

CAPITULO III

DAMBREAK APLICADO AL DESLIZAMIENTO DE SAN BLAS

Se explicó en el capítulo anterior la amenaza que representa el deslizamiento de San Blas para la población e infraestructura del Valle del Guarco, en particular el posible represamiento en el cauce del río y la ruptura de la presa, con el paso del flujo embalsado aguas abajo.

Se utiliza el modelo de rompimiento de presas como vía para simular la situación expuesta y medir así sus consecuencias aguas abajo. Es claro que la simulación se realiza considerando que el modelo no ha sido desarrollado para esa situación, la presa no corresponde a una real no ha sido diseñada, por lo que las características de rompimiento no son las mismas.

No existe un embalse real, sino que este se forma en el cauce del río por efecto de la represa, y no existen estructuras de excedencia, como vertedores. Se debe tener en cuenta lo anterior en el análisis de resultados.

3.1 APLICACION DEL MODELO:

Como se explicó en el Capítulo anterior el DAMBREAK tiene 14 opciones dentro de las cuales se seleccionó la adecuada para simular la situación objeto de este estudio. Las dos suposiciones principales son:

- A. Se supondrá un derrumbamiento masivo del deslizamiento de San Blas sobre el cauce del Río Reventado, basándonos para ello en lo explicado en el Capítulo I acerca de las características del mismo, se supondrá a su vez la formación de una presa, la cual obstruirá el paso del flujo sobre el río en un punto determinado. La suposición anterior involucra por si misma incerteza en los resultados, no solamente por la formación de una presa sino por parámetros de la misma, a saber: altura, localización, forma y tamaño de la abertura de la falla, todos estos parámetros han sido estimados y se explicarán en detalle más adelante.
- B. Dada la presa sobre el cauce se supondrá la formación de un embalse aguas arriba, cuyas características serán explicadas también más adelante.

3.1.1 Opciones del modelo:

En el Apéndice A se explican detalladamente las 14 opciones del modelo, el escoger una específica depende de las características que se desean simular, por lo que se hará una explicación general de las mismas:

- A. Flujo supercrítico aguas arriba de la presa, (pend. > 10%).
- B. Flujo supercrítico aguas abajo de la presa, (pend. > 10%).
- C. Se simulará solamente una presa.
- D. No existen planicies de inundación ni se simularán derrumbamientos en el embalse. (se supuso inicialmente un derrumbamiento masivo).
- E. A pesar de que aguas abajo de la presa existe un puente, (conocido como Bailey), no se considerará en el modelo, debido a que dicha opción supone flujo subcrítico aguas abajo.
- F. No existen estructuras de control ni vertedores de excedencia.

Es importante aclarar que inicialmente se pensaba correr el modelo con la alternativa de tránsito dinámico en el embalse, ya que simula de una manera más real lo que sucede, a saber, variación en el nivel del agua embalse angosto, posible generación de ondas positivas debido a una avenida, u onda negativas; pero el modelo no permite este tipo de tránsito en un régimen supercrítico aguas arriba, esto generaba problemas como errores de inestabilidad numérica o falta de convergencia, se decidió entonces realizar tránsito hidrológico en el embalse.

Según lo anterior la alternativa escogida en la opción dos, la cual consiste un tránsito del hidrograma de salida de la represa por el método de almacenaje, (hidrológico) con tránsito dinámico supercrítico del hidrograma de salida a través del valle aguas abajo.

3.1.2 Archivo de Datos:

Según la opción del modelo escogido se seleccionan los datos de entrada necesarios se hará una explicación breve de los más importantes conforme aparecen en el archivo de datos. Se omitirá la explicación de

algunos parámetros; cualquier duda referirse al Manual del DAMBREAK.

El modelo distingue el régimen del flujo aguas abajo por medio de los parámetros KSUPC y KKN, si:

KSUPC =0 Flujo totalmente subcrítico

KSUPC =1 Flujo supercrítico en una sección aguas arriba del canal aguas abajo

- A. Si KSUPC =0 y KKN =0 : Flujo subcrítico aguas abajo
- B. Si KSUPC =0 y KKN =1 : Flujo supercrítico en una primera porción y flujo subcrítico en una segunda porción ambas aguas abajo de la presa
- C. Si KSUPC =1 y KKN =1 : Flujo subcrítico aguas abajo
- D. Si KSUPC =1 y KKN =2 Igual a caso B

El tipo de tránsito en el embalse se seleccionan por el parámetro KUI'

Si KUI = 0 : Tránsito hidrológico

KUI = 1 : Tránsito dinámico

MULDAM: Parámetro que determina realizar el tránsito a través de múltiples represas localizadas secuencialmente aguas abajo de la primera.

MULDAM = 0 : No hay presas aguas abajo.

MULDAM = 1 : Una o más presas están
localizadas aguas abajo

Cualquier número de presas localizadas
secuencialmente aguas abajo pueden ser
simuladas si:

$$KKN = 1 + \text{No. presas aguas abajo}$$

Es necesario un hidrograma de entrada,
(hidrograma que será transitado a través del
embalse), este se define según:

ITEH: Parámetro que denota el número de or-
denadas del hidrograma de entrada,
(máximo valor 50).

KELP: Denota el uso de la planicie de inun-
dación en el tránsito.

KELP = 0 : no se usa planicie de :innd

KELP = 1 : se utiliza

KSL : El parámetro denota el uso de la
opción de derrumbamiento en el embalse

KSL = 0 : No hay derrumbamiento

KSL = 1 : Derrumbamiento ocurre a lo
largo de un banco del
embalse

KSL = 2 : Derrumbamiento ocurre en
ambos bancos del embalse

SA (K) : Area superficial o volumen
del embalse a cierta eleva-
ción, máximo 8 datos

HSA (K) : Elevación correspondiente
para cada SA (K) máximo 8
datos la elevación está
referida al plano del datum

RLM : Longitud del embalse en millas
 YO : Elevación de la superficie del agua en el embalse, cuando comienzan los cálculos
 Z : Pendiente de la abertura (1: Vert., Z: horizontal)
 YBMIN : Elevación inferior del fondo de la abertura
 BB : Ancho de la base de la abertura
 TFH : Tiempo desde el inicio de la formación de la abertura hasta que alcance el máximo tamaño
 DATUM : Elevación del fondo de la presa
 HF : Elevación del agua cuando comienza la falla en la presa
 HD : Elevación máxima de la presa
 QT : Descarga a través de las turbinas es constante desde el inicio de los cálculos hasta que la presa esté completamente fallada
 NS : Número de secciones transversales usados para describir el canal y el valle aguas abajo
 LQ : Parámetro que denota el número total de hidrogramas de entrada lateral, un máximo de 10 hidrogramas con cincuenta ordenadas
 XS : Localización en millas de la sección transversal, usada para describir el canal aguas abajo.
 HS : Elevación, correspondiente a cada ancho usado para describir la sección transversal.

BS : Ancho del espejo en pies de las secciones transversales

BSS : Ancho de la porción del canal seco de la sección transversal correspondiente a cada elevación.

CM : Rugosidades de Manning, para el canal

DXM : Mínima distancia AX (millas) entre secciones transversales

IKC : Coeficiente de contracción-expansión

QMAXD: Descarga estimada máxima (cfs) aguas abajo del canal

QLL : Máximo flujo de salida lateral (cfs/ft)

DTHM : Tiempo Af inicial (h)

F1I : Factor de peso (0) para la solución de las ecuaciones diferenciales

EPSY : Criterio de convergencia para Newton Rapson

3.1.2.1 Archivo de datos derrumbamiento San Blas:

Ya se explicó la opción del modelo escogida para simular el caso de estudio, con base en ella se elabora el archivo de datos correspondiente. A continuación se dará una explicación de ese archivo, brindando las justificaciones para aquellos parámetros que lo necesiten. Se debe aclarar además que no se realizó solamente una "corrida" sino que el archivo se varió en aquellos parámetros que influyen sobre los resultados con la finalidad de tener un panorama más amplio, pues el fenómeno en particular que se desea simular no puede ser tratado estrictamente como un caso de rompimiento de presa, por las razones ya argumentadas. La predicción del hidrograma de salida a través de la abertura de la presa es función básicamente de:

- A. Hidrograma del embalse
- B. Nivel del embalse
- C. Variación almacenaje con el tiempo
- D. Características de la abertura
- E. Tipo de abertura de la presa
- F. Tiempo de falla de la presa

Con base en lo anterior se decidió variar en el archivo de datos los siguientes parámetros:

hidrográma de entrada, nivel de embalse, características de la abertura (forma, parámetros de definición como pendiente y ancho final), y tiempo de falla de la presa, se generaron entonces una serie de archivos de datos.

El hidrograma de entrada se varió, elaborando archivos de datos para tres tormentas, una de intensidad alta, otra media y por último una de pequeña intensidad. Estos datos fueron dados por el Departamento de Estudios Básicos, Sección de Hidrología, corresponden a la estación La Troya, en el Río Navarro, no existen datos correspondientes a la cuenca en estudio (Reventado) debido a que ésta no tiene interés para explotación hidroeléctrica, lo cual debe ser considerado en el análisis de resultados.

Existen tres posibles formas de falla para ser simuladas: triangular, rectangular y trapezoidal; se escogieron dos de ellas para ser simuladas, la triangular y trapezoidal, se deshechó la forma rectangular porque la posibilidad de que suceda esa forma de falla

en el caso de estudio es baja, ya que el material que constituye la presa no está compactado, simplemente depositado en el cauce del río, lo cual impide la formación de taludes verticales en la abertura.

Los parámetros que definen la forma de la abertura son z (pendiente del talud) y b (ancho final del fondo de la abertura), siendo igual a cero, para falla triangular.

El ancho (b), así como (z) se variarán tomando valores para b de 25 y 74 m y $0 < z < 2$. La variación de b se basa en el resultado empírico, tomado de la experiencia, el cual para presas de tierra: $hd < b < 3hd$, donde hd es la altura de la presa.

Una presa de tierra puede fallar por desbordamiento o tubificación, es muy difícil establecer cual va a ser la causa de falla en éste caso específico. La falla por desbordamiento se debe a un mal diseño hidráulico, donde las estructuras de excedencia no funcionan, en el caso simulado no existen obras de excedencia y la posibilidad de avenidas no se descarta. Por

otro lado debido a que no es una presa construida, no existen filtros, núcleo y el material es sumamente heterogéneo sin ninguna compactación, esto induce, debido a la presencia de orificios dentro de la masa de la tierra derrumbada, que una posible falla por tubificación sería factible. Dada la incerteza del modo de falla se hicieron "corridas" para ambos, diferenciándolo con el parámetro HF, ya que si $HF < HD$, el modelo aplica falla por tubificación.

El tiempo de falla, es un parámetro que influyen en los resultados, puesto que éste valor no se conoce certeramente, (parámetro estimado por el usuario) se realizan dos corridas con el posible mínimo tiempo de falla (2h) y el posible máximo (3h), elaborando con ello un par de envolventes.

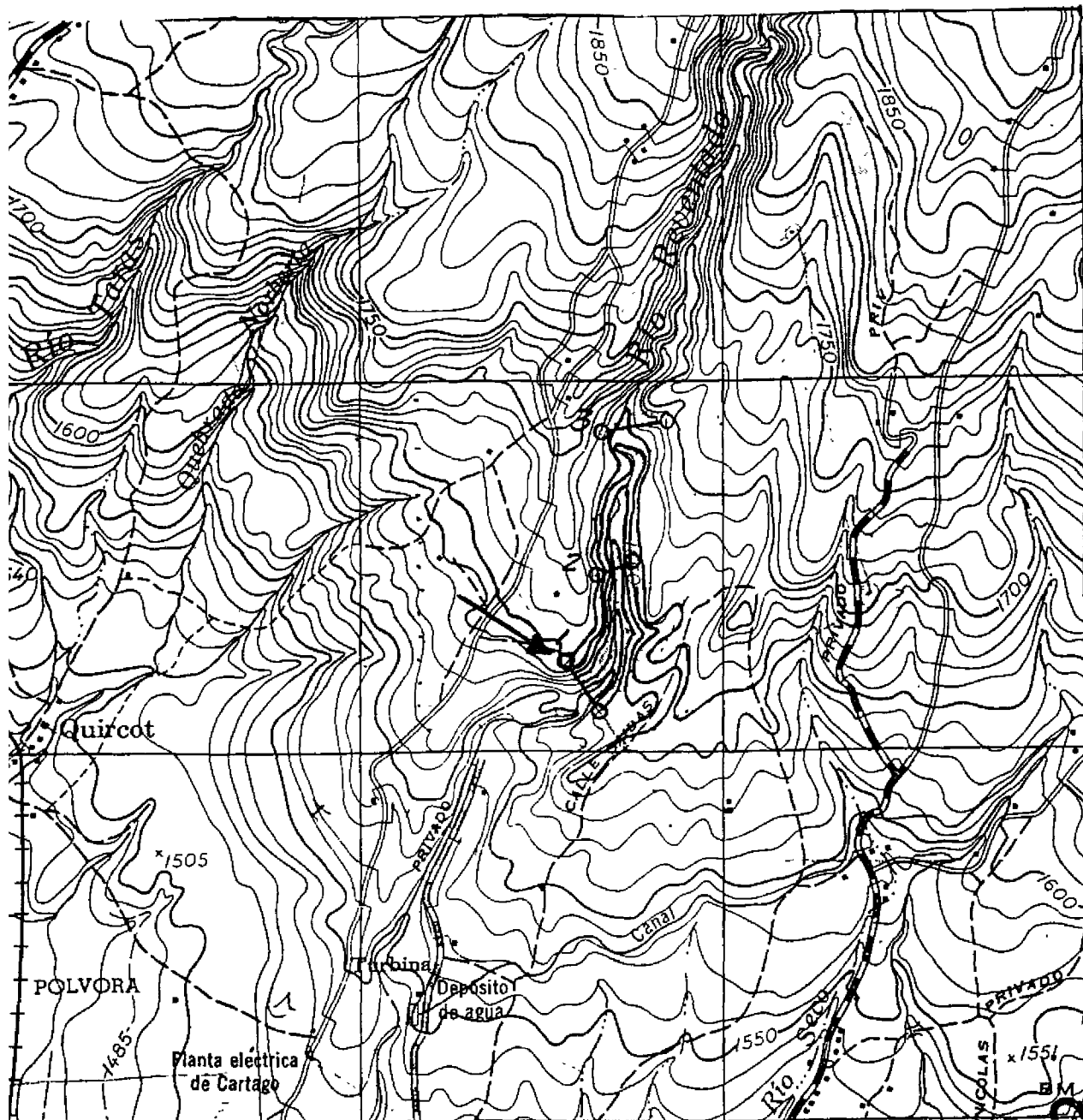
Se explicaron de manera general los parámetros variables dentro del archivo de datos además de éstos se necesitan otros fijos, los cuales se obtuvieron a partir de suposiciones o datos brindados por Estudios Básicos. El tamaño del embalse, (longitud) localización de la presa dentro del cauce y

altura de la presa son parámetros supuestos, ya que la situación a simular no existe realmente, lo cual introduce incerteza en los resultados. La localización de la presa se escogió con base en la localización del derrumbamiento, se supuso la presa en la parte sur del derrumbamiento (fig. 1), con un embalse formado hacia aguas arriba hasta la parte norte del mismo.

RLM = 643,6 m (0,4 millas) medida en la hoja Cartago del Instituto Geográfico Costa Rica. Hoja 3445 IV SW, Edición 2 - IGCR-1961, dicho material se obtuvo en la Sección de Topografía de Estudios Básicos.

HD:= 25 m (80 ft) elevación de la presa, se supuso un derrumbamiento masivo que formara una presa de esa altura, lo anterior se basa en las características geológicas geotécnicas del deslizamiento (volumen 40E 40E 106m)

La altura de la superficie del agua al comenzar los cálculos, así como la elevación a la cual va a llegar la abertura (YBMN) y la altura del agua cuando falla la presa (HF) son para este caso de estudio, datos estimados, lo cual contribuye a introducir



Fp9 (1)

Siteo de Presa.

incerteza en los resultados. Dichos estimaciones se realizaron con base en los datos conocidos de las secciones transversales:

YBMN: 1628 msnm

HF : 1645 msnm y 1641 msnm, según sea desbordamiento o tubificación.

YO : 1640 msnm, este último valor se estimó con base en la altura de la presa.

Las secciones transversales en el embalse, así como aguas abajo, fueron seleccionadas por un estudio realizado en Estudios Básicos, ellos determinaron el número de secciones transversales necesarias, así como su localización.

La descripción de las secciones transcuriales (ancho vs elevación), para el canal aguas abajo se realizó sumando los diferentes "deltas" al río como sección seca, se utilizó cuatro anchos para la descripción de cada sección transversal del embalse y aguas abajo, las primeras no se utilizaron

pues la alternativa de tránsito dinámico no fue utilizada.

El coeficiente de rugosidad de Manning ("n"), se estimó en Estudios Básicos, Sección de Hidrología, igual a 0,048.

DXM es el parámetro que determina las secciones transversales generadas por el programa, (interpelación), se utiliza ésta alternativa únicamente entre la 1 y 2 Sección Transversal, ya que la distancia es de (1,14 millas).

El caudal máximo aguas abajo (QMAXD), se introduce inicialmente cero, el programa realiza la primera "corrida" y luego se sustituye ese valor, por el valor calculado.

3.2 RESULTADOS:

La imprecisión que sobre los resultados produce las suposiciones de forma y tamaño de abertura, tiempo de falla, tipo de falla (desbordamiento o tubificación) y elevación de las superficie del agua en el embalse cuando comienzan los cálculos obligó a realizar, un trabajo probabilístico en el cual se hicieron varias "corridas" cambiando los parámetros; Juego medio de un

análisis estadístico general se obtuvieron los resultados finales. Los archivos de salida de todas las corridas no se presentan debido a la magnitud de las mismas, si el lector desea verlas puede localizarlas en la Sección de Aplicaciones Científicas, Departamento de Cómputo Electrónico, ICE.

3.2.1 Análisis de Resultados:

Aparecen a continuación tablas de resultados derivadas del modelo "corrido" para diferentes alternativas. Las tablas así como los gráficos derivados de ellas son explicativas por sí solas, se harán comentarios breves, en aquellos detalles de importancia.

A continuación se realizará un análisis de resultados general para las tormentas de mayor tormenta #1 y mediana duración, tormenta #2 las cuales son aplicables en en ambos casos, aunque los resultados numéricos varien. Observando las tablas correspondientes al hidrograma de salida del embalse, se tiene para las diferentes condiciones : - la forma y tamaño de la abertura afectan el hidrograma. Entre mayor

Tormenta Grande: No 1
Falla Triangular

◊TABLA # 1

HIDROGRAMA DE SALIDA A TRAVES DEL EMBALSE

Desbordamiento.

Tormenta N° 1

†

| | | |
|-------------------------------|-------|-------|
| Z | 0,5 | 2 |
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | 3,48 | 21 |
| MAX. FLUJO (M3/SEG) | 341,8 | 380,6 |
| FLUJO Final (M3/SEG) | 15,2 | 32,5 |
| TIEMPO MAX. FLUJO (H) | 7,9 | 7,3 |
| VOL. TOTAL DESCARGADO (HEC-M) | 619,0 | 918,9 |

TABLA # 2

PARAMETRO DEL HIDROGRAMA DE SALIDA
A TRAVES DEL EMBALSE

Desbordamiento.

Tormenta N° 1

†

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Z | 0,5 | 2 |
| TIEMPO DE FALLA (H) | 2 | 2 |
| TIEMPO INICIO LIMBO ASCENDENTE (H) | 5,9 | 5,3 |
| TIEMPO PICO (H) | 7,9 | 7,3 |

TABLA # 3.

