

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA HIDRAULICA

**DETERMINACION
DEL TIEMPO
DE CONCENTRACION**

TRABAJO ESPECIAL PRESENTADO
ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD
CENTRAL DE VENEZUELA POR
JUAN ANTONIO SOLER B. Y
JOSE MARIA DIEZ M., PARA OPTAR
AL TITULO DE INGENIERO CIVIL

CAS, JULIO DE 1971

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA HIDRAULICA

**DETERMINACION
DEL TIEMPO
DE CONCENTRACION**

**TRABAJO ESPECIAL PRESENTADO
ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD
CENTRAL DE VENEZUELA POR
JUAN ANTONIO SOLER B. Y
JOSE MARIA DIEZ M., PARA OPTAR
AL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

CARACAS, JULIO DE 1971

DEDICATORIA

José María Díez

A mis padres

A mi hermana

Juan Antonio Soler

A mis padres

A mis hermanos

A mi novia

RECONOCIMIENTO:

Se les agradece la colaboración prestada para la realización de este trabajo al Dr. Marcelo González M., Profesor Guía de este trabajo Especial, a los Ings. Humberto Cartaya, - Manuel Carrasco, Francisco Avellan, Rafael Gonvit, Leopoldo Ayala, Fernando Key Sanchez y Emerson Romero.

Al personal de las secciones de Hidrología del M.C.P., I.A.N., y del núcleo El Laurel. - Así como también a la Sra. Sonia R. de Suarez, y a todas aquellas personas que de un modo u otro han colaborado con este trabajo.

RESUMEN

El trabajo que a continuación se presenta, consiste en la determinación del tiempo de concentración para cuencas pequeñas. Para su realización fue necesario darle un rumbo definido al mismo. Como consecuencia de ello quedó establecido el trabajo, cuyo objeto era el de medir el tiempo de concentración mediante el estudio de hidrogramas de crecida, y experimentalmente con el uso de trazadores.

Esto último consistía en medir el tiempo de viaje para alguna crecida de cierta magnitud y en el momento mismo de su ocurrencia.

Al definir este trabajo para cuencas pequeñas, hubo que buscar un conjunto de ellas que reuniesen ciertas condiciones deseables, las cuales vienen enumeradas más adelante.

De esta forma quedaron como cuencas de estudio según los hidrogramas, las correspondientes a la zona del Avila y el Laurel.

Para el cálculo del tiempo de concentración por medio de hidrogramas de crecida, se pudo constatar en el marcha, la deficiencia de algunos de los aparatos en sus registros, así como también la mala distribución que presentaba la red pluviográfica para el objeto de nuestro trabajo.

Esto impidió que se realizasen estudios más precisos del tiempo de concentración en estas cuencas.

En la fase experimental se estudiaron trazadores de diferentes tipos. De acuerdo a informaciones de resultados obtenidos resolvió utilizar la fluoresceína como trazador en las mediciones que se hicieron para este trabajo. Sin embargo, no pudieron hacerse tales mediciones debido a la sequía, que para la zona hubo en estos meses del año.

Referente a las fórmulas utilizadas para el cálculo del tiempo de concentración, se tomaron aquellas que más comúnmente eran usadas para ello. Tabulando sus resultados y comparándolos con los obtenidos en las formas antes mencionadas.

En consecuencia, se procedió a hacer las observaciones correspondientes y se llegaron a las conclusiones que se exponen al final de este trabajo.

INDICE

	PAG
INTRODUCCION	1
OBJETO	2
PROGRAMA DE TRABAJO	2
FORMULAS UTILIZADAS PARA EL CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION	6
DETERMINACION DEL TIEMPO DE CONCENTRACION MEDIANTE HIDROGRAMAS DE CRECIDA	8
DESCRIPCION DE LA PARTE EXPERIMENTAL	11
CARACTERISTICA DE LA CUENCA "CAJA DE AGUA"	11
DESCRIPCION DEL CAUCE	14
TRABAJO EXPERIMENTAL EN LA QUEBRADA CAJA DE AGUA ...	15
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES	16
CONCLUSIONES	17
BIBLIOGRAFIAS	18

APENDICE I

Tabla No. 1	Caracteristica de la cuencas
Tabla No. 2	Valores de los Tiempos de Concentración
Tabla No. 3	Coordenadas de los pluviografos y limni grafos.

APENDICE II

Hidrogramas de Crecida
Mapas de las Zonas de Estudio

INTRODUCCION:

Para el cálculo del tiempo de Concentración existente una serie de fórmulas establecidas en forma empírica, las cuales fueron desarrolladas en trabajos experimentales realizados principalmente en los Estados Unidos, en donde diferentes autores a través de experiencias de campo establecieron sus respectivas fórmulas.

Debido a que hasta hace poco y para muchos trabajos no existían métodos más rigurosos para calcularlo, se recurrió a estas fórmulas como único método práctico para su obtención.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de ellas en Venezuela, difieren mucho para una misma cuenca, por lo tanto estos resultados solo nos dan una idea aproximada de los valores del tiempo de concentración. Se hace necesario pues, una comprobación experimental mediante trabajos de campos.

Como el tiempo disponible para la realización de este trabajo es limitado, no podemos analizar todas las cuencas descables ni cada una de los distintos tipos que existen, de acuerdo a su tamaño y condiciones topográficas, sino que por el contrario nos vemos en la obligación de particularizar para un determinado tipo.

OBJETO:

Este trabajo tiene dos propósitos esenciales; el primero de ellos es el de señalar las fórmulas o métodos más adecuados, ya existentes, para el cálculo del tiempo de concentración.

El otro propósito es el de encontrar una serie de relaciones que nos permitan establecer comparaciones entre los resultados obtenidos en forma experimental y los encontrados con las fórmulas mencionadas anteriormente.

De esta manera podremos llegar a unas conclusiones, tales que quedará verificada la validez o no de dichas fórmulas y la posible adaptación en determinado tipo de cuencas, para el cálculo del Tiempo de Concentración.

PROGRAMA DE TRABAJO:

Para la realización ordenada de este trabajo lo hemos dividido en cinco fases:

- 1) Fase preliminar
- 2) " de estudio
- 3) " experimental
- 4) " de conclusiones
- 5) " de redacción e impresión

FASE PRELIMINAR:

Esta consiste en recabar información en base a trabajos, estudios y consultas relacionadas con el tema en cuestión.

Tiene por objeto el de establecer unas premisas que nos servirán para desarrollar, en la continuación de este trabajo, lo que hemos llamado fase de estudio

Esta información se obtuvo mediante:

- a) Consultas a profesionales

La necesidad de una buena información a cerca de estudios o trabajos existentes o en realización y las posibilidades de entrevistas con sus realizadores, nos llevaron a establecer - este aparte.

Estas consultas nos sirvieron también para obtener una me jo r o ri e n t a r e l r e a l i z a c i o n de este tr a b a j o, d a d a l a e x p e r i e n c i a de estos se ñ o r e s en este t i p o de e s t u d i o s.

b) Bibliografías.

Entendemos bajo este título la investigación realizada - con el objeto de encontrar libros, revistas, informes y en g e n e r a l p u

b l i c a c i o n esta m a t e r i a. Para ello fue necesario la visita a institutos, bibliotecas, etc., tales como: M.O.P., I.A.N., I.N.O.S., I.V.I.C., C.I.V., U.C.V., etc.

c) Conclusiones Primarias

1) Particularización del estudio para cuencas pequeñas, debido a la necesidad que ello presenta en cuanto a la falta de métodos que den resultados más satisfactorios.

En cuencas grandes la importancia del tiempo de C o n c e n t r a c i o n es men o r, debido a la existencia de otros métodos para el cálculo de caudales como son los modelos matemáticos.

2) Escogencia de las zonas de estudio; las cuencas se escogerán mirando que reúnan una serie de condiciones deseables tales como: fácil obtención de su planimetría, presencia de s i t i o s de aforo con cierto período de registro, facilidad de a c c e s o y su c e r c a n a.

FASE DE ESTUDIO:

Esta tiene por objeto establecer primeramente nuestras - cuencas de trabajo. Recolectar las fórmulas empíricas que más se usan en Venezuela y cualquier otra que se considere de i n t e r e s, aplicandolas luego a estas cuencas.

Medir el tiempo de concentración según sus análisis de hidrogramas de crecidas.

Luego se buscará un parametro que represente lo más fielmente posible las características físicas de la cuenca, para de esta manera plotear contra el tiempo de Concentración calculado según los dos métodos expuestos anteriormente y el medido experimentalmente.

1) Cuencas de Trabajo

Dadas ya las conclusiones primarias se buscaran para nuestro estudio aquellas cuencas que reúnan las mejores condiciones dentro de las expuestas anteriormente y que posean además buenos y largos registros como también una buena red pluviométrica.

Tomadas ya las cuencas se le mediran todos los parametros necesarios para el uso de las fórmulas a utilizar.

Las cuencas escogidas fueron:

a) Pajaritos, Tócome, Caurimare, Pasaquire, todas ellas de la zona del A vila. (Ver plano No. 1).

b) Caja de Agua en El Laurel (Ver plano No. 2).

2) Fórmulas a utilizar

a) Bureau of Reclamation

b) Fórmula del Gusié

c) " de kirpich

d) " del tiempo de Retardo

3) Uso de Hidrogramas

Por medio de los hidrogramas de escurrimiento, y de los histogramas de lluvia, para aquellas lluvias de una duración mayor o igual que el tiempo de concentración, mediremos el tiempo de concentración, como el tiempo al pico desde el principio de la esorrentía.

Estos hidrogramas los tomaremos, buscando que tenga un pico punteagudo, que sean limpios que tengan un volumen de escorrentia bastante grande, que su fase de crecida sea uniforme.

FASE EXPERIMENTAL:

Esta consiste en los trabajos a efectuarse en el campo - con el fin de obtener el tiempo de concentración en base a mediciones.

Estas mediciones se harán con el uso de un tipo de trazadores midiendo el tiempo que tarda en recorrer el tramo deseado.

Esta fase la dividiremos en tres partes:

1) Reconocimiento de la zona

Consiste en hacer un reconocimiento al margen de las cauces y en general por toda la cuenca, anotando características importantes como son: Topografía, Vegetación, Puntos de aforo, forma del cauce, etc.

2) Tipo de Trazadores

De los tipos de trazadores que existen: Químicos, Radiactivos, Colorantes y Flotadores, se tomo la Fluoresceína, la cual corresponde a los colorantes. Esta decisión se hizo en base a; tipo de cauce, caudal, costo, facilidad de obtención, etc. como también a la recomendación por experiencias hechas por ciertas personas en Venezuela.

