

2309.
Tos. 1157.

MORIS PIEVE DUARTE — ALFREDO RODRIGUEZ CAMPOS

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

**CURVAS DE INTENSIDAD,
DURACION Y FRECUENCIA
DE LLUVIAS CORTAS PARA
EL AREA METROPOLITANA
Y SUS ALREDEDORES**

CARACAS, JULIO 1963

Alfredo Quas López

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

TES
00521

TESIS
PR
03

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE INGENIERIA

TAM
1963
P618

Trabajo especial de grado presentado ante la :

" ILUSTRE UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA "

Para optar el título de HIDROMETEOROLOGISTA.

Rodríguez Campos, Alfredo

Pieve Duarte, Moris

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE INGENIERIA

Alfredo Rivas López

Curvas de intensidad duración y frecuencia de
lluvias cortas para el área metropolitana y sus
alrededores

Agradecimientos

Prólogo

Palabras a quienes con su amor y apoyo hicieron posible este trabajo

Palabras a los lectores

Palabras a los investigadores

Palabras a los estudiantes

Palabras para el futuro **Dedicado a nuestros padres y hermanos**

Palabras a los docentes

Palabras a los amigos

Palabras a los colegas

S U M A R I O

	<u>Pag.</u>
Agradecimiento	4
Prólogo	5
Pasos a seguir para la elaboración del trabajo especial.	6-12
Análisis de los mapas	13
Aplicación del trabajo especial y uso de los mapas.	14-15
Datos de las Estaciones	16-28
Datos para el ^z tratado de las Curvas de Intensidad. Duración y Frecuencia sobre planos de la ciudad de Caracas.....	29
Gráficas.....	
Planos.....	

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestra gratitud a quienes nos han ayudado en la ardua, pero fructífera tarea de realizar el presente "TRABAJO ESPECIAL".

Al Profesor guía Dr. Rafael Convit

A los Profesores Pedro P. Pacheco y LaChapel, por su colaboración desinteresada.

Así mismo expresamos nuestro agradecimiento a la división de HIDROLOGIA del Departamento Técnico del I.N.O.S.

Al Departamento de HIDROLOGIA Y METERELOGIA de la UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA.

Al Departamento de CARTOGRAFIA NACIONAL del M.O.P.

PROLOGO

Este trabajo especial consiste en suministrar datos de frecuencia e intensidad de lluvias cortas para el área metropolitana y sus alrededores.

En su totalidad los datos fueron suministrados por la división de hidrología del Departamento Técnico del I.N.O.S.

El fin de este trabajo especial es determinar la frecuencia con que ocurren determinadas ratas de precipitación en las diferentes zonas del área metropolitana y sus alrededores.

Los resultados fundamentales de estas curvas son de gran importancia para el diseño de innumerables obras de ingeniería. Son útiles para los cálculos de drenaje de alcantarilla; para aeropuertos y pistas de aterrizaje, para campos deportivos, drenaje en las calles de la ciudad y carreteras; y en general en los diseños de todas las obras de ingeniería donde debe cuidarse el escurrimiento proveniente de las lluvias. Se usan igualmente en obras de aqüeductos y cloacas, para el cómputo de superficie de techos a drenar por los bajantes de lluvia; en canalizaciones de ríos y en obras de protección de inundaciones.

Pasos a seguir para la elaboración de este trabajo especial

Los pluviógrafos colocados en las estaciones que son utilizados para llevar a cabo este trabajo son tanto de registro semanal como de registro diario.-

1º paso

de las gráficas obtenidas del aparato registrador se procede a hacer una selección de las lluvias importantes, proceso, el cual se efectúa a simple vista.-

2º paso

cálculo de la lluvia acumulada para períodos de 5 en 5 minutos si se trata de aparato registrador diario, o de 15 en 15 minutos si es semanal, datos éstos que son calculados directamente en la gráfica.

3º paso

cálculo de los incrementos en 5, 10, 15, etc. minutos, ó 15, 30, 45, etc. minutos según el aparato diario o semanal; estos incrementos se hallan por la diferencia entre dos valores sucesivos, pudiendo ser estos dos valores tomados de 5 en 5 minutos, o de 15 en 15 minutos según se trate de aparato registrador diario o semanal.

4º paso

después que se han obtenido los incrementos se procede a la agrupación de los máximos en los períodos de 5 en 5 minutos, o de 15 en 15 minutos según el aparato sea diario o semanal .-

Este procedimiento consiste en tomar dos valores consecutivos de todas las combinaciones posibles, cuya suma sea la máxima que pueda obtenerse.-

Estos valores así obtenidos constituyen la máxima lluvia ocurrida de la tormenta en estudio para períodos de 10 minutos o de 30 minutos según sea el aparato de registro diario o semanal.-

De una manera análoga se procede para el cálculo de la precipitación caída en 15 minutos ó 45 minutos, pero en lugar de considerarse dos valores consecutivos se consideran tres valores consecutivos de todas las combinaciones posibles, cuyo valor sea máximo.-

5º paso

después que se ha hecho este proceso se seleccionan los máximos valores correspondientes para períodos de 5, 10, 15, etc. minutos o de 15, 30, 45, etc. minutos según el aparato sea diario o semanal, y a continuación se arreglan en orden decreciente de magnitud.

6º paso

a estos máximos anteriormente arreglados en forma decreciente es necesario aplicar el principio de lluvia extendida en el caso de que fuese necesario, consistiendo este proceso en la substitución de una lluvia de un cierto valor dado y ocurrida en un cierto tiempo, por otra de mayor valor ocurrida en un tiempo menor.

7º paso

pasamos luego el cálculo de la intensidad en milímetros por hora, lo cual se consigue multiplicando cada uno de los máximos valores anteriormente ordenados por 60 minutos, y dividiéndolo por el período de tiempo correspondiente a dicho máximo.

Ejemplo:

Para un período de 15 minutos se tiene un valor de 25 mm. de manera que la intensidad será igual a :

$$I = \frac{25\text{mm.} \times 60}{15 \text{ min.}} = 100 \text{ mm/hora}$$

7º paso

habiéndose ordenado los máximos valores en orden decreciente de magnitud, se tiene que el valor que ocupa el primer lugar en el arreglo será el que tiene la frecuencia del número de años analizados, o sea que es aquel que ha ocurrido una vez en la longitud del período de datos, es decir frecuencia = $\frac{\text{número de años}}{\text{número de ocurrencias}}$

Ejemplo:

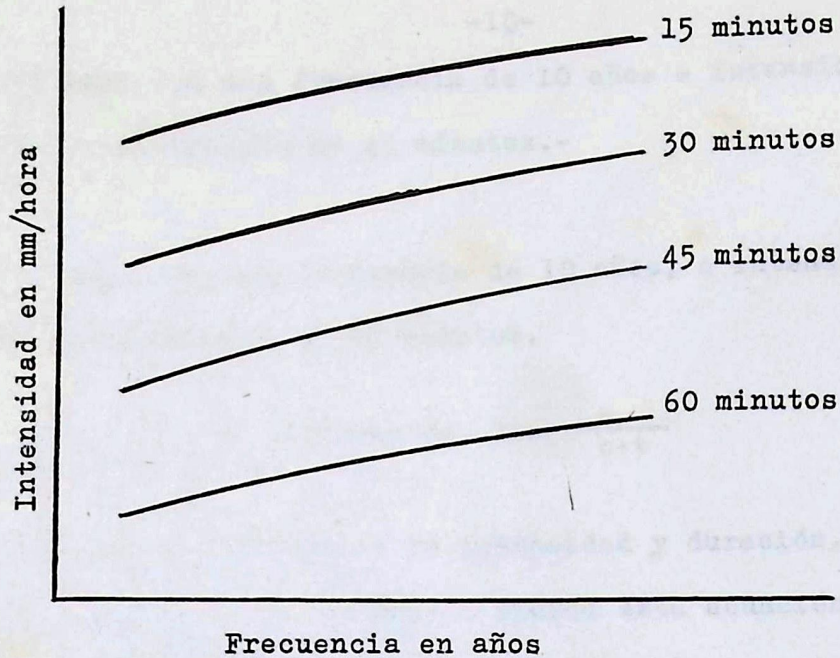
si se tiene un total de 12 años analizados al primer valor, tendrá una frecuencia = $\frac{12}{1} = 12$ años, o sea que ocurrirá una vez en 12 años, el segundo valor tendrá una frecuencia = $\frac{12}{2} = 6$ años, o sea que ocurrirá una vez en 6 años, o dos veces en 12 años; el tercer valor tendrá una frecuencia = $\frac{12}{3} = 4$ años, o sea que ocurrirá una vez en cuatro años o tres veces en 12 años, así se continúa sucesivamente hasta llegar al valor que tendrá una frecuencia de un año o sea que ocurrirá una vez cada año.-

8º paso

ploteo de las intensidades máximas para los períodos correspondientes de 15, 30, 45, 60 minutos de un papel milimetrado para la obtención de los parámetros "a" y "b", para aplicar la ecuación $I = \frac{a}{b+t}$, proceso que se ha hecho de dos formas distintas, para su comparación y obtención de resultados más exactos. Este procedimiento será descrito más detalladamente en páginas posteriores.

9º paso.

ploteo de los puntos en papel logarítmico, tomando los valores de intensidad y frecuencia, en tiempo determinado como se muestra en el siguiente ejemplo.



10º paso

trazado de las curvas de intensidad, duración y frecuencia de lluvias cortas para el area metropolitana y sus alrededores y un trazado, el cual se hizo en un mapa de escala 1:20.000.

La forma como se han trazado estas curvas es la siguiente:

a) Se utilizaron solamente las intensidades correspondientes a una frecuencia de 10 años.-

b) En base a esta frecuencia se tomaron las intensidades correspondientes a períodos de 15, 30, 45, 60 minutos de manera, que se obtienen 4 mapas distintos, los cuales son los siguientes:

1) Mapa con una frecuencia de 10 años, e intensidades con un período de concentración de 15 minutos.-

2) Mapa con una frecuencia de 10 años, e intensidades con un tiempo de concentración de 30 minutos.-

3) Mapa con una frecuencia de 10 años e intensidades con un período de concentración de 45 minutos.-

4) Mapa con una frecuencia de 10 años, e intensidades con un tiempo de concentración de 60 minutos.

Desarrollo de la ecuación $I = \frac{a}{b+t}$

Para el estudio de las curvas de intensidad y duración, utilizamos la siguiente ecuación: $I = \frac{a}{b+t}$, siendo esta ecuación para una duración entre 5 y 120 minutos.

I = Intensidad en Milímetros por hora.

"a" y "b" son parámetros cuyos valores varían para cada localidad.-

t = tiempo en minutos.-

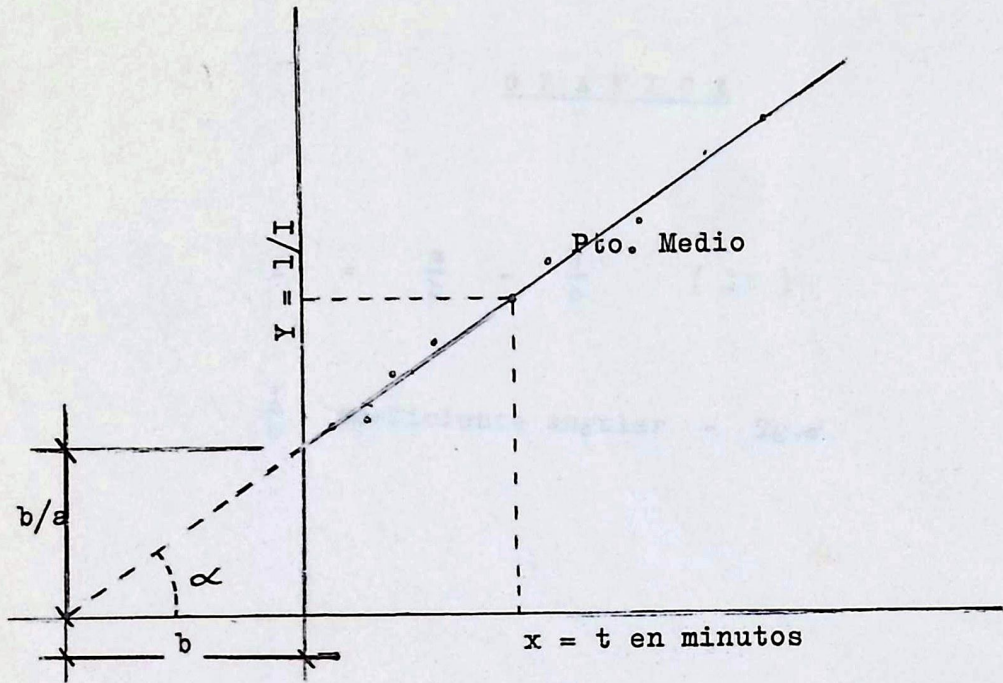
En este estudio utilizamos el proceso de linearización, tratado de dos formas distintas:

La primera forma consiste en transformar la ecuación de una curva en una línea recta cuyos parámetros se pueden deducir de la curva, considerando la ecuación: $I = \frac{a}{b+t}$, la cual puede ser escrita de la siguiente forma: $t + b = \frac{a}{I}$, dividiendo ambos miembros por "a"

$$\frac{t}{a} + \frac{b}{a} = \frac{1}{I}$$

Esta ecuación representa la de una línea recta de la forma $Y = Nx + m$. donde $Y = \frac{1}{I}$; $N = \frac{1}{a}$; $m = \frac{b}{a}$; $x = t$

La recta gráficamente:



Haciendo $x = 0$, o sea $t = 0$ el valor de $\frac{1}{I}$ puede ser leído en las ordenadas como valor de $\frac{b}{a}$, y para $\frac{1}{I} = 0$, entonces $\frac{t}{a} = -\frac{b}{a}$ $t = -b$

Segunda forma

Partiendo de $I = \frac{a}{b+t}$ se tiene: $a = I (t + b)$; $a = It + Ib$
 dividiendo ambos miembros por el parámetro "b" tenemos:

$$\frac{a}{b} = \frac{It}{b} + \frac{Ib}{b} \qquad \frac{a}{b} = \frac{It}{b} + I$$

$$I = \frac{a}{b} - \frac{1}{b} (It)$$

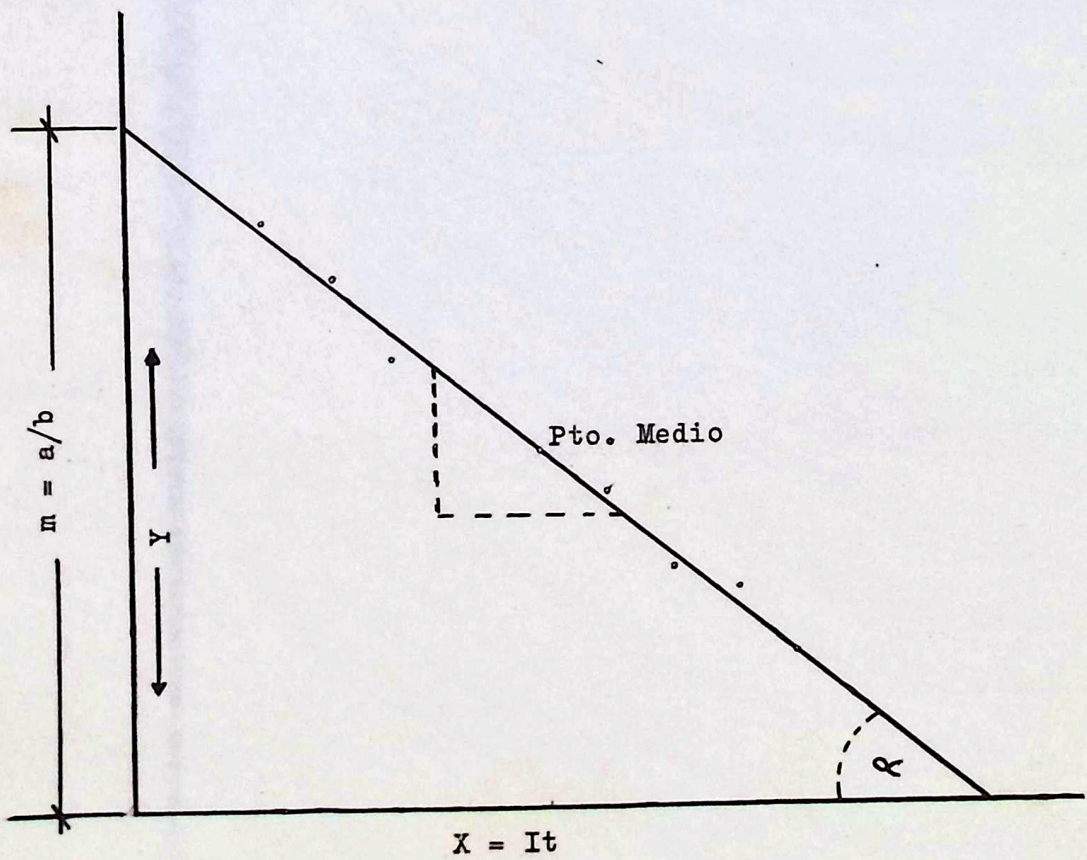
La cual es también la ecuación de la recta en la forma siguiente: $Y = Nx + m$, en donde $Y = I$ --- $m = \frac{a}{b}$ ---

$$N = -\frac{1}{b} \quad \text{---} \quad x = It.$$

G R A F I C A

$$I = \frac{a}{b} - \frac{1}{b} \quad (It)$$

$\frac{1}{b}$ coeficiente angular = $Tg.\alpha$.



ANALISIS DE LOS MAPAS

Al hacerse un análisis de los mapas, se nota de inmediato que la zona de máxima intensidad se presenta hacia la parte oriental del valle de Caracas. La causa fundamental de que sea esta la zona de máxima intensidad se debe principalmente a la situación sinoptica de Venezuela.

En el valle de Caracas la dirección preponderante de los vientos, es del Este; habiéndolo también una pequeña influencia de corrientes del Norte, de manera que dará una resultante de Noreste.

Esta corriente que penetra por el lado Oriental del valle, tiene un contenido de humedad bastante elevado, de manera que al producirse el fenómeno de saturación y condensación se forman nubes por el proceso de elevación forzosa, que producirá precipitaciones de grandes intensidades.-

A medida que avanzamos hacia el centro de la ciudad, el contenido de humedad en la atmósfera es menor, por consiguiente la intensidad de la precipitación allí caída será menor.

La intensidad decrece en esta misma forma a medida que los vientos se desplazan de Este a Oeste. A de notarse también que en la región donde se encuentra el dique de La Mariposa, se presenta un pequeño incremento en la intensidad, la cual es consecuencia de la influencia que ejerce la corriente de aire proveniente del norte, que posee un cierto contenido de humedad y penetra al valle de Caracas por el Abra de Catia.

En la zona central de El Valle, las nubes son de formación convectivas, lo cual indica que esa será una zona de mayor ocurrencia de tormentas, lo que nos dice que ^{no} es la región de máxima intensidad .

Aplicación del trabajo especial y uso de los mapas

Entre otras de las múltiples aplicaciones que tiene este trabajo especial, describimos a continuación uno de los más importantes, que consiste en el cálculo del GASTO MAXIMO resultante de una precipitación mediante la fórmula:

$$Q = A.K.i$$

en donde cada uno de estos factores indica lo siguiente:

Q gasto máximo en litros/segundo

i es la intensidad de la lluvia expresada en litros/segundo/hectárea.

A es el área estudiada, y expresada en hectáreas.

K es el factor de permeabilidad que depende de las características del suelo de la zona estudiada.

Para saber cual de los mapas ha de usarse es necesario calcular previamente el tiempo de concentración del escurrimiento para la zona estudiada y el cual consiste en lo siguiente:

Se busca la distancia del punto más alejado de la hoya, hasta la salida del canal, a lo largo del curso del escurrimiento. (Llamaremos a esta distancia "a").

La pendiente del terreno y el carácter de la superficie indican la velocidad del escurrimiento. (llamaremos a esta velocidad "b").

Luego con estos dos datos puede calcularse el tiempo de concentración el cual se halla mediante la relación siguiente:

$$\text{Tiempo de concentración} = \frac{a}{b}$$

Con este tiempo de concentración se entra en el mapa respectivo

que puede ser cualquiera de los anteriormente mencionados, o sea en los de 10 años de frecuencia con períodos concentración de 15, 30, 45, 60 minutos.

Como paso siguiente se procede a la interpolación de las curvas de intensidad para la zona estudiada, encontrando así la máxima precipitación para ese tiempo de concentración y la frecuencia de 10 años.

Luego que se han calculado todos los datos se procede a la aplicación de la fórmula racional $Q = A.K.i$, teniéndose en cuenta que anteriormente es necesario reducir la intensidad dada en milímetros/hora a lts/seg/hectárea lo cual se consigue multiplicando por el factor 2,77.

