



instituto colombiano de energía eléctrica



central hidroeléctrica de caldas

desarrollo hidroeléctrico
del río la miel
informe de factibilidad técnica

proyecto miel II

volumen II

apéndice a - hidrología

apéndice b - estudios de potencia y energía

consorcio río la miel

interdiseños-suelos y fundaciones-geocolombia

bogotá, febrero 1980

financiado por el fondo nacional de proyectos de desarrollo (fonade)



333.914
I 125 dm II
1980 039
Volumen II

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA



333.9109861

C755 de 5

v. 2

E. L

instituto colombiano de energía eléctrica



central hidroeléctrica de caldas

desarrollo hidroeléctrico

del río la miel

informe de factibilidad técnica

proyecto miel II

volumen II

apendice a - hidrología

apendice b - estudios de potencia y energía

consorcio río la miel

interdiseños-suelos y fundaciones-geocolombia

bogotá, febrero 1980

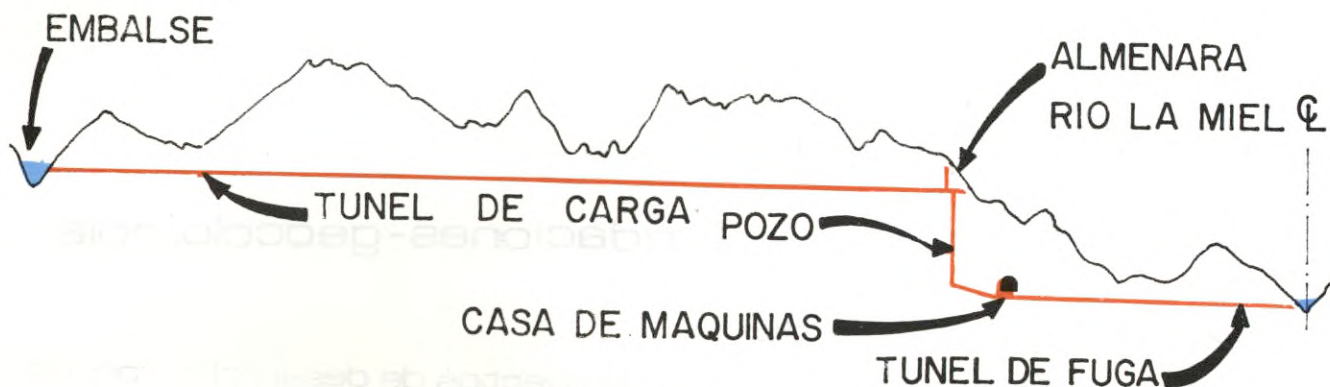
financiado por el fondo nacional de proyectos de desarrollo 'fonade'

sigmas
BIBLIOTECA

PROYECTO MIEL II



PLANTA



PERFIL

PROYECTO MIEL II

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

(Nivel máximo de embalse : 1045 Fp =0.5)

DATOS GENERALES	Caudal de diseño 73.8 m ³ /s. Salto bruto máximo 569.00 m. Capacidad instalada 351 mw. Energía firme: 1354 gwh/año.
DATOS HIDROLOGICOS	Area de la hoya hidrográfica: 363 km ² . Precipitación media: 4000 mm. Caudal medio del río La Miel en el sitio de Presa: 29.5m ³ /seg. Caudal medio del río Guarino en el sitio de captación: 20.7 m ³ /seg.
EMBALSE	Area 2.35 km ² . Volumen total: 114.5 Mm ³ . Volumen útil: 75.3 Mm ³ . Nivel máximo: cota 1045. Nivel mínimo : cota 1000.
DESVIACION	Capacidad : 610 m ³ /seg. Longitud del túnel: 760 m. Diámetro: 8.4 m. Altura de la atagufa 30 m.
DESVIACION DEL RIO GUARINO Y SANTO DOMINGO	Capacidad : 25 m ³ /seg. Longitud del túnel : 14.300 m. Diámetro: 3.60 m. Altura Presa: 7.0 m. Tipo de Presa: "Presa India". Presa río Santo Domingo. Altura: 3.0 m. Pozo vertical, diámetro: 2.0 m. Longitud del Pozo: 57.0 m.
REBOSADERO	Capacidad: 3300 m ³ /seg. Tipo: Un canal rectangular, 32.5 m ancho inicial y 25.0 m de ancho en la salida. Compuertas: 3 de 15.0 mH x 8.5 m L.
PRESA	Tipo: enrocado con cara de concreto. Altura: 170 m. Volumen: 5.4 Mm ³
CONDUCTOS DE CARGA	Uno. Longitud túnel superior: 8390 m. Altura del pozo: 430 m. Longitud túnel inferior: 392 m. Diámetro del sector revestido: 5.5 m. Diámetro del sector blindado: 3.5 m.
ALMENARA	Pozo elevador: Diámetro 5.0 m. Pozo superior: Diámetro 14.0 m. Altura: 102.0 m. Nivel máximo cota 1063.1. Nivel mínimo cota 970.2
CASA DE MAQUINAS	Tipo: Subterránea. Pérdida máxima de carga: 45 m. Tres turbinas tipo Pelton de eje vertical y Tres generadores de 117 mw.
TUNEL DE FUGA	Longitud: 2750 m. Diámetro: 6.0 m. Sección en herradura.
COSTO DEL PROYECTO	US\$ 242.5 millones

VOLUMEN II

INDICE GENERAL

APENDICE A	HIDROLOGIA
ANEXO 1	MODELO DE GENERACION
APENDICE B	ESTUDIOS DE POTENCIA Y ENERGIA
ANEXO 1	MANUAL DEL USUARIO

proyecto miel II

volumen II

apendice a
hidrología

CONTENIDO	
1. INTRODUCCION	
2. OBJETIVOS	
3. METODOLOGIA	
4. RESULTADOS	
5. CONCLUSIONES	
6. BIBLIOGRAFIA	
7. ANEXOS	
8. GLOSARIO	
9. INDICE	

APENDICE A

I N D I C E

CAPITULO	PAGINA
1 INTRODUCCION	A-1
2 DESCRIPCION DE LA CUENCA Y CLIMATOLOGIA	
2.1 Descripción General de la Cuenca	A-1
2.2 Climatología de la Zona	A-2
2.2.1 Clima	A-3
2.2.2 Temperatura y Humedad Relativa	A-3
2.2.3 Precipitación	A-3
2.2.4 Vientos	A-4
2.3 Características Morfológicas de la Hoya	A-4
2.3.1 Area	A-4
2.3.2 Pendiente de la Cuenca	A-4
2.3.3 Elevación de la Cuenca	A-5
2.3.4 Pendiente del Río	A-5
3 REGISTRO HIDROMETRICOS Y METEOROLOGICOS	
3.1 Generalidades	A-5
3.2 Operación de Estaciones	A-6
3.3 Lluvias	A-6
4 CAUDALES	
4.1 Generalidades	A-7

CAPITULO

PAGINA

4.2	Red de Estaciones	A- 7
4.2.1	Río La Miel	A- 7
4.2.2	Río Guarinó	A- 7
4.3	Caudales Medios Mensuales	A- 8
4.4	Caudales para Estudios de Generación	A- 9
4.4.1	Metodología	A- 9
4.4.2	Análisis Estadístico de la Serie Histórica de Caudales	A-10
	a. Miel II	A-10
	b. Río Guarinó-Captación	A-10
4.4.3	Modelo para Generación de Caudales	A-10
4.4.4	Series estocásticas de caudales	A-12
5	CRECIENTE PARA DESVIACION DEL RIO	
5.1	Sitio de Presa Miel II	A-12
5.2	Río Guarinó-Captación	A-13
6	CRECIENTE DE DISEÑO DEL REBOSADERO	
6.1	Metodología	A-13
6.2	Precipitación Máxima Probable-PMP	A-13
6.2.1	Precipitación Máxima Probable Puntual	A-14
6.2.2	Distribución de la Precipitación en el Tiempo	A-15
6.2.3	Hietograma Crítico de la Precipitación Efectiva	A-15
6.3	Hidrograma Unitario	A-16
6.3.1	Generalidades	A-16
6.3.2	Cálculo de Hidrograma Unitario	A-16

CAPITULO	PAGINA	
7	CRECIENTE MAXIMA PROBABLE-CMP	
	7.1 CMP para Miel II	A-16
	7.2 CMP para Guarinó	A-17
8	CRECIENTE DE DISEÑO DEL REBOSADERO	A-17
9	EVAPORACION	A-17
10	SEDIMENTOS	
	10.1 Introducción	A-18
	10.2 Estudio de Sedimentos	A-18
	10.3 Transporte Total de Sedimentos	A-18
	10.4 Transporte Promedio de Sedimentos	A-19
	10.5 Volumen de Sedimentos en el Embalse	A-19

APENDICE A

FIGURAS

- A- 1 Información Hidrológica y Localización de Estaciones.
- A- 2 Distribución de las Pendientes de la Cuenca del Río La Miel.
- A- 3 Curva Hipsométrica de la Hoya Hidrográfica del Río La Miel.
- A- 4 Curva Hipsométrica del Río Guarinó para el Area de Interés en el Proyecto Miel II.
- A- 5 Perfil Longitudinal del Río La Miel.
- A- 6 Perfil Longitudinal del Río Guarinó dentro del Area de Interés en el Proyecto Miel II.
- A- 7 Curva de Calibración Río La Miel - Estación 4-154 (La Tebaida).
- A- 8 Curva de Calibración Río Pensilvania - Estación 4-155.
- A- 9 Curva de Calibración Río La Miel - Estación 4-156 (Miel II).
- A-10 Curva de Calibración Río Guarinó - Estación 4-918 (El Cruce).
- A-11 Curva de Calibración Río Santo Domingo - Estación 4-919.
- A-12 Curva de Calibración Río Guarinó - Estación 4-922 (Las Playas).
- A-13 Frecuencia de Caudales Máximos Instantáneos Miel II.
- A-14 Frecuencia de Caudales Máximos Instantáneos Guarinó.
- A-15 Crecientes Máximas Observadas en las Estaciones 4-156 y 4-922.

- A-16 Curva de Duración de las Tormentas Miel II.
- A-17 Curva S Miel II.
- A-18 Hidrograma Unitario Miel II.
- A-19 Creciente Máxima Probable Miel II.
- A-20 Curva de Evaporación vs Elevación.
- A-21 Curva de Calibración de Transporte Total de Sedimentos - Estación 4-156 Miel II.
- A-22 Curva de Calibración de Transporte Total de Sedimentos - Estación 4-922 (Las Playas) Guarinó.
- A-23 Curva de Duración de Transporte de Sedimentos - Estación 4-156 Miel II.
- A-24 Curva de Duración de Transporte Total de Sedimentos - Estación 4-922 Guarinó.

APENDICE A

CUADROS

- A- 1 Datos Climatológicos Mensuales
- A- 2 Período de Registros Pluviométricos y Pluviográficos.
- A- 3 Período de Registro de Caudales
- A- 4 Caudales Medios Mensuales Miel II
- A- 5 Caudales Medios Mensuales Río La Miel Estación 4-154 La Tebaida
- A- 6 Caudales Medios Mensuales Río Pensilvania Estación 4-155
- A- 7 Caudales Medios Mensuales Río Guarinó
- A- 8 Parámetros Estadísticos de los Caudales Medios Mensuales Miel II
- A- 9 Parámetros Estadísticos de los Caudales Medios Mensuales Guarinó
- A-10 Parámetros Estadísticos de los Caudales Medios Mensuales Miel II + Guarinó
- A-11 Parámetros Estadísticos de los Caudales Medios Mensuales Miel I
- A-12 Caudales Máximos Instantáneos Registrados Sitio de Presa Miel II
- A-13 Caudales Máximos Instantáneos Registrados Río Guarinó Estación 4-922
- A-14 Análisis Estadístico de Caudales
- A-15 Registros Pluviométricos Máximos Anuales en 24 Horas

- A-16 Precipitación Máxima Probable sobre la **Cuenca** y **Cálculo**
de la PMP Efectiva en Miel II.
- A-17 Análisis Físico de Sedimentos en Suspensión Sitio de Presa.
- A-18 Análisis Físico de Sedimentos en Suspensión Captación del
Río Guarinó

APENDICE A

HIDROLOGIA

1. INTRODUCCION

El presente Apéndice detalla los estudios hidrológicos ejecutados para el estudio de factibilidad del Proyecto Miel II.

El alcance de los estudios incluidos en este Apéndice abarca la determinación de los parámetros básicos de un estudio hidrológico como caudales, lluvias, evaporación, sedimentos, morfología, y demás características de la cuenca, correspondientes a la parte alta de los ríos La Miel y Guarinó.

Los trabajos de campo fueron ejecutados por la Comisión de Hidrología de la Central Hidroeléctrica de Caldas, CHEC y los Ingenieros del Consorcio; bajo la supervisión de los últimos.

El laboratorio de suelos de la CHEC y el Centro de Estudios Técnicos e Investigaciones Hidráulicas, CETIH, de la Universidad de los Andes, realizaron los análisis físicos y de sedimentos de las muestras obtenidas en los sitios de interés para el proyecto. El análisis químico del agua fué llevado a cabo por el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras (Ingeominas).

En la parte final de este Apéndice se presenta la bibliografía consultada en el desarrollo de los estudios.

2. DESCRIPCION DE LA CUENCA Y CLIMATOLOGIA

2.1 Descripción General de la Cuenca

La parte alta de las cuencas de los ríos La Miel y Guarinó, objeto del presente estudio, se hallan ubicadas al oriente del Depar

tamento de Caldas, sobre el sector oriental alto de la Cordillera Central, entre 74°50' y 75°25' de longitud oeste y 5°15' y 5°30' de latitud norte. Las dos cuencas tienen una extensión total de 929 km² de los cuales 363 km² corresponden al río La Miel y 566 km² al río Guarinó.

Las condiciones orográficas de las cuencas son típicas del sistema montañoso andino, con variaciones de elevación sobre el nivel del mar que fluctúan desde los 880 metros en el sitio de presa hasta los 3400 metros en las cabeceras del río La Miel, aproximadamente, dando origen a la presencia de los diferentes pisos térmicos.

En la cuenca, los valores máximos de precipitación se distribuyen en dos estaciones lluviosas correspondientes a los meses de Marzo a Mayo y Octubre a Noviembre, aunque se presentan chubascos en cualquier época del año.

En general, el año hidrológico presenta dos períodos lluviosos que se extienden de Marzo a Mayo y de Octubre a Diciembre; dos períodos secos durante los meses de Enero y Febrero y de Junio a Agosto, siendo Septiembre un mes de transición.

Estos períodos así distribuidos, se han explicado por el movimiento de los vientos alisios y la ascensión de las masas de aire asociadas a la zona del Frente Intertropical de Convergencia (I.T.C.), el cual facilita el proceso convectivo, característico de las precipitaciones en la región.

En las cuencas de los ríos La Miel y Guarinó se ha comprobado, en relación a la escorrentía, que existe una respuesta inmediata a la lluvia, la cual obedece a la naturaleza torrencial de la precipitación y a la fuerte pendiente de los terrenos en la zona. De otro lado, en algunos sitios el área ha sido desmontada para dedicar la tierra a pastos y cultivos con técnicas no muy adecuadas, factor que en primera instancia tiende a aumentar la relación lluvia-escorrentía. Además la alteración de los estratos superiores facilita la erosión y el aumento en la cantidad de sedimento transportado por los ríos.

2.2 Climatología de la Zona

2.2.1 Clima

La variación del relieve en la parte alta de los ríos La Miel y Guarinó, permite la clasificación de este sector dentro de los pisos térmicos templado y frío, el primero de los cuales predomina en la zona del proyecto. De acuerdo con una clasificación más específica, las cuencas se pueden dividir en dos zonas: la primera comprendida entre las cotas 800 y 1500 con una variación de temperatura promedio entre 17 y 23°C y precipitación anual mayor de 3000 mm, correspondiente a un clima templado superhúmedo; la segunda desde la cota 1500 hasta la 3400 con precipitación anual mayor de 2000 mm y variación de temperatura promedio entre 10° y 17°C, la cual se puede clasificar como clima frío superhúmedo.

2.2.2 Temperatura y Humedad Relativa

Dentro de la zona del proyecto, las estaciones existentes presentan registros de poca confiabilidad, excepto la estación Llanadas en el Municipio de Manzanares, la cual ofrece un registro amplio y altamente confiable, motivo por el cual se eligió como estación representativa del piso térmico templado, característico del área de interés. La temperatura media de la zona es de 20°C y la humedad relativa del 80%.

Los valores medios mensuales del período de registro se presentan en el Cuadro A-1 y en la Figura A-1.

2.2.3 Precipitación

La precipitación media anual en la cuenca es de 4000 mm. En la Figura A-1 se muestran los histogramas de precipitación para las estaciones de Bolivia, San Daniel, La Palma (Pensilvania), Llanadas y Cañaveral y las isoyetas medias anuales correspondientes a las cuencas de los ríos La Miel y Guarinó.

Como se puede ver en los histogramas los meses con valores máximos de precipitación son los correspondientes a dos períodos claramente definidos; marzo a mayo y octubre a diciembre. No siendo esta regla general para que se presenten chubascos en estas épocas del año se dan algunas tormentas en cualquier otra e-

poca, sin que el mes al cual pertenezcan sea considerado lluvioso.

2.2.4 Vientos

La circulación de las corrientes de aire en la región es bastante compleja. Según los datos disponibles en las estaciones de la cuenca, se determinó que la dirección dominante de los vientos de superficie está en los cuadrantes NE y SE; con brisas de valle-montaña que cambian su duración e intensidad de acuerdo al viento predominante.

El desplazamiento de la zona intertropical de convergencia de los vientos alisios (ITC) en conjunto con las características orográficas de la cuenca explican las dos estaciones lluviosas.

2.3 Características Morfológicas de la Hoya

2.3.1 Area

El área de la hoya hasta el sitio de presa es de 363 km², distribuida en las subcuencas de los ríos La Miel con 93 km², Pensilvania 140 km² y Tenerife 130 km². Inmediatamente aguas arriba del sitio de presa se halla la confluencia de los ríos La Miel y Pensilvania y cerca de ésta, la de los ríos Pensilvania y Tenerife, como puede observarse en la Figura A-1.

La hoya del río Guarinó hasta su sitio de captación, inmediatamente aguas arriba de su confluencia con el río Santo Domingo, tiene una extensión de 566 km².

2.3.2 Pendiente de la Cuenca

Para la determinación de la pendiente de la cuenca se utilizó un método de muestreo estadístico, que consiste en determinar la distribución porcentual de las pendientes normales a las curvas de nivel para un número grande de puntos en la cuenca.

En la Figura A-2 se puede observar la distribución de la pendien

te del río La Miel expresada en porcentaje para terrenos de pendiente igual o mayor a los valores indicados. La pendiente media encontrada es de 34.3% que constituye una pendiente alta lo cual explica las características de escurrimiento y retención de los terrenos que producen la respuesta inmediata de la cuenca, a las lluvias. Se prevé el peligro de erosión dada la elevada pendiente del terreno.

2.3.3 Elevación de la Cuenca

La distribución de elevaciones de la cuenca de los ríos La Miel y Guarinó se presenta en las figuras A-3 y A-4 respectivamente, representada por medio de una curva hipsométrica, expresada en porcentaje de área con valores iguales o mayores a una determinada elevación sobre el nivel del mar. La elevación media de la cuenca fué estimada en 1970 y 1850 metros sobre el nivel del mar, para los ríos La Miel y Guarinó respectivamente.

2.3.4 Pendiente del río

En la Figura A-5 se muestra el perfil longitudinal del río La Miel desde su nacimiento hasta la estación de aforos Miel II (4-156); y en la Figura A-6 se muestra igualmente, el perfil del río Guarinó hasta la confluencia con el río Santo Domingo. En ambos casos se evaluó la pendiente media y la pendiente media equivalente, índice más representativo y racional del perfil longitudinal, que permitió establecer relaciones más adecuadas entre la velocidad de escurrimiento y las características de los hidrogramas de crecientes.

3. REGISTROS HIDROMETRICOS Y METEOROLOGICOS

3.1 Generalidades

En el Proyecto Miel II, existe una red hidrometeorológica relativamente nueva con un período de operación de dos años aproximadamente, que cubre la mayor parte del área del proyecto. A fin de ampliar la extensión de los registros, hubo necesidad de recurrir

a estaciones vecinas que fueron utilizadas como estaciones representativas o de referencia para establecer correlaciones que permitieran cumplir el objetivo antes mencionado. Esta red comprende de estaciones meteorológicas, limnimétricas, limnigráficas y de sedimentos.

3.2 Operación de Estaciones

El manejo y mantenimiento de las estaciones estuvo a cargo de la Comisión de Hidrología de la CHEC, compuesta por dos hidrometristas y dos ayudantes provistos del equipo necesario para adelantar las mediciones de campo programadas, bajo la supervisión de los Ingenieros del Consorcio.

Las estaciones existentes a la iniciación de los estudios del Proyecto Miel I y las instaladas durante el desarrollo de los mismos, fueron utilizadas como fuente de información en este proyecto para los análisis de caudales, lluvias, etc.

La ubicación de las estaciones puede verse en la Figura A-1.

3.3 Lluvias

Como se anotó anteriormente, existen fenómenos meteorológicos que asociados con los efectos orográficos de la zona del proyecto, estimulan los procesos convectivos durante el día, dando lugar a precipitaciones intensas, caracterizadas por su regularidad en las horas de la noche, norma que se cumple tanto en la cuenca del río La Miel como en la del Guarinó.

En la hoya hidrográfica correspondiente al área de interés, existe una red pluviográfica y pluviométrica que cubre la zona en forma general.

En la Figura A-1, además de las estaciones que conformar la red, se presentan las isoyetas para la zona del proyecto a partir de las cuales se obtuvo una precipitación media anual en la hoya de 4.000 mm.

En la misma figura se han incluido los histogramas de precipitación media mensual para las estaciones de Bolivia, San Daniel,

La Palma (pensilvania), Llanadas y Cañaveral, que son características de la hoya, y el histograma correspondiente a la precipitación media mensual para las cuencas de los ríos La Miel y Guarínó.

En el Cuadro A-2 se muestra el período de registro pluviométrico y pluviográfico de las estaciones.

4. CAUDALES

4.1 Generalidades

En este capítulo se presentan los estudios realizados para el análisis de las series históricas de caudales y la obtención de los caudales medios mensuales a largo plazo, necesarios para los estudios de generación.

4.2 Red de Estaciones

4.2.1 Río La Miel

La red hidrométrica de la hoya del río La Miel está integrada por la estación 4-155 sobre el río Pensilvania y las estaciones 4-154 (La Tebaida) y 4-156 (Miel II) en el río La Miel. La estación 4-156 está ubicada en el sitio de presa en tanto que las dos primeras se hallan a 500 metros aguas arriba del mismo y cercanas a la confluencia de estos ríos.

Las estaciones 4-154 y 4-155 tienen ocho años de registro iniciados en junio y septiembre de 1971 respectivamente, con algunas interrupciones debidas a fallas en el funcionamiento de los limnigrafos.

4.2.2 Río Guarínó

Sobre la cuenca del río Guarínó se tomaron en cuenta tanto las estaciones 4-919 sobre el río Santo Domingo y 4-918 (El Crucero) sobre el río Guarínó, como la estación 4-922 (Las Playas) sobre

este último. Las dos primeras se hallan aguas arriba de su confluencia y la última a 500 metros aguas abajo de ésta.

Las estaciones 4-918 y 4-919 tienen trece años de registro iniciados en Marzo y Abril de 1965 respectivamente, mientras que la estación 4-922 fué instalada en Octubre de 1977.

La ubicación de estas estaciones puede verse en la Figura A-1, y el período de registro limnimétrico y limnigráfico en los Cuadros A-3, A-4 y A-5.

4.3 Caudales Medios Mensuales

El caudal medio mensual del río La Miel en el sitio de presa es de $29.5 \text{ m}^3/\text{s}$ con un máximo mensual de $53.2 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes de Abril y un mínimo de $14.4 \text{ m}^3/\text{s}$ en Febrero. Para el río Guarinó en la confluencia con el río Santo Domingo se determinó un caudal medio mensual de $20.7 \text{ m}^3/\text{s}$ con máximos y mínimos de $44.5 \text{ m}^3/\text{s}$ en Abril y $7.1 \text{ m}^3/\text{s}$ en Septiembre, respectivamente. Los caudales medios diarios, los máximos y mínimos instantáneos y los medios mensuales, se determinaron mediante un programa de computador, a partir de los registros de las estaciones anteriormente mencionadas y de los aforos realizados en las mismas.

Para determinar los caudales medios mensuales en las estaciones de aforo mencionadas, se hizo inicialmente un análisis de las mediciones realizadas, a partir del cual se verificó la consistencia de los datos, dada la escasa dispersión de éstos alrededor de la curva cota-caudal.

El ajuste de las curvas de calibración se hizo utilizando el procedimiento de los mínimos cuadrados, tomando como base la buena estabilidad de la sección y la existencia de un número apreciable de mediciones. La extrapolación de estas curvas se realizó mediante el método de Stevens con base en un levantamiento topográfico de la sección de aforos que se llevó hasta una cota superior a la correspondiente a las trazas de la máxima avenida histórica. Las curvas de calibración para las diferentes estaciones se presentan en las figuras A-7 hasta A-12.

Por medio de las curvas así calculadas, se determinaron por integración de los registros horarios de limnógrafo los caudales correspondientes.

El resumen de los caudales resultantes para el sitio de presa y el de los caudales para desviación del río Guarinó se presentan en los cuadros A-4 y A-7 respectivamente; los histogramas correspondientes a estos caudales pueden verse en la Figura A-1.

4.4 Caudales para Estudios de Generación

4.4.1 Metodología

La serie histórica de los caudales medios mensuales de Miel II es demasiado corta para poder desarrollar cualquier estudio de generación, puesto que el período de registro abarca ocho años solamente. Por lo tanto fué necesario formular un modelo matemático que describiera en forma adecuada el comportamiento del río en un período más amplio.

Los métodos de análisis estocásticos utilizados en hidrología, contemplan una gran variedad de modelos de generación sintética de series de eventos hidrológicos que en este caso son los caudales mensuales, que poseen la misma probabilidad de ocurrencia que los de la serie histórica y además conservan ciertas propiedades estadísticas de la misma.

Tomando en cuenta los aspectos anteriores, la metodología usada abarca los siguientes puntos:

- a. Para los ocho años de registro históricos de caudales mensuales en el sitio de presa del Proyecto Miel II, se utilizaron dos enfoques para obtener los parámetros estadísticos que sirven para generar una serie más extensa: el primero está basado en la correlación de los caudales registrados en la hoya de Miel II con los datos de precipitación de la misma hoya y hoyas vecinas; y el segundo, se basa en la correlación de los caudales de Miel II con los de la estación 4-152 del Proyecto Miel I.

De estos dos criterios se escogió el segundo porque los coeficientes de correlación presentaron valores mucho mayores que los del primero.

- b. Los caudales en Miel II y en Miel I deben ser consecuentes.

- c. En el modelo de generación que se desarrolló para este proyecto se considera la serie de 500 años generada para Miel I en los estudios correspondientes a dicho proyecto.

4.4.2 Análisis Estadístico de la Serie Histórica de Caudales

a. Miel II

Se emplearon 68 datos correspondientes a los 68 meses de caudales históricos de las estaciones 4-154 y 4-155. Los caudales de Miel II se obtuvieron sumando los caudales medidos en las estaciones mencionadas, y la validez de este criterio se comprobó mediante la comparación de los datos obtenidos en las estaciones anotadas y los correspondientes a la estación 4-156, ubicada en el sitio de presa. Teniendo en cuenta que el modelo de generación se hizo con base en los caudales del Proyecto Miel I, los registros de la estación 4-152 se correlacionaron con los de Miel II, (4-154 y 4-155) obteniéndose un coeficiente de correlación $r = 0.91$.

b. Río Guarinó-Captación

Para el río Guarinó se utilizaron 118 datos correspondientes a los 118 meses de caudales históricos de las estaciones 4-918 y 4-919; los caudales se obtuvieron sumando los caudales medidos en las estaciones mencionadas, es decir en la misma forma que en el caso anterior. Para verificar la validez de este criterio se compararon los datos sumados de dichas estaciones con los de la estación 4-922, localizada aguas abajo de la confluencia del río Santo Domingo. Para obtener los caudales a desviar del río Guarinó se hicieron correlaciones de varios tipos tales como exponencial, lineal y logarítmicos de lluvia-caudal y caudal-caudal presentando esta última, de un análisis lineal, el mejor ajuste. Para el modelo de generación el coeficiente de correlación obtenido entre Miel I, estación 4-152 y Guarinó, (4-918 y 4-919) fué $r = 0.69$.

4.4.3 Modelo para Generación de Caudales

El modelo para generación de caudales mensuales se basó en el

concepto de regresión lineal, en el cual mediante la ecuación de regresión se obtiene una parte determinística, mientras que el error estandar está fijado por una componente aleatoria, que se ve afectada por los parámetros estadísticos de la serie histórica, lo cual minimiza el error en los datos que conforman la serie generada.