El cálculo de la concentración necesaria para su utilización se hará en base a; caudal, longitud del tramo y su turbulencia.

3) Experiencia

El trabajo de campo se hara en la siguiente forma:

Hecharemos la Fluoresceína en el punto más lejano de la cuenca, en el cauce, e iremos midiendo el tiempo que tarda en pasar por los puntos previamente elegidos y que seran establecidos en base a tramos de pendiente más o menos uniforme.

CALCULO TEORICO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION

Este aparte tiene como finalidad, la de establecer unas comparaciones entre las distintas fórmulas o métodos que se vienen usando para determinar el tiempo de concentración.

Para tal efecto se buscaron todas las características de las cuencas, necesarias para poder hacer dichas comparaciones

Como consecuencia de ello se presenta la tabla 1, en el apendice I, contiene todas las características o parámetros de las cuencas que se estudiaron.

Como ya fueron establecidas anteriormente, las fórmulas más utilizadas son:

A).- Bureau of Reclamation

$$T_c = 20.10 (L^3 / H)^{0.385}$$

Siendo:

L= Longitud del curso más largo de agua (Km)

H= Diferencias de alturas (Mt)

T_c= Tiempo de Concentración (Min)

B).- Fórmula del Guaire

$$T_c = 20.11 (A/\sqrt{S})^{0.594}$$

Siendo:

S= Pendiente media (Mt/Km)

T_c= Tiempo de Concentración (Min)

A= Area de la Cuenca (Km²)

C).- Fórmula de Kirpich

$$T_c = 5.25 (K)^{0.77}$$

En donde:

$$K = L/\sqrt{S}$$

$$S = H/L$$

Siendo:

H= Diferencia de altura (Km)
 L= Longitud del cauce (Km)
 Tc= Tiempo de Concentración (Min)

D).- Fórmula de Retardo

$$T_c = T_r = 19.50 (L \cdot L_c / \sqrt{S})^{0.38}$$

Siendo:

Tr= Tiempo de Retardo
 Tc= Tiempo de Concentración (Min)
 L= Longitud del Cauce (Km)
 Lc= Longitud al centro de gravedad de la cuenca
 S= Pendiente media

Incluimos la fórmula de retardo para el cálculo del tiempo de concentración, debido a su similitud para el caso de cuencas pequeñas. El coeficiente utilizado es el correspondiente a zonas con pendientes de colinas.

De acuerdo con estas fórmulas se obtuvieron los valores de tiempo de concentración que se dan en la tabla 2 del apendice I.

CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION MEDIANTE EL USO DE HIDROGRAMAS DE CRECIDA

Como ya se definió anteriormente el tiempo de concentración se puede medir como el tiempo al pico del hidrograma de crecida para una lluvia dada, de duración efectiva mayor o igual que dicho tiempo y considerandola uniformemente repartida en la cuenca, con intensidad constantes.

Para nuestras cuencas de estudios ya señaladas, se buscaron los registros correspondientes al período de vida de cada uno de los limnigrafos en sus respectivas cuencas.

A su vez también fue necesaria la obtención de los registros pluviográficos correspondientes a esta zona y en el período señalado. En el apendice I-tabla 3 se presentan tabulados los nombres, y coordenadas para establecer su ubicación.

Para la realización de la fase correspondiente a los hidrogramas de crecida, previamente establecidas las cuencas de estudio, se siguió el siguiente orden de trabajo:

I.- Se fueron ordenando y observando todos aquellos hidrogramas que presentasen una crecida limpia, entendiéndose por crecida limpia aquella que consta de un solo pico, con las curvas de crecimiento y recesión más o menos uniformes y con un volumen de escorrentía apreciable.

A continuación se buscaron en los registros pluviográficos, la duración y distribución de la lluvia para cada una de las crecidas correspondientes.

En cada una de ellas se observó si la distribución de la lluvia era uniforme o no para su respectiva cuenca. Además se vió si la duración de esta lluvia era mayor que el tiempo al pico.

En base a estas características se fueron seleccionando todas aquellas crecidas que cumplían con estos requisitos respecto de la lluvia.

II.- Dado que los registros vienen en forma semanal, que en alguno de los aparatos dichos registros tuvieron ciertas interrupciones y principalmente por la gran separación de las estaciones pluviográficas, como puede observarse en el plano anexo, no fue posible establecer concretamente la distribución de la lluvia para cada cuenca.

Deno haber sido así se hubiesen podido obtener mapas isoyéticos para cada uno de las lluvias a intervalos de tiempo dados.

Como consecuencia de ello, estudio de la lluvia solo nos sirvió como una aproximación para la realización de nuestra primera selección.

De este primer análisis se obtuvieron unos 300 hidrogramas de crecida para estas 5 cuencas correspondientes a la zona del Avila.

En vista de la variedad existente entre los tiempos de concentración para una misma cuenca (variaciones de $\frac{1}{2}$ a 3 - horas) se hizo necesario un estudio para encontrar las causas de dicha discrepancia. Resultando de ello fue una segunda selección.

III.- Establecido ya que el parámetro lluvia no estaba bien definido, fue necesario estudiar el problema de acuerdo a la distribución de la escorrentía en las diferentes cuencas y el análisis del hidrograma para cada una de las crecidas.

Para ello se analizaron cualitativamente las siguientes características del hidrograma:

a) En la curva de decrecimiento su tiempo de recesión y la forma que tomaba dicha curva.

b) En la forma de la curva de crecimiento.

c) Análisis para las cuencas adyacentes a ésta, los hidrogramas que nos daban características similares.

En base a ésto se concluyó, si la lluvia que produjo la crecida fue uniforme y generalizada o no en toda la cuenca.

Como consecuencia de este segundo análisis fueron desechados una gran cantidad de hidrogramas. De los hidrogramas resultantes se escogieron los de pico más altos y mejor definido, para los cuales el tiempo a ese pico si daba un valor constante para cada cuenca. A algunos de estos hidrogramas se pueden ver representados en el apendice No. II.

TRABAJO REALIZADO EN EL NUCLEO DE "EL LAUREL"
CUENCA CAJA DE AGUA

FASE EXPERIMENTAL:

En base a las condiciones nombradas en la primera parte de su trabajo y que corresponden a fácil obtención de su planimetría, tamaño de la cuenca, acceso a la misma y posibilidades de buenos registros tanto pluviométricos como fluviométricos tomados como cuencas experimental a la cuenca de - Caja de Agua.

La quebrada Caja de Agua que recoge sus aguas de la cuenca que llamamos por su mismo nombre, se encuentra ubicada dentro del propio núcleo El Laurel; este núcleo formado por un grupo de cuencas pequeñas, está controlado directamente por la facultad de Agronomía y Veterinaria de la U.C.V. y además por el M.A.C. y el I.N.O.S. y es utilizado como centro experimental para el cultivo del café y otros productos.

Esta característica importante, como es el de ser una zona experimental, fue otro de los elementos de consideración que se tomaron en cuenta para realizar allí nuestra fase de pruebas.

Anexo en apéndice II encuentra el plano de la zona.

CARACTERISTICAS DE LA CUENCA:

A.- UBICACION

Nuestra cuenca se encuentra ubicada dentro del Edo. Miranda, en el Municipio Cecilio Acosta, perteneciente al Dto. Guaiquepuro.

Ella se encuentra situada según una orientación Este-Oeste tiene un área y una longitud a largo del cauce, hasta el vertedero de aproximadamente 50 Has y 1Km respectivamente.

B.- GEOLOGIA

Sus formaciones están enclabadas dentro del sistema orográfico Central, en la formación llamada Cordillera de la Costa de origen tectónico.

Este sistema se ubica dentro del llamado "Grupo de Caracas" compuesto por las formaciones: Las Brisas, Las Mercedes, y Tucutunemo. Esta formación está definida por rocas metamórficas, esquistos micáceos con diferentes grados de alteración (pudrición).

C.- CLIMA

Esta zona se caracteriza por un clima bastante templado, de temperatura ni muy fría ni muy caliente.

Su temperatura media anual es 16^o C

Tiene dos estaciones: La lluviosa que va desde Mayo hasta Noviembre y la de sequía, de Diciembre a Abril.

Su lluvia media anual es de 1.300 mm.

Está afectado mayormente por condiciones de microclimas, producto del relieve del terreno y plasmada en sus dos vertientes.

Así pues, en la vertiente de Barlovento se puede apreciar una vegetación más exuberante que en la de Sotavento, al incidir los vientos de valles y montañas cargados de humedad sobre esta vertiente.

D.- VEGETACION

De acuerdo al tipo de vegetación se puede dividir en tres zonas:

1) Zona de partes bajas

Es una zona que posee vegetación de tipo boscoso y bastante tupido. Esta parte se puede dividir en dos estratos: uno superior cuya base son árboles entre los cuales se pueden apreciar el Guamo Blanco y Negro, Cordoncillo Negro, Bucare Laurel y el Yaguamo, y la inferior con árboles y arbustos bajos entre los que encontramos helechos y especies más pequeñas de los estratos superiores.

2) Zona de partes medias

Constituída por estratos muy tupidos formando lo que podríamos llamar un colchón de vegetación, con árboles y arbustos pequeños, entre los que se ven Copcy, Tampoco, Tara, Mantequillo y Garrocho.

3) Zona de partes altas.

Es llamada también vegetación de topes, y posee una cobertura herbácea, con predominio de Copín, Molo y algunos helechos. Se puede considerar como un estrato arbúístico bastante raro.

E.- SUELO

De acuerdo a su situación en un corte, según una sección transversal, podríamos dividirlo en tres partes:

1) De zona baja

Con una pendiente del 5% aproximadamente, se encuentra constituído por sedimentos colocados en capas desordenadas. Posee una textura franco y franco-arenosa, con colores que van desde marrón a moteados rojizos.

Posee una meda de agua colgante y permanente, se encuentra bastante cubierto por las hojas caídas de los árboles, como consecuencia de ello produce una gran retención.

2) De zona media

Con una pendiente aproximadamente del 40%, está compuesto por un suelo franco-arcilloso, con colores marrón oscuro, tendiendo a ser más claros con la profundidad.

A los 75 cms. se encuentra la roca y en general es suelo es poco espeso.

3) De zona alta

Con pendiente que va hasta el 30% con un suelo cuya textura es franca, de pesadas a livianas de acuerdo a su profundidad.

Sus colores van desde marrón oscuro a marrón rojizo, su horizonte es roca prodida y se encuentra a unos 35 cms. de superficie.

