

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

CUENCA PILOTIO DEL RIO ARMA

VOLUMEN III

ISA

1987

332



INTERCONEXION
ELECTRICA S.A.

361-B

CUENCA PILOTO DEL RIO ARMA

INFORME DE AVANCE III

EVALUACION DEL POTENCIAL TEORICO

INVENTARIO DE PROYECTOS
HIDROELECTRICOS
ENTRE 10 Y 100MW

ABRIL, 1987



INTERCONEXION
ELECTRICA S.A.

CUENCA PILOTO DEL RIO ARMA

INFORME DE AVANCE III
EVALUACION DEL POTENCIAL TEORICO

INVENTARIO DE PROYECTOS
HIDROELECTRICOS
ENTRE 10 Y 100MW

ABRIL, 1987

TABLA DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE ANEXOS	iii
3. EVALUACION DEL POTENCIAL TEORICO	1
3.1 GENERALIDADES	1
3.2 RENDIMIENTO DE LA CUENCA	3
3.3 DETERMINACION DE CAUDALES	4
3.3.1 Tramos donde hay estaciones con información de la respectiva subcuenca	4
3.3.2 Otros tramos de interés que no tienen estaciones...	5
3.4 RESULTADOS DEL INVENTARIO TEORICO	5

INDICE DE ANEXOS

		Página
Esquema No. 2	CUENCA PILOTO RIO ARMA - ESQUEMA DE AFLUENTES	8
Cuadro No. 1	CARACTERISTICAS FISICAS Y ENERGETICAS DE LA CUENCA DEL RIO ARMA	9
Gráfico No. 1	POTENCIAL ENERGETICO TEORICO - RIO ARMA	11
Gráfico No. 2	POTENCIAL ENERGETICO TEORICO - RIO BUEY	12
Gráfico No. 3	POTENCIAL ENERGETICO TEORICO - RIO SONSON...	13
Gráfico No. 4	POTENCIAL ENERGETICO TEORICO - RIO AURES....	14
Gráfico No. 5	POTENCIAL ENERGETICO TEORICO - Q.LAS YEGUAS .	15
Gráfico No. 6	POTENCIAL ENERGETICO TEORICO - R. LA MIEL...	16
Gráfico No. 7	POTENCIAL ENERGETICO TEORICO - R.PIEDRAS....	17
Gráfico No. 8	POTENCIAL ENERGETICO TEORICO - Q. SANTA CATALINA	18
Gráfico No. 9	POTENCIAL ENERGETICO TEORICO - Q. SABALETAS.	19
Gráfico No. 10	POTENCIAL ENERGETICO TEORICO - R.SAN FELIX..	20

3. EVALUACION DEL POTENCIAL TEORICO

3.1 GENERALIDADES

El inventario del potencial teórico del río Arma permitió determinar la magnitud y distribución de los recursos hidroeléctricos en su cuenca y sus afluentes principales; únicamente con la utilización de la información básica disponible. Los resultados acá obtenidos son solamente un índice que evalúa la magnitud hipotética total del potencial de la cuenca, tal como se presenta en la naturaleza, es decir sin alteraciones originadas por la construcción de obras.

La obtención de dicho potencial se inició demarcando los límites de la cuenca total y las subcuencas principales en los planos 1:100.000. Una vez definidas éstas, se trasladó dicha información a las planchas 1:25.000 del IGAC y de ellas se trazaron los perfiles de los cauces principales y se planimetraron sus áreas afluentes.

Como resultado de este análisis inicial, se decidió determinar las características de los ríos: Arma, Buey, Piedras, La Miel, Aures, Sonsón, Sirgua, Perrillo, Tarcara, San Pedro y San Felix y de las

quebradas Santa Catalina, Las Yeguas y Sabaletas, éstas últimas afluentes del río Buey.

Los perfiles trazados de cada corriente principal se dividieron en tramos, teniendo en cuenta cambios importantes de pendiente, accidentes naturales o afluentes principales y para cada uno de ellos se dibujó una gráfica que contiene el perfil del río, los caudales medios mensuales, el potencial teórico acumulado en los tramos de la cuenca y los potenciales específicos. Las quebradas o los ríos más pequeños se tomaron como un solo tramo ya que dadas sus características topográficas o hidrológicas no ameritaban realizar estudios detallados.

El análisis considera que con el caudal calculado y con la caída disponible en el tramo es susceptible de producir energía cuyo rendimiento sea del 100%, es decir:

$$P = 9.8 \times Q_c \times H \quad (\text{kW})$$

En donde:

P : Potencia, en kW

Qc : Caudal calculado, en m³/s

H : Diferencia de nivel en metros entre dos puntos extremos de un tramo.

El caudal para el cálculo del potencial teórico se determinó con base en los rendimientos específicos de la cuenca y sus subcuencas, así: En un tramo inicial del río el caudal de cálculo se tomó como

El 50% del caudal medio del tramo, es decir, que $Q_c = 0.5 Q_T$ y el caudal de cálculo en un tramo intermedio de la cuenca se tomó como el 50% del caudal medio del tramo considerado sumado al caudal medio acumulado hasta el final del tramo inmediatamente anterior, es decir, $Q_c = 0.5 Q_T + Q_a$.

En donde:

$Q_T = R \times A$, m^3/s , Caudal medio del tramo

$Q_{an} = Q_{T1} + Q_{T2} + \dots + Q_{Tn}$, m^3/s , caudal acumulado en el tramo n.

$R =$ Rendimiento, $m^3/s/km^2$

$A =$ Area de la cuenca o parte de la cuenca en km^2

El resultado de lo anterior se visualiza en el Esquema No. 1.

3.2 RENDIMIENTO DE LA CUENCA

En el aspecto hidrológico con base en el catálogo de estaciones del país suministrado por el HIMAT, se hizo un estudio de las estaciones localizadas en la cuenca lo cual dió como resultado lo siguiente:

<u>Tipo de Estación</u>	<u>Instalada</u>	<u>Operando</u>
Pluviométrica	15	8
Pluviográfica	4	3
Limnimétrica	6	3
Limnigráfica	8	7
Climatológica	2	2
TOTAL	35	23

Analizando su ubicación (ver Figura 1 - Informe de avance IV) se determinó que tales estaciones no cubrían adecuadamente la cuenca puesto que el norte, conformado por el complejo Buey-Piedras- La Miel y sus quebradas afluentes, posee el 61% de la instrumentación para el 42% del área y el resto de la misma tiene el 39% de instrumentación siendo el 58% del área, que corresponde a los ríos restantes (7 en total).

3.3 DETERMINACION DE CAUDALES

La determinación de los caudales se llevó a cabo de la siguiente forma:

3.3.1 Tramos donde hay estaciones con información de la respectiva subcuenca:

- Hay tres (3) estaciones bien determinadas: Río Piedras - BP-2 con 30 años de registros; río Buey-La Mayoría-BP-1, con 28 años de registros y río Arma-Quitasueño con 11 años de registros. Para estas estaciones se tomó el caudal medio mensual multianual y conocida el área se determinó su rendimiento específico en $(l/s/km^2)$. Estos valores se confrontaron con los obtenidos en los anuarios de hidrología del HIMAT para la zona y se aplicaron a los tramos escogidos.

3.3.2 Otros tramos de interés que no tienen estaciones:

- Con base en los rendimientos de las estaciones conocidas el resultado hallado se hizo extensivo para zonas que presentaron características geomorfológicas similares.

Para la subcuenca del río Sonsón se presentó una particularidad. Tiene una longitud de 18.3 km y en los primeros 4 km a partir de su nacimiento se encuentra la estación Sonsón con 29 años de registros de precipitación y 15 años de registros de caudal. La estación cubre el 14% del área de la subcuenca y si los resultados del rendimiento (257.3 l/s/km^2), que son bastante altos, (calculados como en 3.3.1), se hicieran extensivos para toda ella, darían valores de caudal altos comparativamente con otros ríos de mayor longitud y área, en subcuencas adyacentes. En consecuencia fue necesario hacer una ponderación para determinar su valor, adoptándose un rendimiento ponderado de 68.8 l/s/km^2 para un caudal en su desembocadura al Arma de $6.0 \text{ m}^3/\text{s}$, que para el nivel de estudios actual se consideró aceptable.