ESTACION FILA MAESTRA

Años analizados 1948 hasta 1962

Datos de Intensidad en mm/hora para periodos de 15,30,45,60 minutos

<u>15</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>60</u>
81.6	65.0	56.9	54.2
80.0	62.4	55.9	43.8
80.0	62.0	49.5	40.5
76.0	60.0	49.2	38.6
75.2	60.0	47.6	37.0
72.0	59.6	47.2	35.5
68.8	56.0	41.0	31.8
68.0	50.0	41.0	31.8
68.0	48.2	41.0	30.6
68.0	48.0	39.9	30.0
64.0	48.0	39.9	30.0
64.0	46.8	35.9	27.0
63.2	46.4	34.0	25.6
63.2	45.6	33.0	24.8
61.6	45.4	31.1	23.6

ESTACION BARUTA

Años analizados 1951 hasta 1961

Datos de Intensidad en mm/hora para períodos de 15,30,45,60 minutos

<u>15</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>60</u>
109.2	72.8	64.7	58.0
88.0	66.0	55.8	54.6
85.6	60.0	53.7	47.4
76.0	60.0	53.3	46.1
73.6	59.6	51.9	45.0
72.8	58.2	50.5	43.0
72.0	58.0	49.2	43.0
72.0	56.6	48.4	42.4
72.0	51.2	46.6	41.0
72.0	50.0	45.2	35.0
71.2	50.0	42.8	34.0

ESTACION EL VIGIA

Años analizados 1949 hasta 1961

Datos de Intensidad en mm/hora para períodos 15,30,45,60 minutos

<u>15</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>60</u>
108	80.2	78.3	60.2
100	80.0	68.1	59.4
92	73.6	60.8	46.8
84	71.6	58.5	46.4
80.8	66.0	54.6	42.4
80.0	63.2	51.2	40.8
79.2	62.0	50.7	39.4
77.6	60.8	44.2	37.0
76.0	60.0	44.2	36.0
75.0	60.0	43.7	36.0
72.8	58.8	42.9	35.4
72.0	56.0	41.6	34.0
		40.8	34.0

ESTACION LA MARIPOSA

Años analizados 1949 hasta 1961

Datos de Intensidad en mm/hora para periodos de 15,30,45,60 minutos

<u>15</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>60</u>
104	90	69.9	60.6
96	76	68.4	59.2
92	72	55.5	56.8
92	64.8	53.7	54.9
88	62.4	45.0	46.0
84	60.0	44.1	45.1
84	54.0	39.0	38.1
80	54.0	39.0	37.0
79.2	53.6	38.7	36.0
77.6	53.2	38.7	35.6
73.6	51.2	36.4	33.6
72.0	48.4	33.8	31.2
72.0	48.0	32.7	30.1
72.0	51.2	47.3	39.8
72.0	56.0	43.4	36.2

ESTACION CHACAITO

Años analizados 1950 hasta 1961

Datos de Intensidad en mm/hora para períodos de 15,30,45,60 minutos

<u>15</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>60</u>
118.4	86.0	81.9	66.4
100.0	84.0	72.1	54.2
92.0	79.2	56.2	44.2
91.2	74.0	55.6	43.0
88.8	72.4	53.8	41.6
84.0	70.0	52.0	40.4
84.0	60.4	51.5	39.6
84.0	60.0	49.9	39.0
80.0	59.6	48.6	38.8
80.0	58.0	47.8	38.0
76.0	57.2	47.3	36.8
72.0	56.0	43.4	36.2

ESTACION CATIA

Años analizados 1953 hasta 1960

Datos de Intensidad en mm/hora para periodos de 15,30,45,60 minutos

<u>15</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>60</u>
88	64	48	40
64	61	46	38
63	54	45	37
58	52	44	35
56	48	42	34
52	44	37	32

ESTACION OFICINA INOS

Años analizados 1947 hasta 1959

Datos de Intensidad en mm/hora para periodos de 15,30,45,60 minutos

<u>15</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>60</u>
102	78	63.9	48
90.5	69	56.5	42.5
84.3	62	50.6	42.2
80	59	48	41.5
78	58	43.1	38.4
76	56	42.6	37.4
71.2	55.6	39.7	36
70	54	38.8	30
69.6	53	36.4	27.4

ESTACION CAGIGAL

Años analizados 1938 hasta 1962

Datos de Intensidad en mm/hora para períodos de 15,30,45,60 minutos

<u>15</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>60</u>
108	85	60.2	52.3
108	81.6	59.2	50.3
102	80	55.1	50.1
101.6	77.6	54.6	46.2
99.2	76	51.6	43.4
95.2	73	50	42.3
92.0	71	49.4	41.8
92.0	68.6	49.3	41.7
88	64.6	48.4	40.9
83.6	63.2	45.8	38.7
80	63	45.4	38.3
80	61.8	43.7	37
79.2	60	41.7	33.3
78.4	59	41.6	35.2

ESTACION CIUDAD UNIVERSITARIA

Años analizados 1949 hasta 1960

Datos de Intensidad en mm/hora para periodos de 15,30,45,60 minutos

<u>15</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>60</u>
104.0	74.0	70.9	55.0
100.0	66.0	57.9	44.6
96.0	62.0	56.0	42.0
84.0	61.2	53.5	40.2

ESTACION BUENOS AIRES

ESTACION EL HATILLO

Años analizados 1956 hasta 1961

Datos de Intensidad en mm/hora para períodos de 15,30,45,60 minutos

<u>15</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>60</u>
88.0	80.0	67.0	58.4
84.0	76.4	50.8	42.0
80.0	65.6	46.5	38.6
80.0	64.0	43.6	37.6
79.2	62.0	42.6	33.8
78.4	58.0	42.0	33.2
72.0	56.4	45.0	35.0
72.0	56.0	44.2	36.8
78.4	53.2	43.2	36.8
70.4	54.0	42.2	34.4
66.0	53.6	42.1	32.6
60.0	52.8	41.8	32.2

ESTACION SUBIDA PICO AVILA

Años analizados 1949 hasta 1961

Datos de Intensidad en mm/hora para períodos de 15,30,45,60 minutos

<u>15</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>60</u>
124.0	79.6	63.7	59.4
107.2	70.0	57.2	47.4
84.0	67.2	50.7	44.2
80.0	62.0	49.4	43.0
76.0	60.0	48.1	41.6
76.0	59.6	47.6	40.0
72.0	57.2	47.2	38.6
72.0	56.4	45.0	38.0
72.0	56.0	44.2	36.8
70.4	55.2	43.2	36.8
70.4	54.0	42.9	34.4
68.0	53.6	42.1	32.6
68.0	52.8	41.6	32.2

ESTACION CARICUAO

Años analizados 1953 hasta 1961

Datos de intensidad en mm/hora para períodos de 15,30,45,60 minutos

<u>15</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>60</u>
80.8	58.8	52.3	50.0
74.4	50.8	48.4	44.4
72.0	48.0	44.5	35.6
68.0	48.0	42.4	35.4
67.2	46.0	40.8	33.0
64.0	46.0	40.3	30.2
61.6	46.0	33.8	29.0
60.0	42.4	33.8	28.8
59.2	42.4	33.5	25.8

ESTACION CAURIMARE

Años analizados 1949 hasta 1962

Datos de Intensidad en mm/hora para períodos de 15,30,45,60 minutos

<u>15</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>60</u>
156.0	98.8	80.0	62.0
123.0	96.0	69.9	52.8
116.0	79.2	67.7	42.6
103.0	69.0	56.3	40.8
88.0	68.0	54.4	40.6
86.4	66.8	54.1	39.2
85.6	66.0	52.3	36.8
84.0	64.0	49.1	35.4
83.2	63.6	47.2	35.0
80.0	62.0	46.7	

DATOS PARA EL TRAZADO DE LAS CURVAS DE INTENSIDAD
DURACION Y FRECUENCIA SOBRE PLANOS DE LA CIUDAD DE CARACAS

Estos datos son obtenidos de las gráficas que se construyeron cumpliendo el punto N° 9 . Las intensidades se expresan en mm/hora

ESTACION	TIEMPO DE CONCENTRACION EN MINUTOS			
	15	30	45	60
CHACAITO	117	86.4	80	64.7
EL VIGIA	105	82.5	71.5	59
BARUTA	104	71	63.8	57.8
SUBIDA PICO AVILA	118	78	62	55.5
OFICINA INOS	100	76	61.5	47.2
LA MARIPOSA	103	86	71.5	61
FILA MAESTRA	80	64.2	57	49
DEPOSITO DE CATIA	78	64.2	48	40.2
CAURIMARE	145	100	86	58
OBSERVATORIO CAGIGAL	107	82	58	50
CIUDAD UNIVERSITARIA	105	74	69	53.2
CARICUAO	80	58.5	52.3	50
EL HATILLO	88	80	64	54

ESTACION FILA MAESTRA.
AÑOS ANALIZADOS 1948-62

T	I	IT	I _c	d	d ²
15	81.6	1224	78.7	2.9	8.41
30	65	1950	67.03	2.03	4.12
45	56.9	2560.5	58.37	1.47	2.16
60	54.2	3252	51.69	2.51	6.30

$$\sum d^2 = 20.99$$

$$\frac{\sum I}{n} = 64.42$$

$$\frac{\sum IT}{n} = 2246.6$$

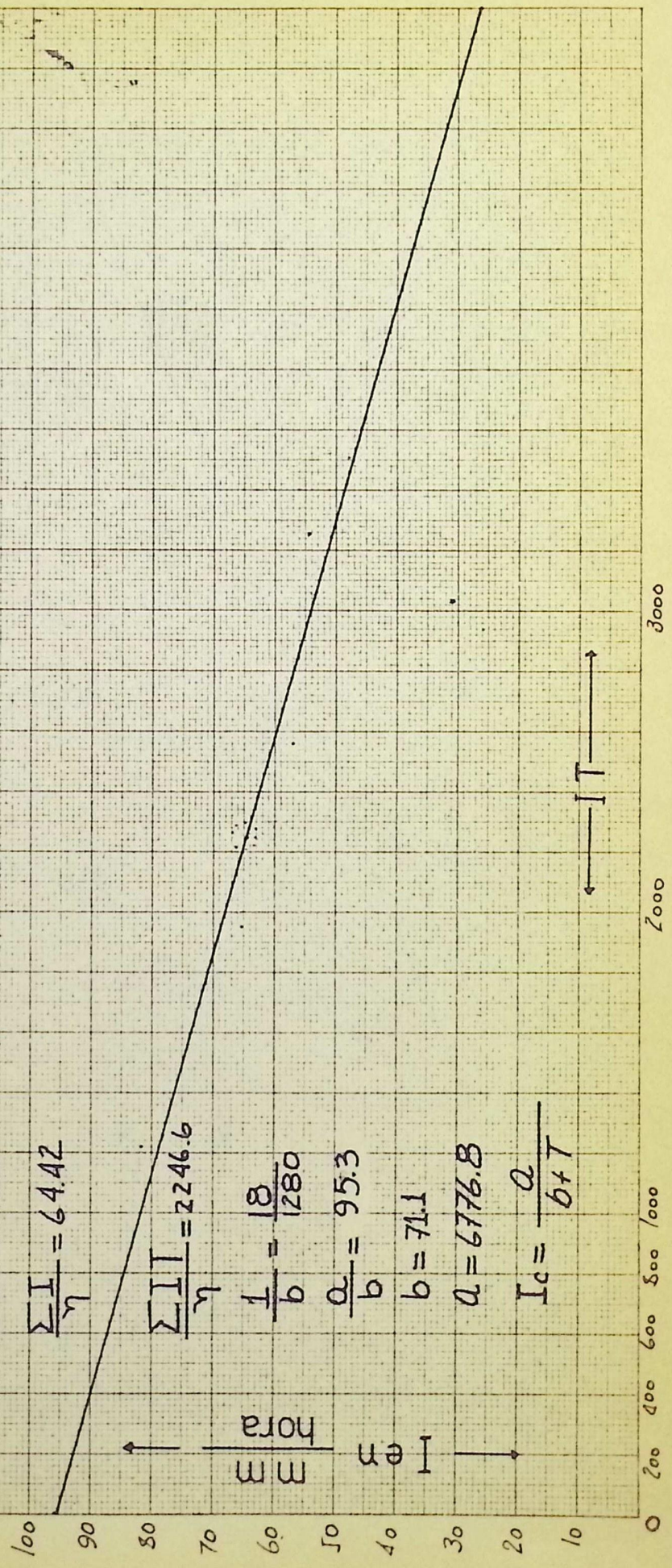
$$\frac{1}{b} = \frac{18}{1280}$$

$$\frac{a}{b} = 95.3$$

$$b = 71.1$$

$$a = 6776.8$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



ESTACION FILA MAESTRA
AÑOS ANALIZADOS 1948-62

T	I	$1/I$	I_c	d	d^2
15	81.6	0.0122	81.53	0.07	0.0049
30	65	0.0153	67.91	2.91	8.46
45	56.9	0.0175	58.18	1.28	1.63
60	54.2	0.0184	50.89	3.31	10.98

$$\sum d^2 = 21.07$$

$$\frac{\sum T}{n} = 37.5$$

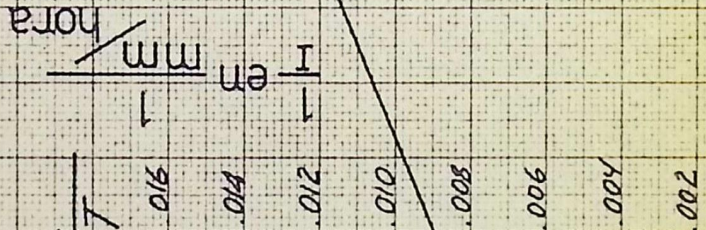
$$\frac{\sum 1/I}{n} = 0.0159$$

$$\frac{b}{a} = 0.0098$$

$$b = 59.7$$

$$a = 6091.8$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



ESTACION BARUTA

AÑOS ANALIZADOS 1951-61

T	I	IT	I _c	d	d ²
15	1092	1638	108.86	0.34	0.115
30	728	2184	8.75	7.95	63.802
45	647	2911.5	64.17	0.53	0.280
60	58.0	3480	53.24	4.76	22.667

$$\sum d^2 = 86.864$$

$$\frac{\sum IT}{n} = 2553.35$$

$$\frac{\sum I}{n} = 76.17$$

$$\frac{a}{b} = 107$$

$$a = 4690$$

$$b = 28.08$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$

en
M
horas

I

IT

0 200 400 600 800 1000

2000

3000

ESTACION BARUTA
 AÑOS ANALIZADOS 1951 - 61

T	I	$\frac{1}{I}$	I_c	d	d^2
15	109.2	0.00915	108.5	0.7	0.49
30	72.8	0.01375	80.45	7.65	58.52
45	64.7	0.01545	64.00	0.7	0.49
60	58.0	0.01724	53.2	4.8	23.04

$$\sum d^2 = 82.54$$

$$\sum \frac{1}{I} = 0.01389$$

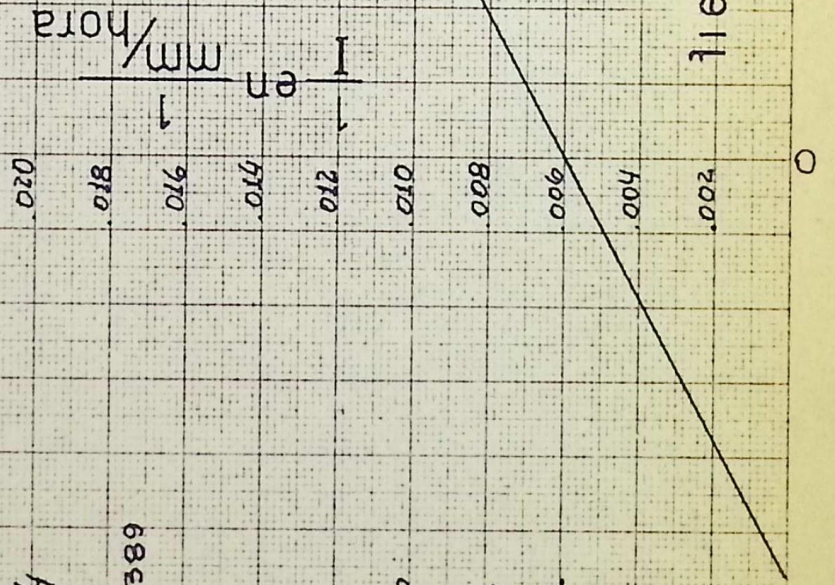
$$\sum \frac{T}{I} = 37.5$$

$$b = 28$$

$$\frac{b}{a} = 0.006$$

$$a = 4666.6$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



ESTACION EL VIGIA
AÑOS ANALIZADOS 1949-61

T	I	$\frac{1}{I}$	I_c	d	d^2
15	108	0.00925	110.5	2.5	6.50
30	80.2	0.0124	87.0	6.8	46.28
45	78.3	0.0127	71.7	6.6	43.50
60	60.2	0.0166	61.0	0.8	0.64

$$\sum d^2 = 96.92$$

$$\frac{\sum T}{n} = 37.5$$

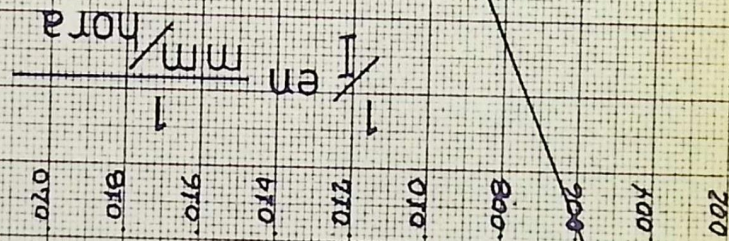
$$\frac{\sum \frac{1}{I}}{n} = 0.01273$$

$$\frac{b}{a} = 0.0066$$

$$b = 40.5$$

$$a = 6136.3$$

$$I_c = \frac{a}{b + T}$$



tiempo en minutos

ESTACION EL VIGIA

AÑOS ANALIZADOS 1949-61

T	I	IT	I _c	d	d ²
15	108	1620	109.7	1.7	2.89
30	80.2	2406	86.6	6.4	40.96
45	78.3	3523.5	71.5	6.8	46.88
60	60.2	3612	60.9	0.7	0.49