F.- CARACTERISTICAS DEL CAUCE

Para apreciar las características del cauce se hicieron recorridos por sus márgenes, en toda su extensión y sus ramales, tomando nota de sus características tenemos que el cauce a través de su longitud se dividió en tres partes, la primera de una gran pendiente, aproximadamente 43% y una longitud de 400 mts. se caracteriza por su corriente de tipo raudaloso sobre el lecho rocoso y con muchas caídas, siendo la mayoría de ellas de poca altura con un máximo de $1\frac{1}{2}$ mt.

La vegetación a su alrededor es la mencionada en la característica de la cuenca para la zona de partes altas y medias.

En su segundo tramo de aproximadamente 300mt. tiene una pendiente del 10% y ya pasa al ser el suelo graboso, arenoso en secciones muy variables, avces bastante encajonado, otras muy abierto, es decir, depresiones muy irregulares. Se ven a veces grandes piedras que con el arrastre de hojas y vegetación muerta, producen retención del agua.

La tercera parte con una longitud hasta el vertedero de unos 300 mt. y pendiente del 4%. Tiene una sección que se mantiene bastante uniforme, dentro de su irregularidad.

Através de su longitud tiene iguales problemas en cuanto a la retención se refiere, producida, como ya se menciono anteriormente por la obstrucción del cauce debido a las hojas y vegetación en general.

El caudal de esta quebrada normalmente es de unos 2,5 lts por seg. y en crecidas, desde el tiempo de vida del aparato - que es de 6 meses, hubieron caudales aproximadamente de $1m^3$ por seg.

PASOS A SEGUIR PARA LA REALIZACION DEL TRABAJO EN LA QUEBRADA CAJA DE AGUA.-

1.- Tomamos los llamados puntos de control a lo largo del cauce, tratando de delimitar las diferentes ya establecidas para determinar en ellas la velocidad superficial en una crecida determinada y a su vez el tiempo de viaje hasta ese punto y así poder analizar el efecto que produce la pendiente.

Se tuvo el cuidado de que estuviesen ubicados dentro de un tramo más o menos uniforme.

Los valores de velocidad se obtuvieron por medio de flotadores tomando el tiempo que tarda en recorrer un determinado trecho. No se pudo utilizar escorretímetros por los desuniforme de las secciones y la dificultad de su detección.

2.- Pruebas con fluoresceína para determinar la concentración necesaria se observó su forma de viaje. Se hicieron pruebas con concentraciones de 1 mlg. por litro y de 1 gr. - por 100 mts. de longitud. No se pudo hacer para mayor longitud debido al bajo caudal y por quedarse la fluoresceína atrapada en las obstrucciones antes mencionadas.

De acuerdo a esto se pudo observar que con el agua limpia la fluoresceína se puede visualizar en un tramo de 1 Km. con una concentración de 1 gr. por lt.

Para un agua de crecida que viene muy sucia, una concentración 10 gr. por lt. no se hace visible muy fácilmente y por lo tanto, se deberá utilizar el fluorómetro para su detección.

Así pues, para la crecida se toman muestras cada 5 min. hasta llegar a las 25 después de haber hecho la concentración; durante 15 min. se tomaron muestras cada 2 min.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Como bien se puede observar a todo lo largo de este trabajo, se pensaba realizar una serie de experiencias de campo mediante las cuales se hubieran podido llegar a resultados más satisfactorios que los obtenidos.

Dichas experiencias no fue posible efectuarlas debido a inconvenientes de carácter natural ya descritos anteriormente.

De haberse llevado a cabo esta etapa práctica, se hubiese podido desarrollar una sistematica, en cuanto se refiera a mediciones del tiempo de concentración para cuencas pequeñas, sirviendo además para hacer comparaciones con los resultados obtenidos por medio de hidrogramas de crecidas y formulas.

En consecuencia los resultados que se accreen más a los reales estan dados por los hidrogramas de crecida.

Luego, de acuerdo con los valores obtenidos en la tabla No. 2, se recomienda usar como fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración en cuencas pequeñas, la llamada fórmula del Guaire y la del tiempo de Retardo, con el coeficiente utilizado en los cálculos, ya que son las que dan valores más próximos a los reales.

De llevarse a cabo una continuación de este trabajo, se recomienda que se efectue la antes mencionada fase experimental ya que ella podría ser la base para unas conclusiones más satisfactorias.

En cuanto a la utilización de la Zona del Núcleo El Laurel como cuenca experimental, se aconseja su uso debido a que ella reúne las condiciones necesarias para realizar unas buenas experiencias, las cuales ya fueron mencionadas anteriormente.

CONCLUSIONES

Según los valores obtenidos de los tiempos de concentración, tabulados en la tabla No. 2, se podría concluir que las fórmulas que más se acercan a los valores reales del tiempo de concentración son la fórmula del Guaire y la del tiempo de Retardo.

Para mayor veracidad en esas conclusiones se deberían hacer comprobaciones con la fase experimental inconclusa en este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- 1º- Hidrología para Ingenieros-Linsley, Kohler, Paulhus. Edit.
Mc.Graw Hill-1967
- 2º- Manual de Drenaje M.O.P. 1º edic. 1967
- 3º- Surface runoff determination from Rainfall without using
coeficients, por W.W.Horner, Y.S.W. Jeness Transactions of
water Engineers. Vol.107, 1942, pag 1116.
- 4º- Manual of British Engineering practice (Institution of wa-
ter Engineers) 3º edic., pag. 103.
- 5º- Flood estimation and control, por Richards B.D. 2da.1951
edit. Chapman and Hall, Londres.
- 6º- Determining runoff from Rainfall por Nash J. C. Proc.
Inst. Civil Ing. Vol 10, 1958 pag. 163-184.
- 7º- Manual de Riego y Avenamiento . Dr. Enrique Blair.
- 8º- Hidrologia para la Sanalización del río Guaire, por Ro-
berto S. Wiese. revista Nº 277, abril 1959, C.I.V.
- 9º- Hidrogramas unitarios de ríos de Venezuela, por los Ing.
F. Avellán, y L. Ayala. COPLANARH Enero 1970.
- 10º- Time of Concentration of Small Agricultural waterheds.
Kirpich. Z.P. A.S.C.E. Vol 10 Nº6 pag 362, June 1940.
- 11º- Time of Concentration for Overland Flow. A.S.C.E.(N.Y.)
Vol. 29 Nº3 pag.174, March 1959. W. S. Kerby.
- 12º- Informe del río Tuy - M.O.P. 1950.

A P E N D I C E - I -

TABLA N°1

CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS CUENCAS

CUENCA	A AREA (KMS ²)	L LONGITUD CAUCE PRINCIPAL (KMS)	Lc LONGITUD CAUCE PRINC. AL CENTRO DE GRAVEDAD (KMS)	H DESNIVEL ENTRE LOS PUNTOS MAS ALTOS (MTRS)	S PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE (%)	\sqrt{S}
TOCOME	7.76	5.540	2.700	1380	25.0	0.50
PAJARITOS	1.36	1.850	1.200	780	42.1	0.65
PASAQUIRE	0.99	1.940	1.000	860	44.4	0.67
CAURIMARE	6.40	5.150	2.350	1560	33.0	0.58
CHACAITO	6.80	4.050	2.400	900	20.0	0.45
CAJA DE AGUA	0.58	1.050	0.490	190	17.0	0.41

TABLA-Nº 2

VALORES DEL TIEMPO DE CONCENTRACION

CUENCA	TC SEGUN: FORMULA DEL BUREAU OF RECLAMATION (MIN)	TC SEGUN: FORMULA DEL GUAIRE (MIN)	TC SEGUN: FORMULA DE KIRPKH (MIN)	TC SEGUN: FORMULA DEL TIEMPO DE RETARDO (MIN)	TC SEGUN HIDROGRAMOS (MIN)
TOCOME	125.	100.	33.4	71.5	80.
PAJARITOS	45.	31.5	11.7	31.0	30.0
PASAQUIRE	75.	26.	12.	29.	30.
CAURIMARE	113.	84.5	29	62.	60
CHACAITO	150.	102.	18.	63.5	70.
CAJA DE AGUA	40.	25	11.	39.	40.

