34903

CONVENIO
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
PROVINCIA DE ENTRE RIOS

ESTUDIO HIDRODINAMICO DEL CURSO DEL RIO GUALEGUAYCHU DESDE LA RUTA NAC. 14

INFORME FINAL

0/X 12
G 19
II
H 1112

Relac. con
0/H.1112
P 15

ING. ROBERTO D. GIORIA

1991

C. F. I.
INGRESO
24 ABR 1991
Nº 8583

Santa Fe, 22 de abril de 1991

Al
Señor Secretario General del
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
Ing. Juan José CIACERA
S / D

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. a efectos de elevarle, para su consideración, el Informe Final de Tareas correspondiente al fin del octavo mes del Cronograma del "Estudio Hidrodinámico del curso del río Gualeguaychú desde ruta Nac. 14".

Se adjunta a esta nota tres ejemplares de dicho informe, habiéndose entregado en el día de la fecha otra copia al Ing. Carlos Cappelli, a solicitud del mismo.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo muy atentamente.

Ing. Roberto Daniel Gioria

CONTENIDO

1. TRATAMIENTO Y ANALISIS DE INFORMACION

1.1. Planialtimétrica
1.2. Alturas hidrométricas
1.3. Aforos líquidos

2. RECONOCIMIENTO DEL AREA DE ESTUDIO

3. FOTOINTERPRETACION DEL AREA DE ESTUDIO

3.1. Consideraciones generales
3.2. Caracterización físico-dinámica
3.3. Análisis de los efectos hidrodinámicos producidos por los principales afluentes
3.4. Procesos erosivos

4. APLICACION DEL MODELO HIDRODINAMICO EN RAMAS

4.1. Implementación del modelo
4.2. Calibración y verificación
4.3. Explotación y evaluación de incertidumbres

ESTUDIO HIDRODINAMICO DEL CURSO DEL RIO GUALEGUAYCHU DESDE LA RUTA NAC. Nº 14

INFORME FINAL

INTRODUCCION

El presente Informe Final tiene como objetivo la presentación de los datos recopilados para la realización del Estudio, su tratamiento y análisis, así como las tareas desarrolladas correspondientes a los ítems: 2- Reconocimiento del área de estudio; 3- Fotointerpretación; 4- Aplicación del modelo matemático hidrodinámico en ramas.

Se incluyen en este Informe los resultados obtenidos de la calibración y verificación del modelo con las crecidas de marzo de 1966 y setiembre de 1972, además de su explotación para las crecidas de 1959, 1966, 1972 y 1978, con alternativas de desvío de caudales por la cañada Unzué y la evaluación de la influencia sobre los eventos de dos embalses construidos en la cuenca.

AREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Gualeguaychú se ubica en la zona centro-este de la provincia de Entre Ríos, entre los 31º 45' y 33º 12' de latitud sur y 58º 00' y 58º 45' de longitud oeste, abarcando parte de los departamentos Colón, Gualeguaychú y Uruguay (figura Nº 1).

El sistema en estudio comprende los siguientes tramos del río Gualeguaychú y del Aº Gualeyán, a saber :

a) el tramo del río Gualeguaychú, de 54.0 km de longitud, comprendido entre una sección ubicada 2.500 m aguas arriba de la confluencia del mismo con el Aº El Gato y su desembocadura en el río Uruguay.

b) el tramo del Aº Gualeyán, de 11,5 km de longitud, delimitado entre una sección ubicada 2.000 m aguas arriba de la confluencia del mismo con el Aº García y su desembocadura en el río Gualeguaychú. La inclusión del Aº Gualeyán en el sistema a modelar se debe a la importancia relativa del mismo en los hidrogramas de crecidas del río Gualeguaychú en Gualeguaychú.

1. TRATAMIENTO Y ANALISIS DE INFORMACION

1.1. PLANIALTIMETRICA

Se analizó la siguiente información planialtimétrica:

* Cartas IGM en escalas 1:50.000 y 1:100.000 del área de estudio.
* Perfiles topobatimétricos determinados para el "Estudio para el Control de las Inundaciones del río Gualeguaychú", CFI, año 1980.
* Perfiles topobatimétricos determinados para el "Estudio Hidrológico del río Gualeguaychú, AYE, año 1988.
* Perfiles topobatimétricos relevados especificamente para este Estudio, CFI, año 1990.
* Pendientes de pelo de agua, CFI, año 1990.
* Ceros de las escalas Río Gualeguaychú en Ruta Nac. Nº 14, Puerto y Boca y Aº Gualeyán en Ruta Prov. Nº 20. Dichos ceros fueron verificados por el CFI, año 1990.

1.2. ALTURAS HIDROMETRICAS

Se realizó la grabación en soporte magnético de los datos entregados por el CFI y el análisis de las series de alturas hidrométricas diarias y limnigramas de las siguientes estaciones:

Río/Arroyo	Estación	Período
Uruguay	Fray Bentos	1957/1989
Gualeguaychú	Puerto Gualeguaychú	1904/1987
Gualeguaychú	Boca Gualeguaychú	1904/1989

1.3. AFOROS LIQUIDOS :

Se analizó la siguiente información:

Río/Arroyo	Estación	Período
Gualeguaychú	Puente Ruta Nac. Nº14	1986/1988
Gualeguaychú	Puente La Balsa	1986/1988
El Gato	Puente Ruta Prov.Nº 20	1987/1988
Gualeyán	Puente Ruta Nac. Nº 14	1987/1988
Gualeyán	Puente Ruta Nac. Nº 12	1987/1988

2. RECONOCIMIENTO DEL AREA DE ESTUDIO

Con el objeto de relevar el sistema físico, se realizaron reconocimientos terrestres del tramo del río Gualeguaychú entre Paso La Centella y la desembocadura y el Aº Gualeyán entre el puente del Ferrocarril Gral. Urquiza (Estación Palavecino) y la confluencia.

Se puso especial énfasis en el reconocimiento de los siguientes sitios :

Río/Arroyo	Lugar
Gualeguaychú	Puente Ruta Nac. Nº 14. Salto Grande o de Méndez. Confluencia con Aº Gualeyán. Puente Ruta Nac. Nº 136 (a Puente Internacional San Martín). Puente La Balsa. Cañada Unzué. Parque Unzué. Costanera Ciudad Gualeguaychú. Márgenes derecha e izquierda desde el Puente Ruta Nac. Nº 136 hasta Boca Gualeguaychú. Desembocadura.
El Gato	Confluencia con Río Gualeguaychú.
Gualeyán	Puente Ruta Prov. Nº 20. Puente Ruta Nac. Nº 14. Puente Ruta Nac. Nº 12. Puente Ferrocarril Gral.Urquiza.

Para la calibración del modelo fue necesario observar "in situ" las características geométricas e hidráulicas del cauce principal y su valle de inundación, en especial aquellas que determinan las pérdidas de energía.

Otro objetivo del reconocimiento fue el relacionado con el estudio de dinámica hídrica, que consistió en la verificación de la validez de los fotogramas utilizados (años 1964/1965) con respecto a la situación actual, a la vez de poder definir el comportamiento del sistema en ese período.

Se adjuntan fotocopias de fotografías de puntos relevantes del sistema, tomadas en ocasión de los reconocimientos mencionados.

3. FOTOINTERPRETACION DEL AREA DE ESTUDIO (RIO GUALEGUAYCHU - TRAMO: PASO LA CENTELLA - DESEMBOCADURA EN EL RIO URUGUAY)

3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

El objetivo de este estudio es obtener una caracterización hidrodinámica, que permita conocer el comportamiento del sistema para eventos hídricos extremos.

A tal efecto se confeccionó un fotomapa del río Gualeguaychú y su área adyacente, comprendida entre el Paso La Centella y la desembocadura en el río Uruguay.

Para ello se contó con fotogramas aéreos en escala 1 : 20.000, tomadas en el período 1964/1965, más el apoyo de cartas del I.G.M. en escala 1 : 50.000 y 1 : 100.000, obtenidas entre 1939 y 1969, no se dispuso de fotografías más modernas para utilizarlas como contraste.

3.2. CARACTERIZACION FISICO-DINAMICA

El estudio se realizó partiendo del criterio de interdependencia entre procesos hídricos (como principal actor) y efectos morfodinámicos, con el fin de inferir un comportamiento del tramo en estudio para distintos eventos hidrológicos.

De esta manera se tiende a definir un comportamiento a través de las formas y su evolución con respecto a eventos medios y extremos.

Debe tenerse en cuenta que el análisis realizado no incluye tendencias evolutivas areales ni puntuales, por no contarse con fotogramas de contraste (obtenidos en distintas fechas). Estos son necesarios porque en buena parte del sistema los procesos dinámicos no se manifiestan con continuidad temporal y la velocidad de morfogénesis puede ser intensa en ciertos períodos y casi nula en otros.

El río Gualeguaychú presenta un cauce principal meandroso que escurre dentro de un valle aluvial, el cual ocupa en distinto grado durante las crecidas, de acuerdo a la magnitud de éstas.

Para la caracterización fisico-dinámica, y a los efectos de facilitar la discretización areal, se dividió el tramo en estudio en cauce principal y valle de inundación.

Cauce principal:

El tramo en estudio muestra formas correspondientes a un sistema hidrológico típico, presentando el cauce principal del río Gualeguaychú características cambiantes, teniendo los afluentes un sistema integrado de drenaje como organización de

escurrimiento.

En efecto, en el tramo comprendido entre Paso La Centella (extremo norte del estudio) y la confluencia con el arroyo El Gato, el cauce principal es meandroso y poco jerarquizado, con ancho no superior a los 15-20 m, con rasgos de escurrimiento esporádico por sistemas de cauces anastomosados de menor cuantía (plano Nro.1).

A partir del ingreso de aportes provenientes del arroyo El Gato desde margen derecha y el arroyo La Centella, en margen izquierda, el cauce toma mayor jerarquía morfométrica, con anchos que varían entre 20 y 30 m, manteniéndose en este rango hasta unos 500 m agua arriba del ingreso del arroyo El Sauce, donde se evidencia un control estructural de cierta magnitud (Salto Grande o de Méndez), con variación de pendientes de lecho, en donde el cauce principal muestra un tramo recto de aproximadamente 1500 m y un ancho aproximado de 40 a 50 m. A continuación sigue un tramo meandroso y luego otro recto, de igual morfometría que el anteriormente descripto; siguiendo luego en curso meandroso bien definido, acusando desde margen derecha el ingreso de los arroyos Jesús María y de las Piedras.

Estas características morfométricas se mantienen hasta la confluencia del arroyo Isletas (plano Nro.2).

Aguas abajo del arroyo Isletas, el único afluente de importancia que se incorpora al río Gualeguaychú es el arroyo Gualeyán, que sin duda es el componente de mayor jerarquía que aporta al sistema. Sin embargo, es difícil estimar las modificaciones morfológicas que induce en el cauce del Gualeguaychú, debido a que en esta confluencia inciden otros factores evolutivos como son el remanso provocado por el río Uruguay y una disminución de las pendientes areales, lo que se traduce en la aparición de cauces rectos y bien definidos.

A partir de la desembocadura del arroyo Isletas el cauce principal incrementa su ancho, pasando a variar entre 80 y 90 m. Esto ocurre hasta la confluencia con el Gualeyán, en que el cauce principal del río Gualeguaychú tiene un ancho de 100 a 120 m, aproximadamente (plano Nro.3). La influencia de los factores mencionados en el párrafo anterior crece en importancia hacia aguas abajo hasta la desembocadura, presentando el cauce anchos que varían entre 120 y 180 m (plano Nro.4)

Valle de inundación:

El valle del río Gualeguaychú presenta características diferentes según se recorra la parte alta, media o baja de la cuenca. En general, y en casi toda la cuenca, existen dos niveles o terrazas asociadas al cauce principal.

En la parte alta, las nacientes de afluentes que contribuyen a la formación del río en estudio, presentan un valle pequeño, acorde al área de aporte que recepcionan, conformando

cauces con marcada tendencia evolutiva, muchas veces descalibrados por el incremento de aportes resultantes de la remoción progresiva de la vegetación natural.

La primera terraza o área de escurrimiento superficial asociado al cauce principal, aledaña al cauce, en el tramo comprendido entre el arroyo Gená y el arroyo El Gato, aproximadamente, tiene características poco comunes, presentando vegetación arbórea que enmascara en muchos tramos, al propio cauce principal.

Esto se debe fundamentalmente a la dinámica de crecidas y al régimen de escurrimiento propio generado por la cuenca, que permite el desarrollo y arraigo de vegetación arbórea en la parte alta de la cuenca.

Esta primera terraza o nivel, decrece en magnitud a medida que se interna en la cuenca, transformándose en una llanura de espiras que se agota progresivamente a medida que las pendientes del cauce principal se suavizan por efecto del remanso del río Uruguay y el régimen de crecidas y dinámica de escurrimiento impide el arraigo de vegetación arbórea.

La segunda terraza o área de escurrimiento, relativamente concentrada, se encuentra solidaria a la primera e involucra también a los afluentes directos que ingresan al río Gualeguaychú, absorbiendo los volúmenes que exceden la capacidad de conducción del cauce principal y afluentes para crecidas extraordinarias.

A la inversa de la morfometría que presenta el primer nivel, el segundo o área de escurrimiento superficial relativamente concentrado va incrementando su superficie en el sentido del escurrimiento del cauce principal.

La vegetación asociada a este nivel es de pasturas y monte bajo abierto.

Hasta el arroyo Isletas el valle de inundación mantiene un ancho que varía entre los 2000 y 2500 m, con pendientes transversales muy suaves (planos Nro.1 y 2). Desde la desembocadura del arroyo Isletas y hasta la entrada del Gualeyán, el valle tiene un ancho entre 3000 y 3500 m. A partir de esta confluencia, el ancho va aumentando hasta llegar a tener unos 10000 m en la desembocadura (planos Nro.3 y 4).

El tramo comprendido en la ciudad de Gualeguaychú y la desembocadura presenta características muy especiales. Sus rasgos más importantes son la regularidad del cauce principal y erosión de márgenes del mismo, sin efectos de retrogradación y la amplitud del valle de inundación.

Este último presenta una fuerte restricción en la transecta Gualeguaychú-Parque Unzué, en la que debido a la construcción de la ciudad y del parque, la sección real de

escurrimiento es reducida de un valor promedio de más de 3000 m a poco más de 200 m, considerando la sección de escurrimiento Puente La Balsa y aliviadores, condicionando el escurrimiento para crecidas extraordinarias.

Aguas abajo de este estrangulamiento el curso no presenta en su morfología condicionantes del escurrimiento que incidan notablemente en la dinámica hídrica del mismo.

La cañada Unzué, ubicada en la margen izquierda del río Gualeguaychú, es, en realidad, parte del valle de inundación del mismo, separado del cauce principal por un ligero albardón.

En aguas bajas, esta cañada recoge el escurrimiento procedente de precipitaciones del área más elevada ubicada aledaña a la ex ruta Nac. Nro.14, drenando un superficie aproximada de 5 km2, medidas hasta la transecta Gualeguaychú-Parque Unzué. Existen indicios, a nivel de microrrelieve, de que estos excedentes generan escurrimientos relativamente concentrados que no coinciden totalmente con el eje longitudinal de la cañada.

Pero, para crecidas de gran magnitud, la cañada Unzué debería comportarse como elemento de conducción de primera magnitud, habida cuenta de la restricción al escurrimiento ofrecida por la propia ciudad y haciendo las mismas consideraciones generales que le caben al tramo inferior del río Gualeguaychú, esto es, efectos de amortiguación provocados por el nivel base del río Uruguay, etc.

3.3. ANALISIS DE LOS EFECTOS HIDRODINAMICOS PRODUCIDOS POR LOS PRINCIPALES AFLUENTES.

El análisis efectuado muestra que, en el tramo, es el arroyo Gualeyán el que más efecto causa en la dinámica hídrica del sistema. Sin embargo, no modifica en forma notable y exclusiva la morfología del Gualeguaychú, sino que provoca variaciones locales que no se trasladan en forma netamente diferenciable hacias aguas abajo.

Las modificaciones morfológicas que induce el arroyo Gualeyán, son difíciles de estimar, ya que todo el tramo inferior del río Gualeguaychú está influenciado por el importante efecto de remanso provocado por el río Uruguay, disminución de las pendientes generales y efectos de marea.

El resto de los afluentes del tramo no es determinante por sí mismo de ningún efecto morfológico importante que se traslade a lo largo del río Gualeguaychú.

Debe hacerse hincapié en la preponderancia que toman los procesos erosivos en sistemas como el descripto, ya que influyen notablemente en el aumento de los volúmenes a evacuar por la red, produciendo picos de crecidas progresivamente

mayores, en particular en las subcuencas del Gato y el Gualeyán.

3.4. PROCESOS EROSIVOS

En el área de estudio, y en general en toda la cuenca del Gualeguaychú, se presentan todos los fenómenos erosivos comunes a la mayor parte de la Provincia de Entre Ríos, siendo la situación de desequilibrio antrópico existente, lo que hace predominar los procesos erosivos de este último sobre los naturales.

En todo el valle del río Gualeguaychú se manifiestan procesos erosivos intensos, provocados fundamentalmente por reemplazo de vegetación autóctona por cultivos y pasturas (con actividad ganadera incluída) y por la construcción de obras de infraestructura no planificadas debidamente.

Como primera aproximación los procesos del área pueden dividirse en:

a- Procesos morfodinámicos laminares o mantiformes.
b- Procesos de generación de componentes fluviales.
c- Procesos de regresión en cauces.
d- Procesos regresivos fuera de cauces.

La ubicación secuencial de estos procesos no siempre es posible dentro del valle del río Gualeguaychú, pero puede ubicarse dentro del esquema siguiente:

área no erosionada----- a ----- b ----- c ----- d

Esta secuencia da una pauta de la gravedad del proceso, en virtud de la anulación progresiva de las características físicas de los suelos del valle de inundación.

Considerando a este sistema hidrológico como semitorrencial (destructor), se explica la tendencia a la creación de vías de escurrimiento, que aumentan en jerarquía en función de la presión agroganadera, ejercida fundamentalmente en las cabeceras de la cuenca, lo que obliga al sistema a producir dentro del mismo valle (parte alta) cauces paralelos, secuencialmente activos, durante las precipitaciones más intensas.

Como esquema simple, puede inducirse que en el valle y cauce principal del río Gualeguaychú, se manifiestan fundamentalmente los procesos (a),(b) y (c), y en afluentes, toda la gama ya descripta.

4. APLICACION DEL MODELO HIDRODINAMICO EN RAMAS

a. INTRODUCCION

El objetivo del estudio es determinar los valores de los parámetros hidráulicos de diseño de las obras de defensa contra inundaciones de la ciudad de Gualeguaychú.

Teniendo en cuenta el objetivo del estudio, las características del sistema y la información básica disponible, se decidió emplear un modelo matemático hidrodinámico en red de canales, unidimensional.

El sistema modelado comprende el tramo del río Gualeguaychú entre unos 2.500 m aguas arriba del puente de la Ruta Nac. Nº 14 y Boca, incluyendo el Aº Gualeyán entre el puente del Ferrocarril Gral. Urquiza y la confluencia.

La aplicación del modelo hidrodinámico en ramas permite calcular los valores de cota de pelo de agua, velocidad media y caudal para distintas secciones transversales de interés, necesarios para el diseño de las obras de defensa.

El escurrimiento del río Gualeguaychú en el tramo está influenciado tanto por el aporte de sus afluentes, como por el río Uruguay en aguas medias y altas, cuyo remanso afecta a aquél.

En las proximidades de la ciudad homónima, el río Gualeguaychú presenta el cauce principal próximo a su margen derecha y el valle aluvial al este del mismo, en donde se ubica el Parque Unzué. Frente a la costanera de la ciudad, el río Gualeguaychú presenta una bifurcación debido a la existencia de la isla Libertad. Esta zona está dentro del área de influencia de las futuras obras de defensa contra inundaciones, por lo cual resulta de interés cuantificar la distribución de caudales en dicho lugar, tanto en las condiciones actuales como con hipotéticas intervenciones.

Es muy importante el modelado del Aº Gualeyán porque drena las aguas de una cuenca inmediata, cuyo tiempo de concentración es de pocas horas y es capaz de generar crecidas importantes con muy breve tiempo de preaviso en la ciudad de Gualeguaychú.

b. DESCRIPCION GENERAL DEL MODELO

El modelo de escurrimiento en red de canales se basa en resolver numéricamente las ecuaciones de Saint Venant, diferenciales parciales no lineales, para flujo impermanente, por medio de un esquema de diferencias finitas ponderado de cuatro puntos, implícito. Las ecuaciones son linealizadas en cada paso de tiempo y la matriz resultante es resuelta por el método de eliminación de Gauss, utilizando máximo pivote.

La aplicación del modelo está sujeta a las hipótesis básicas

y limitaciones inherentes a la formulación de las ecuaciones.

Los factores de ponderación que gobiernan la discretización de los valores funcionales y las derivadas espaciales se pueden especificar, lo que hace que se pueda variar la solución implícita desde un esquema centrado a uno totalmente avanzado. El modelo es incondicional linealmente estable en este rango.

Para ser implementado necesita la geometría del sistema, las condiciones iniciales y los datos apropiados en sus bordes externos (condiciones de borde o de contorno).

b.1. Ecuaciones básicas

Se presentan a continuación las ecuaciones diferenciales parciales unidimensionales que describen el escurrimiento impermanente en canales abiertos.

Se parte de las ecuaciones de Navier-Stokes (que surgen de la aplicación de los principios de la mecánica a elementos diferenciales de fluidos) y se las integra sobre la sección transversal de escurrimiento.

Considerando como variables dependientes al caudal Q y a la cota de pelo de agua z, la ecuación de continuidad puede ser escrita como:

$$B \frac{\delta z}{\delta t} + \frac{\delta Q}{\delta x} = 0 \qquad (1)$$

donde:

B : longitud de la curva intersección entre la superficie libre y la sección transversal
x : distancia en la dirección longitudinal
t : tiempo

La ecuación de cantidad de movimiento para flujo unidimensional en canales abiertos puede ser expresada como:

$$\frac{\delta Q}{\delta t} + \frac{Q}{A}\frac{\delta Q}{\delta x} + Q\frac{\delta (Q/A)}{\delta x} + g A \frac{\delta z}{\delta x} + Q \mid Q \mid g K / (A R^{4/3}) = 0 \qquad (2)$$

donde:

g : aceleración de la gravedad
A : área mojada de la sección transversal
R : radio hidráulico

K : función del coeficiente de resistencia de escurrimiento
Se puede expresar K como:

$$K = \Omega^2$$

Ω : coeficiente de resistencia al escurrimiento, similar al n de Manning.

Las ecuaciones de Saint Venant se fundamentan en hipótesis básicas que se asumen y limitan la aplicabilidad de las mismas. Estas hipótesis se enumeran a continuación:

a) Se considera el medio como continuo, incompresible, homogéneo y newtoniano.
b) El único campo de fuerzas actuante es el de la gravedad, que se supone uniforme.
c) Es un fenómeno a superficie libre, considerándose despreciables los efectos de resistencia del aire.
d) Las características geométricas del sistema son invariables en el tiempo y la alineación y forma del cauce son arbitrarias pero sin variaciones bruscas.
e) Los componentes de la velocidad según las secciones transversales a la dirección del escurrimiento son pequeñas frente a los componentes longitudinales. Es decir, el escurrimiento es unidireccional y el pelo de agua horizontal a través de la sección.
f) La turbulencia está totalmente desarrollada.
g) La curvatura de las líneas de corriente es pequeña y las componentes transversales de la aceleración son pequeñas frente al módulo de la aceleración de la gravedad. Todo esto nos lleva a considerar una distribución de presiones hidrostática.
h) Los efectos resistivos pueden ser cuantificados por medio de leyes de resistencia análogas a las utilizadas para escurrimiento permanente.
i) La pendiente de fondo del canal es pequeña.

* Términos suplementarios y coeficientes

En ocasiones es necesario considerar el efecto de la tensión de corte del viento sobre la superficie del agua, el cual puede expresarse:

$$- \epsilon B Va^2 \cos \alpha \qquad (3)$$

donde:

Va : vector velocidad de viento, que incide en el ángulo α sobre la dirección positiva del eje x
ϵ : coeficiente de resistencia de viento, el cual puede ser escrito:

$$\epsilon = Cd \frac{dw}{da} \qquad (4)$$

donde:

Cd : coeficiente de arrastre de la superficie de agua
dw : densidad del agua
da : densidad del aire

Cuando la distribución de velocidad sobre la sección transversal de cursos naturales se vuelve altamente no uniforme es necesario tener en cuenta las fluctuaciones de velocidad por medio del coeficiente :

$$\beta = \frac{\int u^2 \quad dA}{v^2 \quad A} \qquad (5)$$

donde:

β : coeficiente de momento o de Boussinesq
u : velocidad del agua pasando a través de un área elemental
v : velocidad media en la sección transversal
A : área de la sección transversal

Teniendo en cuenta estos términos, la ecuación de movimiento se expresa, dividiendo ambos miembros por (g A) y derivando el coeficiente del tercer término, obtenemos:

$$\frac{1}{g\,A}\frac{\delta Q}{\delta t} + \frac{2\,\beta\,Q}{g\,A^2}\frac{\delta Q}{\delta x} - \beta\,Q^2/(g\,A^3)\frac{\delta A}{\delta x} + \frac{\delta z}{\delta x} + Q\,|Q|\,K/(A^2\,R^{1/3}) - \frac{\epsilon\,B}{g\,V}\,Va\cos\alpha = 0 \qquad (6)$$

Las ecuaciones (1) y (6) son las utilizadas en el modelo de flujo en red de canales. Por tanto son tres los parámetros de conductancia que deben ser especificados:

$$\Pi\ ,\ \beta\ ,\ \epsilon$$

Se asume que la ecuación de Manning para flujo permanente y uniforme provee una razonable aproximación a la resistencia de fricción esperada para flujo impermanente. En la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{\Pi}\,R^{2/3}\,S^{1/2} \qquad (7)$$

V : velocidad
R : radio hidráulico
S : pendiente de la línea de energía
Π : coeficiente de resistencia. La notación Π es usada en lugar del n de Manning, para indicar primero, que el coeficiente representa una situación de flujo impermanente, y segundo, que el mismo puede estar siendo evaluado con imprecisiones de la esquematización.

El valor de n nunca puede variar demasiado de su correspondiente aproximación determinada desde la ecuación de Manning. Tal desviación, si ocurre, debe ser interpretada como un signo de un problema y es muy probable indicador de un uso inapropiado de técnicas unidimensionales, imprecisiones en la esquematización y/o en los datos, o excesiva distorsión del prototipo en la esquematización elegida.

El coeficiente de momento β para flujos en ríos naturales y cuerpos de agua, en general, es mayor que la unidad, encontrándose para canales prismáticos rectos valores de β en el rango 1.01 a 1.12. Generalmente β es mayor para canales pequeños y menor para canales grandes de considerable profundidad.

La evaluación de β puede ser realizada directamente a partir de perfiles de velocidad horizontal y vertical medidos en el campo y usando la ecuación (5). En orden a efectuar una aproximación es importante notar que el coeficiente de momento β para la sección transversal es separable en dos componentes que tengan en cuenta las desviaciones transversal y vertical de la velocidad de sus respectivos valores medios. El valor β para el área de la sección transversal es el producto de esos componentes individuales (Schaffranek, 1976).

En cuanto a las corrientes inducidas por el viento, existe una dificultad en la simulación precisa del efecto del viento debido a la elección del valor más adecuado para el coeficiente de arrastre de la superficie de agua. La experimentación ha mostrado que este coeficiente no sólo depende de la profundidad del flujo, sino también de la altura, pendiente y celeridad de las ondas superficiales generadas por el viento. Valores representativos del coeficiente ϵ aparecen en el rango $1,5 \times 10^{-3}$ para vientos leves y $2,6 \times 10^{-3}$ para vientos fuertes.

b.2. Formulación de diferencias finitas

El conjunto de ecuaciones diferenciales parciales que describen el flujo impermanente en canales abiertos no tiene una solución analítica. Sin embargo, se pueden obtener soluciones aproximadas reemplazando las ecuaciones diferenciales por expresiones en diferencias finitas apropiadas.

En el modelo de red de canales se emplea un esquema de diferencias finitas de cuatro puntos ponderado, y el sistema resultante de ecuaciones algebraicas es resuelto simultáneamente.

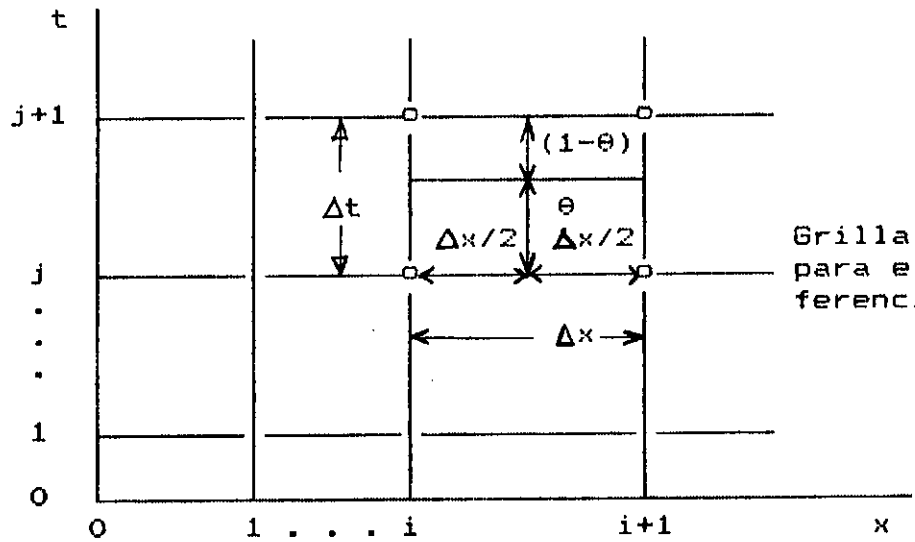
La formulación de las ecuaciones en diferencias finitas consisten en el tratamiento de:

a) Las derivadas con respecto al tiempo de las variables dependientes nivel y caudal, como centradas junto en el espacio y en el tiempo.

b) Las derivadas espaciales de las variables dependientes

posicionadas en el tiempo de acuerdo a un factor de ponderación θ. La única excepción es la derivada del área de la sección transversal en la ecuación de movimiento, la cual es aproximada por una técnica de diferencia "avanzada".

c) Las propiedades geométricas de área, ancho superficial y radio hidráulico, tanto como el caudal en la forma no derivada en la ecuación de movimiento, son tratados como ponderados en una forma similar a la aproximación de las derivadas espaciales de las variables dependientes.



Grilla espacio-tiempo para el esquema de diferencias finitas.

i : distancia igual a i Δx
j : tiempo igual a j Δt
Δx : incremento de espacio
Δt : incremento de tiempo

El esquema computacional usa un paso de tiempo fijo Δt, pero permite la subdivisión de ramas en segmentos de igual o distinta longitud.

En las aproximaciones en diferencias finitas, Δxi representa la longitud del i-ésimo segmento de una rama dada. Desde la grilla espacio-tiempo, las derivadas con respecto al tiempo y espacio del valor funcional f(I), son las aproximadamente iguales a:

$$\frac{\delta f(I)}{\delta t} = \frac{f^{j+1}_{i+1} + f^{j+1}_{i} - f^{j}_{i+1} - f^{j}_{i}}{2\ \Delta t} \qquad (8)$$

$$\frac{\delta f(I)}{\delta x} = \theta \frac{f^{j+1}_{i+1} - f^{j+1}_{i}}{\Delta x_i} + (1-\theta) \frac{f^{j}_{i+1} - f^{j}_{i}}{\Delta x_i} \qquad (9)$$

La derivada espacial del área de la sección en la ecuación de movimiento:

$$\frac{\delta A}{\delta x} = \frac{A^{j+1}_{i+1} - A^{j+1}_{i}}{\Delta x_i} \qquad (10)$$

Las cantidades tales como área de la sección transversal, ancho superficial, radio hidráulico y caudal en la forma derivada en la ecuación de movimiento, representadas por f(I), son aproximadas por :

$$f(I) = \chi \frac{f^{j+1}_{i+1} + f^{j+1}_{i}}{2} + (1-\chi) \frac{f^{j}_{i+1} + f^{j}_{i}}{2} \qquad (11)$$

donde:

χ : factor de ponderación similar a θ.

Utilizando esas aproximaciones en diferencias finitas y la notación f(I) para significar valores de la función derivados de la iteración previa, las ecuaciones (1) y (6) se transforman, respectivamente:

$$\tilde{B}\left[\frac{Z^{j+1}_{i+1} + Z^{j+1}_{i}}{2\,\Delta t} - \frac{Z^{j}_{i+1} + Z^{j}_{i}}{2\,\Delta t}\right] + \theta \frac{Q^{j+1}_{i+1} - Q^{J+1}_{i}}{\Delta x_i} + (1-\theta) \frac{Q^{j}_{i+1} - Q^{j}_{i}}{\Delta x_i} = 0 \qquad (12)$$

$$\frac{1}{g\,\tilde{A}}\left[\frac{Q^{j+1}_{i+1} + Q^{j+1}_{i}}{2\,\Delta t} - \frac{Q^{j}_{i+1} + Q^{j}_{i}}{2\,\Delta t}\right] + \frac{2\,\beta\,\tilde{Q}}{g\,A^2}\left[\theta \frac{Q^{j+1}_{i+1} - Q^{J+1}_{i}}{\Delta x_i} + (1-\theta)\cdot\right.$$

$$\left. \cdot \frac{Q^{j}_{i+1} - Q^{j}_{i}}{\Delta xi} \right] - \frac{\beta\, Q^2}{g\, \widetilde{A}3} \frac{A^{j+1}_{i+1} - A^{j+1}_{i}}{\Delta xi} - \theta \frac{Z^{j+1}_{i+1} - Z^{j+1}_{i}}{\Delta xi} + (1 - \theta) \frac{Z^{j}_{i+1} - Z^{j}_{i}}{\Delta xi} +$$

$$+ \frac{K\, |\widetilde{Q}|}{\widetilde{A}^2\, \widetilde{R}4/3} \left[\chi \frac{Q^{j+1}_{i+1} + Q^{j+1}_{i}}{2} + (1 - \chi) \frac{Q^{j}_{i+1} + Q^{j}_{i}}{2} \right] - \frac{\varepsilon\, B}{g\, A} Va^2 \cos \alpha = 0$$

(13)

Las ecuaciones contienen 4 incógnitas:

$$Z^{j+1}_{i+1}, \; Z^{j+1}_{i}, \; Q^{j+1}_{i+1} \; y \; Q^{j+1}_{i}$$

Usando apropiadas condiciones de borde internas y externas y valores iniciales, es posible obtener la solución matricial para el conjunto de ecuaciones de flujo para todos los segmentos que componen la red, siendo el segmento la subdivisión primaria de una rama.

Para la solución del sistema de ecuaciones lineales el modelo utiliza el método de eliminación de Gauss usando, la estrategia de máximo pivot.

El método de eliminación gaussiano es un método de dos pasos. Por sucesivas combinaciones de ecuaciones los elementos de la matriz de los coeficientes debajo de la diagonal son eliminados para formar una matriz triangular superior. Después que la matriz triangular superior ha sido formada, las incógnitas son determinadas por sustitución hacia atrás.

La ecuación usada para eliminar las incógnitas en las otras ecuaciones es llamada "ecuación pivot". Eligiendo como ecuación pivot a aquella que tiene el mayor coeficiente en la columna puede ser minimizado el error por redondeo en el proceso de eliminación.

La solución de la matriz resulta en la determinación del nivel y el caudal al final de cada segmento.

A partir de las condiciones iniciales, esto es, valores de nivel y caudal en cada sección transversal al tiempo t(0), el cálculo se realiza paso a paso hasta el final de la simulación al tiempo t(n), a través de la sucesiva solución del sistema de ecuaciones. La matriz de coeficientes contiene cantidades conocidas al nivel de tiempo presente t(j), tanto como incógnitas

al nivel de tiempo t(j+1).

Aunque la técnica de solución directa (no iterativa) produce resultados aceptables cuando el paso del tiempo y la esquematización elegidas son apropiados, el procedimiento iterativo dentro del paso de tiempo es usado para refinar los resultados computados hasta un nivel de precisión especificado.