HIDROGRAMA DE SALIDA A TRAVES DEL EMBALSE

Tubificación.
Tormenta N°1

| Z | 0,5 | 2 |
|------------------------------|-------|-------|
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | 3,48 | 3,48 |
| MAX FLUJO (M3/SEG) | 343,9 | 372,9 |
| FLUJO Final. (M3/SEG) | 15,2 | 15,1 |
| TIEMPO MAX FLUJO (H) | 7,4 | 6,81 |
| VOL TOTAL DESCARGADO (HEC-M) | 618,0 | 632,6 |

TABLA # 4

PARAMETRO DEL HIDROGRAMA DE SALIDA
A TRAVES DEL EMBALSE

Tubificación.
Tormenta N°1

| Z | 0,5 | 2 |
|------------------------------------|-----|-----|
| TIEMPO DE FALLA (H) | 2 | 2 |
| TIEMPO INICIO LIMBO ASCENDENTE (H) | 5,3 | 4,8 |
| TIEMPO PICO (H) | 7,3 | 6,8 |

TABLA # 7

HIDROGRAMA DE SALIDA A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N° 1
Tubificación

| | | |
|------------------------------|-------|-------|
| Z | 0,5 | 2 |
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | 3,48 | 21 |
| MAX FLUJO (M3/SEG) | 281,0 | 298,7 |
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | 15,5 | 32,8 |
| TIEMPO MAX FLUJO (H) | 8,01 | 7,2 |
| VOL TOTAL DESCARGADO (HEC-M) | 611,8 | 903,6 |

TABLA # 8

PARAMETRO DEL HIDROGRAMA DE SALIDA
A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N° 1
Tubificación.

| | | |
|------------------------------------|------|------|
| Z | 0,5 | 2 |
| TIEMPO DE FALLA (H) | 3 | 3 |
| TIEMPO INICIO LIMBO ASCENDENTE (H) | 5,01 | 4,17 |
| TIEMPO PICO (H) | 8,01 | 7,17 |

TABLA # 5

HIDROGRAMA DE SALIDA A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N° 1

Desbordamiento.

| Z | 0,5 | 2 |
|------------------------------|-------|-------|
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | 3,48 | 3,48 |
| MAX. FLUJO (M3/SEG) | 255,7 | 274,8 |
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | 15,3 | 15,1 |
| TIEMPO MAX FLUJO (H) | 8,4 | 7,5 |
| VOL TOTAL DESCARGADO (HEC-M) | 613,6 | 628,0 |

TABLA # 6

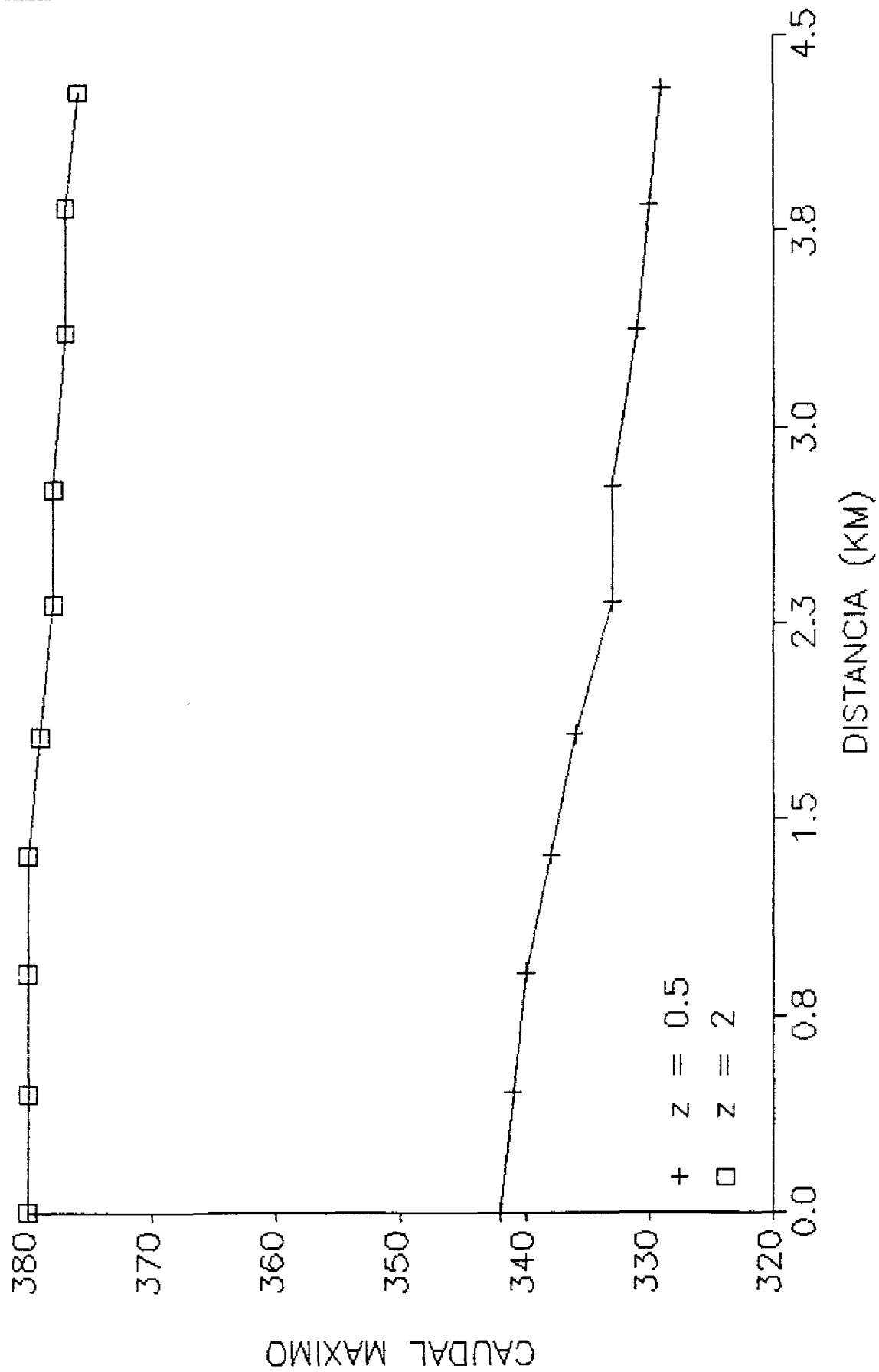
PARAMETRO DEL HIDROGRAMA DE SALIDA
A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N° 1

Desbordamiento.

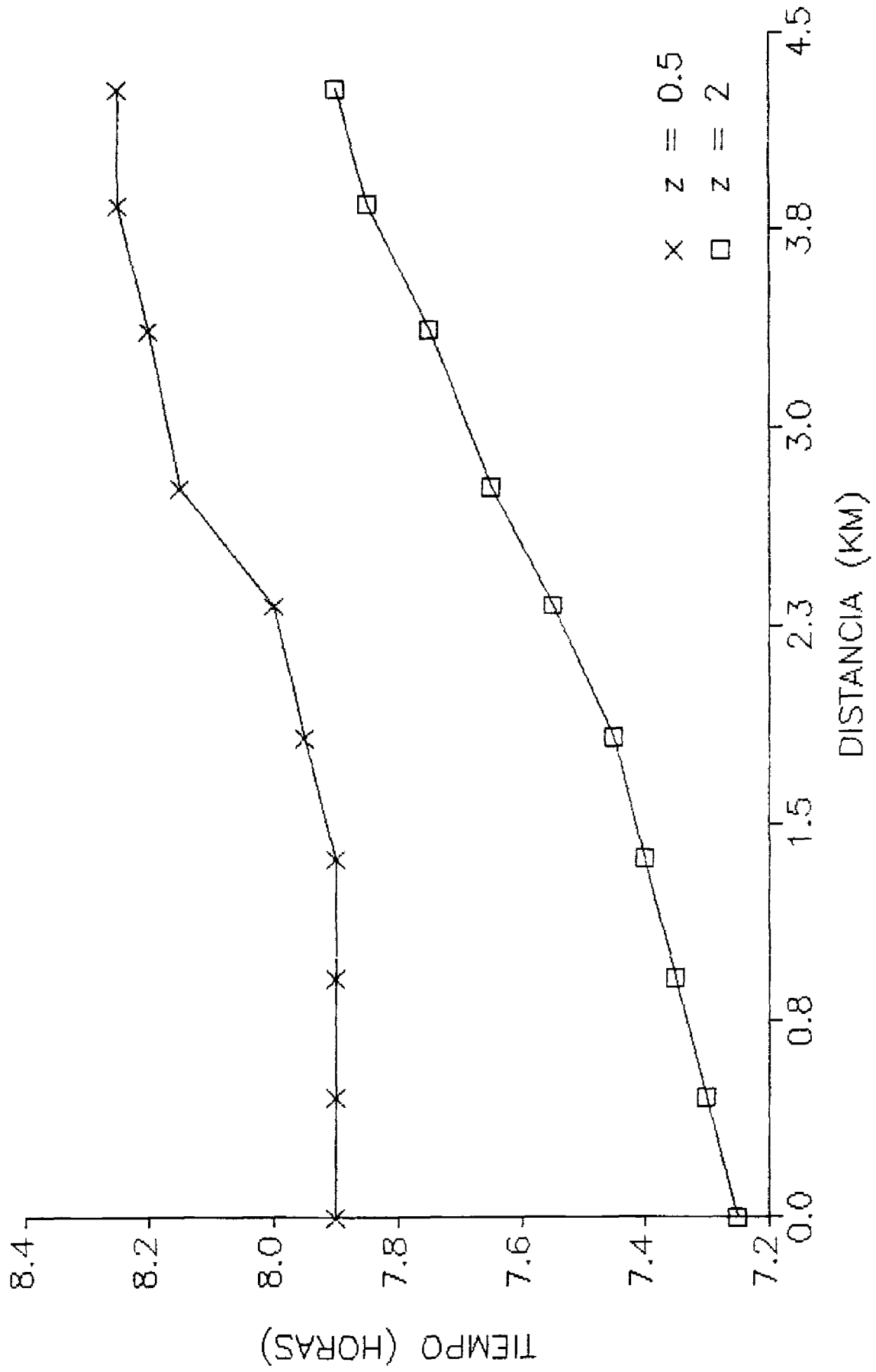
| Z | 0,5 | 2 |
|------------------------------------|-----|-----|
| TIEMPO DE FALLA (H) | 3 | 3 |
| TIEMPO INICIO LIMBO ASCENDENTE (H) | 5,4 | 4,5 |
| TIEMPO PICO (H) | 8,4 | 7,5 |

MAXIMOS CAUDALES AGUAS ABAJO



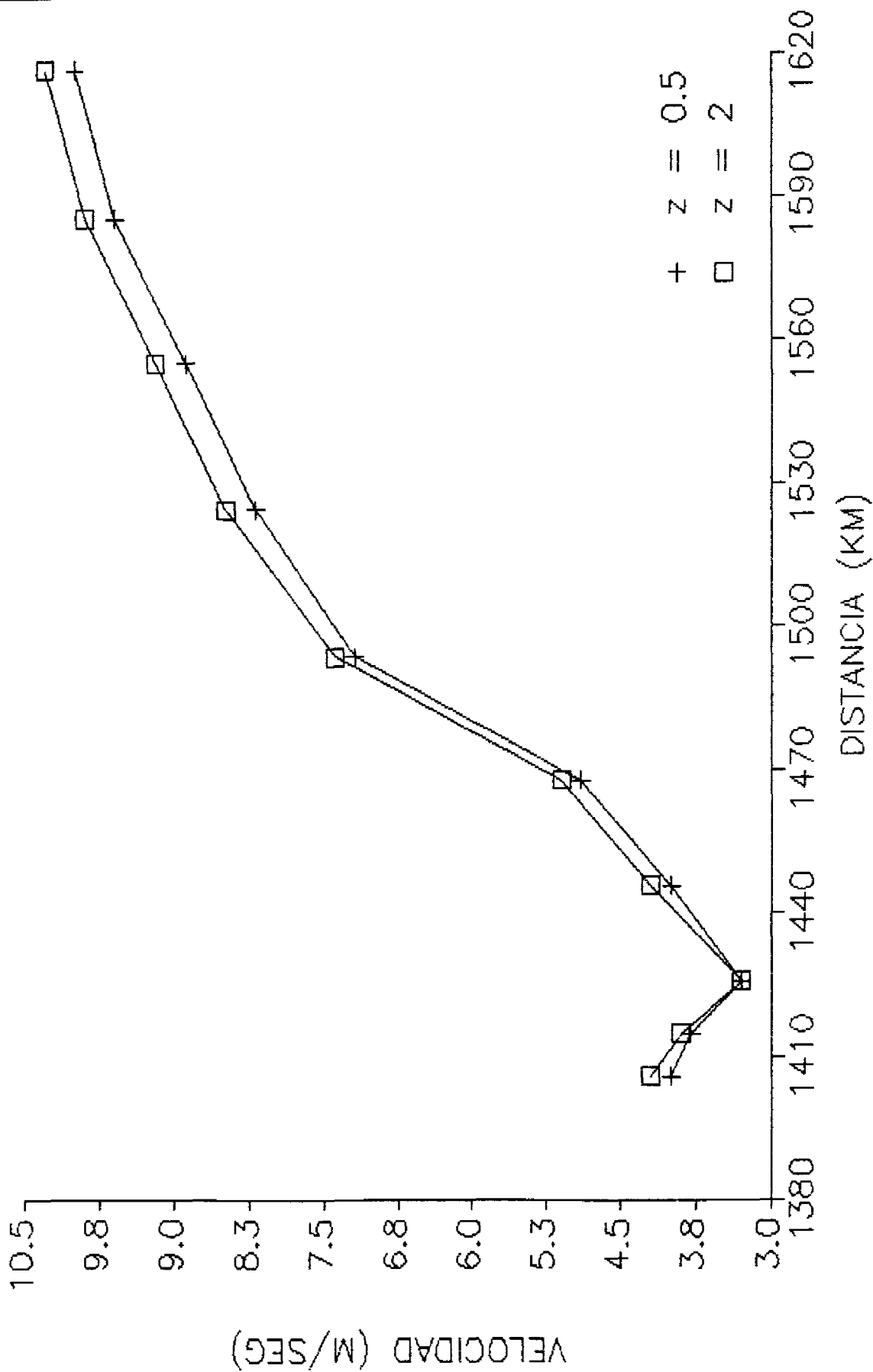
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 2H
FALLA POR DESBORDAMIENTO

TIEMPOS DE ELEVACIONES PICO AGUAS ABAJO



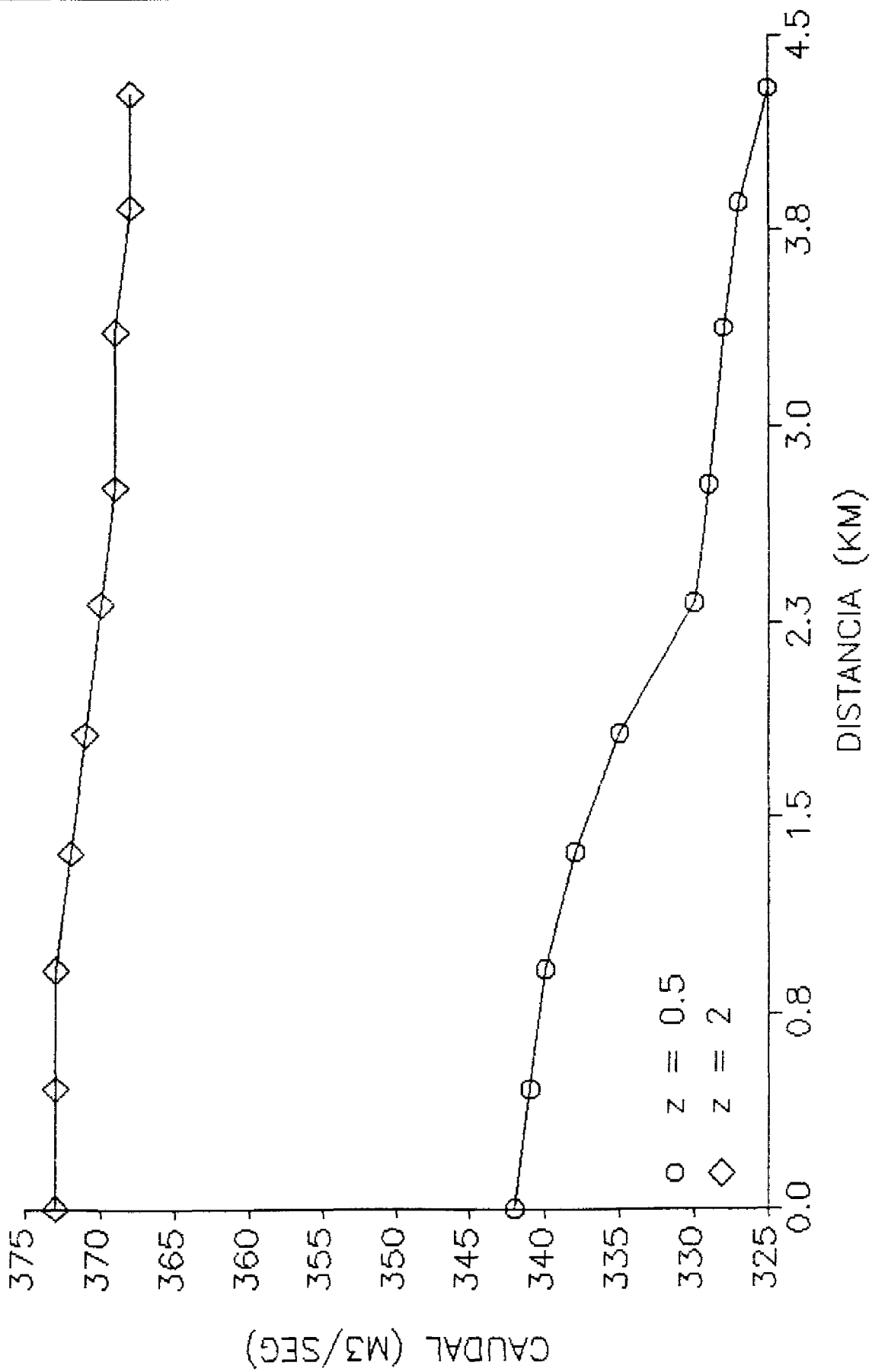
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 2H
FALLA POR DESBORDAMIENTO

VELOCIDADES MAXIMAS AGUAS ABAJO



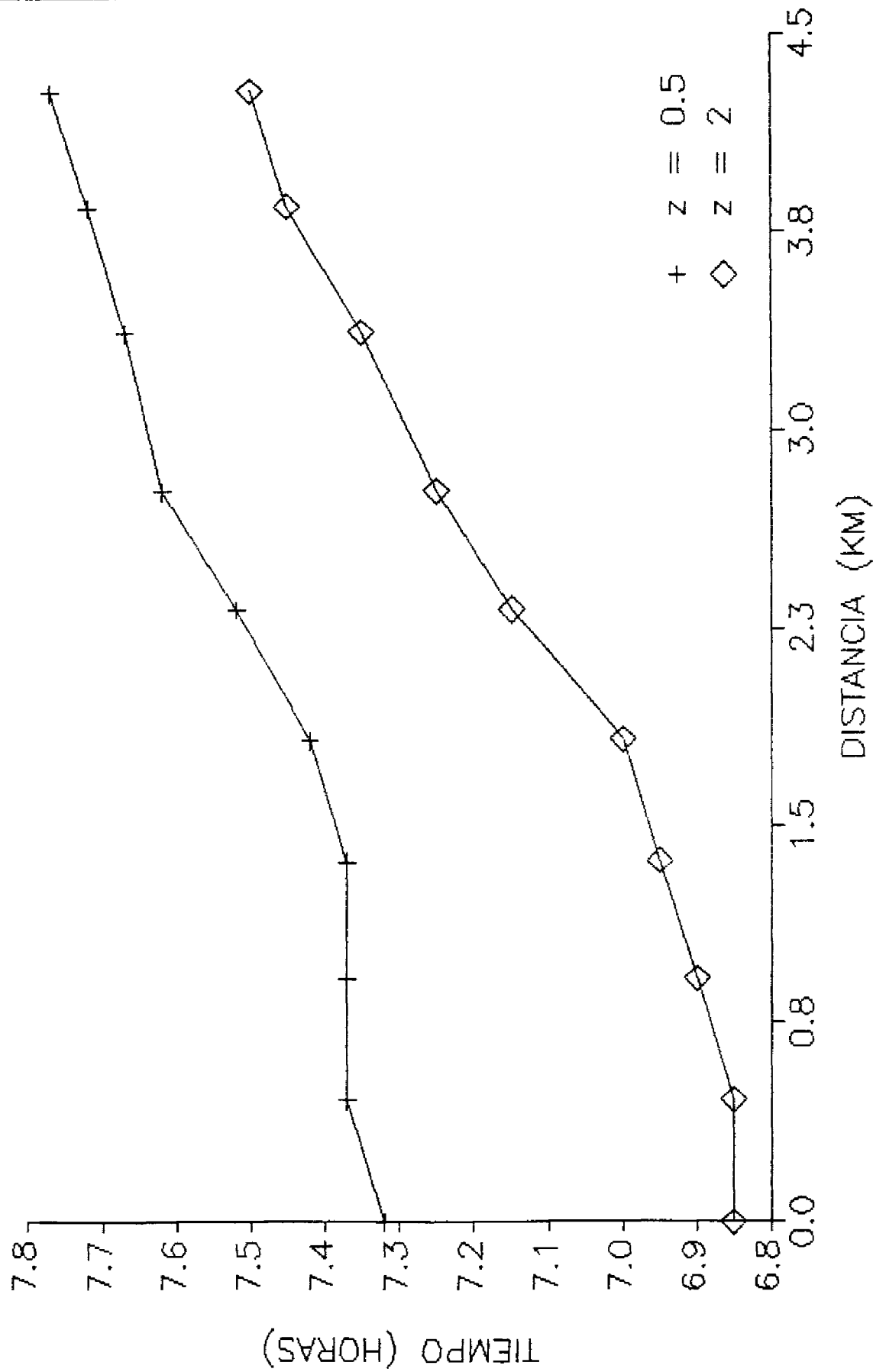
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 2H
FALLA POR DESBORDAMIENTO