Así el modelo puede representarse mediante las ecuaciones siguientes:

$$Q_{II} = a + b Q_I + ZS_{II} \sqrt{1-r^2} \quad (1)$$

$$Q_G = a + b Q_I + ZS_G \sqrt{1-r^2} \quad (2)$$

donde:

(1) : Ecuación del modelo para Miel II.

(2) : Ecuación del modelo para Guarinó.

Q_I : Caudales medios mensuales en Miel I, estación 4-152 (Puente de Hierro)

Q_{II} : Caudales medios mensuales generados para el sitio de presa en Miel II.

Q_G : Caudales mensuales generados para la bocatoma del túnel de desviación en el río Guarinó.

Z : Número aleatorio con distribución normal entre +0.5 y -0.5.

S : Desviación standar de los caudales medios mensuales; S_{II} para Miel II

r : Coeficiente de correlación de las series históricas en cada caso.

a, b : Coeficientes de regresión obtenidos de la regresión lineal aplicada a los caudales medios mensuales.

El desarrollo del modelo así definido se llevó a cabo mediante un programa de computador, cuyos detalles se presentan en el Anexo 1.

Los parámetros estadísticos de las series generadas se presentan en los cuadros A-8 a A-11

4.4.4 Series Estocásticas de Caudales

Las series generadas de 500 años de caudales medios mensuales para el río La Miel en el sitio del proyecto Miel II y para el río Guarinó en la captación, provienen de la generada en Miel I, con el fin de que los caudales de Miel II tengan la misma distribución probabilística de los caudales en Miel I y homogenizar de esta forma la distribución estadística de caudales a tomarse para estudios de generación de los distintos proyectos.

Tal como se menciona en los estudios del proyecto Miel I la serie generada de caudales para estudios de generación proviene de un modelo autoregresivo mensual con desfase unitario y componente aleatoria dada por números que siguen distribución gama con media cero y desviación estándar igual a la unidad. Los parámetros estadísticos de las series generadas para Miel I, Miel II y Guarinó se muestran en los cuadros A-8 a A-11.

La serie que se preparó en Miel II contemplando la desviación del río Guarinó es la suma de las obtenidas en Miel II y el río Guarinó restringiendo los caudales adicionados del último a la capacidad del túnel de captación.

5. CRECIENTE PARA DESVIACION DEL RIO

5.1 Sitio de Presa Miel II

La creciente para desviación del río La Miel durante la construcción de las obras se determinó por medio de un análisis estadístico de las crecientes registradas en las estaciones 4-154 sobre el río La Miel y 4-155 sobre el río Pensilvania.

Para este estudio se utilizó la creciente máxima instantánea registrada cada año, durante el período 1971-1978, estos valores se presentan en el Cuadro A-12. Obtenidos los caudales máximos, se analizaron por los métodos de Gumbel, Pearson Tipo III y Log-

Pearson Tipo III con desviación estandar modificada, encontrándose éste último como el más confiable, por lo cual se adoptó como representativo. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro A-14 y la curva de probabilidades para caudales máximos instantáneos en la Figura A-13.

El caudal de diseño para la desviación del río La Miel se estimó en $610 \text{ m}^3/\text{s}$ para un período de retorno de 1 en 25 años.

5.2 Río Guarinó-Captación

Siguiendo el mismo sistema utilizado para el río La Miel, explicado anteriormente, se analizaron las crecientes registradas en la estación 4-922 sobre el río Guarinó durante el período de 1965-1977 cuyos valores se presentan en el Cuadro A-13.

Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro A-14 y la curva de probabilidades en la Figura A-14. De esta curva se seleccionó, el caudal de diseño de desviación para un período de retorno de 1 en 25 años, el cual corresponde a $200 \text{ m}^3/\text{s}$.

6. CRECIENTE DE DISEÑO DEL REBOSADERO

6.1 Metodología

La determinación de la creciente de diseño del rebosadero se hizo a partir de la Precipitación Máxima Probable PMP calculada para la hoya del proyecto, la cual, aplicada al hidrograma unitario, deducido para las características de las crecientes en el sitio de presa, da como resultado la Creciente Máxima Probable CMP. Esta creciente se transitó por el embalse con el objeto de determinar el caudal de diseño del rebosadero y el nivel máximo extraordinario del embalse.

6.2 Precipitación Máxima Probable - PMP

En la evaluación de la PMP se utilizó el método de Hershfield, el cual está basado en el análisis estadístico del registro histórico

de los datos de precipitación; este método es aplicable cuando existen datos suficientes para definir la precipitación promedio anual máxima en 24 horas.

Existen en la hoya cuatro estaciones con registros diarios de precipitación desde hace doce años y siete estaciones adicionales del mismo tipo en el área hidrográfica de los proyectos Miel II y Miel I, con base en las cuales se obtuvo un buen número de datos para la aplicación del método mencionado. Cuatro de estas estaciones tienen registros pluviográficos desde 1977 y a partir de éstos se pueden obtener totales de precipitación en intervalos de media hora, para la determinación de la duración característica de la lluvia en la región.

La ecuación básica del método de Hershfield es la siguiente:

$$X_m = X_n + K_m S_n$$

donde: X_n y S_n son la media y la desviación estandar de los máximos anuales; K_m es una constante que varía con X_n y con la duración de la tormenta y X_m es la precipitación máxima probable antes de los ajustes por área de drenaje y retención del suelo.

El método de Hershfield provee gráficas para determinar K_m y para ajustar X_n y S_n con base en el número de años de datos y un factor de distribución que permite ajustar la PMP puntual para aplicarla sobre la hoya en cuestión.

6.2.1 Precipitación Máxima Probable Puntual

Los máximos de 24 horas se ajustaron sumándoles el 50% del mayor valor de la precipitación registrada en el día anterior o posterior al máximo. Estos datos así ajustados se presentan en el Cuadro A-15 para cada una de las estaciones, con el valor de la PMP correspondiente a cada estación, obtenido de la ecuación de Hershfield. Al examinar la duración de las tormentas que producen las máximas escorrentías en los ríos de la hoya, se encontró que éstas provienen de tormentas que duran cinco horas o menos, por lo tanto se supuso una duración típica de cinco horas para dichas tormentas, con base en la cual se dedujo el valor de K_m utilizado en la ecuación.

De las once estaciones pluviométricas y pluviográficas estudiadas se seleccionaron las de Bolivia, San Daniel, La Plama (Pensilvania) y Llanadas (Manzanares) por tener registros altamente confiables. Promediando los valores de PMP para dichas estaciones se encontró un valor medio de 340 mm.

6.2.2 Distribución de la Precipitación en el Tiempo

Para analizar el comportamiento de las tormentas en el tiempo se procedió, utilizando aquellas de máximo registro para determinar las curvas de máxima profundidad de lluvia acumulada contra duración, en las cuales se expresa el porcentaje de lluvia respecto al tiempo. De estas curvas se dedujo una curva promedio, a partir de la cual se estableció que el 80% de la lluvia se precipita en cinco horas. Esta curva adoptada como representativa de la duración de las lluvias en la zona del proyecto se utilizó en los cálculos subsiguientes y se presenta en la Figura A-16.

6.2.3 Hietograma Crítico de la Precipitación Efectiva

Para la determinación del hietograma crítico se elaboró inicialmente un hietograma correspondiente a la PMP puntual, para lo cual se seleccionaron intervalos de media hora, de tal manera que para cada intervalo sucesivo se obtuvo el valor de la precipitación multiplicando el porcentaje acumulado correspondiente a cada intervalo tomado de la curva de profundidad duración, por el valor medio de la PMP. A partir de estos valores se calculó el hietograma correspondiente a la PMP directa, modificando los valores puntuales obtenidos para cada uno de los intervalos por un factor de corrección tomado de las curvas de Hershfield que contempla la distribución espacial de la lluvia. Finalmente, para obtener el hietograma crítico, se hizo un arreglo de tal forma que se produjera el máximo caudal pico. A este último se le restan los valores correspondientes a la infiltración producida por la retención de los suelos la cual fué estimada en 6 mm/hora produciendo una retención total de 30 mm y un coeficiente de escurrimiento de 0.9 para esta tormenta. Este hietograma constituye la PMP efectiva que se aplica al hidrograma unitario resultante.

El cálculo de la PMP efectiva se presenta en el Cuadro A-16.

6.3 Hidrograma Unitario

6.3.1 Generalidades

Para desarrollar el hidrograma unitario se analizaron los hidrogramas de las crecientes máximas registradas en las estaciones 4-154, 4-155 y 4-156, de las cuales se seleccionaron cinco de la estación 4-156 - sitio de presa Miel II como representativas para el análisis ya que su ubicación nos permitió obtener los volúmenes de crecienta más confiables.

6.3.2 Cálculo del Hidrograma Unitario

Para determinar el volumen de escorrentía se procedió a hacer la separación del hidrograma de la creciente, seleccionando el caudal base de acuerdo a las características de la cuenca. Una vez determinado el volumen, se procedió a encontrar la precipitación que produjo la creciente estudiada de tal manera que las ordenadas del hidrograma unitario estén dadas por la relación existente entre la escorrentía directa y la precipitación. En este análisis el intervalo de tiempo considerado fué de media hora, y el hidrograma unitario deducido de 1 mm.

Los hidrogramas unitarios determinados para cada creciente se representaron mediante curvas S, y por medio del sistema de superposición, se llegó al hidrograma unitario utilizado para deducir la Creciente Máxima Probable.

La curva S seleccionada se presenta en la Figura A-17 y el hidrograma unitario correspondiente a ésta, en la Figura A-18.

7. CRECIENTE MAXIMA PROBABLE - CMP

7.1 CMP para Miel II

La determinación de la Creciente Máxima Probable se efectuó aplicando al hidrograma unitario el hidrograma deducido anteriormente para la PMP efectiva. El procedimiento básicamente consistió

te en encontrar las ordenadas de la CMP afectando las ordenadas del hidrograma unitario por los valores de la PMP obtenida, para el intervalo de tiempo indicado.

El hidrograma de la CMP deducido para Miel II tiene un pico de $4000 \text{ m}^3/\text{s}$ y se presenta en la Figura A-19.

7.2 CMP para Guarinó

Siguiendo el procedimiento expuesto anteriormente se determinó la CMP para el sitio de la bocatoma del túnel del Guarinó; esta CMP alcanzó un pico de $4.200 \text{ m}^3/\text{s}$.

8. CRECIENTE DE DISEÑO DEL REBOSADERO

Para determinar la creciete de diseño del rebosadero se transitó la CMP por el embalse mediante un método de integración numérica para un nivel máximo normal a la cota 1045. Se permitió que el nivel máximo extraordinario alcanzara la cota 1047.6, con un borde libre mínimo de 2.4 m. Se obtuvo una amortiguación de $700 \text{ m}^3/\text{s}$, fijándose así el caudal de diseño para el rebosadero en $3300 \text{ m}^3/\text{s}$.

9. EVAPORACION

Dada la ausencia de datos, se utilizó el estudio realizado por C. W. Thorntwaite en el cual se presenta la evaporación característica de diferentes ciudades próximas a la zona del proyecto o de características semejantes, en función de su altura sobre el nivel del mar. A partir de estos datos se obtuvo la curva que se presenta en la Figura A-20 con la cual se determinó para la cota de embalse 1045 m un valor de evaporación anual de 1200 mm.

Para un área de embalse de 2.35 km^2 la pérdida por evaporación es de 235.000 m^3 mensuales, que expresada en caudal es de $0.09 \text{ m}^3/\text{s}$, valor muy pequeño comparado con el caudal promedio del río.

10. SEDIMENTOS

10.1 Introducción

Las mediciones de material transportado en suspensión se hicieron por medio de una turbisonda integradora en profundidad del tipo USDH-49.

En los cuadros A-17 y A-18 se muestran los resultados del análisis físico realizado en conjunto con algunas características hidráulicas del escurrimiento, correspondientes a los aforos efectuados con ocasión de la recolección de muestras de sedimentos para las estaciones 4-156 (Miel II) y 4-922 (Las Playas), en los ríos La Miel y Guarinó respectivamente.

10.2 Estudio de Sedimentos

Existen registros desde Marzo de 1978 hasta Mayo de 1979, período que fué utilizado para determinar las características sedimentológicas en las estaciones antes mencionadas.

Durante este período se realizaron las siguientes mediciones:

<u>Estación</u>	<u>No. de Mediciones</u>	<u>Caudal Máximo Medido(m³/s)</u>	<u>Caudal Mínimo Medido (m³/s)</u>
Río La Miel 4-156	33	63.2	9.7
Río Guarinó 4-922	16	57.3	12.6

10.3 Transporte Total de Sedimentos

Para la determinación del transporte total de sedimentos se utilizó el procedimiento de Colby, con base en el criterio de velocidad de arrastre, suponiendo que en condiciones normales de escurrimiento no existen partículas de diámetro superior a 5 mm, según los análisis físicos realizados.

Como se puede observar en las curvas de transporte total de se-

dimentos para los sitios de presa de Miel II, Figura A-21, y la desviación del río Guarinó, Figura A-22, el procedimiento presenta consistencia, dado el ajuste de los datos respecto a los valores medios. Las rectas obtenidas mediante la correlación de los valores de caudal líquido y su correspondiente caudal sólido, cuyos coeficientes de correlación fueron de 0.82 para Miel II y 0.87 para Guarinó, permitieron determinar las curvas de duración de transporte total de sedimentos que se muestran en las figuras A-23 y A-24.

10.4 Transporte Promedio de Sedimentos

Los análisis granulométricos determinaron un peso específico promedio de 2.750 kg/m^3 para los sedimentos transportados en las estaciones mencionadas.

Con las curvas obtenidas y teniendo en cuenta las características de escurrimiento, se estimó un transporte medio de sedimentos en el sitio de presa de Miel II de 1.900 ton/día y para el sitio de captación del río Guarinó 1.625 ton/día ; estos valores corresponden a $1.910 \text{ ton/año/km}^2$ y $1.048 \text{ ton/año/km}^2$ respectivamente.

10.5 Volumen de Sedimentos en el Embalse

El volumen de sedimentos se determinó en $252.000 \text{ m}^3/\text{año}$ para Miel II, valor que conduce a un total de 12.5 Mm^3 en 50 años, volumen inferior al del embalse muerto y que por tanto no tendrá efectos sobre la vida útil del embalse.

Al considerar la desviación del Río Guarinó se estimó que un 53% de la carga total de sedimentos de este también llega al embalse de Miel II. Por lo tanto se incrementaría el volumen de sedimentos en 5.7 Mm^3 en 50 años correspondientes a $114000 \text{ m}^3/\text{año}$ calculados a partir del porcentaje mencionado. Esta consideración nos lleva a un volumen total de sedimentos en el embalse de 18.2 Mm^3 el cual es menor que el volumen muerto fijado para la vida útil del proyecto.

cuadros

CUADRO A-1

DATOS CLIMATOLOGICOS MENSUALES

MES	PRECIPITACION - mm								
	BOLIVIA			LA PALMA-PENSILVANIA			SAN DANIEL		
	<u>Min.</u>	<u>Media</u>	<u>Max.</u>	<u>Min.</u>	<u>Media</u>	<u>Max.</u>	<u>Min.</u>	<u>Media</u>	<u>Max.</u>
Ene.	45	204	355	87	300	1085	75	423	814
Feb.	57	261	671	28	351	760	153	401	618
Mar.	163	304	552	186	369	501	218	386	579
Abr.	251	405	879	83	395	756	158	568	1234
May.	249	392	559	56	341	575	260	509	870
Jun.	20	197	317	50	119	389	50	325	759
Jul.	17	145	315	30	138	405	53	253	454
Ago.	112	226	419	14	150	374	109	359	625
Sep.	120	292	493	89	234	539	160	427	870
Oct.	298	445	710	214	426	726	295	582	860
Nov.	253	391	551	110	513	1583	137	527	1094
Dic.	103	269	455	19	266	627	80	354	742

A-20

Continuación

CUADRO A-1

DATOS CLIMATOLOGICOS MENSUALES

MES	ESTACION SAMANA		ESTACION LLANADAS	
	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Temperatura °C	Humedad Relativa %
Ene.	18.4	89	19.4	80.6
Feb.	19.4	91	19.7	80.6
Mar.	19.7	91	19.7	80.6
Abr.	19.5	92	19.7	81.2
May.	19.4	90	20.1	80.3
Jun.	19.6	86	20.1	79.9
Jul.	20.0	77	20.2	75.6
Ago.	20.1	82	20.1	75.6
Sept.	18.9	84	19.8	77.9
Oct.	18.7	90	19.1	83.0
Nov.	19.0	92	19.2	83.2
Dic.	18.6	91	19.3	81.9

A-21

CUADRO A - 2

PERIODO DE REGISTROS PLUVIOMETRICOS Y PLUVIOGRAFICOS

<u>Estación</u>	<u>Nombre</u>	<u>Período</u>	<u>Meses sin registro</u>
4-9021	Bolivia	1964-1979(mayo)	
4-9032	El Líbano (Pensilvania)	1967-1979	(8/11)71
4-9022	Belén (Florencia)	1964-1979(mayo)	
4-9023	La Palma (Samaná)	1964-1979(mayo)	(3/4)75
4-9031	La Palma (Pensilvania)	1967-1979(mayo)	(9/10)77
4-9030	San Daniel	1967-1979(mayo)	
4-1066	Norcasia	1967-1979	(2/6)72, (10/11)73, 4/74, (2/3)79
4-9035	Cañaverl (Victoria)	1968-1979(mayo)	6/73, 12/77, 3/79
4-9033	Arboleda	1967-1978	(3/4)70, (3/7/10) 71, y 1974
4-9019	Alto de la Virgen(Maru- landa)	1964-1978	8/69, 11/77
	Llanadas (Cenicafe)	1951-1979	8/52, 7/53, 1954; 1/70
<u>Pluviográficos</u>			
	Manzanares	1977-1979(junio)	
	Pensilvania	1978-1979(junio)	(5/6) 78
	Florencia	1977-1979(junio)	(10/11)77

CUADRO A - 3

PERIODO DE REGISTRO DE CAUDALES

<u>Estación</u>	<u>Nombre</u>	<u>Tipo de Estación</u>	<u>Período</u>	<u>Meses sin registro</u>
4-154	Río La Miel-Tebaida	Limnigráfica	1971-1978	(7/8)71, (8/9/10), 76 (9)77, (4 a 8, 10 a 12)78
4-155	Río Pensilvania	Limnigráfica	1971-1978	(10/11)72, (11/12)73, (1 a 4)74, (4/5/6/10)75, (7/8)76
4-156	Río La Miel	Limnigráfica	1978-1978	
4-918	Río Guarinó-Crucero	Limnigráfica	1965-1977	(8/9)65
4-919	Río Santo Domingo	Limnimétrica	1965-1977	1/69, 7/71, (5/6/7/8)73, (6/7/8/9)74, 12/74, (1/ 4/7/8/9)76, (5 a 1)77
4-922	Río Guarinó-Las Playas	Limnigráfica	1965-1978	(8/9)65

CUADRO A - 4

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
MIEL II m³/s

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Med.
1971	-	-	-	-	-	-	-	-	34.4	44.9	44.7	35.2	-
1972	32.5	29.6	29.2	30.0	47.8	27.5	21.1	24.2	20.6	29.0	-	17.2	28.1
1973	17.4	14.4	24.6	26.6	26.1	25.8	21.4	33.8	46.6	39.0	-	-	27.6
1974	-	-	-	-	37.0	23.2	17.3	18.4	29.8	40.7	49.2	38.9	31.8
1975	20.5	39.7	23.0	23.2	-	-	40.4	27.4	35.8	44.0	52.7	46.7	35.3
1976	38.0	35.1	38.9	49.7	41.5	21.0	-	-	-	18.6	26.8	16.8	31.8
1977	17.1	24.9	21.1	23.7	27.5	23.9	16.4	17.4	15.1	35.2	27.2	18.3	22.3
1978	17.8	15.5	30.6	53.2	35.3	26.7	33.2	16.3	24.2	38.7	33.4	33.4	29.9
Prom.	23.9	26.6	27.9	34.4	35.9	24.7	25.0	22.9	29.5	36.3	39.0	29.5	29.5
Min.	17.1	14.4	21.1	23.2	26.1	21.0	16.4	16.3	15.1	18.6	27.2	16.8	
Max.	38.0	39.7	38.9	53.2	47.8	27.5	40.4	33.8	46.6	44.9	52.7	46.7	

A-24

CUADRO A-5
CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ESTACION 4-154 (LA TEBAIDA)

<u>Año</u>	<u>Ene.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Abr.</u>	<u>May.</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Ago.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dic.</u>	<u>Med.</u>
1971						7.9	5.6		9.5	11.7	10.3	7.7	8.8
1972	8.6	8.0	6.4	7.2	15.7	7.4	3.2	4.0	5.2	6.4	6.4	4.6	6.9
1973	3.7	2.9	5.0	9.6	7.4	8.7	5.1	7.9	10.6	8.9	8.8	7.6	7.2
1974	7.3	11.0	6.9	7.0	7.5	3.7	2.3	4.1	6.1	9.9	10.2	6.4	6.8
1975	3.2	6.0	6.0	6.7	12.5	8.5	10.6	7.1	9.3	12.1	14.4	11.2	9.0
1976	8.8	8.8	9.2	12.4	8.3	3.0	1.9			3.9	4.4	2.6	6.5
1977	2.4	3.9	3.0	3.6	5.2	5.1	3.3	2.9	4.3	7.9	6.3	3.0	4.3
1978	3.2	3.3	3.7						5.5				
Prom.	5.3	6.3	5.7	7.8	9.4	6.3	4.6	5.2	7.2	8.7	8.7	6.2	7.1
Min.	2.4	2.9	3.0	3.6	5.2	3.0	1.9	2.9	4.3	3.9	4.4	2.6	
Max.	8.8	11.0	9.2	12.4	15.7	8.7	10.6	7.9	10.6	12.1	14.4	11.2	

CUADRO A - 6

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ESTACION 4-155

<u>Año</u>	<u>Ene.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Abr.</u>	<u>May.</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Ago.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dic.</u>	<u>Med.</u>
1971									24.9	33.2	34.4	27.5	30.7
1972	23.9	21.6	22.8	22.8	32.1	20.1	17.9	20.2	15.4	22.6		12.6	21.1
1973	13.7	11.5	19.6	17.0	18.7	17.1	16.3	25.9	36.0	30.1			20.3
1974					29.5	19.5	15.0	14.3	23.7	30.8	39.0	32.5	25.5
1975	17.3	33.7	17.0	16.5			29.8	20.3	26.5	31.9	38.3	35.5	25.9
1976	29.2	26.4	29.7	37.3	32.2	18.0		5.6	2.2	14.7	22.4	14.2	22.2
1977	14.7	21.0	18.1	20.1	22.3	18.8	13.1	14.5	10.8	27.3	20.9	15.3	17.8
1978	14.6	22.0	26.9	33.8	27.5	19.4	17.5	9.8	18.7	28.2	32.8	22.9	21.2
Media	18.9	21.1	22.4	24.6	27.1	18.8	18.3	15.8	19.8	27.4	31.3	22.9	23.0
Min.	13.7	11.5	17.0	16.5	18.7	17.1	13.1	5.6	2.2	14.7	20.9	12.6	
Max.	29.2	33.7	29.7	37.3	32.2	20.1	29.8	25.9	36.0	33.2	39.0	35.5	

CUADRO A-7

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
RIO GUARINO m³/s

A-25

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Med.
1965	-	-	-	17.0	-	-	-	-	-	24.5	26.3	19.2	21.8
1966	15.3	13.9	14.2	16.3	19.0	24.4	19.4	16.6	18.2	20.1	24.9	26.7	19.1
1967	15.7	17.1	15.2	18.3	23.9	20.8	15.2	14.8	13.7	14.5	20.4	15.7	17.1
1968	15.2	16.4	18.7	23.2	20.2	29.0	23.1	16.6	21.3	22.7	22.1	18.4	20.6
1969	-	14.3	14.3	24.0	19.9	20.1	12.7	13.9	13.6	26.6	23.2	18.3	18.3
1970	14.1	13.7	15.3	22.3	37.1	21.0	16.5	17.8	19.4	33.5	40.8	27.5	23.2
1971	25.9	32.7	40.0	28.2	36.7	17.0	-	15.5	17.2	21.1	17.3	13.9	24.1
1972	14.5	13.7	13.4	13.7	29.8	18.7	10.0	10.1	7.1	8.9	22.4	16.2	14.9
1973	12.0	11.6	15.9	20.3	-	-	-	-	31.8	23.8	22.2	21.4	19.9
1974	18.6	21.0	20.0	19.7	26.6	-	-	-	-	24.1	26.8	-	22.4
1975	-	12.8	12.4	-	37.5	25.1	33.5	-	-	-	38.3	30.8	27.6
1976	21.0	24.3	27.3	-	38.4	24.7	-	-	-	17.0	18.1	14.9	23.2
1977	13.8	15.3	15.8	18.5	-	-	-	-	-	-	-	-	15.9
1978	12.3	11.0	18.7	44.5	33.4	27.8	25.5	14.5	15.9	32.8	24.0	26.3	23.9
Prom.	16.2	16.8	18.6	22.2	29.3	22.9	19.5	15.0	17.6	22.5	25.1	20.8	20.7
Min.	12.0	11.0	13.4	13.7	19.0	17.0	10.0	10.1	7.1	8.9	17.3	13.9	
Max.	25.9	32.7	40.0	44.5	38.4	29.0	33.5	17.8	31.8	33.5	40.8	30.8	

CUADRO A - 9

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LOS
CAUDALES MEDIOS MENSUALES - GUARINO

	Media	Desviación Estandar	Asimetría	Correlación Serial
Enero	19.0	3.1	1.1	0.71
Febrero	19.1	3.1	0.6	0.80
Marzo	19.3	3.4	1.4	0.74
Abril	21.0	2.9	-0.1	0.29
Mayo	21.8	3.8	0.7	0.33
Junio	17.7	2.6	-0.6	0.18
Julio	14.6	3.1	0.6	0.73
Agosto	15.8	3.5	0.3	0.68
Septiembre	18.5	4.0	-0.3	0.79
Octubre	22.2	3.9	0.1	0.78
Noviembre	25.8	5.3	0.4	0.68
Diciembre	22.2	5.3	0.2	0.70
Promedio	19.8	1.9	0.0	

CUADRO A - 10

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LOS
CAUDALES MEDIOS MENSUALES

MIEL II + GUARINO

	Media	Desviación Estandar	Asimetría	Correlación Serial
Enero	46.0	8.2	0.9	0.09
Febrero	46.3	8.3	0.5	0.79
Marzo	46.7	8.7	1.1	0.73
Abril	51.6	7.9	-0.2	0.28
Mayo	53.4	9.4	0.4	0.32
Junio	42.6	7.1	-0.6	0.17
Julio	33.8	8.3	0.7	0.72
Agosto	37.4	9.7	0.3	0.67
Septiembre	44.5	10.9	-0.4	0.77
Octubre	54.4	10.0	-0.2	0.77
Noviembre	62.4	11.5	-0.1	0.68
Diciembre	53.4	12.9	-0.2	0.69
Promedio	47.8	5.0	-0.1	

CUADRO A-11

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LOS CAUDALES
MEDIOS MENSUALES
MIEL I

		<u>Media</u>	<u>Desviación Standar</u>	<u>Asimetría</u>	<u>Correlación Serial</u>
Enero	Enero	79.0	26.0	1.1	0.61
	Febrero	80.4	22.9	0.9	0.86
	Marzo	81.0	26.5	1.5	0.81
	Abril	90.4	22.4	- 0.3	0.40
	Mayo	100.4	27.6	0.9	0.38
	Junio	70.8	16.5	- 0.5	0.25
	Julio	49.9	19.9	0.7	0.79
	Agosto	58.3	23.2	4.3	0.62
	Septiembre	74.1	27.8	4.3	0.78
	Octubre	105.0	27.4	0.3	0.74
	Noviembre	127.9	35.5	0.5	0.68
	Diciembre	105.4	37.3	0.3	0.71

CUADRO A-12

CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS REGISTRADOS

Sitio de Presa Miel II

AÑO	Caudal m ³ /s
1971	204
1972	255
1973	472
1974	205
1975	369
1976	248
1977	112
1978	188

CUADRO A - 13

CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS REGISTRADOS
RIO GUARINO Estación 4-922

AÑO	Caudal m ³ /s
1965	68
1966	80
1967	80
1968	92
1969	116
1970	104
1971	143
1972	138
1973	89
1974	85
1975	133
1976	139
1977	93
1978	154

CUADRO A - 14

ANALISIS ESTADISTICO DE CAUDALES

Período de Recurrencia años	Caudal m ³ /s	
	MIEL II	GUARINO
2	237	120
5	374	154
10	475	174
25	610	197
50	721	213
100	835	228