Las cantidades en el tiempo presente son obtenidas, tanto como los valores iniciales (al nivel de tiempo t(0)) o como los valores de la solución anterior derivada en el paso de tiempo previo. Las cantidades correspondientes al paso de tiempo siguiente son obtenidas inicialmente ya sea desde los valores presentes o por extrapolación y luego desde los más recientes valores derivados del proceso iterativo dentro del paso de tiempo.

b.3. Configuración del sistema

El modelo esquematiza al sistema por medio de un conjunto de ramas interconectadas. Las ramas se conectan entre sí a través de nodos o uniones internas. Hay dos tipos de nodos:

a) internos: son los lugares donde se unen 2 o más ramas.

b) externos: son los sitios en los cuales son especificadas las condiciones de borde externas del sistema y que pertenece a una sola rama.

Las ramas pueden ser subdivididas en segmentos, de acuerdo a factores geométricos e hidráulicos o computacionales.

b.4. Datos de condición inicial, de borde y geométricos

Las ecuaciones diferenciales de escurrimiento gradualmente variado necesitan las condiciones iniciales y de borde o contorno de las variables dependientes, para poder ser resueltas dentro de la región delimitada por estas condiciones.

Por lo tanto, el modelo requiere 3 conjuntos de datos para ejecutar la simulación del flujo:

a) Condiciones iniciales:

Son los valores iniciales (en el tiempo t(0)) de las incógnitas, altura y caudal, en todas las secciones transversales.Normalmente estos datos son desconocidos, por lo que es necesario estimarlos. Algunas maneras de obtenerlos son:

i. cuando la condición inicial es de un escurrimiento permanente en un canal o río, los valores pueden ser determinados a través del cálculo de remanso del tramo en estudio;
ii. las condiciones en los límites son conocidas, por lo que se pueden estimar los valores intermedios por interpolación;
iii. en el caso del ítem anterior es posible obtener los valores a través de la simulación, manteniendo constante las

condiciones en los límites, después de algunos intervalos de tiempo, se converge a una solución de escurrimiento permanente que puede ser usado como condición inicial.

Si esas condiciones iniciales no son del todo correctas, en los primeros pasos de tiempo desaparecen las influencias de esta condición y las soluciones convergen a un mismo valor. Por lo tanto, se debe prever un tiempo suficiente de estabilización, en cada corrida del modelo, para disipar los errores.

b) Condiciones de borde:

La especificación de las condiciones en los límites externos del sistema es función del régimen a ser simulado. Cuando el régimen es subcrítico, como en el caso que nos ocupa, se deben especificar dos condiciones: una de aguas arriba y otra de aguas abajo, ya que los efectos se propagan según las líneas características. En los límites internos (uniones de ramas) se especifican condiciones de compatibilidad de alturas y caudales.

Por lo tanto, podemos definir dos tipos:

1. En las uniones internas: son condiciones de compatibilidad de altura y caudal. La asignación de estas condiciones de borde interna es ejecutada automáticamente por el modelo; usando la identificación de ramas y uniones el programa construye las ecuaciones de condiciones de borde interna y llena los elementos apropiados de la matriz de coeficientes. Las condiciones de compatibilidad para una unión interna k compuesta de n ramas son:

Para caudales:

$$\sum_{m=1}^{n} Qm = Wk \qquad (14)$$

donde:

Wk : flujo externo especificado en el nodo interno k, que puede tomar valores positivos, negativos o nulos.

Todas las entradas y salidas significativas a la red deben ser determinadas y especificadas en la implementación del modelo, pudiendo ser insertadas tanto en nodos internos como en cada segmento. Esto permite la simulación de inyecciones de caudal provenientes de afluentes de menor orden o de aportes laterales de cuenca en cualquier tramo de discretización del cauce (despreciándose en este caso las pérdidas de energía).

La condición de compatibilidad de alturas es:

$$Zm = Zm+1 \ , \quad m = 1, 2, \ldots\ldots n-1$$

En consecuencia, en una unión interna de n ramas hay una condición de continuidad de caudales y n-1 condiciones de compatibilidad de alturas.

2. En las uniones externas: consisten en limnigramas, hidrogramas o una curva de descarga, los cuales deben ser especificados por el usuario del modelo.

c) Geometría del sistema:

En la forma de tablas altura-área-ancho para las secciones transversales.

b.5. Parámetros de control computacional

La determinación de valores apropiados de los parámetros de control computacional es importante porque ellos tienen un efecto sobre la precisión, convergencia y estabilidad del modelo. Son 4 los parámetros de mayor significación en el control computacional: el incremento de tiempo de simulación Δt, la longitud de los segmentos Δx, y los factores de ponderación de diferencias finitas θ y x.

Tanto en técnicas de diferencias finitas explícitas o en el método de las características es necesario, para asegurar condiciones de estabilidad computacional, acotar la relación incremento de tiempo-longitud de segmento a la restricción de Courant:

$$\Delta t / \Delta x \leq 1 / \left| v \pm (g H)^{1/2} \right| \qquad (15)$$

donde:

Δt : incremento de tiempo
Δx : incremento de distancia (o longitud de segmento)
v : velocidad media del flujo
g : aceleración de la gravedad
H : profundidad del flujo

Esta restricción no es aplicable, en un sentido matemático riguroso, a la técnica de solución implícita, tal como la usada en este modelo de red de canales; sin embargo dicha condición puede considerarse como un valor solamente indicativo para la selección del incremento de tiempo en soluciones implícitas.

El paso de tiempo usado en el modelo puede exceder el valor de Courant sin una pérdida significativa de precisión en los resultados computados. La cantidad por la cual la condición de Courant puede ser excedida, es una función del factor de ponderación θ y de la relación entre las longitudes del segmento y de la onda. Usualmente, en el análisis de flujo unidimensional las longitudes de segmento son establecidas en el orden de 10

veces el ancho del curso.

La selección de valores apropiados para θ y x dependen, principalmente, de las condiciones de flujo particulares que están siendo simuladas y de las propiedades geométricas del prototipo. Para muchas condiciones de flujo variado un valor razonable para θ parece estar entre 0.6 y 1.0. La experiencia computacional muestra que valores de θ menores de 0.6 generan una pseudoinestabilidad (modo computacional inaceptable). Un valor de θ igual a 1 (técnica completamente avanzada) provee de mayor estabilidad computacional. Sin embargo, en ocasiones, esta condición genera un amortiguamiento numérico de la onda computada. Tal amortiguamiento tiende a incrementarse en proporción al incremento del paso de tiempo computacional.

4.1. IMPLEMENTACION DEL MODELO

El sistema comprende un tramo del río Gualeguaychú, de 54 km de longitud, comprendido entre Paso La Centella y su desembocadura en el río Uruguay y el arroyo Gualeyán, entre el puente del Ferrocarril Gral. Urquiza y la confluencia con el Gualeguaychú.

La representación de la geometría se realizó utilizando la información planialtimétrica correspondiente a 12 perfiles topobatimétricos, relevados específicamente para este estudio, a saber: F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P1 y P2 (plano Nº 5 y figuras Nº 2 a Nº 13), con el apoyo de cártas topográficas del IGM, en escala 1:50.000, y de la interpretación de fotografías aéreas del área, período 1964/1965, en escala 1:20.000.

A efectos de realizar la configuración topológica del sistema se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

a) Las características físicas, tanto en lo referente a la ubicación planimétrica de los aportes laterales al tramo de río en estudio, como a la geometría propia del curso, de modo de representar adecuadamente las variaciones de la misma.

b) La infraestructura vial, que introduce modificaciones en las condiciones naturales de escurrimiento, como los terraplenes y puentes de las rutas Nac. Nº 14, Nº 136 y ex-14 y la ruta Prov. Nº 20.

c) El condicionante numérico, dado por la relación entre los incrementos de tiempo y longitud de segmento.

La esquematización resultante se muestra en el plano Nº 6. La misma consiste en un conjunto de 6 ramas, 55 perfiles, 3 nodos externos y 3 nodos internos.

Las ramas y los perfiles que conforman el sistema son los siguientes:

Rama	Cant.Perf.	Perfiles
1	21	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13 14-15-16-17-18-19-20-820
2	11	21-22-23-24-25-26-27-28-29-30
3	9	32-33-34-35-36-37-38-39-40
4	3	841-41-941
5	3	842-42-942
6	8	43-44-45-46-47-48-49-50

Los perfiles 820, 841, 842, 941, 942 son semejantes a los perfiles 20,41 y 42 y son necesarios para conformar los nodos.

La geometría del sistema, representada por las relaciones cota-área-ancho correspondientes a las secciones transversales, se muestran en las tablas Nº 1 a Nº 10.

Estas relaciones se calculan por medio de un programa computacional, cuya salida es una tabla para cada perfil, en la cual se tienen por separado el área y el ancho para el cauce principal y el valle de inundación.

Para representar la configuración del perfil son necesarias las progresivas transversales y las cotas de los puntos que lo definen.

Mediante la graficación del perfil y la ayuda de fotogramas, cartas planialtimétricas y las libretas de campo se verificó cada uno de los relevados. Esta misma metodología se utilizó para construir los perfiles interpolados, trabajo en el que se puso especial atención ya que estos perfiles representan más de las tres cuarta partes del total.

Los nodos externos se ubicaron en aquellas secciones que son entradas o salidas del sistema, a saber: secciones Nº 1, Nº 21 y Nº 50. Esta última sección se ubica coincidente con la escala Boca Gualeguaychú y la condición de borde para la misma es una función altura-tiempo. Las condiciones de borde de los restantes son funciones caudal-tiempo.

La ubicación de los aportes laterales se consideró de acuerdo a una configuración proporcionada por el Comitente, resultante de aplicar un modelo de transformación lluvia-caudal de onda cinemática. Los aportes correspondientes a los segmentos de cauce se ubicaron en las confluencias respectivas, mientras que los de los segmentos de cuenca se consideraron distribuídos en los segmentos correspondientes del modelo hidrodinámico.

Los nodos internos se ubicaron en:

a)La confluencia del río Gualeguaychú con el Aº Gualeyán. Se representa por los perfiles 820, 31 y 32.

b)Comienzo de la bifurcación del río Gualeguaychú, ubicada frente a la ciudad homónima, originada por la isla Libertad. Se representa por los perfiles 40, 841 y 842.

c)Fin de la bifurcación. Se realiza con los perfiles 43, 941 y 942.

La consideración de esta bifurcación por medio de 2 ramas en la esquematización, permite cuantificar la distribución de caudales en el área de influencia de las obras de defensa y evaluar en forma más precisa los valores de las variables hidrológicas en el brazo del río Gualeguaychú ubicado entre la isla y la ciudad.

La infraestructura vial influye en las condiciones de escurrimiento ya que, en general, los terraplenes de acceso a los puentes y aliviadores originan una reducción de la sección natural de escurrimiento.

Esto ocasiona que, durante crecidas importantes, se produzca una contracción del flujo debajo de los puentes, un efecto de remanso temporario hacia aguas arriba de los mismos y una cierto amortiguamiento de la onda de crecida. Para representar este proceso, en cada sección donde se presentan puentes y/o aliviadores, se esquematiza el sistema por medio de 3 perfiles, uno ubicado inmediatamente aguas arriba del puente, otro aguas abajo y un tercero, representativo de la geometría de éste.

En la zona de influencia de las futuras obras de defensa contra inundaciones de la ciudad de Gualeguaychú se redujo la longitud de los segmentos a efectos de disponer de una mayor densidad de información de niveles, velocidades medias y caudales computados.

La sección Nº 41 se ubica coincidente con la escala Puerto Gualeguaychú de modo de poder comparar los niveles computados en la misma con los niveles observados en dicha escala.

4.2. CALIBRACION Y VERIFICACION

Un modelo matemático hidrodinámico es una representación discreta y simplificada de un sistema de escurrimiento continuo y complejo.

La geometría de tres dimensiones es representada por elementos equivalentes de una o dos dimensiones y el flujo es asumido como que obedece a ecuaciones diferenciales que contienen coeficientes empíricos.

La calibración del modelo consiste en ajustar las dimensiones de los elementos geométricos simplificados y los valores de los coeficientes empíricos, de tal manera que el modelo reproduzca, lo más fielmente posible, los eventos naturales. El resultado final de la calibración es obtener la mejor coincidencia entre los limnigramas e hidrogramas observados y computados.

El potencial del modelo para reproducir y predecir eventos reales depende de la calidad de la calibración, que a su vez es función de la cantidad y calidad de los datos geométricos e hidráulicos disponibles, además de la configuración topológica del sistema.

La calibración de los parámetros de conductancia del modelo se realizó aplicando el método de prueba y error, buscando la mejor correspondencia entre los niveles observados y computados en el hidrómetro de Puerto Gualeguaychú y realizando una comparación con los hidrogramas resultantes de la calibración del modelo hidrológico, en distintas secciones transversales donde el efecto de remanso del río Uruguay es pequeño o nulo.

A tal efecto se seleccionaron las crecidas de marzo de 1966 y setiembre de 1972, de las cuales se dispone de los limnigramas observados en las escalas de Puerto y Boca Gualeguaychú y de los hidrogramas sintéticos de entrada al sistema por los bordes externos: río Gualeguaychú, perfil Nº 1 y Aº Gualeyán, perfil Nº 21, además de los correspondientes a los aportes laterales. Estos hidrogramas sintéticos fueron generados por el modelo hidrológico.

No se pudo calibrar con la crecida de 1978 debido a que no se posee los datos de Boca Gualeguaychú porque se destruyó la estación y el mareógrafo en esa fecha. Como se tienen los datos de Fray Bentos, se trató de reconstruir el limnigrama en Boca, realizándose varias corridas con distintos limnigramas sintéticos. Como los resultados no dependen solamente de las alturas de pelo de agua, sino también del gradiente de ellas, se estimó que eran muchas las incertidumbres como para utilizar esta crecida para calibrar.

Las alturas en Boca Gualeguaychú fueron utilizadas como condición de borde externo para representar los niveles en la desembocadura del Gualeguaychú en el río Uruguay.

Para las crecidas de marzo de 1966 y setiembre de 1972 se presentan las siguientes figuras:

Nº 14, Nº 15, Nº 22 y Nº 23: hidrogramas de entrada al sistema, proporcionados por el Comitente, correspondientes a los perfiles Nº 1 y Nº 21.

Nº 16, Nº 17, Nº 24 y Nº 25: limnigramas simulados en los perfiles Nº 1 y N º 21.

Nº 18 y Nº 26: hidrogramas simulados en: confluencia del Gualeyán y Gualeguaychú (perfiles Nº 820 y Nº 31), al fin de la isla Libertad (perfil Nº 43) y la salida del sistema (perfil Nº 50).

Nº 19 y Nº 27: niveles de pelo de agua observados y simulados en Puerto Gualeguaychú (perfil Nº 41).

Nº 20 y Nº 28: hidrogramas correspondientes a los brazos derecho e izquierdo del río Gualeguaychú en Puerto Gualeguaychú (perfiles Nº 41 y Nº 42) y antes de la bifurcación (perfil Nº 40).

Nº 21 y Nº 29: velocidades medias en el cauce principal simuladas (perfil Nº 41).

Se puede observar una muy buena correspondiencia entre los valores observados y calculados, ya que las diferencias en el pico son de 1 cm en la crecida de 1966 y de 2 cm en la 1972.

Las crecidas utilizadas para calibrar fueron generadas por tormentas de distinta distribución espacial. En la de 1966, la mayor parte del caudal en Puerto Gualeguaychú fue aportado por la cuenca media y baja, principalmente el Aº Gualeyán; en cambio, en la de 1972, la distribución fue más homogénea.

Considerando que el modelo obtiene buenas respuestas a ambas crecidas, se estima que se ha llegado a una muy buena calibración para eventos máximos.

4.3. EXPLOTACION Y EVALUACION DE INCERTIDUMBRES

4.3.1. EVALUACION DE INCERTIDUMBRES

a. Coeficiente de ponderación θ

Se simuló la crecida de 1966 para diferentes θ, siendo los valores utilizados: 1.0, 0.70, 0.60 y 0.55.

Los limnigramas e hidrogramas resultan prácticamente iguales, existiendo una diferencia máxima de 3 cm, entre el pico generado con θ=1.0 y θ=0.55, correspondiendo la menor altura al valor de 1.0.

Como los gradientes de altura y caudal son significativos, se trabajó con $\theta=1.0$, que es el valor del coeficiente que mayor estabilidad asegura en la simulación. Las diferencias arriba mencionadas no parecen de relevancia (0.5% de la altura pico) como para adoptar otro valor.

b. Delta t

Se realizaron corridas con la crecida de 1966 para los siguientes valores de delta t: 360, 180, 60 y 40 minutos.

La variación del pico fue:

entre 360 y 180 minutos ----> 6 cm
entre 180 y 60 minutos ----> 2 cm
entre 60 y 40 minutos ----> 1 cm

La precisión con que se trabaja para parar las iteraciones es de 1 cm, por lo que se adoptó un paso de tiempo de 180 minutos, que es compatible con el del modelo hidrológico que es de 120 minutos.

4.3.2. EXPLOTACION

1. Desvío CAÑADA UNZUE

Una opción para bajar el pico de las crecidas es la de desviar caudales por medio de un canal, lo que determinaría un descenso de la cota de coronamiento del terraplén de defensa.

Se estudiaron 3 alternativas de desvío por la cañada Unzué, utilizando siempre el mismo canal excavado en ella, cuya traza comienza en el segmento comprendido entre los perfiles 37 y 38. Se optó por simular para este estudio la crecida de 1966.

El canal diseñado, a nivel de prefactibilidad, es de sección trapezoidal, con un ancho de boca de 100 m y 50 m de base, con una profundidad de 2 m. Utiliza, en el desborde, a la cañada como "valle de inundación", en un ancho de 1000 m.

A continuación se describen las características distintivas de cada alternativa:

Alternativa I: el canal desemboca en el río Gualeguaychú en las inmediaciones del perfil 46 y tiene una longitud de 5600 m.

Alternativa II: la finalización de la traza se encuentra en el perfil 47, con una longitud de 6400 m.

Alternativa III: la salida es directa al río Uruguay, con una longitud de 12400 m.

BIBLIOTECA Manuel Belgrano

La alternativa III es la mejor en cuanto al descenso de caudales y cota de pelo de agua frente a la ciudad de Gualeguaychú, pero el movimiento de tierra es casi del doble que las otras dos.

Se presenta en la figura Nº 30, para la crecida de 1966, los niveles de pelo de agua en Puerto Gualeguaychú, para las tres alternativas y para el estado actual del sistema.

En la figura Nº 31, también para la de 1966, se pueden observar los caudales en Puerto, sin desvío y con la alternativa II.

2. Otras corridas de explotación

Se realizaron otras corridas de explotación solicitadas por el Comitente, a saber:

a. Crecida de 1978:

A. con desvío alternativa I.
B. con embalses en arroyo Gená y río Gualeguaychú.
C. con A y B simultáneos.

De esta crecida no se cuenta con el limnigrama correspondiente de Boca Gualeguaychú, de suma importancia para la simulación, porque representa una condición de borde externa, que es además la que mayor influencia tiene sobre la ciudad de Gualeguaychú.

Se trató de reconstruir lo más fielmente posible este limnigrama, realizando corridas con distintas formas, cotas máximas y gradientes, teniendo como objetivo ajustar las alturas observadas en Puerto.

Durante esta crecida el río Uruguay se mantuvo en alturas bajas, de acuerdo al registro del hidrómetro de Fray Bentos. Es decir que el Uruguay no influyó con su remanso sobre las alturas producidas en el río Gualeguaychú.

Se puede observar en las figuras Nº 32 y 33 los limnigramas e hidrogramas de cada caso, contrastados con los simulados de la crecida observada.

b. Crecida de 1972:

A. con desvío alternativa I.
B. con ambos embalses.
C. con A y B simultáneos.

Se presentan en las figuras Nº 34 y 35 los limnigramas e hidrogramas correspondientes.

Esta es la crecida sobre la que mejores resultados se obtienen para bajar el pico en Puerto, debido a que los embalses atenúan bastante el hidrograma del Gualeguaychú y además, se tiene una buena pendiente para evacuar caudales por el canal de la cañada Unzué.

c. Crecida de 1966:

B. con ambos embalses.
C. con B y alternativa cañada Unzué I simultáneos.

Como nos muestran las figuras Nº 36 y 37, la construcción de los embalses en la parte superior y media de la cuenca prácticamente no atenúa esta crecida, debido a que la mayor parte de los caudales en Puerto los aporta el arroyo Gualeyán.

Si se agregara algún embalse en esta cuenca inmediata se correría el peligro de demorar la llegada de los mayores caudales y podría ocurrir que la situación se volviese más crítica, al sumarse estos caudales máximos del Gualeyán a los máximos del Gualeguaychú, que en la situación actual siempre llegan desfasados.

d. Crecida de 1959:

A. con desvío alternativa I.
B. con ambos embalses.
C. con A y B simultáneos.

Es sobre esta crecida en donde menores efectos causan las hipotéticas obras de regulación y desvío de caudales. Esto se debe a que esta crecida fue ocasionada por el remanso del río Uruguay, que tuvo en esa fecha una crecida extraordinaria.

En este evento, la altura del pelo de agua en Puerto dependió prácticamente sólo de los niveles de aguas abajo. Esto se puede concluir al computar que las obras, actuando simultáneamente, disminuyen el caudal pico en un 32% y sin embargo, la cota desciende solamente 2 cm.

Los hidrogramas resultantes se muestran en la figura Nº 38.

A continuación se presentan cuadros que resumen los resultados de las corridas de explotación 2.a, 2.b, 2.c y 2.d, para los perfiles Nº 40 (aguas arriba de la bifurcación debida a la isla Libertad) y Nº 41 (situado en el hidrómetro de Puerto Gualeguaychú).

CRECIDA DE 1966

PERFIL Nº 40

	Simulación Crec. Obs.	Alternativa A	B	C
Caudal máximo (m3/s)	1980	1679	1903	1605
Veloc. med. máx. (m/s)	1.11	1.00	1.06	0.96
Cota Sim. máx - Cota máx. Altern. (m IGM)	0.00	-0.21	-0.09	-0.24

PERFIL Nº 41

	Simulación Crec. Obs.	Alternativa A	B	C
Caudal máximo (m3/s)	1423	1273	1398	1208
Veloc. med. máx. (m/s)	1.78	1.67	1.78	1.60
Cota Obs. máx - Cota máx. Altern. (m IGM)	0.00	-0.21	-0.09	-0.24

Cota IGM observada hidrómetro Puerto Gualeguaychú: 4.94

Alternativa: A: desvio cañada Unzué Alt.I
B: con embalses en cuenca
C: con alt.A y B conjuntas

CRECIDA DE 1972

PERFIL Nº 40

	Simulación Crec. Obs.	Alternativa A	B	C
Caudal máximo (m3/s)	2533	2096	2009	1683
Veloc. med. máx. (m/s)	1.27	1.08	1.06	0.95
Cota Sim. máx - Cota máx. Altern. (m IGM)	0.00	-0.12	-0.21	-0.36

PERFIL Nº 41

	Simulación Crec. Obs.	Alternativa A	B	C
Caudal máximo (m3/s)	1665	1404	1398	1211
Veloc. med. máx. (m/s)	1.84	1.60	1.75	1.59
Cota Obs. máx - Cota máx. Altern. (m IGM)	0.00	-0.11	-0.19	-0.34

Cota IGM observada hidrómetro Puerto Gualeguaychú: 5.15

Alternativa:
A: desvío cañada Unzué Alt.I
B: con embalses en cuenca
C: con alt.A y B conjuntas

CRECIDA DE 1978

PERFIL Nº 40

	Simulación Crec. Obs.	Alternativa A	B	C
Caudal máximo (m3/s)	4055	3289	3202	2665
Veloc. med. máx. (m/s)	1.68	1.43	1.45	1.26
Cota Sim. máx - Cota máx. Altern. (m IGM)	0.00	-0.13	-0.23	-0.32

PERFIL Nº 41

	Simulación Crec. Obs.	Alternativa A	B	C
Caudal máximo (m3/s)	2375	1990	1977	1669
Veloc. med. máx. (m/s)	2.24	1.95	2.04	1.80
Cota Obs. máx - Cota máx. Altern. (m IGM)	0.00	-0.11	-0.21	-0.29

Cota IGM observada hidrómetro Puerto Gualeguaychú: 6.53

Alternativa: A: desvío cañada Unzué Alt.I
B: con embalses en cuenca
C: con alt.A y B conjuntas

CRECIDA DE 1959

PERFIL Nº 40

	Simulación Crec. Obs.	Alternativa A	B	C
Caudal máximo (m3/s)	1760	1448	1516	1248
Veloc. med. máx. (m/s)	0.89	0.76	0.69	0.60
Cota Sim. máx - Cota máx. Altern. (m IGM)	0.00	-0.01	-0.02	-0.02

PERFIL Nº 41

	Simulación Crec. Obs.	Alternativa A	B	C
Caudal máximo (m3/s)	1154	994	927	783
Veloc. med. máx. (m/s)	1.38	1.22	1.15	1.00
Cota Obs. máx - Cota máx. Altern. (m IGM)	0.00	-0.01	-0.02	-0.02

Cota IGM observada hidrómetro Puerto Gualeguaychú: 6.79

Alternativa: A: desvío cañada Unzué Alt.I
B: con embalses en cuenca
C: con alt. A y B conjuntas

e. Crecida de recurrencia 250 años con alturas en Fray Bentos de probabilidad 0.5.

Se tomó como hidrograma base, en cuanto a la forma, el correspondiente a la creciente de 1978, multiplicando las ordenadas, de cada hidrograma de entrada al sistema, por la relación entre los picos de la de 1978 y la de recurrencia 250 años.

Se presenta a continuación un cuadro resumen de los resultados en los perfiles Nº 40 y 41.

CRECIDA DE RECURRENCIA 250 AÑOS

	PERFIL Nº 40	PERFIL Nº 41
Caudal máximo (m3/s)	4544	2654
Veloc. med. máx. (m/s)	1.81	2.36
Sobreelevación con respecto a la crec. 1978 (m)	0.12	0.12

4.3.3. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Se realizaron corridas de sensibilidad variando el coeficiente de resistencia al escurrimiento, en más y en menos un 5%, para la crecida de 1966. Los resultados no tienen un cambio importante debido a estas variaciones y se encuentran dentro de los valores de error esperables en la simulación de un sistema como el que nos ocupa.

En las figuras Nº 39 y 40 se pueden observar los limnigramas e hidrogramas correspondientes, tanto para el incremento como para el descenso del 5%, para el perfil Nº 41.

En el cuadro siguiente se presentan los resultados obtenidos.

CRECIDA DE 1966

	PERFIL Nº 40		PERFIL Nº 41	
	+5%	-5%	+5%	-5%
Caudal máximo (m3/s)	2000	2033	1350	1520
Veloc. med. máx. (m/s)	1.04	1.13	1.67	1.91
Variación Cota (m IGM)	0.05	-0.06	0.06	-0.07

T A B L A S

Nº 1 a 10: Cota, área y ancho de los perfiles transversales.

RIO GUALEGUAYCHU

PERFIL 1			PERFIL 2			PERFIL 3			PERFIL 4			PERFIL 5		
COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]
4.25	4.	23.	4.25	5.	24.	4.25	6.	31.	4.25	4.	15.	4.00	4.	15.
4.50	12.	35.	4.50	12.	31.	4.50	16.	48.	4.50	8.	19.	4.25	8.	18.
4.75	22.	43.	4.75	21.	36.	4.75	29.	53.	4.75	13.	23.	4.50	13.	22.
5.00	34.	52.	5.00	30.	40.	5.00	43.	57.	5.00	23.	51.	4.75	21.	58.
5.25	48.	61.	5.25	40.	43.	5.25	58.	61.	5.25	37.	58.	5.00	37.	66.
5.50	64.	67.	5.50	51.	45.	5.50	73.	68.	5.50	52.	65.	5.25	54.	73.
5.75	81.	70.	5.75	63.	47.	5.75	92.	76.	5.75	70.	72.	5.50	73.	81.
6.00	99.	74.	6.00	75.	48.	6.00	111.	77.	6.00	88.	80.	5.75	95.	89.
6.25	118.	77.	6.25	87.	50.	6.25	133.	96.	6.25	110.	93.	6.00	118.	103.
6.50	138.	81.	6.50	100.	51.	6.50	158.	107.	6.50	135.	106.	6.25	146.	120.
6.75	159.	85.	6.75	113.	54.	6.75	186.	121.	6.75	163.	120.	6.50	179.	138.
7.00	181.	91.	7.00	127.	56.	7.00	218.	135.	7.00	195.	131.	6.75	215.	153.
7.25	204.	96.	7.25	141.	59.	7.25	254.	152.	7.25	229.	143.	7.00	255.	167.
7.50	229.	101.	7.50	156.	61.	7.50	295.	171.	7.50	266.	156.	7.25	299.	182.
7.75	255.	106.	7.75	171.	63.	7.75	338.	177.	7.75	307.	169.	7.50	346.	198.
8.00	282.	111.	8.00	187.	65.	8.00	383.	184.	8.00	384.	479.	7.75	398.	213.
8.25	310.	115.	8.25	204.	67.	8.25	430.	190.	8.25	534.	695.	8.00	493.	752.
8.50	340.	120.	8.50	221.	69.	8.50	479.	207.	8.50	746.	1105.	8.25	711.	962.
8.75	370.	125.	8.75	239.	94.	8.75	535.	239.	8.75	1066.	1366.	8.50	1050.	1614.
9.00	413.	268.	9.00	276.	243.	9.00	596.	244.	9.00	1414.	1419.	8.75	1463.	1689.
9.25	529.	679.	9.25	359.	390.	9.25	657.	244.	9.25	1775.	1468.	9.00	1894.	1751.
9.50	732.	930.	9.50	477.	615.	9.50	718.	244.	9.50	2145.	1491.	9.25	2336.	1784.
9.75	1040.	1474.	9.75	650.	767.	9.75	779.	244.	9.75	2521.	1519.	9.50	2786.	1816.
10.00	1454.	1852.	10.00	865.	936.	10.00	840.	245.	10.00	2904.	1546.	9.75	3244.	1849.
10.25	1961.	2102.	10.25	1103.	967.	10.25	901.	245.	10.25	3294.	1574.	10.00	3711.	1882.
10.50	2493.	2150.	10.50	1347.	986.	10.50	963.	245.	10.50	3691.	1602.	10.25	4185.	1916.
10.75	3036.	2192.	10.75	1596.	1004.	10.75	1024.	245.	10.75	4096.	1631.	10.50	4669.	1950.
11.00	3589.	2230.	11.00	1849.	1020.	11.00	1085.	245.	11.00	4507.	1659.	10.75	5161.	1986.
11.25	4151.	2268.	11.25	2107.	1039.	11.25	1146.	245.	11.25	4925.	1685.	11.00	5661.	2017.
11.50	4723.	2311.	11.50	2369.	1058.	11.50	1208.	245.	11.50	5350.	1718.	11.25	6169.	2053.
11.75	5306.	2350.	11.75	2634.	1064.	11.75	1269.	245.	11.75	5784.	1753.	11.50	6687.	2093.
12.00	5894.	2350.	12.00	2900.	1064.	12.00	1330.	246.	12.00	6227.	1789.	11.75	7216.	2137.

TABLA Nº1

RIO GUALEGUAYCHU

PERFIL 6			PERFIL 7			PERFIL 8			PERFIL 9			PERFIL 10		
COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]
3.50	1.	11.	3.50	4.	14.	.00	6.	19.	-.50	3.	15.	-1.00	2.	13.
3.75	4.	14.	3.75	8.	18.	.25	11.	21.	-.25	8.	21.	-.75	6.	16.
4.00	8.	18.	4.00	12.	21.	.50	17.	23.	.00	13.	26.	-.50	11.	20.
4.25	13.	22.	4.25	18.	24.	.75	23.	25.	.25	21.	30.	-.25	16.	24.
4.50	19.	51.	4.50	33.	68.	1.00	29.	27.	.50	28.	33.	.00	22.	27.
4.75	33.	58.	4.75	51.	76.	1.25	36.	30.	.75	37.	35.	.25	30.	31.
5.00	48.	64.	5.00	71.	85.	1.50	44.	32.	1.00	46.	38.	.50	37.	33.
5.25	65.	71.	5.25	93.	93.	1.75	52.	34.	1.25	56.	40.	.75	46.	36.
5.50	84.	78.	5.50	117.	104.	2.00	61.	36.	1.50	66.	42.	1.00	55.	38.
5.75	104.	89.	5.75	146.	123.	2.25	70.	38.	1.75	77.	45.	1.25	65.	41.
6.00	129.	104.	6.00	179.	142.	2.50	80.	40.	2.00	88.	47.	1.50	76.	44.
6.25	157.	120.	6.25	217.	160.	2.75	90.	42.	2.25	101.	50.	1.75	87.	46.
6.50	188.	133.	6.50	258.	175.	3.00	101.	44.	2.50	113.	52.	2.00	99.	49.
6.75	223.	146.	6.75	304.	192.	3.25	112.	46.	2.75	127.	55.	2.25	111.	51.
7.00	261.	160.	7.00	354.	209.	3.50	128.	65.	3.00	141.	58.	2.50	124.	53.
7.25	303.	173.	7.25	410.	275.	3.75	145.	67.	3.25	156.	61.	2.75	138.	55.
7.50	354.	297.	7.50	528.	694.	4.00	162.	70.	3.50	172.	65.	3.00	152.	57.
7.75	474.	640.	7.75	737.	950.	4.25	179.	72.	3.75	188.	69.	3.25	167.	60.
8.00	659.	843.	8.00	1039.	1534.	4.50	206.	112.	4.00	206.	72.	3.50	182.	62.
8.25	937.	1360.	8.25	1472.	1813.	4.75	235.	120.	4.25	227.	99.	3.75	198.	65.
8.50	1300.	1485.	8.50	1934.	1881.	5.00	266.	128.	4.50	253.	107.	4.00	215.	83.
8.75	1678.	1540.	8.75	2412.	1939.	5.25	299.	137.	4.75	281.	116.	4.25	237.	89.
9.00	2069.	1578.	9.00	2901.	1970.	5.50	334.	146.	5.00	311.	125.	4.50	260.	96.
9.25	2467.	1605.	9.25	3398.	2006.	5.75	372.	158.	5.25	343.	134.	4.75	285.	102.
9.50	2872.	1635.	9.50	3904.	2043.	6.00	413.	170.	5.50	378.	147.	5.00	311.	108.
9.75	3284.	1664.	9.75	4419.	2080.	6.25	457.	182.	5.75	417.	160.	5.25	339.	117.
10.00	3704.	1694.	10.00	4944.	2117.	6.50	504.	196.	6.00	458.	173.	5.50	369.	126.
10.25	4131.	1724.	10.25	5478.	2155.	6.75	555.	212.	6.25	503.	187.	5.75	402.	136.
10.50	4566.	1756.	10.50	6022.	2192.	7.00	610.	228.	6.50	552.	203.	6.00	437.	146.
10.75	5008.	1784.	10.75	6574.	2226.	7.25	669.	243.	6.75	605.	220.	6.25	475.	157.
11.00	5458.	1814.	11.00	7136.	2271.	7.50	739.	425.	7.00	662.	237.	6.50	516.	169.

