

01149

117



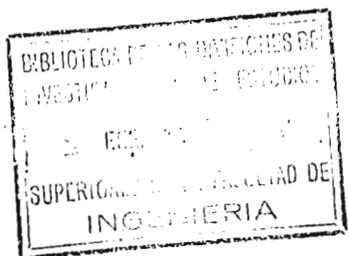
FACULTAD DE INGENIERIA U N A M
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES

MOVIMIENTOS VERTICALES Y PRESIONES DE PORO EN EL SUBSUELO DEL PALACIO DE LOS DEPORTES, DURANTE LA CONSTRUCCION

T E S I S

Que para obtener el grado de
MAESTRO EN INGENIERIA (Mec. de Suelos)
p r e s e n t a
FRANKLIN RENDON GONZALEZ

México, D.F. 1968



294558

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACION

DISCONTINUA

1.	INTRODUCCION	1
2.	OBJETO Y ALCANCE	2
3.	MOVIMIENTOS VERTICALES DEL SUBSUELO	3
3.1	<u>Mediciones</u>	3
3.1.1	Instrumentación	3
3.1.2	Observaciones	3
3.2	<u>Información obtenida</u>	3
3.2.1	Asentamiento general de la zona	3
3.2.2	Asentamientos y expansiones inducidos por la construcción	4
3.3	<u>Análisis</u>	5
4.	PIEZOMETRIA	7
4.1	<u>Mediciones</u>	7
4.1.1	Instrumentación	7
4.1.2	Observaciones	8
4.2	<u>Información obtenida</u>	8
4.3	<u>Análisis</u>	9
4.3.1	Condiciones piezométricas iniciales	9
4.3.2	Presión de poro inducida por hinca de pilotes	11
4.3.3	Presión de poro inducida por cargas y descar- gas superficiales	12
5.	CONCLUSIONES	14
5.1	<u>Movimientos verticales</u>	14
5.2	<u>Piezometría</u>	15
6.	RECONOCIMIENTO	15
7.	TABLAS	17
8.	APENDICE	21
9.	REFERENCIAS	27
10.	FIGURAS	29

1. INTRODUCCION

Se conocen diversas soluciones para cimentar una estructura en un suelo blando cuyo empleo depende de las propiedades esfuerzo-deformación del suelo y de las características (peso, deformaciones permitidas, etc.) de la estructura. Entre estas destacan el uso de pilotes, ya sea que transmitan la carga por punta o por fricción, y las cimentaciones llamadas compensadas con todas sus variantes, o bien una combinación de ambas.

Sin embargo, cualquiera que sea la solución adoptada, su realización puede implicar, entre otros, cambios en las propiedades del suelo, efectos dañinos en las estructuras adyacentes por desplazamientos verticales y horizontales y, fundamentalmente, cambios en los esfuerzos a que está sometido el suelo. Estas alteraciones pueden afectar el comportamiento previsto. Particularmente, los desplazamientos verticales alteran las propiedades del suelo y afectan a las estructuras adyacentes; la variación de la presión de poro produce un cambio en los esfuerzos efectivos de los que es función la resistencia al esfuerzo cortante del suelo; se sabe que los incrementos en dicha presión traerán como consecuencia una disminución sensible en la resistencia, por lo que resulta importante conocer la magnitud tanto de estos desplazamientos, como de la presión de poro durante las etapas de construcción y el funcionamiento de la estructura. A continuación se presentan los resultados de algunas observaciones realizadas para determinar la magnitud y sentido de los movimientos verticales y de las presiones de poro inducidas en la cimentación de un caso particular.

2. OBJETO Y ALCANCE

Las características arquitectónicas y estructurales del Palacio de los Deportes, y la alta compresibilidad del suelo de cimentación, obligaron a desarrollar un programa de mediciones de campo destinado a estudiar la respuesta de la cimentación y del suelo en que se apoya a las condiciones de construcción y de operación de la obra, para prevenir un comportamiento indeseable.

Entre tales observaciones, algunas estuvieron encaminadas a determinar la magnitud y dirección de los movimientos del subsuelo inducidos por la construcción; otras tuvieron por objeto identificar las condiciones piezométricas prevalentes en la zona, sus modificaciones por la construcción y sus efectos en el comportamiento de la estructura.

La instrumentación, las observaciones, sus resultados unidos a los programas de construcción, y el análisis de las mediciones de los movimientos horizontales son tratados ampliamente en las refs. 1 y 2.

En este trabajo se presentan los resultados de las mediciones de desplazamientos verticales y presiones de poro inducidos durante la cimentación de la obra. Los datos obtenidos permiten confirmar la validez de algunos métodos analíticos usados en mecánica de suelos, y en otros casos, llegar a expresiones empíricas que serán de utilidad en otras obras de condiciones similares.

3. MOVIMIENTOS VERTICALES

3.1 Mediciones

3.1.1 Instrumentación. Los movimientos fueron detectados mediante la nivelación de las bocas de los tubos de los inclinómetros y los bancos superficiales instalados. La ubicación de las estaciones de observación se muestra en la fig 1.

3.1.2 Observaciones. Se planeó una campaña de mediciones con periodicidad de una semana, que se inició para algunas estaciones el 27 de diciembre de 1966 (estaciones E-11 y E-12, respectivamente), y para las otras el 5 de enero siguiente. El hincado de pilotes y las operaciones de excavación y lastre se habían iniciado el 18 de noviembre y el 21 de diciembre, respectivamente.

Las nivelaciones se efectuaron con referencia a un banco situado a 120 m de profundidad, localizado en la estación E-01.

3.2 Información obtenida

3.2.1 Asentamiento general de la zona del Palacio de los Deportes. Las observaciones mostraron que existen hundimientos generalizados de la superficie del terreno de unos 15 cm por año (fig 2). Esos hundimientos son independientes de la construcción y se deben a un fenómeno de consolidación regional. En el inciso 3.4.1 del presente trabajo se describen las condiciones piezométricas que causan la consolidación de las capas compresibles del subsuelo.

3.2.2 Asentamientos y expansiones inducidos por la construcción. En las figs 3 a 11 se muestran los desplazamientos verticales producidos por la construcción en las estaciones E-02, E-04 a E-06, E-10 a E-12, E-14 y E-15. Para obtener el valor real de estos desplazamientos, se restó a los resultados de las observaciones el asentamiento general de la zona medido en la fecha correspondiente, detectado en la estación E-01.

En todas las estaciones, el movimiento debido a la construcción de la subestructura fue ascendente, con los siguientes valores máximos en la fecha que se indica para cada estación de control:

Estación	Expansión máxima	Fecha
14	23 cm	22 marzo 1967
04	23 cm	17 abril 1967
05	24 cm	23 abril 1967
10	19 cm	11 marzo 1967
11	20 cm	16 abril 1967
06	18 cm	30 abril 1967
02	16 cm	11 marzo 1967
12	15 cm	11 marzo 1967
15	12 cm	16 abril 1967

Hay que hacer notar que los máximos desplazamientos se presentan en una corona circular, cuyo perímetro interior pasa por las estaciones E-04, E-10 y E-14; en el perímetro exterior quedan las estaciones E-05 y E-11. Los desplazamientos

mínimos (fig 1) corresponden al centro y a la periferia de la zona de construcción. La correlación de tales movimientos con las operaciones de construcción puede establecerse considerando simultáneamente la historia de los movimientos y el registro de avances de pilotaje, excavaciones, lastres y colados. Estos registros aparecen en las figs 12 a 26.

En las tablas 1 y 2, se presentan datos correspondientes a desplazamientos observados y avance de hincado de pilotes.

3.3 Análisis. Los movimientos verticales observados son los resultados de:

- a) Un levantamiento inmediato de la superficie del terreno, debido al desplazamiento de suelo ocasionado por el hincado de pilotes
- b) Una deformación elástica del subsuelo por remoción o imposición de carga superficial
- c) Una deformación diferida del subsuelo compresible, por disipación de la presión de poro inducida por el hincado de pilotes y por la aplicación o la remoción de carga superficial.

Para el análisis de los movimientos a corto plazo, la deformación diferida puede despreciarse sin grave error, teniendo en cuenta las dimensiones del estrato compresible, su coeficiente de permeabilidad y la relativa rapidez de las operaciones de construcción.

Las observaciones parecen indicar que la respuesta del suelo al hincado de pilotes es aproximadamente la siguiente:

A) El desplazamiento de un punto en la superficie debido al hincado de un pilote, es inversamente proporcional a la distancia del punto considerado al pilote

B) El desplazamiento debido a un grupo de pilotes es igual a la suma de los desplazamientos producidos por cada pilote.

Con base en esas conclusiones, el desplazamiento vertical en un punto dado debido al hincado de n pilotes puede expresarse en la forma siguiente:

$$\Delta_n = K \sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i} \quad (1)$$

donde

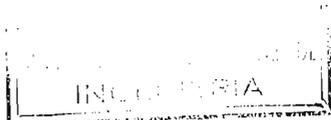
Δ_n desplazamiento vertical, en cm

r_i distancia horizontal del pilote i al punto considerado, en cm

K constante

Para distintos puntos de observación se obtuvo efectivamente un valor constante de $K = 75 \text{ cm}^2$. Sin embargo, parece evidente que K está relacionada con las dimensiones de los pilotes y las características del subsuelo que, en el caso del Palacio de los Deportes, pudieron aparecer como constantes.

Los desplazamientos verticales debidos a imposición



o remoción de carga superficial pueden cuantificarse analíticamente. El método de superposición de Steinbrenner⁴ permite estimar los desplazamientos verticales a partir de los esfuerzos dados por la solución de Boussinesq. La validez de este método se demuestra en la ref 5. Los detalles del procedimiento de cálculo y el método gráfico que se desarrolló para simplificar la determinación de los desplazamientos aparecen en el Apéndice.

En las figs 3 a 11 se presenta una comparación de las observaciones con los resultados obtenidos a partir de la expresión 1 y el método de Steinbrenner. Las diferencias entre los registros de campo y la evolución estimada de los movimientos no son mayores de 10 por ciento.

4. PIEZOMETRIA

4.1 Mediciones

4.1.1 Instrumentación. Para observar las condiciones piezométricas de la zona del Palacio de los Deportes y las variaciones de las mismas producidas por la construcción, se colocaron 17 piezómetros abiertos y 6 piezómetros neumáticos a diferentes profundidades. En la tabla 3 se resumen las características de instalación de cada piezómetro, referidas al plano de localización de instrumentos de la fig 1.

Las curvas de calibración de los piezómetros neumáticos se muestran en las figs 27 a 32. Las mediciones en los piezómetros neumáticos se realizaron con manómetro de mercurio.

La lectura de los piezómetros abiertos se hizo mediante medición de la profundidad del nivel de agua, con una sonda eléctrica.

4.1.2 Observaciones. Las observaciones empezaron el 1 de diciembre 1966 para la mayoría de los piezómetros abiertos. Las lecturas de piezómetros neumáticos se iniciaron el 27 de marzo 1967.

El hincado de pilotes empezó el 18 de noviembre 1966 y se terminó el 22 de febrero 1967. El proceso de excavación y lastre se inició el 21 de diciembre 1966 y se terminó el 29 de abril 1967. En las figs 12 a 25 se muestra el progreso de esas operaciones.

Tomando en cuenta el tiempo necesario para la estabilización de los piezómetros abiertos, se tiene información de las variaciones de presión de poro debidas a la fase final del hincado de pilotes y al proceso completo de excavación y lastre. En las gráficas que aparecen en este trabajo también se aprecian los primeros efectos de las cargas por colado de la estructura.

4.2 Información obtenida. Los registros de observaciones piezométricas aparecen en las figs 33 a 37.

La precisión de las mediciones está afectada por

a) Diferencias locales en las condiciones piezométricas iniciales. Las estaciones de referencia E-01 y E-08 presentan discrepancias del orden de 50 cm. Los sondeos previos muestran, además, que el nivel freático varía de 1.77 m

a 2.65 m de profundidad

b) Respuesta retardada de los piezómetros.

Las observaciones proporcionaron información sobre tres puntos principales:

1) Condiciones piezométricas iniciales en el subsuelo de la zona, antes de la construcción

2) Variaciones de esas condiciones debidas al hincado de pilotes

3) Variaciones debidas a las operaciones de excavación y lastre.

En este trabajo no se analizan los incrementos de presiones de poro producidos por la carga aplicada por la estructura, debido a que esta carga se sigue aplicando progresivamente hasta la fecha.

4.3 Análisis

4.3.1 Condiciones piezométricas iniciales y hundimiento regional. Las observaciones en la estación de referencia E-01, a 400 m de la obra, han permitido detectar presiones piezométricas inferiores a las hidrostáticas en diversos estratos del subsuelo, como se muestra en la fig 38.

Dadas las características de permeabilidad de las diferentes capas del subsuelo, existe un flujo descendente de agua, que se inicia a 65 m, hacia estratos permeables a pro-

fundidades mayores de 100 m (fig 38). Este flujo está produciendo consolidación de los estratos compresibles profundos del subsuelo. Puede preverse que, de no variar las condiciones, la consolidación progresará hacia los estratos superiores.

Este fenómeno de consolidación regional produce en la actualidad hundimientos generalizados de la superficie del terreno de unos 15 cm por año. En la tabla 4 aparecen los porcentajes del hundimiento total atribuibles a las diversas capas del subsuelo, según nivelaciones en bancos a diversas profundidades, durante la cimentación. La representación en una gráfica semilogarítmica de estos valores confirma que efectivamente dichos hundimientos corresponden a la fase de consolidación primaria.

En promedio, la participación de esas capas en el asentamiento total ha sido la siguiente:

63% de la capa entre 0 y 40 m de profundidad

31% de la capa entre 40 y 60 m de profundidad

6% de la capa entre 60 y 120 m de profundidad

La participación de las capas profundas (60 a 120 m) tiende a disminuir según las últimas observaciones.

Los porcentajes correspondientes a las primeras nivelaciones difieren notablemente de los valores medios. El peso propio de las varillas usadas en los bancos de nivel produce ciertos movimientos iniciales de ajuste que explican esas

discrepancias.

4.3.2 Presión de poro inducida por hincado de pilotes. Los incrementos de presión de poro más significativos se observaron a 20 m de profundidad. A profundidades mayores, las variaciones debidas al hincado de pilotes se confunden con las oscilaciones del nivel piezométrico de la formación.

La instalación de los piezómetros y su fase de estabilización correspondieron a la primera parte del hincado de los pilotes. Por tanto, solo pueden considerarse confiables los resultados que se obtuvieron durante la fase final de dicho proceso (a partir del 20 de diciembre).

Los valores representativos de los incrementos de presión de poro se resumen en la tabla 5. Se tomó como referencia la presión registrada a 20 m de profundidad en la estación E-01. Tomar como referencia la presión registrada en la estación E-08, conduciría a una reducción de 0.50 ton/m^2 de los valores de los incrementos indicados.

Conviene recordar que los piezómetros PA 141 y PA 041 se encuentran cerca de la zona de hincado, mientras que el PA 021 está a 40 m de los pilotes. Esto explica la diferencia de magnitud entre los diferentes incrementos de presión de poro observados (véanse figs 11 a 23 y 39 a 41).

No fue posible observar en forma aislada el fenómeno de disipación de presión de poro, ya que se hicieron excavaciones en esas mismas fechas. Sin embargo, puede decirse que la disipación es muy lenta. Por ejemplo, en el caso del

PA 141 la presión de poro se mantuvo alta durante 15 días pese a la realización de excavaciones en las proximidades. Esto concuerda con observaciones hechas en otros sitios (refs 6 a 8).

El fenómeno del incremento de la presión de poro debido al hincado de un grupo de pilotes es muy complejo. Se puede hacer una estimación aproximada de la distribución de la presión de poro alrededor de un solo pilote inmediatamente después del hincado en un suelo homogéneo⁸; pero es casi imposible estimar esta misma distribución para un grupo de pilotes. En efecto, aparentemente el principio de superposición no puede aplicarse a las presiones de poro⁹. Por otra parte, en el caso que aquí se analiza, las observaciones incluyen tanto incremento de presión de poro, como disipación de la misma. Por tanto, parece difícil dar una interpretación analítica cuantitativa de los resultados de las mediciones. Sin embargo, conviene hacer notar que la magnitud de los incrementos observados es del mismo orden que los que se observaron en obras anteriores. Marsal¹⁰ informa de incrementos de 1 a 2 ton/m² en una obra con densidad de pilotes similar.

4.3.3 Presión de poro inducida por cargas y descargas superficiales. A 20 m de profundidad se observaron variaciones significativas de presión de poro debidas a remoción o aplicación de carga superficial. Como en el caso del hincado de pilotes, las variaciones a mayor profundidad no fueron apreciables.

En la tabla 6 aparece un resumen de las principales

disminuciones de presión de poro debidas a excavaciones. En la fig 25 se muestra la localización de los sectores de excavación a los que se refiere dicha tabla. Conviene hacer notar que en la mayoría de los casos las observaciones incluyen, además del efecto de la excavación, el de disipación de la presión de poro inducida por el hincado de pilotes. Por tanto los decrementos observados son ligeramente mayores que los que produciría el proceso de excavación aisladamente.

A fin de juzgar la idoneidad de los métodos usuales para estimar los cambios de presión de poro debidos a una excavación, se realizó un análisis teórico cuantitativo del fenómeno, cuyos resultados se compararon con las observaciones.

Se calculó el decremento de presión de poro Δ_u por medio de la fórmula

$$\Delta_u = B [\Delta\sigma_3 + A (\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)] \quad (3)$$

en la que A y B son los coeficientes de presión de poro de Skempton¹¹, y $\Delta\sigma_1$, $\Delta\sigma_3$ son los cambios en los esfuerzos principales mayor y menor, respectivamente.

Para un suelo completamente saturado $B = 1$. Para la arcilla del valle de México, normalmente consolidada, bajo incrementos de esfuerzo desviador tan pequeños como los aplicados en este caso, A varía de 0.3 a 0.5.

Al excavar se produce un decremento de esfuerzo vertical $\Delta\sigma_1$, y consecuentemente una disminución de esfuerzo horizontal $\Delta\sigma_3 = K_0 \Delta\sigma_1$, en que K_0 es el coeficiente de

empuje horizontal en reposo, que en este caso es aproximadamente igual a 0.6. La ec 2 da entonces

$$\Delta u = 0.72 \Delta \sigma_1 \text{ a } 0.80 \Delta \sigma_1$$

La variación del esfuerzo $\Delta \sigma_1$ se calculó gráficamente para las distintas excavaciones con base en la solución de Boussinesq y por medio de las gráficas de Newmark¹².

En las figs 39 a 41, se presentan las comparaciones que se hicieron entre las variaciones teóricas y las observadas de la presión de poro para las estaciones E-02, E-04 y E-14. Solo en estas se logró tal comparación. La magnitud de esas variaciones coincide con los valores predichos por el método anterior con una precisión de 20 a 25 por ciento.

Para piezómetros alejados de la zona de carga o descarga, las predicciones dan resultados que sobrestiman el valor de la presión de poro inducida.

5. CONCLUSIONES

5.1 Movimientos verticales

a) Se comprobó que los movimientos verticales inmediatos del suelo debidos a aplicación o remoción de carga superficial, pueden calcularse mediante la teoría de la elasticidad, si las propiedades pertinentes del suelo se determinan en la forma sugerida en la ref 5

b) Los movimientos verticales inmediatos inducidos en el suelo por el hincado de pilotes pueden estimarse mediante la fórmula 1.

5.2 Piezometría

A) El subsuelo del Palacio de los Deportes está sometido a una consolidación regional que en el presente da lugar a hundimientos de aproximadamente 15 cm por año. Estos movimientos continuarán a menos que se regeneren las presiones hidrostáticas en los acuíferos que subyacen a los estratos compresibles

B) El hincado de pilotes produjo incrementos de presión de poro entre 1 y 2 ton/m² a 20 m de profundidad bajo la cimentación. La invalidez del principio de superposición impidió llegar a conclusiones generales al respecto

C) Las variaciones de presión de poro inducidas por cargas y descargas superficiales pueden estimarse satisfactoriamente mediante la fórmula de Skempton (ec 3).

6. RECONOCIMIENTO

Este trabajo, salvo pequeñas modificaciones, está basado en un informe presentado por el Dr. Daniel Reséndiz, Gabriel Auvinet, y el suscrito, a la Dirección General de Edificios de la Secretaría de Obras Públicas.

Agradezco a las autoridades del Instituto de Ingeniería las facilidades otorgadas para realizar este trabajo, al personal de Dibujo su colaboración, y muy especialmente al Dr. Daniel Reséndiz Núñez, Jefe de la Sección de Mecánica de Suelos, la oportunidad y la confianza brindadas a lo largo de todo el tiempo que he tenido el privilegio de estar en la Sección.

Las observaciones de campo que se presentan estuvieron a cargo de Carlos Silva. En el análisis de los datos obtenidos participaron Leopoldo Espinosa, Miguel Romo y José Springall. Las opiniones de Gabriel Auvinet fueron muy valiosas para la discusión de los mismos.

Finalmente, debo mencionar que mis estudios de posgrado pudieron llevarse a cabo gracias a becas otorgadas por la Universidad Veracruzana, el Instituto Nacional de la Investigación Científica y la Secretaría de Obras Públicas, en distintas épocas.

TABLA 1
REGISTRO DE DESPLAZAMIENTOS VERTICALES

Fecha	Asent gene- ral	E		S		T		A		C		I		O		N		E		S	
		021		041		051		061		111		121		151							
		obs	corr	obs	corr	obs	corr														
670104	0.00																				
670105	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		0.00		0.00		+3.37	3.37	1.99	1.99	0					
670112	-0.20	+0.05	0.25	-0.15	.05	0.04	.24	-0.66	-.46	5.54	5.74	4.51	4.71	-	-						
670114	-0.25																				
670121	-0.60									5.87	6.47										
670129	-1.00	+0.60	1.60	+3.66	4.66	3.83	4.83	+0.44	1.44	9.64	10.64	8.62	9.62	0.97	+0.03						
670205	-.96	+1.79	2.75	+7.35	8.31	9.12	10.08	4.93	5.89	11.67	12.63	12.50	13.46	1.22	-0.26						
670212	-1.21																				
670219	-1.46	6.39	7.85	19.30	20.76	11.53	12.99	12.63	14.09							4.52	5.98				
670226	-1.64			18.97	20.61	15.64	17.28	12.81	14.45	11.42	13.06	12.17	13.81	5.26	6.90						
670305	-1.89					14.86	16.75	12.65	14.54					5.87	7.76						
670312	-2.07	14.01	16.08	18.96	21.03	15.79	17.86	12.62	14.69			13.33	15.40	8.48	10.55						
670319	-2.45	12.38	14.83	17.95	20.40	15.43	17.88	12.10	14.55			11.00	13.45	8.24	10.69						
670322	-2.62	12.54	15.16	17.54	20.16	15.21	17.83	12.13	14.75	15.19	18.81	11.22	13.84	8.26	10.88						
670402	-2.72	12.20	14.92	16.79	19.51	15.46	18.18	11.92	14.64					8.81	11.53						
670409	-3.06	11.42	14.48	19.71	22.77	18.70	21.76	11.48	14.54	16.94	20.00	10.39	13.45	8.39	11.45						
670416	-3.24	10.35	13.59	20.28	23.52	21.02	24.26	12.39	15.63	16.99	20.23	20.74	23.98	8.57	11.81						
670423	-3.58	10.97	14.55	19.81	23.39	21.94	25.52	11.39	14.97	16.57	20.15	10.37	13.95								
670430	-4.00	10.94	14.94	19.38	23.38	21.27	25.27	14.11	18.11												

obs: observados
corr: corregidos

TABLA 2
AVANCE DEL HINCADO DE PILOTES

Mes	Noviembre			Diciembre				Enero				Febrero			
Semana	14-19	22-26	28-3	5-11	13-17	19-24	26-31	2-7	9-14	16-21	23-28	30-4	6-11	13-18	20-22
Pil.hinc. por semana	2	8	26	70	68	88	83	130	90	127	150	172	165	157	75
No.total de p.hincado	2	10	36	106	174	262	341	471	561	688	838	1010	1175	1332	1407

TABLA 3
LOCALIZACION DE PIEZOMETROS

Estación	Piezómetro		Profundidad	Distancia al Centro
	No.	Tipo	m	m
E 01	011	PA	20	405.00
	012	PA	40	
	013	PA	60	
E 02	021	PA	20	0.00
	022	PA	40	
	021	PN	20	
E 04	041	PA	20	38.50
	042	PA	40	
	043	PA	60	
	041	PN	20	
E 05	051	PN	20	65.00
E 08	081	PA	20	200.00
	082	PA	40	
	083	PA	60	
E 10	101	PA	20	38.50
	102	PA	40	
	103	PA	60	
	101	PN	20	
E 11	111	PN	20	65.00
E 14	141	PA	20	38.00
	142	PA	40	
	143	PA	60	
	141	PN	20	

NOTA: PA = Piezómetro abierto
 PN = Piezómetro neumático

TABLA 4

Fecha	Asentamiento	% de Asentamiento		
	Total mm	0-40	40-60	60-120
Febrero 5-1967	0	0	0	0
Febrero 20-1967	5.5	45.4	45.4	9.2
Marzo 17-1967	12.0	62.5	27.5	10.0
Marzo 20-1967	16.0	50.0	34.3	15.7
Marzo 31-1967	15.0	60.0	30.0	10.0
Abril 7-1967	17.5	62.8	31.4	5.8
Abril 14-1967	19.0	60.5	34.2	5.3
Junio 27-1967	39.0	65.4	30.7	3.9
Julio 24-1967	40.5	66.7	29.6	3.7
Septiembre 12-67	56.0	64.6	32.1	3.3

TABLA 5

Fechas	Piezómetro	Incremento (ton/m ²)
13-12-66 - 11-02-67	PA 041	1.90
17-01-67 - 15-02-67	PA 141	1.75
21-12-66 - 24-12-66	PA 021	1.05

TABLA 6

DISMINUCIONES OBSERVADAS DE LA PRESION DE PORO DURANTE EL PROCESO
DE EXCAVACION A 20 M DE PROFUNDIDAD

Piezómetro		Fechas	Disminución de presión de poro	Excavaciones (S : Sector)
No.	Tipo		Metros o ton/m ²	
021	PA	7-01-67 21-02-67	0.80	S15, S13, S12, S11, S10 S9, S8, S7, S6, S5 S4, S3
041	PA	11-02-67 21-02-67	0.85	S15, S12, S11 SH, SG
041	PN	28-02-67 17-04-67	1.05	SE, Sh, Si, Sg
101	PA	17-01-67 10-04-67	2.50	S6, S5 SD, Sd, SE, Se, Sc
101	PN	2-03-67 17-04-67	1.25	SE
111	PN	28-02-67 17-04-67	1.35	SE
141	PA	16-02-67 3-04-67	1.56	S17, S16, S15, S14 SK, SL
141	PN	17-04-67 23-05-67	1.20	S1, Sk

7. APENDICE. CONSTRUCCION DE UN DIAGRAMA DE INFLUENCIA PARA DESPLAZAMIENTOS EN LA SUPERFICIE DE UN ESTRATO ELASTICO DE ESPESOR D

A 1. INTRODUCCION

Frecuentemente es necesario calcular la deformación elástica que se presenta en un suelo cuando se aplican o se remueven cargas superficiales. Predecir la magnitud de esta deformación permite adoptar las medidas necesarias para prevenir daños indeseables en la estructura.

Aquí se desarrolla un procedimiento gráfico para calcular dicha deformación, basado en la solución aproximada de Steinbrenner⁴ y en los métodos de Newmark¹²

A 2. DESARROLLO

Steinbrenner propone una solución aproximada para el cálculo del asentamiento vertical Δ_{pD} bajo la esquina de un área rectangular cargada en la superficie de un estrato deformable finito de espesor D, que descansa sobre una superficie rígida⁴. Esta solución admite la igualdad

$$\Delta_{pD} = \Delta_p - \Delta_{p'} \quad (1)$$

donde

Δ_p asentamiento en la esquina de un área rectangular uniformemente cargada sobre un semiespacio elástico homogéneo .

$\Delta_{p'}$ desplazamiento del punto localizado a una profundidad D

bajo la esquina del área rectangular, en el mismo semiespacio.

En el caso de áreas de carga o descarga de forma irregular, la aplicación directa de la ec 1 presenta ciertas dificultades. La construcción a partir de tal ecuación de un nomograma análogo a la gráfica de Newmark^{1,2} introduce una simplificación notable.

Se considera un área circular uniformemente cargada y se aplica el tipo de solución propuesto por Steinbrenner al cálculo de los desplazamientos bajo el centro del área.

El desplazamiento vertical ζ de un punto N (fig A.1) debido a la imposición de una carga concentrada Q en la superficie está determinado por la ecuación de Boussinesq³

$$\zeta = \frac{Q(1+\nu)}{2\pi ER} [2(1-\nu) + \cos^2 \phi] \operatorname{sen} \phi \quad (2)$$

En la fig A.1 se definen ϕ y R

ν relación de Poisson

E módulo de elasticidad

Integrando para un área circular y un medio seminfinito con una carga uniforme q, se obtiene

$$\Delta_p = 2q \frac{(1-\nu^2)}{E} R \quad (3)$$

Integrando (2) para una profundidad D, se tiene:

$$\Delta_p' = \frac{1+\nu}{E} q \left[2(1-\nu) \frac{R^2}{\sqrt{D^2+R^2}} + (1-2\nu) \frac{D^2 - D\sqrt{D^2+R^2}}{\sqrt{D^2+R^2}} \right] \quad (4)$$

Sustituyendo (3) y (4) en (1) resulta

$$\Delta_{pD} = \frac{1+\nu}{E} q D \left[2(1-\nu) I_1 - (1-2\nu) I_2 \right] \quad (5)$$

donde

I_1 e I_2 son funciones de R/D

$$I_1 = \frac{R}{D} - \frac{(R/D)^2}{\sqrt{1+(R/D)^2}} \quad I_2 = 1 - \frac{1}{\sqrt{1+(R/D)^2}}$$

En un suelo arcilloso saturado, ν es prácticamente igual a 0.5 (ref 5), y por tanto

$$\Delta_{pD} = K I_1 D$$

donde

$K = 2q(1-\nu^2)/E$ se supone constante en el estrato de espesor D

El coeficiente I_1 alcanza un máximo para cierto valor crítico de la relación R/D . Tal valor crítico de R/D determina en cada caso la distancia a partir de la cual la contribución de la carga al desplazamiento superficial es de sentido contrario al de dicha carga. La relación I_1 a R/D se muestra también en la tabla A-1, para incrementos de I_1 constantes de 0.05 (los incrementos anterior y posterior al valor máximo de I son, respectivamente, 14 por ciento menor y mayor que todos los otros, pues dicho máximo no es múltiplo de 0.05)

Tabla A-1

Valor de R/D vs I

I_1	.0	.050	.100	.150	.200	.250	.293	.250	.200	.150	.100	.500
R/D	.0	.053	.115	.183	.271	.395	.786	1.52	2.15	3.08	48.0	100.

Con los valores indicados de R/D se dibujan círculos concéntricos, tomando un valor conveniente de D (5 cm). Al subdividir radialmente los círculos se obtienen áreas elementales de igual influencia (fig A.3).

El coeficiente de influencia de cada elemento de área estará afectado de signo más (+) si se encuentra en el interior del círculo crítico ($R/D = 0.785$) y de signo menos (-) si se encuentra fuera del mismo. El signo + corresponde a desplazamientos verticales en la misma dirección de aplicación de la carga.

Para el cálculo de desplazamientos elásticos por medio del diagrama de la fig A.3, se dibuja, a la misma escala de D , la planta del área cargada, se hace coincidir el punto en que se desea calcular el desplazamiento con el centro de los círculos, se suma algebraicamente el número de celdas elementales cubiertas por el área cargada y se determina Δ_{PD} con la siguiente fórmula

$$\Delta_{PD} = 0.00375 \frac{q}{E} D n \quad (6)$$

donde

E módulo de elasticidad, en ton/m^2

D espesor de la capa, en cm

n suma algebraica del número de celdas elementales cubiertas por el área (número de celdas con signo + menos número de celdas con signo -)

q sobrecarga o descarga, en ton/m^2 .

Los procedimientos aplicables a la determinación de E pueden verse en la ref 5; allí mismo aparece un procedimiento para calcular Δ_{pD} cuando hay más de un estrato. En este caso el procedimiento gráfico se modifica como sigue:

a. Siendo $D_1, D_2 \dots D_n$, las profundidades de las fronteras entre los diferentes estratos, se dibuja la planta del área por analizar en papel transparente a las escalas $D: D_1, \dots D: D_n$, donde D es la longitud dibujada en la fig A.3

b. Se coloca cada planta sobre la fig A.3, superponiendo el punto por analizar al centro de los círculos concéntricos y se determina la suma algebraica del número de celdas elementales, $n_1, n_2, \dots n_n$

c. Se ordenan los cálculos de la manera que se indica en la tabla A-2. En esta tabla

Δ_{ij} deformación de un estrato de espesor D_i suponiendo que tiene un módulo de elasticidad igual al del estrato No. j

$$\Delta_i = \Delta_{ii} - \Delta_{(i-1)i}$$

$$\Delta_{pD} = \sum_{i=1}^n \Delta_i$$

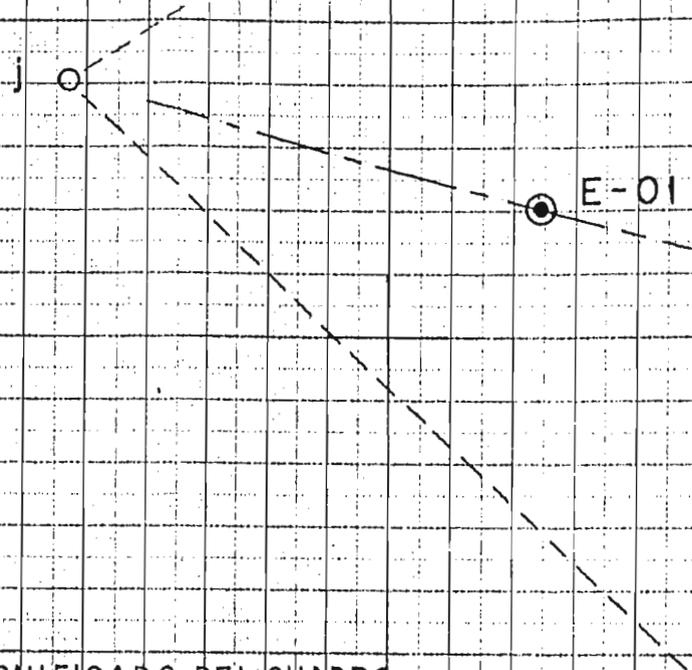
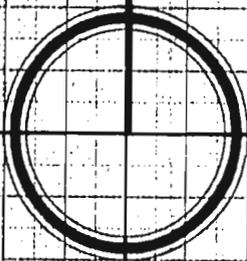
Tabla A-2

(1) Estrato	(2) Prof D_i	(3) Núm n_i	(4) E_i	(5) q/E_i	(6) $\frac{q \cdot D_i}{E_i}$	(7) 0.00375 $\times (6)$	(8) Hip.	(9) $(7) \times (3)$ Δ_{ij} $j=i+1$	(10) $(7) \times (3)$ Δ_{ij} $i=j$	(11) Δ_i
1	D_1	n_1	E_1	q/E_1	$\frac{q \cdot D_1}{E_1}$		1		Δ_{11}	Δ_1
							2	Δ_{12}		
2	D_2	n_2	E_2	q/E_2			2		Δ_{22}	Δ_2
							3			
									$\Delta_{(n-1)(n-1)}$	
							n-1	$\Delta_{(n-1)n}$		Δ_{n-1}
n	D_n	n_n	E_n				n		Δ_{nn}	Δ_n

7. REFERENCIAS

1. Reséndiz, D. y Silva, C., "Palacio de los Deportes, estudio del comportamiento de la cimentación. Primer informe: Mediciones de campo", No. 147, Instituto de Ingeniería, sep. 1967
2. Auvinet, G. y Reséndiz, D. "Palacio de los Deportes, Segundo informe: Desplazamientos horizontales del subsuelo durante la construcción", No. 147, Instituto de Ingeniería, ene. 1968
3. Westergaard, M.M. "Theory of Elasticity and Plasticity", p. 140, Dover Publications, 1952
4. Terzaghi, K. "Theoretical Soil Mechanics" p. 423, J. Wiley and Sons, Inc. N.York, 1943
5. Reséndiz, D., Nieto, J. y Figueroa, J., "The Elastic Properties of Saturated Clays from Field and Laboratory Measurements", Tercera Conferencia Panamericana de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, Caracas, Venezuela, jul. 1967
6. Hanna, T.H., "The Measurement of Pore Water Pressures Adjacent to a Driven Pile", Canadian Geotechnical Journal, Vol. IV No. 3, Sept. 1967
7. Bjerrum, L., Johannessen, I. "Pore Pressures Resulting from driving Piles in Soft Clay", Conference on Pore Pressure and Suction in Soils, Pub. Butterworths, pp. 108-111, Londres 1961

8. Soderberg, L.O., "Consolidation Theory Applied to Foundation pile time Effects" Géotechnique, Vol. XII, pp. 217-225, 1962
9. Bjerrum, L., Hansen, J.B. y Sevaldson, R., "Geotechnical investigations for a quay structure in Horten". Bygningsstatistiske meddelelser, 28, 35-52
10. Marsal, R.J. y Mazari, M., "El subsuelo de la ciudad de México", Contribución del Instituto de Ingeniería al Primer Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, Parte C, p. 575, México, D.F., feb. 1960
11. Skempton, A.W. "The Pore-Pressure coefficients A and B" Géotechnique Vol. IV, pp. 143-147, 1954
12. Newmark, N.M. "Influence charts for the computation of stresses in elastic foundations". Boletín No. 45, Vol. 44, Universidad de Illinois, 1942



Y 1800

Y 1700

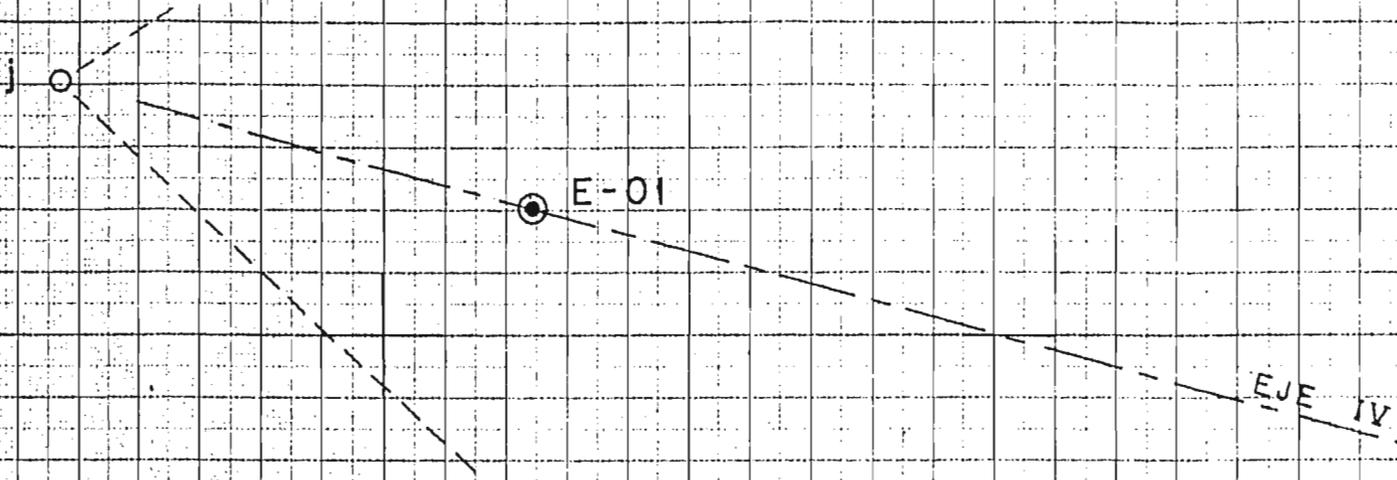
SIGNIFICADO DEL CUADRO

ESTACION DE MEDICION	TIPO DE APARATO	No. DE IDENTIFICACION	PROFUNDIDAD EN METROS	DISTANCIA AL CENTRO EN METROS
----------------------	-----------------	-----------------------	-----------------------	-------------------------------

APARATOS DE MEDICION INSTALADOS

E 01	PA 011	20	405	E 06	96.0	E 11	PN III	20		
	PA 012	40					I III	40		
	PA 013	60					BN III	0		
	BN 011	0								
	BN 012	40								
	BN 013	60								
	BN 014	120								
	PA 014	50								
E 02	PA 021	20	0	E 07	150	E 12	I 121	40		
	PA 022	40								
	PN 021	20								
	I 021	60								
E 03	BE 031	4	20.0	E 08	200	E 13	BE 131	4		
							PA 081	20		
							PA 082	40		
							PA 083	60		
							BN 081	0		

Y 600



SIGNIFICADO DEL CUADRO

ESTACION DE MEDICION	TIPO DE APARATO	No. DE IDENTIFICACION	PROFUNDIDAD EN METROS	DISTANCIA AL CENTRO EN METROS
----------------------------	-----------------	-----------------------	--------------------------	-------------------------------------

RATOS DE MEDICION INSTALADOS

20									
40									
60									
0	405	E06	I 051 40 BN 061 0	96.0	E 11	PN III 20 I III 40 BN III 0	65.0		
40									
60									
120									
50									
100									
20									
40									
20	0	E07	BE 071	150	E 12	I 121 40	96.0		
60									
4	20.0	E08	PA 081 20 PA 082 40 PA 083 60 BN 081 0	200	E 13	BE 131 4	20.0		

CUADRO DE C...

EST.	P.V.	DIST.	R.M.O
a	b	85.80	N 2° 35'
b	c	44.15	N 67° 30'
c	d	53.90	S 85° 53'
d	e	47.20	S 42° 28'
e	f	29.80	S 36° 46'
f	g	48.80	S 17° 48'
g	h	489.31	S 8° 03'
h	i	277.90	S 82° 55'
i	j	542.69	N 47° 32'
j	k	140.08	N 58° 27'
k	l	141.14	N 63° 42'
l	m	38.31	N 60° 58'
m	n	91.83	S 83° 39'
n	o	83.71	N 79° 41'

NOMENCLATURA

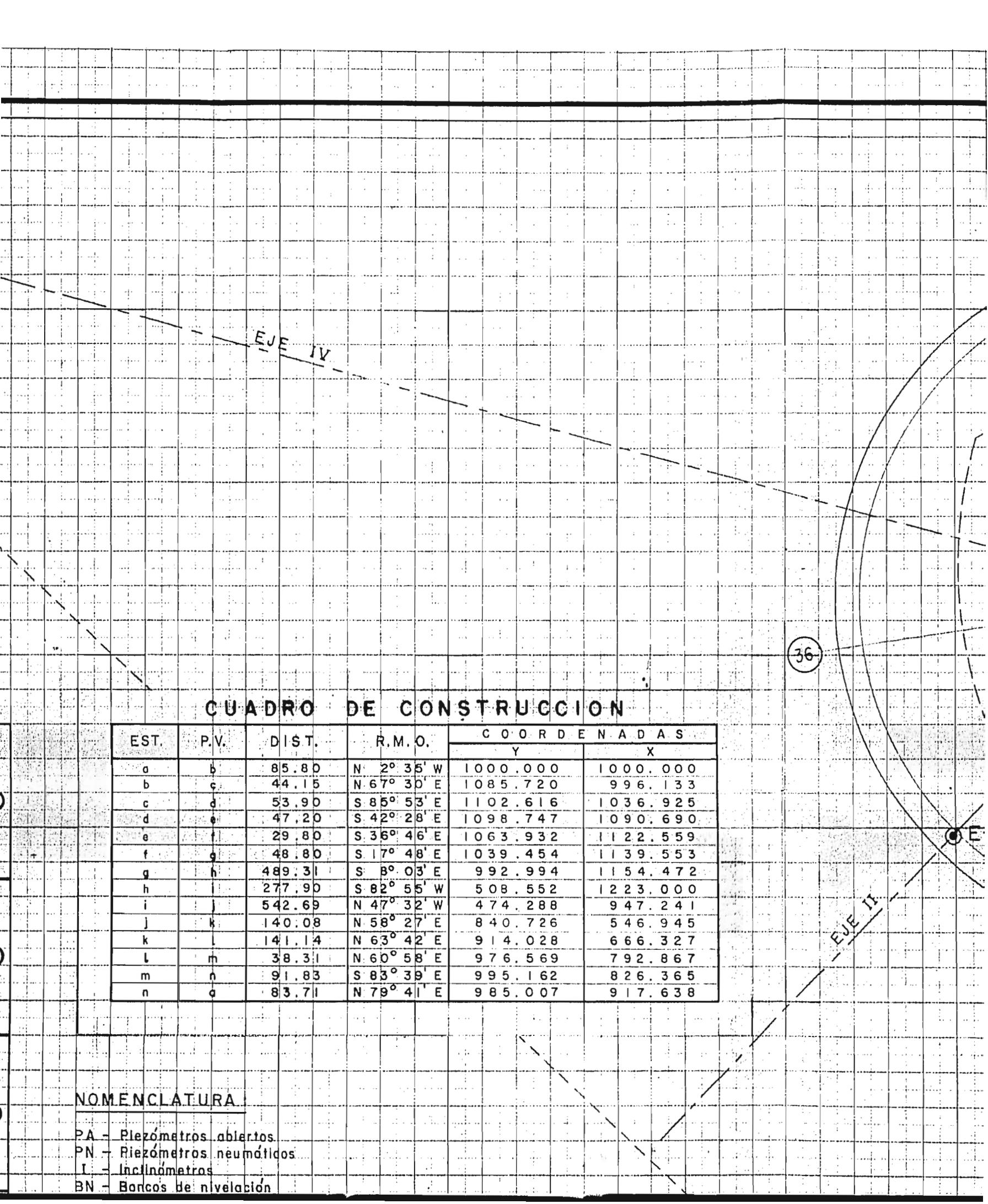
- PA - Piezómetros abiertos
- PN - Piezómetros neumáticos
- I - Inclínómetros
- BN - Bancos de nivelación

CUADRO DE CONSTRUCCION

EST.	P.V.	DIST.	R.M.O.	COORDENADAS	
				Y	X
a	b	85.80	N 2° 35' W	1000.000	1000.000
b	c	44.15	N 67° 30' E	1085.720	996.133
c	d	53.90	S 85° 53' E	1102.616	1036.925
d	e	47.20	S 42° 28' E	1098.747	1090.690
e	f	29.80	S 36° 46' E	1063.932	1122.559
f	g	48.80	S 17° 48' E	1039.454	1139.553
g	h	489.31	S 8° 03' E	992.994	1154.472
h	i	277.90	S 82° 55' W	508.552	1223.000
i	j	542.69	N 47° 32' W	474.288	947.241
j	k	140.08	N 58° 27' E	840.726	546.945
k	l	141.14	N 63° 42' E	914.028	666.327
l	m	38.31	N 60° 58' E	976.569	792.867
m	n	91.83	S 83° 39' E	995.162	826.365
n	a	83.71	N 79° 41' E	985.007	917.638

NOMENCLATURA

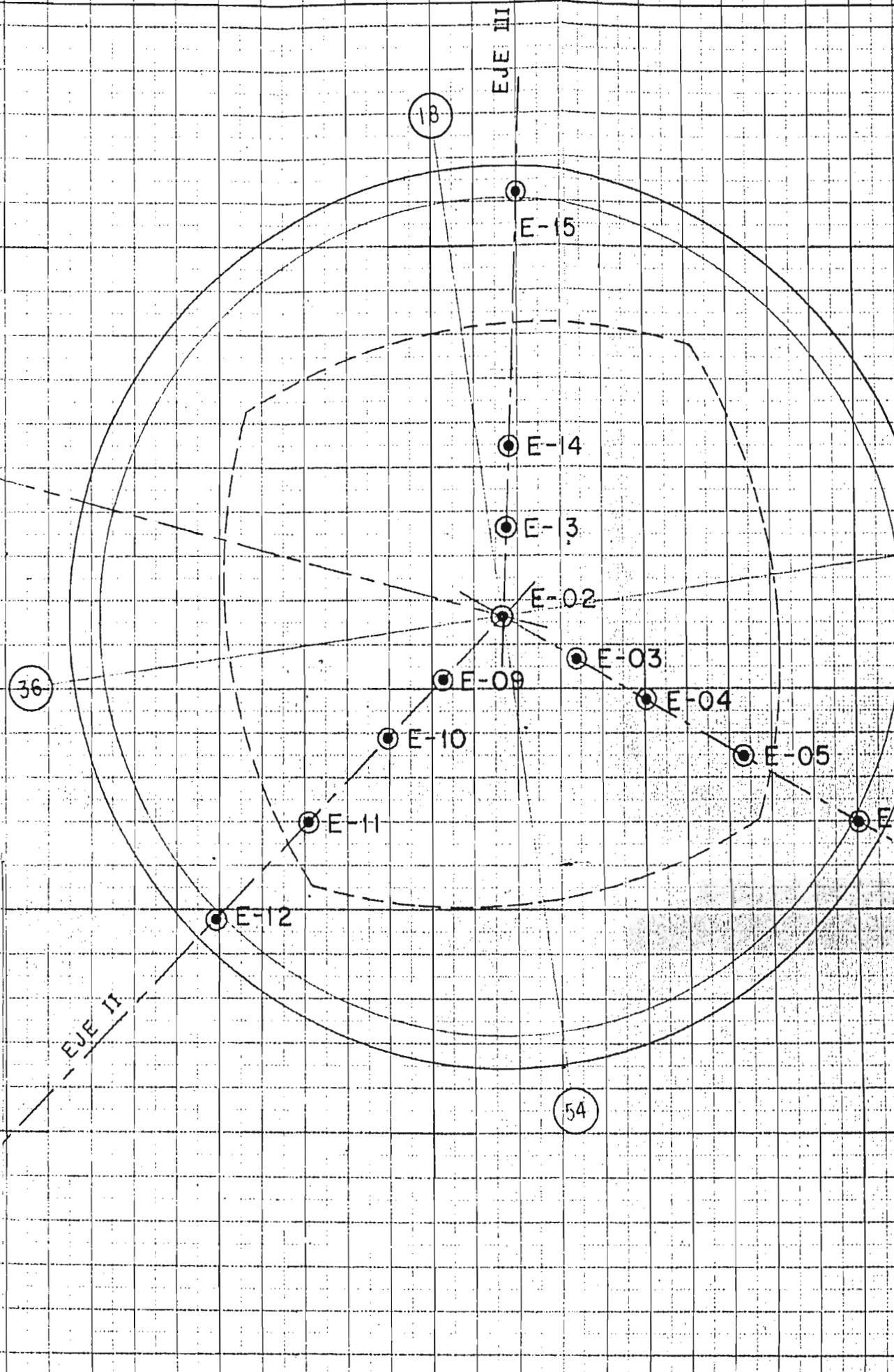
- PA - Piezómetros abiertos
- PN - Piezómetros neumáticos
- I - Inclínómetros
- BN - Bancos de nivelación

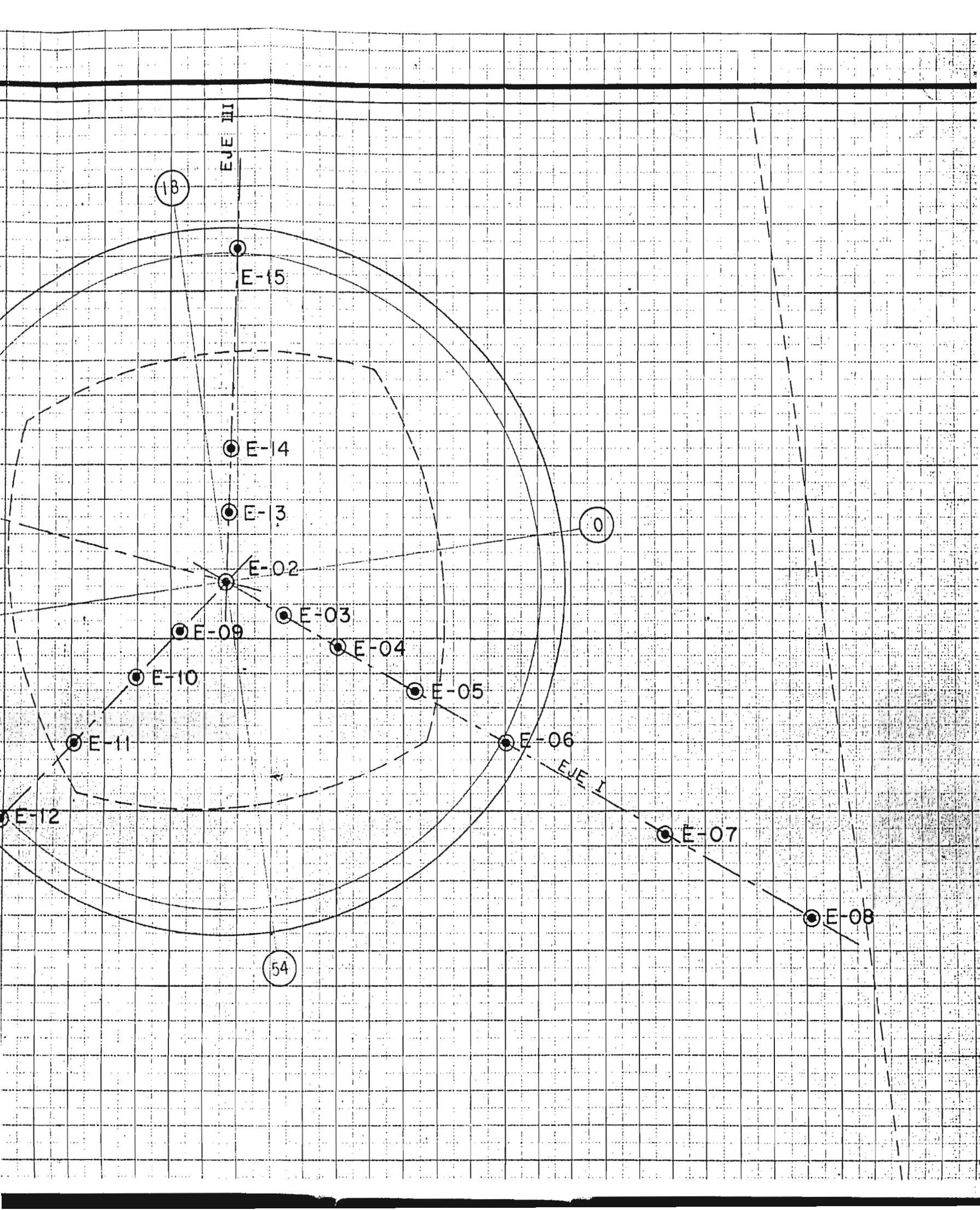


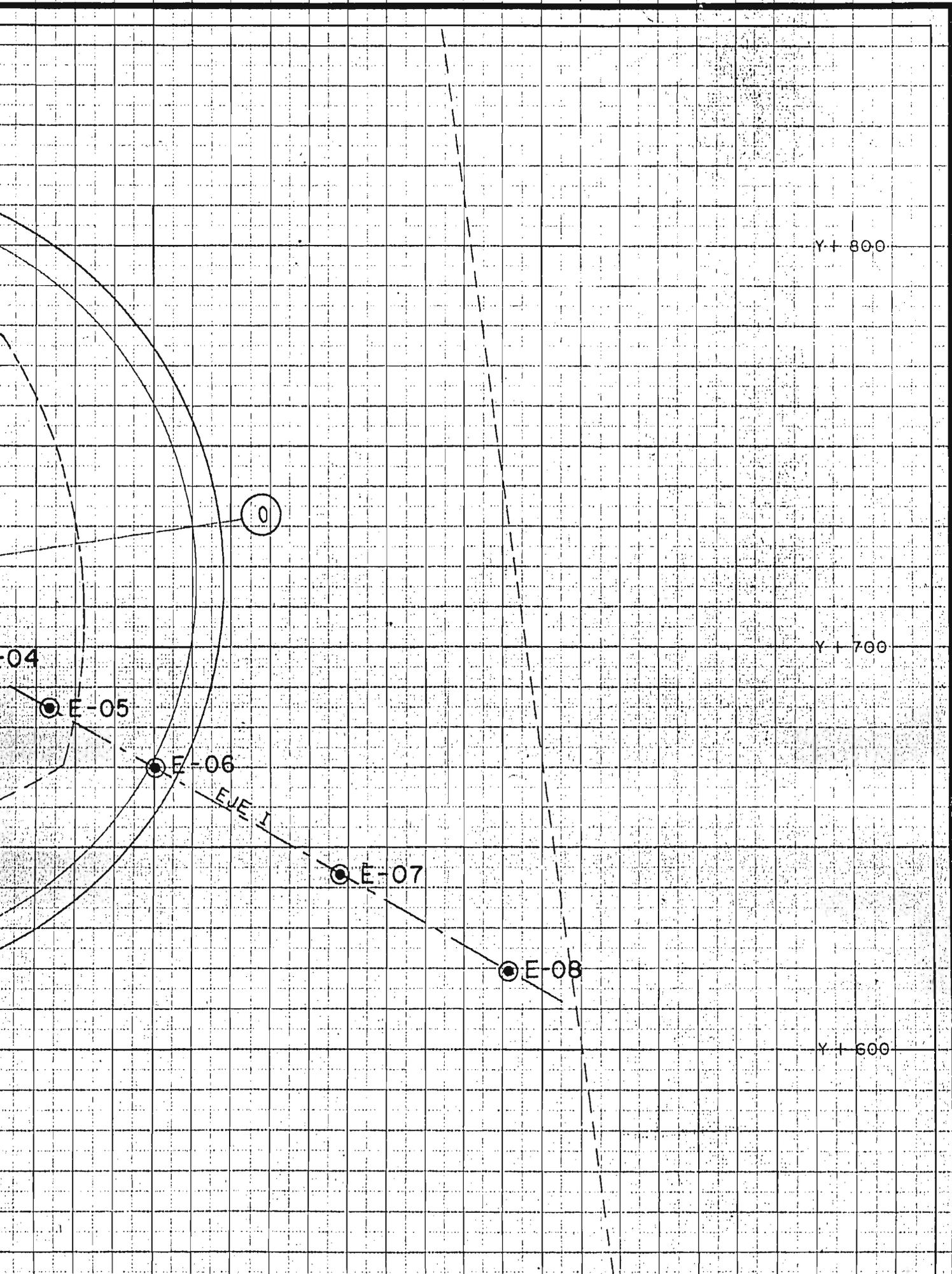
INSTRUCCION

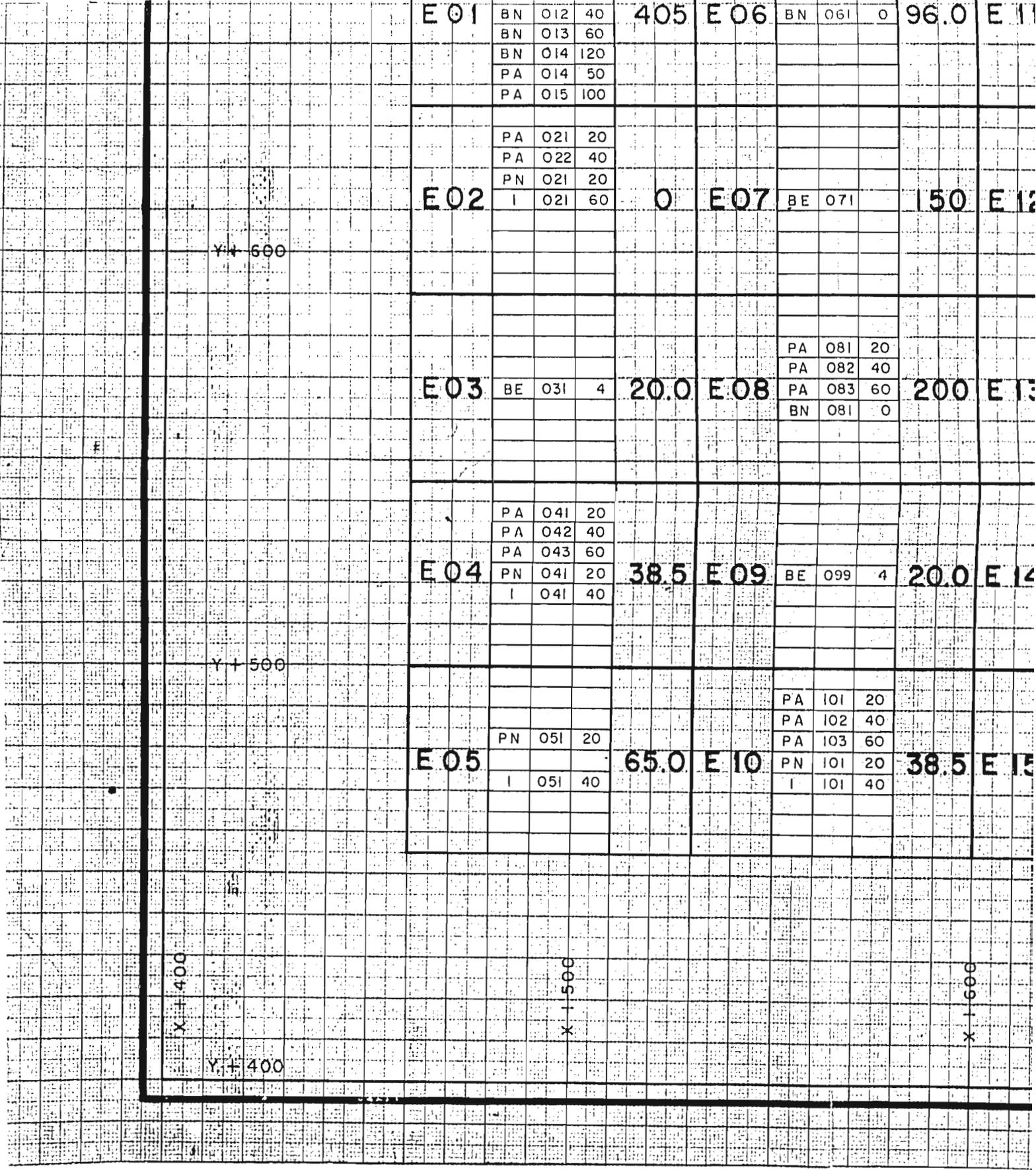
COORDENADAS

Y	X
0.000	1000.000
5.720	996.133
2.616	1036.925
1.747	1090.690
0.932	1122.559
0.454	1139.553
0.994	1154.472
0.552	1223.000
0.288	947.241
0.726	546.945
4.028	666.327
3.569	792.867
5.162	826.365
5.007	917.638









E 01	BN	012	40	405	E 06	BN	061	0	96.0	E 11
	BN	013	60							
	BN	014	120							
	PA	014	50							
	PA	015	100							

E 02	PA	021	20	0	E 07	BE	071		150	E 12
	PA	022	40							
	PN	021	20							
	I	021	60							

E 03	BE	031	4	20.0	E 08	PA	081	20	200	E 13
						PA	082	40		
						PA	083	60		
						BN	081	0		

E 04	PA	041	20	38.5	E 09	BE	099	4	20.0	E 14
	PA	042	40							
	PA	043	60							
	PN	041	20							
	I	041	40							

E 05	PN	051	20	65.0	E 10	PA	101	20	38.5	E 15
						PA	102	40		
						PA	103	60		
	I	051	40			PN	101	20		
						I	101	40		

X = 400

Y = 400

X = 500

X = 600

Y = 600

65.0

c	d	53.90	S 85° 53' E	1102.616	1036.925
d	e	47.20	S 42° 28' E	1098.747	1090.690
e	f	29.80	S 36° 46' E	1063.932	1122.559
f	g	48.80	S 17° 48' E	1039.454	1139.553
g	h	489.31	S 8° 03' E	992.994	1154.472
h	i	277.90	S 82° 55' W	508.552	1223.000
i	j	542.69	N 47° 32' W	474.288	947.241
j	k	140.08	N 58° 27' E	840.726	546.945
k	l	141.14	N 63° 42' E	914.028	666.327
l	m	38.31	N 60° 58' E	976.569	792.867
m	n	91.83	S 83° 39' E	995.162	826.365
n	o	83.71	N 79° 41' E	985.007	917.638

96.0

NOMENCLATURA

- PA - Piezómetros abiertos
- PN - Piezómetros neumáticos
- I - Inclínómetros
- BN - Bancos de nivelación
- BE - Bancos de expansión

38.0

96.0

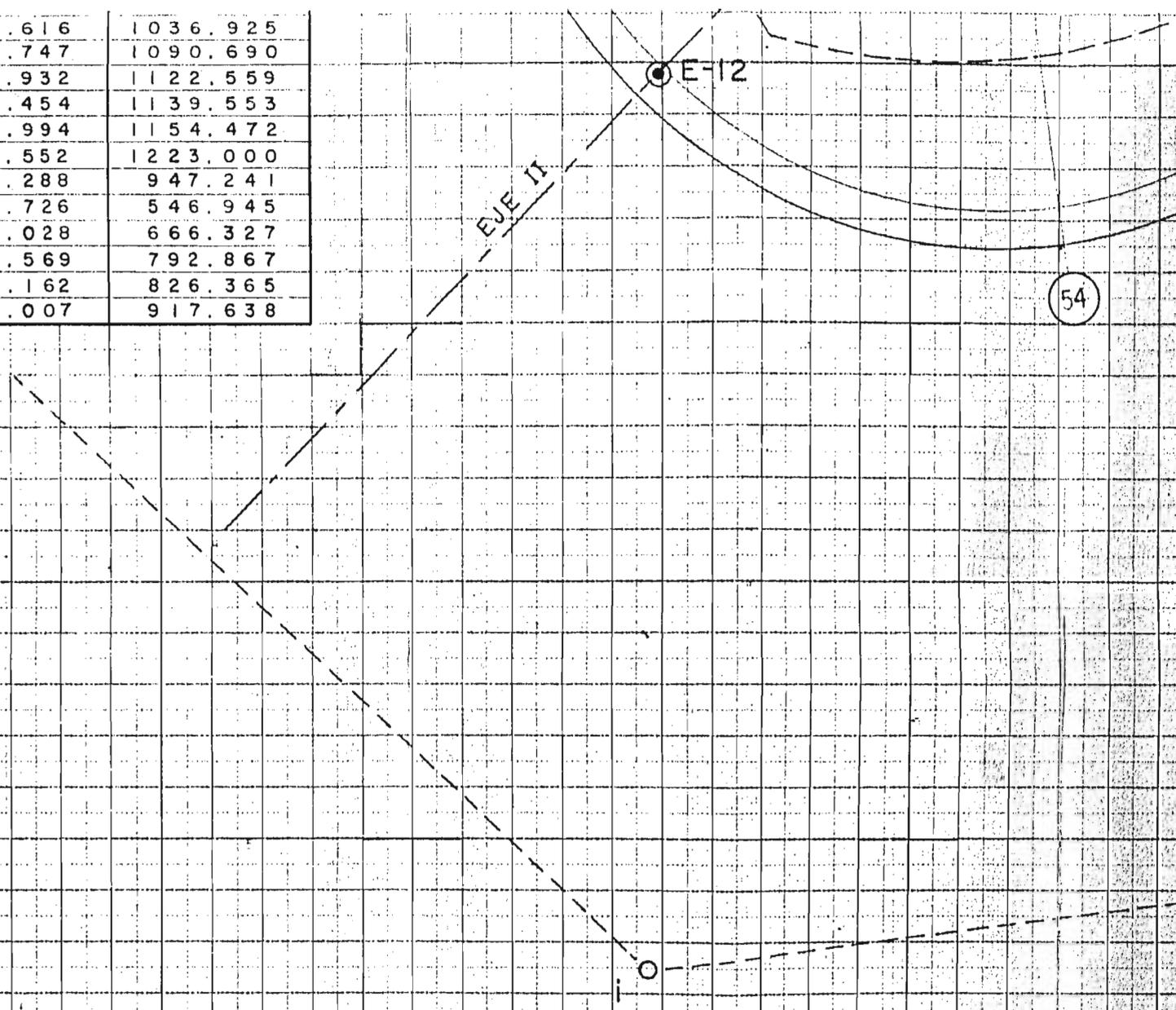
X 1700

X 1800

X 1900

EJE II

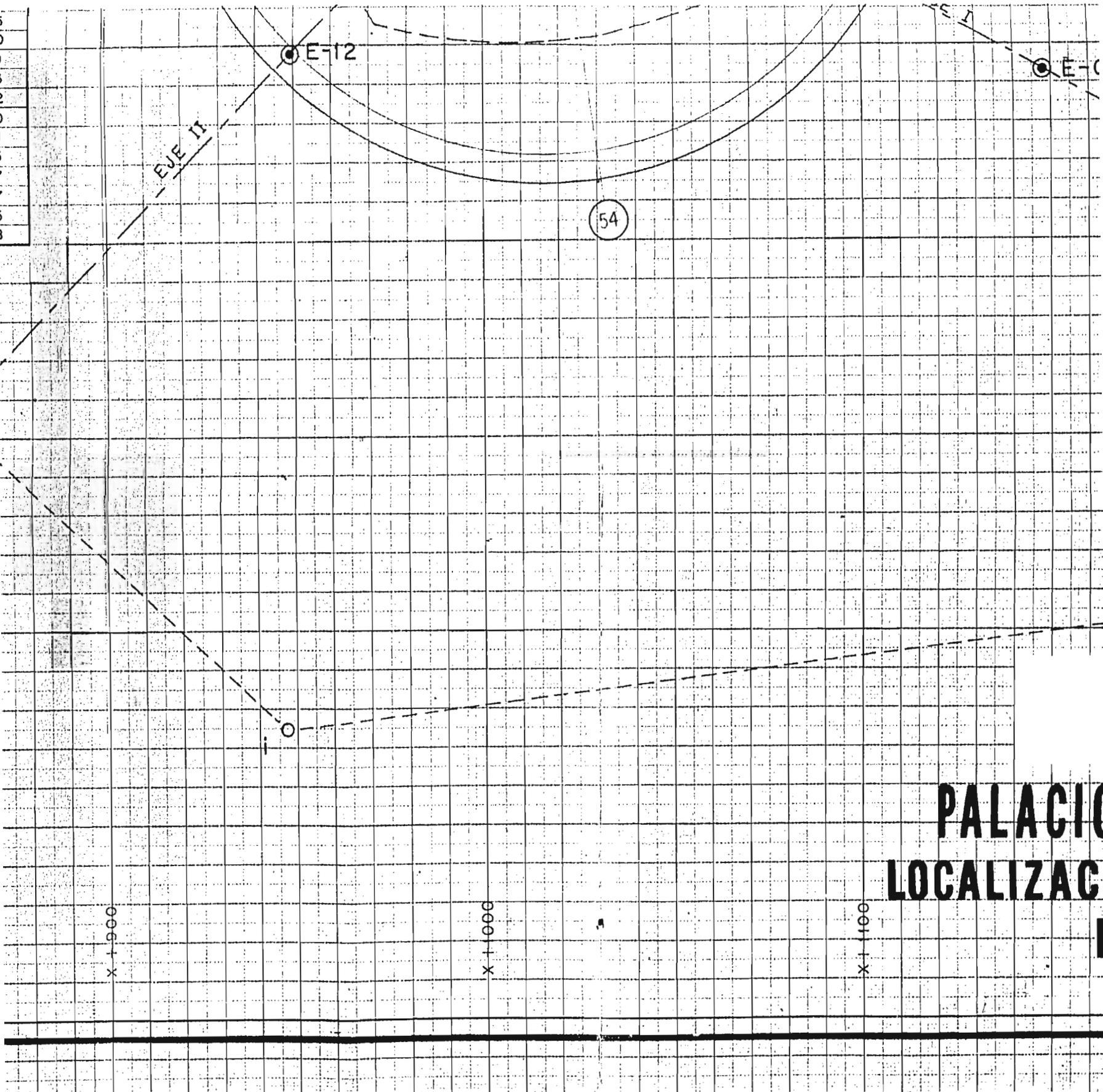
S 85° 53' E	1102.616	1036.925
S 42° 28' E	1098.747	1090.690
S 36° 46' E	1063.932	1122.559
S 17° 48' E	1039.454	1139.553
S 8° 03' E	992.994	1154.472
S 82° 55' W	508.552	1223.000
N 47° 32' W	474.288	947.241
N 58° 27' E	840.726	546.945
N 63° 42' E	914.028	666.327
N 60° 58' E	976.569	792.867
S 83° 39' E	995.162	826.365
N 79° 41' E	985.007	917.638



X + 800

X + 900

X + 000

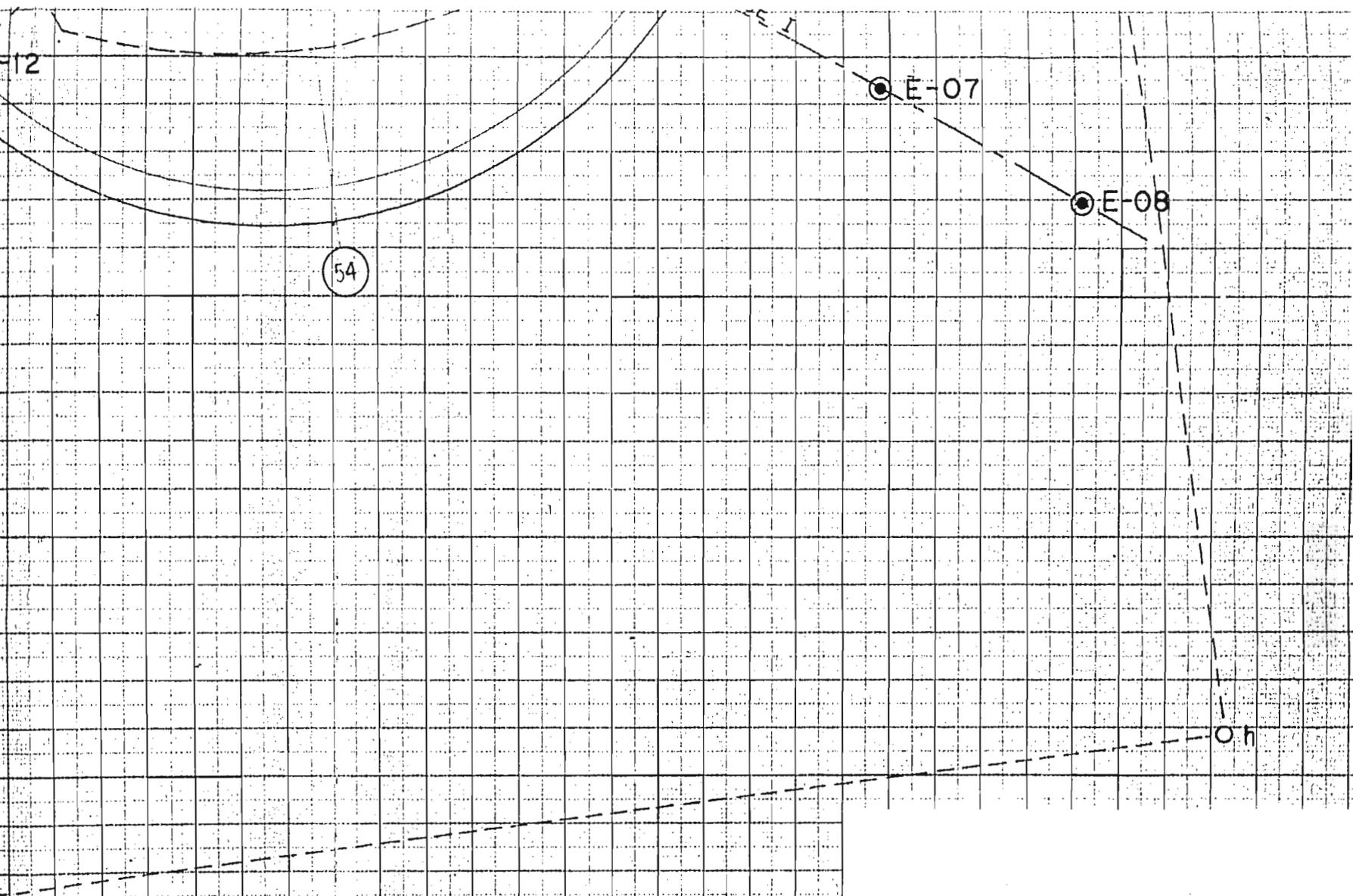


**PALACIO
LOCALIZAC**

X + 900

X + 1000

X + 1100



**PALACIO DE LOS DEPOSI
LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES
DE MEDICION**

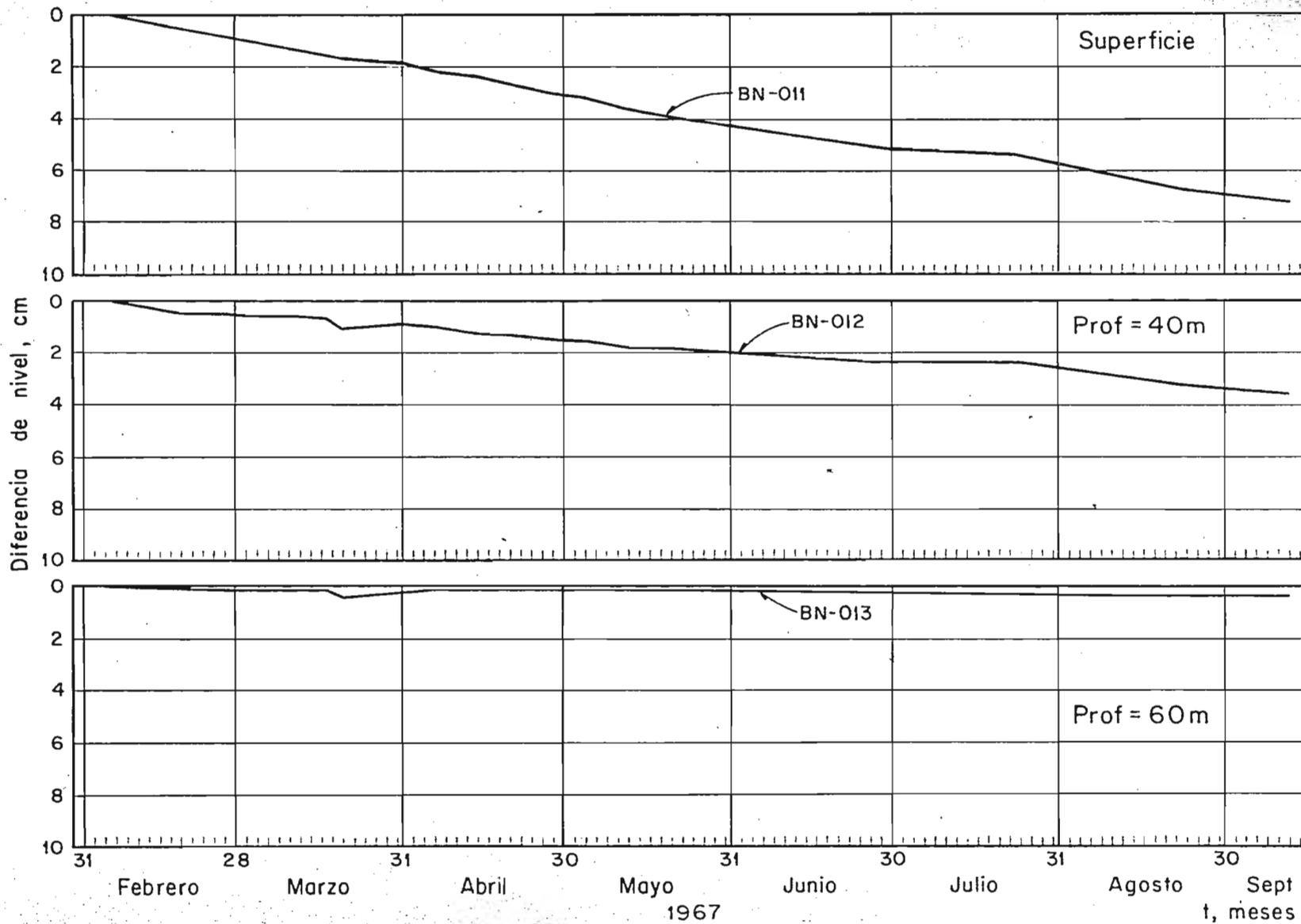
X 1 000

X 1 000



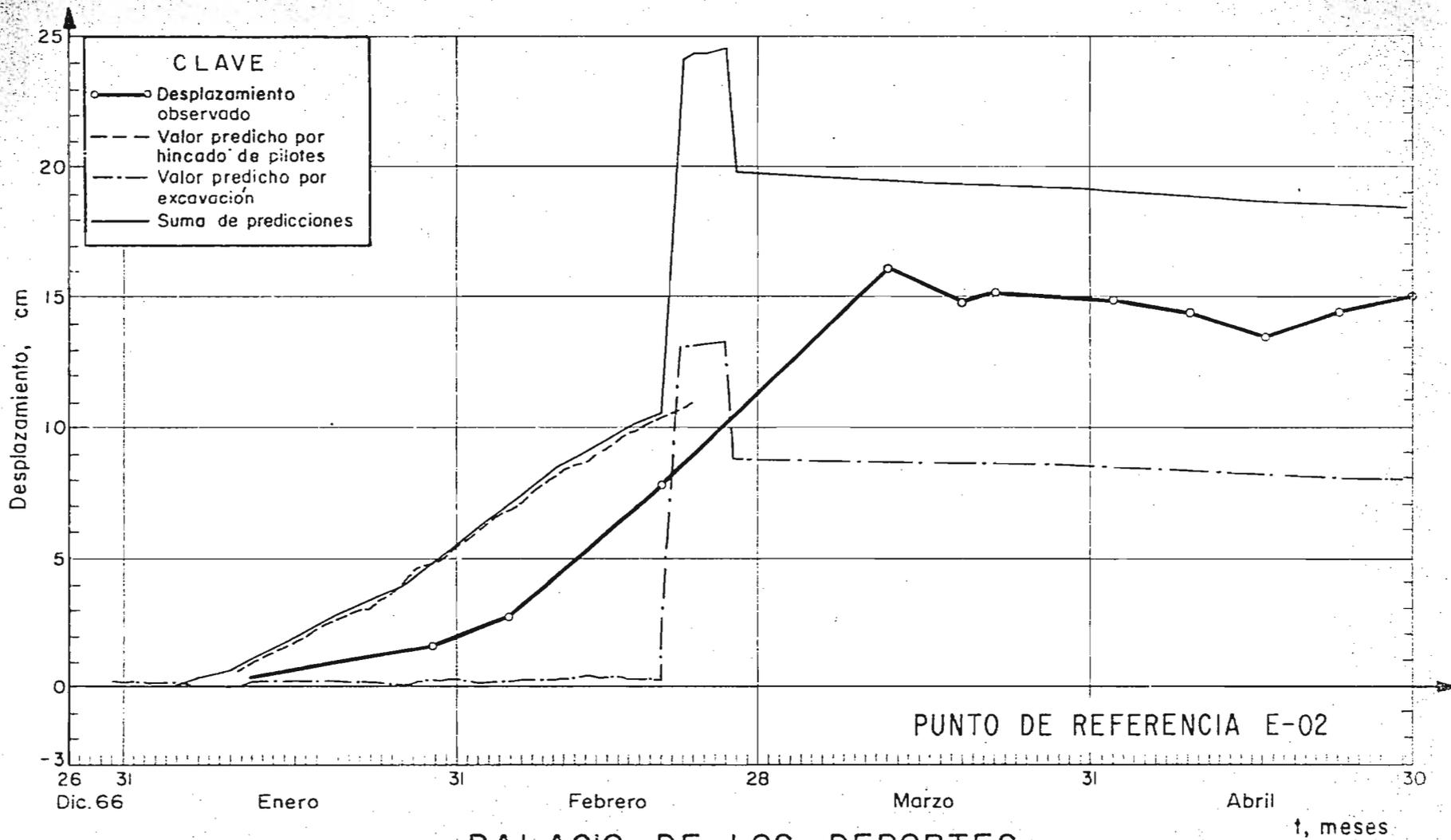
PALACIO DE LOS DEPORTES
LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES
DE MEDICION