CUADRO A - 15

REGISTROS PLUVIOMETRICOS MAXIMOS ANUALES EN 24 HORAS - mm

ESTACION	AÑO												
	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	PMP
Norcasia(4-1066)	102	90	134	134	112	124	110	160	140	106	149	116	175
Alto de la Virgen (4-9019)	50	40	65	75	129	80	103	55	52	100	75	46	261
Bolivia (4-9021)	77	92	97	120	88	92	105	82	103	105	176	91	365
Belén (4-9022)	144	190	143	146	117	182	145	185	142	215	167	170	329
La Palma-Samaná (4-9023)	120	167	175	145	135	150	150	160	153	150	180	170	306
San Daniel(4-9030)	97	159	104	88	103	106	92	96	78	57	61	137	347
La Palma-Pensilvania (4-9031)	103	151	190	175	140	130	106	146	140	156	106	169	361
El Líbano (4-9032)	97	79	172	130	71	91	83	69	120	80	110	120	313
Arboleda (4-9033)	105	102	148	119	139	102	105		140	222	145	133	376
Cañaveral (4-9035)		191	278	177	197	158	150	160	148	181	135	151	496
Manzanares-Llanadas	55	88	75	132	94	96	91	130	102	73	92	104	287

A-33

CUADRO A - 16

PRECIPITACION MAXIMA PROBABLE SOBRE LA CUENCA
Y CALCULO DE LA PMP EFECTIVA EN MIEL II

<u>Col.0</u>	<u>Col.1</u>	<u>Col.2</u>	<u>Col.3</u>	<u>Col.4</u>	<u>Col.5</u>	<u>Col.6</u>	<u>Col.7</u>	<u>Col.8</u>
Tiempo (Horas)	Distribución de Lluvia en %	PMP Acumu lada Puntual mm	Factor de Reducción por área	PMP Acumu lada Directa mm	PMP Parcial mm	Hietograma Crítico	Retención Parcial del Terreno	PMP Efectiva mm
0.5	29	99	0.5	50	50	6	6	0
1.0	50	170	0.68	116	66	7	7	0
1.5	65	221	0.72	159	43	11	11	0
2.0	77	262	0.75	197	38	15	6	9
2.5	85	289	0.78	225	28	50	0	50
3.0	90.5	308	0.81	250	25	66	0	66
3.5	95	323	0.82	265	15	43	0	43
4.0	97.5	333	0.83	276	11	38	0	38
4.5	99	337	0.84	283	7	28	0	28
5.0	100	340	0.85	289	6	25	0	25
TOTAL:								259

A-34

CUADRO A-17

SITIO DE PRESA

ANALISIS FISICO DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION

Río La Miel en la Estación 4-156

Profundidad media(m)	Caudal (m ³ /s)	Velocidad media (m/s)	Concentración (mg/lt)	Contenido de Arenas (mg/lt)
1.27	38.5	1.38	207	-
1.19	35.9	1.37	167	-
1.16	34.6	1.35	48	-
1.18	35.5	1.36	75	-
1.23	37.5	1.39	67	-
1.32	40.6	1.40	80	-
1.33	43.8	1.49	198	-
1.35	44.5	1.52	214	-
1.36	37.3	1.25	136	-
1.28	34.8	1.24	210	-
1.36	37.7	1.26	98	-
1.29	39.5	1.39	129	-
1.37	43.4	1.45	169	-
1.23	30.5	1.13	217	-
1.19	30.0	1.14	154	-
1.09	22.5	0.94	317	-
1.15	24.4	0.97	190	-
1.16	24.5	0.96	316	-
1.17	25.1	0.98	51	-
1.20	25.9	0.98	55	-
1.15	24.6	0.97	133	-
1.18	24.5	0.95	177	-
1.19	25.7	0.98	197	-
1.18	22.8	0.88	141	-
0.81	9.6	0.54	214	136
0.83	9.8	0.54	48	35
1.15	24.4	0.97	439	28
1.09	21.1	0.88	108	53
1.21	28.6	1.07	6	
1.08	23.0	0.97	183	116
1.03	18.8	0.83	17	11
1.62	63.2	1.77	294	107
1.55	53.6	1.54	107	54
1.27	29.5	1.05	51	40

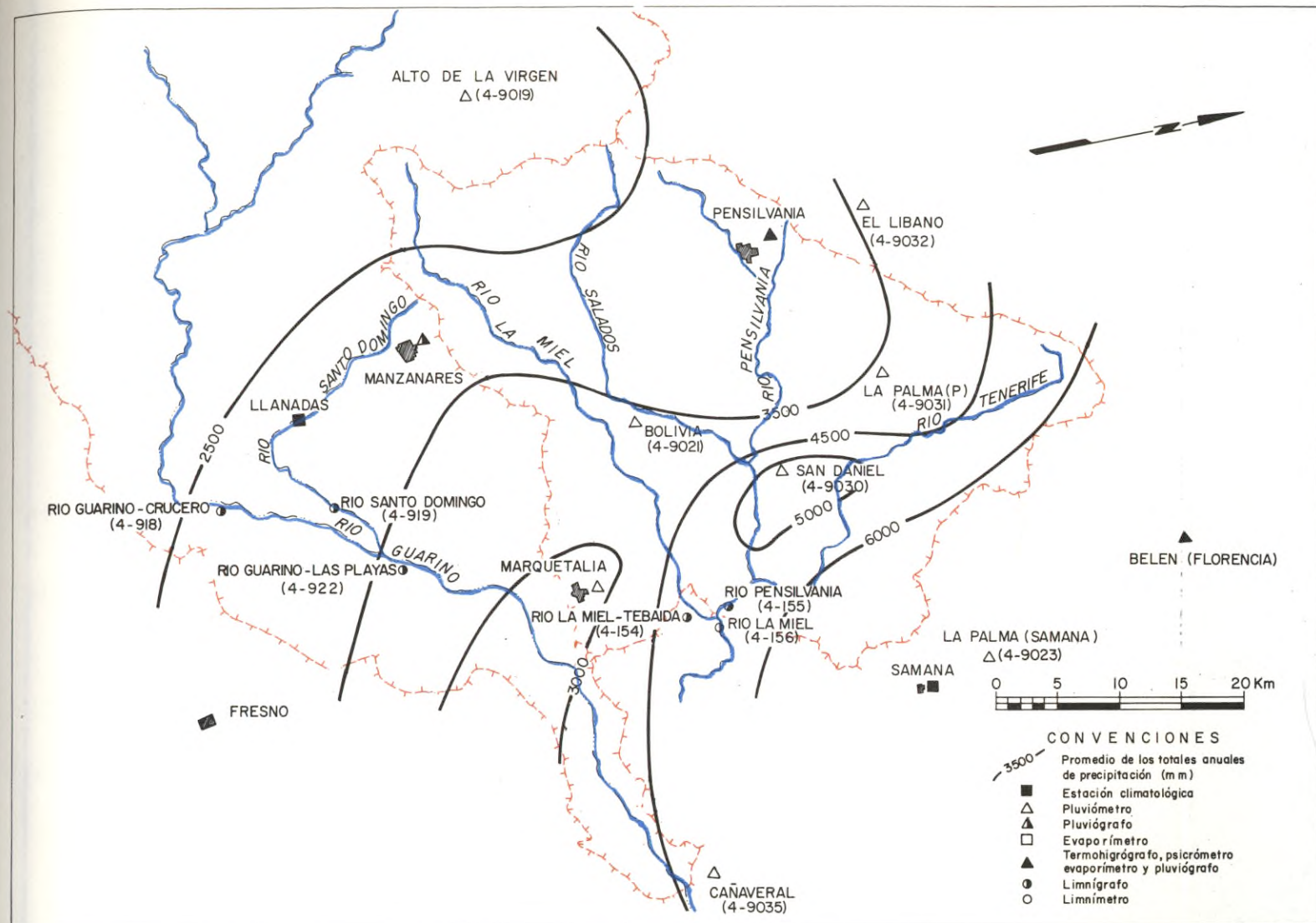
CUADRO A - 18

ANALISIS FISICO DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION

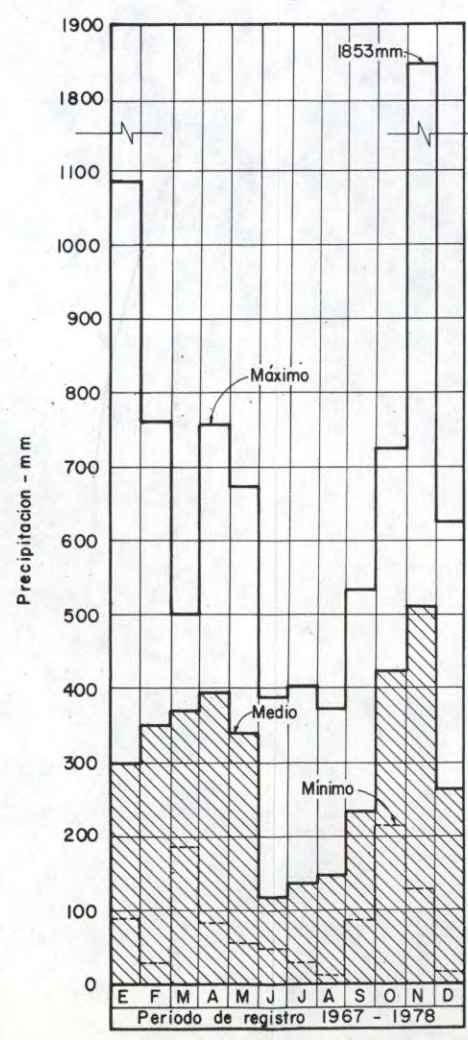
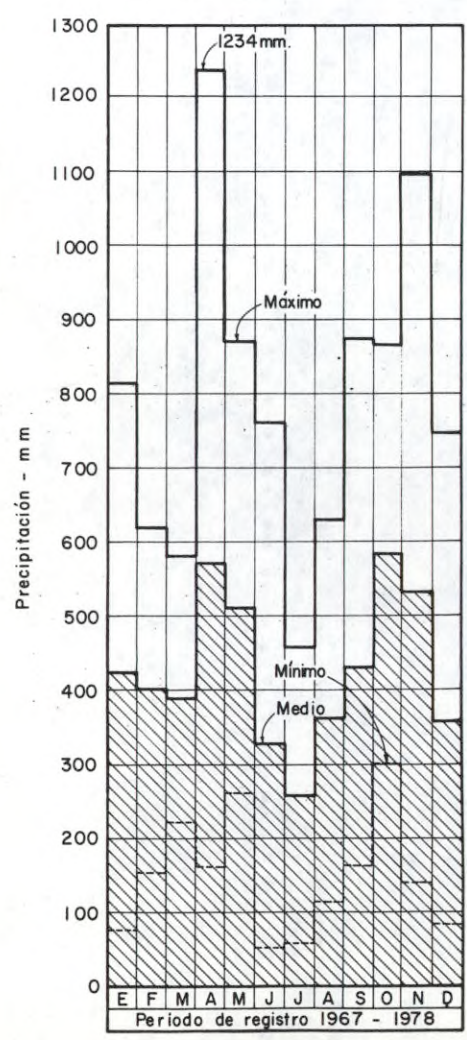
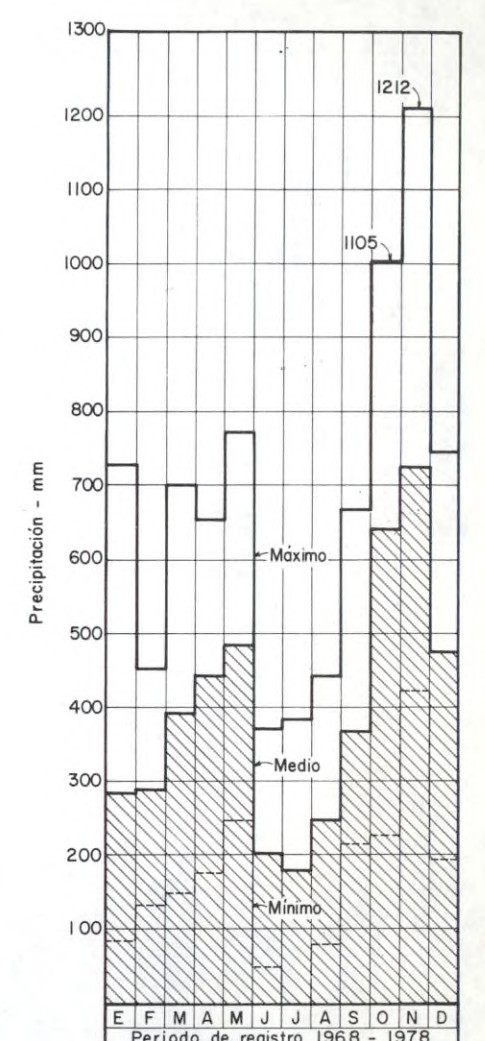
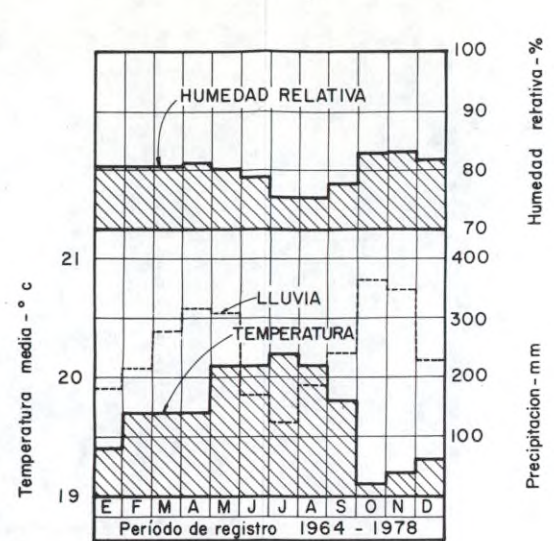
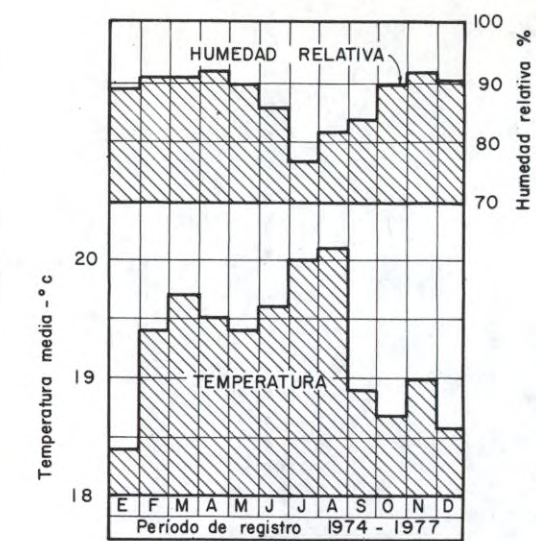
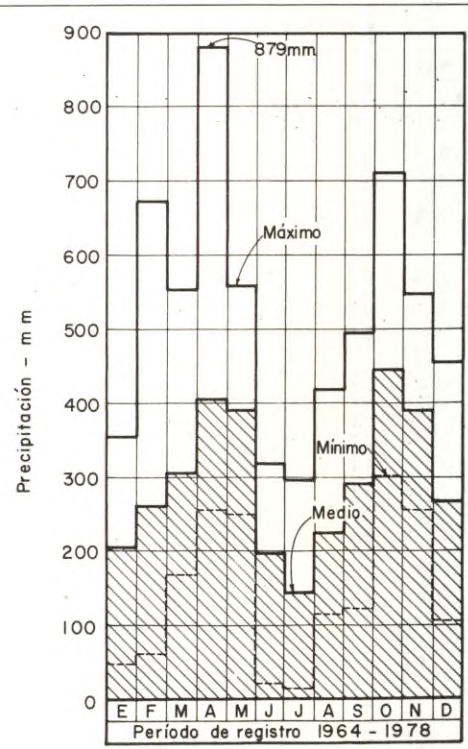
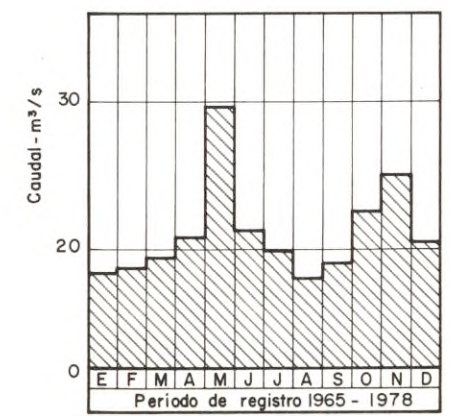
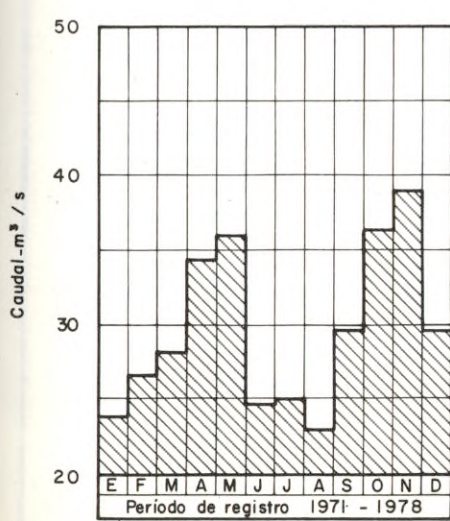
Bocatoma Túnel del Río Guarinó

Profundidad media(m)	Caudal (m ³ /s)	Velocidad media (m/s)	Concentración (mg/lt)	Contenido de Arenas (mg/lt)
0.64	20.9	1.25	158	-
0.65	21.7	1.29	193	-
0.64	20.2	1.22	169	-
0.85	57.2	2.18	248	-
0.82	51.9	2.05	75	-
0.84	48.5	1.92	69	-
0.80	39.2	1.66	72	-
0.55	14.2	1.08	77	64
0.55	12.6	1.00	200	108
0.54	13.1	1.02	31	18
0.58	16.3	1.13	68	22
0.62	17.1	1.11	210	83
0.79	47.0	2.00	395	282
0.72	31.4	1.51	120	82
0.73	20.2	1.06	103	74

figuras



- CONVENCIONES**
- 3500 — Promedio de los totales anuales de precipitación (mm)
 - Estación climatológica
 - ▲ Pluviómetro
 - △ Pluviógrafo
 - Evaporímetro
 - ▲ Termohigrógrafo, psicrómetro evaporímetro y pluviógrafo
 - Limnógrafo
 - Limnómetro



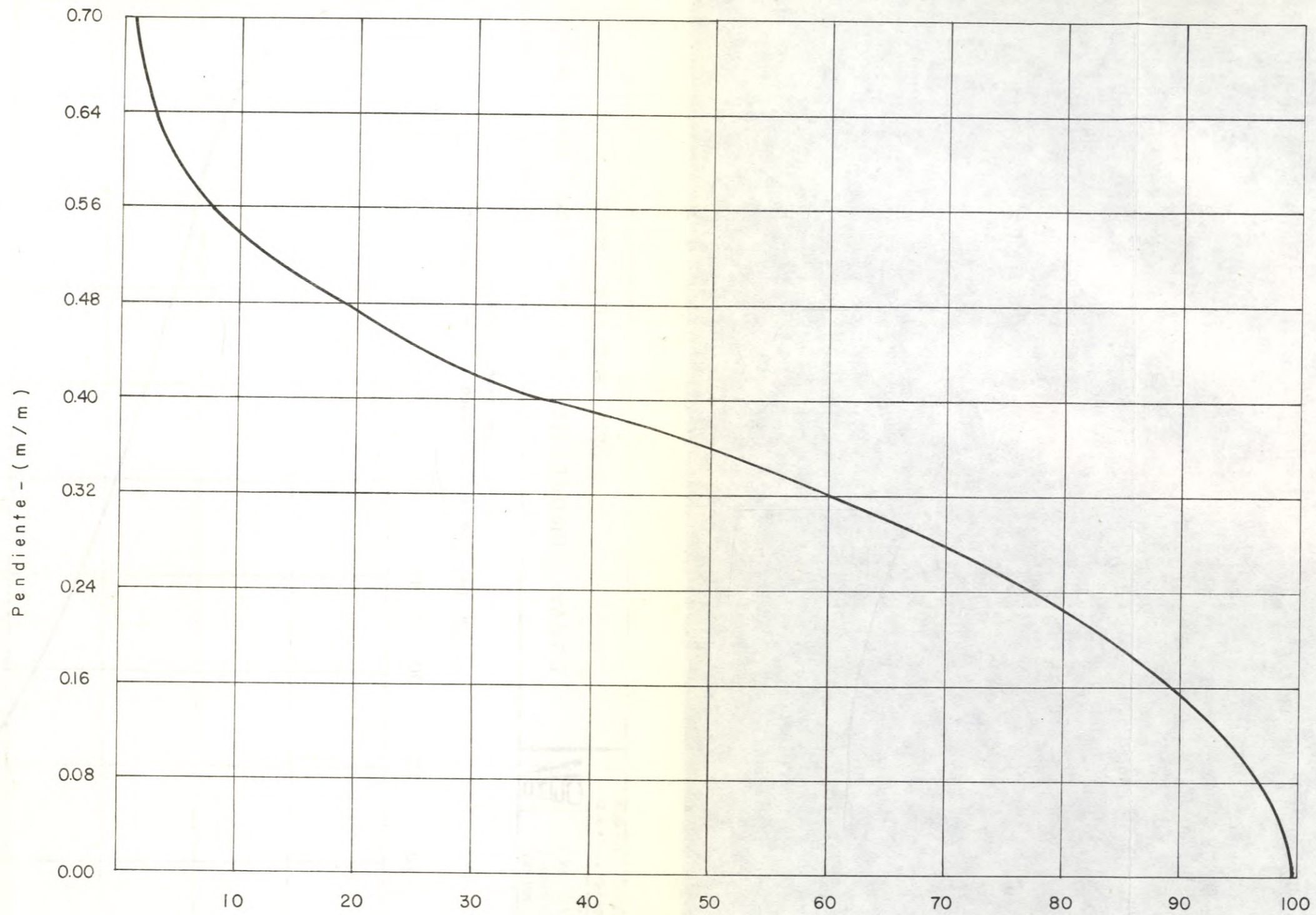
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS

DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

ISOYETAS MEDIAS ANUALES E INFORMACION HIDROLOGICA

CONSORCIO RIO LA MIEL
INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA

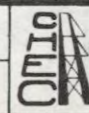
FECHA: NOV. 1979
FIGURA: A-1



% De la cuenca con terrenos de pendiente igual ó mayor que los valores indicados.

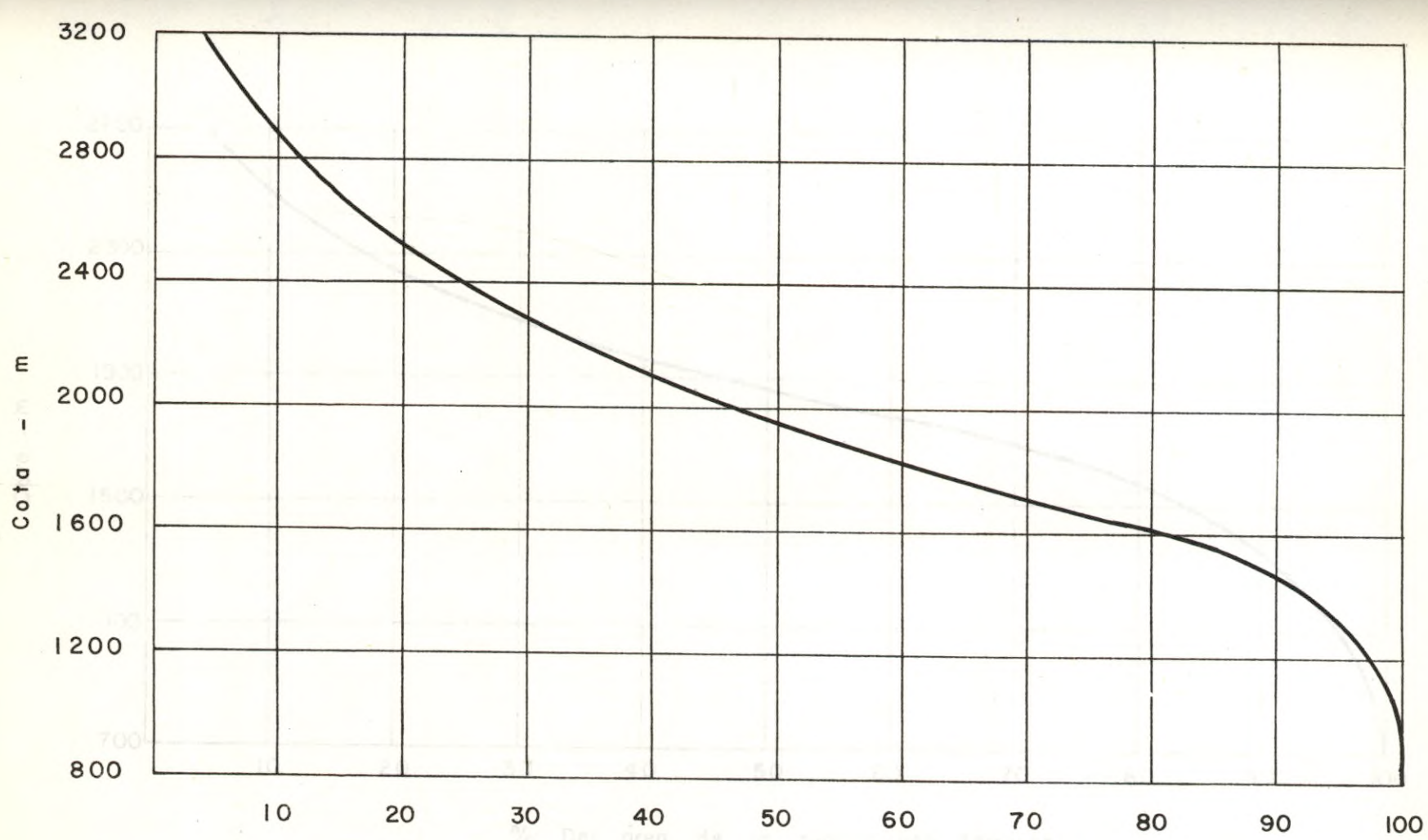


INSTITUTO COLOMBIANO
DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA
DE CALDAS



DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

DISTRIBUCION DE LAS PENDIENTES
EN LA CUENCA DEL RIO LA MIEL



% Del área de la cuenca con terrenos arriba de las elevaciones indicadas.



INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS



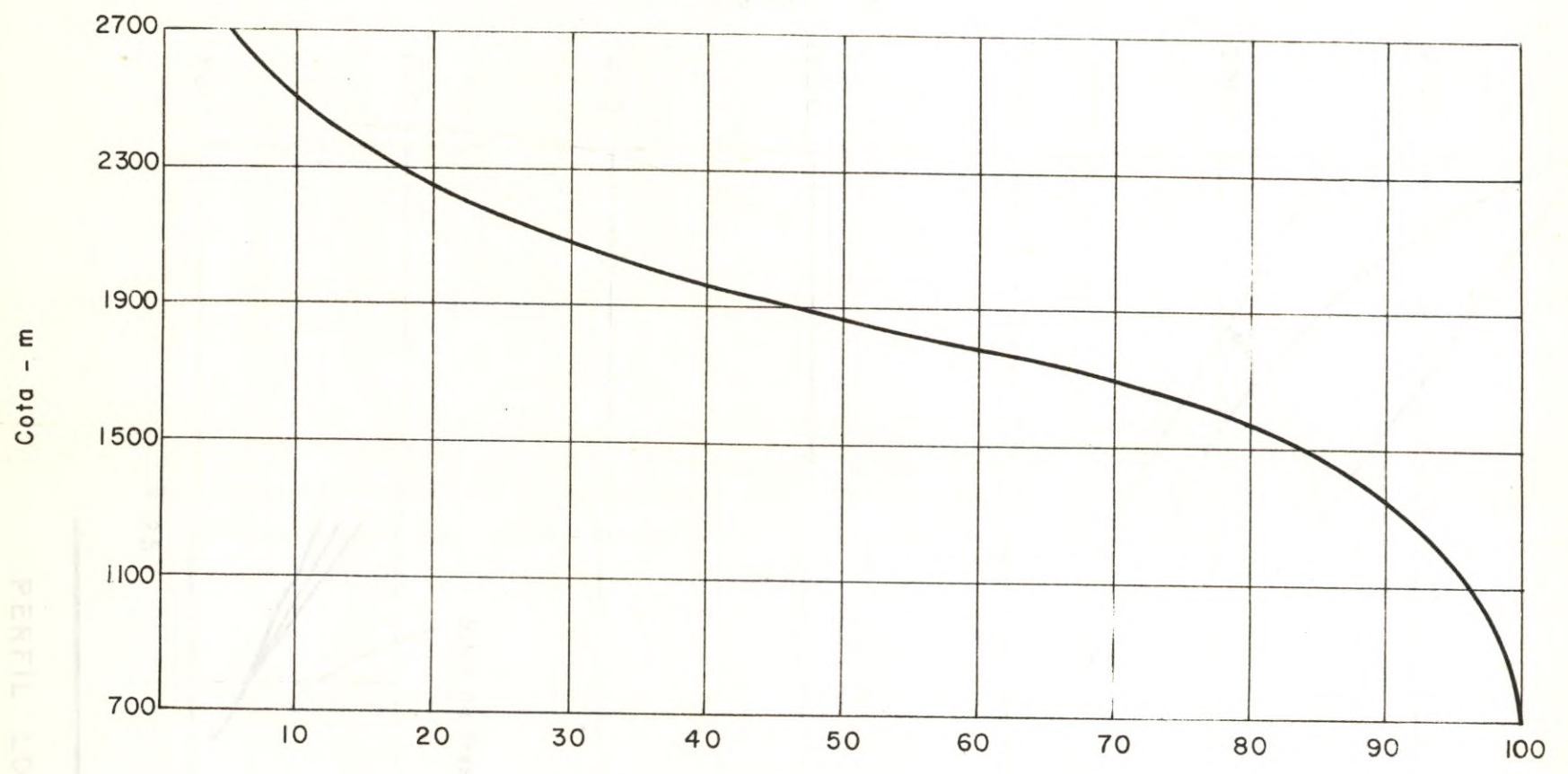
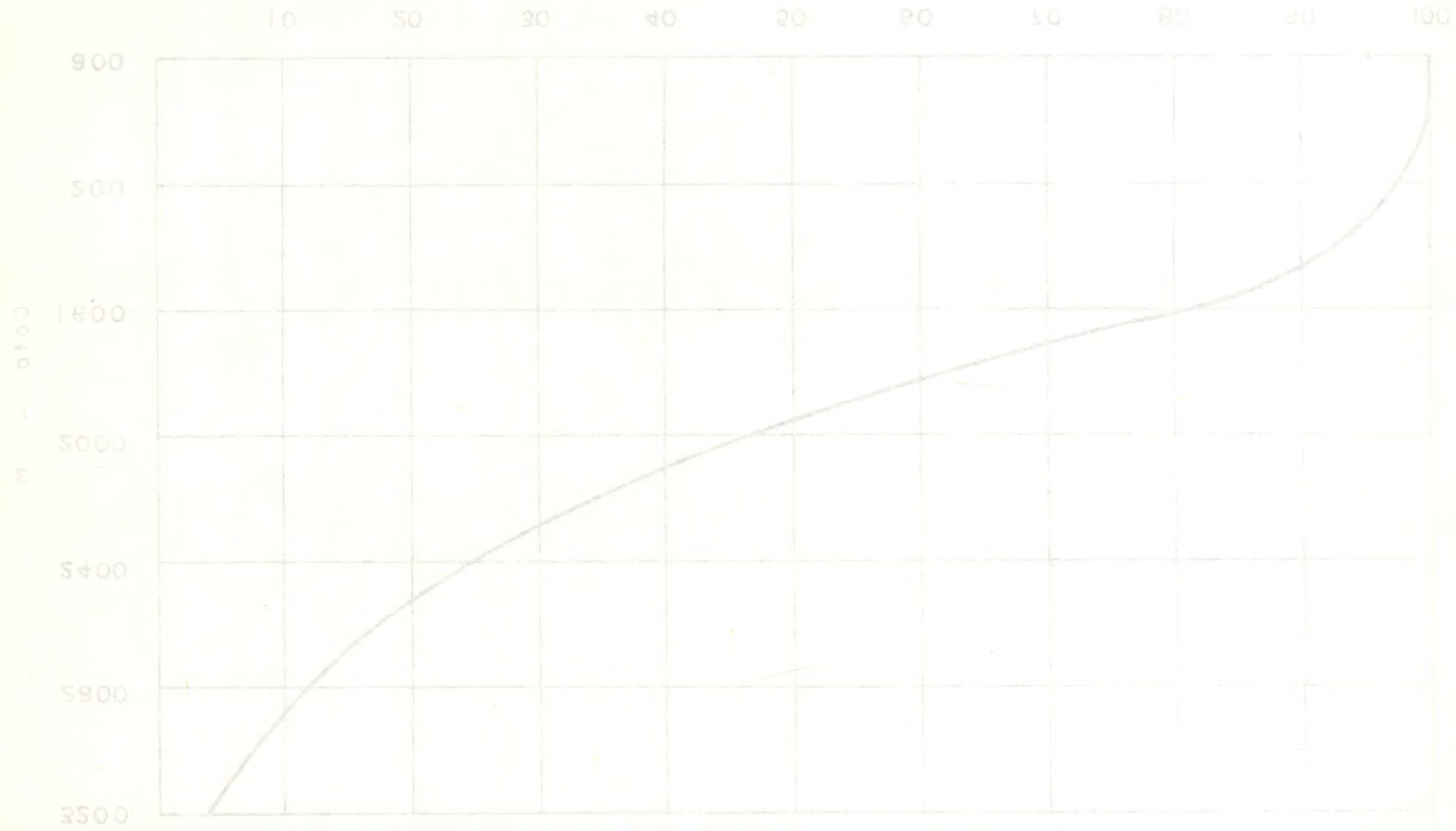
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

CURVA HIPSOMETRICA DE LA HOYA HIDROGRAFICA DE INTERES DEL RIO LA MIEL MIEL II



DE CALDAS
CENTRAL HIDROELECTRICA
DE ENERGIA ELECTRICA
INSTITUTO COLOMBIANO

Del área de la cuenca con terrenos
arriba de las elevaciones indicadas



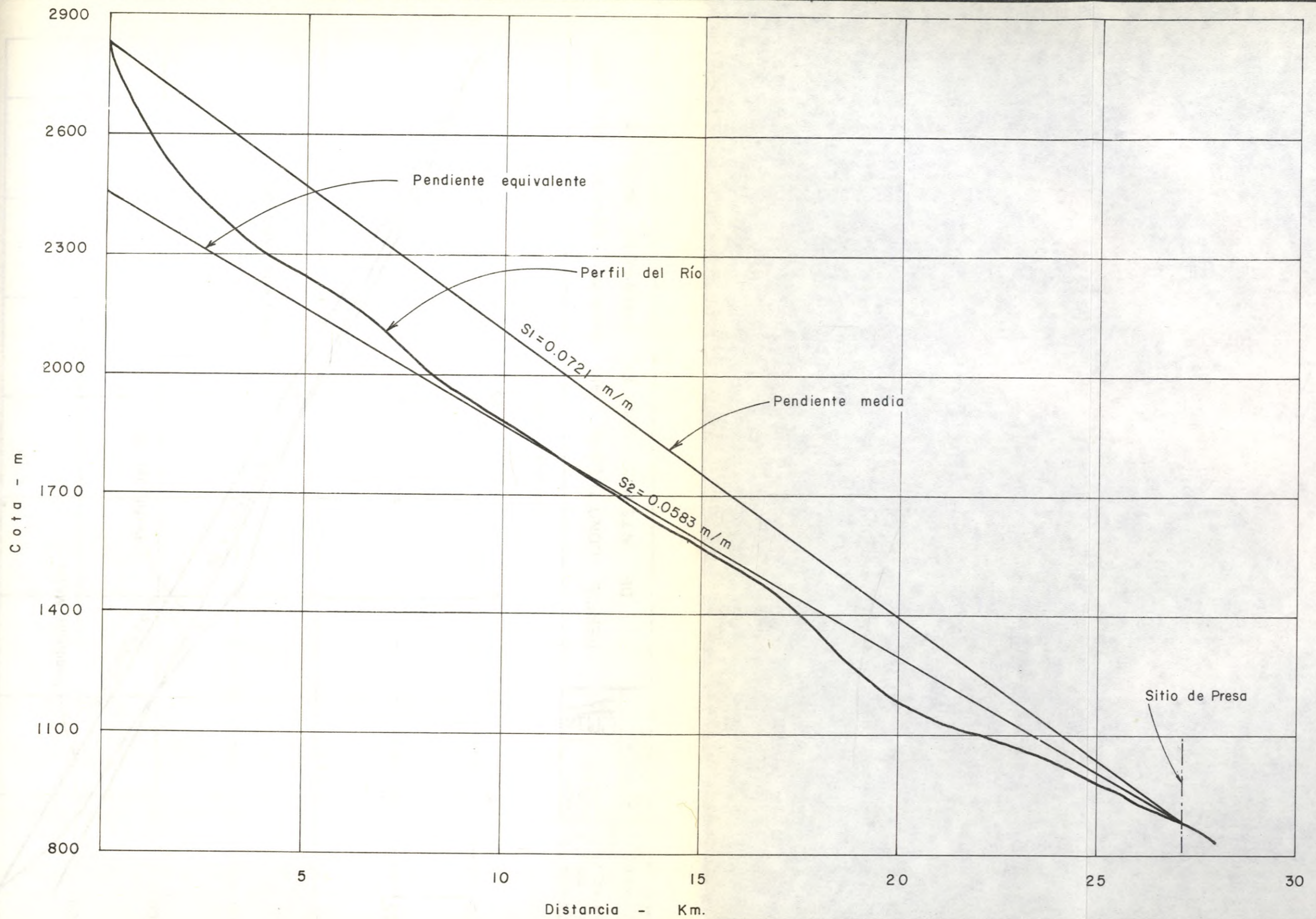
% Del área de la cuenca con terrenos
arriba de las elevaciones indicadas



PERFIL LONGITUDINAL
DEL RIO LA MIEL

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS

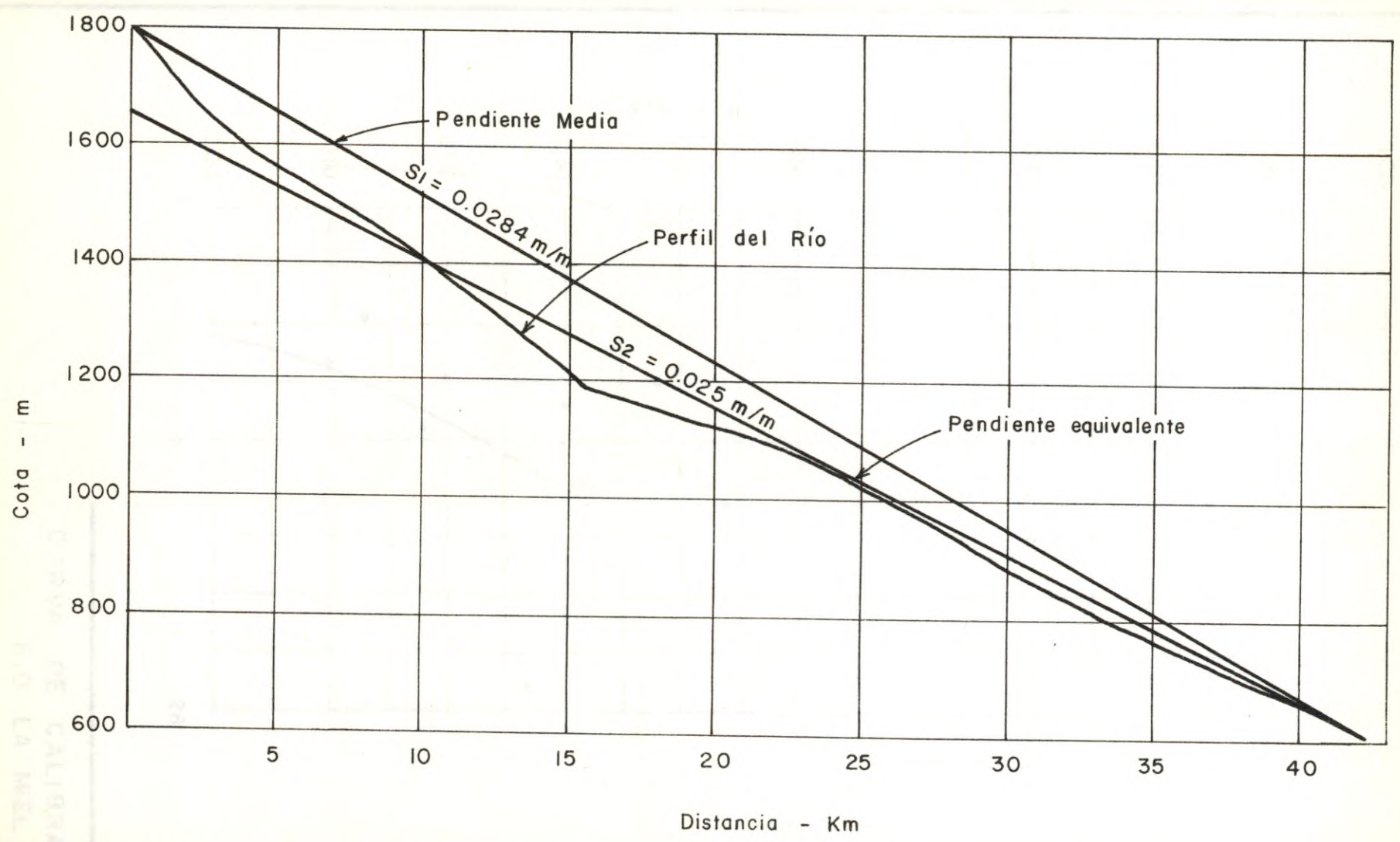
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

CURVA HIPSOMETRICA DEL RIO GUARINO PARA EL AREA DE INTERES EN EL PROYECTO MIEL II



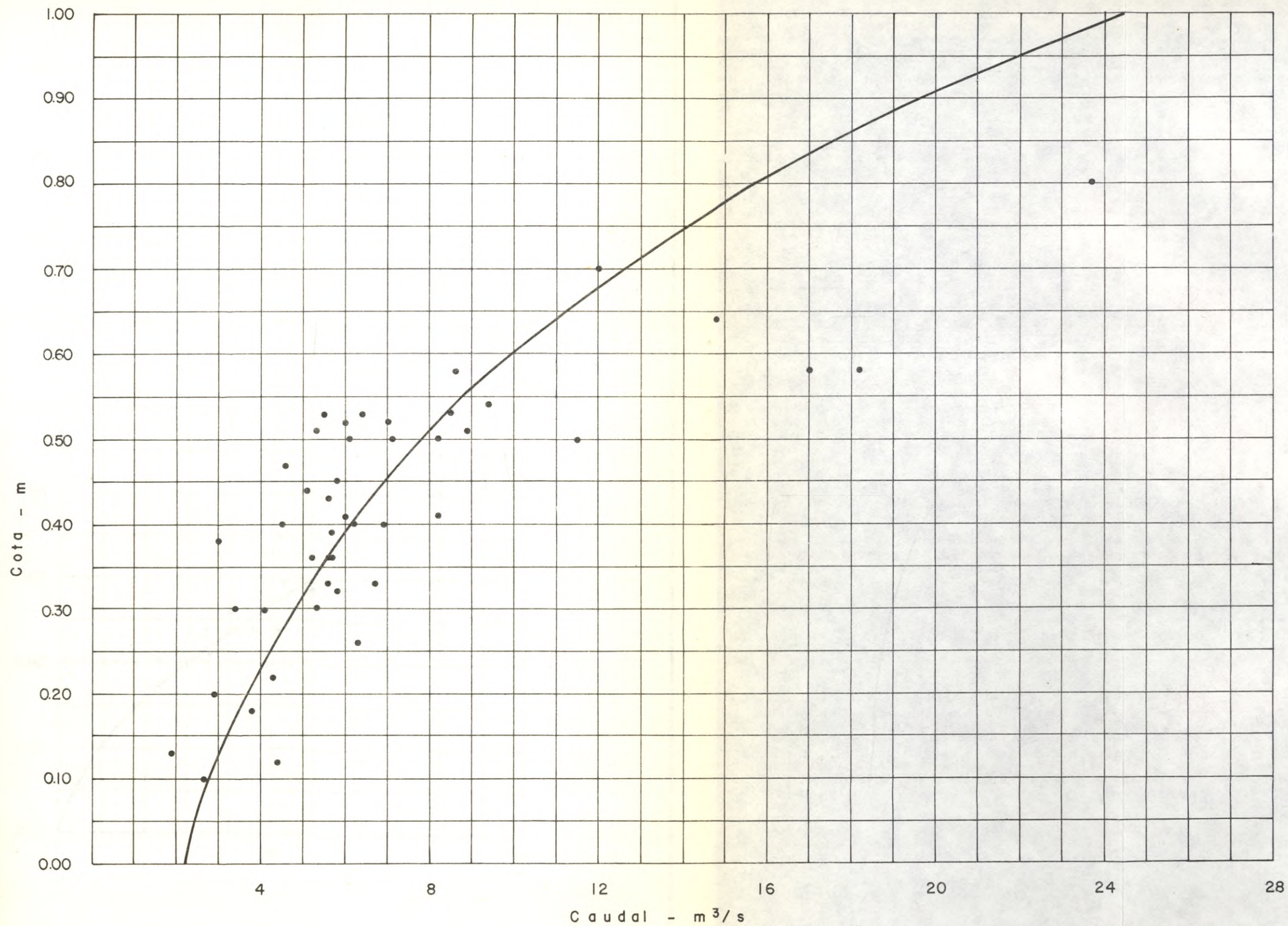
	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
	CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA		



PERFIL LONGITUDINAL
DEL RIO LA MIEL



	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
	CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA		

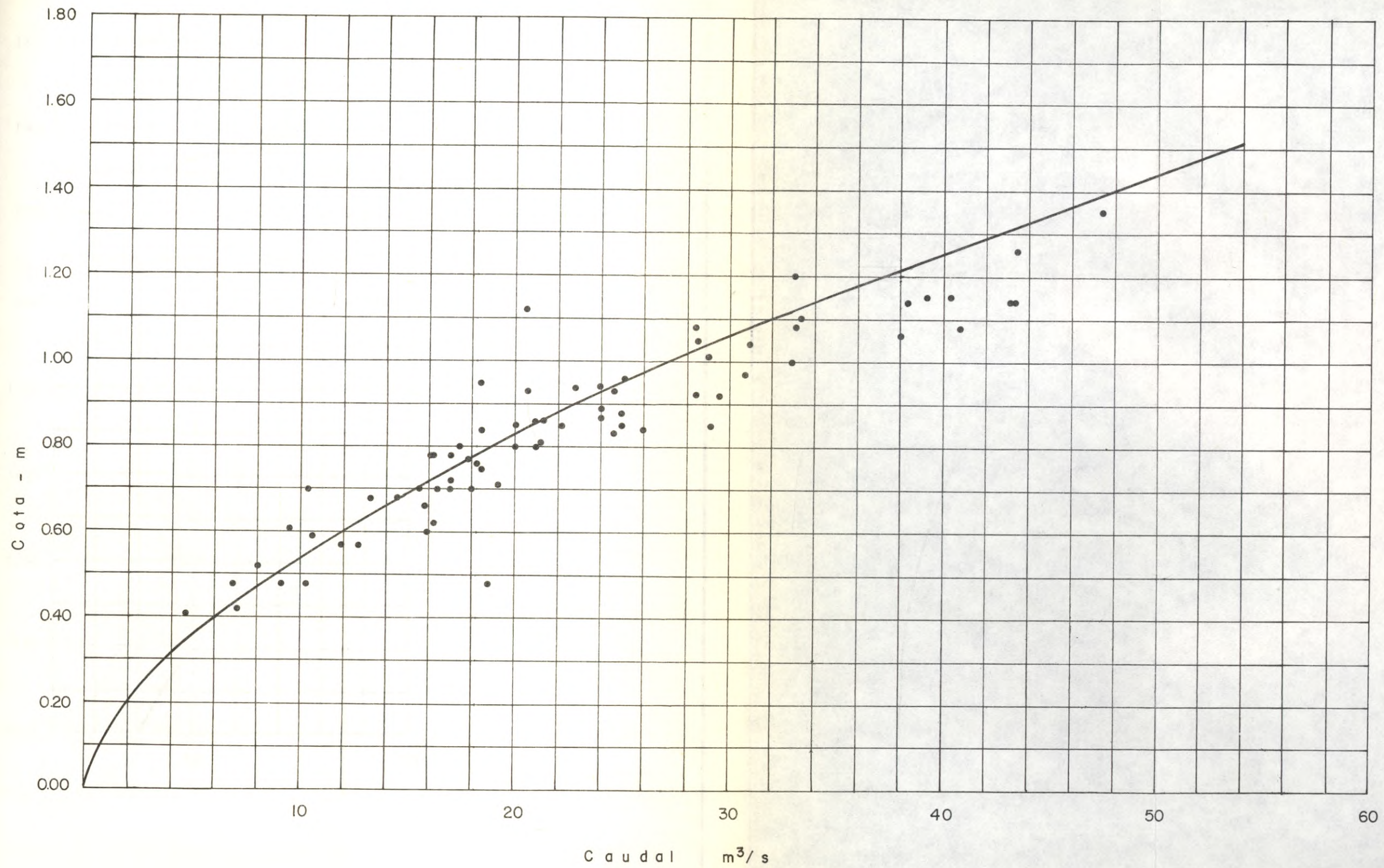
PERFIL LONGITUDINAL RIO GUARINO DENTRO DEL AREA DE INTERES EN EL PROYECTO MIEL II




 INSTITUTO COLOMBIANO
 DE ENERGIA ELECTRICA
 CENTRAL HIDROELECTRICA
 DE CALDAS


DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
 PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

CURVA DE CALIBRACION
 RIO LA MIEL
 ESTACION 4 - 154 (LA TEBAIDA)

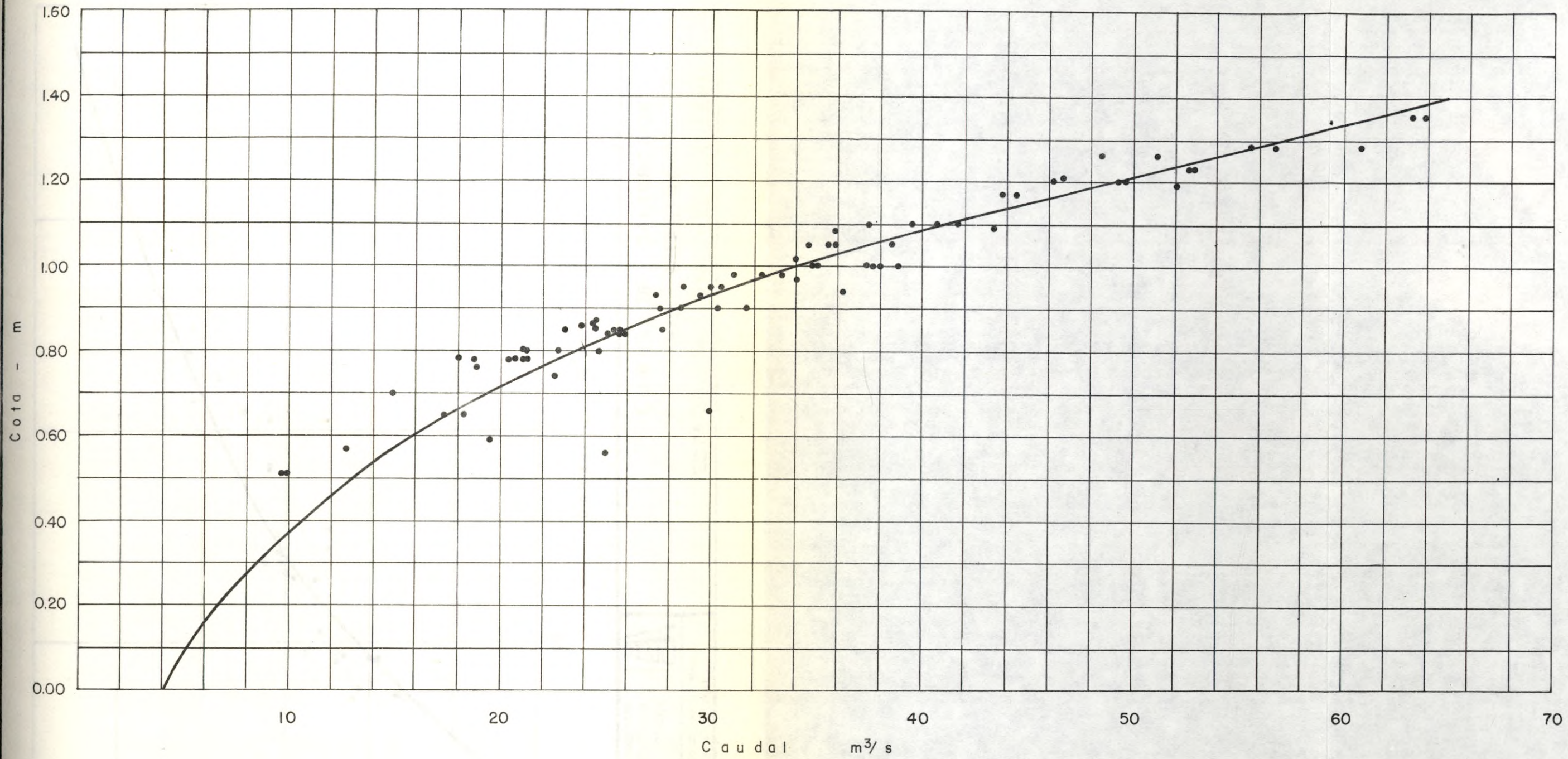


INSTITUTO COLOMBIANO
DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA
DE CALDAS



DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

CURVA DE CALIBRACION
RIO PENNSILVANIA
ESTACION 4 - 155



INSTITUTO COLOMBIANO
DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA
DE CALDAS



DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

CURVA DE CALIBRACION
RIO LA MIEL
ESTACION 4-156 (MIEL II)

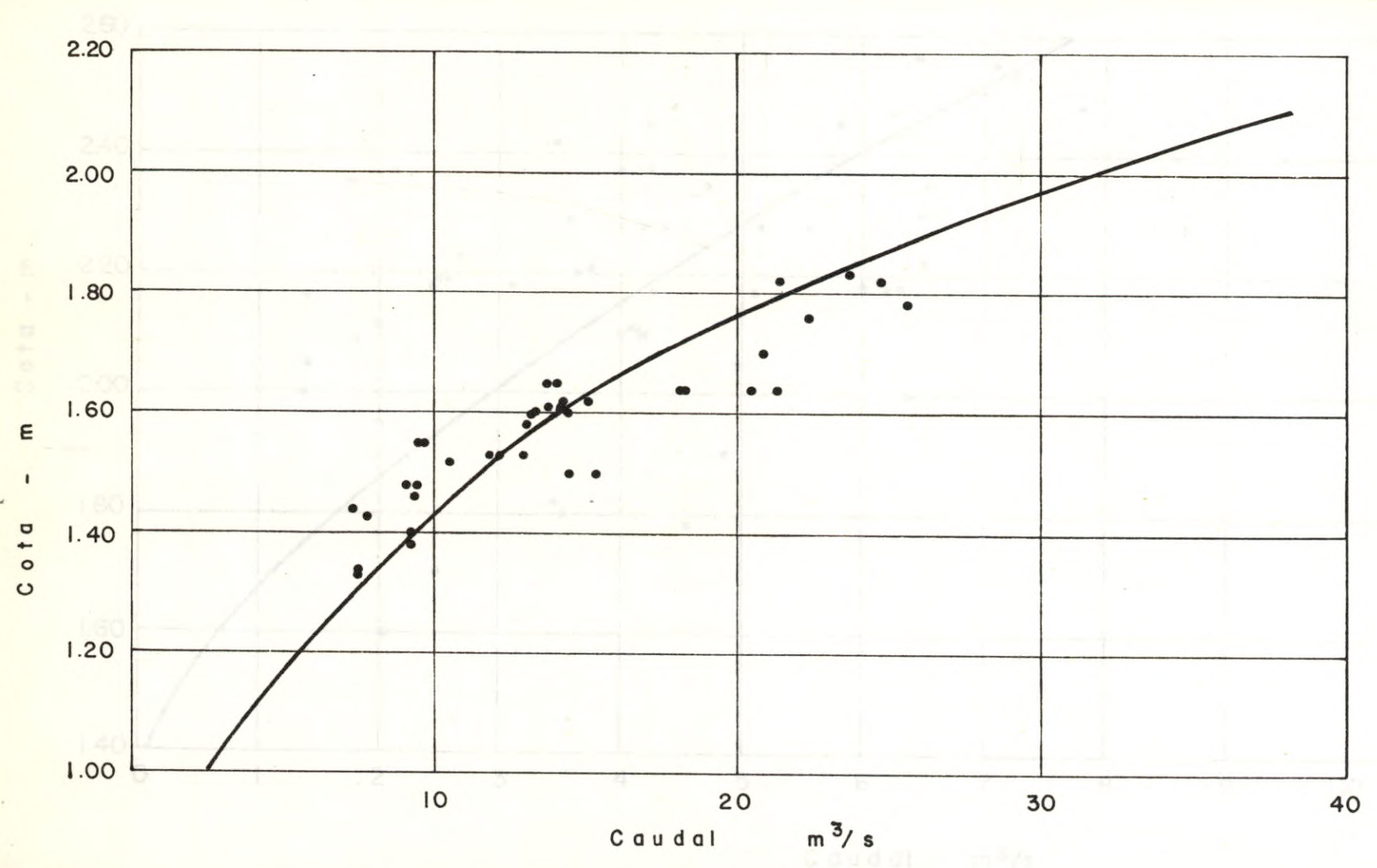
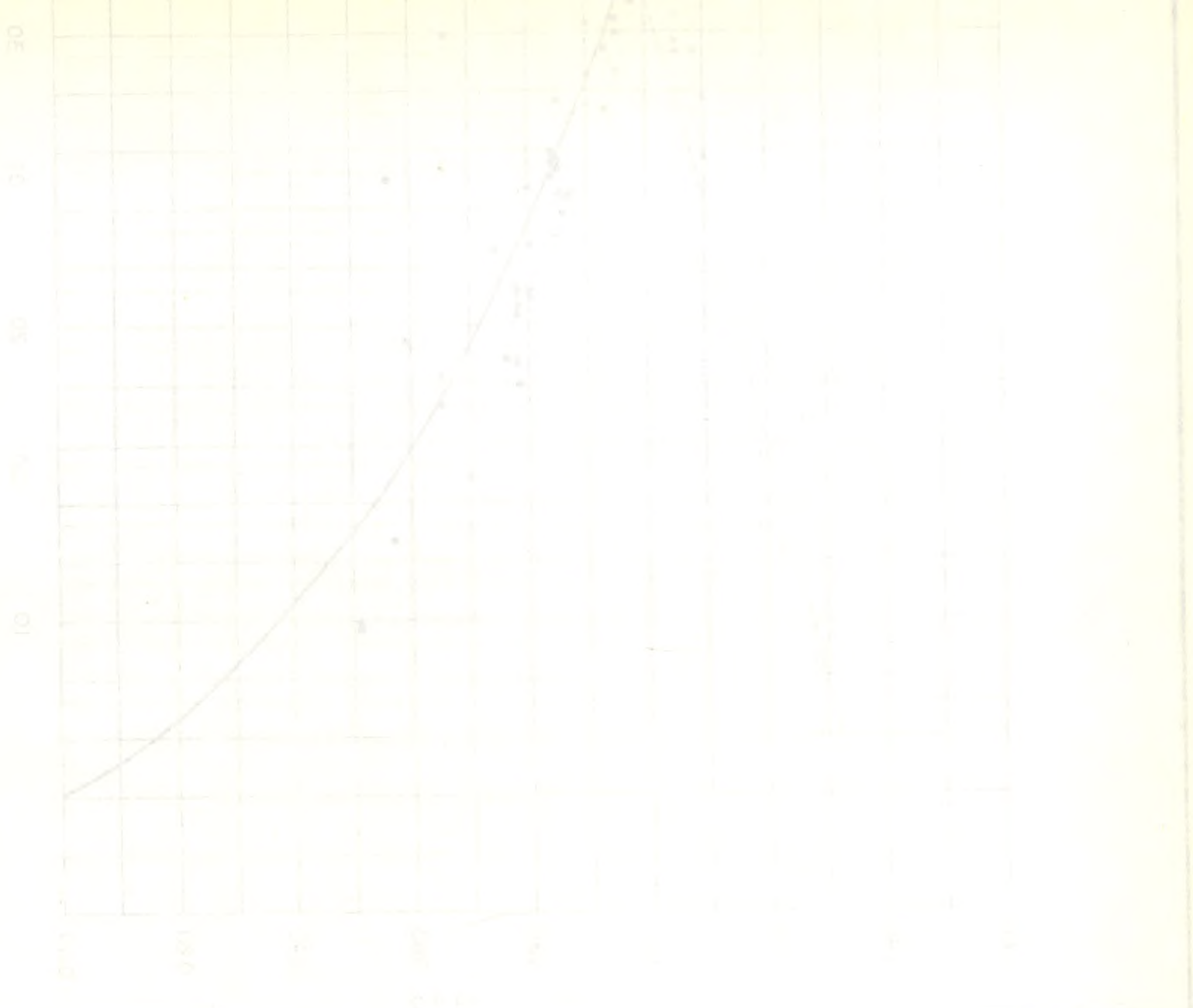