↑
hora
↓

↑
en
↓

$$\sum d^2 = 91.22$$

$$\frac{\sum I}{n} = 81.67$$

$$\frac{\sum IT}{n} = 2790.3$$

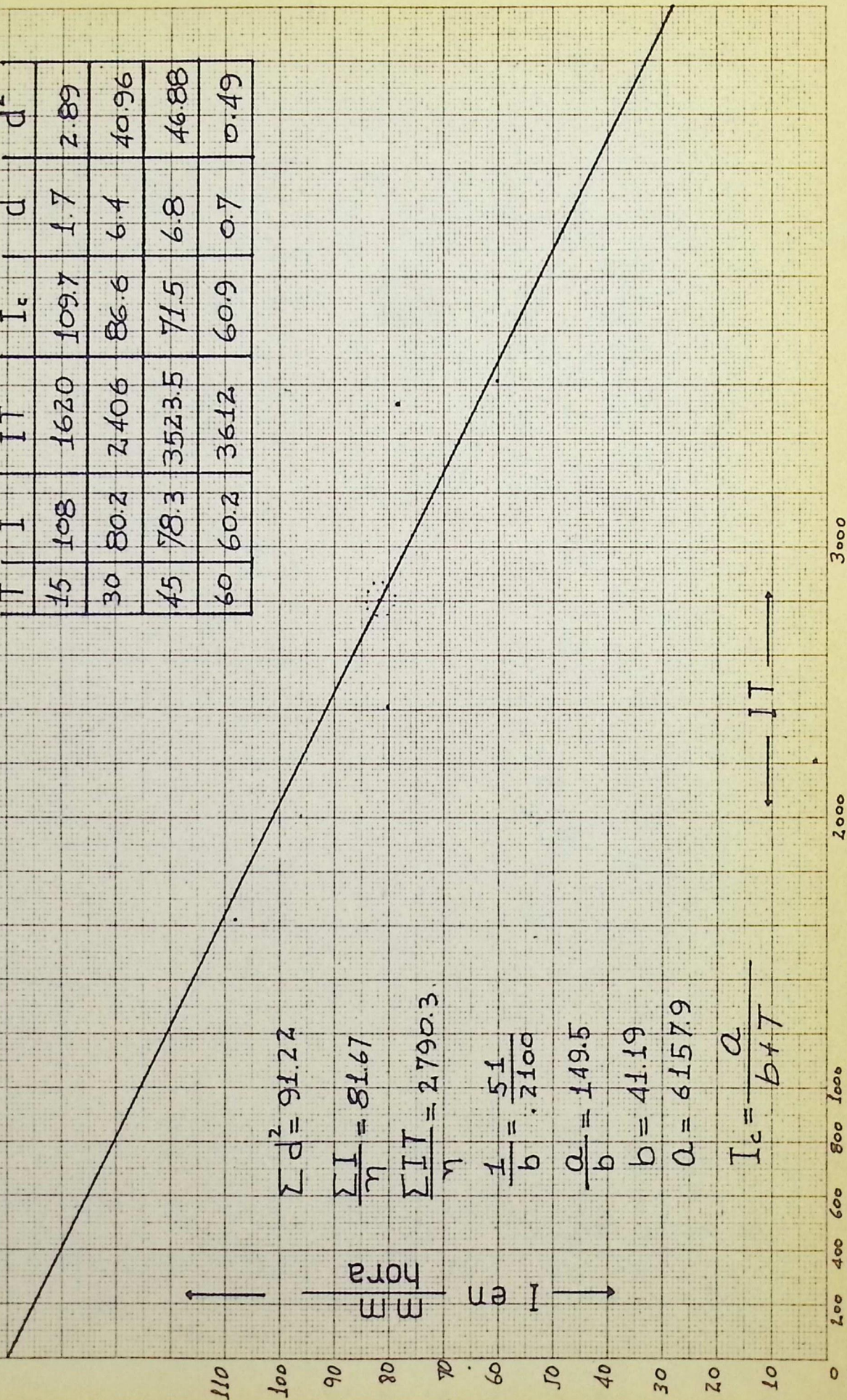
$$\frac{1}{b} = \frac{51}{2100}$$

$$\frac{a}{b} = 149.5$$

$$b = 41.19$$

$$a = 6157.9$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



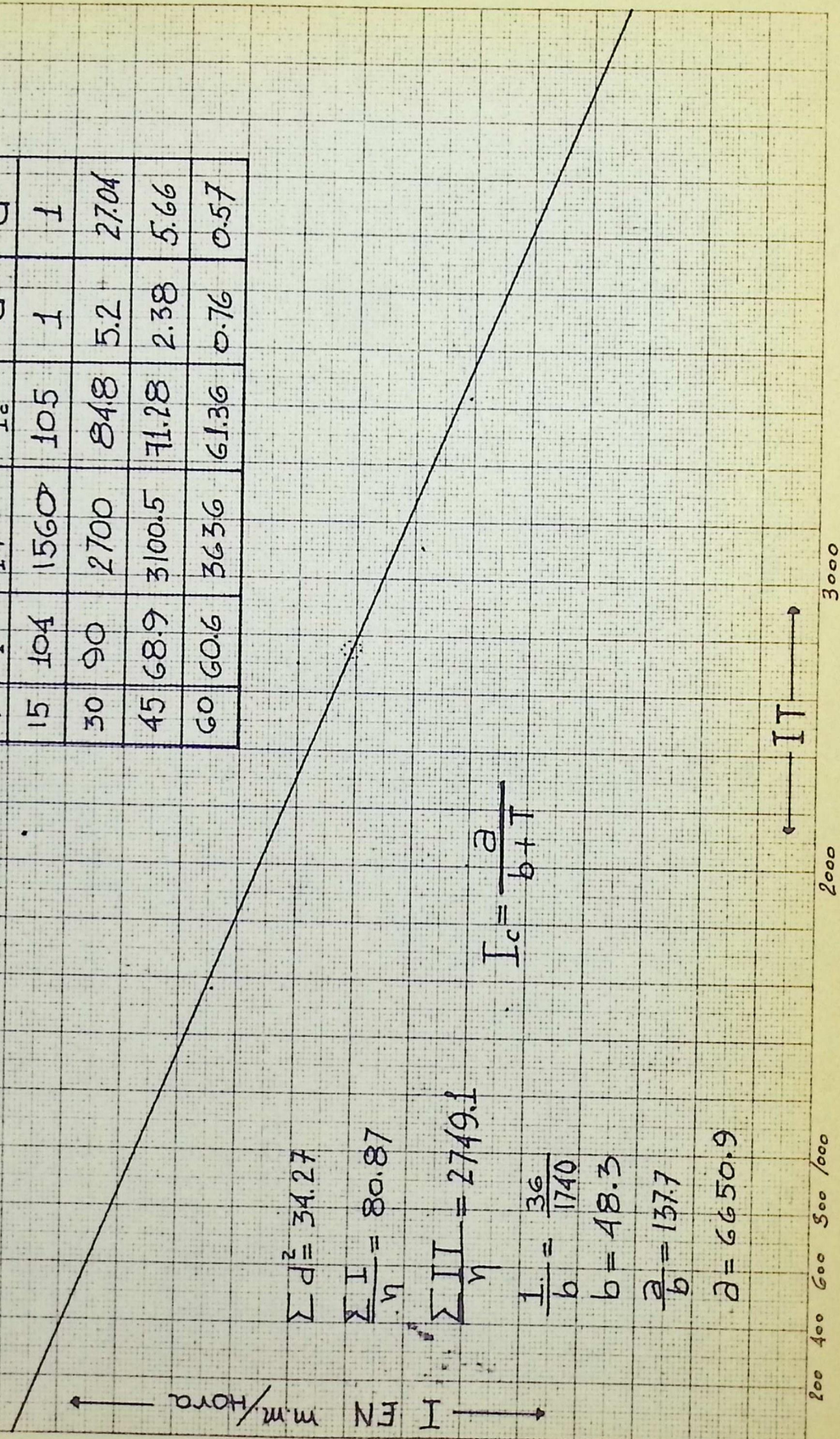
0 200 400 600 800 1000

2000

3000

ESTACION LA MARIPOSA
 AÑOS ANALIZADOS 1949-61

T	I	IT	I _c	d	d ²
15	104	1560	105	1	1
30	90	2700	84.8	5.2	27.04
45	68.9	3100.5	71.28	2.38	5.66
60	60.6	3636	61.36	0.76	0.57



$$\sum d^2 = 34.27$$

$$\frac{\sum I}{n} = 80.87$$

$$\frac{\sum IT}{n} = 2749.1$$

$$\frac{1}{b} = \frac{36}{1740}$$

$$b = 48.3$$

$$\frac{a}{b} = 137.7$$

$$a = 6650.9$$

$$I_c = \frac{a}{b + T}$$

0 200 400 600 800 1000

2000 3000

ESTACION LA MARIPOSA
AÑOS ANALIZADOS 1949 - 61

T	I	1/I	I _c	d	d ²
15	104	0.00961	104.88	0.88	0.77
30	90	0.0111	85.7	4.3	18.42
45	68.9	0.0145	70.9	2.0	4.0
60	60.6	0.0165	61.0	0.4	0.16

$$\sum d^2 = 23.35$$

$$\frac{\sum 1/I}{n} = 0.0129$$

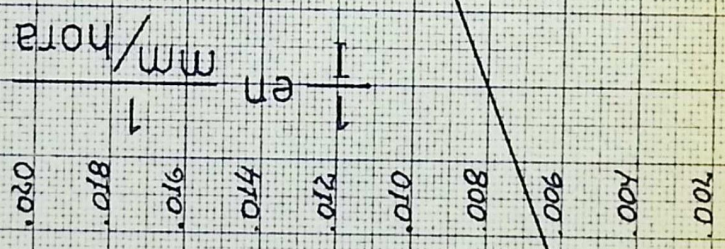
$$\frac{\sum T}{n} = 37.5$$

$$\frac{b}{a} = 0.00725$$

$$b = 47.6$$

$$a = 6565.5$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



tiempo en minutos

ESTACION CHACAITO
AÑOS ANALIZADOS 1950-61

T	I	IT	I _c	d	d ²
15	1184	1776	117.8	0.6	0.36
30	86.0	2580	93.2	7.2	51.84
45	81.9	3685.5	76.9	5.0	25.0
60	66.4	3984	65.6	0.8	0.64

$$\sum d^2 = 77.84$$

$$\frac{\sum I}{n} = 88.17$$

$$\frac{\sum IT}{n} = 3006.37$$

$$\frac{1}{b} = \frac{24}{1000}$$

$$b = 41.66$$

$$\frac{Q}{b} = 160$$

$$Q = 6665.6$$

$$I_c = \frac{Q}{b+T}$$

120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

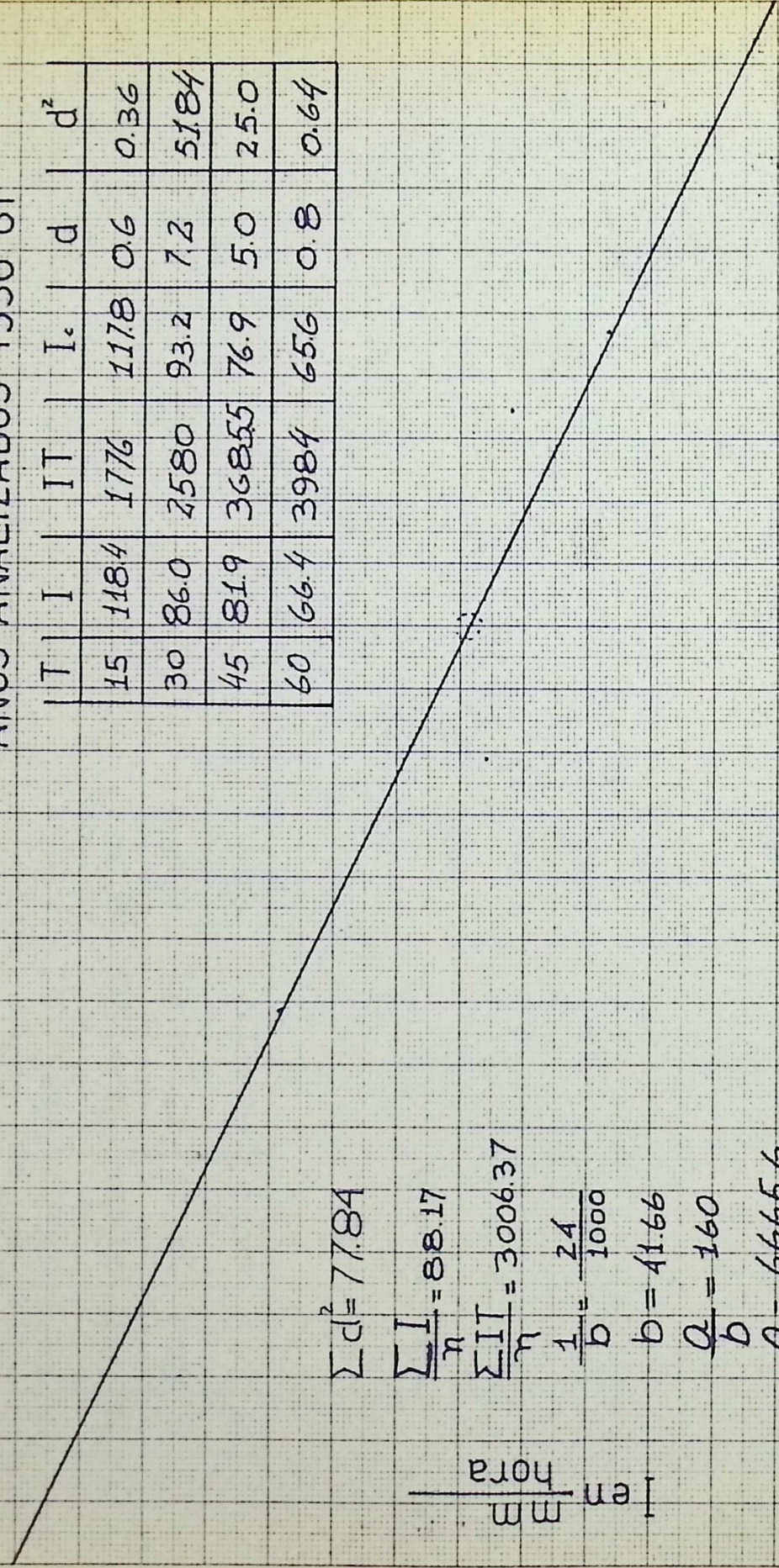
en
M
hora

200 400 600 800 1000

2000

3000

IT



ESTACION CHACAITO
AÑOS ANALIZADOS 1950 - 61

T	I	$\frac{1}{I}$	I_c	d	d^2
15	118.4	0.0084	118.5	0.1	0.01
30	86.0	0.0116	93.7	7.8	60.84
45	81.9	0.0122	77.7	4.2	17.64
60	66.4	0.015	66.2	0.3	0.04

$$\sum d^2 = 78.53$$

$$\sum \frac{1}{I} = 0.0118$$

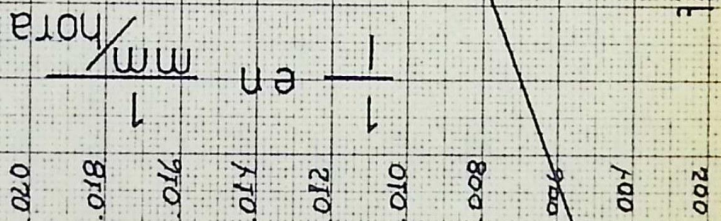
$$\frac{\sum T}{n} = 37.5$$

$$\frac{b}{a} = 0.00622$$

$$b = 42$$

$$a = 6751.7$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



tiempo en minutos

ESTACION DEPOSITO DE CATIA
AÑOS ANALIZADOS 1953-60

T	I	1/I	I _c	d	d ²
15	88	0.0113	88.6	0.6	0.36
30	64	0.0156	63.2	0.8	0.64
45	48	0.0208	48.9	0.9	0.81
60	40	0.025	40.0	0.0	0.0

$$\sum d^2 = 1.81$$

$$\frac{\sum \frac{1}{I}}{n} = 0.0182$$

$$\frac{\sum T}{n} = 37.5$$

$$\frac{b}{a} = 0.0067$$

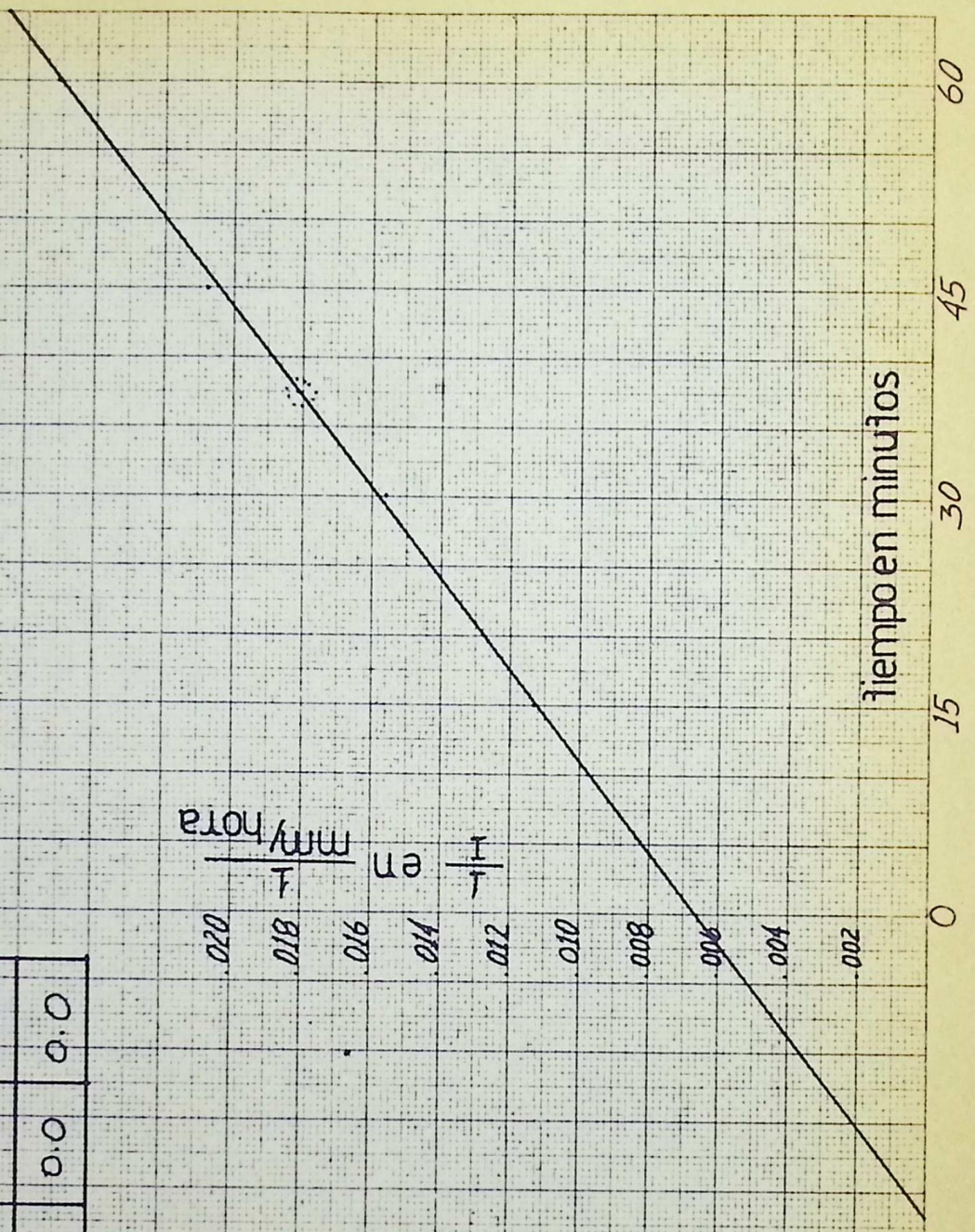
$$b = 22$$

$$a = 3283.5$$

$$I_c = \frac{a}{b + T}$$

en mm/hora
1/I
1/I

tiempo en minutos



ESTACION DEPOSITO DE CATIA
AÑOS ANALIZADOS 1953-60

T	I	IT	I _c	d'	d ²
15	88	1320	884	0.4	0.16
30	64	1920	63.2	0.8	0.64
45	48	2180	49.0	1.0	1.0
60	40	2400	40.2	0.2	0.04

$$\sum d^2 = 1.84$$

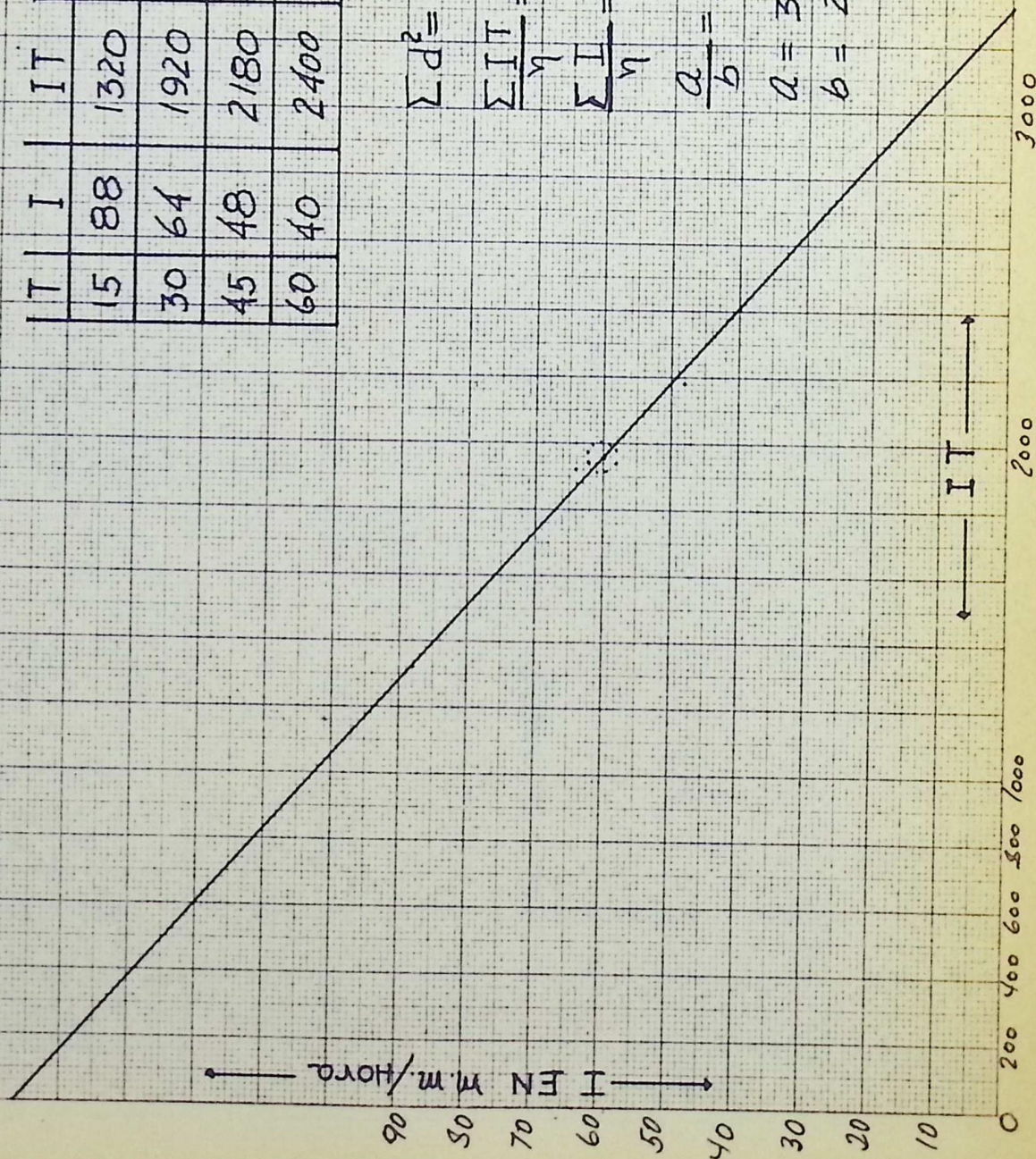
$$\frac{\sum IT}{n} = 1955$$

$$\frac{\sum I}{n} = 60 \quad I_c = \frac{a}{b + T}$$

$$\frac{a}{b} = 147.7$$

$$a = 3300$$

$$b = 22.3$$



ESTACION OFICINA I.N.O.S.
AÑOS ANALIZADOS 1947-1959

T	I	$\frac{1}{I}$	I_c	d	d^2
15	102	0.0098	101.3	0.7	0.49
30	78	0.0128	72.8	0.2	0.04
45	63.9	0.0156	63.6	0.3	0.09
60	48	0.0208	53.7	5.7	32.4

$$\sum d^2 = 33.02$$

$$\frac{\sum \frac{1}{I}}{\eta} = 0.0142$$

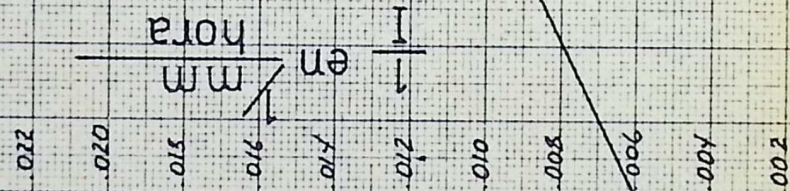
$$\frac{\sum T}{\eta} = 375$$

$$\frac{b}{a} = 0.00695$$

$$b = 35.7$$

$$a = 5136.6$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



tiempo en minutos.