MAXIMOS CAUDALES AGUAS ABAJO



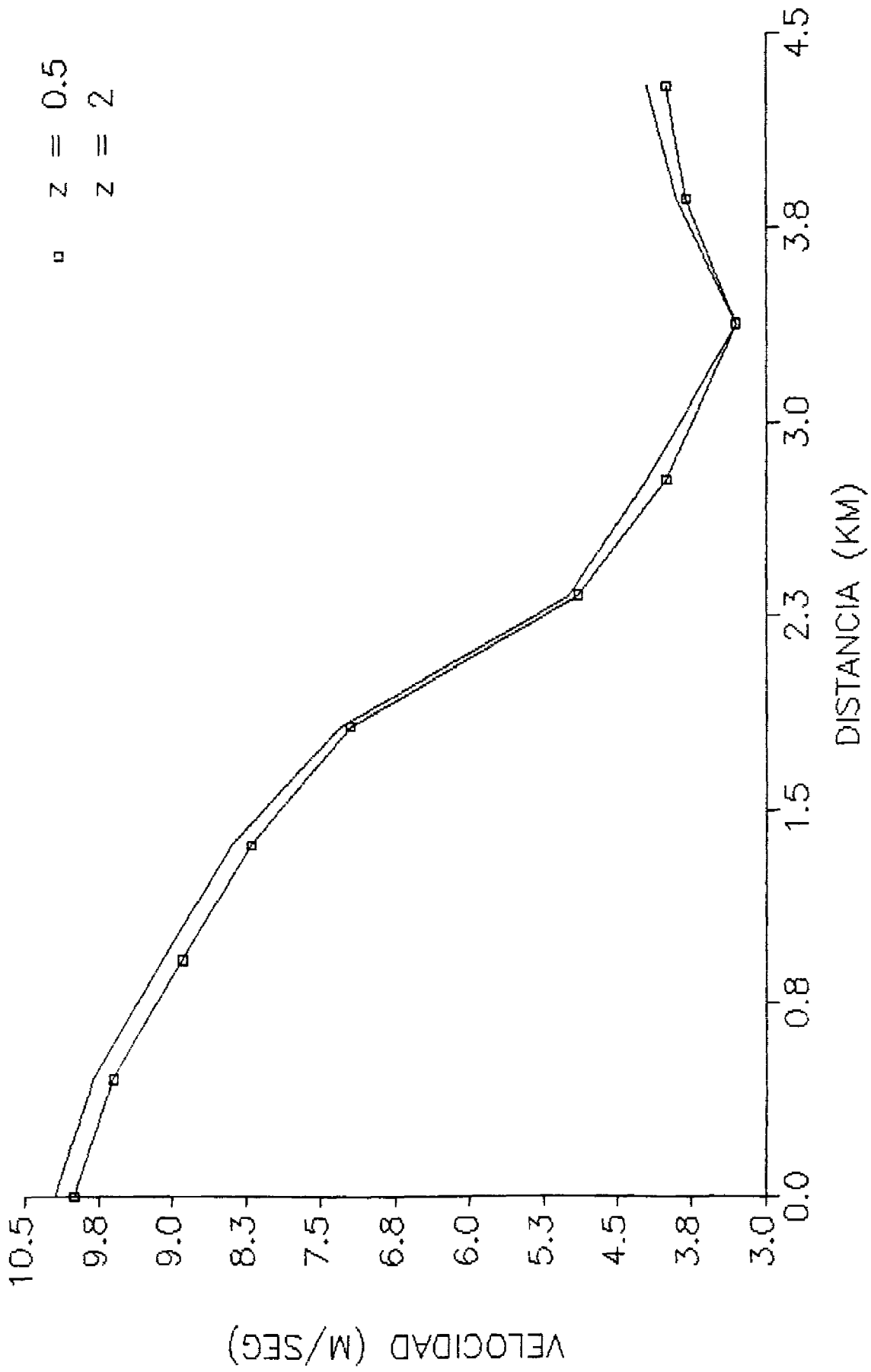
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 2H
FALLA POR TUBIFICACION

TIEMPOS DE ELEVACIONES PICO AGUAS ABAJO



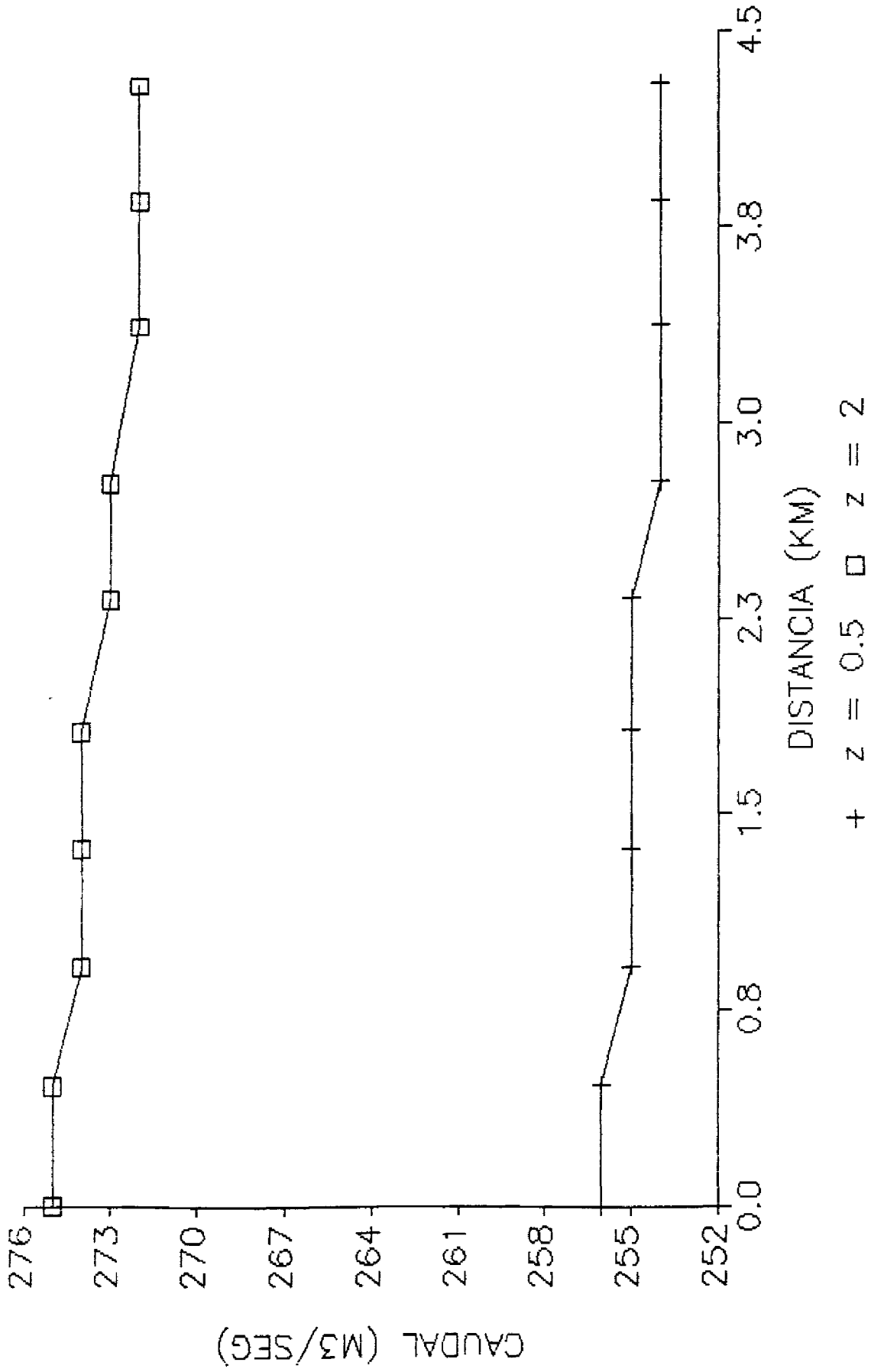
FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 2H
FALLA POR TUBIFICACION

MAXIMAS VELOCIDADES AGUAS ABAJO



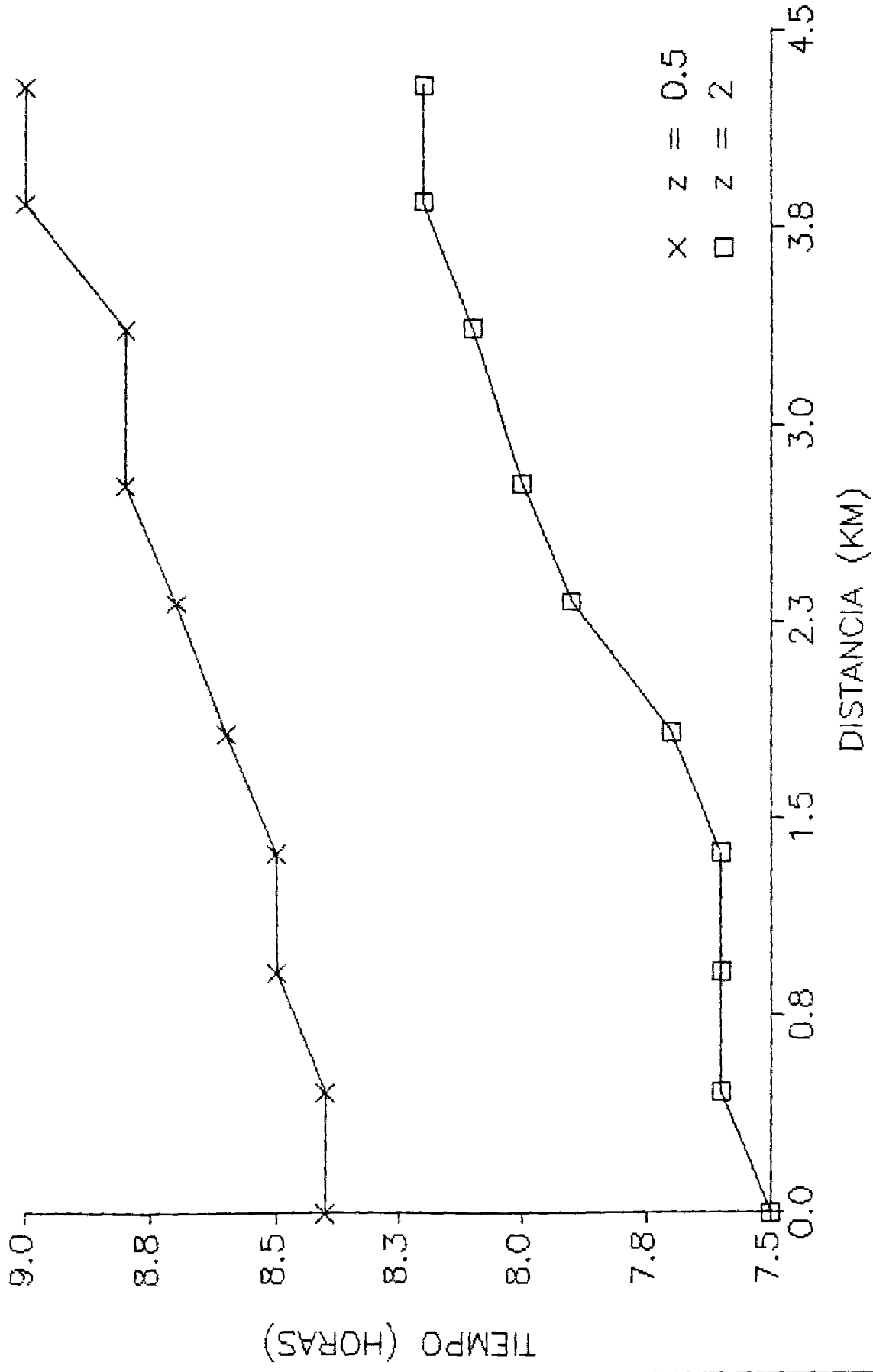
FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 2H
FALLA POR TUBIFICACION

MAXIMOS CAUDALES AGUAS ABAJO



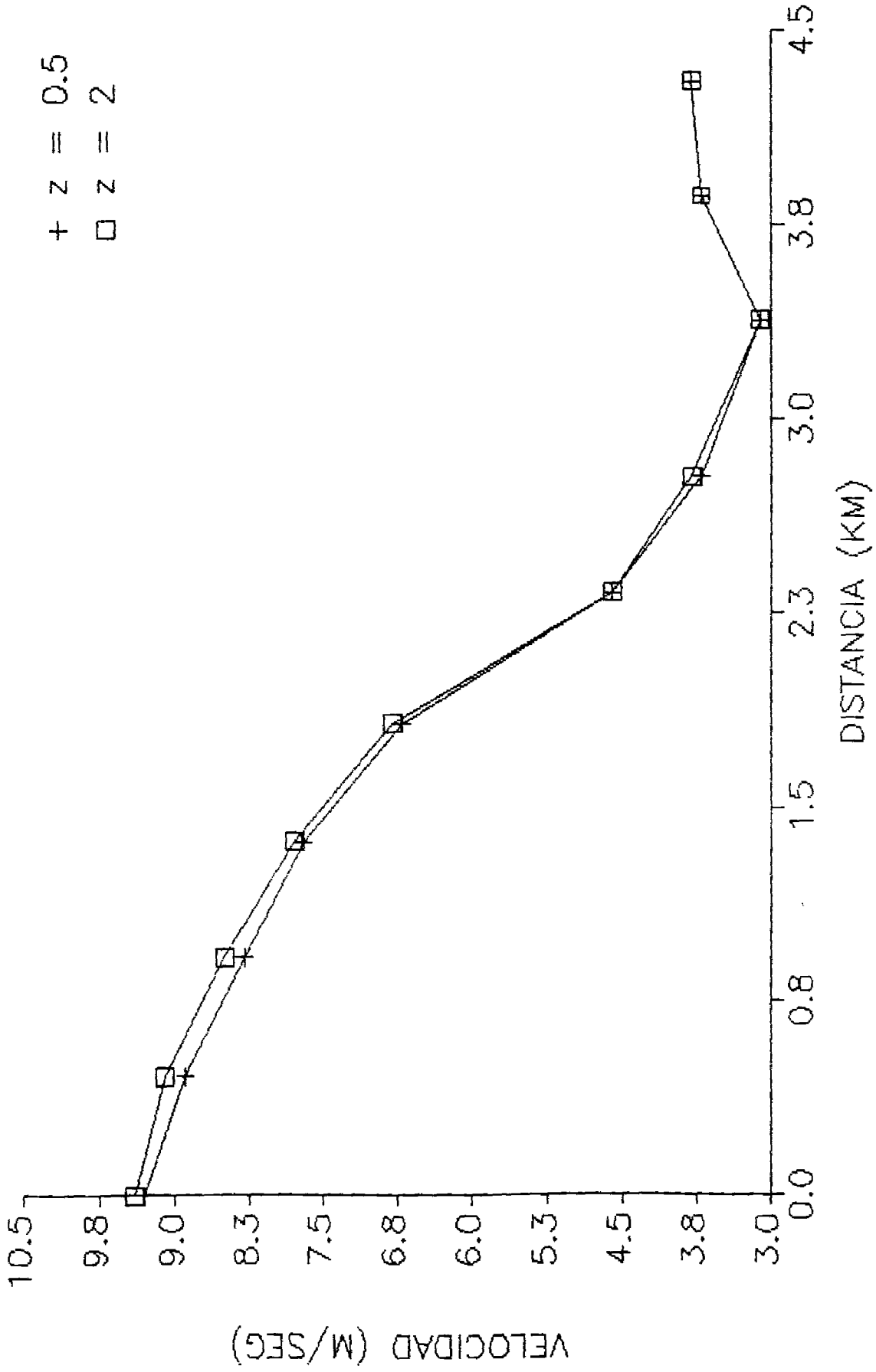
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 3H
FALLA POR DESBORDAMIENTO

TIEMPOS DE ELEVACIONES PICO AGUAS ABAJO



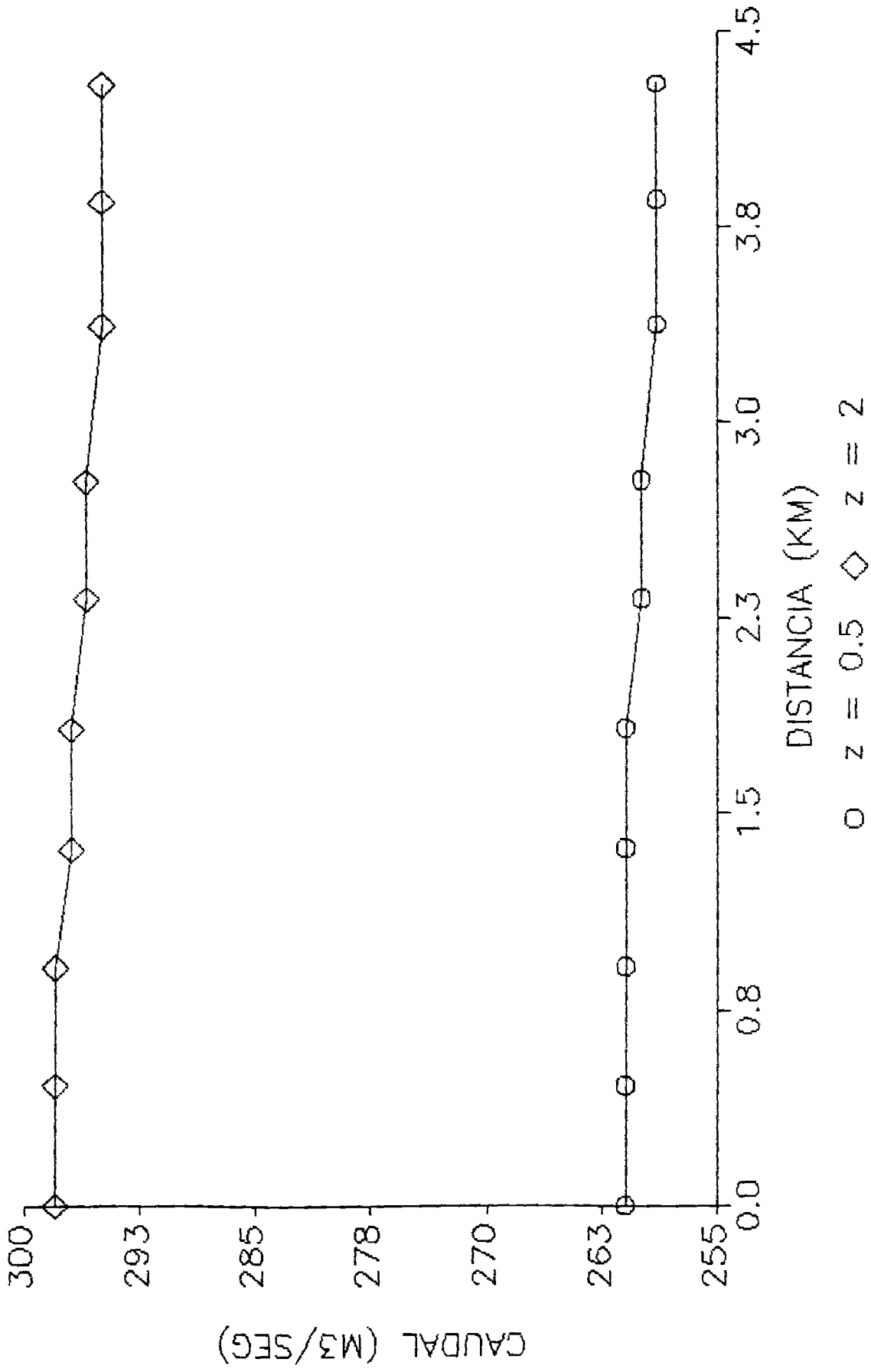
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 3H
FALLA POR DESBORDAMIENTO

VELOCIDADES MAXIMAS AGUAS ABAJO



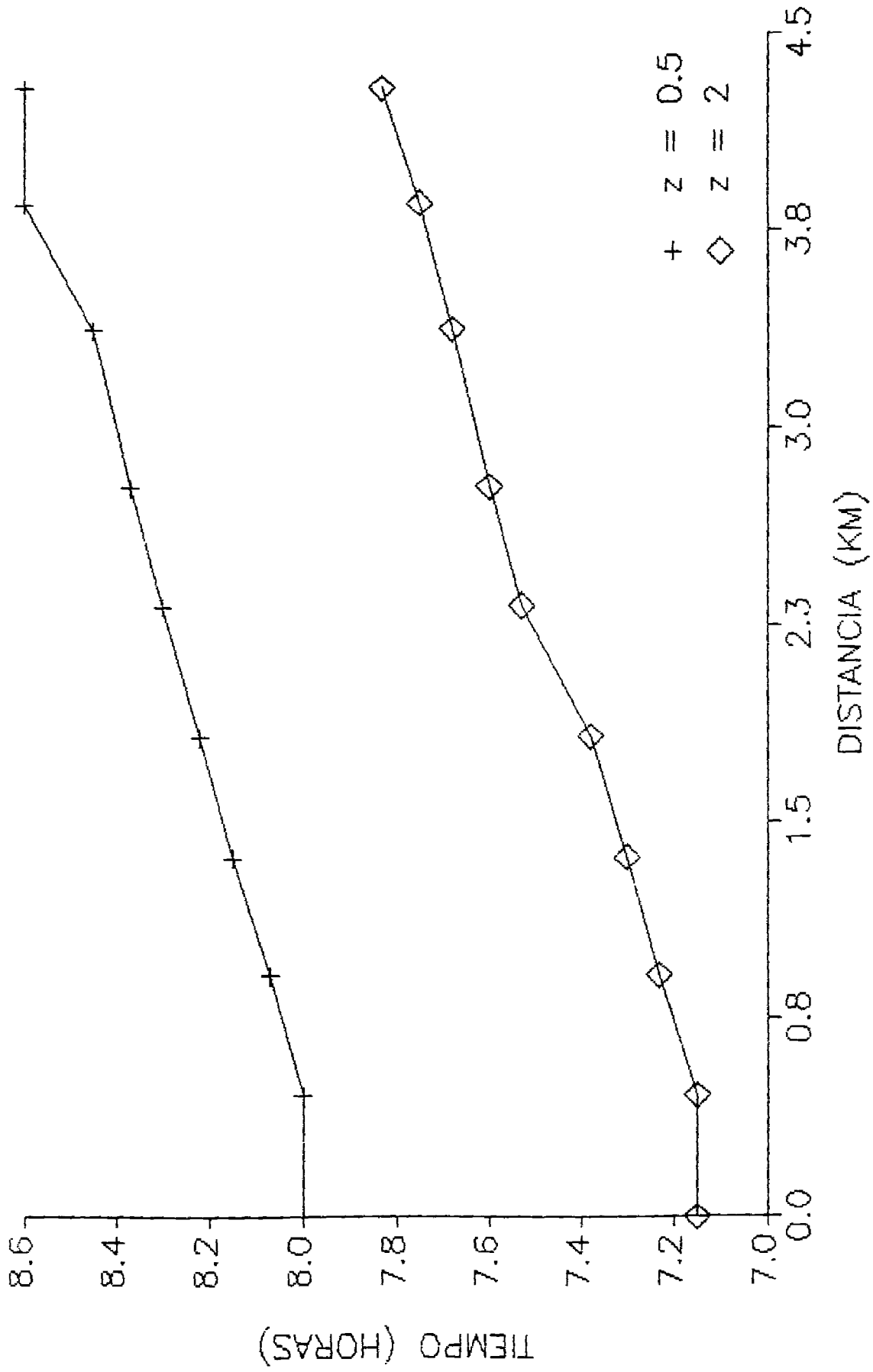
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 3H
FALLA POR DESBORDAMIENTO

