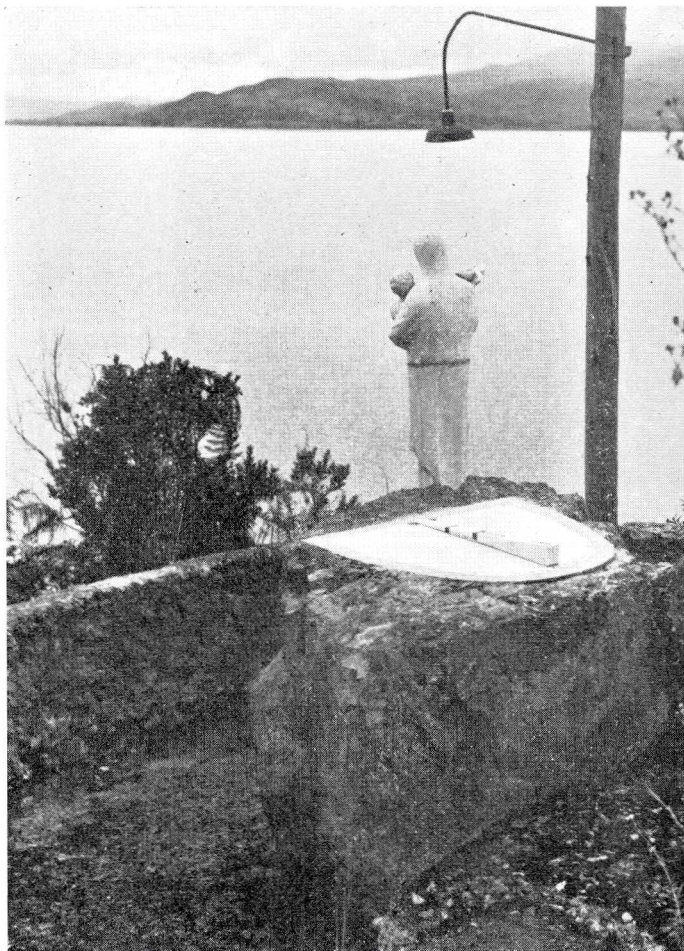
trihorarios K, basada en la "Potsdamer erdmagnetische Kennziffer", y representada por los dígitos de 0 a 9, así:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 K
0 3 6 12 24 40 70 120 200 300 gammas

Carácter magnético del día, según sea tranquilo, ligeramente magnético o tempestuoso, definido por el índice C, que se representa por uno de los dígitos 0, 1, ó 2, respectivamente.



Observatorio de registro permanente.