3.4 RESULTADOS DEL INVENTARIO TEORICO

El inventario teórico en la cuenca del río Arma dió un potencial acumulado en la misma de más de 1000 MW.

En el Cuadro No. 1, adjunto, se ve que 304 MW corresponden al potencial total en el cauce del río Arma, 350 MW teóricos al río

Buey y los 398 restantes corresponden a los afluentes de estos dos ríos, así:

R. Aures	94	MW
R. Sonsón	79	MW
R. La Miel	51	MW
Q. Yeguas	41	MW
R. Piedras	36	MW
Q. Sabaletas	25	MW
R. Sirgua	21	MW
R. San Felix	20	MW
Q. Santa Catalina	17	MW
R. San Pedro	4	MW
R. Tarcara	4	MW y
R. Perrillo	6	MW

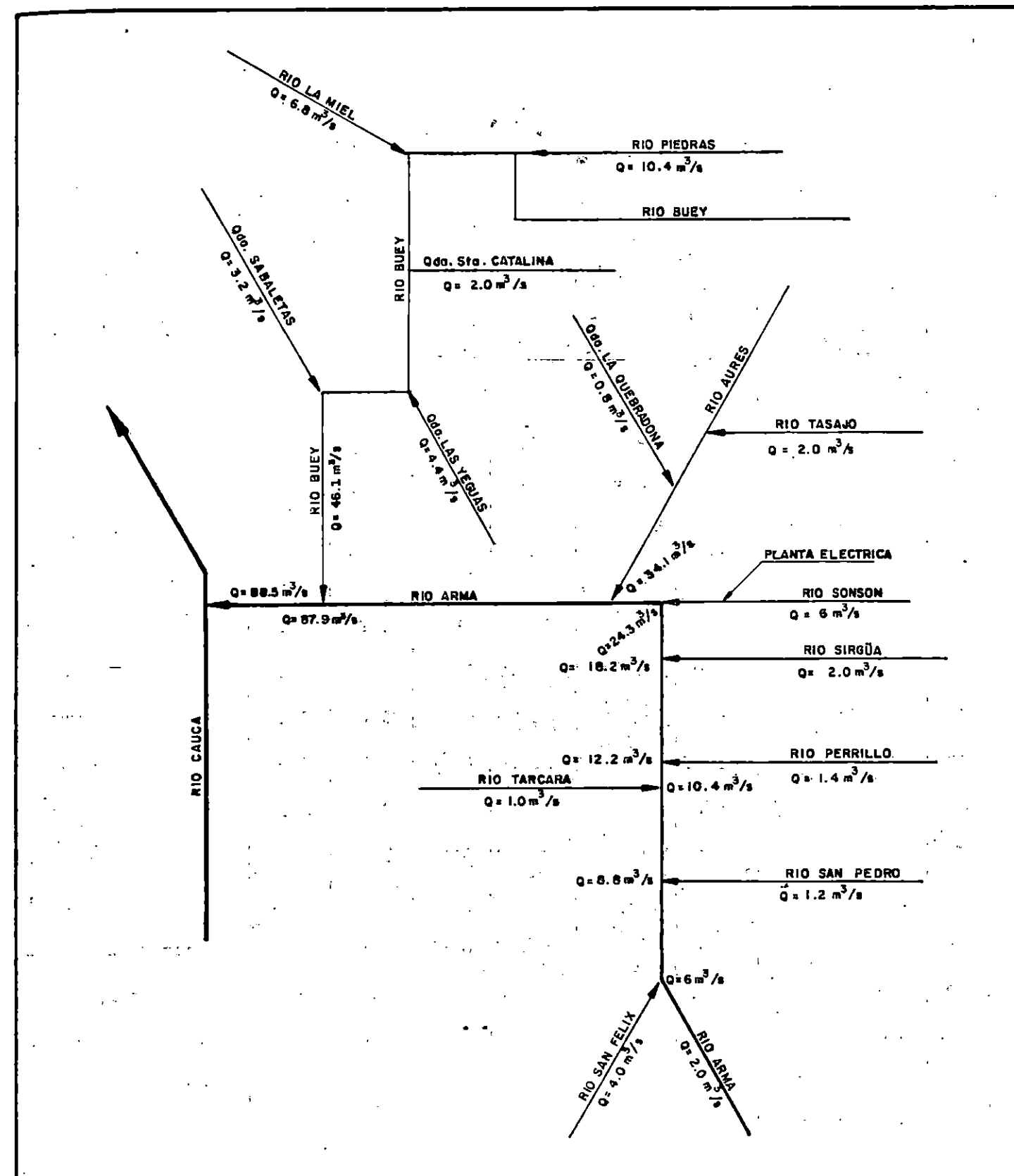
Cabe anotar que estos potenciales resultan con las caídas proporcionadas por el desnivel a lo largo de los cauces y no se tienen en cuenta las posibilidades de generación del recurso con proyectos de derivación.

Los resultados de esta evaluación se presentan en el Cuadro No. 1 "Características físicas y energéticas de la cuenca del río Arma" y los gráficos 1 al 11 "Potencial Energético" (de cada río estudiado) en donde aparecen los datos calculados, los perfiles del río, y se detalla la variación de los potenciales específicos y acumulados y la variación de los caudales a lo largo del curso. No se incluyen los potenciales energéticos teóricos de los ríos

San Pedro, Tarcara y Ferrillo por generar una capacidad menor de 10 MW.

Finalmente, al analizar estos resultados es necesario tener en cuenta que el potencial técnicamente aprovechable es mucho menor que el potencial teórico, y que el porcentaje utilizado varía según las características de cada zona.

Se anexan al presente informe el Esquema No. 2 "Esquema de afluentes" y los gráficos del No. 1 al No. 10 "Potencial energético teórico" de cada río estudiado.



ISA Interconexión Eléctrica S. A.

INVENTARIO DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS
ENTRE 10 Y 100 MW

CUENCA PILOTO RIO ARMA
ESQUEMA DE AFLUENTES

CARACTERISTICAS FISICAS Y ENERGETICAS DE LA

CUENCA DEL RIO ARMA

CUADRO No.1

TRAMO	Long. (km)	Area (km ²)		Rend. del tramo m ³ /s/km ²	Caudal del tramo Q _T m ³ /s	Caudal Calcul. Q _C m ³ /s	Cota Super. Cota Infer.	Potenc. Teórico (MW)	
		Propia	Acum.					Tramo	Acum.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RIO ARMA	90.7						3600 580		
Arma - San Felix	22.5	53.0	53.0	0.036	2.0	1.0	3600 2500	11.0	11.0
Río San Felix	22.8	106.0		0.036	4.0	2.0	3500 2500	20.0	31.0
San Felix - San Pedro	9.3	45.0	204.0	0.036	1.6	6.5	2500 2240	16.5	47.5
Río San Pedro	11.0	32.5		0.036	1.2	0.6	2900 2240	4.0	51.5
San Pedro - Tarcara	3.3	15.0	251.5	0.036	0.6	9.0	2240 2100	12.0	63.5
Río Tarcara	13.2	29.0		0.036	1.0	0.5	2850 2100	4.0	67.5
R. Tarcara - R. Perrillo	4.3	10.5	291.0	0.036	0.4	10.5	2100 1890	21.5	89.0
Río Perrillo	11.0	37.0		0.036	1.4	0.7	2750 1890	6.0	95.0
R. Perrillo - R. Sirgua	16.7	112.5	440.5	0.036	4.0	14.0	1890 930	132.0	227.0
Río Sirgua	17.7	53.5		0.036	2.0	1.0	3050 930	21.0	248.0
R. Sirgua - R. Sonsón	0.8	2.0	496.0	0.036	-	18.0	930 870	10.0	258.0
Río Sonsón (Toma)	10.6	60.4		0.065	4.0	2.0	2750 2300	9.0	267.0
Río Sonsón (Toma - Arma)	7.7	33.1		0.065	2.0	5.0	2300 870	70.0	337.0
Río Sonsón - Río Aures	5.8	37.0	626.5	0.036	1.4	25.0	870 750	29.0	366.0
Aures - Tasajo	13.3	49.0		0.037	2.0	1.0	2600 2000	6.0	372.0
Río Tasajo	11.8	58.0			2.0	1.0	2800 2000	8.0	380.0
Tasajo - La Quebradona	8.0	43.5	150.5	0.037	1.6	5.0	2000 1300	34.0	414.0
Q. La Quebradona	13.0	23.0		0.037	0.8	0.4	2800 1300	6.0	420.0
Q. Quebradona-R. Arma	10.3	61.0		0.037	2.0	7.5	1300 750	40.0	460.0