MAXIMOS CAUDALES AGUAS ABAJO



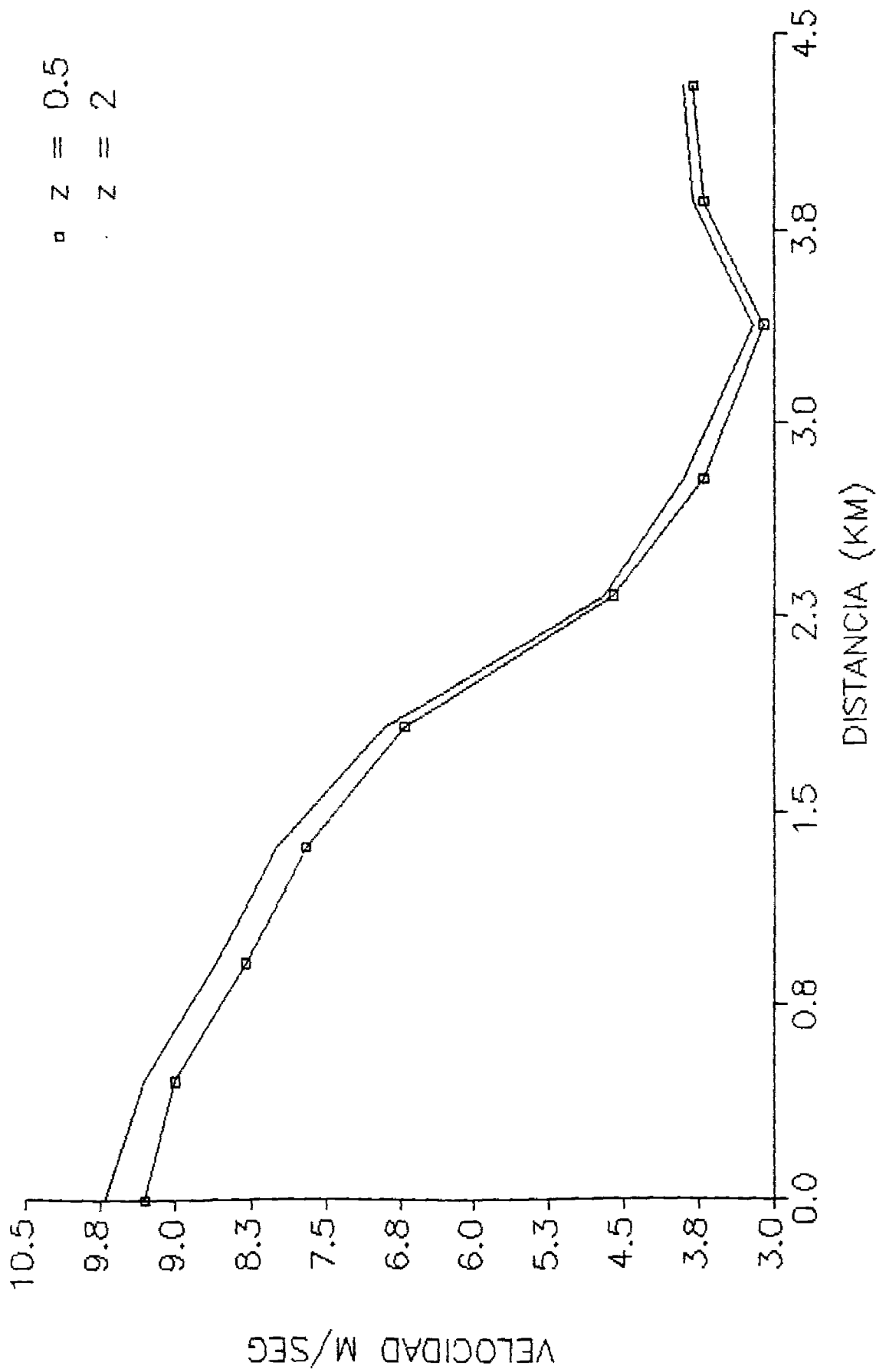
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 3H
FALLA POR TUBIFICACION

TIEMPOS DE ELEVACIONES PICO AGUAS ABAJO



FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 3H
FALLA POR TUBIFICACION

MAXIMAS VELOCIDADES AGUAS ABAJO



FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 3H
FALLA POR TUBIFICACION

Tormenta Grande: No 1

Falla Trapezoidal

B

a

TABLA # 11

HIDROGRAMA DE SALIDA A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N° 1.

Tubificación.

| Z | BB(M) | 0,5 / 25m | 0,5 / 74m | 2 / 25m | 05 / 74m |
|-------------------------------|-------|-----------|-----------|---------|----------|
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | | 3,48 | 3,48 | 3,48 | 21 |
| MAX. FLUJO (M3/SEG) | | 442,7 | 460,5 | 425,2 | 464 |
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 32,5 |
| TIEMPO MAX. FLUJO (H) | | 6,77 | 6,4 | 6,6 | 6,3 |
| VOL. TOTAL DESCARGADO (HEC-M) | | 647,2 | 649,7 | 647,2 | 939,6 |

TABLA # 12

PARAMETRO DEL HIDROGRAMA DE SALIDA DEL EMBALSE

Tormenta N° 1.

Tubificación.

| Z | BB(M) | 0,5 / 25m | 0,5 / 74m | 2 / 25m | 2 / 74m |
|------------------------------------|-------|-----------|-----------|---------|---------|
| TIEMPO DE FALLA (H) | | 2 | 2 | 2 | 2 |
| TIEMPO INICIO LIMBO ASCENDENTE (H) | | 4,8 | 4,4 | 4,6 | 4,3 |
| TIEMPO PICO (H) | | 6,8 | 6,4 | 6,6 | 6,3 |

8

⊙

TABLA # 9

HIDROGRAMA DE SALIDA A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N° 1
Desbordamiento.

| Z | BB(M) | 0,5 / 25m | 0,5 / 74m | 2 / 25m | 2 / 74m |
|-------------------------------|-------|-----------|-----------|---------|---------|
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | | 21 | 21 | 3,48 | 3,48 |
| MAX. FLUJO (M3/SEG) | | 481,5 | 481,5 | 426,4 | 453,6 |
| FLUJO FINAL (M3/SEG) | | 32,5 | 32,5 | 15,0 | 15 |
| TIEMPO MAX. FLUJO (H) | | 6,8 | 6,8 | 6,9 | 6,7 |
| VOL. TOTAL DESCARGADO (HEC-M) | | 341,4 | 341,4 | 649,7 | 651,4 |

TABLA # 10

PARAMETRO DEL HIDROGRAMA DE SALIDA DEL EMBALSE

Tormenta N° 1
Desbordamiento

| Z | BB(M) | 0,5 / 25m | 0,5 / 74m | 2 / 25m | 2 / 74m |
|------------------------------------|-------|-----------|-----------|---------|---------|
| TIEMPO DE FALLA (H) | | 2 | 2 | 2 | 2 |
| TIEMPO INICIO LIMBO ASCENDENTE (H) | | 5,2 | 4,8 | 5,0 | 4,7 |
| TIEMPO PICO (H) | | 7,2 | 6,8 | 7,0 | 6,7 |

B

⊙
 ⊙ TABLA # 15

HIDROGRAMA DE SALIDA A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N° 1
 Tubificación.

1

| Z | BB(M) | 0,5 / 25m | 0,5 / 74m | 2 / 25m | 2 / 74m |
|---|-------------------------------|-----------|-----------|---------|---------|
| | FLUJO INICIAL (M3/SEG) | 3,48 | 21,0 | 3,5 | 3,5 |
| | MAX. FLUJO (M3/SEG) | 338,7 | 366,0 | 322,0 | 345 |
| | FLUJO INICIAL (M3/SEG) | 15,2 | 32,6 | 15,3 | 15,2 |
| | TIEMPO MAX. FLUJO (H) | 6,9 | 6,6 | 6,8 | 6,5 |
| | VOL. TOTAL DESCARGADO (HEC-M) | 641,9 | 976,2 | 641,3 | 644 |

TABLA # 16

PARAMETRO DEL HIDROGRAMA DE SALIDA DEL EMBALSE

Tormenta N° 1
 Tubificación

1

| Z | BB(M) | 0,5 / 25m | 0,5 / 74m | 2 / 25m | 2 / 74m |
|---|------------------------------------|-----------|-----------|---------|---------|
| | TIEMPO DE FALLA (H) | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | TIEMPO INICIO LIMBO ASCENDENTE (H) | 3,9 | 3,6 | 3,8 | 3,5 |
| | TIEMPO PICO (H) | 6,9 | 6,6 | 6,8 | 6,5 |

B

⊙

TABLA # 13

HIDROGRAMA DE SALIDA A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N° 1
Desbordamiento.

| Z | BB(M) | 0,5 / 25m | 0,5 / 74m | 2 / 25m | 2 / 74m |
|-------------------------------|-------|-----------|-----------|---------|---------|
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | | 21,0 | 21,0 | 3,48 | 3,48 |
| MAX. FLUJO (M3/SEG) | | 345,9 | 370,8 | 315,9 | 343,6 |
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | | 32,5 | 32,5 | 15,1 | 15,0 |
| TIEMPO MAX. FLUJO (H) | | 7,6 | 6,9 | 7,2 | 6,9 |
| VOL. TOTAL DESCARGADO (HEC-M) | | 923,7 | 927,9 | 648,0 | 645,3 |

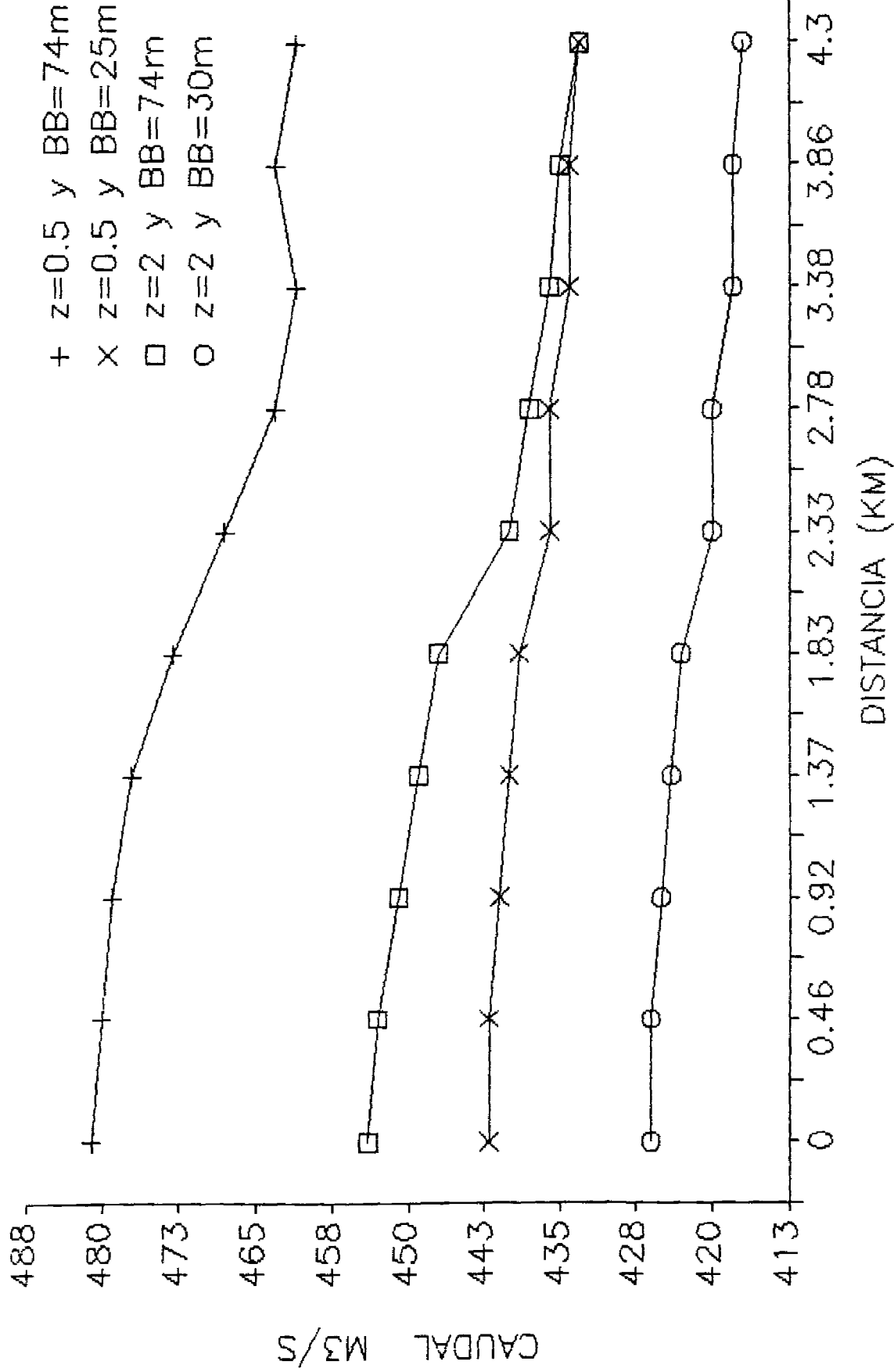
TABLA # 14

PARAMETRO DEL HIDROGRAMA DE SALIDA DEL EMBALSE

Tormenta N° 1
Desbordamiento.

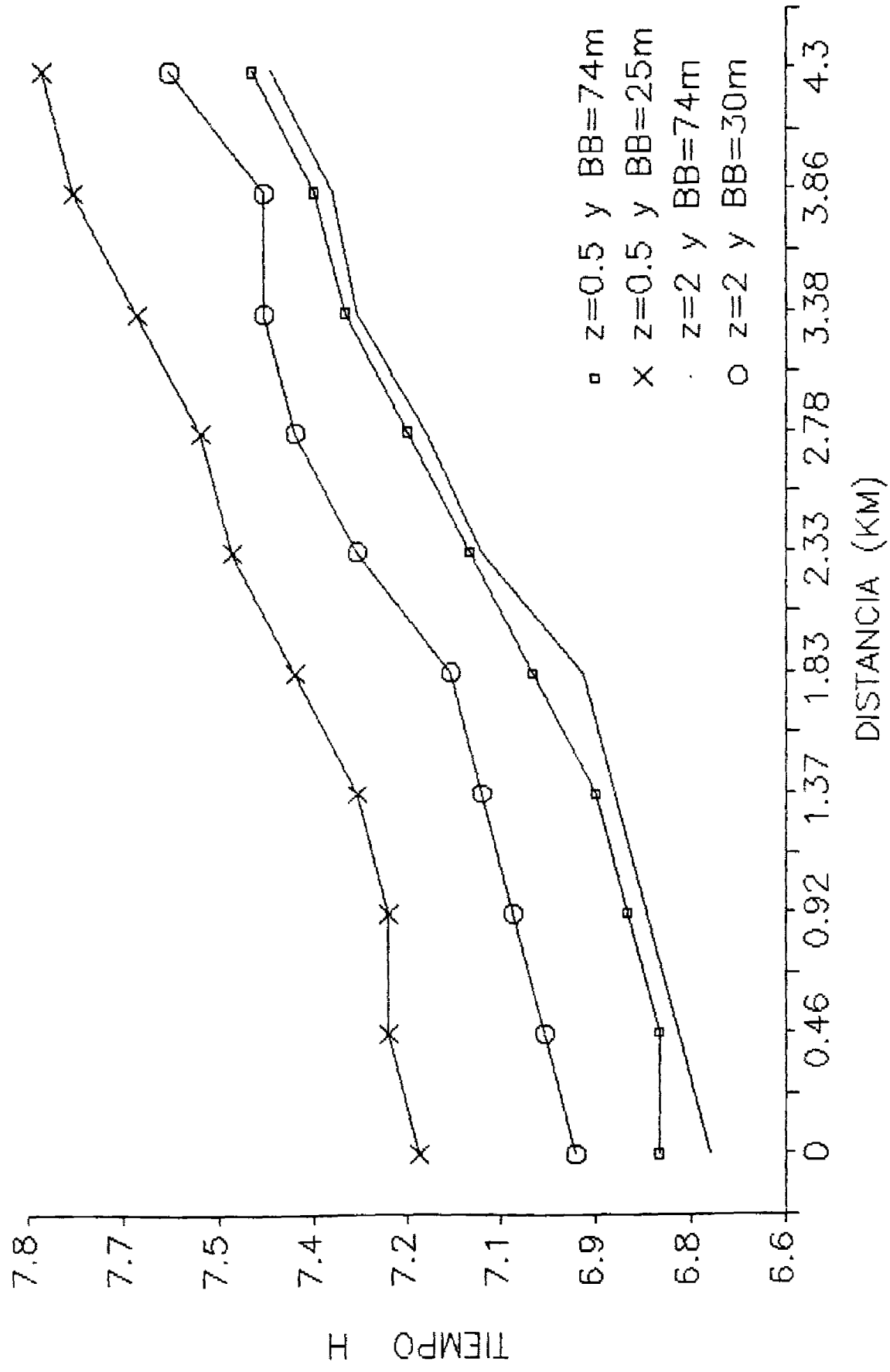
| Z | BB(M) | 0,5 / 25m | 0,5 / 74m | 2 / 25m | 2 / 74m |
|------------------------------------|-------|-----------|-----------|---------|---------|
| TIEMPO DE FALLA (H) | | 3 | 3 | 3 | 3 |
| TIEMPO INICIO LIMBO ASCENDENTE (H) | | 4,5 | 4,0 | 4,2 | 3,9 |
| TIEMPO PICO (H) | | 7,5 | 7,0 | 7,2 | 6,9 |