TABLA N°2

RIO GUALEGUAYCHU

PERFIL 11			PERFIL 12			PERFIL 13			PERFIL 14			PERFIL 15		
-.75	12.	23.	-1.00	16.	24.	-1.50	15.	27.	-1.75	20.	33.	-2.00	19.	29.
-.25	26.	30.	-.50	29.	31.	-1.00	30.	33.	-1.25	38.	39.	-1.50	35.	34.
.25	42.	35.	.00	46.	36.	-.50	48.	38.	-.75	59.	45.	-1.00	53.	39.
.75	61.	40.	.50	65.	41.	.00	68.	42.	-.25	83.	50.	-.50	73.	43.
1.25	83.	45.	1.00	87.	47.	.50	90.	46.	.25	109.	55.	.00	96.	48.
1.75	107.	50.	1.50	112.	52.	1.00	114.	51.	.75	138.	61.	.50	121.	53.
2.25	133.	55.	2.00	139.	56.	1.50	141.	56.	1.25	170.	65.	1.00	149.	58.
2.75	162.	60.	2.50	169.	62.	2.00	170.	61.	1.75	204.	71.	1.50	179.	65.
3.25	193.	66.	3.00	201.	67.	2.50	202.	67.	2.25	241.	77.	2.00	213.	72.
3.75	232.	93.	3.50	243.	95.	3.00	243.	96.	2.75	288.	106.	2.50	261.	107.
4.25	282.	107.	4.00	294.	108.	3.50	294.	111.	3.25	344.	121.	3.00	319.	124.
4.75	339.	123.	4.50	352.	125.	4.00	353.	128.	3.75	409.	139.	3.50	386.	146.
5.25	406.	144.	5.00	419.	144.	4.50	423.	151.	4.25	484.	161.	4.00	466.	172.
5.75	484.	167.	5.50	497.	168.	5.00	504.	176.	4.75	571.	187.	4.50	559.	202.
6.25	574.	195.	6.00	588.	195.	5.50	599.	205.	5.25	672.	216.	5.00	668.	235.
6.75	685.	370.	6.50	753.	675.	6.00	728.	510.	5.75	832.	669.	5.50	884.	877.
7.25	1104.	1328.	7.00	1299.	1417.	6.50	1223.	1533.	6.25	1391.	1546.	6.00	1587.	1789.
7.75	1857.	1554.	7.50	2025.	1481.	7.00	2017.	1624.	6.75	2186.	1624.	6.50	2501.	1866.
8.25	2650.	1619.	8.00	2781.	1545.	7.50	2845.	1693.	7.25	3015.	1693.	7.00	3454.	1949.
8.75	3478.	1693.	8.50	3571.	1615.	8.00	3711.	1770.	7.75	3880.	1769.	7.50	4451.	2036.
9.25	4343.	1768.	9.00	4396.	1694.	8.50	4616.	1848.	8.25	4784.	1846.	8.00	5491.	2125.
9.75	5245.	1838.	9.50	5254.	1744.	9.00	5559.	1919.	8.75	5726.	1914.	8.50	6574.	2200.
10.25	6180.	1905.	10.00	6143.	1822.	9.50	6536.	1991.	9.25	6700.	1991.	9.00	7696.	2302.
10.75	7161.	2021.	10.50	7082.	1910.	10.00	7563.	2109.	9.75	7728.	2099.	9.50	8881.	2407.
11.25	8179.	2052.	11.00	8045.	1951.	10.50	8625.	2142.	10.25	8785.	2137.	10.00	10095.	2463.
11.75	9227.	2149.	11.50	9048.	2087.	11.00	9721.	2251.	10.75	9881.	2267.	10.50	11362.	2642.
12.25	10351.	2349.	12.00	10139.	2262.	11.50	10905.	2499.	11.25	11072.	2484.	11.00	12743.	2854.
12.75	11557.	2422.	12.50	11275.	2273.	12.00	12162.	2520.	11.75	12320.	2500.	11.50	14175.	2866.
13.25	12768.	2422.	13.00	12412.	2273.	12.50	13422.	2520.	12.25	13570.	2500.	12.00	15608.	2866.

TABLA Nº3

RIO GUALEGUAYCHU

PERFIL 16			PERFIL 17			PERFIL 18			PERFIL 19			PERFIL 20		
-3.00	7.	29.	-3.50	5.	26.	-3.75	6.	25.	-4.00	8.	32.	-4.00	8.	32.
-2.50	25.	41.	-3.00	23.	43.	-3.25	22.	38.	-3.50	28.	46.	-3.50	28.	46.
-2.00	50.	60.	-2.50	48.	60.	-2.75	45.	56.	-3.00	56.	67.	-3.00	56.	67.
-1.50	84.	75.	-2.00	84.	81.	-2.25	77.	70.	-2.50	94.	83.	-2.50	94.	83.
-1.00	123.	78.	-1.50	127.	87.	-1.75	113.	74.	-2.00	137.	87.	-2.00	137.	87.
-.50	162.	81.	-1.00	170.	89.	-1.25	150.	76.	-1.50	181.	90.	-1.50	181.	90.
.00	204.	85.	-.50	216.	94.	-.75	189.	80.	-1.00	227.	94.	-1.00	227.	94.
.50	247.	88.	.00	263.	97.	-.25	230.	83.	-.50	275.	98.	-.50	275.	98.
1.00	291.	89.	.50	313.	99.	.25	272.	85.	.00	324.	99.	.00	324.	99.
1.50	336.	90.	1.00	362.	100.	.75	314.	86.	.50	374.	101.	.50	375.	101.
2.00	382.	92.	1.50	413.	102.	1.25	358.	87.	1.00	425.	102.	1.00	425.	102.
2.50	428.	93.	2.00	464.	103.	1.75	401.	87.	1.50	476.	103.	1.50	479.	116.
3.00	479.	112.	2.50	519.	120.	2.25	448.	104.	2.00	533.	125.	2.00	542.	138.
3.50	540.	132.	3.00	584.	141.	2.75	505.	123.	2.50	601.	147.	2.50	617.	160.
4.00	611.	152.	3.50	660.	163.	3.25	571.	141.	3.00	680.	168.	3.00	702.	181.
4.50	692.	171.	4.00	747.	185.	3.75	646.	160.	3.50	770.	190.	3.50	872.	1063.
5.00	1105.	1564.	4.50	1035.	1531.	4.25	973.	1374.	4.00	1228.	1737.	4.00	1621.	1926.
5.50	2117.	2462.	5.00	2035.	2560.	4.75	1885.	2268.	4.50	2353.	2735.	4.50	2714.	2321.
6.00	3412.	2785.	5.50	3425.	2977.	5.25	3092.	2608.	5.00	3792.	3094.	5.00	3916.	2445.
6.50	4840.	2915.	6.00	4992.	3201.	5.75	4435.	2739.	5.50	5380.	3254.	5.50	5166.	2566.
7.00	6324.	3017.	6.50	6626.	3325.	6.25	5831.	2840.	6.00	7053.	3441.	6.00	6482.	2699.
7.50	7858.	3120.	7.00	8317.	3439.	6.75	7275.	2937.	6.50	8820.	3627.	6.50	7865.	2833.
8.00	9443.	3222.	7.50	10064.	3552.	7.25	8767.	3033.	7.00	10681.	3814.	7.00	9315.	2966.
8.50	11080.	3324.	8.00	11869.	3666.	7.75	10308.	3130.	7.50	12633.	3990.	7.50	10832.	3100.
9.00	12767.	3426.	8.50	13730.	3780.	8.25	11897.	3226.	8.00	14628.	3990.	8.00	12382.	3100.
9.50	14506.	3528.	9.00	15648.	3893.	8.75	13534.	3323.	8.50	16623.	3990.	8.50	13932.	3100.
10.00	16292.	3600.	9.50	17621.	3996.	9.25	15217.	3400.	9.00	18618.	3990.	9.00	15482.	3100.

TABLA N94

ARROYO GUALEYAN

PERFIL 21			PERFIL 22			PERFIL 23			PERFIL 24			PERFIL 25		
1.50	7.	17.	1.25	8.	18.	1.00	6.	15.	1.00	9.	27.	1.00	9.	27.
1.75	12.	21.	1.50	13.	22.	1.25	10.	19.	1.25	17.	35.	1.25	17.	36.
2.00	17.	25.	1.75	19.	26.	1.50	15.	23.	1.50	26.	37.	1.50	26.	41.
2.25	24.	29.	2.00	26.	30.	1.75	21.	27.	1.75	36.	40.	1.75	37.	47.
2.50	32.	33.	2.25	34.	34.	2.00	29.	31.	2.00	46.	42.	2.00	50.	52.
2.75	41.	36.	2.50	42.	36.	2.25	37.	34.	2.25	57.	44.	2.25	64.	58.
3.00	50.	39.	2.75	52.	39.	2.50	46.	36.	2.50	68.	47.	2.50	79.	63.
3.25	60.	42.	3.00	62.	41.	2.75	55.	37.	2.75	81.	64.	2.75	95.	69.
3.50	71.	45.	3.25	72.	43.	3.00	64.	39.	3.00	104.	172.	3.00	113.	74.
3.75	83.	48.	3.50	83.	46.	3.25	74.	40.	3.25	165.	283.	3.25	133.	87.
4.00	95.	51.	3.75	95.	48.	3.50	85.	42.	3.50	244.	336.	3.50	158.	116.
4.25	108.	54.	4.00	108.	51.	3.75	95.	43.	3.75	332.	372.	3.75	201.	241.
4.50	123.	66.	4.25	122.	65.	4.00	106.	49.	4.00	430.	408.	4.00	274.	323.
4.75	141.	83.	4.50	140.	82.	4.25	120.	64.	4.25	539.	467.	4.25	365.	405.
5.00	164.	100.	4.75	163.	99.	4.50	138.	80.	4.50	658.	480.	4.50	473.	457.
5.25	192.	117.	5.00	190.	115.	4.75	160.	95.	4.75	779.	489.	4.75	593.	504.
5.50	223.	142.	5.25	221.	141.	5.00	186.	111.	5.00	902.	498.	5.00	731.	582.
5.75	264.	180.	5.50	261.	174.	5.25	216.	127.	5.25	1028.	507.	5.25	880.	614.
6.00	313.	219.	5.75	308.	209.	5.50	250.	144.	5.50	1156.	516.	5.50	1040.	666.
6.25	373.	259.	6.00	365.	245.	5.75	288.	162.	5.75	1287.	530.	5.75	1213.	718.
6.50	443.	299.	6.25	431.	280.	6.00	331.	181.	6.00	1422.	553.	6.00	1399.	771.
6.75	523.	339.	6.50	505.	316.	6.25	378.	200.	6.25	1563.	575.	6.25	1606.	896.
7.00	627.	556.	6.75	608.	531.	6.50	431.	261.	6.50	1709.	597.	6.50	1846.	1002.
7.25	808.	888.	7.00	772.	776.	6.75	515.	402.	6.75	1861.	620.	6.75	2107.	1105.
7.50	1080.	1334.	7.25	1010.	1179.	7.00	633.	552.	7.00	2019.	642.	7.00	2421.	1565.
7.75	1486.	1758.	7.50	1349.	1426.	7.25	805.	805.	7.25	2183.	665.	7.25	2851.	1776.
8.00	1942.	1900.	7.75	1720.	1539.	7.50	1017.	892.	7.50	2351.	687.	7.50	3309.	1889.
8.25	2431.	1989.	8.00	2113.	1609.	7.75	1252.	977.	7.75	2524.	697.	7.75	3796.	2010.
8.50	2947.	2108.	8.25	2529.	1688.	8.00	1505.	1062.	8.00	2700.	707.	8.00	4316.	2157.
8.75	3479.	2143.	8.50	2955.	1722.	8.25	1774.	1093.	8.25	2879.	723.	8.25	4870.	2271.
9.00	4019.	2178.	8.75	3398.	1739.	8.50	2052.	1125.	8.50	3061.	739.	8.50	5445.	2327.
9.25	4569.	2224.	9.00	3825.	1767.	8.75	2335.	1140.	8.75	3248.	754.	8.75	6033.	2383.
9.50	5132.	2281.	9.25	4274.	1853.	9.00	2623.	1166.	9.00	3439.	770.	9.00	6639.	2504.

TABLA Nº5

ARROYO GUALEYAN

PERFIL 26			PERFIL 27			PERFIL 28			PERFIL 29			PERFIL 30		
.75	13.	33.	.25	10.	29.	-.25	8.	25.	-.50	31.	49.	-.75	29.	49.
1.00	22.	38.	.50	19.	36.	.00	15.	34.	-.25	44.	53.	-.50	41.	52.
1.25	32.	42.	.75	28.	39.	.25	24.	39.	.00	58.	56.	-.25	55.	55.
1.50	43.	46.	1.00	38.	43.	.50	35.	44.	.25	72.	60.	.00	69.	58.
1.75	56.	51.	1.25	49.	46.	.75	46.	49.	.50	87.	63.	.25	84.	62.
2.00	69.	55.	1.50	61.	50.	1.00	59.	54.	.75	104.	66.	.50	100.	65.
2.25	83.	59.	1.75	74.	53.	1.25	74.	59.	1.00	121.	70.	.75	116.	68.
2.50	96.	64.	2.00	88.	57.	1.50	89.	64.	1.25	138.	73.	1.00	134.	71.
2.75	115.	68.	2.25	102.	60.	1.75	105.	69.	1.50	157.	76.	1.25	152.	75.
3.00	134.	88.	2.50	118.	71.	2.00	123.	75.	1.75	177.	80.	1.50	171.	78.
3.25	162.	152.	2.75	138.	94.	2.25	145.	101.	2.00	197.	83.	1.75	191.	81.
3.50	213.	242.	3.00	173.	183.	2.50	179.	193.	2.25	216.	86.	2.00	212.	85.
3.75	279.	300.	3.25	224.	223.	2.75	241.	279.	2.50	240.	92.	2.25	233.	98.
4.00	361.	350.	3.50	288.	277.	3.00	318.	353.	2.75	265.	107.	2.50	256.	98.
4.25	453.	387.	3.75	361.	307.	3.25	412.	399.	3.00	298.	216.	2.75	283.	112.
4.50	557.	455.	4.00	441.	337.	3.50	517.	441.	3.25	409.	723.	3.00	316.	185.
4.75	673.	475.	4.25	534.	384.	3.75	637.	514.	3.50	643.	1090.	3.25	377.	321.
5.00	796.	513.	4.50	633.	407.	4.00	769.	536.	3.75	941.	1261.	3.50	466.	387.
5.25	930.	554.	4.75	739.	440.	4.25	909.	584.	4.00	1270.	1355.	3.75	569.	437.
5.50	1073.	595.	5.00	853.	474.	4.50	1060.	630.	4.25	1615.	1406.	4.00	684.	477.
5.75	1229.	666.	5.25	976.	511.	4.75	1224.	676.	4.50	1973.	1457.	4.25	807.	508.
6.00	1409.	768.	5.50	1114.	598.	5.00	1402.	772.	4.75	2344.	1509.	4.50	938.	539.
6.25	1608.	827.	5.75	1272.	657.	5.25	1610.	876.	5.00	2728.	1578.	4.75	1076.	564.
6.50	1830.	999.	6.00	1444.	733.	5.50	1837.	952.	5.25	3128.	1617.	5.00	1221.	608.
6.75	2141.	1366.	6.25	1663.	1086.	5.75	2099.	1246.	5.50	3536.	1645.	5.25	1377.	641.
7.00	2493.	1452.	6.50	1943.	1152.	6.00	2467.	1553.	5.75	3951.	1673.	5.50	1541.	667.
7.25	2868.	1543.	6.75	2240.	1223.	6.25	2867.	1652.	6.00	4372.	1694.	5.75	1711.	692.
7.50	3266.	1651.	7.00	2555.	1301.	6.50	3293.	1757.	6.25	4798.	1714.	6.00	1887.	717.
7.75	3693.	1751.	7.25	2893.	1394.	6.75	3748.	1887.	6.50	5229.	1734.	6.25	2069.	741.
8.00	4140.	1814.	7.50	3250.	1459.	7.00	4232.	1990.	6.75	5665.	1752.	6.50	2258.	769.
8.25	4598.	1858.	7.75	3619.	1494.	7.25	4738.	2049.	7.00	6105.	1770.	6.75	2453.	790.
8.50	5068.	1902.	8.00	3997.	1530.	7.50	5257.	2098.	7.25	6550.	1787.	7.00	2653.	809.
8.75	5564.	2049.	8.25	4388.	1631.	7.75	5788.	2169.	7.50	6999.	1804.	7.25	2856.	813.
9.00	6086.	2123.	8.50	4805.	1700.	8.00	6353.	2325.	7.75	7452.	1822.	7.50	3059.	816.

TABLA Nº6

TABLA Nº7

ARROYO GUALEYAN

RIO GUALEGUAYCHU

PERFIL 31			PERFIL 32			PERFIL 33			PERFIL 34			PERFIL 35		
-1.00	22.	47.	-4.00	5.	71.	-4.00	5.	71.	-4.00	5.	71.	-4.00	5.	71.
-.75	34.	50.	-3.50	49.	107.	-3.50	49.	107.	-3.50	49.	107.	-3.50	49.	107.
-.50	47.	53.	-3.00	109.	129.	-3.00	109.	129.	-3.00	109.	129.	-3.00	109.	129.
-.25	60.	56.	-2.50	176.	138.	-2.50	176.	138.	-2.50	176.	138.	-2.50	176.	138.
.00	75.	60.	-2.00	247.	144.	-2.00	247.	144.	-2.00	247.	144.	-2.00	247.	144.
.25	90.	63.	-1.50	321.	152.	-1.50	321.	152.	-1.50	321.	152.	-1.50	321.	152.
.50	106.	66.	-1.00	398.	158.	-1.00	398.	158.	-1.00	398.	158.	-1.00	398.	158.
.75	123.	70.	-.50	478.	163.	-.50	478.	163.	-.50	478.	163.	-.50	478.	163.
1.00	141.	73.	.00	561.	171.	.00	562.	174.	.00	562.	174.	.00	562.	174.
1.25	160.	76.	.50	650.	183.	.50	652.	188.	.50	652.	188.	.50	652.	188.
1.50	179.	79.	1.00	744.	192.	1.00	748.	195.	1.00	748.	195.	1.00	748.	195.
1.75	199.	83.	1.50	842.	200.	1.50	848.	203.	1.50	848.	203.	1.50	848.	218.
2.00	221.	86.	2.00	954.	303.	2.00	983.	314.	2.00	977.	301.	2.00	1007.	369.
2.25	243.	90.	2.50	1108.	315.	2.50	1150.	423.	2.50	1138.	402.	2.50	1204.	512.
2.50	267.	104.	3.00	1352.	669.	3.00	1408.	627.	3.00	1387.	736.	3.00	1554.	1057.
2.75	295.	118.	3.50	1872.	1350.	3.50	1778.	870.	3.50	1899.	1324.	3.50	2207.	1564.
3.00	331.	258.	4.00	2699.	1899.	4.00	2240.	954.	4.00	2648.	1611.	4.00	3119.	2029.
3.25	492.	923.	4.50	3757.	2252.	4.50	2721.	965.	4.50	3485.	1747.	4.50	4227.	2409.
3.50	781.	1454.	5.00	4947.	2478.	5.00	3204.	970.	5.00	4380.	1823.	5.00	5478.	2585.
3.75	1278.	2370.	5.50	6212.	2562.	5.50	3691.	976.	5.50	5299.	1856.	5.50	6788.	2659.
4.00	1898.	2552.	6.00	7516.	2665.	6.00	4180.	981.	6.00	6242.	1915.	6.00	8150.	2786.
4.25	2542.	2598.	6.50	8874.	2770.	6.50	4672.	987.	6.50	7213.	1964.	6.50	9572.	2902.
4.50	3196.	2636.	7.00	10280.	2852.	7.00	5167.	992.	7.00	8205.	2004.	7.00	11049.	2995.
4.75	3860.	2674.	7.50	11727.	2942.	7.50	5665.	998.	7.50	9219.	2052.	7.50	12576.	3191.
5.00	4534.	2731.	8.00	13220.	3021.	8.00	6165.	1003.	8.00	10255.	2089.	8.00	14186.	3244.
5.25	5221.	2757.	8.50	14741.	3050.	8.50	6668.	1009.	8.50	11302.	2095.	8.50	15810.	3250.
5.50	5912.	2772.	9.00	16266.	3050.	9.00	7173.	1014.	9.00	12350.	2097.	9.00	17435.	3250.
5.75	6607.	2787.	9.50	17791.	3050.	9.50	7682.	1020.	9.50	13399.	2098.	9.50	19060.	3250.
6.00	7305.	2794.	10.00	19316.	3050.	10.00	8193.	1025.	10.00	14448.	2100.	10.00	20685.	3250.
6.25	8004.	2800.	10.50	20841.	3050.	10.50	8705.	1025.	10.50	15498.	2100.	10.50	22310.	3250.

TABLA Nº8

RIO GUALEGUAYCHU

PERFIL 36			PERFIL 37			PERFIL 38			PERFIL 39			PERFIL 40		
-4.00	5.	71.	-4.00	5.	71.	-4.00	5.	71.	-4.50	21.	79.	-4.50	23.	88.
-3.50	49.	107.	-3.50	49.	107.	-3.50	49.	107.	-4.00	68.	108.	-4.00	75.	119.
-3.00	109.	129.	-3.00	109.	129.	-3.00	109.	129.	-3.50	126.	122.	-3.50	139.	135.
-2.50	176.	138.	-2.50	176.	138.	-2.50	176.	138.	-3.00	188.	127.	-3.00	208.	141.
-2.00	247.	144.	-2.00	247.	144.	-2.00	247.	144.	-2.50	253.	133.	-2.50	280.	148.
-1.50	321.	152.	-1.50	321.	152.	-1.50	321.	152.	-2.00	322.	140.	-2.00	356.	155.
-1.00	398.	158.	-1.00	398.	158.	-1.00	398.	158.	-1.50	392.	144.	-1.50	434.	159.
-.50	478.	163.	-.50	478.	163.	-.50	478.	163.	-1.00	465.	148.	-1.00	515.	164.
.00	562.	174.	.00	562.	174.	.00	562.	174.	-.50	542.	159.	-.50	601.	178.
.50	652.	188.	.50	652.	188.	.50	652.	188.	.00	622.	161.	.00	691.	183.
1.00	748.	195.	1.00	748.	195.	1.00	748.	195.	.50	703.	163.	.50	784.	189.
1.50	848.	219.	1.50	848.	215.	1.50	848.	208.	1.00	785.	165.	1.00	880.	196.
2.00	1013.	335.	2.00	991.	322.	2.00	990.	326.	1.50	868.	167.	1.50	980.	208.
2.50	1219.	545.	2.50	1160.	404.	2.50	1168.	498.	2.00	952.	169.	2.00	1122.	326.
3.00	1595.	1146.	3.00	1422.	753.	3.00	1506.	1024.	2.50	1038.	189.	2.50	1300.	498.
3.50	2305.	1701.	3.50	1883.	1093.	3.50	2127.	1472.	3.00	1200.	397.	3.00	1638.	1024.
4.00	3298.	2212.	4.00	2520.	1417.	4.00	2966.	1844.	3.50	1612.	1548.	3.50	2259.	1472.
4.50	4506.	2628.	4.50	3295.	1680.	4.50	3960.	2153.	4.00	2665.	2390.	4.00	3098.	1844.
5.00	5873.	2823.	5.00	4166.	1797.	5.00	5081.	2315.	4.50	3880.	2447.	4.50	4092.	2153.
5.50	7303.	2904.	5.50	5083.	1885.	5.50	6258.	2403.	5.00	5111.	2477.	5.00	5213.	2315.
6.00	8791.	3045.	6.00	6062.	2027.	6.00	7499.	2553.	5.50	6357.	2515.	5.50	6390.	2403.
6.50	10345.	3158.	6.50	7109.	2159.	6.50	8810.	2685.	6.00	7659.	2643.	6.00	7631.	2553.
7.00	11941.	3228.	7.00	8220.	2284.	7.00	10181.	2799.	6.50	8988.	2671.	6.50	8942.	2685.
7.50	13577.	3314.	7.50	9395.	2417.	7.50	11614.	2931.	7.00	10337.	2730.	7.00	10313.	2799.
8.00	15250.	3373.	8.00	10612.	2447.	8.00	13096.	2995.	7.50	11713.	2760.	7.50	11746.	2931.
8.50	16940.	3380.	8.50	11836.	2450.	8.50	14597.	3003.	8.00	13093.	2760.	8.00	13228.	2995.
9.00	18630.	3380.	9.00	13061.	2450.	9.00	16099.	3003.	8.50	14473.	2760.	8.50	14730.	3003.

CO... FEDERAL DE I... ...NES
BIBLIOTECA
Dr. Manuel
Belgrano

RIO GUALEGUAYCHU

PERFIL 41			PERFIL 42			PERFIL 43			PERFIL 44			PERFIL 45		
COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]
-5.50	0.	2.	-2.50	2.	22.	-5.00	3.	23.	-5.00	2.	17.	-5.50	1.	6.
-5.00	4.	21.	-2.00	28.	79.	-4.50	33.	68.	-4.50	29.	88.	-5.00	7.	17.
-4.50	20.	49.	-1.50	76.	106.	-4.00	86.	119.	-4.00	81.	119.	-4.50	25.	82.
-4.00	46.	55.	-1.00	131.	116.	-3.50	150.	135.	-3.50	145.	135.	-4.00	76.	116.
-3.50	75.	59.	-.50	191.	125.	-3.00	219.	141.	-3.00	214.	141.	-3.50	140.	137.
-3.00	105.	64.	.00	256.	133.	-2.50	291.	148.	-2.50	286.	148.	-3.00	215.	176.
-2.50	139.	71.	.50	324.	140.	-2.00	366.	155.	-2.00	362.	155.	-2.50	308.	194.
-2.00	176.	76.	1.00	396.	147.	-1.50	445.	159.	-1.50	440.	159.	-2.00	406.	198.
-1.50	214.	80.	1.50	471.	153.	-1.00	526.	164.	-1.00	521.	164.	-1.50	506.	203.
-1.00	256.	84.	2.00	548.	156.	-.50	612.	178.	-.50	607.	178.	-1.00	609.	211.
-.50	298.	88.	2.50	627.	158.	.00	702.	183.	.00	697.	183.	-.50	717.	220.
.00	345.	99.	3.00	711.	190.	.50	795.	189.	.50	790.	189.	.00	829.	228.
.50	397.	111.	3.50	986.	1098.	1.00	891.	196.	1.00	886.	196.	.50	944.	232.
1.00	456.	124.	4.00	1764.	1798.	1.50	991.	202.	1.50	986.	202.	1.00	1061.	236.
1.50	521.	136.	4.50	2680.	1846.	2.00	1092.	203.	2.00	1087.	203.	1.50	1183.	260.
2.00	592.	149.	5.00	3610.	1872.	2.50	1193.	204.	2.50	1189.	204.	2.00	1330.	356.
2.50	669.	161.	5.50	4552.	1897.	3.00	1307.	257.	3.00	1302.	257.	2.50	1633.	860.
3.00	753.	173.	6.00	5505.	1910.	3.50	1623.	1238.	3.50	1619.	1238.	3.00	2245.	1440.
3.50	851.	227.	6.50	6460.	1910.	4.00	2526.	2228.	4.00	2521.	2228.	3.50	3083.	2064.
4.00	983.	405.	7.00	7415.	1910.	4.50	3783.	2902.	4.50	3779.	2902.	4.00	4481.	3462.
4.50	1309.	1022.	7.50	8370.	1910.	5.00	5288.	3093.	5.00	5284.	3093.	4.50	6317.	3806.
5.00	1867.	1183.	8.00	9325.	1910.	5.50	6863.	3201.	5.50	6858.	3201.	5.00	8294.	4107.
5.50	2479.	1262.	8.50	10280.	1910.	6.00	8487.	3286.	6.00	8482.	3286.	5.50	10397.	4306.
6.00	3127.	1331.	9.00	11235.	1910.	6.50	10152.	3396.	6.50	10148.	3396.	6.00	12600.	4494.

TABLA Nº9

RIO GUALEGUAYCHU

PERFIL 46			PERFIL 47			PERFIL 48			PERFIL 49			PERFIL 50		
COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]	COTA IGM	AREA [m2]	ANCHO [m]
-5.50	8.	36.	-5.50	8.	36.	-5.00	13.	42.	-5.00	13.	42.	-5.00	13.	42.
-5.00	46.	105.	-5.00	46.	105.	-4.50	40.	62.	-4.50	40.	62.	-4.50	40.	62.
-4.50	110.	156.	-4.50	110.	156.	-4.00	75.	78.	-4.00	75.	78.	-4.00	75.	78.
-4.00	190.	162.	-4.00	190.	162.	-3.50	117.	94.	-3.50	117.	94.	-3.50	117.	94.
-3.50	271.	166.	-3.50	271.	166.	-3.00	167.	108.	-3.00	167.	108.	-3.00	167.	108.
-3.00	355.	173.	-3.00	355.	173.	-2.50	228.	137.	-2.50	228.	137.	-2.50	228.	137.
-2.50	451.	206.	-2.50	451.	206.	-2.00	301.	150.	-2.00	301.	150.	-2.00	301.	150.
-2.00	559.	238.	-2.00	559.	238.	-1.50	382.	171.	-1.50	382.	171.	-1.50	382.	171.
-1.50	679.	243.	-1.50	679.	243.	-1.00	470.	181.	-1.00	470.	181.	-1.00	470.	181.
-1.00	803.	252.	-1.00	303.	252.	-.50	563.	192.	-.50	563.	192.	-.50	563.	192.
-.50	932.	262.	-.50	932.	262.	.00	663.	208.	.00	663.	208.	.00	663.	208.
.00	1065.	270.	.00	1065.	270.	.50	771.	222.	.50	771.	222.	.50	771.	222.
.50	1201.	275.	.50	1201.	275.	1.00	884.	231.	1.00	884.	231.	1.00	884.	231.
1.00	1339.	277.	1.00	1339.	277.	1.50	1052.	501.	1.50	1106.	787.	1.50	1138.	955.
1.50	1481.	358.	1.50	1480.	326.	2.00	1433.	1123.	2.00	1768.	1837.	2.00	1965.	2320.
2.00	1722.	528.	2.00	1681.	429.	2.50	2335.	2183.	2.50	3060.	3139.	2.50	3607.	4003.
2.50	2118.	1348.	2.50	1974.	921.	3.00	3631.	2965.	3.00	4893.	4127.	3.00	5951.	5263.
3.00	2885.	1851.	3.00	2542.	1569.	3.50	5282.	3868.	3.50	7145.	4943.	3.50	8934.	6333.
3.50	4049.	2769.	3.50	3674.	2900.	4.00	7393.	4535.	4.00	9785.	5694.	4.00	12218.	7304.
4.00	5556.	3322.	4.00	5249.	3443.	4.50	9845.	5193.	4.50	12914.	6746.	4.50	16236.	8671.
4.50	7372.	4013.	4.50	7116.	4067.	5.00	12512.	5468.	5.00	16416.	7245.	5.00	20740.	9321.
5.00	9479.	4312.	5.00	9234.	4327.	5.50	15291.	5618.	5.50	20116.	7495.	5.50	25501.	9646.

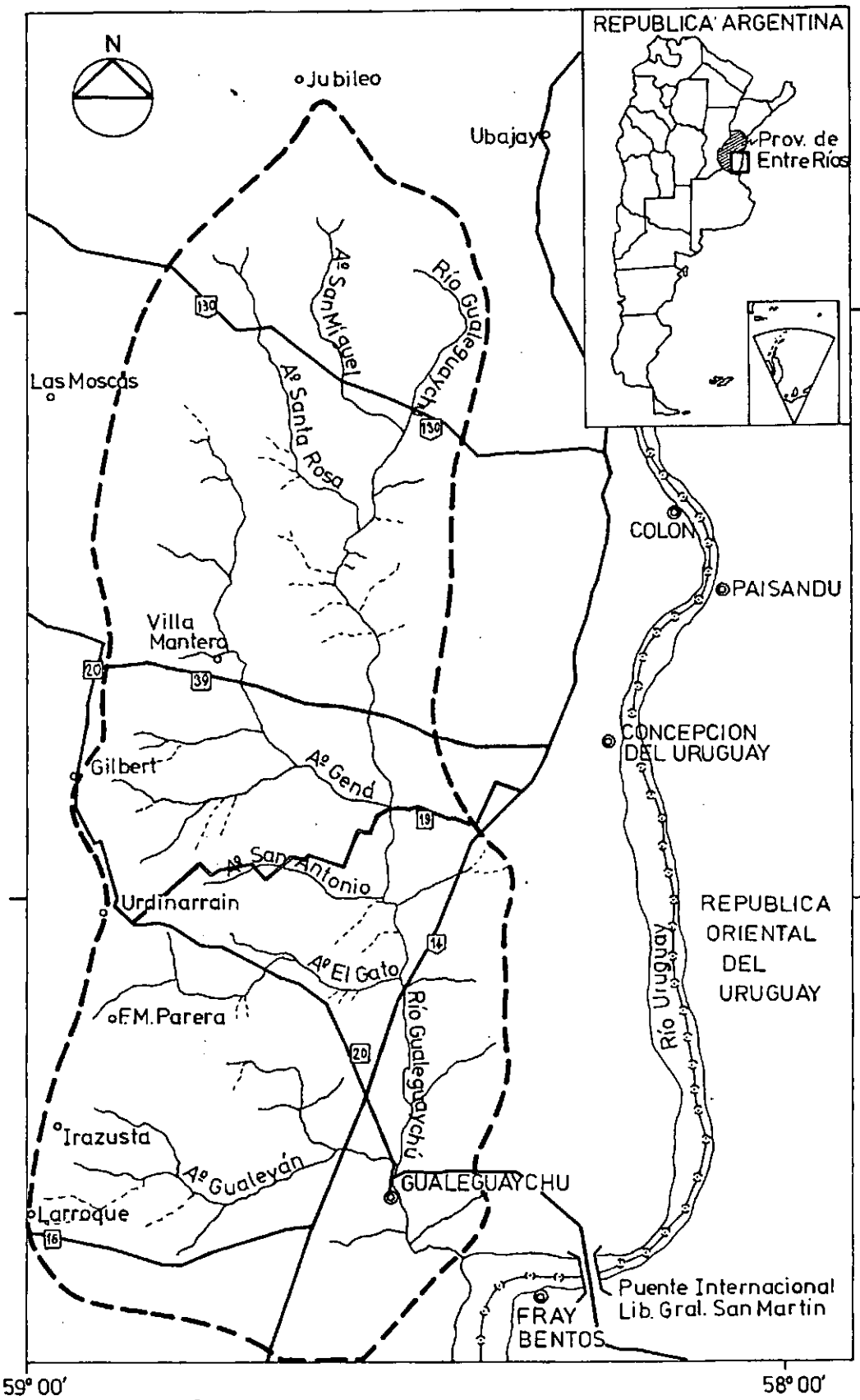
TABL A Nº10

F I G U R A S

Nº 1: Ubicación cuenca río Gualeguaychú
Nº 2 a 13: Perfiles transversales
Nº14: Crecida 1966-Caudales entrantes al sistema-Perf. Nº1
Nº15: Crecida 1966-Caudales entrantes al sistema-Perf. Nº21
Nº16: Crecida 1966-Niveles de pelo de agua sim. -Perf. Nº 1
Nº17: Crecida 1966-Niveles de pelo de agua sim. -Perf. Nº21
Nº18: Crecida 1966-Caudales simulados
Nº19: Crecida 1966-Niveles observados y simulados en Puerto
Nº20: Crecida 1966-Partición caudales Isla Libertad
Nº21: Crecida 1966-Velocidad media en Puerto Gualeguaychú
Nº22: Crecida 1972-Caudales entrantes al sistema-Perf. Nº1
Nº23: Crecida 1972-Niveles de pelo de agua sim. -Perf. Nº 1
Nº24: Crecida 1972-Caudales entrantes al sistema-Perf. Nº21
Nº25: Crecida 1972-Niveles de pelo de agua sim. -Perf. Nº21
Nº26: Crecida 1972-Caudales simulados
Nº27: Crecida 1972-Niveles observados y simulados en Puerto
Nº28: Crecida 1972-Partición caudales Isla Libertad
Nº29: Crecida 1972-Velocidad media en Puerto Gualeguaychú
Nº30: Crecida 1966-Desvío Cañada Unzué-Niveles-Perfil Nº41
Nº31: Crecida 1966-Desvío Cañada Unzué-Caudales-Perfil Nº41
Nº32: Crecida 1978-Alturas simuladas -Perfil Nº41
Nº33: Crecida 1978-Caudales simulados -Perfil Nº41
Nº34: Crecida 1972-Alturas simuladas -Perfil Nº41
Nº35: Crecida 1972-Caudales simulados -Perfil Nº41
Nº36: Crecida 1966-Alturas simuladas -Perfil Nº41
Nº37: Crecida 1966-Caudales simulados -Perfil Nº41
Nº38: Crecida 1959-Caudales simulados -Perfil Nº41
Nº39: Crecida 1966-Análisis sensibilidad-Alt.-Perfil Nº41
Nº40: Crecida 1966-Análisis sensibilidad-Caud.-Perfil Nº41