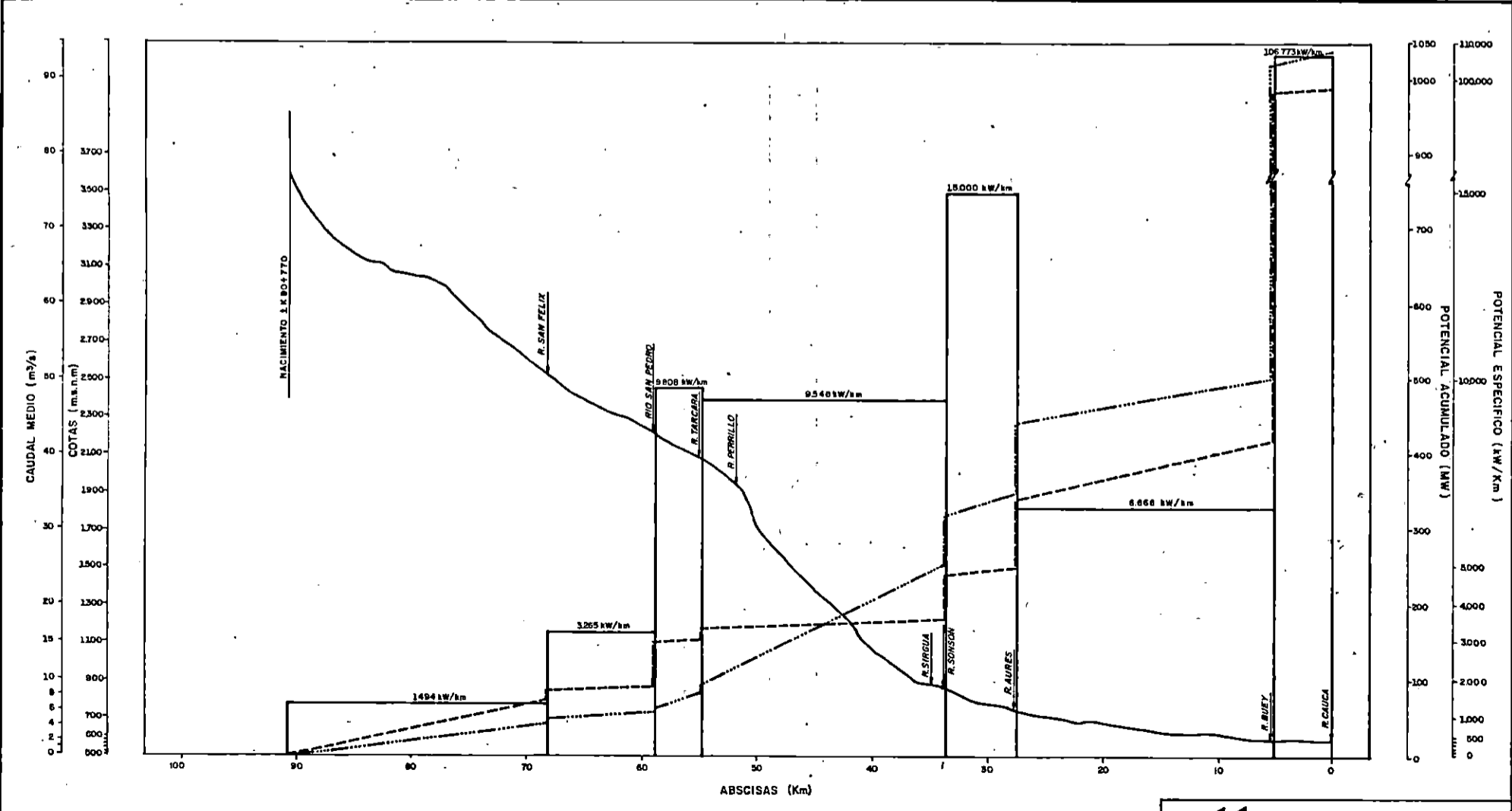
CARACTERISTICAS FISICAS Y ENERGETICAS DE LA

CUENCA DEL RIO ARMA

Cont. CUADRO No.1

TRAMO	Long. (km)	Area (km ²)		Rend. del tramo m ³ /s/km ²	Caudal del tramo Q _T m ³ /s	Caudal Calcul. Q _C m ³ /s	Cota Super. Cota Infer.	Potenc. Teórico (MW)	
		Propia	Acum.					Tramo	Acum.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. Aures (total)	31.6	234.5		0.037	8.6		2600 750		
R. Aures - R. Buey	23.8	214.0	1075.0	0.036	7.7	38.0	750 600	56.0	516.0
RIO BUEY	69.7						2400 600		
R. Buey - R. Piedras	30.1	139.0		0.067	9.3	4.6	2400 1775	28.0	28.0
Río Piedras	37.0	156.0		0.067	10.4	5.0	2500 1775	36.0	64.0
R. Piedras - R. La Miel	5.6	16.0	311.0	0.06	1.0	20.0	1775 1270	99.0	163.0
Río La Miel	29.0	112.0		0.06	6.8	3.4	2800 1270	51.0	214.0
R. La Miel-Sta. Catalina	2.7	6.5	429.5	0.05	0.3	27.6	1270 1050	60.0	274.0
Q. Santa Catalina	19.9	39.0		0.05	2.0	1.0	2800 1050	17.0	291.0
Santa Catalina-Las Yeguas	6.7	26.0	494.5	0.05	1.3	30.5	1050 890	48.0	339.0
Q. Las Yeguas	23.2	88.5		0.05	4.4	2.2	2800 890	41.0	380.0
Q. Las Yeguas-Sabaletas	6.3	18.0	601.0	0.05	1.0	35.4	890 810	28.0	408.0
Q. Sabaletas	18.2	65.0		0.05	3.2	1.6	2400 810	25.0	433.0
Q. Sabaletas - Arma	18.2	128.0	794.0	0.05	6.4	42.0	810 600	87.0	520.0
RIO ARMA	90.7								
Río Buey - Río Cauca		15.0	1884.0	0.043	0.6	84.0	600 580	16.0	1052.0

11



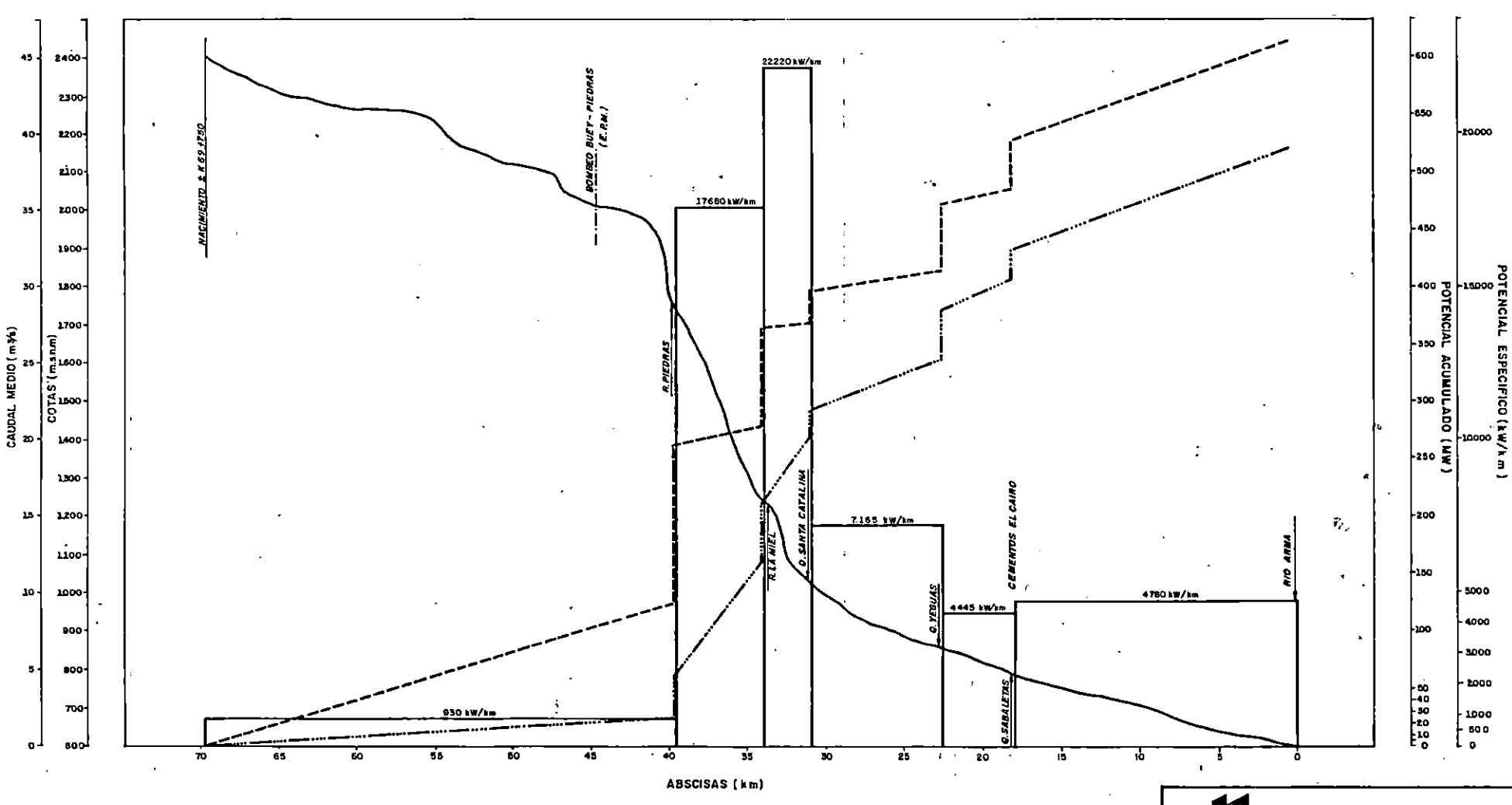
- CONVENCIONES
- PERFIL DEL RIO
 - - - CAUDAL MEDIO
 - · - · - · POTENCIAL ACUMULADO
 - POTENCIAL ESPECIFICO