Fig. 1



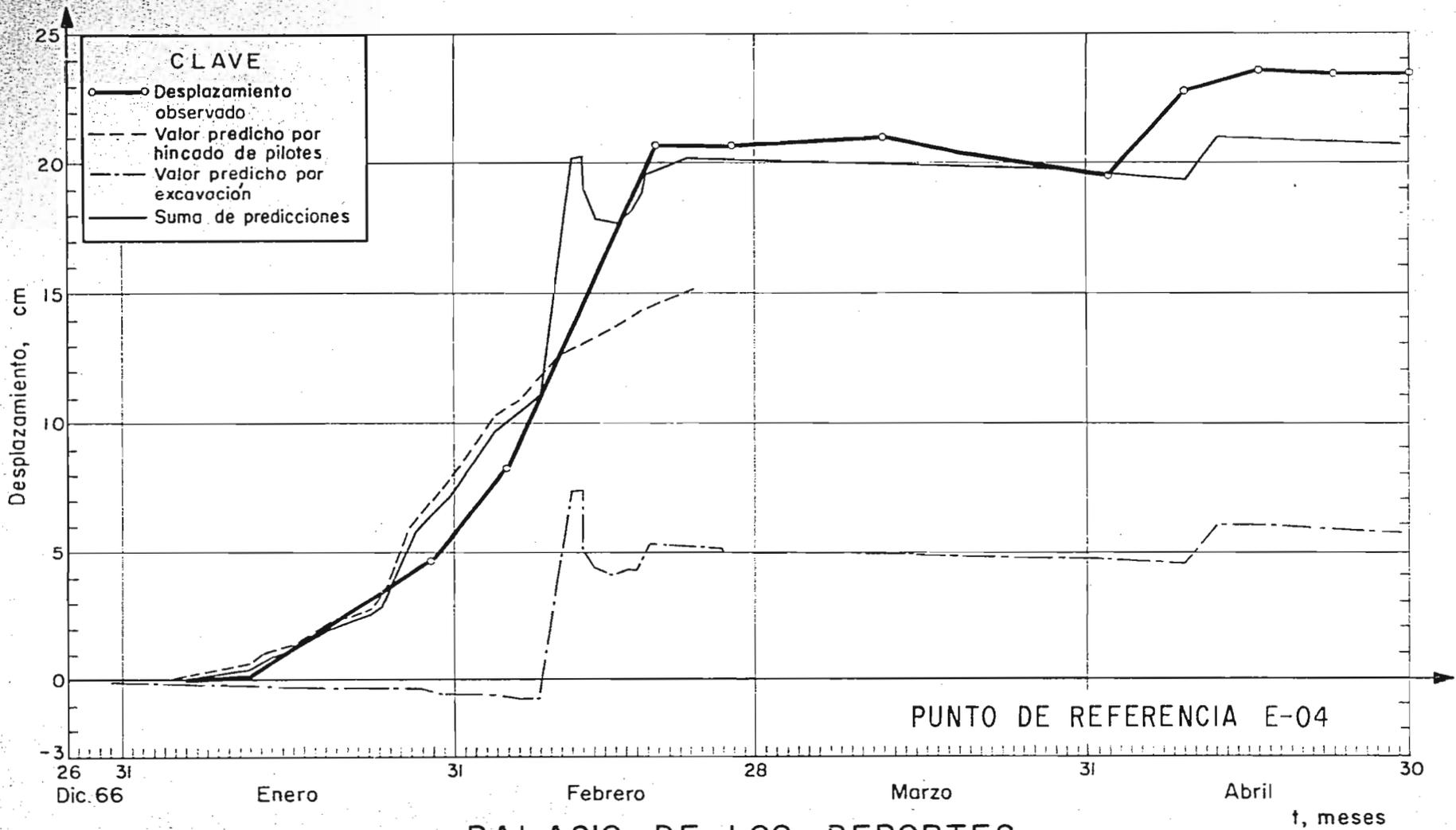
HUNDIMIENTO REGIONAL
Zona del Palacio de los Deportes

Fig. 2



PALACIO DE LOS DEPORTES
MOVIMIENTOS VERTICALES
 Comparación entre desplazamientos teóricos y observados

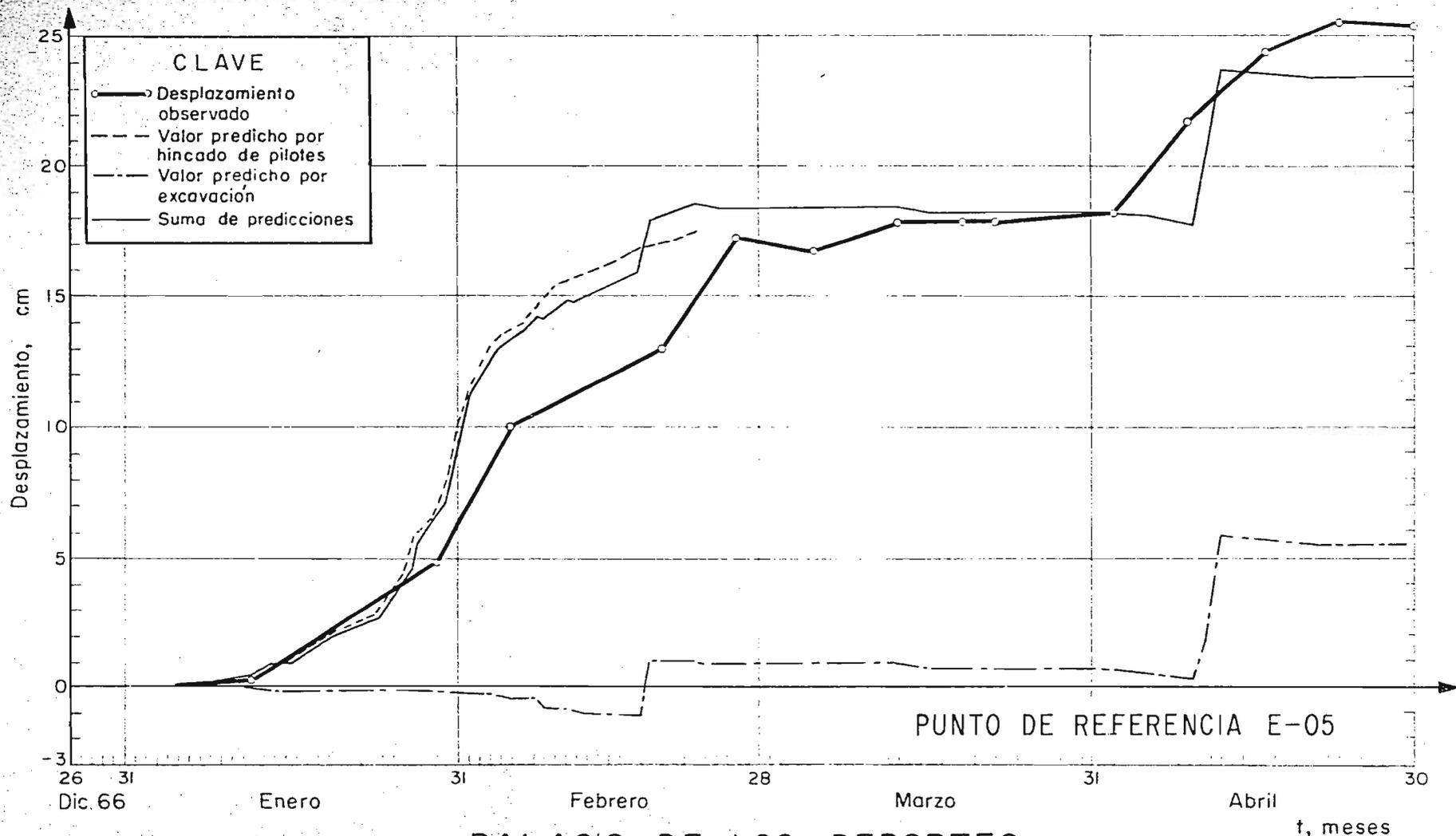
Fig. 3



**PALACIO DE LOS DEPORTES
MOVIMIENTOS VERTICALES**

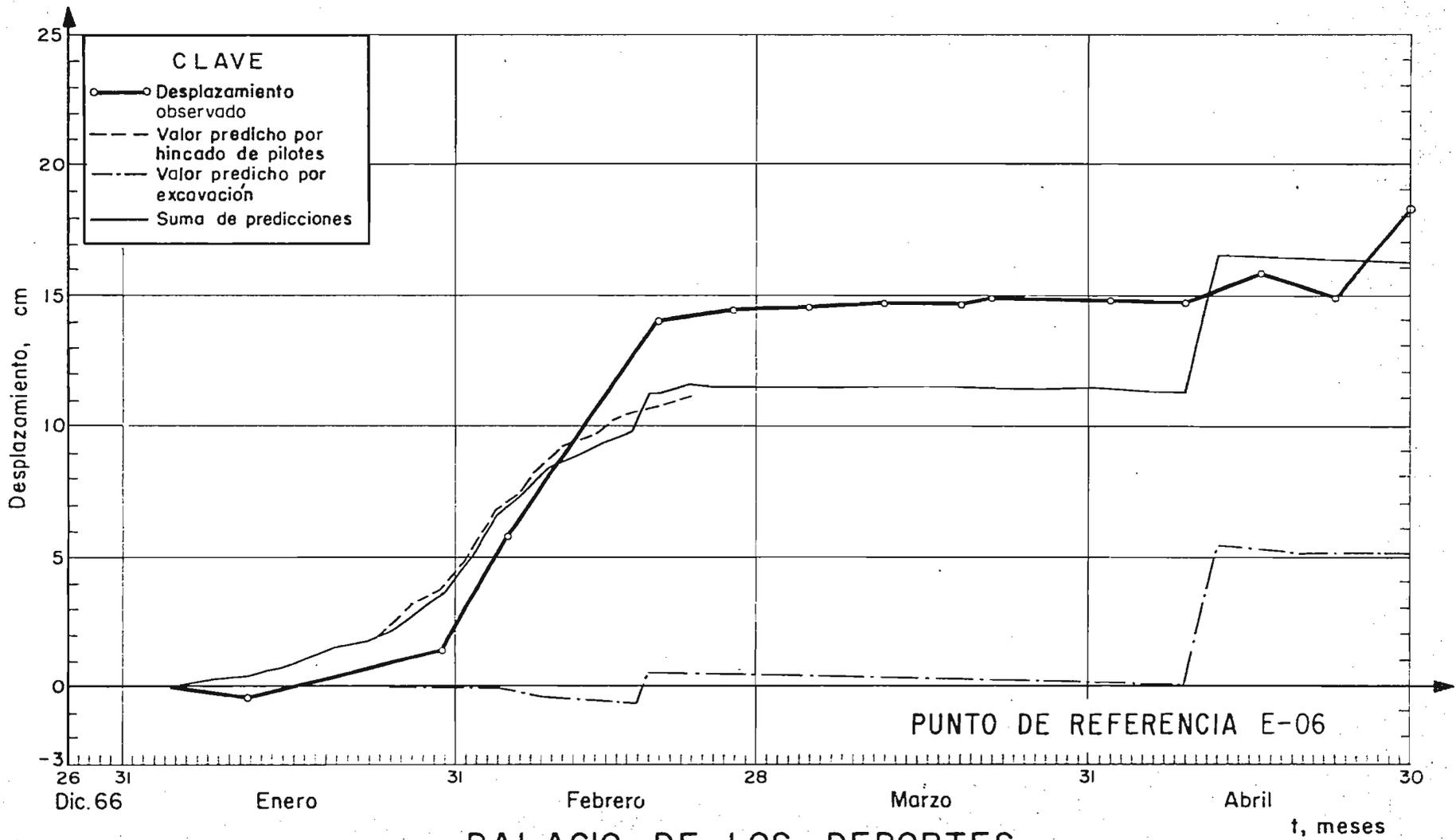
Comparación entre desplazamientos teóricos y observados

Fig. 4



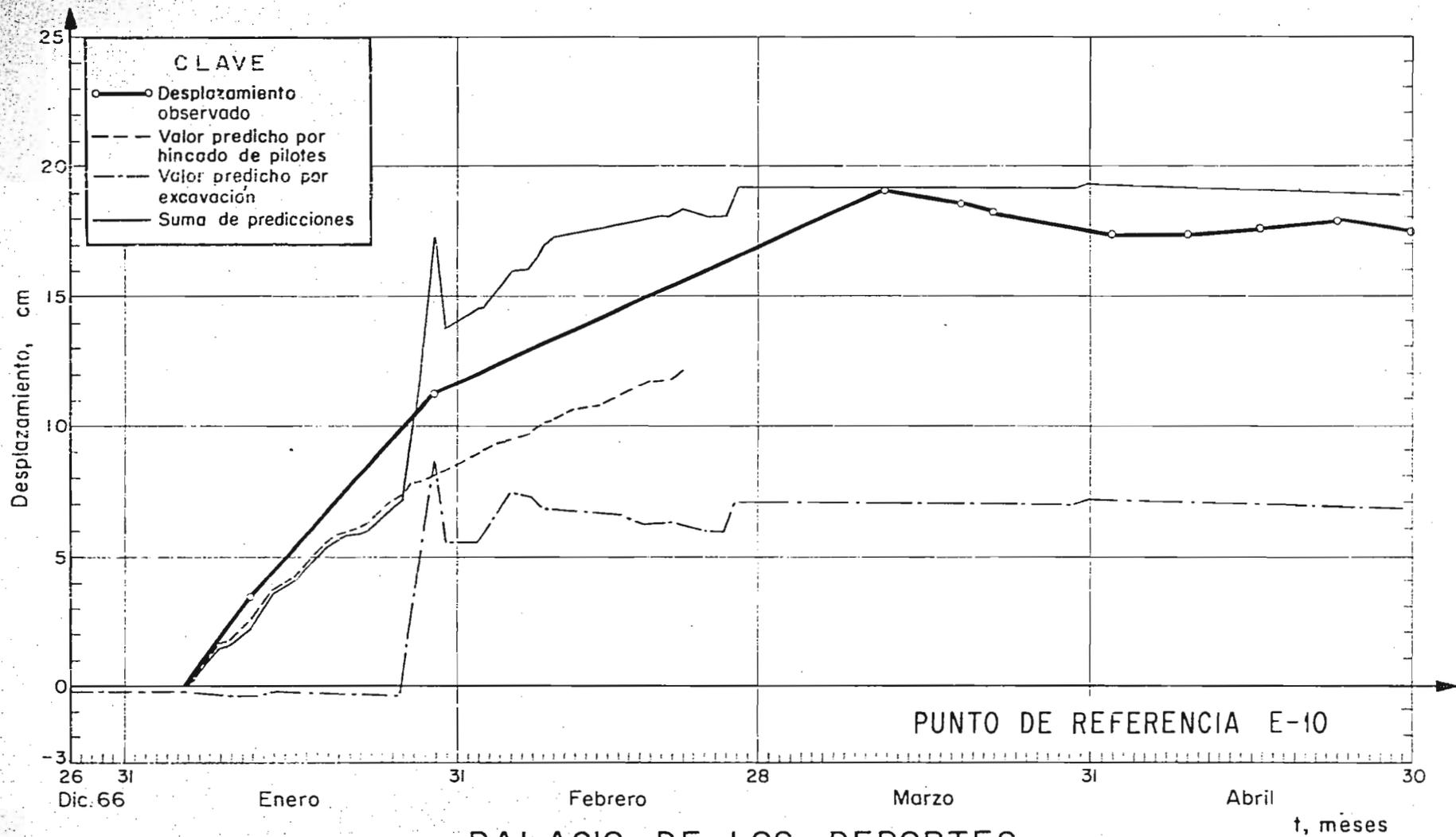
PALACIO DE LOS DEPORTES
MOVIMIENTOS VERTICALES
 Comparación entre desplazamientos teóricos y observados

Fig. 5



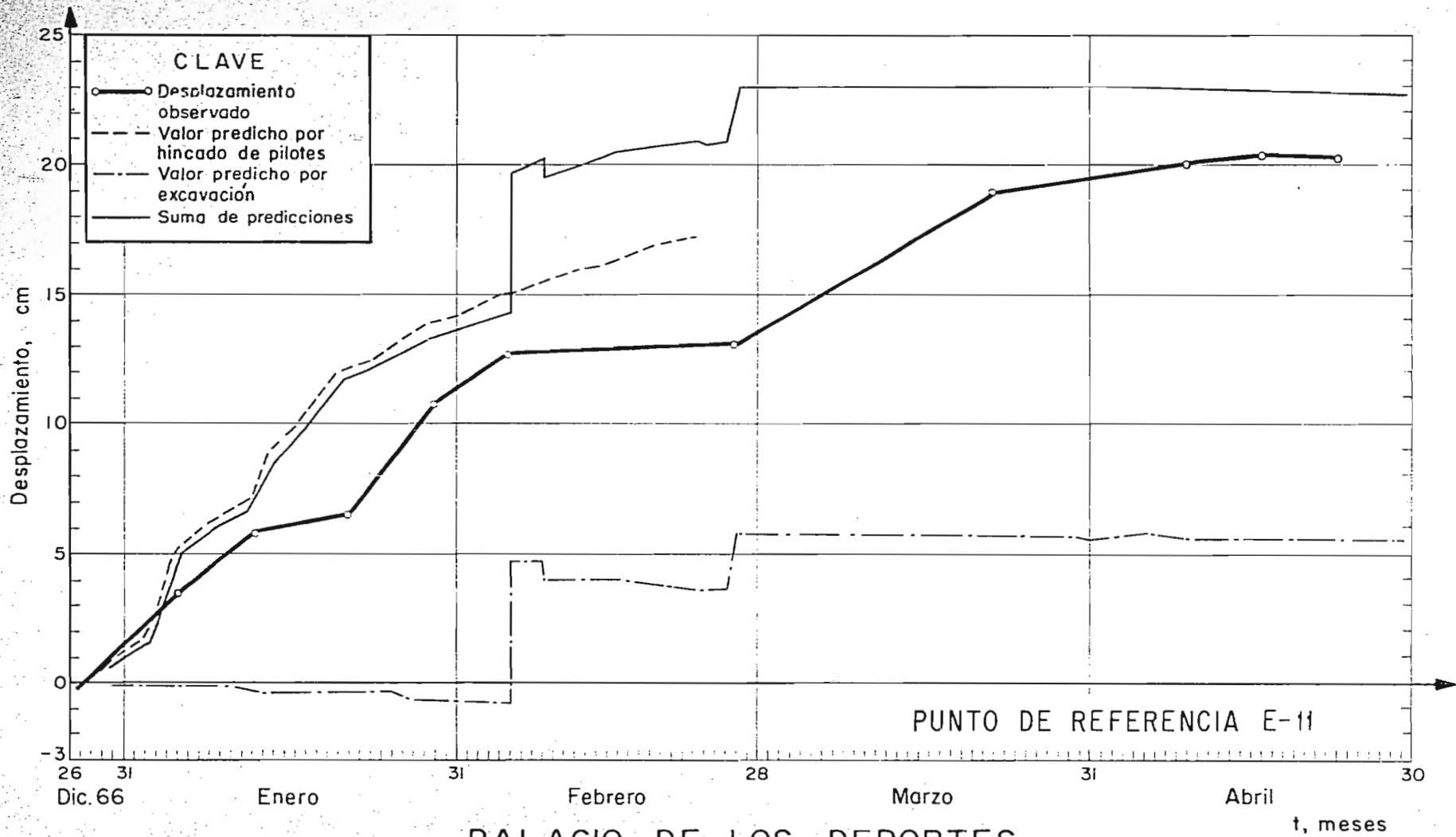
PALACIO DE LOS DEPORTES
MOVIMIENTOS VERTICALES
 Comparación entre desplazamientos teóricos y observados

Fig. 6



PALACIO DE LOS DEPORTES
MOVIMIENTOS VERTICALES
 Comparación entre desplazamientos teóricos y observados

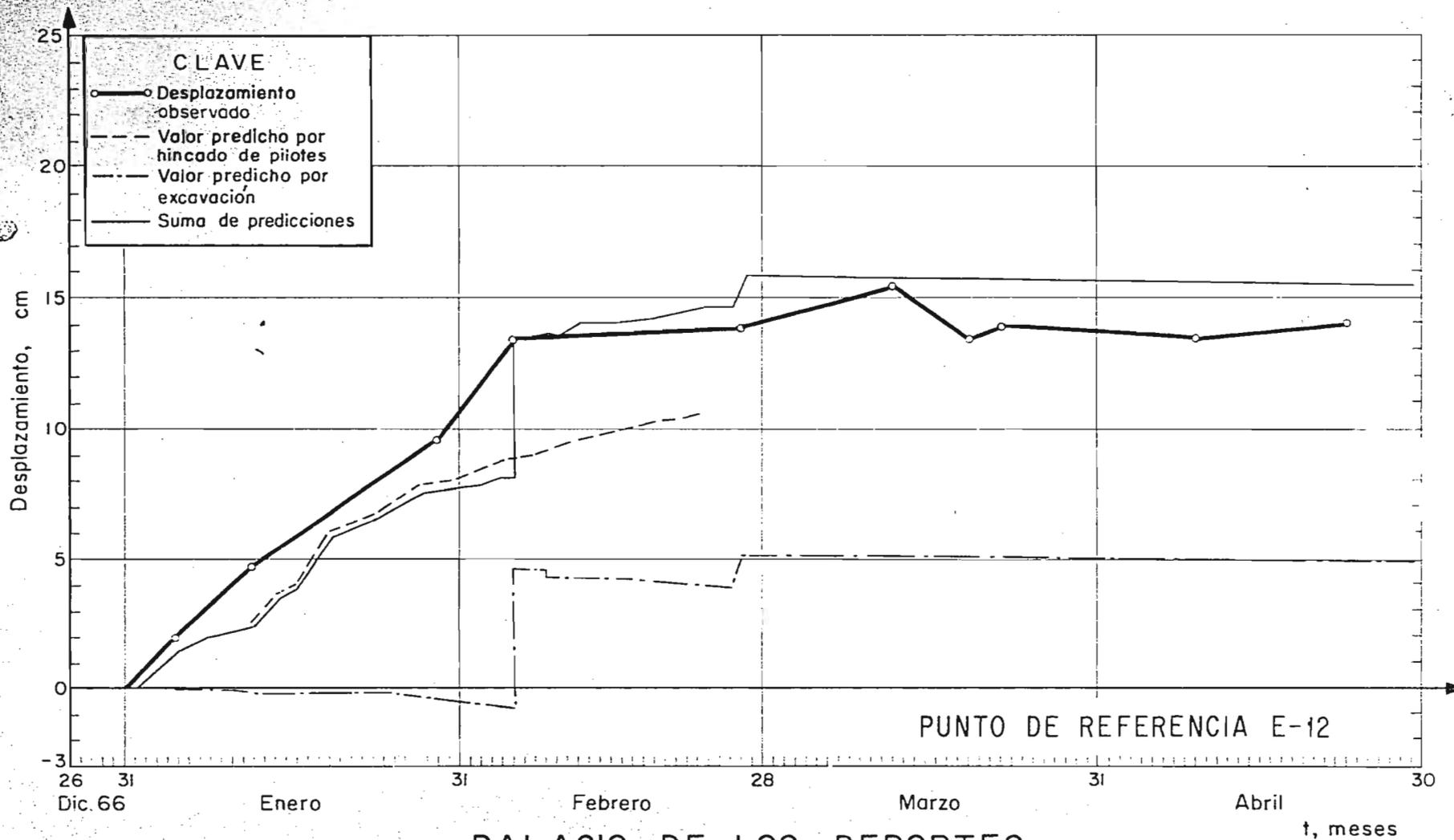
Fig. 7



**PALACIO DE LOS DEPORTES
MOVIMIENTOS VERTICALES**

Comparación entre desplazamientos teóricos y observados

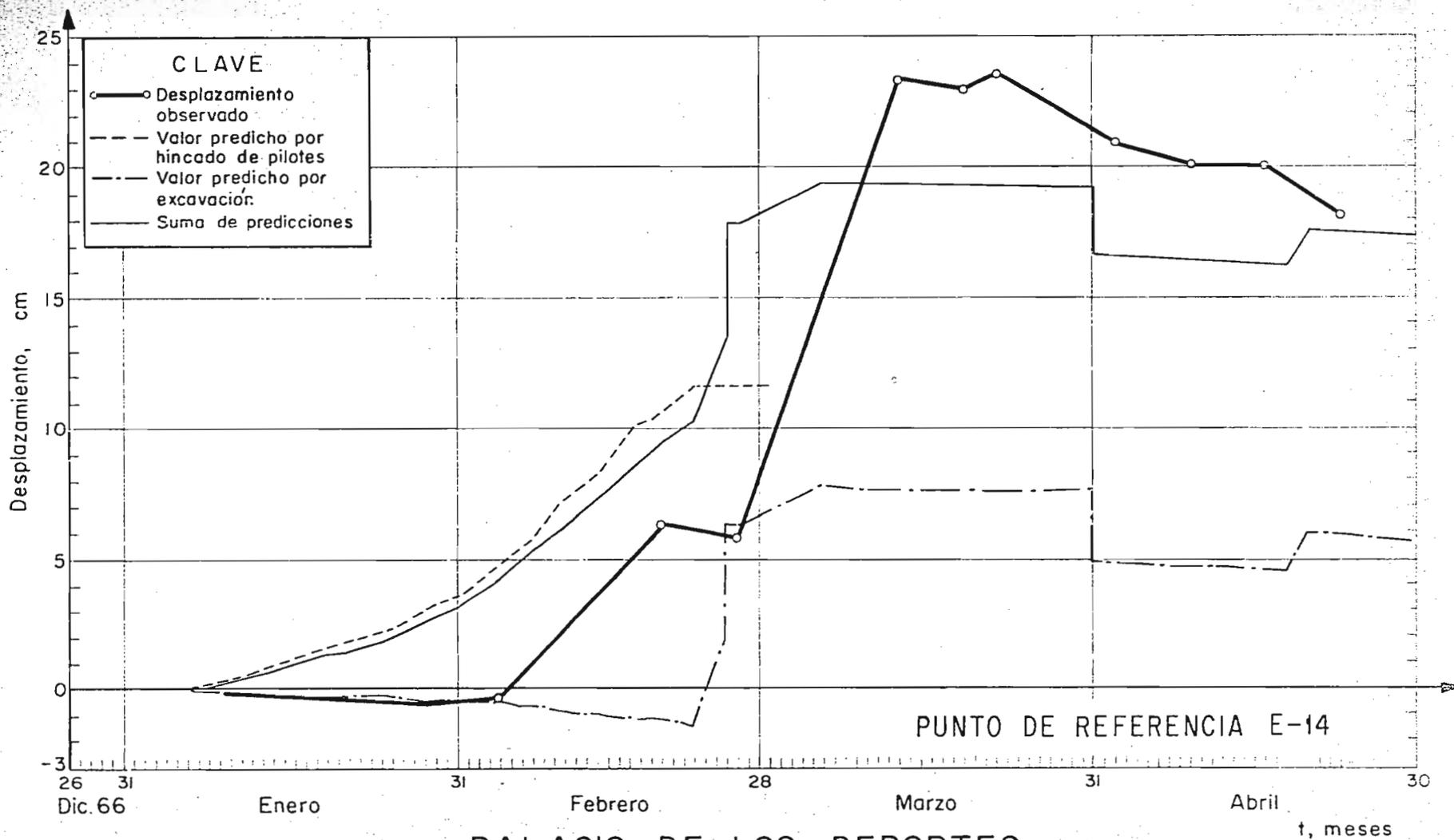
Fig. 8



PALACIO DE LOS DEPORTES
MOVIMIENTOS VERTICALES

Comparación entre desplazamientos teóricos y observados

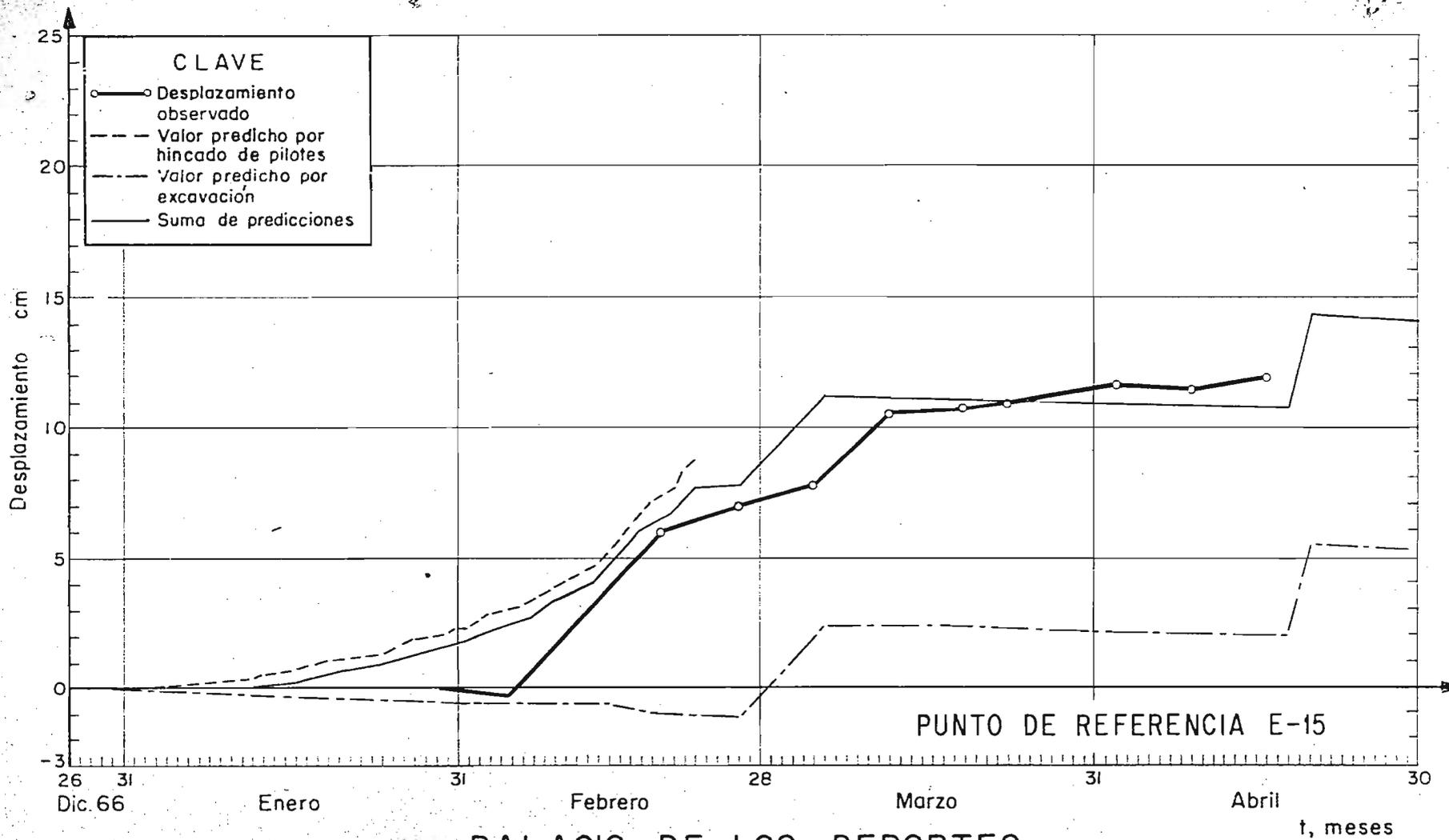
Fig. 9



PALACIO DE LOS DEPORTES
MOVIMIENTOS VERTICALES

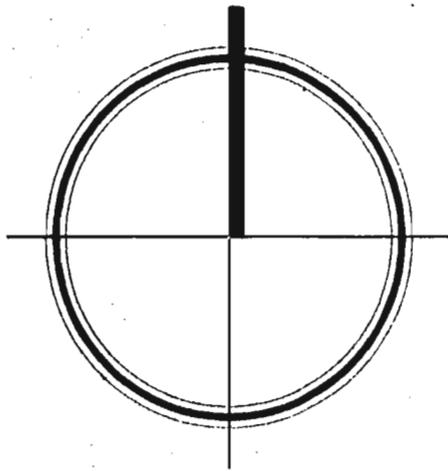
Comparación entre desplazamientos teóricos y observados

Fig. 10



PALACIO DE LOS DEPORTES
MOVIMIENTOS VERTICALES
 Comparación entre desplazamientos teóricos y observados

Fig. II



27

2

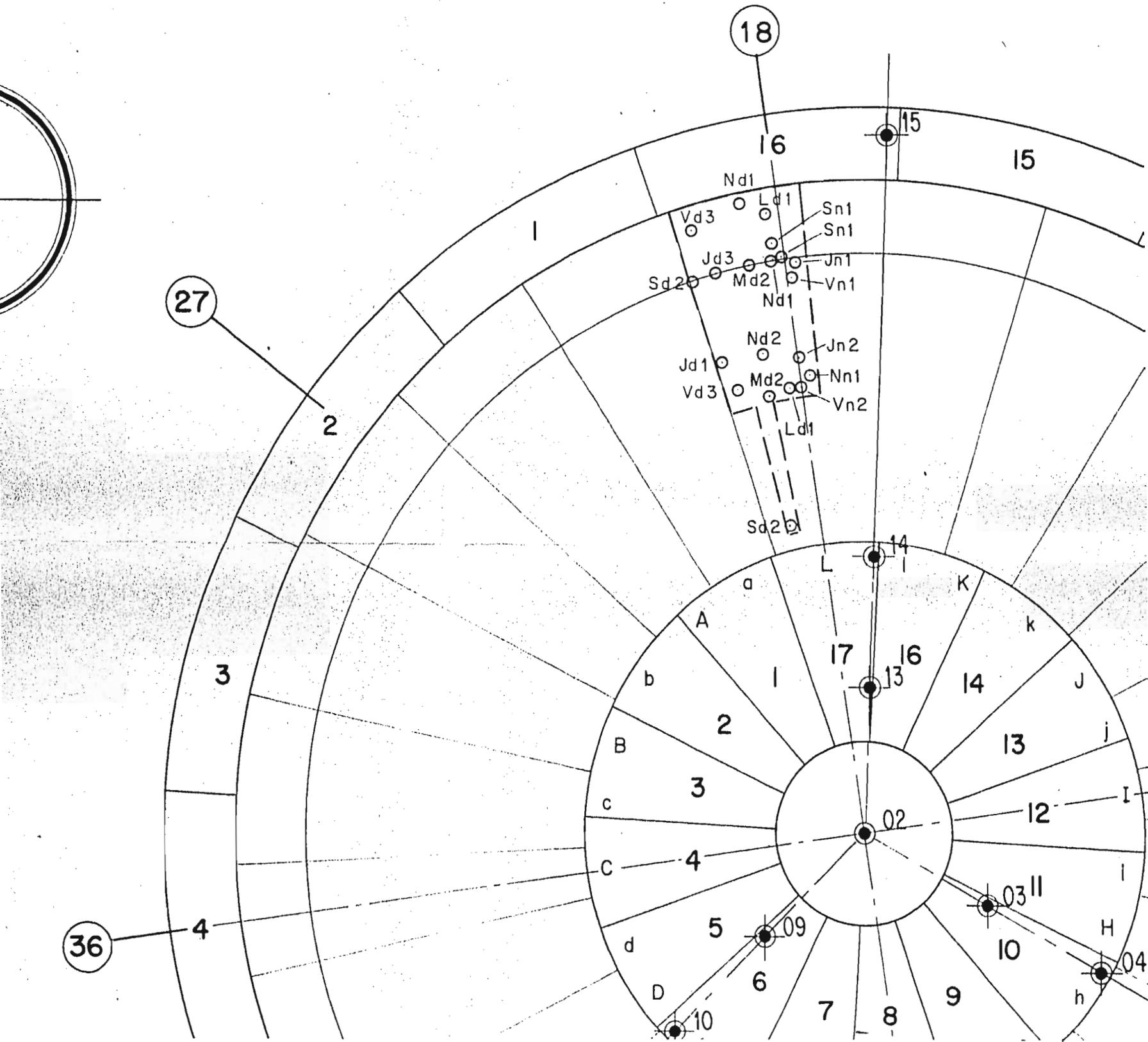
3

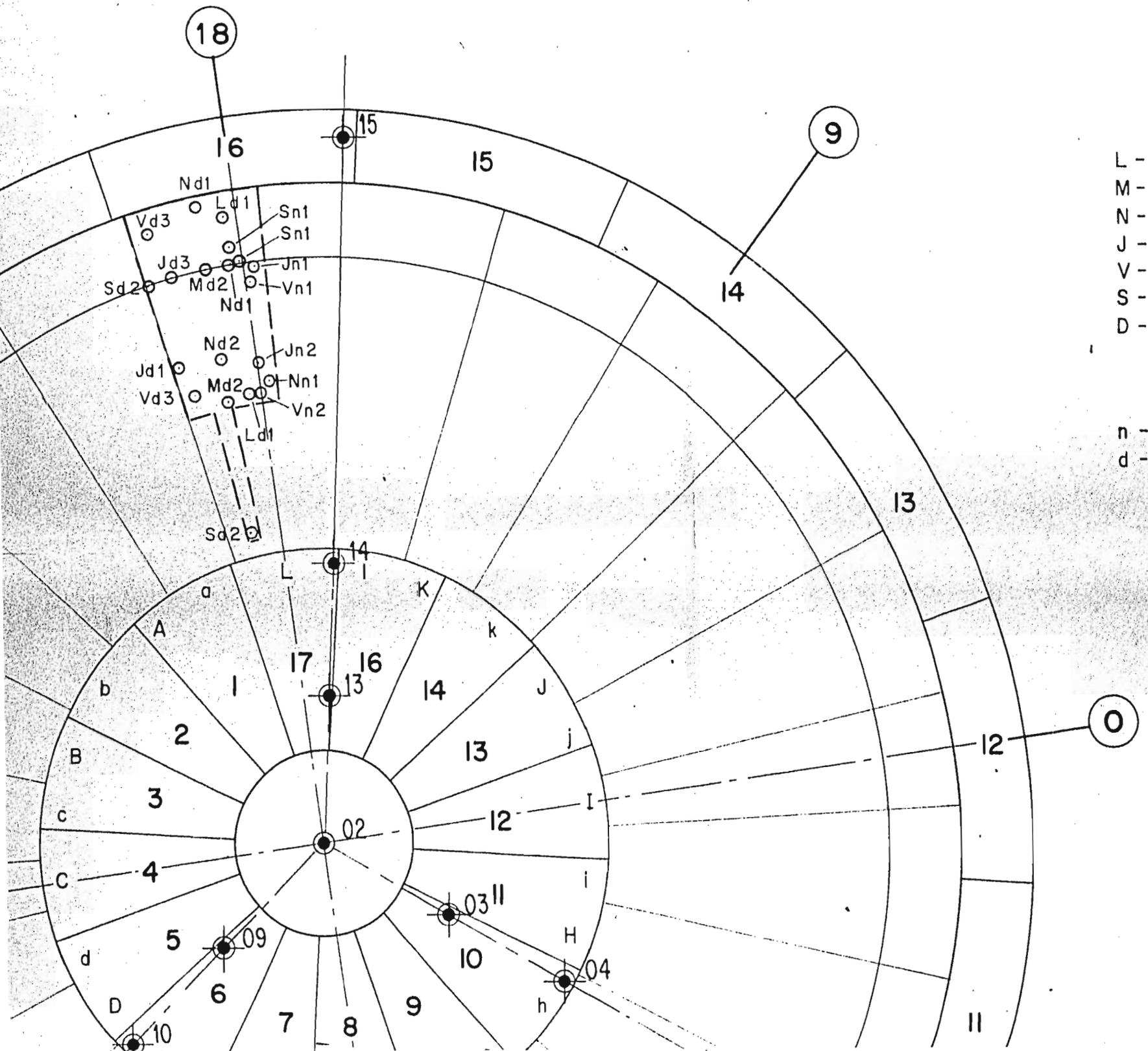
36

4

c

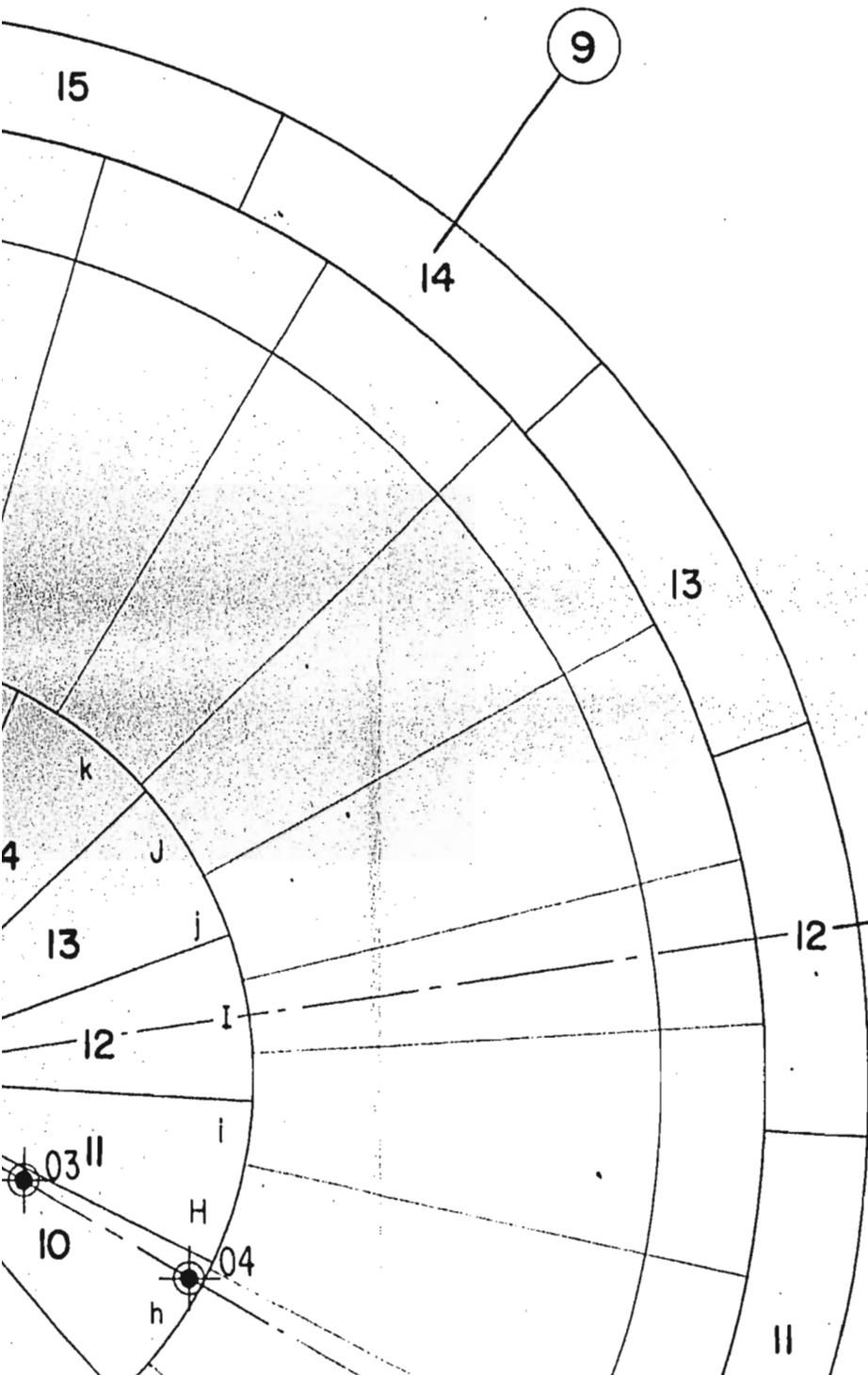
c





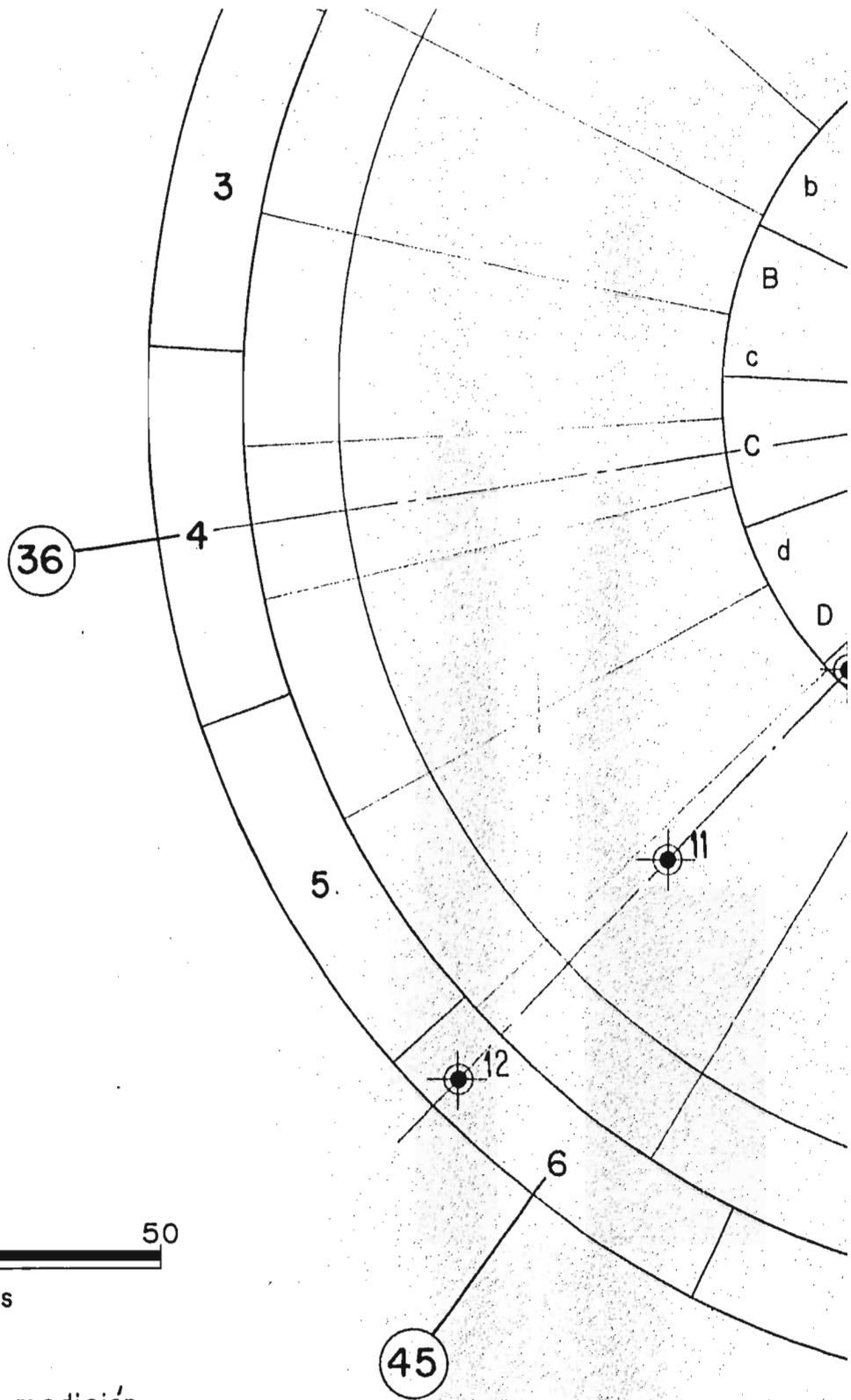
L - I
M - r
N - r
J - j
V - v
S - s
D - c

n - 2
d - 2

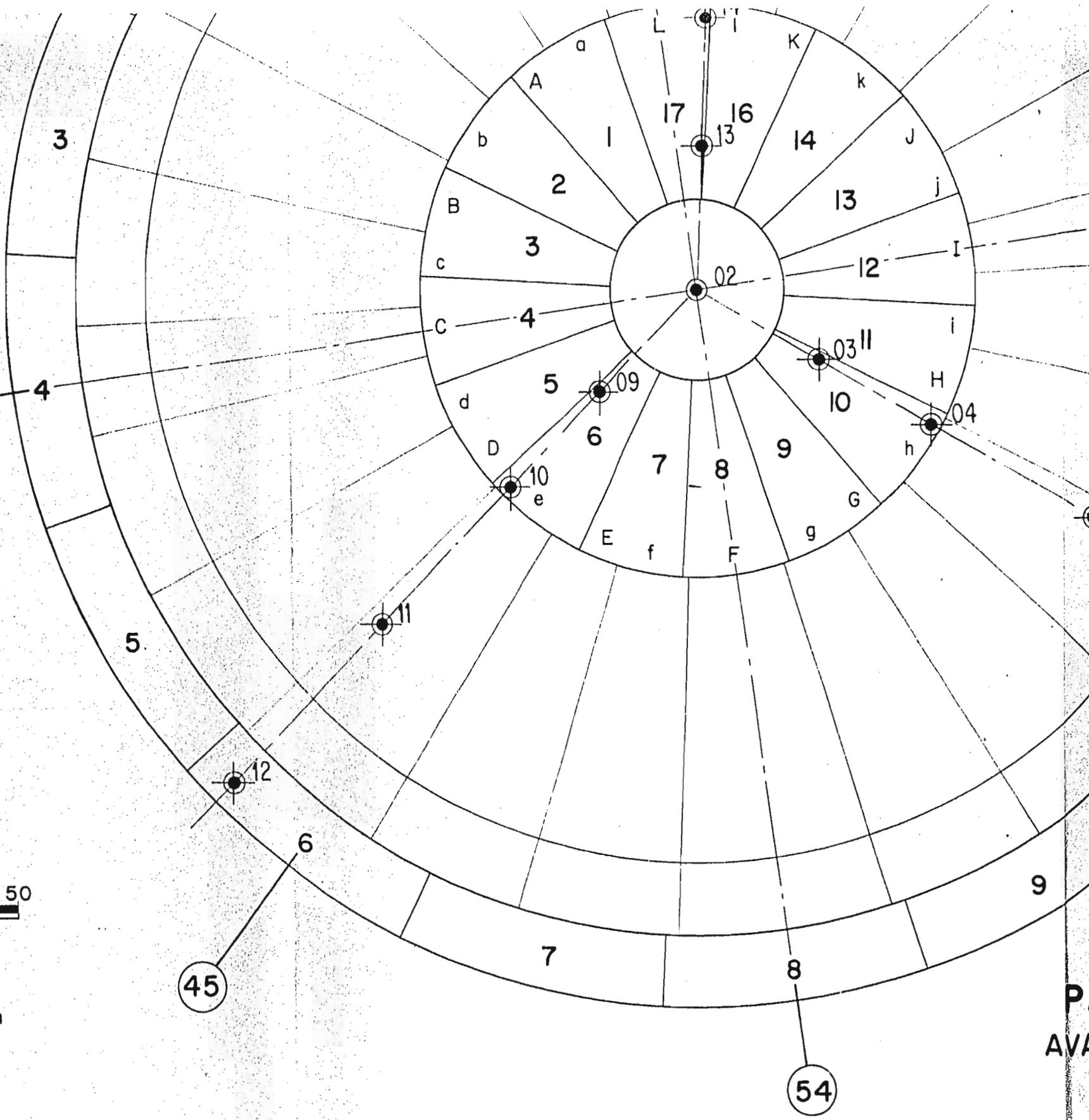


- L - lunes
- M - martes
- N - miercoles
- J - jueves
- V - viernes
- S - sábado
- D - domingo

n - 21 a 26 de noviembre
 d - 28 a 3 de diciembre



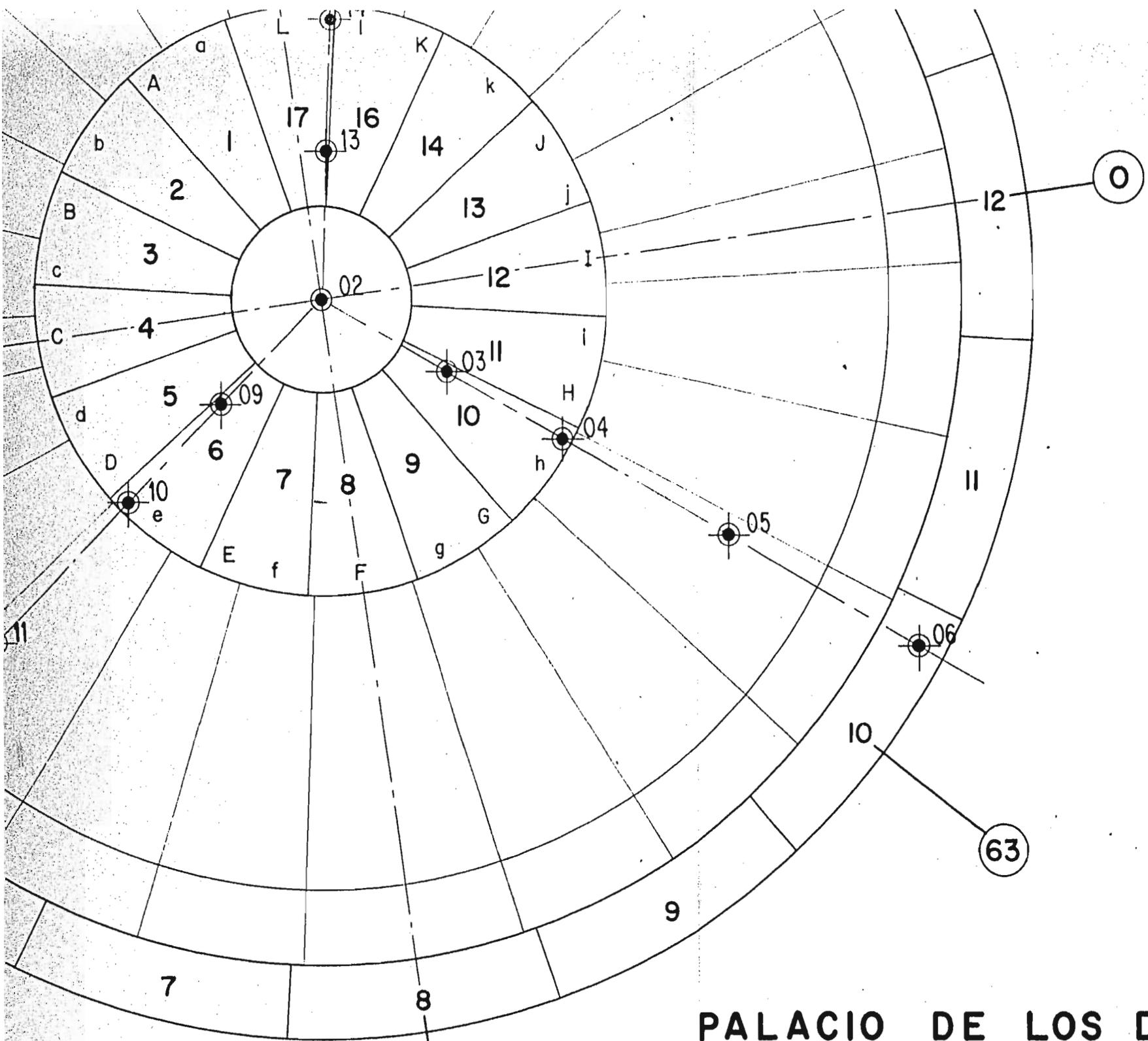
 Estaciones de medición



50

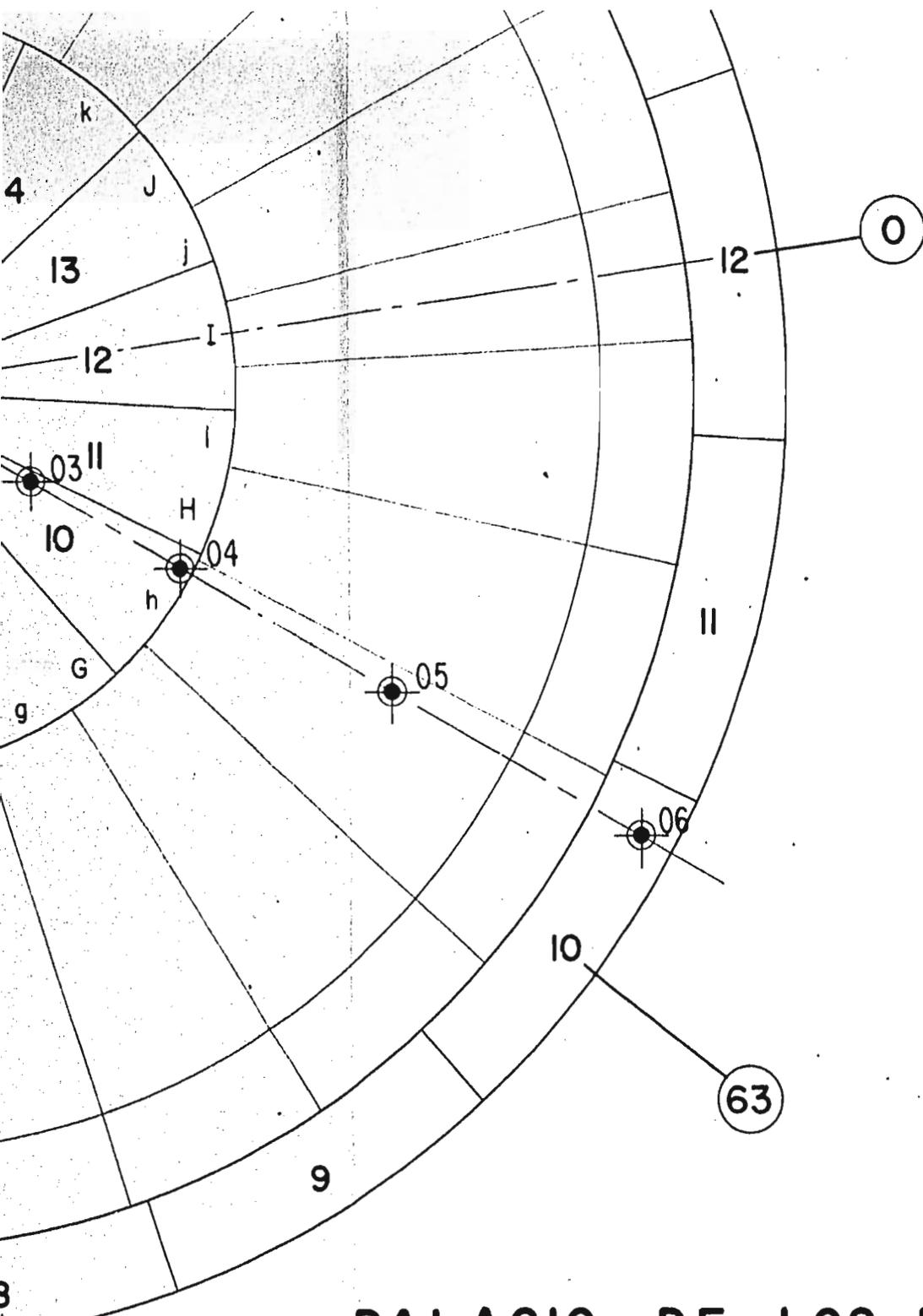
ción

PI
AVA



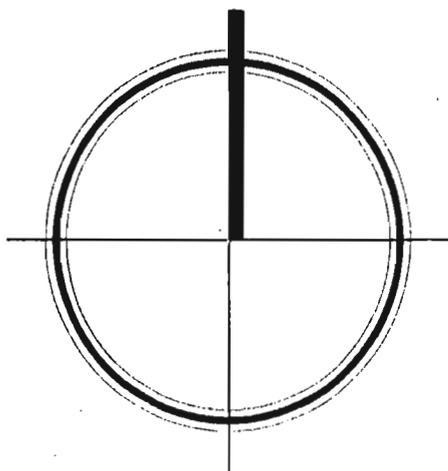
PALACIO DE LOS DI
AVANCE DE LA HINCA DE LO
 semanas: 21 a 3 de diciem

NOVIEMBRE de 1968



PALACIO DE LOS DEPORTES
AVANCE DE LA HINCA DE LOS PILOTES
 semanas: 21 a 3 de diciembre de 1966

NOVIEMBRE de 1968



27

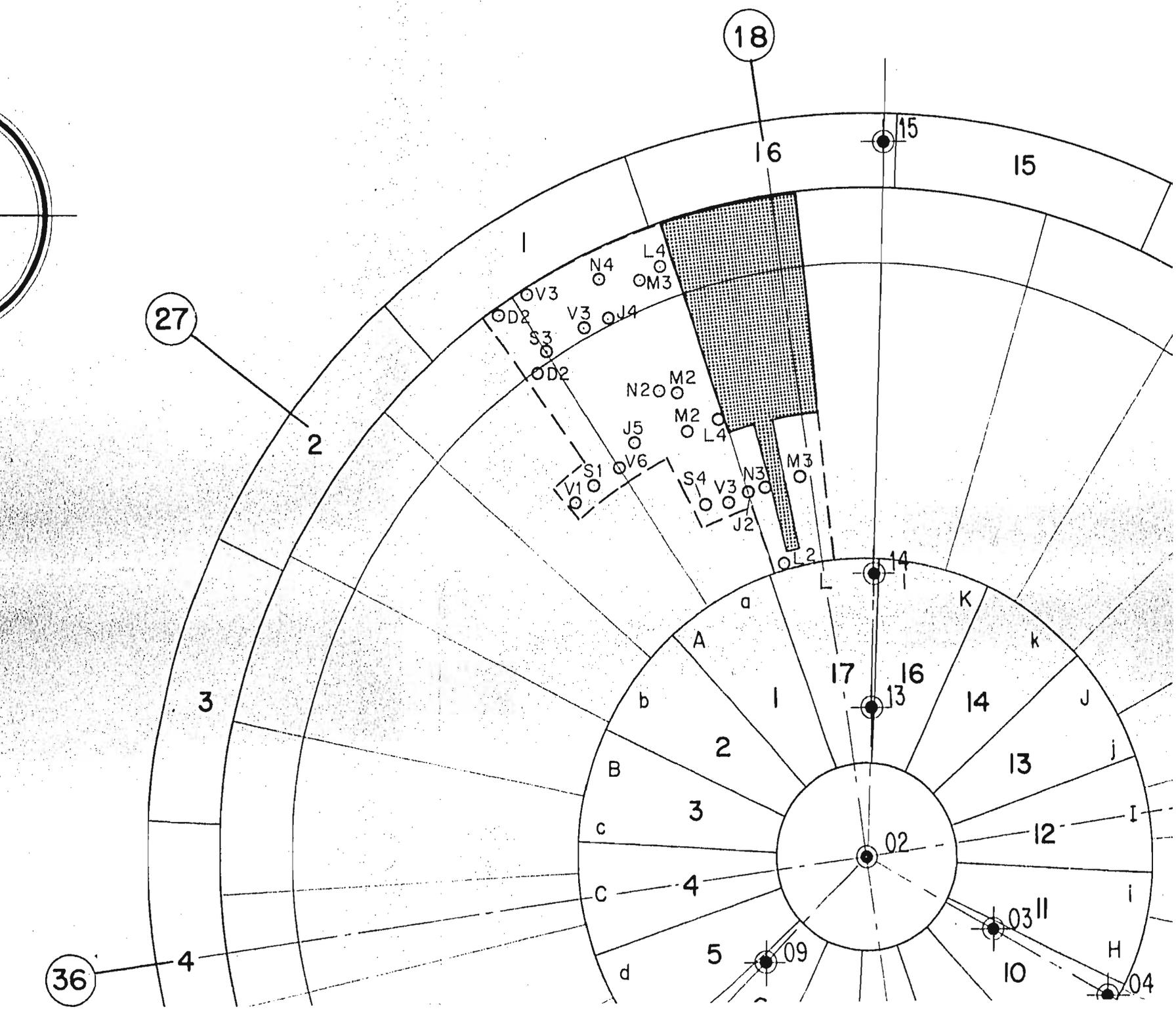
2

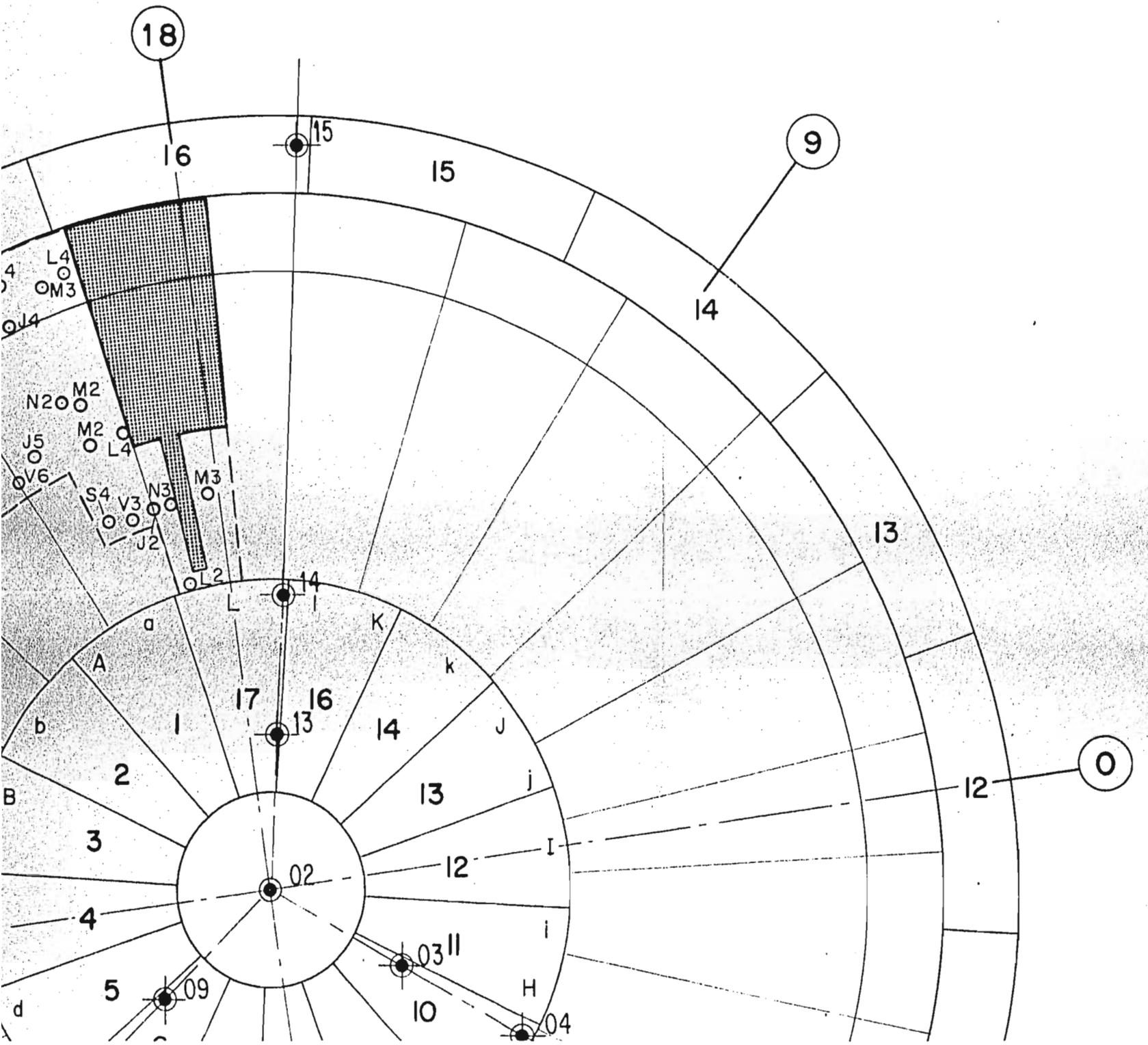
3

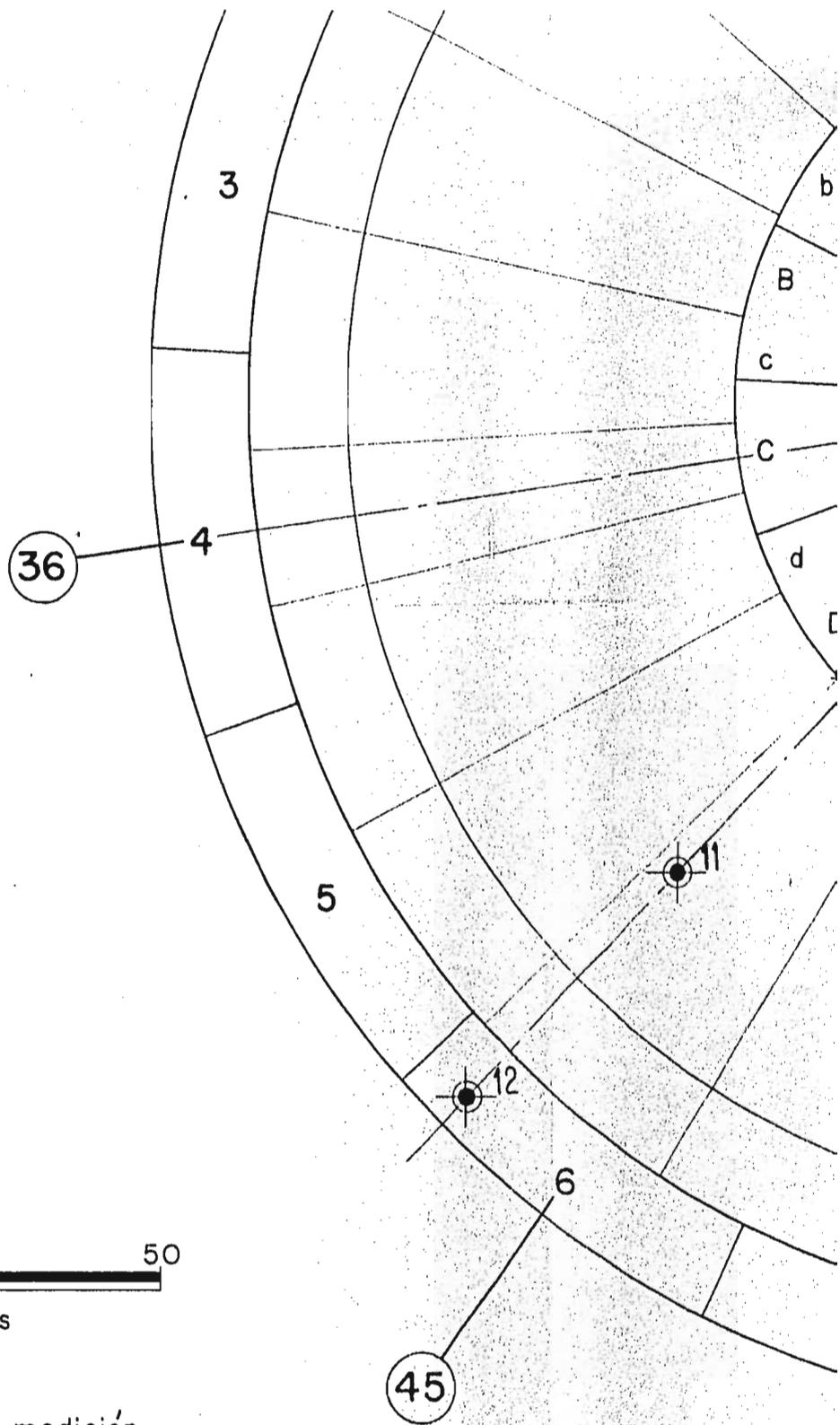
36

4

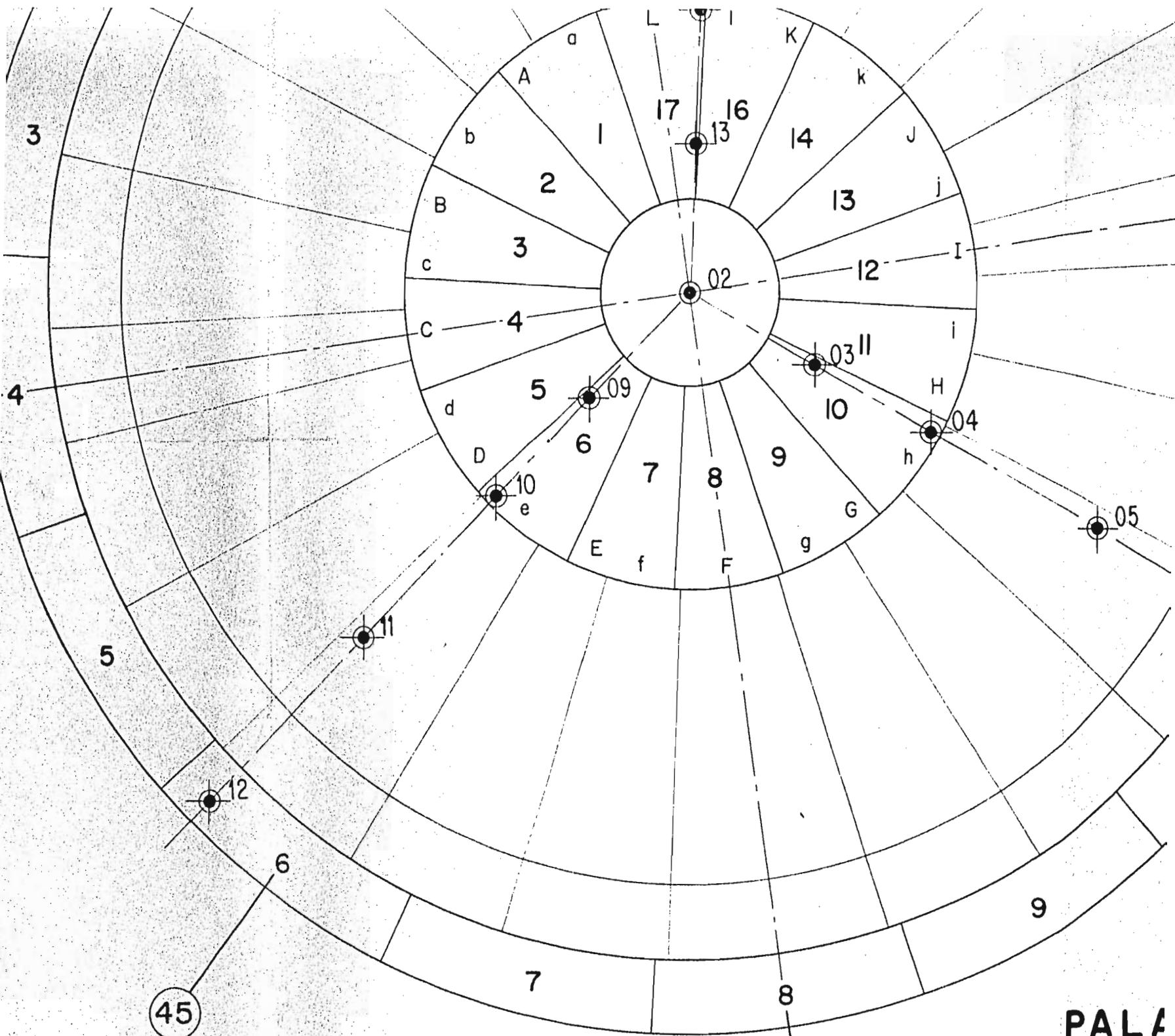




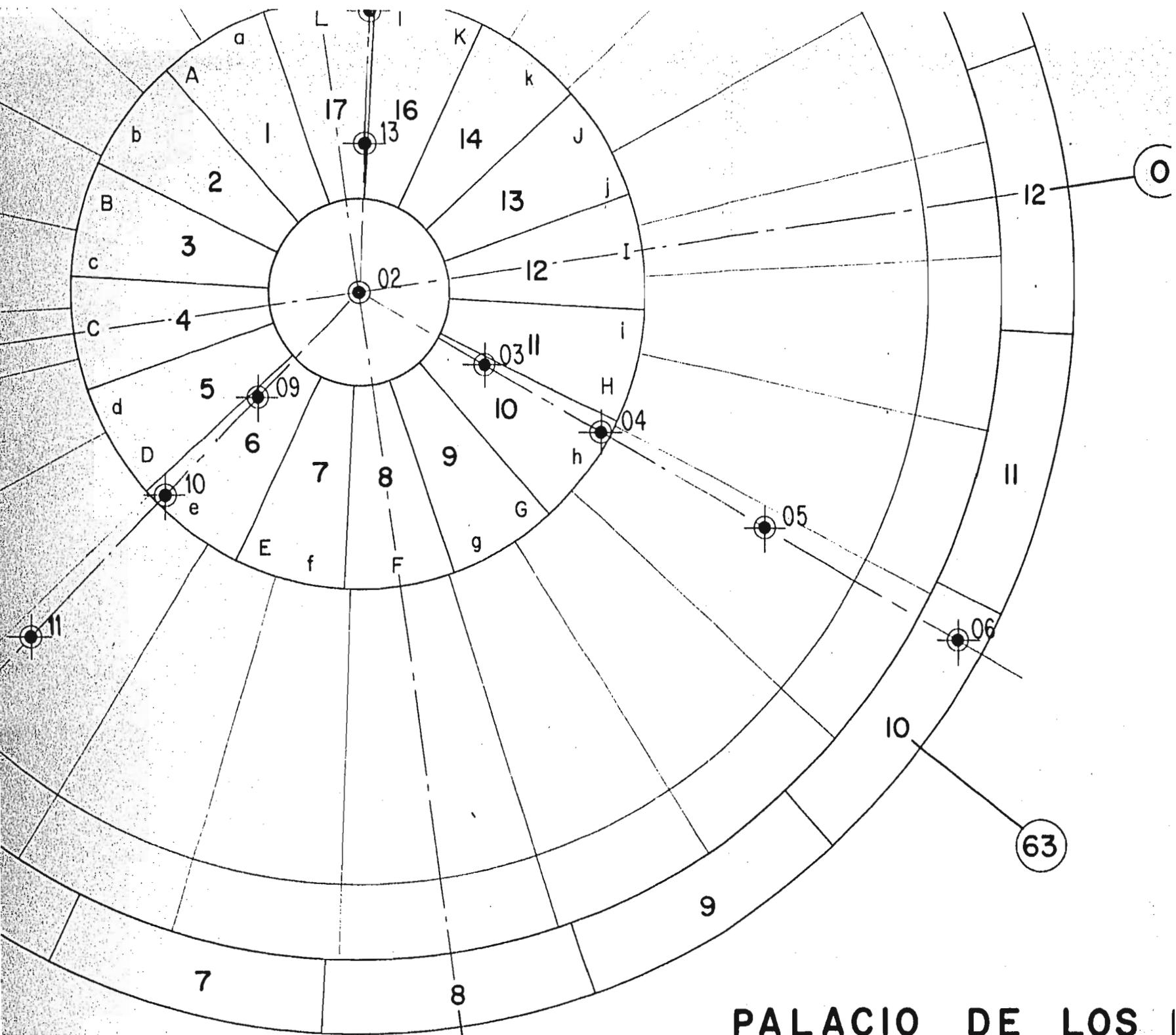




 Estaciones de medición



PALA
AVANCE
 SE



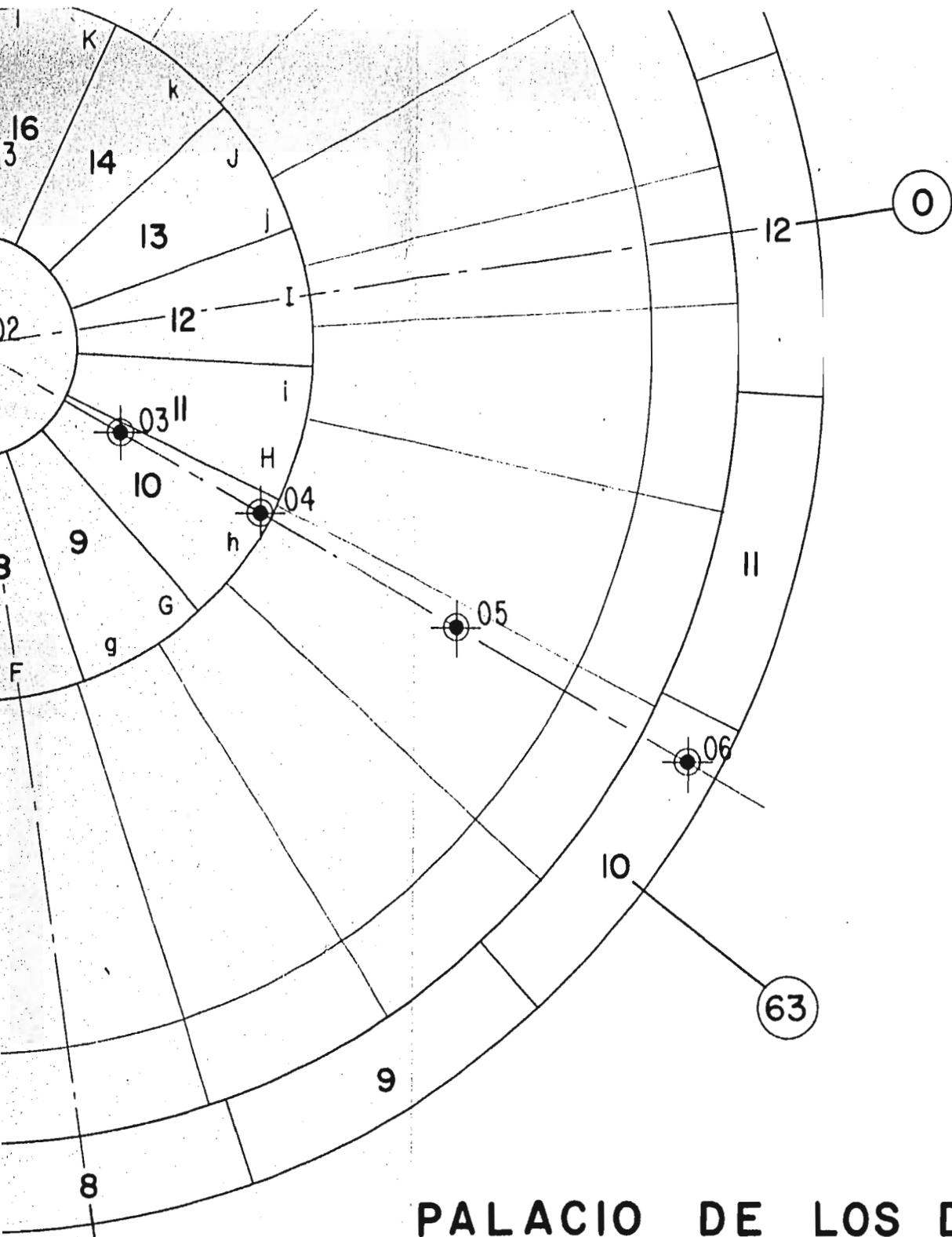
PALACIO DE LOS I
AVANCE DE LA HINCA DE
 semana: 5 a 11 de dici