FIGURA Nº 1

CUENCA DEL RIO GUALEGUAYCHU-UBICACION



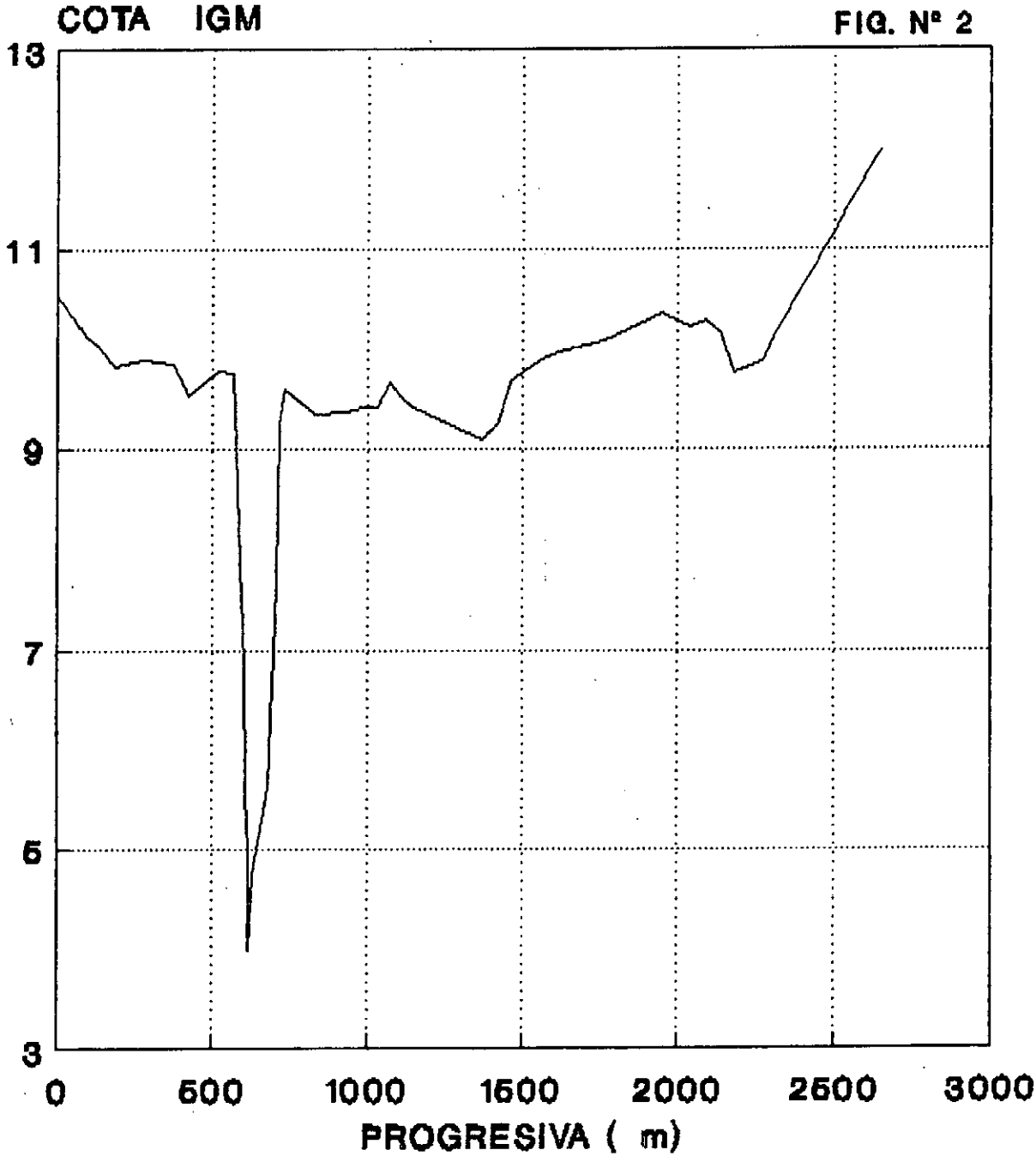
REFERENCIAS

- LIMITE DE CUENCA
- CURSO
- LIMITE INTERNACIONAL
- LOCALIDADES
- CAMINO PAVIMENTADO
- CAMINO CONSOLIDADO
- CAMINO DE TIERRA
- RUTA PROVINCIAL
- RUTA NACIONAL

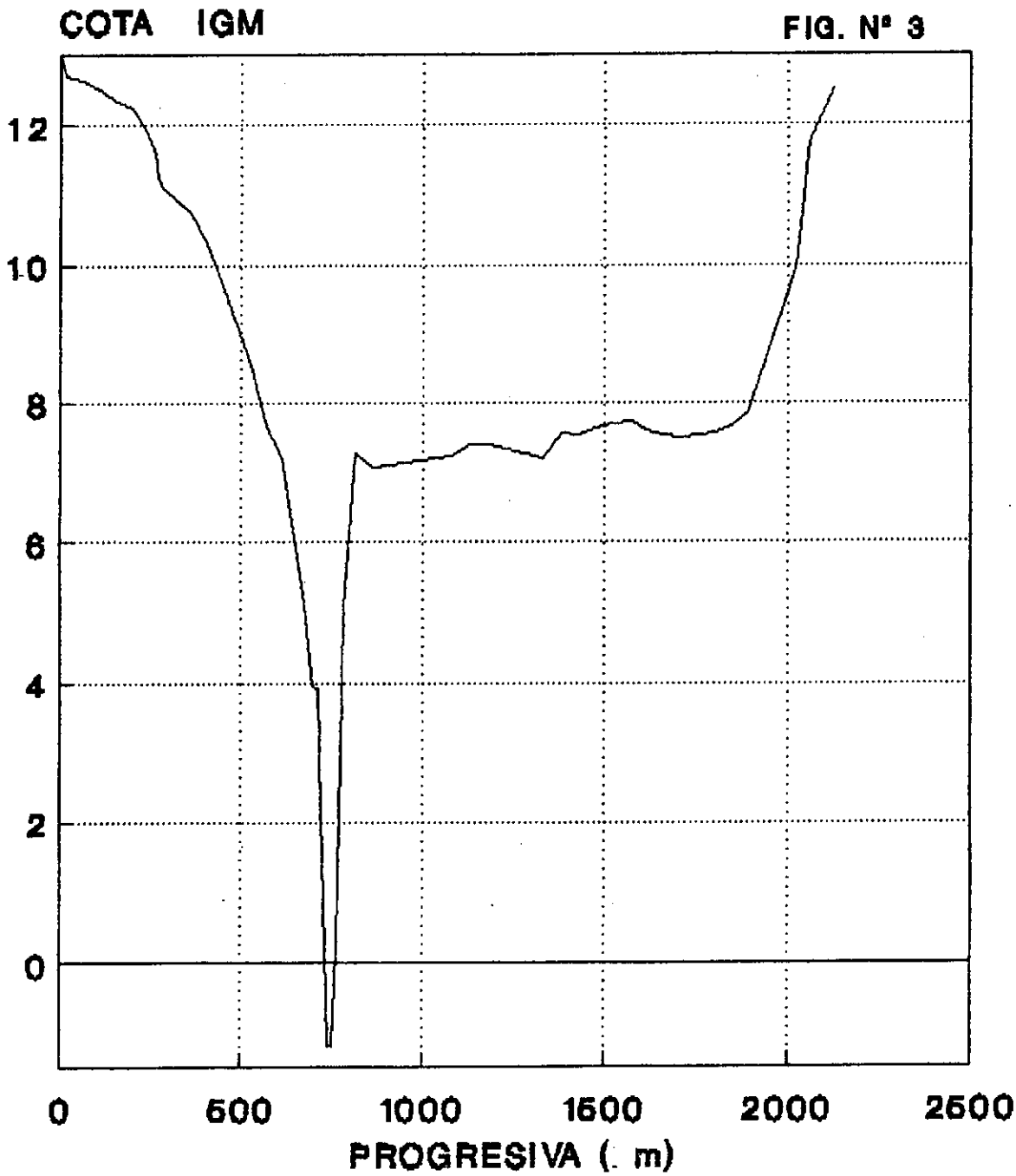
ESCALA

0 4 8 16 24 32 40 Km.

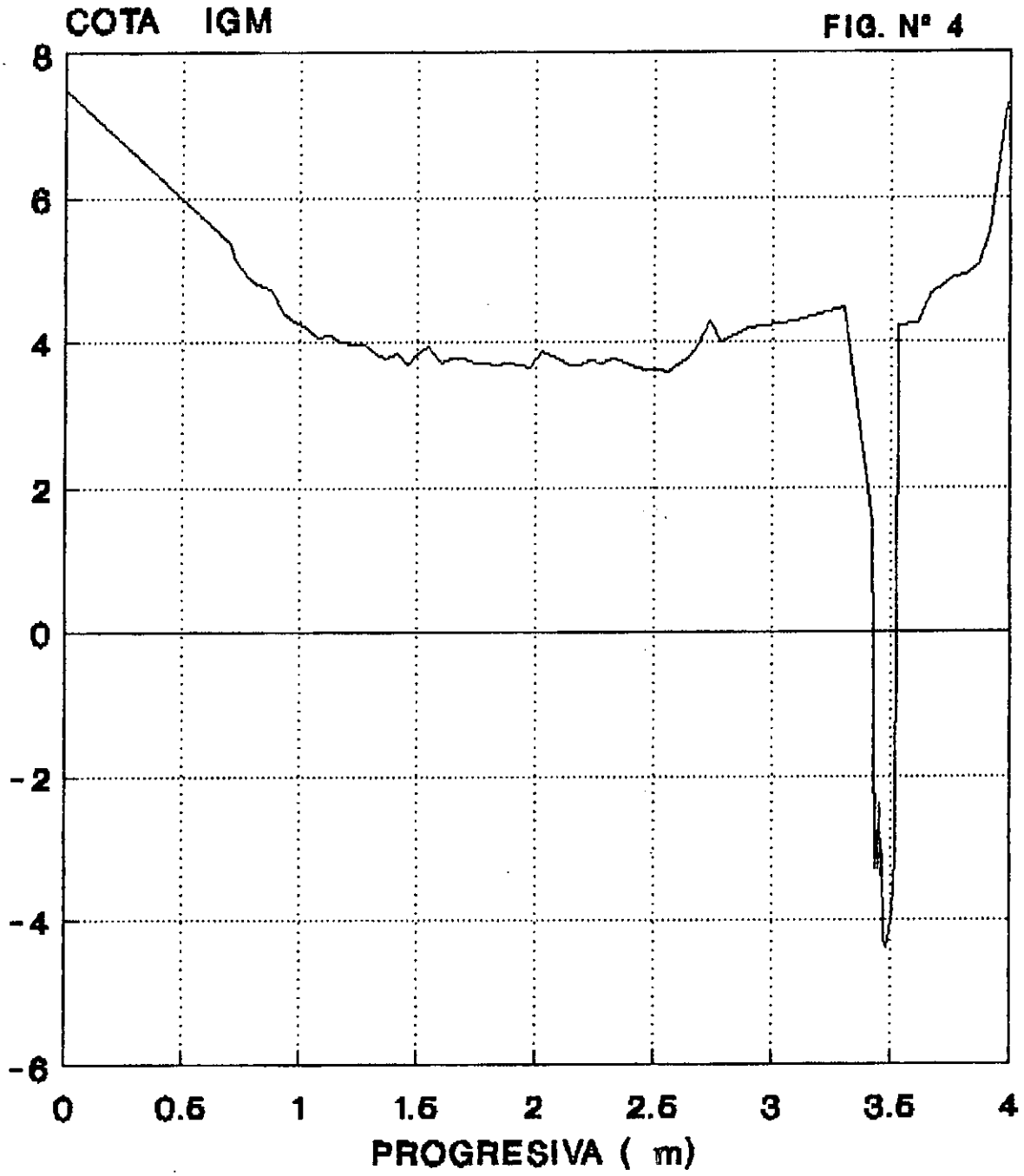
RIO GUALEGUAYCHU
PERFIL F



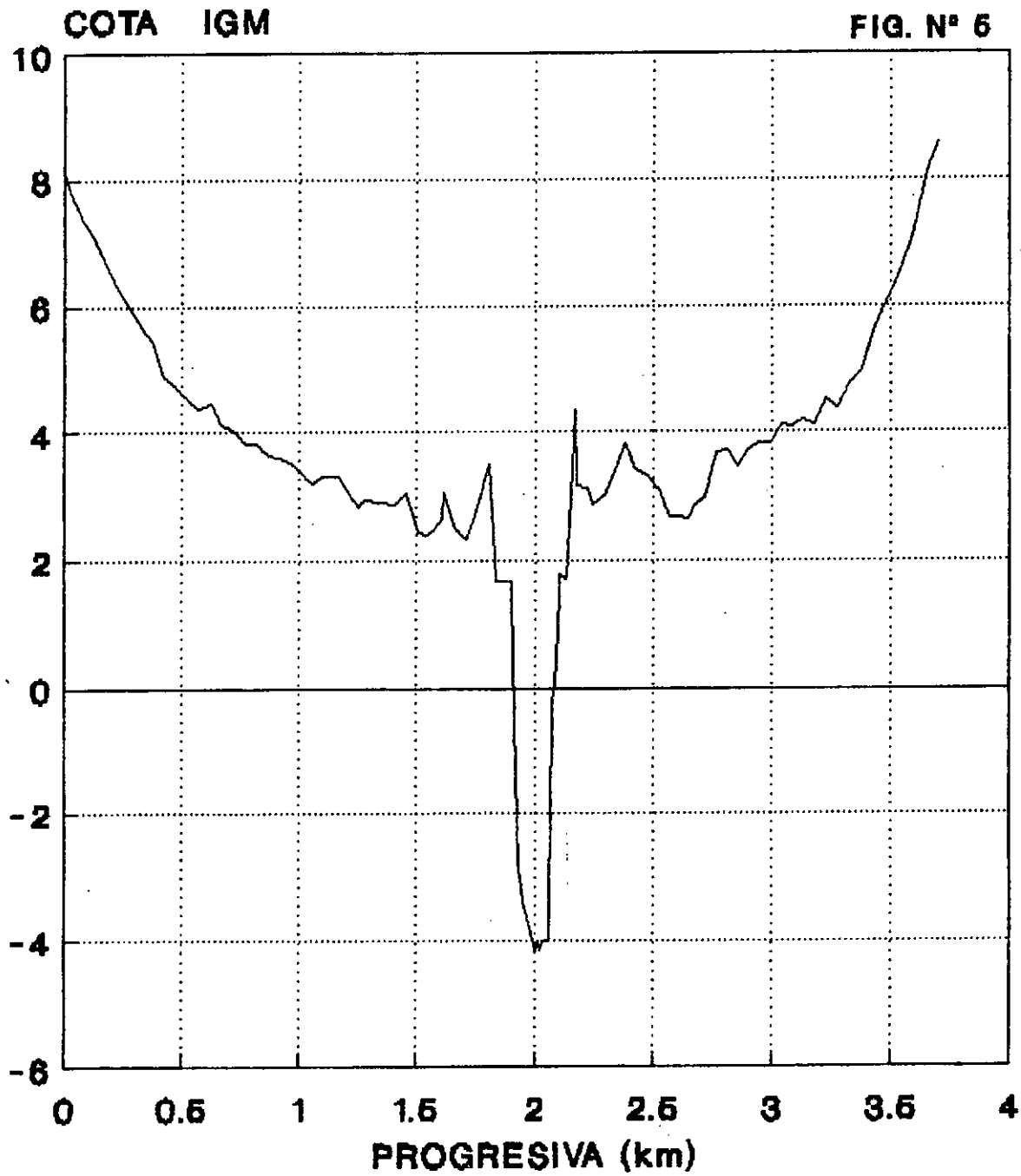
RIO GUALEGUAYCHU
PERFIL G



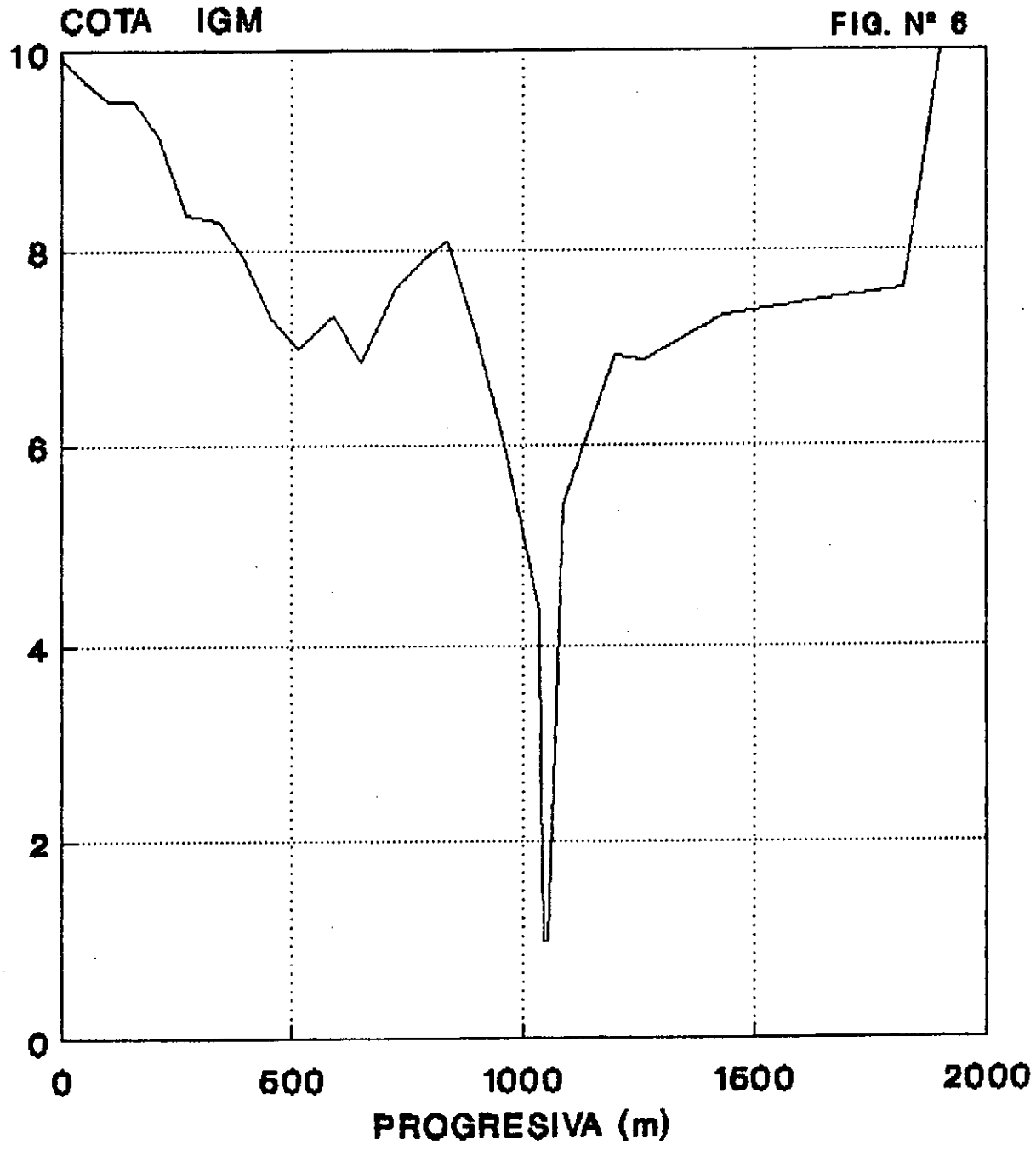
RIO GUALEGUAYCHU
PERFIL H



RIO GUALEGUAYCHU
PERFIL I

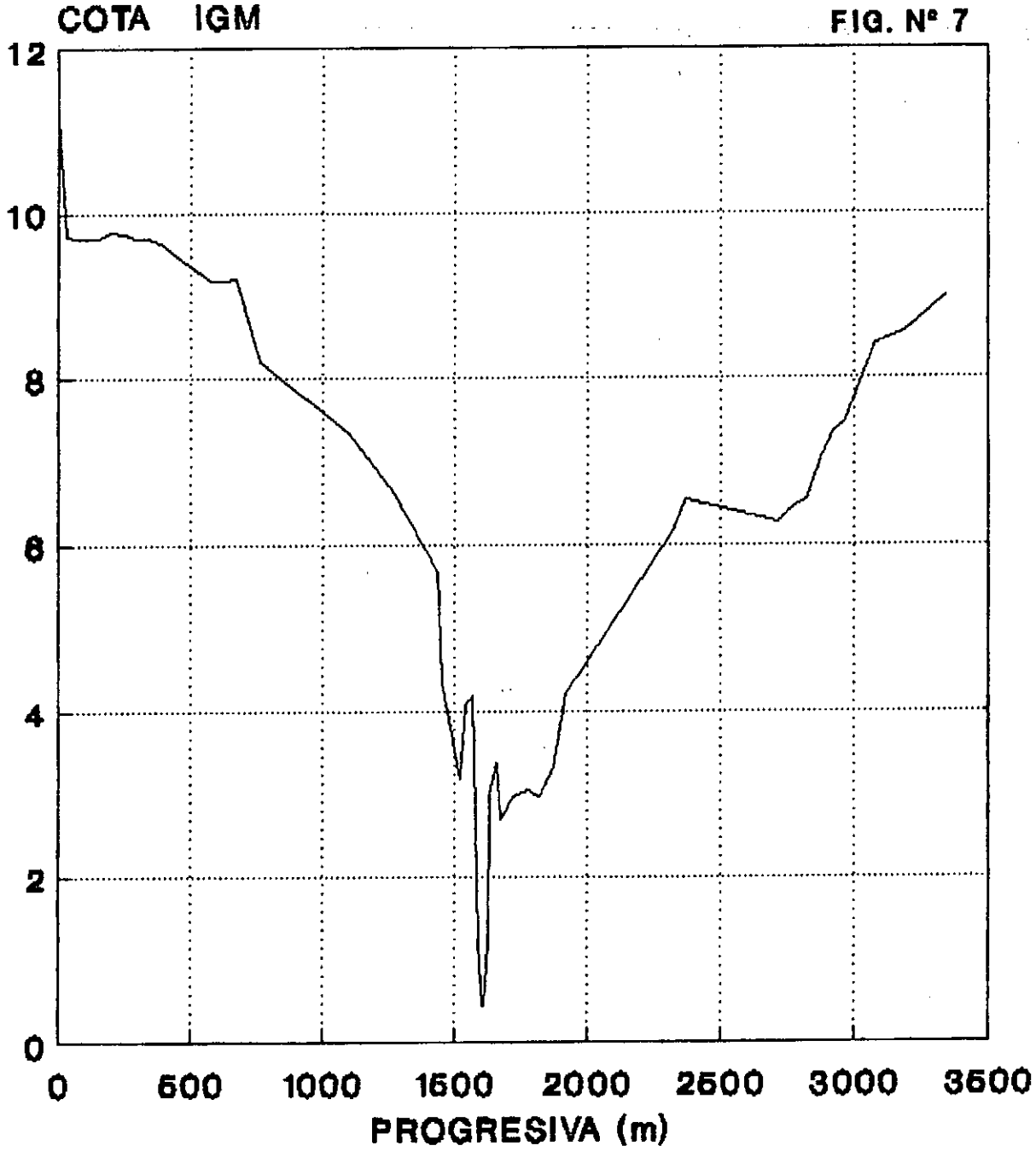


RIO GUALEGUAYCHU
PERFIL J

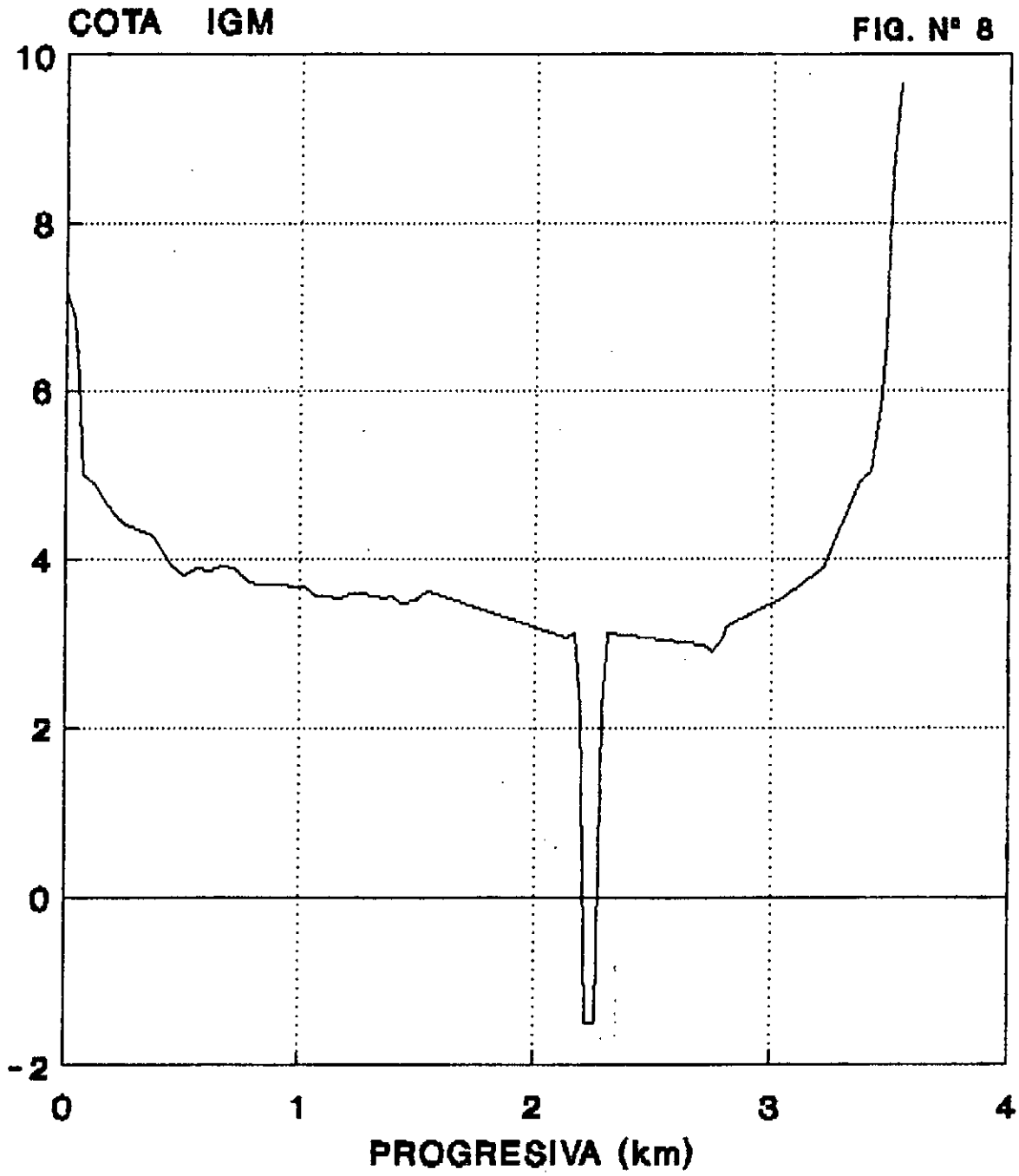


CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
BIBLIOTECA
Dr. Manuel Belgrano

