

Estudios de Lluvias

por

RAMON A. VERGARA DONOSO

Cuando se emprende el estudio de una obra de desagüe de una ciudad, el primer problema que hay que resolver es la elección entre *el sistema unitario y el sistema separado*.

Se adopta el primero de estos sistemas cuando se decide echar a las canalizaciones, fuera de las aguas servidas, la totalidad de las aguas lluvias y el segundo cuando prescindiendo de estas últimas se calculan las cañerías con la capacidad suficiente para contener solamente las aguas servidas.

Uno de los factores que debemos considerar para hacer la elección será naturalmente la cantidad de aguas lluvias que van a escurrir por las diversas canalizaciones, pues de ellas depende su capacidad, y por lo tanto el mayor diámetro que habrá que darles para poderlas alejar en buenas condiciones técnicas. De ahí la importancia de los estudios de los regímenes de las lluvias en las diversas zonas en que por su clima está dividido el país pues de ellos depende el gasto máximo de aguas lluvias que en un instante dado escurrirá por una sección de una alcantarilla.

Con el objeto de efectuar estos estudios la Inspección de Hidráulica de la Dirección de Obras Públicas ha instalado pluviógrafos en varias ciudades de Chile. Estas observaciones junto con los datos proporcionados por las Estaciones del Instituto Meteorológico y Geofísico de Chile, y por varios otros pluviógrafos particulares instalados, generalmente, en los Liceos de las principales ciudades de Chile forman el conjunto de elementos de que se dispuso para hacer el trabajo. Las leyes que se van a deducir, como son resultados de la experiencia, serán

más exactas mientras mayor sea el número de años de observación con que se cuenta. Ahora bien, puede decirse solamente que los pluviógrafos se han instalado ahora último de tal modo que serán pocas las ciudades que tengan el número suficiente de observaciones para llegar a conclusiones definitivas.

Tratando de hacer los estudios para regiones bien distintas del territorio del país, hemos escogido para hacer los primeros trabajos las ciudades de Valdivia, Concepción y San Felipe. Si a esto agregamos los trabajos ya realizados por G. van Brcekman para los estudios de Alcantarillado de Santiago, tendremos un conjunto de observaciones en 4 ciudades situadas en zonas bien distintas en cuanto a su clima y situación y que servirán de guía para cualquier ciudad situada en la zona respectiva.

Los pluviógrafos usados son del sistema Richard y el pluviógrafo Hellman-Fuess, siendo este último empleado además en el Instituto Meteorológico y Geofísico de Chile.

En cuanto a su estructura, ambos sistemas son muy semejantes, constando ambos de dos partes esenciales.

- 1.º) El receptáculo para recibir las aguas lluvias y
- 2.º) El aparato incriptor.

El agua lluvia cae en receptáculo el cual tiene un flotador provisto de un vástago y de una aguja entintada que graba en un cilindro provisto de una hoja de papel las variaciones de la precipitación. Una vez que el receptáculo está lleno un sifón convenientemente dispuesto lo vacía almacenando el agua en otro recipiente, para tener una comprobación comparando las cantidades llovidas indicadas en el gráfico, con el volumen que hay en recipiente.

Los gráficos que dan los pluviógrafos tienen todos más o menos la misma forma. En líneas horizontales están los tiempos, divididos en horas y cada hora dividida en 6 partes, correspondientes cada una a diez minutos. En escalas verticales están las cantidades de agua llovida expresadas en mms. de altura de agua, llegando desde 0 a 10 mms.

Como dijimos al principio el objeto de los estudios de lluvias para un proyecto de alcantarillado es determinar el gasto que en un instante dado pasa por una sección de una alcantarilla que sirve de desagüe a una zona determinada.

Este gasto depende, entre otros factores, de la intensidad de la lluvia, entendiéndose por intensidad de lluvia la cantidad de agua caída en la unidad de tiempo. Pero esta intensidad no es constante sino que varía.

1.º) Con el tiempo.

2.º) Con el espacio.

De tal modo que el gasto en el punto de desagüe varía de un instante a otro. Pero podemos suponer que en un período de tiempo t cae sobre la superficie una intensidad ficticia constante que produzca en la sección el mismo gasto que produjera la lluvia de intensidad variable en el mismo tiempo t . Esta intensidad ficticia la llamaremos *intensidad media*.

De modo que el gasto se podría expresar por la sencilla fórmula

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot i_{med.} \cdot S$$

Siendo α el *coeficiente de reducción o de retardo* que toma en cuenta la variación de la intensidad de lluvia con el tiempo y el espacio y cuyo valor depende además del tiempo que el agua escurriendo por los cauces de que dispone emplea para llegar a la sección; β el coeficiente de infiltración y evaporación y S la superficie de evacuación.