TABLA N° 3

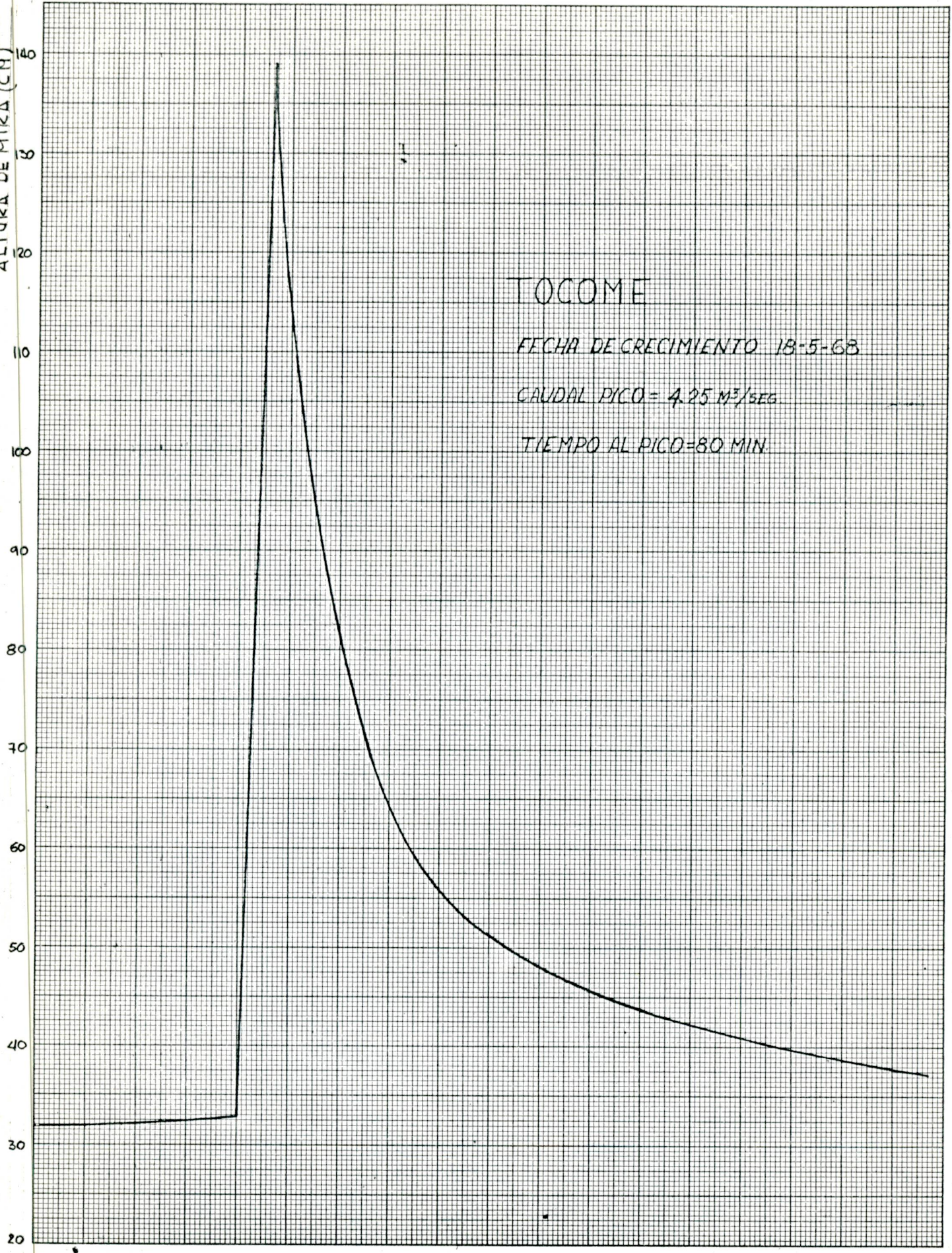
COORDENADAS DE LOS PLUVIOGRAFOS Y LIMNIGRAFOS UTILIZADOS EN LA ZONA DEL AYALA

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
LIMNIGRAFOS			
CAURIMARE	10° 30' 40"	66° 47' 31"	993
TOCONE	10° 30' 48"	66° 49' 10"	1008
PAJARITOS	10° 31' 07"	66° 50' 08"	1204
PASAQUIRE	10° 30' 28"	66° 48' 21"	949
CHACAITO	10° 31' 19"	66° 53' 51"	1007
PLUVIOGRAFOS			
H HUMBOLT	10° 32' 45"	66° 52' 20"	2110
HDA AYALA	10° 30' 45"	66° 53' 54"	886
CHACAITO	10° 30' 37"	66° 51' 50"	1205
LA SOLLE	10° 30' 54"	66° 52' 41"	1016
FILA MAESTRA	10° 32' 00"	66° 48' 00"	2400
S R AYALA	10° 31' 05"	66° 49' 00"	1250
EL VIGIA	10° 31' 06"	66° 47' 02"	1700
PETARE CAURIMARE	10° 30' 15"	66° 47' 30"	963
PALOS GRANDES	10° 30' 35"	66° 50' 26"	931
SEBLICAN	10° 30' 30"	66° 50' 14"	897

A P E N D I C E - I I -

KE 10 X 10 TO THE CENTIMETER 46 1512
18 X 25 CM.
MADE IN U.S.A.
KEUFFEL & ESSER CO.

ALTURA DE MIRA (CM)



TOCOME

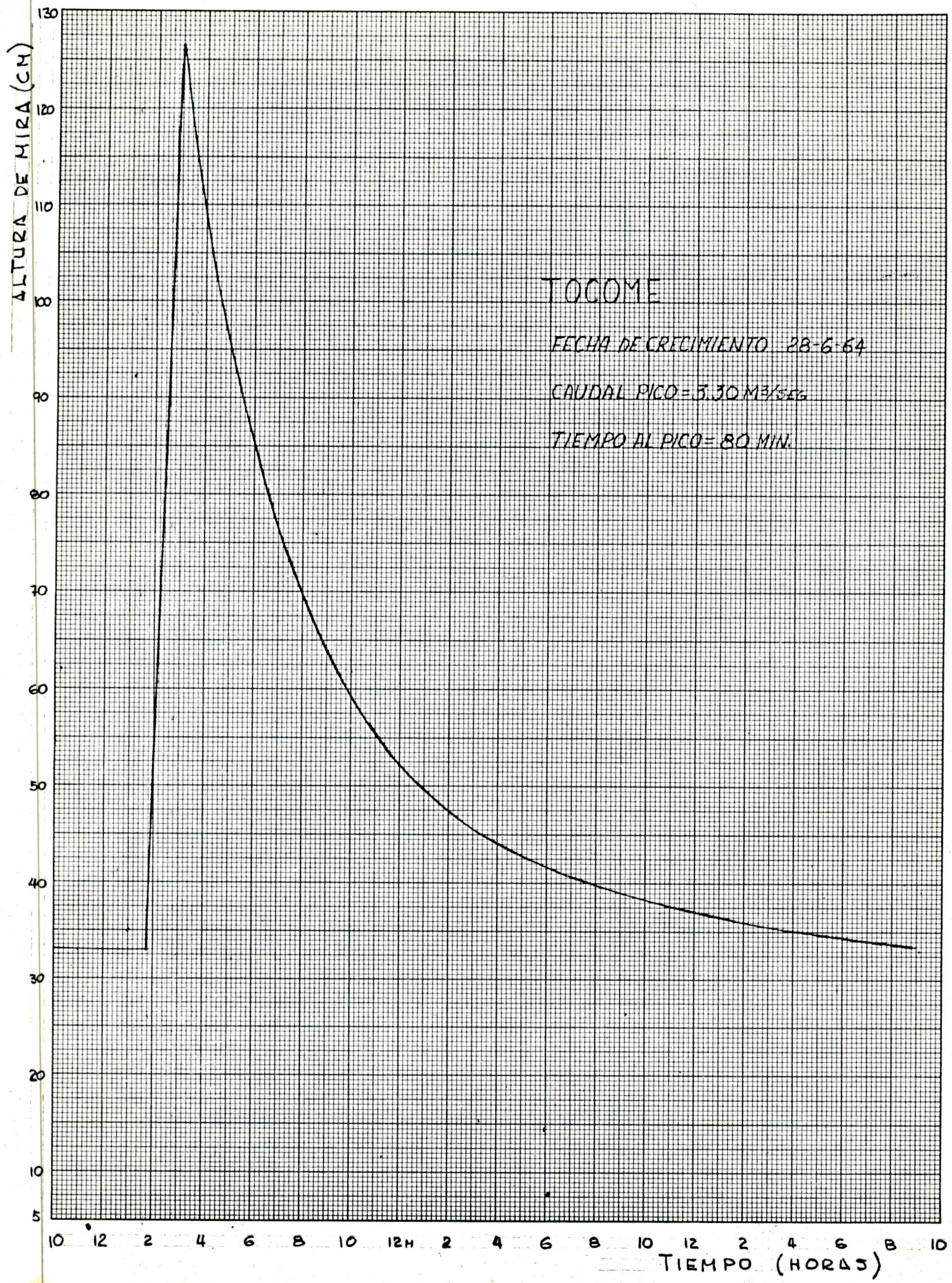
FECHA DE CRECIMIENTO 18-5-68

CAUDAL PICO = 4.25 M³/SEG

TIEMPO AL PICO = 80 MIN.

0 2 4 6 8 10 12 2 4 6 8 10
TIEMPO (HORAS)

K+E 10 X 10 TO THE CENTIMETER 46 1512
18 X 25 CM. KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.



TOCOME

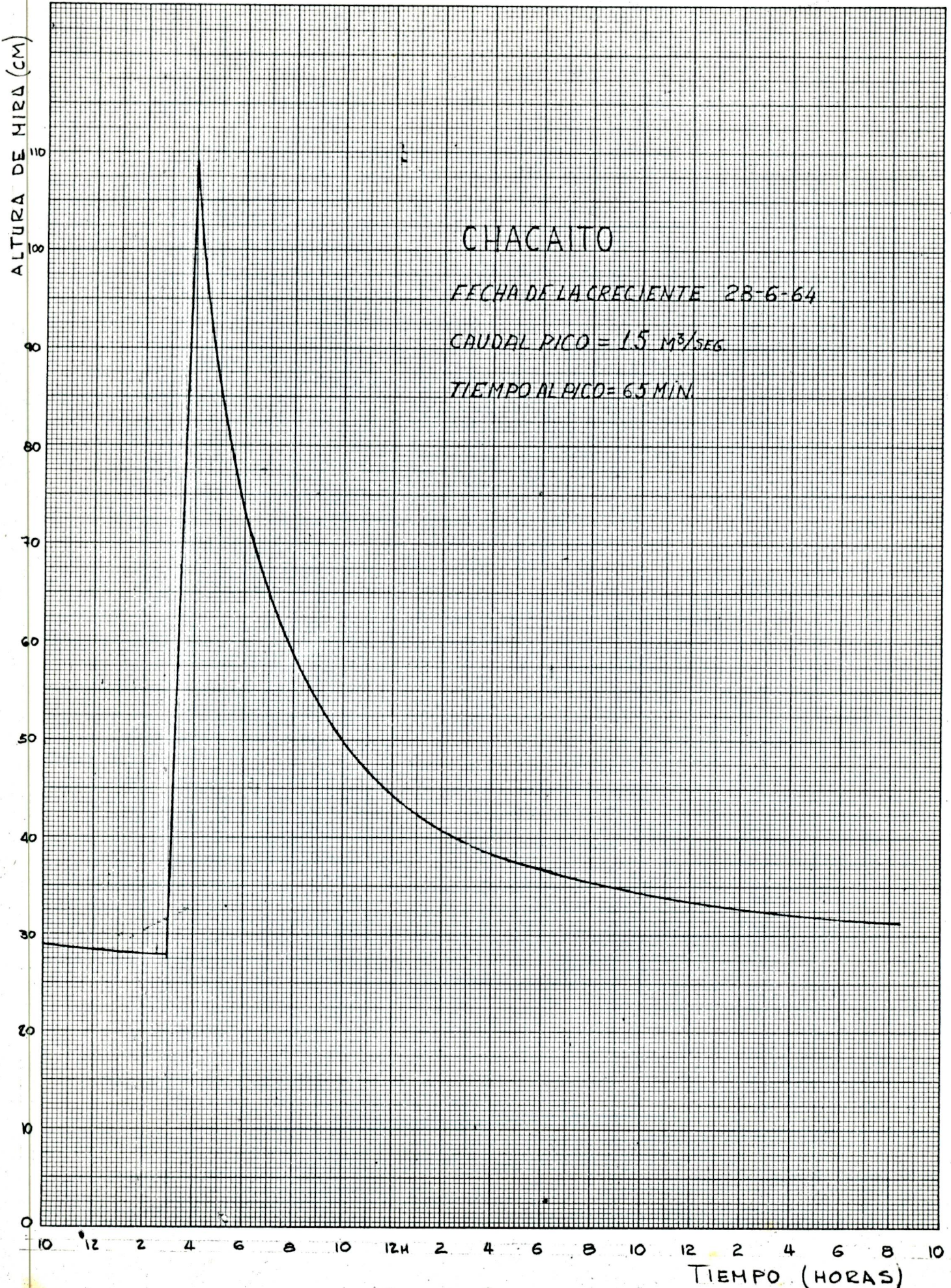
FECHA DE CRECIMIENTO 28-6-64

CAUDAL PICO = 3.30 M³/SEG

TIEMPO AL PICO = 80 MIN.