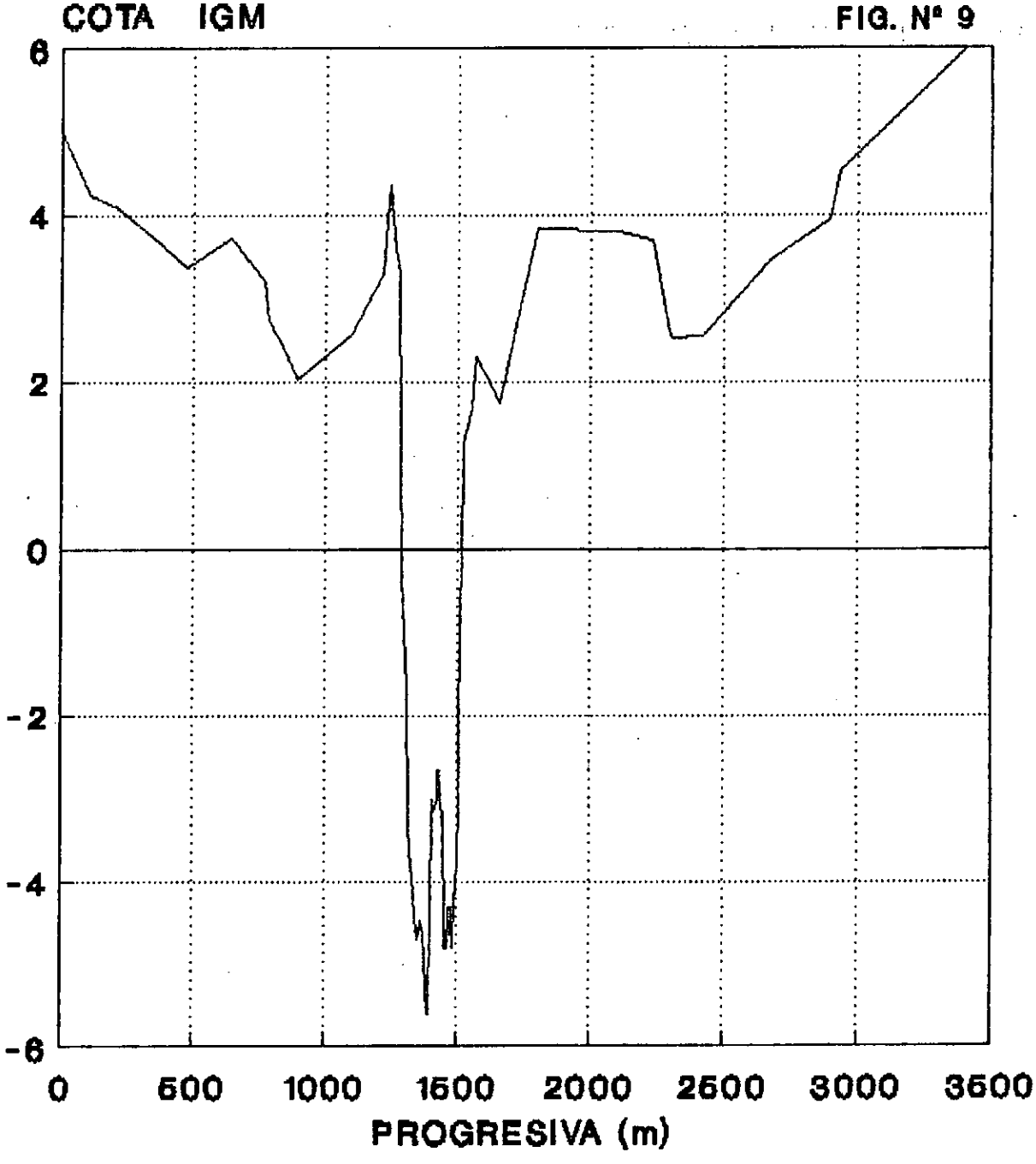
RIO GUALEGUAYCHU
PERFIL K



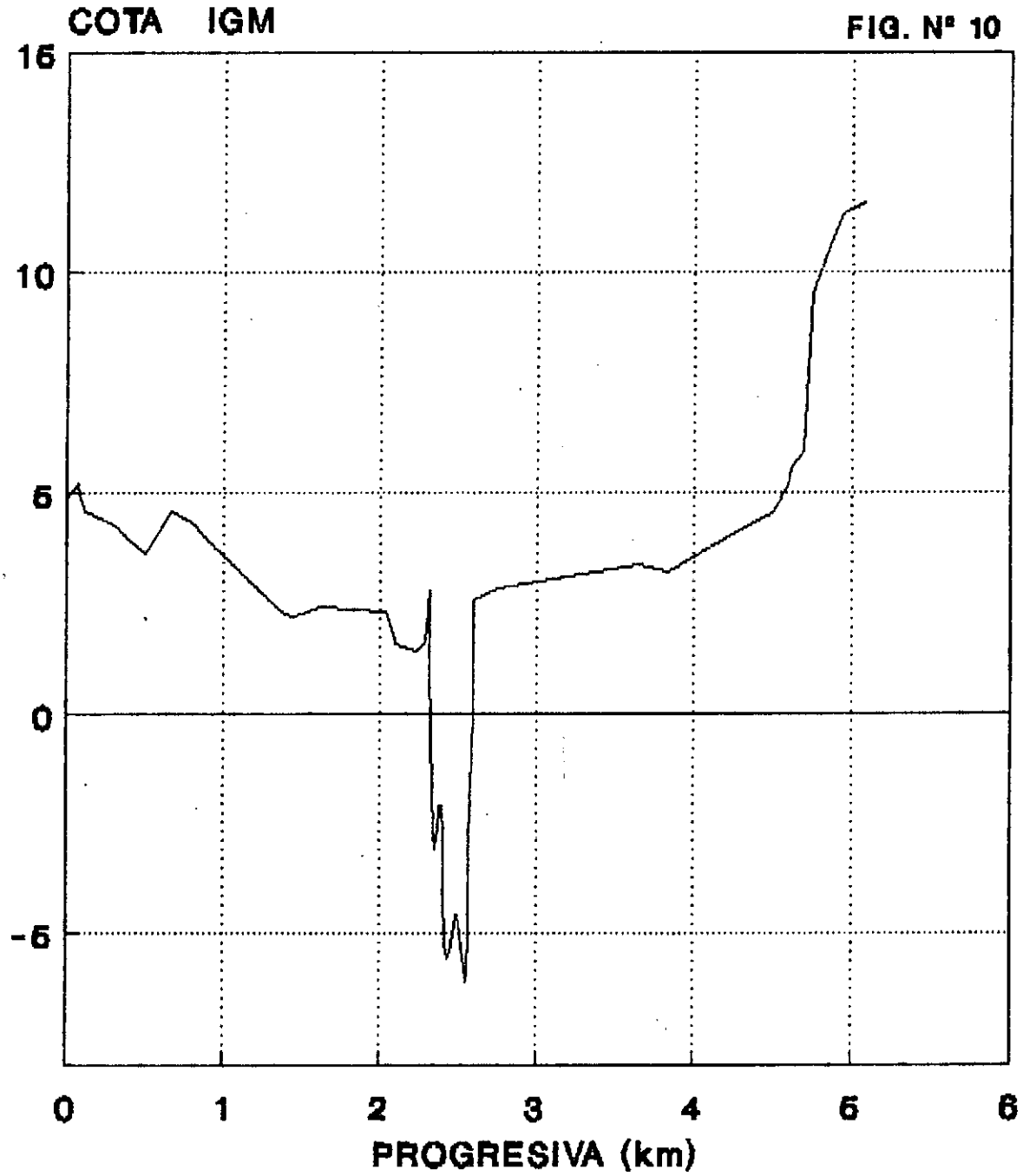
RIO GUALEGUAYCHU
PERFIL L



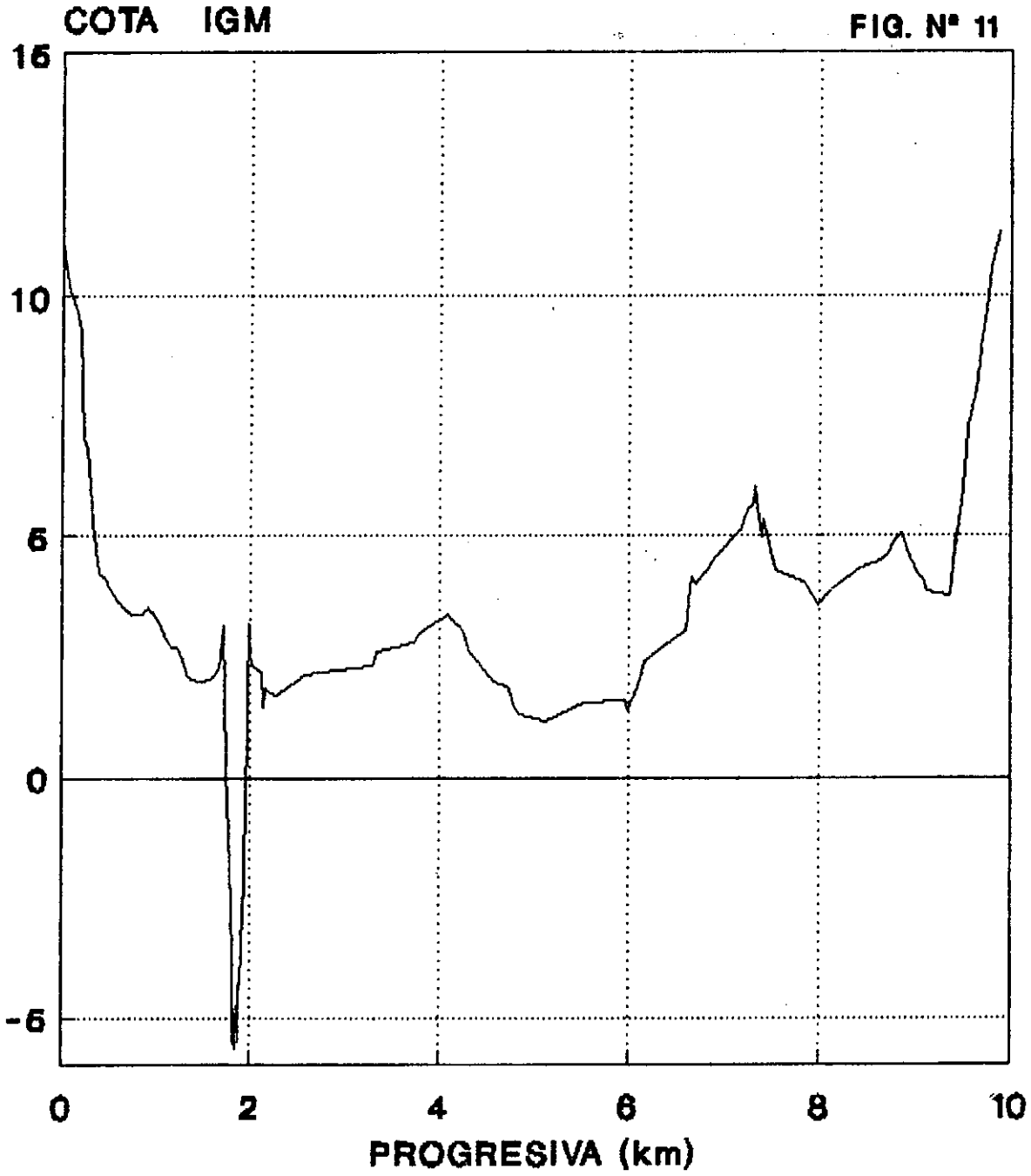
RIO GUALEGUAYCHU
PERFIL M



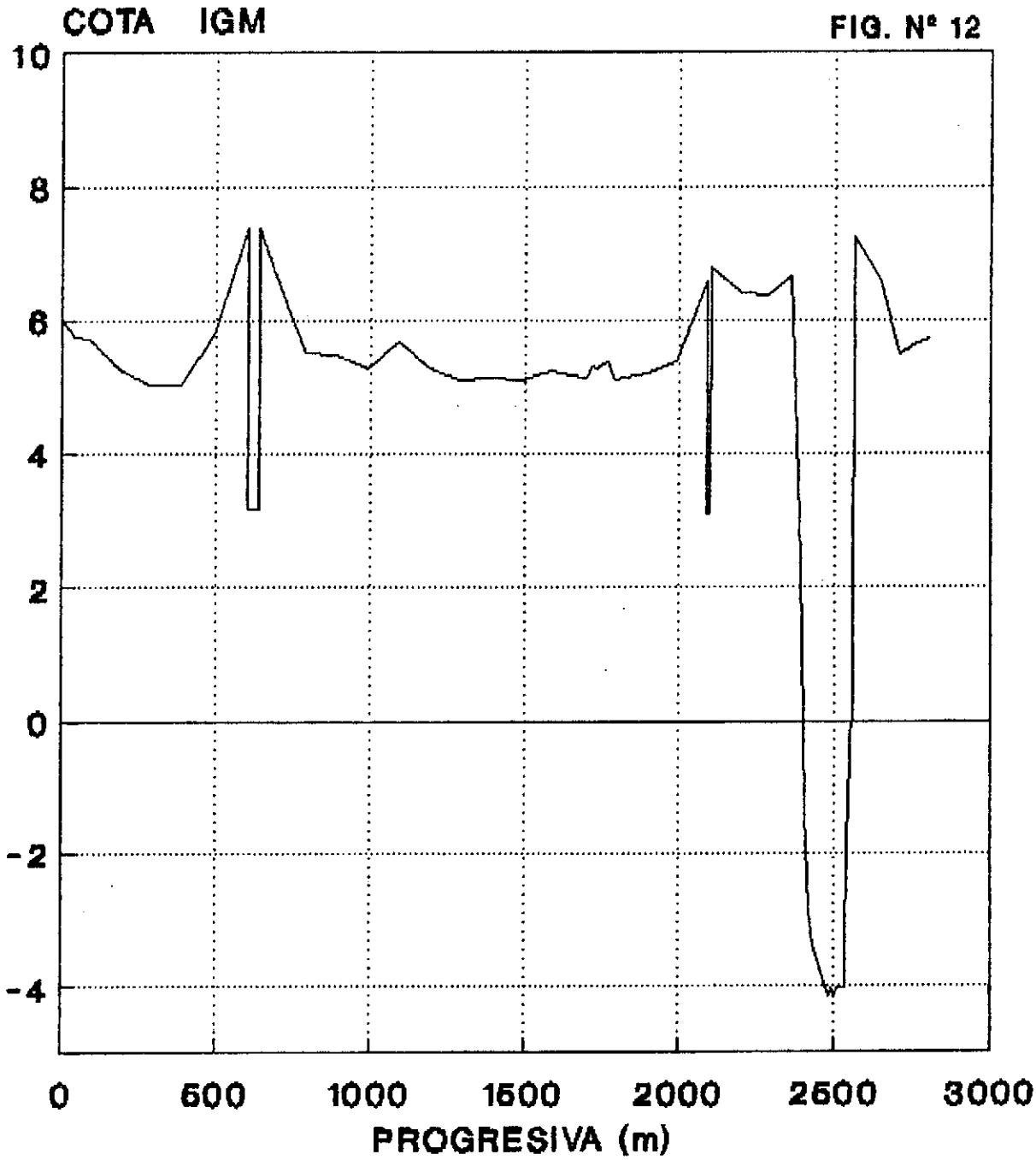
RIO GUALEGUAYCHU
PERFIL N



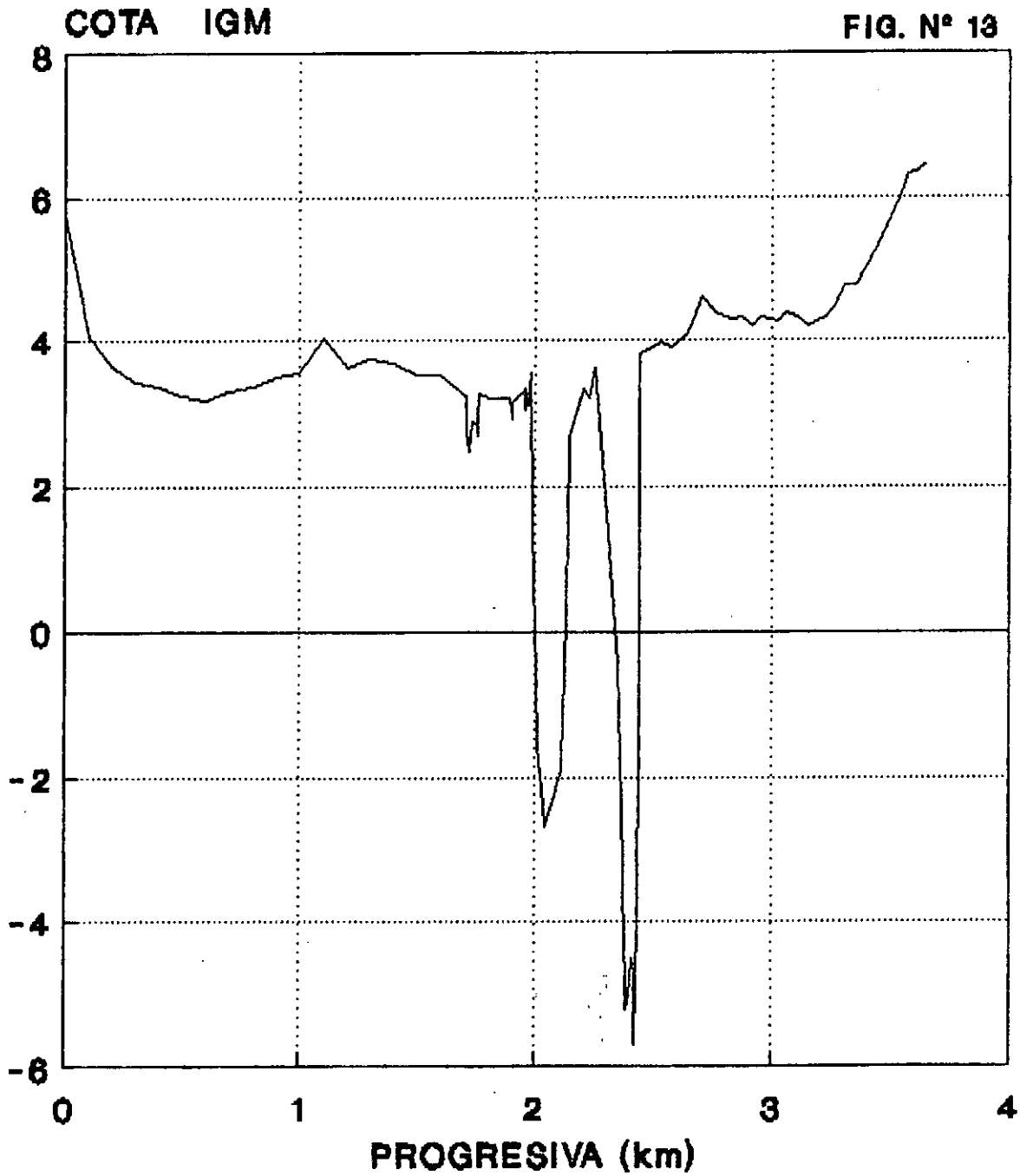
RIO GUALEGUAYCHU
PERFIL O



RIO GUALEGUAYCHU
PERFIL P1



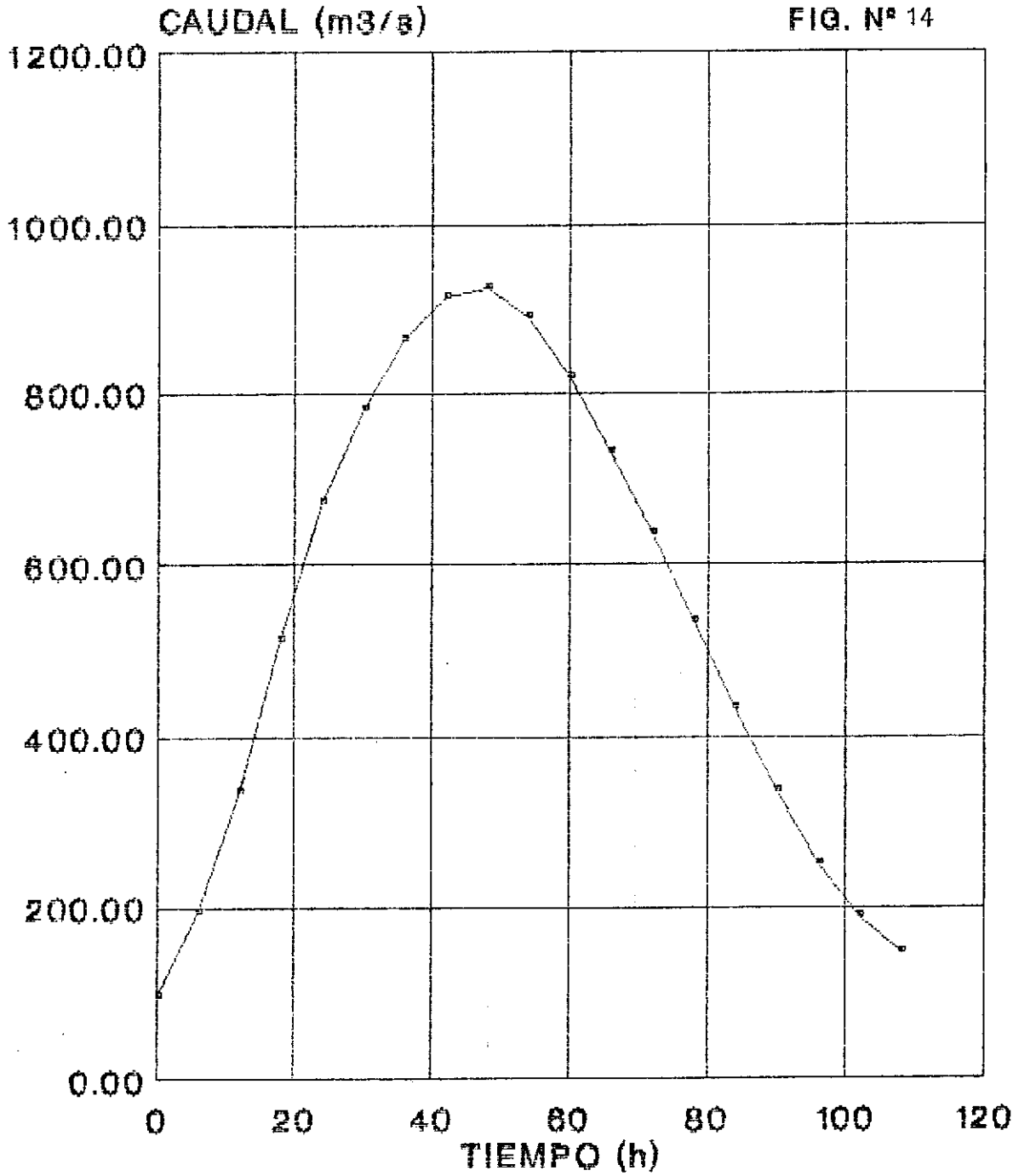
RIO GUALEGUAYCHU
PERFIL P2



RIO GUALEGUAYCHU -- CRECIDA 1966

CAUDALES ENTRANTES AL SISTEMA - PERFIL Nº 1

FIG. Nº 14

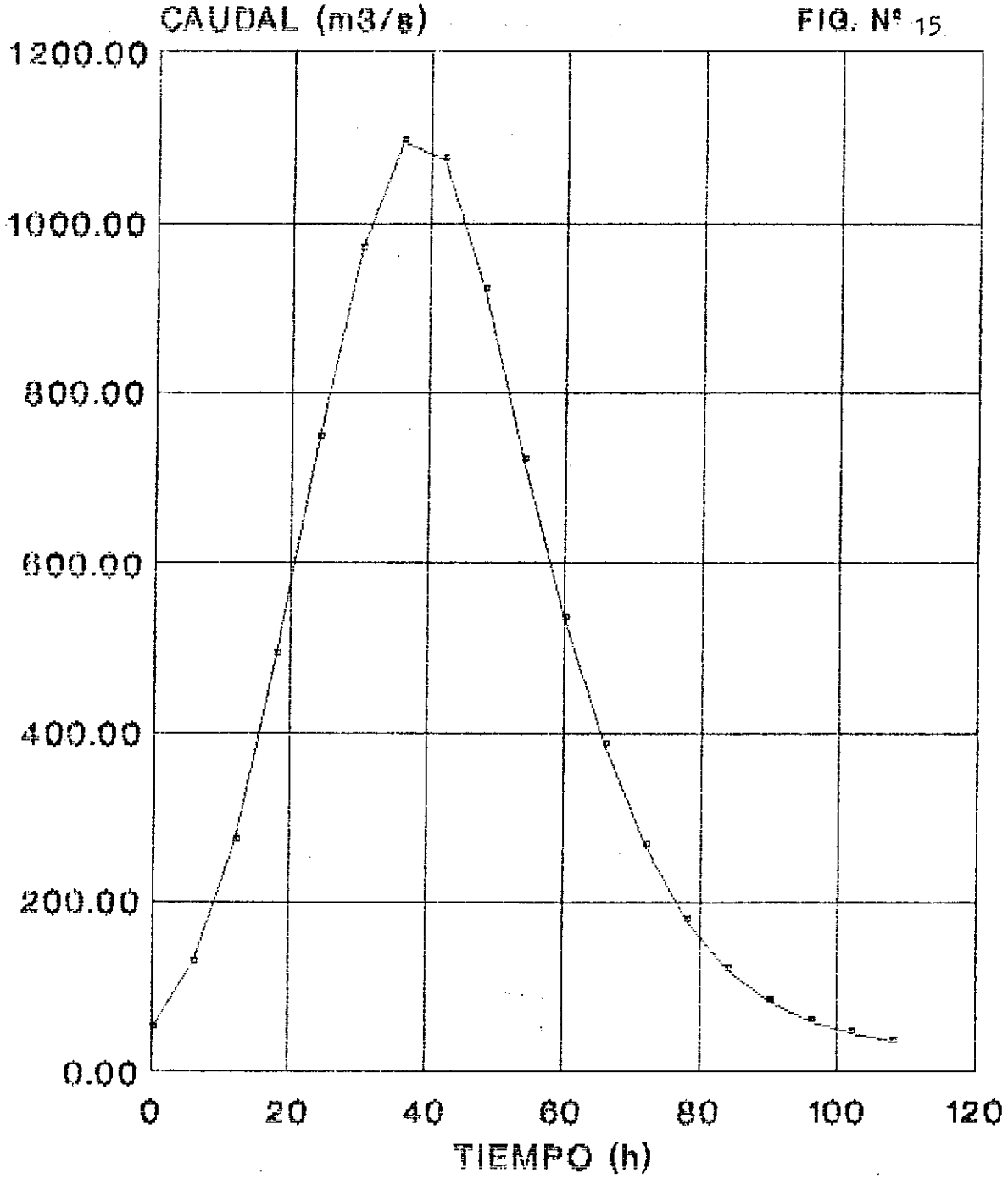


ARROYO GUALEYAN -- CRECIDA 1966

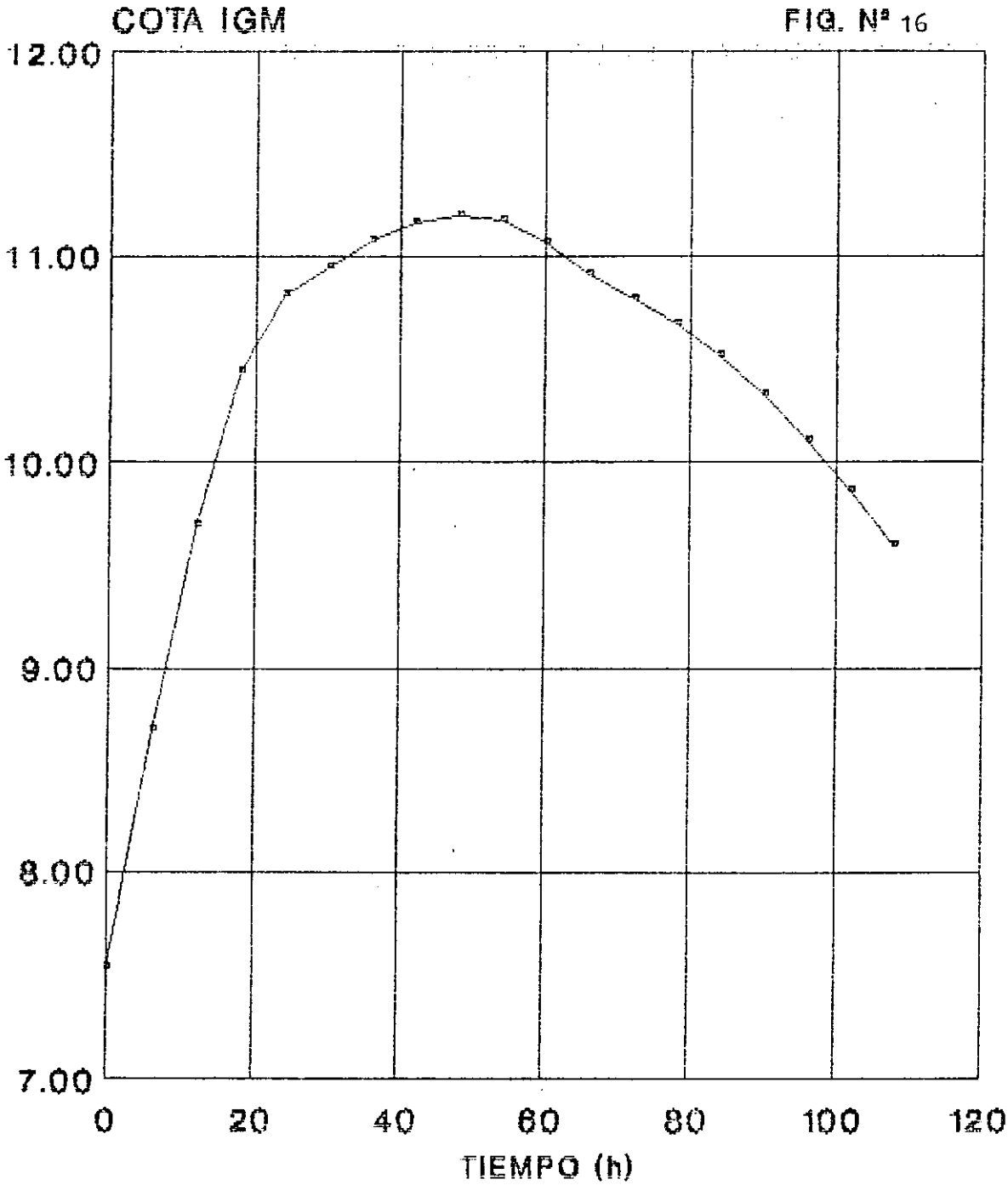
CAUDALES ENTRANTES AL SISTEMA

PERFIL Nº 21

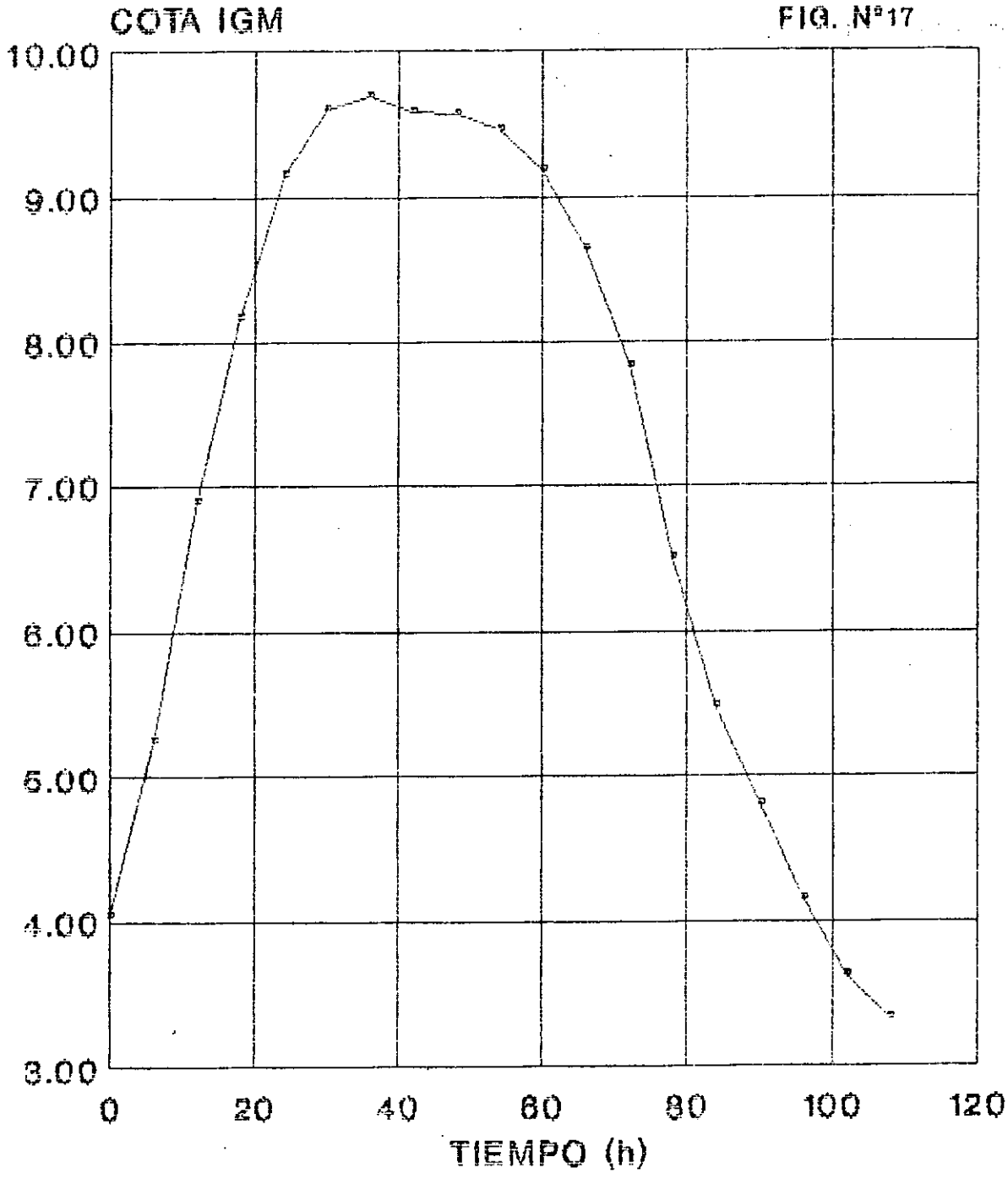
FIG. Nº 15



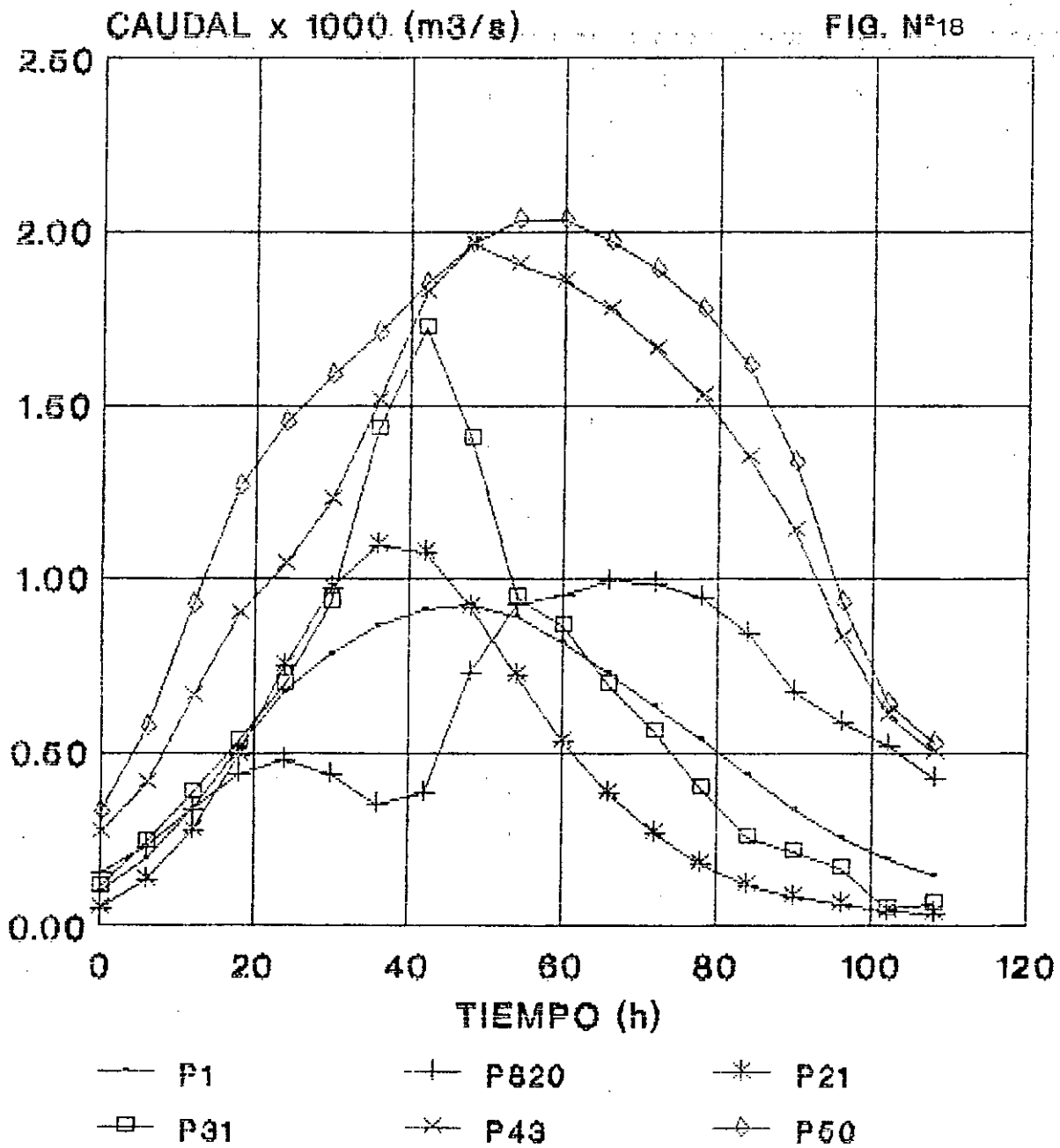
RIO GUALEGUYCHU -- CRECIDA 1966
NIVELES PELO DE AGUA SIMULADOS
PERFIL Nº 1



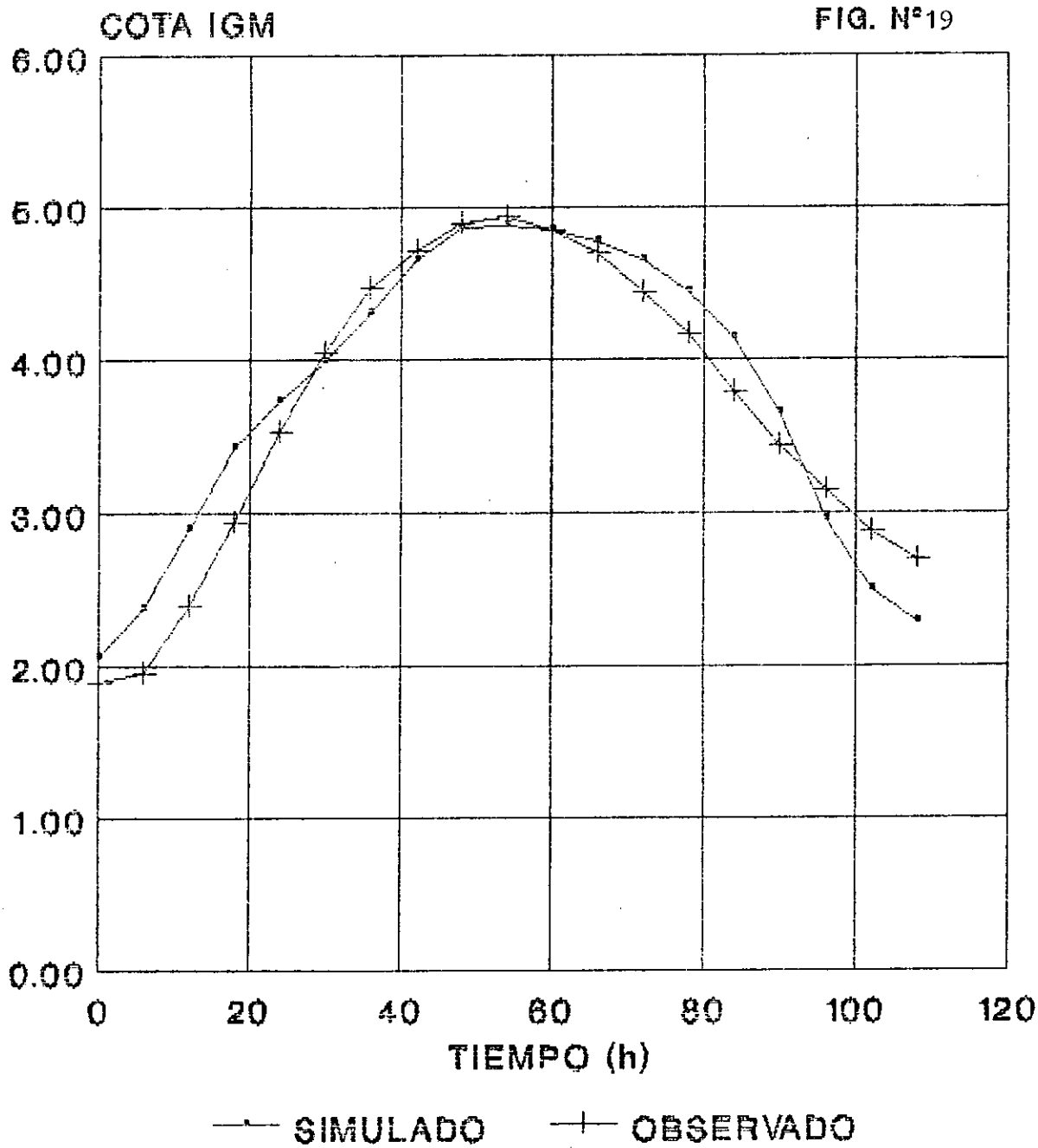
ARROYO GUALEYAN -- CRECIDA 1966
NIVELES PELO DE AGUA SIMULADOS
PERFIL Nº 21



RIO GUALEGUAYCHU -- CRECIDA 1966
CAUDALES SIMULADOS

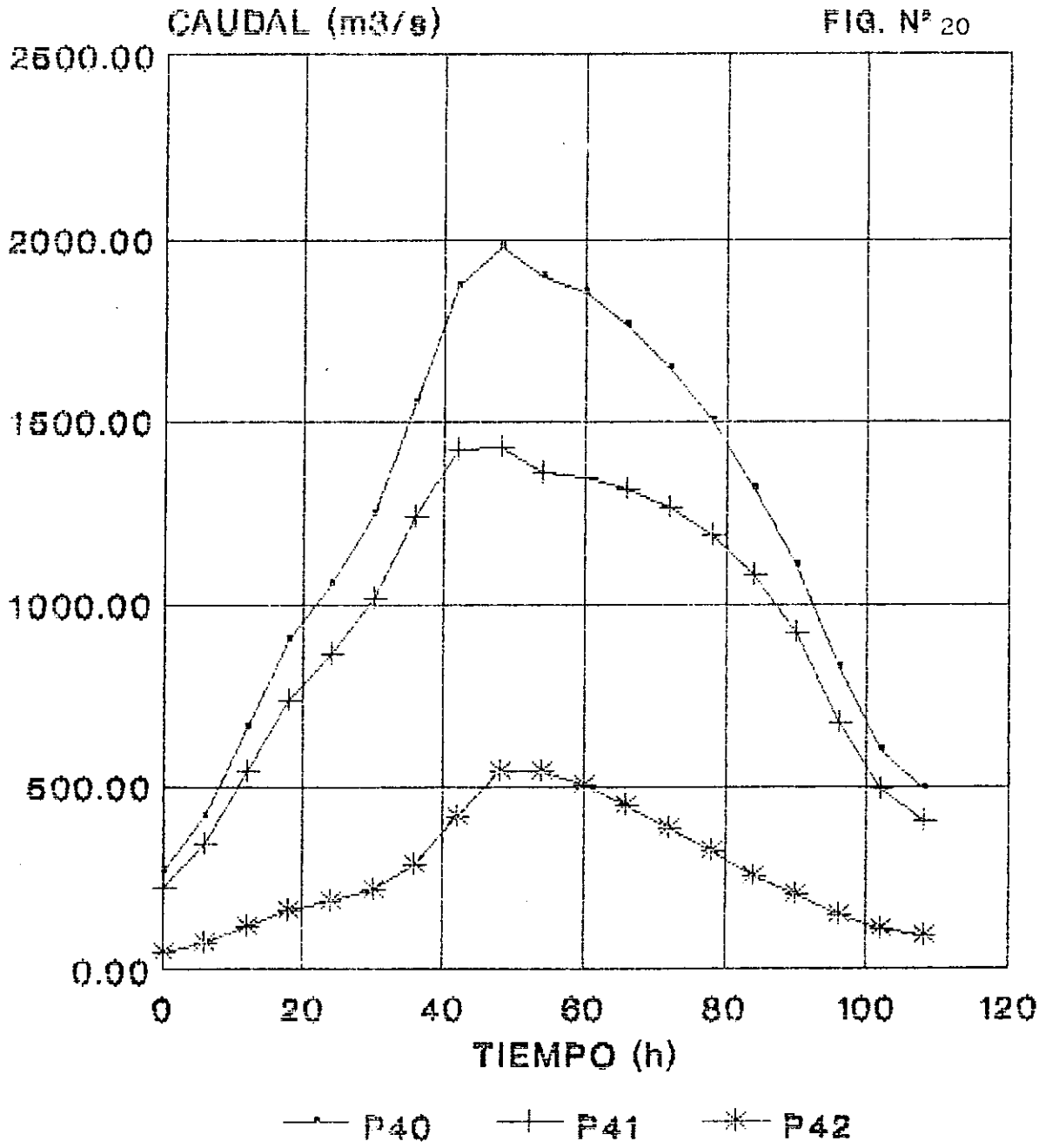


RIO GUALEGUAYCHU -- CRECIDA 1966