NOVIEMBRE de 196

54

63

0

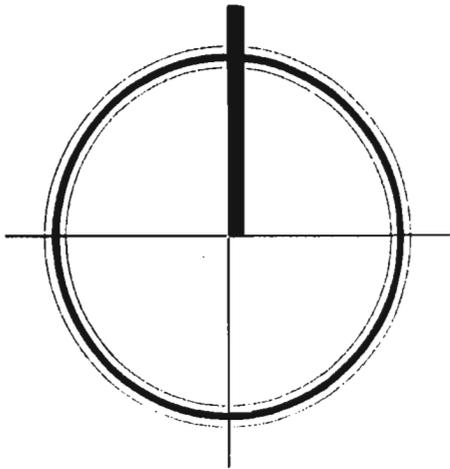


PALACIO DE LOS DEPORTES
AVANCE DE LA HINCA DE LOS PILOTES

semana: 5 a 11 de diciembre de 1966

NOVIEMBRE de 1968

Fig. 13



27

2

3

36

4

M3

ON5

OJ3

OV4

V8

S5

N3

M6

V3

OJ4

OJ2

OS1

V5

S3

B

c

C

d

D

11

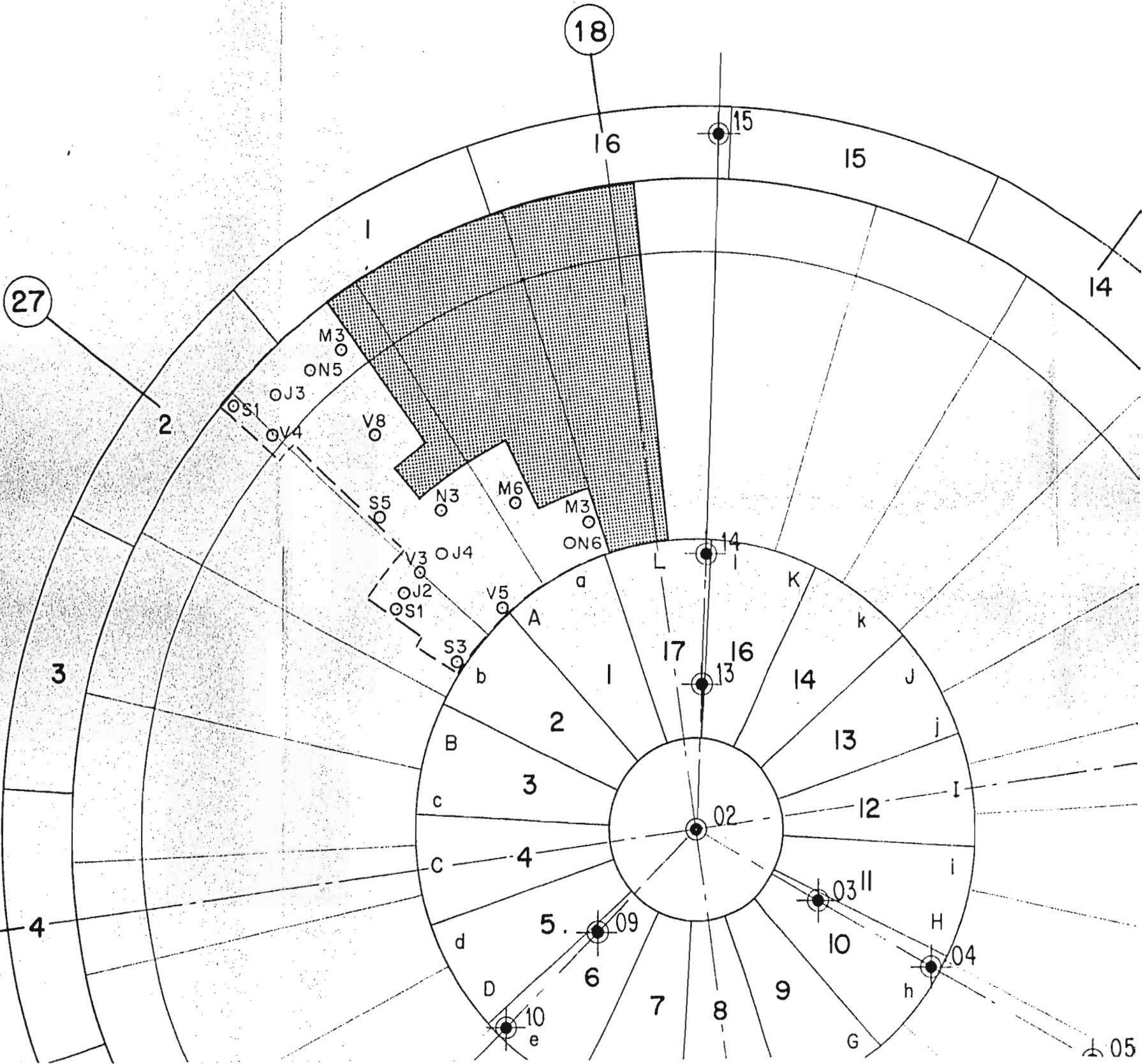
e

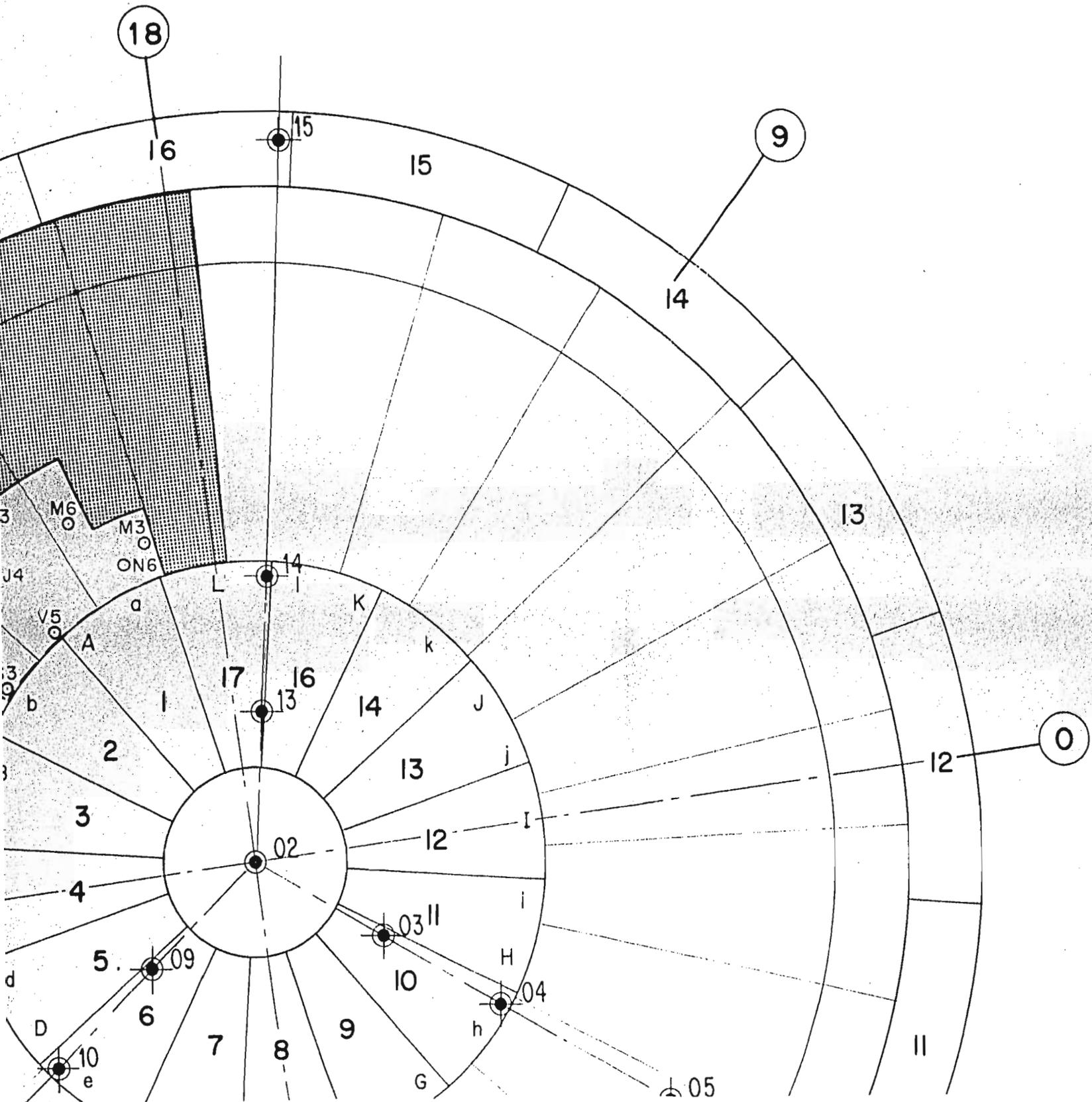
3

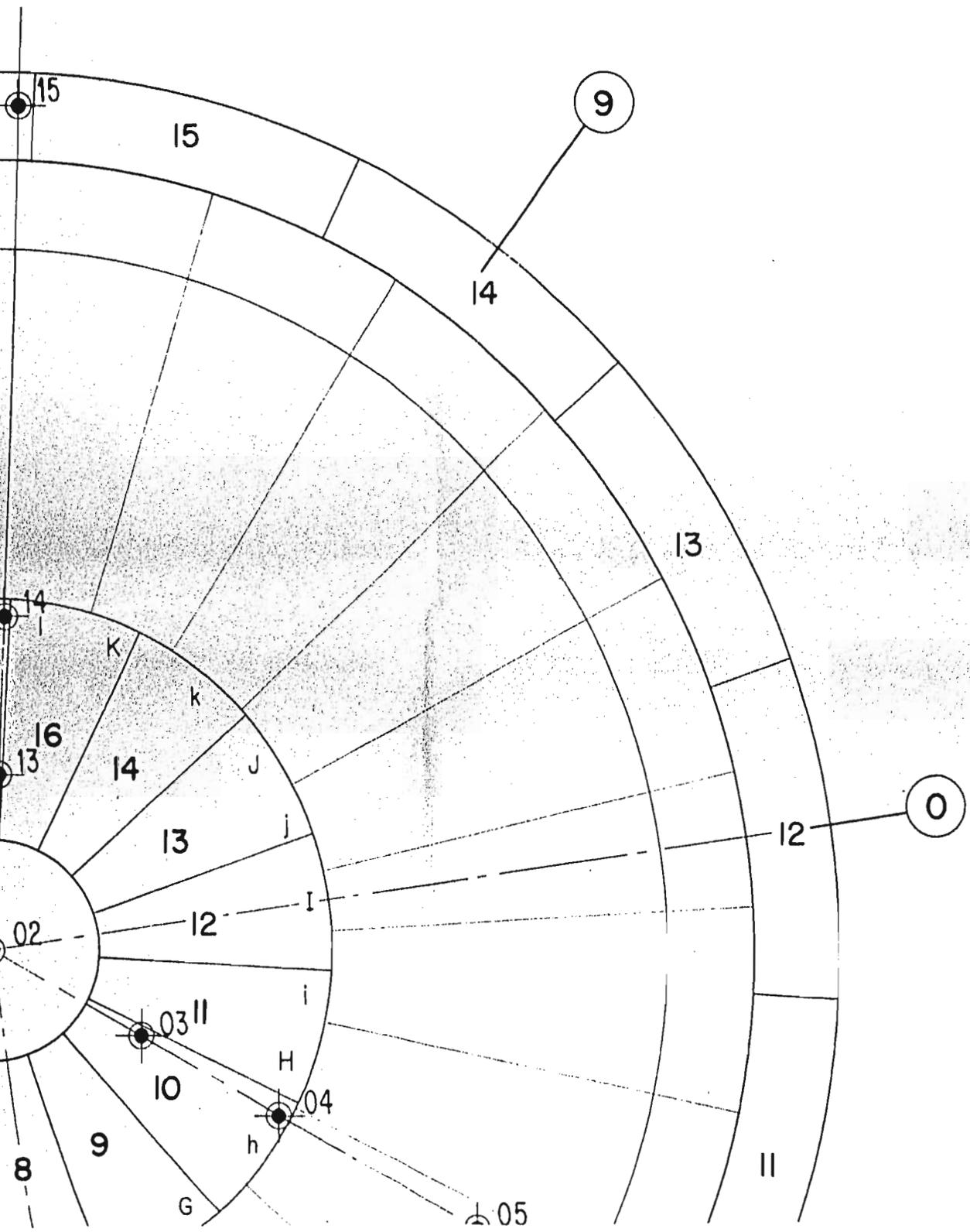
4

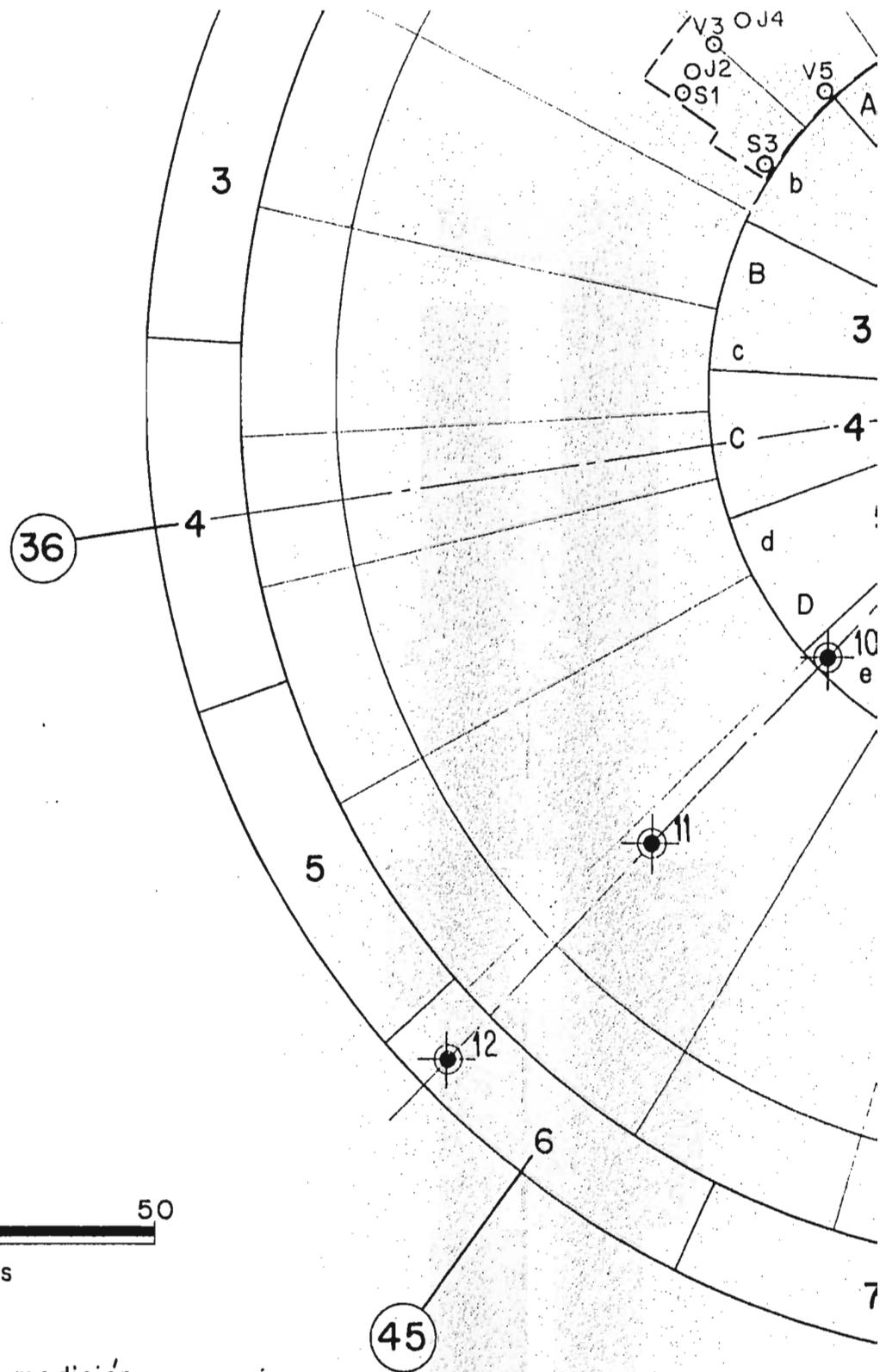
11

e

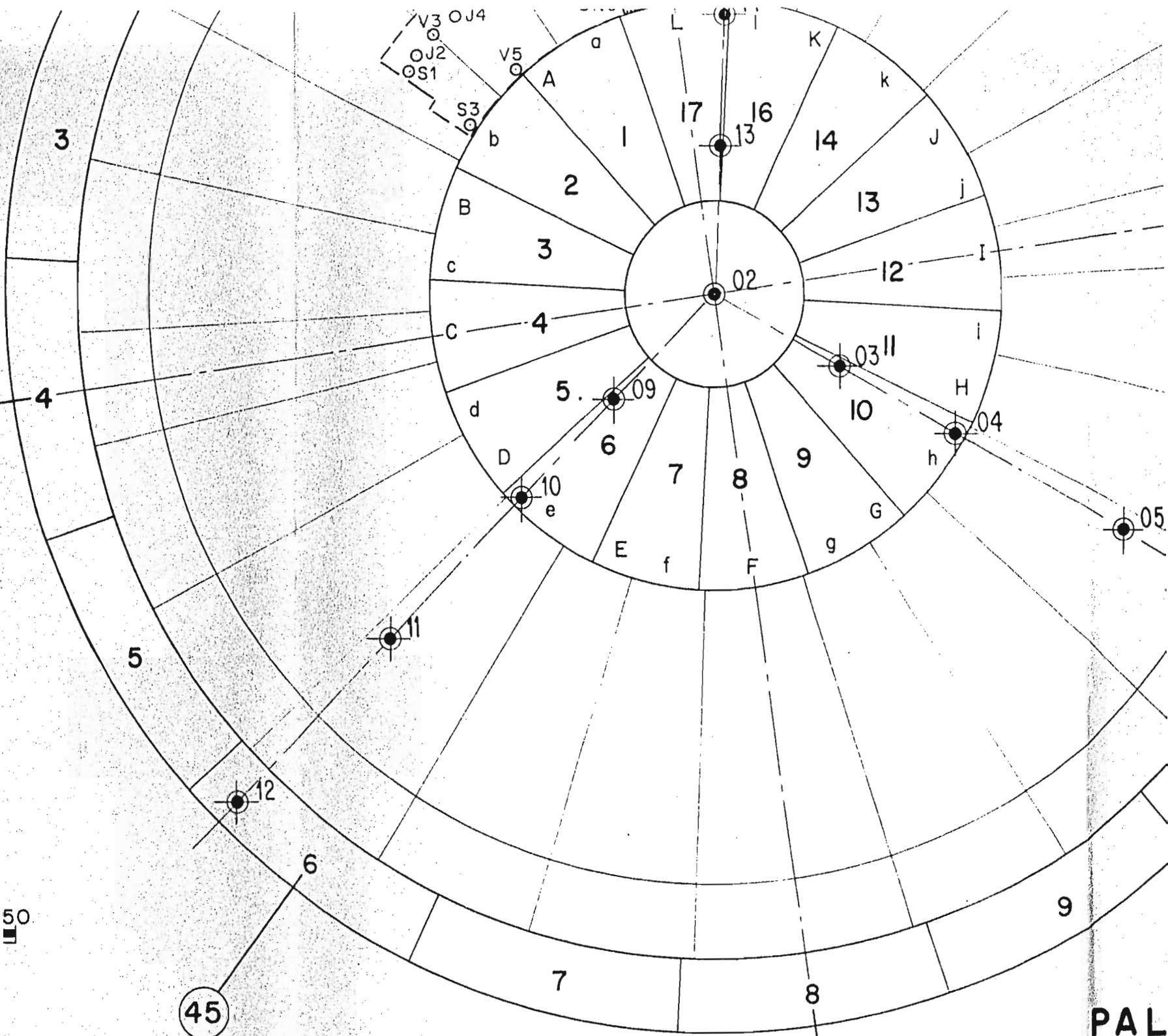








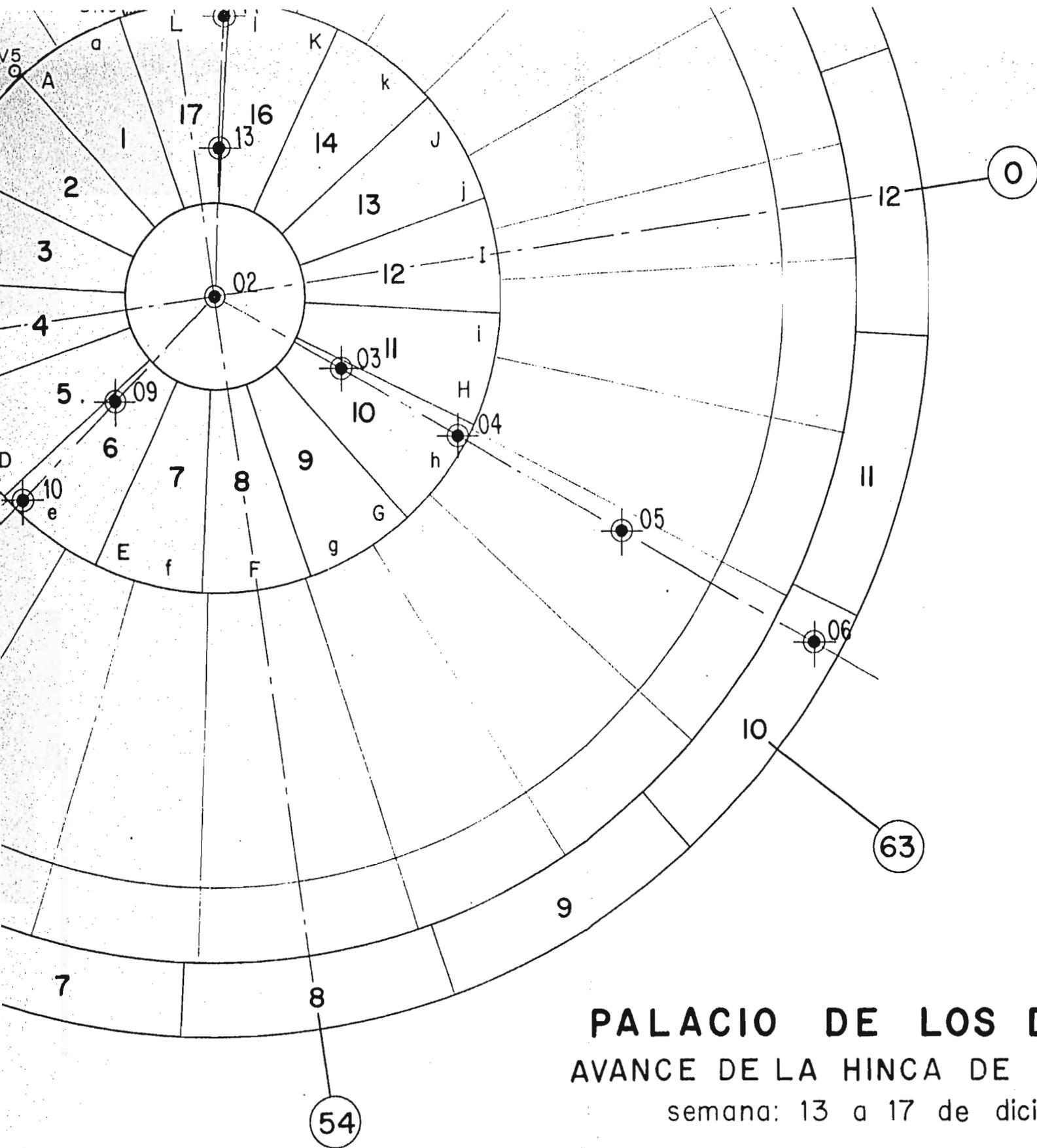

 Estaciones de medición



45

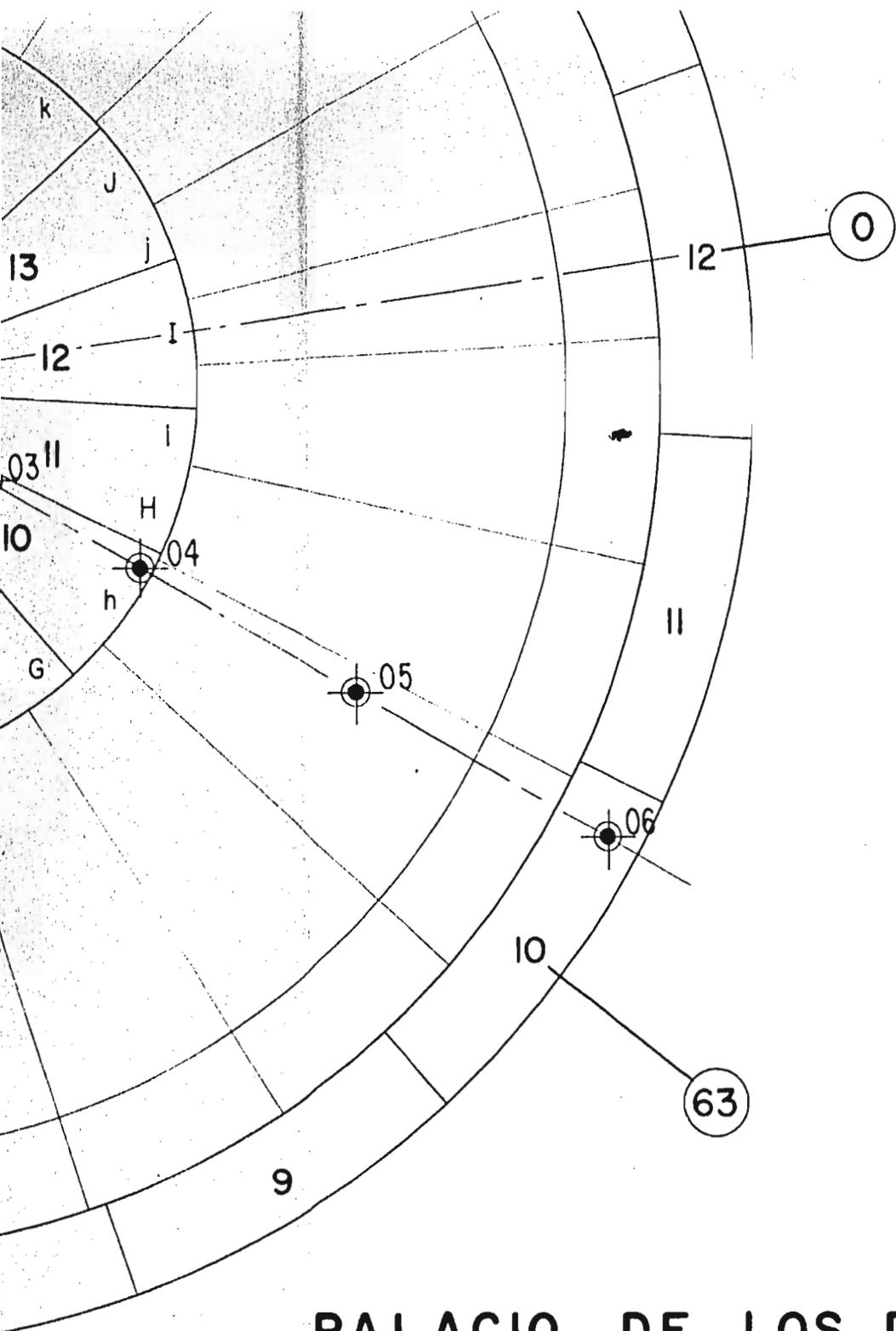
54

PAL
AVANC



PALACIO DE LOS DEPORTE
AVANCE DE LA HINCA DE LOS PILARES
 semana: 13 a 17 de diciembre de

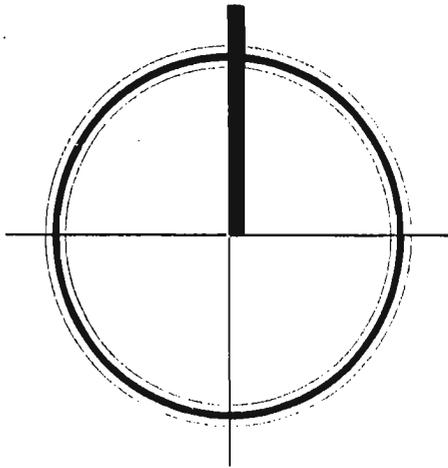
NOVIEMBRE de 1968



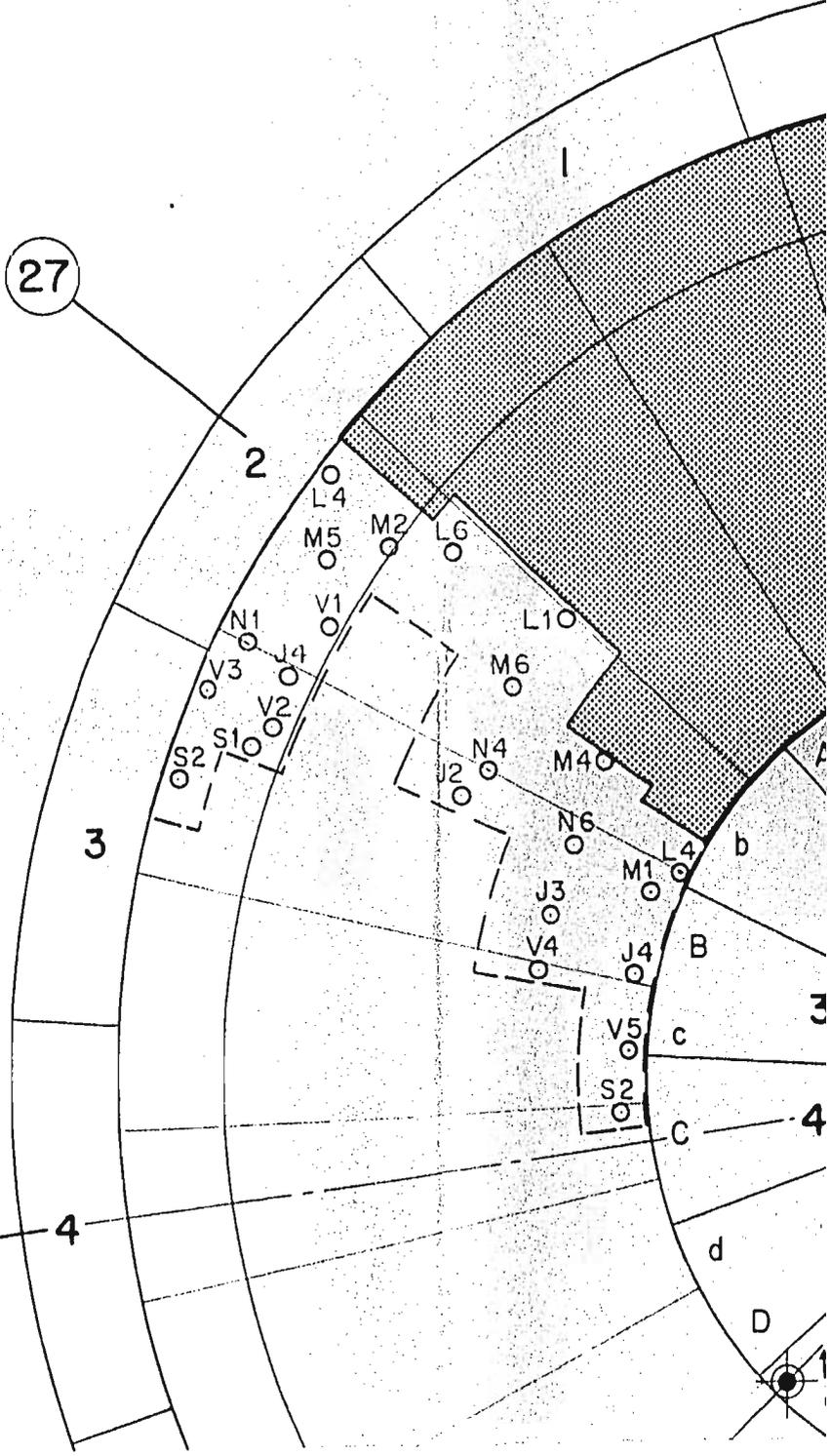
PALACIO DE LOS DEPORTES
 AVANCE DE LA HINCA DE LOS PILOTES
 semana: 13 a 17 de diciembre de 1966

NOVIEMBRE de 1968

Fig. 14



27



36

4

3

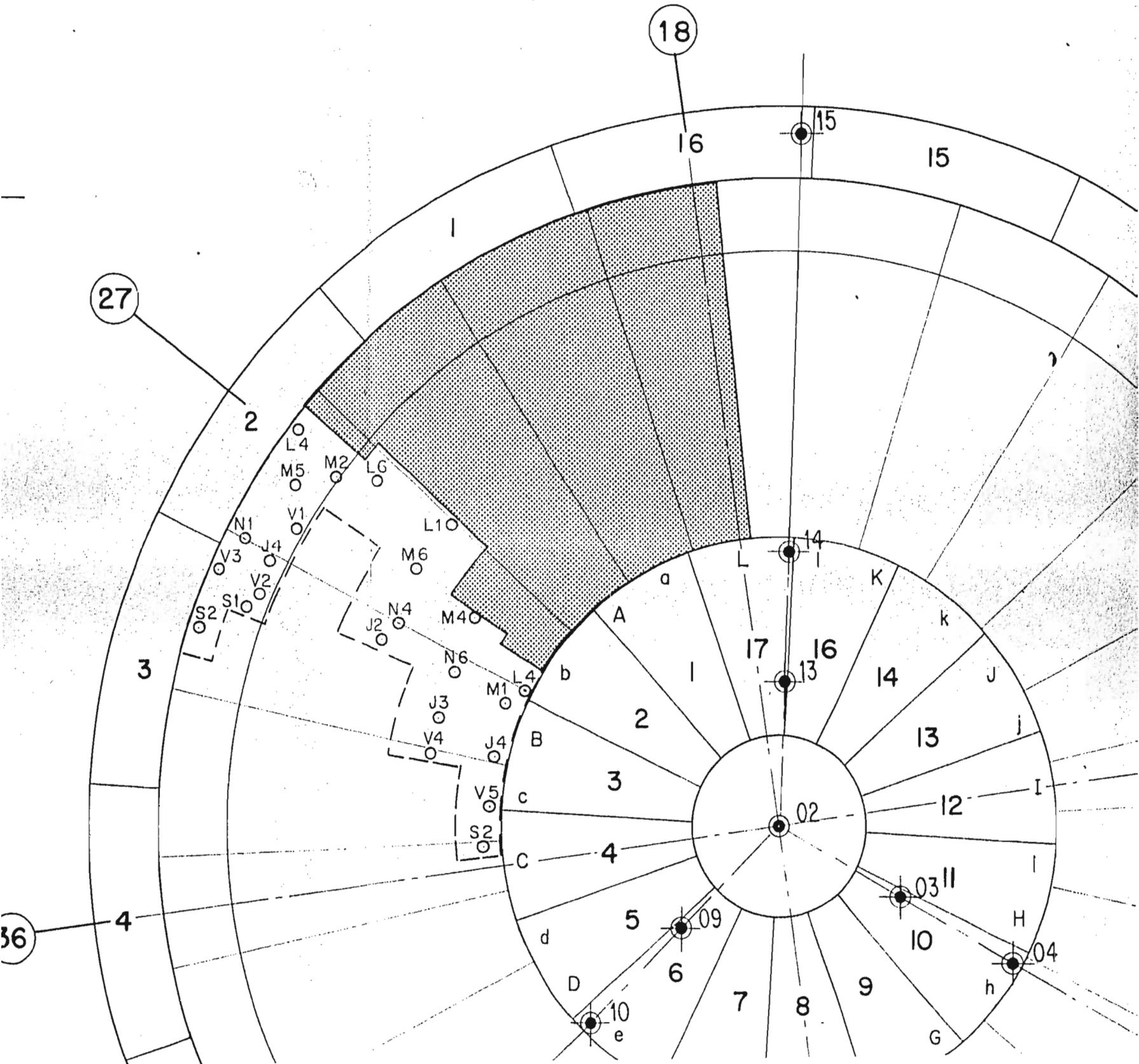
2

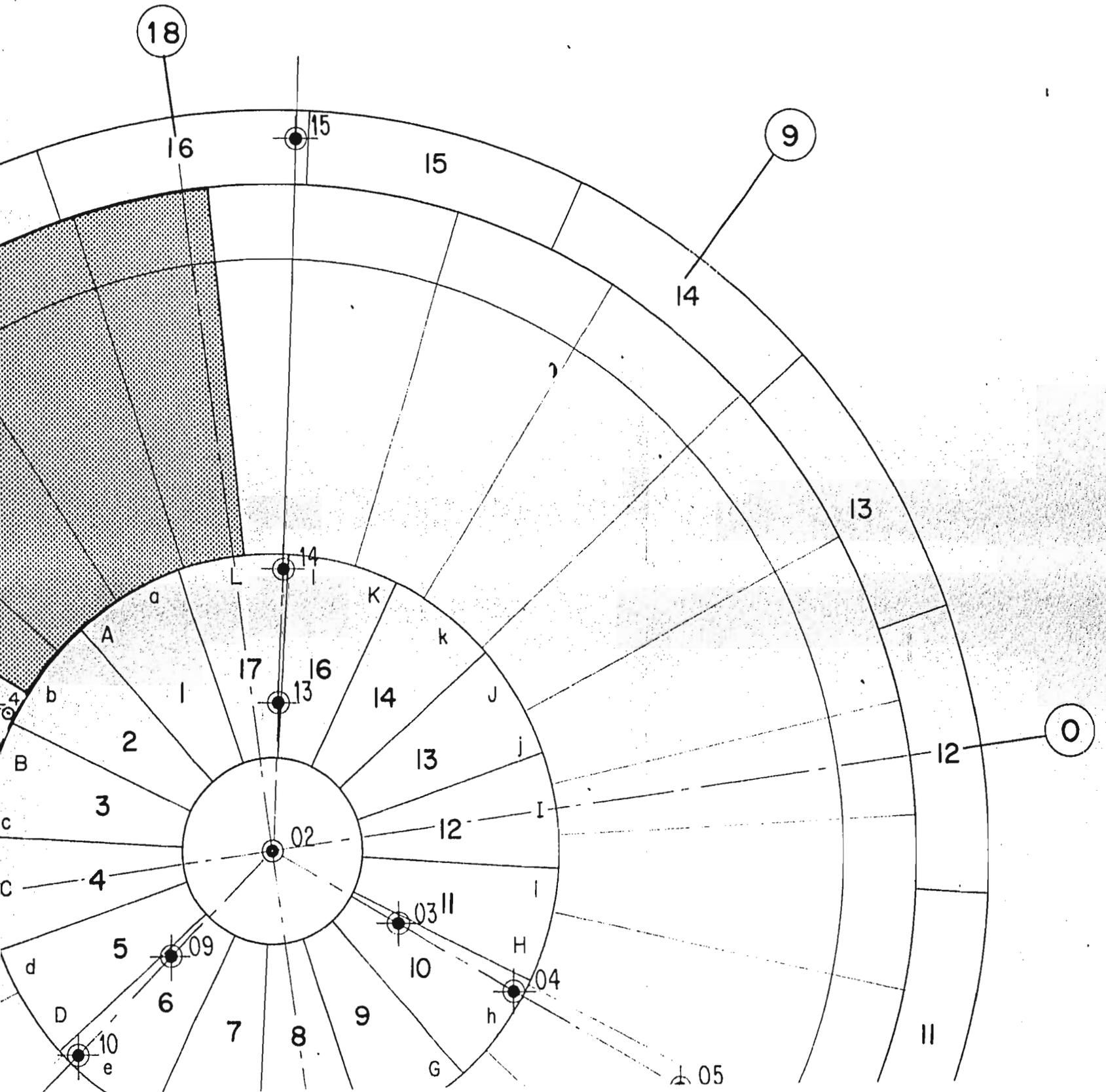
3

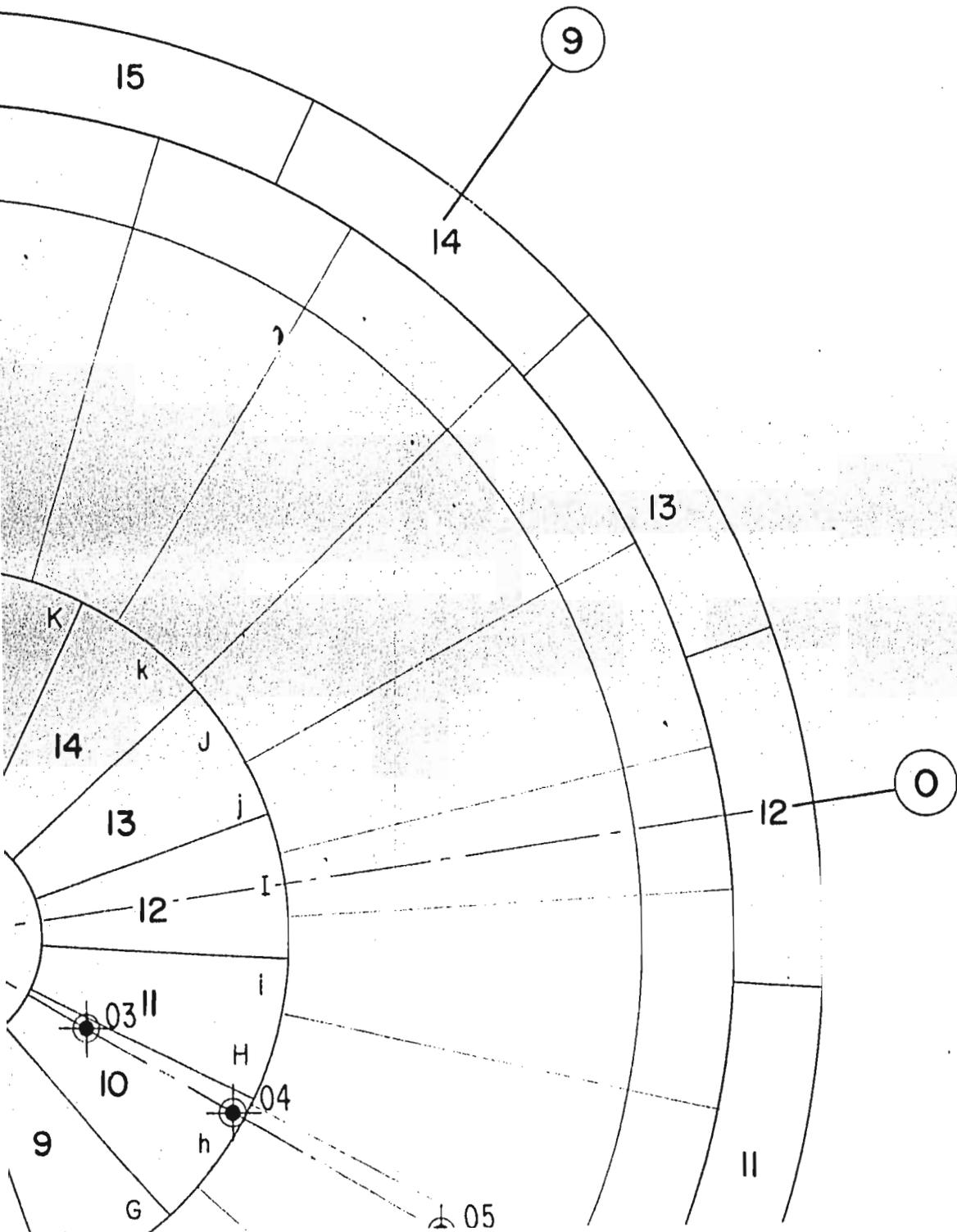
4

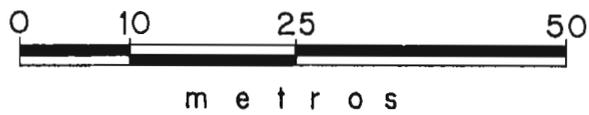
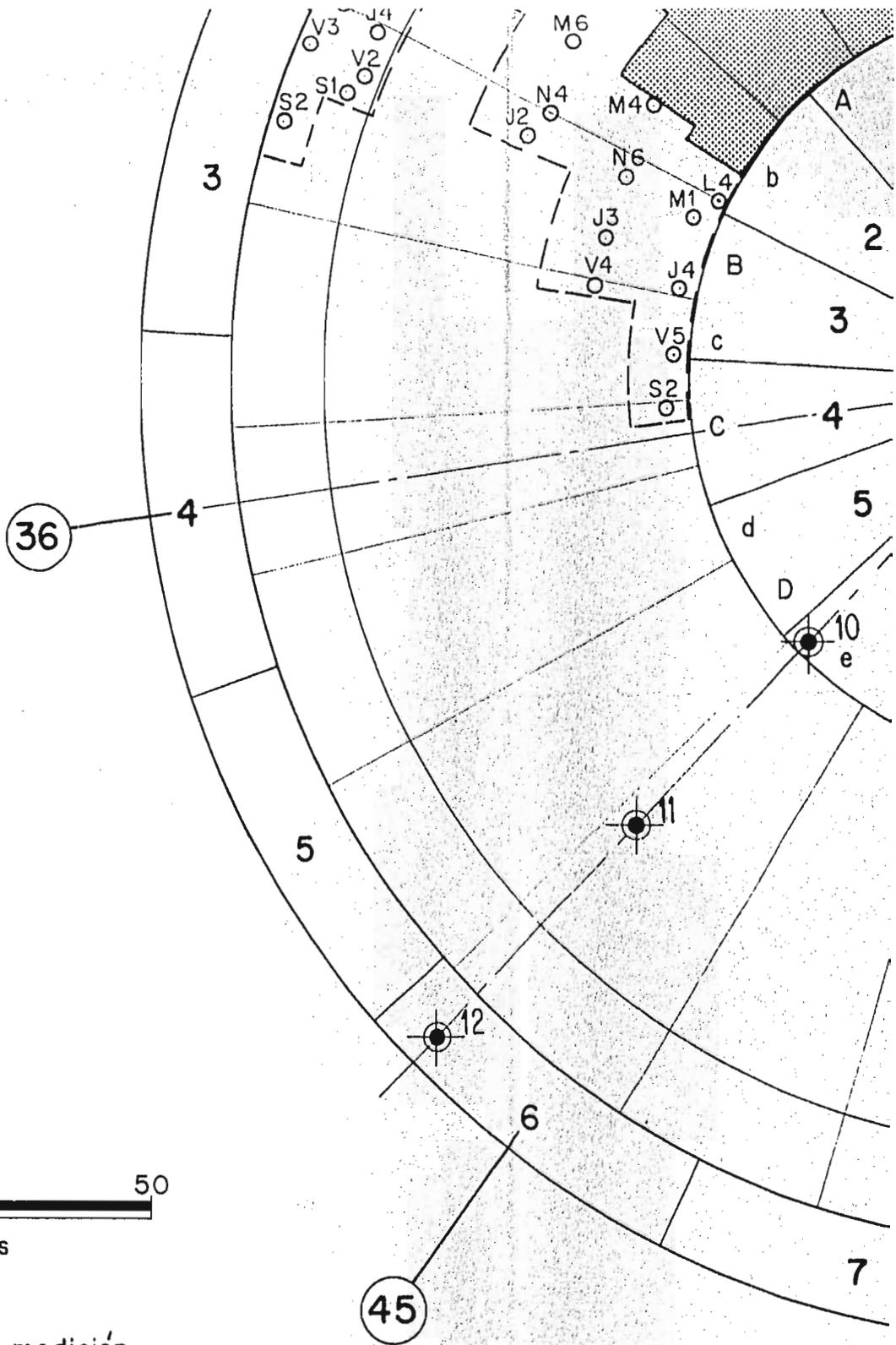
D

1

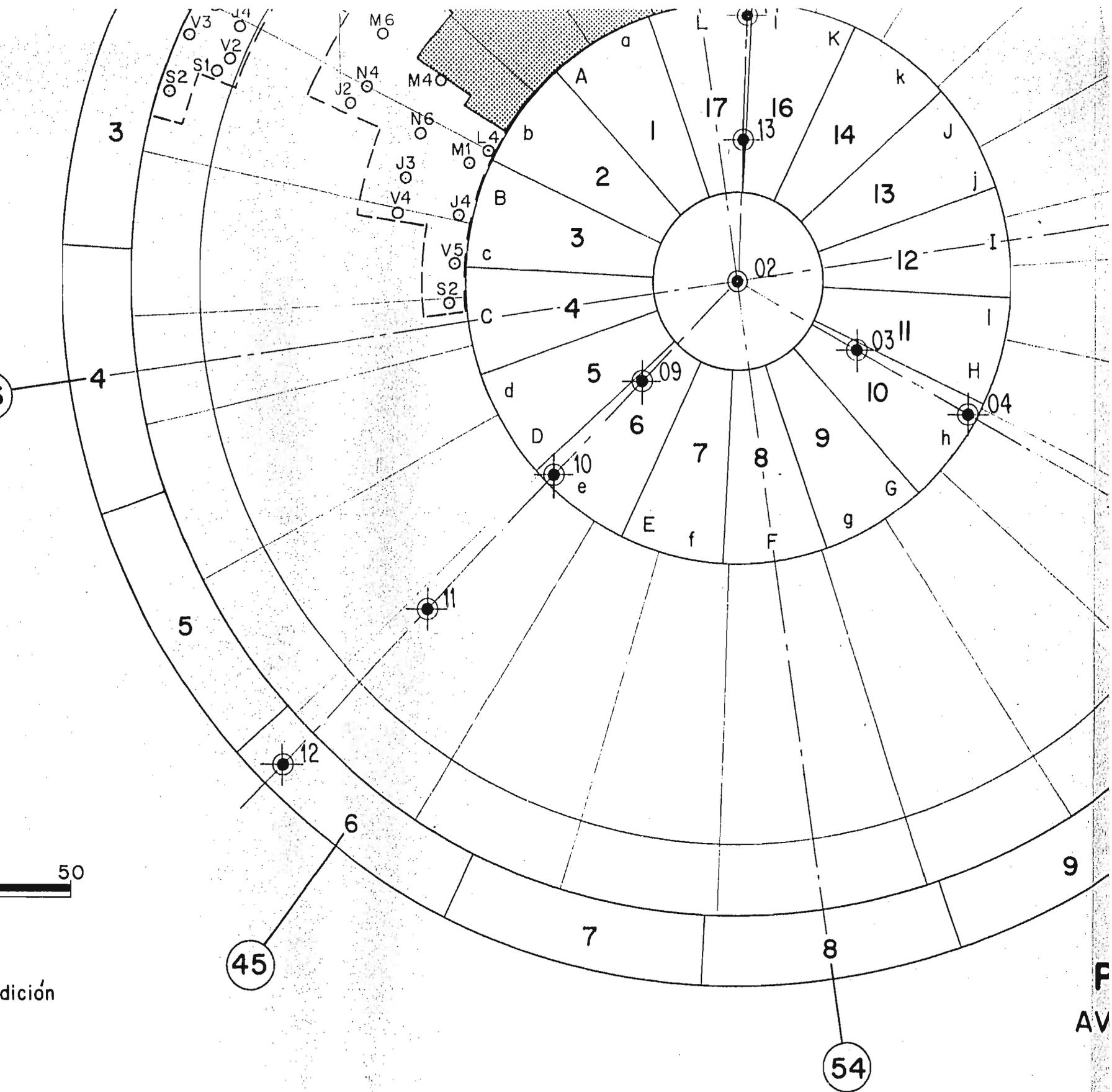


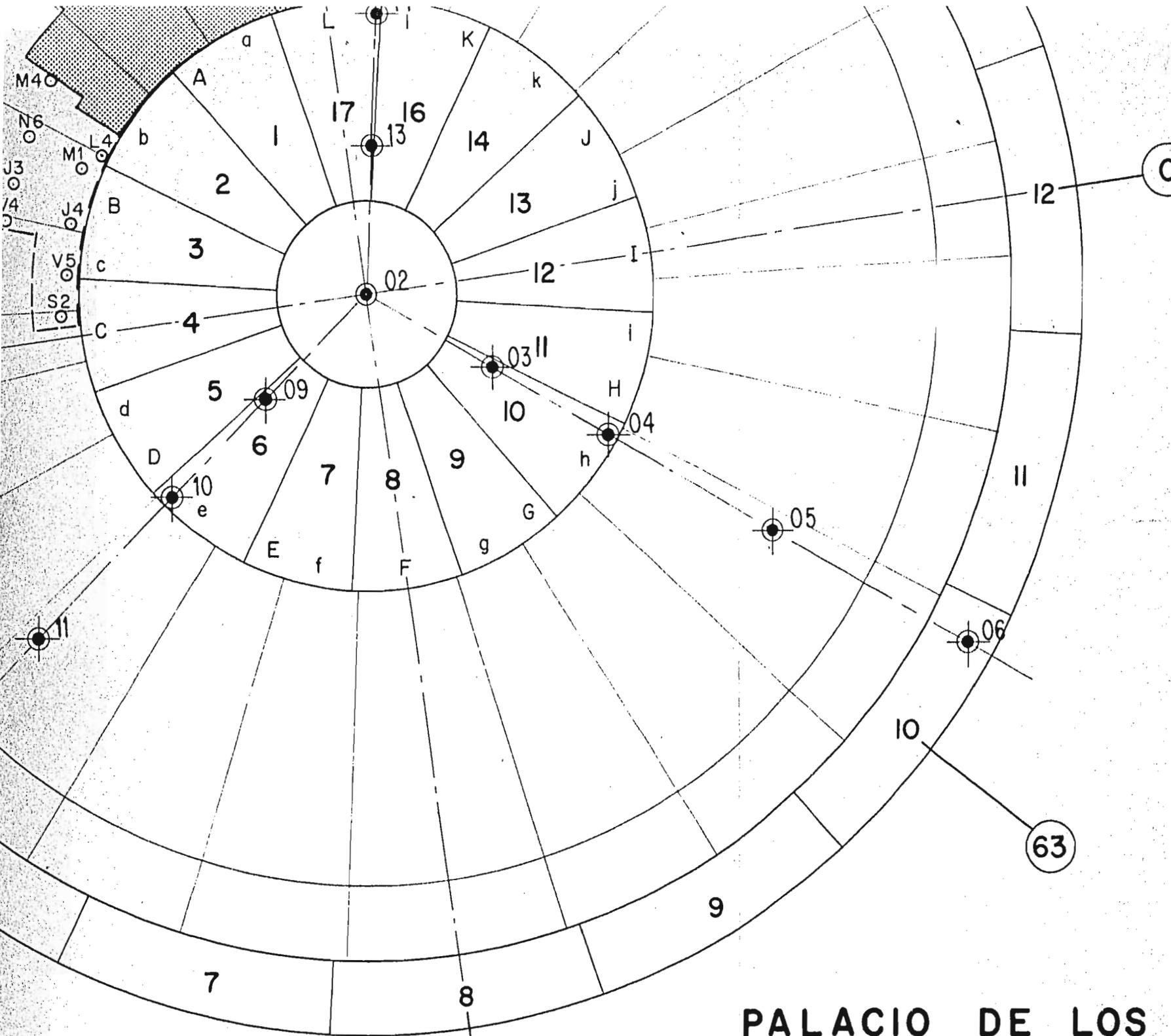






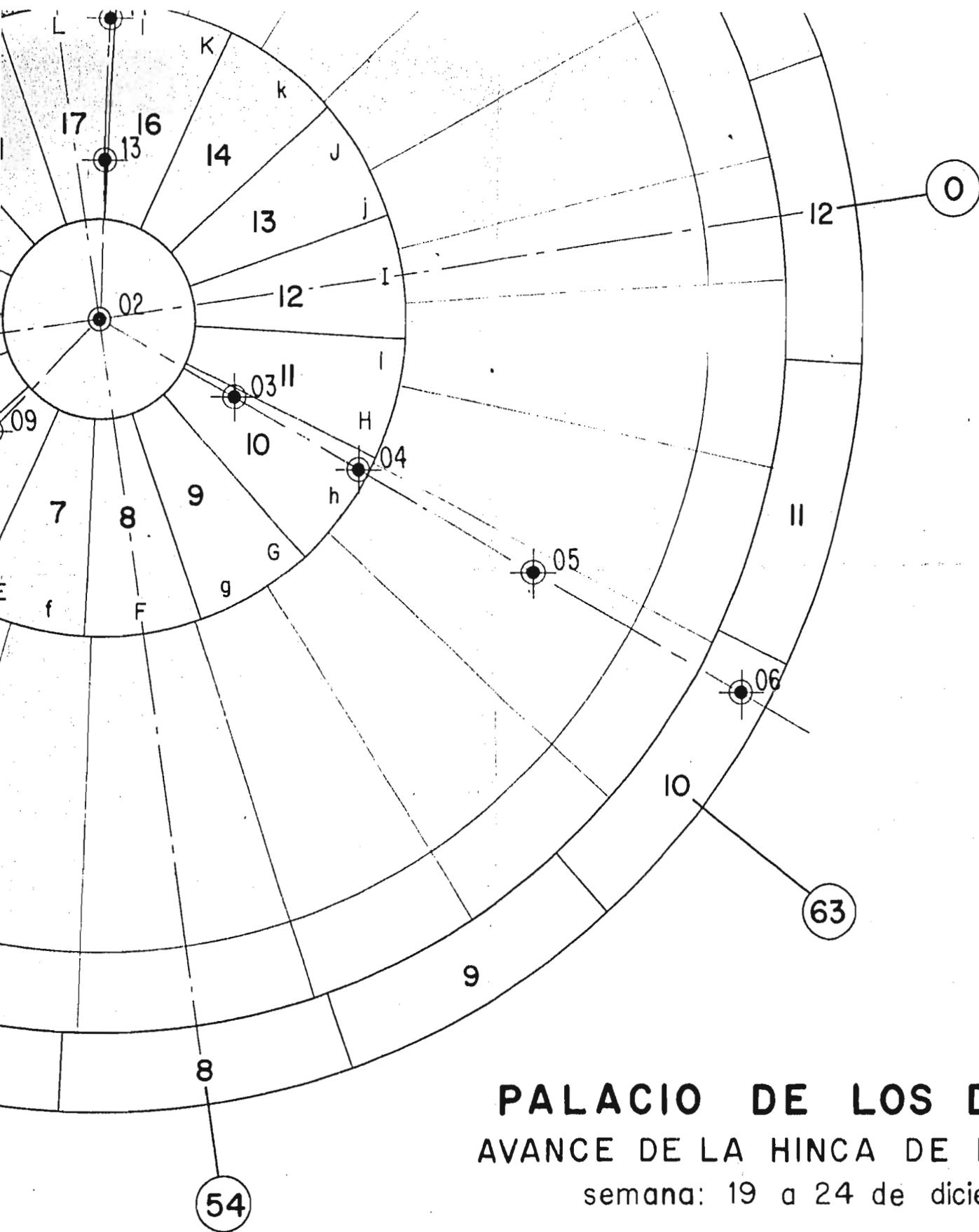
 Estaciones de medición





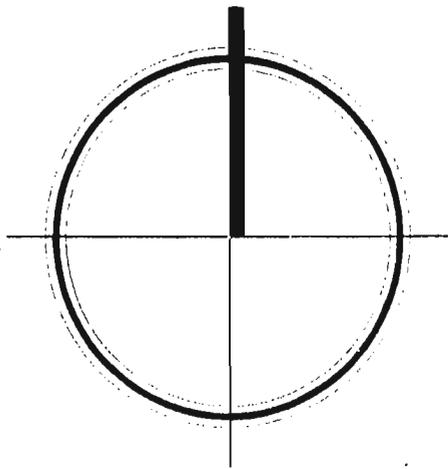
PALACIO DE LOS
AVANCE DE LA HINCA DE
 semana: 19 a 24 de di

NOVIEMBRE de 19



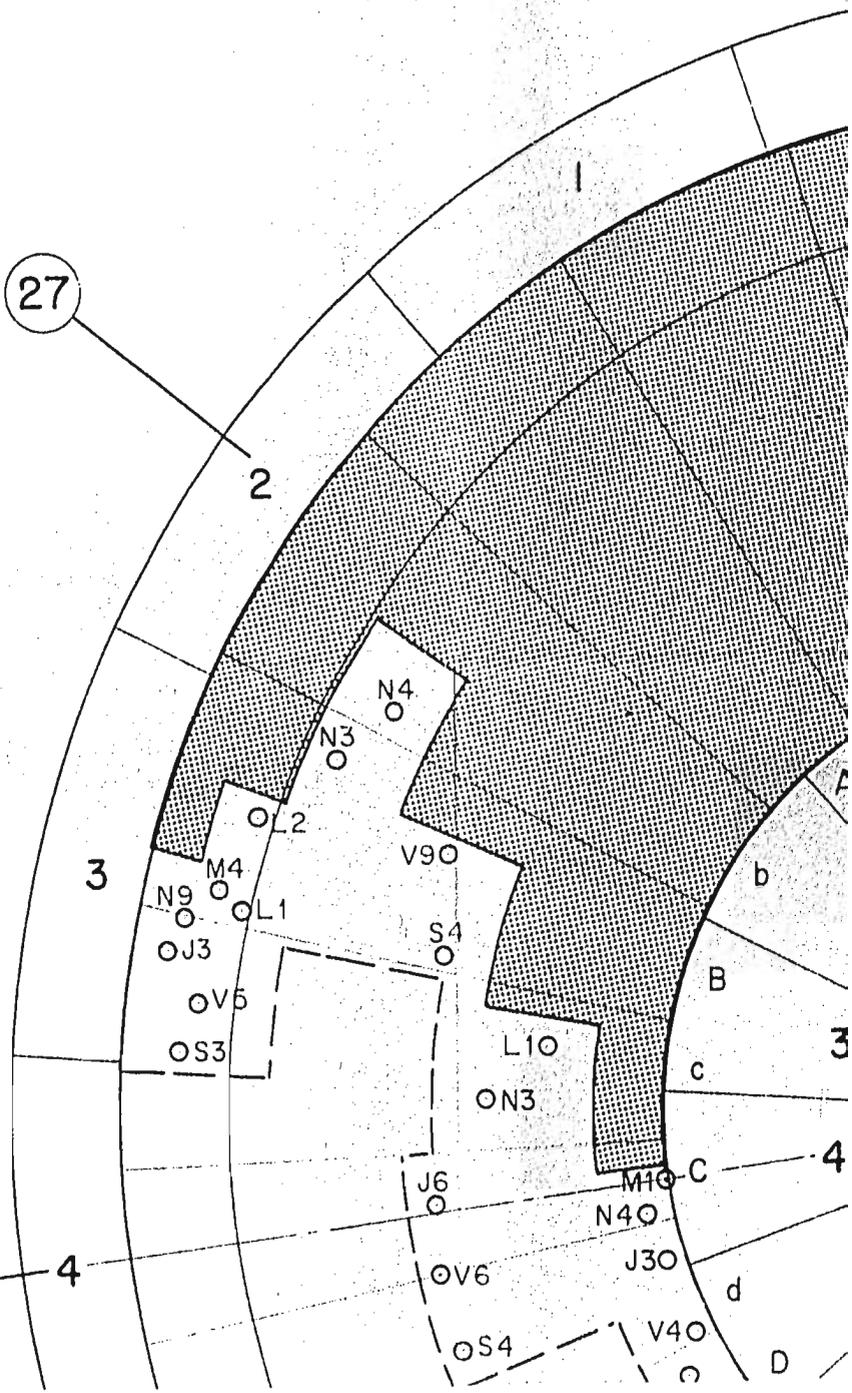
PALACIO DE LOS DEPORTES
 AVANCE DE LA HINCA DE LOS PILOTES
 semana: 19 a 24 de diciembre de 1966

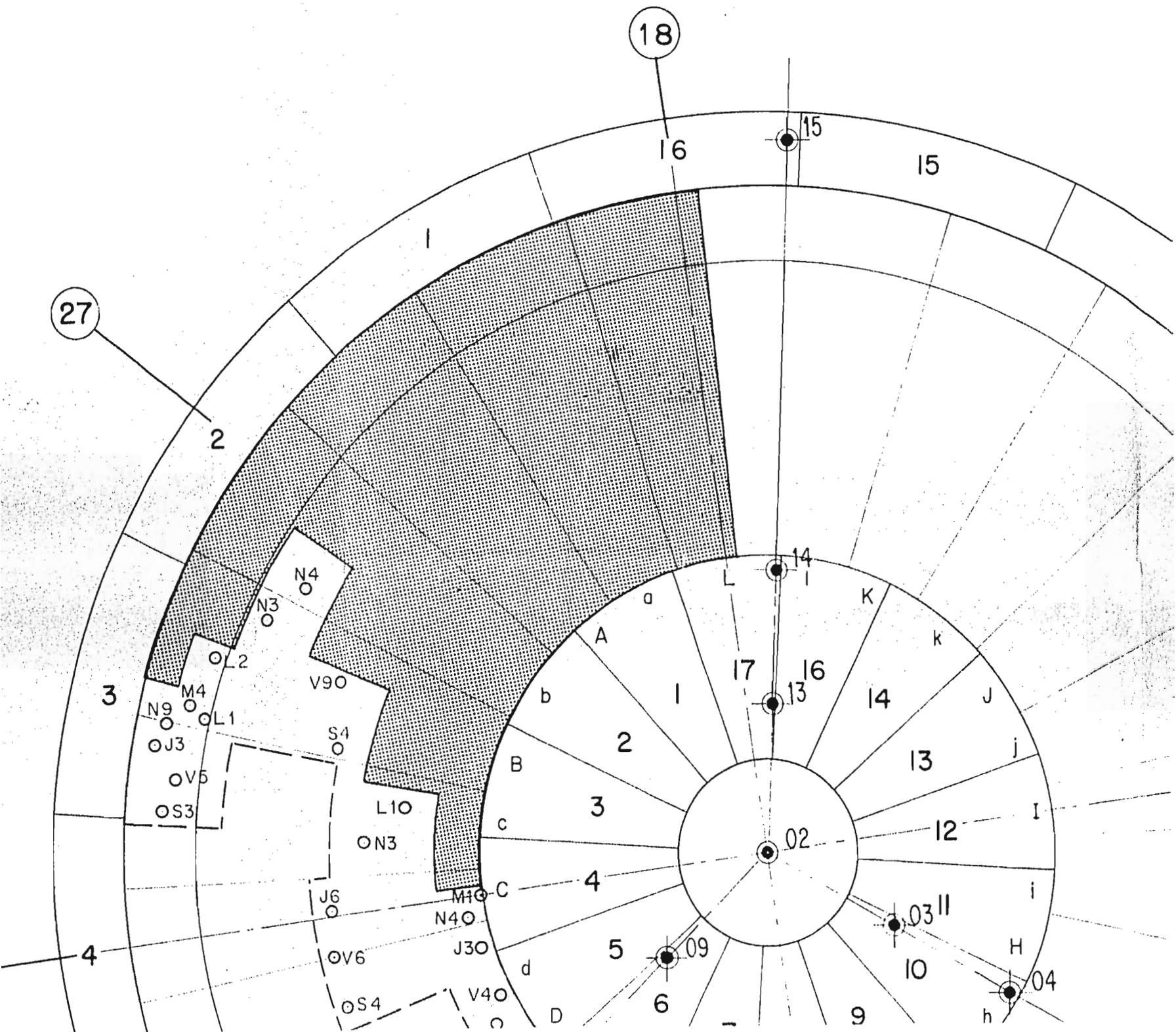
NOVIEMBRE de 1968

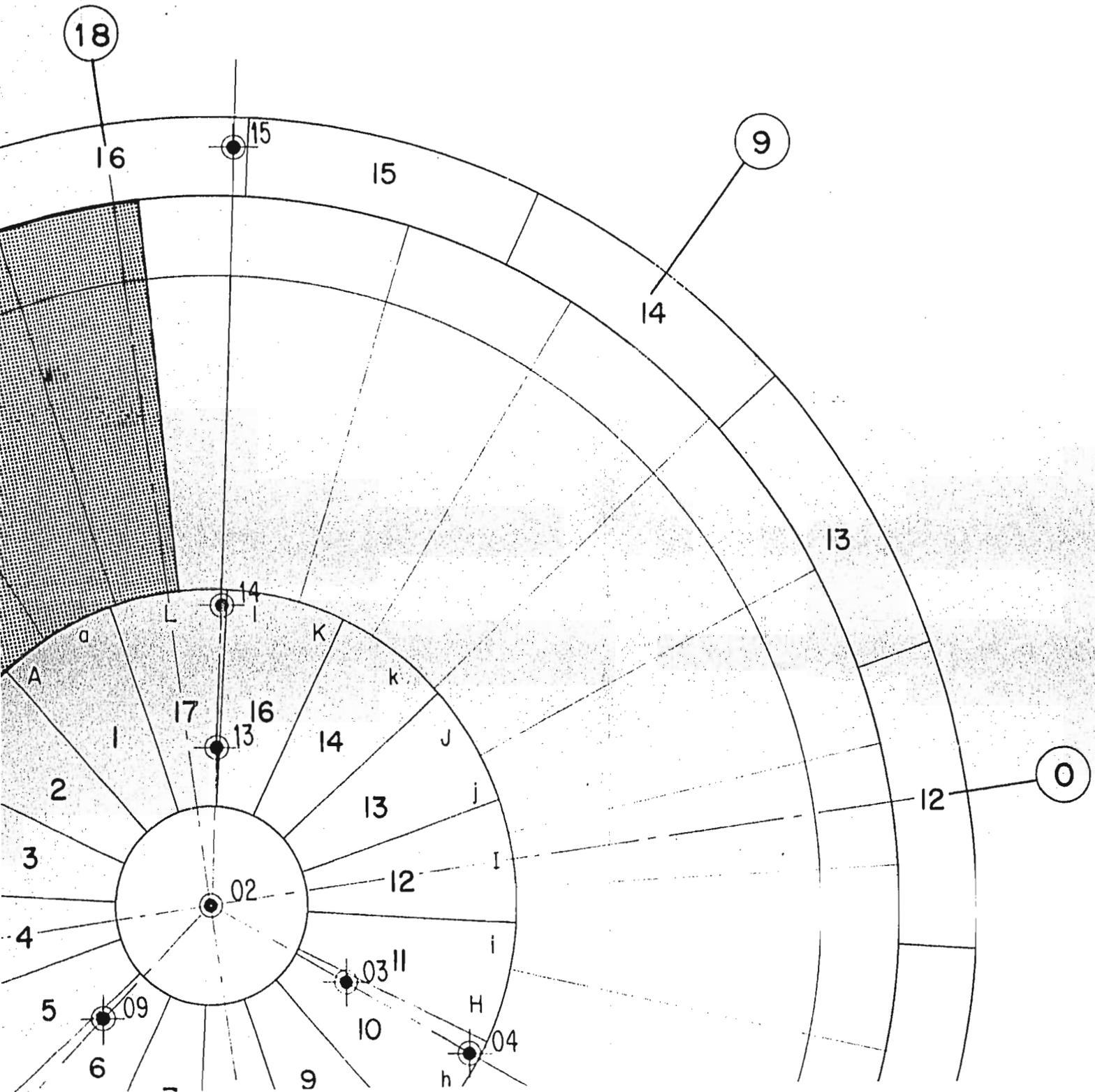


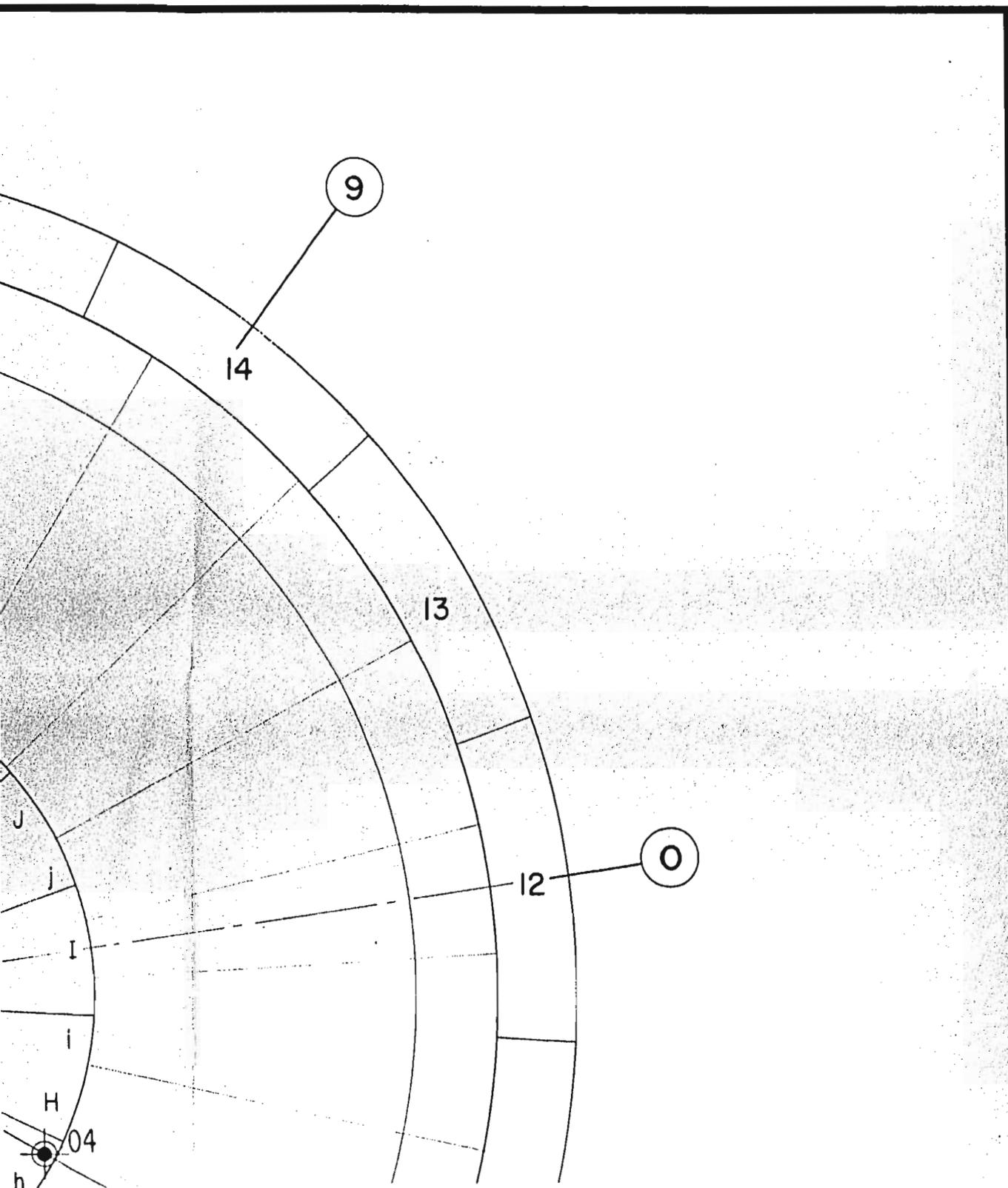
27

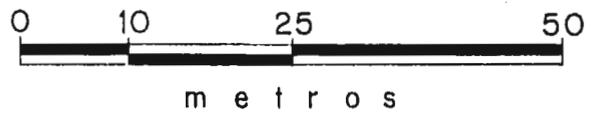
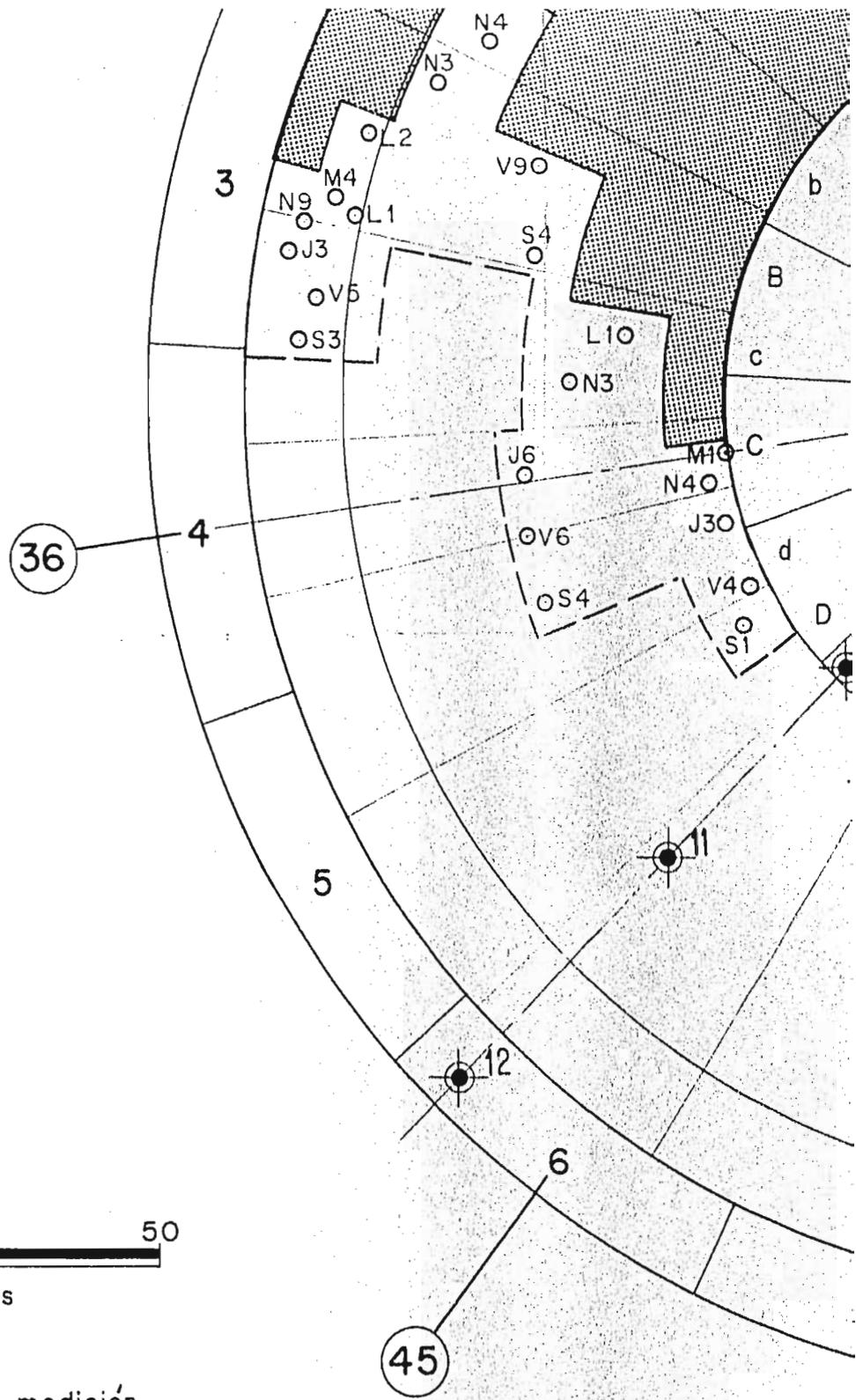
36





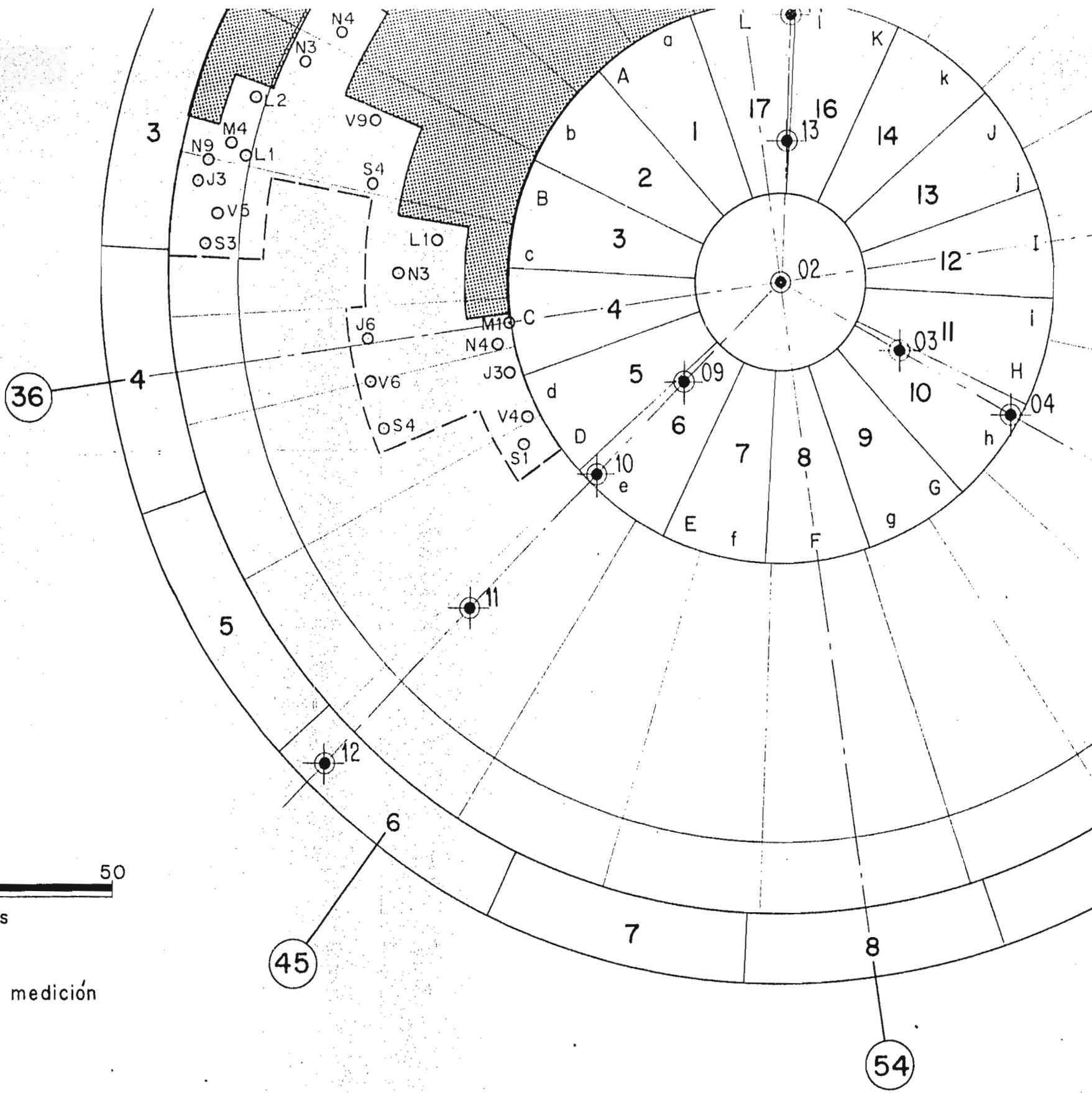


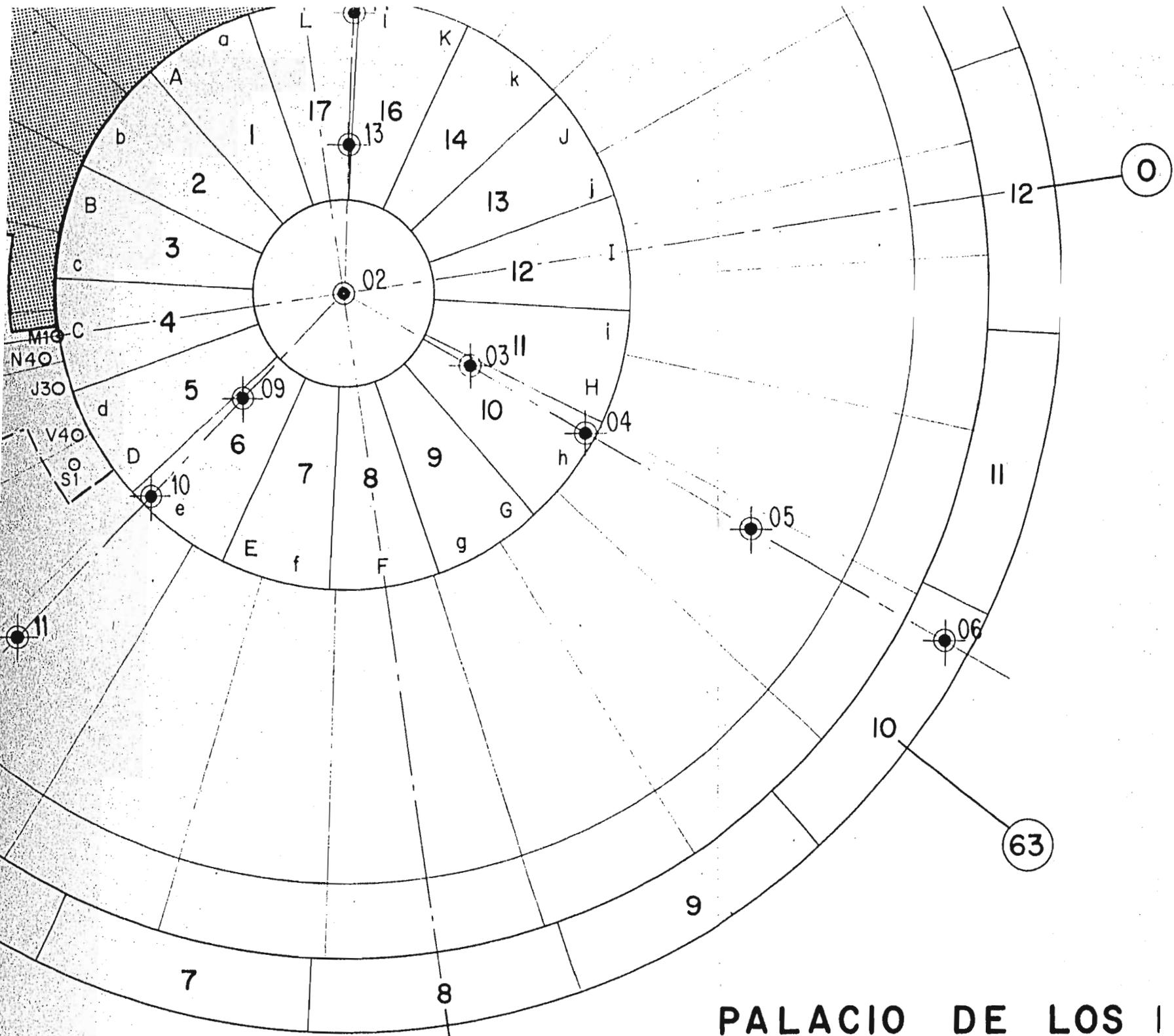




Estaciones de medición

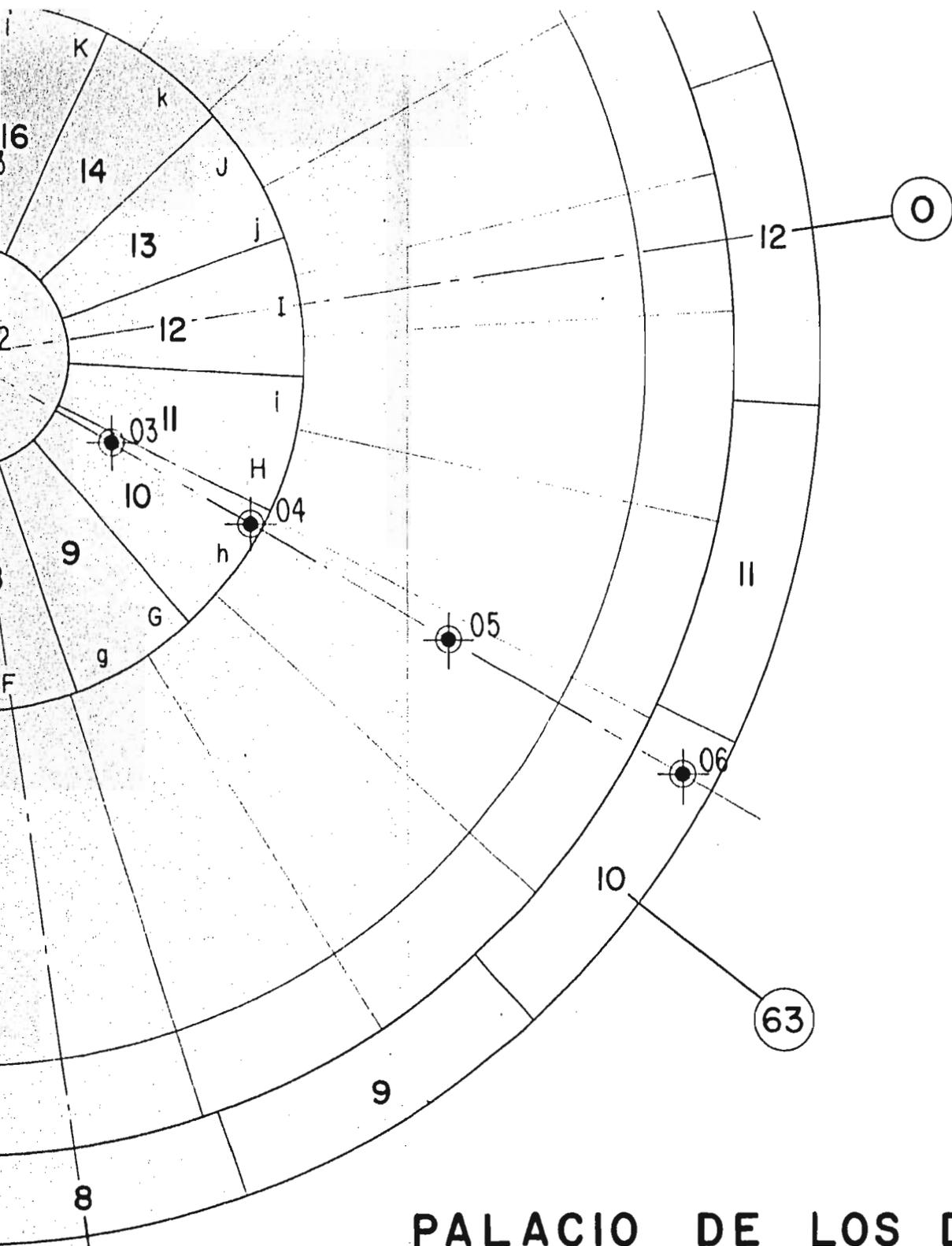
45





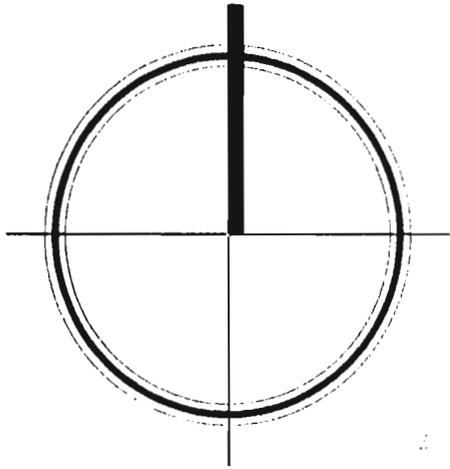
PALACIO DE LOS I
AVANCÉ DE LA HINCA DE
 semana: 26 a 31 de dic