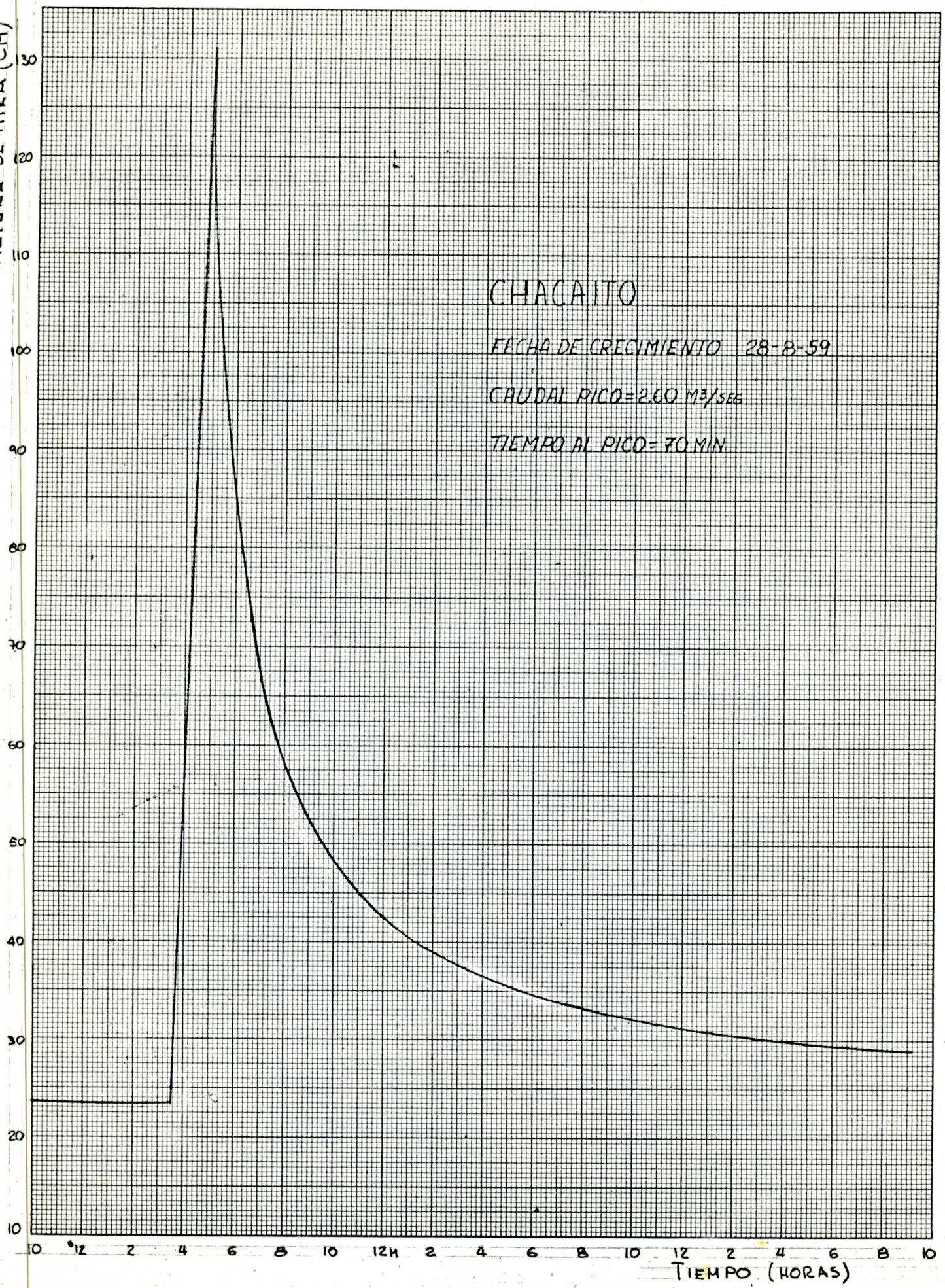
TIEMPO (HORAS)

K&E 10 X 10 TO THE CENTIMETER 46 1512
18 X 25 CM.
KEUFFEL & ESSER CO.
MADE IN U.S.A.



KE 10 X 10 TO THE CENTIMETER 46 1512
18 X 25 CM.
KEUFFEL & ESSER CO.
MADE IN U.S.A.

ALTURA DE MIRA (CM)