NIVELES EN PUERTO GUALEGUAYCHU

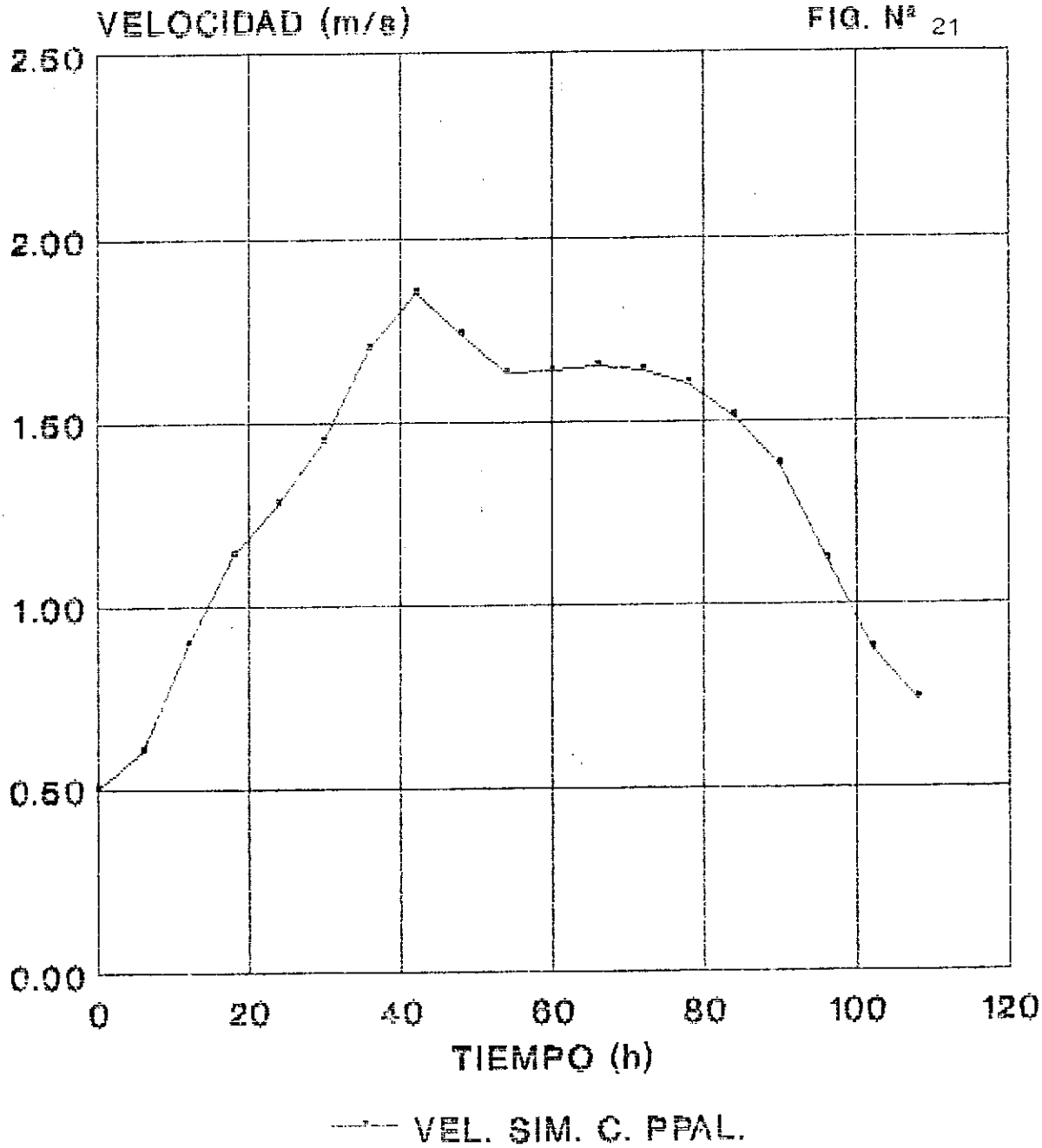


RIO GUALEGUAYCHU -- CRECIDA 1966

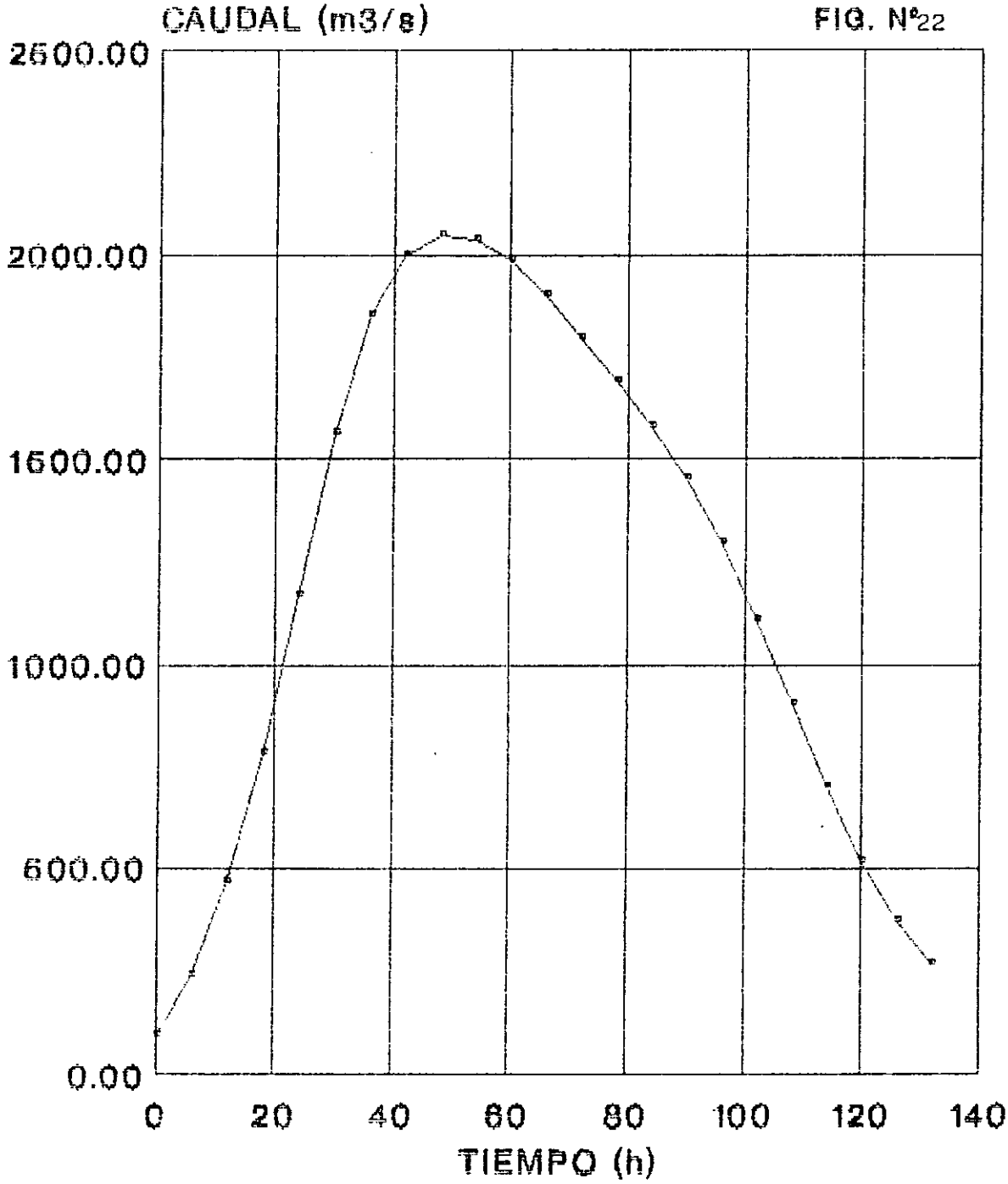
PARTICION CAUDALES ISLA LIBERTAD



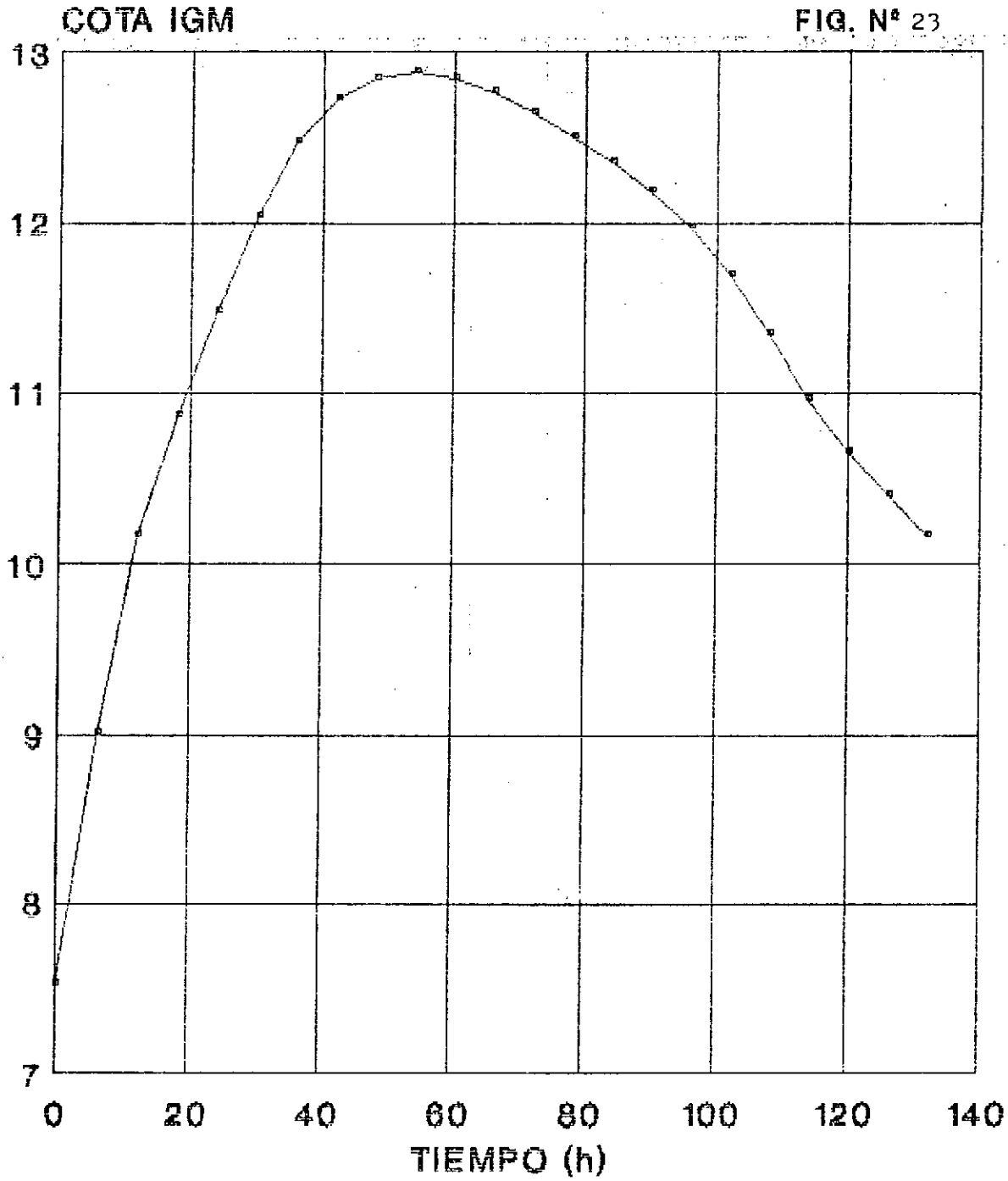
RIO GUALEGUAYCHU -- CRECIDA 1966
VELOCIDAD MEDIA EN PTO. GUALEGUAYCHU



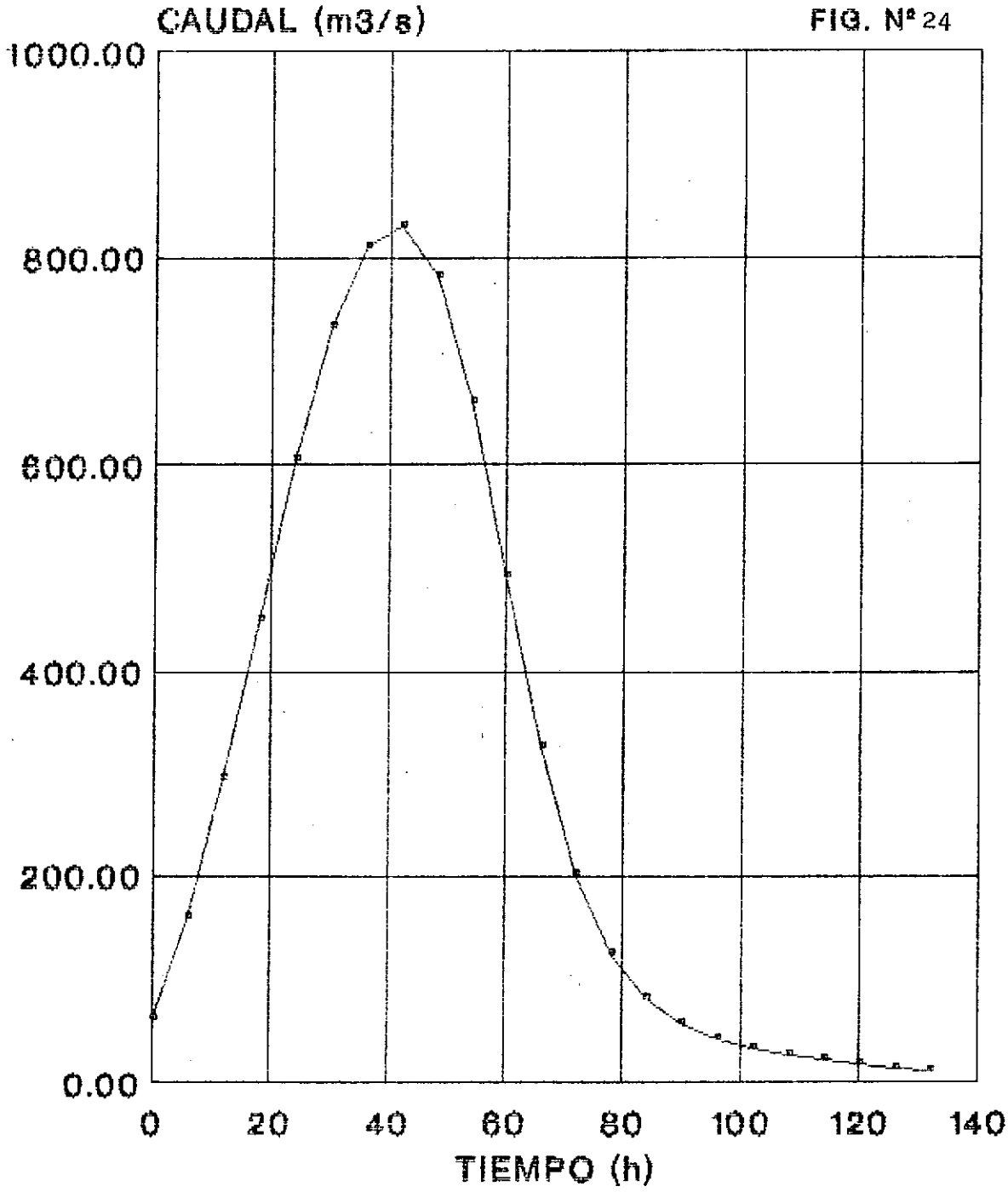
RIO GUALEGUAYCHU -- CRECIDA 1972
CAUDALES ENTRANTES AL SISTEMA
PERFIL Nº 1



RIO GUALEGUAYCHU -- CRECIDA 1972
NIVELES PELO DE AGUA SIMULADOS
PERFIL Nº 1



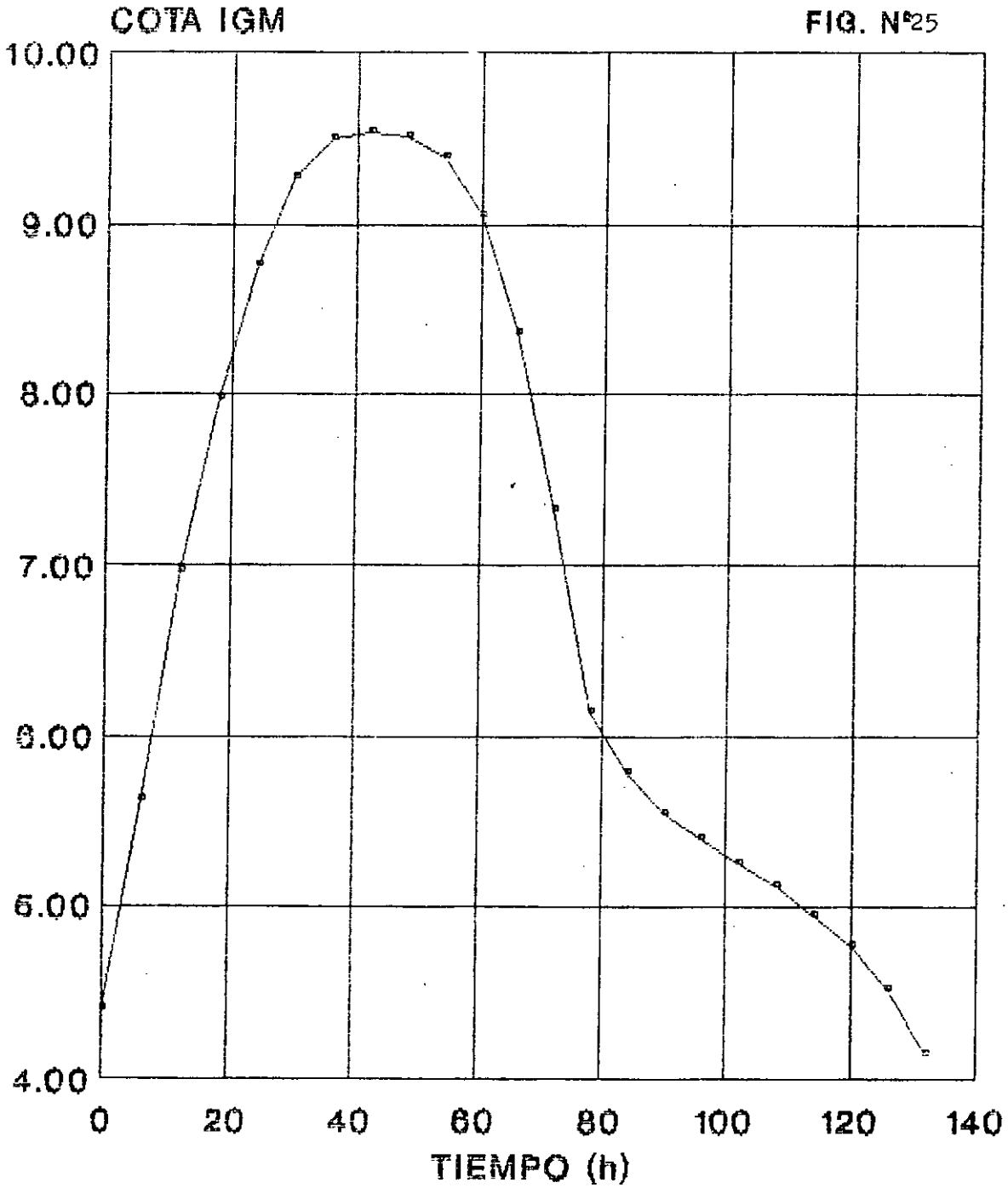
ARROYO GUALEYAN -- CRECIDA 1972
CAUDALES ENTRANTES AL SISTEMA
PERFIL Nº 21



ARROYO GUALEYAN -- CRECIDA 1972

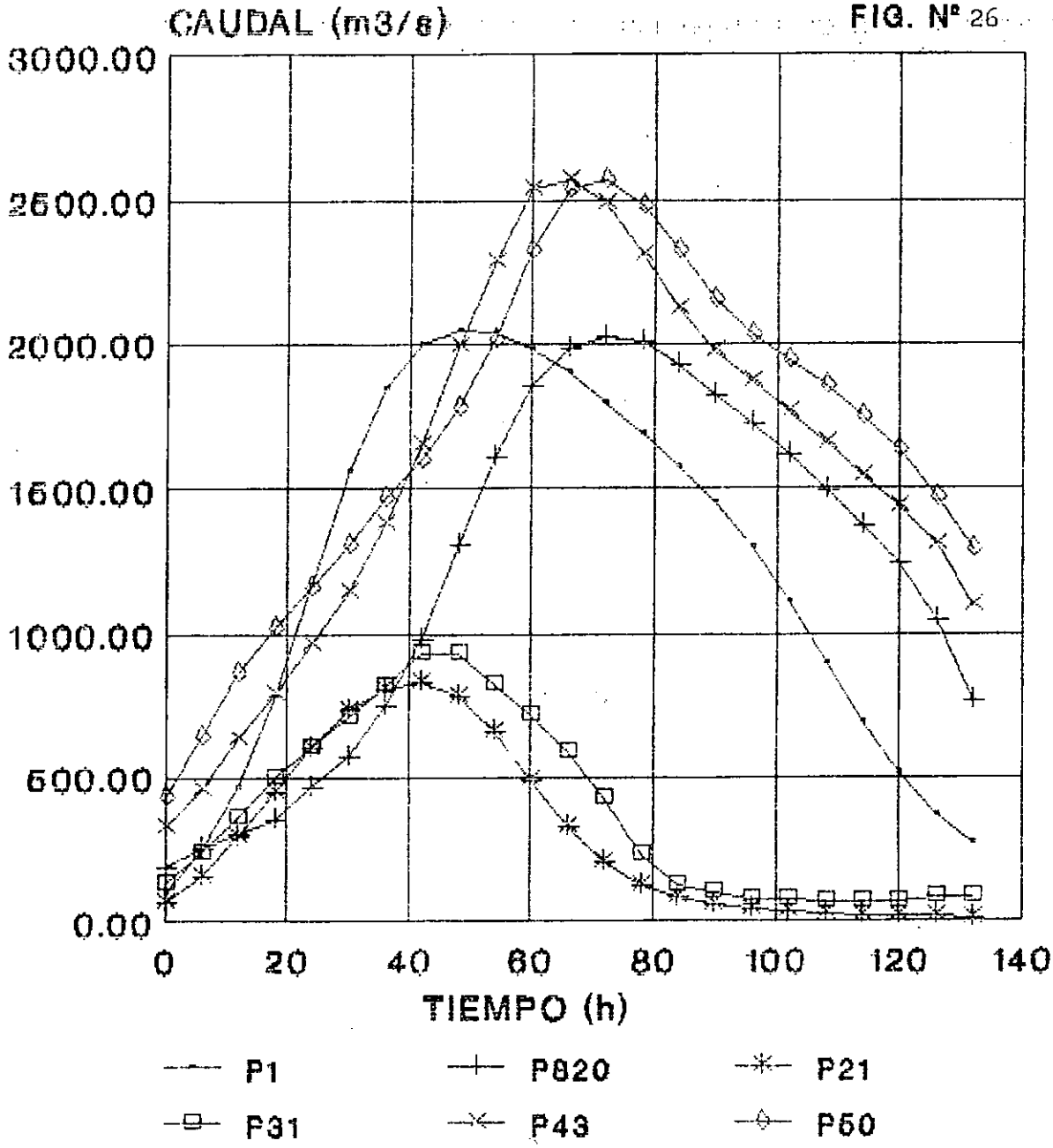
NIVELES PELO DE AGUA SIMULADOS

PERFIL Nº 21

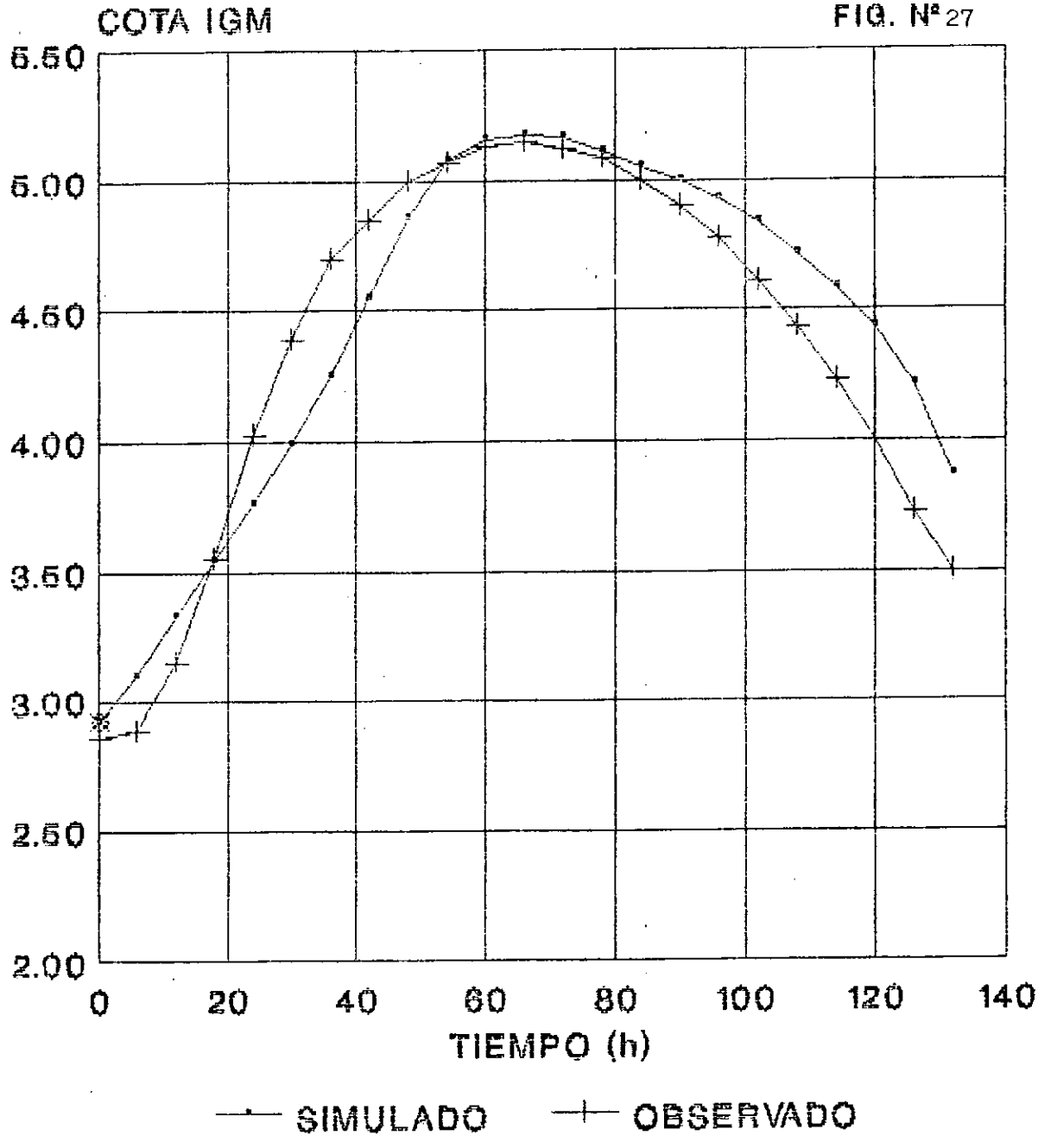


RIO GUALEGUAYCHU -- CRECIDA 1972
CAUDALES SIMULADOS

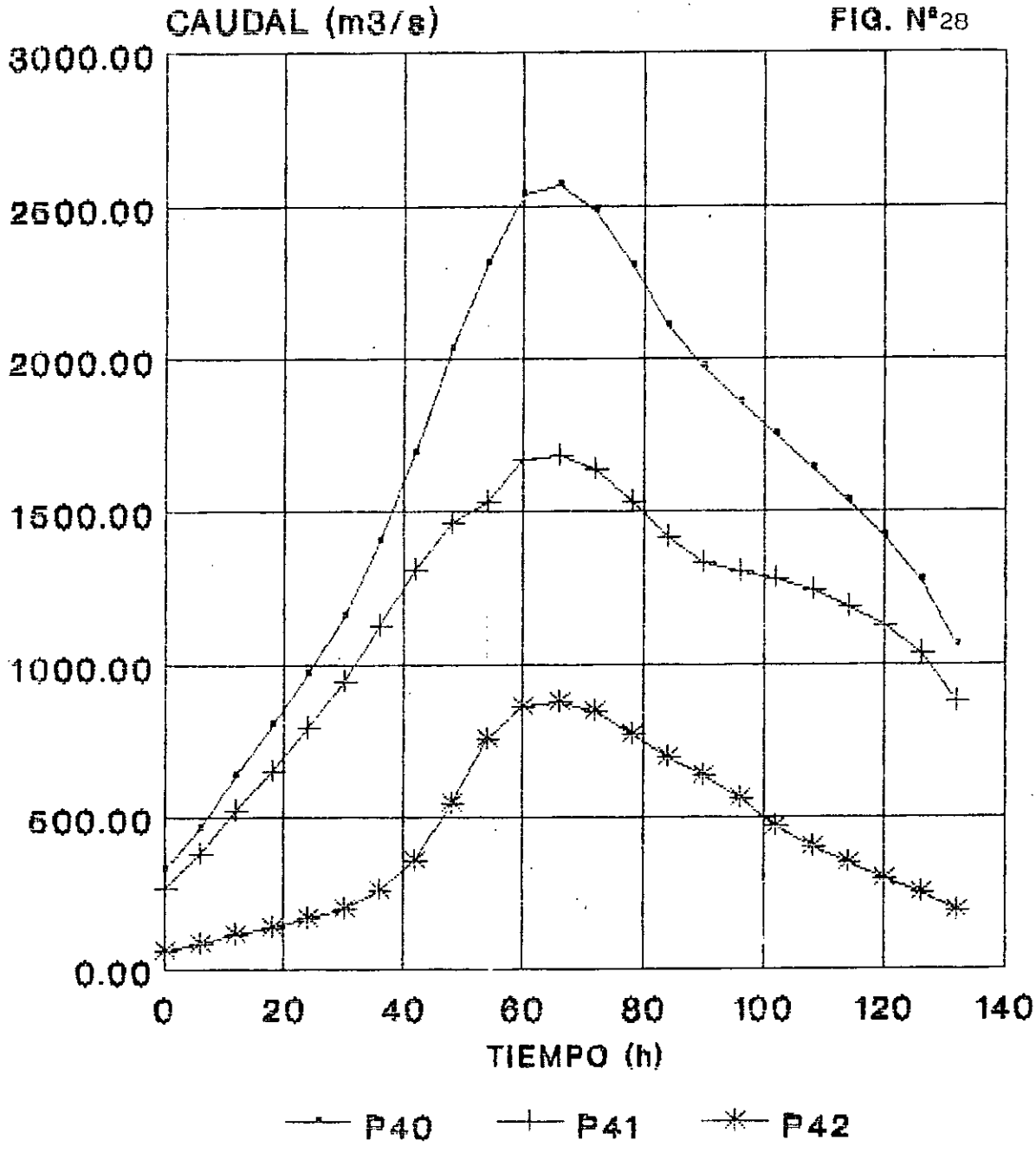
FIG. Nº 26



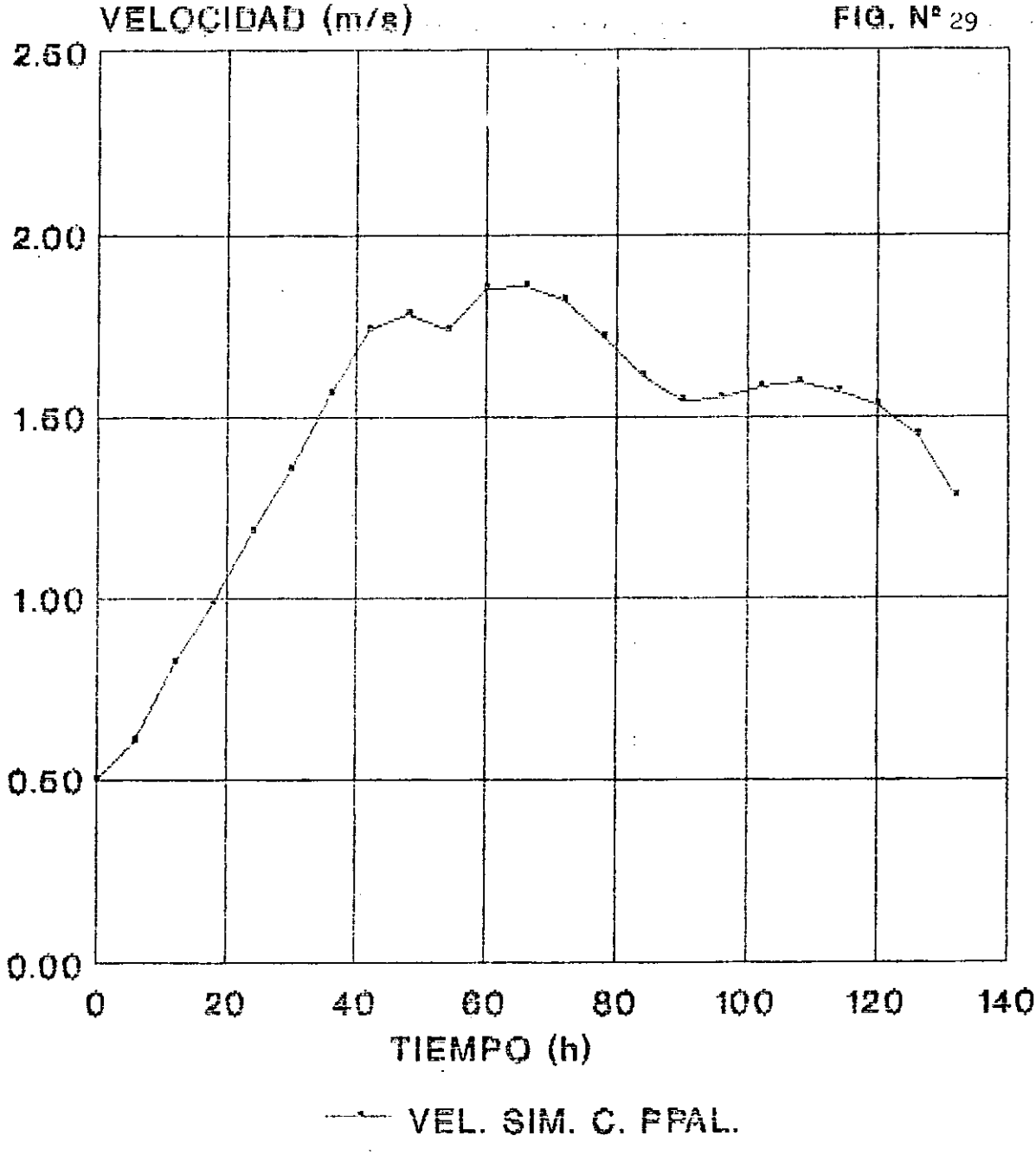
RIO GUALEGUAYCHU -- CRECIDA 1972
NIVELES EN PUERTO GUALEGUAYCHU



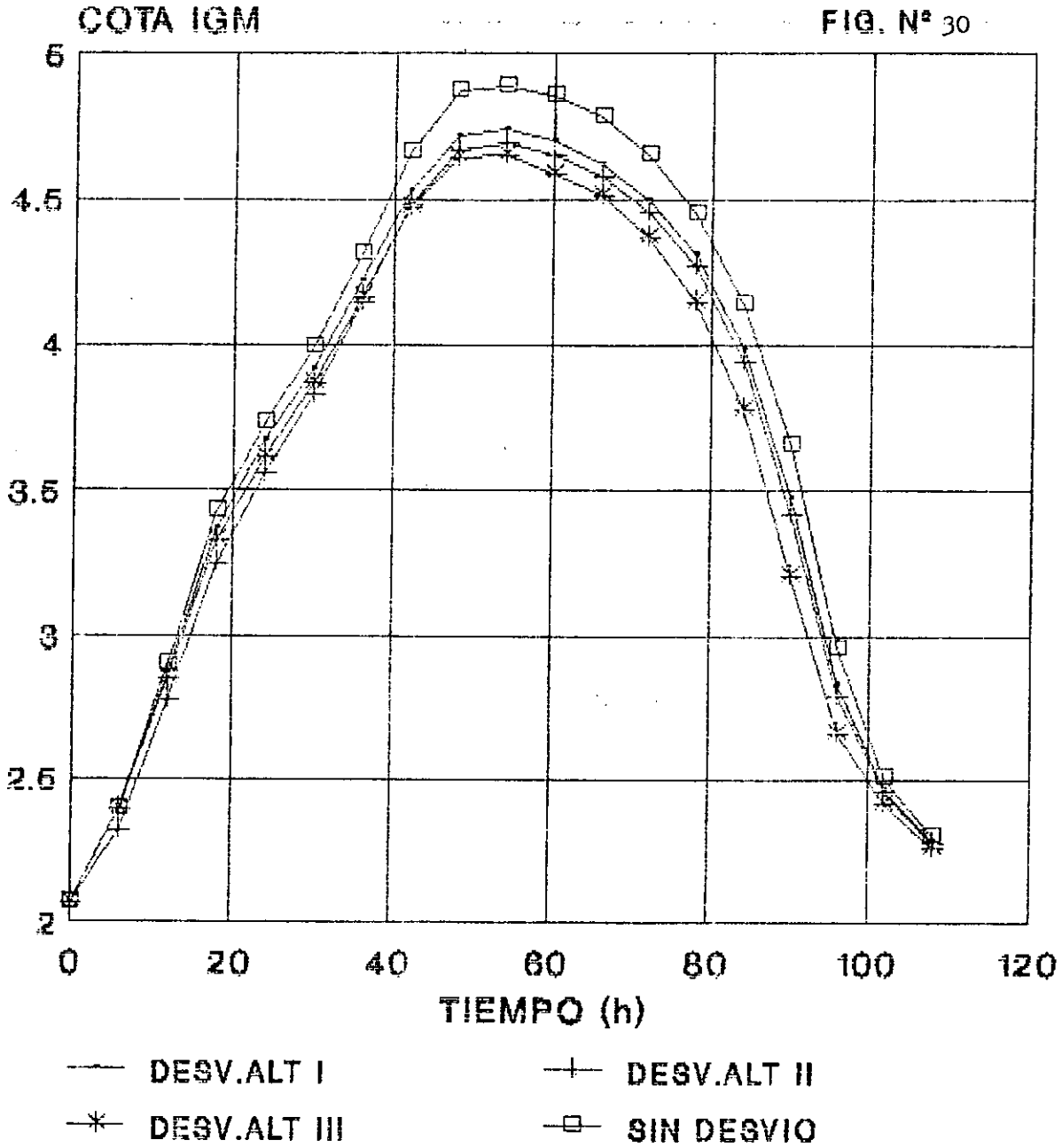
RIO GUALEGUAYCHU -- CRECIDA 1972
PARTICION CAUDALES ISLA LIBERTAD