Supuestos conocidos estos tres factores nos queda por determinar la intensidad media de la lluvia para lo cual hacemos uso de los diagramas de los pluviógrafos. Estos diagramas dan la variación de la cantidad de agua caída expresada en altura de agua con el tiempo; luego llamando dh la variación de esta altura en un tiempo dt tenemos:

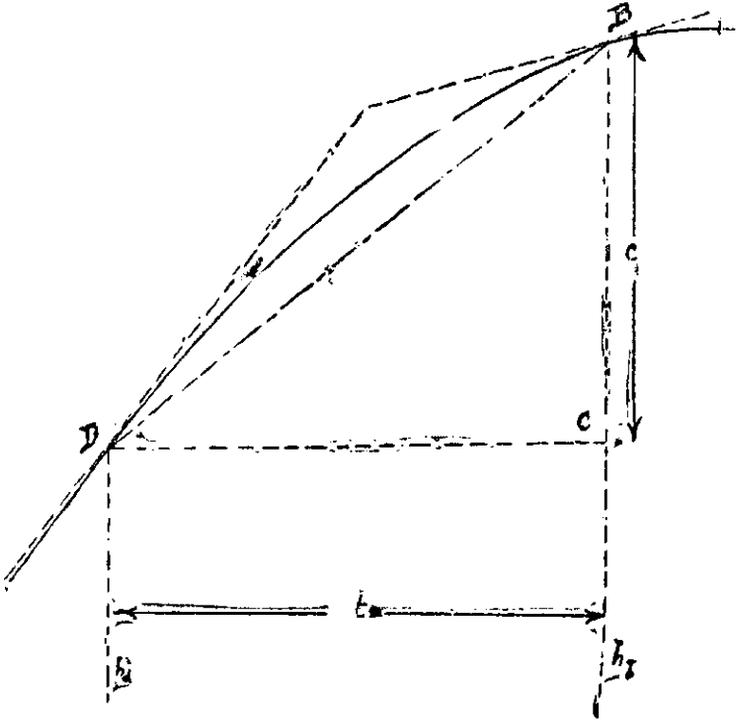
$$i = \frac{dh}{dt}$$

o sea que la intensidad instantánea de la lluvia es el coeficiente angular de la tangente a la curva dada por el pluviógrafo; de tal modo que la intensidad será máxima en aquel punto en que esta tangente sea más inclinada con respecto a la horizontal.

Sea BD una porción de las curvas dadas por el pluviógrafo; la inclinación de la tangente en D dará la intensidad instantánea en ese punto y la inclinación de la tangente en B , la intensidad instantánea en él, estando estos dos puntos separados por el período de tiempo t .

Entre estas dos inclinaciones habrá una que será la inclinación media y que por consiguiente representará la intensidad media en el período t .

Tomando a DB como inclinación media tenemos:



$$i_m = \frac{BC}{t}$$

pero

$$BC = h_b - h_d$$

siendo h_b y h_d las cantidades llovidas en los puntos B y D respectivamente, luego

$$i_m = \frac{h_b - h_d}{t}$$

pero

$$h_b - h_d = C$$

siendo C la cantidad llovida en el período t, luego

$$i_m = \frac{C}{t}$$

Si expresamos C en milímetros de altura de agua y t en horas llegamos a la expresión

$$i_m = 2,78 \frac{C}{t}$$

resultando i_m expresado en litros por hectáreas por segundo.

Lo que más nos interesa conocer es la *intensidad media máxima* de la lluvia en el período t , para lo cual basta que C sea máximo, de modo que buscaremos en la total duración de la lluvia aquel trozo de período t que dé un máximo de valor C , o en otras palabras aquel trozo de curva cuya inclinación con la horizontal sea máxima entre dos puntos separados por el espacio de tiempo t .

Como en los diagramas dados por los pluviógrafos los tiempos están divididos de diez en diez minutos, como dije al principio, el período de tiempo t lo haremos variar de diez en diez minutos, y así obtendremos intensidades medias máximas cada 10, 20, 30, 40, 50, y 60 minutos, y cuyos valores deducidos de la fórmula anterior serán:

$$i_{m_{10}} = C_{10} \cdot 16,7$$

$$i_{m_{20}} = C_{20} \cdot 8,3$$

$$i_{m_{30}} = C_{30} \cdot 5,55$$

$$i_{m_{40}} = C_{40} \cdot 4,16$$

$$i_{m_{50}} = C_{50} \cdot 3,33$$

$$i_{m_{60}} = C_{60} \cdot 2,78$$

resultando i_m expresado siempre en lits. por hectárea por segundo si expresamos C en milímetros de altura de agua.

CURVAS DE LAS INTENSIDADES MEDIAS MAXIMAS

Llevando ahora estas intensidades medias máximas en un sistema coordenado cuyos ejes sean los tiempos y estas intensidades obtenemos la curva característica de cada lluvia o sea la curva de las intensidades medias máximas. Esta curva no corta el eje de las intensidades por cuanto no conocemos la intensidad instantánea máxima. Para ello necesitaríamos disponer de las observaciones del pluviógrafo de velocidad.

CURVA DE FRECUENCIAS

Tomando ahora todas las intensidades medias máximas que tienen el mismo período, viendo cuantas veces se sobrepasan estas intensidades de un cierto valor y llevando este valor en uno de los ejes coordenados y el del número de veces que esta intensidad es sobrepasada en el período de las observaciones en el otro, obtenemos la *curva de frecuencia*. Por consiguiente existirá una curva de frecuencia para cada período, o sea habrá curva de frecuencia para 10, 20, 30, etc., minutos.