MAXIMOS CAUDALES AGUAS ABAJO



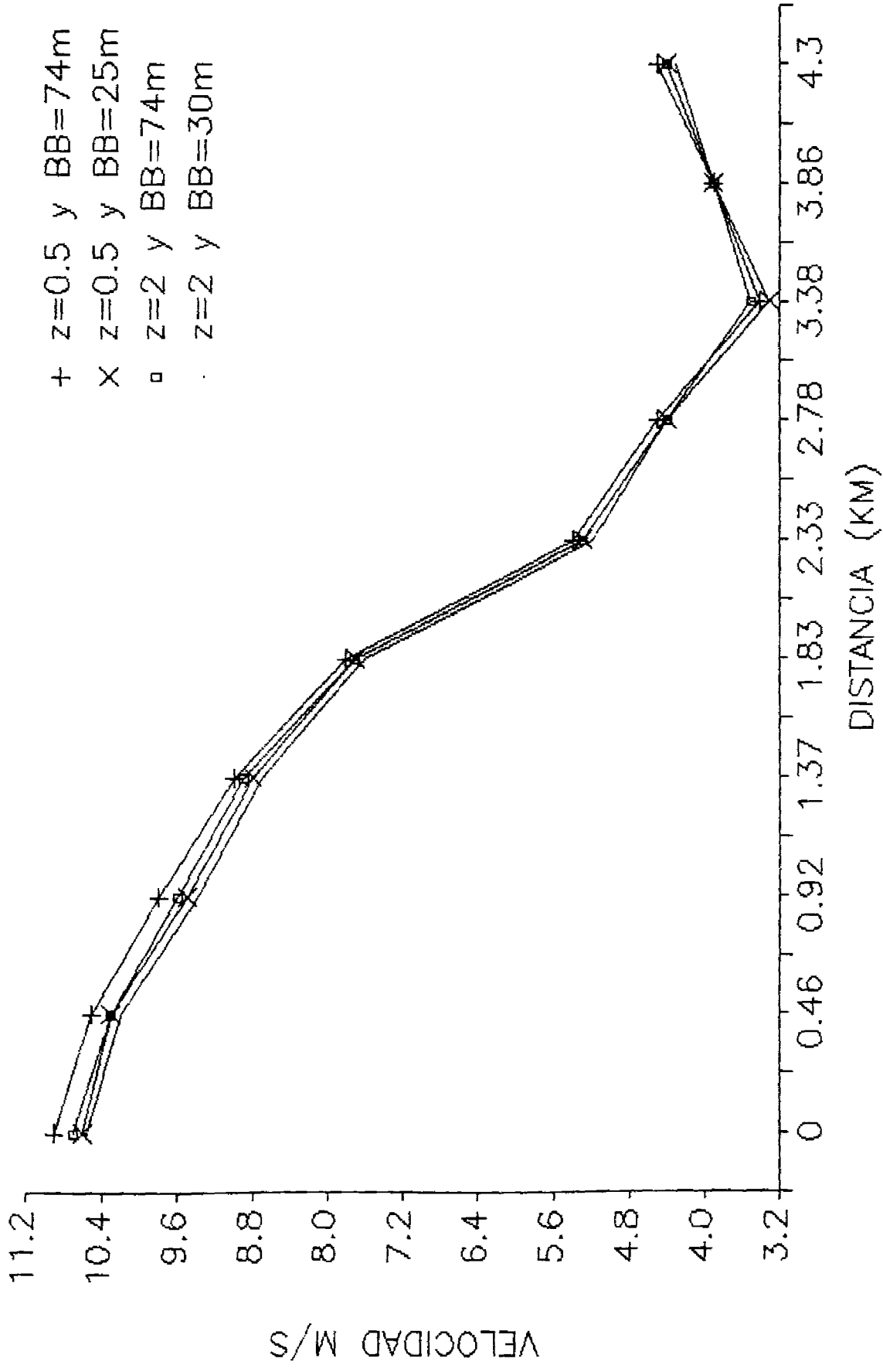
FORMA DE FALLA TRAPEZOIDAL
 TIEMPO DE FALLA: 2H
 FALLA POR DESBORDAMIENTO

TIEMPOS DE ELEVACIONES PICO AGUAS ABAJO



FALLA TRAPEZOIDAL
 TIEMPO DE FALLA: 2H
 FALLA POR DESBOIRDAMIENTO

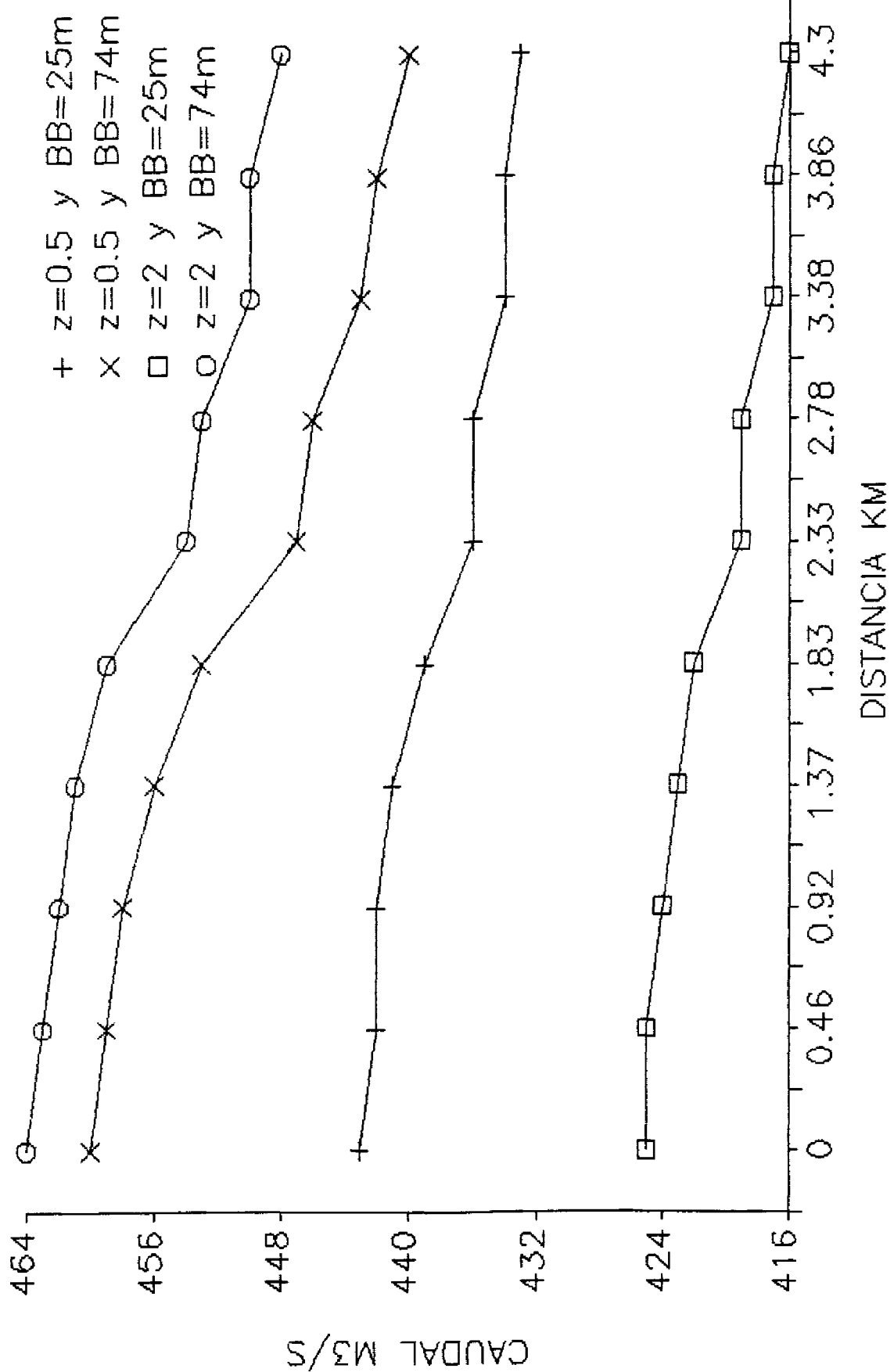
MAXIMAS VELOCIDADES AGUAS ABAJO



- + z=0.5 y BB=74m
- x z=0.5 y BB=25m
- ◻ z=2 y BB=74m
- z=2 y BB=30m

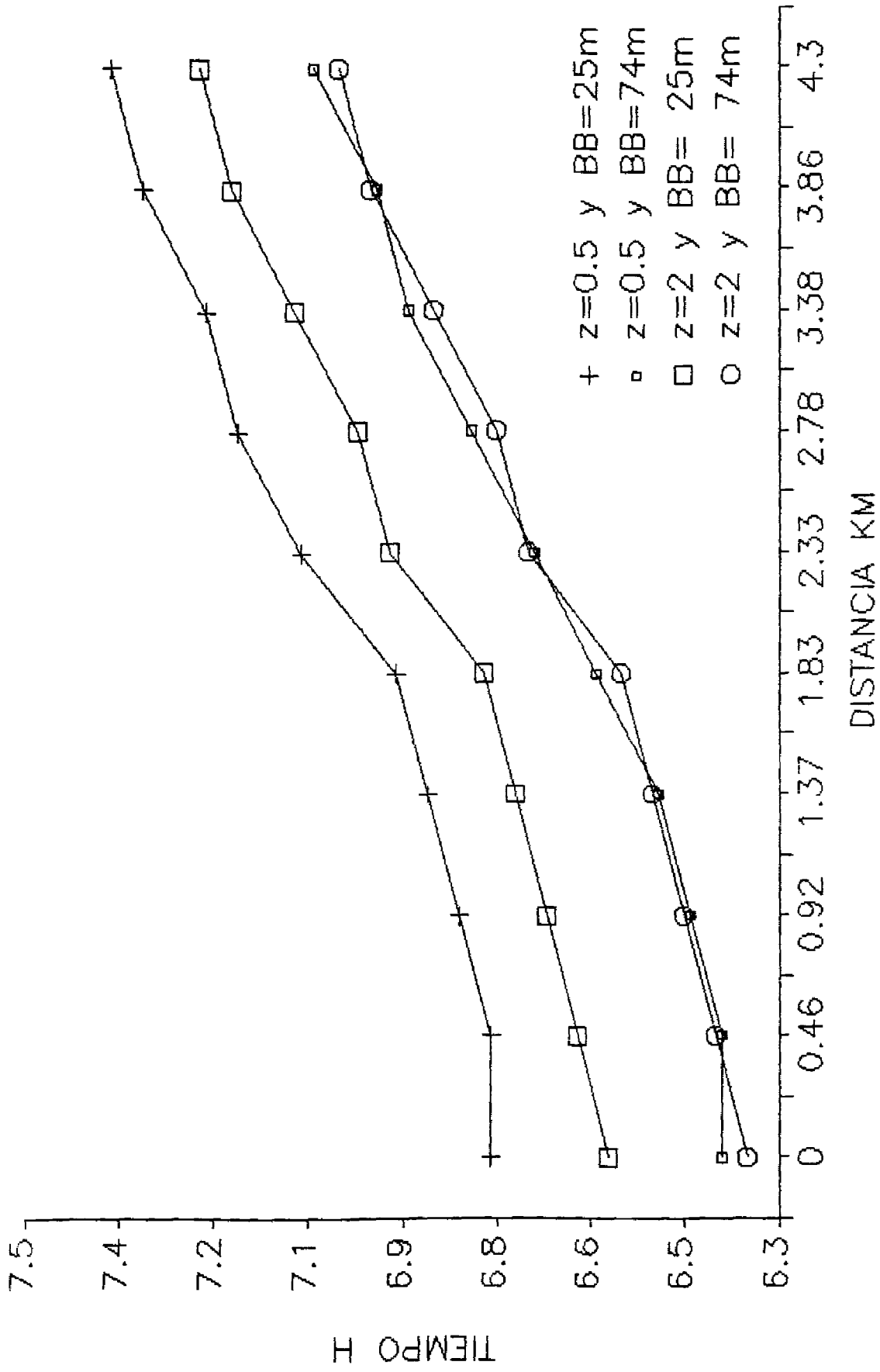
FORMA DE FALLA TRAPEZOIDAL
 TIEMPO DE FALLA: 2H
 FALLA POR DESBORDAMIENTO

MAXIMOS CAUDALES AGUAS ABAJO



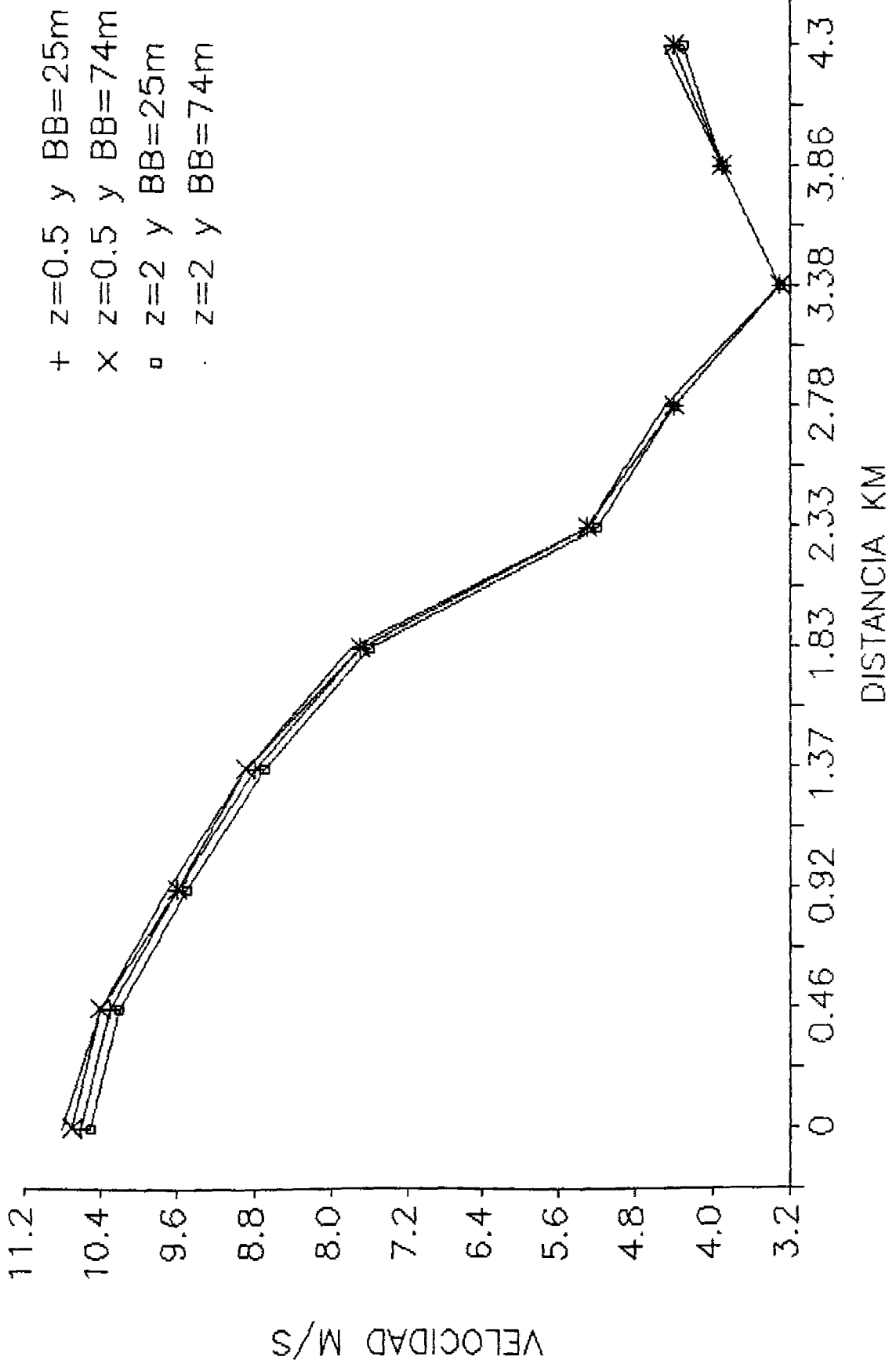
FORMA DE FALLA TRAPEZOIDAL
 TIEMPO DE FALLA: 2H
 FALLA POR TUBIFICACION

TIEMPOS DE ELEVACIONES PICO AGUAS ABAJO



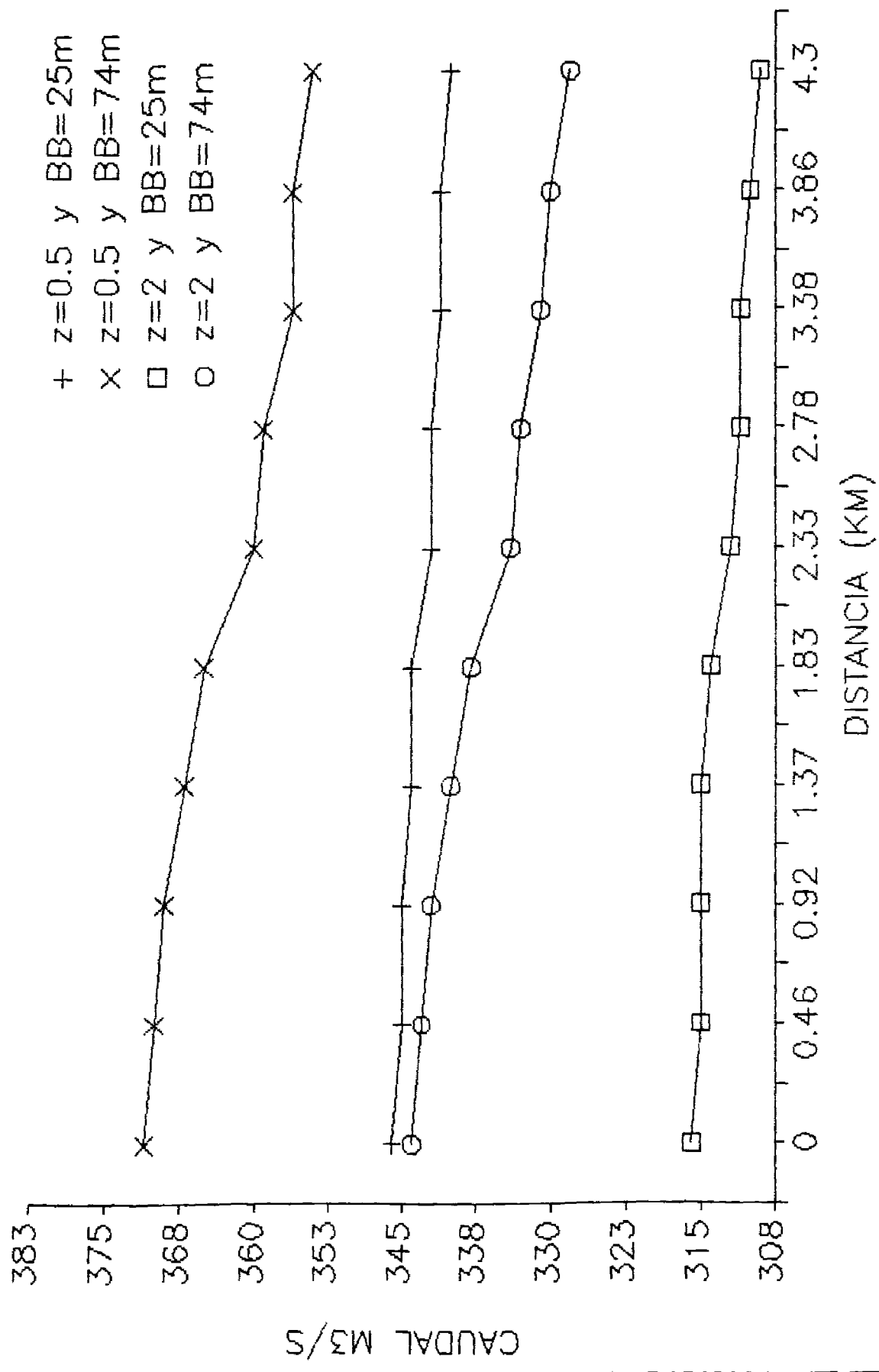
FALLA TRAPEZOIDAL
 TIEMPO DE FALLA: 2H
 FALLA POR TUBIFICACION

MAXIMAS VELOCIDADES AGUAS ABAJO



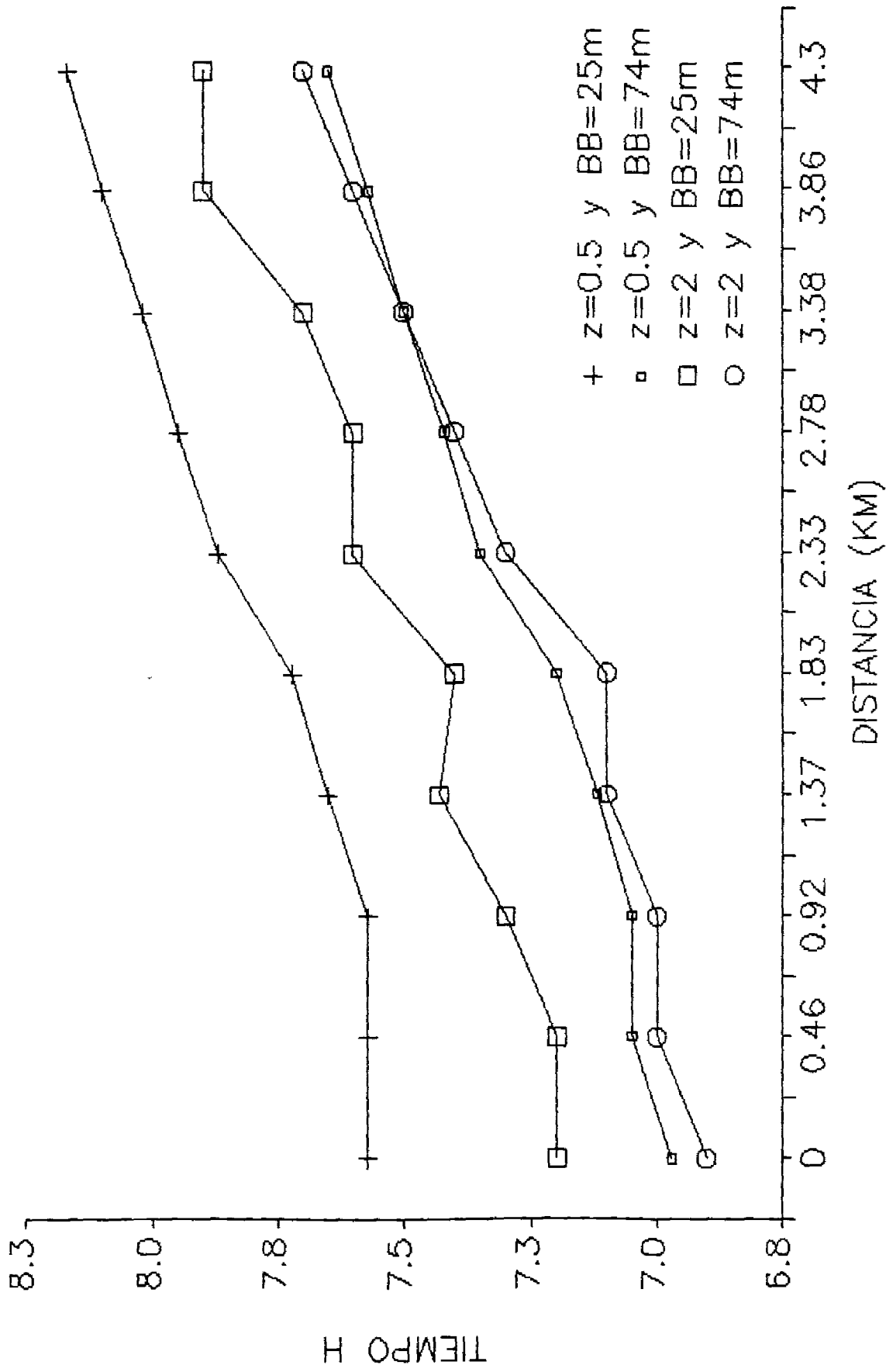
FALLA TRAPEZOIDAL
 TIEMPO DE FALLA: 2H
 FALLA POR TUBIFICACION

