

25092



1835

Adecuación Hidráulica del alcantarillado  
de la línea "F" - FFCC Belgrano  
Tramo correspondiente al Sistema  
Tapenagá. (Prov. del Chaco)

- Agosto 1988 -

x 12  
H 112  
H 33



El presente trabajo fue realizado por:

FFCC Belgrano - Distrito Vía y Obras

Jefe de Distrito: Ing. Mario ACEVEDO

Alejandro RUBERTO

U.T.O. Chaco - Convenio Bajos Submeridionales

Jefe Ejecutivo: Ing. Raúl YURKEVICH

Ing. Carlos A. DEPETTRIS

Dactilografía: Srta. Alicia B. Sánchez.

#### Agradecimiento

Al Director del Depto. de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería, Ing. Néstor E. Romero, por las facilidades otorgadas para el procesamiento del texto del presente informe.

FF.CC. Gral. Belgrano - Estudio Hidrológico de la línea "F" -  
Distrito Vía y Obras - Resistencia.-

## INDICE

- 1- Introducción.
- 2- Objetivos planteados en el presente trabajo.
- 3- Delimitación del área en estudio.
- 4- Información básica:
  - 4.1- Relevamiento de las obras de arte y condiciones actuales.
  - 4.2- Topografía.
  - 4.3- Hidrometría.
- 5- Metodología de evaluación:
  - 5.1- Descripción general.
  - 5.2- Tratamiento estadístico.
  - 5.3- Dimensionamiento del alcantarillado propuesto.
  - 5.4- Determinación de los tiempos de permanencia.
- 6- Conclusiones y recomendaciones.

## ANEXOS

- Planillas.
- Gráficos.
- Planos.

## 1- Introducción:

El Distrito Via y Obras Resistencia del Ferrocarril Gral. Belgrano, ha considerado necesario el estudio del comportamiento hidráulico y verificación del dimensionado del actual sistema de alcantarillado y puentes de la línea "F", jurisdicción de este Distrito.

Para ello se estimó conveniente encarar dicho estudio en forma conjunta con el apoyo material y profesional, del Convenio Bajos Submeridionales, Unidad Técnica Operativa Chaco (U.T.O.), lo que permitió desarrollar el trabajo en tiempo y forma acorde con los requerimientos del estudio.

El mismo se llevó a cabo con información proveniente de las dos reparticiones públicas, destacando particularmente el gran volumen de información aportado por el Convenio Bajos Submeridionales.

El informe que aquí se presenta describe el estudio para la adecuación hidráulica del tramo correspondiente al Sistema del Río Tapenagá, a partir del cual se dispone de una metodología de trabajo conjunto que será aplicable a los restantes sistemas del Chaco Oriental en los que incursiona la línea "F".

## 2- Objetivos planteados en el presente trabajo:

Se consideró imprescindible definir una cota de seguridad del nivel a alcanzar por el agua contra el terraplén ferroviario, partiendo de los valores de cota de pelo de agua y caudales, medidos en el año 1986, donde ocurrió la máxima creciente aforada que puede calificarse como extraordinaria para la cuenca inferior.

La elaboración de elementos básicos de diseño como la curva de descarga H-Q, los estudios estadísticos o la determinación del tiempo de permanencia del agua, fueron desarrollados para verificar la cota de seguridad adoptada.

La misma se obtuvo considerando lograr un descenso del nivel del pelo del agua, estimado uniforme en la transecta de la cuenca que coincide con el terraplén, fijándola 40 cm. debajo de la cota mínima del riel. Es importante destacar que en la Estación Tapenagá el agua superó el nivel del riel (Abril 1986).

La cota mínima del riel se encuentra en la progresiva de nivelación 4.100 mts. en el plano YD-745 y vale según I.G.M. 62.14 m.s.n.m. Si le restamos los 40 cm. de seguridad, obtenemos una cota de 61.74, y adoptamos 61.75 m.s.n.m. como cota de seguridad.

Se buscó que esa cota de seguridad permitiera erogar como mínimo el mismo caudal que el año crítico (1986), para luego verificar el funcionamiento aplicando el criterio estadístico que para el diseño de este tipo de obras viales establece una recurrencia de 50 años.