APLICACION DE LAS CURVAS

Al hacer el cálculo de una canalización capaz de contener las aguas lluvias admitiendo que no entre jamás en presión, o sea, suponiendo que ésta sea capaz de contener la lluvia máxima que pueda presentarse se llega a dimensiones exageradas y anti-económicas para las cañerías.

Es por esto que se admite que pueda la canalización entrar en presión con ciertas lluvias que se presentan cierto número de veces en un período dado. Este número se determina en vista de la importancia de la población y el trazado y profundidad de las canalizaciones

Determinado así el número de veces que la cañería puede entrar en presión, digamos por año, basta multiplicarlo por el número de años en que se han hecho las observaciones que han dado la *curva de frecuencia* para obtener el valor N de estas curvas. Si trazamos por este punto una horizontal ella corta las curvas de frecuencia de 10, 20, 30, 40, 50 y 60 minutos en otros 6 puntos. Bajando las ordenadas respectivas obtenemos en el eje horizontal las intensidades medias máximas correspondientes.

Si llevamos ahora en las abcisas 10, 20, 30, 40, 50 y 60 minutos del gráfico de las *intensidades medias máximas* los valores deducidos anteriormente, obtenemos la curva característica de la lluvia adoptada, siéndonos imposible, como dejamos dicho llegar hasta el eje de las intensidades medias máximas por no disponer de las intensidades instantáneas máximas.

Si para cada una de las intensidades medias máximas aplicamos la fórmula dada anteriormente

$$Q = u \beta i_m S$$

obtenemos los gastos *medios* que en períodos de 10, 20, 30, 40, 50 y 60 minutos escurren por la sección de desagüe, el mayor de los cuales nos servirá para determinar la capacidad de las canalizaciones.

CONSTRUCCION DE LAS CURVAS

Las curvas de intensidades medias máximas y de frecuencia se han construido como ya hemos dicho para las ciudades de Valdivia, San Felipe y Concepción.

Las observaciones más completas de que se dispuso fueron las de Valdivia en el período comprendido entre los años 1908 y 1918. Pero en los primeros años las observaciones son incompletas, de modo que hemos creído conveniente descartarlos y hacer los estudios solamente en los últimos 5 años, de modo que las deducciones de la curva de frecuencia deben aplicarse a este número de años. El número de diagramas estudiados en esta ciudad fué 1219 lo cual induce a creer que los resultados obtenidos son bastante exactos y dignos de toda fe.

No sucede lo mismo con las curvas deducidas para las ciudades de San Felipe y Concepción.

En San Felipe las observaciones se han hecho de una manera bastante regular y exacta, pero siendo allá las lluvias muy escasas, se necesitaría disponer de un gran número de años de observación para llegar a resultados ciertos. Eso nos ha obligado a no construir sino las curvas de frecuencia para 10, 20 y 30 minutos solamente. El número de años de observación fué, por las mismas razones expuestas para el caso anterior, de 5 años solamente.

En Concepción las observaciones han sido aun más incompletas no habiéndose podido reunir más datos lo cual nos obligó a construir las curvas de frecuencia para 10, 20, 30 y 40 minutos solamente. El número de años de observación hubo que reducirlo aquí a dos.

En cuanto a las curvas de las *intensidades medias máximas* cabe decir que se han construido solamente las correspondientes a las lluvias más intensas que se presentaron en el período de las observaciones.

Para los efectos de la evaluación de las lluvias se ha considerado como lluvias distintas las que están separadas por un período de dos o más horas de calma, y no se han considerado las lluvias menores de un milímetro.