ESTACION OFICINA I.N.O.S
 AÑOS ANALIZADOS 1947-59

T	I	IT	I _c	d	d ²
15	102	1530	102.2	0.24	0.04
30	78	2340	76.7	1.3	1.69
45	63.9	2875.5	61.4	2.5	6.25
60	48	2880	51.2	3.2	10.24

$$\sum d^2 = 18.22$$

$$\frac{\sum IT}{n} = 2406.3$$

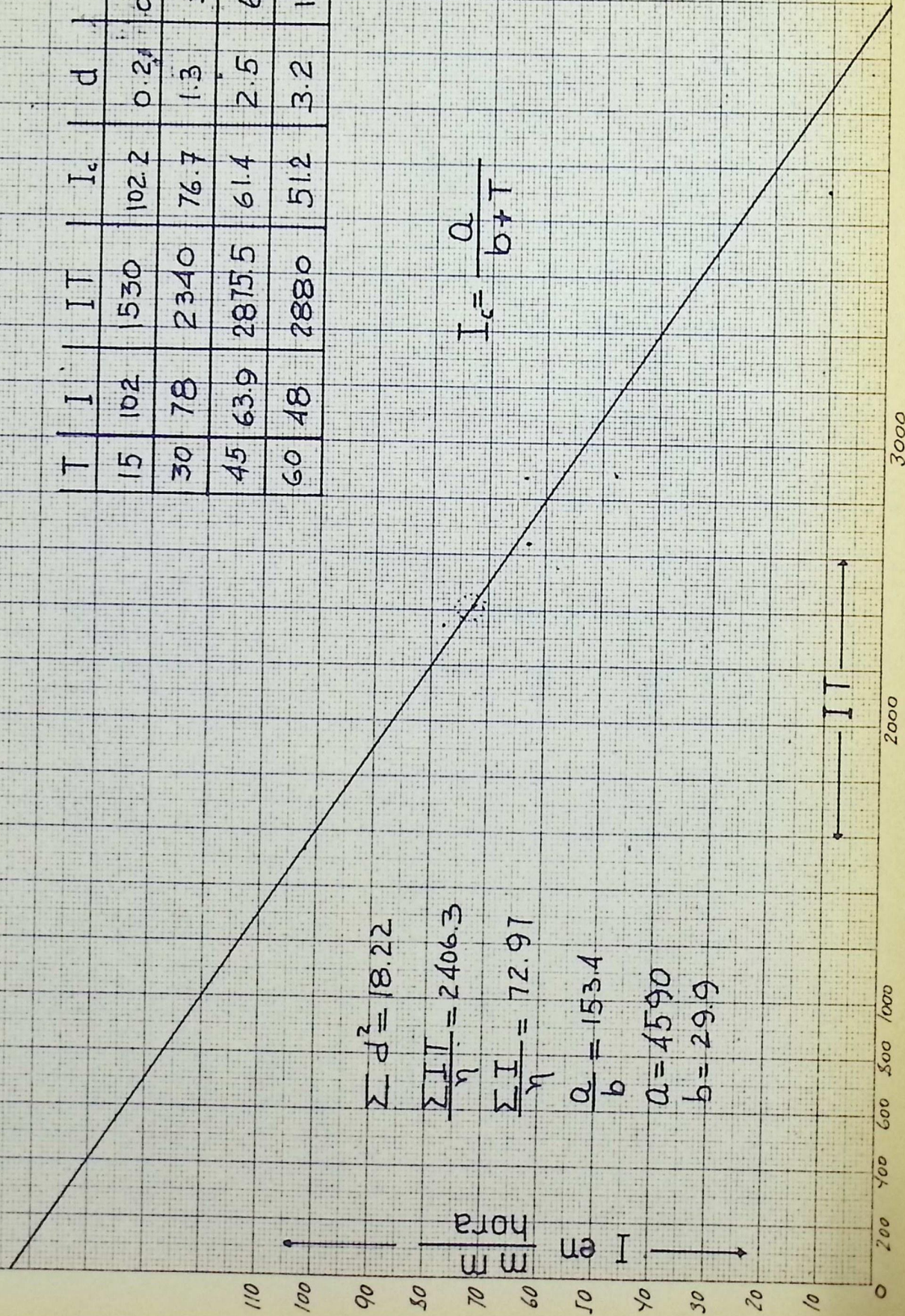
$$\frac{\sum I}{n} = 72.97$$

$$\frac{a}{b} = 153.4$$

$$a = 4590$$

$$b = 29.9$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



ESTACION OBSERVATORIO CAJIGAL
AÑOS ANALIZADOS 1938-62

T	I	$\frac{1}{I}$	I_c	d	d^2
15	108	0.0093	107.89	0.11	0.0121
30	85	0.0118	79.78	6.22	38.68
45	60.2	0.0167	63.25	3.05	9.3
60	52.3	0.0192	52.4	0.1	0.01

$$\sum d^2 = 48$$

$$\frac{\sum I}{n} = 37.5$$

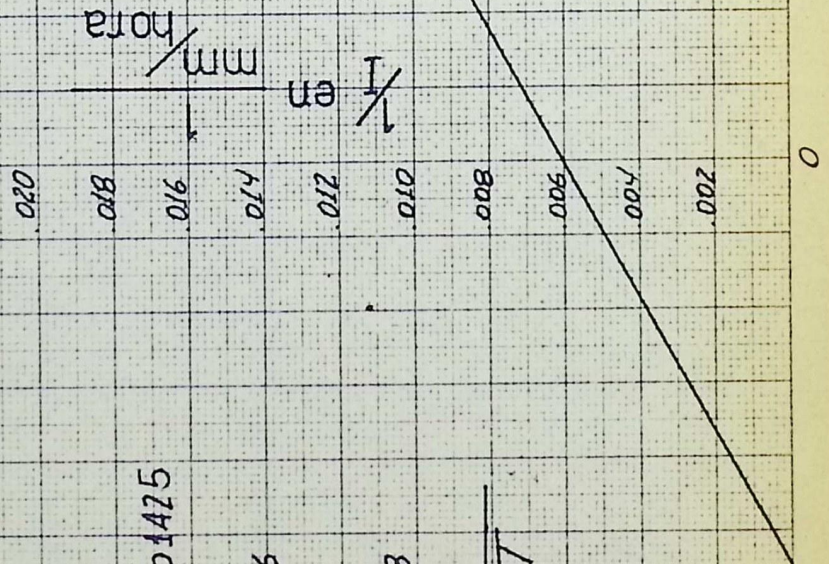
$$\frac{\sum \frac{1}{I}}{n} = 0.01425$$

$$\frac{b}{a} = 0.006$$

$$b = 27.5$$

$$a = 4583.3$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



ESTACION OBSERVATORIO CAJIGAL
 AÑOS ANALIZADOS 1938-62

T	I	IT	Ic	d	d ²
15	108	1620	10706	0.94	0.88
30	85	2550	7898	6.02	36.24
45	60.2	2709	62.45	2.25	5.06
60	52.3	3150	51.81	0.19	0.24

$$\sum d^2 = 42.42$$

$$\frac{\sum I}{n} = 76.39$$

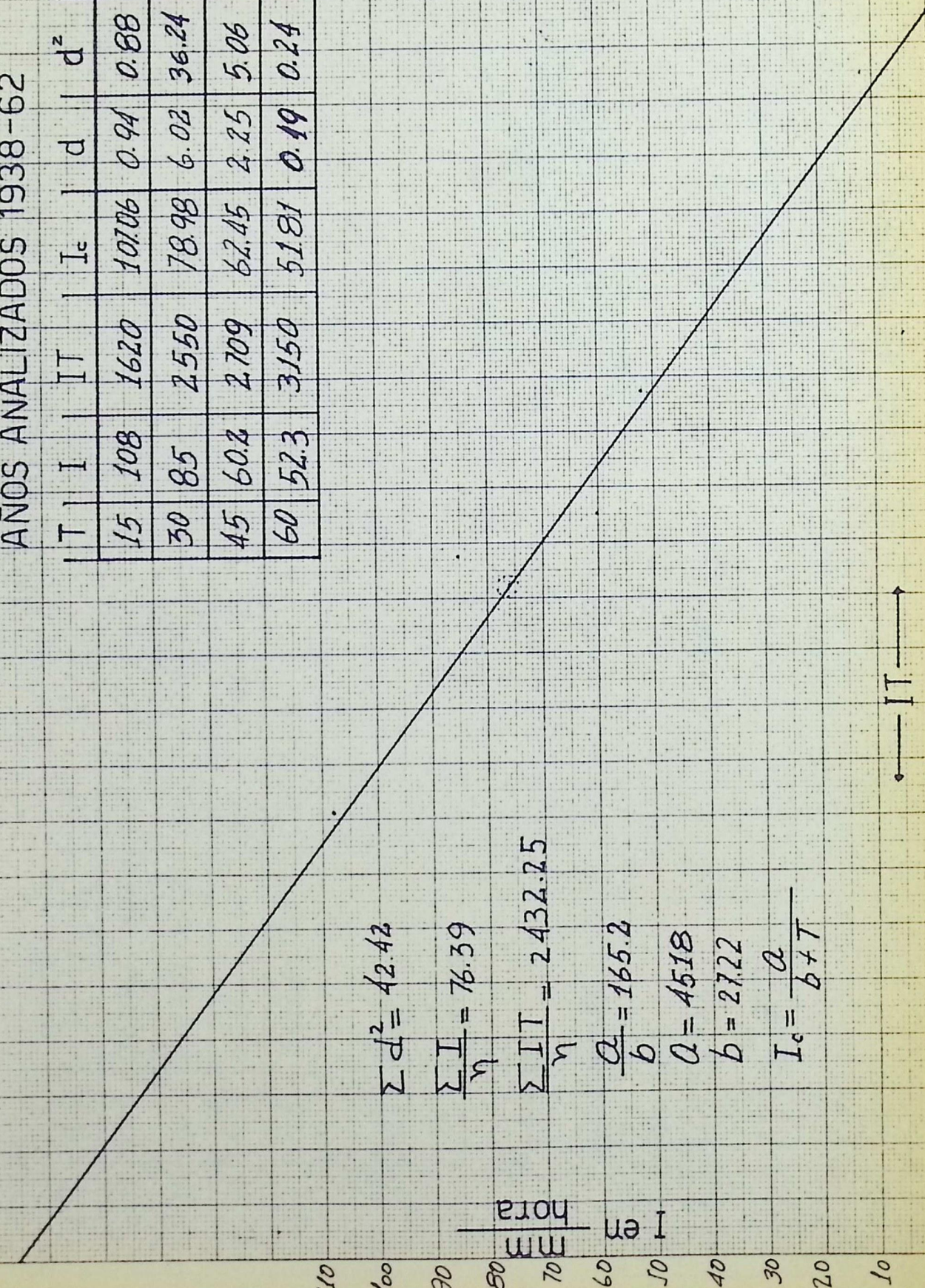
$$\frac{\sum IT}{n} = 2432.25$$

$$\frac{a}{b} = 165.2$$

$$a = 4518$$

$$b = 27.22$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0 200 400 600 800 1000 2000 3000

ESTACION CIUDAD UNIVERSITARIA
 AÑOS ANALIZADOS 1949-60

T	I	$\frac{1}{I}$	I_c	d	d^2
15	104	0.00961	104	0.0	0.0
30	74	0.01351	80.3	6.3	39.69
45	70.9	0.01412	65.4	5.5	30.25
60	55	0.01818	55.0	0.0	0.0

$$\sum d^2 = 69.94$$

$$\frac{\sum \frac{1}{I}}{n} = 0.01385$$

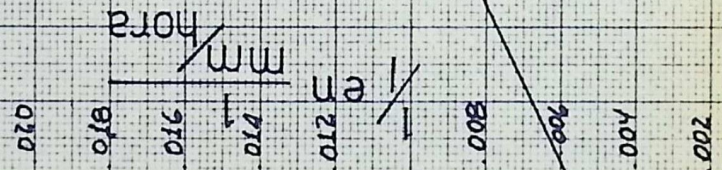
$$\frac{\sum T}{n} = 375$$

$$\frac{b}{a} = 0.00675$$

$$b = 35.5$$

$$a = 5259.2$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



tiempo en minutos

ESTACION CIUDAD UNIVERSITARIA
 AÑOS ANALIZADOS 1949 - 60

T	I	IT	I _c	d	d ²
15	104	1560	103	1	1
30	74	2220	793	5.3	28.09
45	70.9	3190.5	64.6	6.3	39.81
60	55	3300	544	0.6	0.36

$$\sum d^2 = 69.26$$

$$\frac{\sum IT}{n} = 2567.6$$

$$\frac{\sum I}{n} = 75.97$$

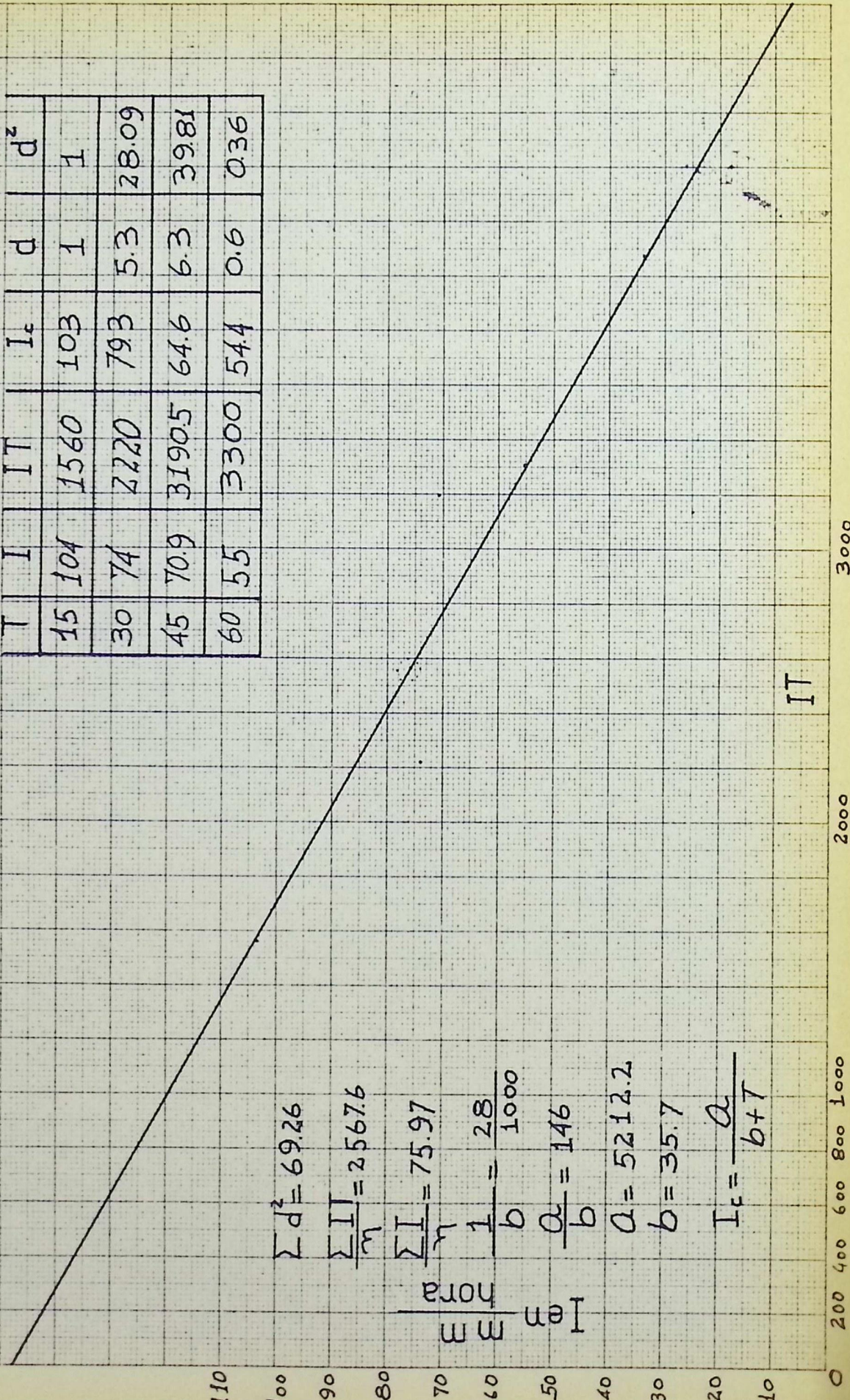
$$\frac{1}{b} = \frac{28}{1000}$$

$$\frac{a}{b} = 146$$

$$a = 5212.2$$

$$b = 35.7$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



IT 0 200 400 600 800 1000 2000 3000

I

ESTACION EL HATILLO
 AÑOS ANALIZADOS 1956 - 61

T	I	IT	I _c	d	d'
15	88	1320	90.0	2.00	4.00
30	80	2400	76.0	4.00	16.00
45	67	3015	66.0	1.00	1.00
60	584	3504	58.0	0.4	0.16

$$\sum d^2 = 21.16$$

$$\frac{\sum IT}{n} = 2559.75$$

$$\frac{\sum I}{n} = 73.35$$

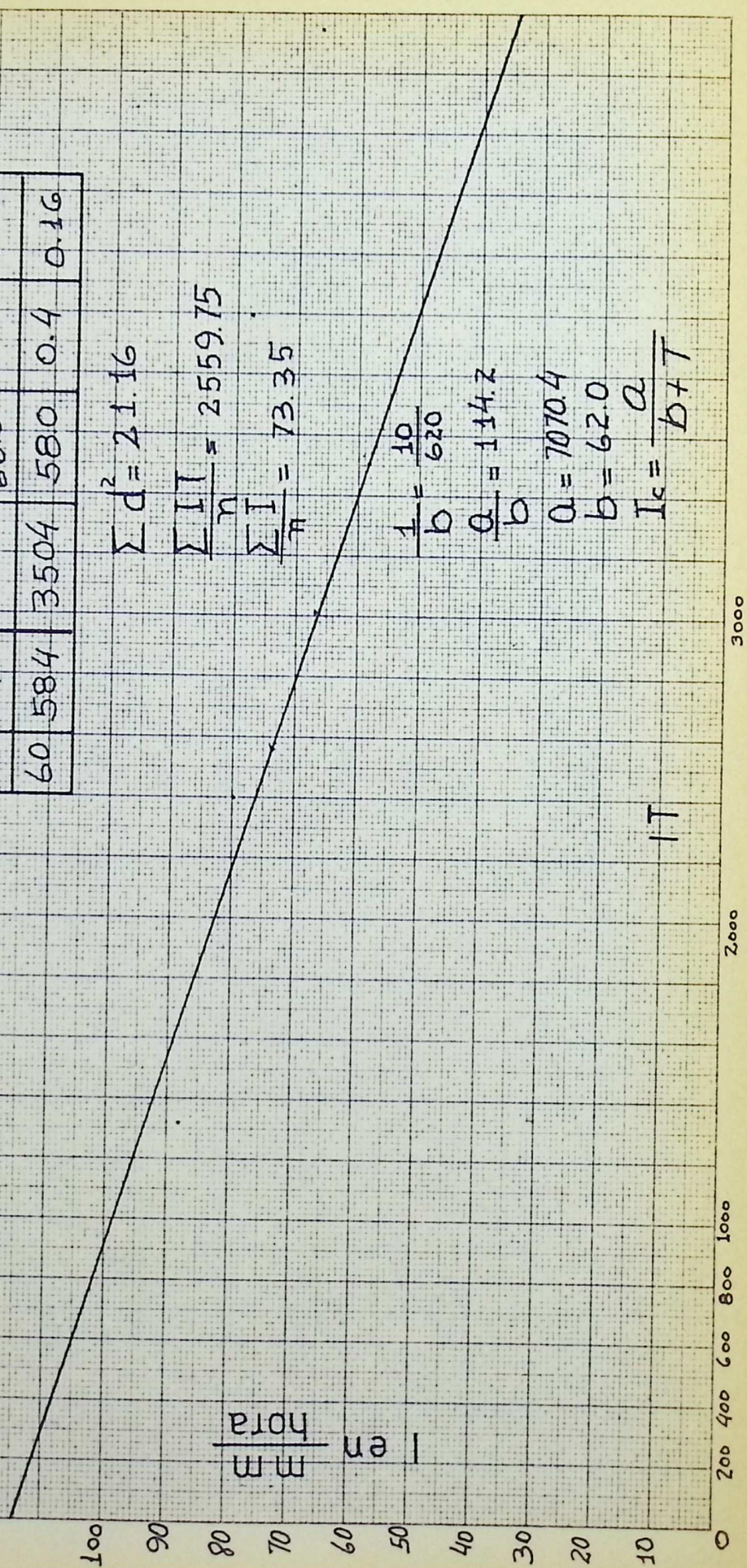
$$\frac{1}{b} = \frac{10}{620}$$

$$\frac{a}{b} = 114.2$$

$$a = 7070.4$$

$$b = 62.0$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



ESTACION EL HATILLO

AÑOS ANALIZADOS 1956 - 61

T	I	$\frac{1}{I}$	I_c	d	d^2
15	88	0.0113	92.3	4.3	18.49
30	80	0.0125	77.7	2.3	5.29
45	67.0	0.0149	67.09	0.09	0.0081
60	58.4	0.0172	59.06	0.66	0.4356