Otro objetivo propuesto fue la verificación del tiempo de permanencia del agua frente al terraplén para una cota determinada, comprobando para esa cota la variación de superficies inundadas.

### 3- Delimitación del área en estudio:

Para desarrollar este análisis se subdividió el ramal ferroviario en tramos cuyos límites están definidos por las intersecciones de las líneas divisorias del sistema hidrológico con el terraplén ferroviario.

Por lo tanto, se consideró el área que influye directamente sobre el ramal ferroviario, en este caso la cuenca media e inferior del río Tapenagá, la cual se ubica en el plano N° PV-493.

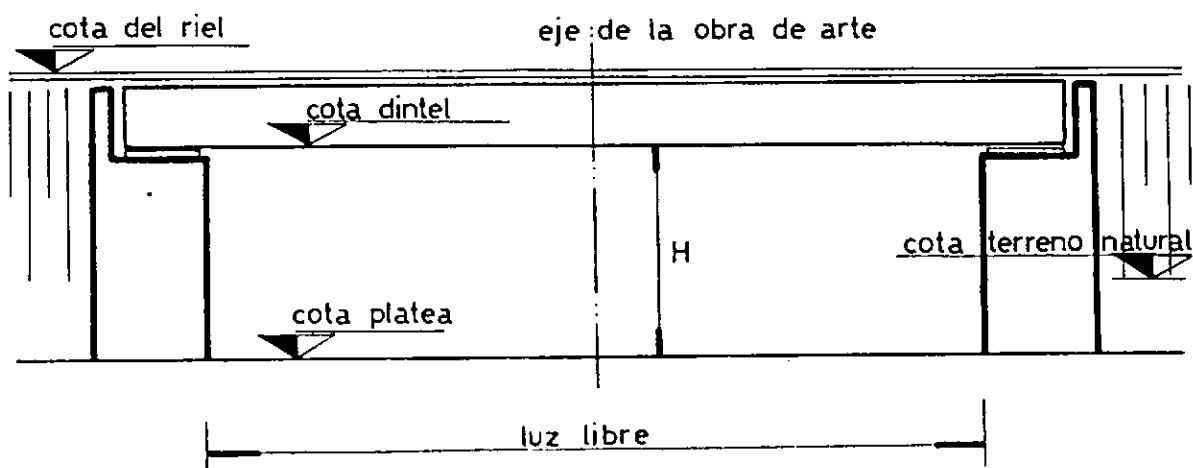
### 4- Información básica:

#### 4.1- Relevamiento de las obras de arte y condiciones actuales:

El primer trabajo llevado a cabo fue relevar todas las obras de artes existentes en la línea "F", haciendo la salvedad que en el mismo no han sido considerados los caños debido a su mal funcionamiento hidráulico por falta de mantenimiento. Dicho relevamiento fue volcado en la planilla N° 1, dándole una numeración a cada obra de arte, comenzando la misma en la progresiva kilométrica ferroviaria 370,000 y a partir de allí en orden ascendente hasta el fin de la línea "F" en el kilómetro 548,512. En dicha planilla se volcaron también la luz útil, el tirante de escurrimiento máximo, su sección, las cotas de dintel, del riel y del terreno natural.

Luego, dichas obras de arte con su respectiva numeración, se dibujaron en el plano N° OA-186 para su mejor visualización.

Se presenta a continuación el esquema gráfico de los puntos relevados en cada alcantarilla:



#### 4.2- Topografía

Primeramente se confeccionó el plano OA-183, el cual fue obtenido a partir de un plano existente de hidrodinámica superficial producido por el Convenio Bajos Submeridionales, y del cual se extractó la cuenca media e inferior del Río Tapenagá, resultando el plano de cartografía topográfica del mencionado curso.

Se procedió a ubicar las nivelaciones existentes a la fecha: ruta nacional N°89, ruta provincial N°49, ruta provincial N°7, ruta provincial N°10 y la nivelación producida por el Convenio Bajos Submeridionales sobre la traza de Proyecto del canal principal Tapenagá, tramo I, 1ra y 2da secciones, la cual cierra sobre el cauce principal del río Tapenagá, 10 km. aguas arriba del ramal ferroviario.