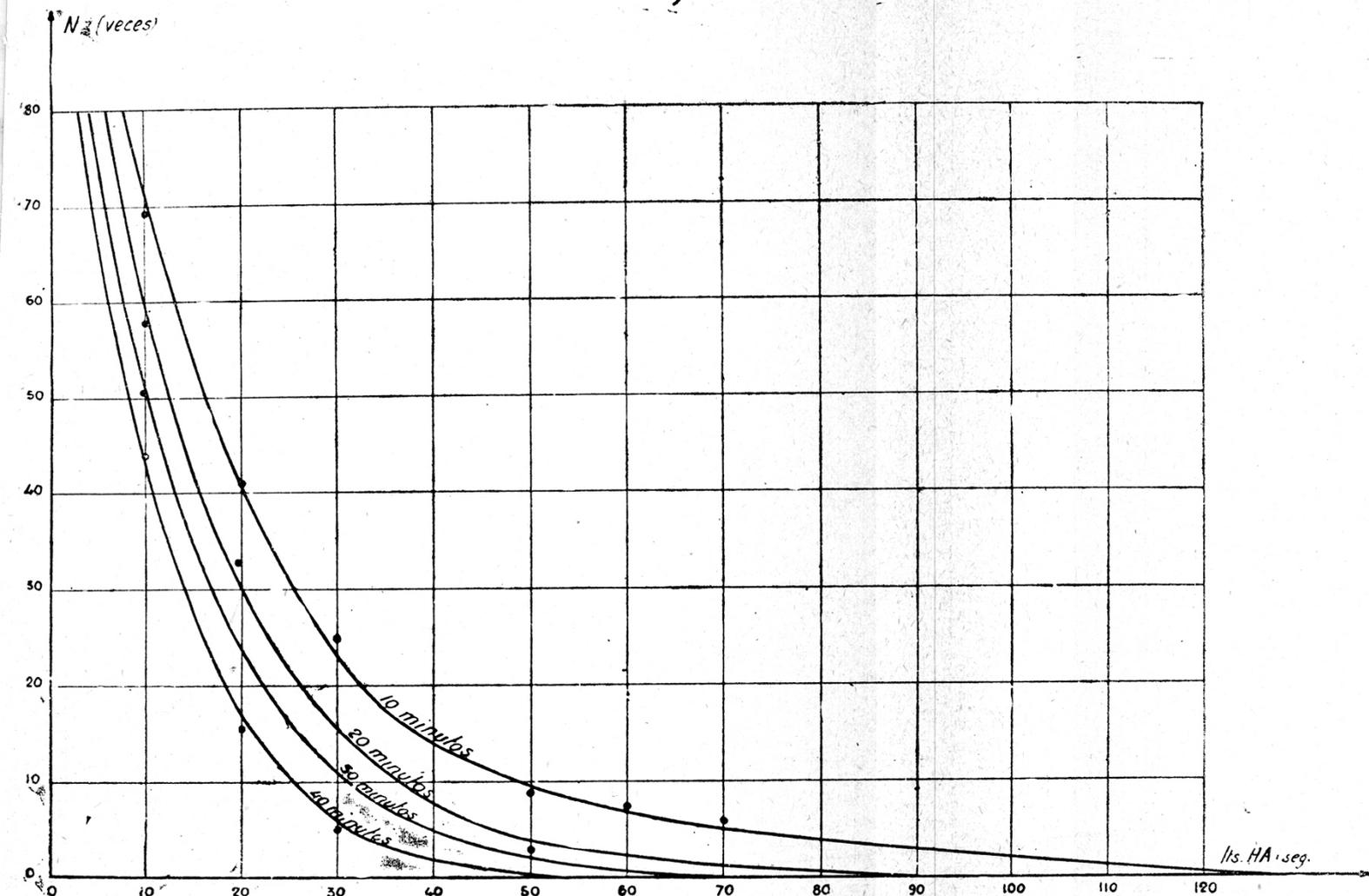
Estudios de lluvia

Concepcion

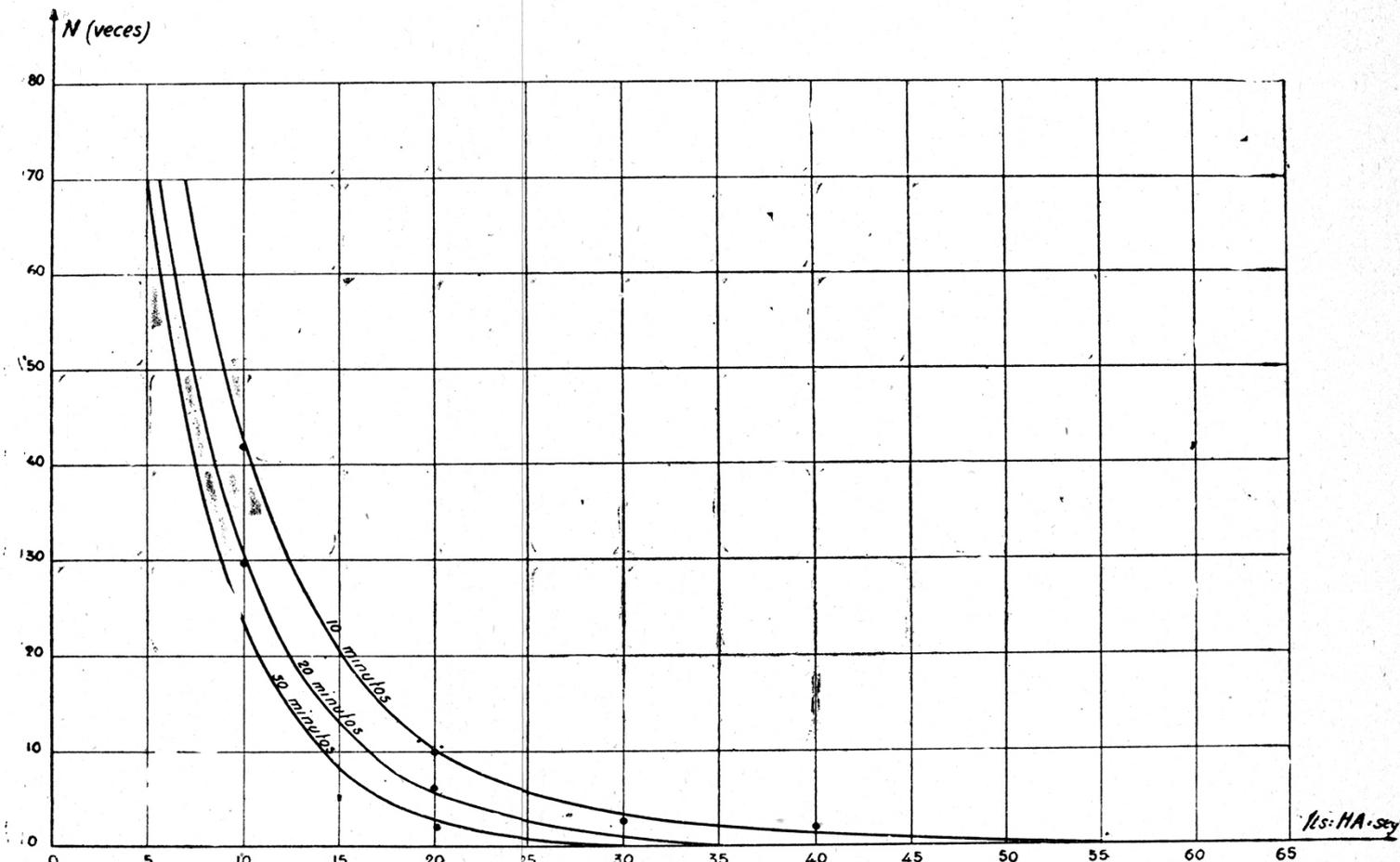
Curvas de frecuencia de las lluvias

San Felipe