NOVIEMBRE de 19



PALACIO DE LOS DEPORTES
 AVANCÉ DE LA HINCA DE LOS PILOTES
 semana: 26 a 31 de diciembre de 1966

NOVIEMBRE de 1968



27

2

3

36

4

L80

M9

OL4

M3

ON5

N60

J6

J7

S3

OV5

OS6

V6

L6

L6

M7

10

e

A

b

B

c

C

d

D

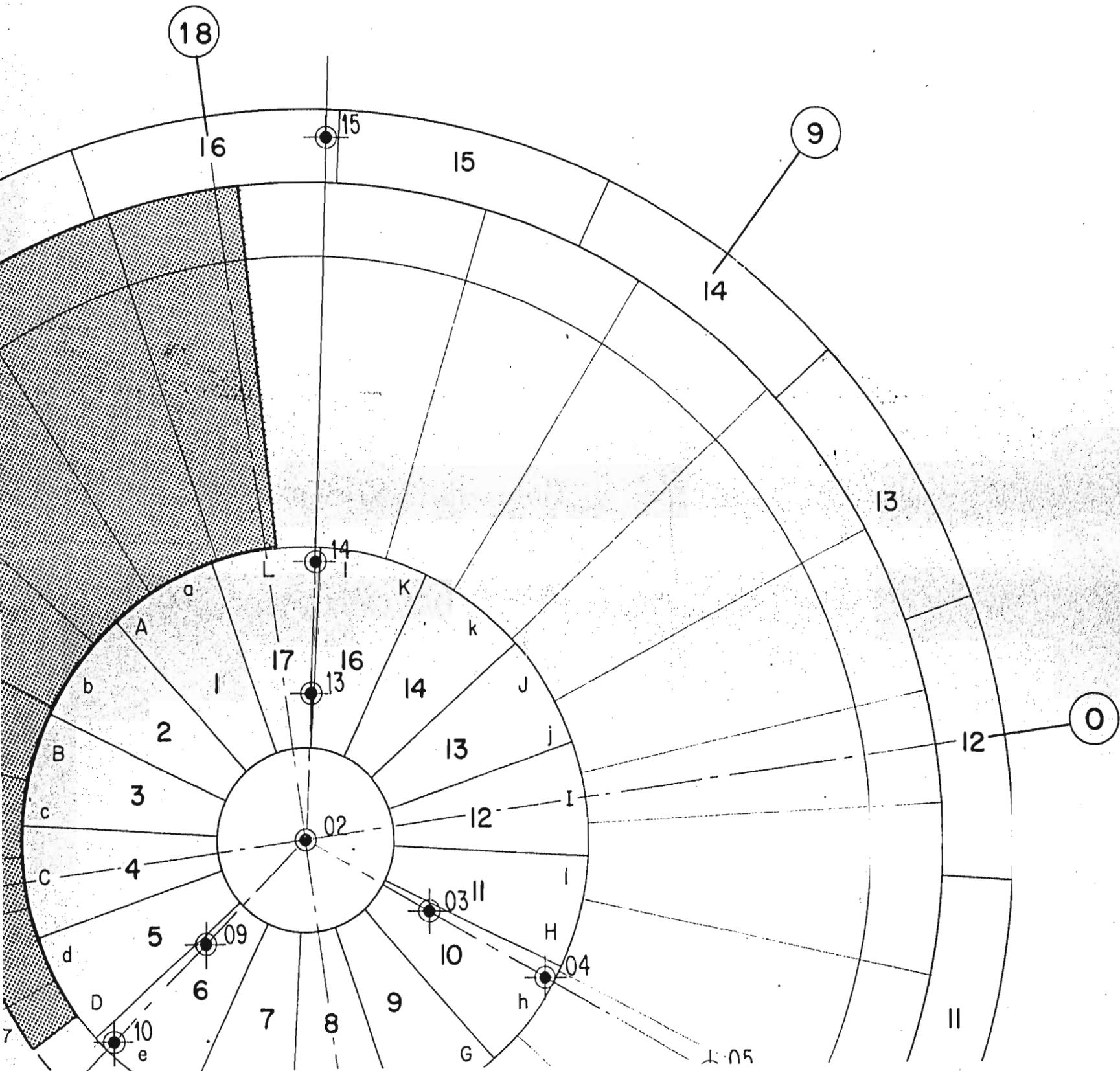
2

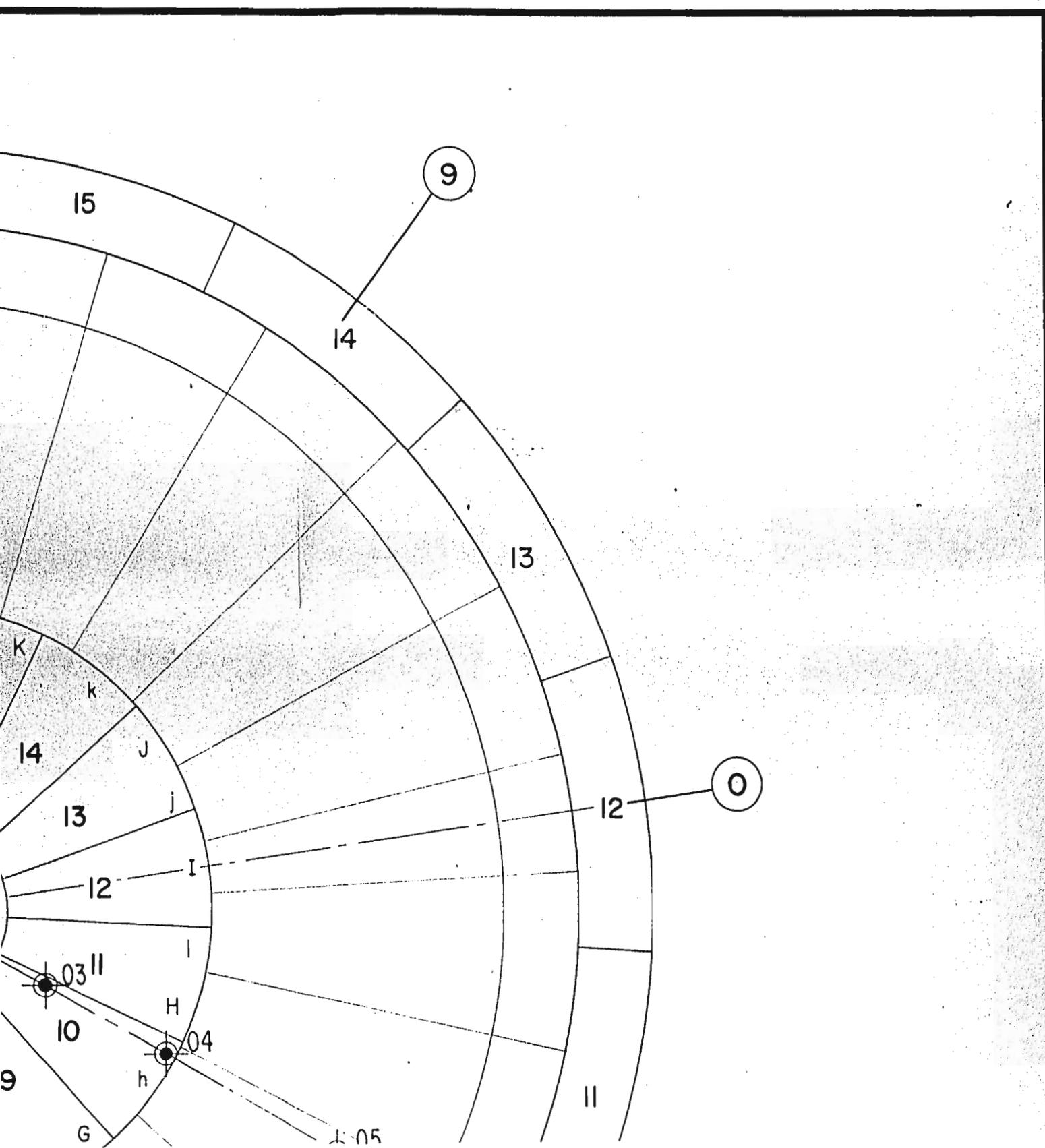
3

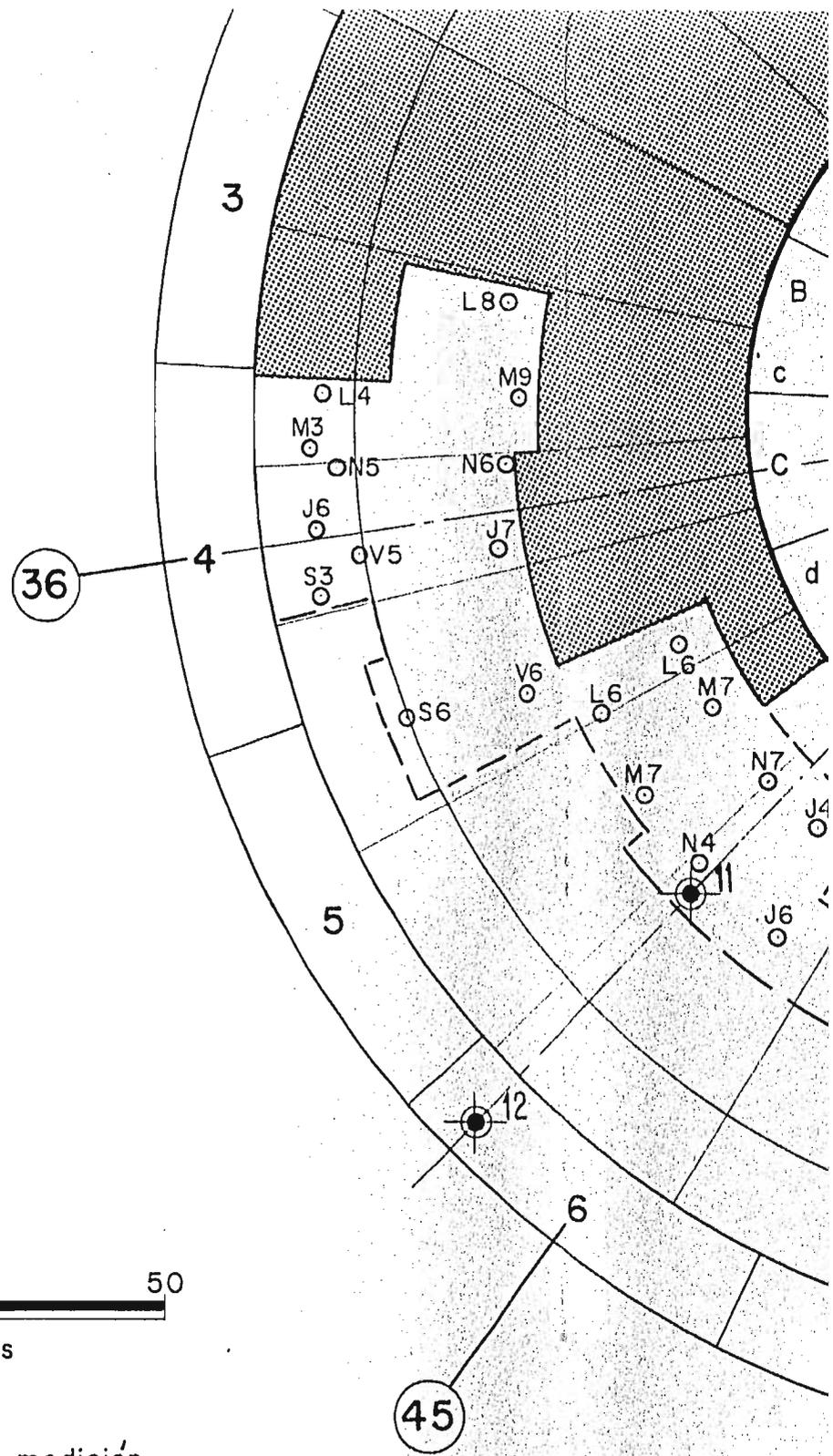
4

5

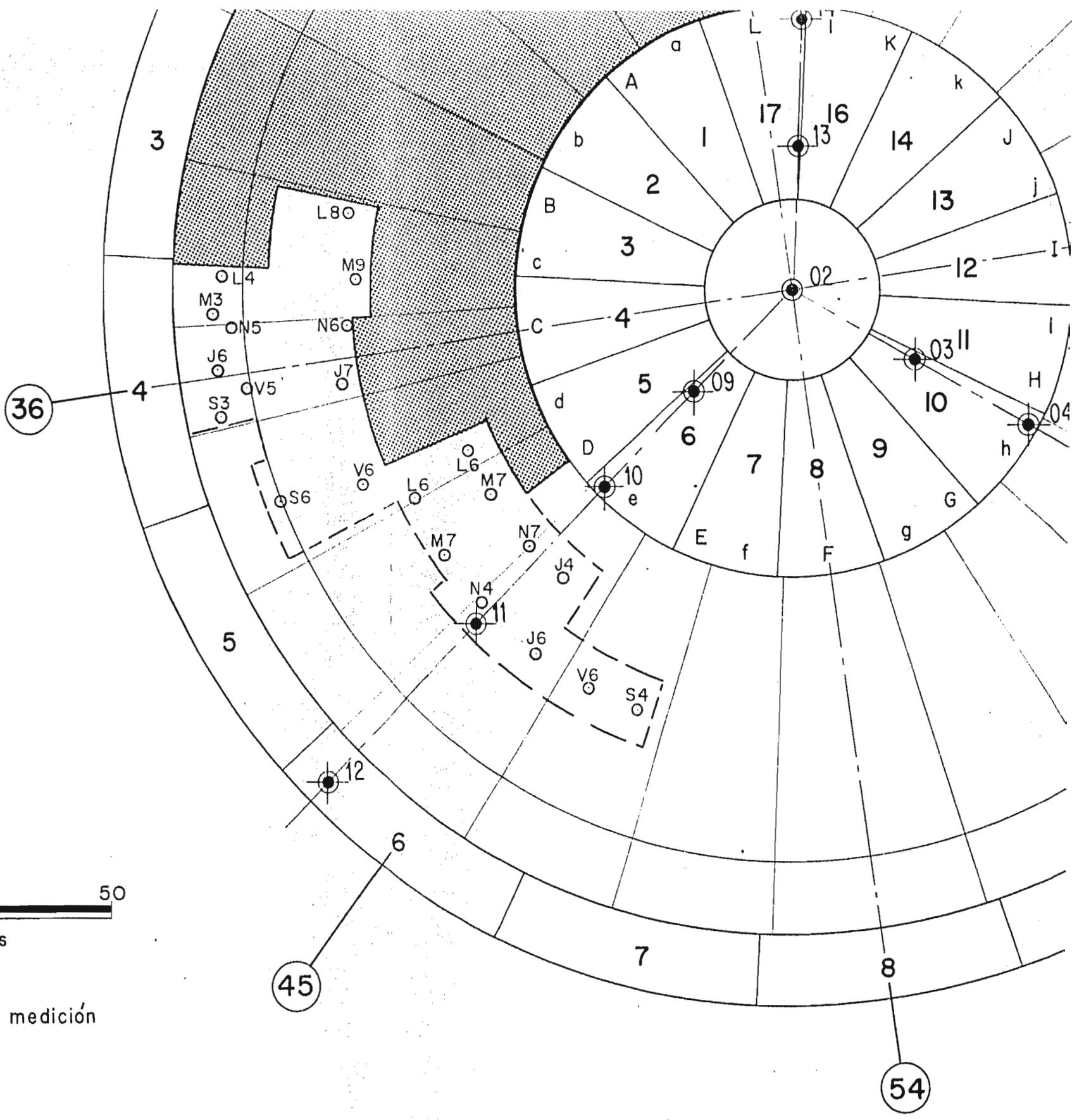
1





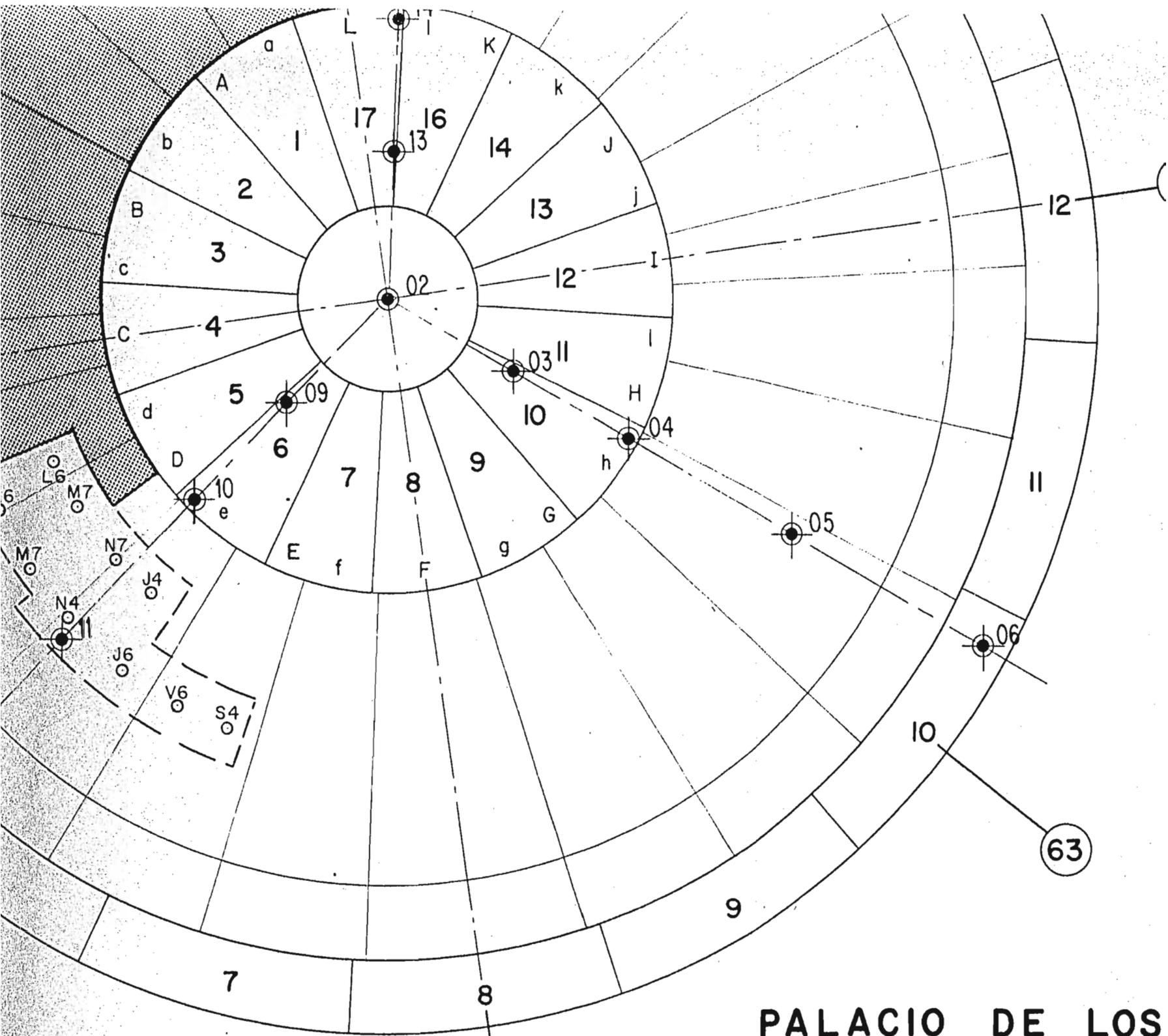


 Estaciones de medición



5 50
ros

s de medición

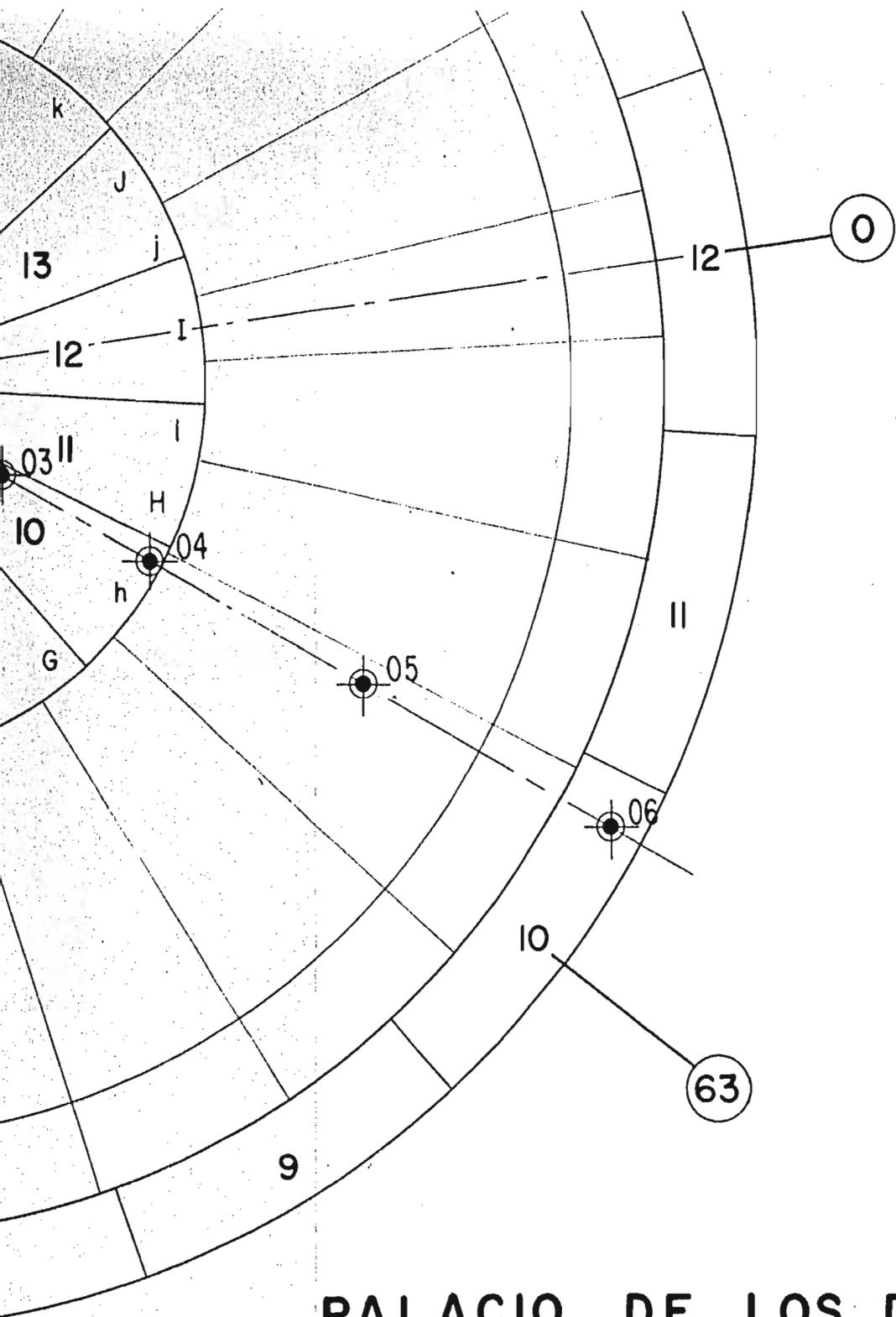


PALACIO DE LOS
AVANCE DE LA HINCA DE
 semana: 2 a 7 de

NOVIEMBRE de

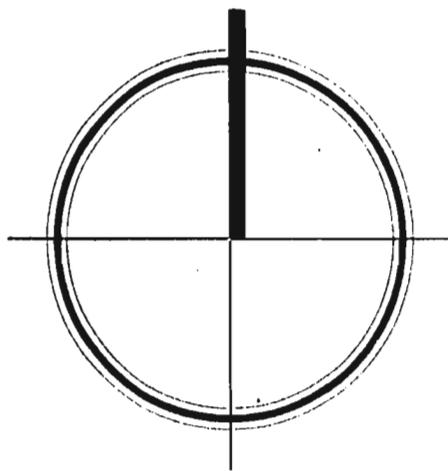
54

63



PALACIO DE LOS DEPORTES
AVANCE DE LA HINCA DE LOS PILOTES
 semana: 2 a 7 de enero de 1967

NOVIEMBRE de 1968



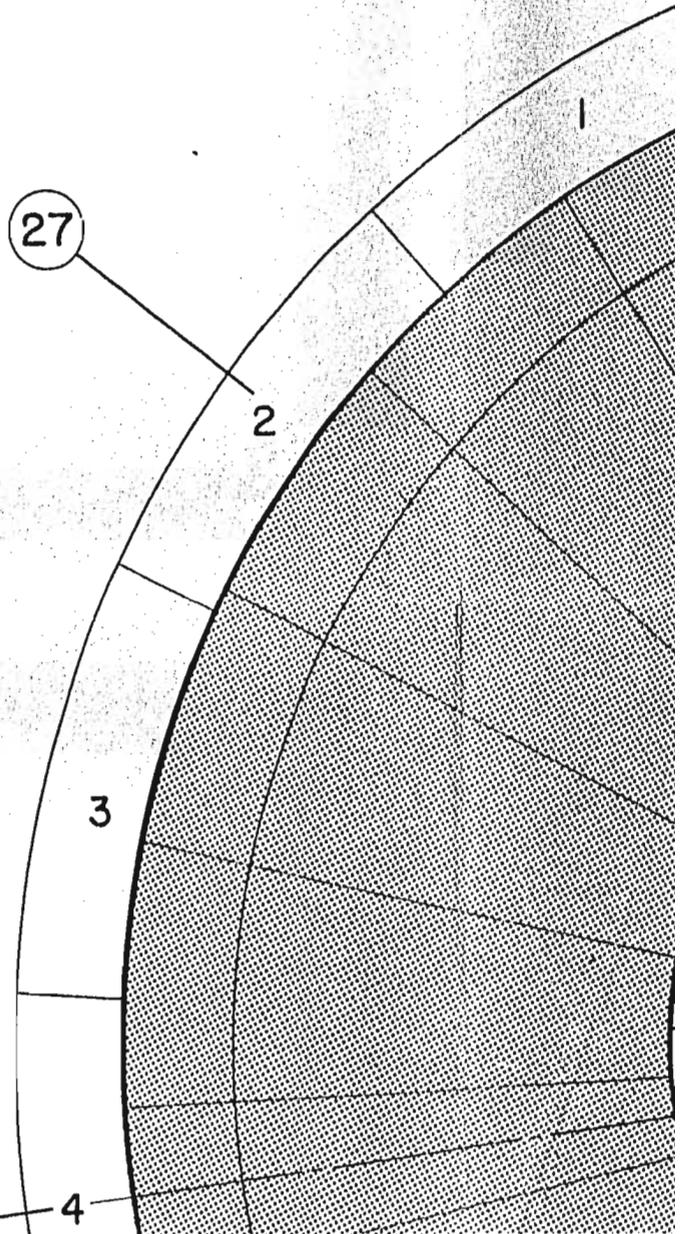
27

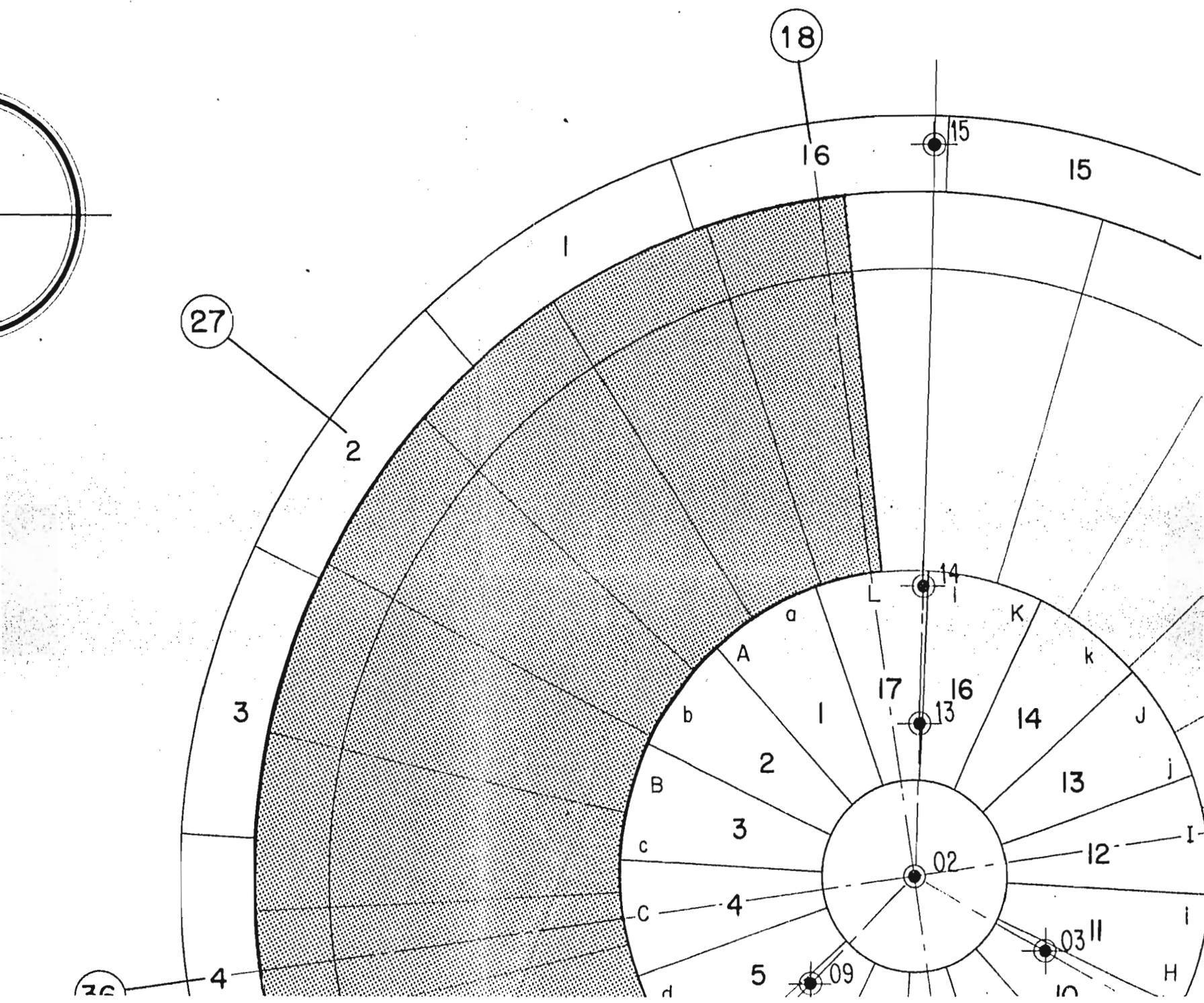
2

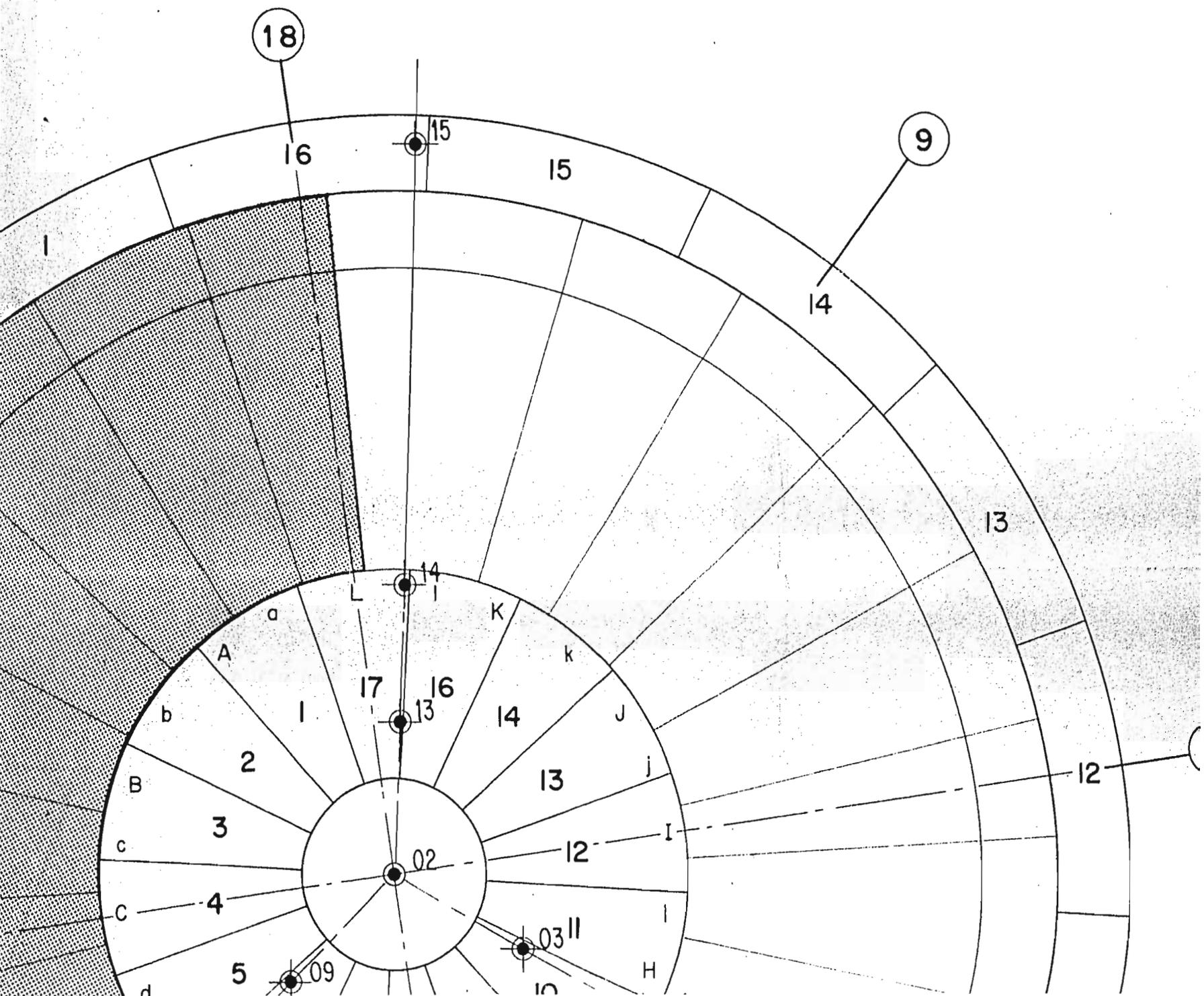
3

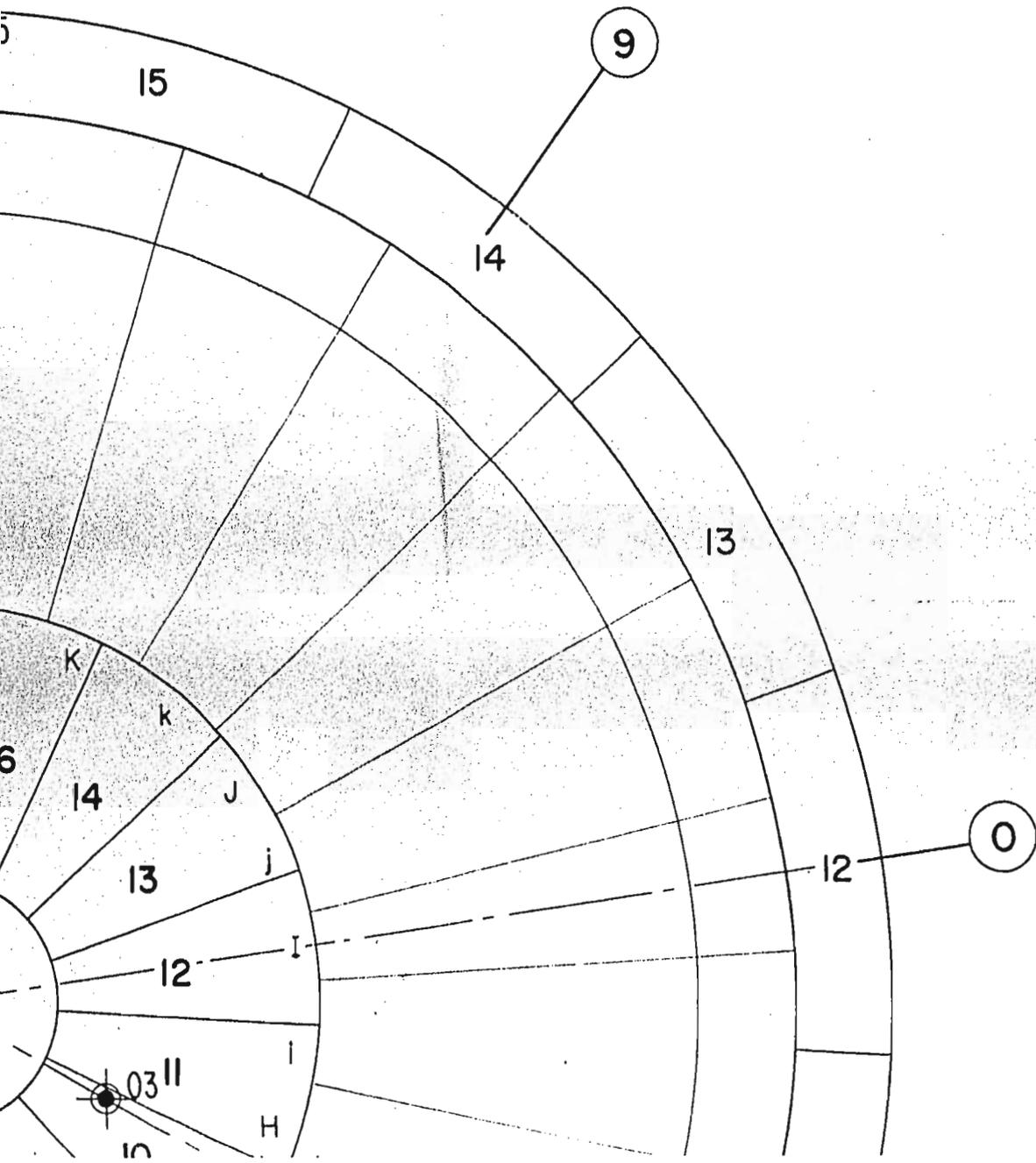
36

4

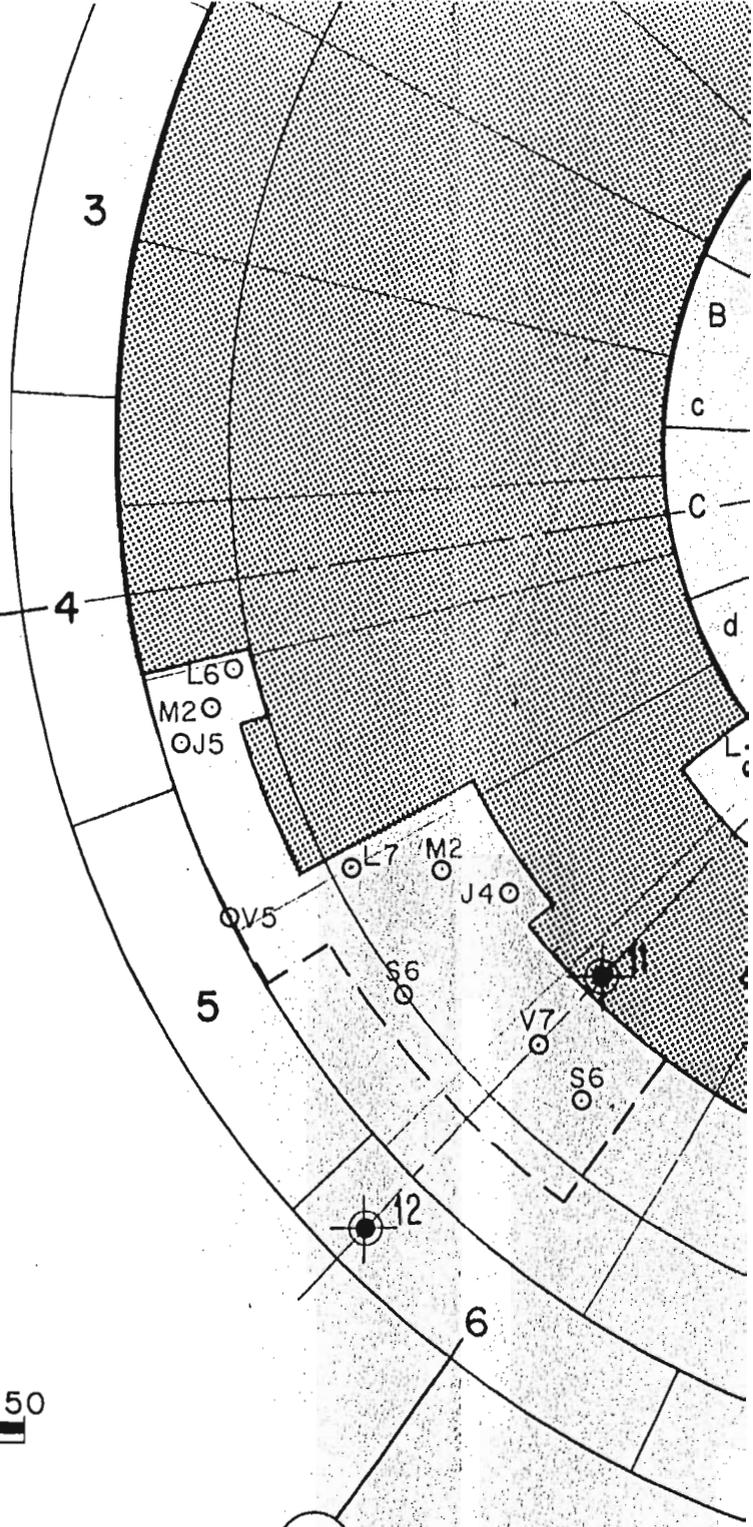






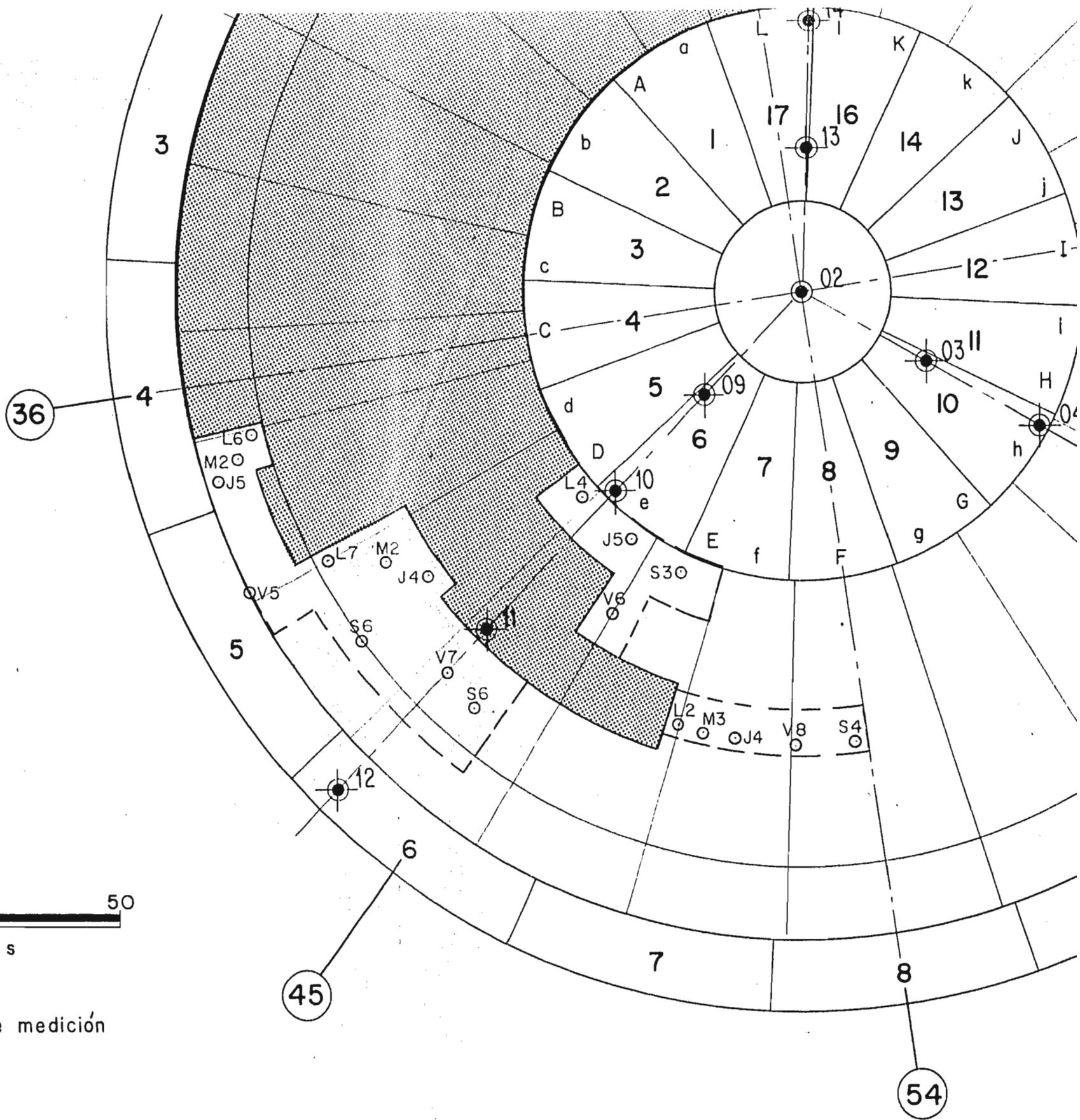


36



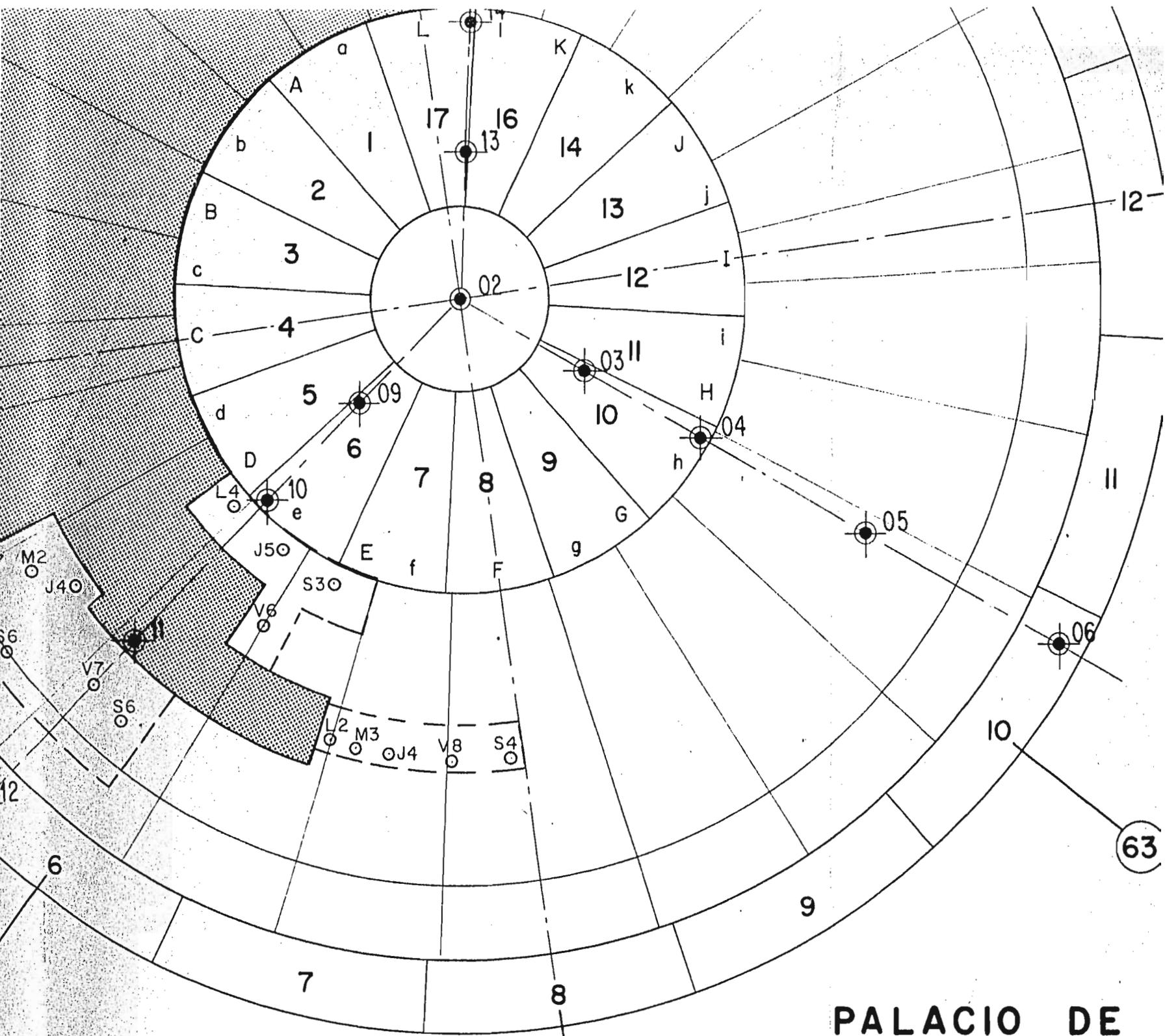
Estaciones de medición

45



25 50
 metros

unidades de medición

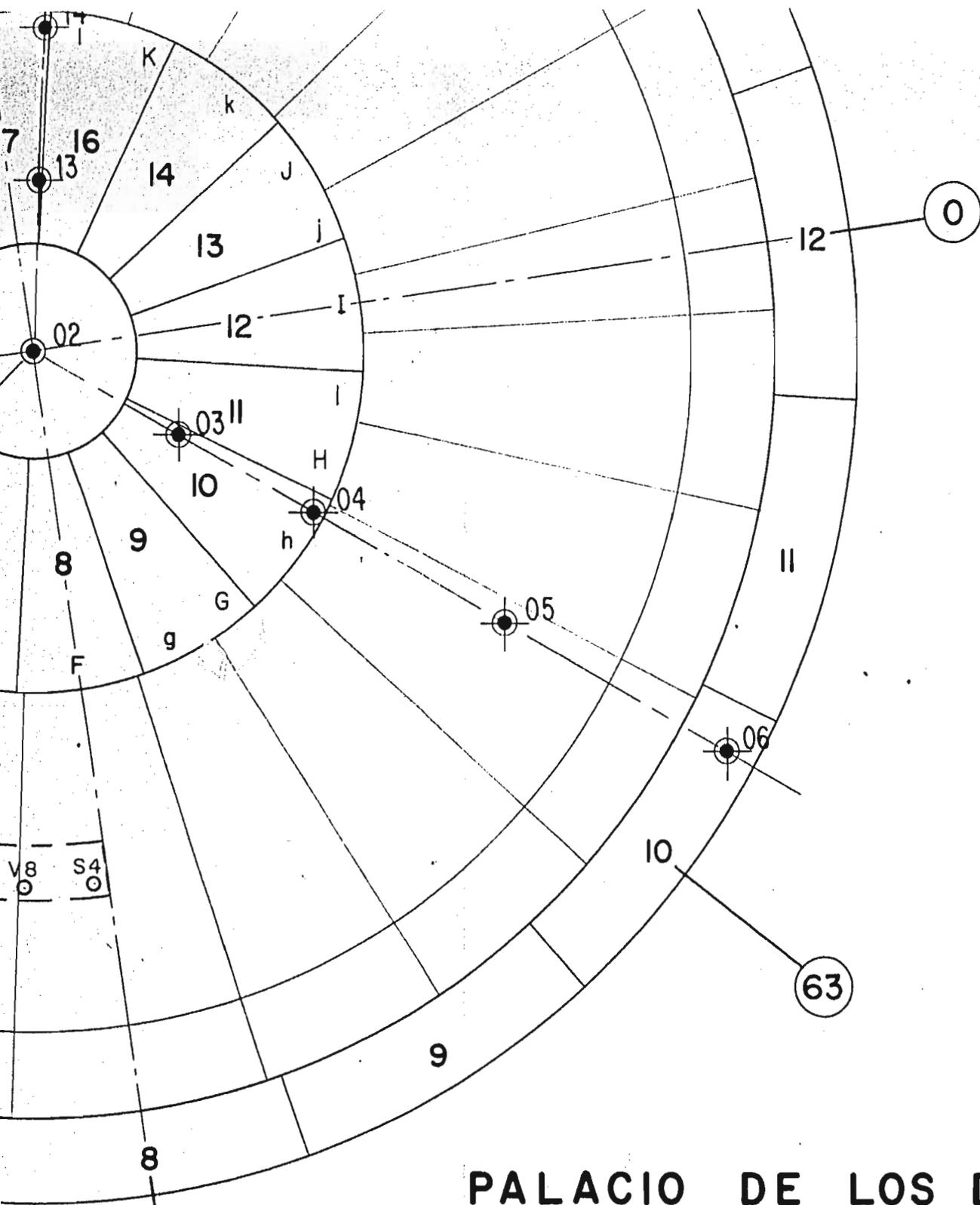


PALACIO DE
AVANCE DE LA HINC
 semana: 9 a 14

54

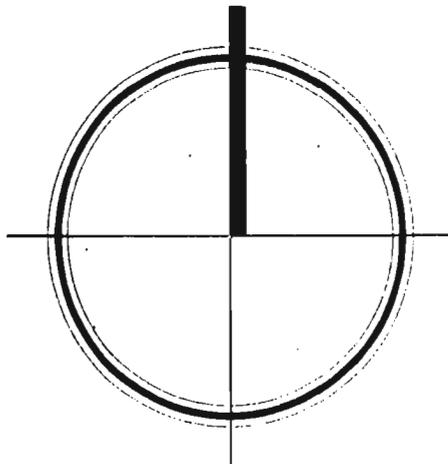
63

NOVIEMBRE



PALACIO DE LOS DEPORTES
 AVANCE DE LA HINCA DE LOS PILOTES
 semana: 9 a 14 de enero de 1967

NOVIEMBRE de 1968



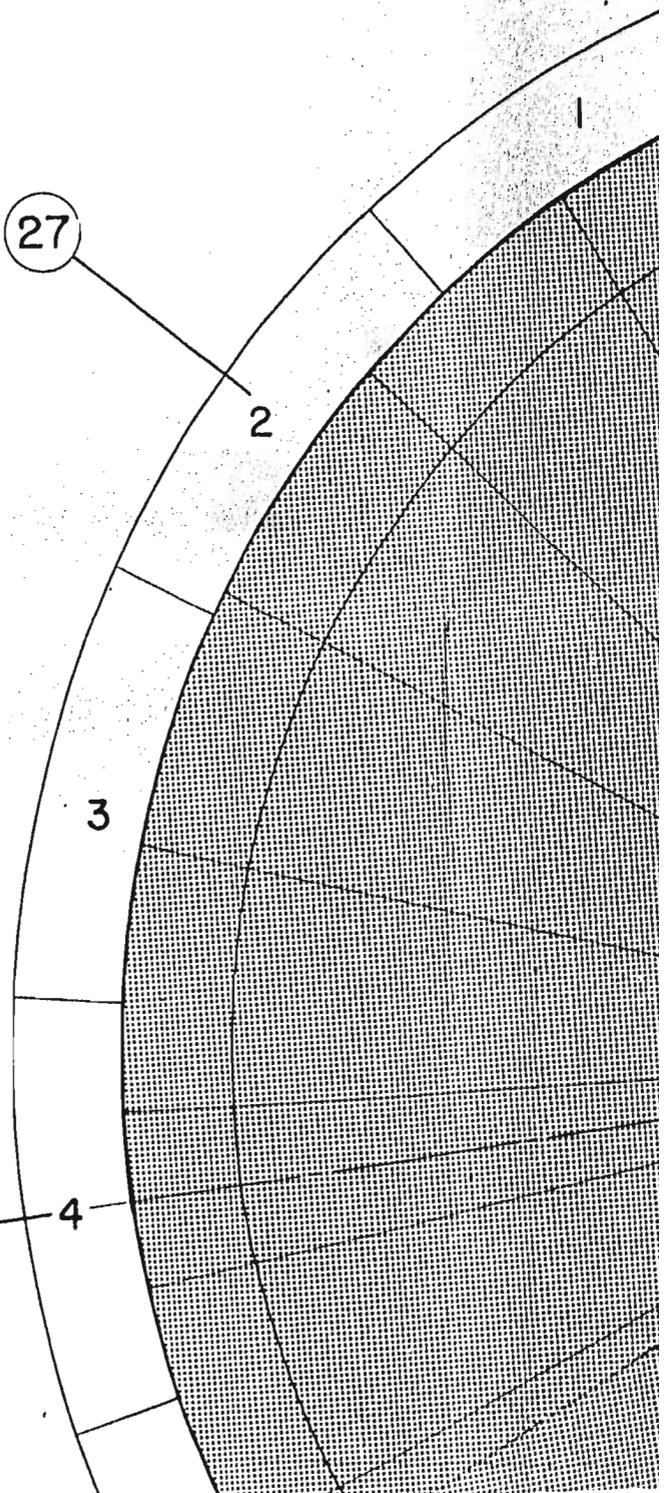
27

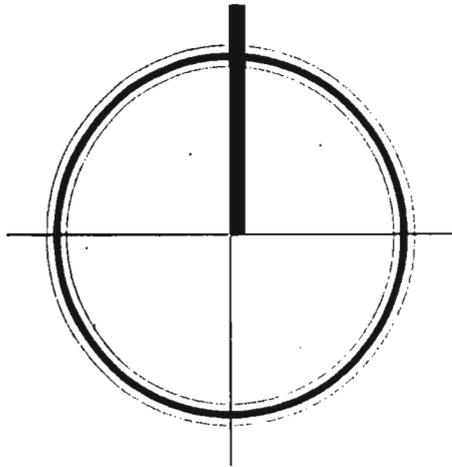
2

3

36

4





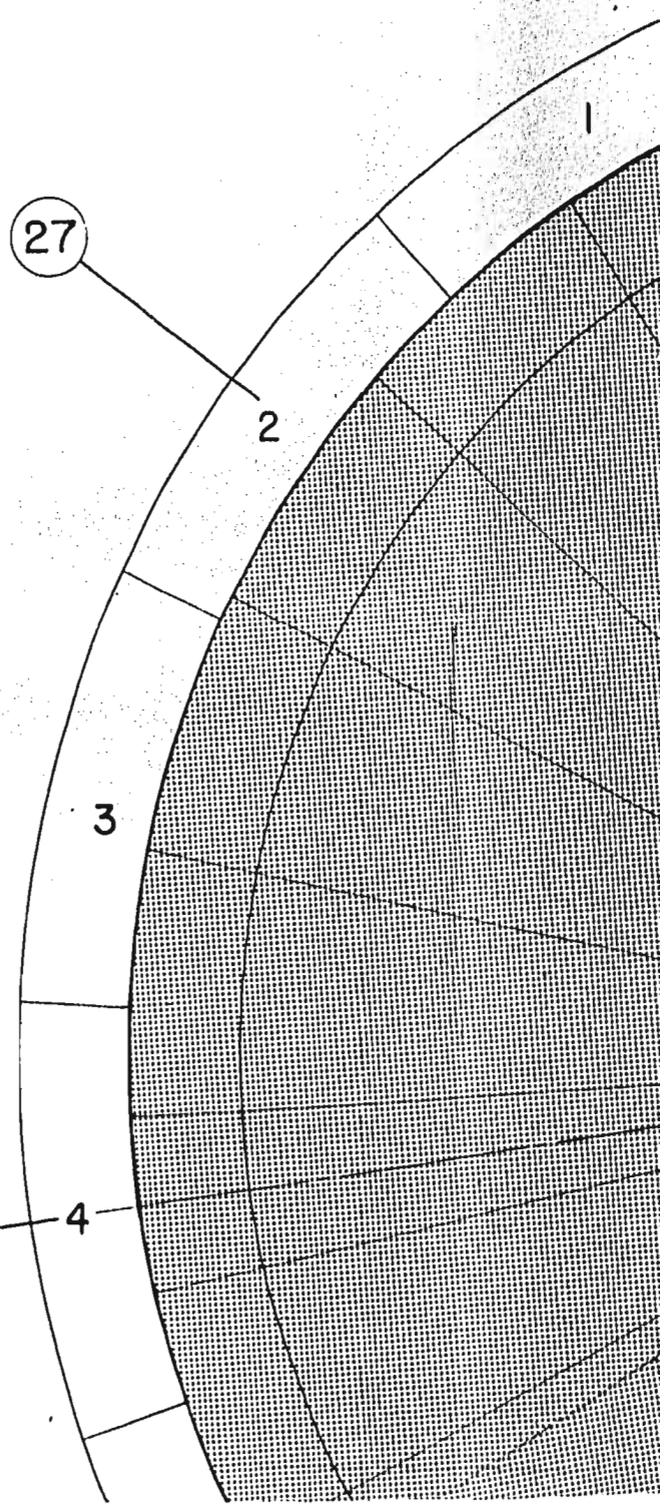
27

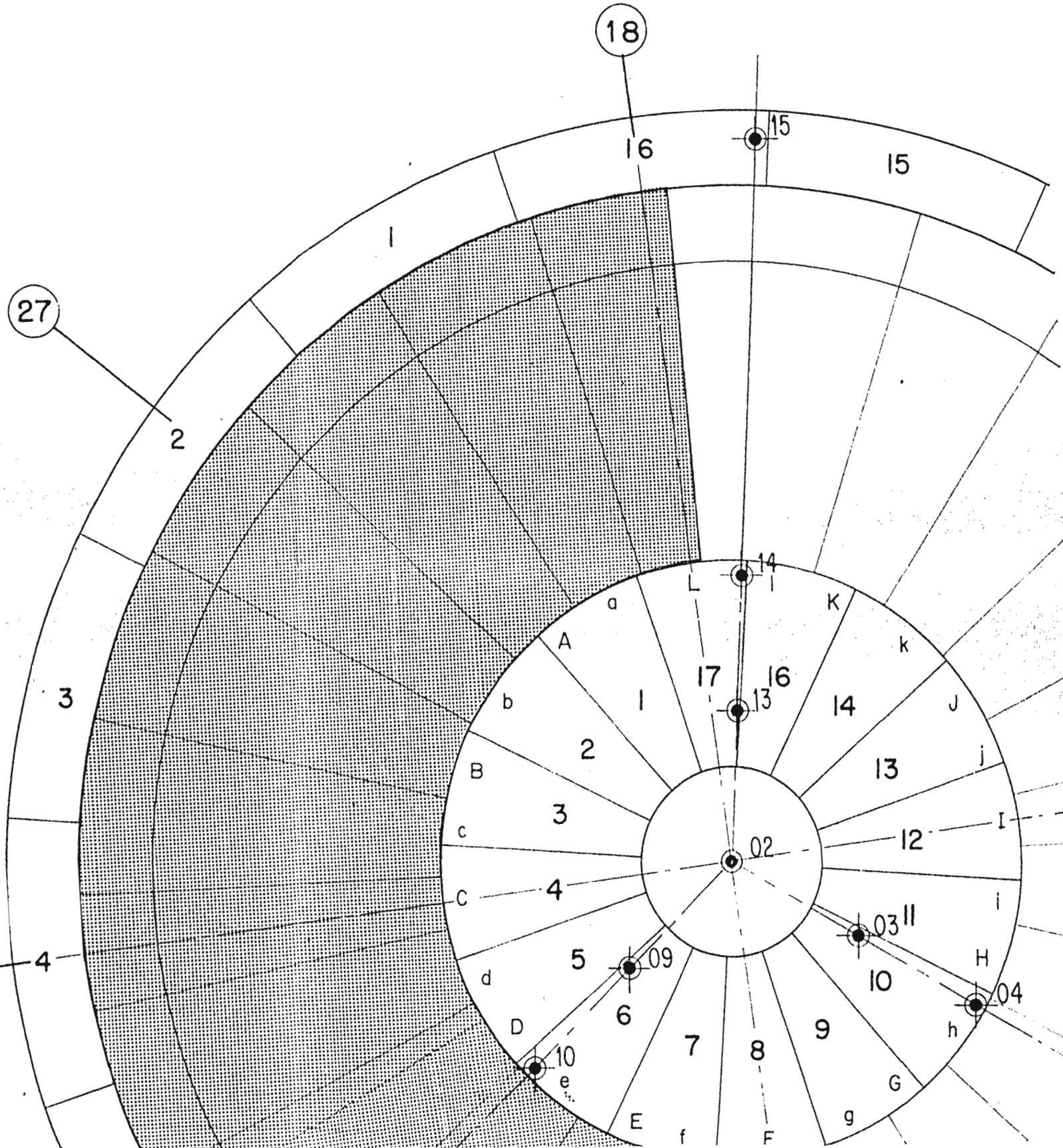
2

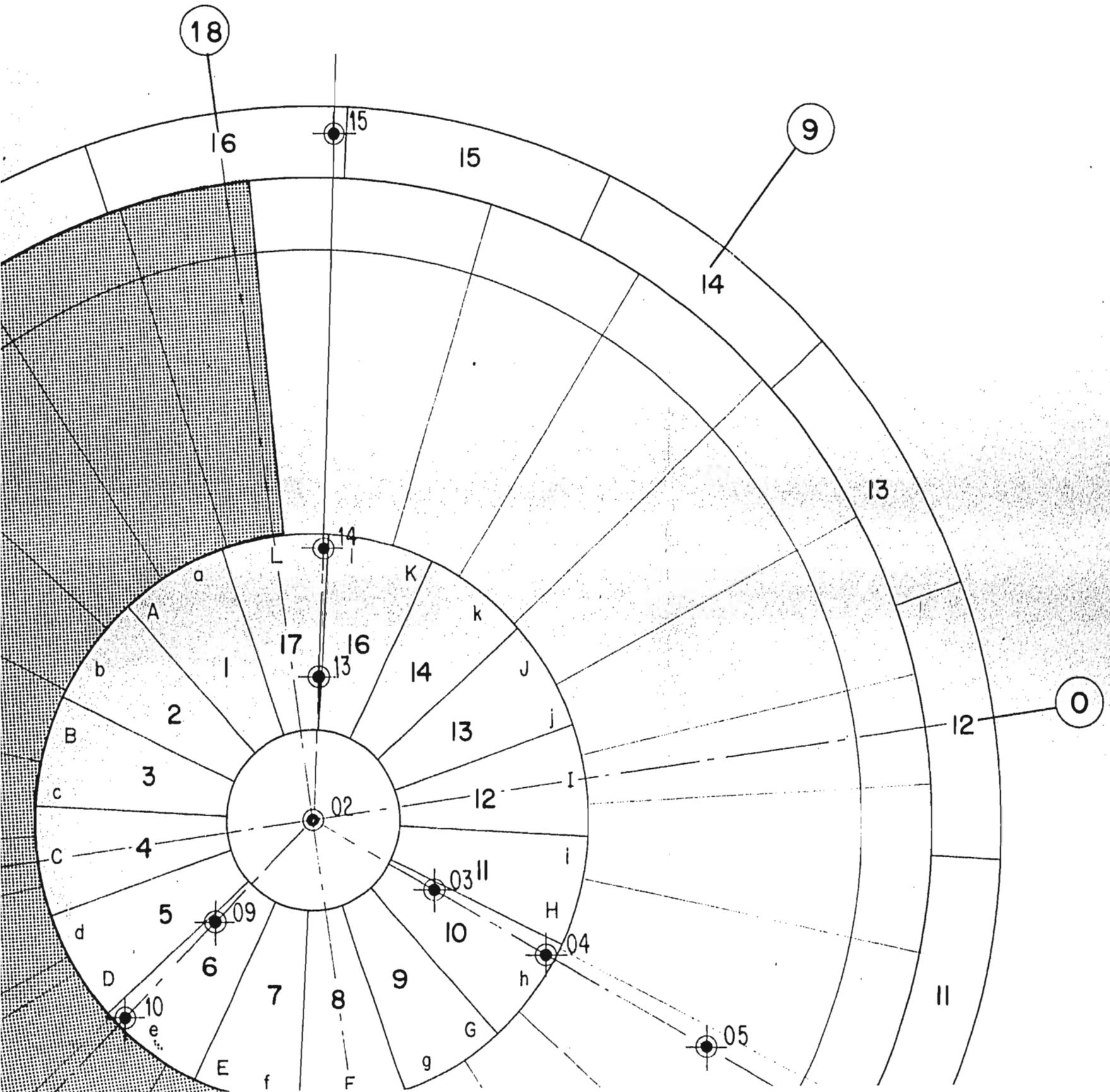
3

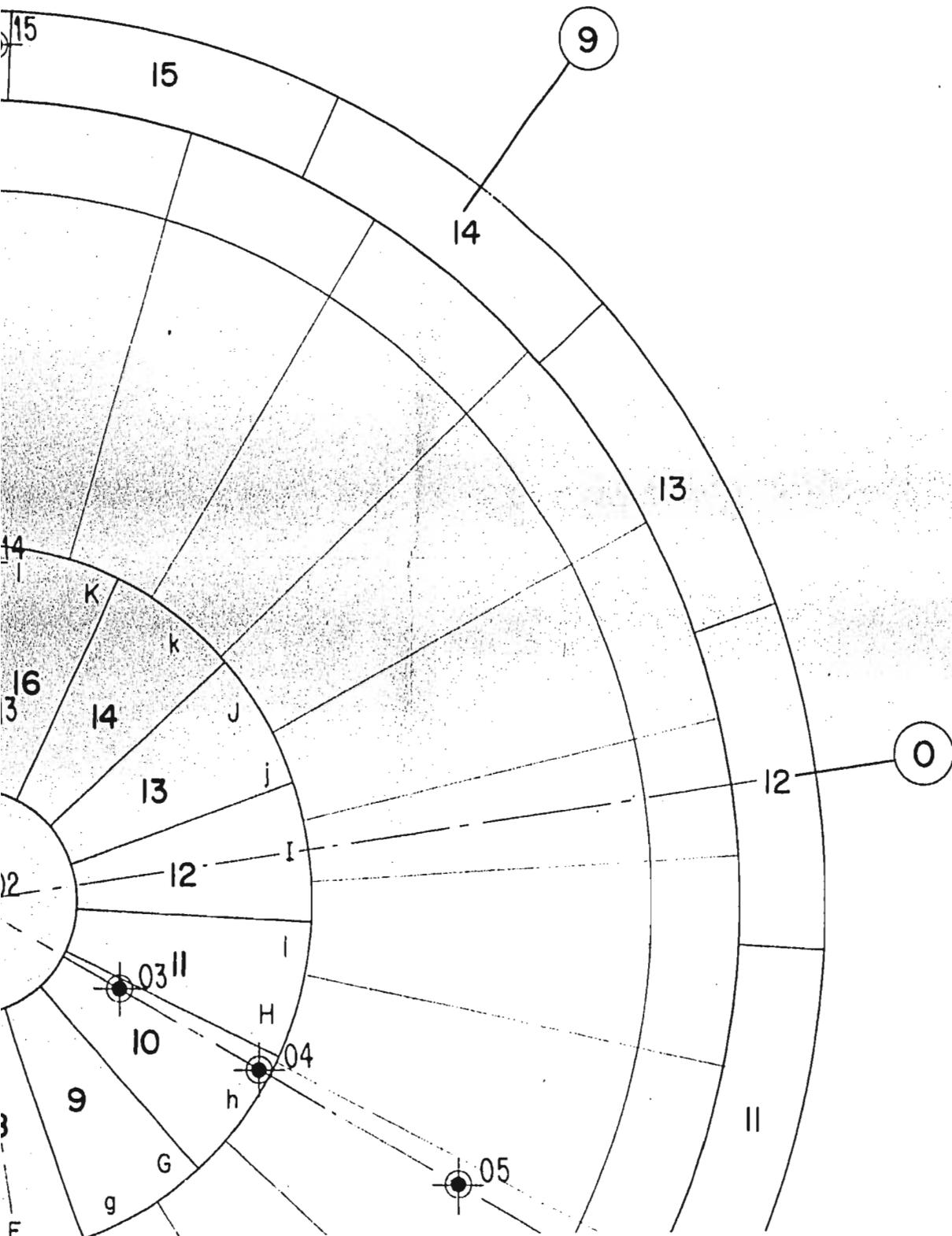
36

4









36

3

4

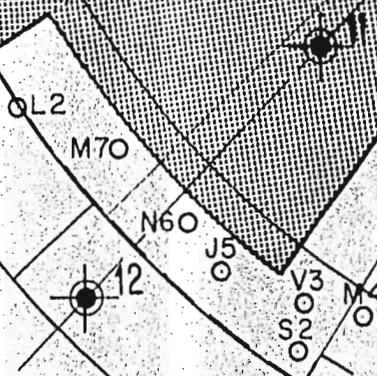
5

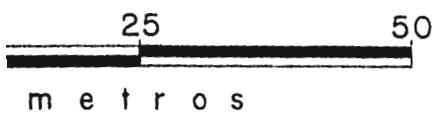
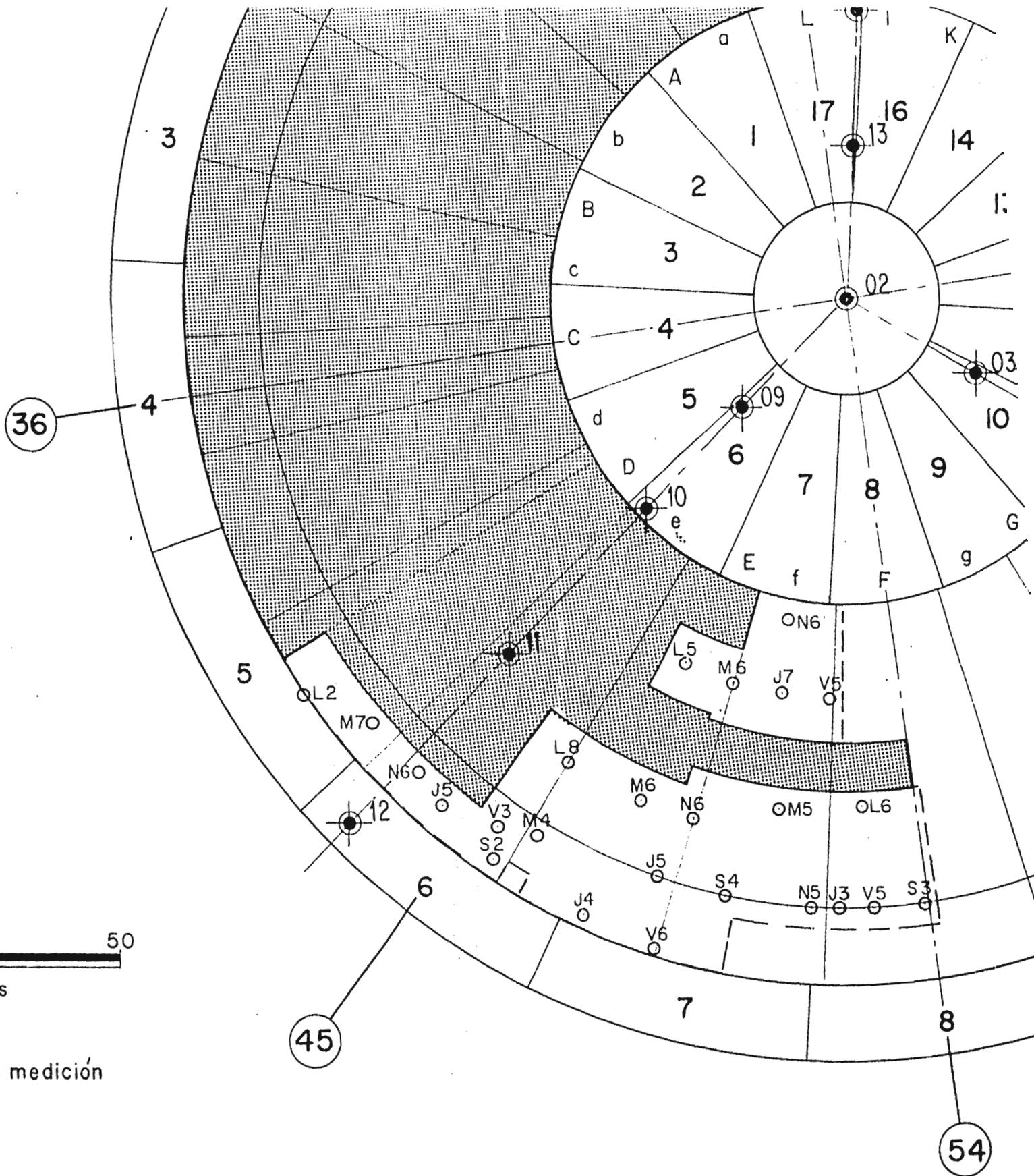
6

45



Estaciones de medición

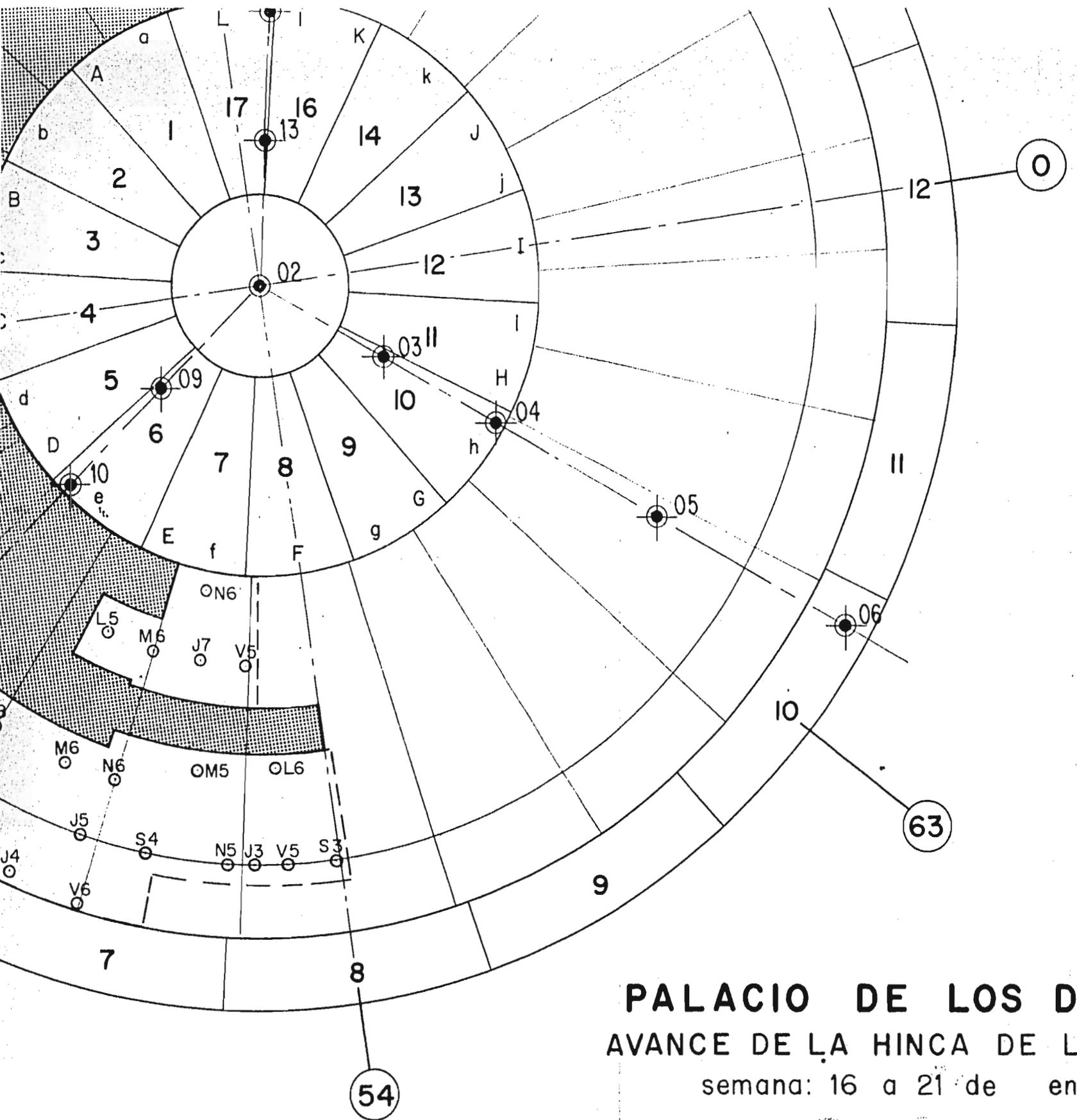


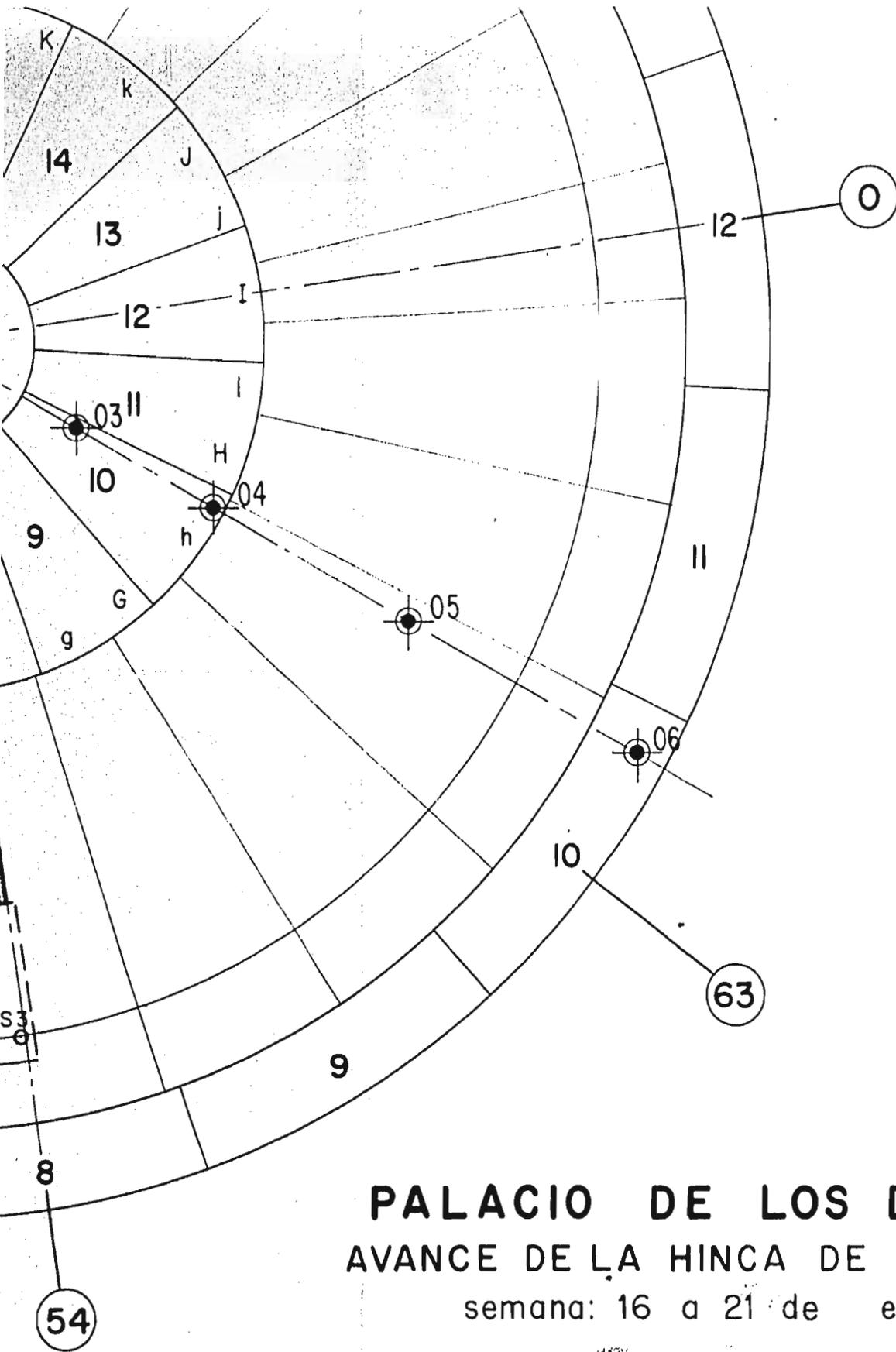


taciones de medición

45

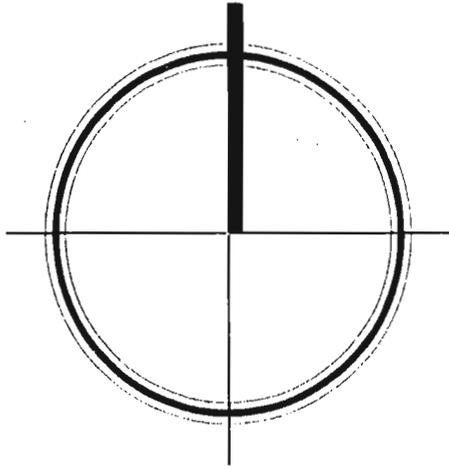
54





PALACIO DE LOS DEPORTES
AVANCE DE LA HINCA DE LOS PILOTES
 semana: 16 a 21 de enero de 1967