En busca de mayor precisión se recabaron nivelaciones transversales del cauce en: a) Cruce de la ruta nacional N°89 con el río Tapenagá - b) Cruce de la traza del proyecto del canal principal con el río Tapenagá. -c) Cruce del Estero Las Hormigas con la ruta provincial N°7 - d) Cruce de la ruta provincial N°10 con el arroyo Tapenagá.

De dichas nivelaciones se promediaron los valores en el cauce, obteniéndose un valor promedio representativo del mismo, y luego se promediaron valores de 500 mts. en cada margen del arroyo, obteniendo un valor representativo del terreno natural en las inmediaciones del cauce.

Dichas cotas tienen el objeto de definir la variación de las curvas de nivel en las proximidades y dentro del cauce, cuyas variaciones se observan en el plano.

En la planilla N°2 se vuelcan dichos valores.

Una vez transcripta la información topográfica en el plano, se procedió al trazado de las curvas de nivel sobre la cartografía, hallándose los puntos de cada curva de nivel por interpolación lineal entre puntos sucesivos de las nivelaciones existentes.

Trazadas las curvas de nivel, referidas al Instituto Geográfico Militar (I.G.M.), se planimetraron las superficies ocupadas por cada curva de nivel dentro del sistema Tapenagá.

Los valores obtenidos permitieron la construcción de la curva cota-superficies inundadas, que figura en el gráfico N° 1. Las área inundadas multiplicadas por la altura media de cada curva de nivel nos dan un muestreo del volumen de agua contenido para cada cota, y su representación se encuentra en el gráfico N° 2.

#### 4.3- Hidrometría

Se buscó aquí el trazado de la curva de descarga H-Q para todo el sistema hidrológico. Para el mismo se procedió al análisis de cada una de las seis (6) obras de arte que trabajan en esta cuenca.

El trazado de dichas curvas se llevó a cabo con los aforos realizados en el año 1986 por C.B.S. siendo los máximos valores aforados hasta la fecha.

Al disponer de las curvas de descarga de las obras de arte existentes, se hallaron valores de caudales para cada una y para distintos valores de cota.

Sumados los caudales de éstas obras de arte para los distintos niveles hidrométricos, obtuvimos la curva de descarga actual del sistema del río Tapenagá, representada en el gráfico N°3, cuyo procedimiento de cálculo se desarrolló en la Planilla N°3.

## 5- Metodología de evaluación:

### 5.1- Descripción General.

Atendiendo a las características de la información básica disponible, se adoptó el procedimiento de determinar con buena precisión el Caudal Máximo erogado por la sección de escurrimiento actual durante el año crítico. A partir de la precisión lograda en las determinaciones hidrométricas, se decidió la realización de un estudio estadístico de caudales máximos para proceder posteriormente a la verificación del funcionamiento hidráulico con distintas alternativas de obras de arte, que permitieran seleccionar la más apropiada.

### 5.2- Tratamiento estadístico:

Se hizo un estudio estadístico de las alturas hidrométricas máximas mensuales correspondiente a la escala hidrométrica ubicada sobre el puente de la ruta nacional N°89 sobre el río Tapenagá, la cual se relacionó con el puente ferroviario sobre el mismo río al cual se vincularon los valores de las cotas y caudales aforados.

Dicho estudio estadístico se ajustó por los métodos de Gumbel, Log Pearson III y Gilbrat-Galton, para caudales máximos diarios anuales.

El tiempo de recurrencia adoptado para éste tipo de vía de comunicación fué de 50 años, para el que se ajustaron los métodos comparándolos con la frecuencia experimental a la serie, concluyendo que el de menor error medio es el método de Log Pearson III.



Los resultados del mismo para un tiempo de recurrencia de 50 años determinaron un valor de 273.5 m<sup>3</sup>/s, mientras que el caudal máximo aforado en el puente ferroviario de 167.6 m<sup>3</sup>/s, tiene un TR = 13 años. En la Planilla N°4 y el Gráfico N°4 se presentan los valores obtenidos a partir del estudio estadístico.