Curvas de frecuencia de las lluvias

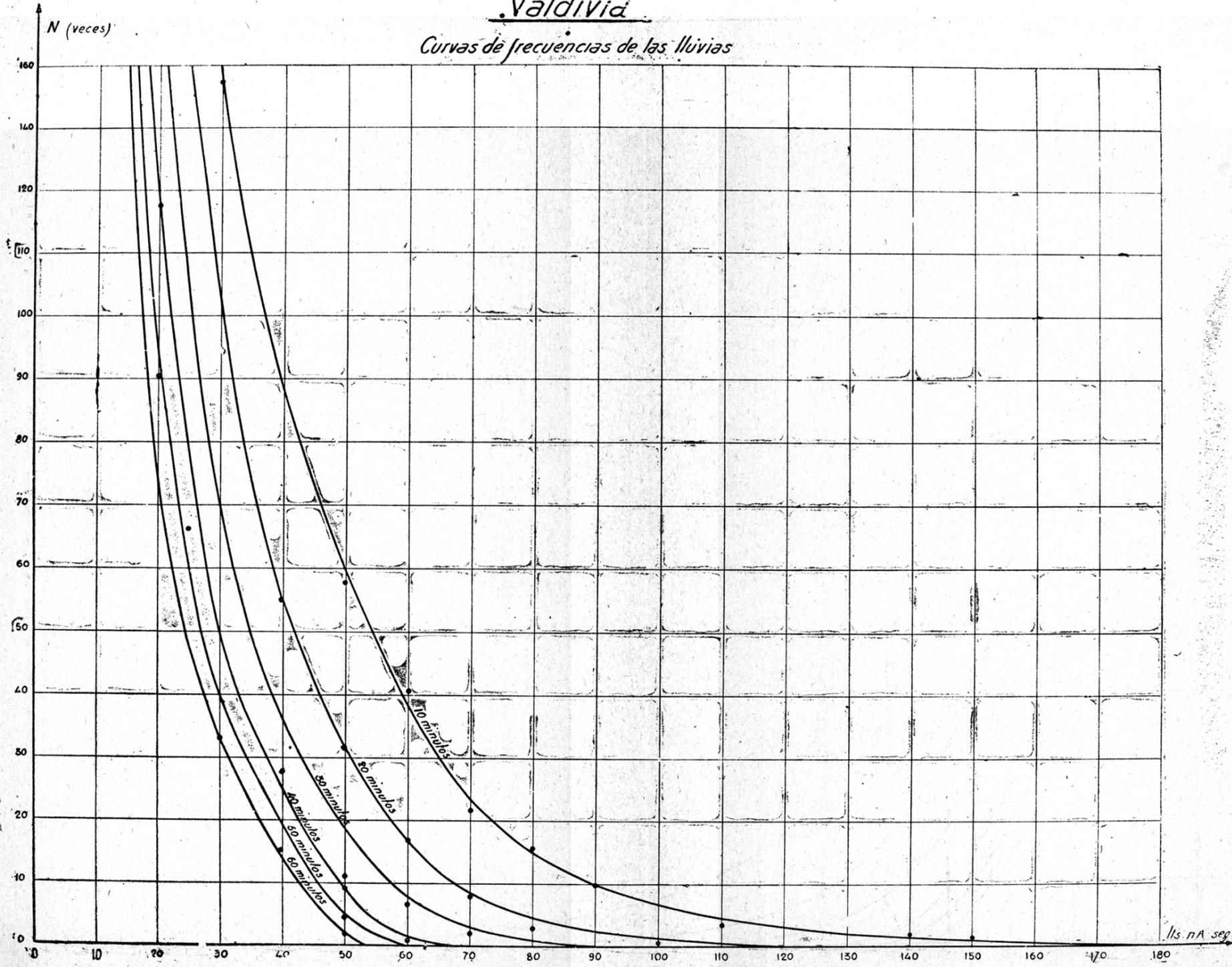


N_2 indica el numero de vces que una lluvia dada es sobrepasada en el periodo de 2 años