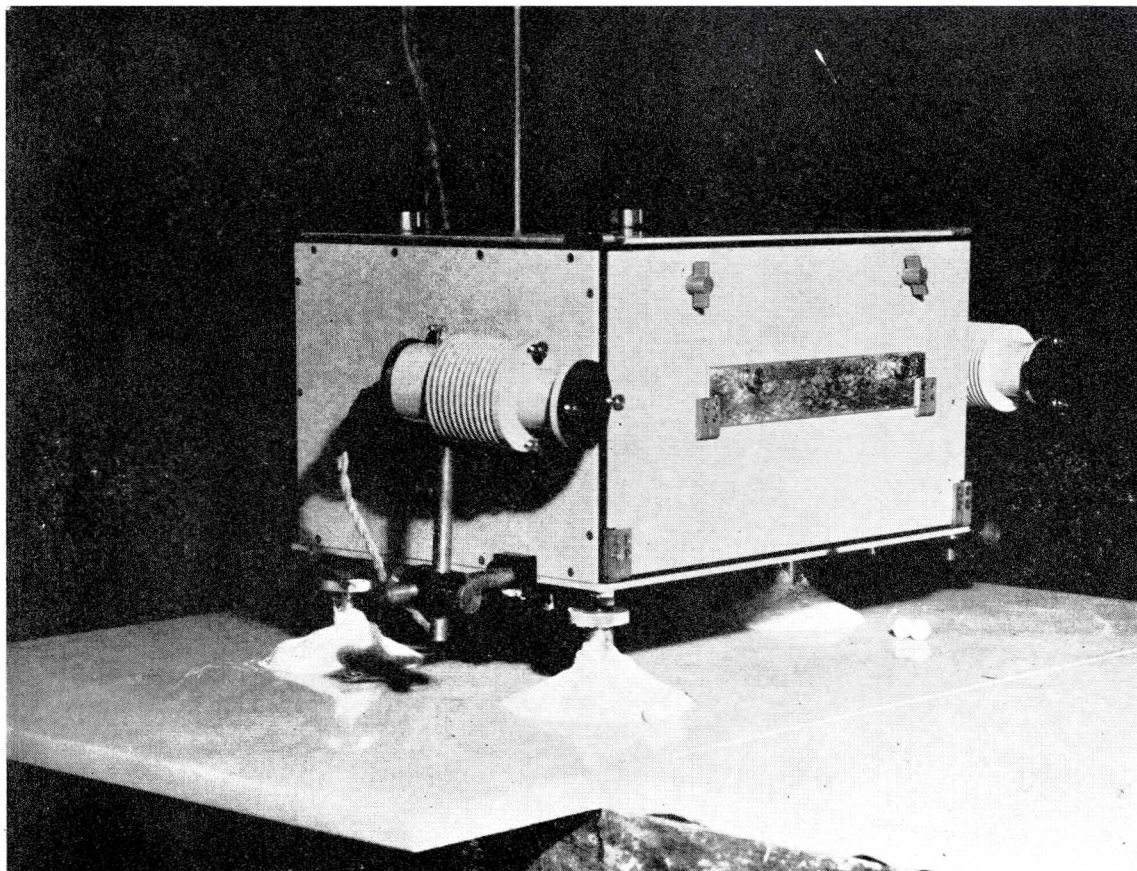
Isla de "El Santuario". Estatua de la Virgen y reloj de Sol.



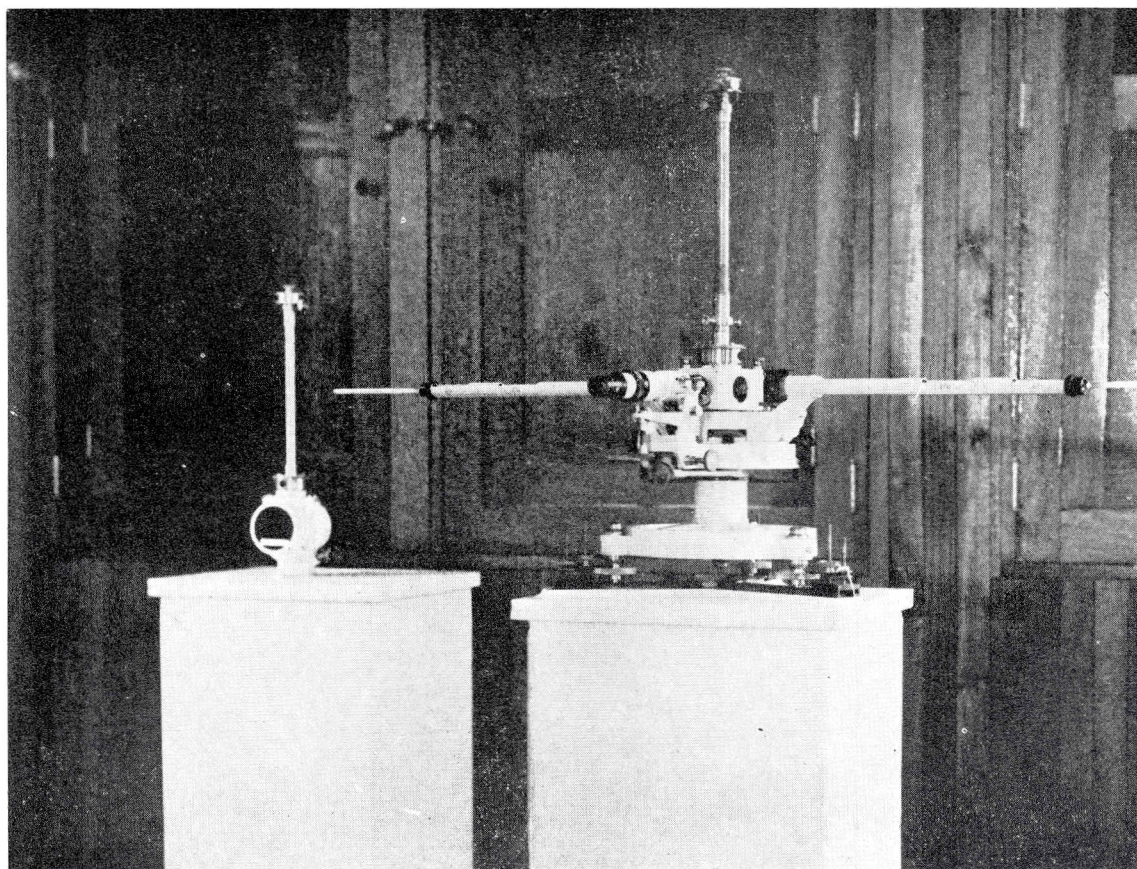
Aspectos de la Isla de "El Santuario".