### 5.3- Dimensionamiento del alcantarillado propuesto

Para satisfacer la demanda establecida en el punto anterior se procedió a dimensionar con los ábacos de alcantarillas realizados por el Ing. F. Rhüle.

El procedimiento consistió en simular el efecto de una serie de puentes y alcantarillas para comprobar su funcionamiento en una nueva curva H-Q con la situación propuesta.

Para nuestro caso se vio que agregando un puente de 10 mts. de luz en el Kilómetro 477,218 con cota de platea 59.95 m.s.n.m y tirante máximo de escurrimiento de 2.35 mts., otro puente de 10 mts. de luz en el Km. 478.818, cota de platea a 60.00 m.s.n.m. y tirante de 1.43 mts., una alcantarilla de 6 mts. de luz en el Km 480,736, cota de platea 59.50 m.s.n.m. y tirante 2.2 mts. y finalmente una de 6 mts. de luz en el Km. 480.586 y tirante de 2.71 mts., la nueva curva H-Q generada condicionada al tiempo de recurrencia y a la cota de seguridad adoptada nos daría un caudal de 276.5 m<sup>3</sup>/s, valor que verifica el caudal de diseño (273.4 m<sup>3</sup>/s), según se muestra en el gráfico N°5

### 5.4- Determinación de los tiempos de permanencia.

Al disponer de las alturas hidrométricas diarias ocurridas durante el periodo crítico de marzo a mayo de 1986 en el puente de la Ruta Nacional N°89, por relacionamiento topográfico se llevaron dichas alturas a las cotas de pelo de agua contra el terraplén ferroviario. La correlación realizada permitió reconstruir el Hidrograma de Caudales Medios Diarios en la sección del estudio, tal como se muestra en el Gráfico N°6. A partir del hidrograma mencionado y conociendo la curva de calibración del alcantarillado actual (Gráfico N°3), se calculó la evolución de los niveles hidrométricos (Gráfico N°7, parte superior) comprobándose que para cotas mayores o iguales a 61.50 m I.G.M. se anegan superficies mayores a 3.350 has. durante 40 días.

Considerando el funcionamiento con el alcantarillado propuesto, la misma situación hidrológica para una cota de 61.50 mts. tendría una permanencia nula lo cual da una pauta del grado de eficiencia que se incorpora con el nuevo diseño (Gráfico N°7, parte inferior).

#### 6- Conclusiones y Recomendaciones.

- \* El dimensionamiento surgido del estudio que se ha realizado propone un incremento del alcantarillado actual en una luz total  $L=32$  mts. una sección útil de escurrimiento de  $67.26$   $m^2$ , lo cual permitirá llevar el caudal erogable para la cota de 61.75 mts. I.G.M. a un valor de  $Qd=276.5$   $m^3/s$ . Esto significa aumentar en un 135 % la capacidad de evacuación actual en el tramo analizado. En la Planilla N°3 se describe en detalle la ubicación y dimensiones del alcantarillado propuesto.
- \* El caudal adoptado para el diseño corresponde a un tiempo de recurrencia de  $Tr=50$  años, surgido a través de un estudio estadístico de caudales máximos diarios que tomó en cuenta los últimos 15 años hidrológicos ajustando la distribución de frecuencias a la ley de LOG-PEARSON Tipo III.
- \* Tomando como referencia la situación hidrológica de mayor criticidad registrada (Marzo-Mayo 1986), el tiempo de permanencia para distancias entre riel y pelo de agua inferior a 0.88 mts. (cota 61.25 mts. IGM) es de 9 días con el nuevo diseño, lo cual permite interpretar que la presión interna ejercida por el agua infiltrada en el terraplén no puede alterar sus condiciones estructurales. El alcantarillado actual fue rebasado por el agua en la situación mencionada, en un tramo cercano a la Estación Tapenagá.
- \* Las obras regionales comprendidas en el "Proyecto para el Desarrollo Agropecuario del Sistema Tapenaga", que cuentan a la fecha con Proyecto Ejecutivo y Pliego Licitatorio en su alternativa identificada como "de Mínima" (Caudal de Diseño del Canal Principal =  $15$   $m^3/s$ ), se han contemplado en la presente propuesta y no se preveen afectaciones sobre el funcionamiento del alcantarillado ferroviario.