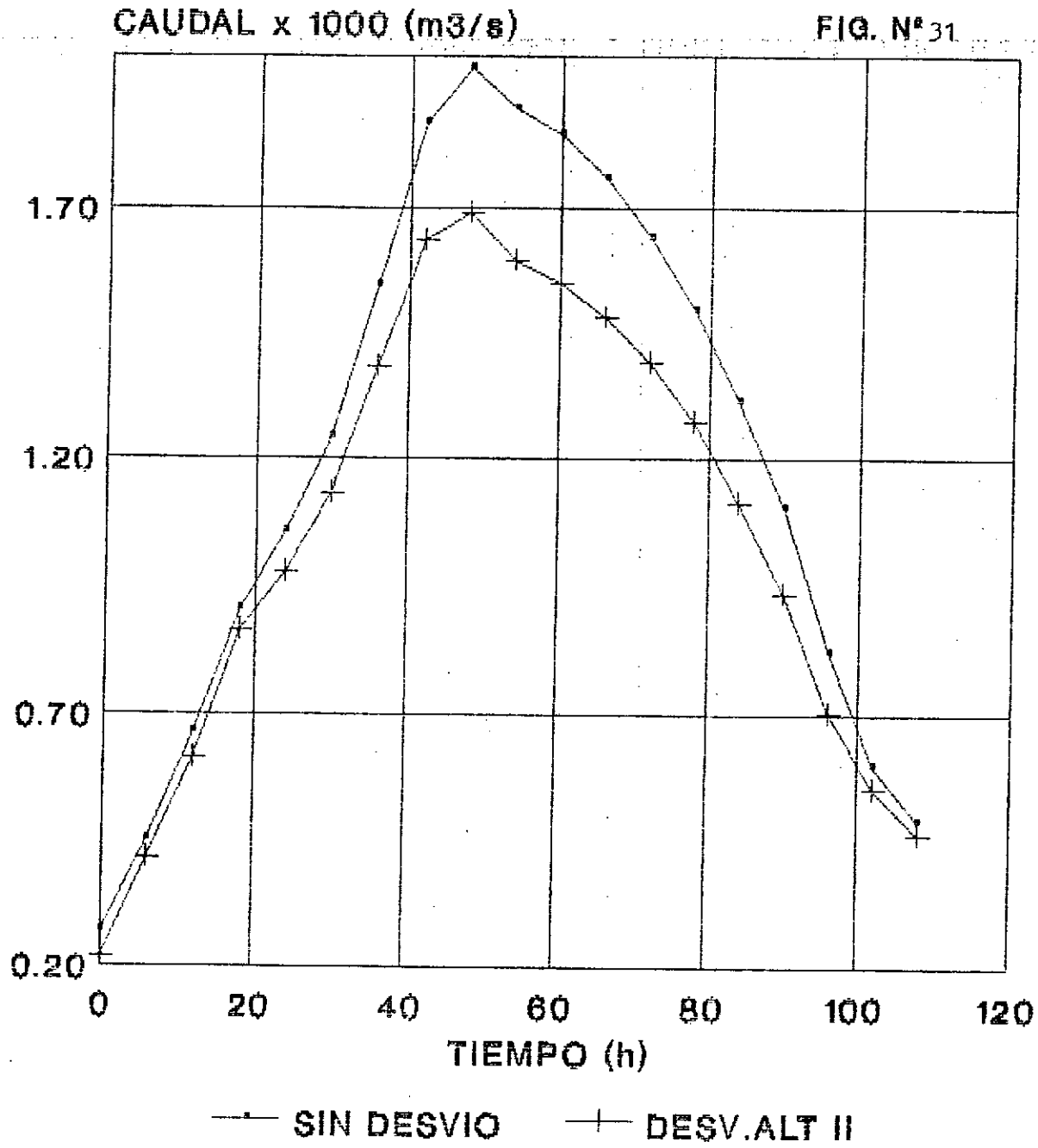
RIO GUALEGUAYCHU -- CRECIDA 1972
VELOCIDAD MEDIA EN PTO. GUALEGUAYCHU



RIO GUALEGUAYCHU -- CRECIDA 1966
ALTERNATIVAS DE DESVIO POR CAÑADA UNZUE
NIVELES DE PELO DE AGUA -- PERFIL Nº 41

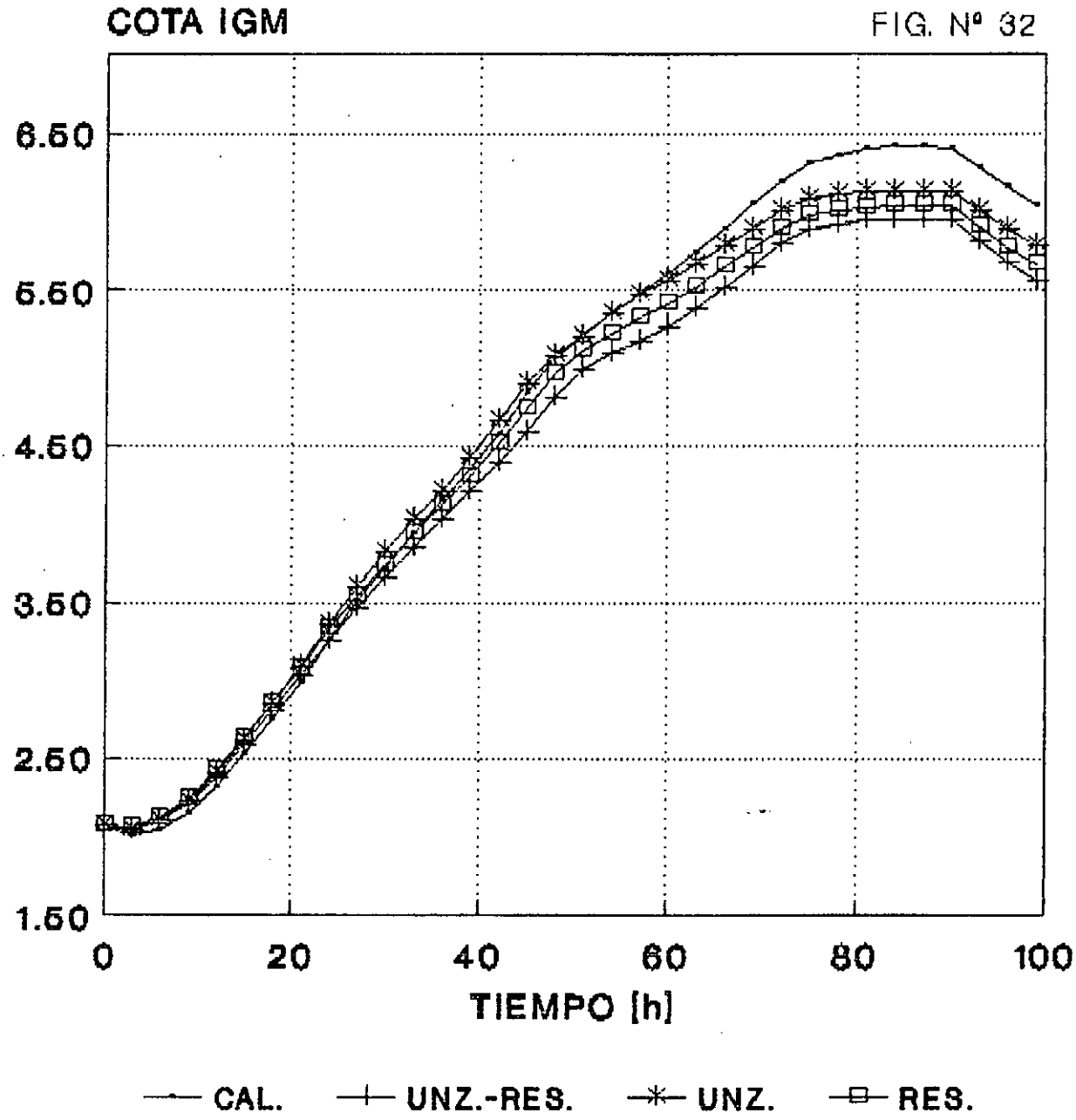


RIO GUALEGUAYCHU -- CRECIDA 1966
DESVIO CAÑADA UNZUE
PERFIL Nº 41

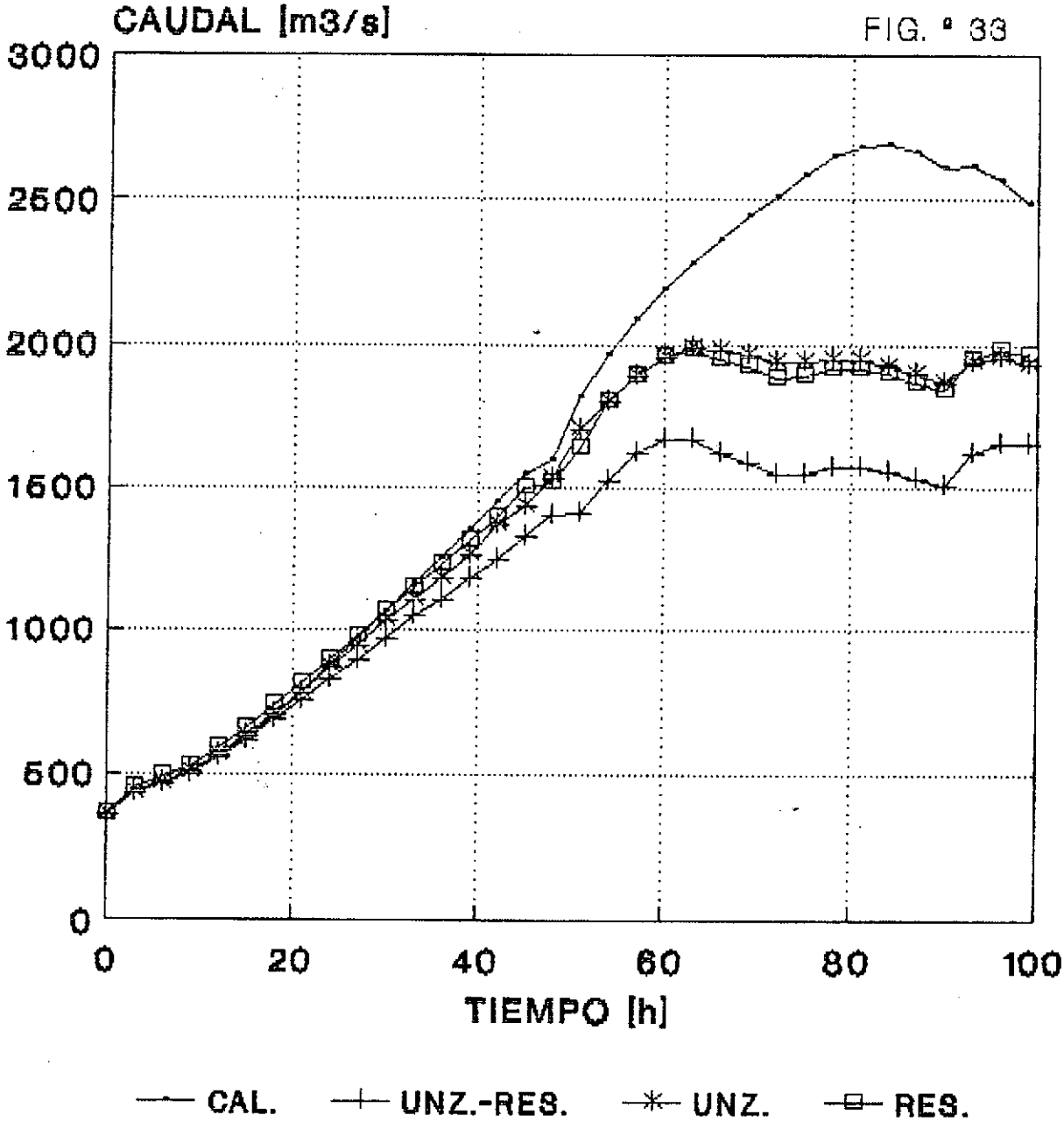


Manuel

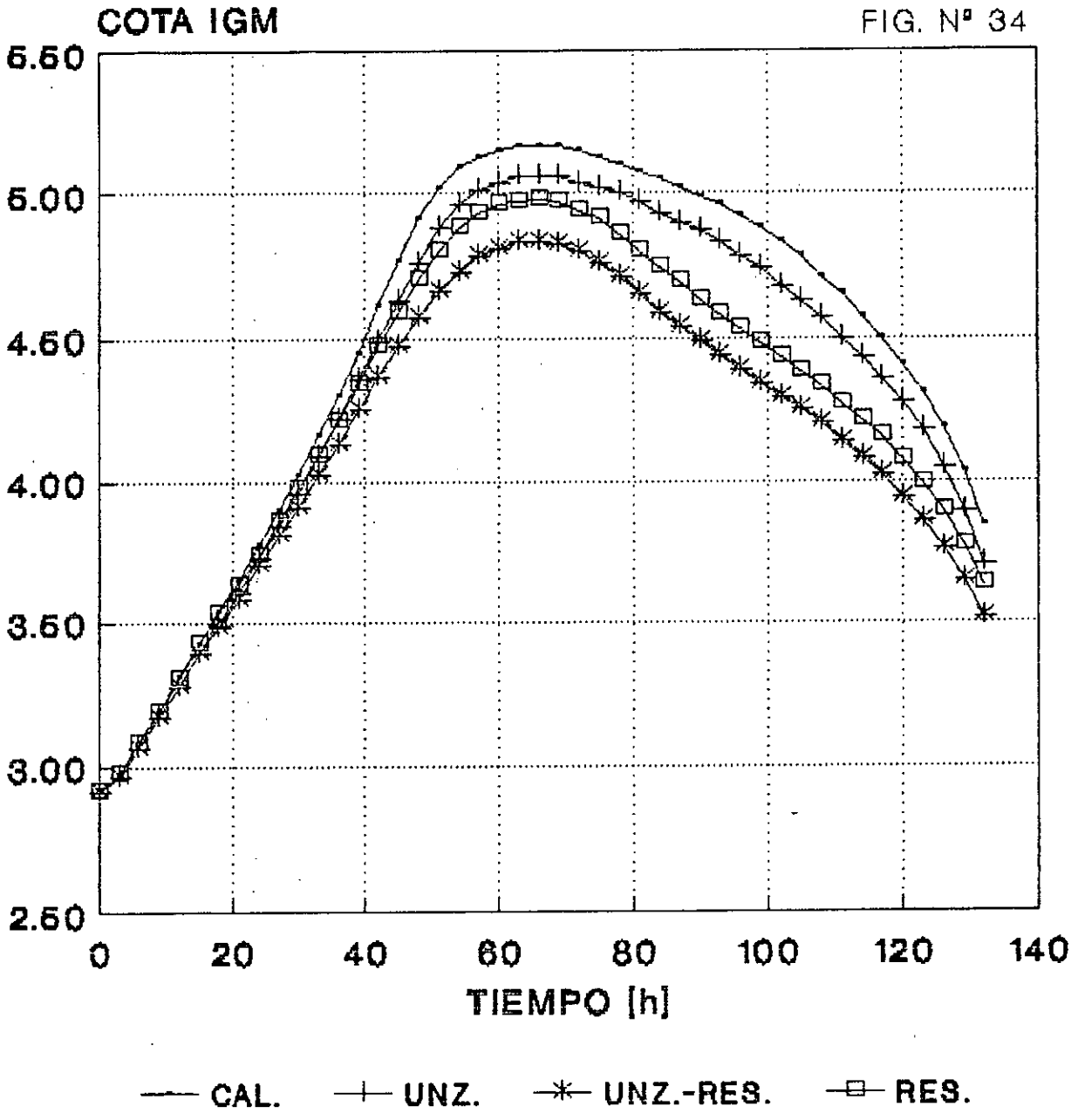
RIO GUALEGUAYCHU - CRECIDA 1978
ALTURAS SIMULADAS
PERFIL Nº 41 - PTO. GUALEGUAYCHU



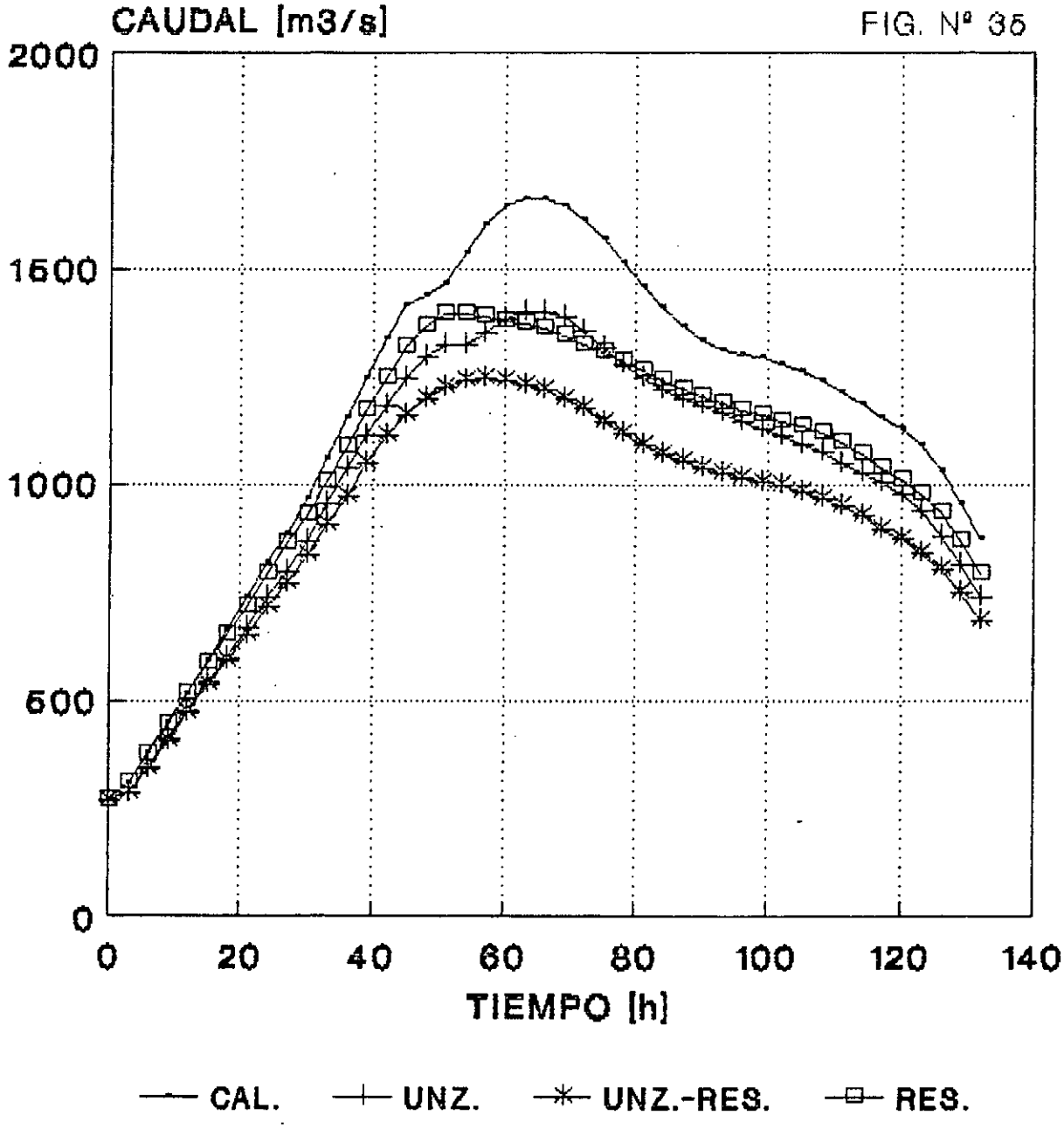
RIO GUALEGUAYCHU - CRECIDA 1978
CAUDALES SIMULADOS
PERFIL Nº 41 - PTO. GUALEGUAYCHU



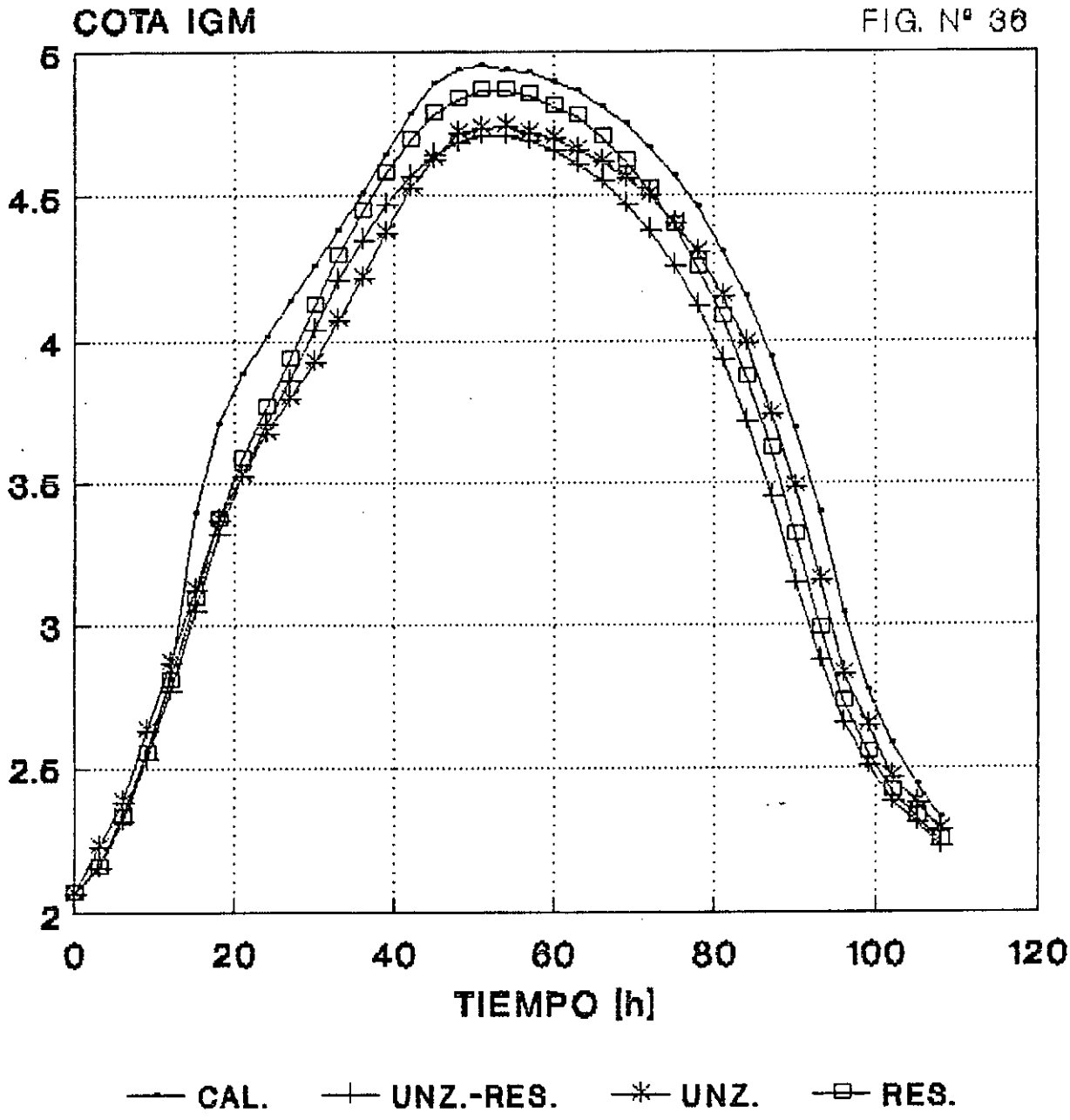
RIO GUALEGUAYCHU - CRECIDA 1972
ALTURAS SIMULADAS
PERFIL Nº 41 - PTO. GUALEGUAYCHU



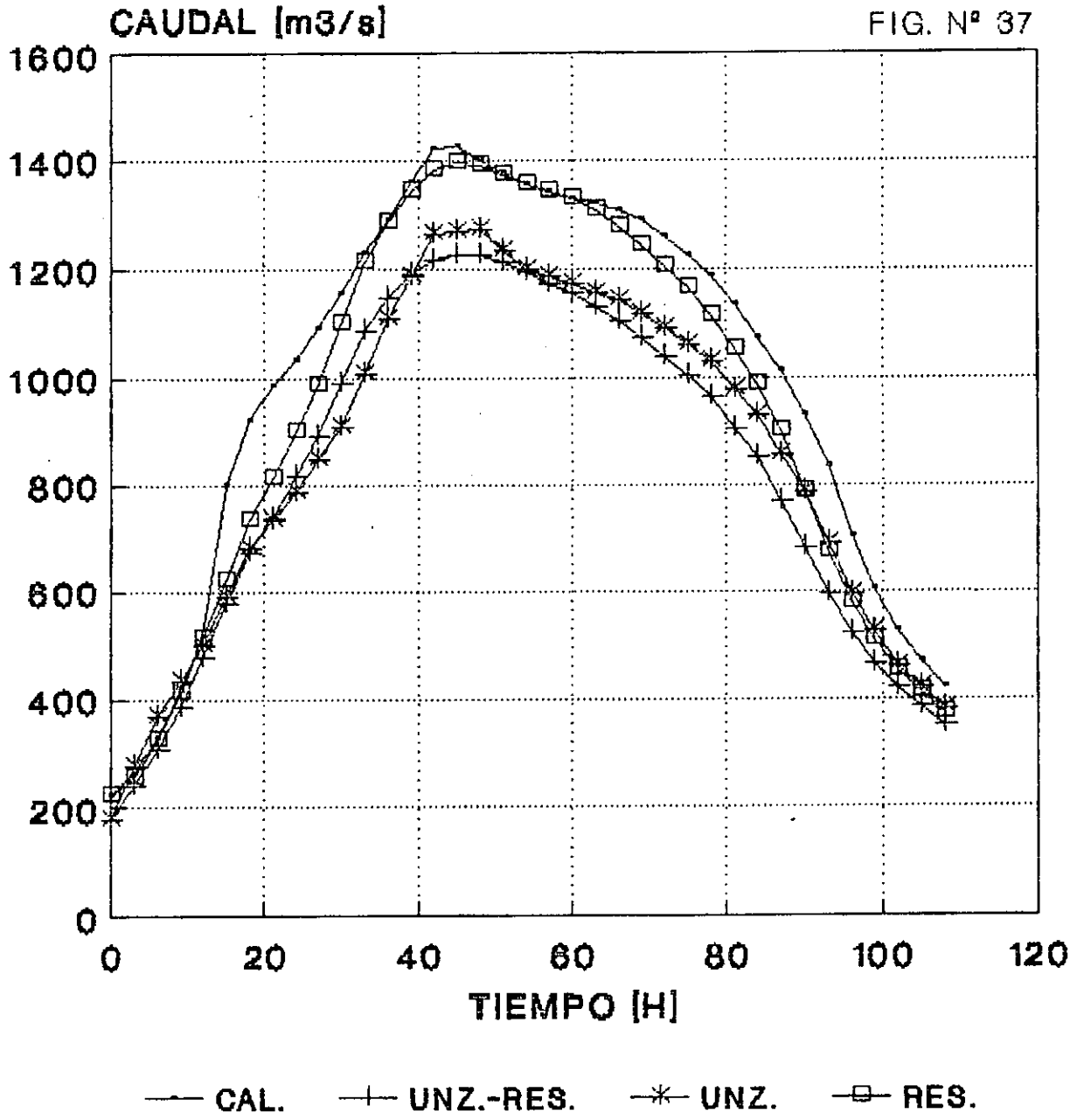
RIO GUALEGUAYCHU - CRECIDA 1972
CAUDALES SIMULADOS
PRFIL Nº 41 - PTO. GUALEGUAYCHU



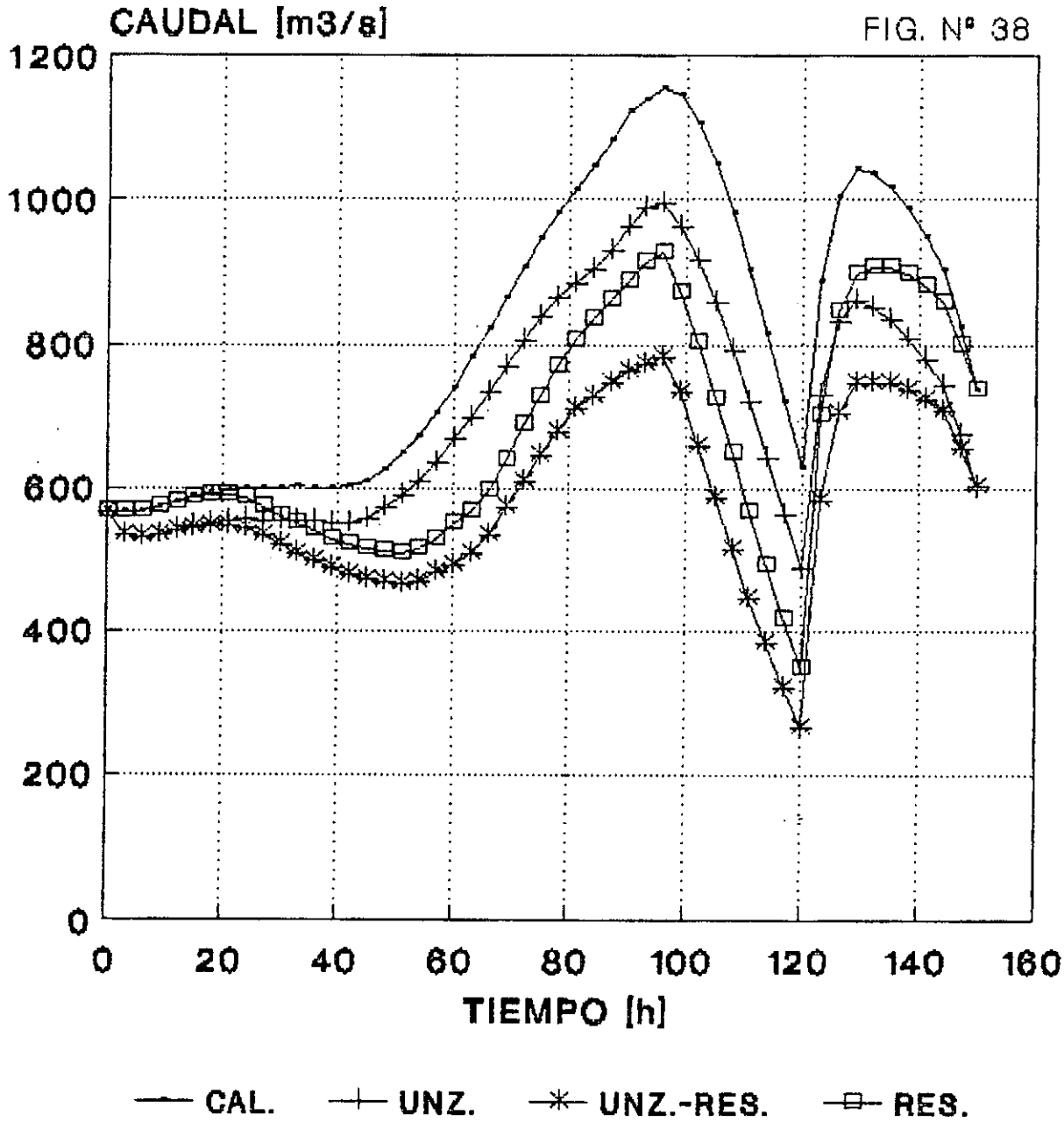
RIO GUALEGUAYCHU - CRECIDA 1966
ALTURAS SIMULADAS
PERFIL Nº 41 - PTO. GUALEGUAYCHU



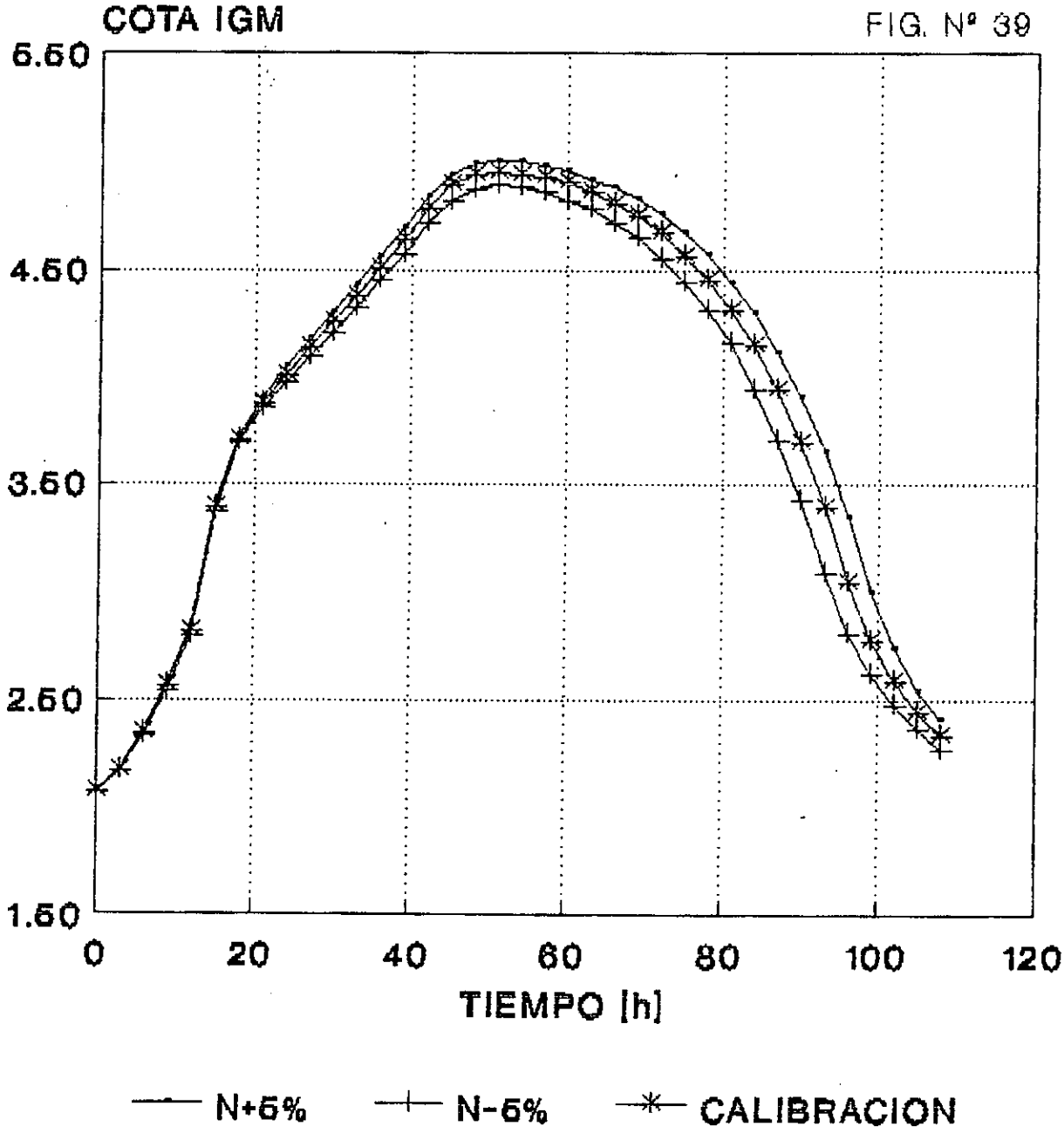
RIO GUALEGUAYCHU - CRECIDA 1966
CAUDALES SIMULADOS
PERFIL Nº 41 - PTO. GUALEGUAYCHU