$$\sum d^2 = 24.223$$

$$\sum \frac{1}{I} = \frac{0.01397}{n}$$

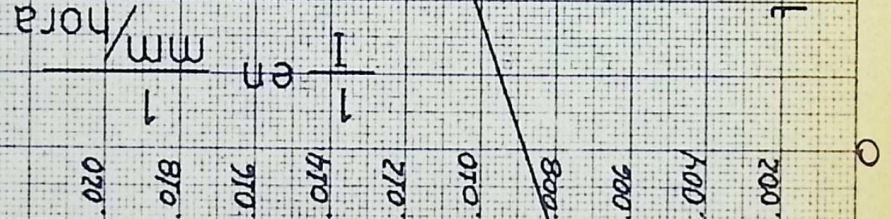
$$\sum \frac{1}{I} = 37.5$$

$$\frac{b}{a} = 0.0088$$

$$b = 65$$

$$a = 7386.3$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



tiempo en minutos

ESTACION SUBIDA DE PICO AVILA

AÑOS ANALIZADOS 1949-61

T	I	IT	I	d
15	124	1860	1179	6.1
30	796	2388	85.7	6.1
45	63.7	2886	67.3	3.6
60	59.4	3564	55.4	40

$$\sum d^2 = 103.38$$

$$\frac{\sum I}{n} = 81.67$$

$$\frac{\sum IT}{n} = 2669.5$$

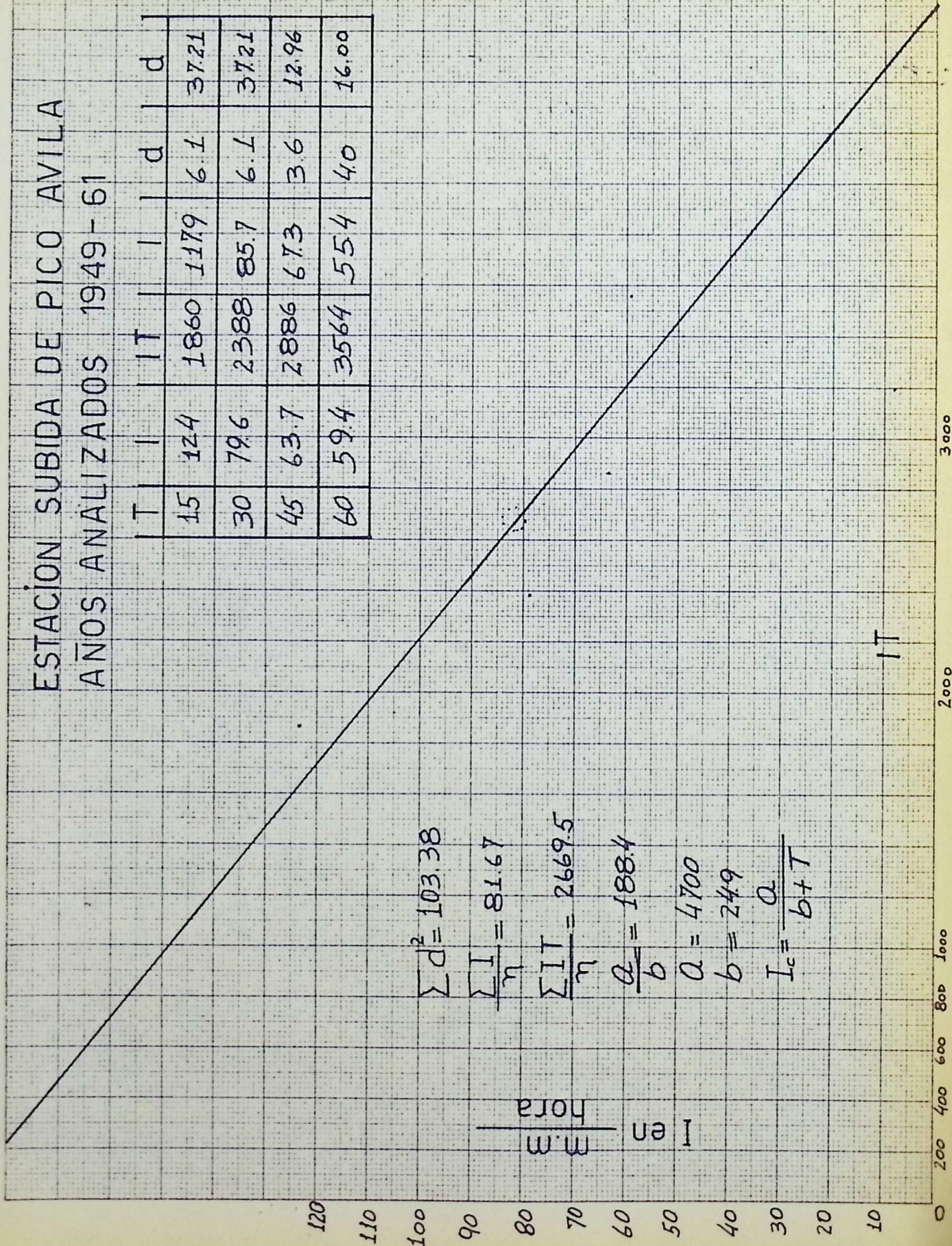
$$\frac{a}{b} = 188.4$$

$$a = 4700$$

$$b = 249$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$

I en
M.M.
hora



IT

200 400 600 800 1000

2000

3000

ESTACION SUBIDA PICO AVILA
 AÑOS ANALIZADOS 1949-61

T	I	1/I	I	d	d
15	124	0.00806	123.4	0.6	0.36
30	79.6	0.01256	86.9	7.3	53.29
45	63.7	0.01569	66.8	3.1	9.61
60	59.4	0.01683	54.7	4.3	18.49

$$\sum d^2 = 81.75$$

$$\sum \frac{1}{T} = 0.0132$$

$$\sum \frac{T}{n} = 37.5$$

$$\frac{b}{a} = 0.0047$$

$$b = 20.75$$

$$a = 4414.8$$

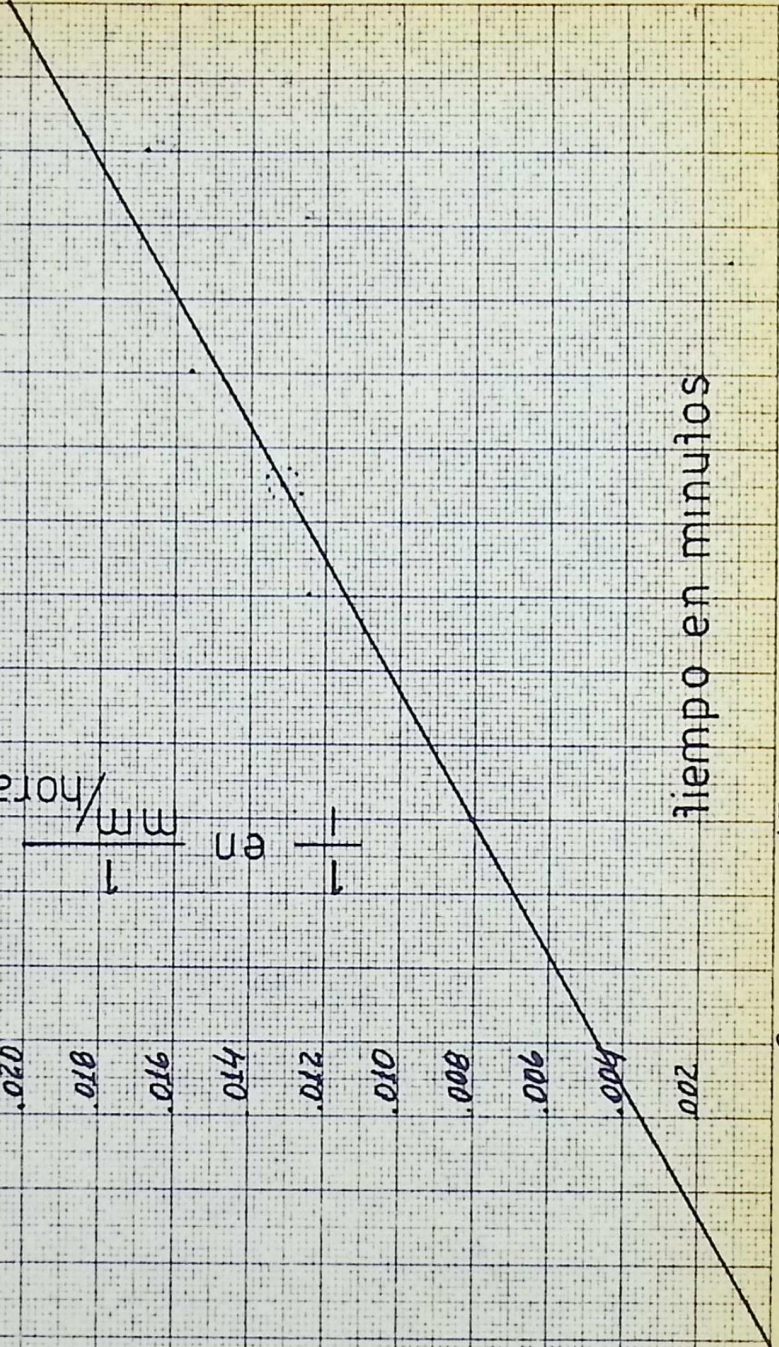
$$I_c = \frac{a}{b+T}$$

en mm/hora

0.020
 0.018
 0.016
 0.014
 0.012
 0.010
 0.008
 0.006
 0.004
 0.002

tiempo en minutos

0 15 30 45 60



ESTACION CARICUAO AÑOS ANALIZADOS 1953-61

T	I	1/I	I _c	d	d ²
15	808	0.0123	7703	3.77	14.21
30	588	0.0170	6740	9.60	92.16
45	52.3	0.0191	5392	1.62	2.64
60	50.0	0.0200	468	3.2	10.24

$$\sum d^2 = 119.23$$

$$\sum \frac{1}{I} = 0.0171$$

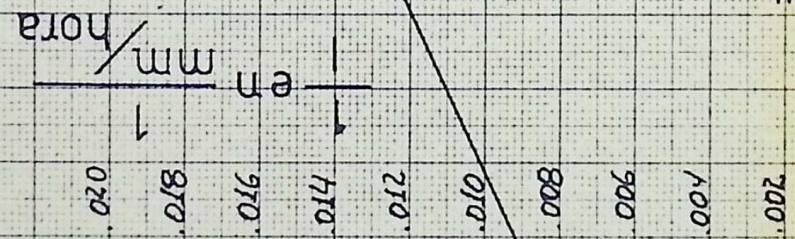
$$\sum T = 37.5$$

$$\frac{b}{a} = 0.0102$$

$$b = 55$$

$$a = 5392.15$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



tiempo en minutos

ESTACION CARICUAD

AÑOS ANALIZADOS 1953-61

T	I	IT	I _c	d	d ²
15	80.8	1212	77.85	2.95	8.70
30	58.8	1764	65.0	6.2	38.44
45	52.3	2353.3	55.8	3.5	12.25
60	50.0	3.000	48.9	1.1	1.21

$$\sum d^2 = 60.60$$

$$\frac{\sum IT}{n} = 2082.37$$

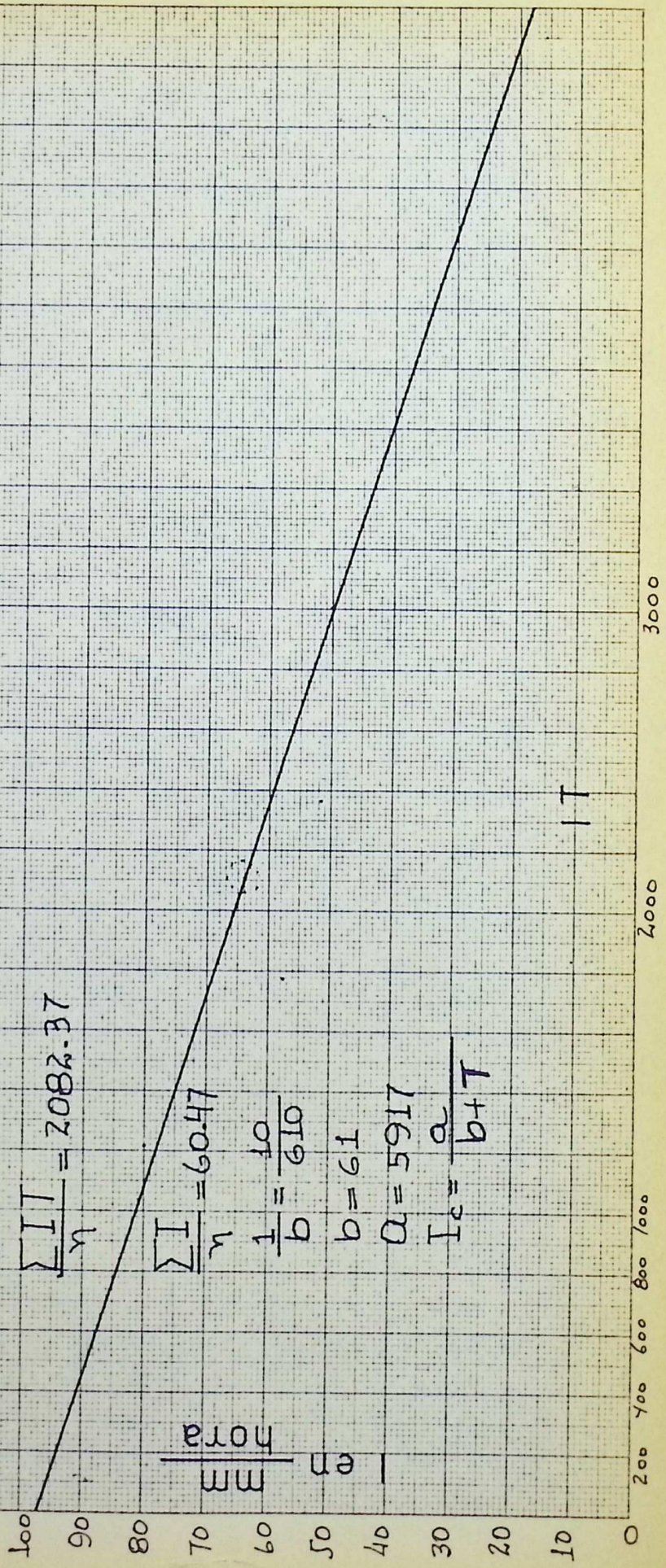
$$\frac{\sum I}{n} = 60.47$$

$$\frac{1}{b} = \frac{10}{610}$$

$$b = 61$$

$$a = 5917$$

$$I_c = \frac{a}{b+T}$$



IT

ESTACION CAURIMARE
AÑOS ANALIZADOS 1949-62

T	I	$\frac{1}{I}$	I^2	d	d^2
15	156	0.00641	156.1	0.1	0.01
30	98.8	0.0101	105.0	6.2	38.44
45	80	0.0125	79.5	0.5	0.25
60	62	0.0161	63.7	1.7	2.89