ISA Interconexión Eléctrica S. A.

INVENTARIO DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS ENTRE 10 Y 100 MW

CUENCA PILOTO RIO ARMA
POTENCIAL ENERGETICO TEORICO
RIO ARMA

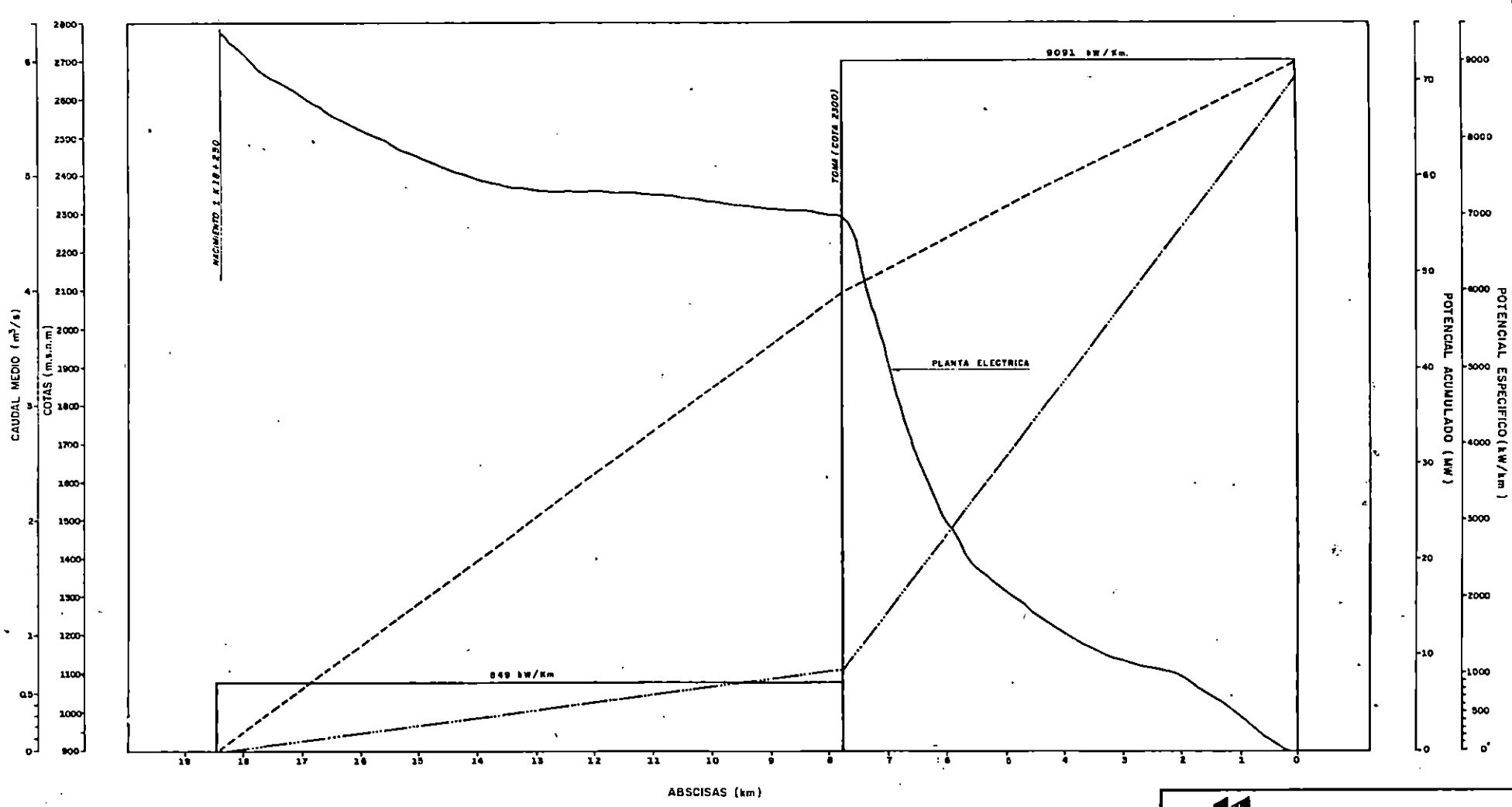
FECHA: ABRIL DE 1987 GRAFICO No. 1



CONVENCIONES.
 ——— PERFIL DEL RIO
 - - - - CAUDAL MEDIO
 - · - · - POTENCIAL ACUMULADO