MAXIMOS CAUDALES AGUAS ABAJO



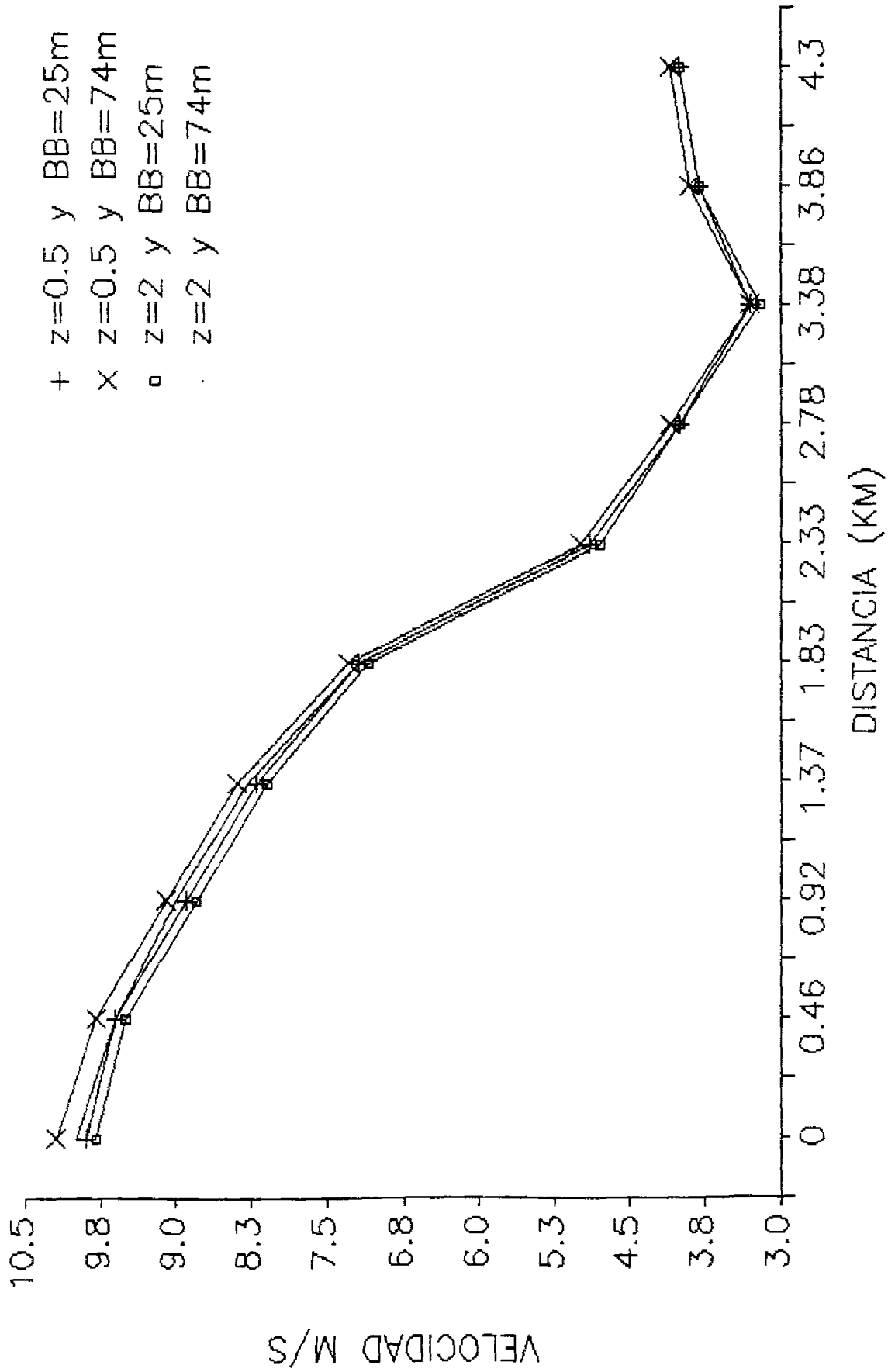
FORMA DE FALLA TRAPEZOIDAL
 TIEMPO DE FALLA: 3H
 FALLA POR DESBORDAMIENTO

TIEMPOS DE ELEVACIONES PICO AGUAS ABAJO



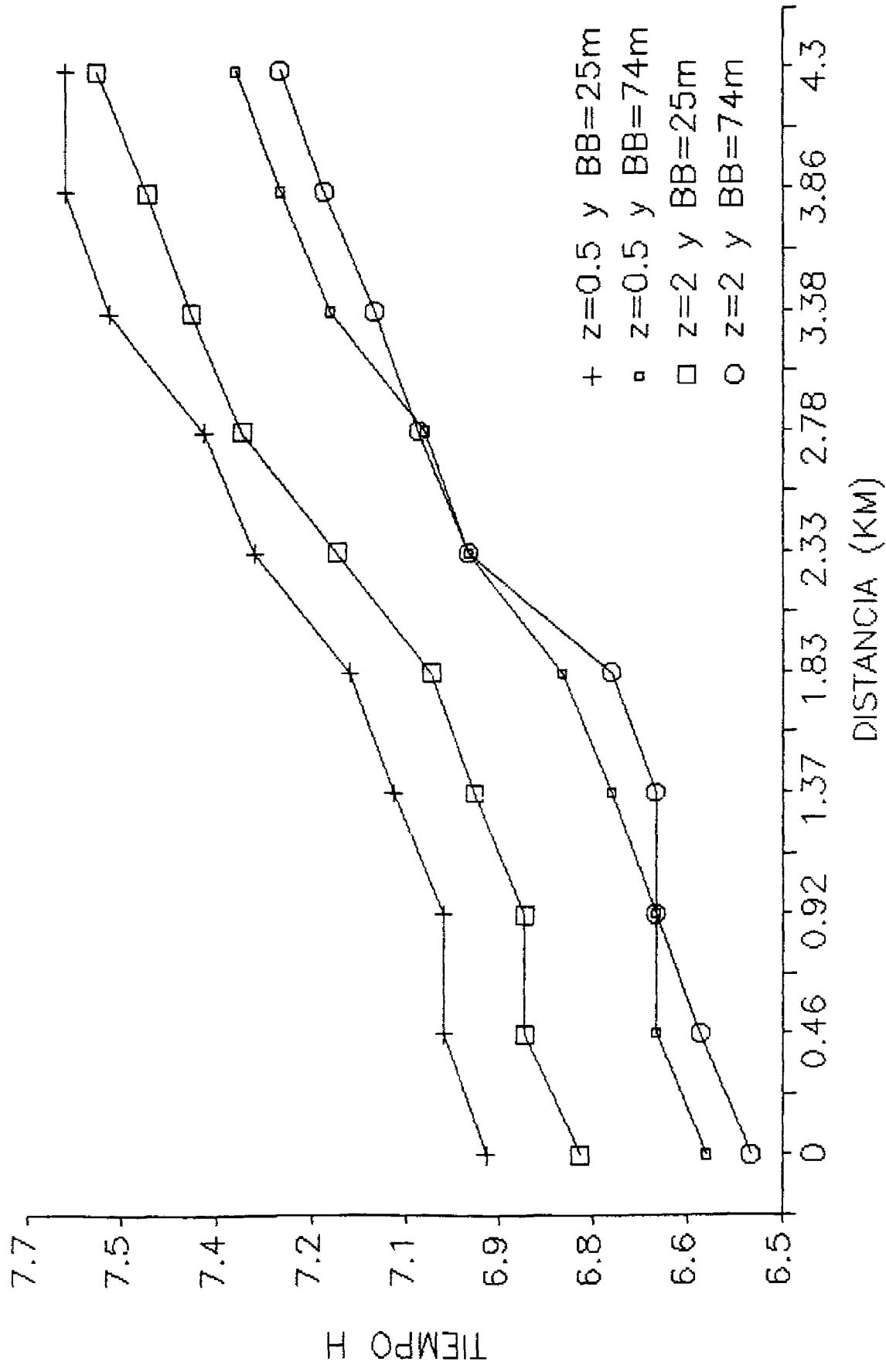
FORMA DE FALLA TRAPEZOIDAL
 TIEMPO DE FALLA: 3H
 FALLA POR DESBORDAMIENTO

MAXIMAS VELOCIDADES AGUAS ABAJO



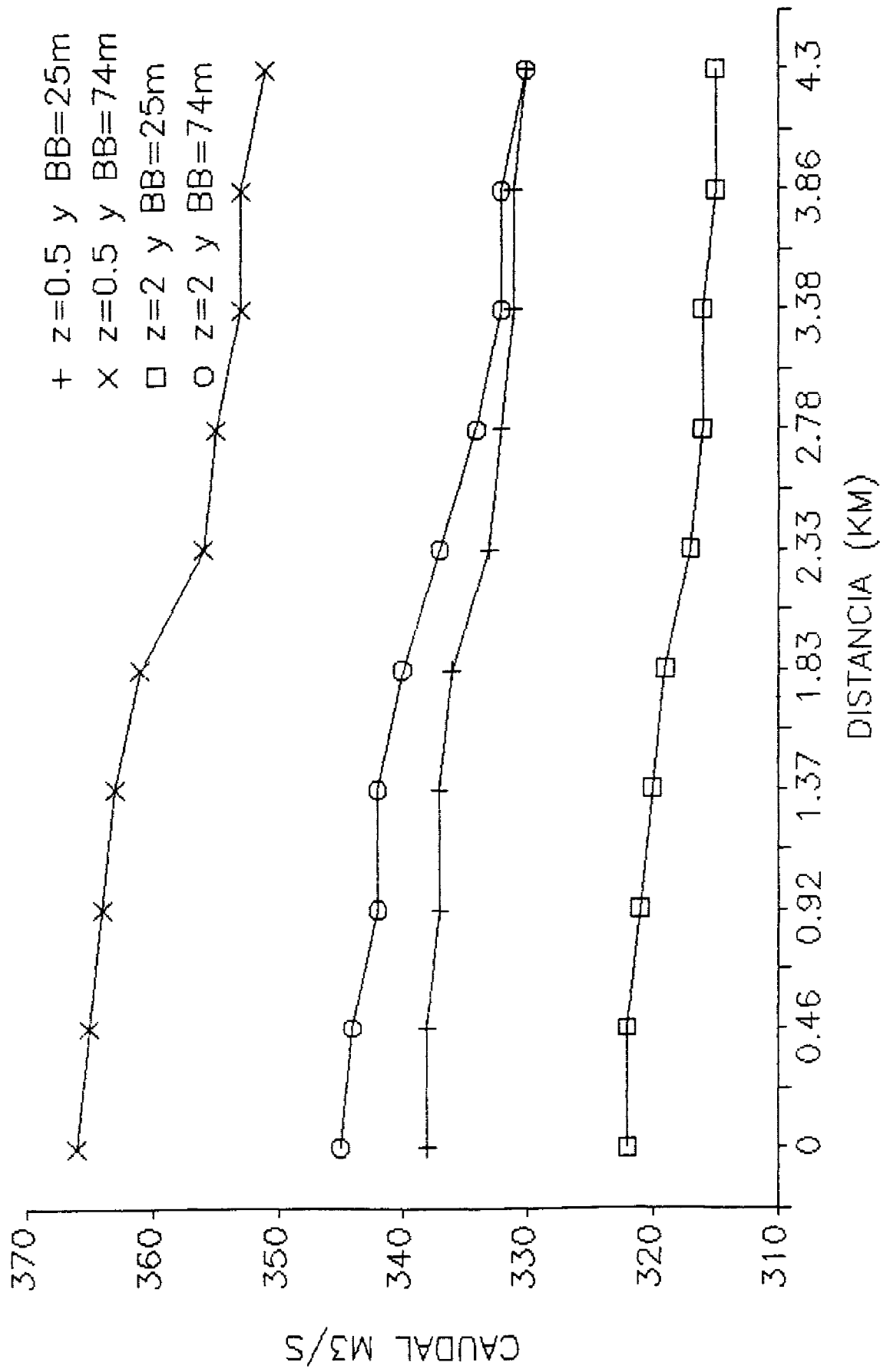
FORMA DE FALLA TRAPEZOIDAL
 TIEMPO DE FALLA: 3H
 FALLA POR TUBIFICACION

TIEMPOS DE ELEVACIONES PICO AGUAS ABAJO



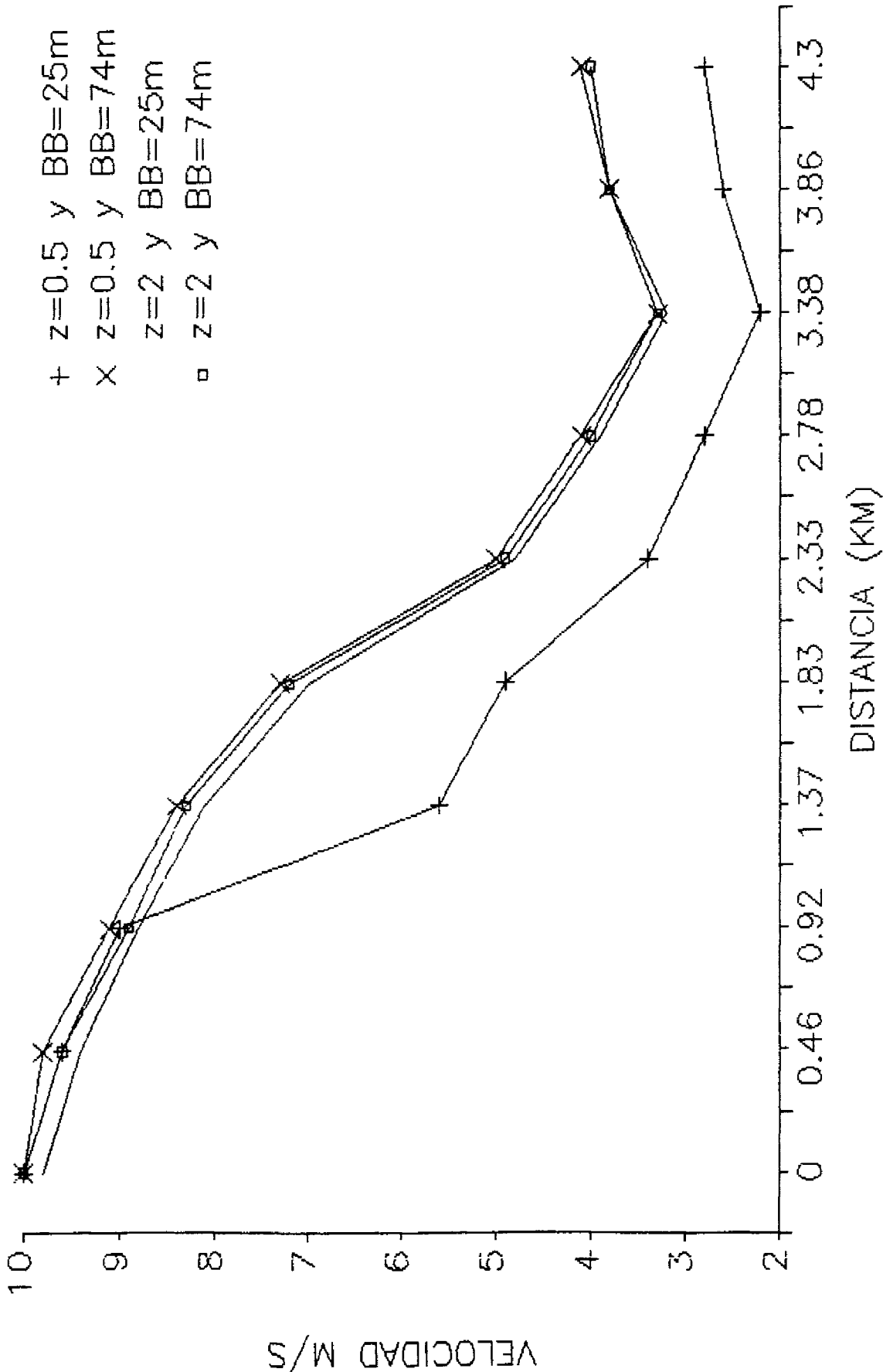
FORMA DE FALLA TRAPEZOIDAL
 TIEMPO DE FALLA: 3H
 FALLA POR TUBIFICACION

MAXIMOS CAUDALES AGUAS ABAJO



FORMA DE FALLA TRAPEZOIDAL
 TIEMPO DE FALLA: 3H
 FALLA POR TUBIFICACION

MAXIMAS VELOCIDADES AGUAS ABAJO



FORMA DE FALLA TRAPEZOIDAL
 TIEMPO DE FALLA: 3H
 FALLA POR DESBORDAMIENTO

Tormenta Mediana No 2

Falla Triangular

TABLA # 19

HIDROGRAMA DE SALIDA A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N° 2
Tubificación.

| | | |
|------------------------------|-------|-------|
| Z | 0,5 | 2 |
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | 3,5 | 3,5 |
| MAX FLUJO (M3/SEG) | 249,1 | 287,4 |
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | 12,0 | 11,6 |
| TIEMPO MAX FLUJO (H) | 11,3 | 11,1 |
| VOL TOTAL DESCARGADO (HEC-M) | 376,0 | 389,4 |

TABLA # 20

PARAMETRO DEL HIDROGRAMA DE SALIDA
A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N° 2
Tubificación.

| | | |
|------------------------------------|------|------|
| Z | 0,5 | 2 |
| TIEMPO DE FALLA (H) | 2 | 2 |
| TIEMPO INICIO LIMBO ASCENDENTE (H) | 9,3 | 9,1 |
| TIEMPO PICO (H) | 11,3 | 11,1 |

TABLA # 17

HIDROGRAMA DE SALIDA A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N° 2
Desbordamiento.

| | | |
|------------------------------|-------|-------|
| Z | 0,5 | 2 |
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | 3,5 | 3,5 |
| MAX FLUJO (M3/SEG) | 259,5 | 281,6 |
| FLUJO Final (M3/SEG) | 11,2 | 11,0 |
| TIEMPO MAX FLUJO (H) | 13,6 | 13,0 |
| VOL TOTAL DESCARGADO (HEC-M) | 382,2 | 395,2 |

TABLA # 18

PARAMETRO DEL HIDROGRAMA DE SALIDA
A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N° 2
Desbordamiento.

| | | |
|------------------------------------|------|------|
| Z | 0,5 | 2 |
| TIEMPO DE FALLA (H) | 2 | 2 |
| TIEMPO INICIO LIMBO ASCENDENTE (H) | 11,6 | 11,2 |
| TIEMPO PICO (H) | 13,6 | 13,2 |

TABLA # 23

HIDROGRAMA DE SALIDA A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N°2
Tubificación

| Z | 0,5 | 2 |
|------------------------------|-------|-------|
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | 3,5 | 3,5 |
| MAX FLUJO (M3/SEG) | 191,9 | 204,9 |
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | 11,2 | 10,9 |
| TIEMPO MAX FLUJO (H) | 12,3 | 11,7 |
| VOL TOTAL DESCARGADO (HEC-M) | 386,5 | 399,5 |

TABLA # 24

PARAMETRO DEL HIDROGRAMA DE SALIDA
A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N°2
Tubificación.

| Z | 0,5 | 2 |
|------------------------------------|------|------|
| TIEMPO DE FALLA (H) | 3 | 3 |
| TIEMPO INICIO LIMBO ASCENDENTE (H) | 9,3 | 8,7 |
| TIEMPO PICO (H) | 12,3 | 11,7 |

TABLA # 21

HIDROGRAMA DE SALIDA A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N° 2.
Desbordamiento.

| | | |
|------------------------------|-------|-------|
| Z | 0,5 | 2 |
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | 3,5 | 3,5 |
| MAX FLUJO (M3/SEG) | 189,8 | 198,4 |
| FLUJO INICIAL (M3/SEG) | 11,5 | 11,1 |
| TIEMPO MAX FLUJO (H) | 14,6 | 13,6 |
| VOL TOTAL DESCARGADO (HEC-M) | 379,2 | 392,4 |

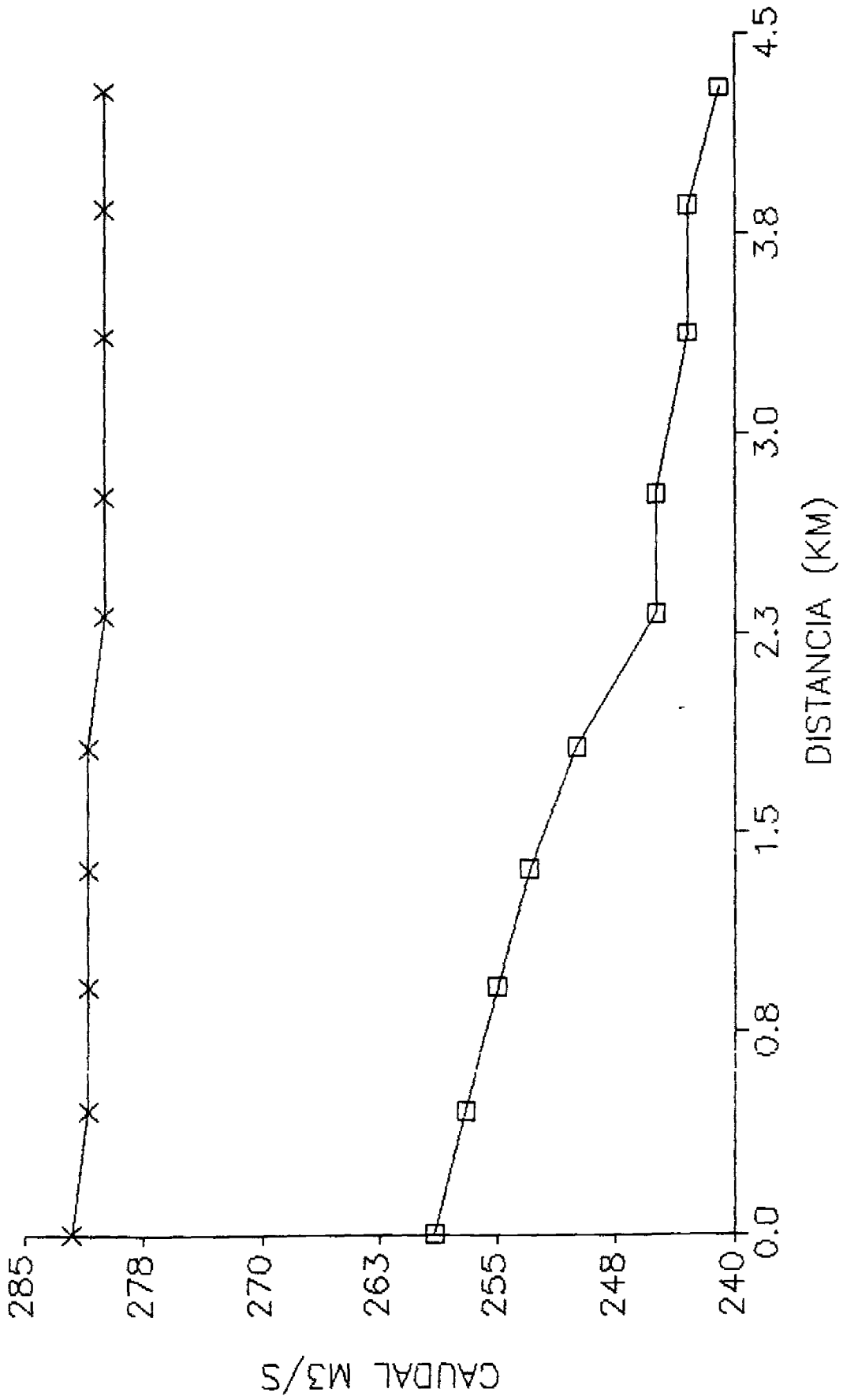
TABLA # 22

PARAMETRO DEL HIDROGRAMA DE SALIDA
A TRAVES DEL EMBALSE

Tormenta N° 2
Desbordamiento.