NOVIEMBRE de 1968



27

2

3

36

4

1

b

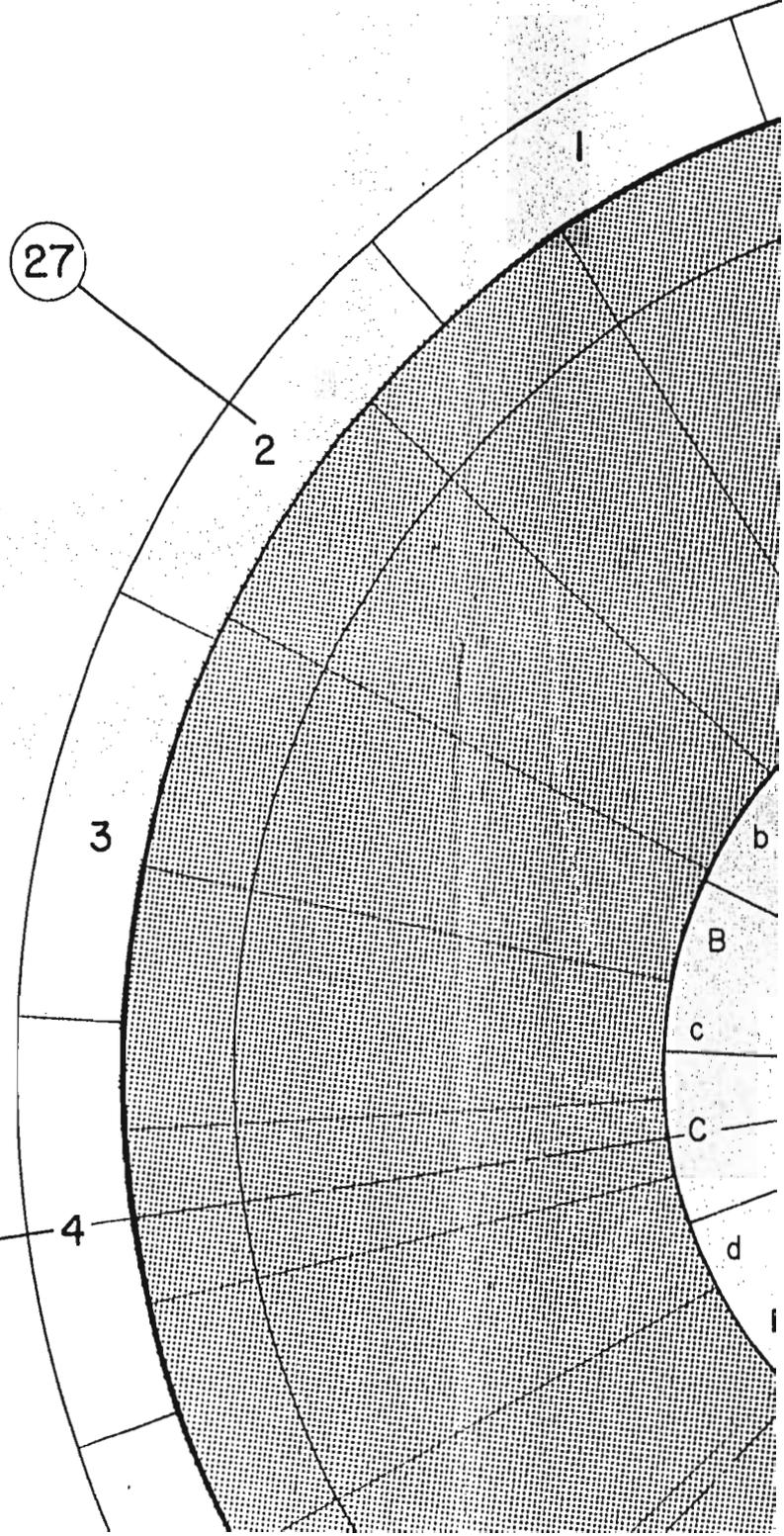
B

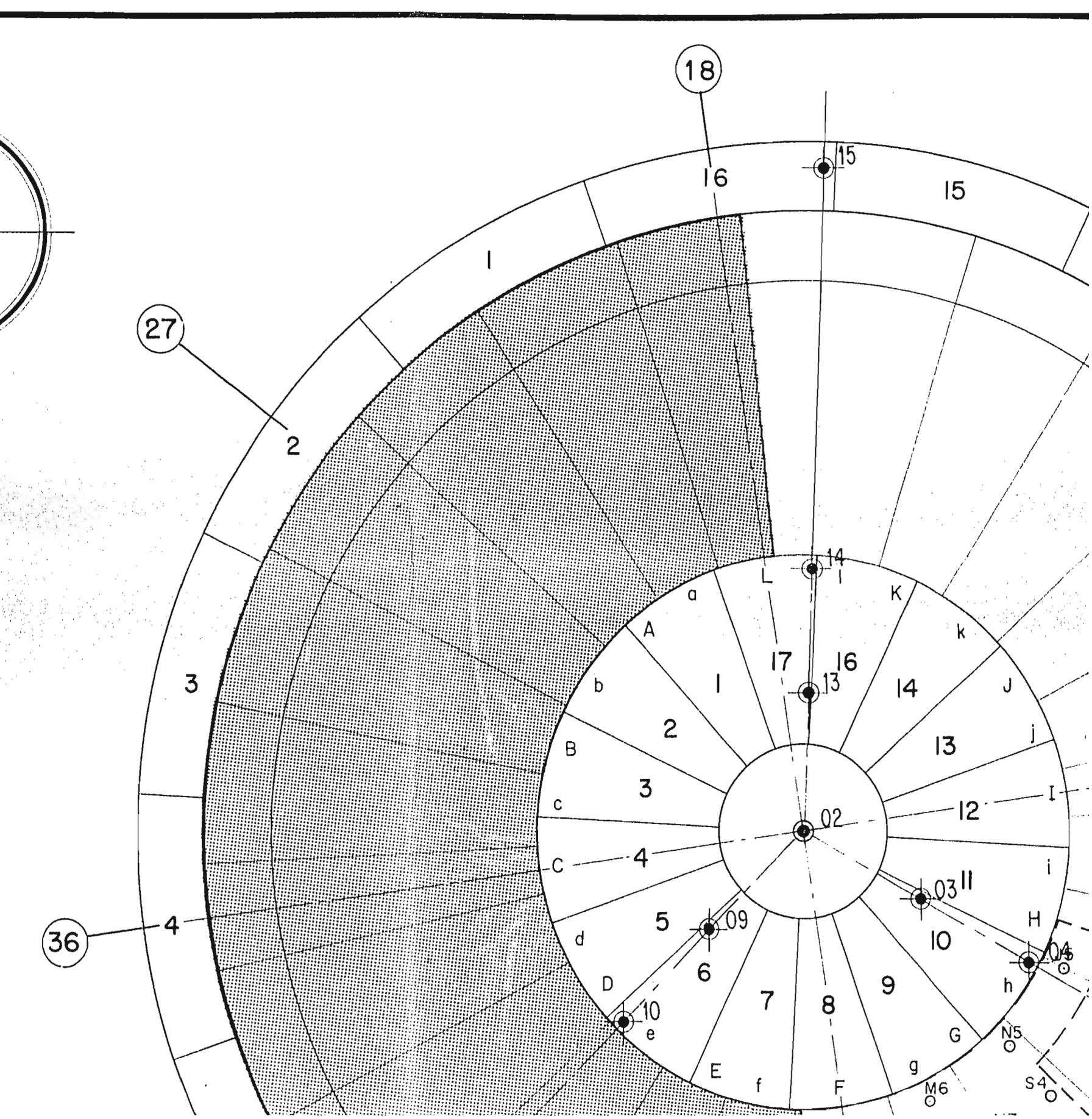
c

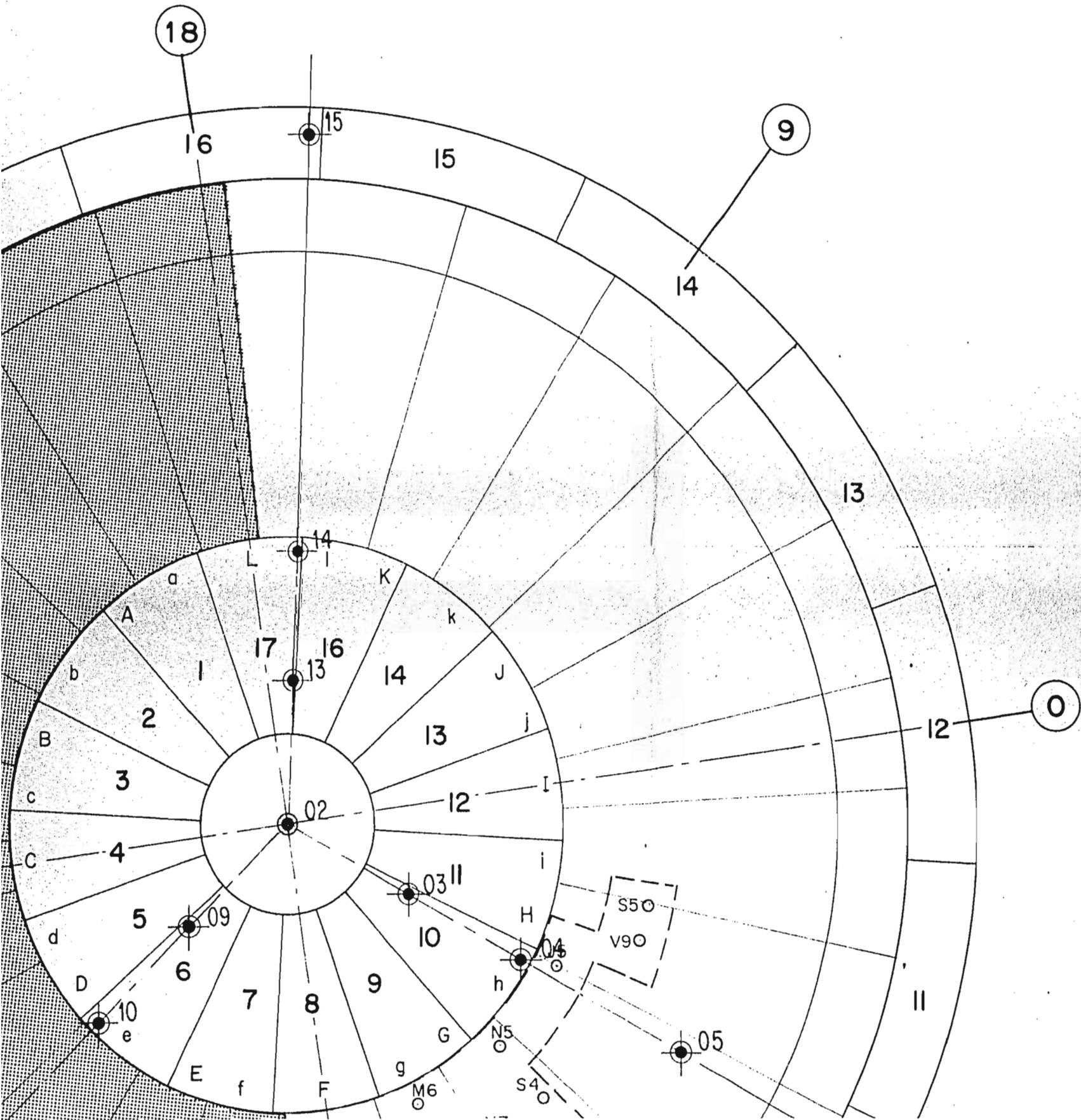
C

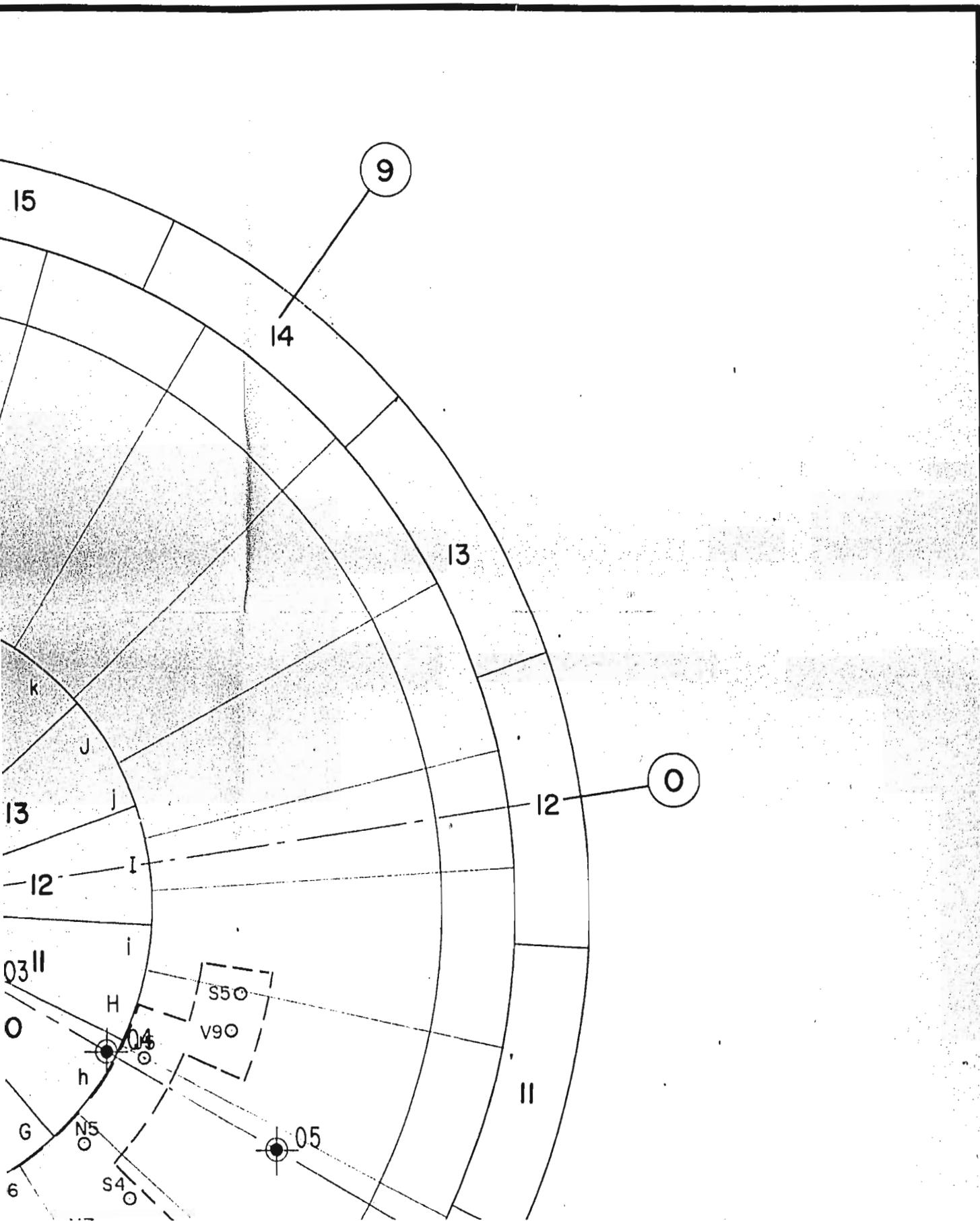
d

1



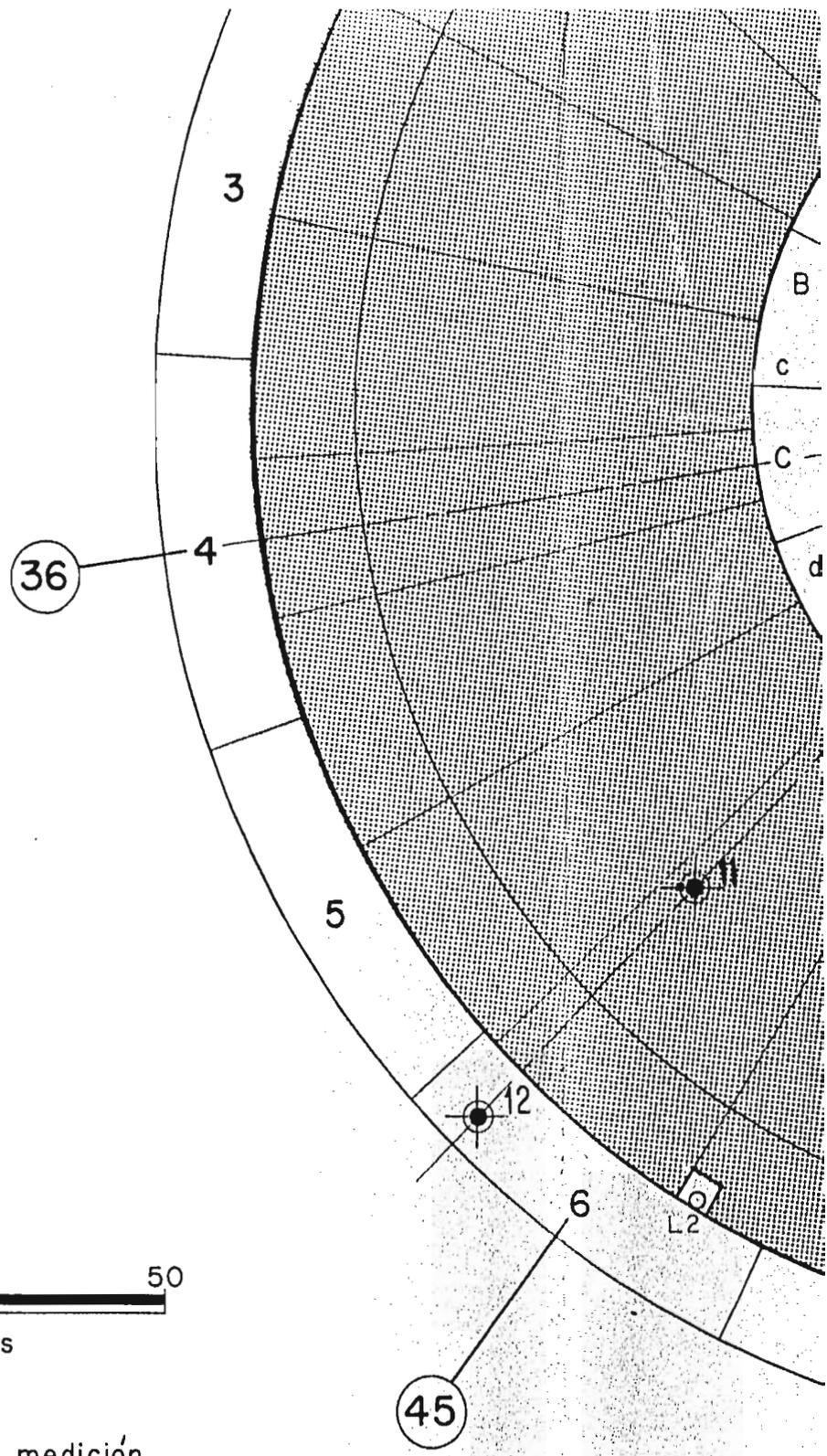


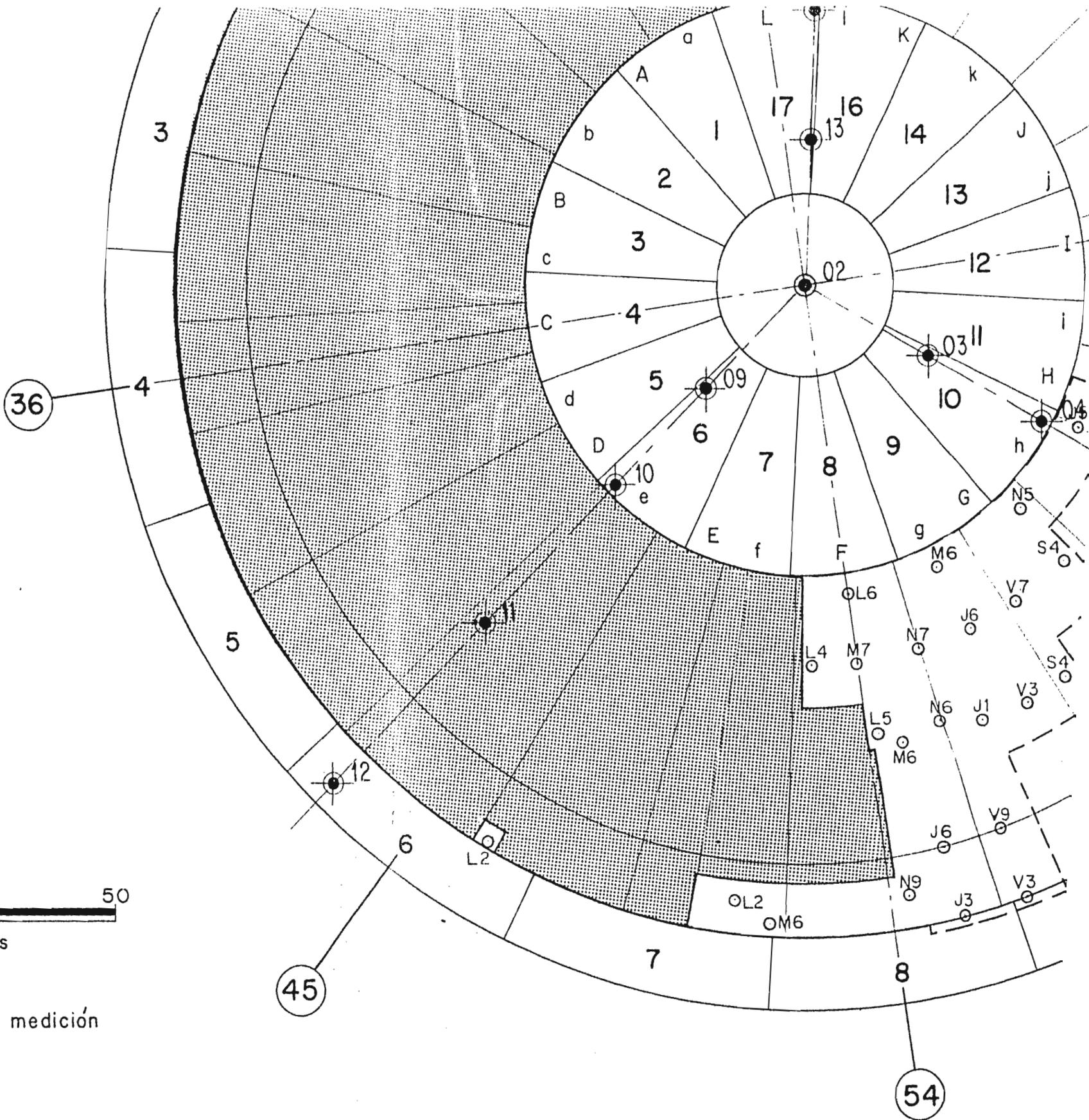


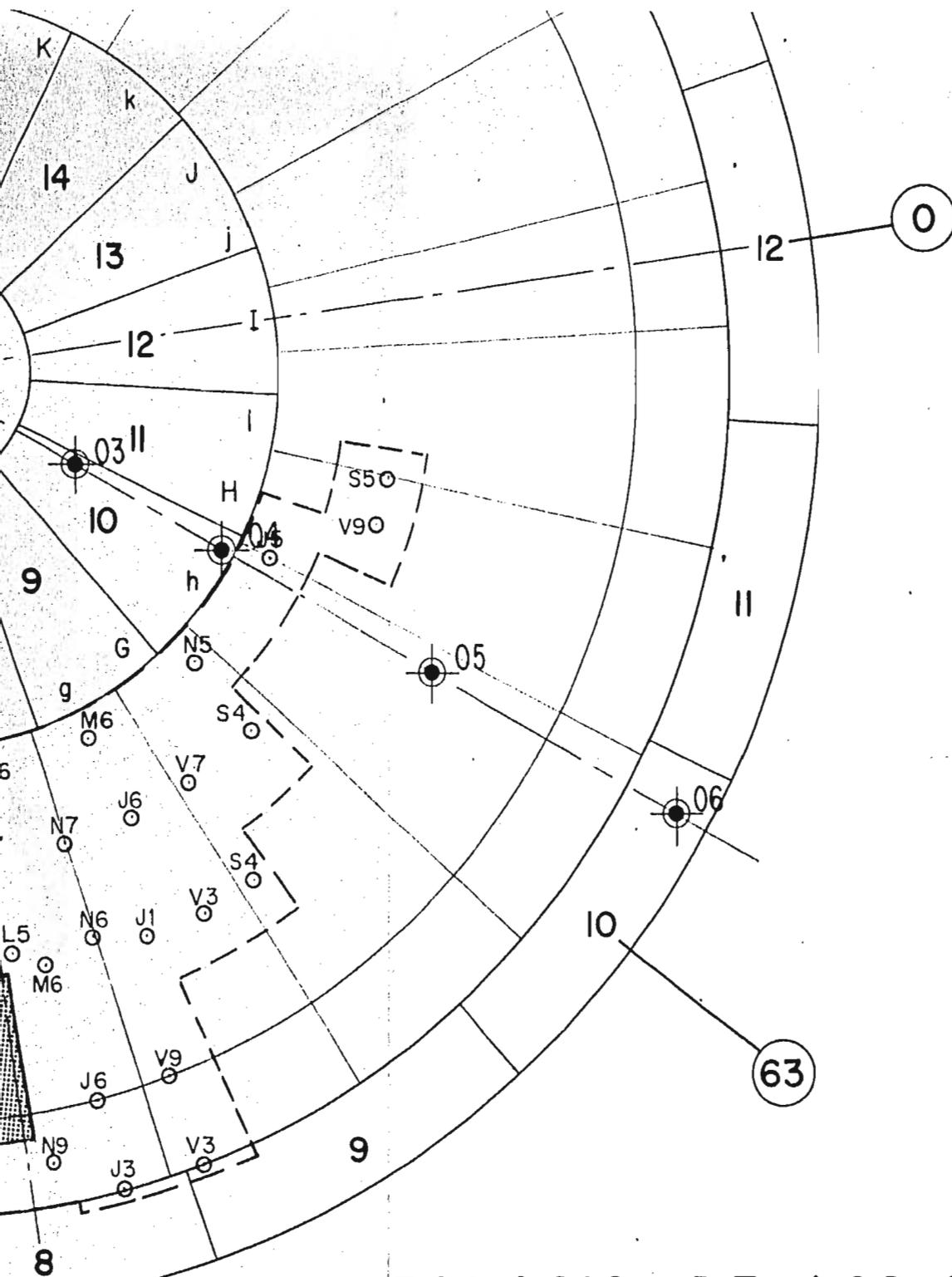




 Estaciones de medición



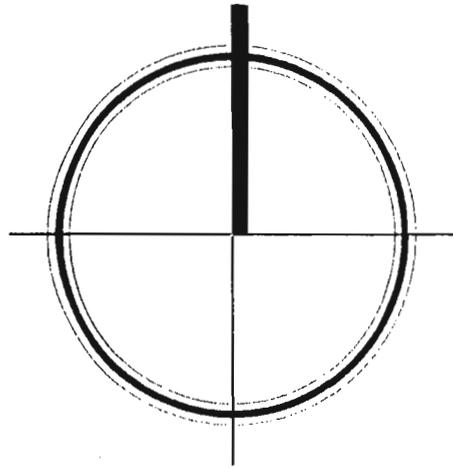




PALACIO DE LOS DEPORTES
 AVANCE DE LA HINCA DE LOS PILOTES
 semana: 23 a 28 de enero de 1967

NOVIEMBRE de 1968

Fig. 20



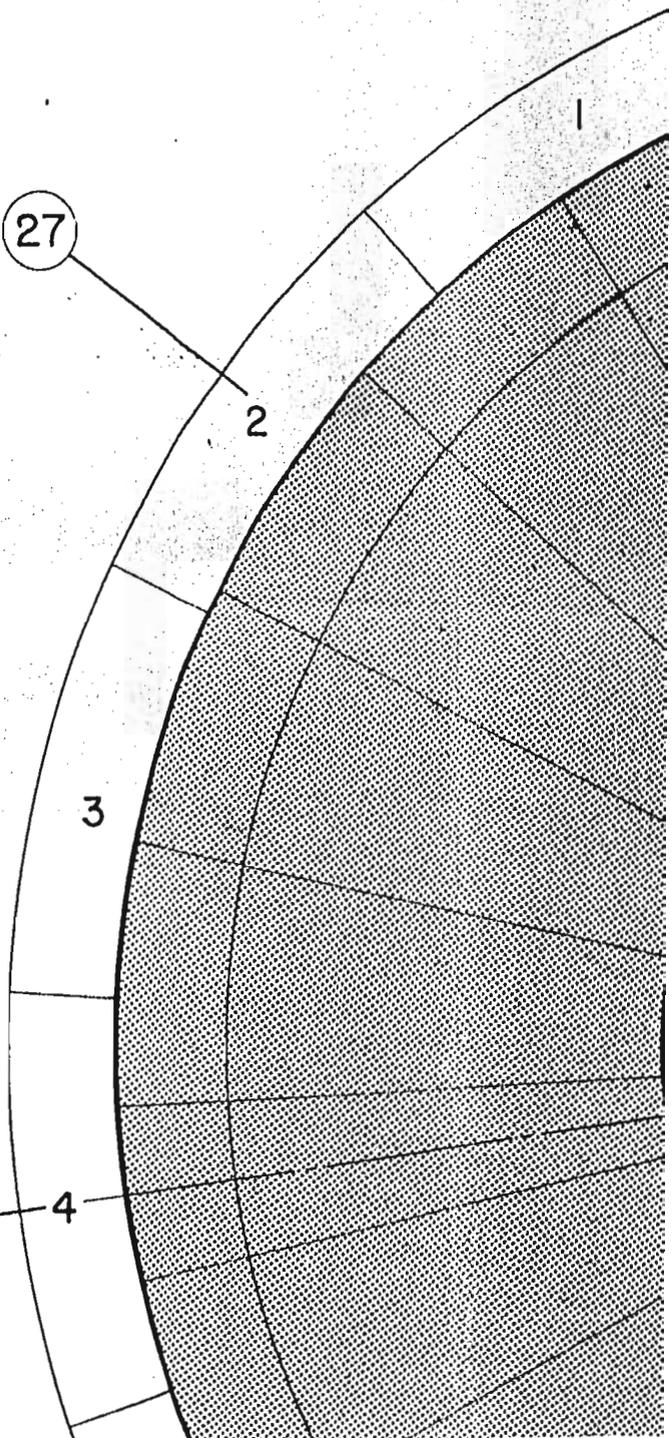
27

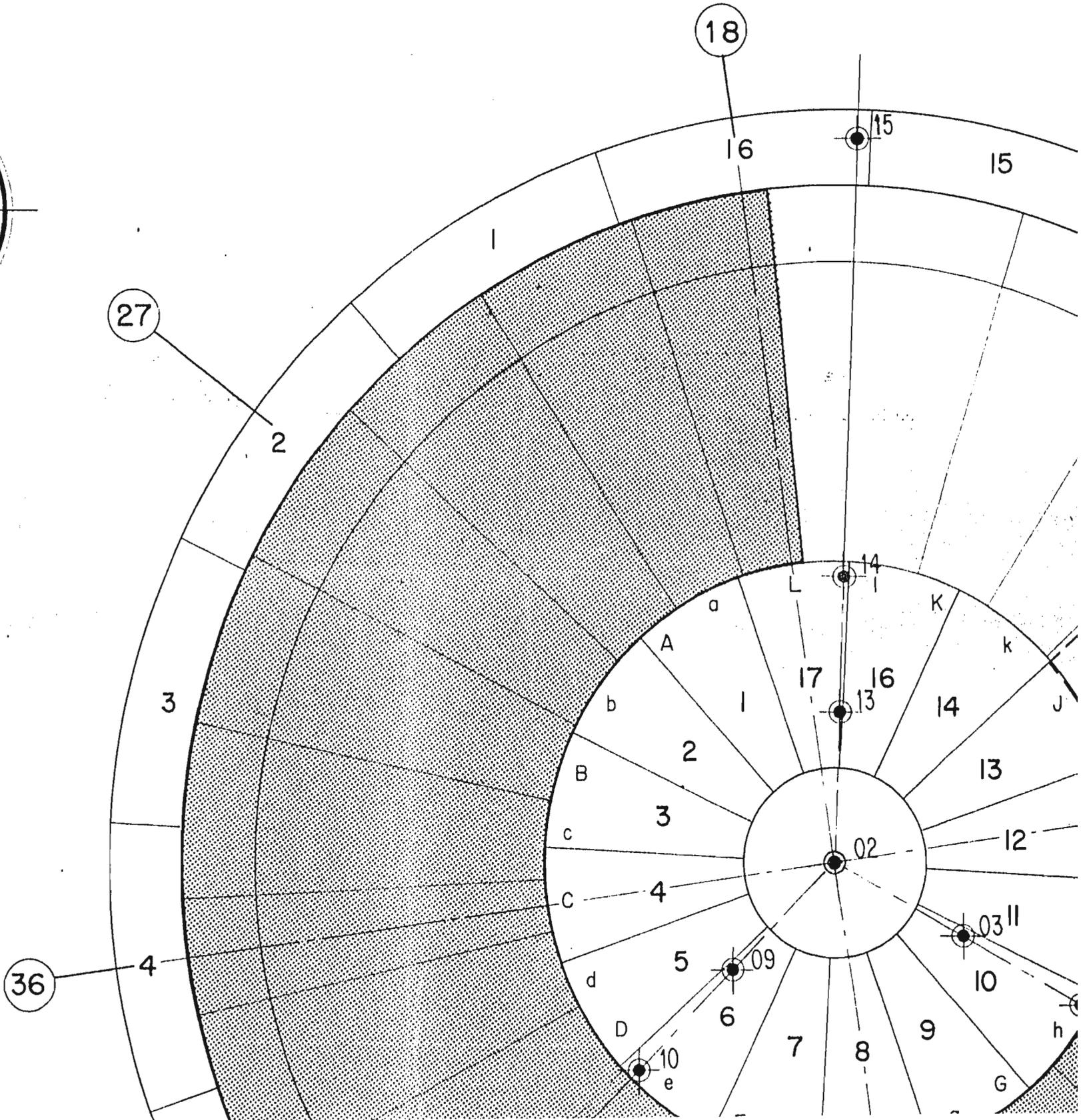
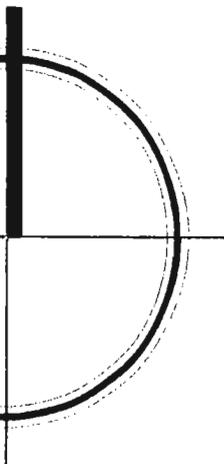
2

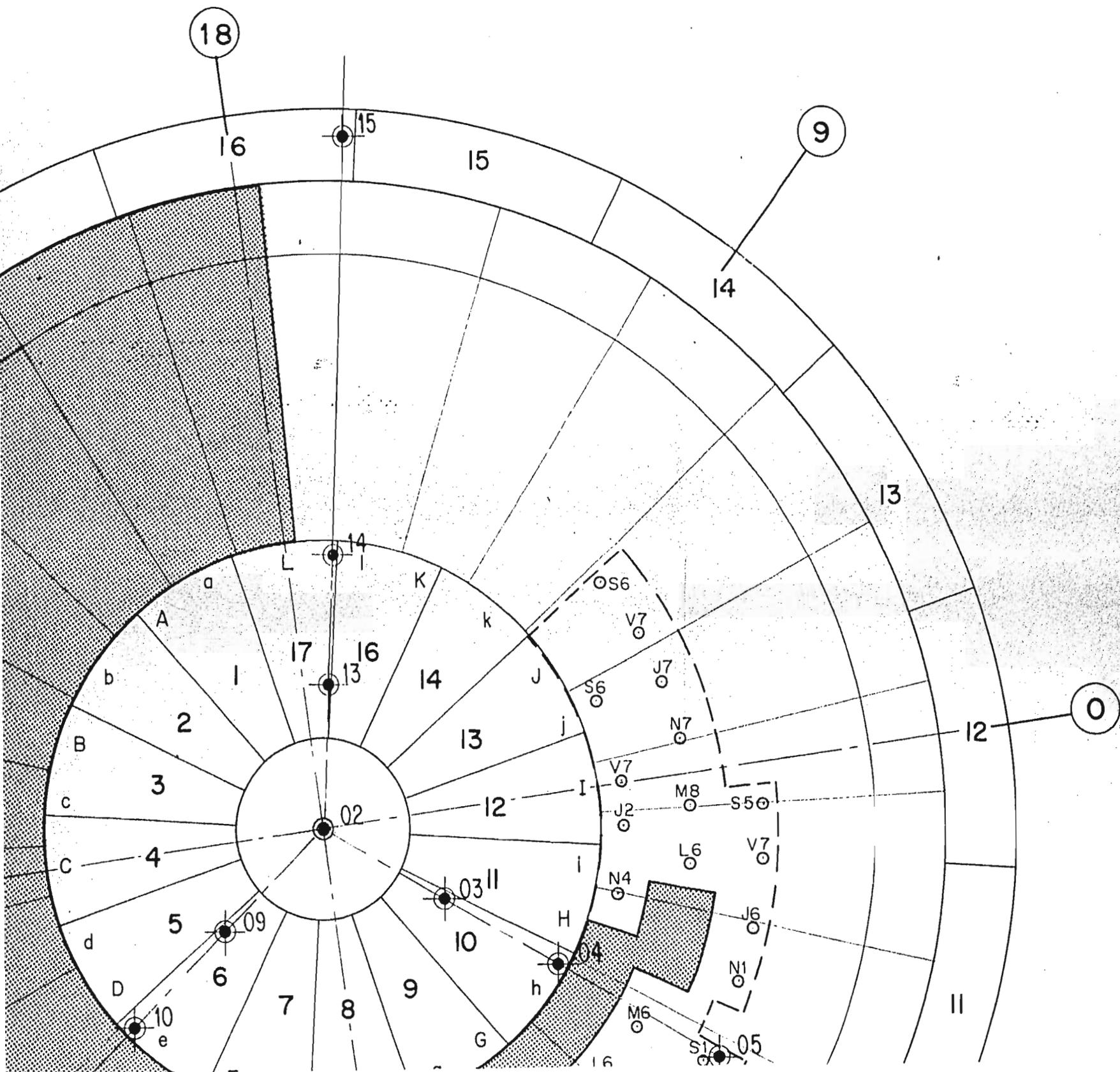
3

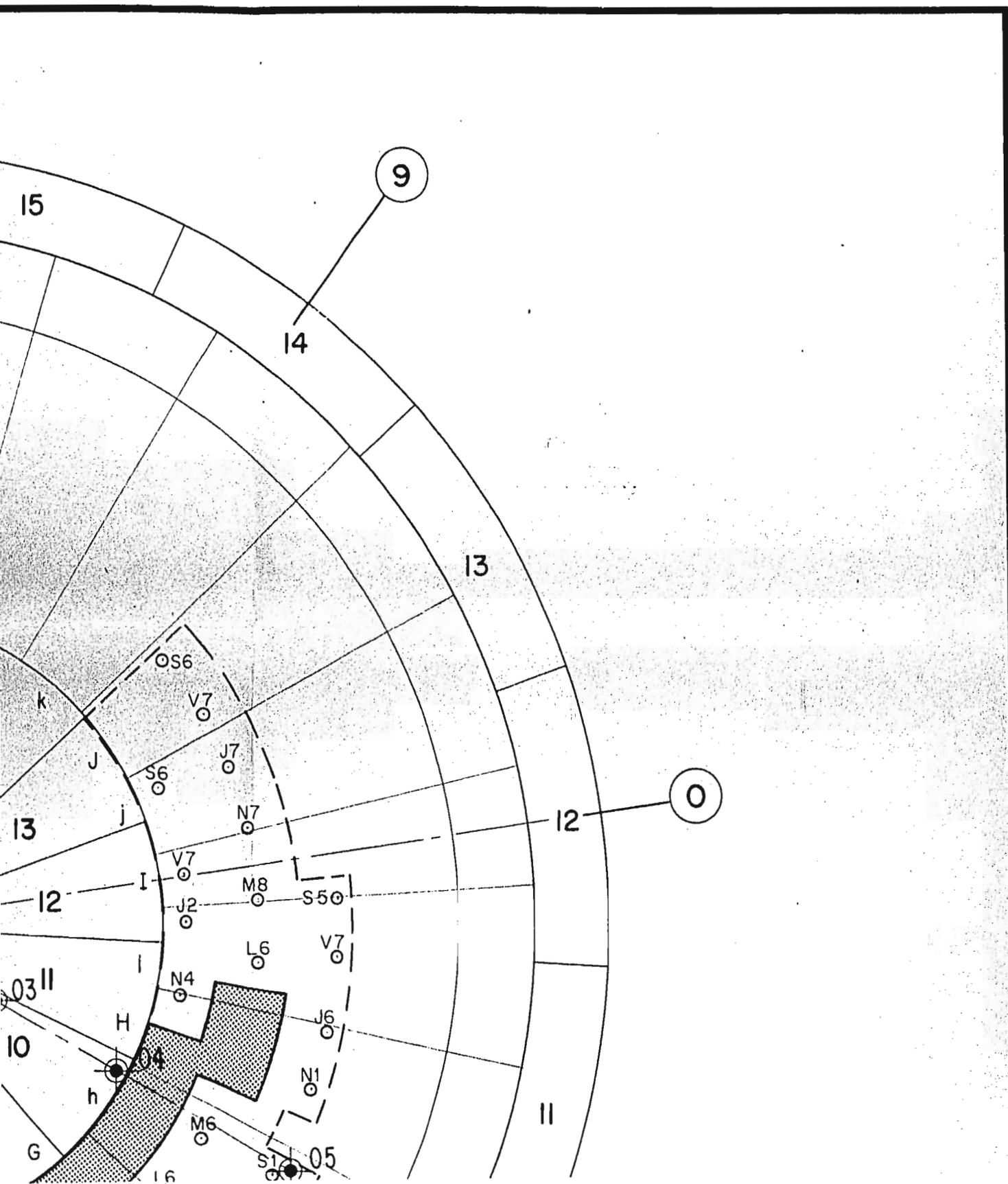
36

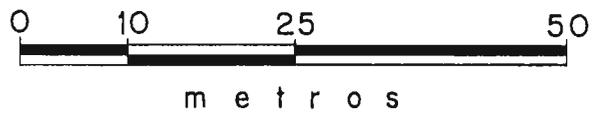
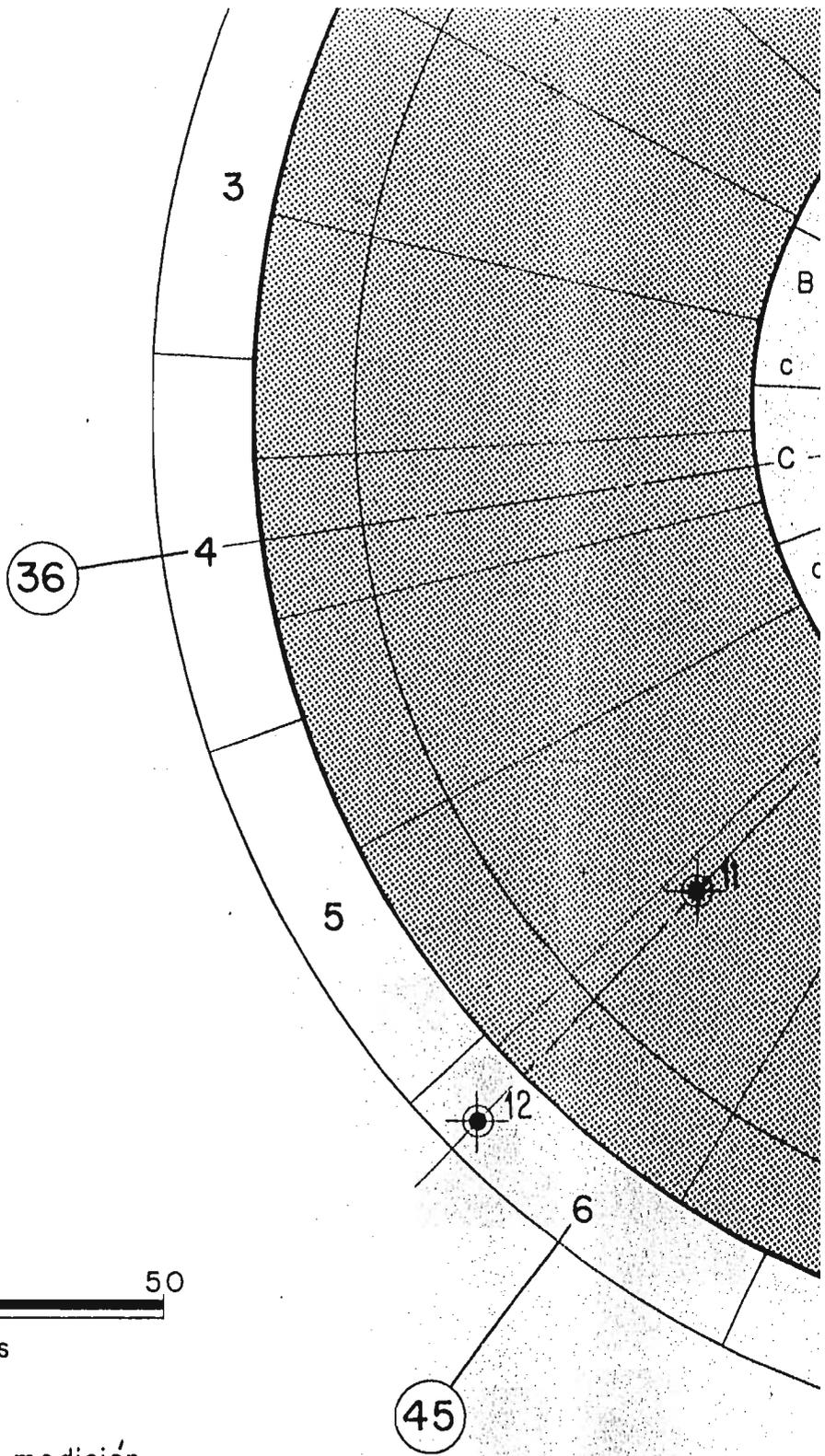
4



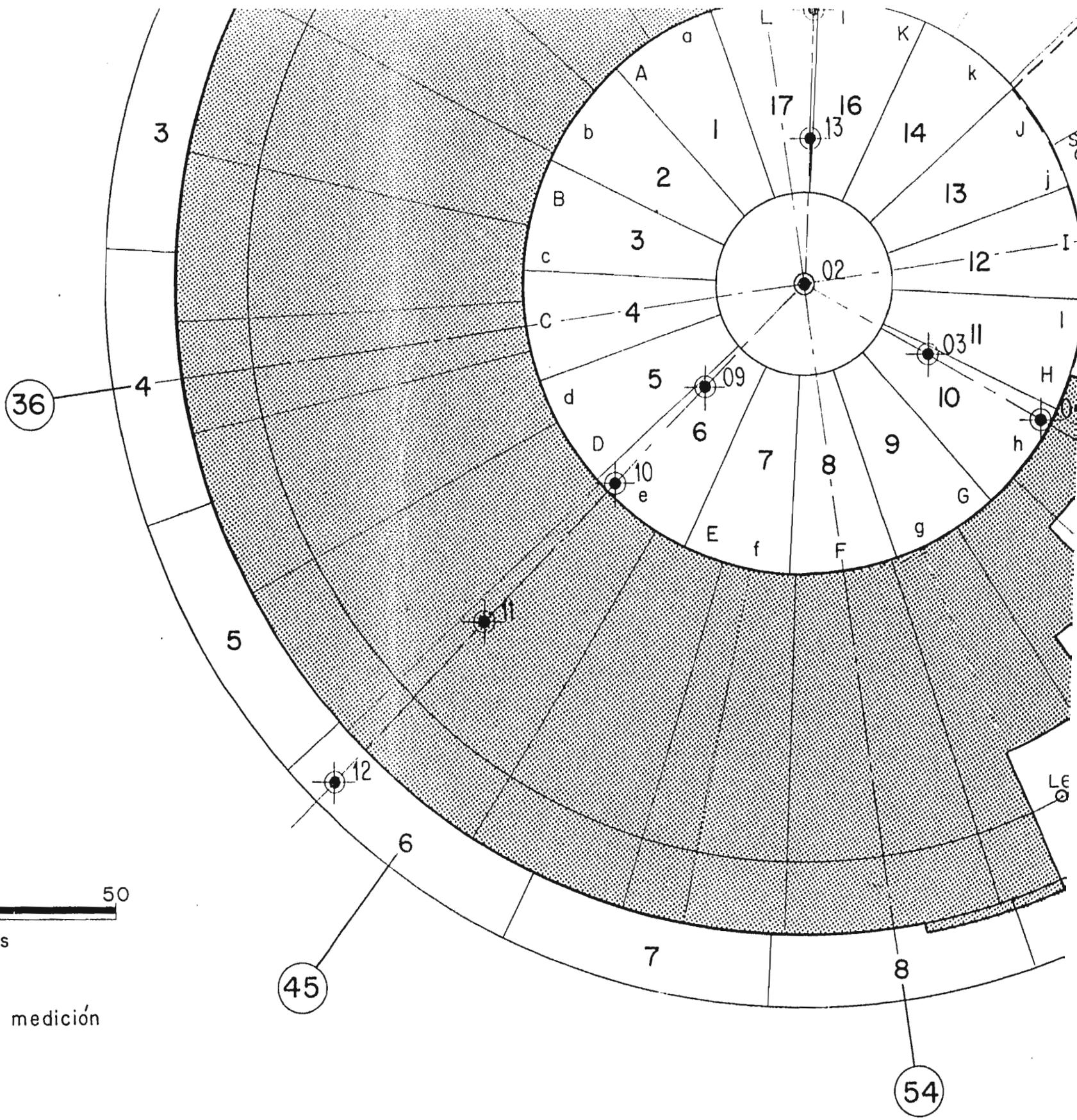






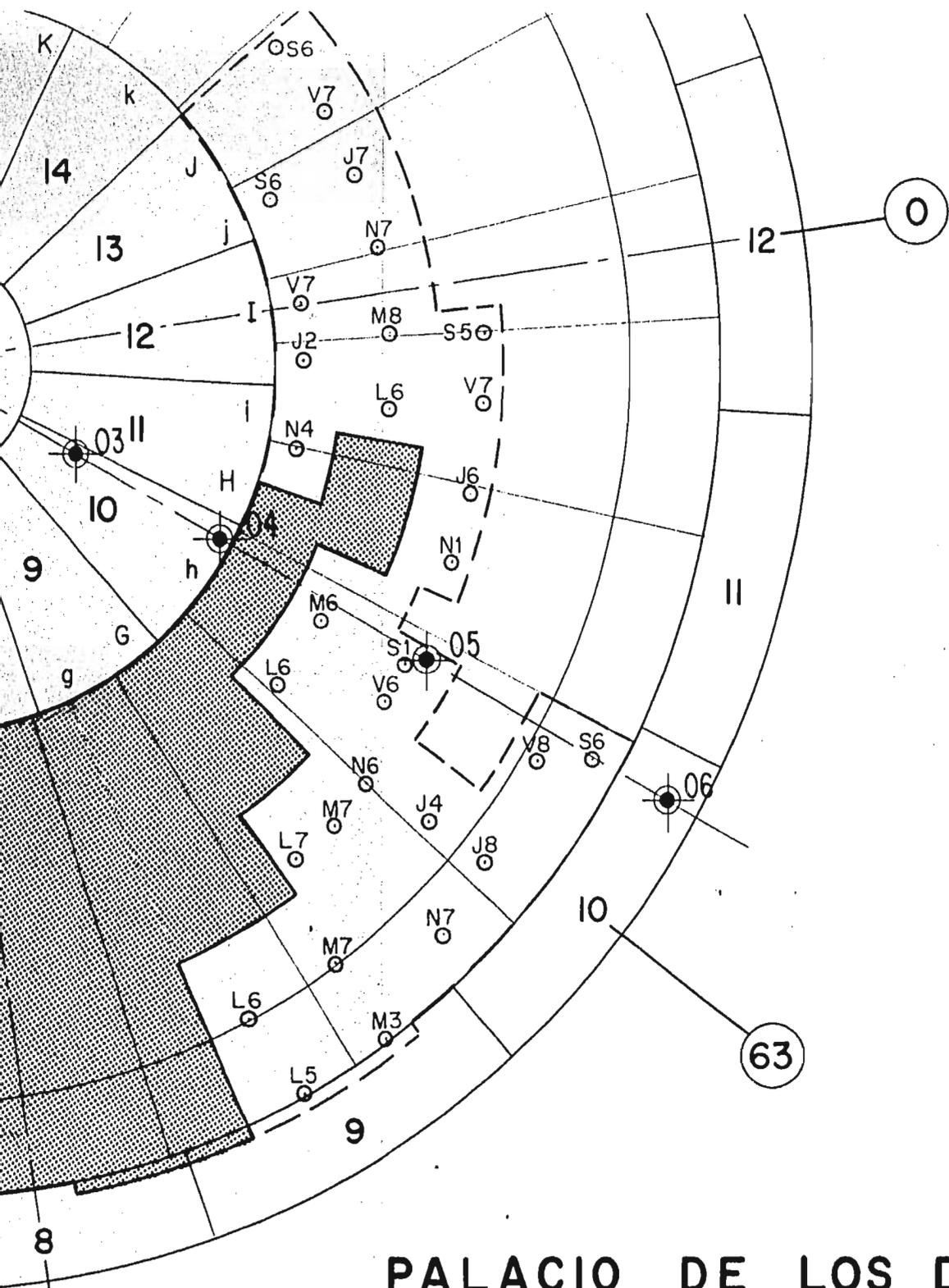


 Estaciones de medición



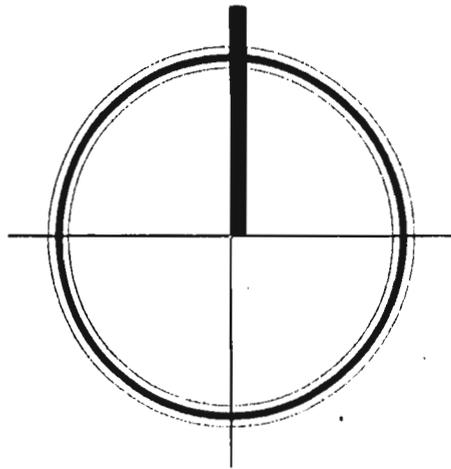
25 50
metros

es de medición



PALACIO DE LOS DEPORTES
 AVANCE DE LA HINCA DE LOS PILOTES
 semana: 30 a 4 de febrero de 1967

NOVIEMBRE de 1968



27

2

3

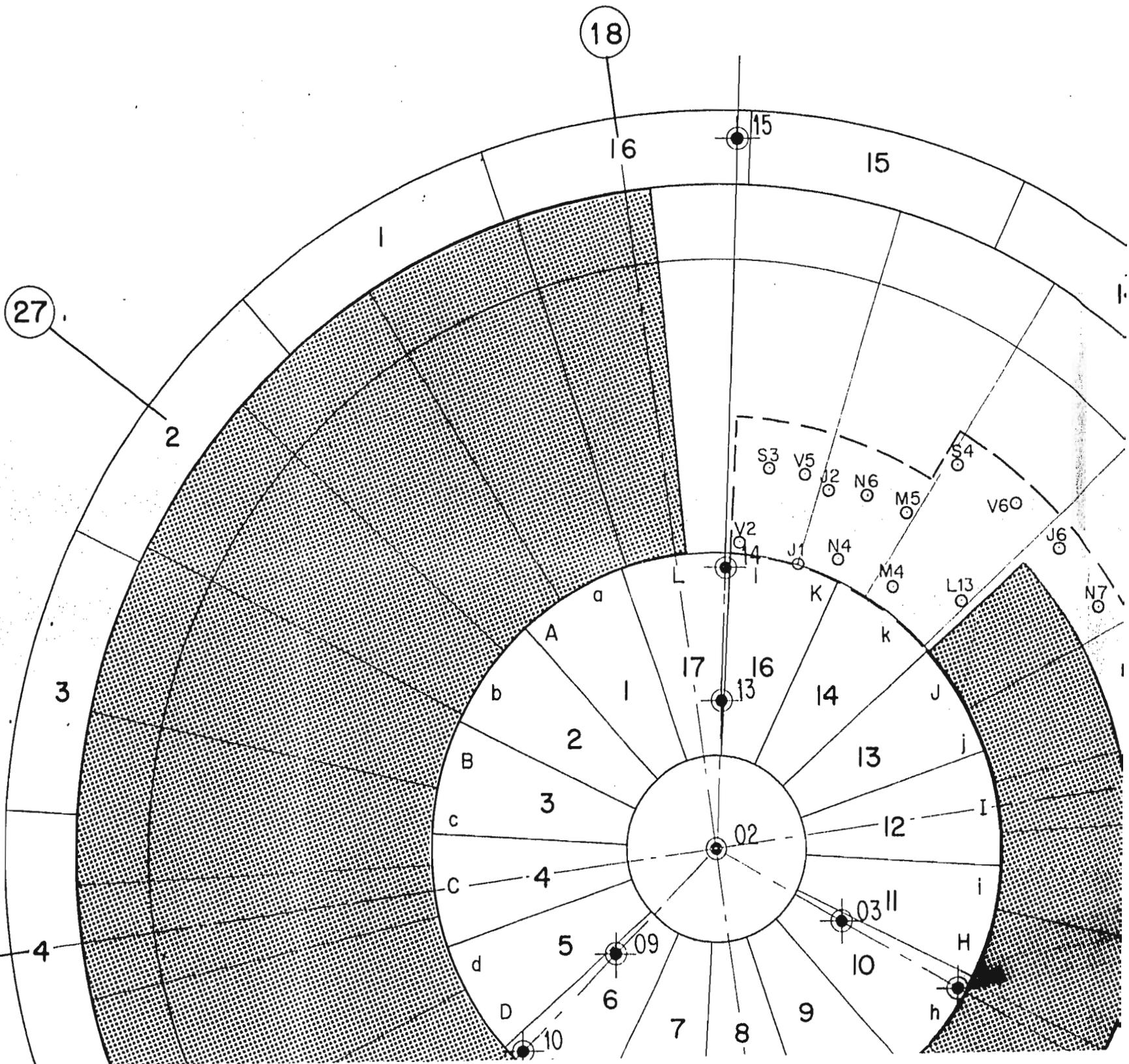
36

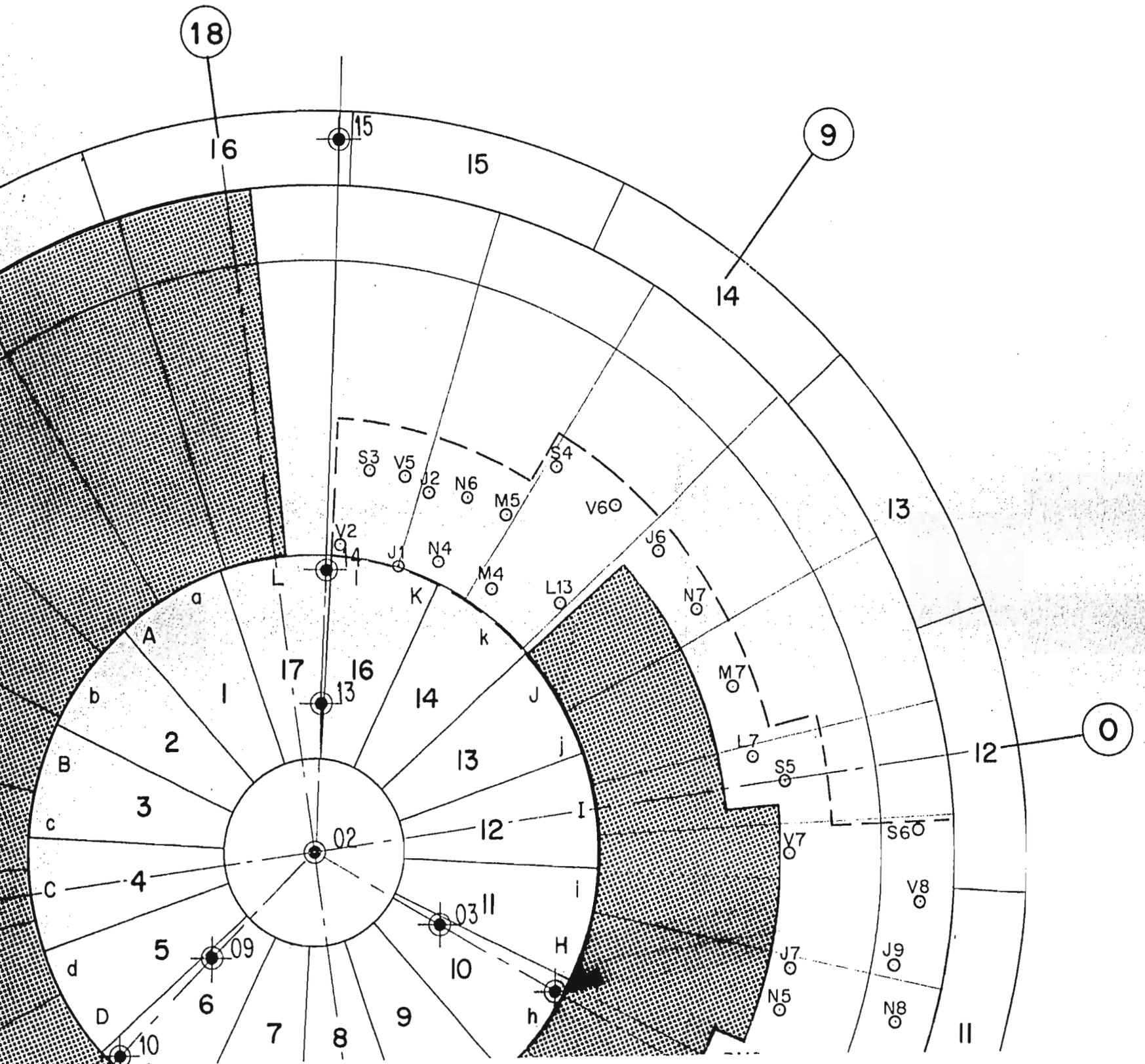
4

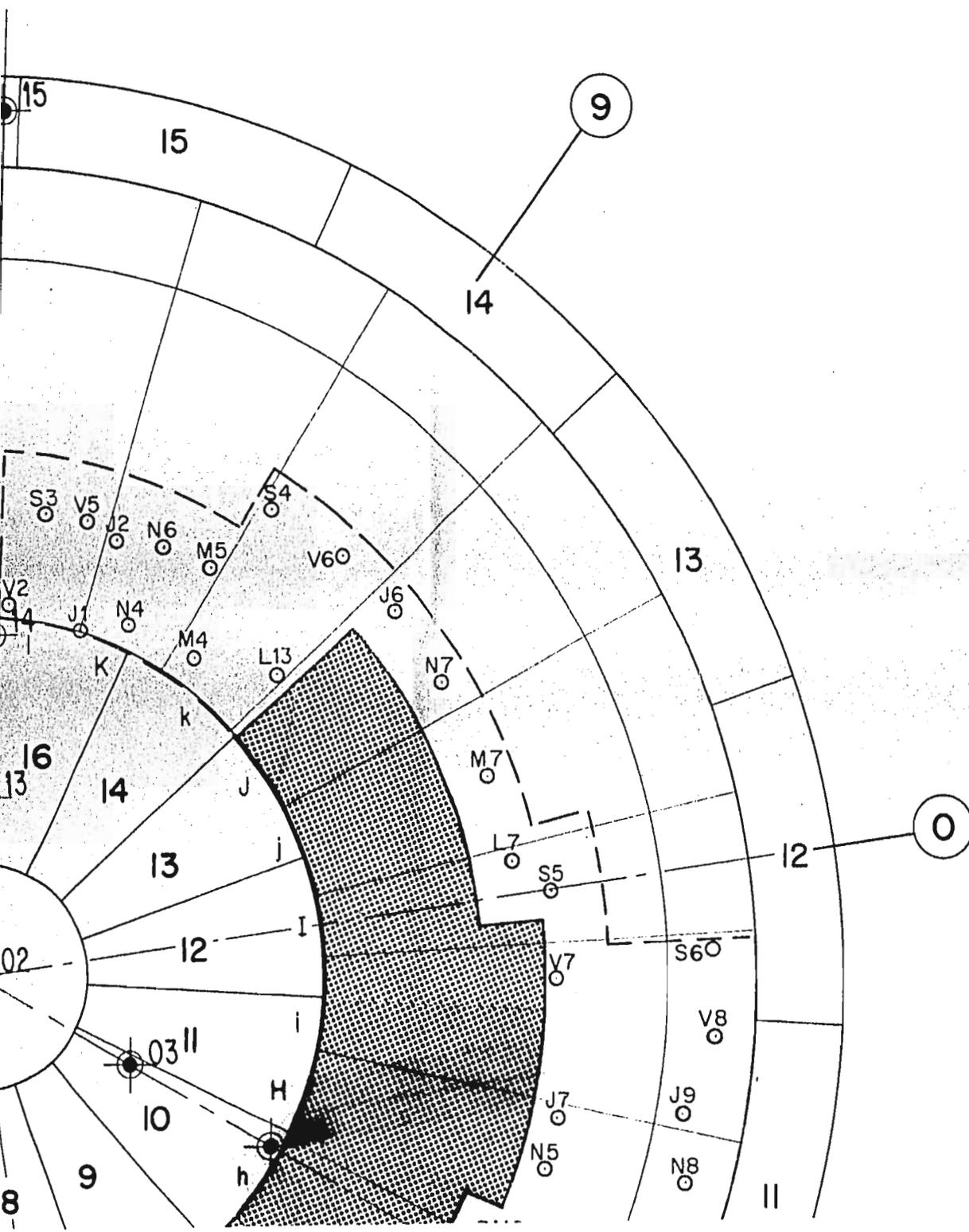
B

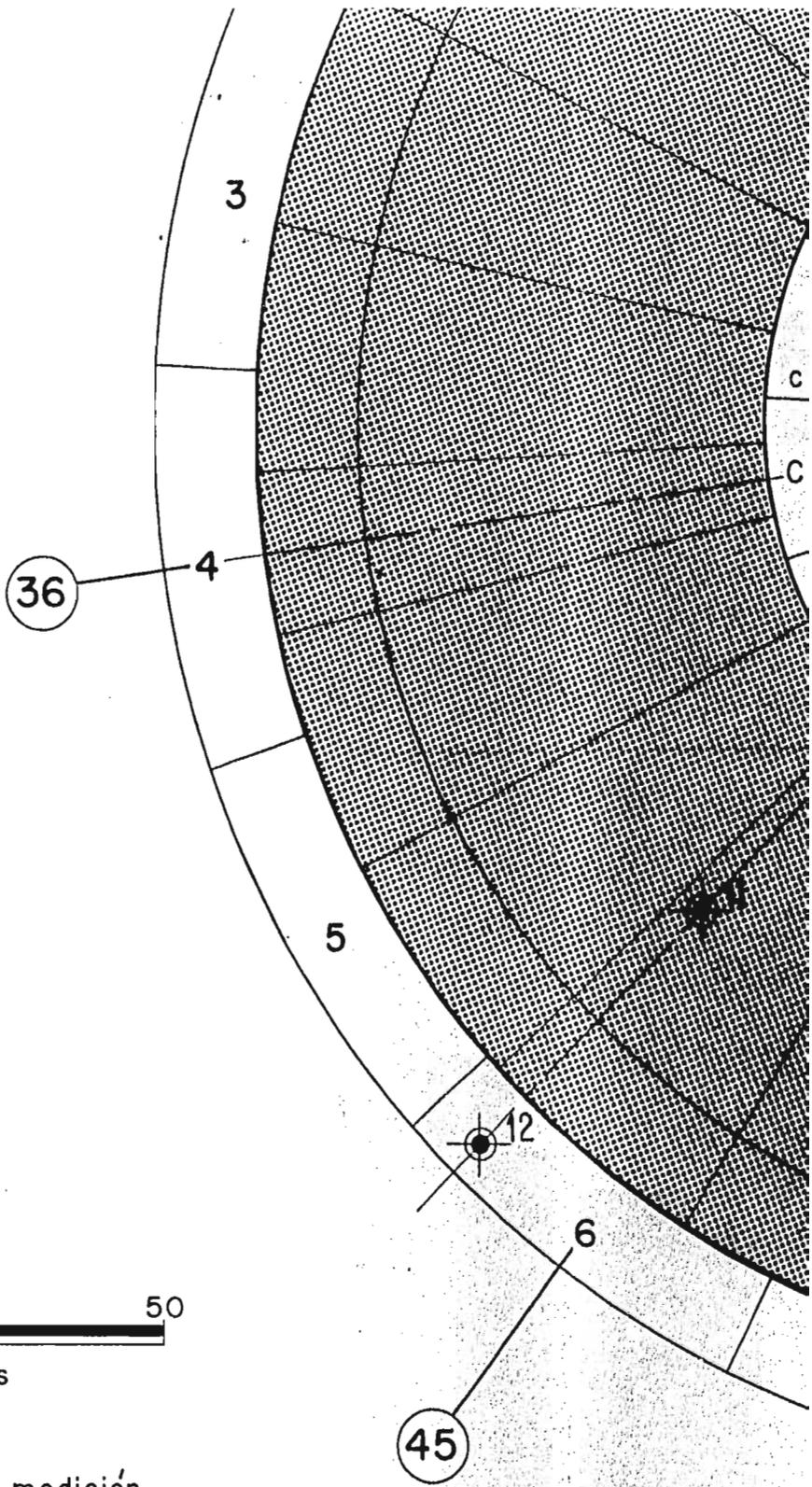
c

C

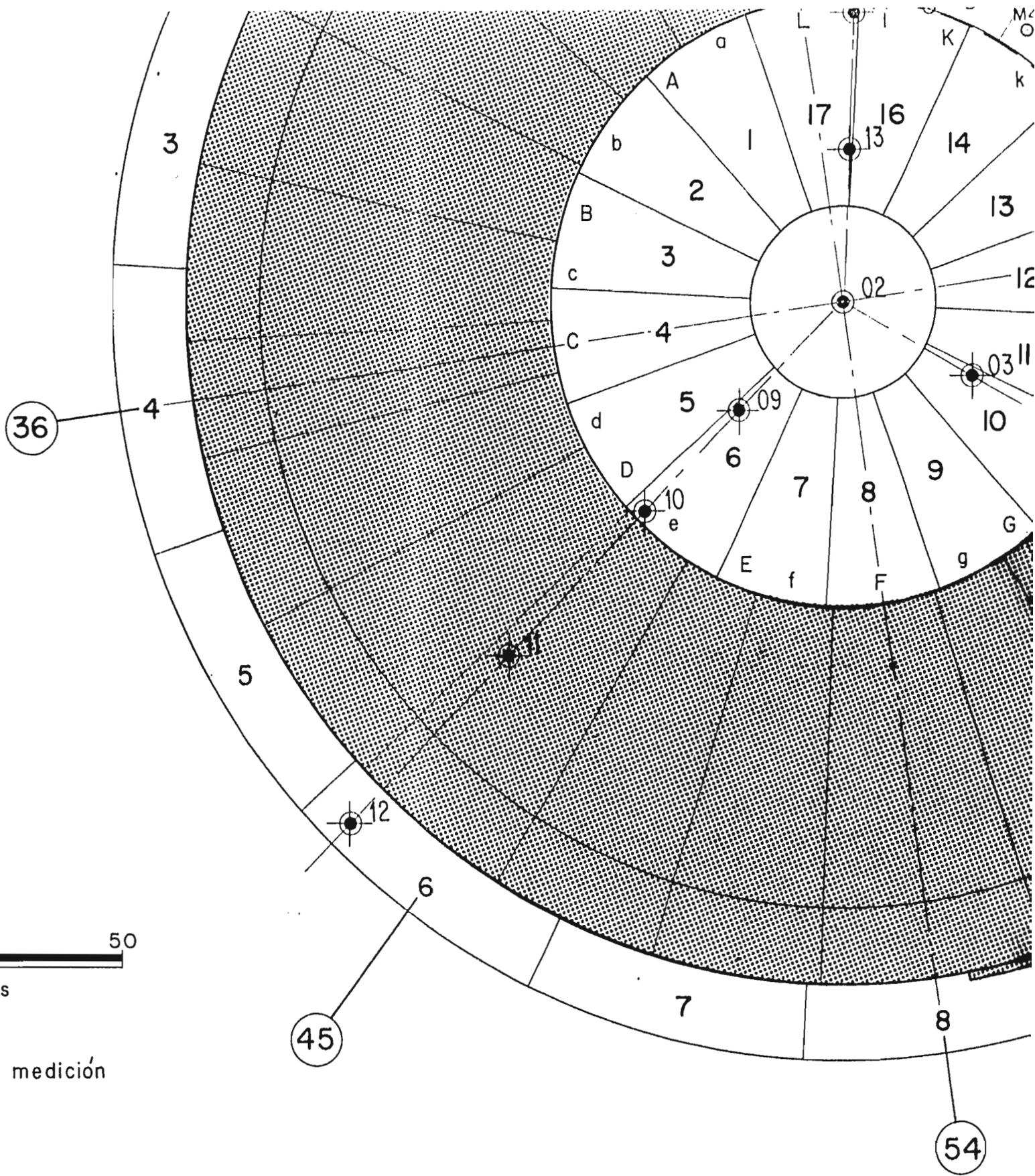


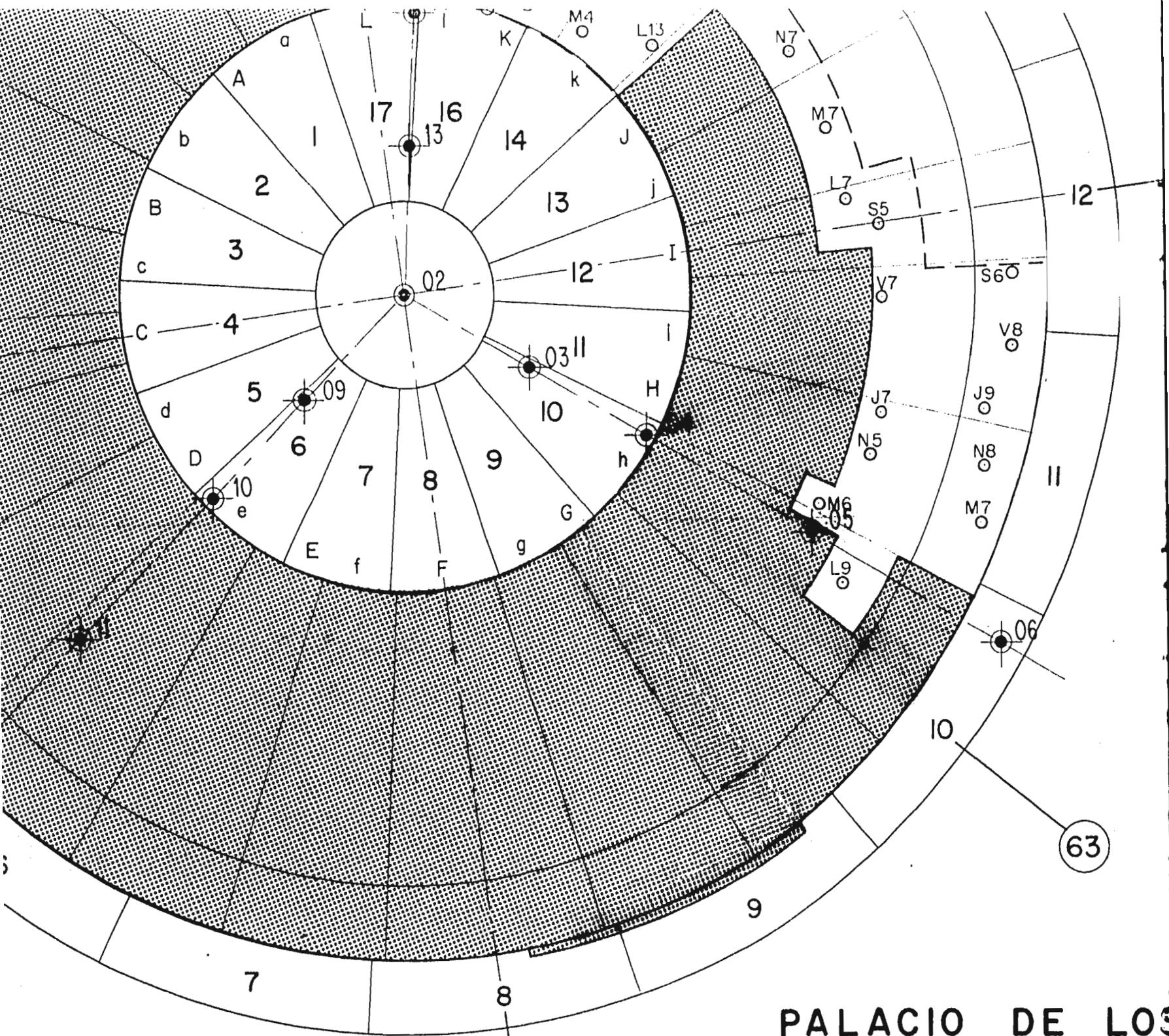






 Estaciones de medición



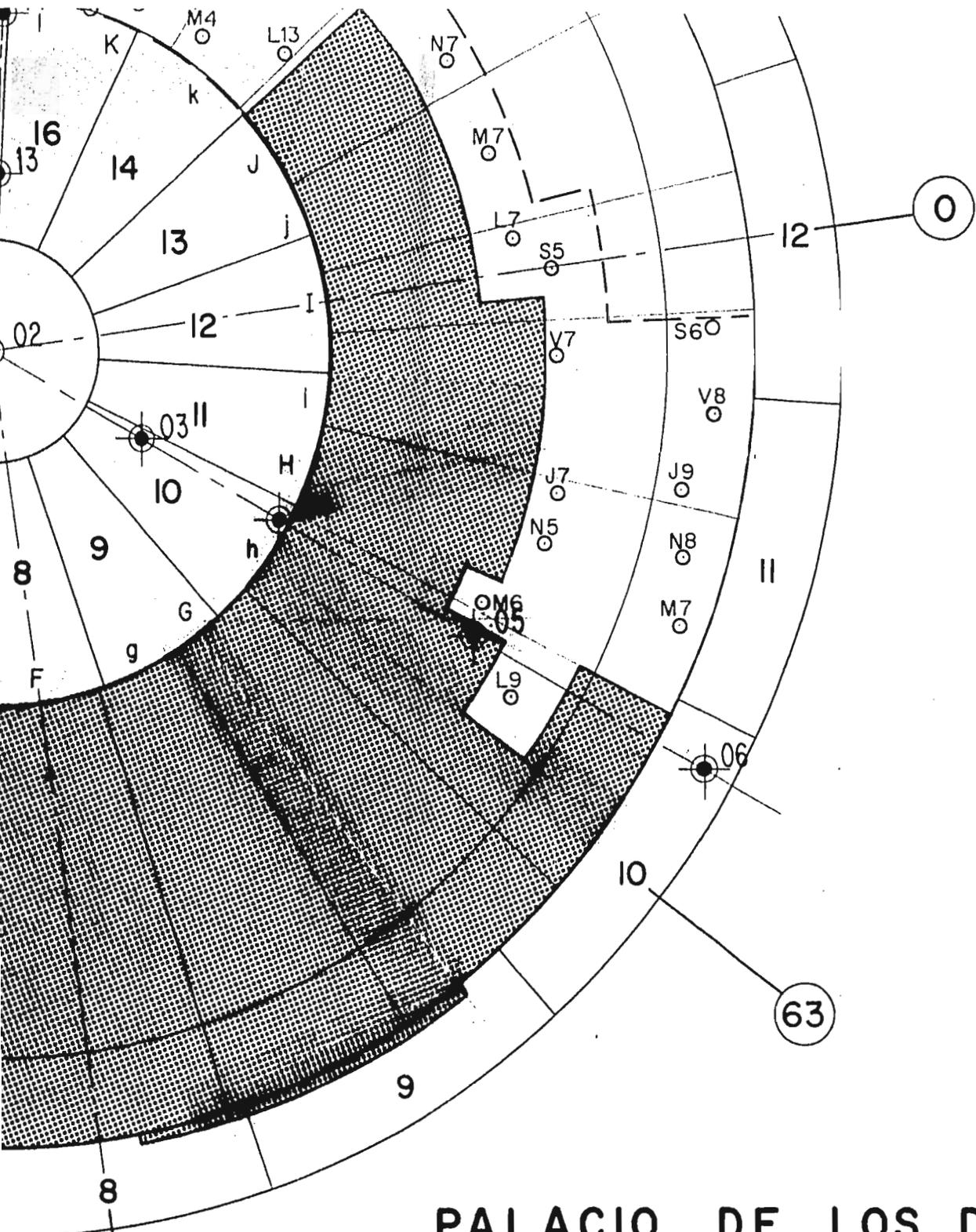


PALACIO DE LOS
AVANCE DE LA HINCA D
 semana: 6 a 11 de

NOVIEMBRE de

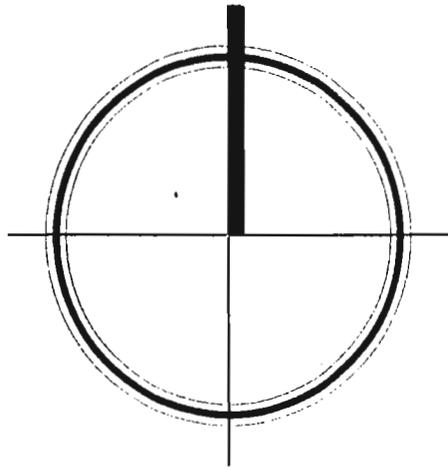
54

63



PALACIO DE LOS DEPORTES
 AVANCE DE LA HINCA DE LOS PILOTES
 semana: 6 a 11 de febrero de 1967