 ——— POTENCIAL ESPECIFICO

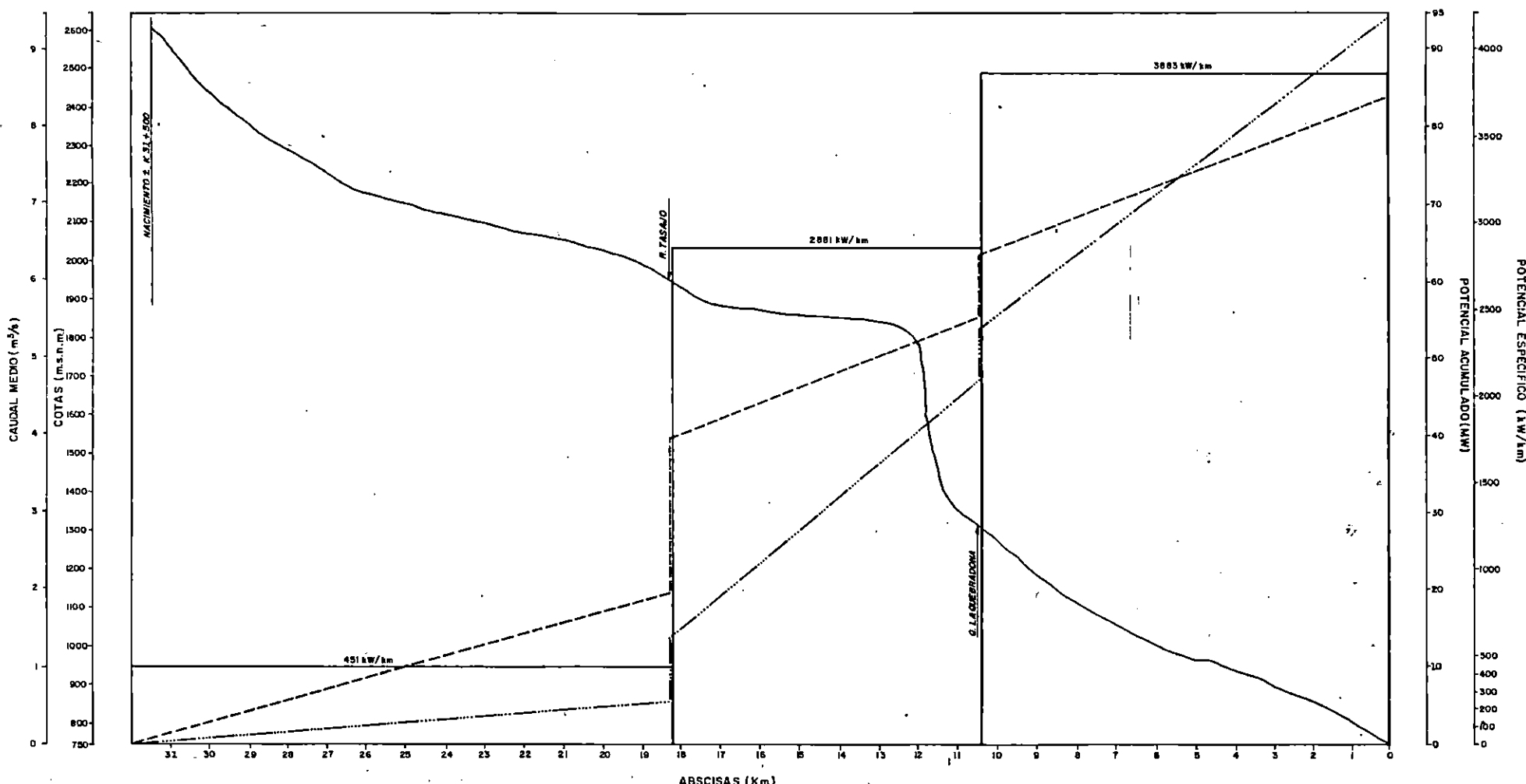
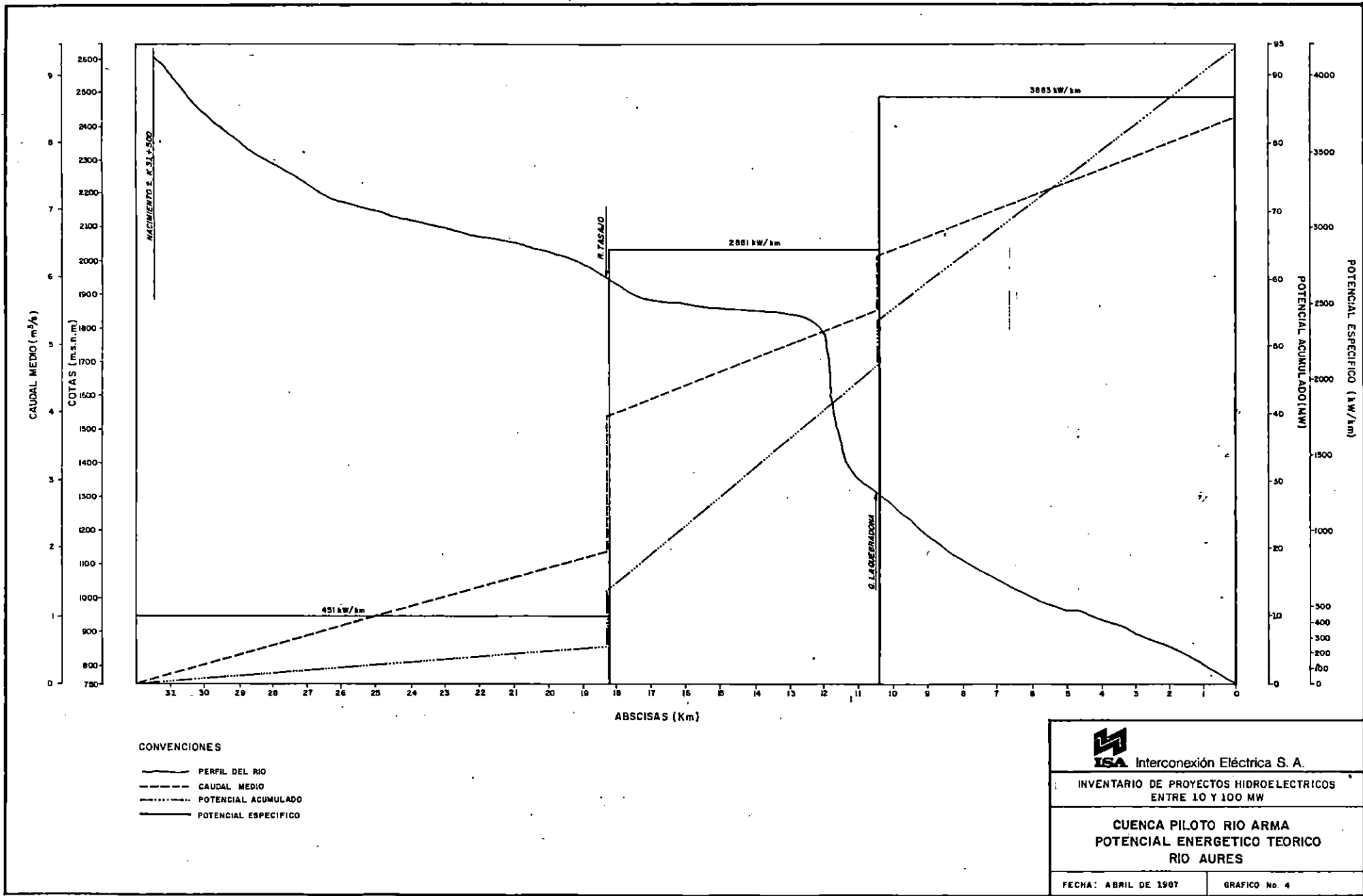
ISA Interconexión Eléctrica S. A.
 INVENTARIO DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS ENTRE 10 Y 100 MW
 CUENCA PILOTÓ RIO ARMA
 POTENCIAL ENERGETICO TEORICO
 RIO BUEY
 FECHA: ABRIL DE 1987 GRAFICO No. 2