N indica el numero de veces que una lluvia dada es sobrepasada en el periodo de 5 años

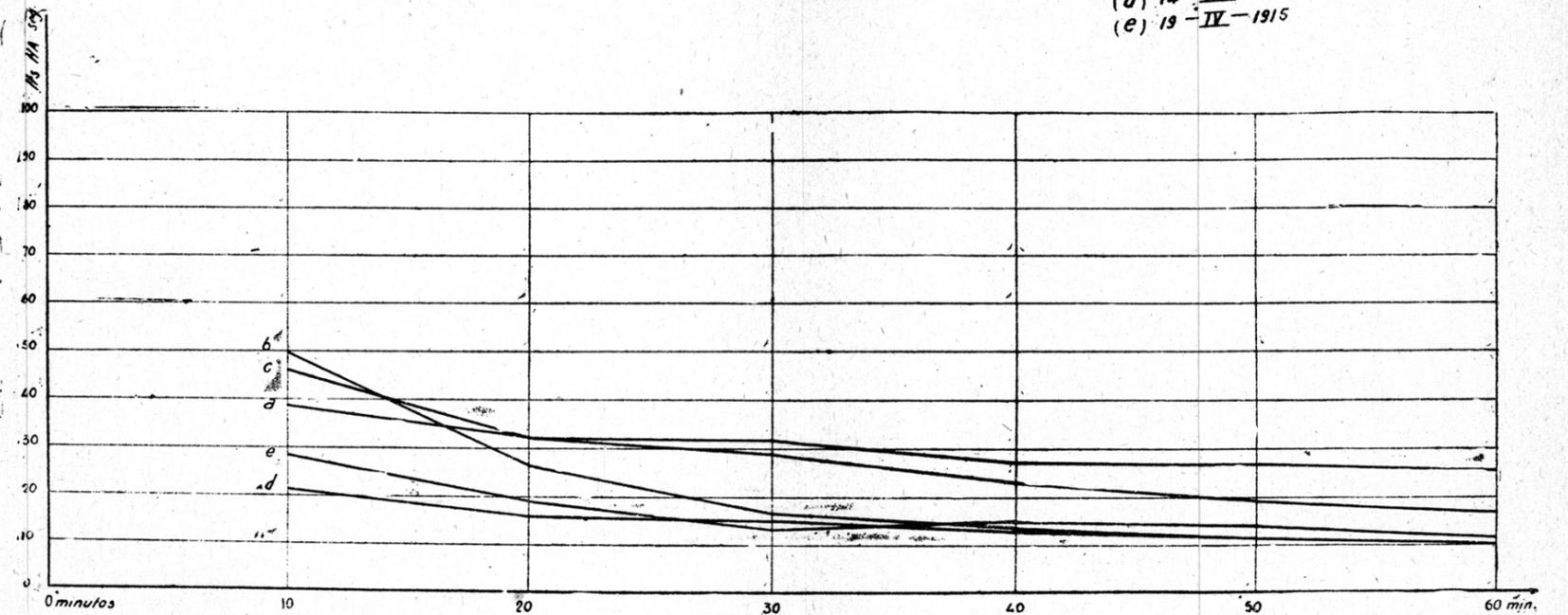
Valdivia
Curvas de frecuencias de las lluvias



N indica el numero de veces que una lluvia dada es sobrepasada en el periodo de 5 años