\* Las obras consideradas "de Máxima" en el mencionado Proyecto, cuyo caudal de diseño está estimado en 40 m<sup>3</sup>/s, aún no cuentan con su Proyecto definitivo, y considerando que: a) el Estudio de la modificación del régimen hidrológico de la cuenca inferior del Río Tapenagá está en ejecución. b) La evaluación de los eventuales daños a la producción agropecuaria forma parte del estudio anterior, c) Como resultado de los estudios mencionados pueden decidirse diferentes tipos de obras, tales como un embalse de compensación o regulación de volúmenes excedentes, la canalización parcial o total del cauce inferior del Río Tapenagá, la prolongación del canal principal hasta descargar en el valle de inundación del Río Paraná.

Se propone incluir los estudios que determinan la modificación del alcantarillado existente y el propuesto, dentro del Proyecto Ejecutivo de las obras que comprendan la alternativa "de Máxima".

ANEXO PLANILLAS

Obras de arte de la cuenca

Nro de Alcant.	Progresiva (Km)	Luz (m)	H (m)	Seccion (m2)	Cota Dintel I.G.M	Cota Riel I.G.M	Cota Terreno Natural	Observaciones
77	476.945	5.70	2.40	13.68	63.10	63.98	61.26	Aliv. Tapenaga
78	477.018	19.40	3.50	67.90	62.55	63.99	61.47	Rio Tapenaga
79	480.626	9.80	2.20	21.56	61.91	63.00	61.12	Aliviador
80	482.521	3.80	1.20	4.56	62.40	62.97	61.92	
81	483.120	3.60	1.20	4.32	62.34	62.93	61.94	
82	483.622	3.90	1.00	3.90	62.35	62.94	61.96	

Planilla Nro.2

	COTA CAUCE	COTA TERRENO NATURAL
CRUCE RUTA 89 CON RIO TAPENAGA	58.13	61.00
CRUCE RIO TAPENAGA C/ NIVELACION TRAMO I DE C.B.S	60.62	62.30
CRUCE RUTA 7 CON ARROYO TAPENAGA	66.21	66.84
CRUCE RUTA 10 CON ARROYO TAPENAGA	69.77	69.67



## ESTUDIO ESTADISTICO

N de orden	Año hidrolog.	Caudales Maximos Diarios (m <sup>3</sup> /s)	Frecuencia Experimental (m/n+1)	Tiempo de Recurrencia (años)		
				Metodos de Ajuste	Log.Pearson III	Gibrat Galton
1	85/86	167.60	0.063	47.81	13.33	15.27
2	82/83	113.00	0.125	11.53	5.43	8.00
3	83/84	88.30	0.188	6.22	5.37	5.76
4	74/75	63.50	0.250	3.47	3.85	3.88
5	84/85	59.00	0.313	3.14	3.61	3.60
6	80/81	55.00	0.375	2.88	3.40	3.35
7	86/87	39.50	0.438	2.10	2.67	2.54
8	87/88	26.00	0.500	1.66	2.11	1.92
9	79/80	21.50	0.563	1.54	1.94	1.75
10	73/74	13.00	0.725	1.37	1.62	1.45
11	76/77	11.30	0.688	1.34	1.56	1.40
12	70/79	8.10	0.750	1.29	1.41	1.31
13	81/82	3.00	0.813	1.21	1.21	1.17
14	75/76	0.80	0.875	1.12	62.34	1.12
15	77/78	0.60	0.938	1.10	62.35	1.12

## Resultados del ajuste realizado

Probabilidad mayor o igual %	Tiempo de Recurrencia (años)	CAUDALES		
		Log.Pearson III	Gibrat Galton	Gumbel
2	50	273.5	285	169.3
4	25	213.2	242	142.9
5	20	197.7	203	134.4
10	10	135.5	140	107.4
15	6.7	105.1	107	89.8
20	5	81.5	89	79.3
25	4	66.5	75	68.9