NOVIEMBRE de 1968



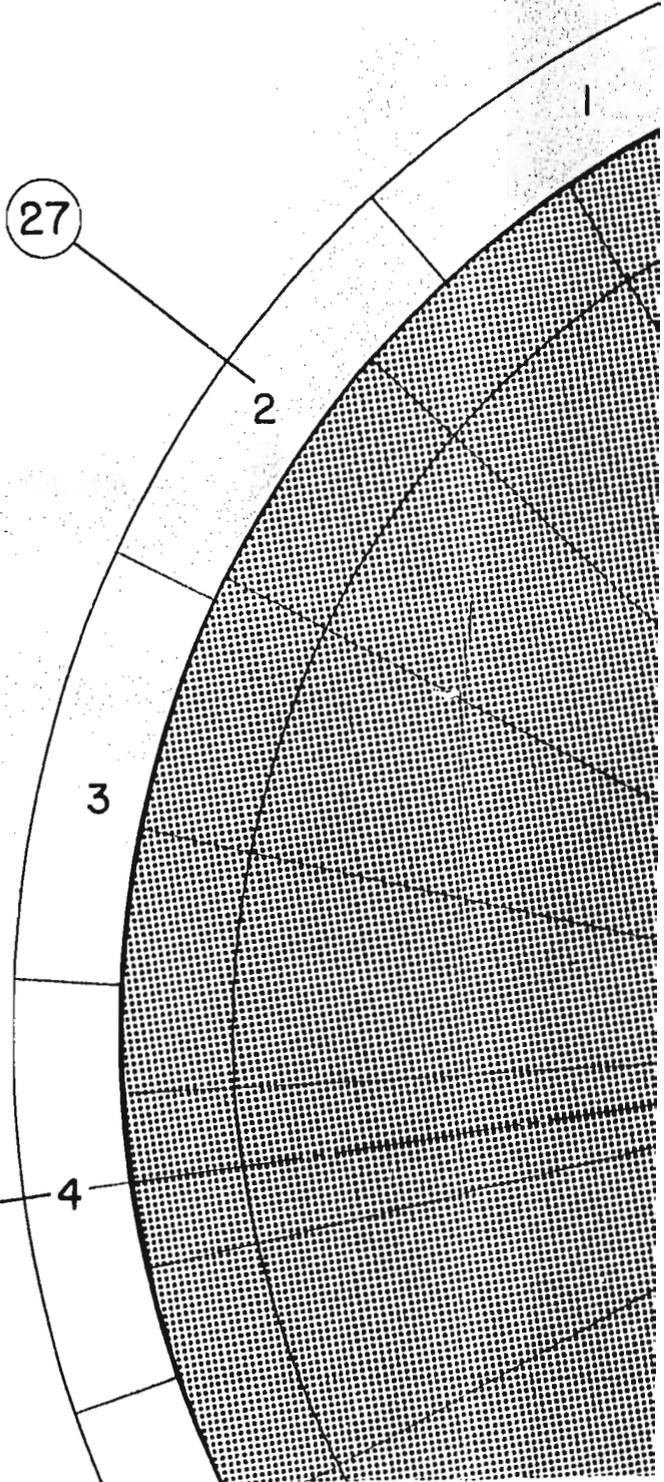
27

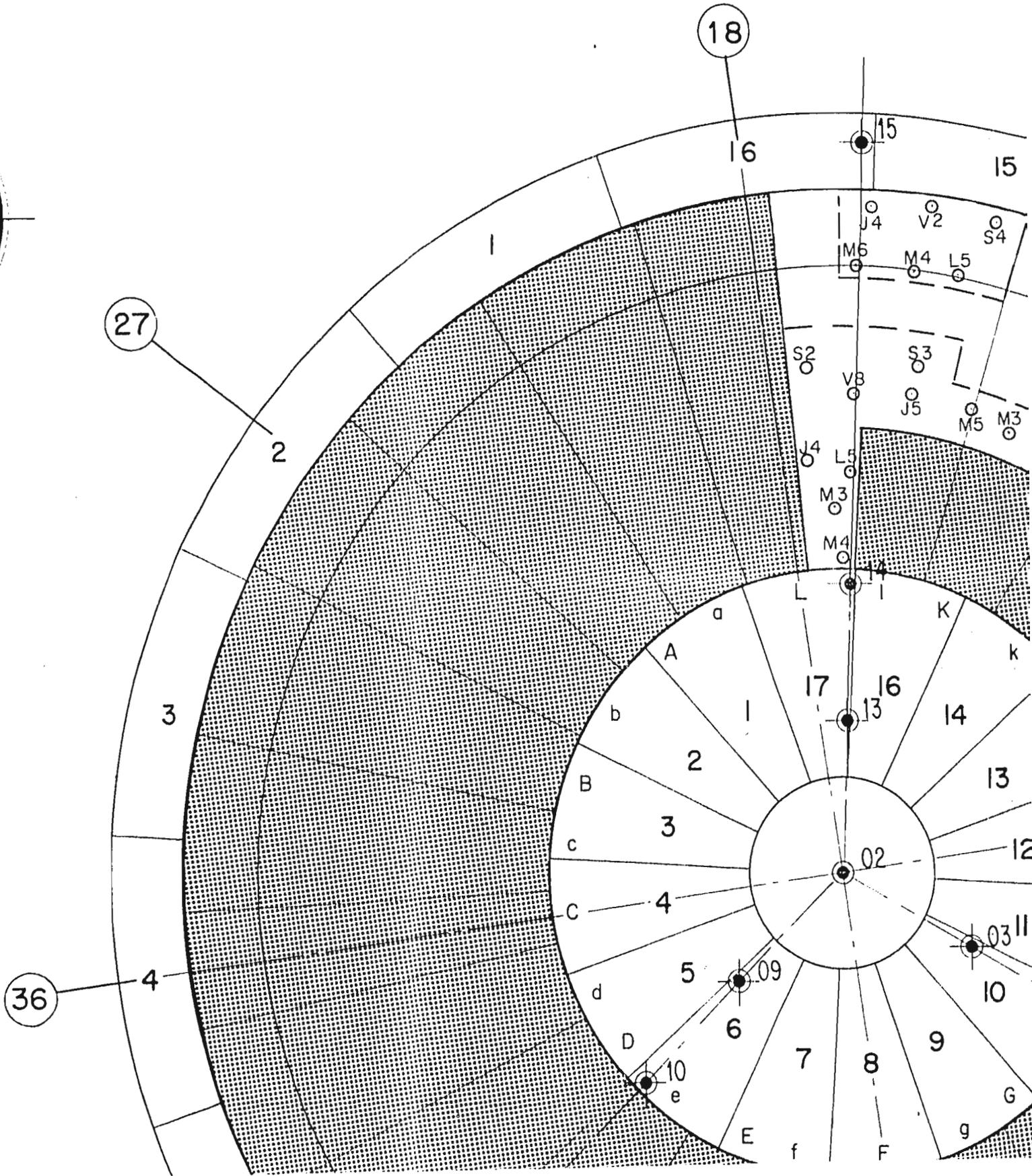
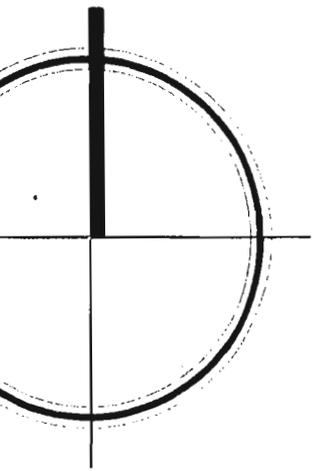
2

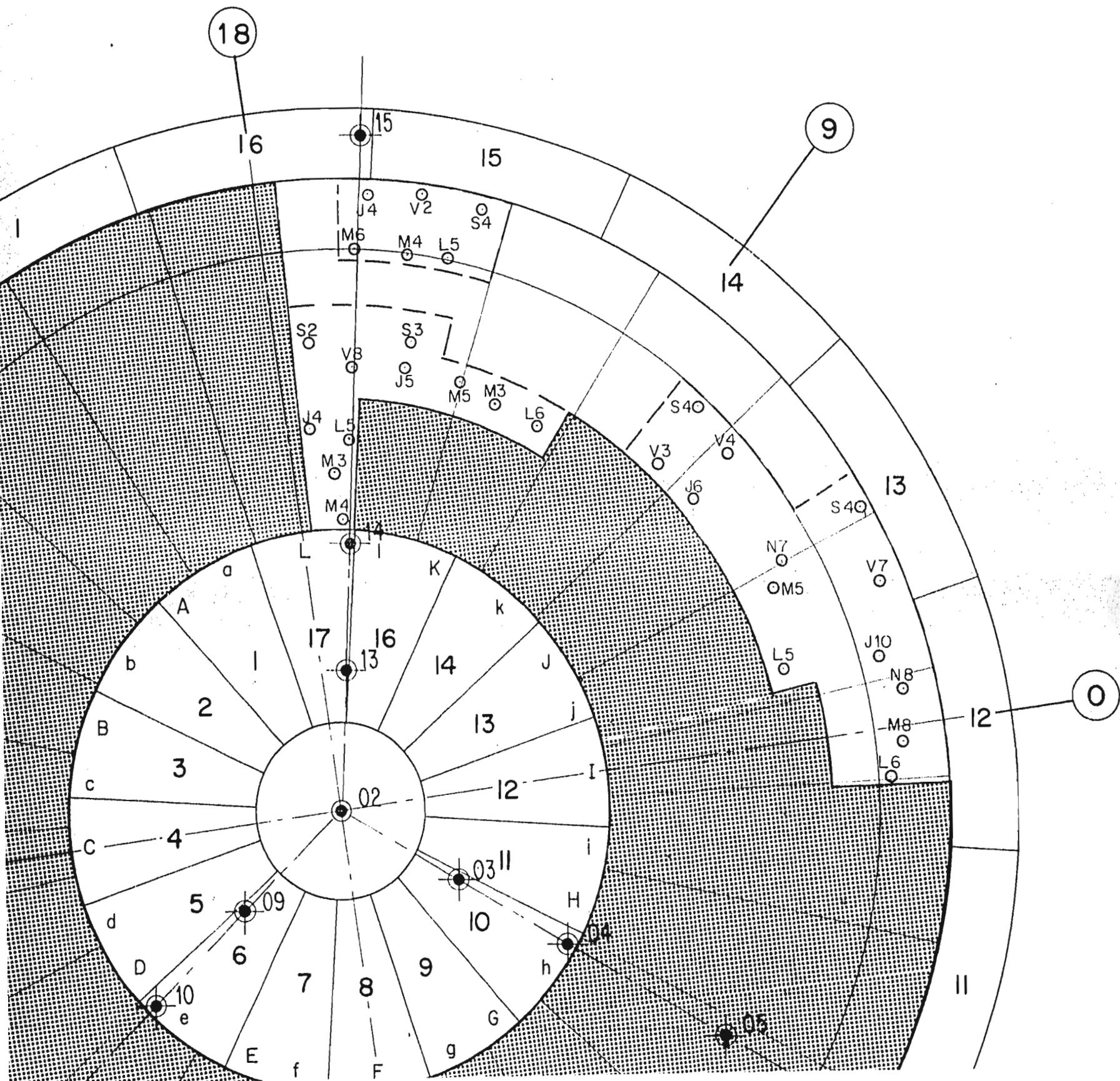
3

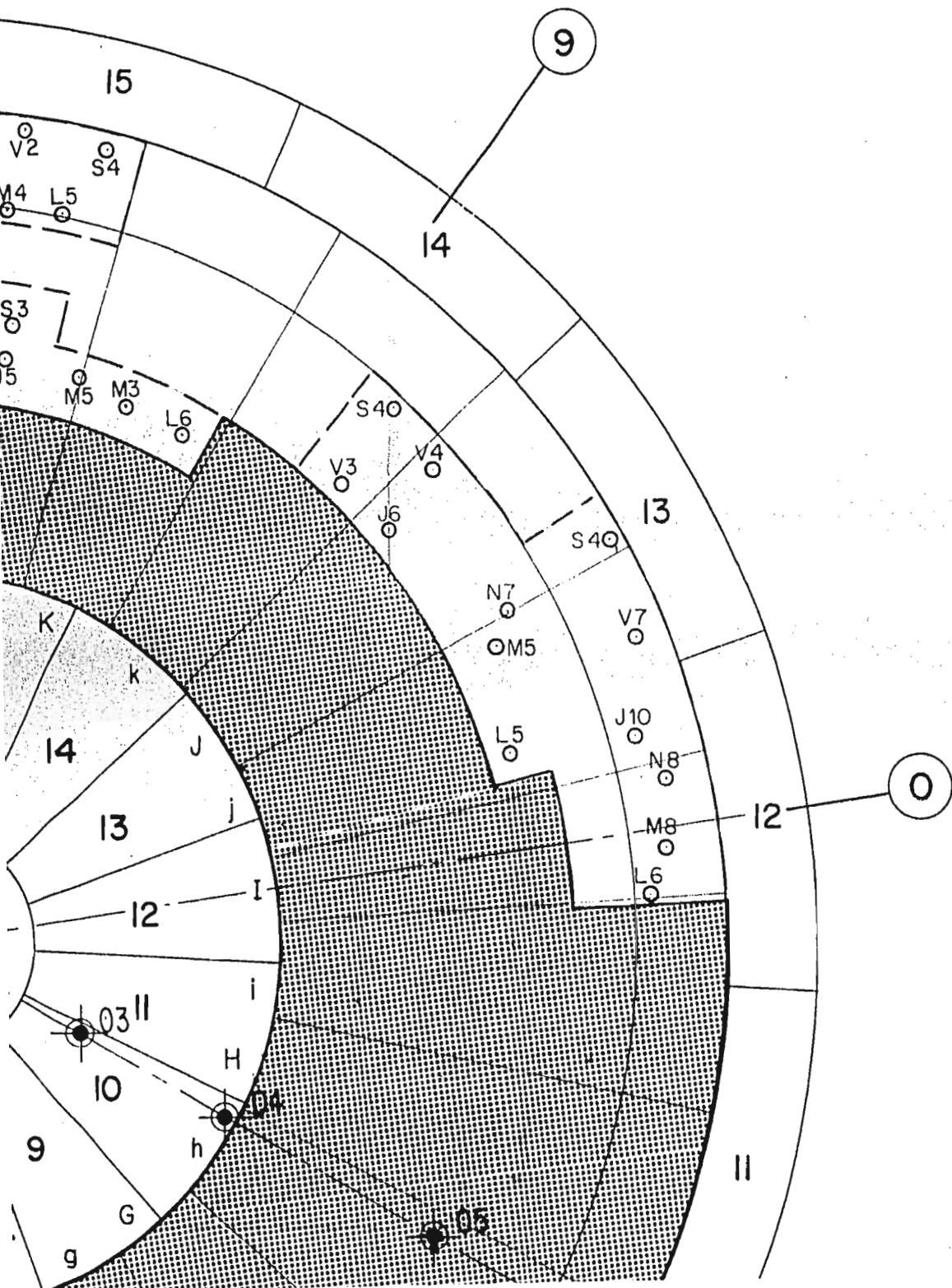
36

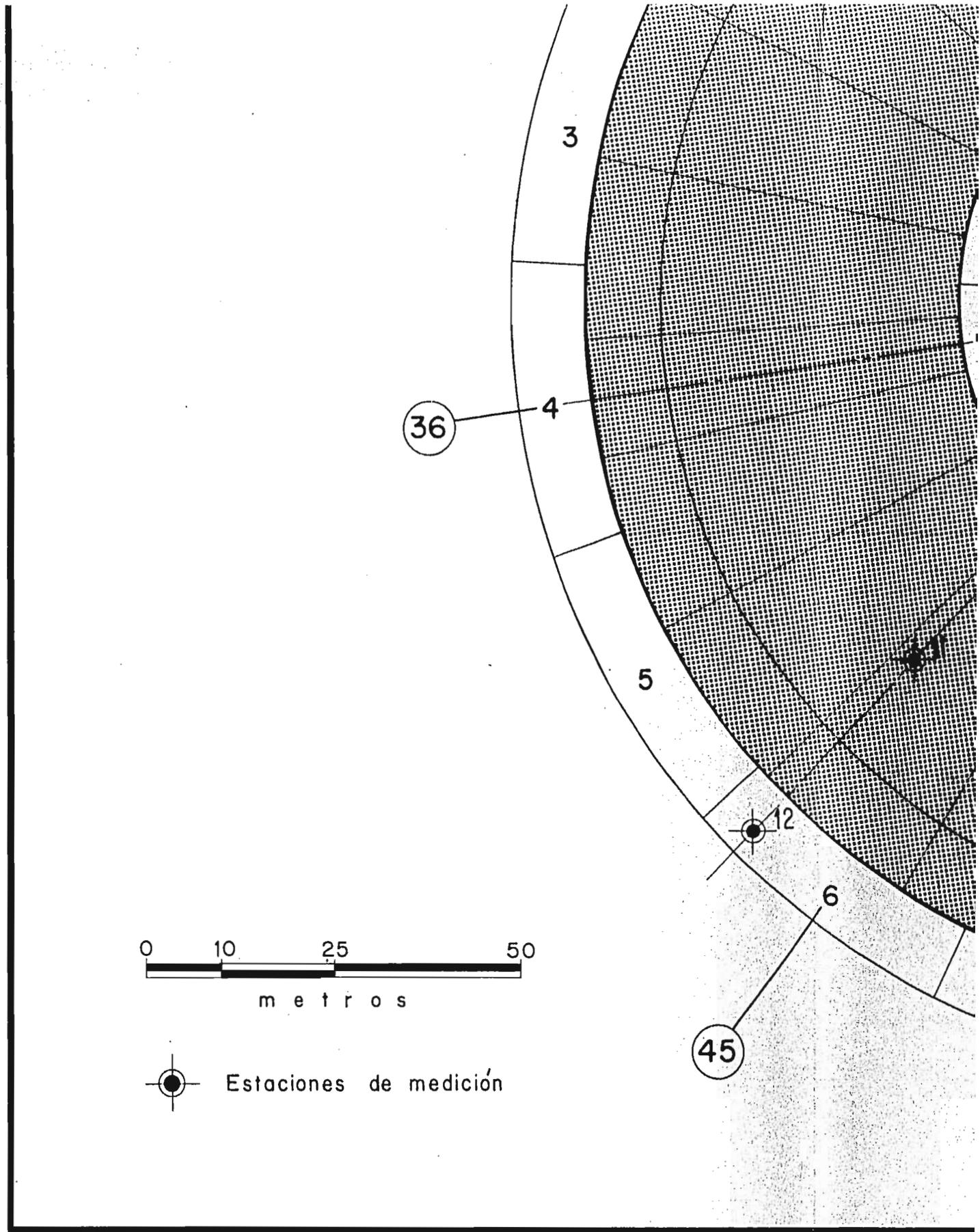
4











36

3

4

5

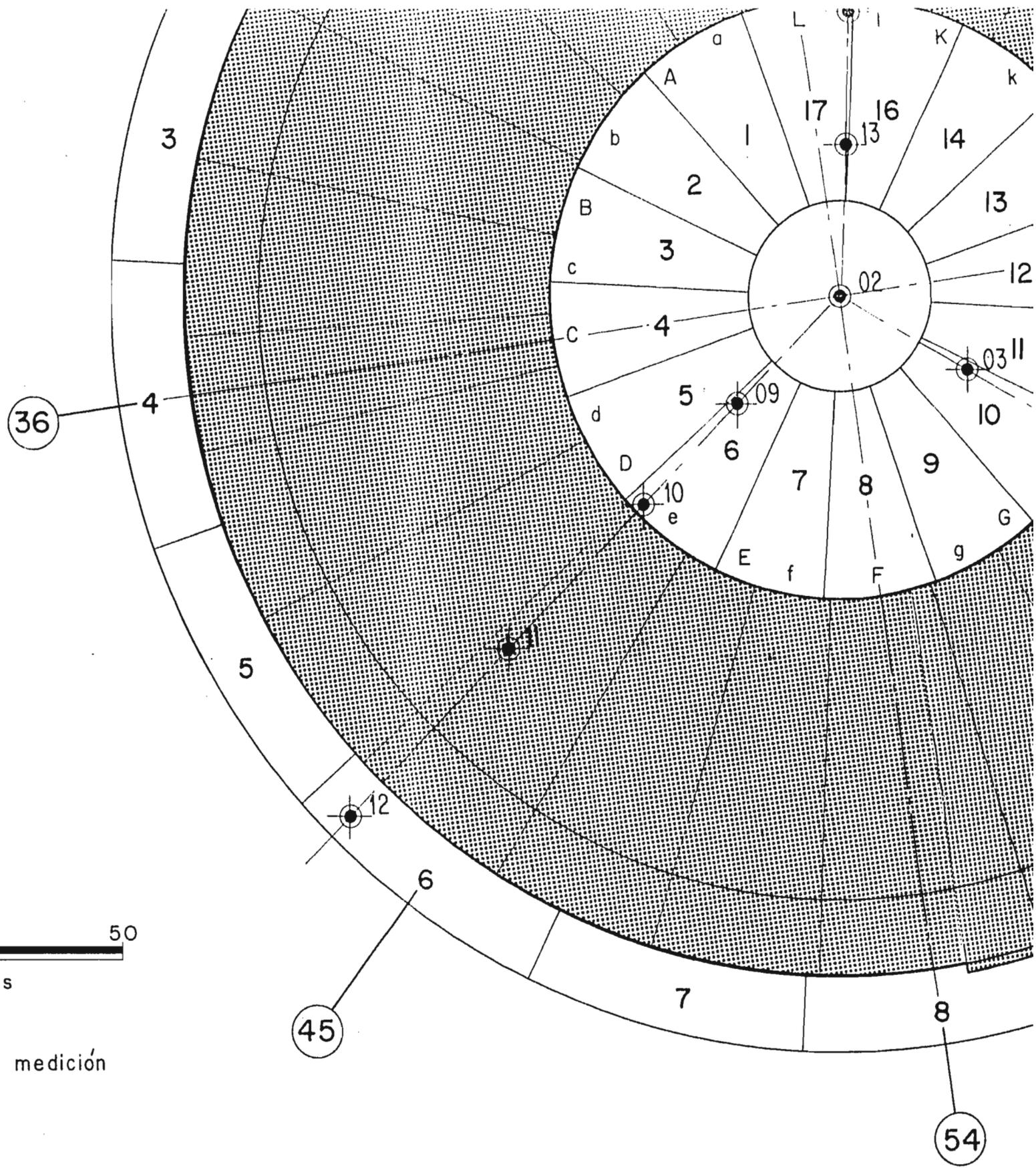
12

6

45

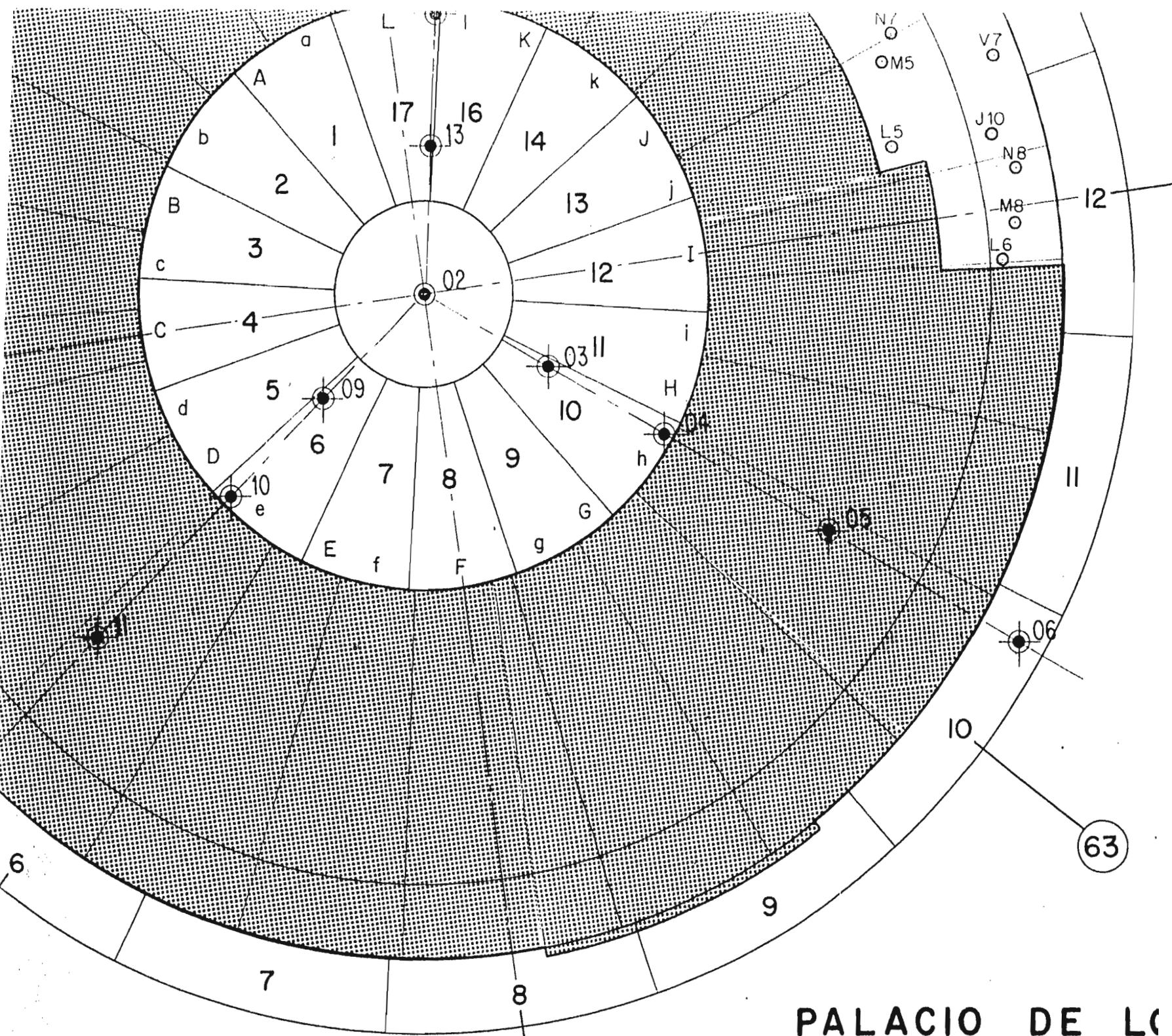


 Estaciones de medición



Estaciones de medición

54

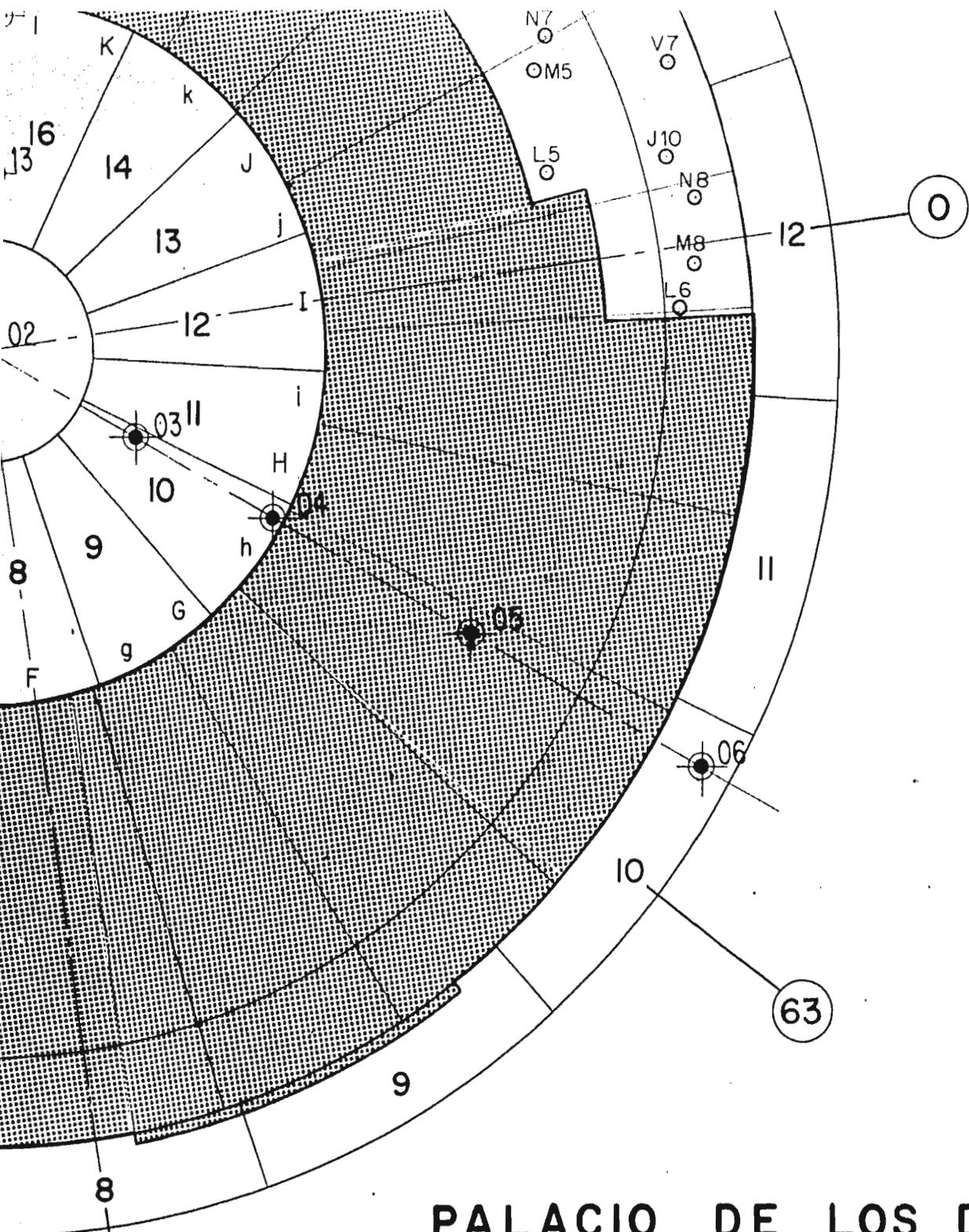


PALACIO DE LO
AVANCE DE LA HINCA
 semana: 13 a 18 d

NOVIEMBRE de

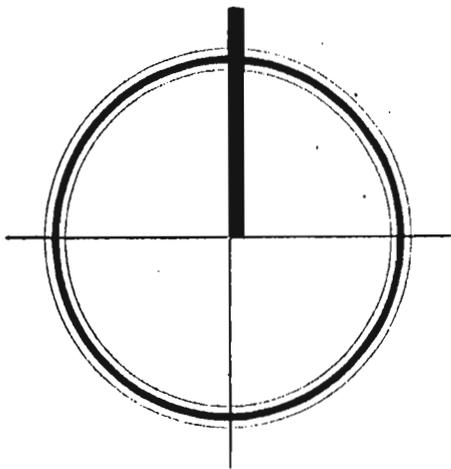
54

63



PALACIO DE LOS DEPORTES
 AVANCE DE LA HINCA DE LOS PILOTES
 semana: 13 a 18 de febrero de 1967

NOVIEMBRE de 1968



27

2

3

36

4

b

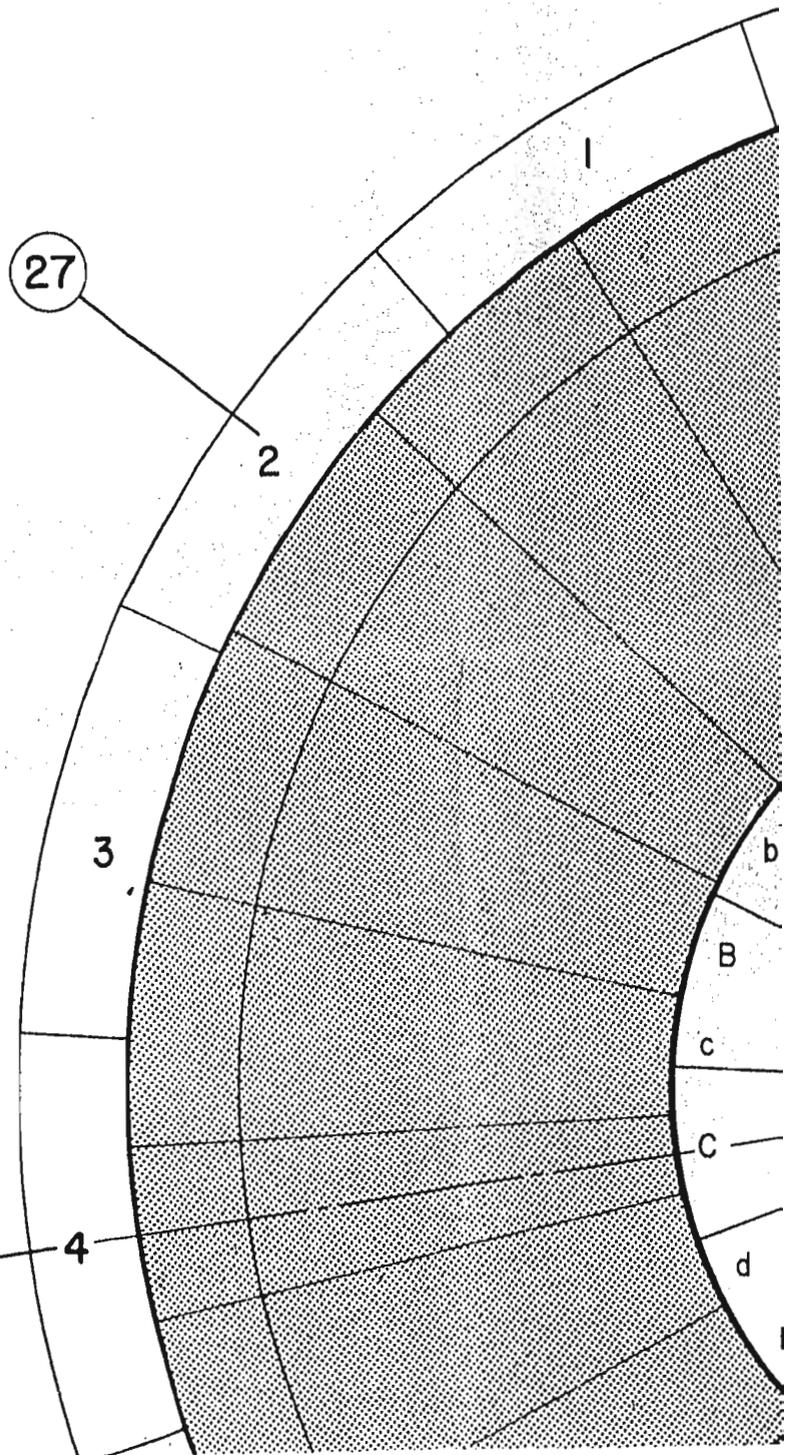
B

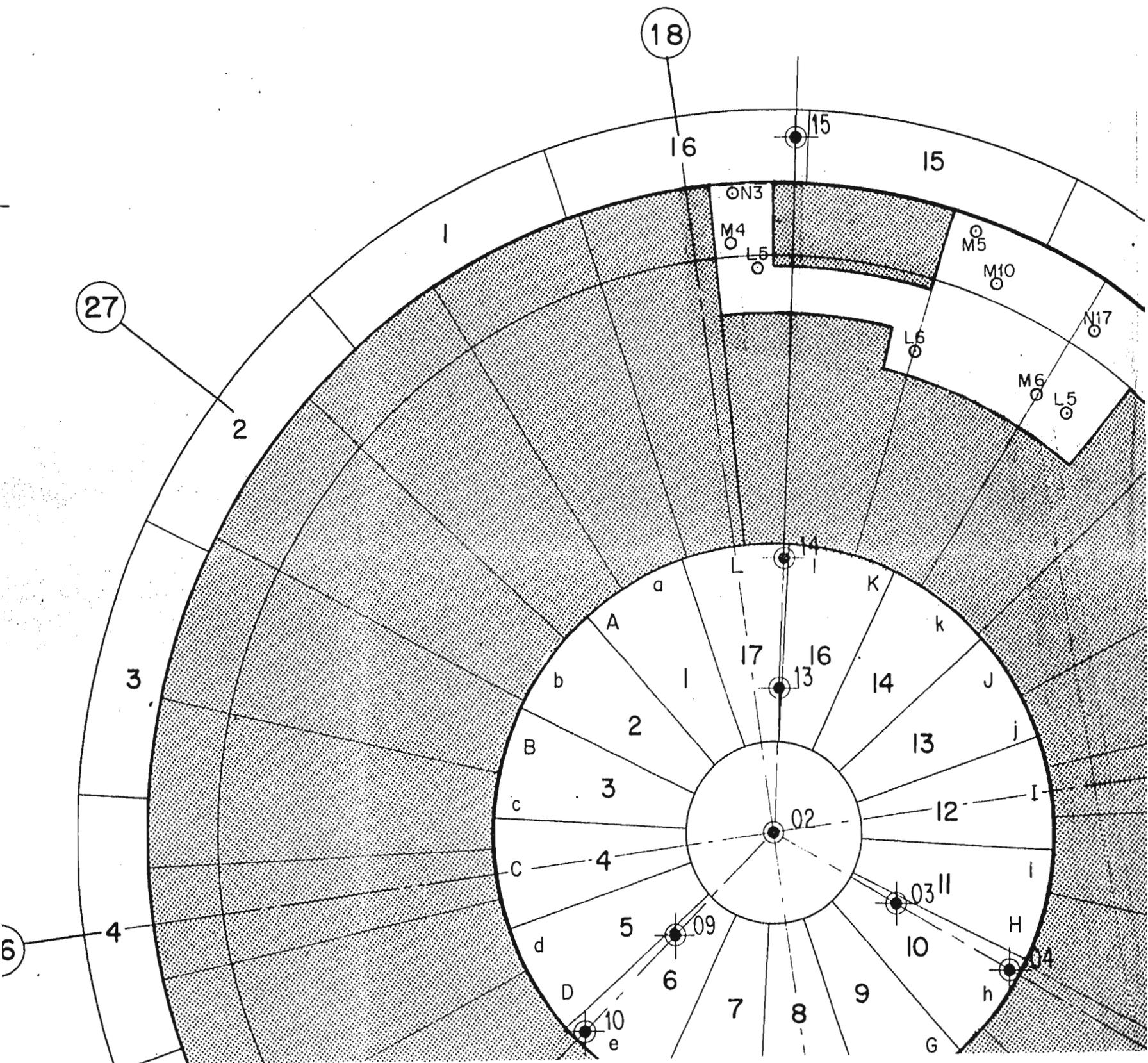
c

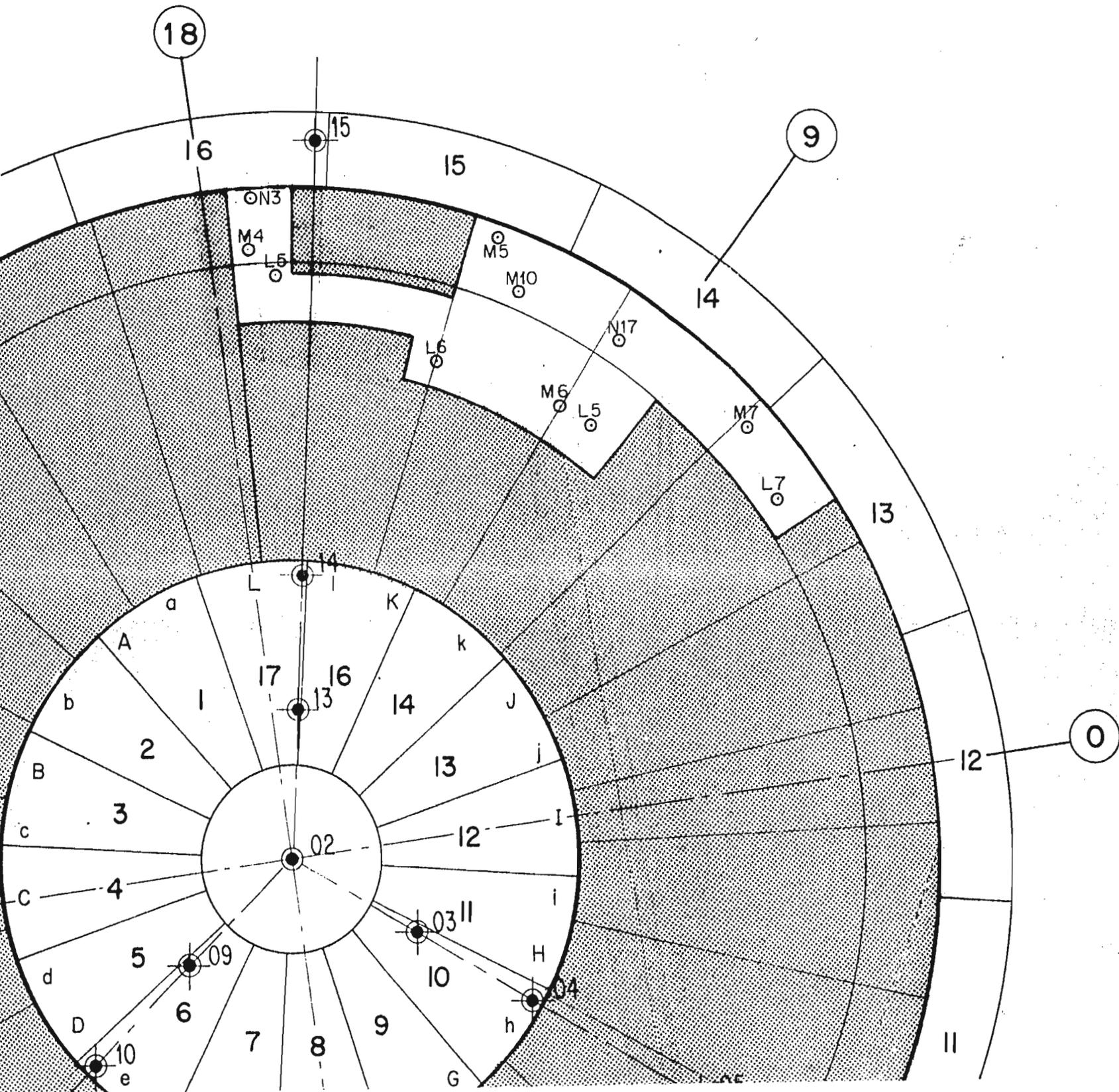
C

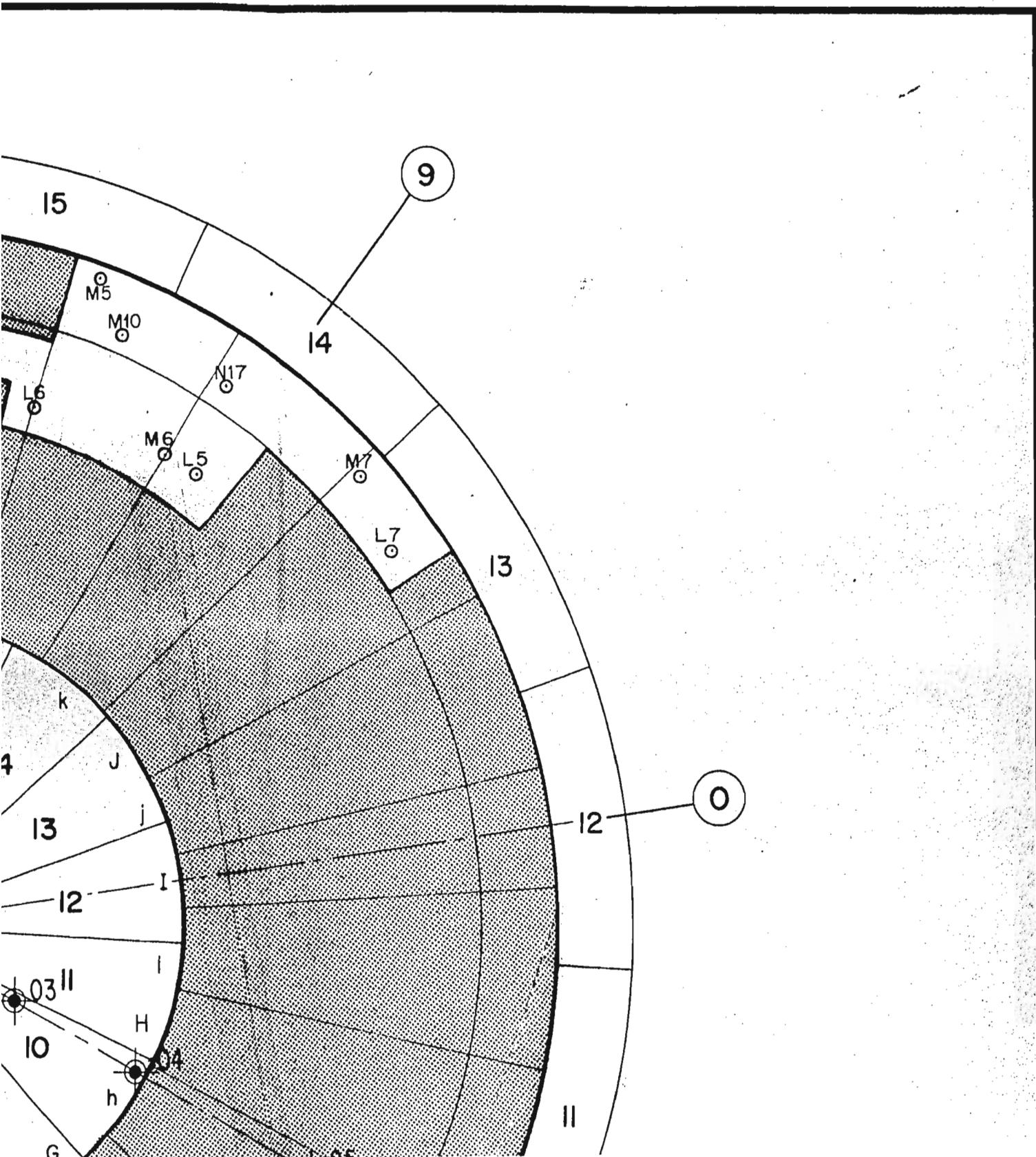
d

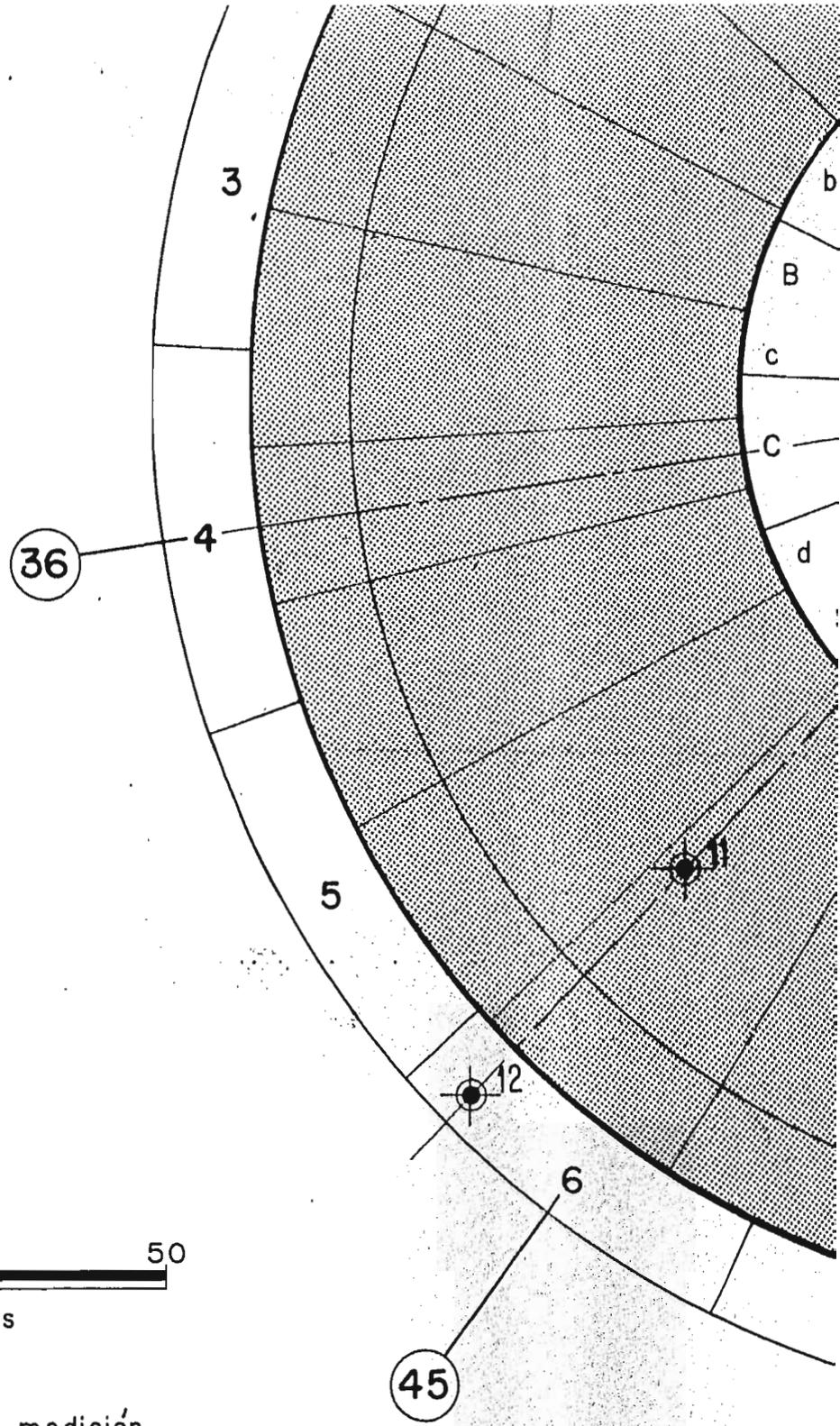
l



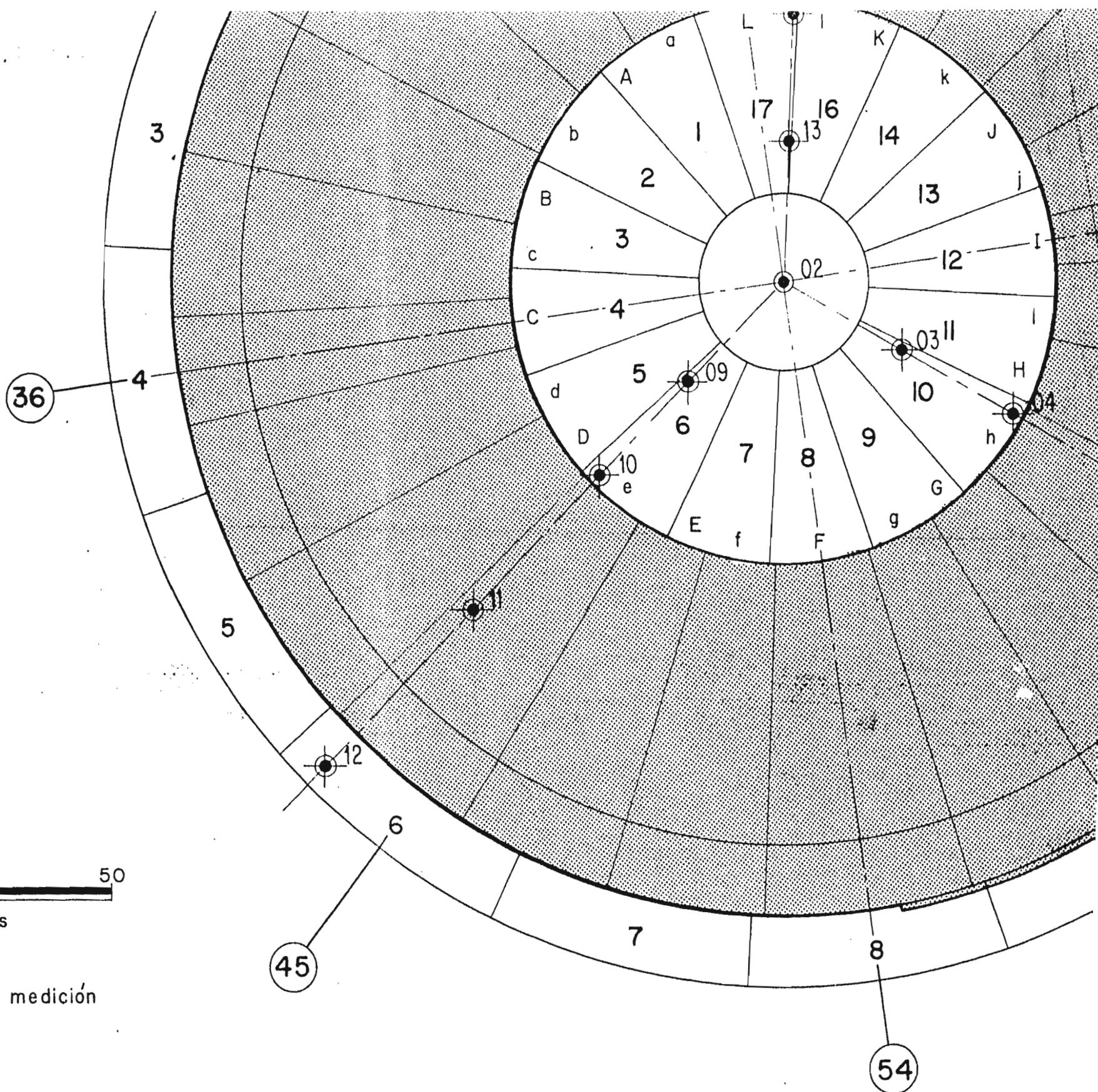








 Estaciones de medición



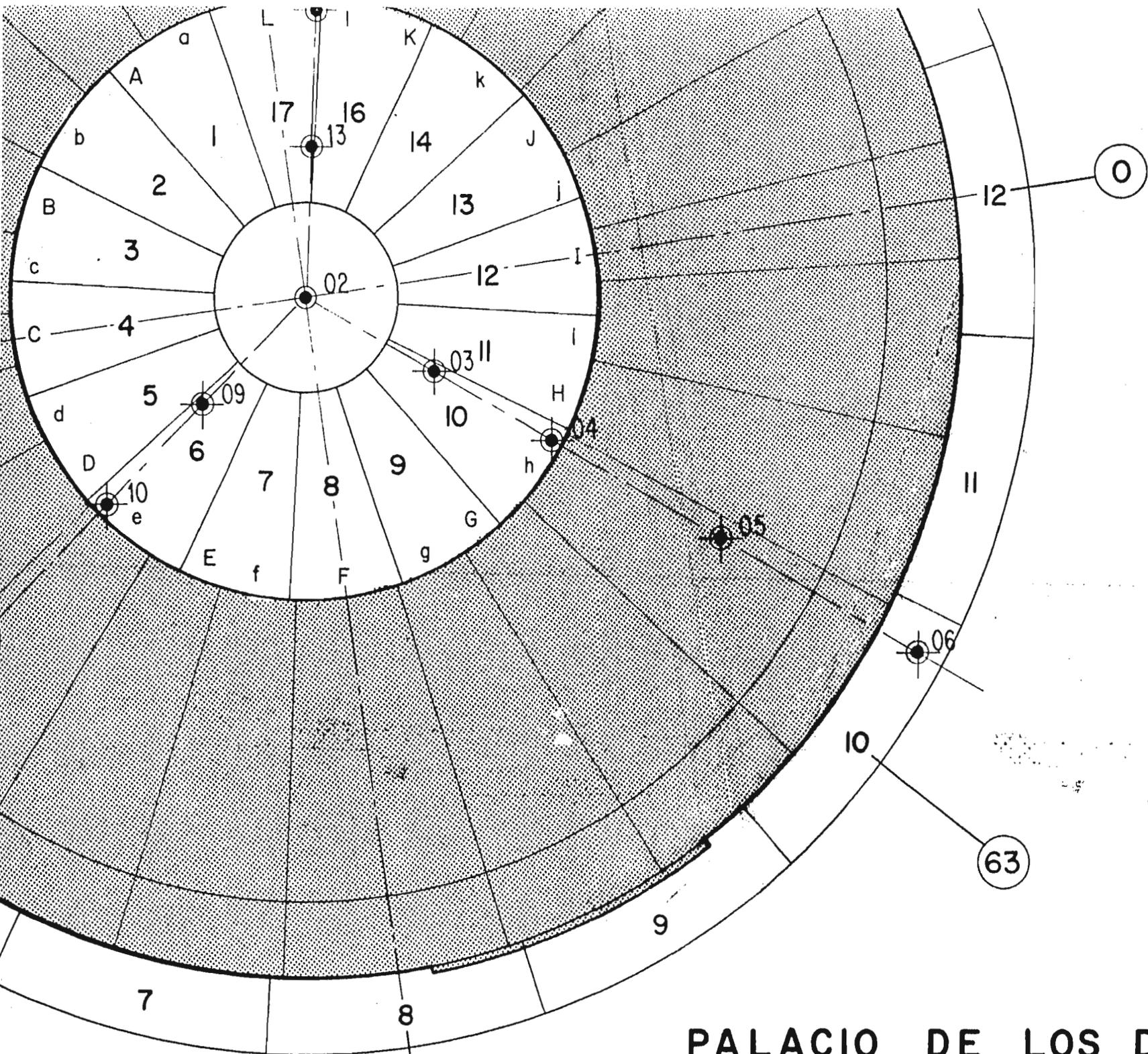
36

45

54

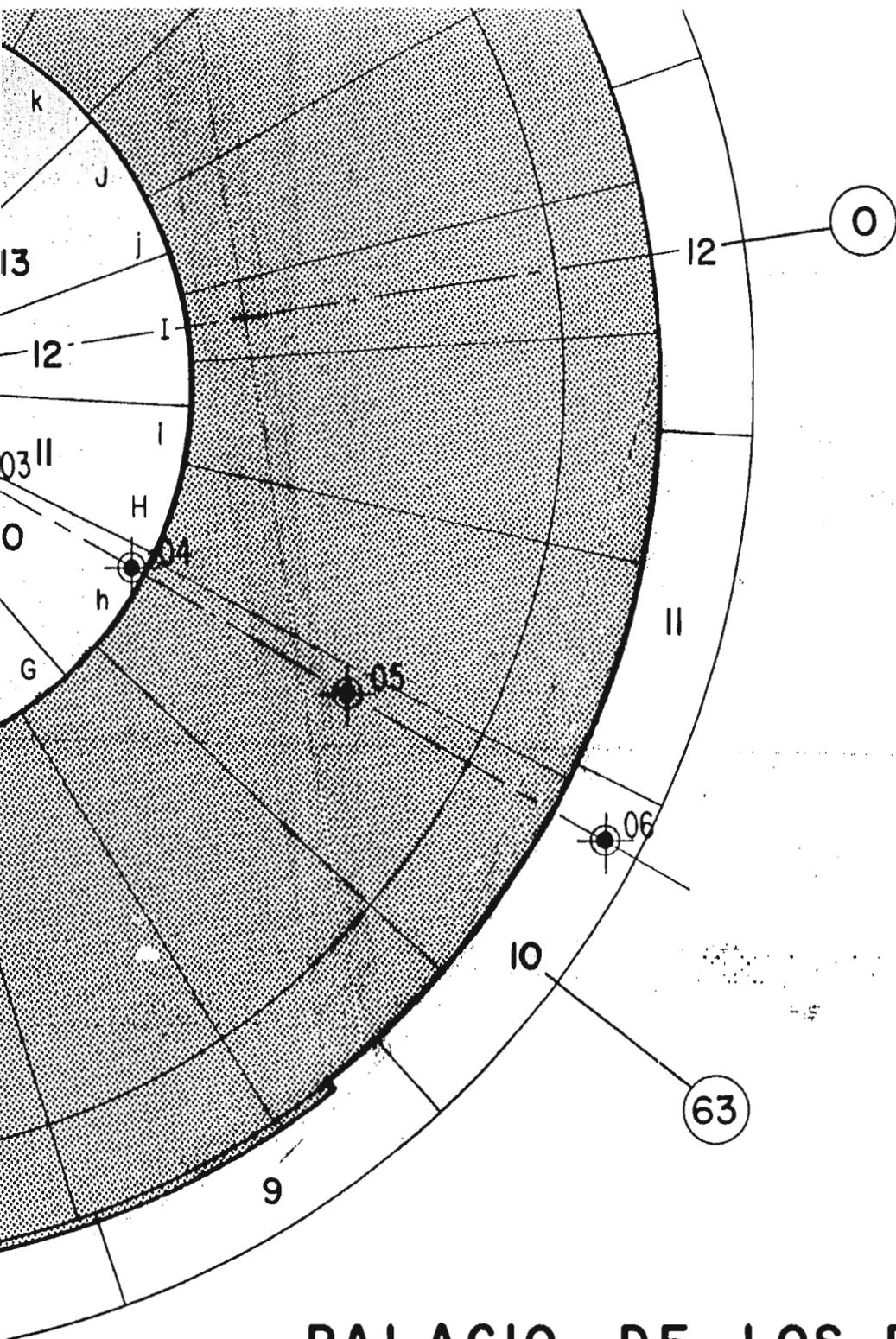


e medición



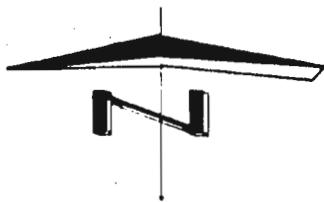
PALACIO DE LOS DE
AVANCE DE LA HINCA DE LOS
 semana: 20 a 22 de febrer

NOVIEMBRE de 1968



PALACIO DE LOS DEPORTES
 AVANCE DE LA HINCA DE LOS PILOTES
 semana: 20 a 22 de febrero de 1967

NOVIEMBRE de 1968



18

27

9

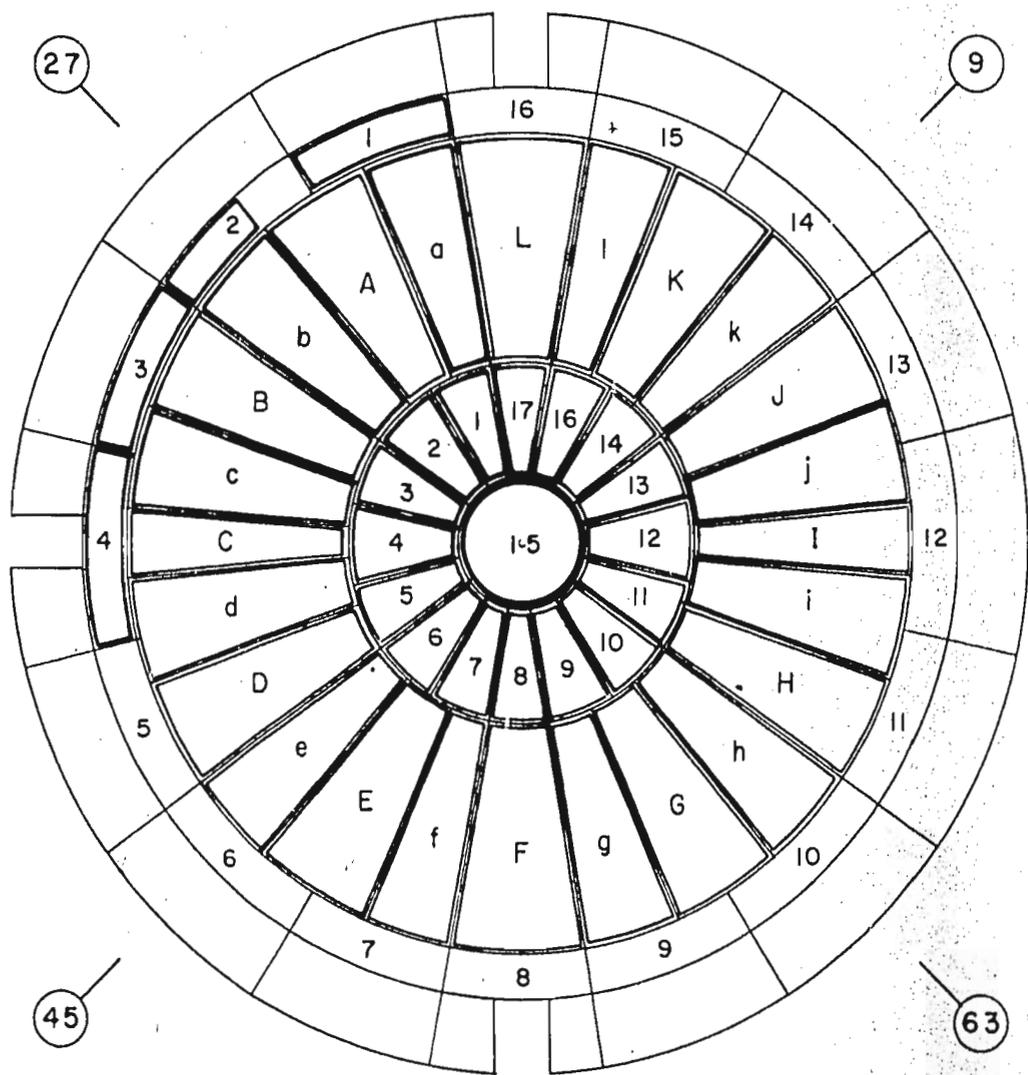
36

0

45

63

54



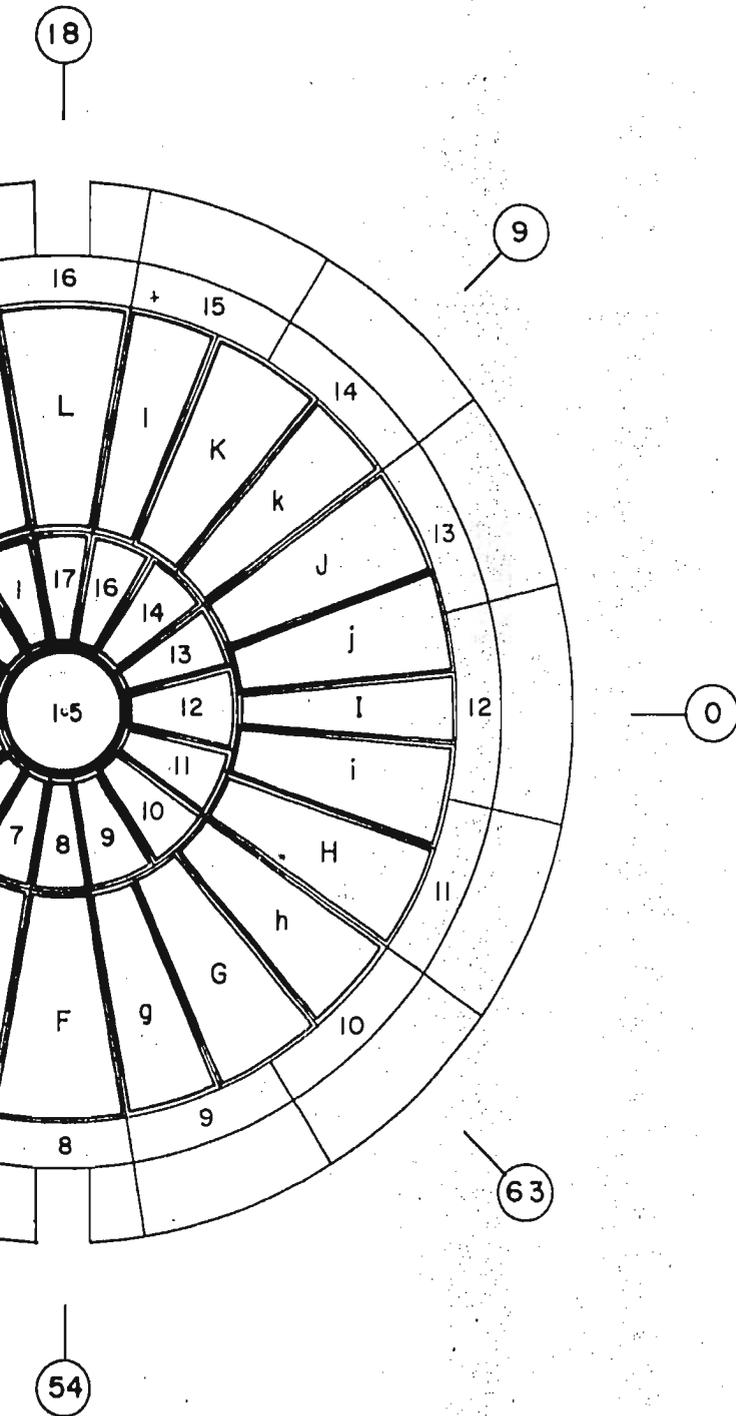
PLANTA EXCAVACION

T A B L A

I.- EXCAVACION CENTRO

SECTOR 1	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	211266 231266 261266 020167	SECTOR 2	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	281266 301266 020167 060167
SECTOR 4	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	130167 140167 210167 250167	SECTOR 5	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	270167 290167 290167 300167
SECTOR 7	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	030267 050267 050267 070267	SECTOR 8	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	060267 060267 060267 080267
SECTOR 10	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	090267 100267 100267 120267	SECTOR 11	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	110267 110267 110267 130267
SECTOR 13	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	130267 140267 140267 160267	SECTOR 14	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	150267 170267 170267 190267
SECTOR 16	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	220267 250267 310367 310367	SECTOR 17	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	220267 250267 310367 310367

Nota: Después de terminada la excavación se procede con una capa de mortero de 0.80m de espesor.



EXCAVACION

Fig 25 Avance de excavaciones

T A B L A S D E E X C A V A

I.- EXCAVACION CENTRO (Prof. m)

SECTOR 1	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	2 11266 231266 261266 020167	SECTOR 2	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	281266 301266 020167 060167	SECTOR 3	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	100167 120167 140167 210167
SECTOR 4	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	130167 140167 210167 250167	SECTOR 5	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	270167 290167 290167 300167	SECTOR 6	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	270167 290167 290167 300167
SECTOR 7	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	030267 050267 050267 070267	SECTOR 8	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	060267 060267 060267 080267	SECTOR 9	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	070267 080267 080267 100267
SECTOR 10	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	090267 100267 100267 120267	SECTOR 11	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	110267 110267 110267 130267	SECTOR 12	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	120267 120267 120267 140267
SECTOR 13	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	130267 140267 140267 160267	SECTOR 14	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	150267 170267 170267 190267	SECTOR 15	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	180267 210267 210267 260267
SECTOR 16	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	220267 250267 310367 310367	SECTOR 17	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	220267 250267 310367 310367			

II.- EXCAVACION

SECTOR a	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	020167 040167 230167 280167	S
SECTOR d	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	260167 020267 200267 250267	S
SECTOR g	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	060467 090467 080567 130567	S
SECTOR j	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	160467 180467 150567 200567	S
SECTOR A	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	130267 150267 060367 110367	S
SECTOR D	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	220267 260267 030467 080467	S
SECTOR G	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	140267 160267 270367 010467	S
SECTOR J	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	010467 040467 150567 200567	S

Nota: Después de terminada la excavación se procede a lastrar con una capa de mortero de 0.80m de espesor.

25 Avance de excavaciones y lastres

D E E X C A V A C I O N E S

(Prof. m)

II.- EXCAVACION EN ZONA PILOTEADA (Prof. m)

SECTOR 3	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	100167 120167 140167 210167
SECTOR 6	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	270167 290167 290167 300167
SECTOR 9	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	070267 080267 080267 100267
SECTOR 12	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	120267 120267 120267 140267
SECTOR 15	inic. termin. lastre inic. lastre ter.	180267 210267 210267 260267

SECTOR a	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	020167 040167 230167 280167	SECTOR b	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	050167 090167 230167 280167	SECTOR c	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	250167 260167 060267 110267
SECTOR d	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	260167 020267 200267 250267	SECTOR e	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	030267 050267 270267 040367	SECTOR f	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	070267 080267 240467 290467
SECTOR g	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	060467 090467 080567 130567	SECTOR h	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	090467 120467 080567 130567	SECTOR i	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	130467 150467 270467 010567
SECTOR j	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	160467 180467 150567 200567	SECTOR k	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	250467 290467 220567 270567	SECTOR l	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	170467 200467 220567 270567
SECTOR A	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	130267 150267 060367 110367	SECTOR B	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	150267 170267 060367 110367	SECTOR C	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	200267 220267 270367 010367
SECTOR D	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	220267 260267 030467 080467	SECTOR E	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	290367 310367 100467 220467	SECTOR F	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	070267 080267 240467 290467
SECTOR G	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	140267 160267 270367 010467	SECTOR H	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	140267 180267 010567 060567	SECTOR I	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	120367 150367 030467 080467
SECTOR J	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	010467 040467 150567 200567	SECTOR K	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	270367 290367 100467 220467	SECTOR L	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	030367 060367 080567 130567

a lastrar

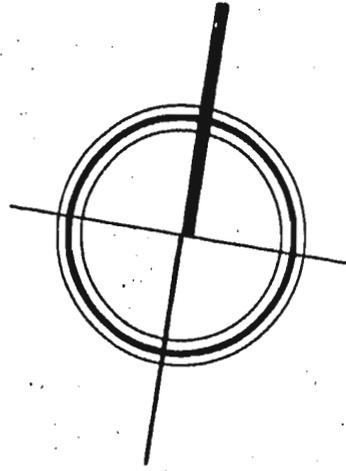
r.

lastres

E X C A V A C I O N E S

II.- EXCAVACION EN ZONA PILOTEADA (Prof. m)

SECTOR a	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	020167 040167 230167 280167	SECTOR b	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	050167 090167 230167 280167	SECTOR c	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	250167 260167 060267 110267
SECTOR d	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	260167 020267 200267 250267	SECTOR e	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	030267 050267 270267 040367	SECTOR f	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	070267 080267 240467 290467
SECTOR g	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	060467 090467 080567 130567	SECTOR h	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	090467 120467 080567 130567	SECTOR i	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	130467 150467 270467 010567
SECTOR j	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	160467 180467 150567 200567	SECTOR k	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	250467 290467 220567 270567	SECTOR l	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	170467 200467 220567 270567
SECTOR A	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	130267 150267 060367 110367	SECTOR B	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	150267 170267 060367 110367	SECTOR C	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	200267 220267 270367 010367
SECTOR D	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	220267 260267 030467 080467	SECTOR E	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	290367 310367 100467 220467	SECTOR F	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	070267 080267 240467 290467
SECTOR G	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	140267 160267 270367 010467	SECTOR H	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	140267 180267 010567 060567	SECTOR I	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	120367 150367 030467 080467
SECTOR J	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	010467 040467 150567 200567	SECTOR K	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	270367 290367 100467 220467	SECTOR L	inic. termin. inic. cim. ter. cim.	030367 060367 080567 130567