$$\sum d^2 = 45.59$$

$$\sum \frac{1}{I} = 0.0112$$

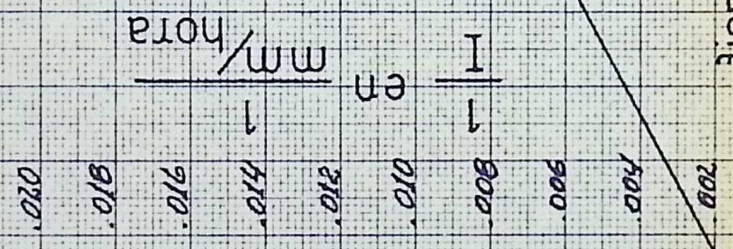
$$\sum \frac{T}{n} = 37.5$$

$$\frac{b}{a} = 0.0033$$

$$b = 16$$

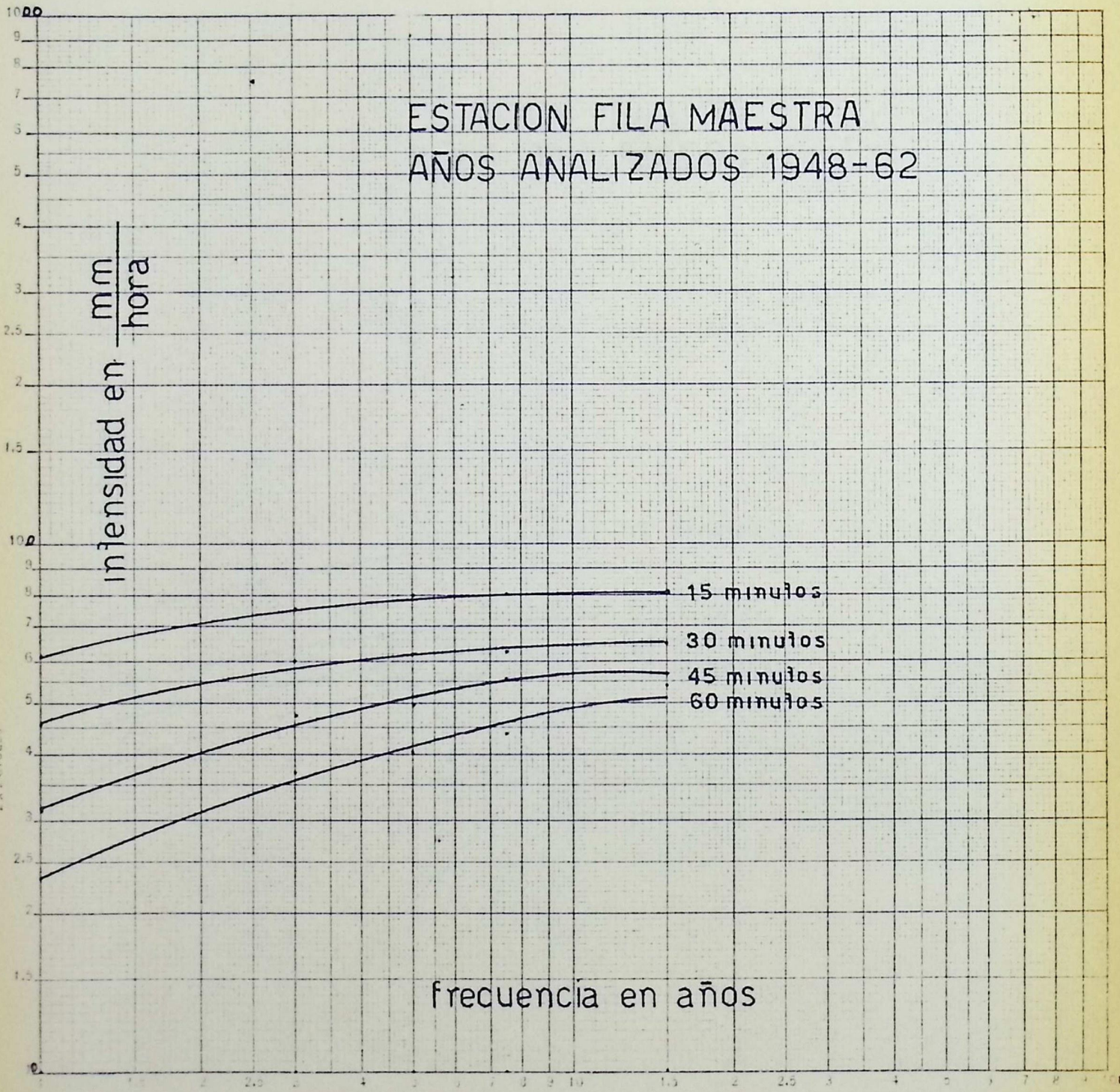
$$a = 4848.4$$

$$I_c = \frac{a}{b + T}$$



tiempo en minutos

ESTACION FILA MAESTRA
AÑOS ANALIZADOS 1948-62



IV-66 ALIQUIL A ESSECO 4-1-1-1
2 X 2 CYCLES

ESTACION BARUTA
AÑOS ANALIZADOS 1951-61

intensidad en
mm
hora

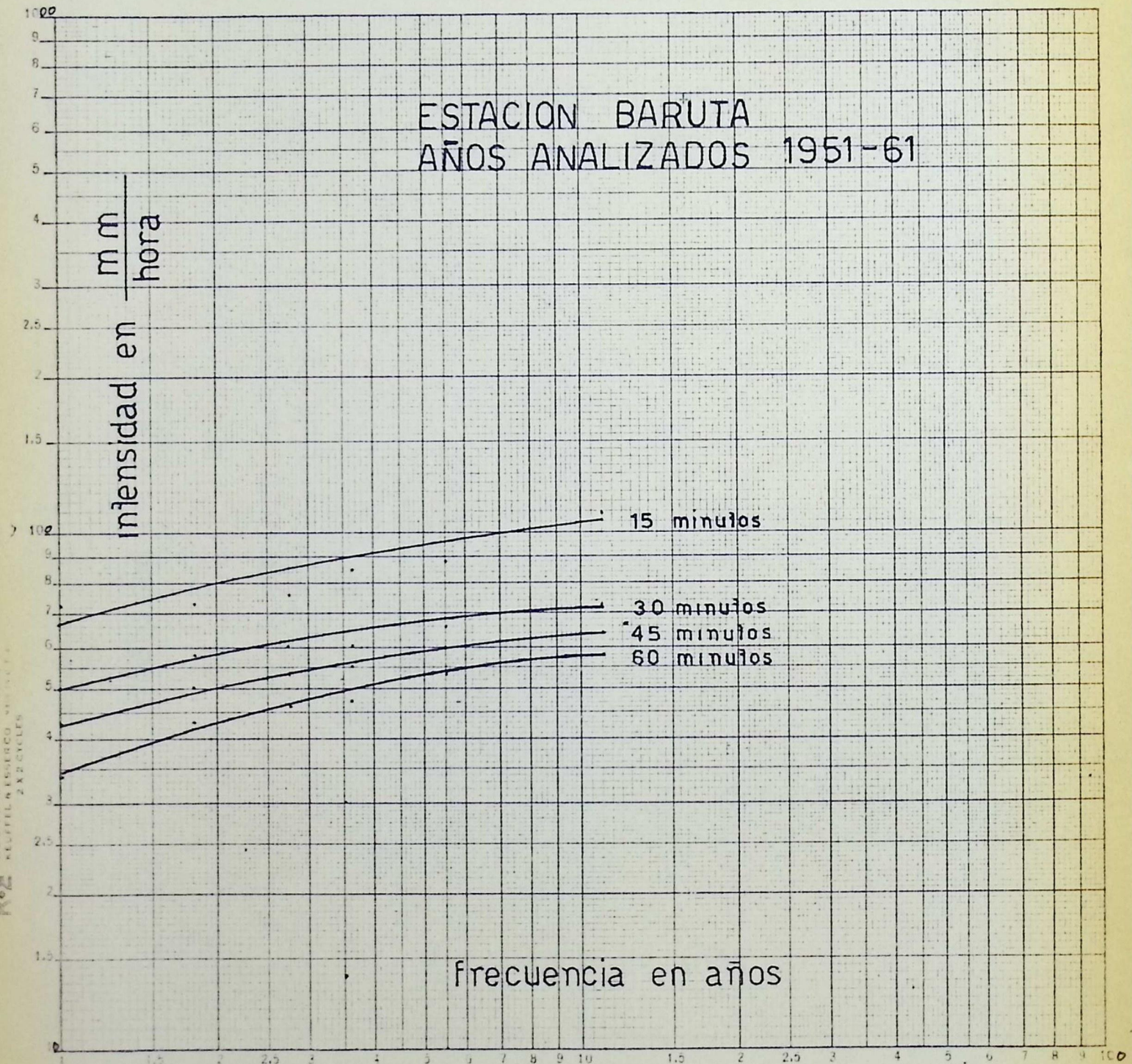
15 minutos

30 minutos

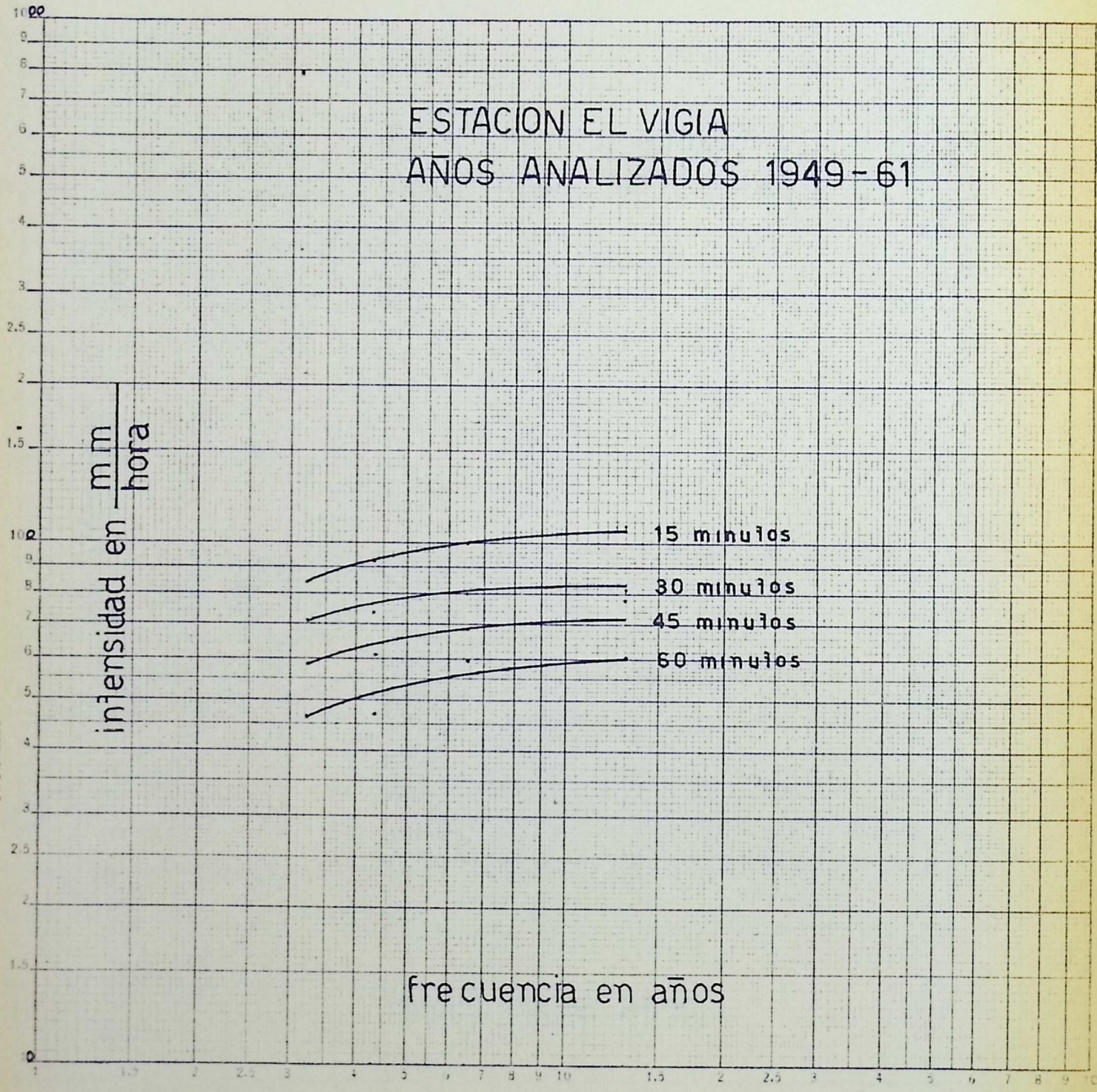
45 minutos

60 minutos

frecuencia en años



ESTACION EL VIGIA
AÑOS ANALIZADOS 1949-61



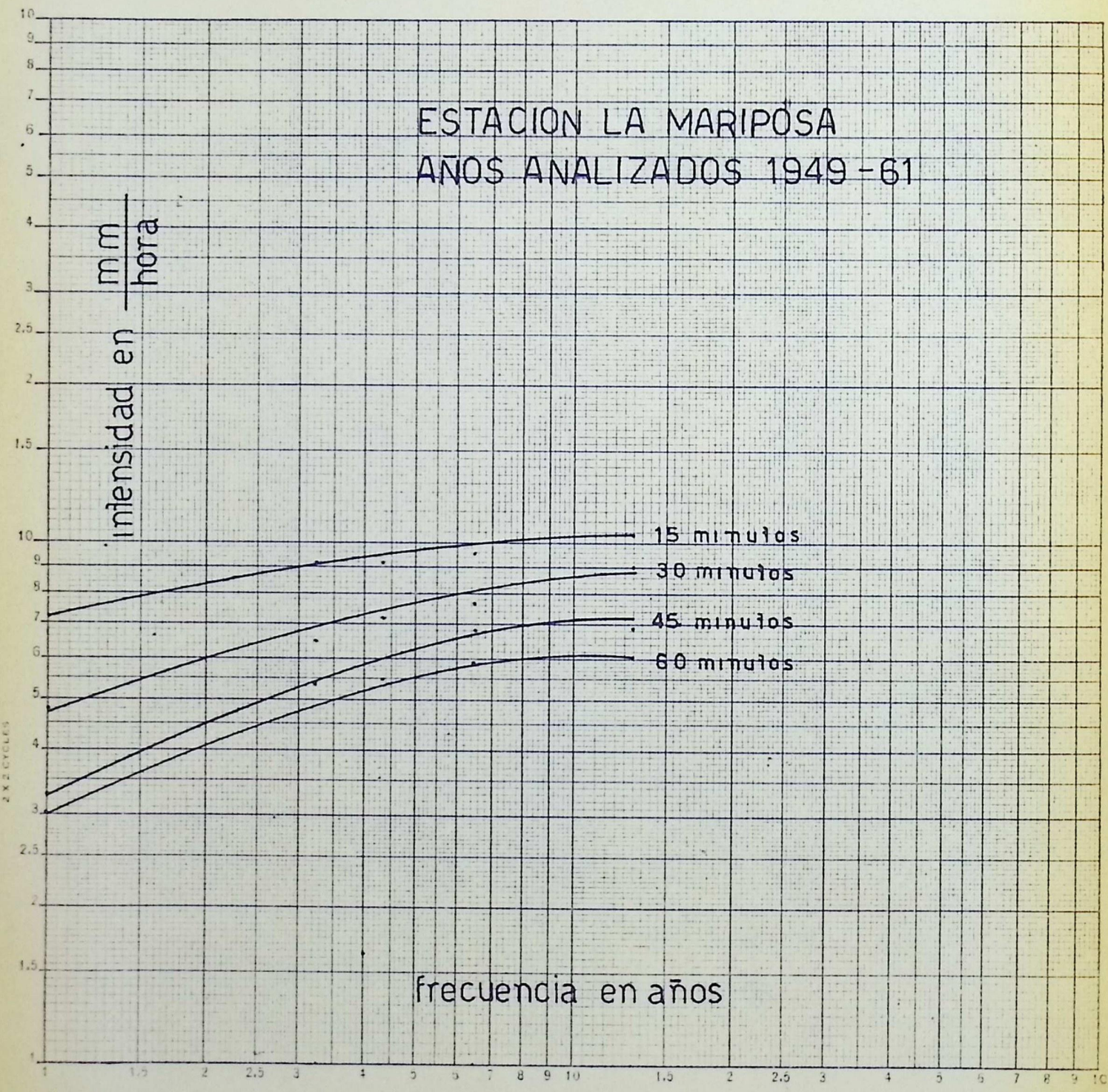
LOGARITMICO 333-110
FECHAS Y EMBUDO
2 X 2 CYCLES

ESTACION LA MARIPOSA
AÑOS ANALIZADOS 1949 - 61

intensidad en mm
hora

15 minutos
30 minutos
45 minutos
60 minutos

frecuencia en años



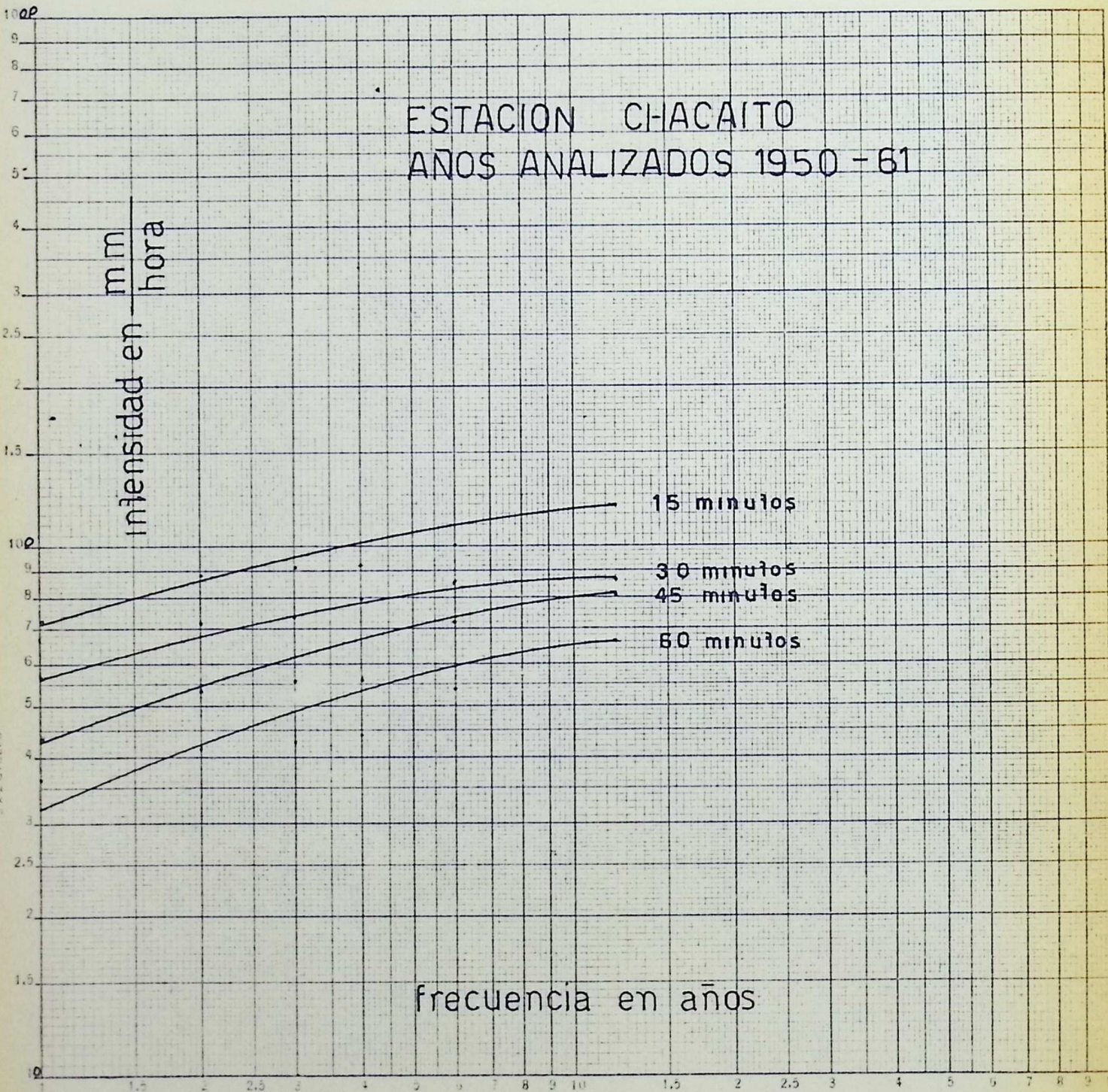
ESTACION CHACAITO
AÑOS ANALIZADOS 1950 - 61

intensidad en
mm
hora

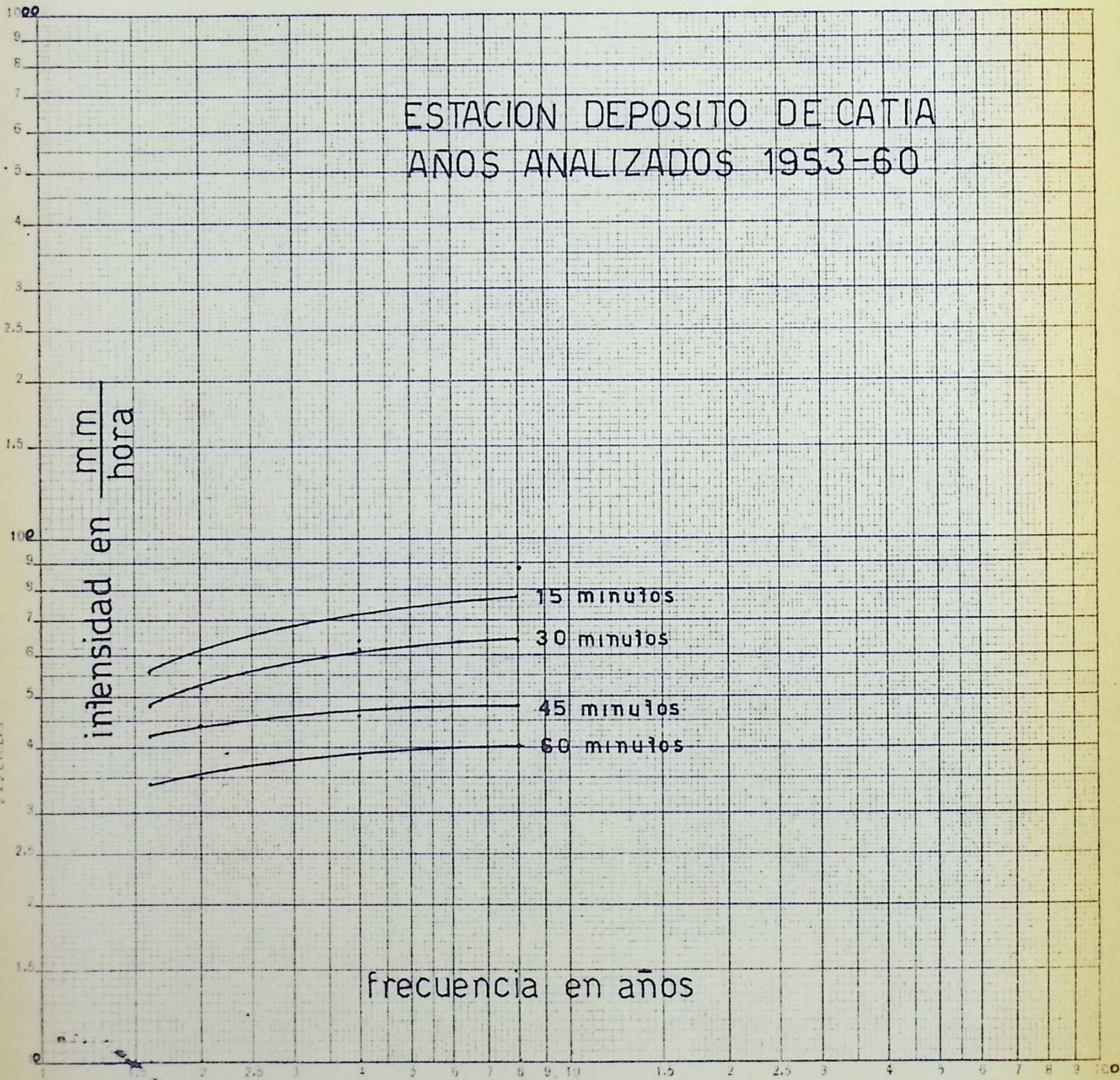
15 minutos
30 minutos
45 minutos
60 minutos