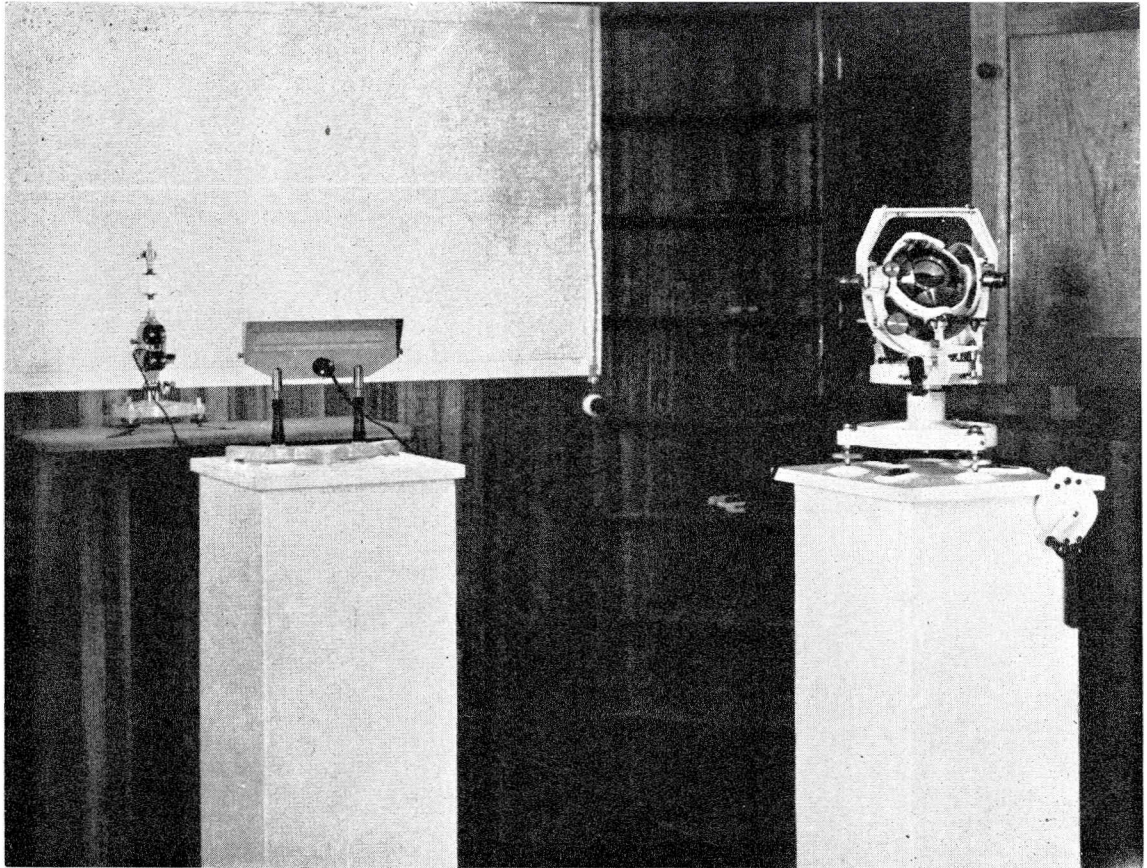
Observatorio de Valores Absolutos.