36

27

23

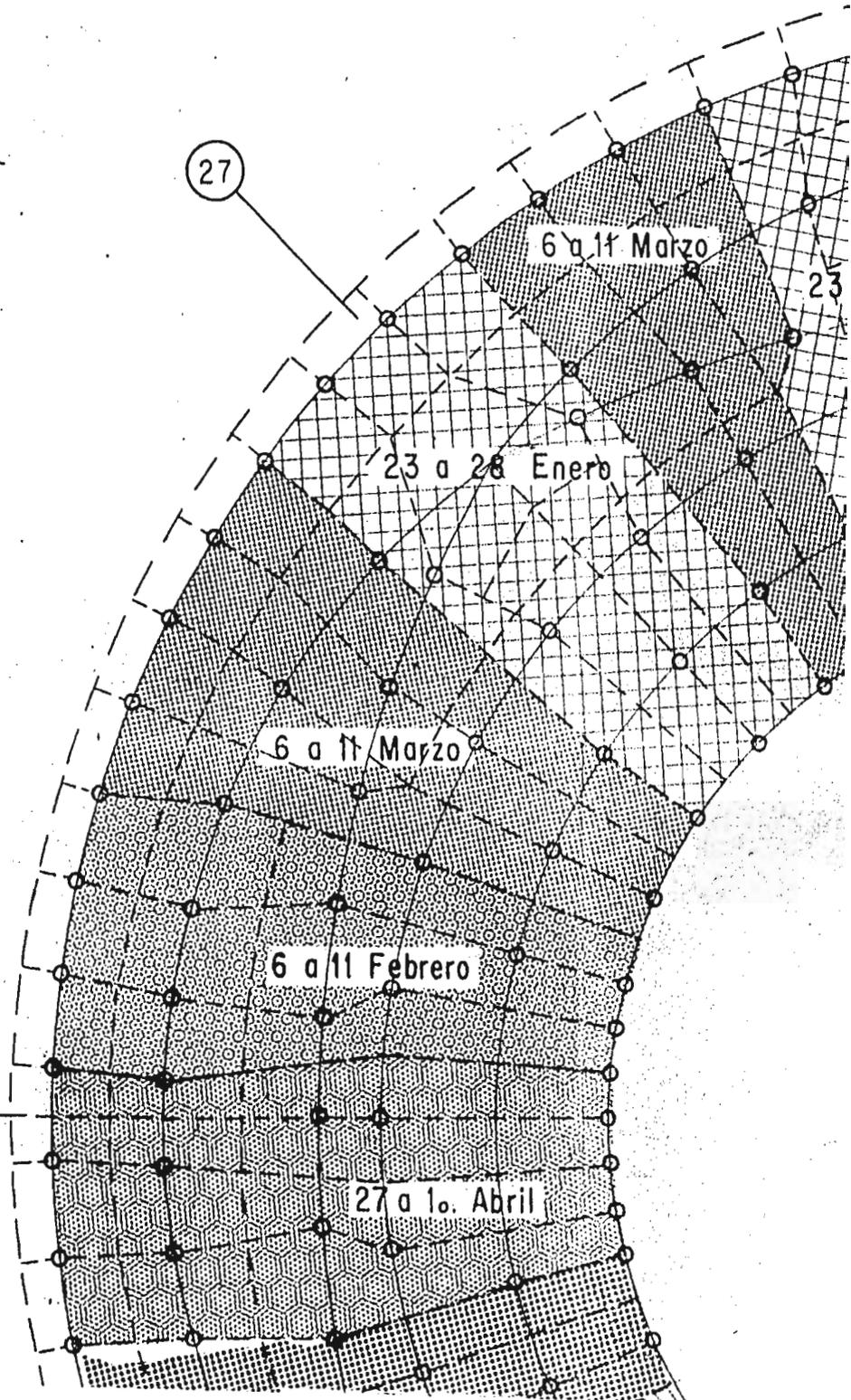
6 a 11 Marzo

23 a 28 Enero

6 a 11 Marzo

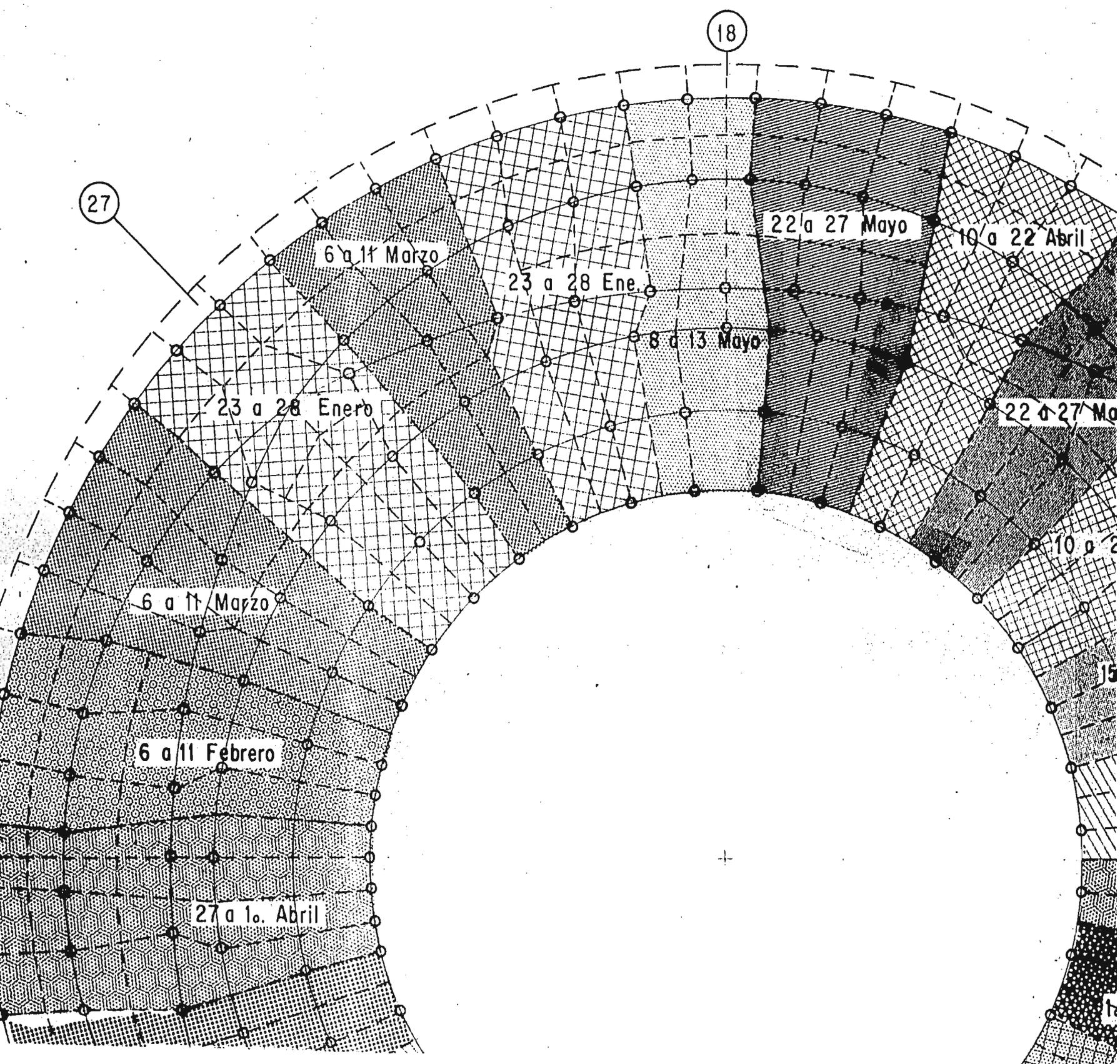
6 a 11 Febrero

27 a 1o. Abril



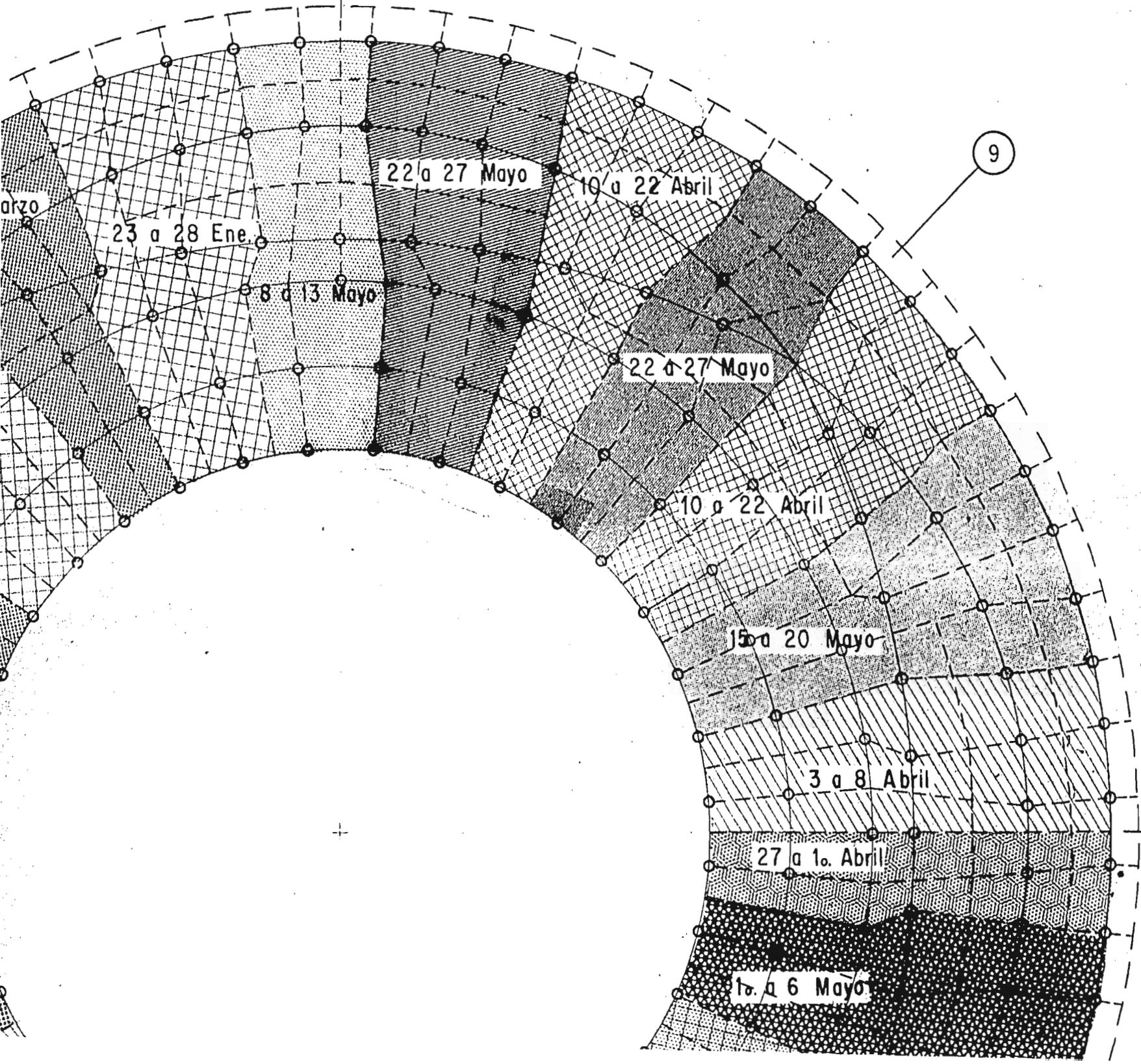
18

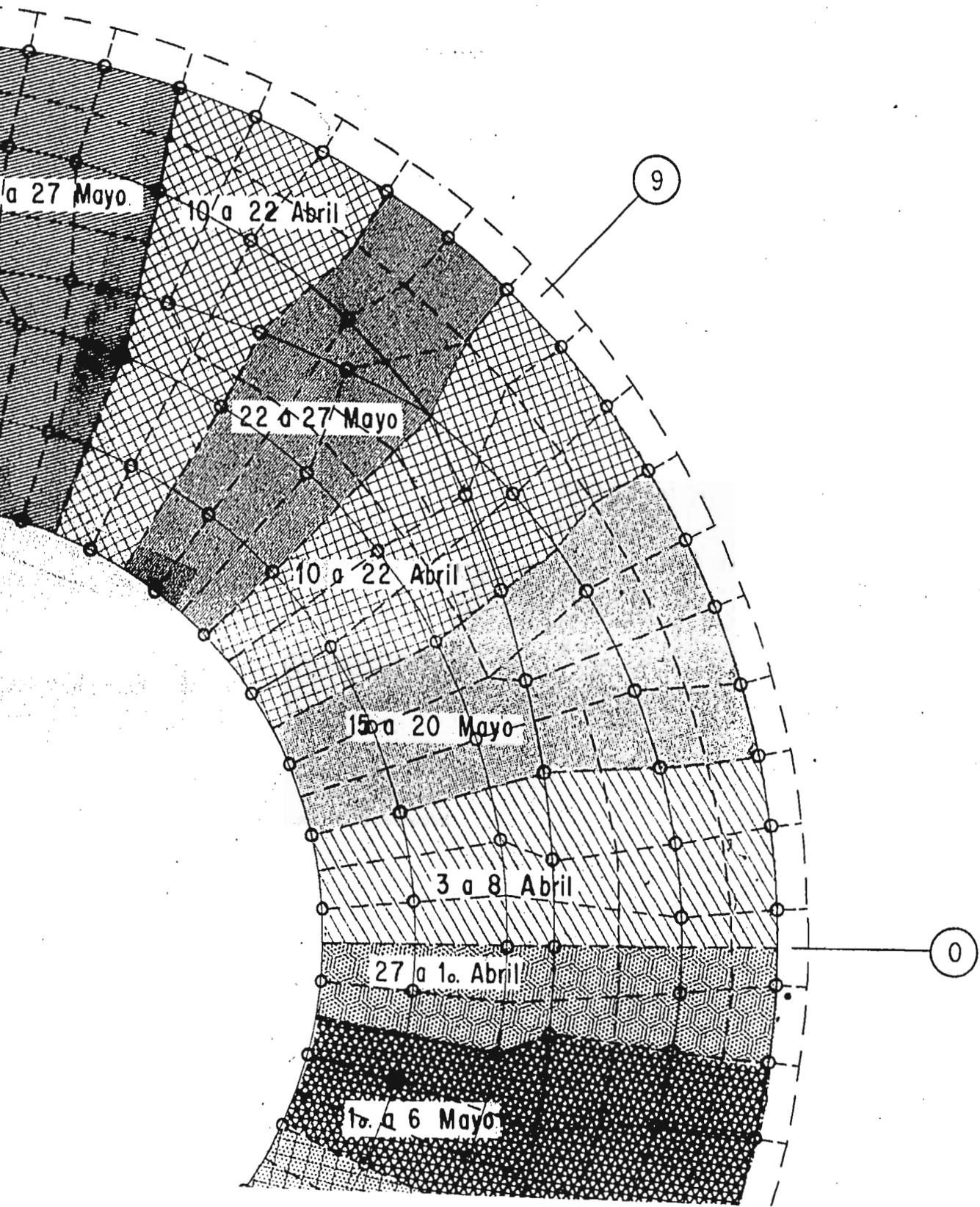
27



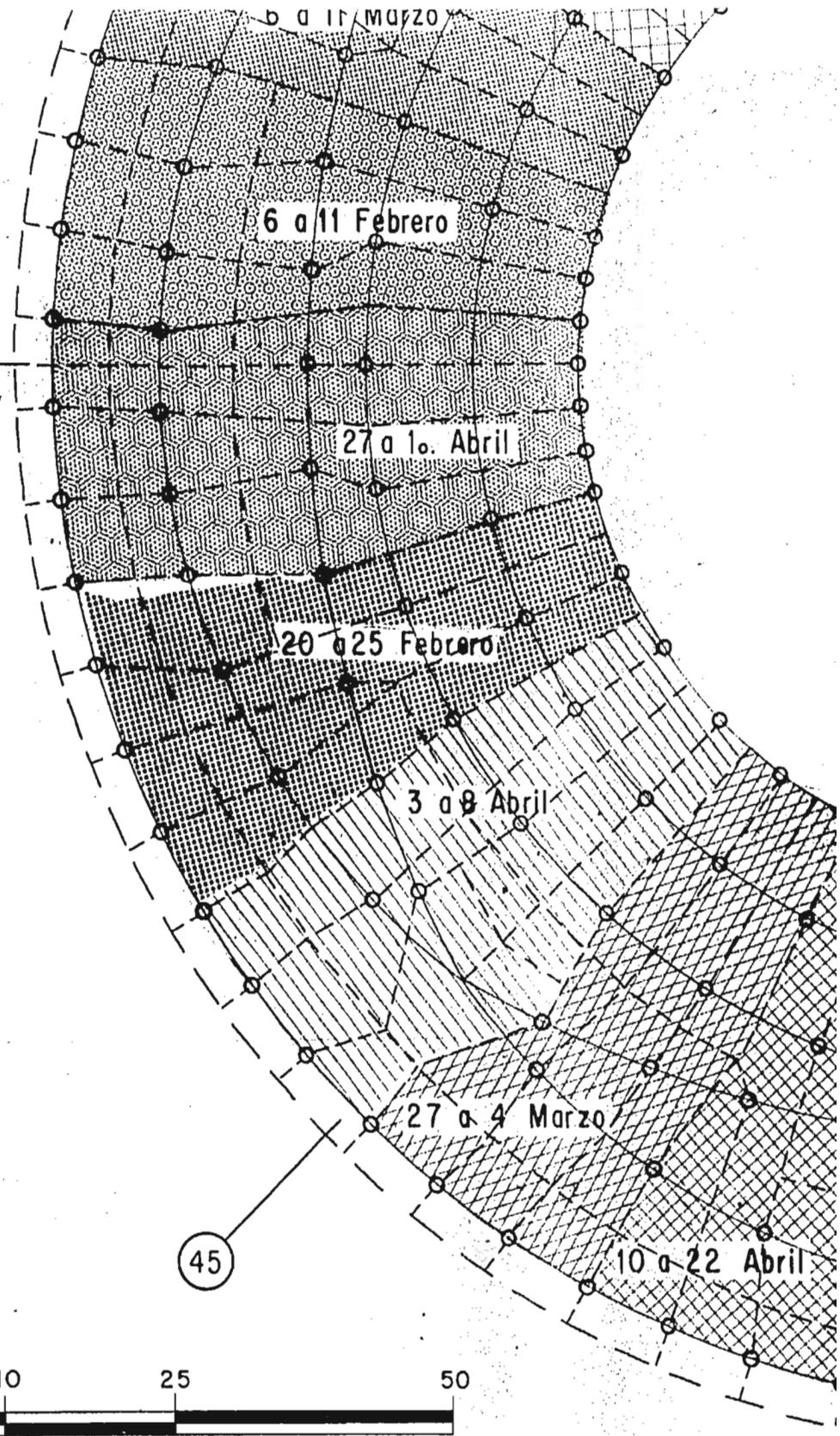
18

9

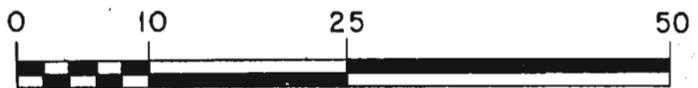




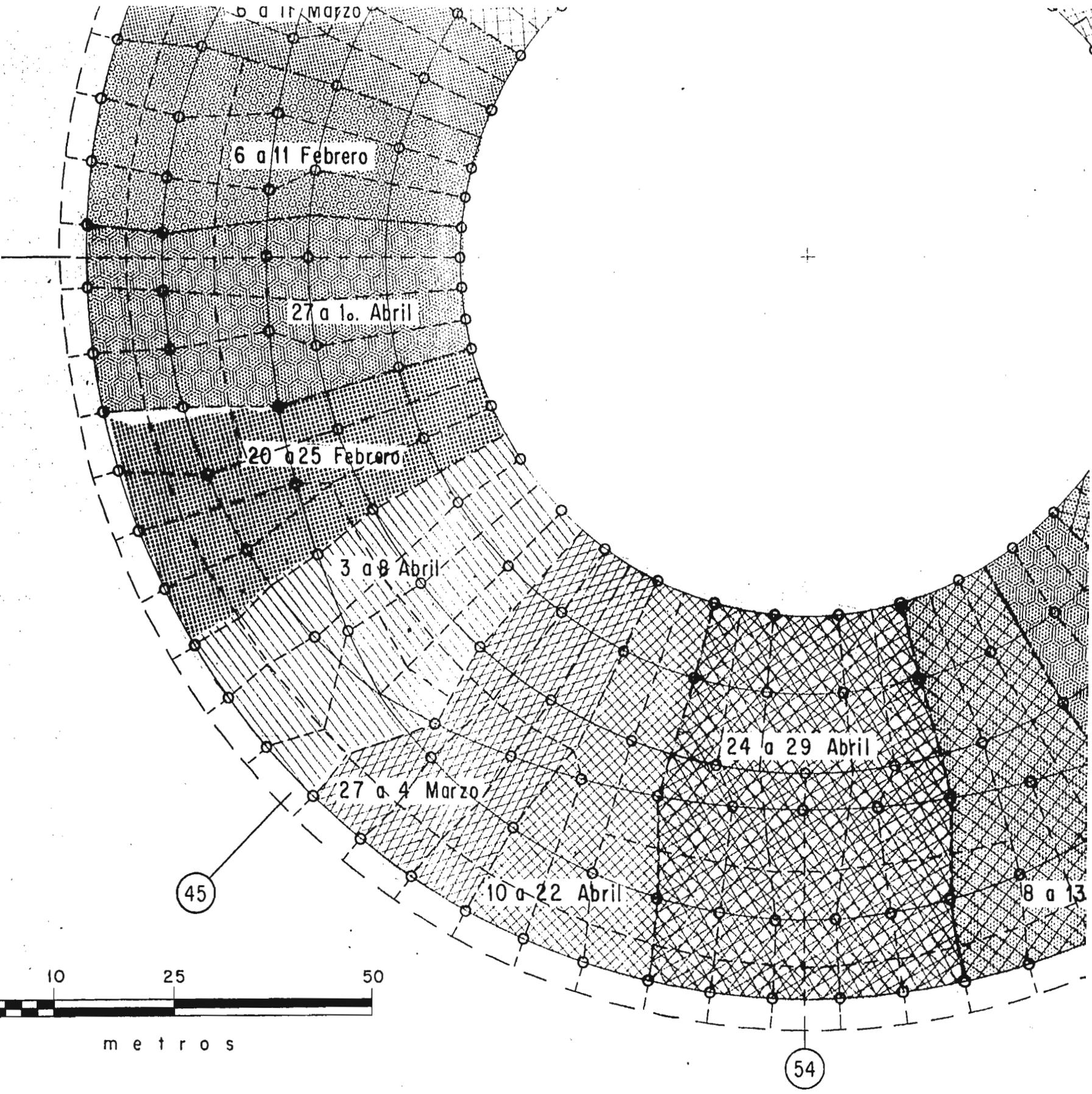
36

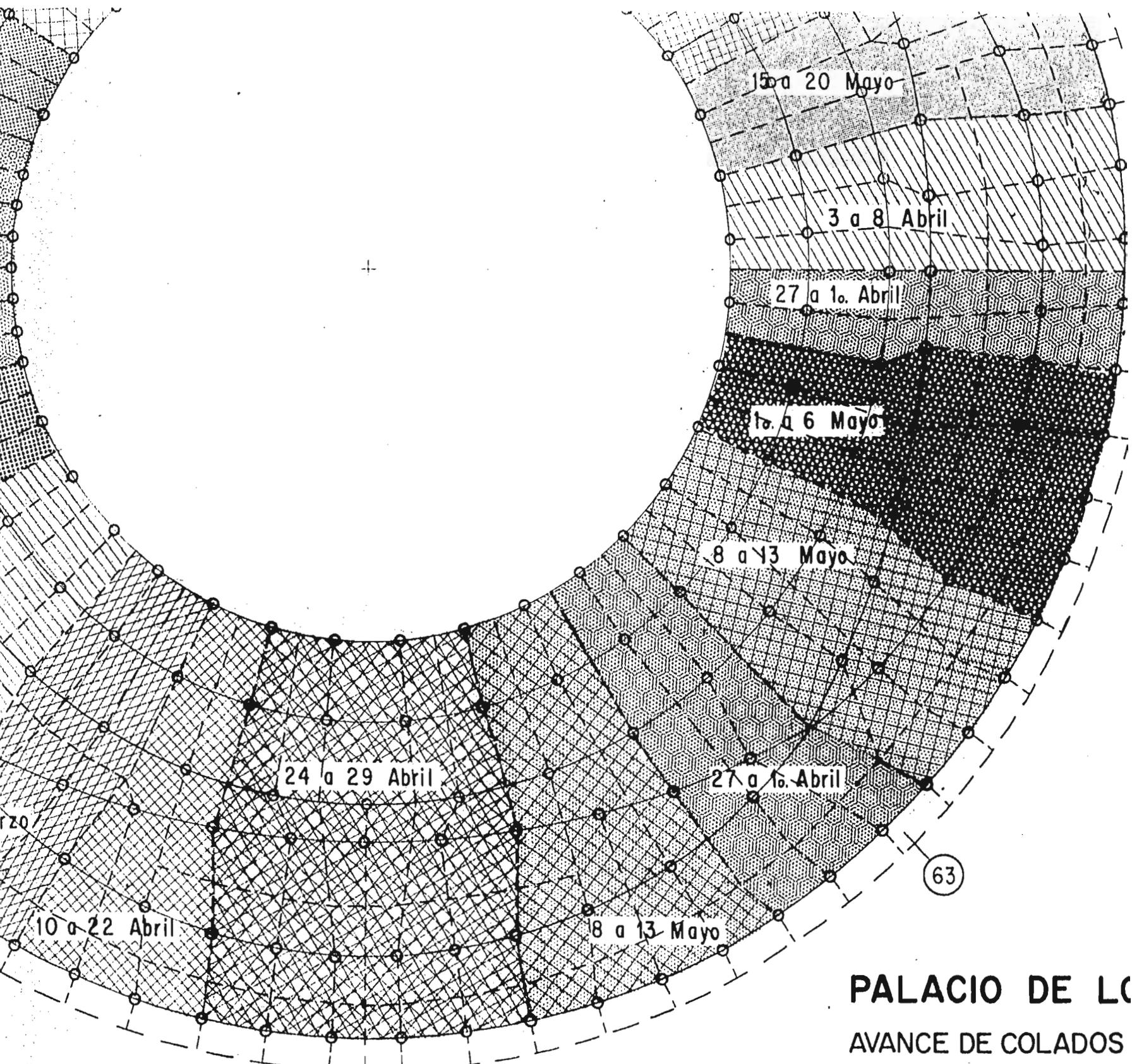


45



metros



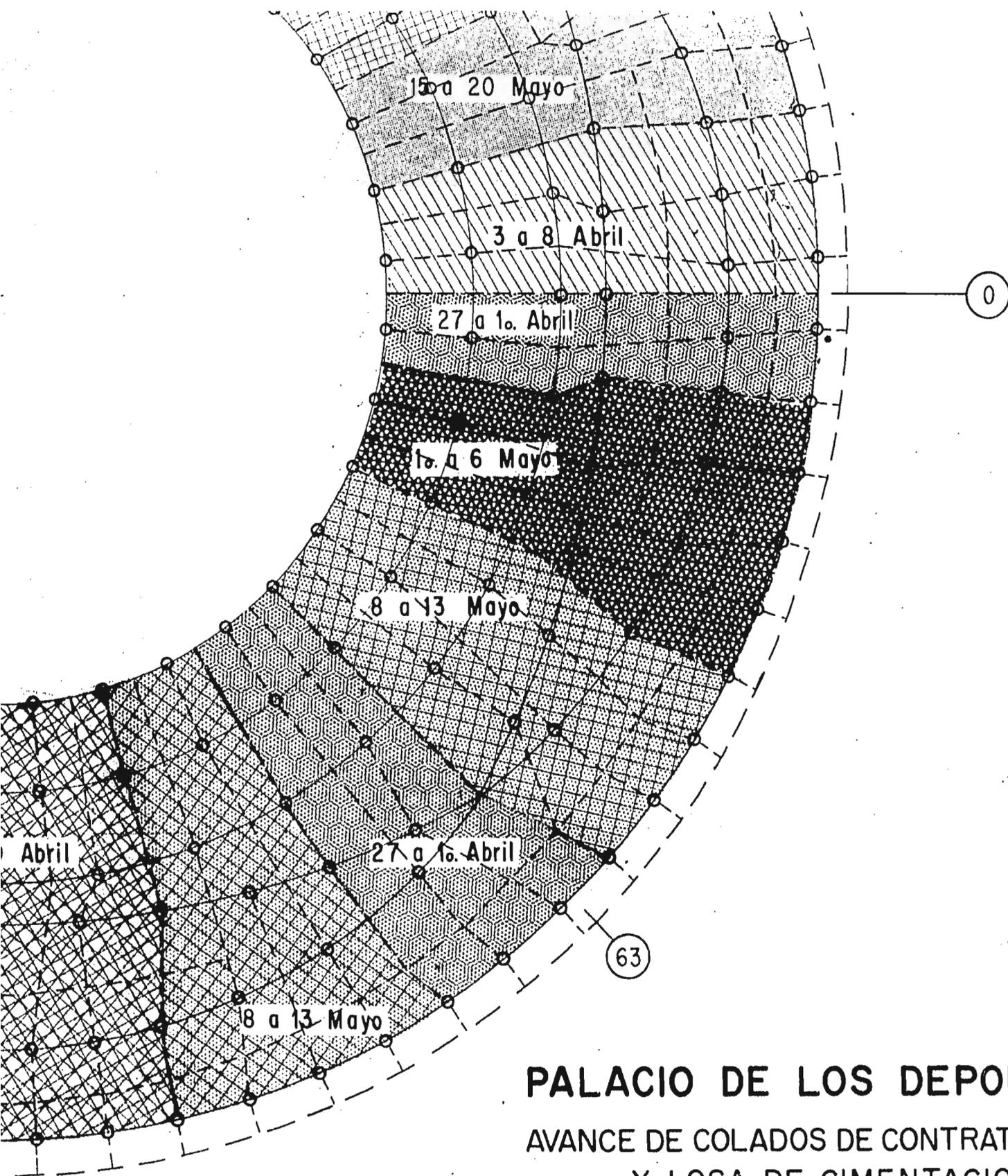


54

63

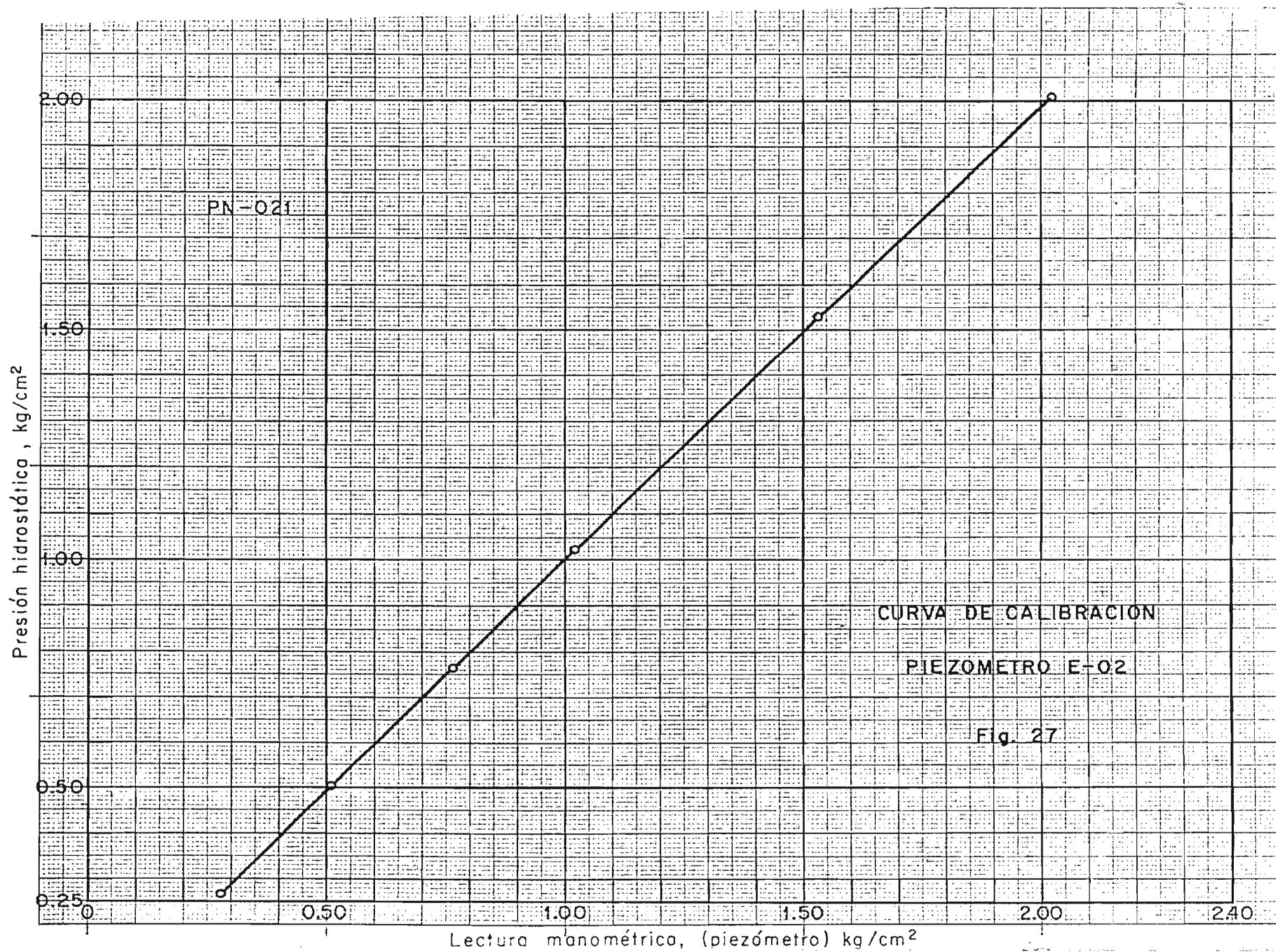
PALACIO DE LO
AVANCE DE COLADOS
Y LOSA DE C

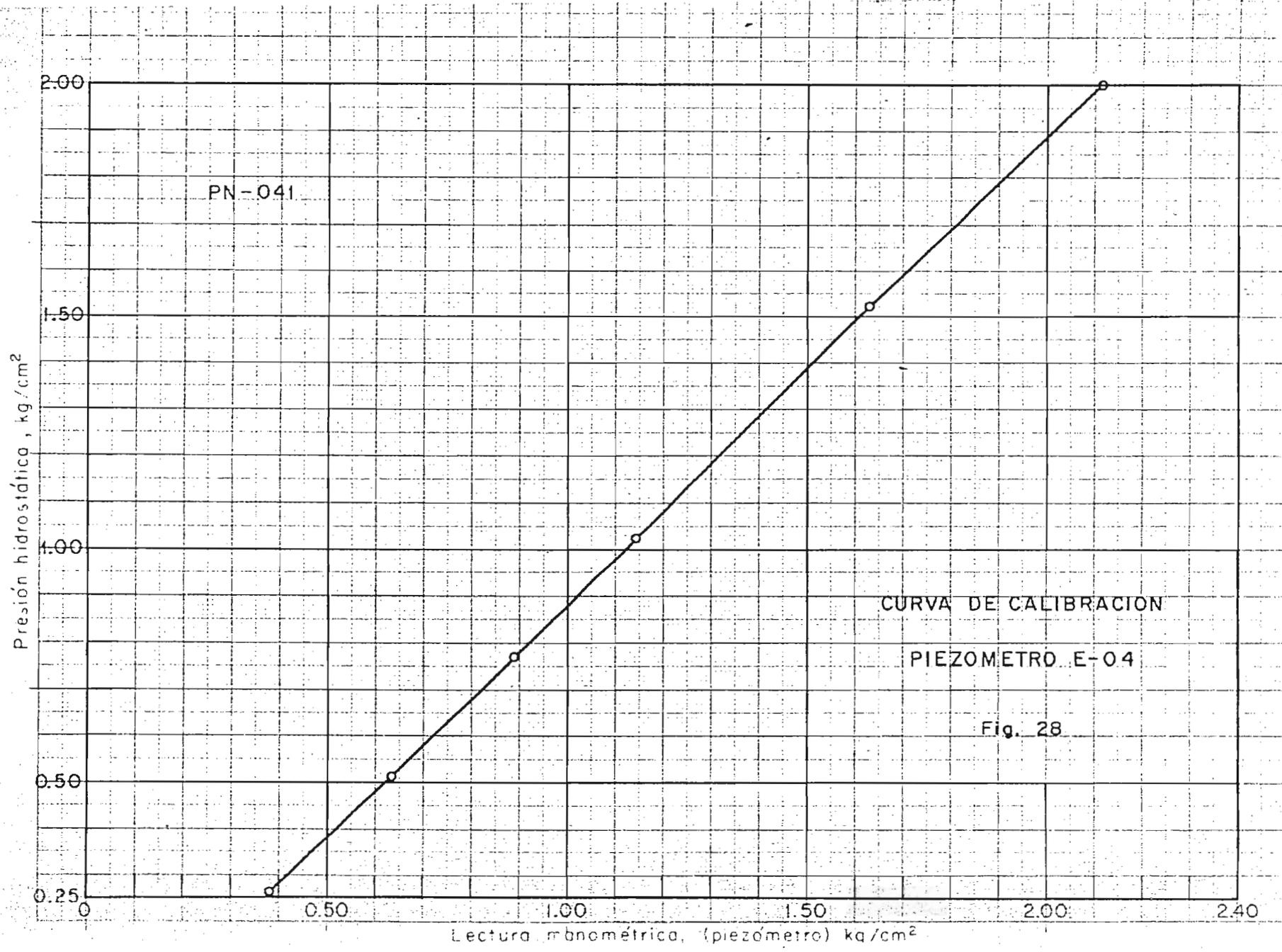
Fig. 2

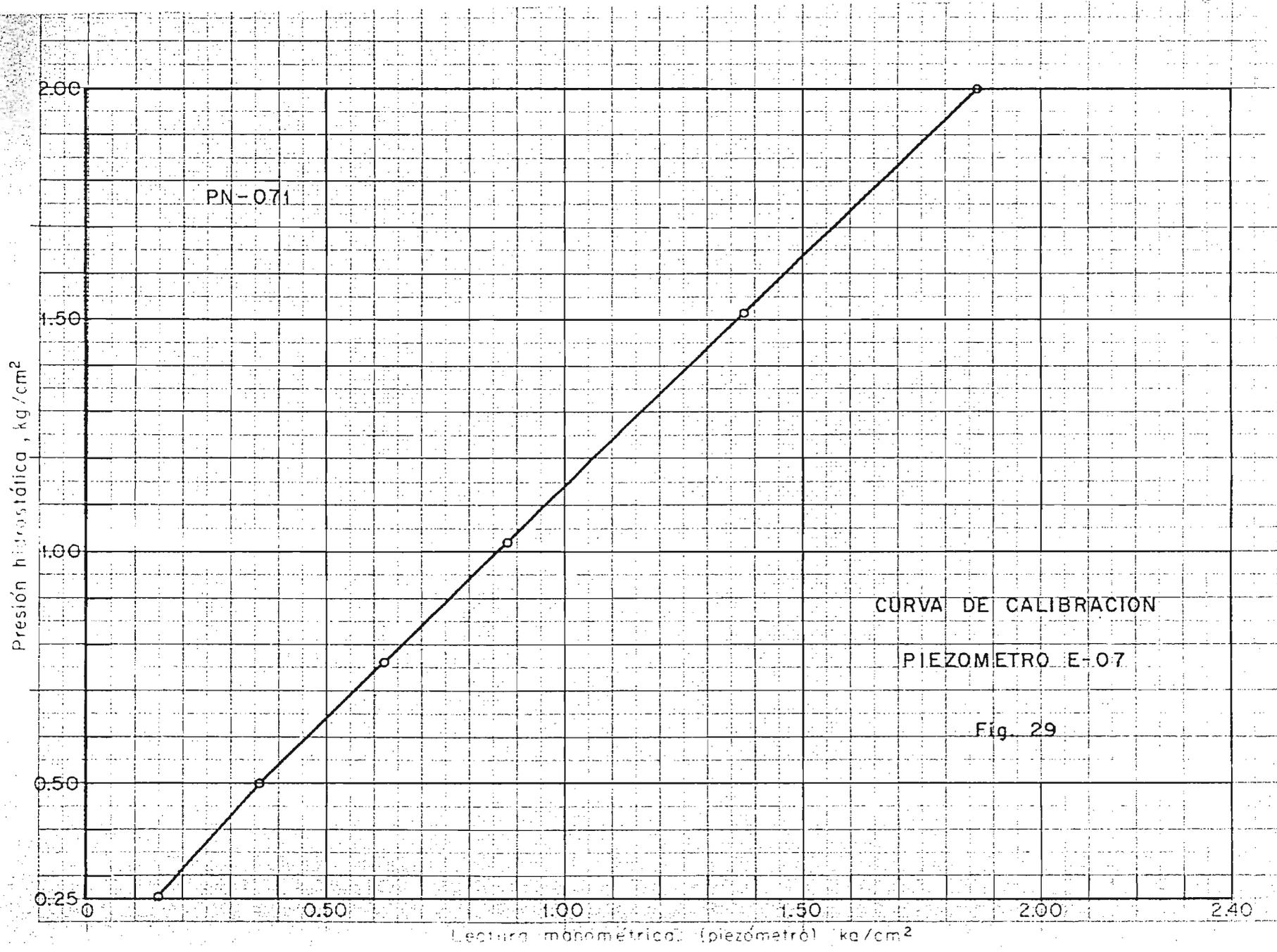


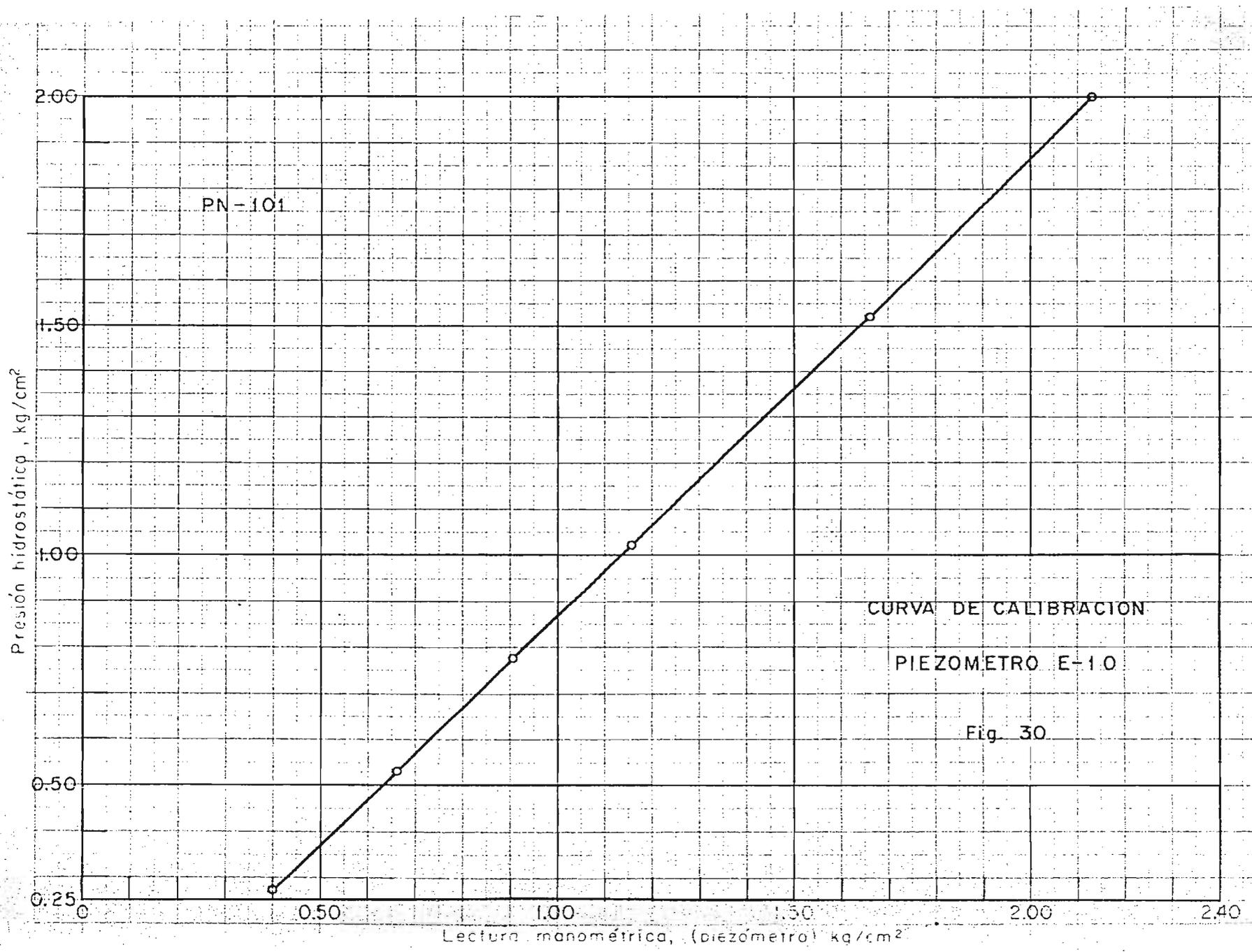
PALACIO DE LOS DEPORTES
 AVANCE DE COLADOS DE CONTRATRABES
 Y LOSA DE CIMENTACION