FIGURA A - 10



	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
	CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA		

CURVA DE CALIBRACION
RIO GUARINANGO
ESTACION 45 - 918 (EL CRUCERO)

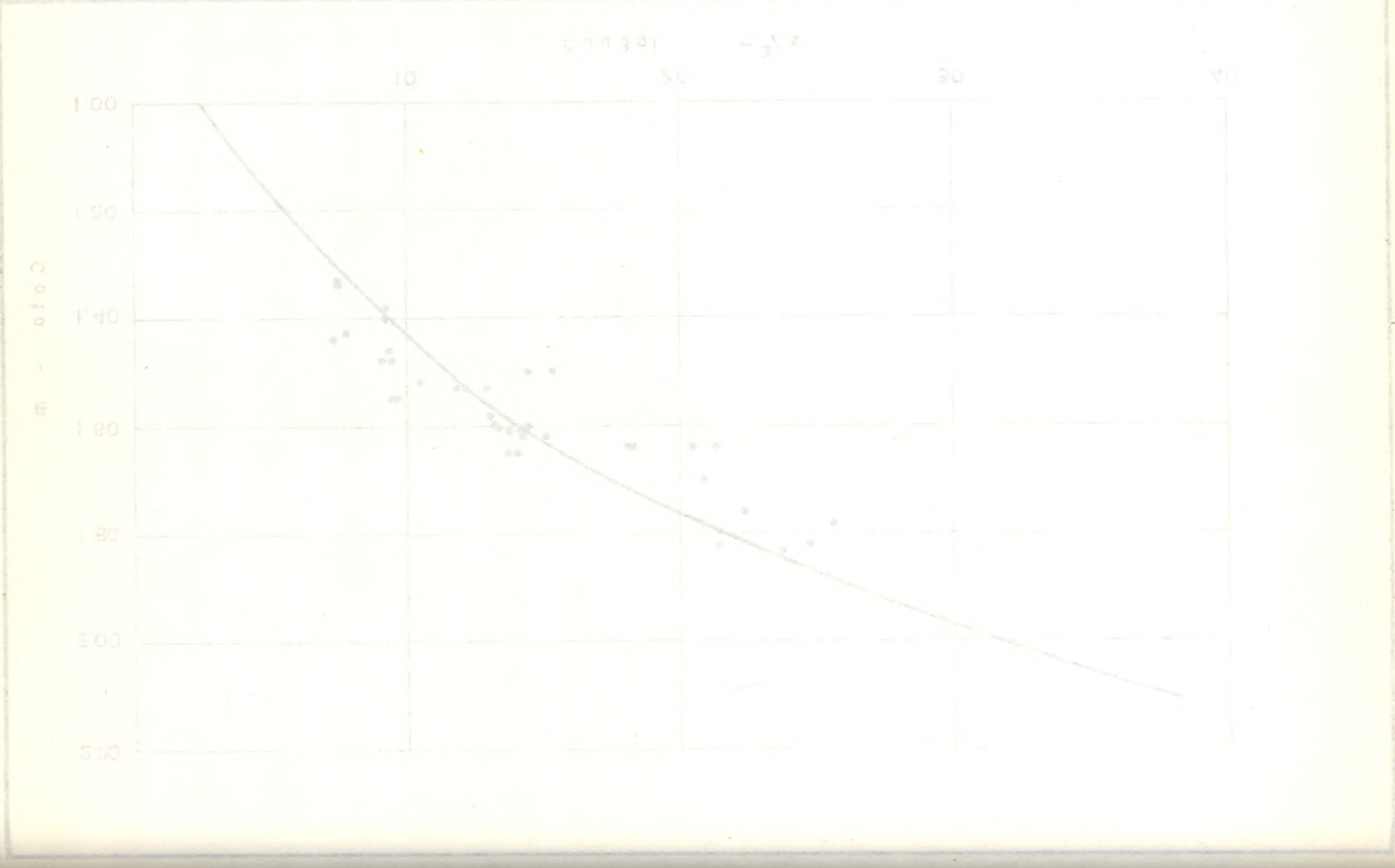
01 - A ARUCIA

PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL

DE CALDAS
CENTRAL HIDROELECTRICA
DE ENERGIA ELECTRICA
INSTITUTO COLOMBIANO

ESTACION 4 - RIO DEL CRUCEO
RIO GUARINO
CURVA DE CALIBRACION



INTERDISEÑOS - SUELOS Y FUNDACIONES - GEOCOLOMBIA

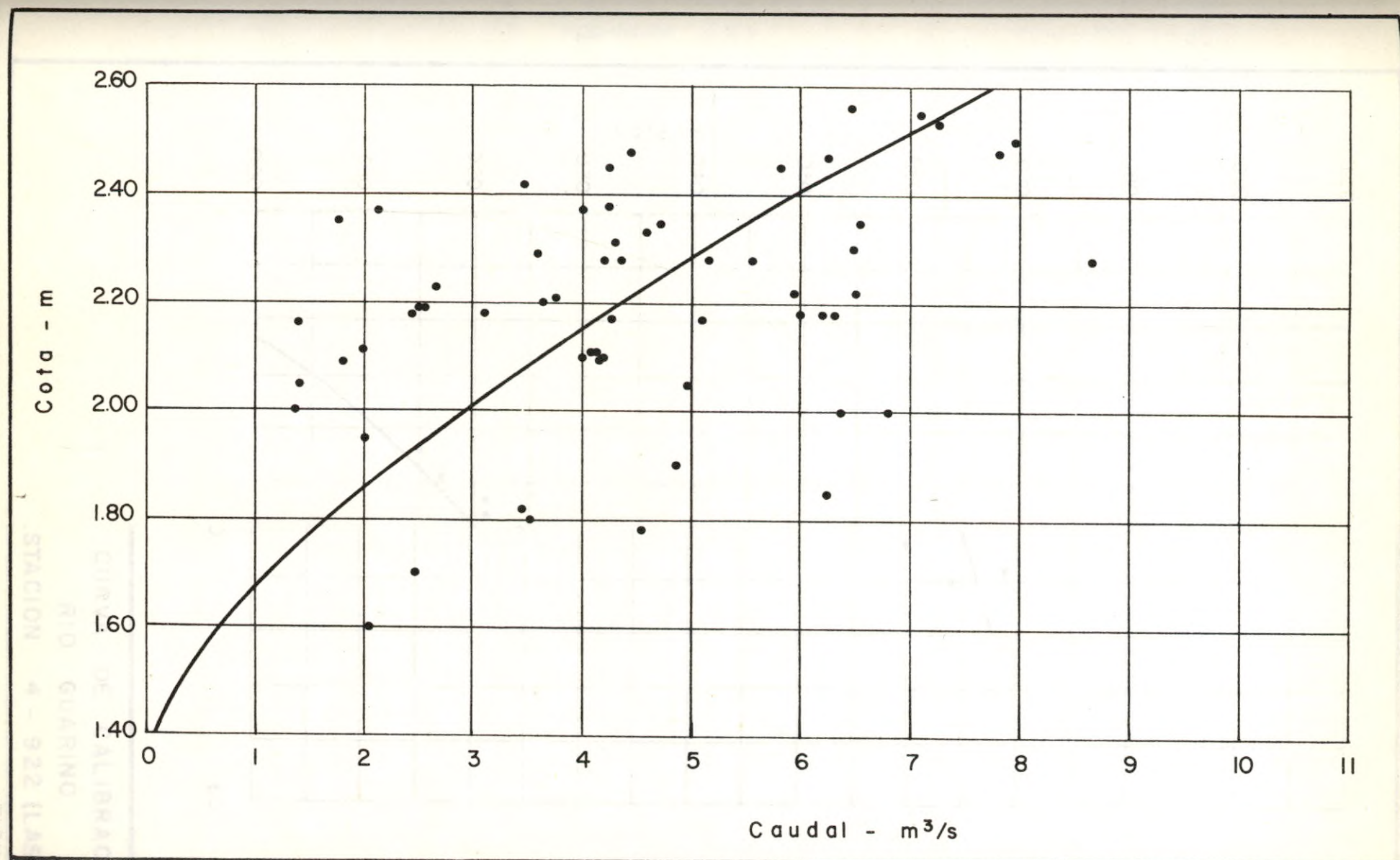




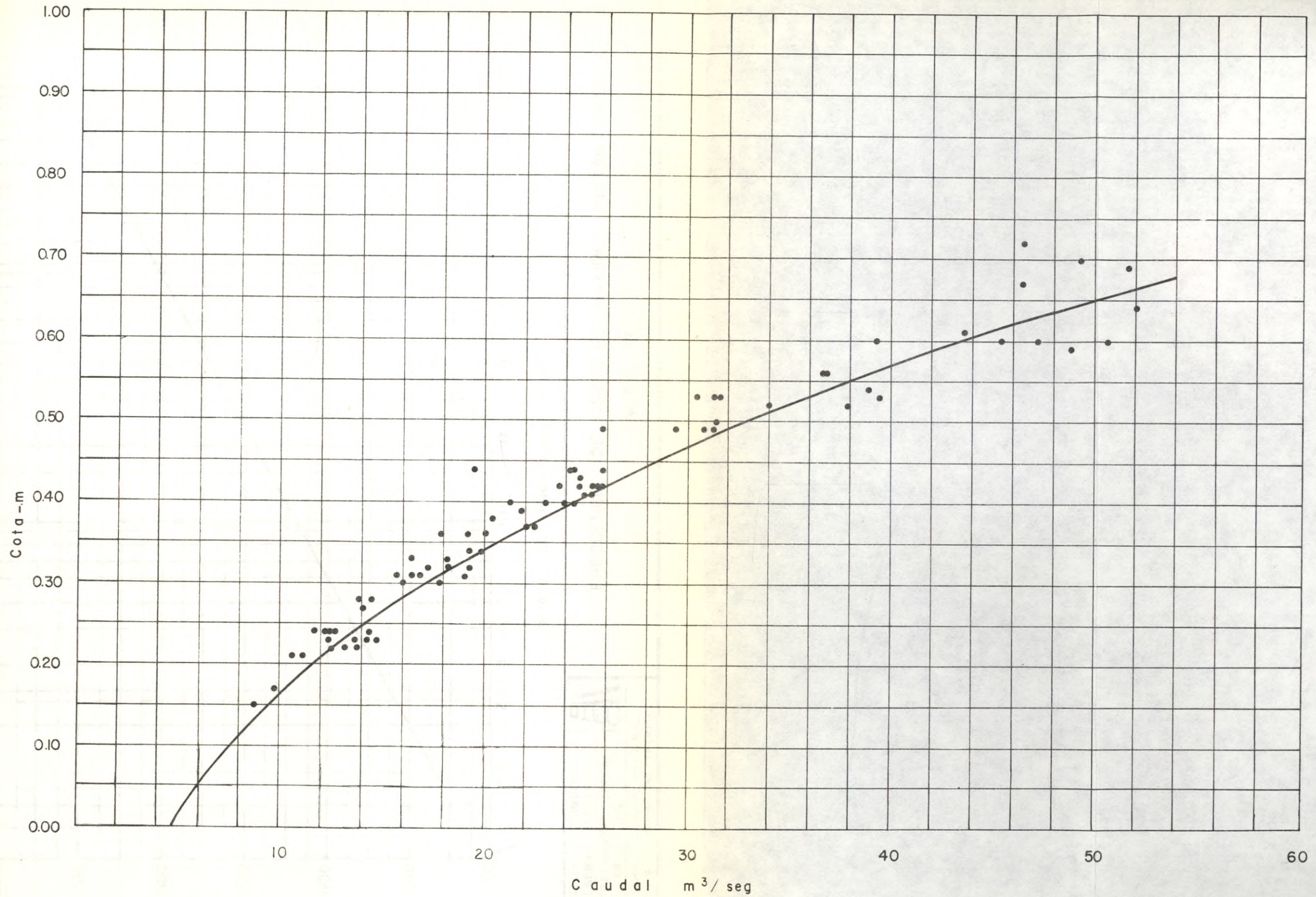
FIGURA A - II


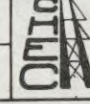
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS

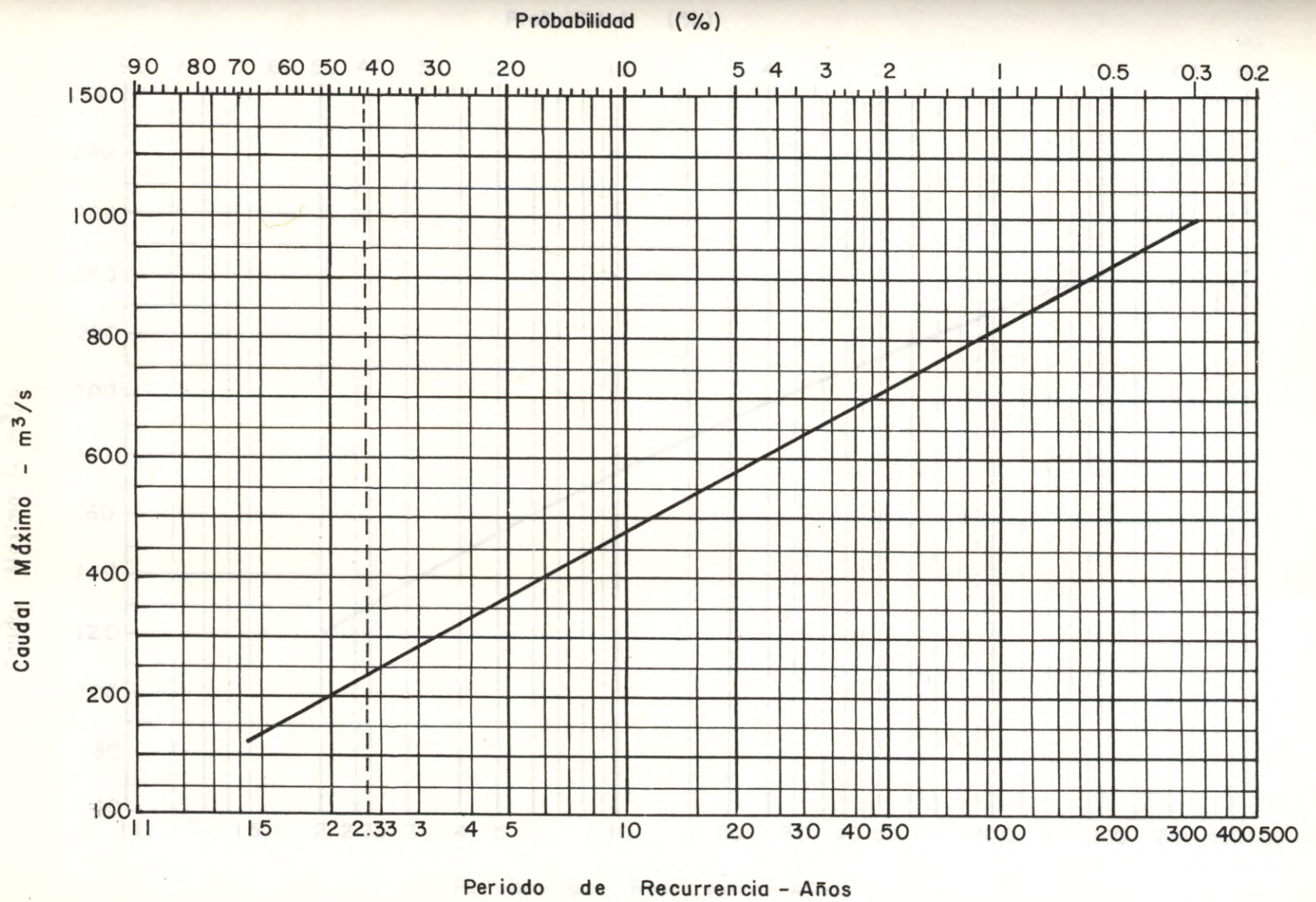
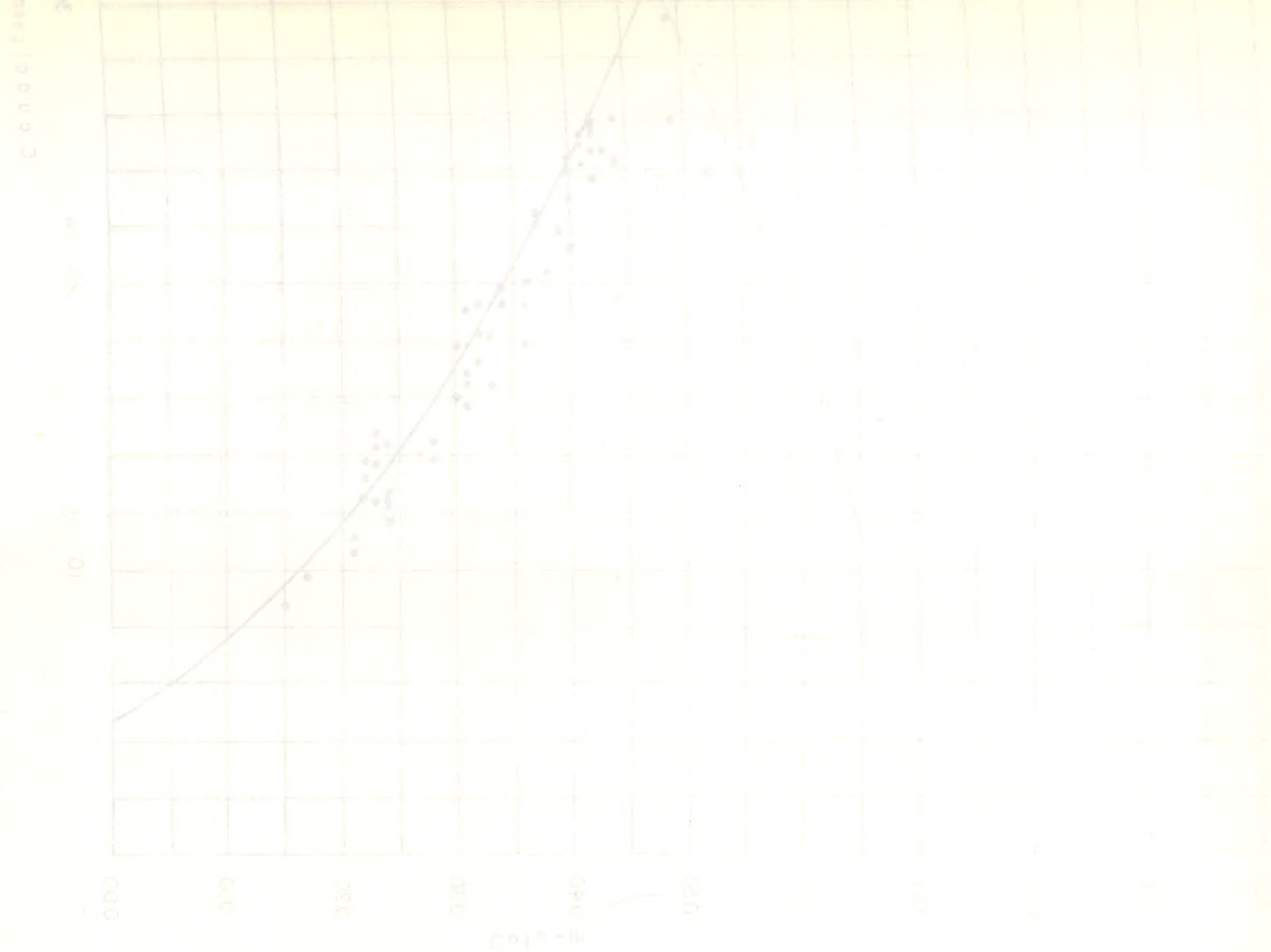



DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA



CURVA DE CALIBRACION
RIO SANTO DOMINGO
ESTACION 4 - 919



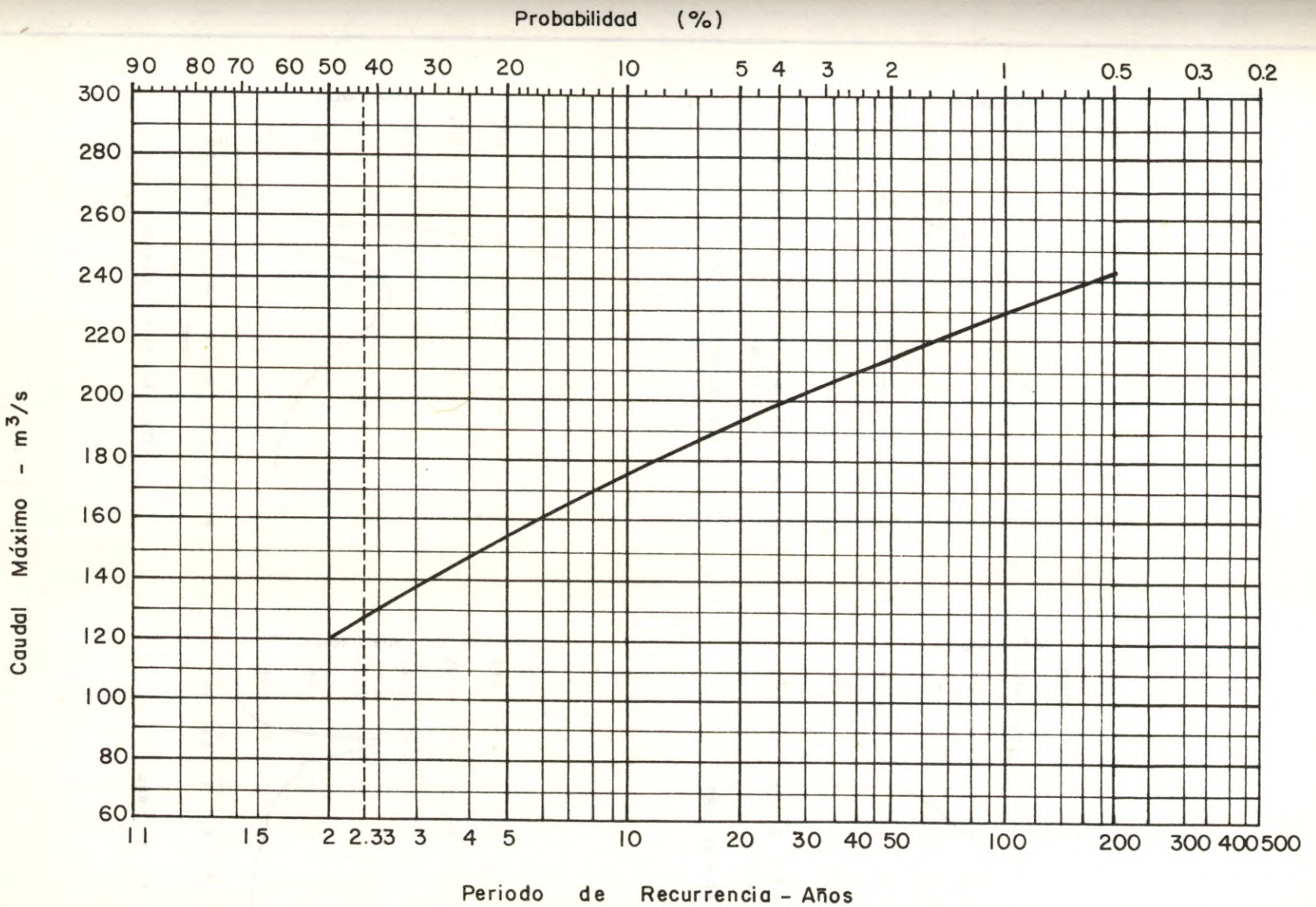
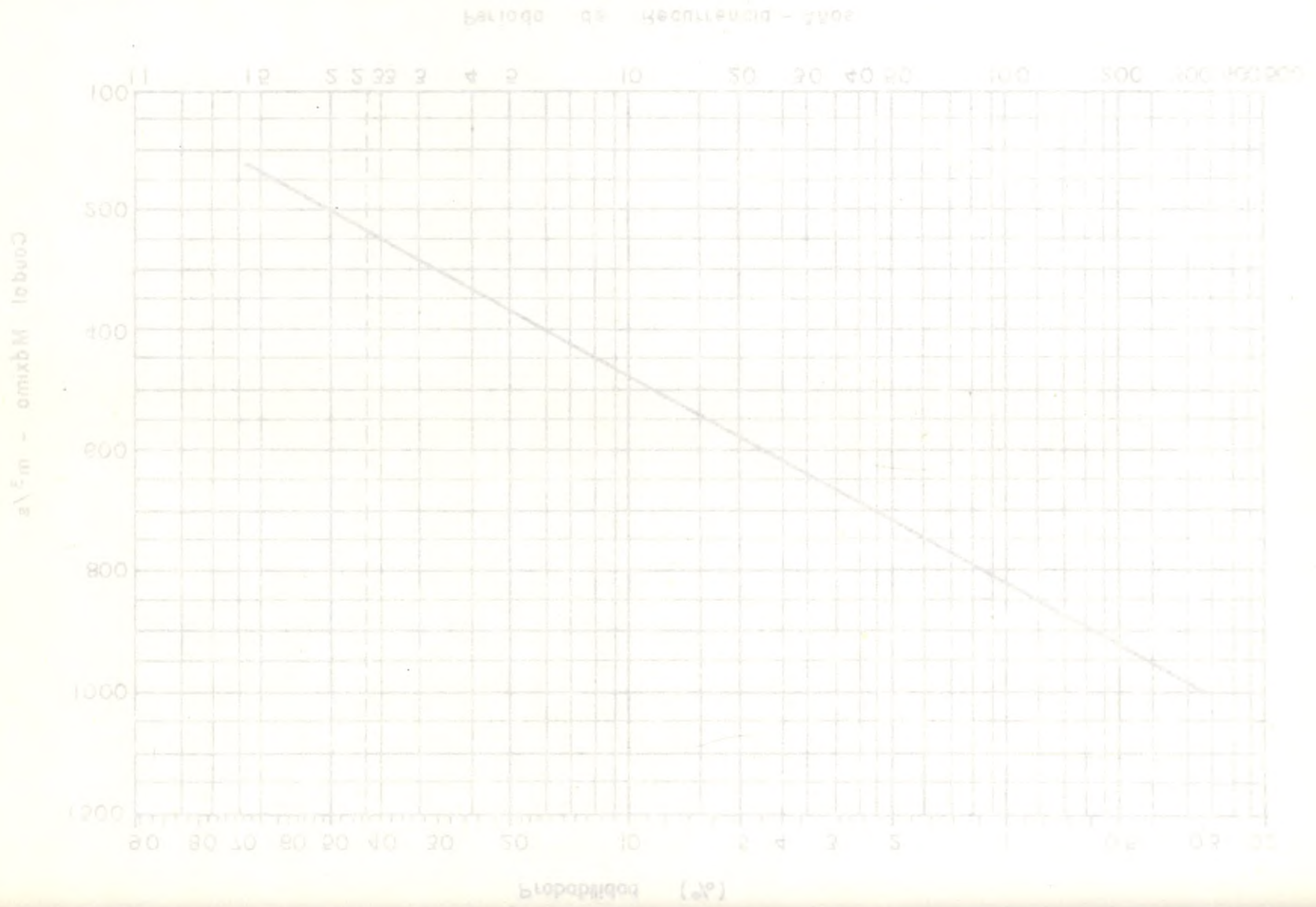
	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA		CURVA DE CALIBRACION RIO GUARINO ESTACION 4 - 922 (LAS PLAYAS)
	CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS		
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA			