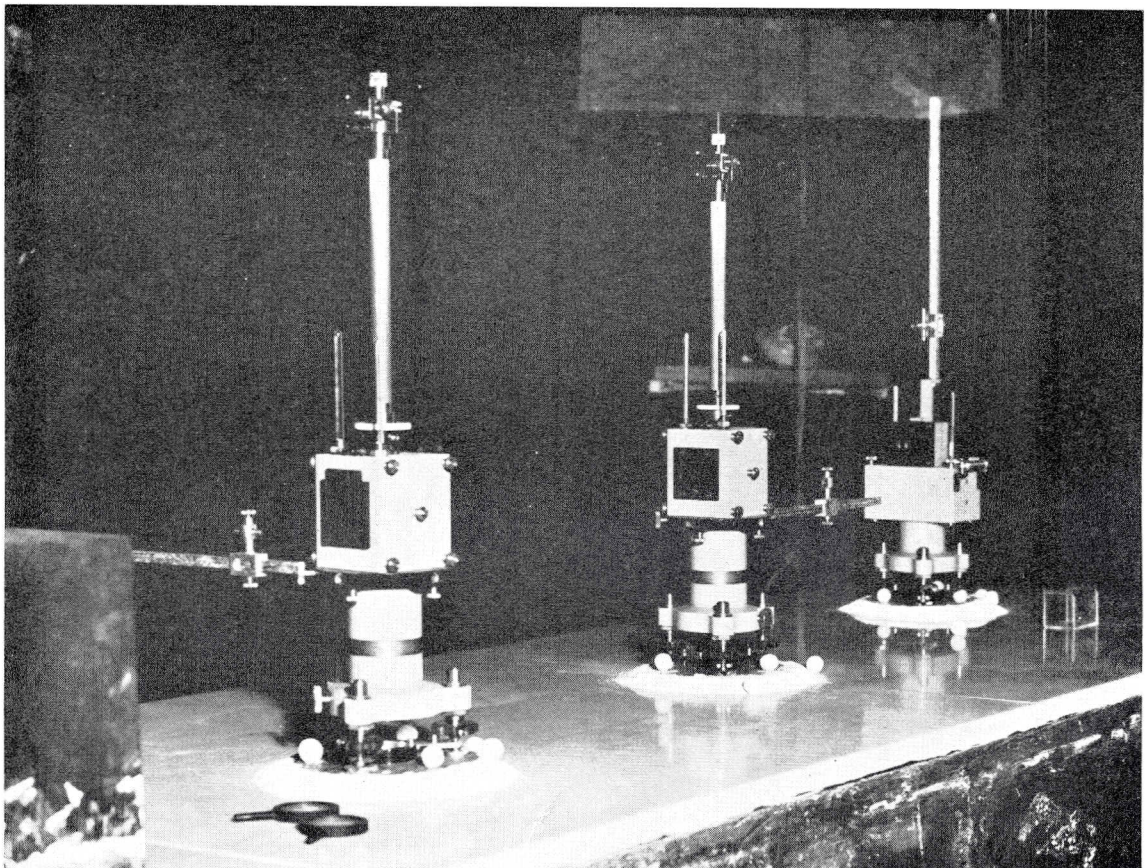
Aparato registrador de las variaciones del campo magnético.



Magnetómetro y árbol de oscilaciones para la determinación del valor absoluto de la Intensidad Horizontal.



Inductor terrestre y Galvanómetro para la determinación del valor absoluto de la Inclinação.



Grupo de variómetros para registro fotográfico permanente de Declinación, Intensidad Horizontal e Intensidad Vertical del campo magnético.