| | | |
|------------------------------------|------|------|
| Z | 0,5 | 2 |
| TIEMPO DE FALLA (H) | 3 | 3 |
| TIEMPO INICIO LIMBO ASCENDENTE (H) | 11,6 | 10,6 |
| TIEMPO PICO (H) | 14,6 | 13,6 |

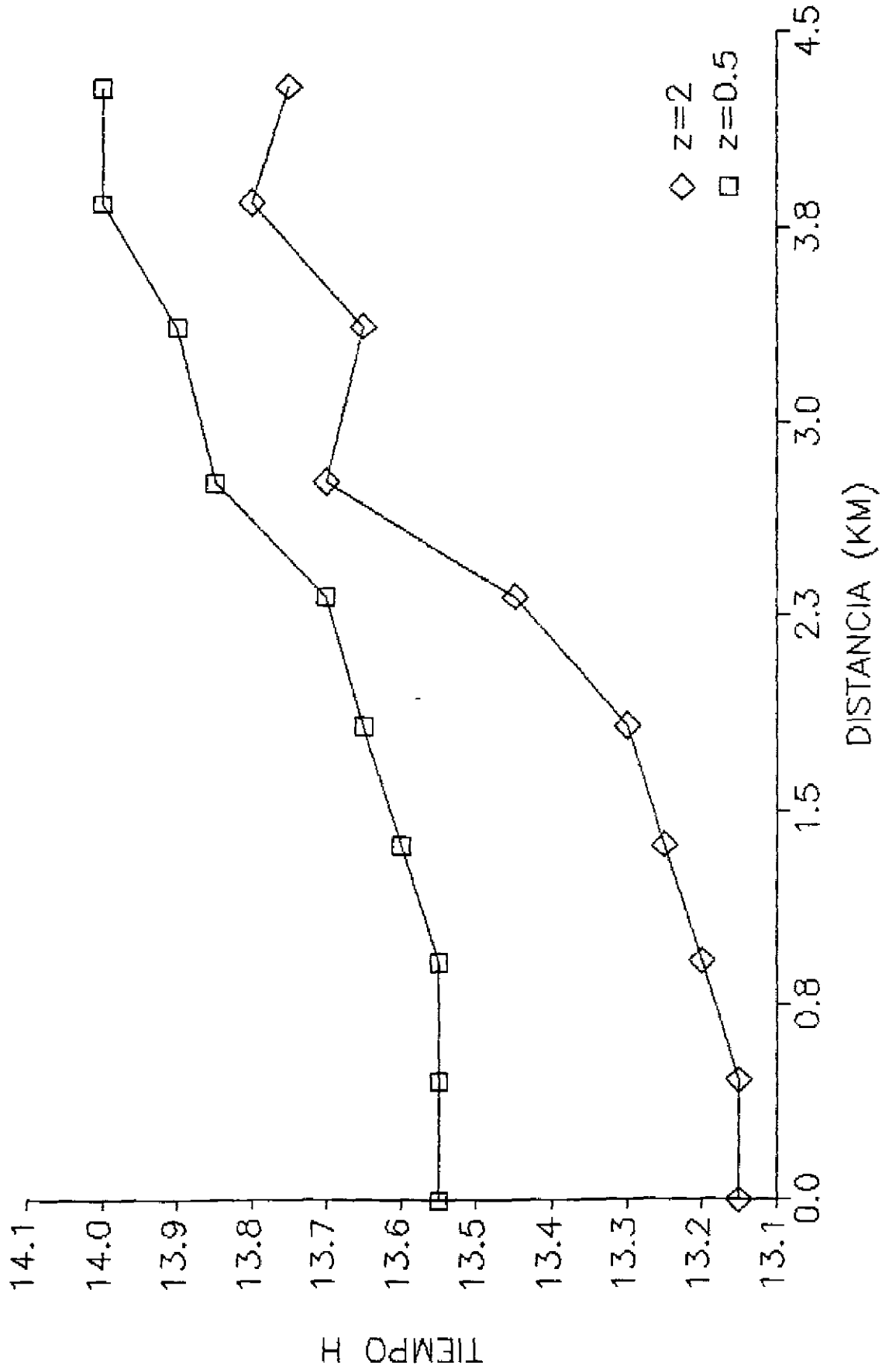
MAXIMOS CAUDALES AGUAS ABAJO



x z=2 □ z=0.5

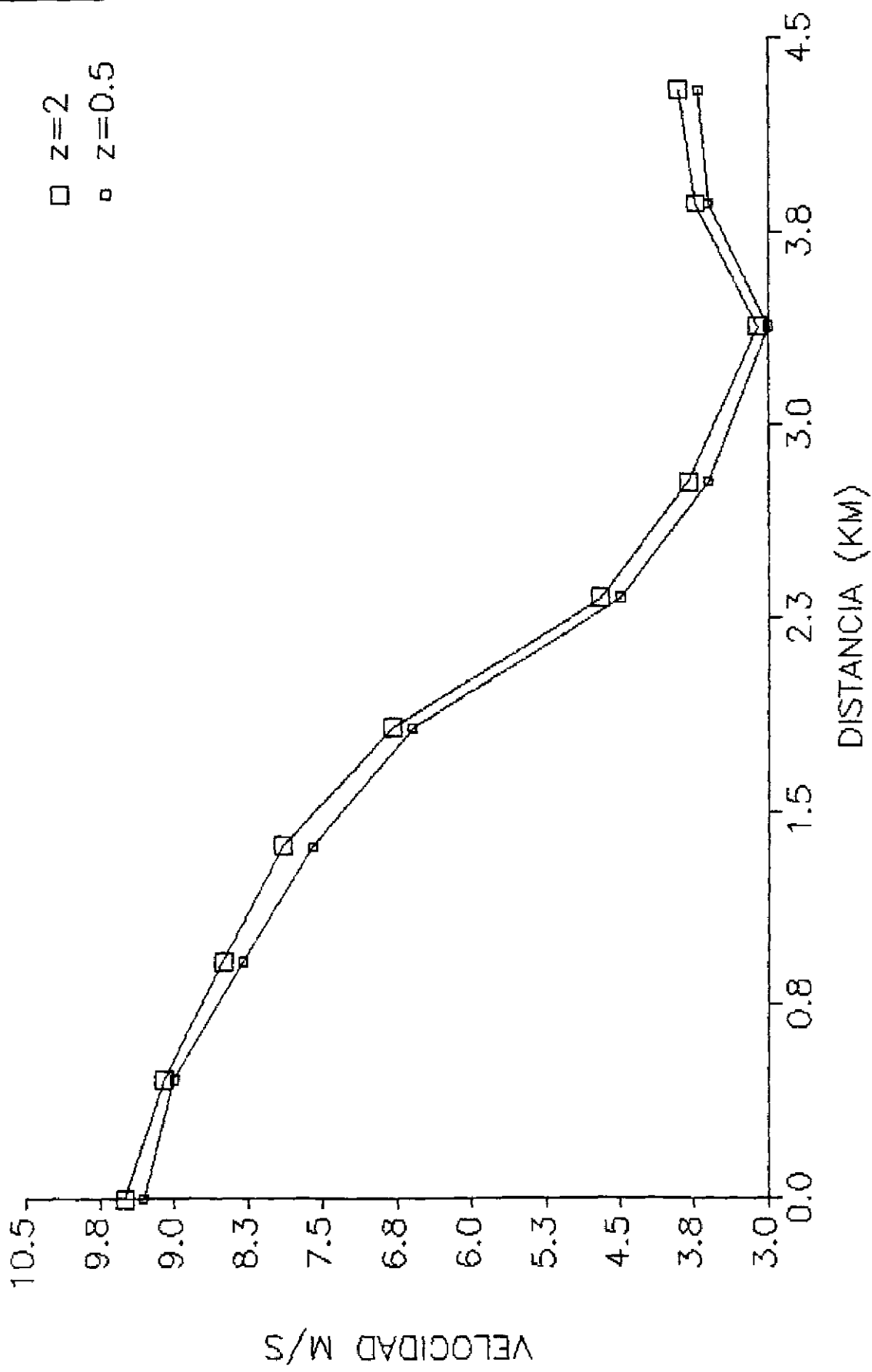
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 2H
FALLA POR DESBORDAMIENTO

TIEMPOS DE ELEVACIONES PICO AGUAS ABAJO



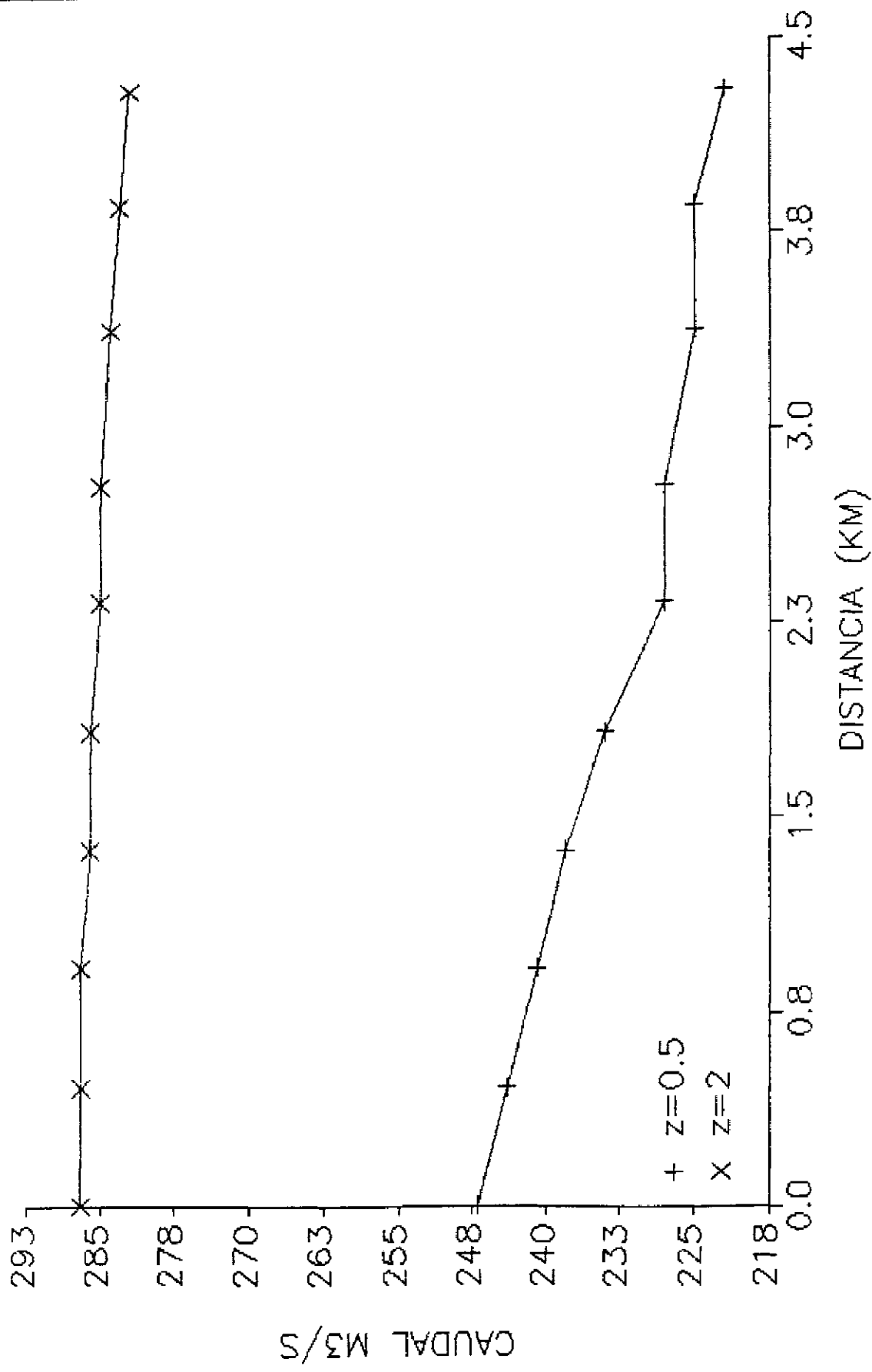
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 2H
FALLA POR DESBORDAMIENTO

MAXIMAS VELOCIDADES AGUAS ABAJO



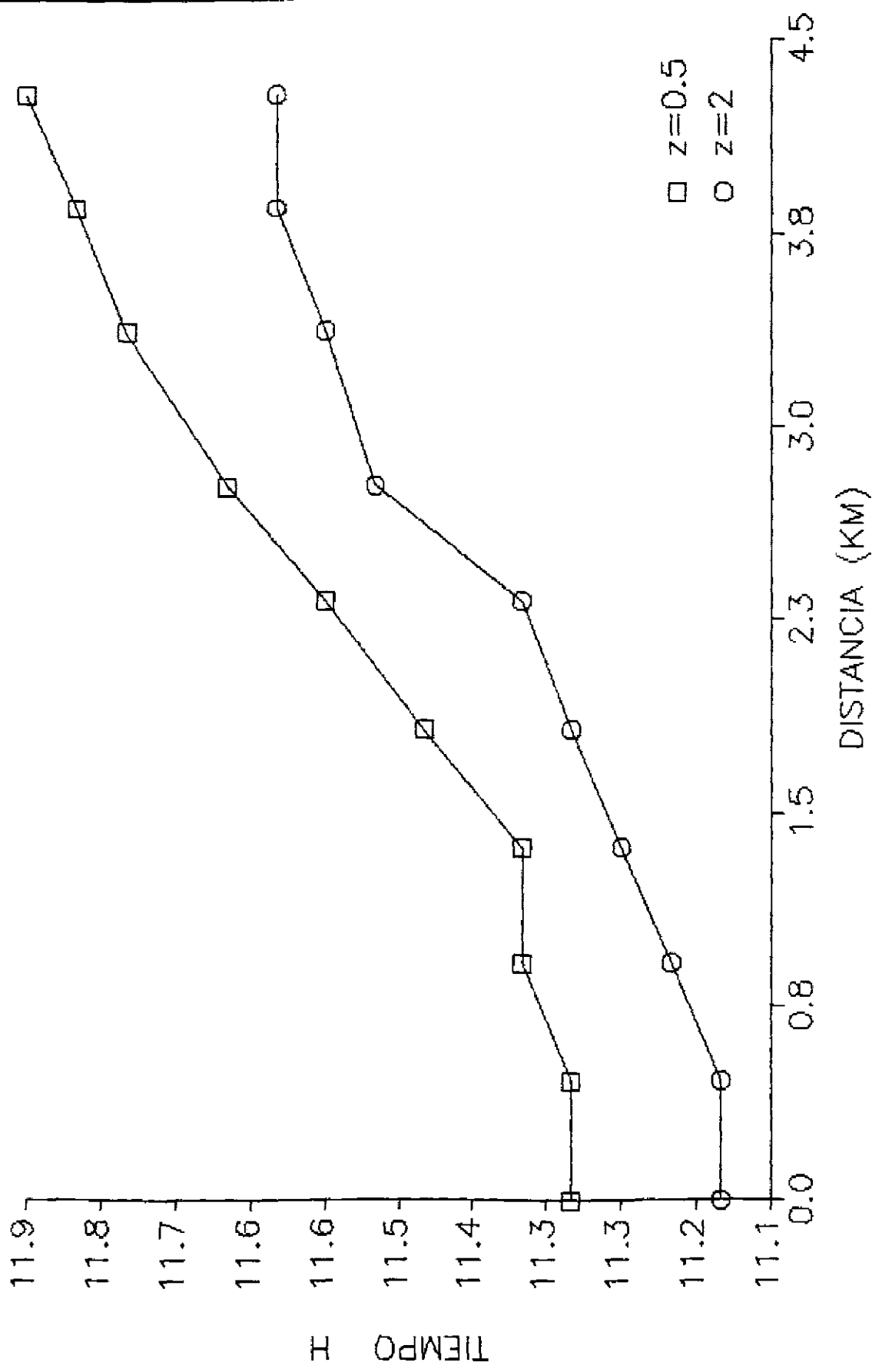
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 2H
FALLA POR DESBORDAMIENTO

MAXIMOS CAUDALES AGUAS ABAJO



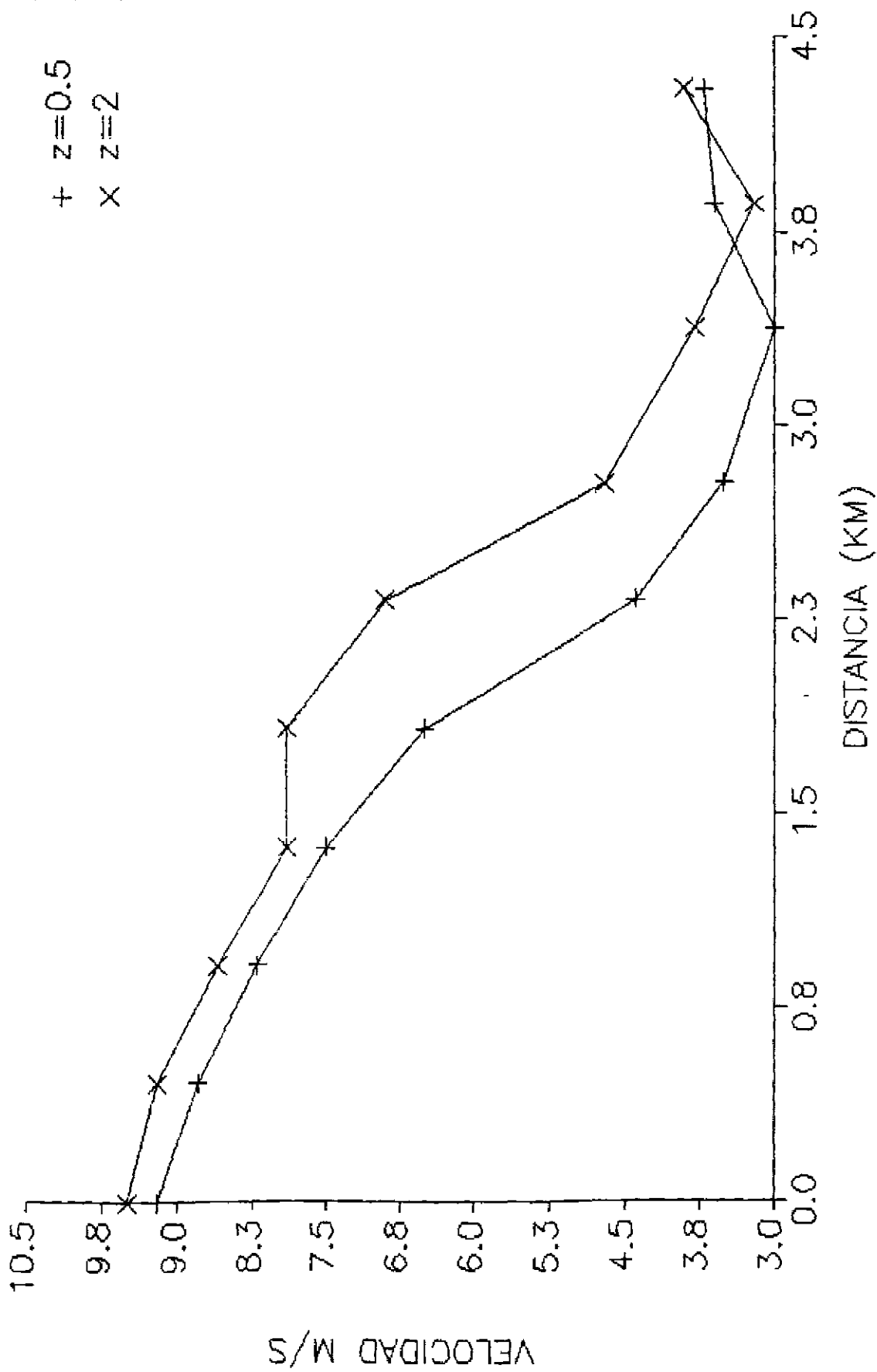
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 2H
FALLA POR TUBIFICACION

TIEMPOS DE ELEVACIONES PICO AGUAS ABAJO



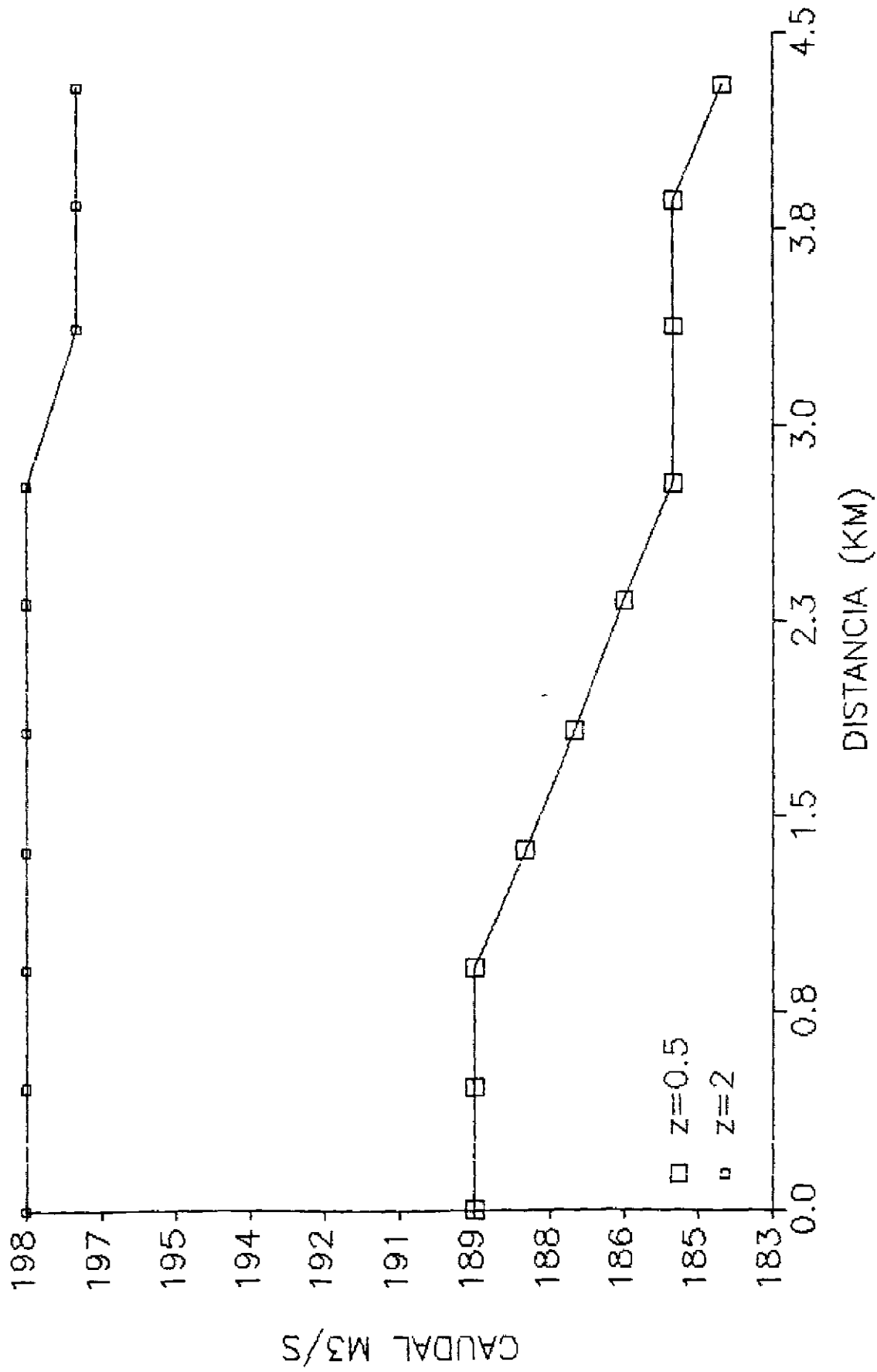
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 2H
FALLA POR TUBIFICACION