San Felipe
Maximos de las intensidades medias

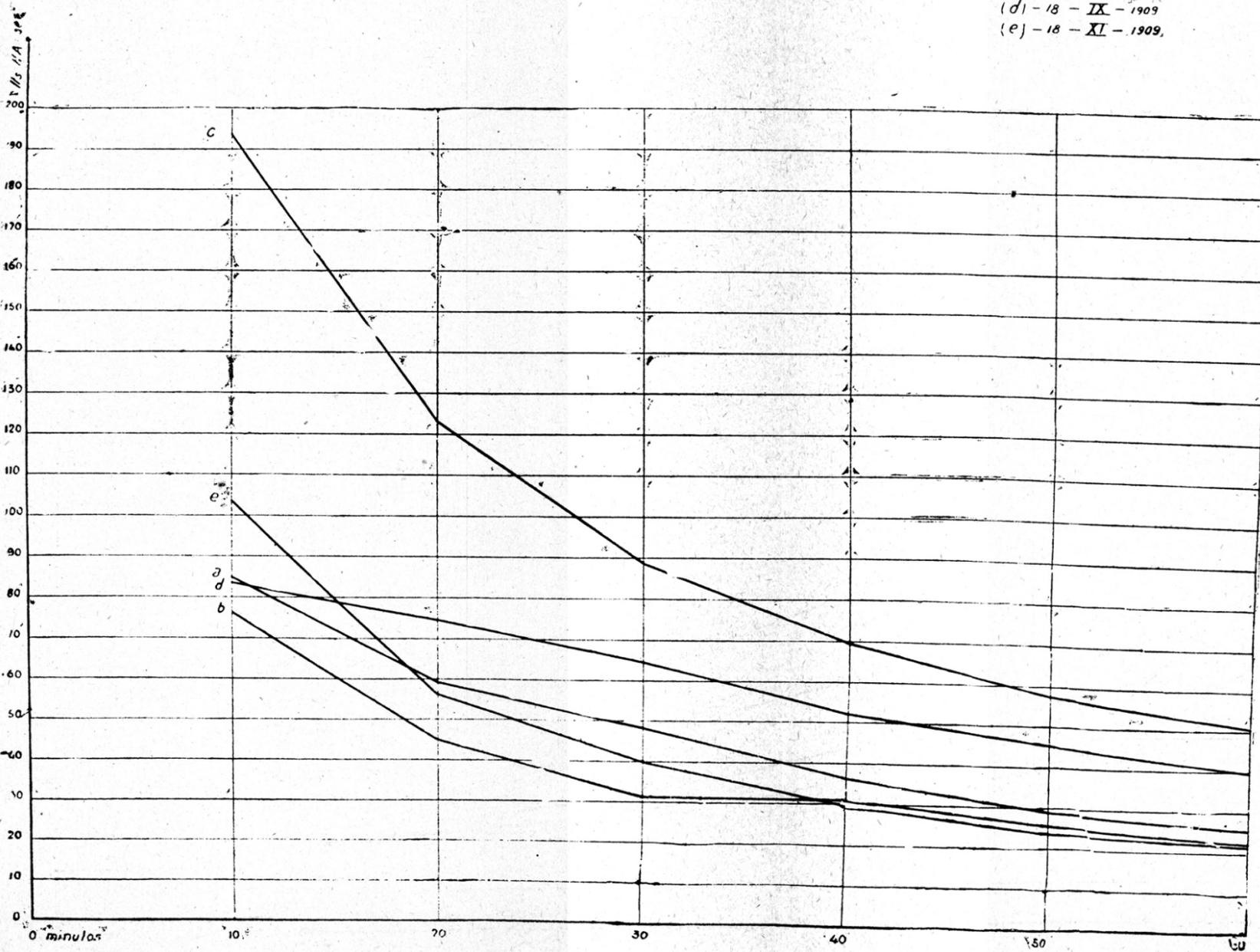
- (a) 9 - VI - 1909
- (b) 17 - V - 1917
- (c) 8-9 - VI - 1912
- (d) 14 - VIII - 1912
- (e) 19 - IV - 1915



Concepcion

Máximos de las intensidades medias

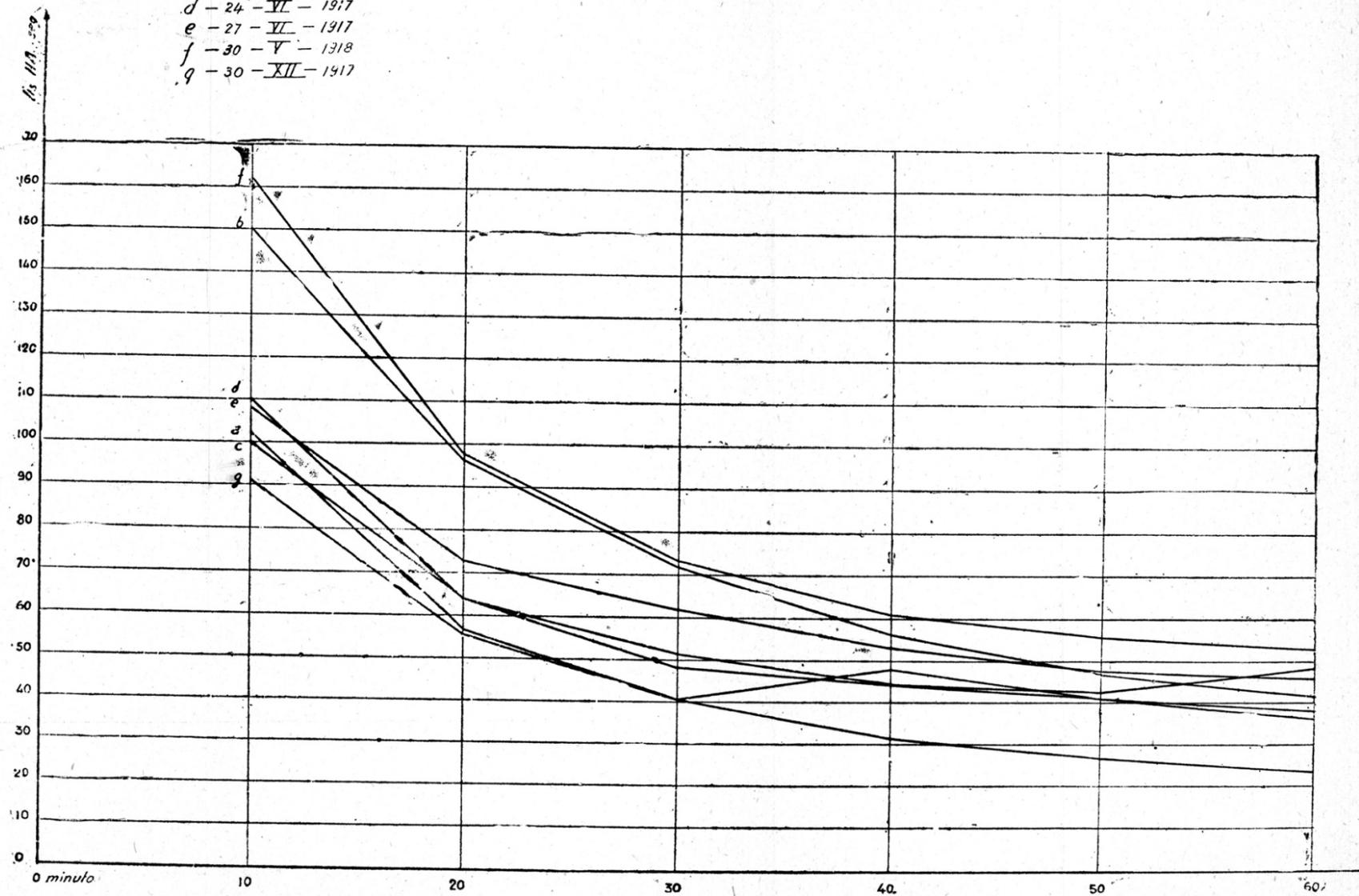
- (a) - 16 - XII - 1907
- (b) - 15 - III - 1908
- (c) - 4 - VI - 1908
- (d) - 18 - IX - 1909
- (e) - 18 - XI - 1909