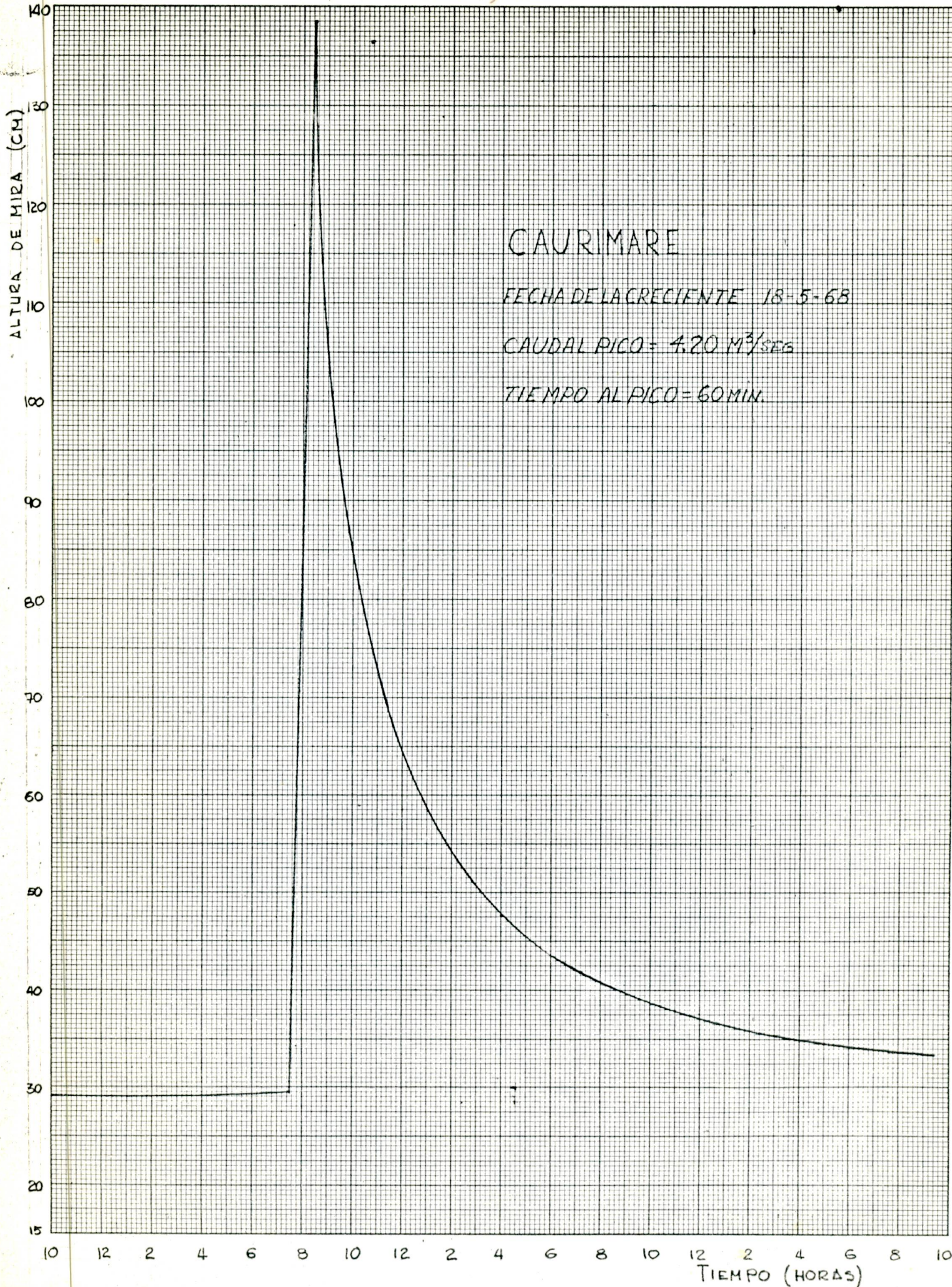
CHACAITO

FECHA DE CRECIMIENTO 28-8-59

CAUDAL PICO=2.60 M³/SEG

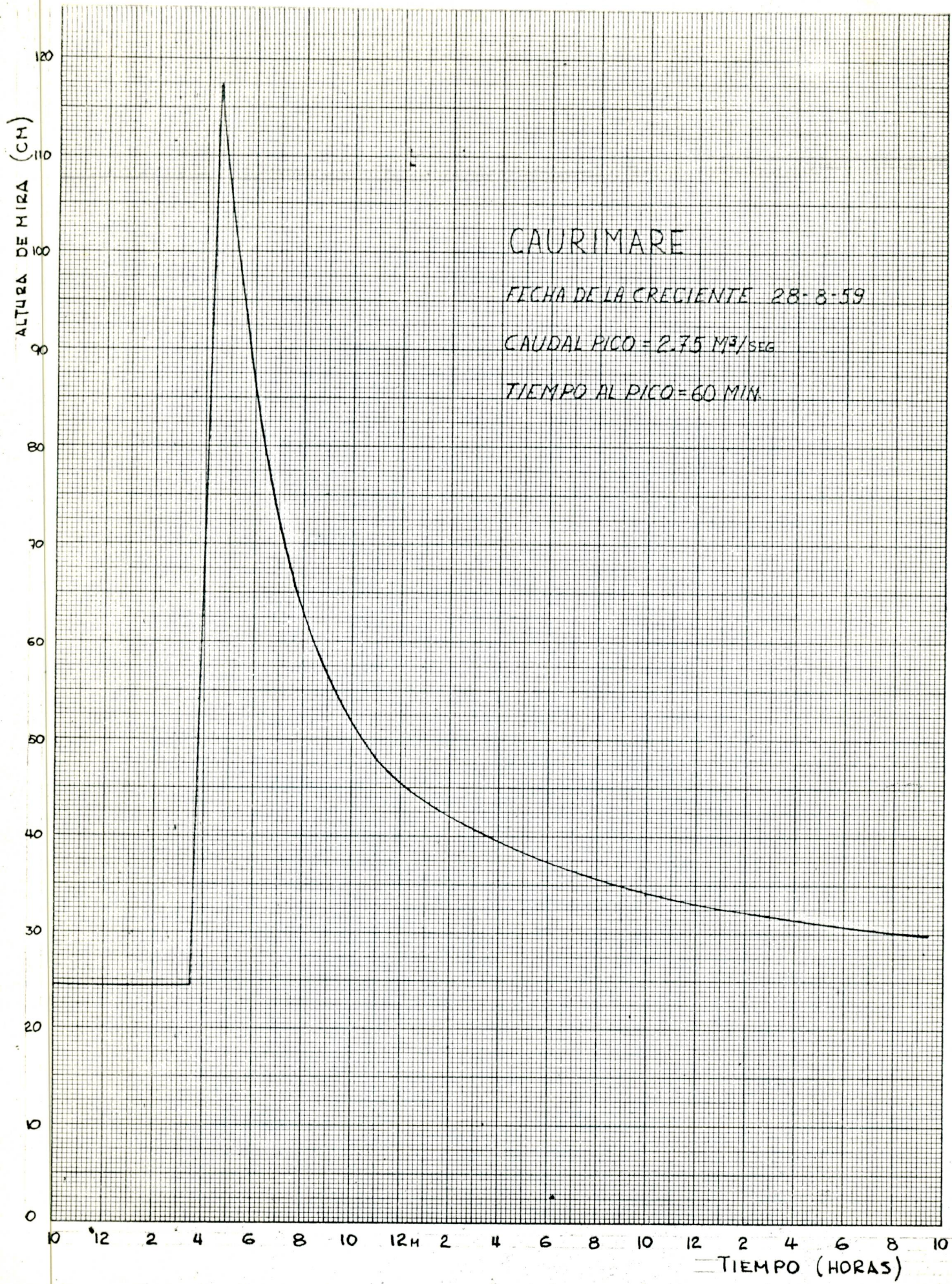
TIEMPO AL PICO=70 MIN

TIEMPO (HORAS)



151
ETER
MADE IN U.S.A.
KEUFFEL & ESSER CO.

KE 10 X 10 TO THE CENTIMETER 46 1512
18 X 23 CM. KEUFFEL & ESSER CO.
MADE IN U.S.A.



ALTURA DE HIRA (CM)

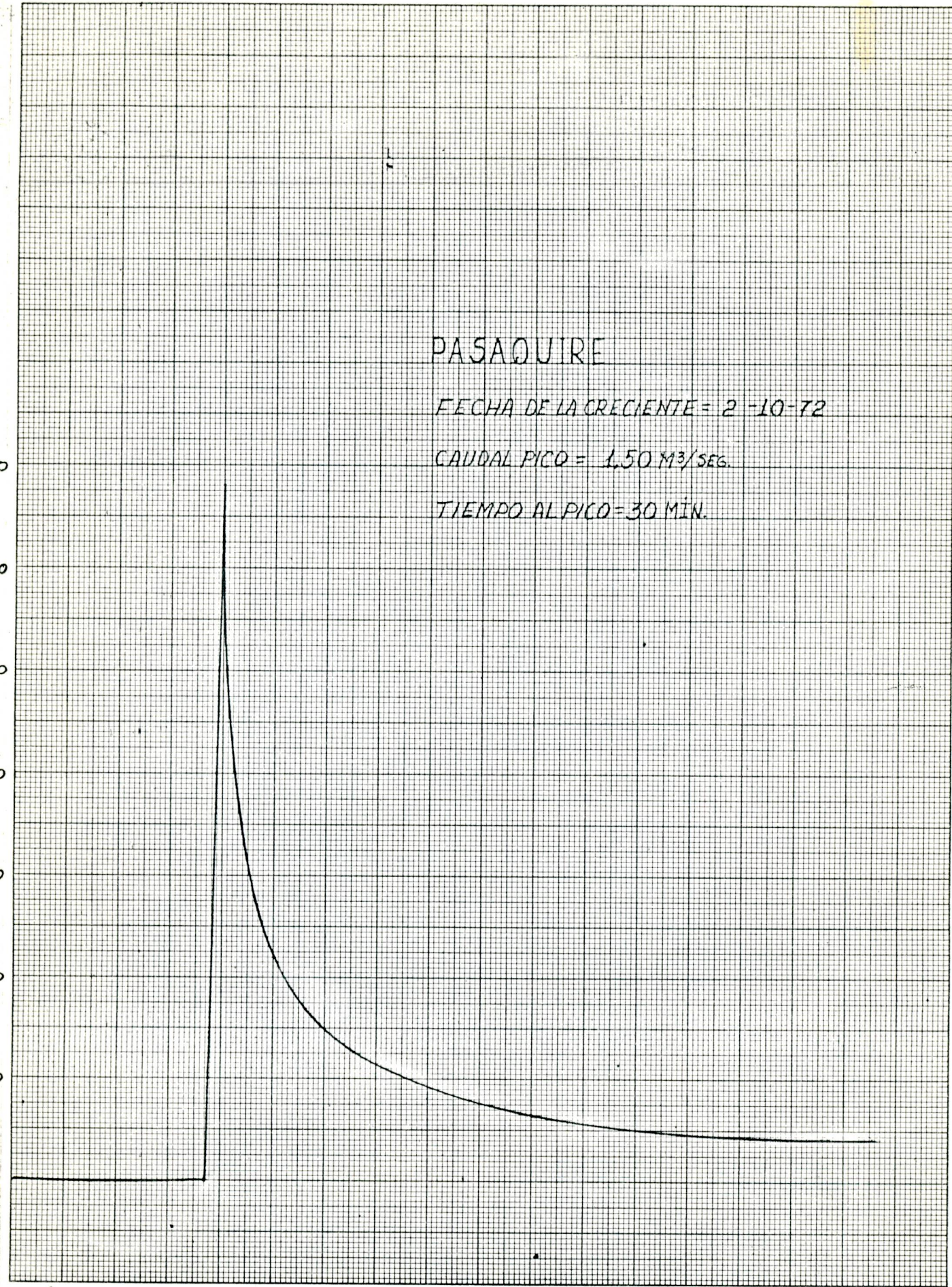
PASAQUIRE

FECHA DE LA CRECIENTE = 2-10-72

CAUDAL PICO = 1,50 M³/SEG.

TIEMPO AL PICO = 30 MIN.

80
70
60
50
40
30
20
10
0



10 12 2 4 6 8 10 12H 2 4 6 8 10 12 2 4 6 8 10
TIEMPO (HORAS)

KE 10 X 10 TO THE CENTIMETER 46 1512
18 X 25 CM.
KEUFFEL & ESSER CO.

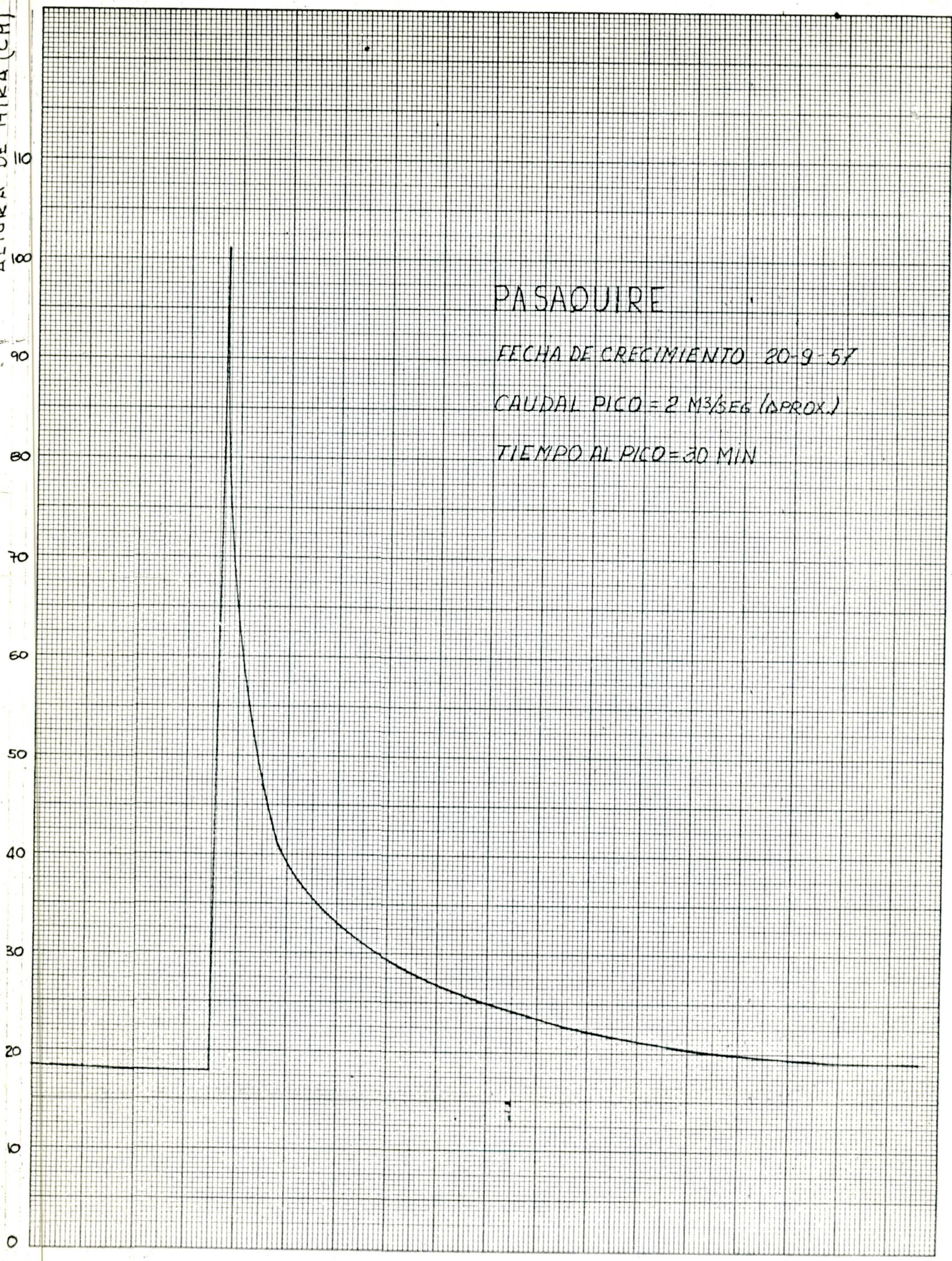
ALtura DE MIRA (CH)

PASAQUIRE

FECHA DE CRECIMIENTO 20-9-57

CAUDAL PICO = 2 M³/SEG (APROX.)