VELOCIDADES MAXIMAS AGUAS ABAJO



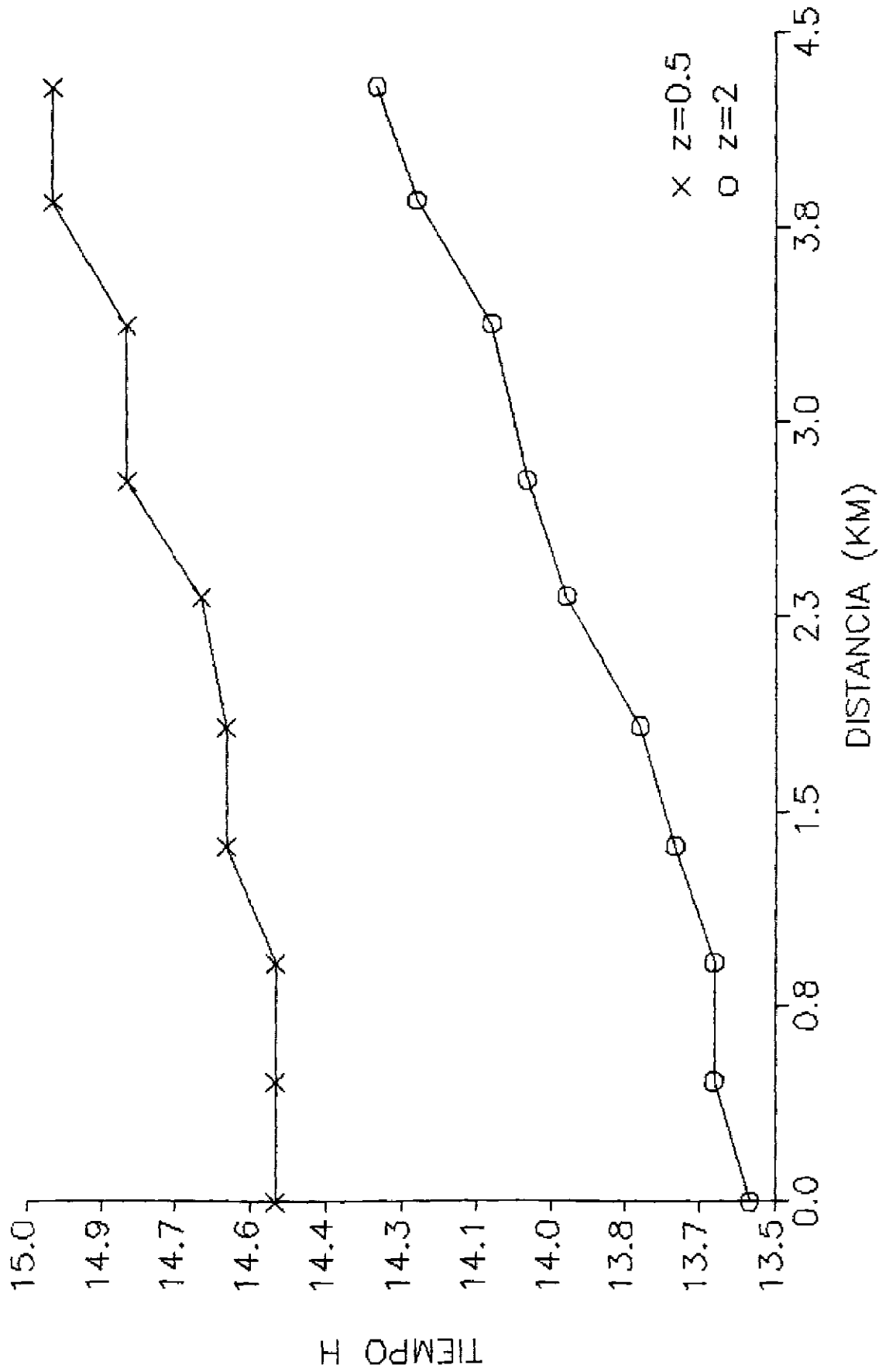
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 2H
FALLA POR TUBIFICACION

MAXIMOS CAUDALES AGUAS ABAJO



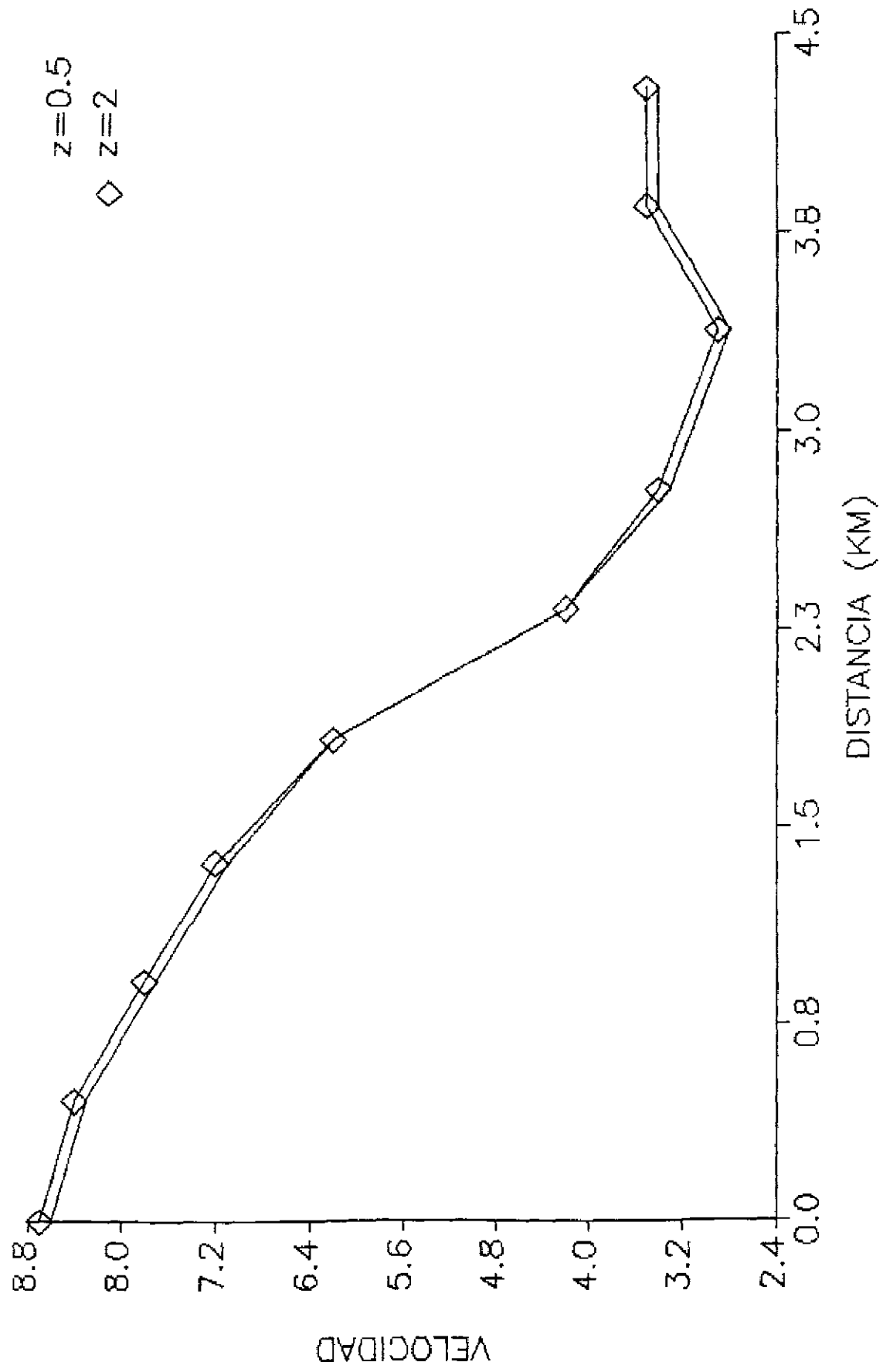
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
 TIEMPO DE FALLA:3H
 FALLA POR DESBORDAMIENTO

TIEMPOS DE ELEVACIONES PICO AGUAS ABAJO



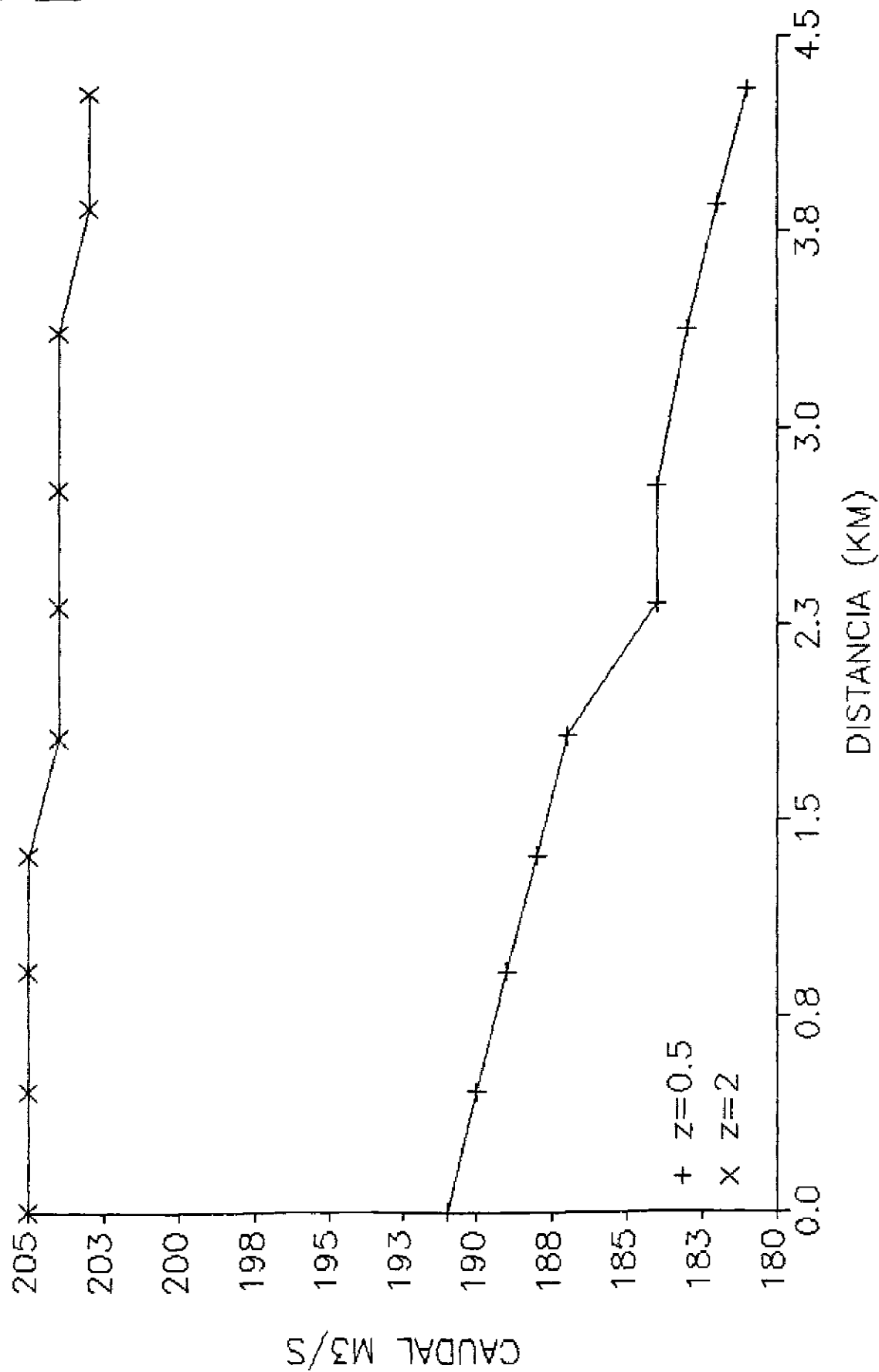
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 3H
FALLA POR DESBORDAMIENTO

MAXIMAS VELOCIDADES AGUAS ABAJO



FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 3H
FALLA POR DESBORDAMIENTO

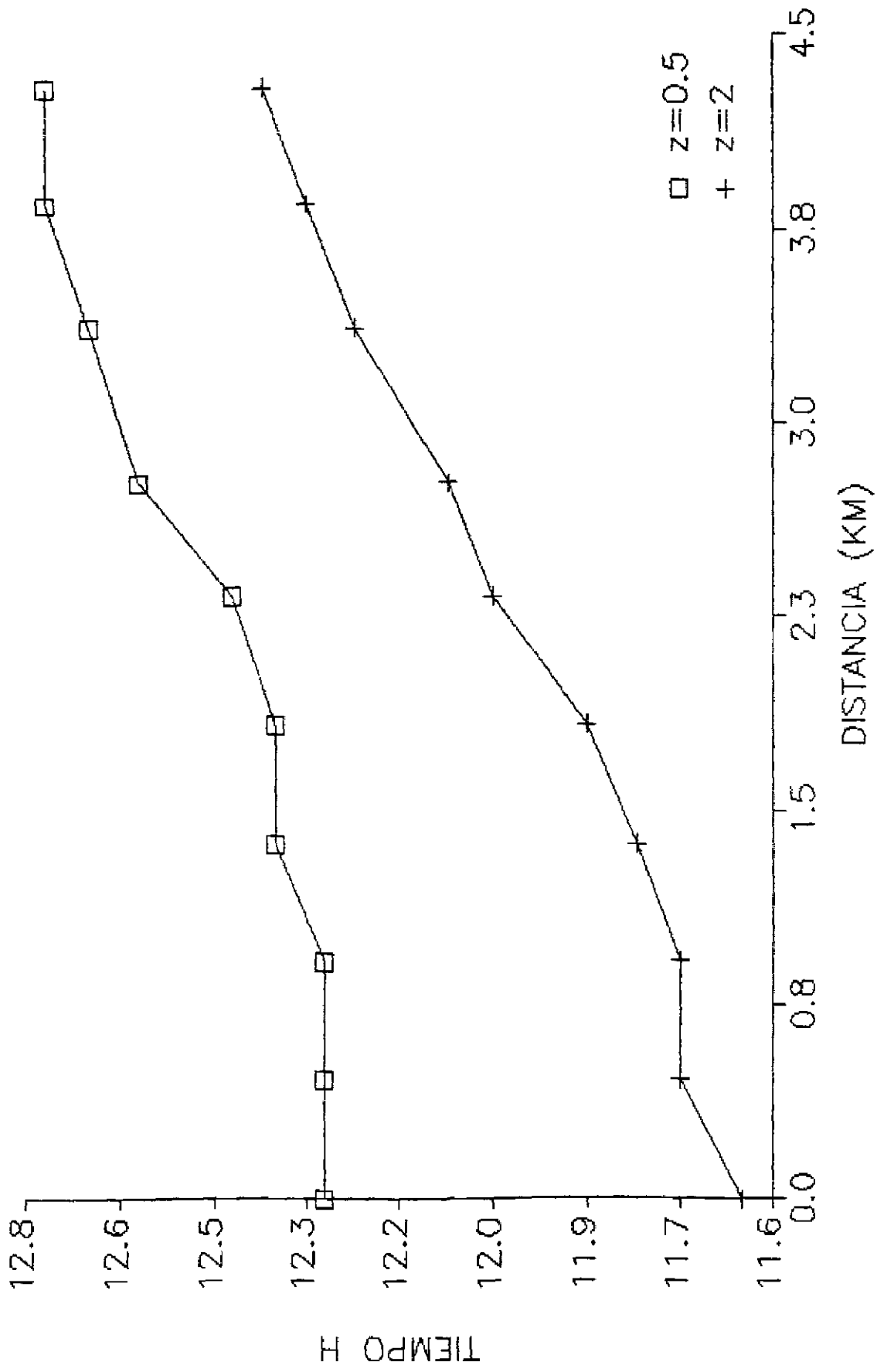
MAXIMOS CAUDALES AGUAS ABAJO



+ z=0.5
x z=2

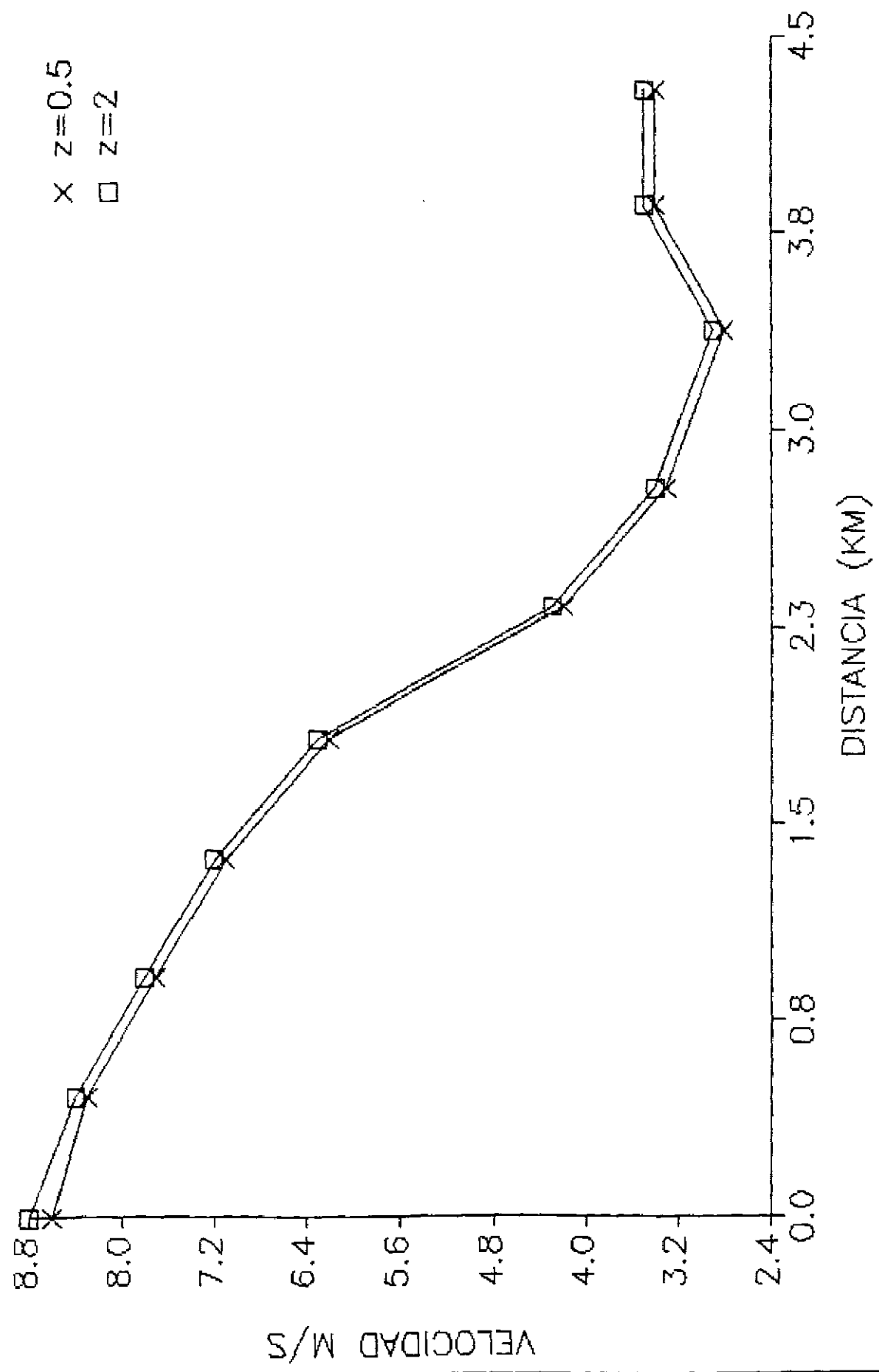
FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 3H
FALLA POR TUBIFICACION

TIEMPOS DE ELEVACIONES PICO AGUAS ABAJO



FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 3H
FALLA POR TUBIFICACION

MAXIMAS VELOCIDADES AGUAS ABAJO



FORMA DE FALLA TRIANGULAR
TIEMPO DE FALLA: 3H
FALLA POR TUBIFICACION