INTERDISEÑOS - SUELOS Y FUNDACIONES - GEOCOLOMBIA
 FIGURA A - 13

	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
	CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA		

FRECUENCIA DE CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS
 MIEL II

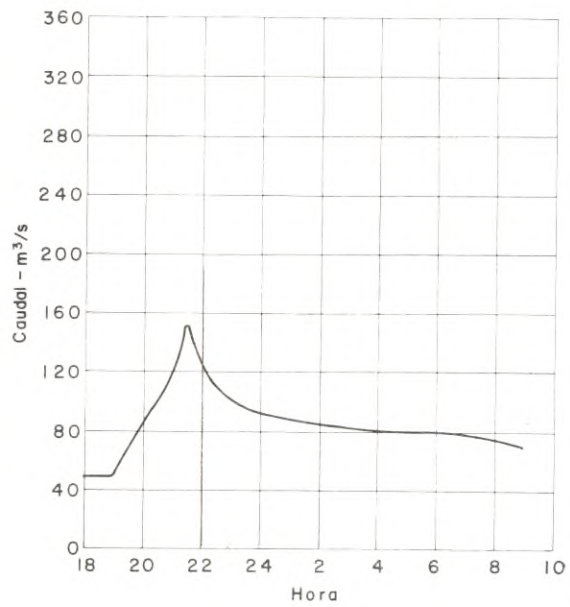


INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS

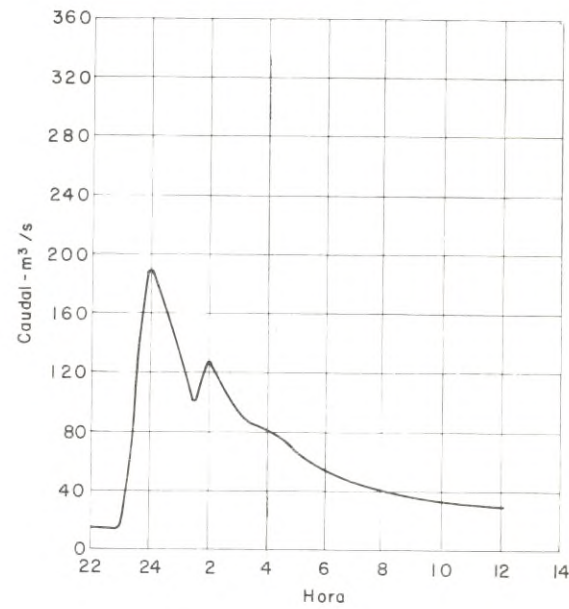


FRECUENCIA DE CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS
GUARINO

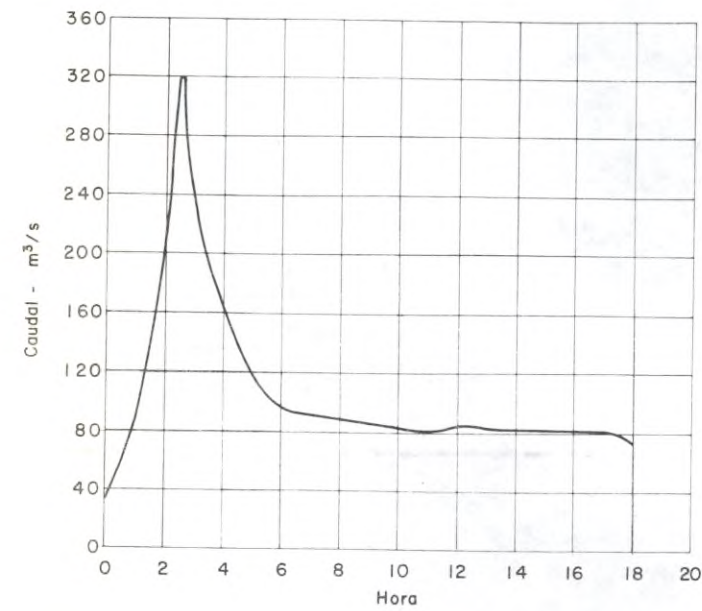
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA



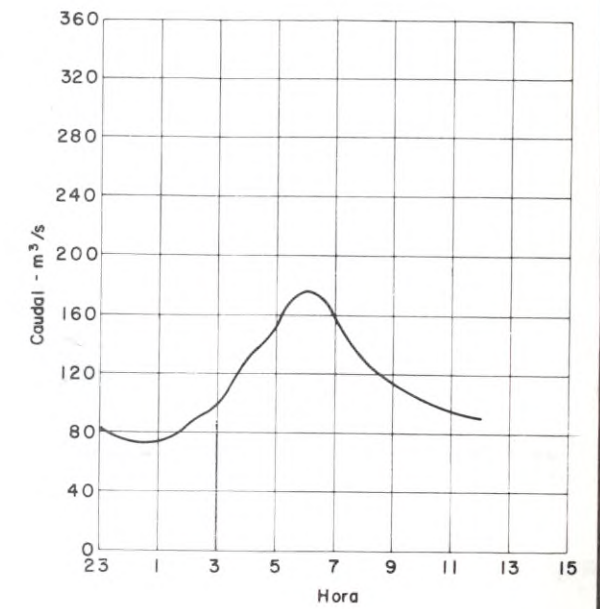
ABRIL 15 Y 16 DE 1978



SEPTIEMBRE 9 10 Y 11 DE 1978

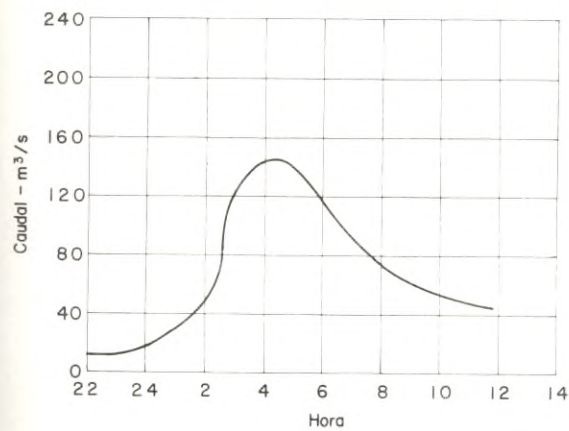


ABRIL 4 Y 5 DE 1979

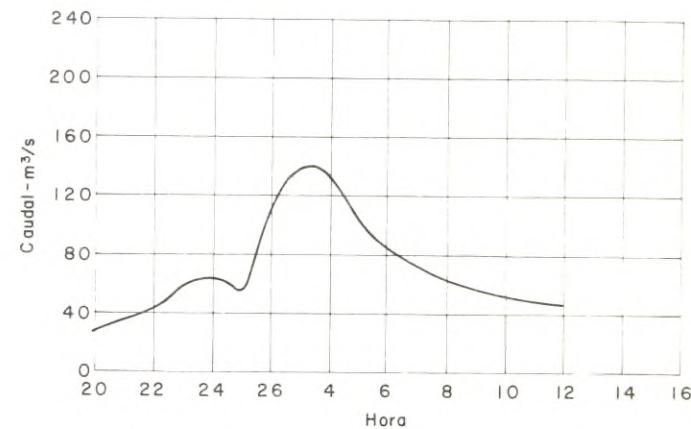


ABRIL 22 Y 23 DE 1979

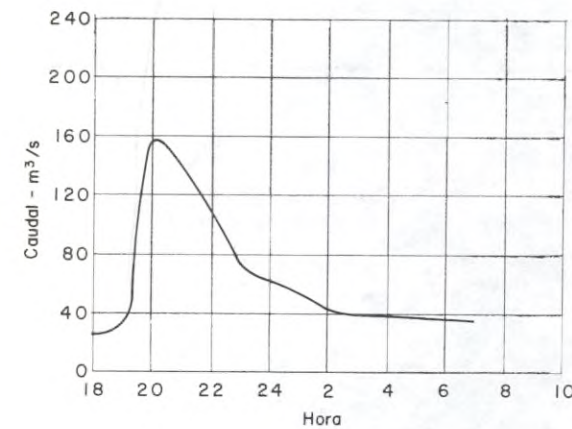
ESTACION 4-156



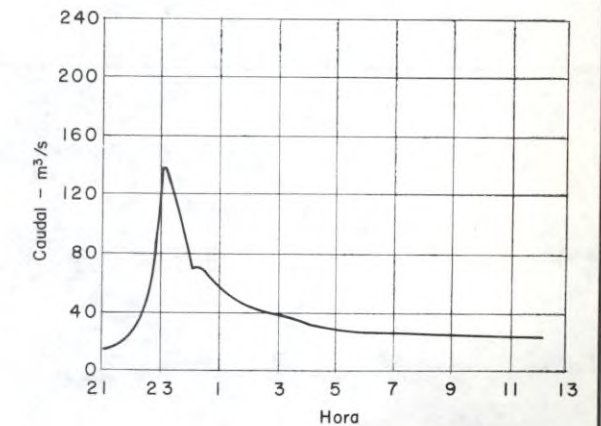
MARZO 18 Y 19 DE 1978



ABRIL 5 Y 6 DE 1978



ABRIL 15 Y 16 DE 1978

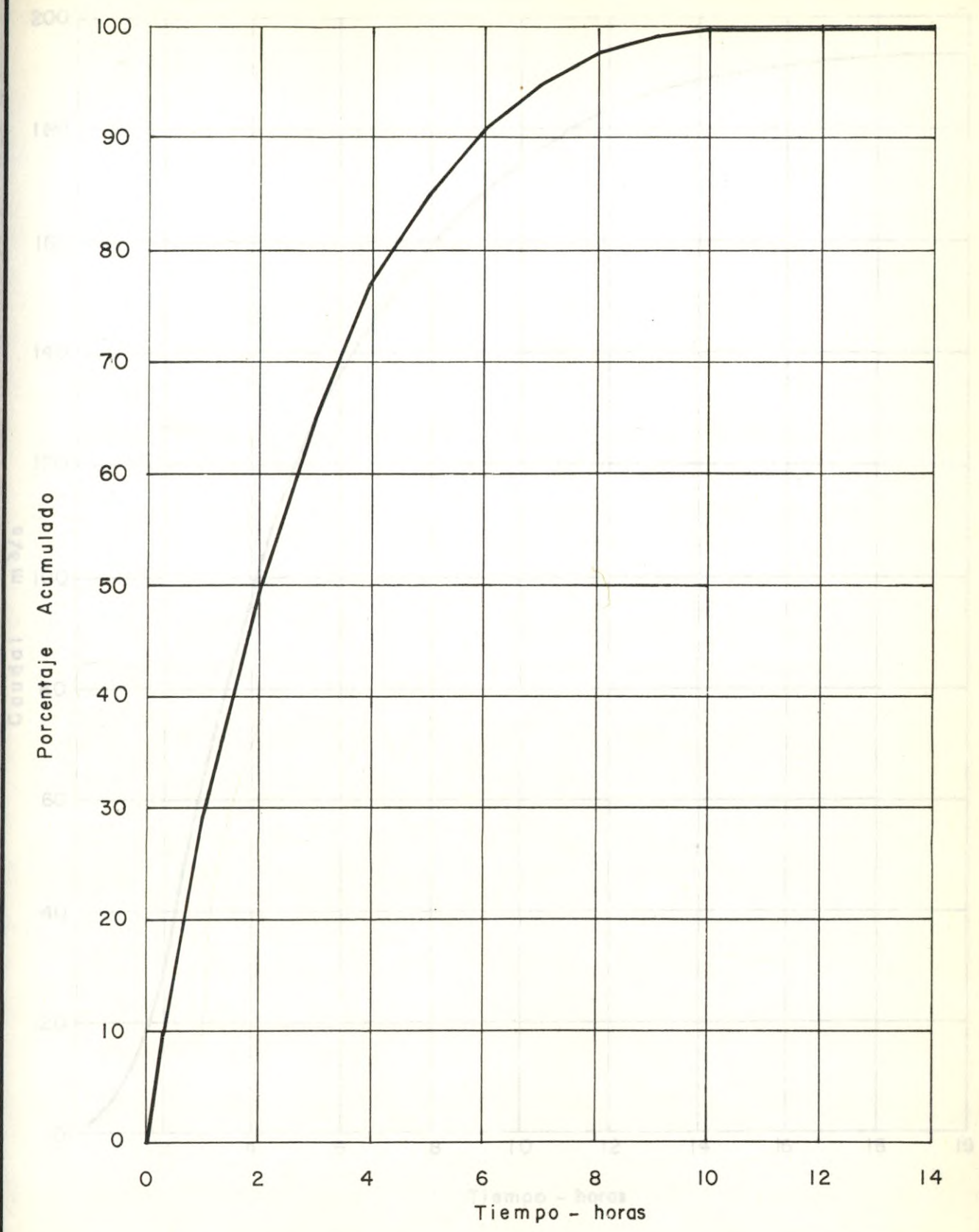



ABRIL 2 Y 3 DE 1979


ESTACION 4-922

	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
	CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA		

CRECIENTES MAXIMAS OBSERVADAS
 EN LAS ESTACIONES 4-156 Y 4-922

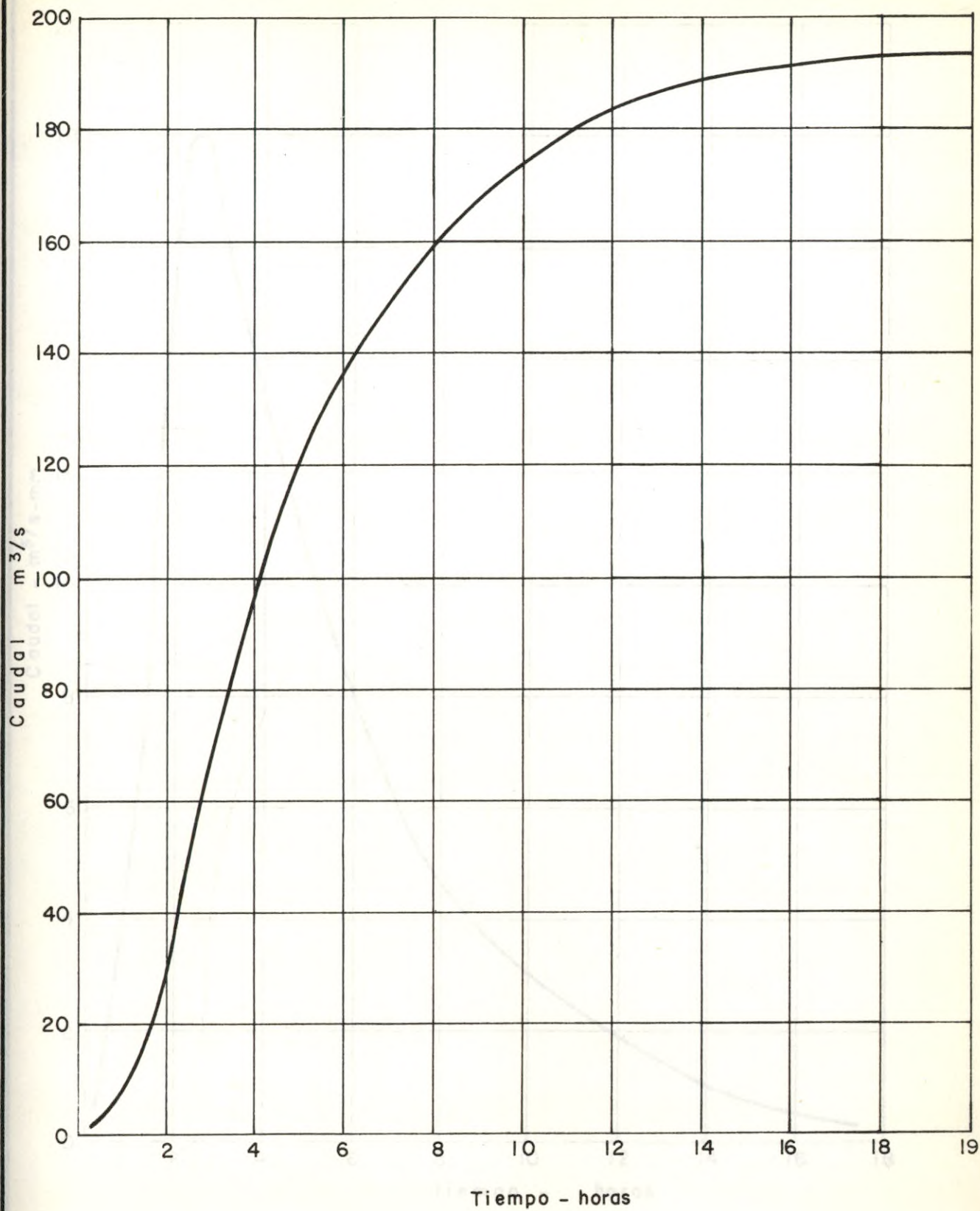
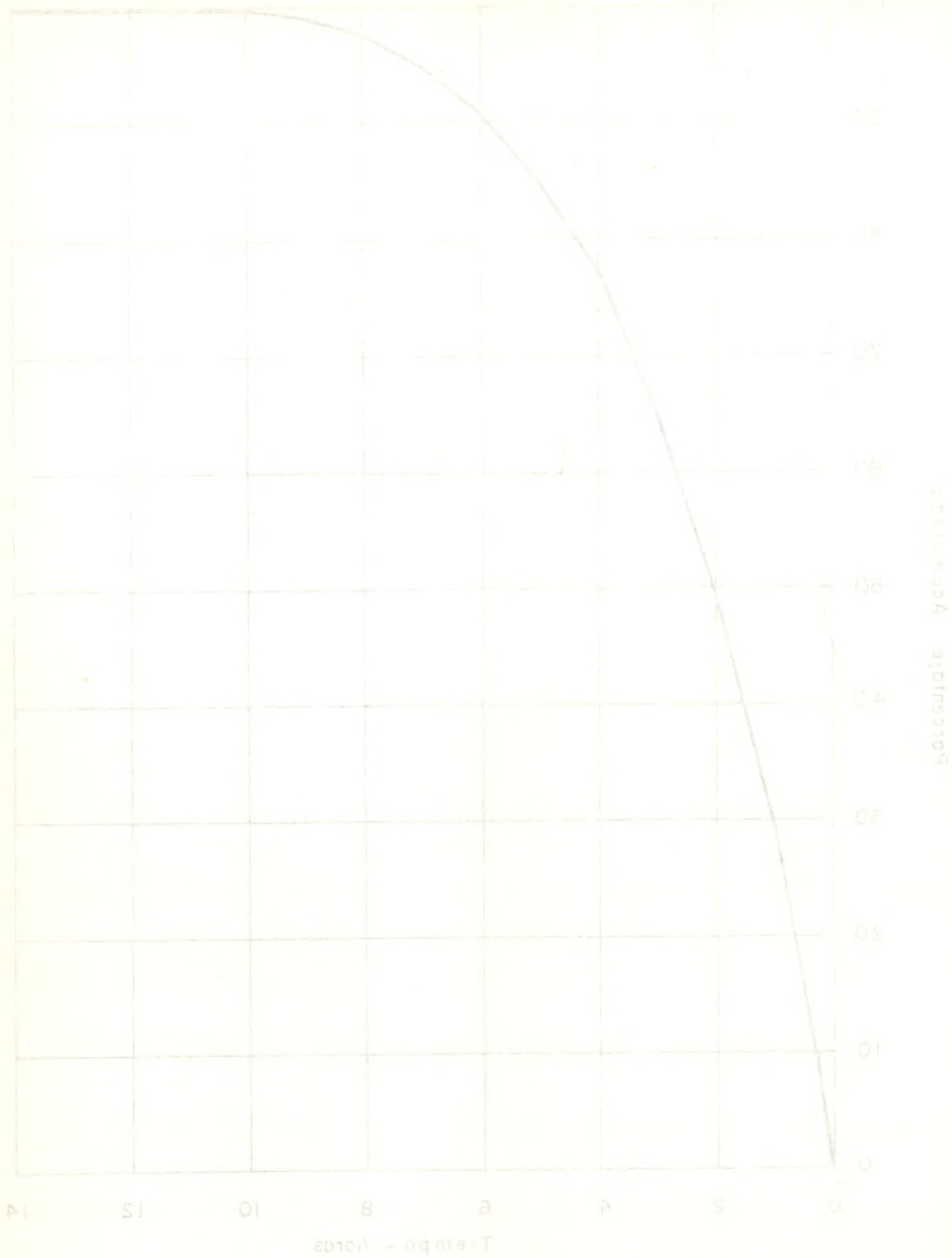



 INSTITUTO COLOMBIANO
 DE ENERGIA ELECTRICA
 CENTRAL HIDROELECTRICA
 DE CALDAS



DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
 PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

CURVA DE DURACION DE LAS TORMENTAS MIEL II



CURVA DE DURACION DE LAS TORMENTAS MIEL II

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

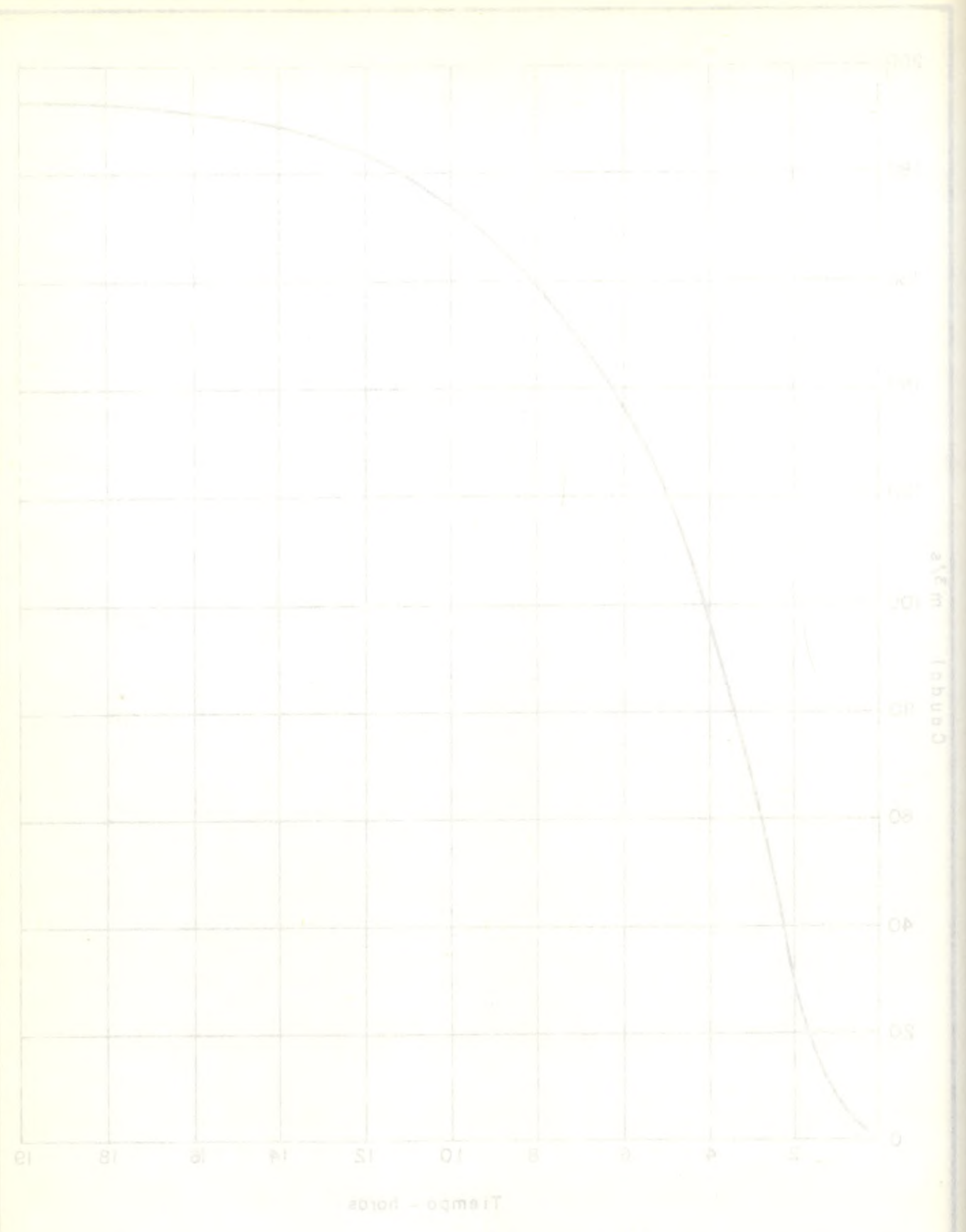


INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS



CURVA S
MIEL II

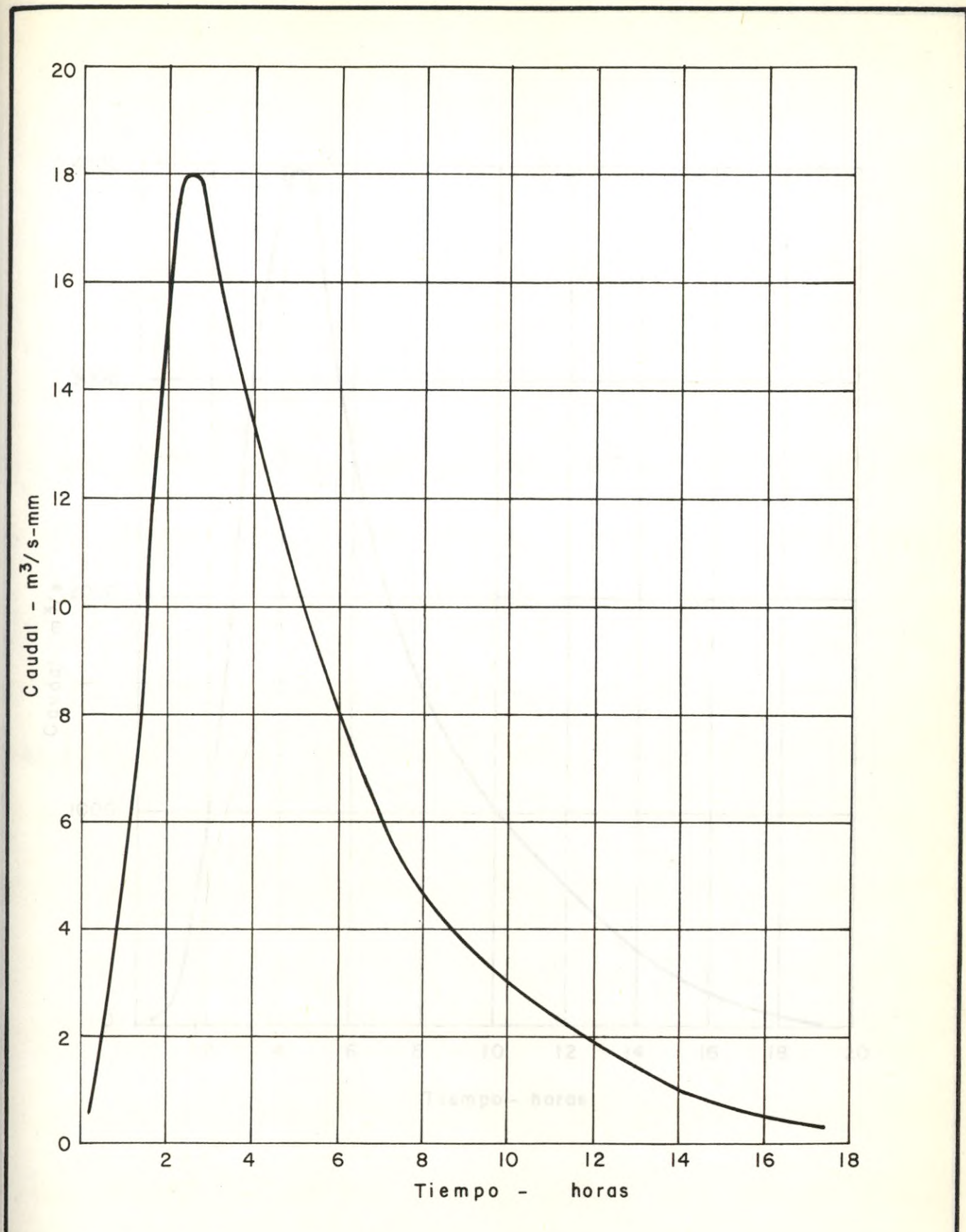
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA



CURVA
MIEL II

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS

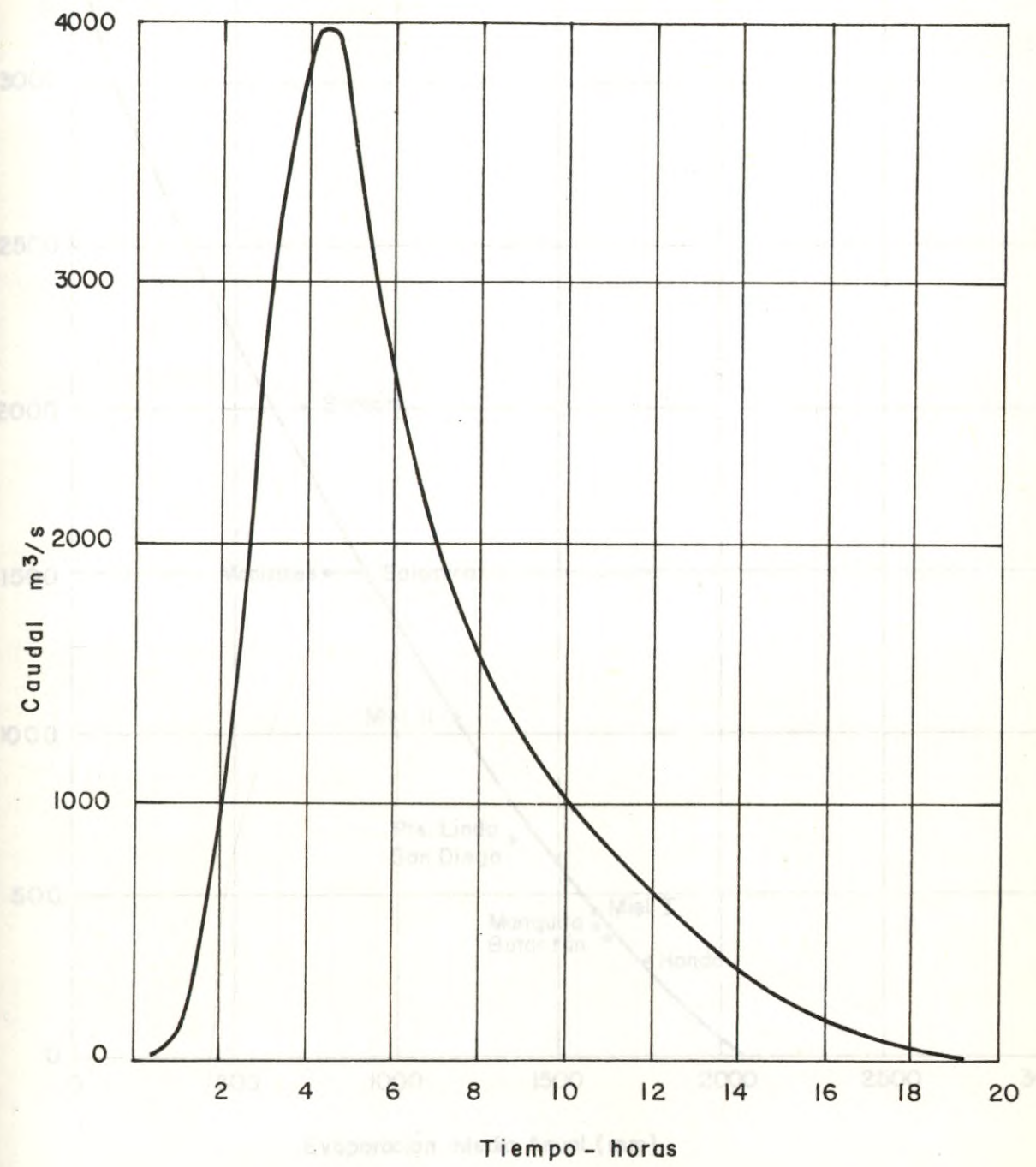
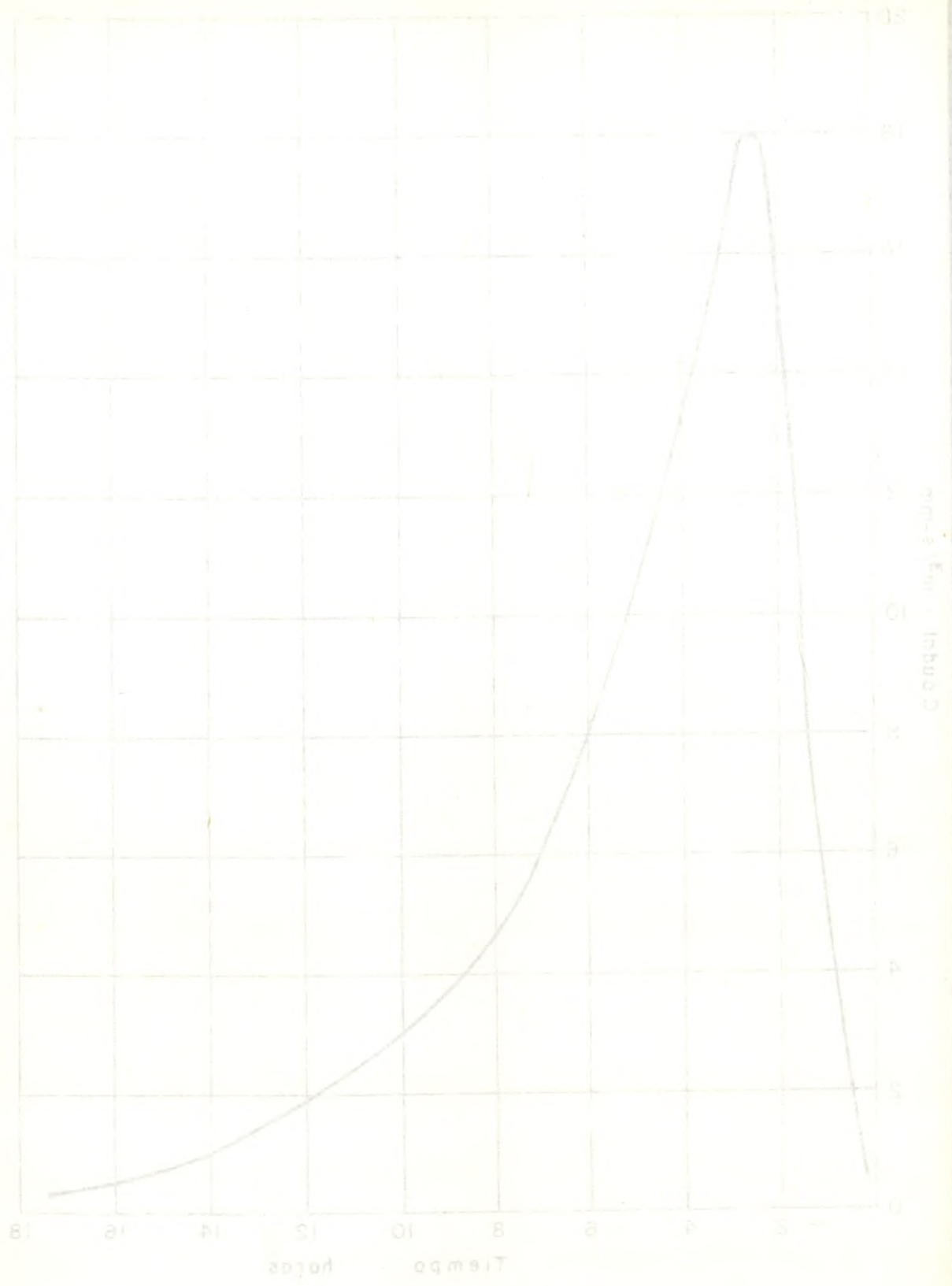
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA



HIDROGRAMA UNITARIO
PROB MIEL II

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA



HIDROGRAMA UNITARIO
MIEL II

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

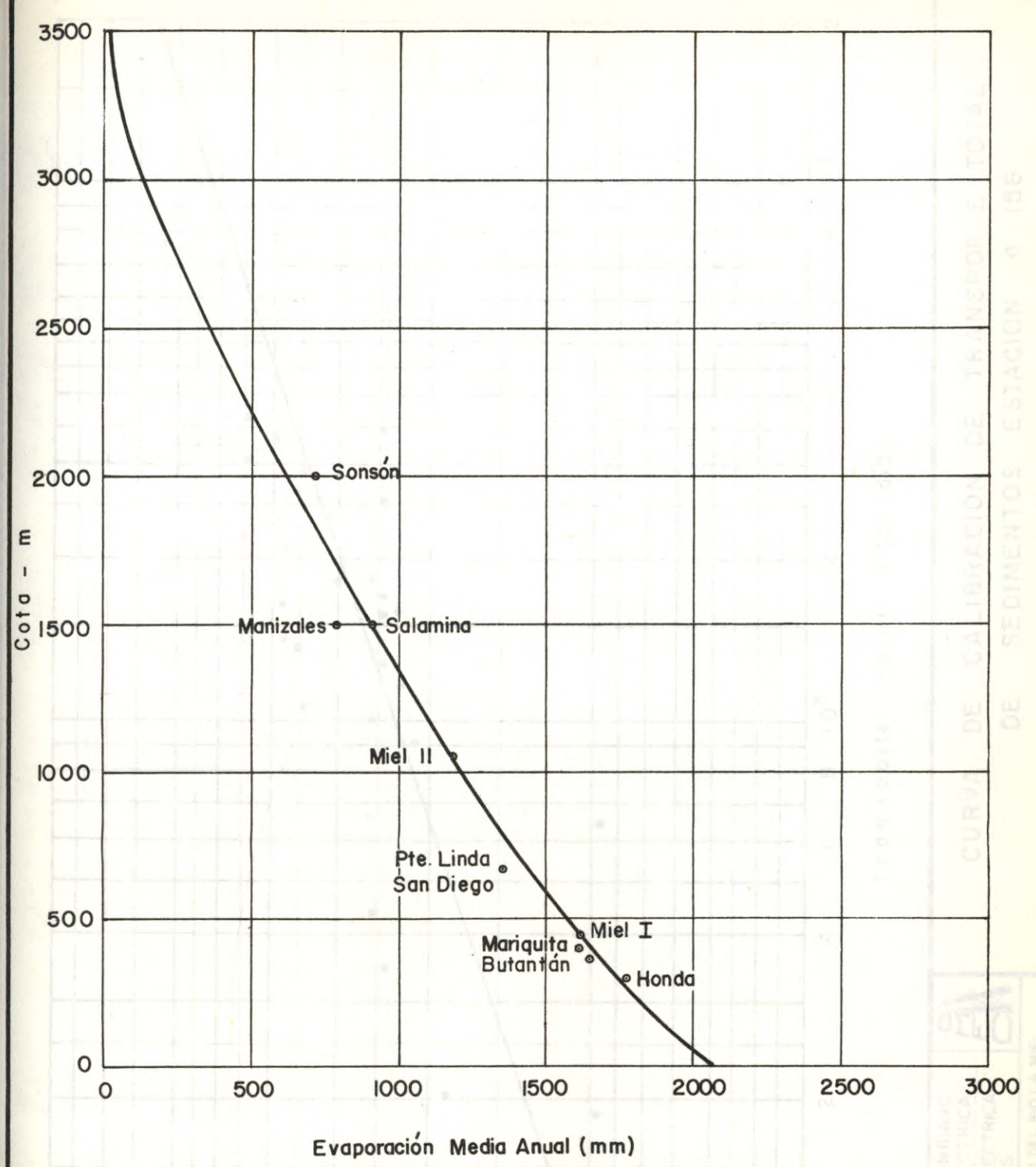
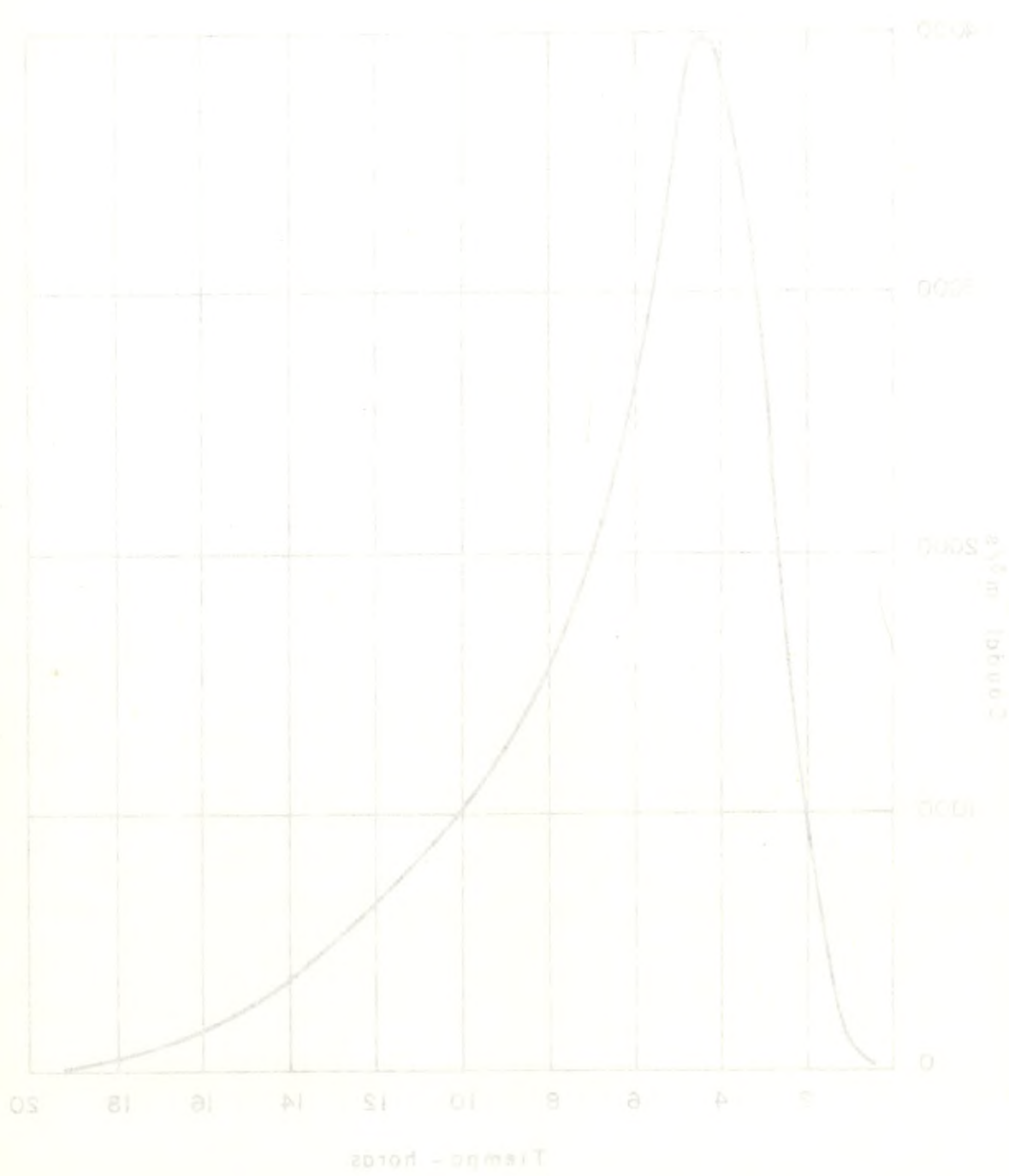


INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS



CRECIMIENTO DE EVAPORACION
PROBABLE MAXIMA
MIEL II

DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA



CRECIENTE
PROBABLE
MAXIMA
MIEL II

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS
DESAARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS
DESAARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

CURVA DE EVAPORACION
Vs
ELEVACION

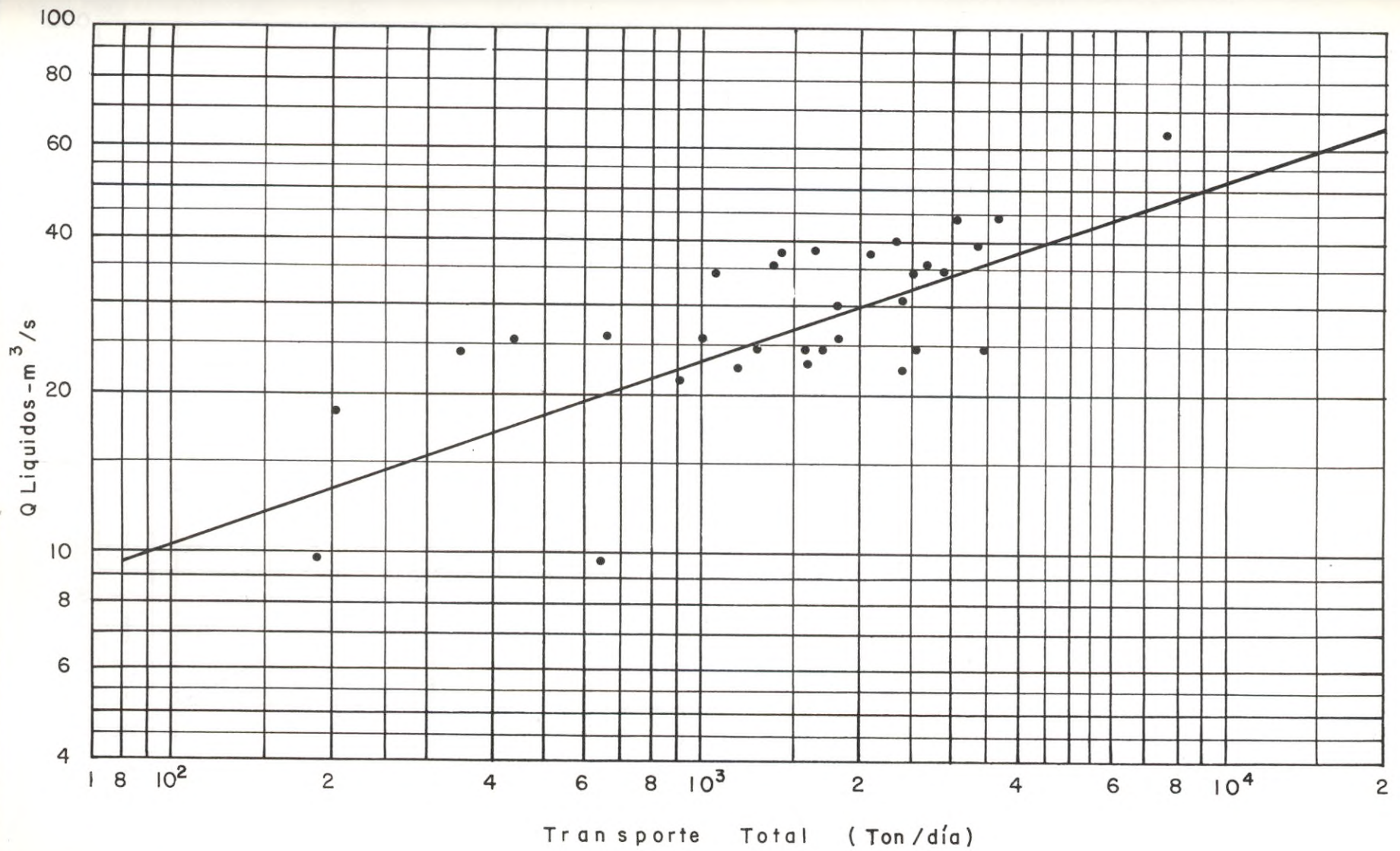
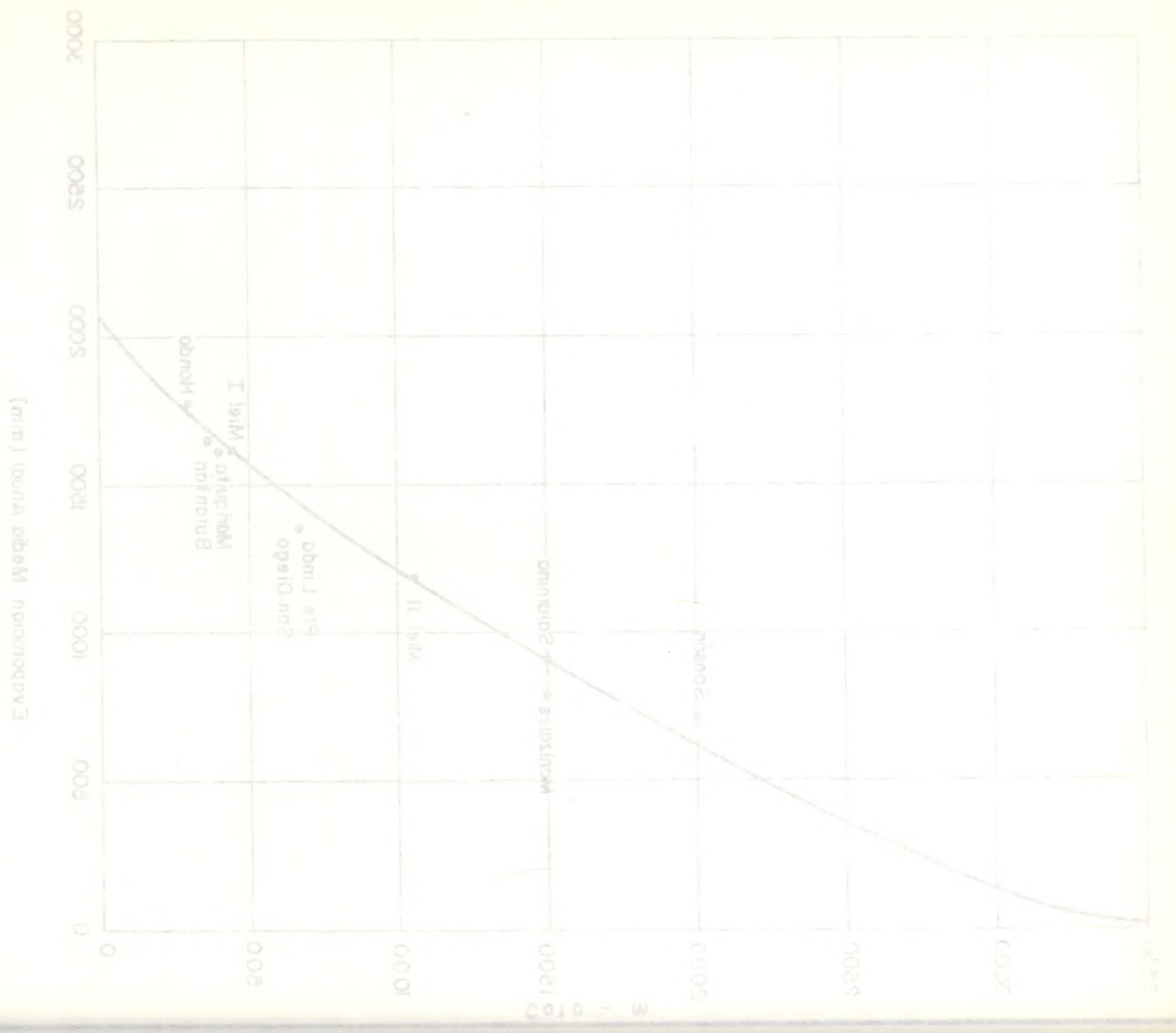
EFECTIVACION DE CURVA DE CALIBRACION DE AVARUC

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA

CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS

PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA



icei INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA

CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS

DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL

PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

CURVA DE CALIBRACION DE TRANSPORTE TOTAL DE SEDIMENTOS ESTACION 4-156 MIEL II

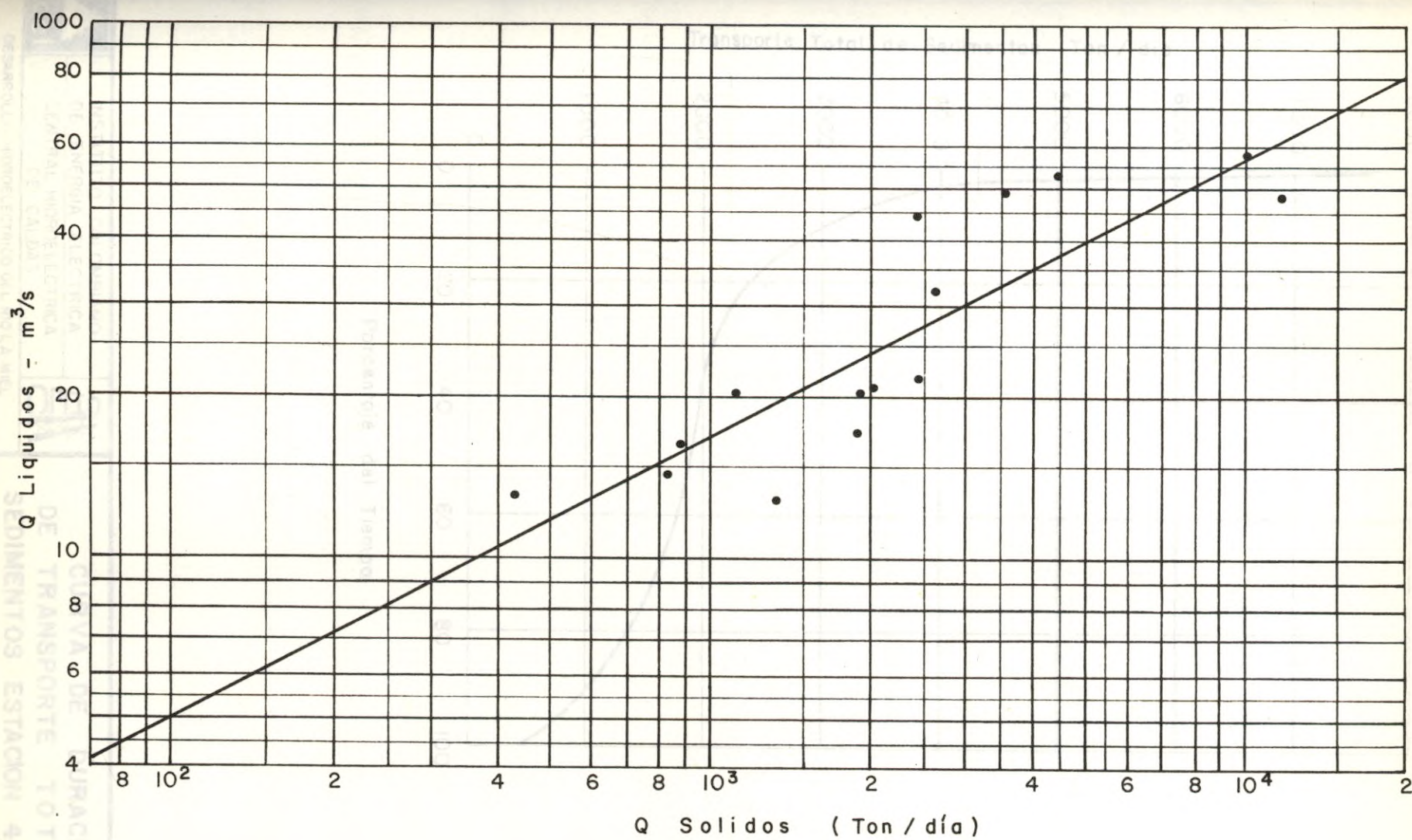




FIGURA A - 22

	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
	CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA		