TIEMPO AL PICO = 30 MIN



TIEMPO (HORAS)

THE KEUFFEL & ESSER CO.
METEOROLOGICAL INSTRUMENTS
NEW YORK, N.Y. U.S.A.

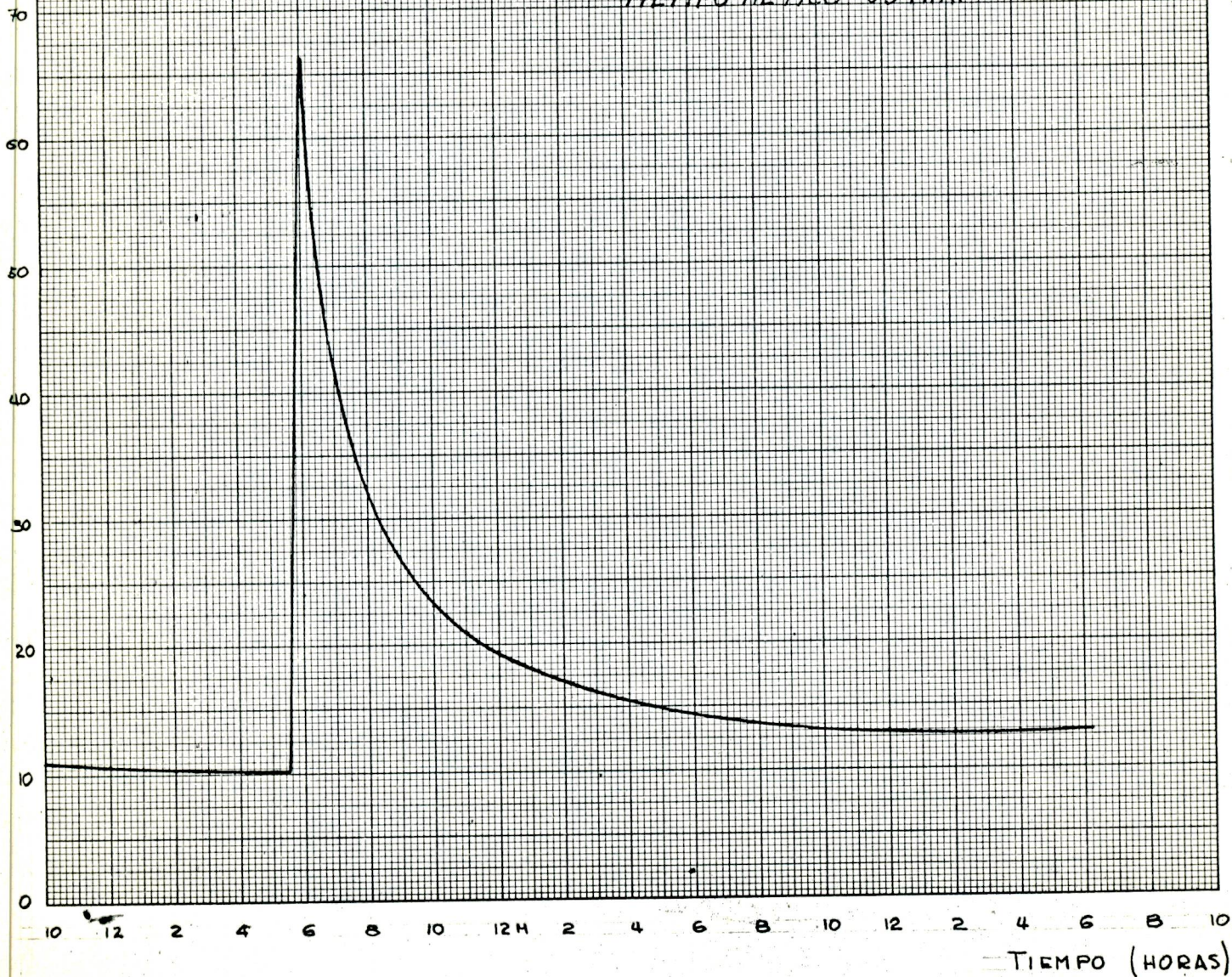
ALTURA DE HIRA (CM)

PAJARITOS

FECHA DE CRECIMIENTO 27-7-69

CAUDAL PICO = 0.50 M³/SEG.

TIEMPO AL PICO = 30 MIN.



10 X 10 TO THE CENTIMETER 46 1512
MADE IN U.S.A.
KEUFFEL & ESSER CO.

ALtura DE MIRA (CN)

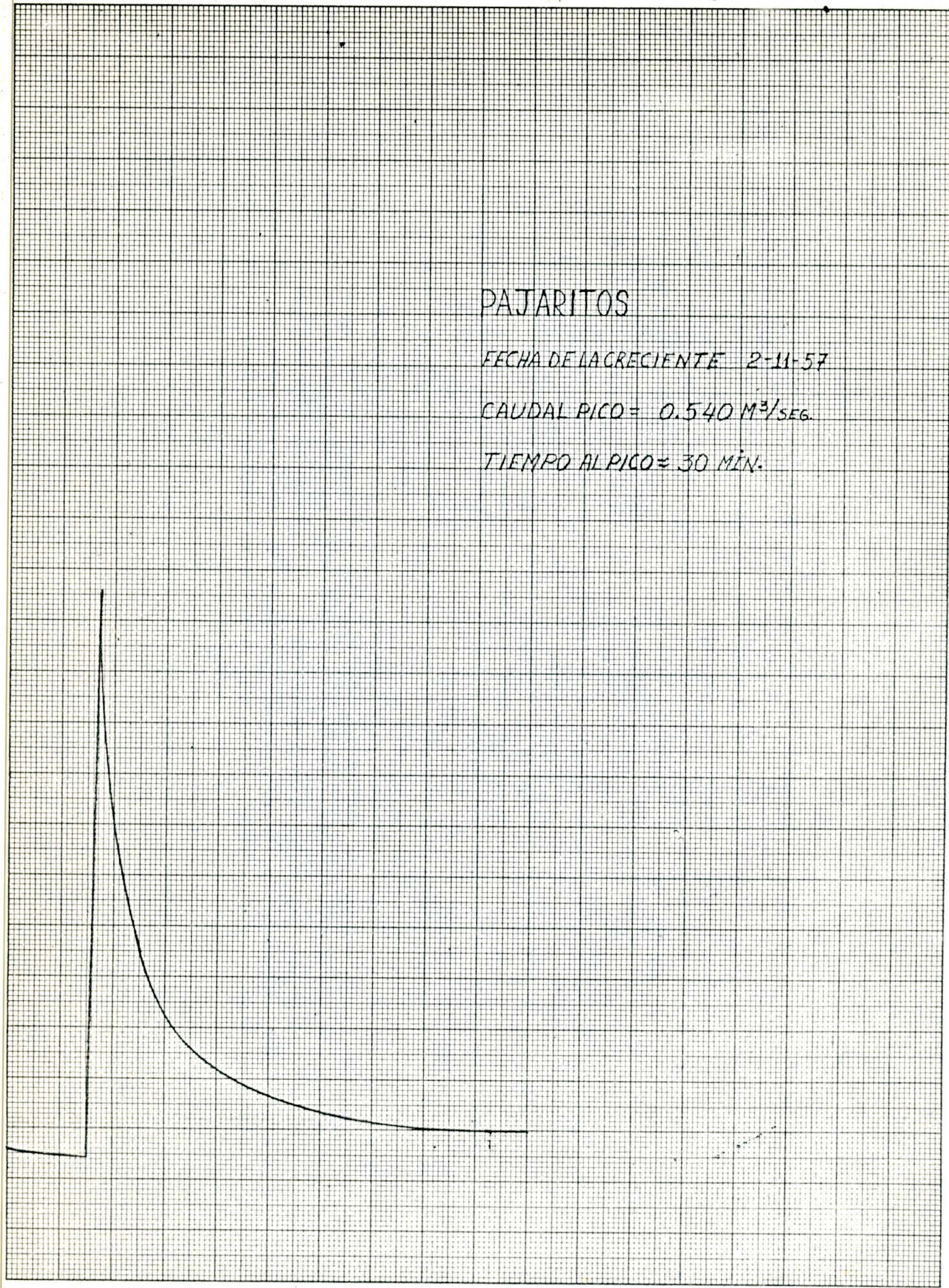
PAJARITOS

FECHA DE LA CRECIENTE 2-11-57

CAUDAL PICO = 0.540 M³/SEG.

TIEMPO AL PICO = 30 MIN.

70
60
50
40
30
20
10
0



10 12 2 4 6 8 10 12 M. 2 4 6 8 10 12 2 4 6 8 10

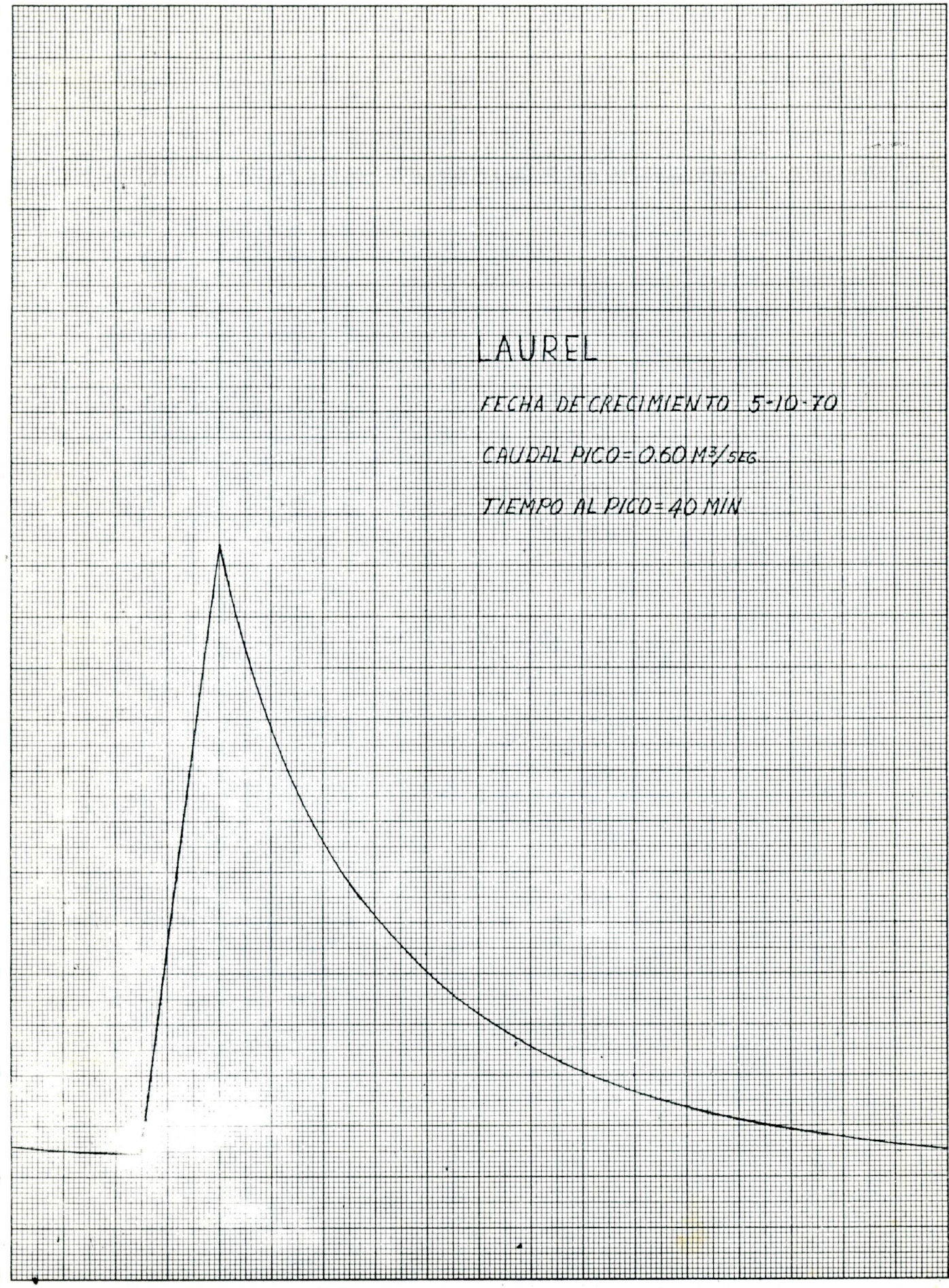
TIEMPO (HORAS)