frecuencia en años

LOGARITMICO 355-110
KEUFEL & ESSERCO S.A.
3 X 2 CYCLES
K&E

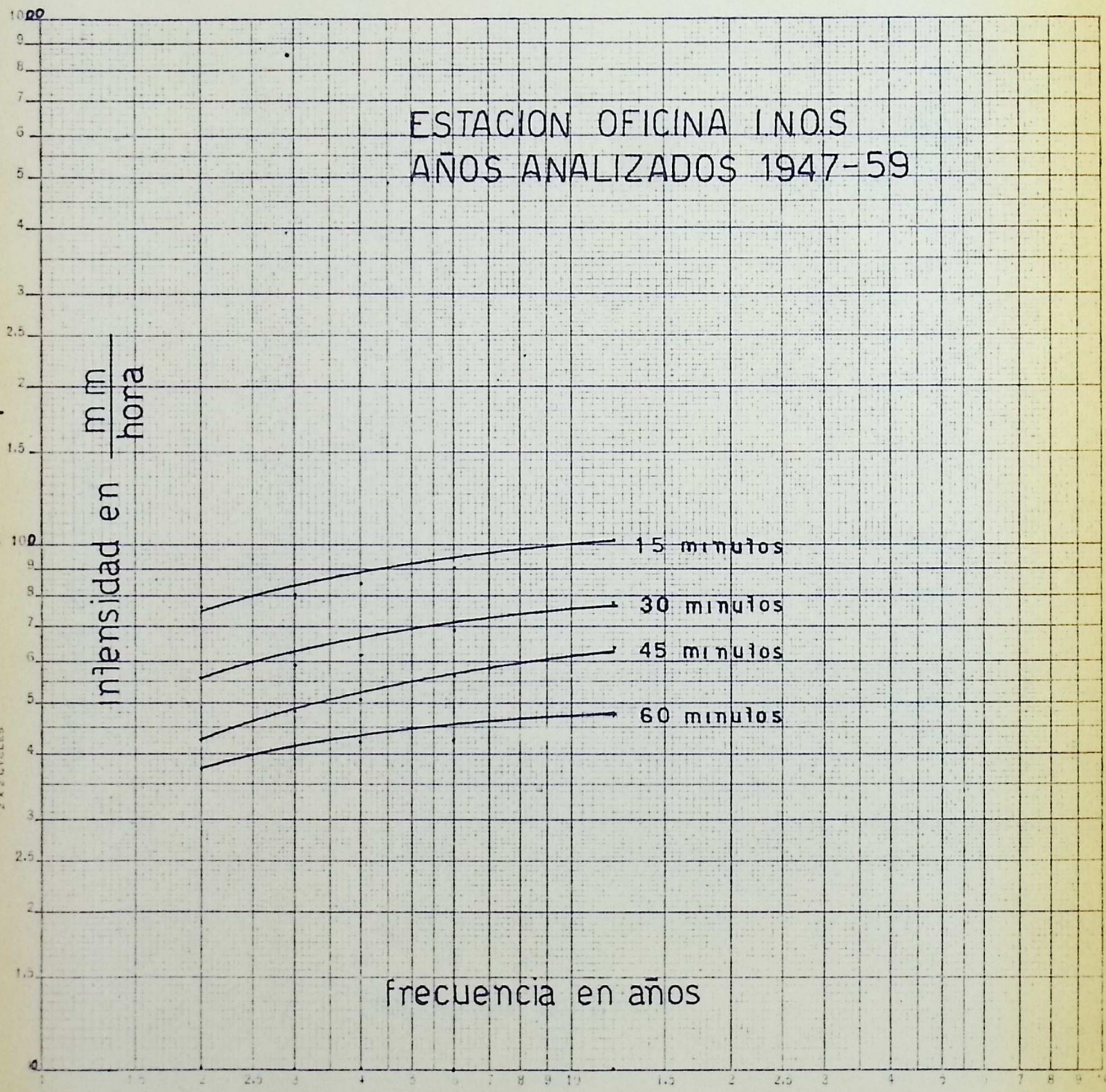


ESTACION DEPOSITO DE CATIA
AÑOS ANALIZADOS 1953-60



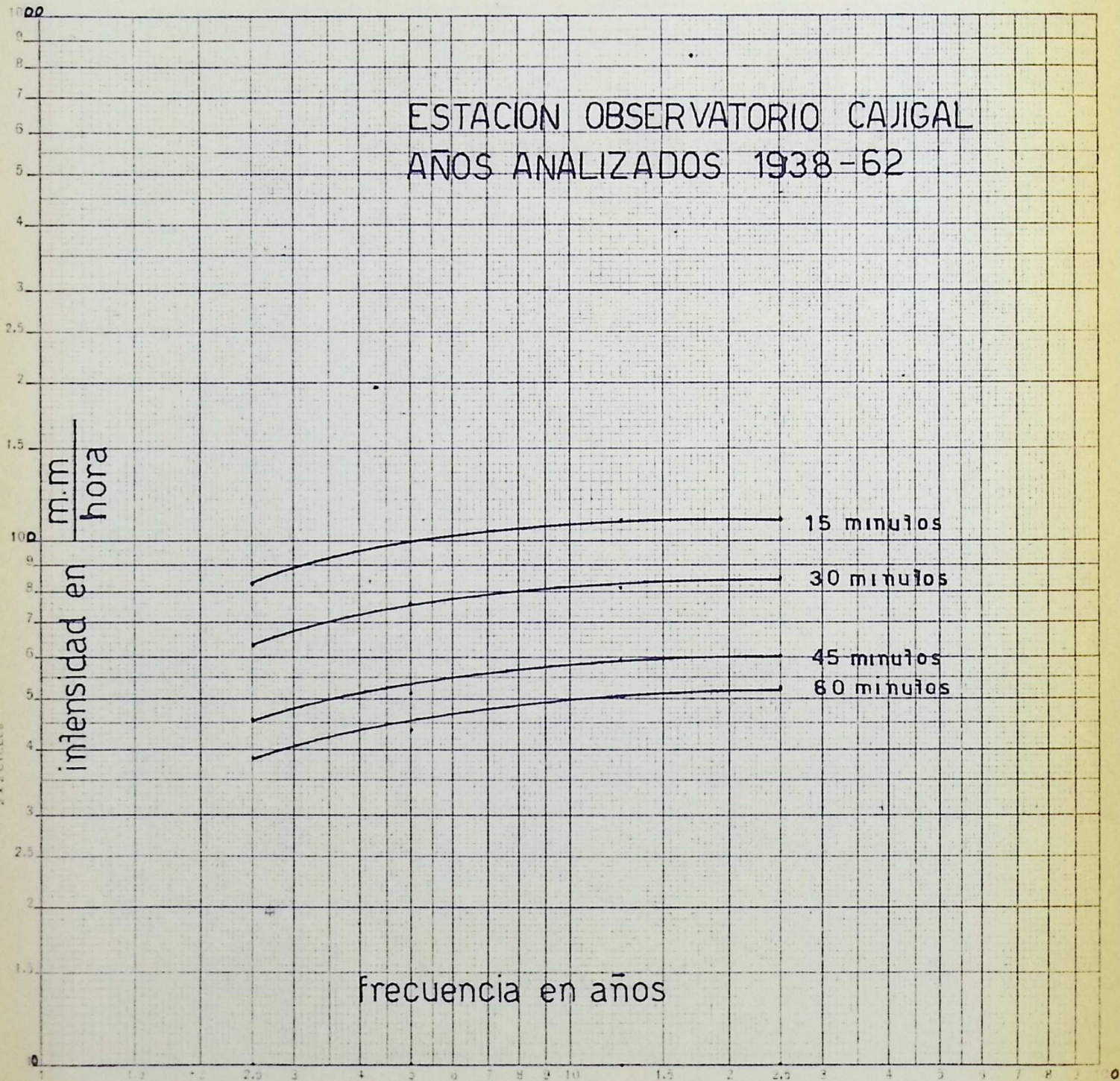
INTE. REUTEL & DESERCO S.A. 2 X 2 CYCLES

ESTACION OFICINA I.N.O.S
AÑOS ANALIZADOS 1947-59



NO. 2
NEUFIL 8158ERCO
2 X 2 CYCLES

ESTACION OBSERVATORIO CAJIGAL
AÑOS ANALIZADOS 1938-62



ESTACION CIUDAD UNIVERSITARIA
AÑOS ANALIZADOS 1949-60

intensidad en
mm
hora

15 minutos

30 minutos

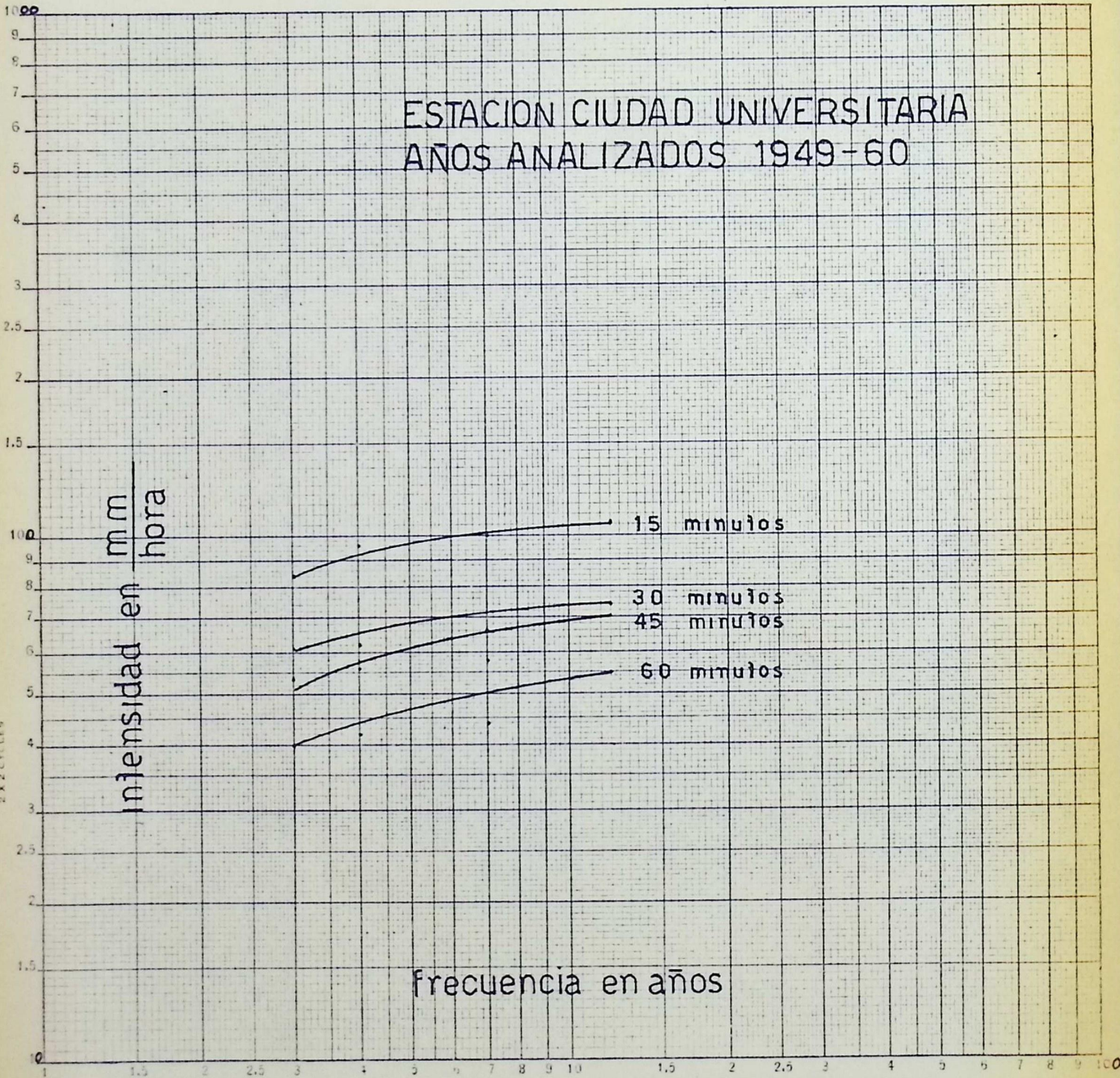
45 minutos

60 minutos

frecuencia en años

LOGARITHMIC
NEUFIL A ESSERCO. 401
2 X 2 CYCLES

K-Σ

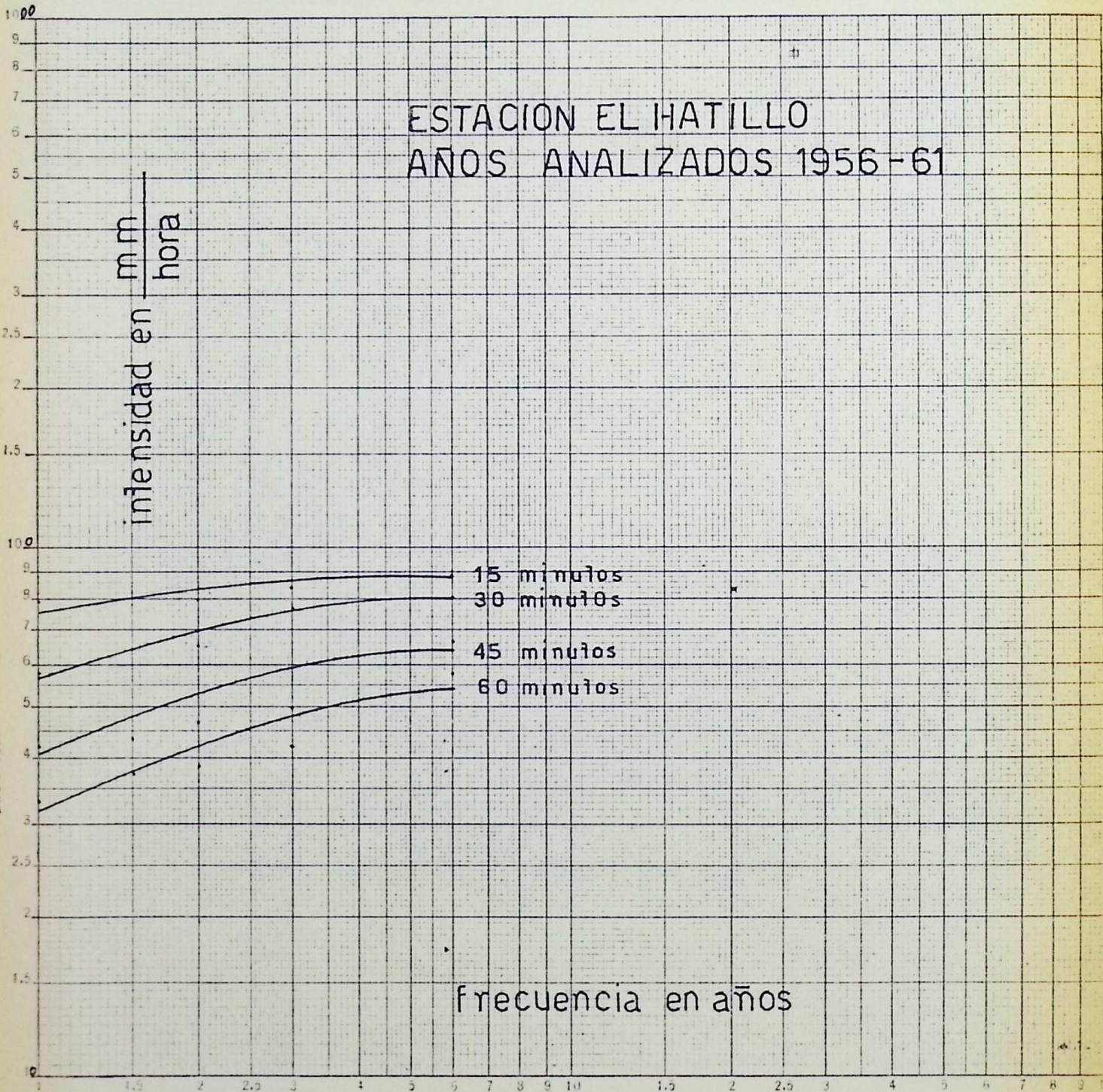


ESTACION EL HATILLO
AÑOS ANALIZADOS 1956-61

intensidad en $\frac{\text{mm}}{\text{hora}}$

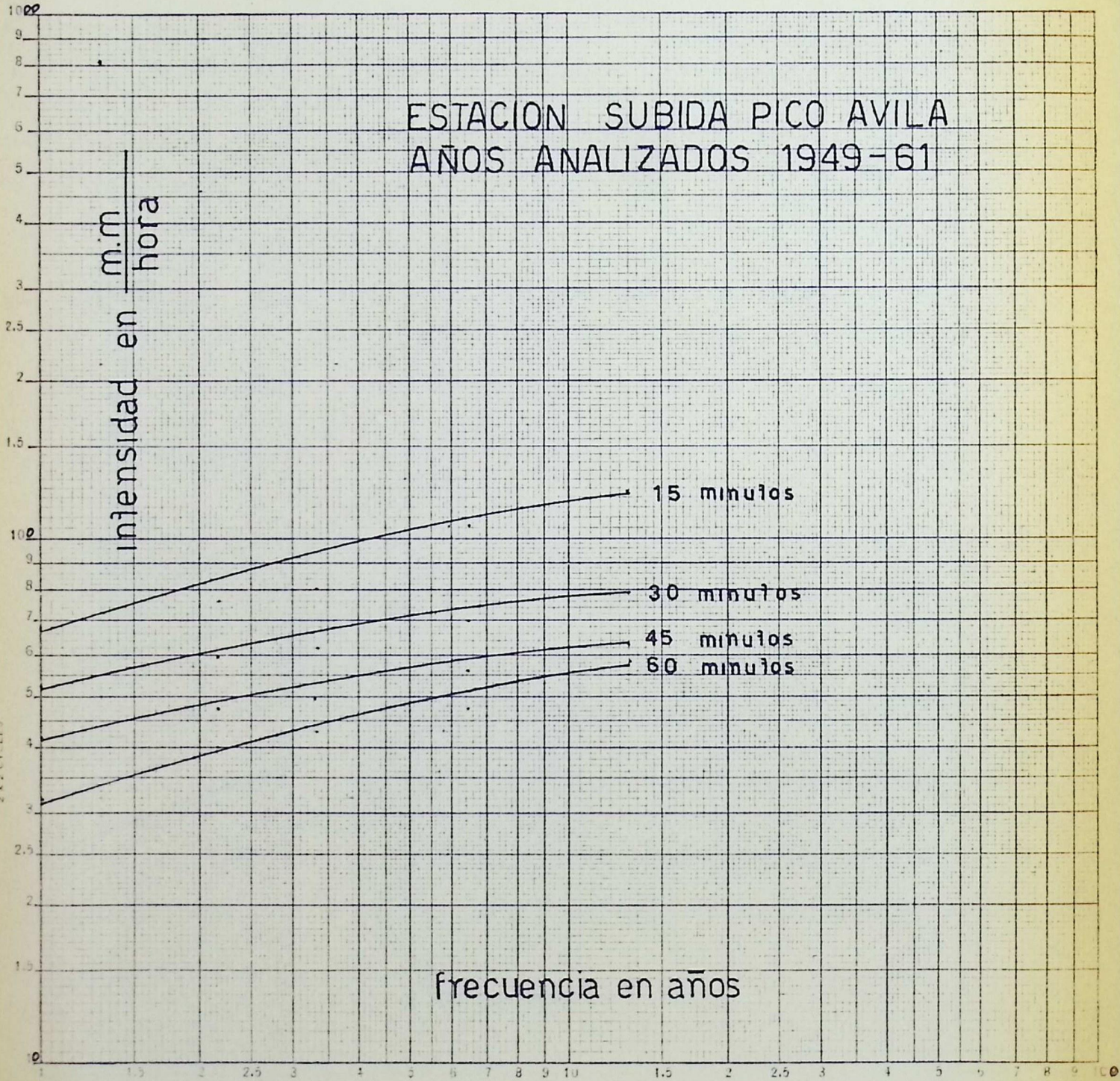
15 minutos
30 minutos
45 minutos
60 minutos