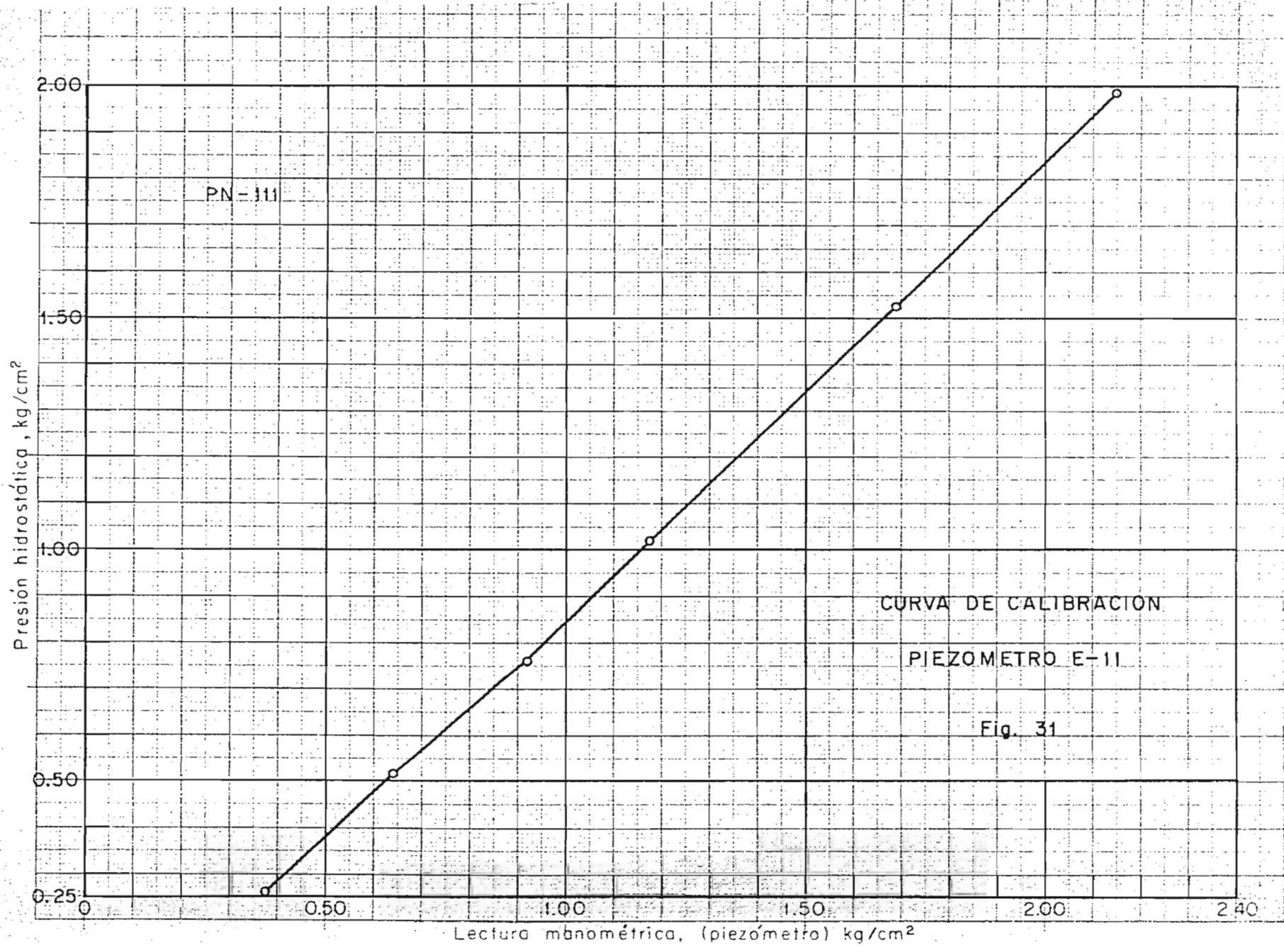
Fig. 26

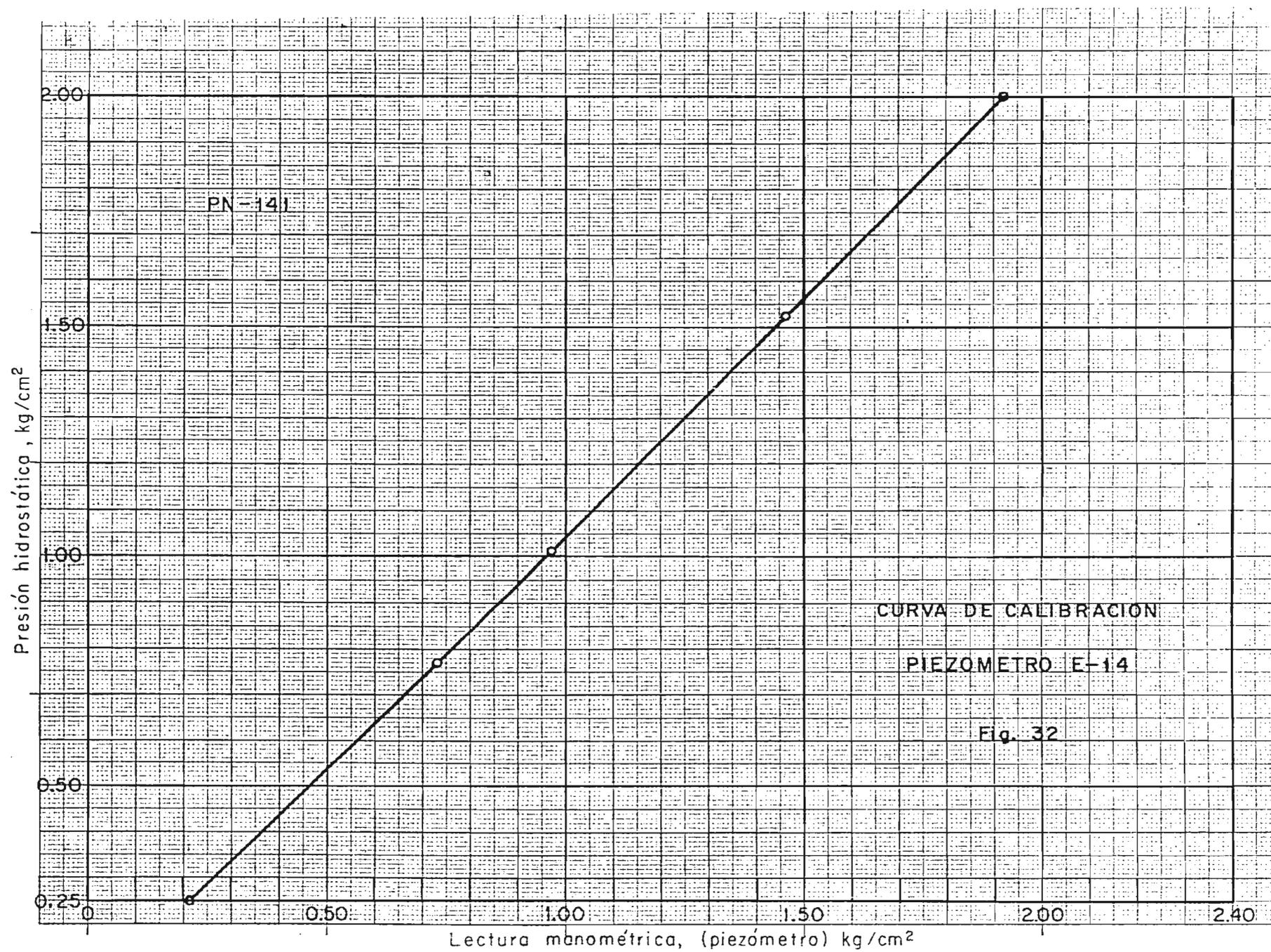




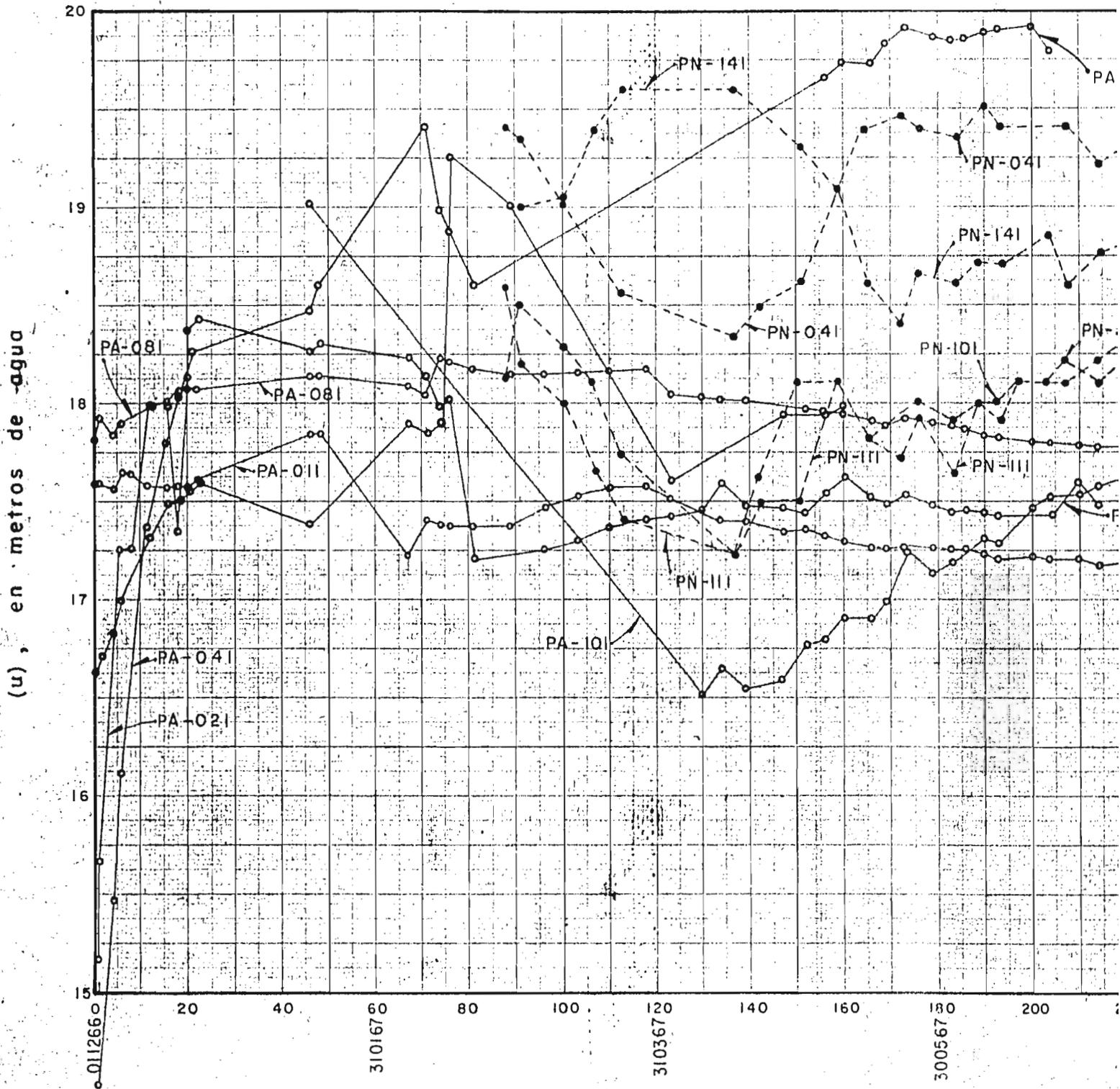






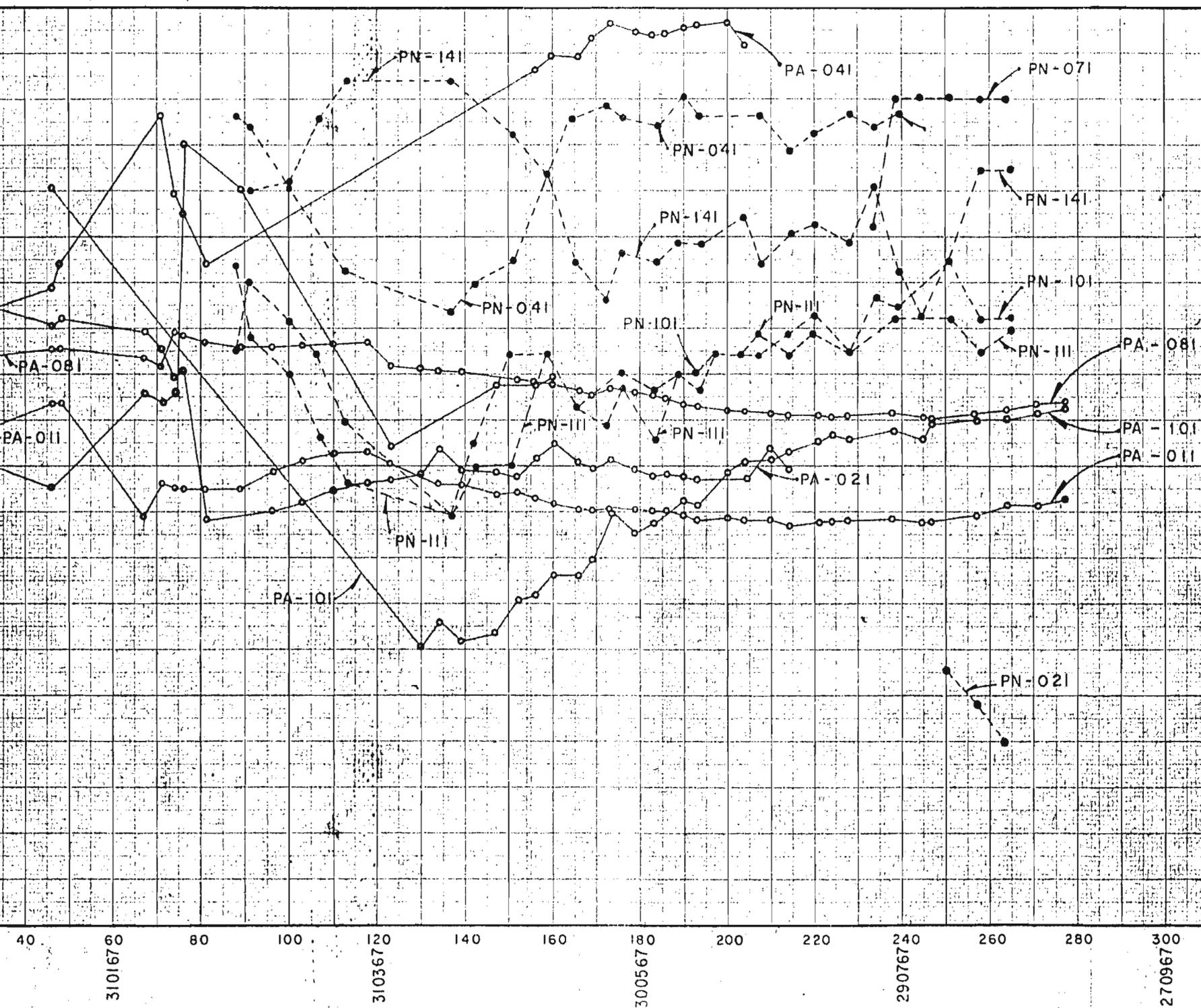


PALACIO DE LOS PIEZOMETROS ABIERTOS Y



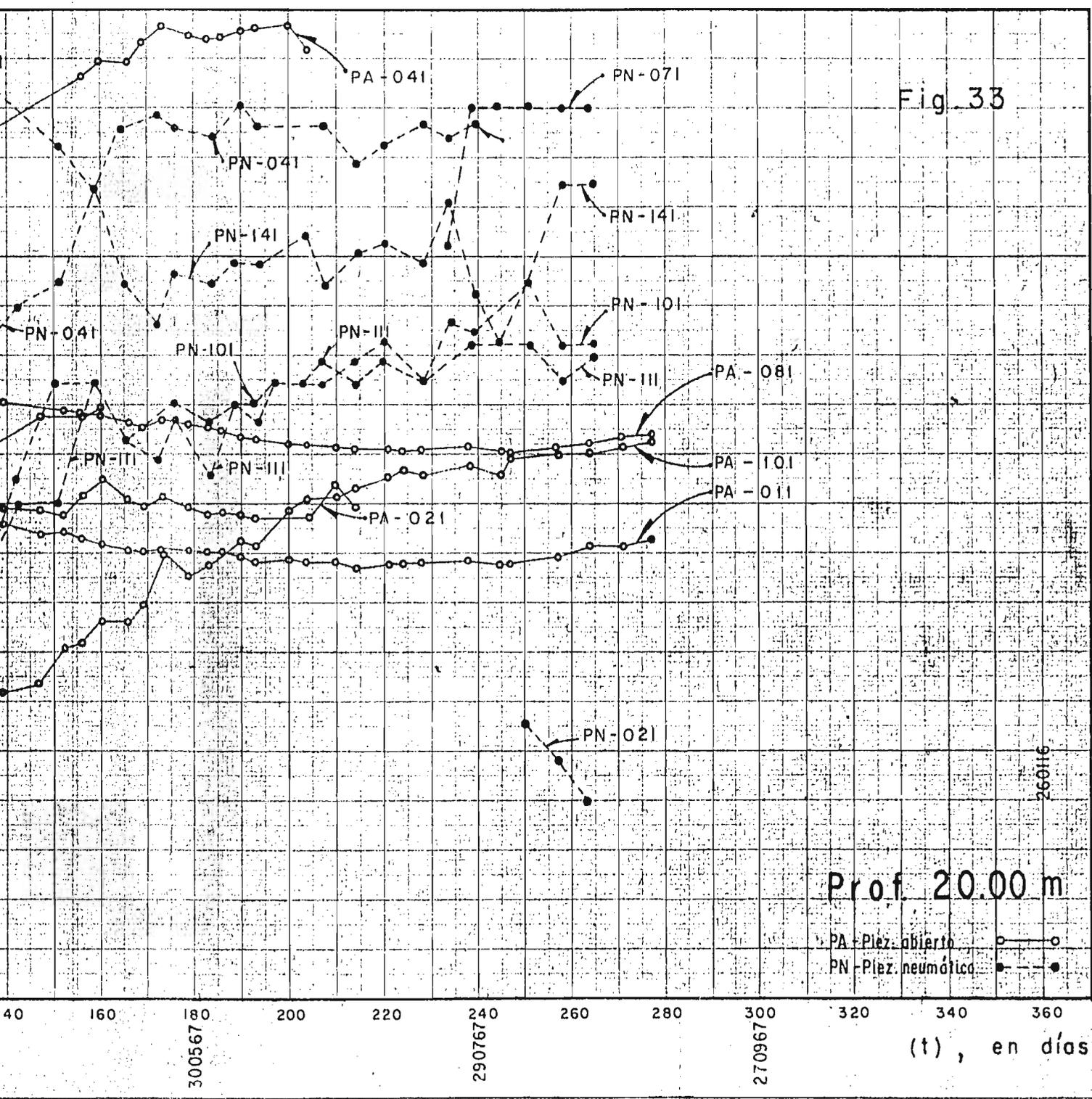
PALACIO DE LOS DEPORTES

PIEZOMETROS ABIERTOS Y NEUMATICOS



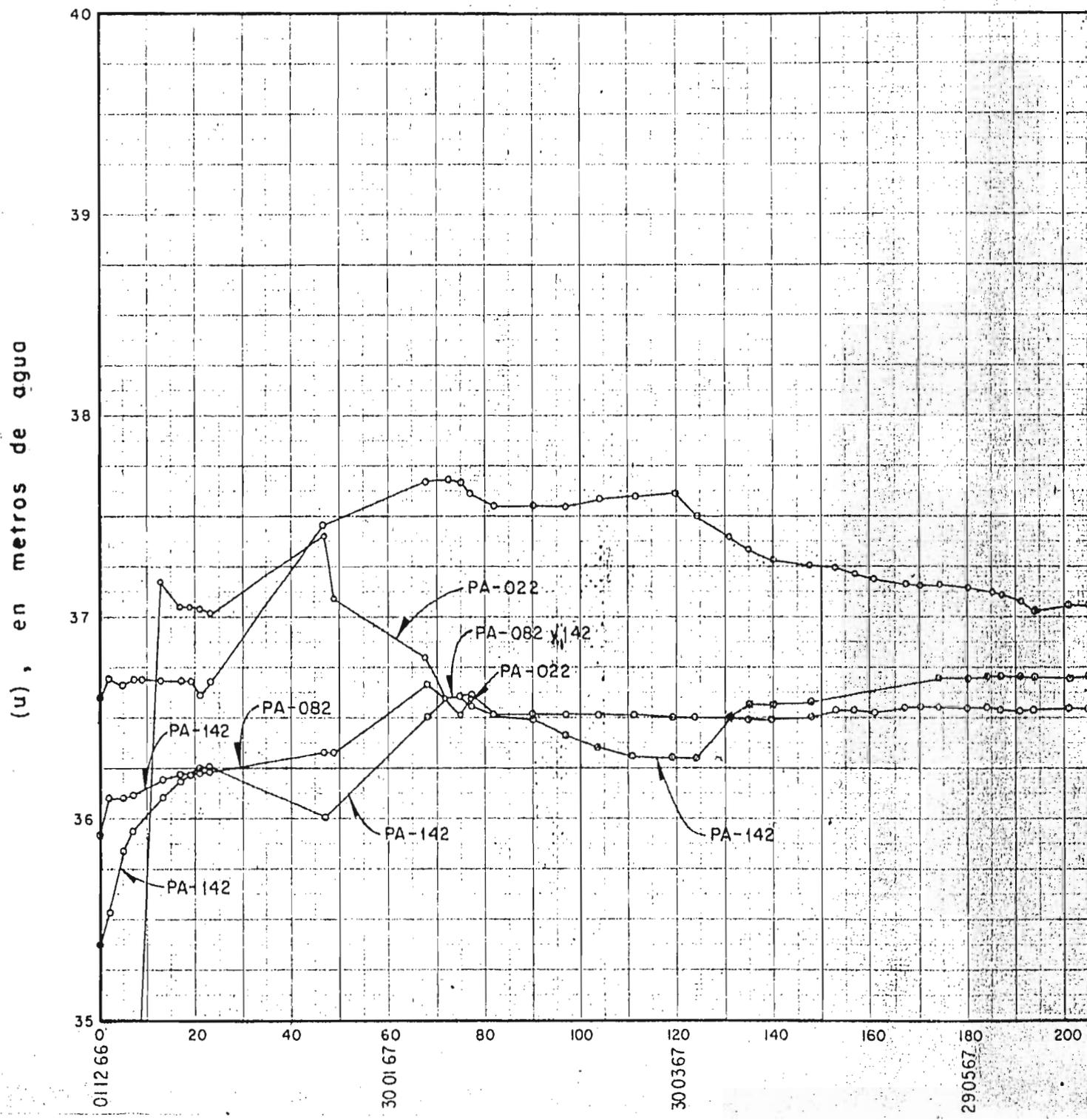
DE LOS DEPORTES

ABIERTOS Y NEUMATICOS



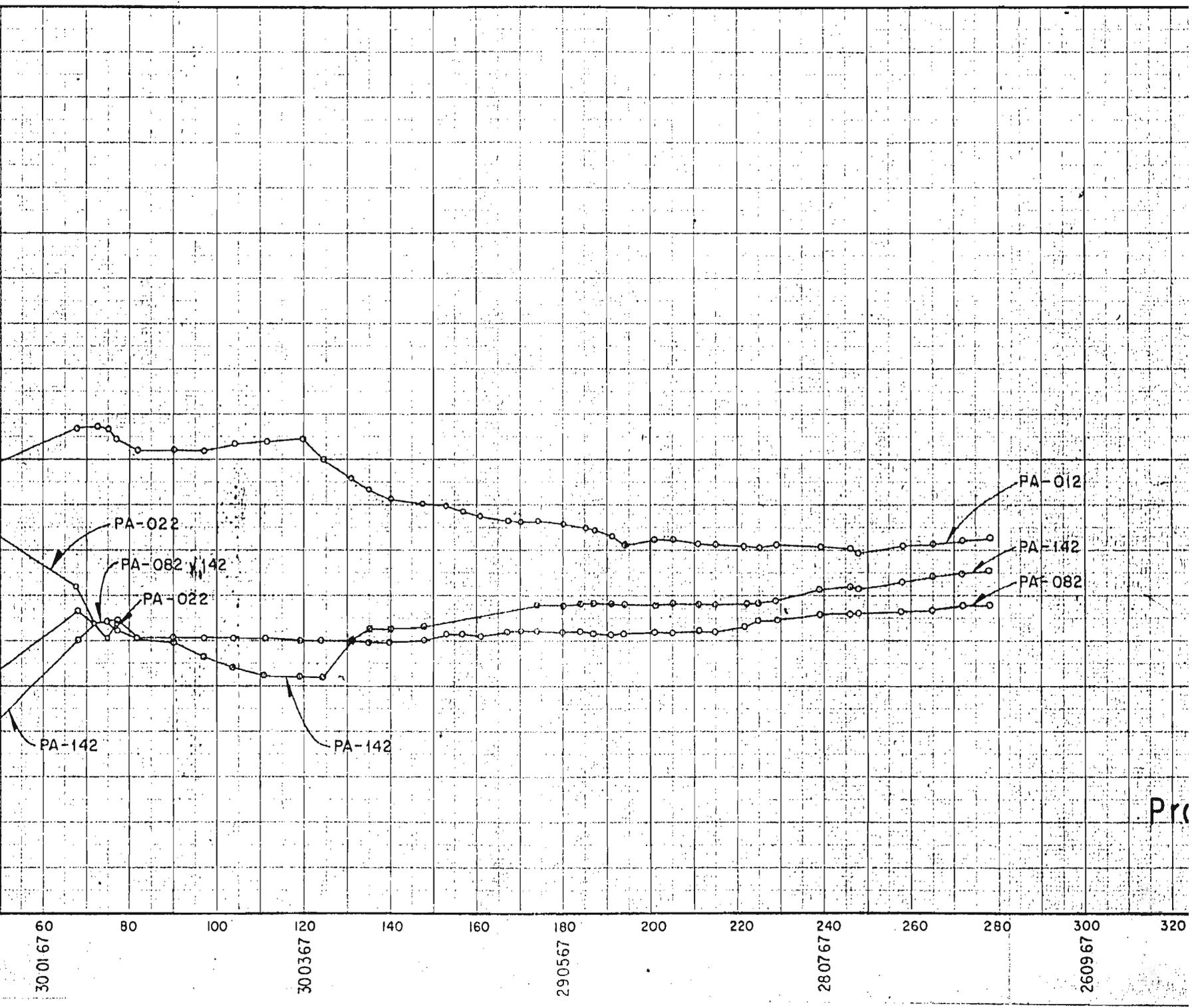
PALACIO DE LOS

PIEZOMETROS ABI



PALACIO DE LOS DEPORTES

PIEZOMETROS ABIERTOS

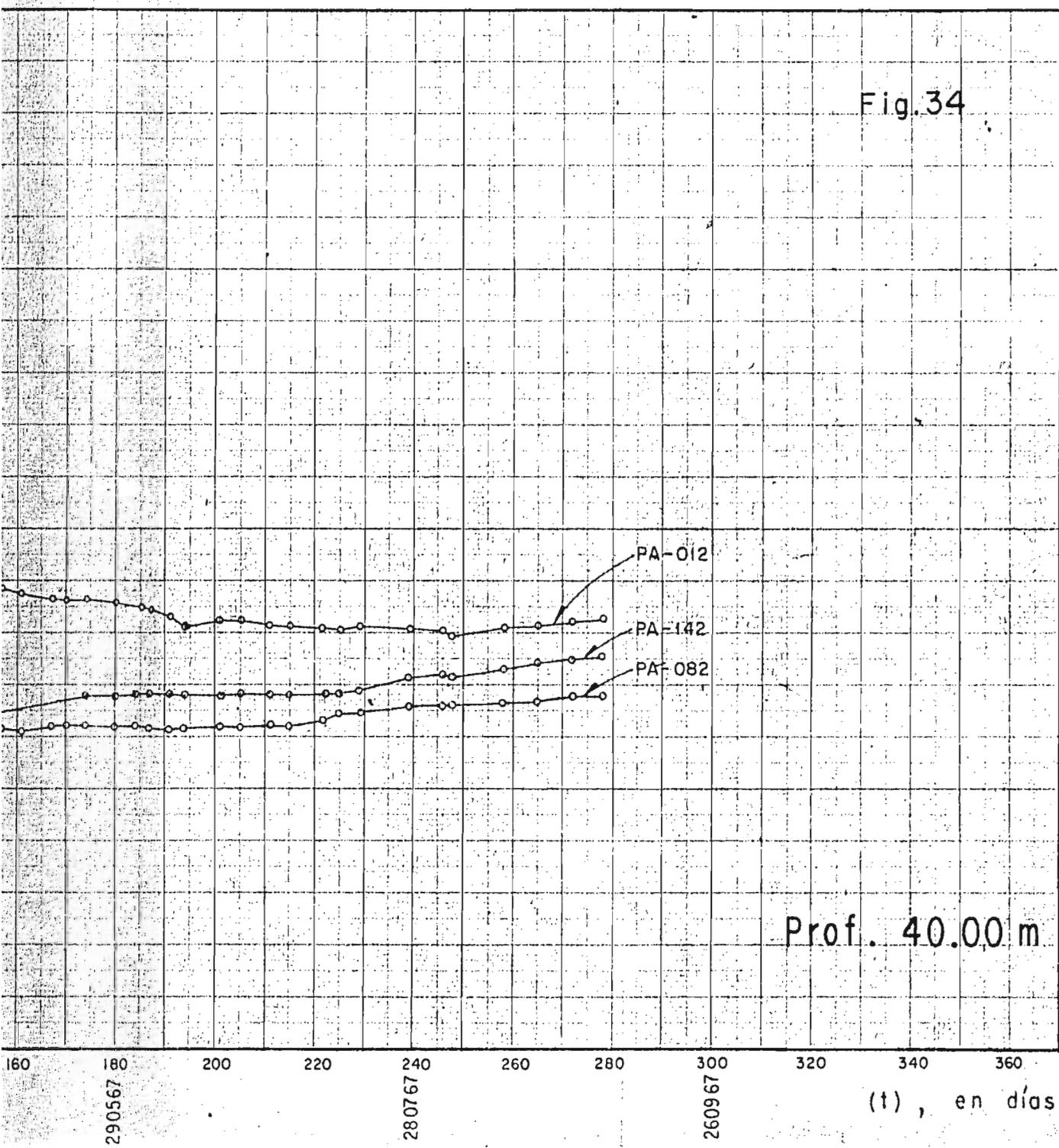


Pro

LOS DEPORTES

ROS ABIERTOS

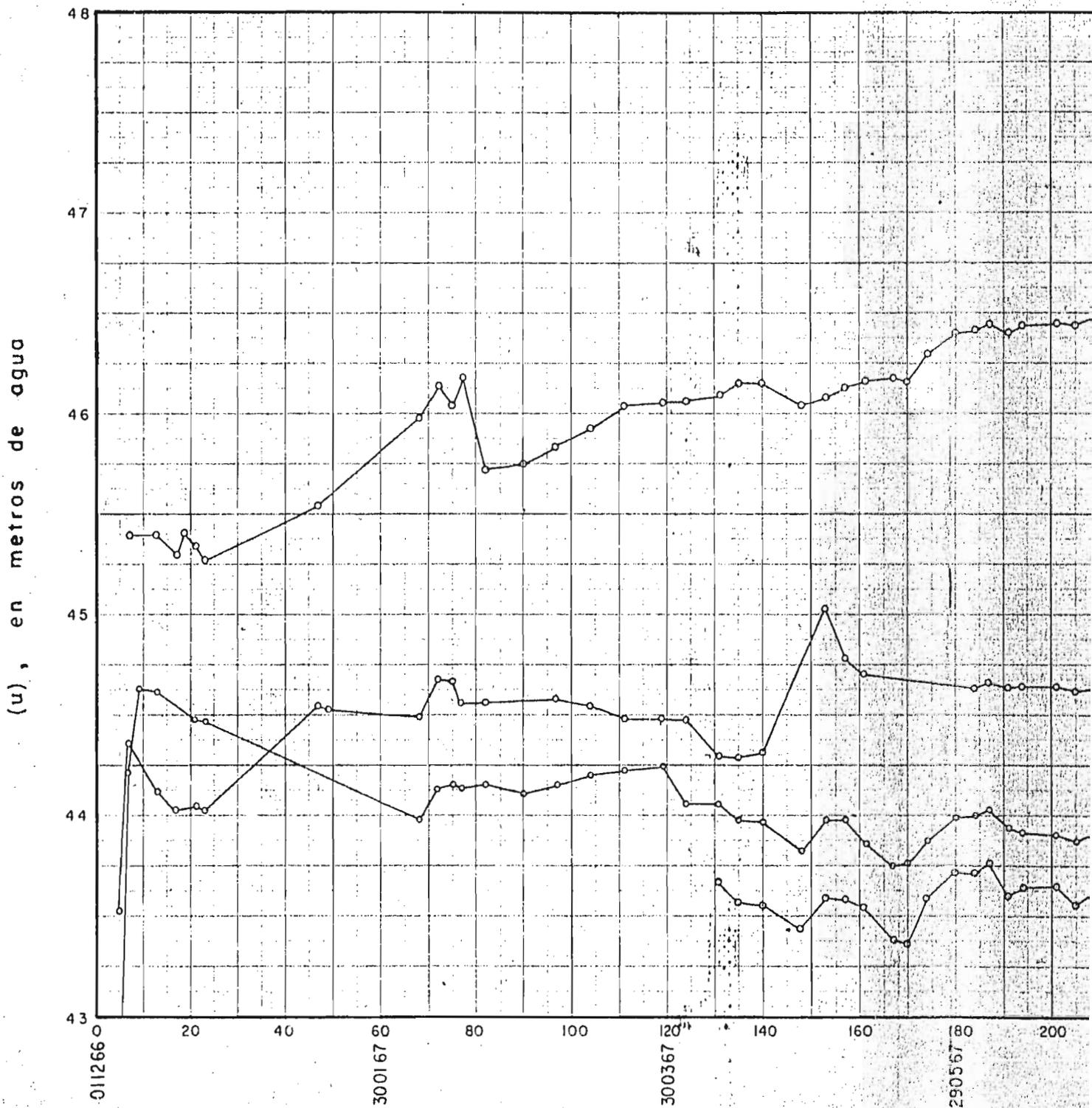
Fig. 34



Prof. 40.00 m

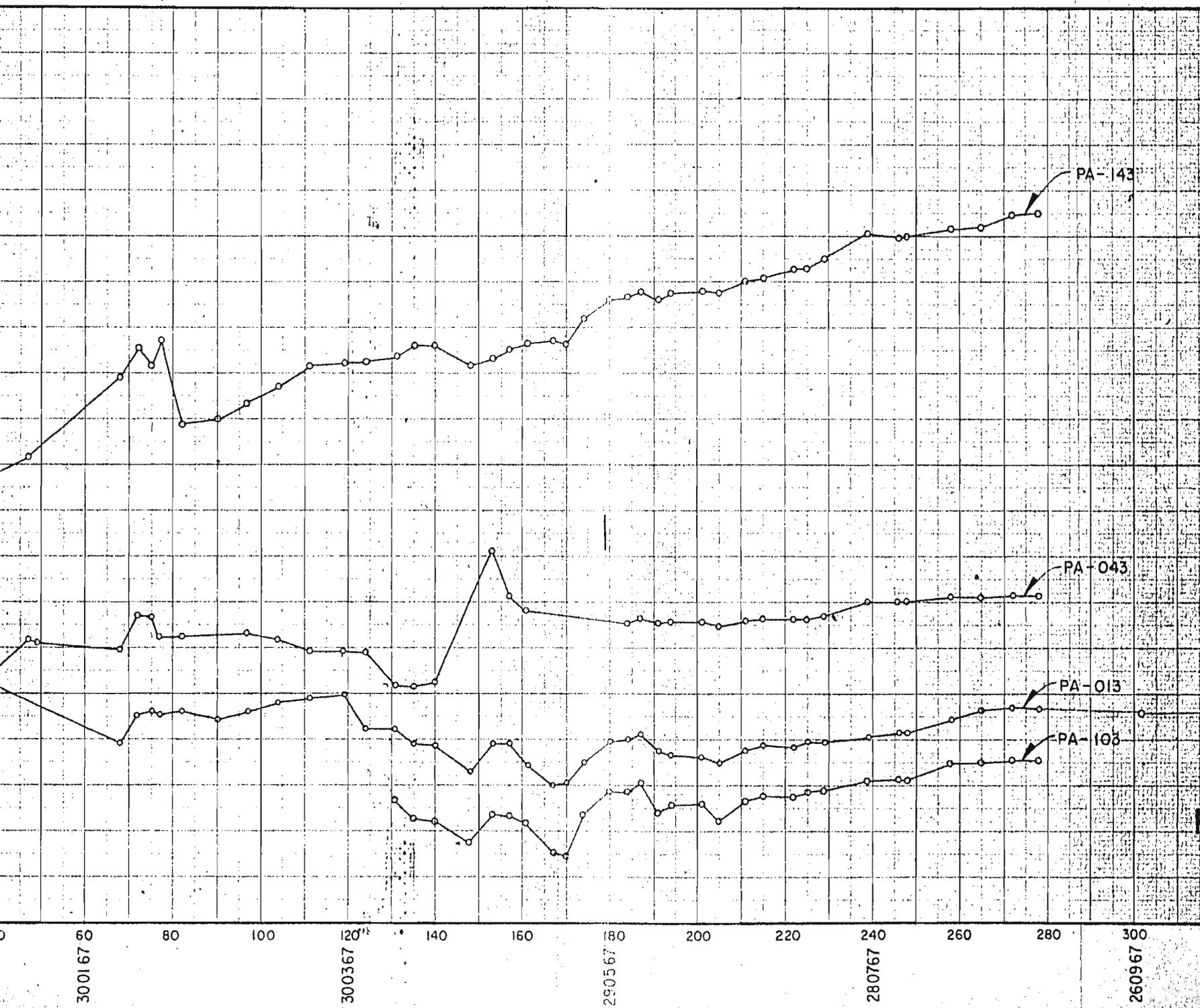
PALACIO DE LOS

PIEZOMETROS ABI



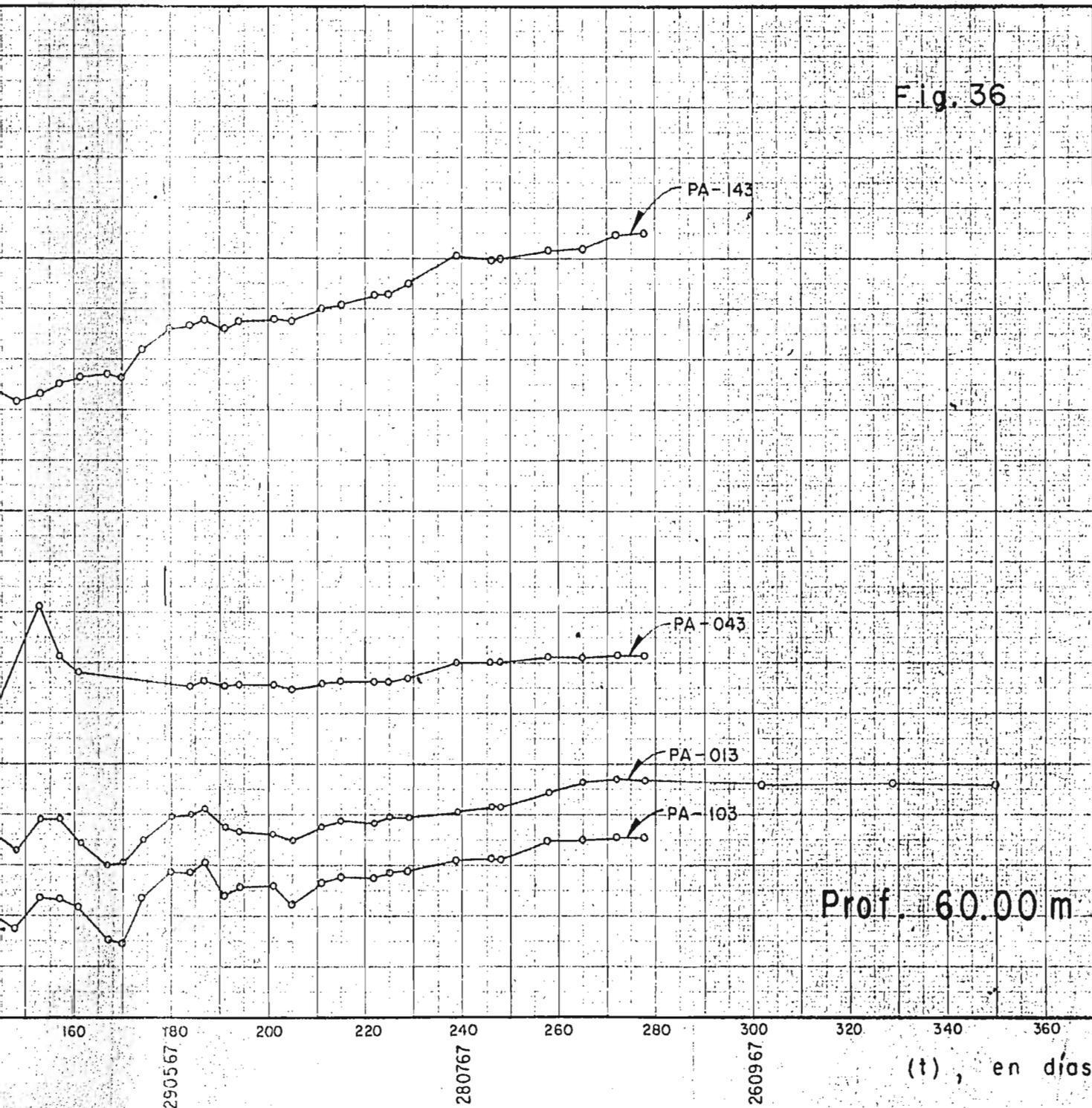
PALACIO DE LOS DEPORTES

PIEZOMETROS ABIERTOS



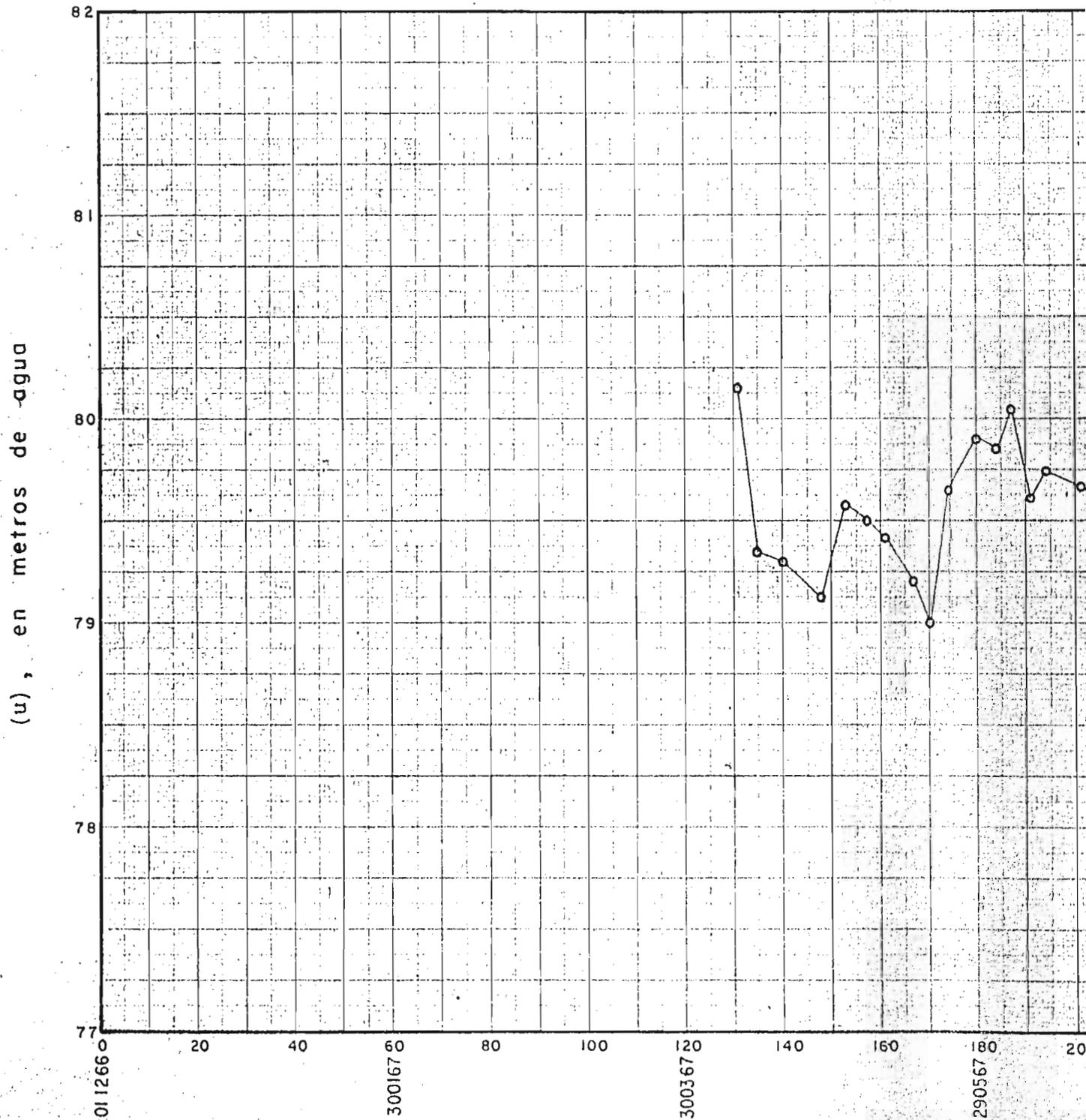
Y
DE LOS DEPORTES
METROS ABIERTOS

Fig. 36



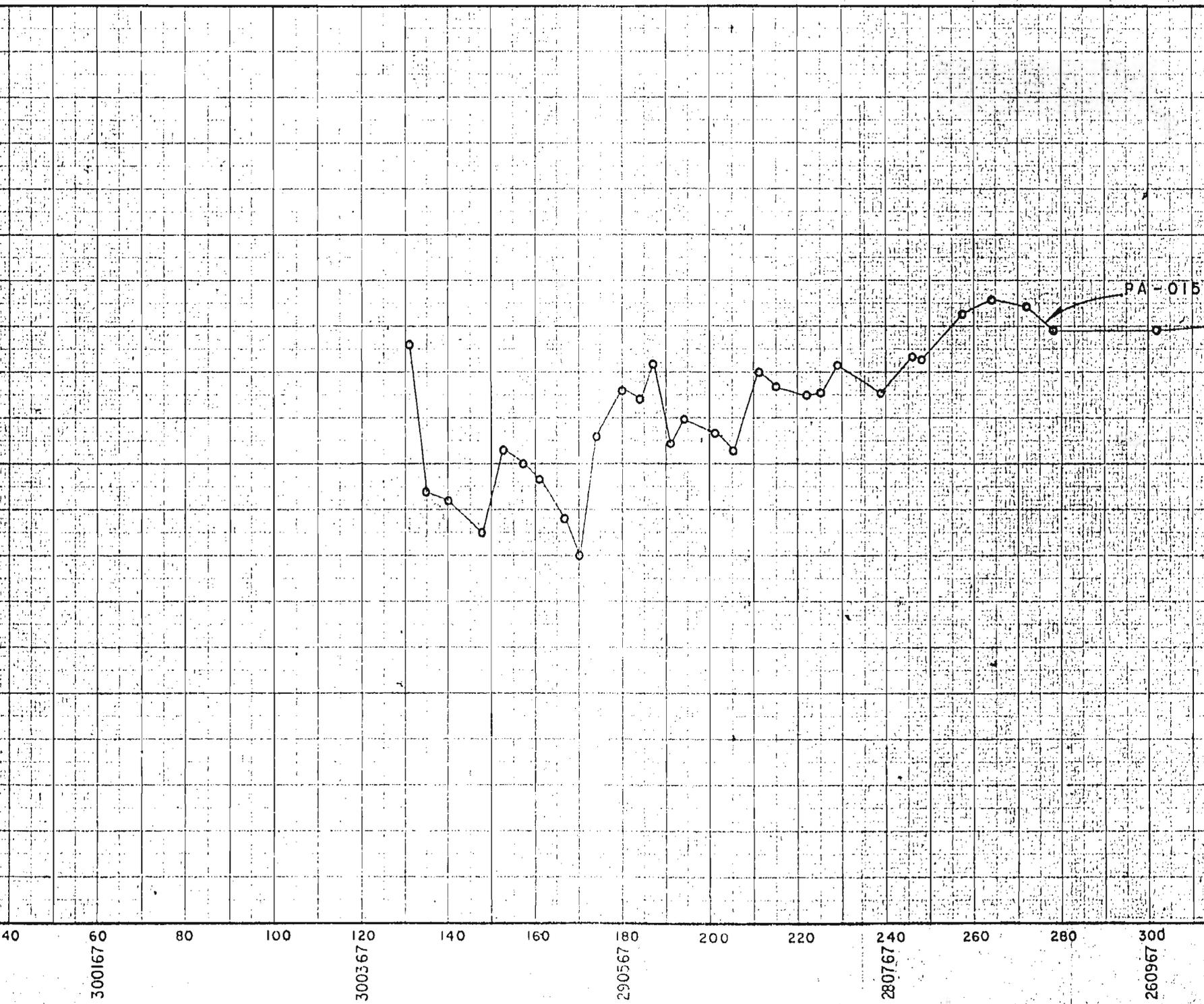
PALACIO DE LOS

PIEZOMETROS AB



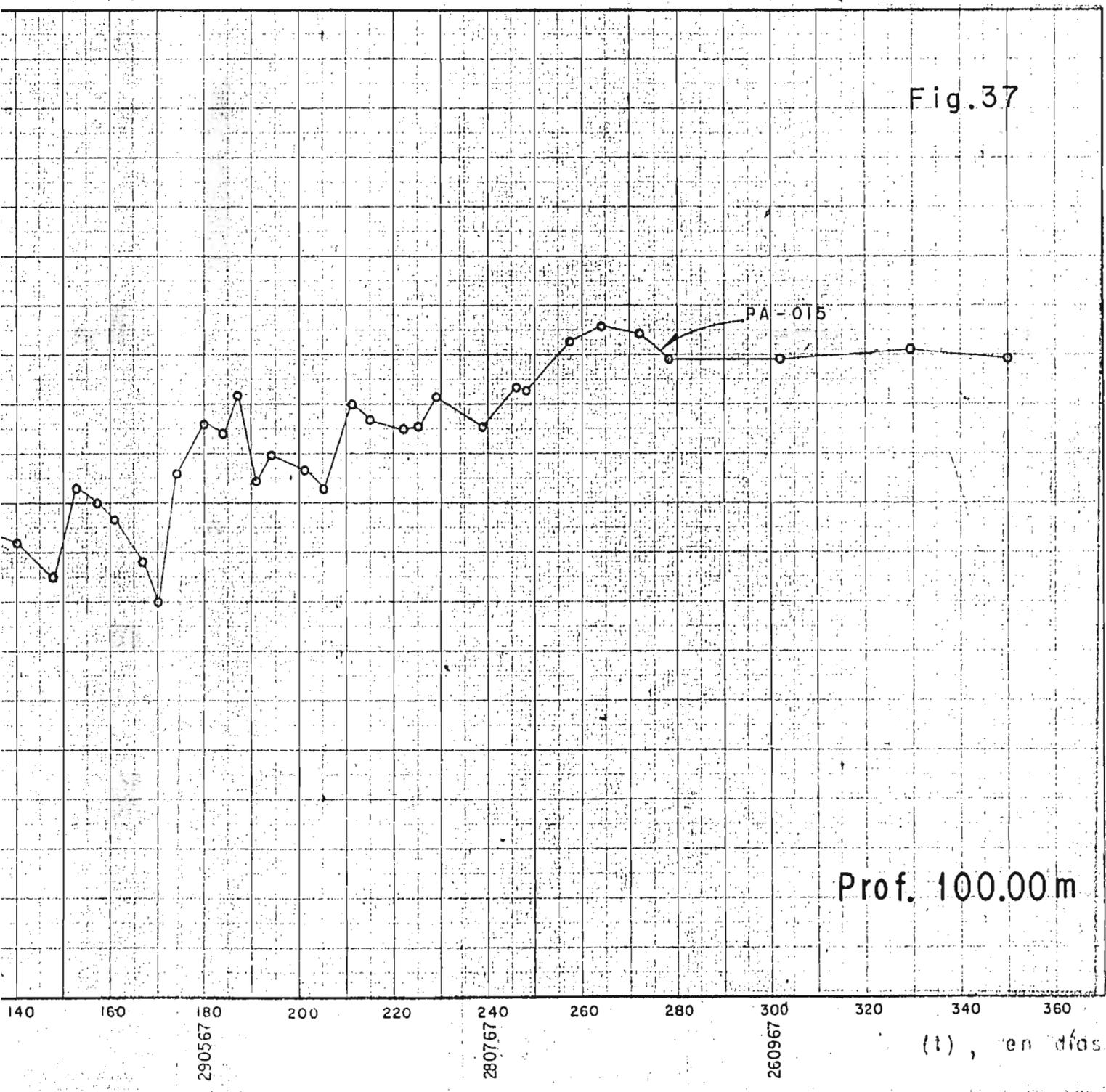
PALACIO DE LOS DEPORTES

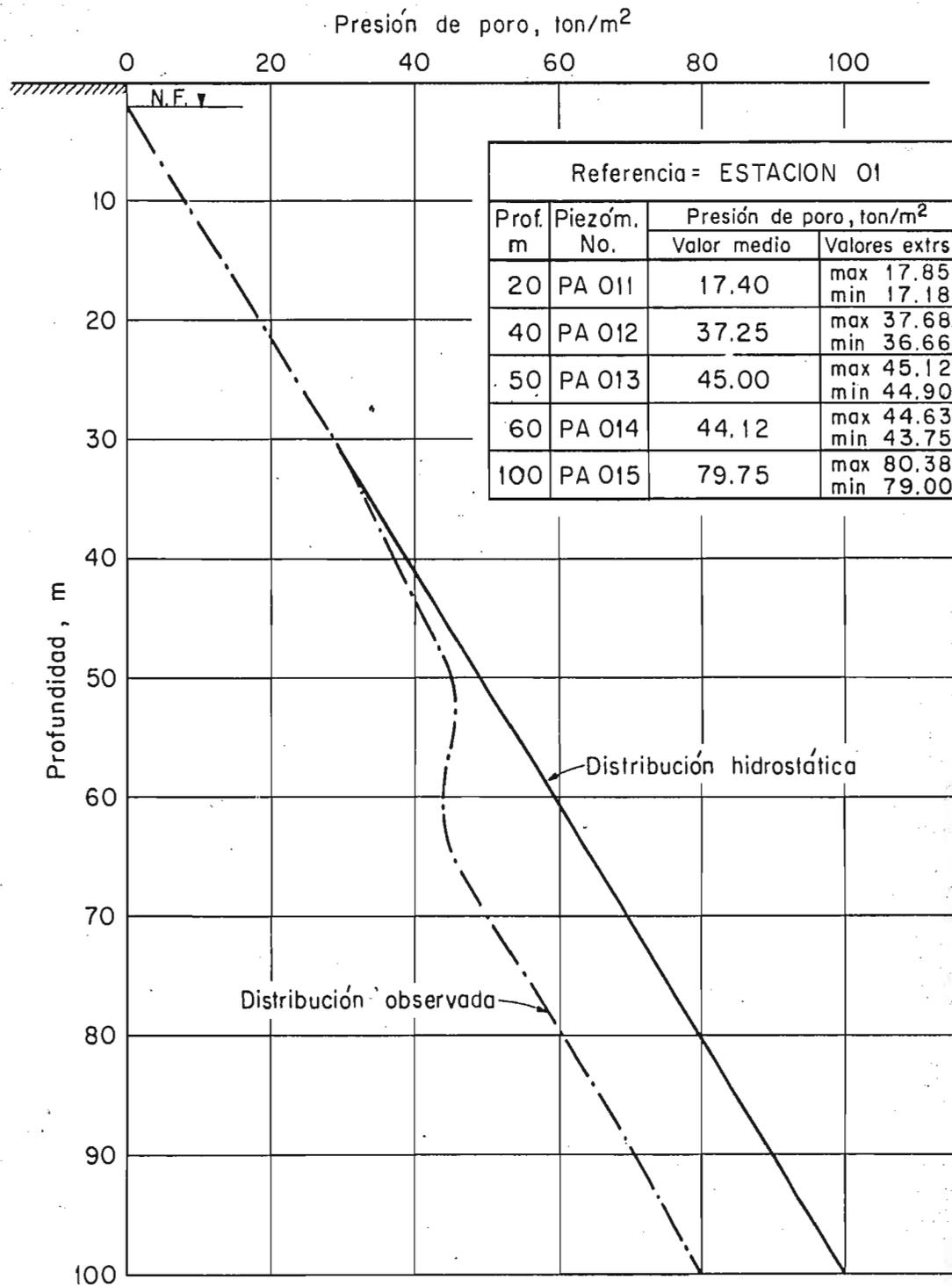
PIEZOMETROS ABIERTOS



DE LOS DEPORTES
METROS ABIERTOS

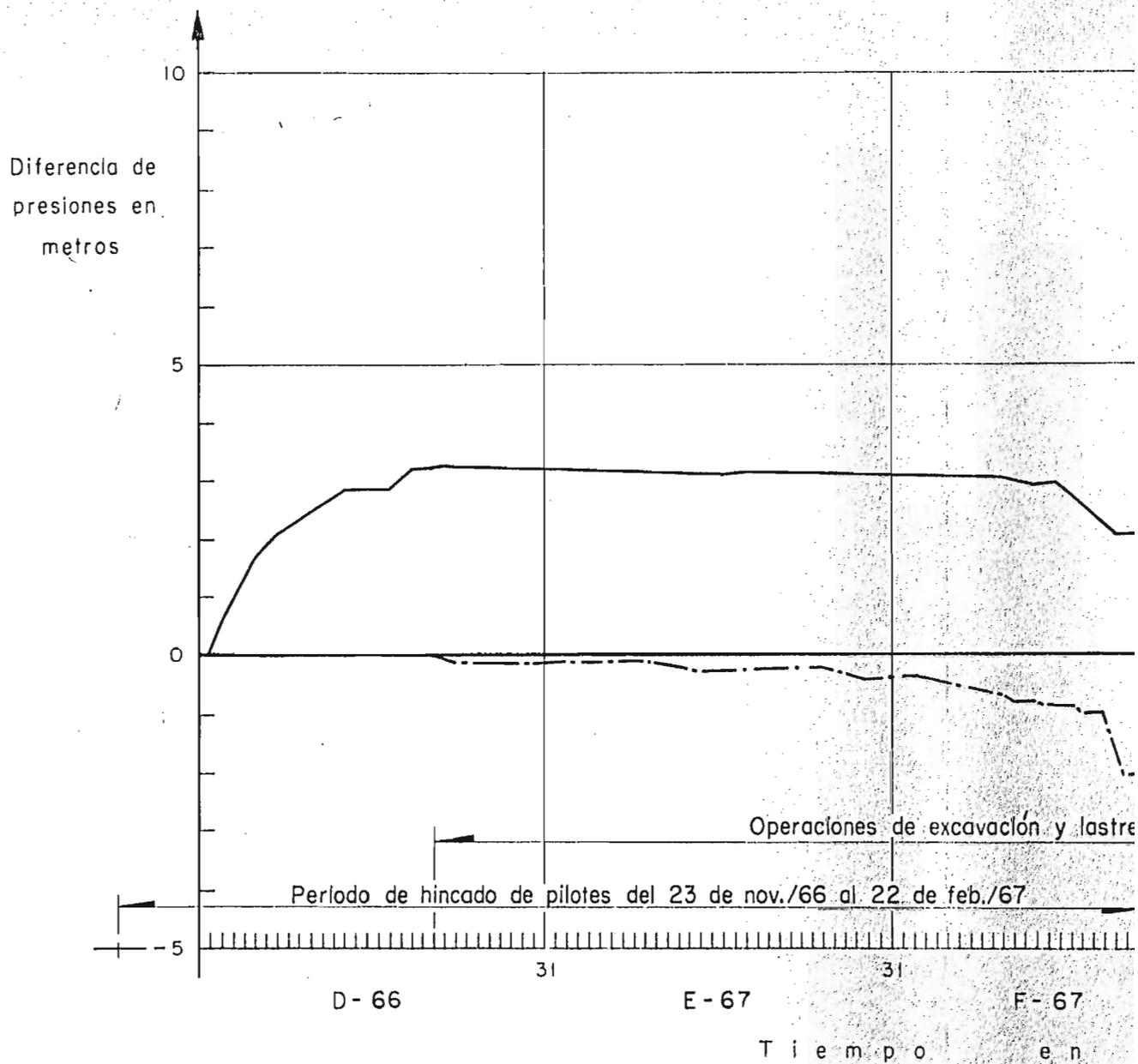
Fig.37





CONDICIONES PIEZOMETRICAS PROMEDIO EN LA
ZONA DEL PALACIO DE LOS DEPORTES

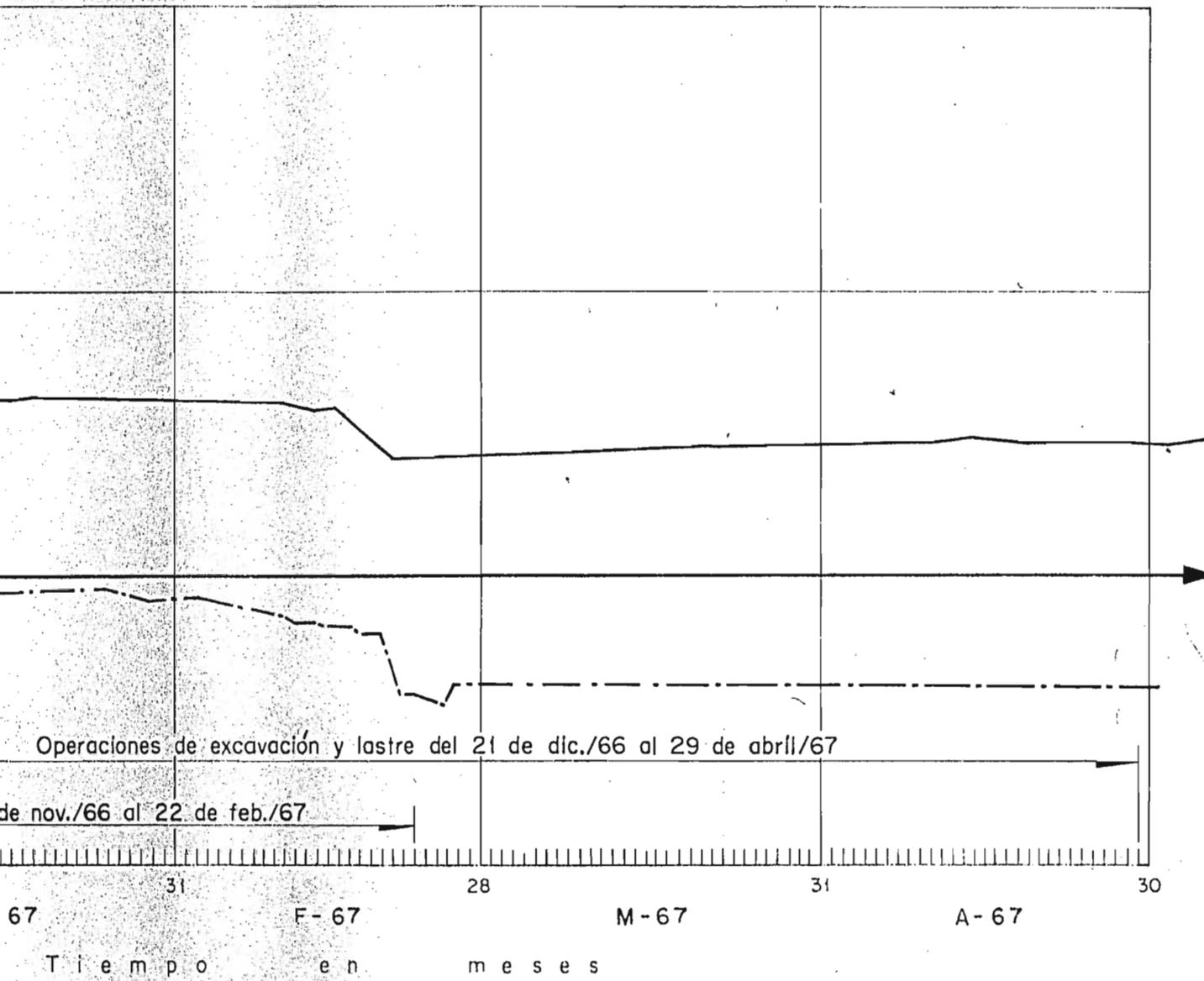
Fig. 38



Punto de referencia : PA 021

— Observada en piezómetro abierto

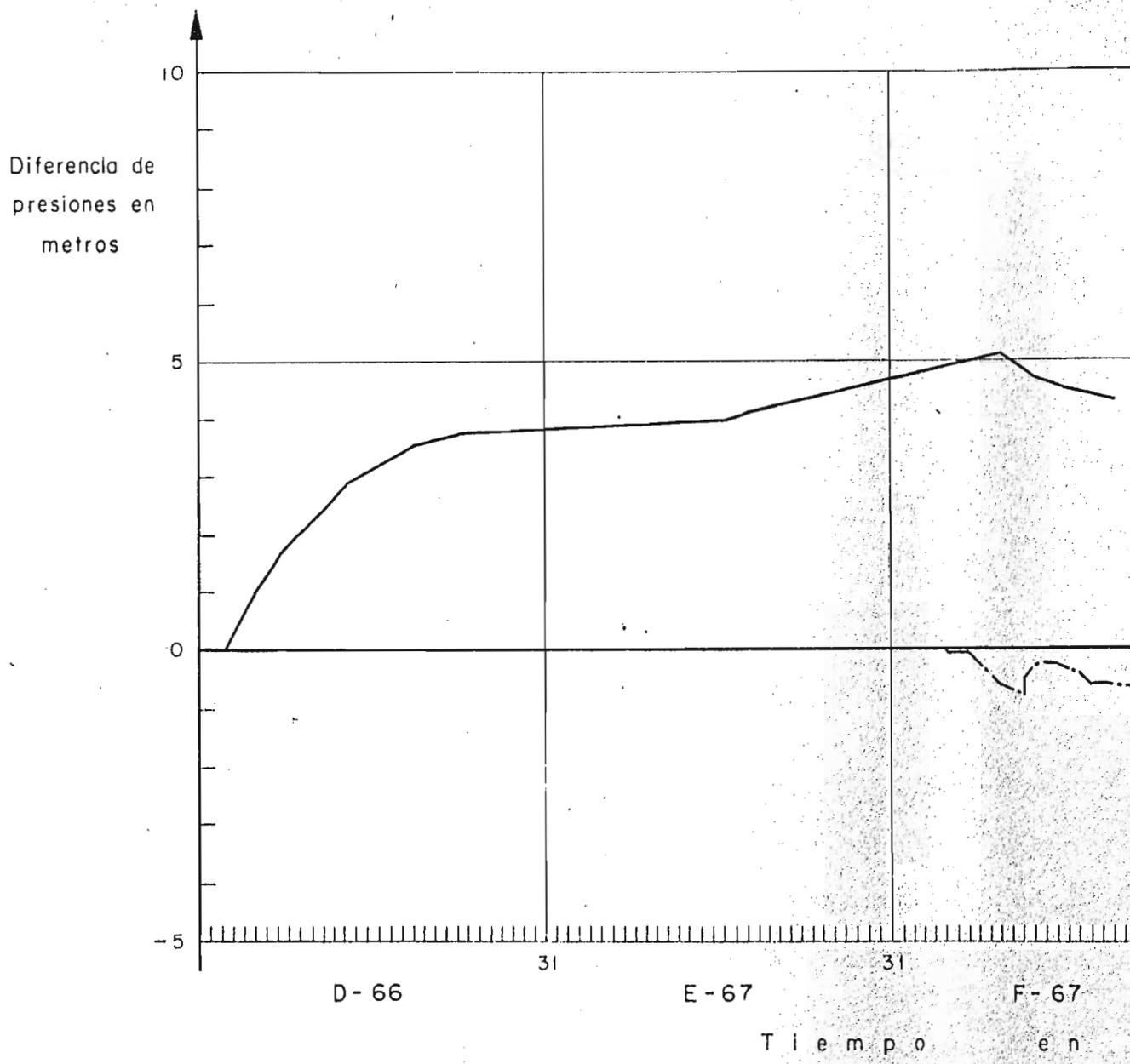
- - - Variación debida a excavación y lastre según la fórmula de Skempton



PALACIO DE LOS DEPORTES
 VARIACION DE LA PRESION DE PORO CON EL TIEMPO

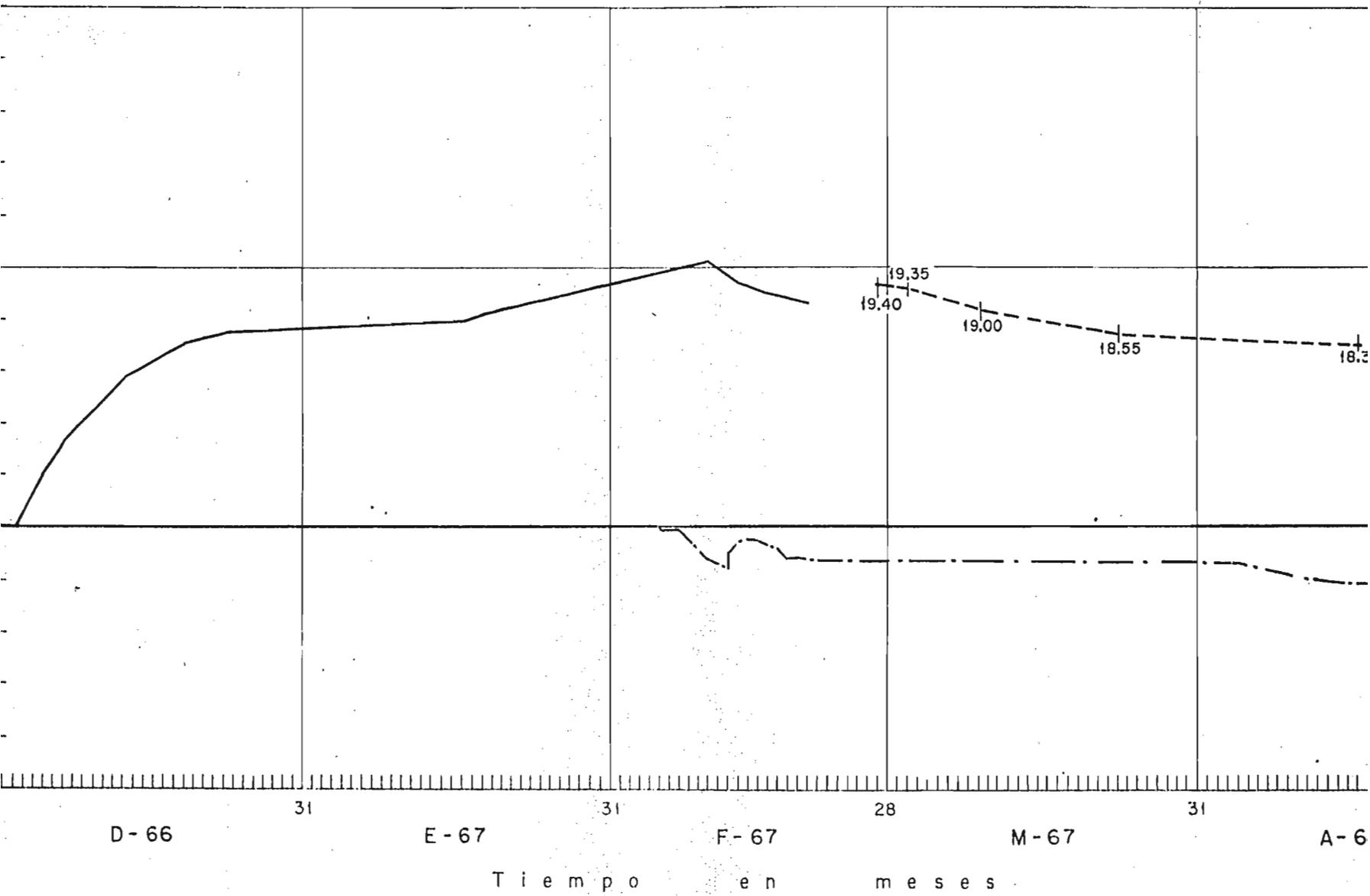
Diciembre 1967

Fig. 39



Punto de referencia : PA 041

- Observada en piezómetro abierto
- - - - - Observada en piezómetro neumático
- · - · - Variación debida a excavación y lastre según la fórmula de Skempton



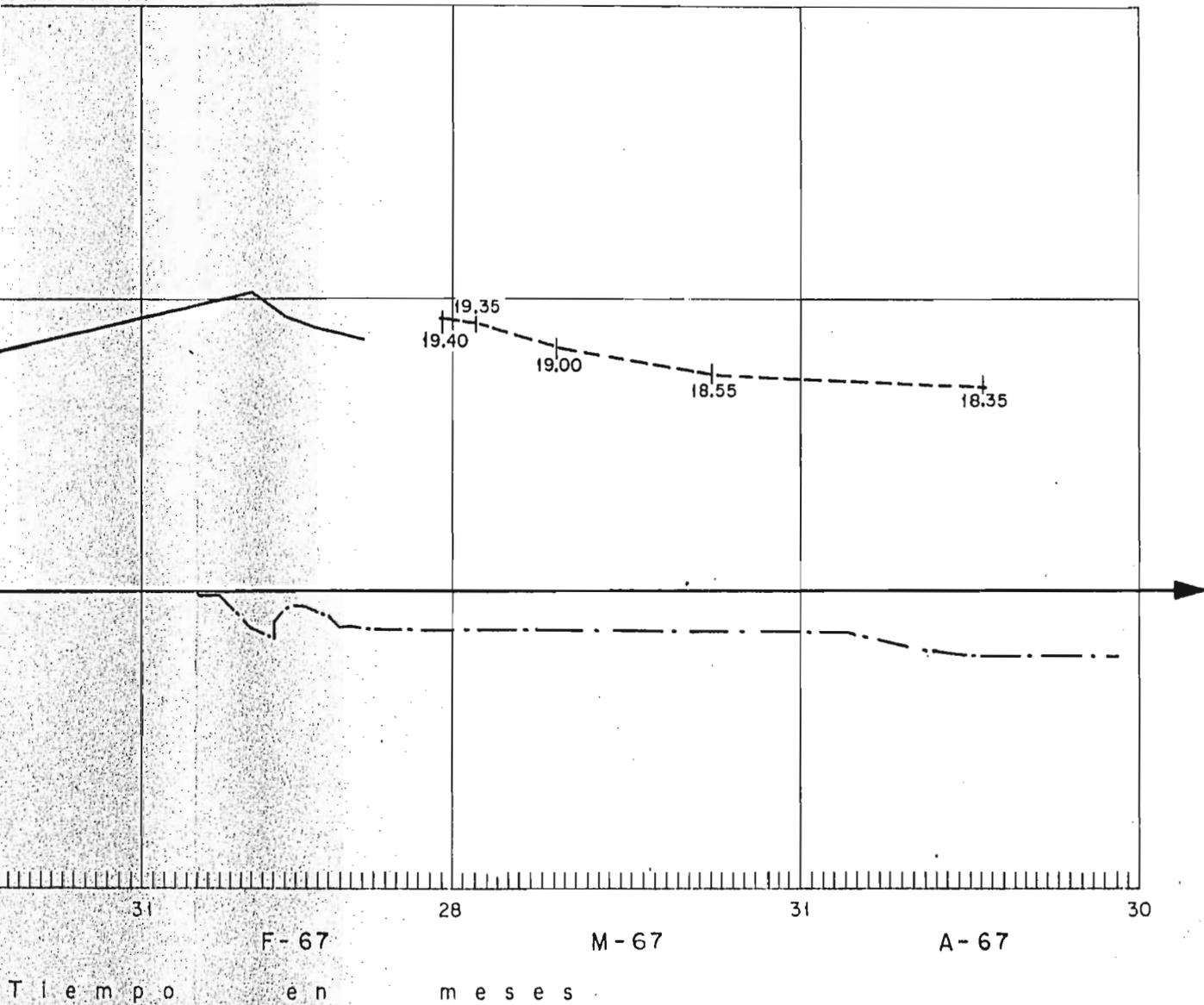
Referencia : PA 041

- Observada en piezómetro abierto
- - Observada en piezómetro neumático
- · - Variación debida a excavación y lastre según la fórmula de Skempton

PALACIO DE LOS DEPORTES
 VARIACION DE LA PRESION DE PORO

Diciembre 1967

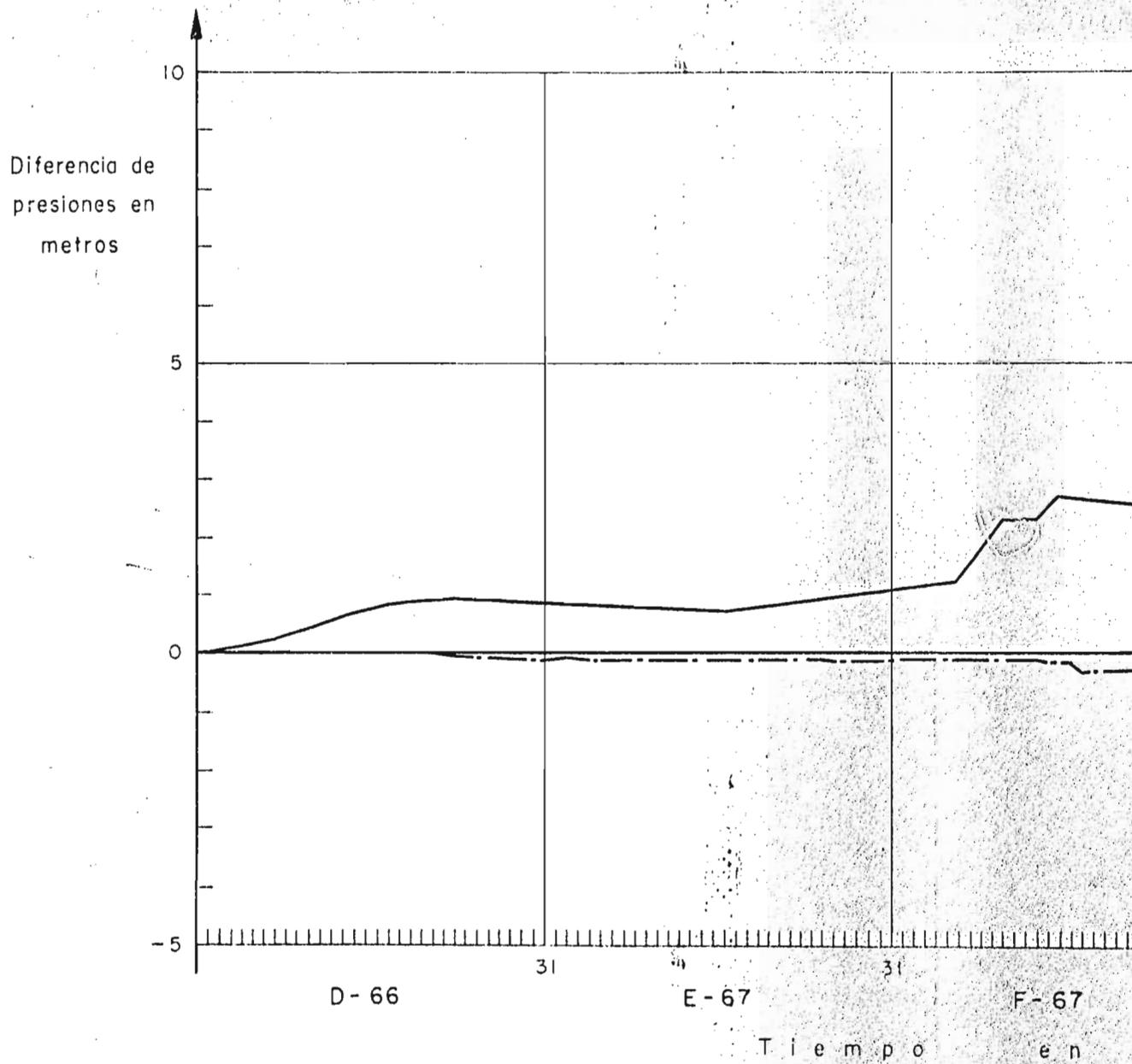
Fig. 40



PALACIO DE LOS DEPORTES
 VARIACION DE LA PRESION DE PORO CON EL TIEMPO

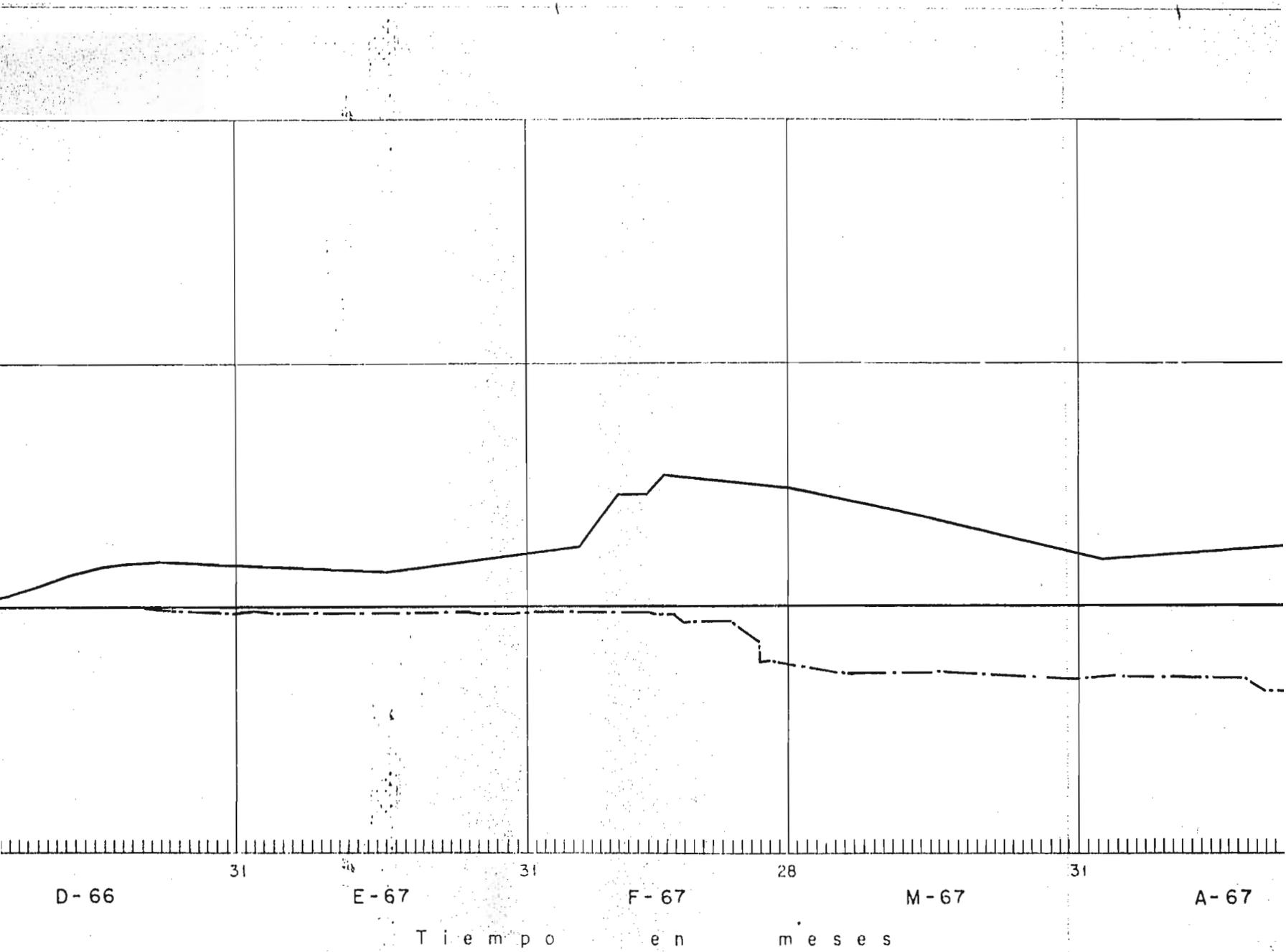
Diciembre 1967

Fig. 40



Punto de referencia : PA 141

- Observada en piezómetro abierto
- - - - - Variación debida a excavación y lastre según la fórmula de Skempton



Referencia : PA 141

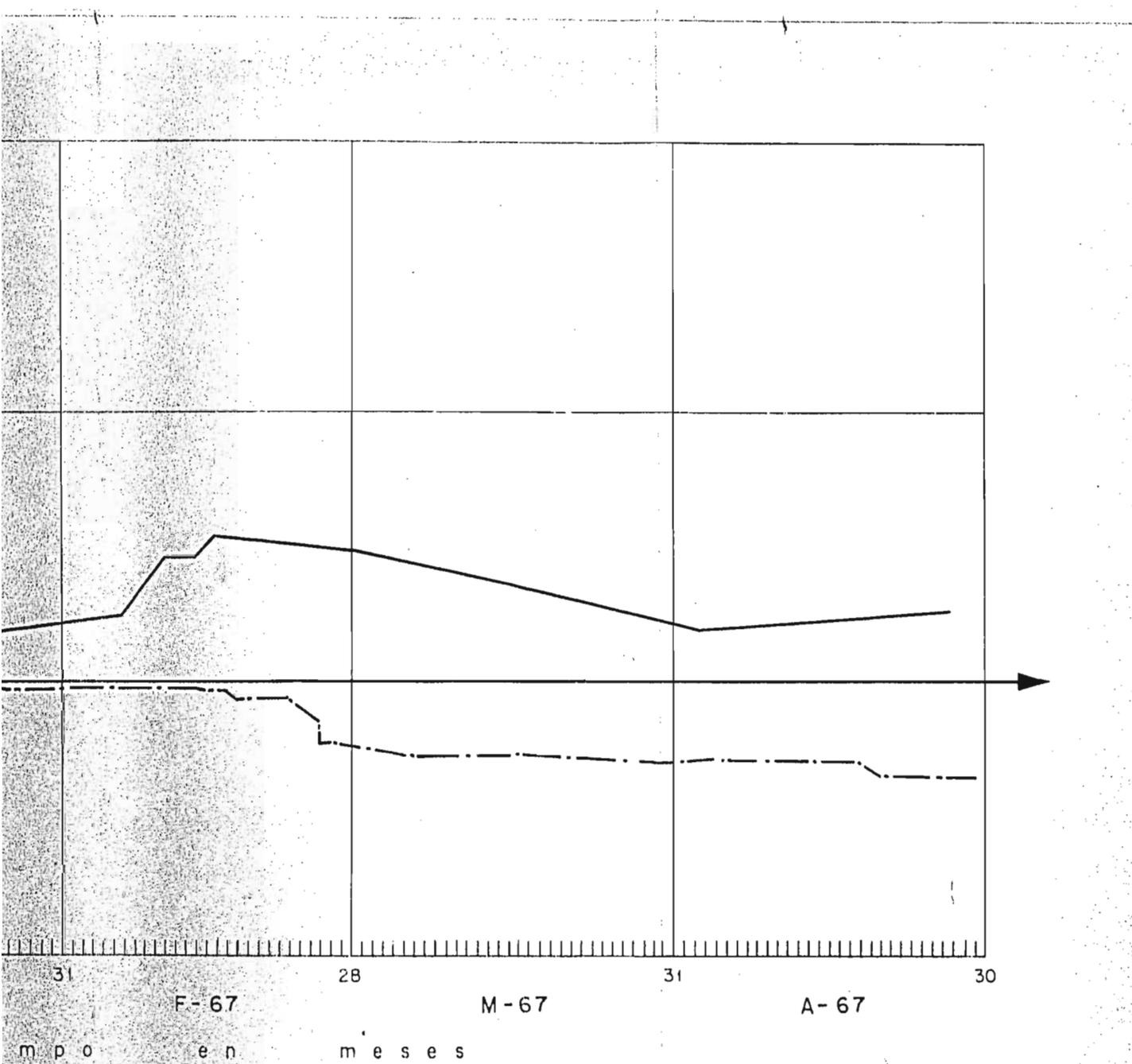
Observada en piezómetro abierto

Variación debida a excavación y lastre según la fórmula de Skempton

PALACIO DE LOS DEPORTES
 VARIACION DE LA PRESION DE PORO CON

Diciembre 1967

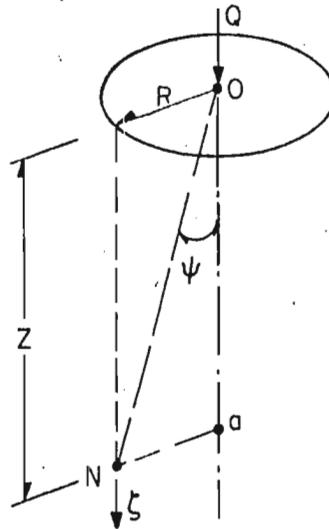
Fig. 41



PALACIO DE LOS DEPORTES
 VARIACION DE LA PRESION DE PORO CON EL TIEMPO

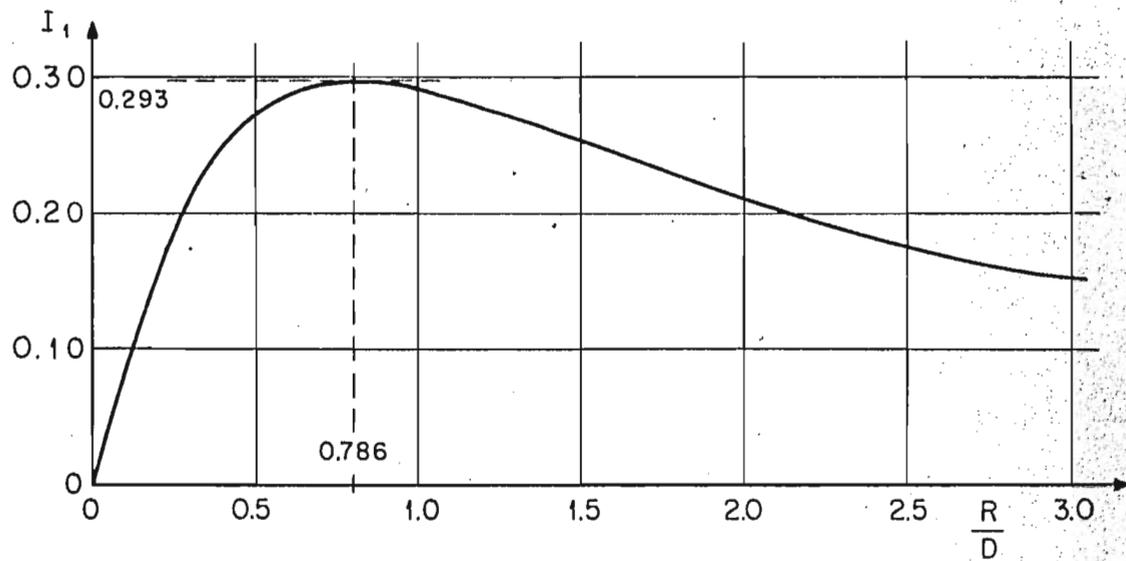
Diciembre 1967

Fig. 41



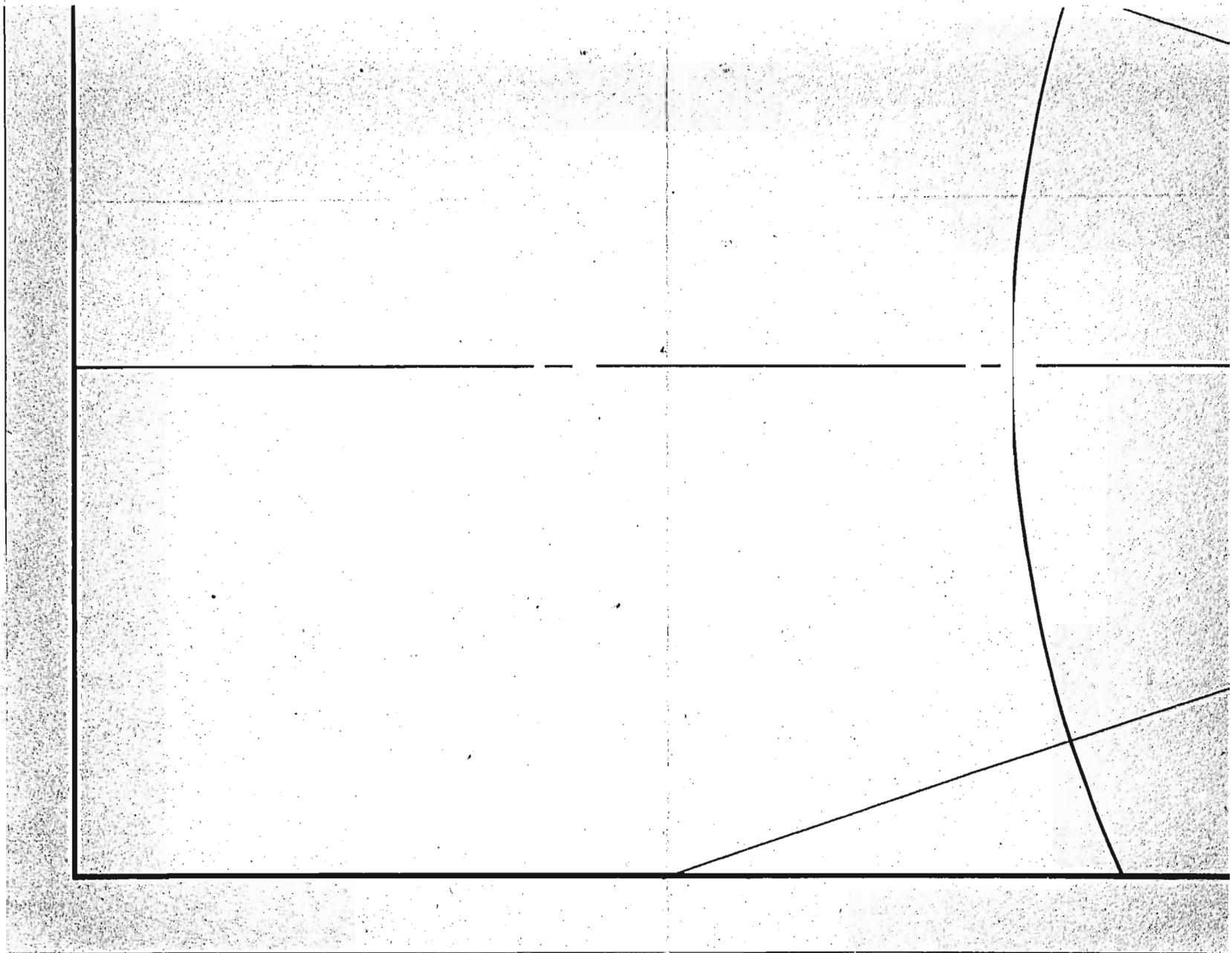
PROBLEMA DE BOUSSINESQ

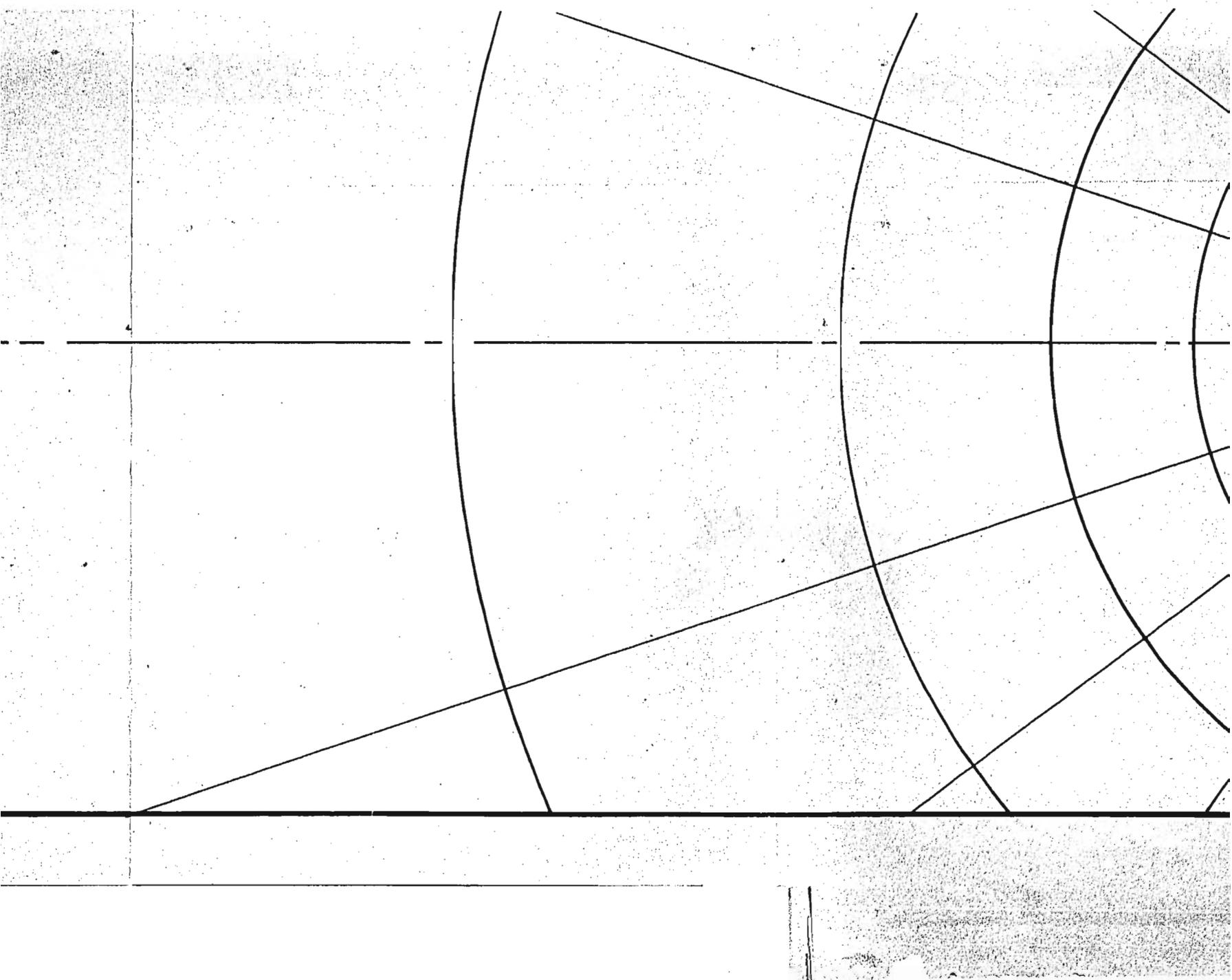
Fig. A.1

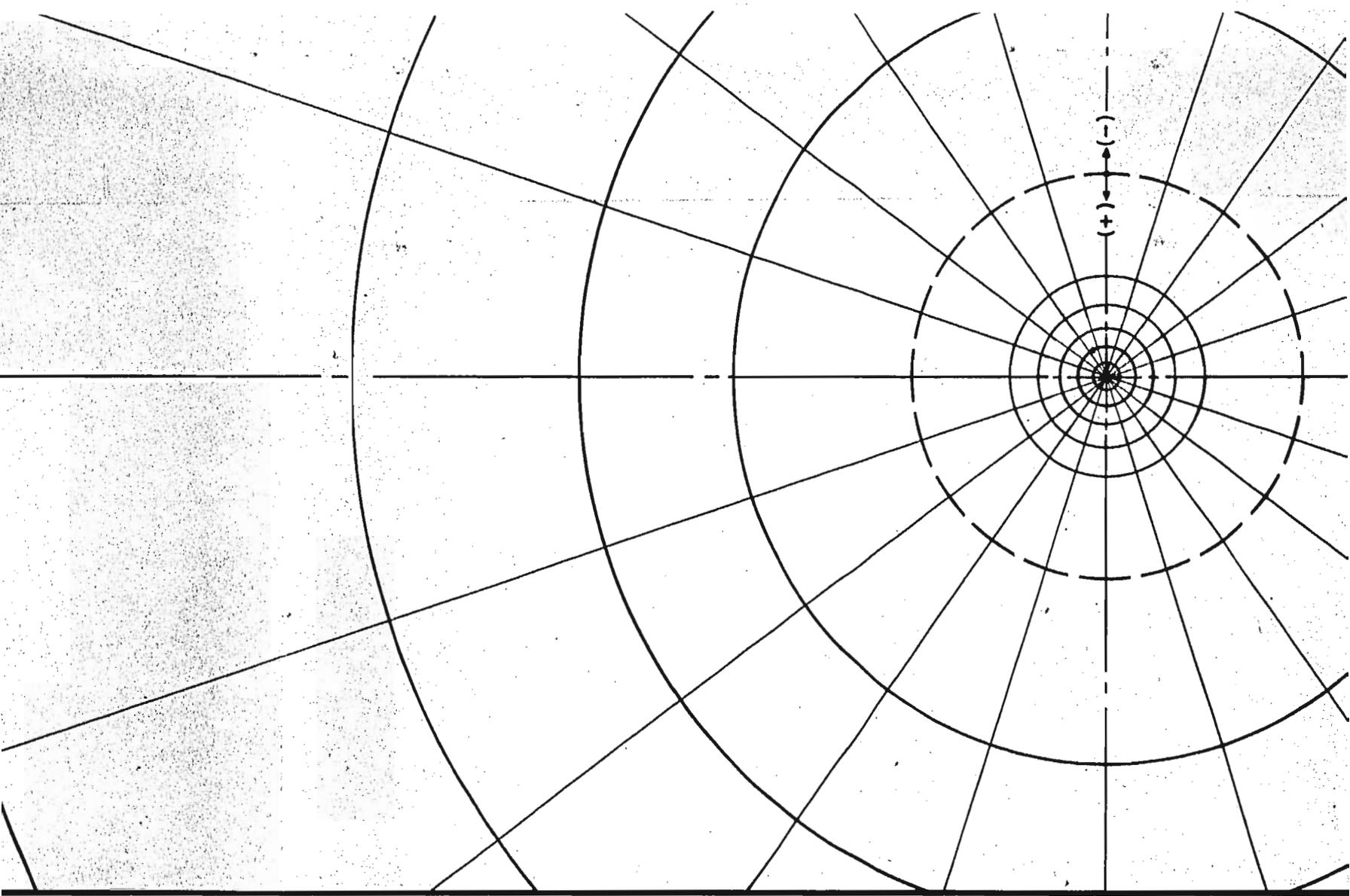


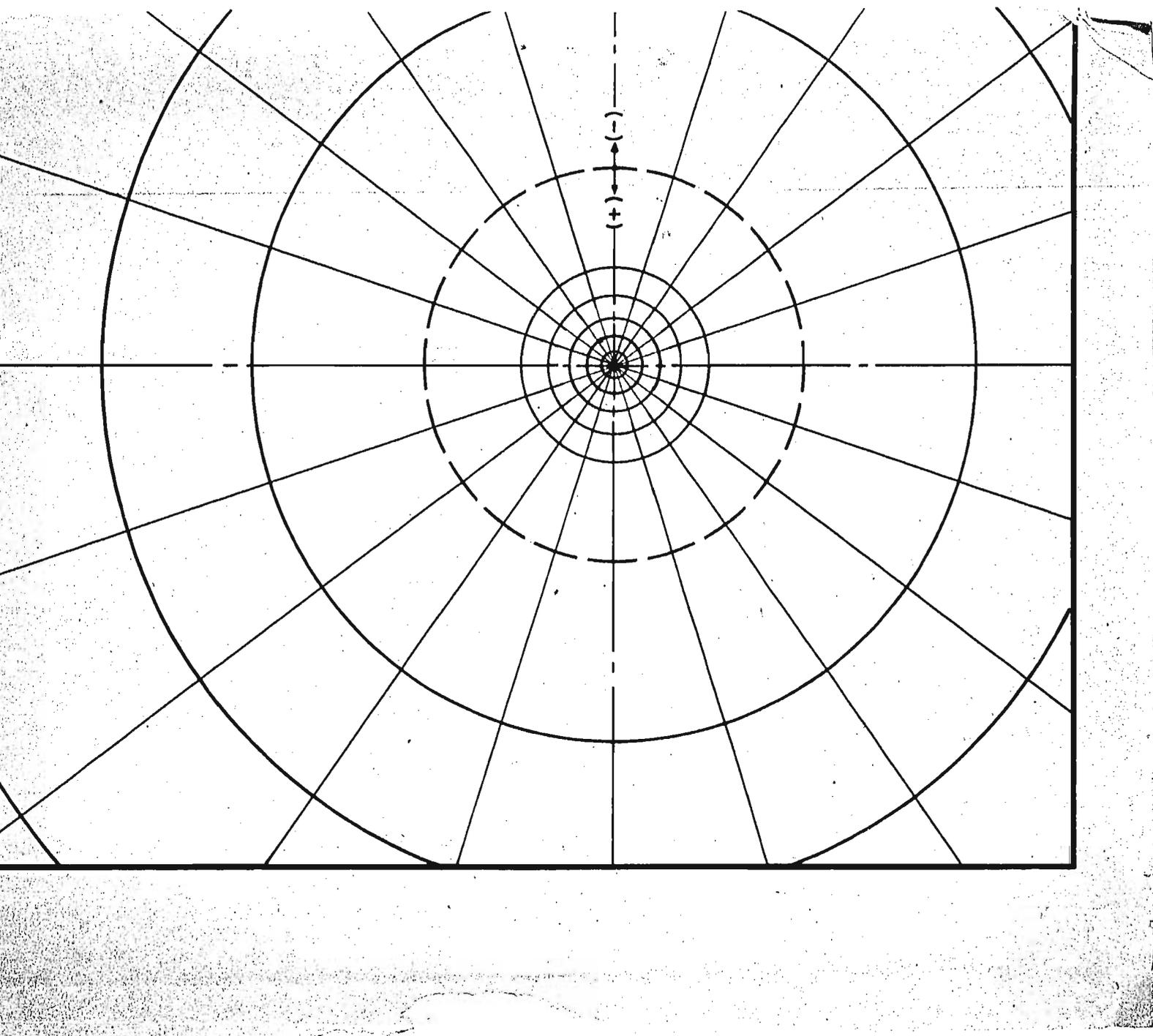
VARIACION DE LA INFLUENCIA I_1 CONTRA R/D

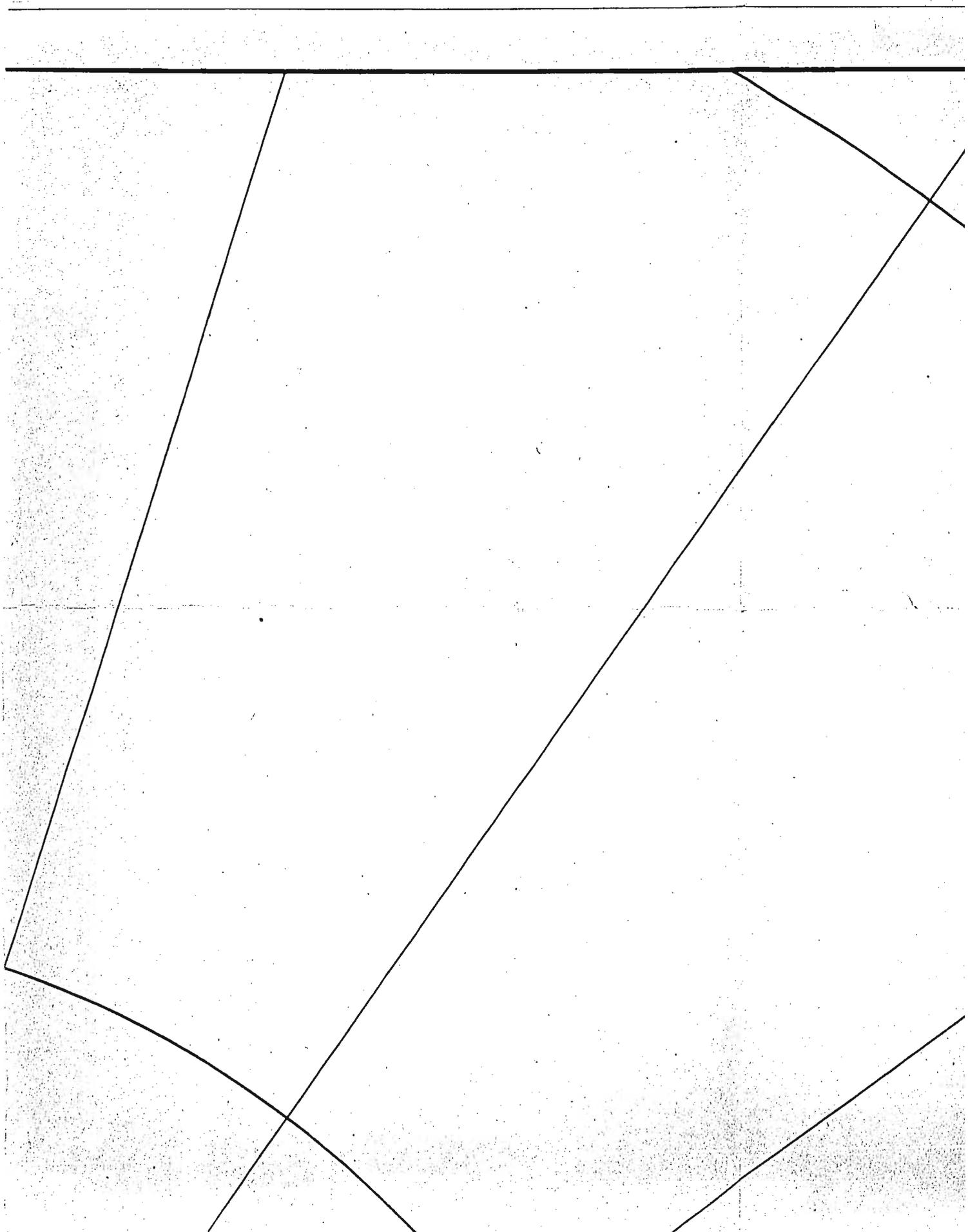
Fig. A.2

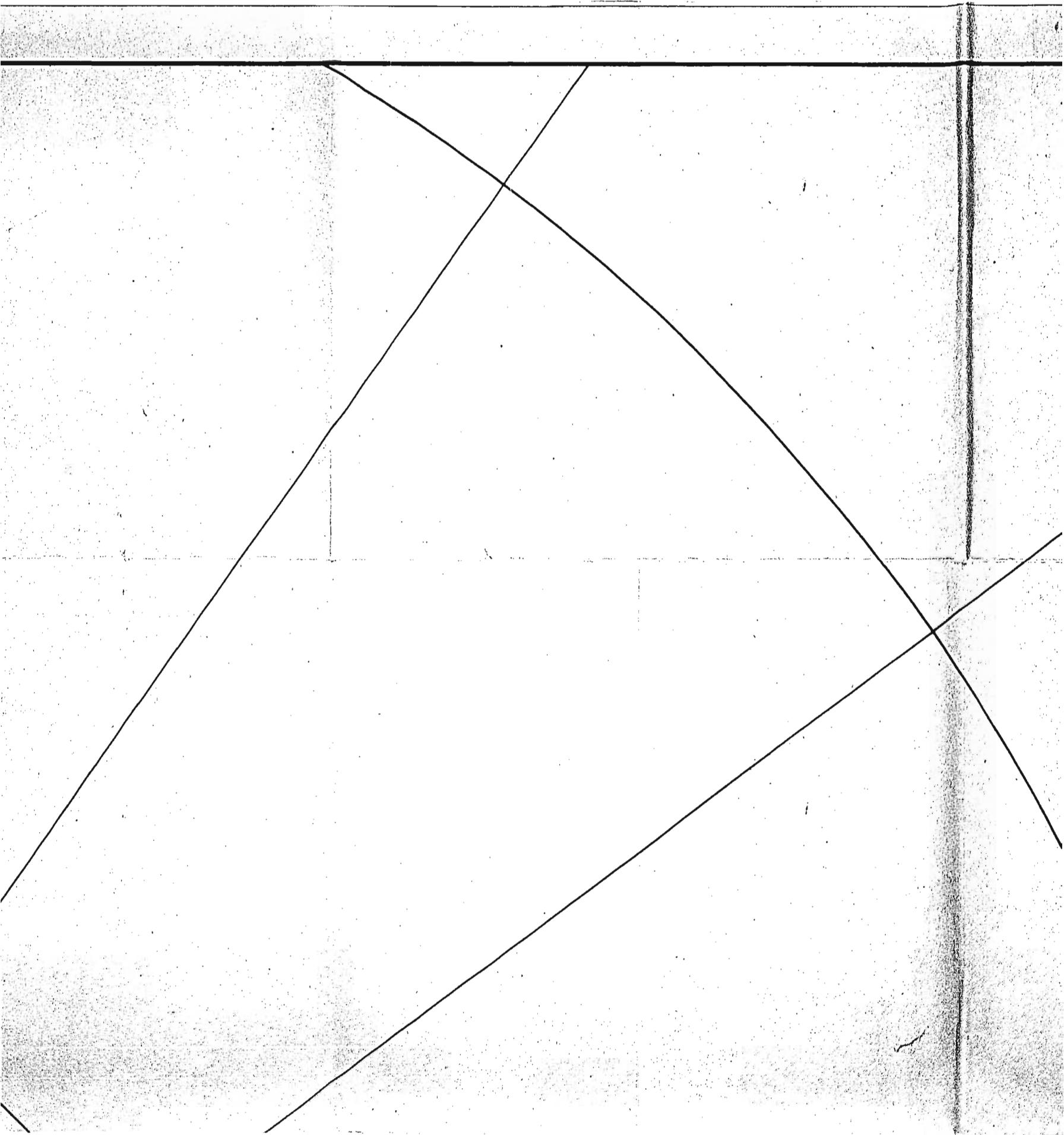


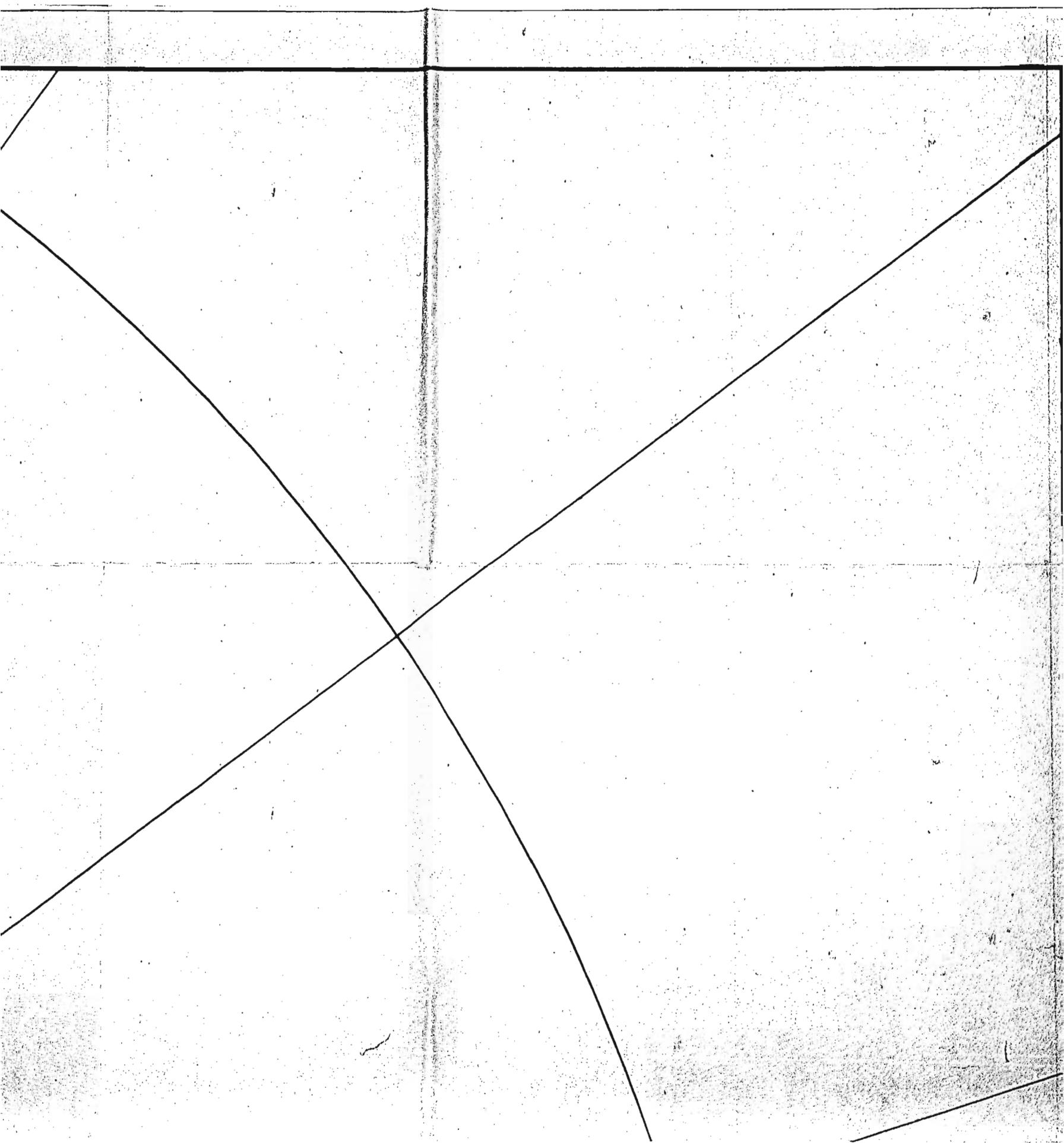


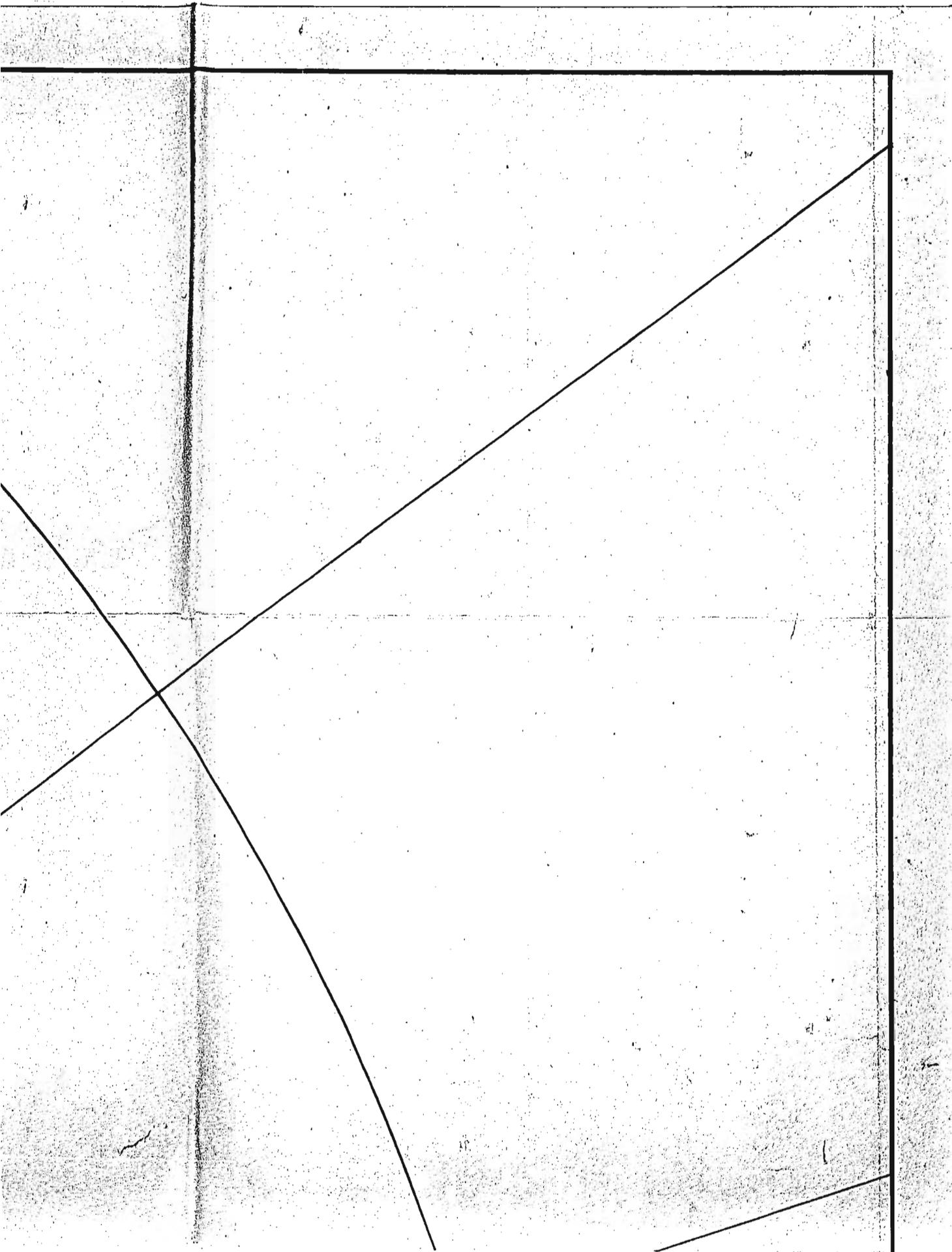


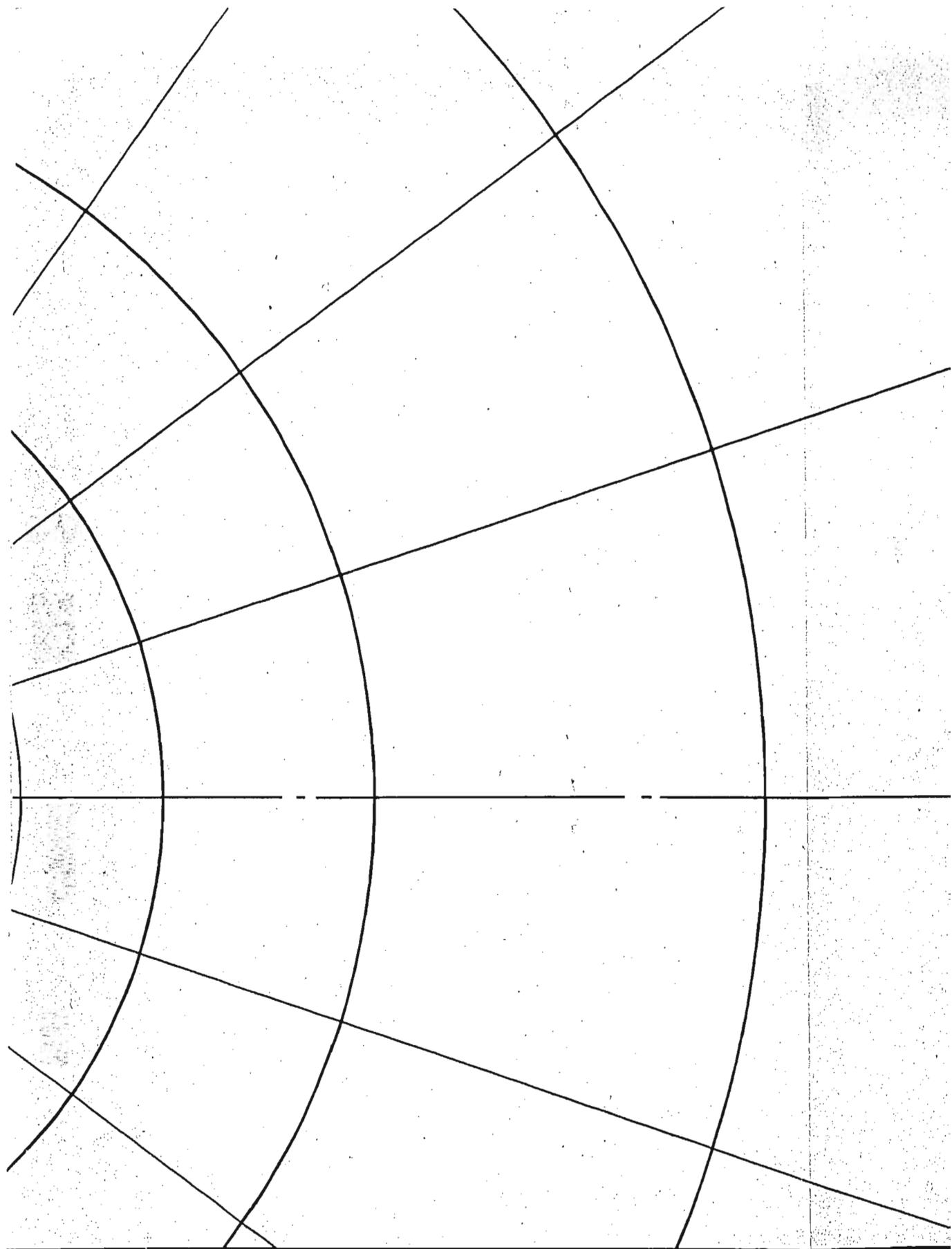








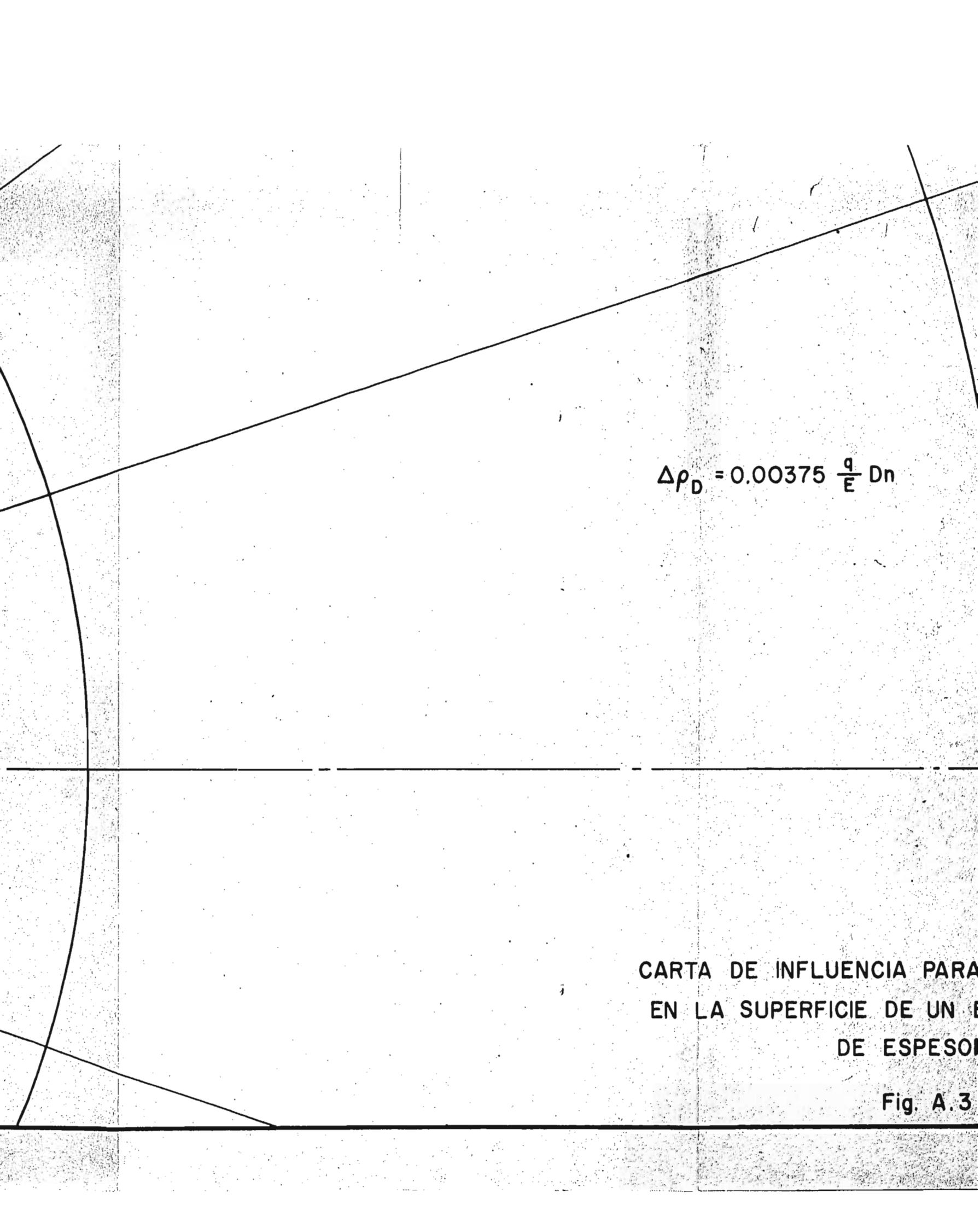






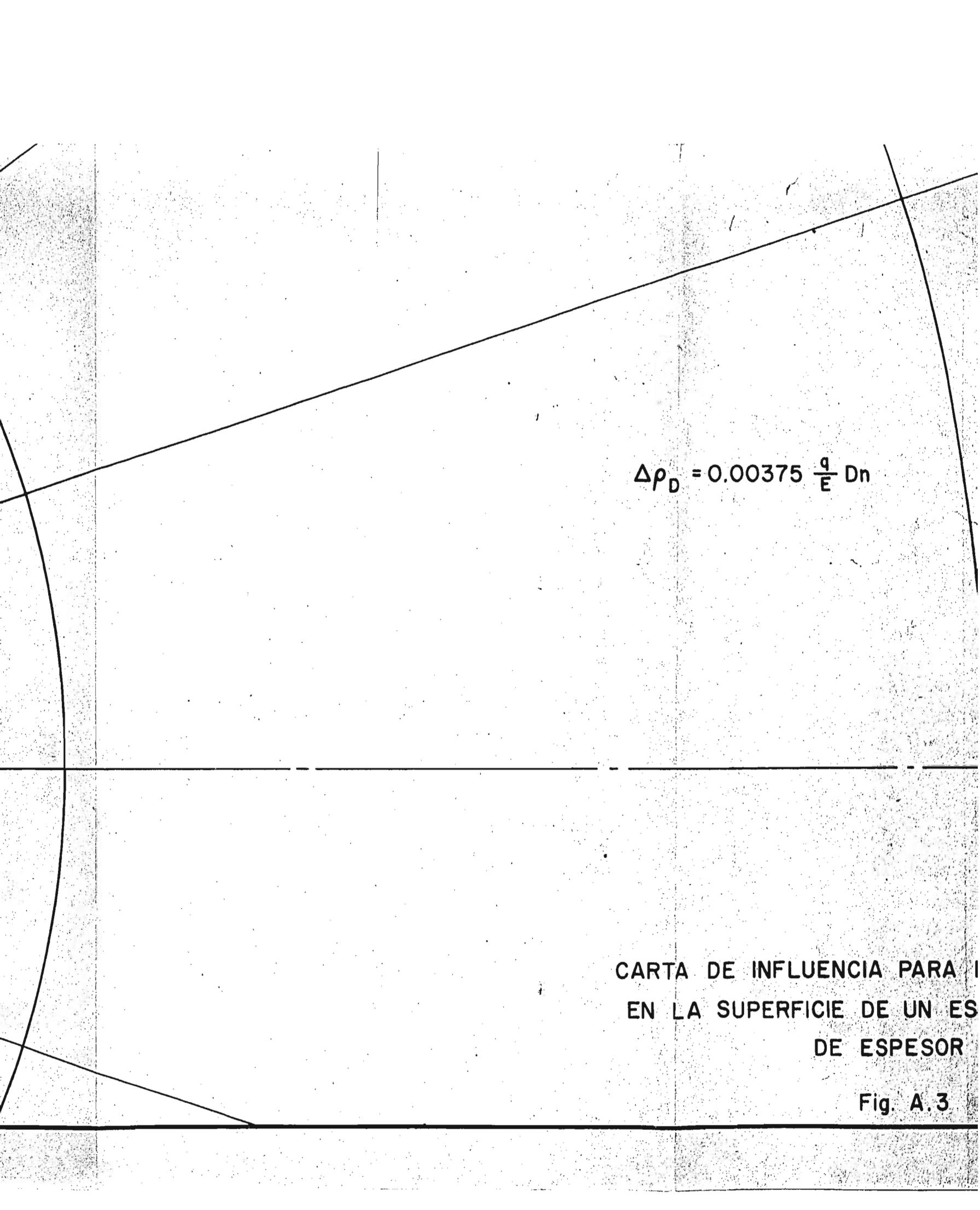
$\Delta\rho_1$

CART
EN


$$\Delta\rho_D = 0.00375 \frac{q}{E} Dn$$

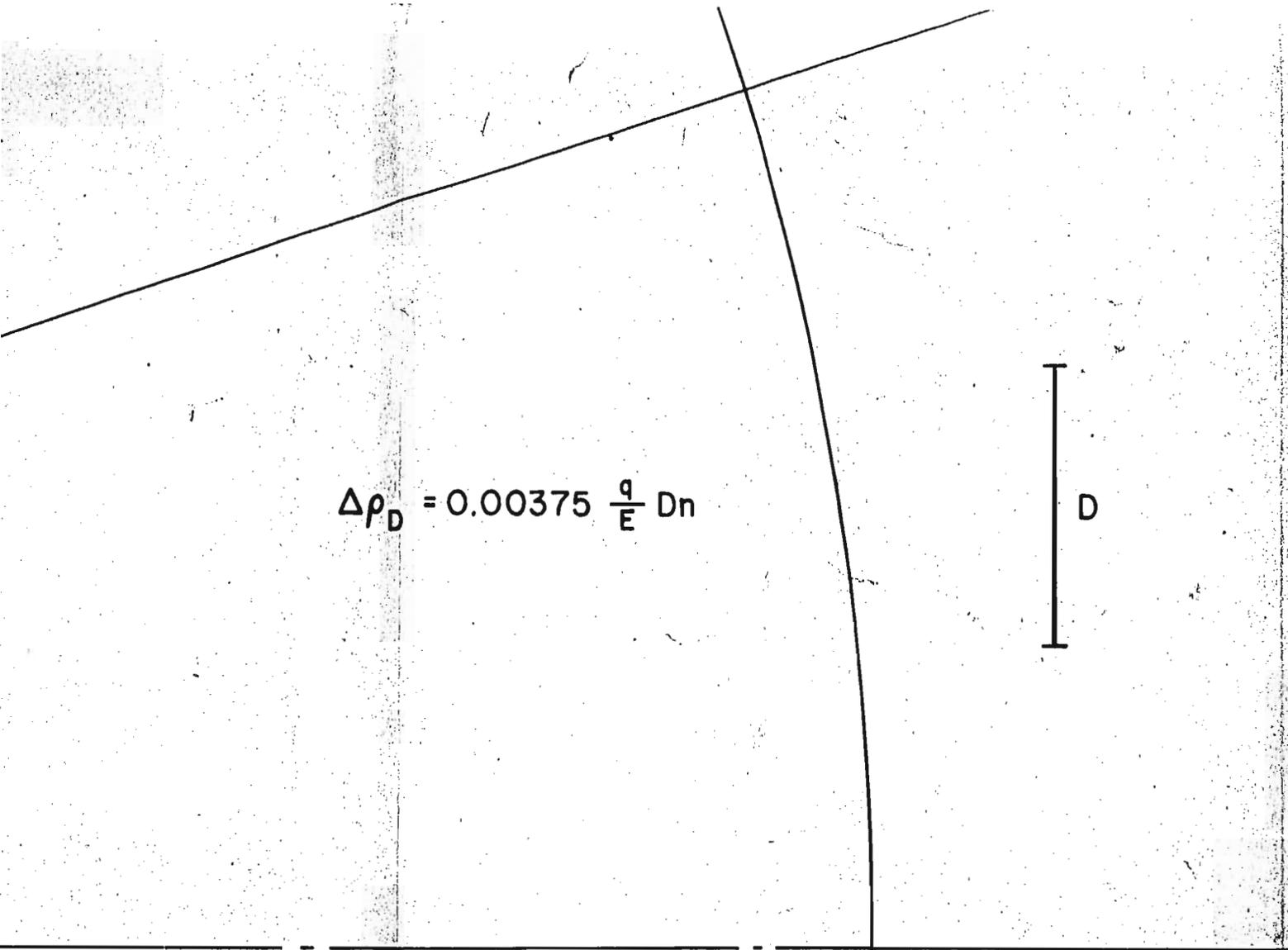
CARTA DE INFLUENCIA PARA
EN LA SUPERFICIE DE UN
DE ESPESOR

Fig. A.3


$$\Delta\rho_D = 0.00375 \frac{q}{E} Dn$$

CARTA DE INFLUENCIA PARA I
EN LA SUPERFICIE DE UN ES
DE ESPESOR

Fig. A.3


$$\Delta\rho_D = 0.00375 \frac{q}{E} Dn$$

CARTA DE INFLUENCIA PARA DESPLAZAMIENTOS
EN LA SUPERFICIE DE UN ESTRATO ELASTICO
DE ESPESOR D.

Fig. A.3