ANEXO GRAFICOS



# CURVA COTAS-SUPERFICIES INUNDADAS

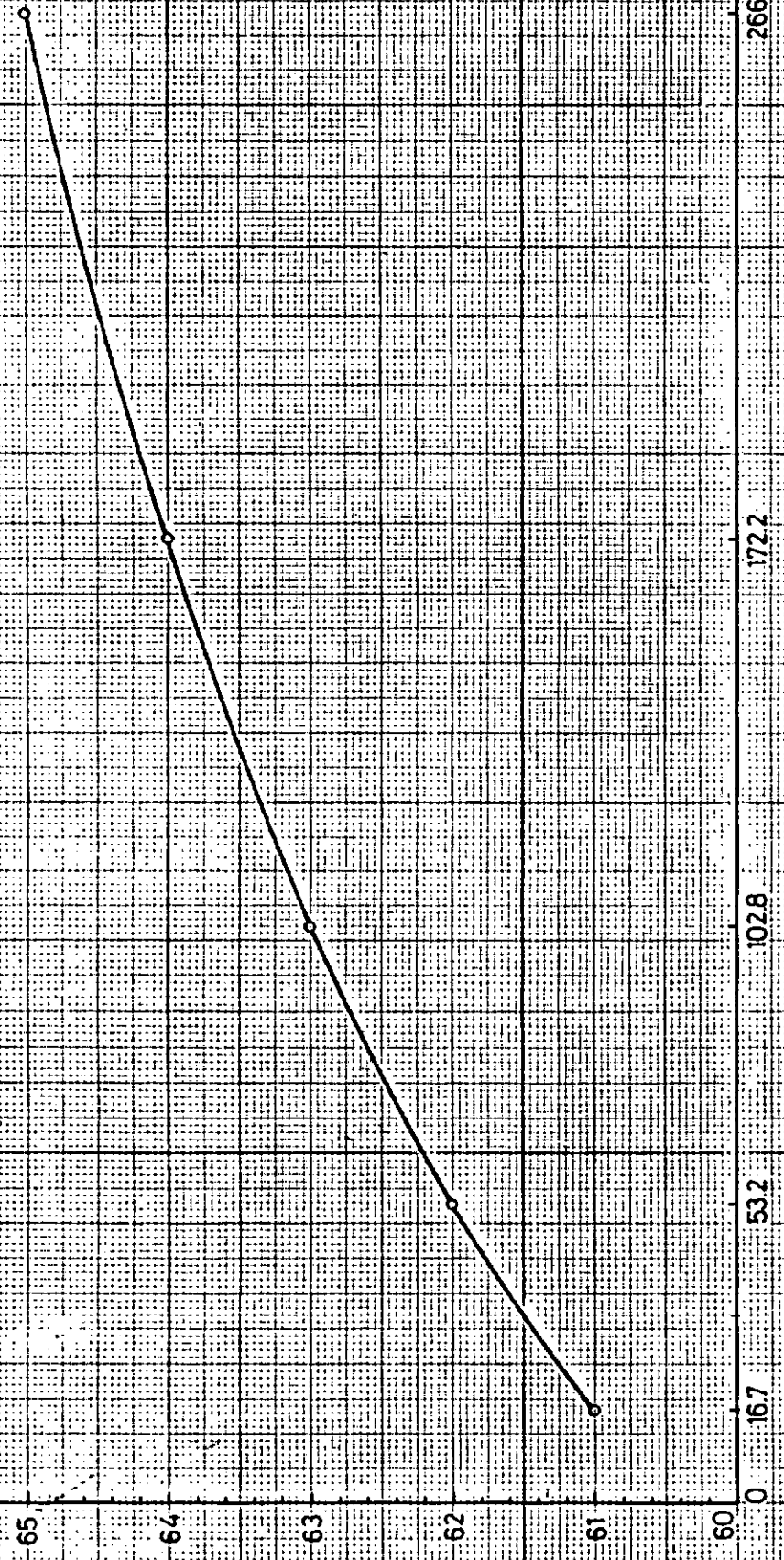
GRAFICO Nº 1

ESC. COTA 1:50 -  
ESC. SUP 1:250 -

COTAS IGM  
(msnm)

SUPERFICIE AC  
(km<sup>2</sup>)