frecuencia en años



ESTACION SUBIDA PICO AVILA
AÑOS ANALIZADOS 1949-61

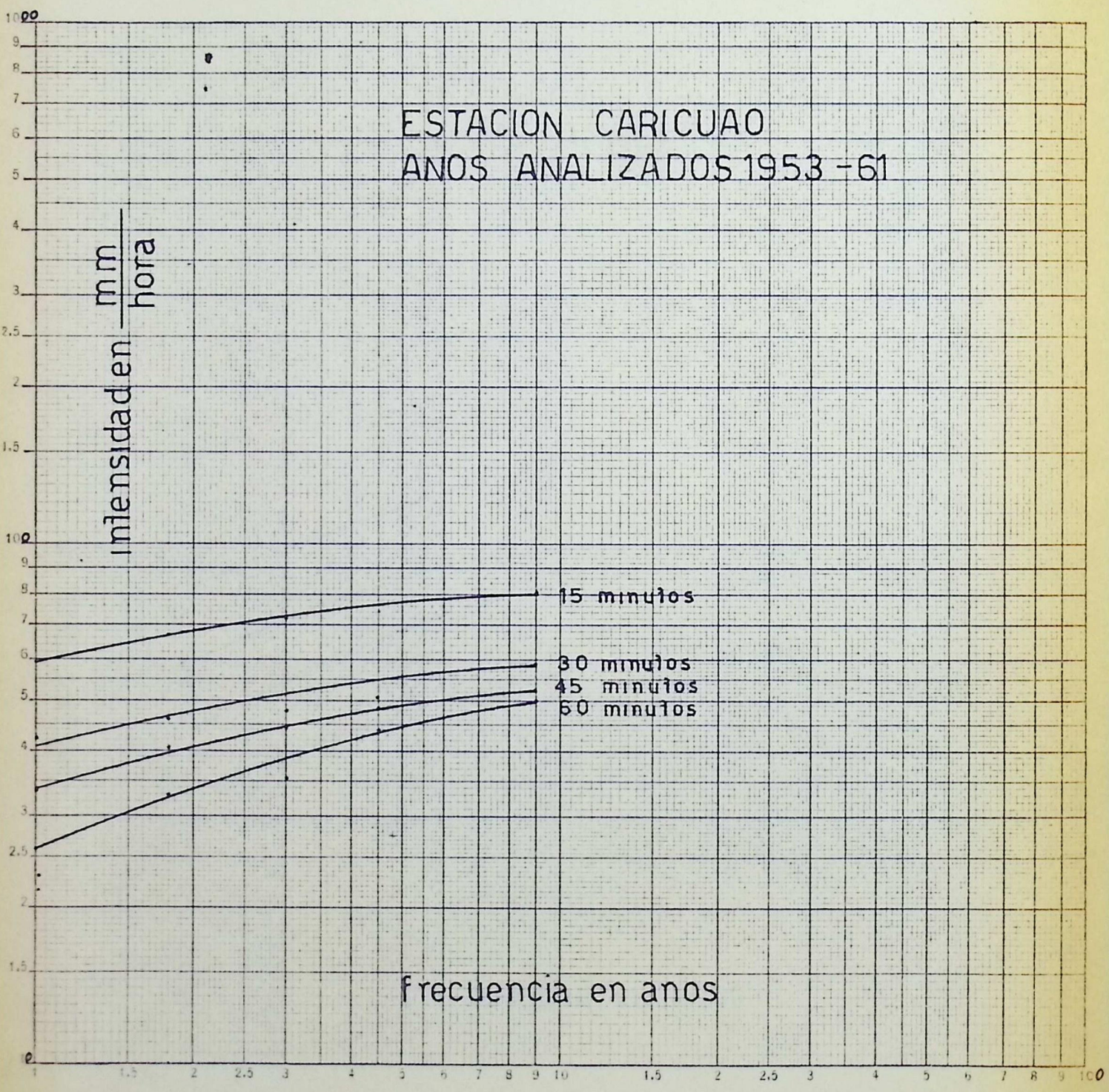
intensidad en $\frac{m.m}{hora}$



K&E LOGARITHMIC 359-110
RUFFEL & BERCO MEXICO
2 X 2 CYCLES

ESTACION CARICUAO
ANOS ANALIZADOS 1953 - 61

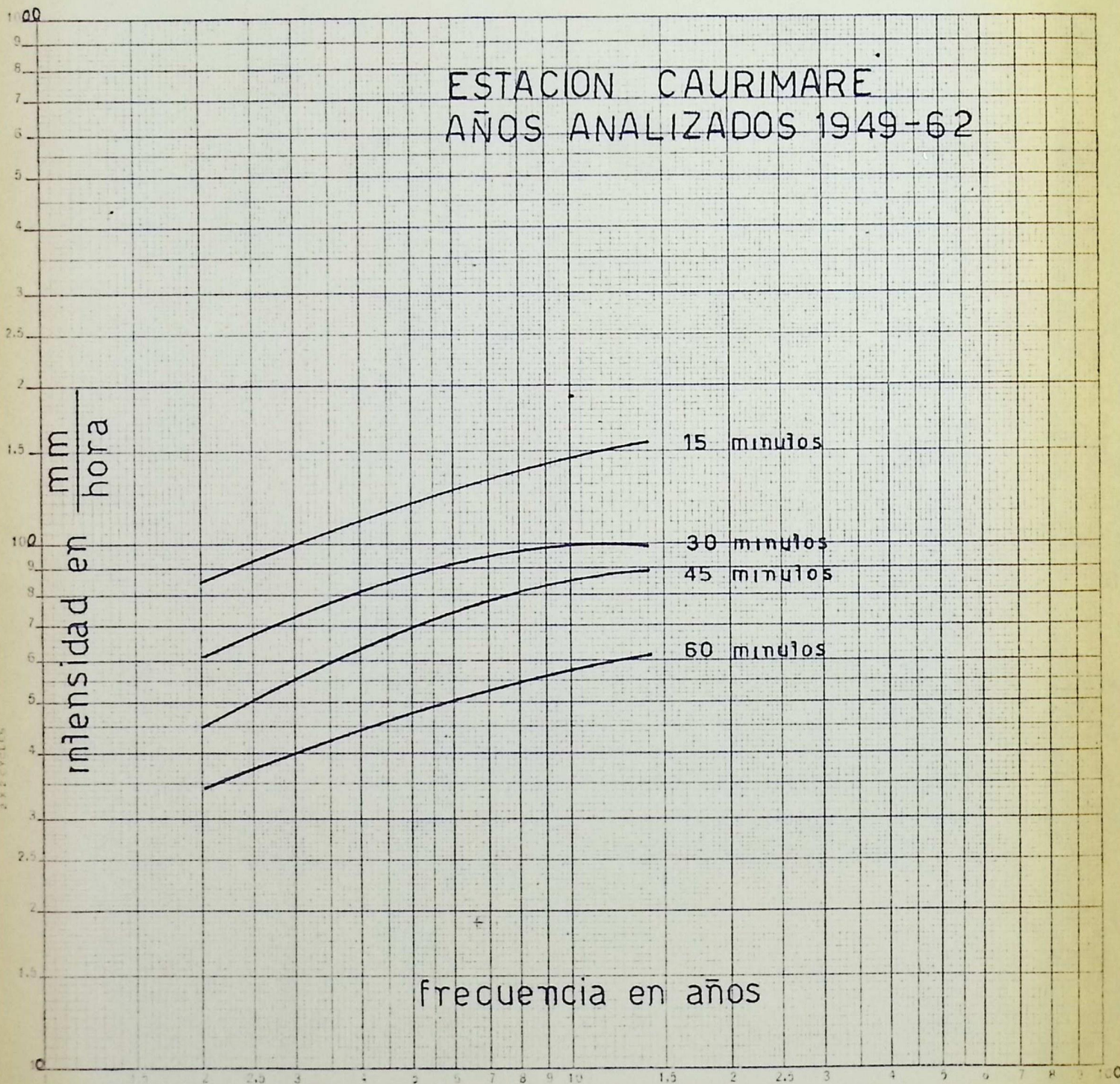
intensidad en $\frac{\text{mm}}{\text{hora}}$



frecuencia en años

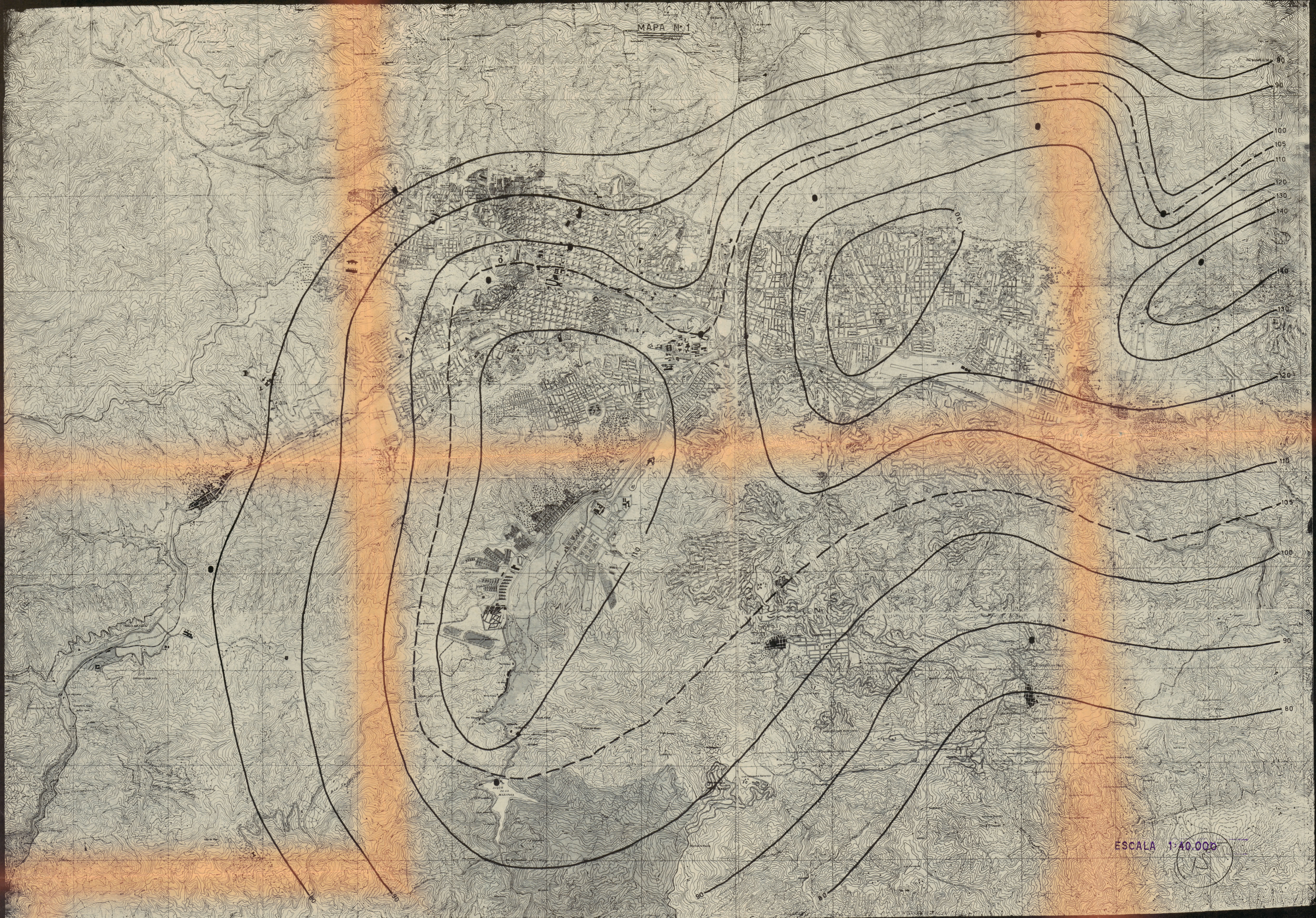
REPTILIA ESTEREO 2 X 2 CYCLES

ESTACION CAURIMARE
AÑOS ANALIZADOS 1949-62



LOGARITHMIC 359-110
NEUTEL & BERGCO. S.A.S.
2 X 2 CYCLES

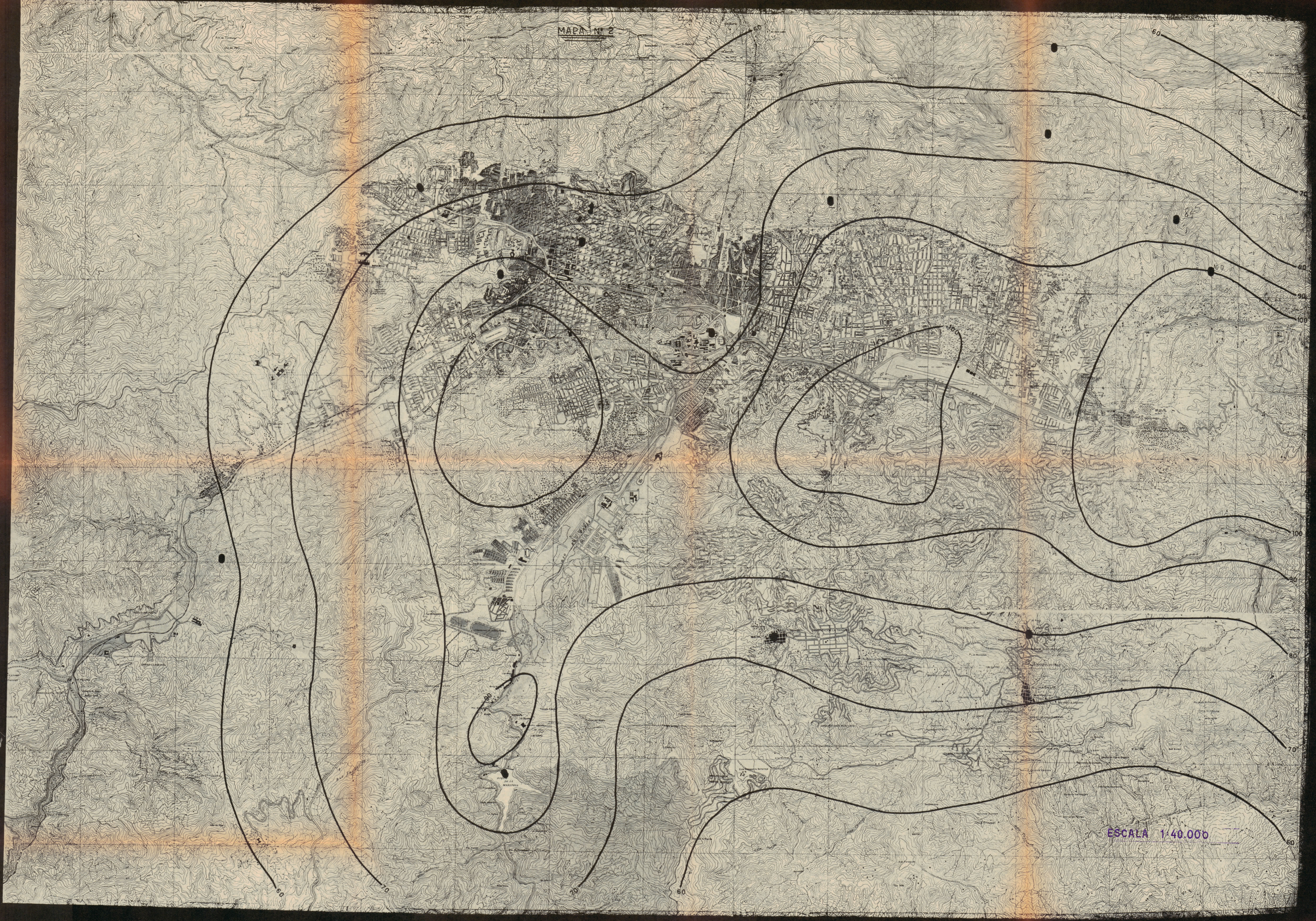
MAPA N. 1



ESCALA 1:40.000

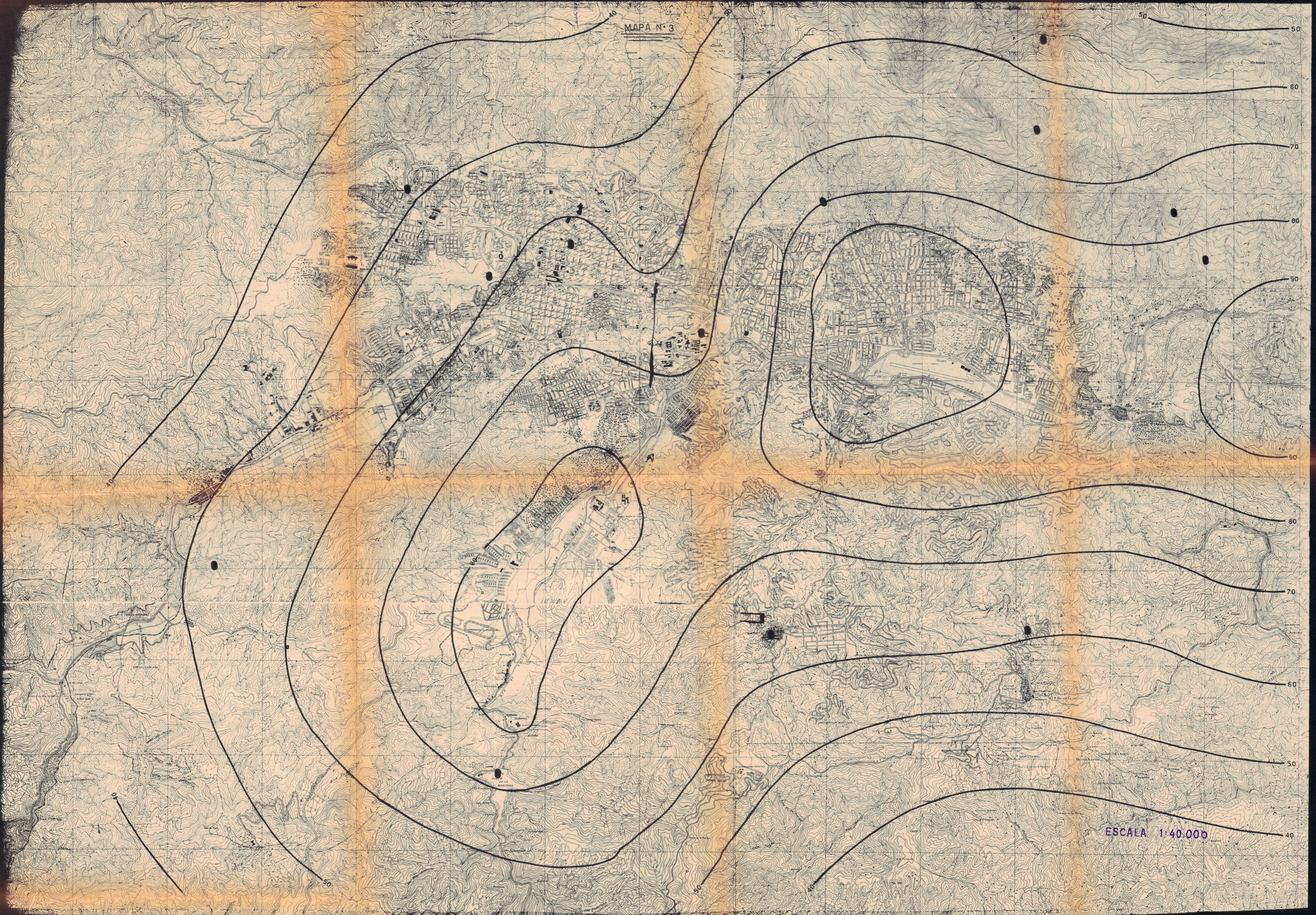
MAPA Nº 2

ESCALA 1/40.000

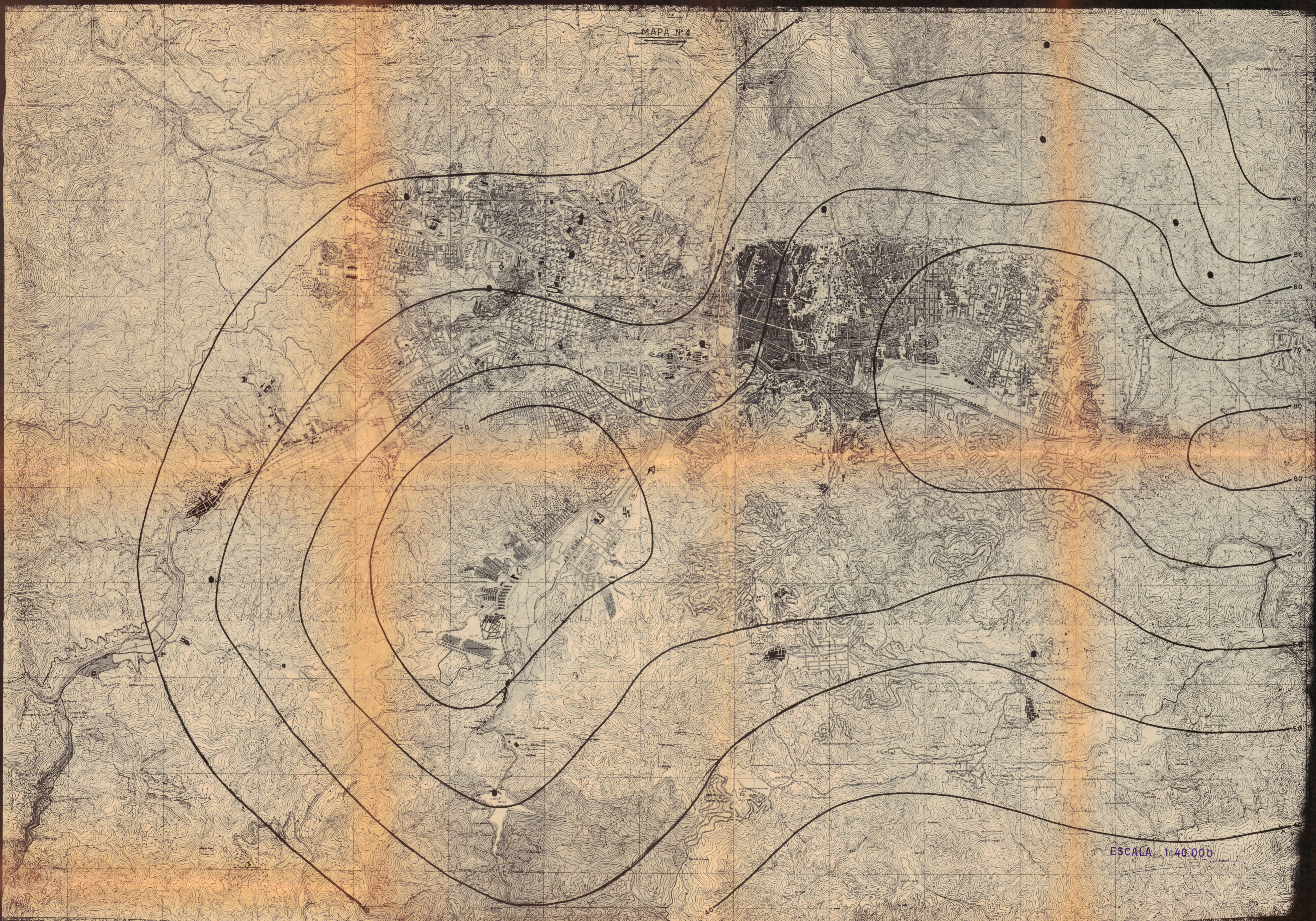


MAPA N° 3

ESCALA 1:40.000



MAPA N.º 4



ESCALA 1:40.000