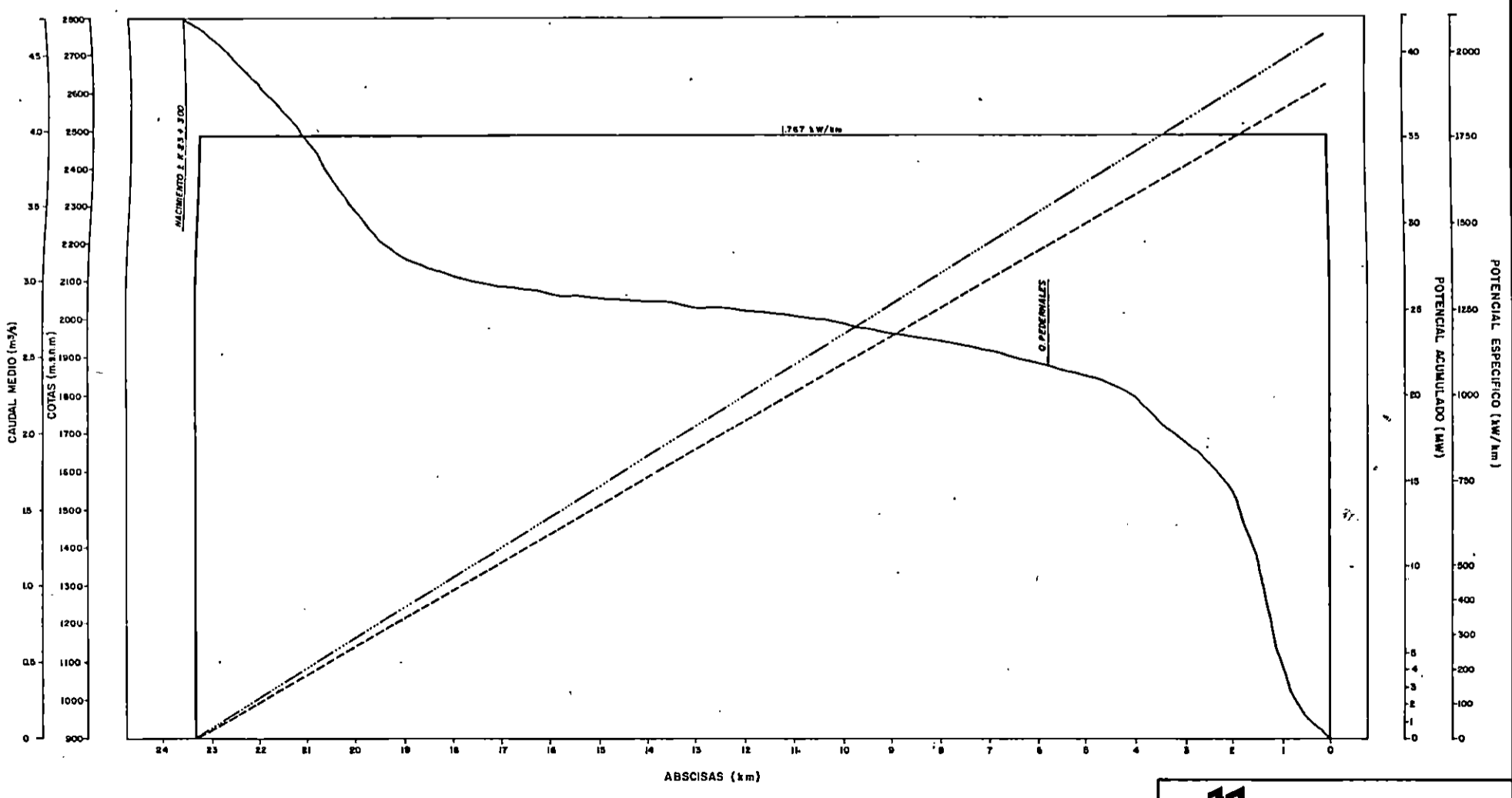
13




- CONVENCIONES
- PERFIL DEL RIO
 - - - CAUDAL MEDIO
 - POTENCIAL ACUMULADO
 - POTENCIAL ESPECIFICO

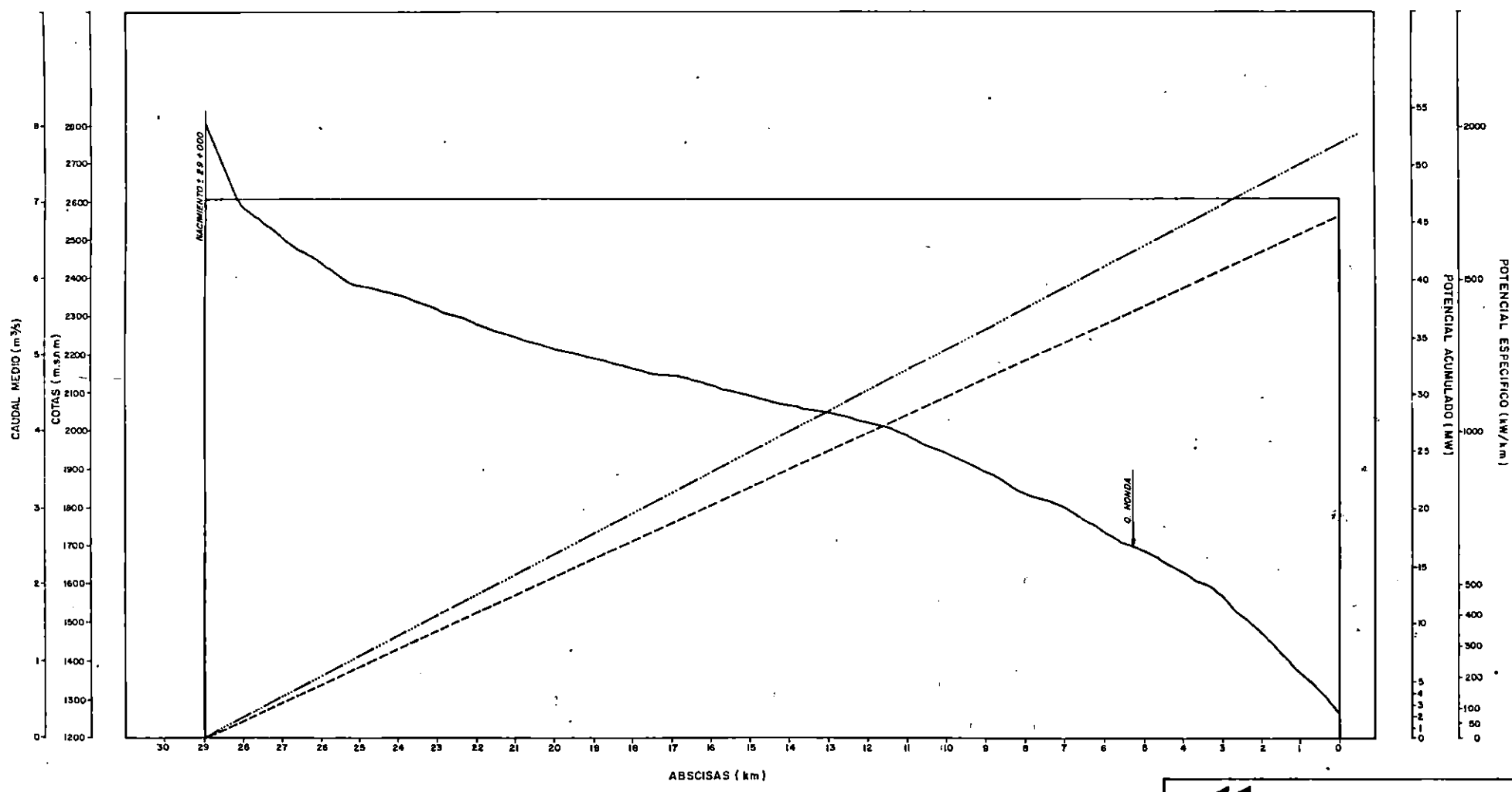
 ISA Interconexión Eléctrica S. A.	
INVENTARIO DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS ENTRE 10 Y 100 MW	
CUENCA PILOTO RIO ARMA POTENCIAL ENERGETICO TEORICO RIO SONSON	
FECHA: ABRIL DE 1987	GRAFICO N.º 3