Valdivia

Máximos de las intensidades medias

- a - 15 - III - 1908
- b - 1 - VIII - 1911
- c - 19 - V - 1912
- d - 24 - VI - 1917
- e - 27 - VI - 1917
- f - 30 - V - 1918
- g - 30 - XII - 1917

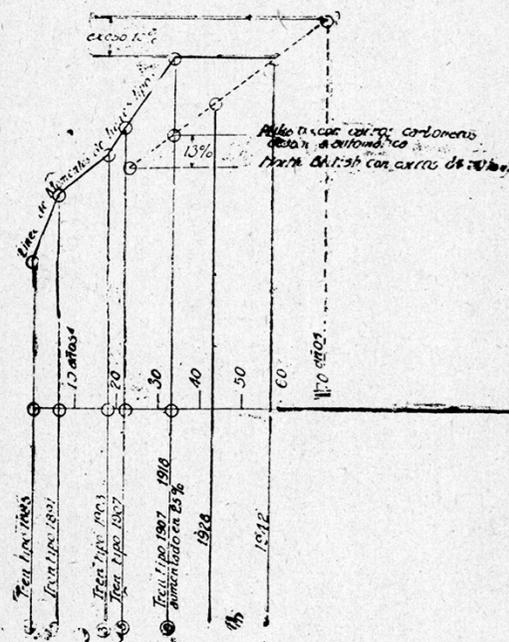


ESTUDIOS

Limite a adoptar para la sobrecarga en los cálculos de puentes en vista del aumento del peso móvil

Momentos con los diversos trenes (tipos) para una luz de 40 mts

FIG. 2



Momentos con los diversos trenes tipo para una luz de 40 mts

FIG. 3

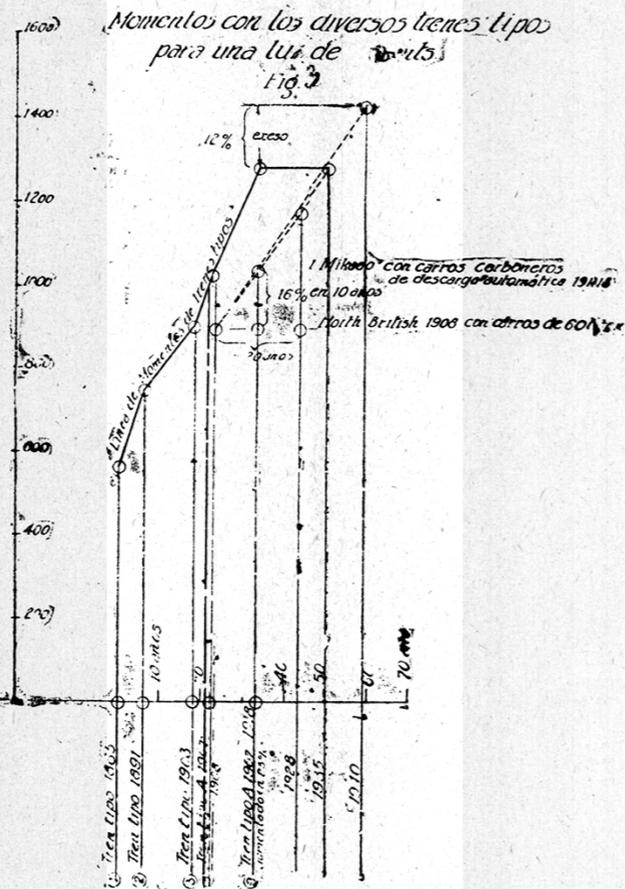


FIG. 1