15
IN U.S.
KEUFFEL & ESSER CO.

ALTURA DE MIRA (CH)

KE 10 X 10 TO THE CENTIMETER 46 1512
MADE IN U.S.A.
KEUFFEL & ESSER CO.

80
70
60
50
40
30
20
10
0



LAUREL

FECHA DE CRECIMIENTO 5-10-70

CAUDAL PICO=0.60 M³/SEG

TIEMPO AL PICO=40 MIN

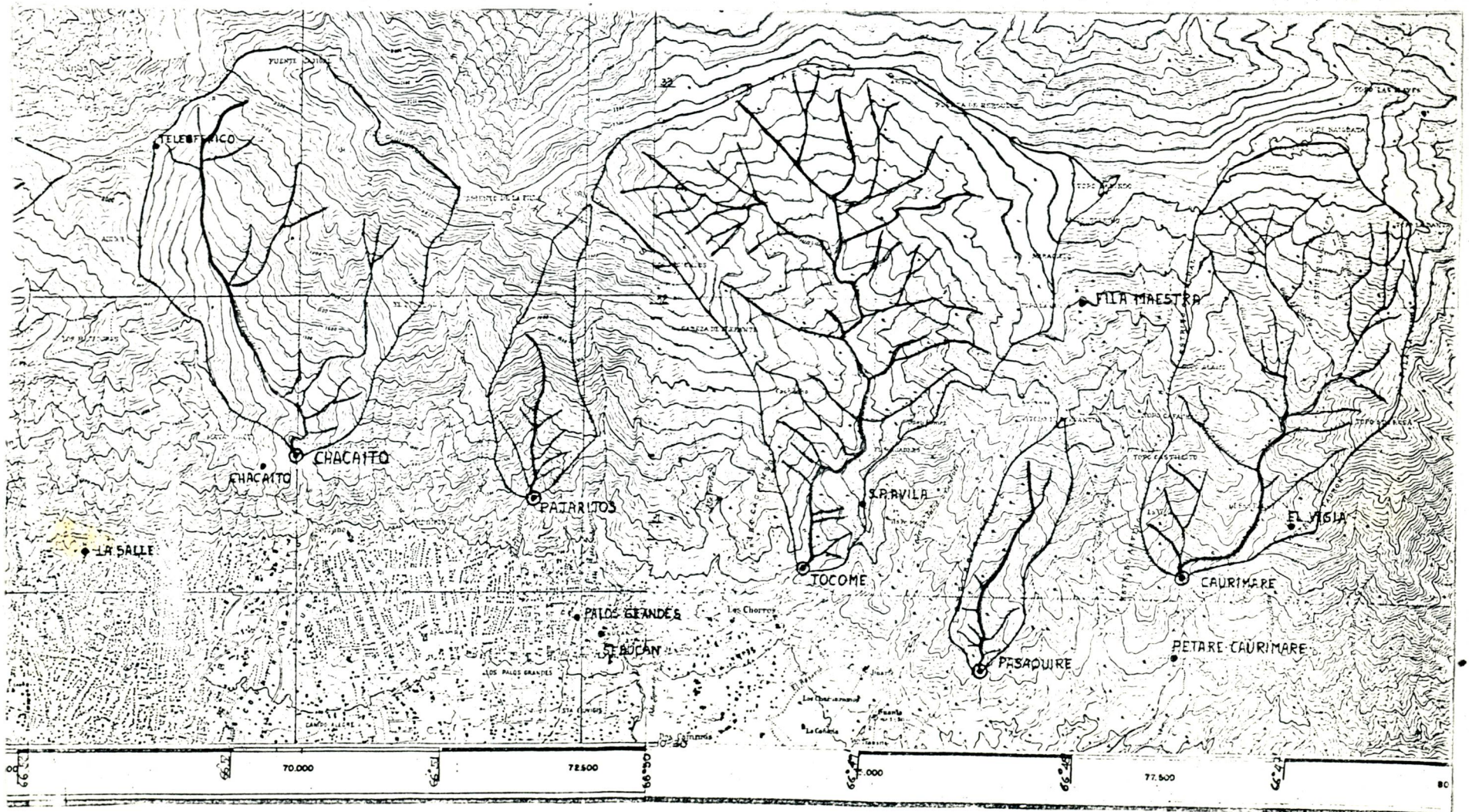
0 1 2 3 4 5 6 7
TIEMPO (HORAS)

PLANO DE UBICACION DE LAS CUENCAS DEL AVILA

• PLUVIOGRAFOS

⊙ LIMNIGRAFOS

ESCALA - 1: 50.000

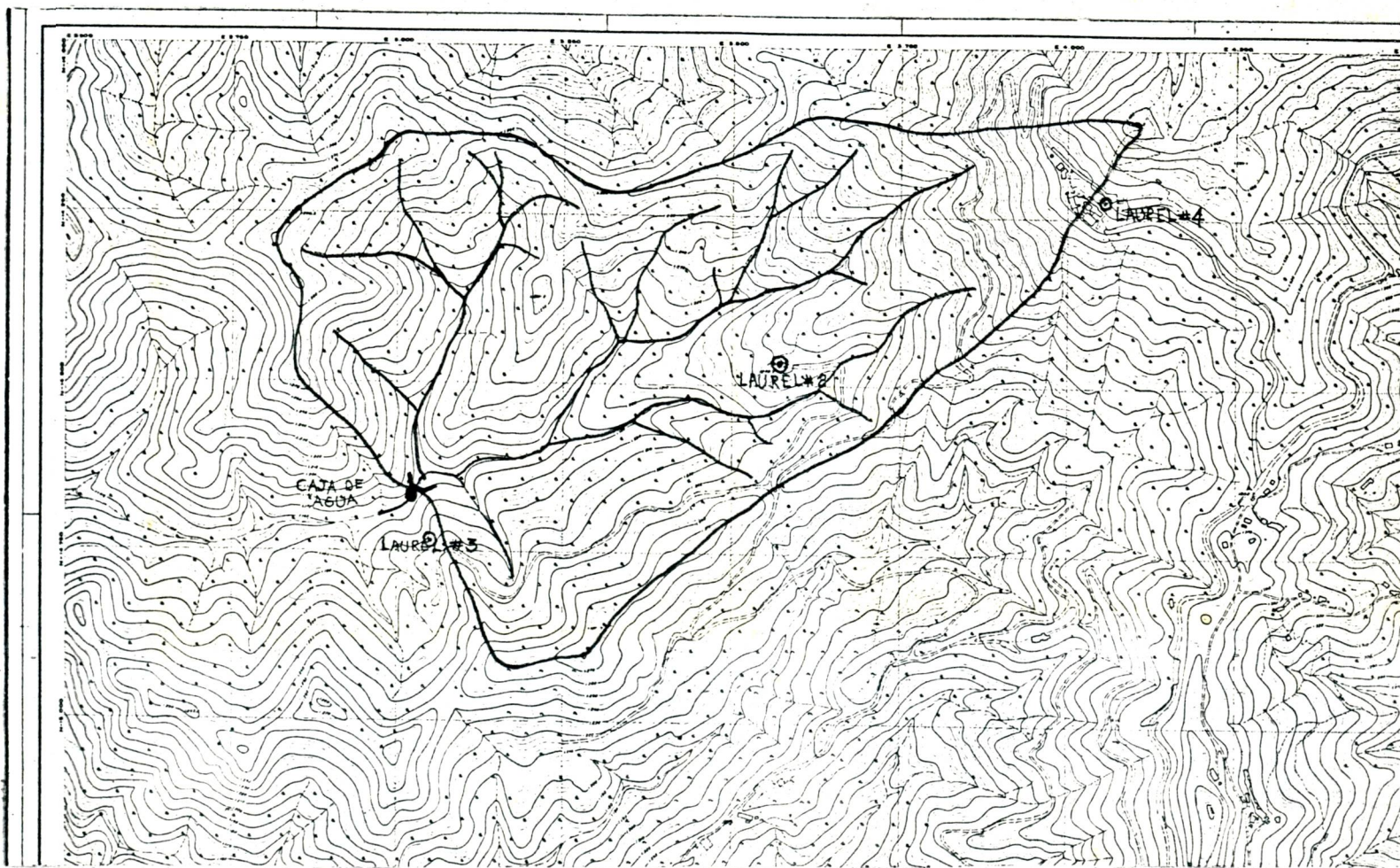


CUENCA-CAJA DE AGUA

● LIMNIGRAFO

⊙ PLUVIOGRAFOS

ESCALA - 1:40.000





VISTA DEL VERTEDERO DE LA QUEBRADA CAJA DE AGUA



VISTA DEL CAUCE DE LA QUEBRADA CAJA DE AGUA, AGUAS
ARRIBA DEL VERTEDERO