- CONVENCIONES
- PERFIL DEL RIO
 - - - CAUDAL MEDIO
 - · - · - POTENCIAL ACUMULADO
 - · · · · POTENCIAL ESPECIFICO

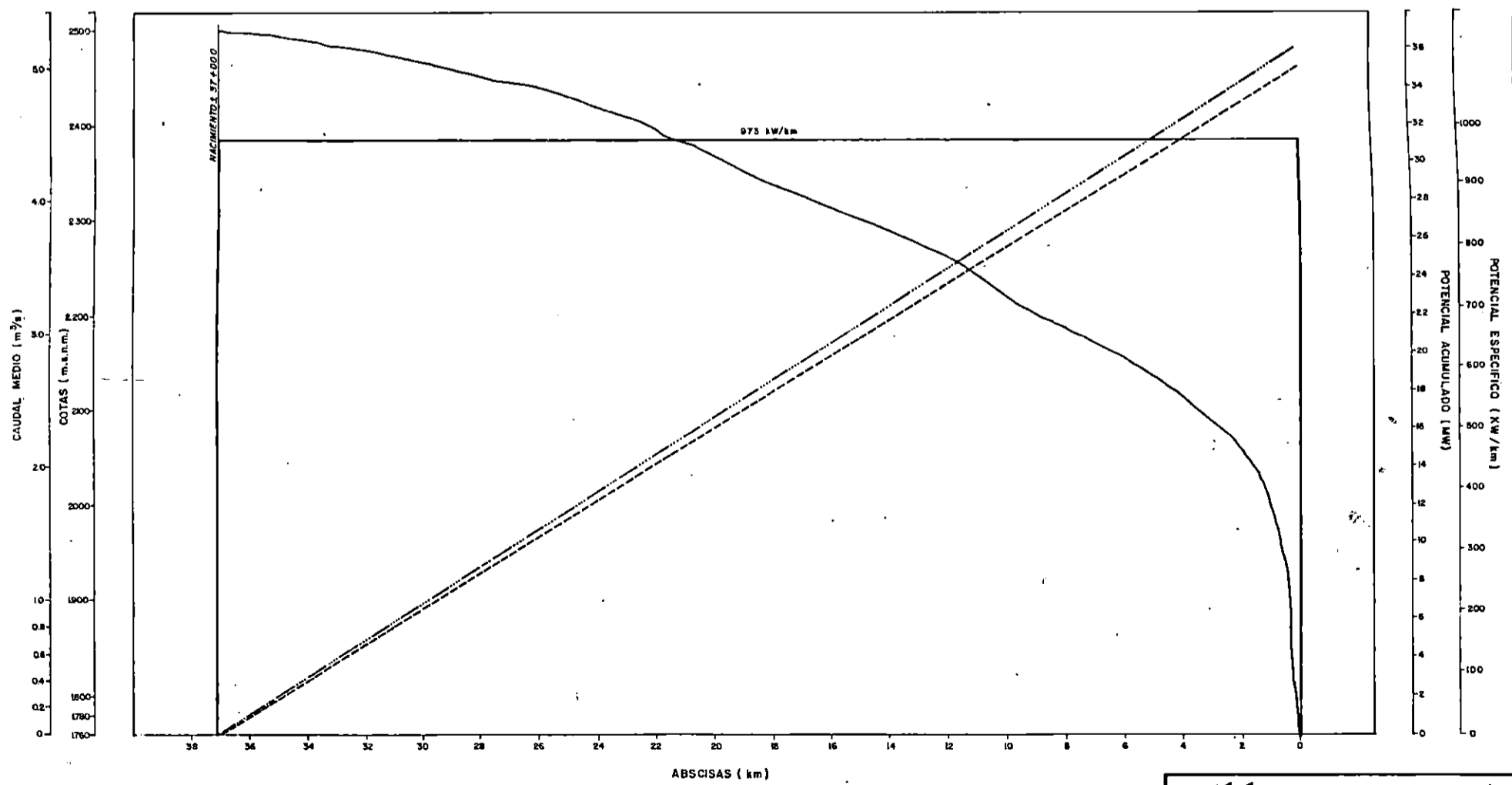
 ISA Interconexión Eléctrica S. A.	
INVENTARIO DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS ENTRE 10 Y 100 MW	
CUENCA PILOTO RIO ARMA POTENCIAL ENERGETICO TEORICO QUEBRADA LAS YEGUAS	
FECHA: ABRIL DE 1987	GRAFICO No. 5



CONVENCIONES

- PERFIL DEL RIO
- - - CAUDAL MEDIO
- · · POTENCIAL ACUMULADO
- · - POTENCIAL ESPECIFICO

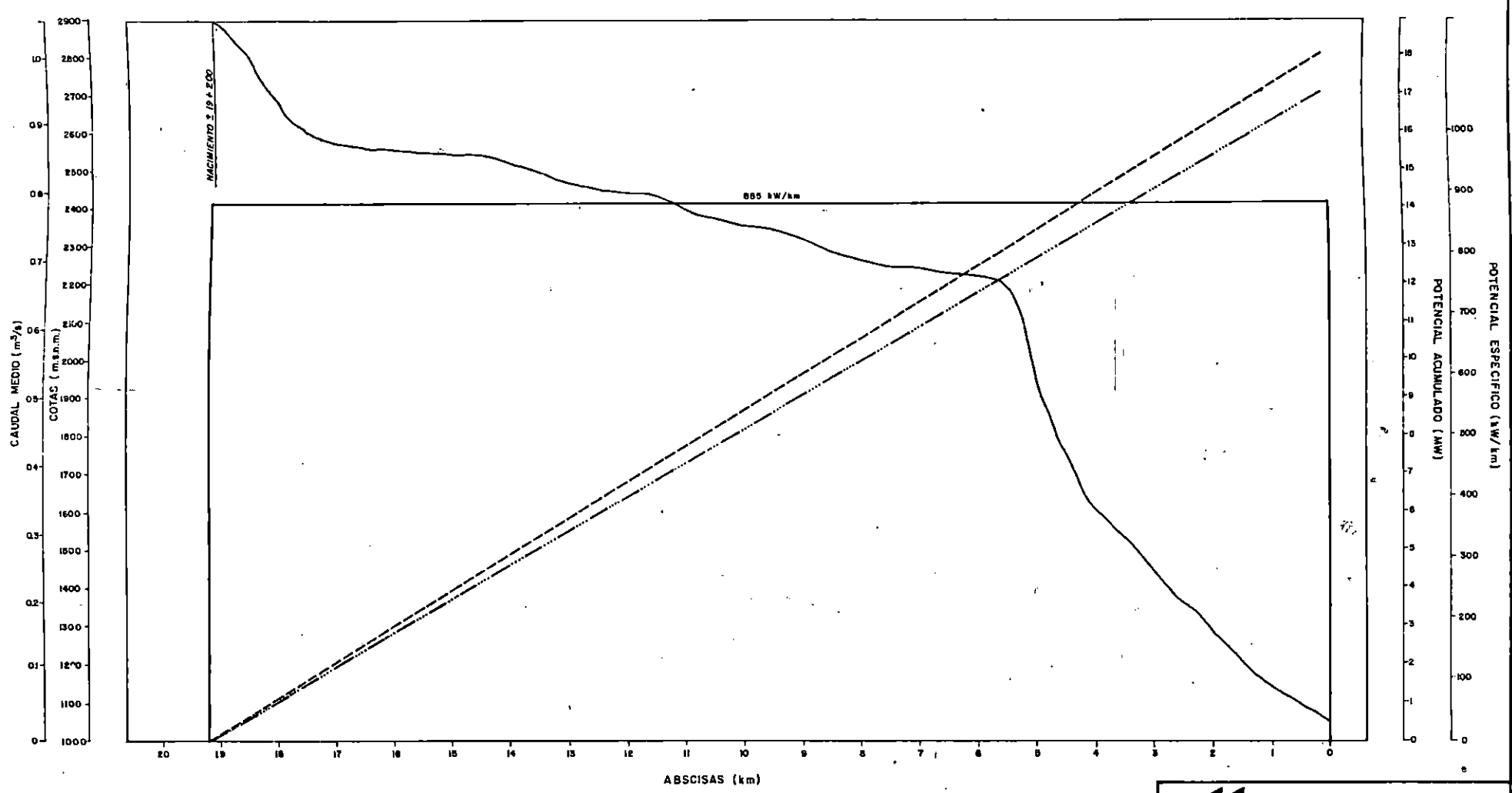
 ISA Interconexión Eléctrica S. A.	
INVENTARIO DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS ENTRE 10 Y 100 MW	
CUENCA PILOTO RIO ARMA · POTENCIAL ENERGETICO TEORICO RIO LA MIEL	
FECHA: ABRIL DE 1987	GRAFICO No 6



- CONVENCIONES
- PERFIL DEL RIO
 - - - CAUDAL MEDIO
 - - - POTENCIAL ACUMULADO
 - POTENCIAL ESPECIFICO

 Interconexión Eléctrica S. A.	
INVENTARIO DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS ENTRE 10 Y 100 MW	
CUENCA PILOTO RIO ARMÁ POTENCIAL ENERGETICO TEORICO RIO PIEDRAS	
FECHA: ABRIL DE 1987	GRAFICO No. 7