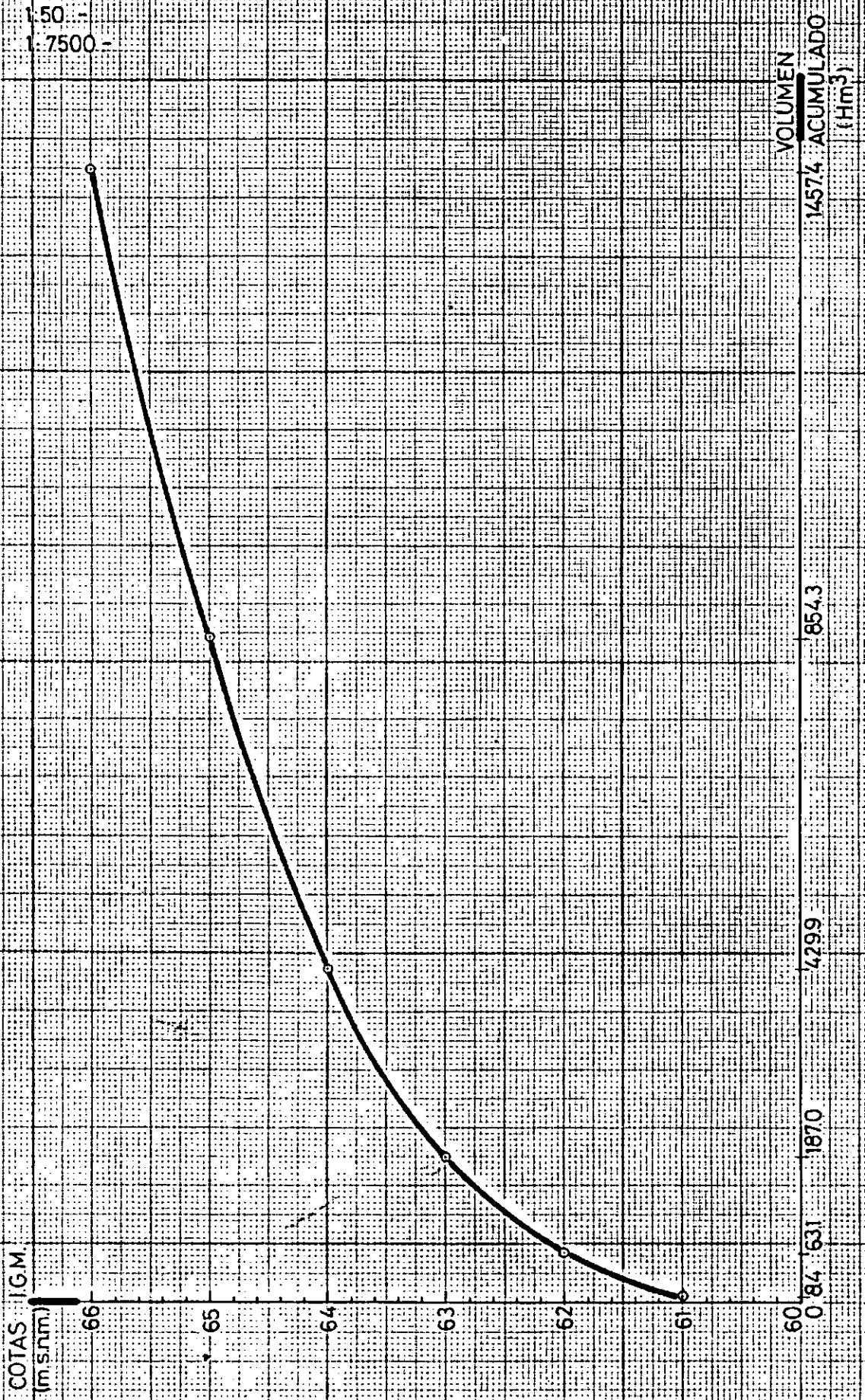
CONTADOR " MARCA REGISTRADA



# CURVA COTAS - VOLUMENES ACUMULADOS

GRAFICO N°2

ESC. COTA 1:50 -  
ESC. VOL 1:7500 -



# CURVA DE DESCARGA H-Q

- GRAFICO N° 3 -  
- SITUACION ACTUAL -