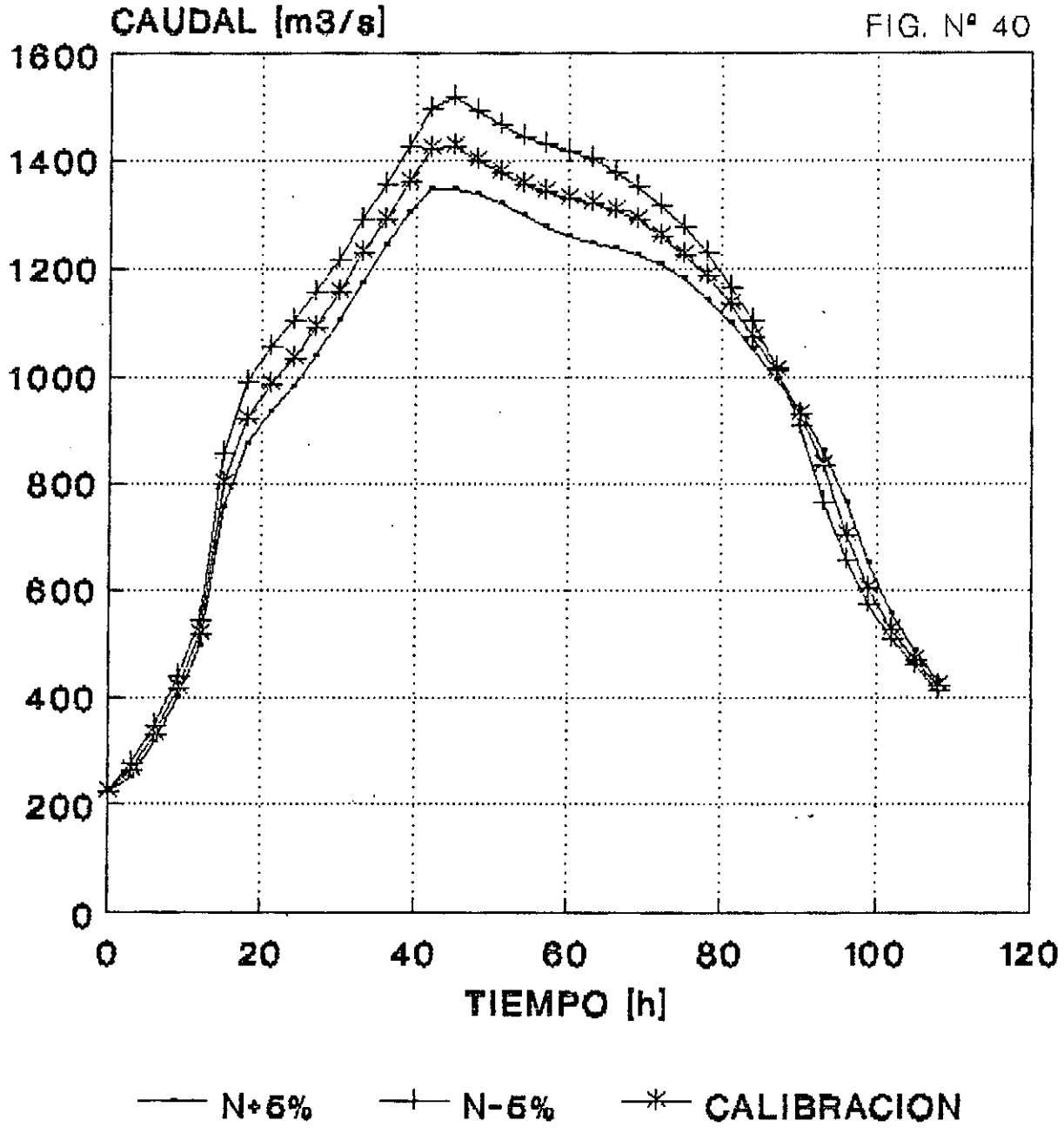
RIO GUALEGUAYCHU - CRECIDA 1959
CAUDALES SIMULADOS
PERFIL Nº 41 - PTO. GUALEGUAYCHU



RIO GUALEGUAYCHU - CRECIDA 1966
ANALISIS DE SENSIBILIDAD
PERFIL Nº 41 - ALTURAS SIMULADAS



RIO GUALEGUAYCHU - CRECIDA 1966
ANALISIS DE SENSIBILIDAD
PERFIL Nº 41 - CAUDALES SIMULADOS



F O T O S

Nº 1: Salto Grande o de Méndez
Nº 2: Río Gualeguaychú en Ruta Nac. Nº 14

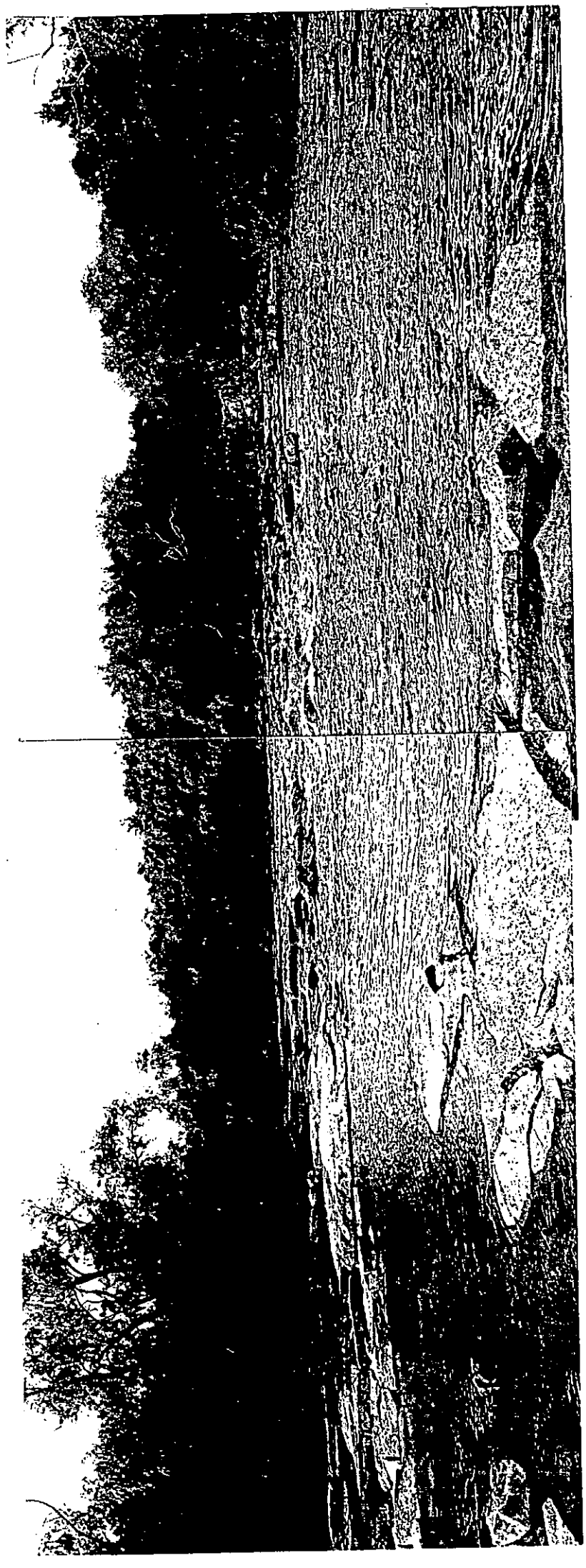


Foto Nº 1

Salto Grande
o de Méndez

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
BIBLIOTECA
Dr. Manuel Belgrano

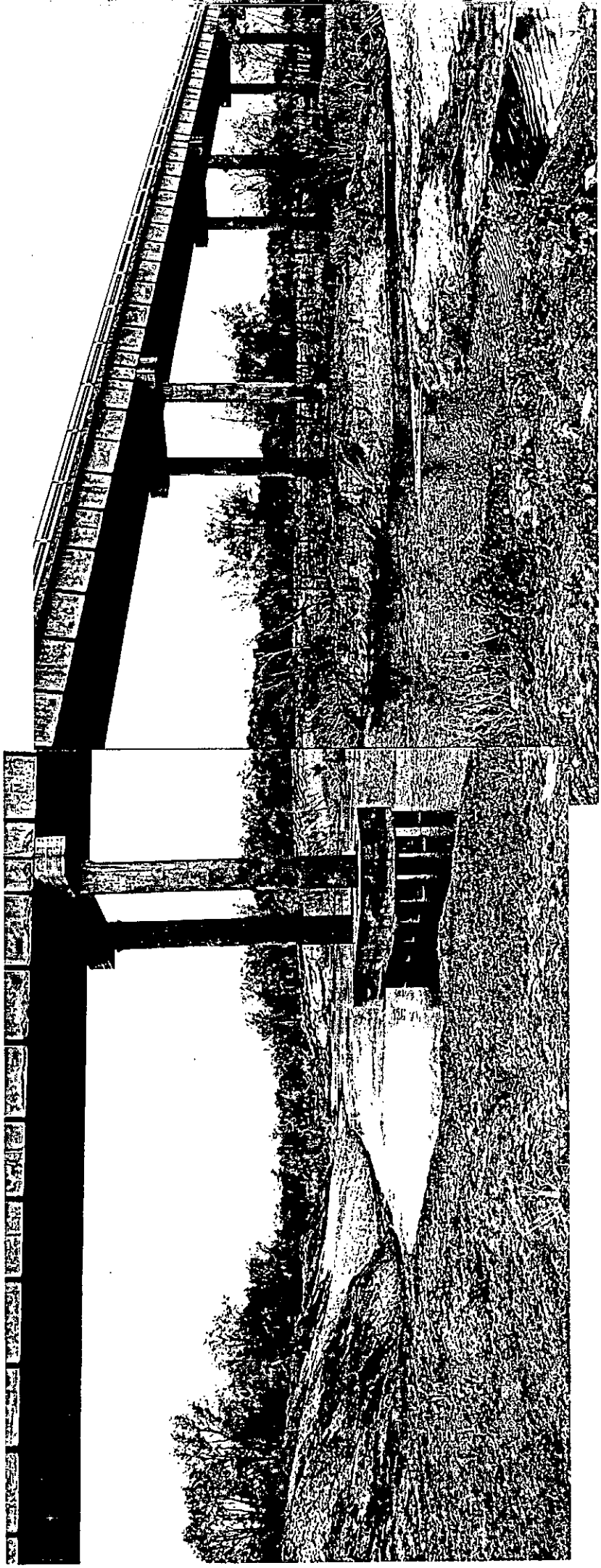
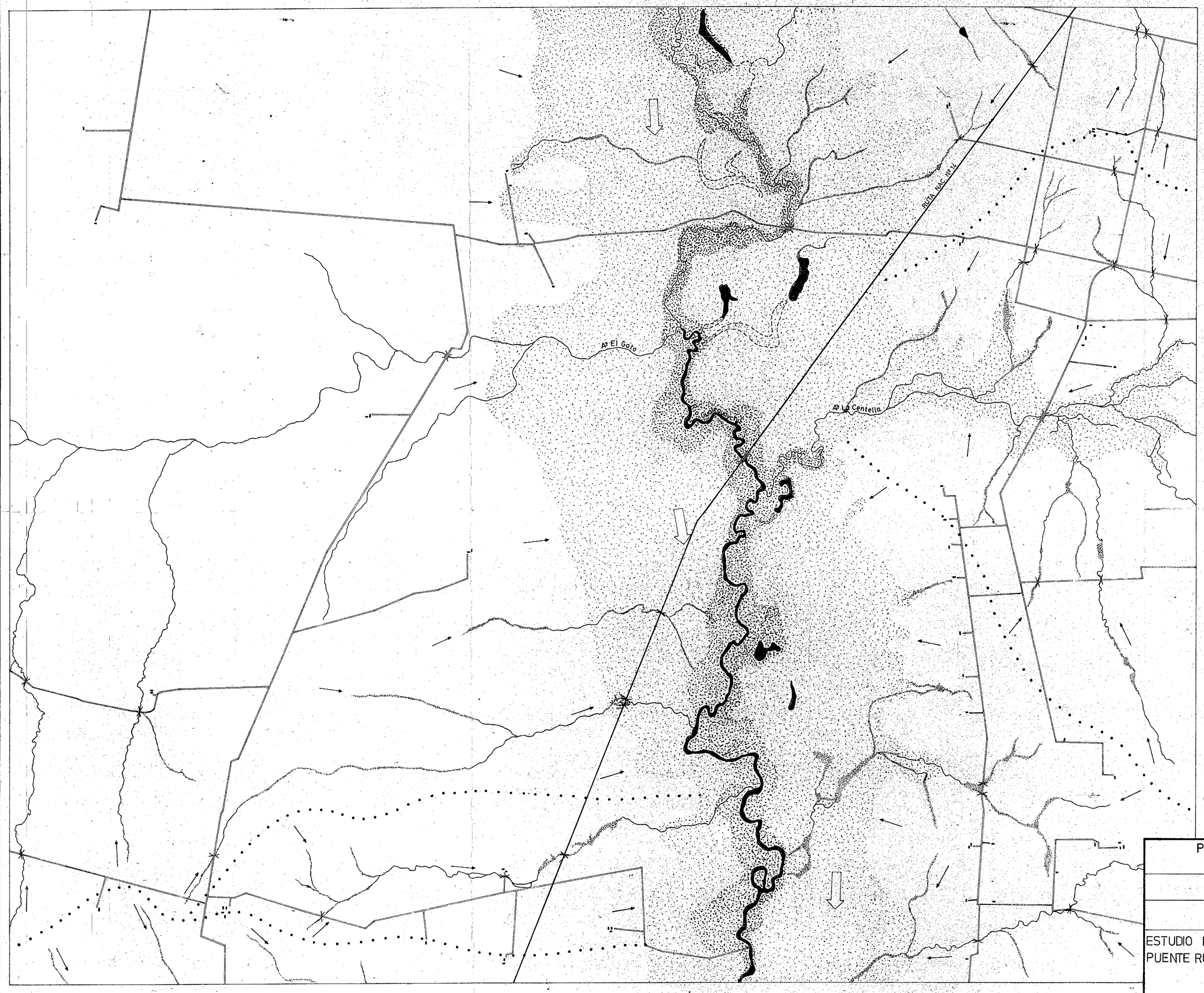


Foto Nº 2

Río Gualeguay-
chú en RN.Nº14

P L A N O S

Nº 1: Dinámica hídrica superficial - Subtramo Nº 1
Nº 2: Dinámica hídrica superficial - Subtramo Nº 2
Nº 3: Dinámica hídrica superficial - Subtramo Nº 3
Nº 4: Dinámica hídrica superficial - Subtramo Nº 4
Nº 5: Ubicación perfiles topobatimétricos
Nº 6: Esquematización del sistema



N (Aprox.)

REFERENCIAS

- ESCURRIMIENTO EN CAUCE
- ESPIRA - MEANDRO
- LAGUNA - ESPEJO DE AGUA - AGUADA
- AREA DE ESCURRIMIENTO NO ENCAUZADO
- AREA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL ASOCIADA A CAUCE PRINCIPAL
- AREA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL RELATIVAMENTE CONCENTRADO
- AREA RELATIVAMENTE ELEVADA
- CANAL
- SENTIDO DE ESCURRIMIENTO PARA MAXIMOS EVENTOS
- SENTIDO LOCALIZADO DE ESCURRIMIENTO
- DIVISORIA DE AGUAS
- CAMINO PAVIMENTADO
- CAMINO DE TIERRA
- FERROCARRIL
- ZONA URBANIZADA
- EDIFICACION - CASA - PARAJE
- PUENTE
- ALCANTARILLA

ESCALA 1:20000 (Aprox.)

0 200 400 1000 2000 m.
100 300 500

PROVINCIA DE ENTRE RIOS

MUNICIPALIDAD DE GUALEGUAYCHU

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
AREA DE INFRAESTRUCTURA HIDRICA

DEFENSA CONTRA INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE GUALEGUAYCHU

EXPEDIENTE

ESTUDIO HIDRODINAMICO RIO GUALEGUAYCHU-TRAMO PUENTE RUTA NAC.Nº14-DESEMBOCADURA RIO URUGUAY

DINAMICA HIDRICA SUPERFICIAL

SUBTRAMO Nº 1

OBSERVACIONES
MATERIAL BASE UTILIZADO
- FOTOGRAFIAS AEREAS AÑO 1964/65 ESCALA 1:20000
- CARTAS IGM ESCALA 1:50000

REALIZO
Hid. C. ZAPATA

PLANO Nº1

N (Aprox.)

REFERENCIAS

- ESCURRIMIENTO EN CAUCE
- ESPIRA - MEANDRO
- LAGUNA - ESPEJO DE AGUA - AGUADA
- AREA DE ESCURRIMIENTO NO ENCAUZADO
- AREA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL ASOCIADA A CAUCE PRINCIPAL
- AREA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL RELATIVAMENTE CONCENTRADO
- AREA RELATIVAMENTE ELEVADA
- CANAL
- SENTIDO DE ESCURRIMIENTO PARA MAXIMOS EVENTOS
- SENTIDO LOCALIZADO DE ESCURRIMIENTO
- DIVISORIA DE AGUAS
- CAMINO PAVIMENTADO
- CAMINO DE TIERRA
- FERROCARRIL
- ZONA URBANIZADA
- EDIFICACION - CASA - PARAJE
- PUENTE
- ALCANTARILLA

ESCALA 1:20.000 (Aprox.)

0 200 400 1000 2000 m.
100 300 500

PROVINCIA DE ENTRE RIOS
MUNICIPALIDAD DE GUALEGUAYCHU

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
AREA DE INFRAESTRUCTURA HIDRICA

DEFENSA CONTRA INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE GUALEGUAYCHU | EXPEDIENTE

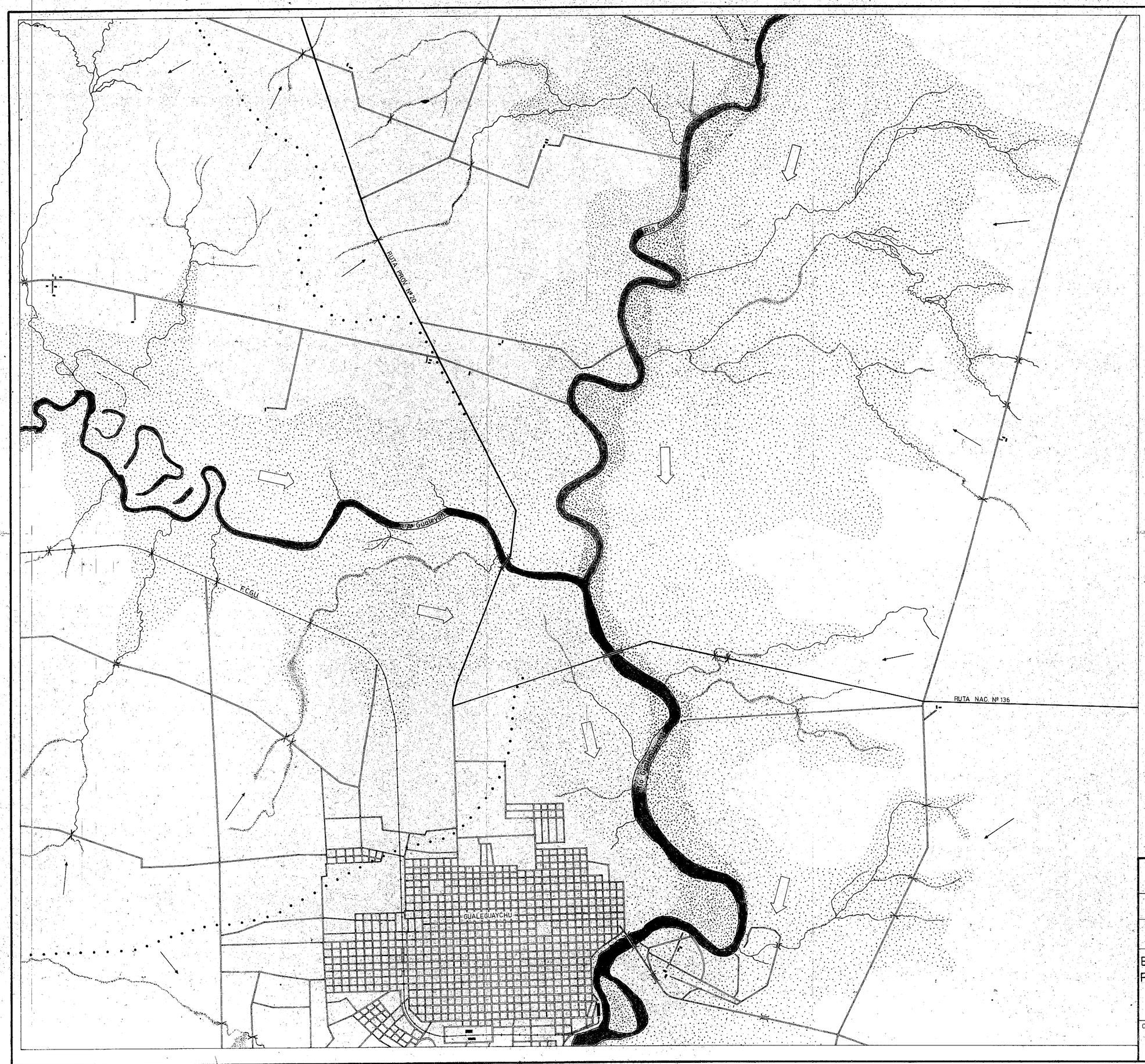
ESTUDIO HIDRODINAMICO RIO GUALEGUAYCHU-TRAMO PUENTE RUTA NAC. Nº14-DESEMBOCADURA RIO URUGUAY

DINAMICA HIDRICA SUPERFICIAL
SUBTRAMO Nº2

OBSERVACIONES
MATERIAL BASE UTILIZADO
- FOTOGRAFIAS AEREAS AÑO 1964/65 ESCALA 1:20000
- CARTAS IGM ESCALA 1:50000

REALIZO
Hid. C. ZAPATA

PLANO Nº2



N (Aprox.)

REFERENCIAS

- ESCURRIMIENTO EN CAUCE
- ESPIRA - MEANDRO
- LAGUNA - ESPEJO DE AGUA - AGUADA
- AREA DE ESCURRIMIENTO NO ENCAUZADO
- AREA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL ASOCIADA A CAUCE PRINCIPAL
- AREA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL RELATIVAMENTE CONCENTRADO
- AREA RELATIVAMENTE ELEVADA
- CANAL
- SENTIDO DE ESCURRIMIENTO PARA MAXIMOS EVENTOS
- SENTIDO LOCALIZADO DE ESCURRIMIENTO
- DIVISORIA DE AGUAS
- CAMINO PAVIMENTADO
- CAMINO DE TIERRA
- FERROCARRIL
- ZONA URBANIZADA
- EDIFICACION - CASA - PARAJE
- PUENTE
- ALCANTARILLA

ESCALA 1:20.000 (Aprox.)

0 100 200 300 400 500 1000 2000 m

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES BIBLIOTECA

PROVINCIA DE ENTRE RIOS

MUNICIPALIDAD DE GUALEGUAYCHU

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
AREA DE INFRAESTRUCTURA HIDRICA

DEFENSA CONTRA INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE GUALEGUAYCHU	EXPEDIENTE

ESTUDIO HIDRODINAMICO RIO GUALEGUAYCHU-TRAMO PUENTE RUTA NAC.Nº14-DESEMBOCADURA RIO URUGUAY

DINAMICA HIDRICA SUPERFICIAL
SUBTRAMO Nº 3

OBSERVACIONES	REALIZO	
MATERIAL BASE UTILIZADO _FOTOGRAFIAS AEREAS AÑO 1964/65 ESCALA 1:20.000 _CARTAS IGM ESCALA 1:50.000	Hid. C. ZAPATA	PLANO Nº

REFERENCIAS

- ESCURRIMIENTO EN CAUCE
- ESPIRA - MEANDRO
- LAGUNA - ESPEJO DE AGUA - AGUADA
- AREA DE ESCURRIMIENTO NO ENCAUZADO
- AREA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL ASOCIADA A CAUCE PRINCIPAL
- AREA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL RELATIVAMENTE CONCENTRADO
- AREA RELATIVAMENTE ELEVADA
- CANAL
- SENTIDO DE ESCURRIMIENTO PARA MAXIMOS EVENTOS
- SENTIDO LOCALIZADO DE ESCURRIMIENTO
- DIVISORIA DE AGUAS
- CAMINO PAVIMENTADO
- CAMINO DE TIERRA
- FERROCARRIL
- ZONA URBANIZADA
- EDIFICACION - CASA - PARAJE
- PUENTE
- ALCANTARILLA

ESCALA 1: 20000 (Aprox.)

0 200 400 1000 2000 m.
100 300 500

PROVINCIA DE ENTRE RIOS
MUNICIPALIDAD DE GUALEGUAYCHU

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
AREA DE INFRAESTRUCTURA HIDRICA

DEFENSA CONTRA INUNDACIONES
EN LA CIUDAD DE GUALEGUAYCHU

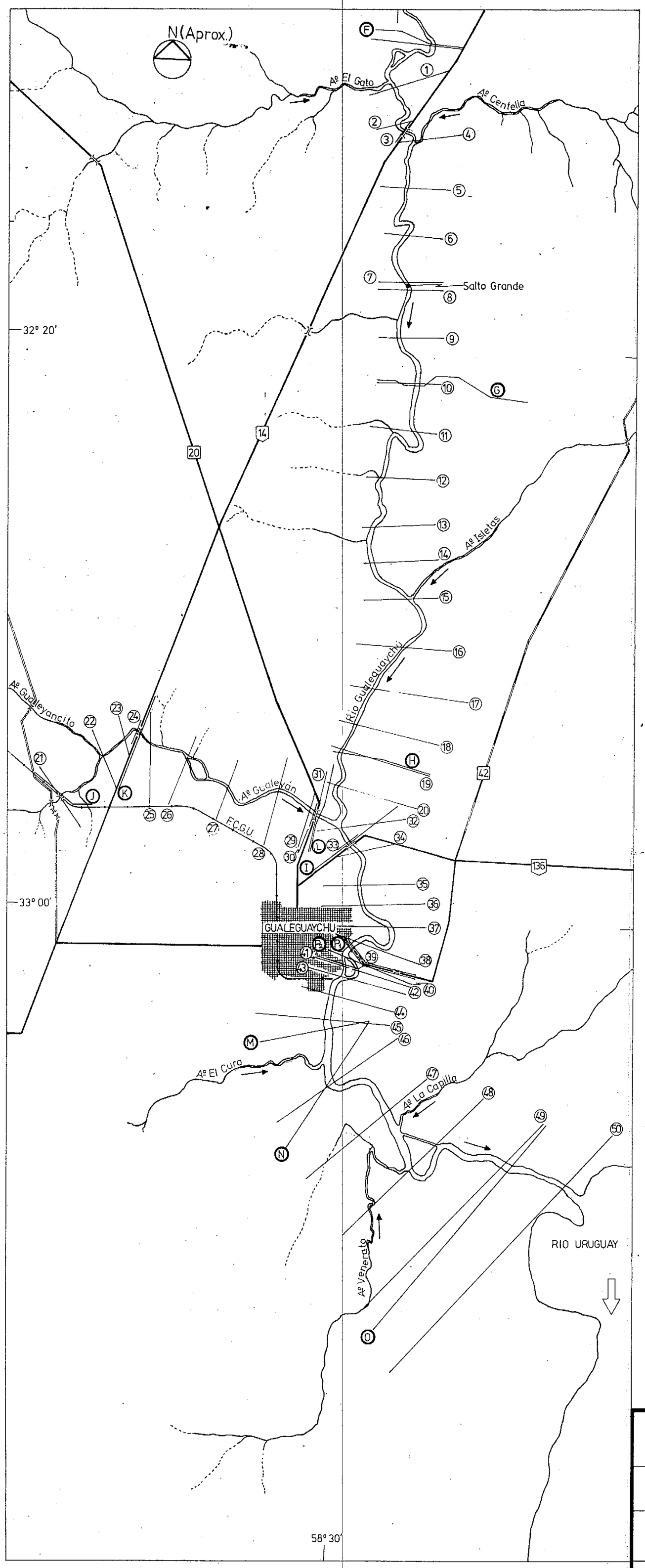
ESTUDIO HIDRODINAMICO RIO GUALEGUAYCHU-TRAMO PUENTE RUTA NAC.Nº14-DESEMBOCADURA RIO URUGUAY

DINAMICA HIDRICA SUPERFICIAL
SUBTRAMO Nº4

OBSERVACIONES
MATERIAL BASE UTILIZADO
- FOTOGRAFIAS AEREAS AÑO 1964/65 ESCALA 1:20000
- CARTAS I.G.M. ESCALA 1:50000

REALIZO
Hid. C. ZAPATA

PLANO Nº4



REFERENCIAS

- PERFIL TOPOBATIMETRICO Nº 5, INTERPOLADO
- PERFIL TOPOBATIMETRICO "M", RELEVADO
- ZONA URBANIZADA
- CAMINO PAVIMENTADO
- CAMINO CONSOLIDADO
- CAMINO DE TIERRA
- RUTA PROVINCIAL Nº 20
- RUTA NACIONAL Nº 14
- PUENTE
- FERROCARRIL

CONSEJO FEDERAL DE I
BIBLIOTECA
Dr. Manuel Belgrano

ESCALA 1:100.000 (Aprox.)

0 1 2 3 4 5 10 Km

PROVINCIA DE ENTRE RIOS

MUNICIPALIDAD DE GUALEGUAYCHU

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

AREA DE INFRAESTRUCTURA HIDRICA

DEFENSA CONTRA INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE GUALEGUAYCHU

EXPEDIENTE

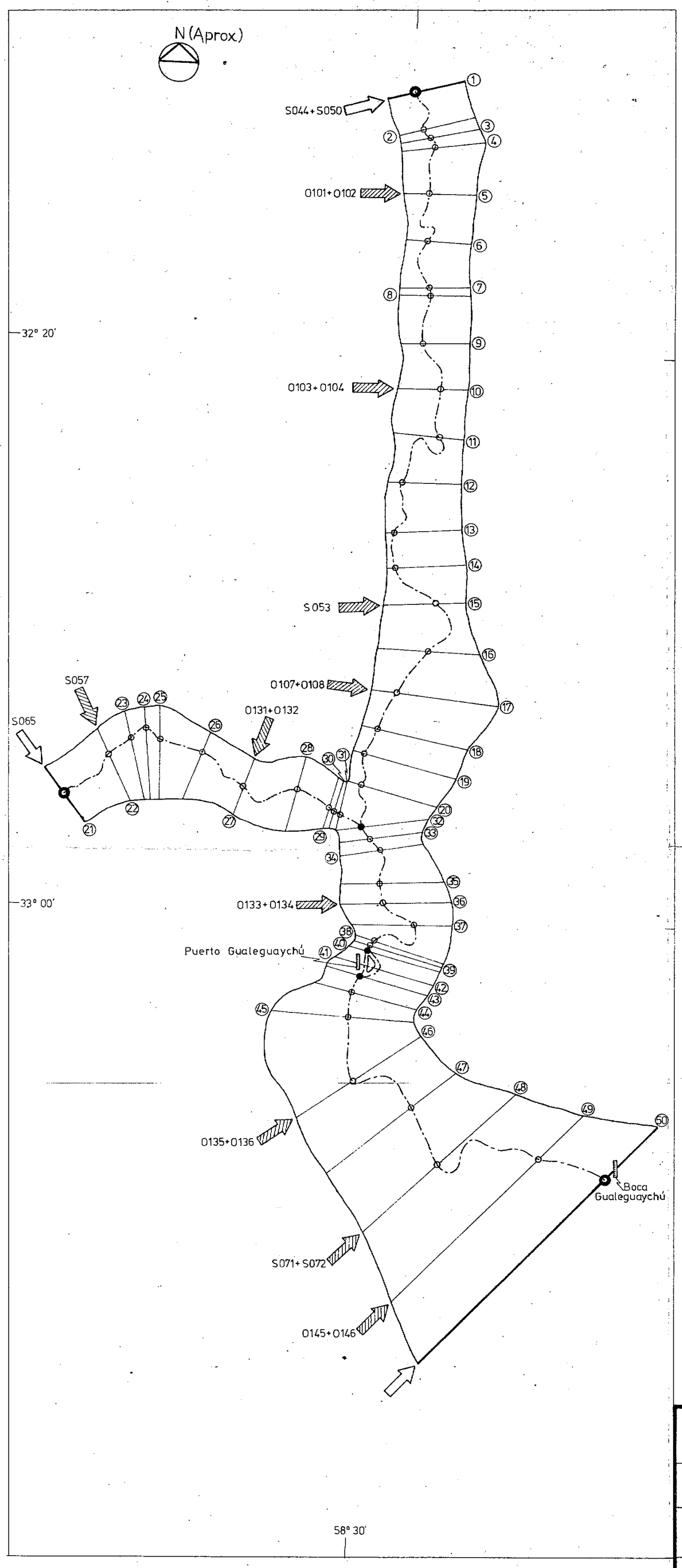
ESTUDIO HIDRODINAMICO RIO GUALEGUAYCHU-TRAMO PUENTE RUTA NAC.Nº14-DESEMBOCADURA RIO URUGUAY

UBICACION PERFILES TOPOBATIMETRICOS

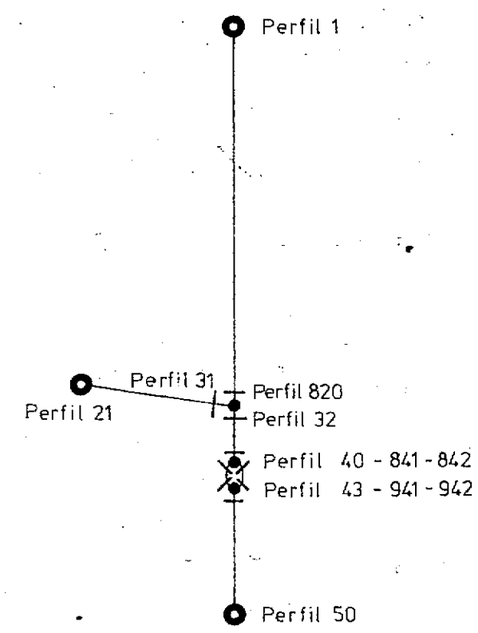
OBSERVACIONES
MATERIAL BASE UTILIZADO
-CARTAS I.G.M. ESCALA 1:50.000
1:100.000

REALIZO
Ing. R. GIORIA

PLANO Nº5



ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL SISTEMA



Los Perfiles Nros 820-841-842-941-942 son semejantes a los Perfiles Nros 20 - 41 y 42 y son necesarios para conformar los nodos.

REFERENCIAS

- BORDE CONSIDERADO DE RIO O ARROYO
- LINEA DE TALWEG
- SECCION Nº
- NODO EXTERNO
- NODO INTERNO
- RAMA
- SEGMENTO
- S057 — APORTE LATERAL - Q = f(t) HIDROGRAMA SEGMENTO DE CAUCE S057
- 0135 — APORTE LATERAL - Q = f(t) HIDROGRAMA SEGMENTO DE CUENCA 0135
- CONDICION DE BORDE ALTURA-TIEMPO O CAUDAL-TIEMPO
- ESCALA HIDROMETRICA

ESCALA 1:100000 (Aprox.)

0 1 2 3 4 5 10 Km.

PROVINCIA DE ENTRE RIOS

MUNICIPALIDAD DE GUALEGUAYCHU

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

AREA DE INFRAESTRUCTURA HIDRICA

DEFENSA CONTRA INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE GUALEGUAYCHU

EXPEDIENTE

ESTUDIO HIDRODINAMICO RIO GUALEGUAYCHU-TRAMO PUENTE RUTA NAC. Nº14-DESEMBOCADURA RIO URUGUAY

ESQUEMATIZACION DEL SISTEMA

OBSERVACIONES
MATERIAL BASE UTILIZADO
CARTAS I.G.M. ESCALA 1:50000
1:100000

REALIZO
Ing. R. GIORIA

PLANO Nº6