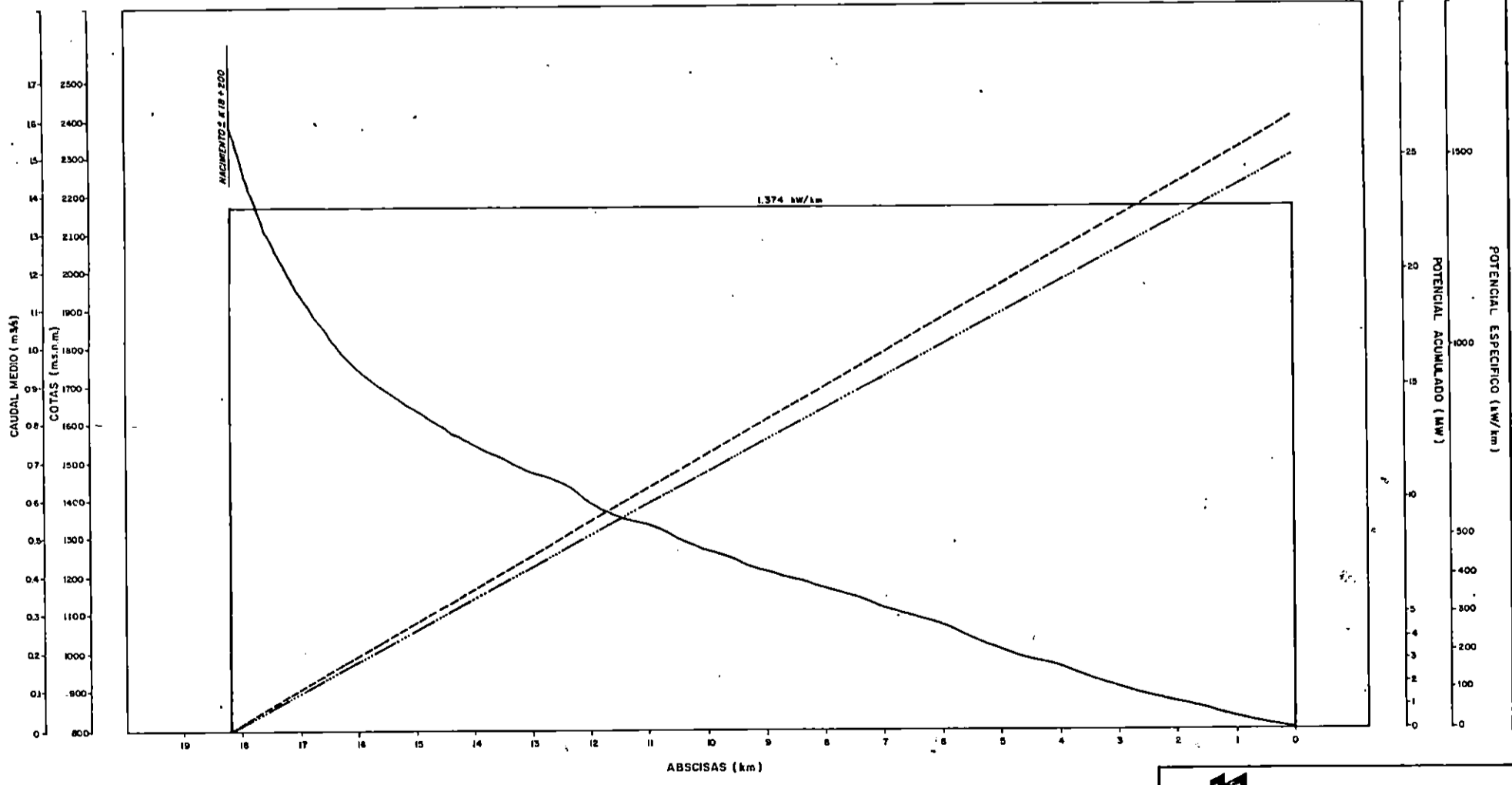
BT



- CONVENCIONES
- PERFIL DEL RIO
 - - - CAUDAL MEDIO
 - · - · - POTENCIAL ACUMULADO
 - POTENCIAL ESPECIFICO

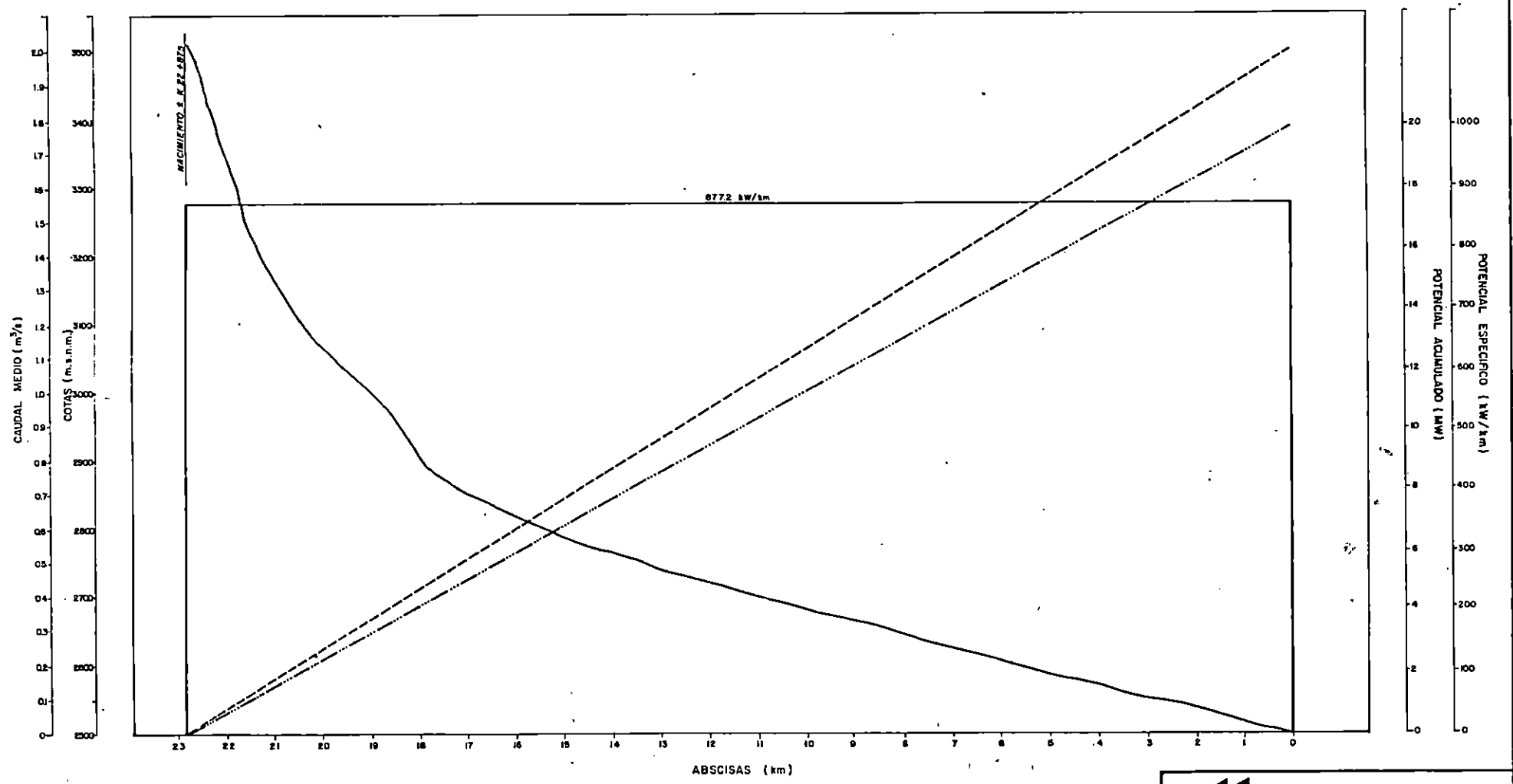
 Interconexión Eléctrica S. A.	
INVENTARIO DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS ENTRE 10 Y 100 MW	
CUENCA PILOTO RIO ARMA POTENCIAL ENERGETICO TEORICO QUEBRADA STA CATALINA	
FECHA: ABRIL DE 1987	GRAFICO No. 0

61



- CONVENCIONES
- PERFIL DEL RIO
 - - - CAUDAL MEDIO
 - POTENCIAL ACUMULADO
 - · - · - POTENCIAL ESPECIFICO

 ISA Interconexión Eléctrica S. A.	
INVENTARIO DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS ENTRE 10 Y 100 MW	
CUENCA PILOTO RIO ARMA POTENCIAL ENERGETICO TEORICO QUEBRADA SBALETAS	
FECHA: ABRIL DE 1987	GRAFICO No 9



CONVENCIONES

- PERFIL DEL RIO
- - - CAUDAL MEDIO
- POTENCIAL ACUMULADO
- POTENCIAL ESPECIFICO

 Interconexión Eléctrica S. A.	
INVENTARIO DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS ENTRE 10 Y 100 MW	
CUENCA PILOTO RÍO ARMA POTENCIAL ENERGETICO TEORICO RÍO SAN FELIX	
FECHA: ABRIL DE 1987	GRAFICO No. 10

333.7932/IS73c/v. 3/11

Guía para el inventario de proyectos
hidroeléctricos entre 10 y 100 mwcuenca piloto
del río Arma. informe de avance II, evaluación
del potencial teórico / Isa, Interconexión
Eléctrica

333.7932 IS73c Vol. 3 Ej. 1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA PEDIDO	PRESTADO A	FECHA DEVUELTO
-----------------	------------	-------------------