**CURVA DE CALIBRACION DE TRANSPORTE TOTAL
 DE SEDIMENTOS ESTACION 4-922 (LAS PLAYAS)
 GUARINO**

DE SEDIMENTOS ESTACION DE CALDAS DE CALIBRACION DE AVANZADO
 (SAYALG SAL) SSE - P MOIGATSA 20TMEIMES DE
 OMIRAUO

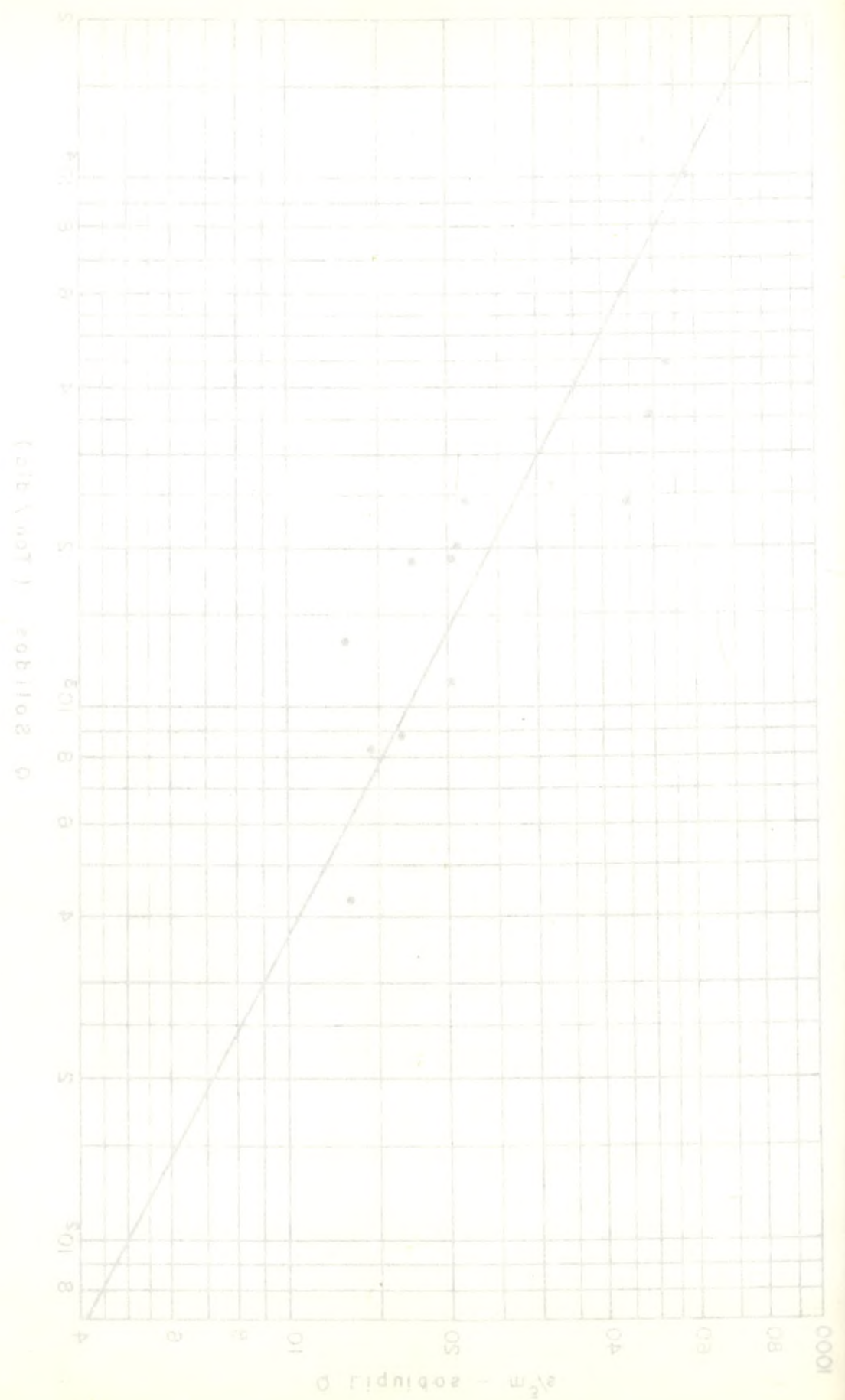
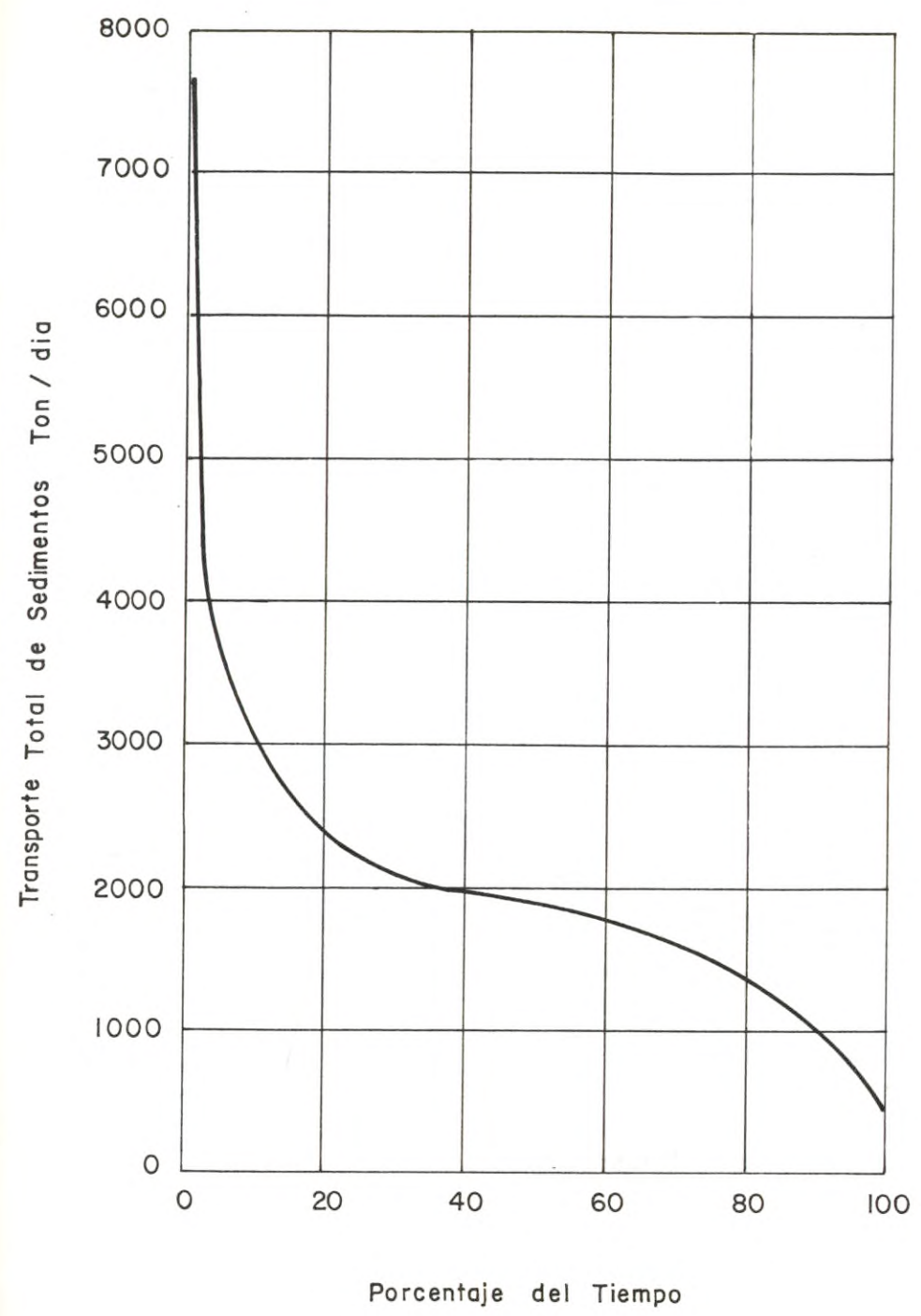


FIGURA A-23

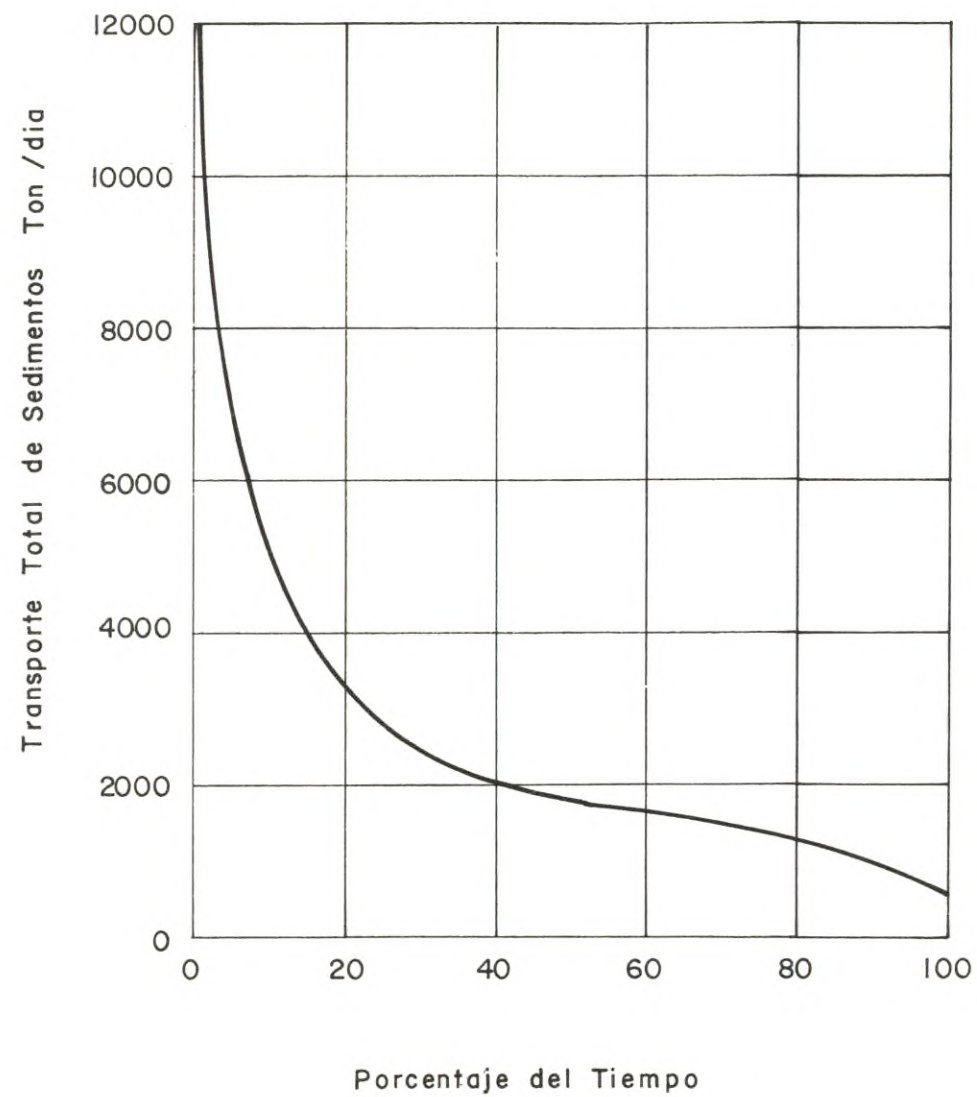


INSTITUTO COLOMBIANO
 DE ENERGIA ELECTRICA
 CENTRAL HIDROELECTRICA
 DE CALDAS



**CURVA DE DURACION
 DE TRANSPORTE TOTAL DE
 SEDIMENTOS ESTACION 4-156 MIEL II**

DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
 PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA



INSTITUTO COLOMBIANO
DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA
DE CALDAS



DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

CURVA DE DURACION DE TRANSPORTE
TOTAL DE SEDIMENTOS
ESTACION 4-922 GUARINO

A N E X O 1

MODELO DE GENERACION DE CAUDALES

1. ECUACIONES Y PRUEBAS ESTADISTICAS

Se presentan en este anexo un resumen de las principales ecuaciones empleadas para el cálculo de los parámetros estadísticos de una serie de caudales así como de las funciones de distribución y de los test o pruebas de CHI cuadrado y Kolmogorof.

1.1. Parámetros Estadísticos

Los parámetros estadísticos comunmente empleados son la media, la desviación estandar, el coeficiente de asimetría y los coeficientes de correlación serial con diferentes desfasajes(Lag).

Las ecuaciones utilizadas para su cálculo son:

- Media
$$QM(I) = \frac{1}{N} \sum_{J=1}^N Q(J,I)$$

- Desviación estandar

$$SM = \left[\frac{\sum_{J=1}^N Q^2(J,I) - \left(\sum_{J=1}^N Q(J,I) \right)^2 / N}{N - 1} \right]^{1/2}$$

- Coeficiente de Asimetría

$$G(I) = \frac{\sum_{J=1}^N Q^3(J,I) - 3QM(I) \sum_{J=1}^N Q^2(J,I) + 2N \bar{Q}M^3(I)}{N \left(\frac{\sum_{J=1}^N Q^2(J,I)}{N} - \bar{Q}M^2(I) \right)^{1.5}}$$

- Coeficiente de correlación serial con desfasaje(Lag) K

$$R(I, K) = \frac{\left[\sum_{J=1}^N Q(J, I) \cdot Q(J, I-K) - \frac{1}{N} \sum_{J=1}^N Q(J, I) \sum_{J=1}^N Q(J, I-K) \right]}{(N-1) \quad SM(I) \cdot SM(I - K)}$$

Q (J, I) = Caudal del mes I y año J

I = Indicativo del mes; varía de 1 a 12

J = Indicativo del año; varía de 1 a N

N = Número total de años de la muestra.

1.2. Funciones de Distribución

Se indican en esta parte las ecuaciones empleadas en este estudio para determinar la función de distribución de una serie de caudales a partir de los datos de la misma, sin detallar las bases matemáticas de la función en sí. Se explicarán las funciones Normal y Gamma ya que las log-normal y log-gamma se trabajan en forma idéntica pero utilizando los logaritmos de los caudales en vez de usar los caudales naturales.

1.2.1 Función Normal

Para calcular el valor teórico de la función de distribución correspondiente a un caudal dado, se empleó la siguiente expresión que corresponde a una aproximación de la función pero cuyo error es inferior 7.5×10^{-8} . Esta expresión es

$$F(X) = f(X) \left[b_1 t^1 + b_2 t^2 + b_3 t^3 + b_4 t^4 + b_5 t^5 \right]$$

$$t = \frac{1}{1 + r x}$$

$$X = \frac{Q - QM}{SM}$$

$$r = 0.2316419$$

$$b_1 = 0.31938153$$

$$b_2 = -0.356563782$$

$$b_3 = 1.781477937$$

$$b_4 = 1.821255978$$

$$b_5 = 1.330274429$$

- Q Caudal de la Serie
- QM Media de los caudales
- SM Desviación estandar de los caudales

Esta expresión es válida para X mayor o igual a cero; para valores negativos de X, el valor de la función está dado por

$$F(-X) = 1 - F(X)$$

1.2.2. Función Gamma

Dada la complejidad de las fórmulas para ajustar y determinar el valor para una función Gamma, en el presente estudio se utilizó una transformación polinómica sugerida por Wilson y Hilferty, mediante la cual se transforma una función Gamma en Normal haciendo más fácil los estudios posteriores.

Dicha expresión es la siguiente:

$$X = \frac{6}{G} \left\{ \left[\frac{G(Q-QM)}{2SM} + 1 \right]^{1/3} - 1 \right\} + \frac{G}{6}$$

- X Variable transformada normal
- G Coeficiente de asimetría de la serie
- Q Caudal de la serie
- QM Media de la serie
- SM Desviación estandar de la serie

Conocido X es posible mediante la aplicación de las ecuaciones enunciadas en el aparte anterior determinar la función de distribución de dicha variable transformada.

1.3. Pruebas de Chi Cuadrado y Kolmogorof

Se describen a continuación los métodos utilizados para la aplicación de las pruebas citadas, las que son de gran utilidad para contrastar la bondad del ajuste entre la distribución teórica y la observada.

1.3.1 Prueba de Chi Cuadrado

Se basa en la expresión:

$$X^2 = \sum_{K=1}^{NC} \frac{(OK - EK)^2}{EK}$$

X^2 CHI cuadrado del ajuste
NC Número de clases en las que se divide la muestra
OK Frecuencia observada en la clase K
EK Frecuencia esperada en la clase K

La frecuencia esperada en una clase determinada se calcula como la diferencia de las funciones de distribución de los límites de clase multiplicada por el número total de valores de la serie.

El valor de CHI cuadrado del ajuste se compara con el valor correspondiente de la función tabulada al grado ó nivel de confianza deseado, generalmente el 95%

1.3.2 Prueba de Kolmogorof

Esta prueba consiste en determinar la máxima diferencia en valor absoluto, D_n , dato a dato, entre el valor de la función de distribución teórica $F_t(X)$ y la función de distribución observada $F_i(X)$.

$$D_n = \text{Max} \left| F_t(X) - F_i(X) \right|$$

$$F_i(X) = \frac{i}{1 + N}$$

Con este valor de la diferencia máxima se calcula la relación $Z = D_n / \sqrt{N}$, la cual se compara con el valor tabulado de la función de Kolmogorof al nivel de confianza deseado.

2. MODELO MATEMATICO PARA SINTESIS DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES

2.1. Introducción

Con el objeto de obtener una serie sintética de caudales para el Río La Miel en el sitio de desarrollo de Miel II, que a la vez fuera consecuente con la estudiada en Miel I fué necesario suponer un modelo matemático basado en las ecuaciones de regresión simple de caudales entre Miel I y Miel II, tal como se mencionó en el numeral 4.4.3 de este informe.

El modelo considera que el caudal sintetizado se obtiene de su mar una parte determinística y una aleatoria.

La parte determinística está dada por la ecuación de regresión. La aleatoria como función de la variación inexplicada por la correlación, será una variable normalmente distribuida con media cero y desviación típica inferior a la unidad, con el fin de que la mayoría de los números generados para esta componente se mantengan dentro del rango - 0.5, + 0.5 y de esta forma no contribuyan a que se obtengan caudales negativos o caudales que no preserven la estructura estadística de la distribución que siguen los generados para Miel I.

Analíticamente la expresión sería:

$$Q = Q_d + Q_a$$

- Q Caudal en el río La Miel (Sitio Miel II)
Q_d Caudal deducido a partir de las ecuaciones de regresión (Función lineal con Miel I).
Q_a Caudal correspondiente a la parte aleatoria

$$Q_a = S \sqrt{1 - R^2} Z$$

En la que

- S Desviación estandar típica de la variable dependiente
R Coeficiente de correlación del análisis de regresión
Z Número aleatorio normalmente distribuido con media cero y varianza inferior a uno.

Fuó necesario por lo tanto encontrar una desviación estandar inferior a uno que cumpliera con la condición de que el número aleatorio generado cayera en forma muy probable en el rango - 0.5, + 0.5.

Para tal efecto se analizaron series de cien números generados provenientes de una distribución normal con media cero y desviación típica inferior a la unidad. Se obtuvo a partir de este análisis que la desviación que se debería escoger era $1/4\sqrt{2}$ equivalente a 0,177.

2.2. Parte determinística

$$Q \text{ Miel II} = a + b Q \text{ Miel I}$$

$$a = 7.24$$

$$R^2 = 0.82$$

$$b = 0.25$$

$$S = 10.39$$

$$Q \text{ Guarinó} = a + b Q \text{ Miel I}$$

$$a = 7.88$$

$$R^2 = 0.47$$

$$b = 0.14$$

$$S = 7.03$$

2.3. Función de Distribución

Dado que la distribución para la serie generada en Miel I era Gamma, es muy fácil suponer de la ecuación del numeral anterior que la serie que se pueda obtener en Miel II sería también Gamma, y que la variación que se dé al adicionar la componente aleatoria tal como fué descrita en los últimos párrafos del numeral 2.1 sea mínima, con el fin de que la serie generada sea consecuente con la estudiada en Miel I.

2.4. Números Aleatorios

Para la generación de números aleatorios distribuidos normalmente se utilizó el paquete de subrutinas que con tal fin fué montada en el sistema IBM 370 modelo 145 del DANE, estas subrutinas son:

GAUSS: Genera números aleatorios de una distribución normal con media y desviación estandar dadas.

RAND: Genera números aleatorios de una distribución uniforme (0,1) que serán transformados posteriormente en Gauss.

2.5. Ecuación del Modelo

En resumen la ecuación del modelo para generar caudales en Miel II a partir de los generados en Miel I queda descrita así:

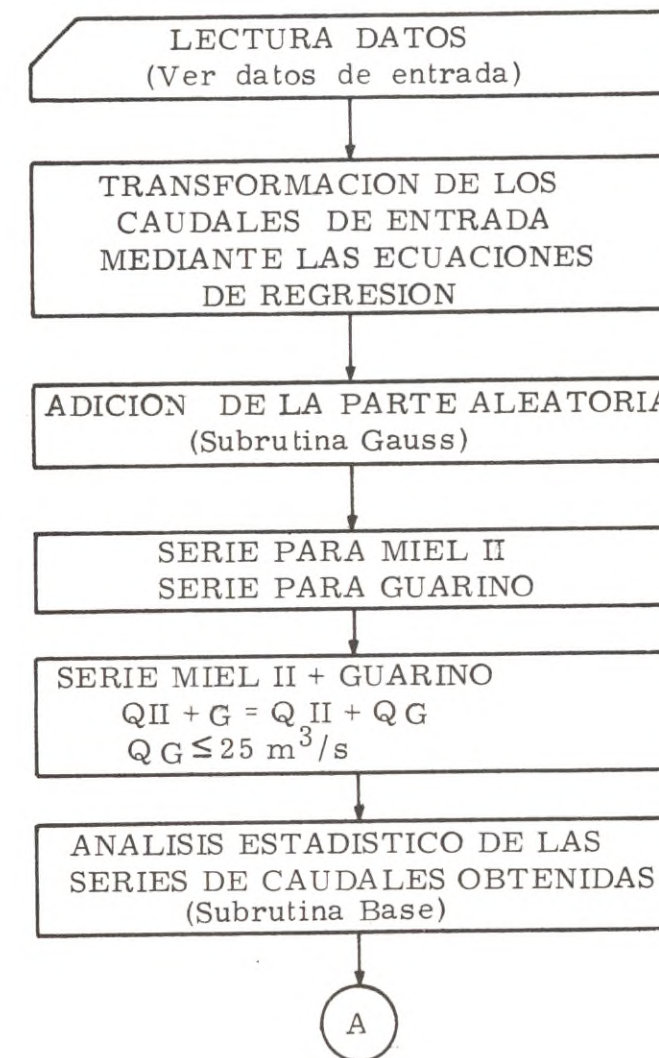
$$Q \text{ Miel II} = 7.24 + 0.25 (Q \text{ Miel I}) + 4.41 Z$$

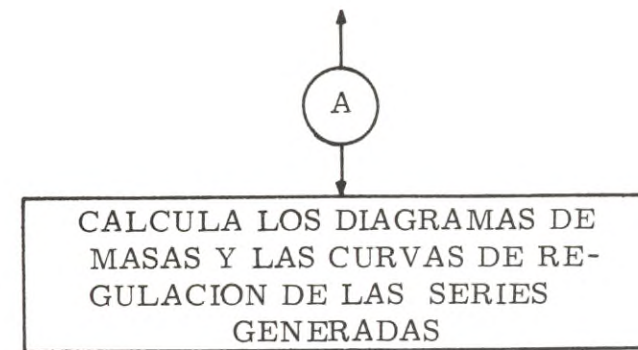
Similarmente, la ecuación del modelo para generar caudales en Guarinó a partir de los generados en Miel I es como sigue:

$$Q \text{ Guarinó} = 7.88 + 0.14 (Q \text{ Miel I}) + 5.12 Z$$

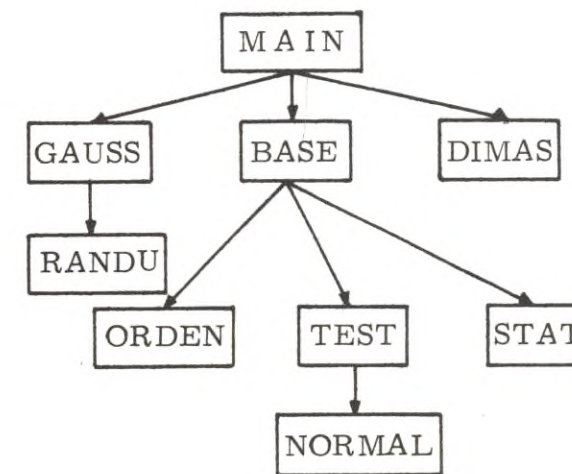
2.6. Manual del Usuario

2.6.1 Macrodiagrama de Flujo





2.6.2 Integración Main-Subrutinas
ESTRUCTURA DEL PROGRAMA



MAIN: Lee los datos de entrada, transforma los caudales y obtiene la serie generada. Coordina la generación de dicha serie con la subrutina que realiza el análisis estadístico y la que calcula el diagrama diferencial de masas.

GAUSS: Genera la componente aleatoria del caudal transformado proveniente de una distribución normal con parámetros dados.

RANDU: Obtiene un número de distribución uniforme (0,1) que posteriormente será transformado a normal en Gauss.

- DIMAS: Calcula y entrega las ordenadas del diagrama diferencial de masas y la curva de regulación.
- BASE: Subrutina que transforma la serie generada para hacer un análisis de ajuste a distribuciones conocidas y calcula los estimadores de los parámetros estadísticos.
- ORDEN: Calcula estadísticas a diferentes niveles de agregación (Mensual, Estacional, etc.)
- STAT: Calcula los estimadores estadísticos básicos de las series transformadas para darle el ajuste a la distribución indicada.
- TEST: Realiza las pruebas estadísticas referentes al ajuste a distribuciones supuestas por un método paramétrico (CHI^2) y por uno no paramétrico (Kolmogorof).
- NORMAL: Asigna la probabilidad correspondiente a la variable transformada como si esta se hubiera obtenido de una distribución normal.

2.6.3 Datos de Entrada

Tarjeta 1 Formato (20A4)

TIT(I), I = 1, 20 Título de la Serie

Tarjeta 2 Formato (16I5)

IX Semilla para la generación del número aleatorio. Se escogió el número 3517

Tarjetas 3 a 502 Formato (12F5.1)

Q(J,I), I=1, 12 NIAN Tarjetas con los caudales de los doce meses respectivos (NIAN = 500 en el programa)

2.6.4 Resultados

- 1) Series generadas
- 2) Ajuste a distribución normal (mes a mes, media anual, por períodos húmedos y secos)
 - Función de distribución observada
 - Test de Kolmogorof
 - Test de CHI Cuadrado
- 3) Ajuste a distribución Gamma
 - Test de Kolmogorof
 - Test de CHI Cuadrado
- 4) Ajuste a distribución Log-Normal
 - Test de Kolmogorof
 - Test de CHI Cuadrado
- 5) Ajuste a distribución Log-Gamma
 - Test de Kolmogorof
 - Test de CHI Cuadrado
- 6) Ordenadas Diagrama diferencial de masas
Ordenadas curva de regulación.

proyecto miel II

volumen II

apendice b

estudios de potencia y energía

CAPITULO	PAGINA	
1	INTRODUCCION	B-1
2	ALTERNATIVAS ESTUDIADAS	B-1
3	OPERACION DEL EMBALSE	
	3.1 Generalidades	B-2
	3.2 Modelo de Simulación	B-3
	3.3 Desembalse Óptimo	B-4
	3.4 Características de Operación	B-5
4	POTENCIA CONTINUA	B-6
5	CAPACIDAD INSTALADA	B-6
6	ENERGIA FIRME Y ENERGIA PROMEDIO	B-7
7	EFFECTO SOBRE EL PROYECTO MIEL I	B-7
8	COSTOS DE ENERGIA FIRME, ENERGIA PROMEDIO Y CAPACIDAD INSTALADA	B-8

APENDICE B

I N D I C E

CAPITULO	PAGINA
1 INTRODUCCION	B-1
2 ALTERNATIVAS ESTUDIADAS	B-1
3 OPERACION DEL EMBALSE	
3.1 Generalidades	B-2
3.2 Modelo de Simulación	B-3
3.3 Desembalse Optimo	B-4
3.4 Características de Operación	B-5
4 POTENCIA CONTINUA	B-6
5 CAPACIDAD INSTALADA	B-6
6 ENERGIA FIRME Y ENERGIA PROMEDIO	B-7
7 EFECTO SOBRE EL PROYECTO MIEL I	B-7
8 COSTOS DE ENERGIA FIRME, ENERGIA PROMEDIO Y CAPACIDAD INSTALADA	B-8

APENDICE B

CUADROS

- B-1 Potencia y Energía: Proyecto Miel II y Miel II con Desviación Río Guarinó.
- B-2 Potencia y Energía: En proyecto Miel I operando conjuntamente con Miel II
- B-3 Costos de Energía y Capacidad Instalada - Proyecto Miel II. Sin desviación Río Guarinó
- B-4 Costos de Energía y Capacidad Instalada - Proyecto Miel II con Desviación Río Guarinó.

APENDICE B

FIGURAS

- B-1 Variación de la Energía Firme con el Desembalse - Proyecto Miel II con la Desviación del Río Guarinó.
- B-2 Variación de la Capacidad Instalada con el Nivel Máximo Normal en el Embalse - Proyecto Miel II sin la Desviación del Río Guarinó.
- B-3 Variación de la Capacidad Instalada con el Nivel Máximo Normal en el Embalse - Proyecto Miel II con la Desviación del Río Guarinó.
- B-4 Variación de la Energía Firme y la Energía Promedio - Proyecto Miel II con la Desviación del Río Guarinó.
- B-5 Variación de la Energía Firme y la Energía Promedio - Proyecto Miel II sin la Desviación del Río Guarinó.
- B-6 Variación de Costos de Energía Firme y Capacidad Instalada.

APENDICE B

ESTUDIOS DE POTENCIA Y ENERGIA

1. INTRODUCCION

En el presente apéndice se muestran los resultados de los estudios realizados para determinar la producción de energía firme, energía secundaria y energía promedio, así como la potencia continua y la capacidad instalada del Proyecto Miel II. En dichos estudios se consideró la alternativa de desviación del río Guarinó y se evaluaron los efectos que sobre el Proyecto Miel I tendrá la construcción del Proyecto Miel II, considerando, así mismo, la alternativa de desviación del Guarinó.

Para el efecto se estudiaron para el Proyecto Miel II cuatro alternativas de altura de presa con niveles máximos de embalse a las cotas 1005, 1025, 1045, y 1065 considerando la posibilidad de desviación del río Guarinó y factores de planta de 0.4, 0.5 y 0.6. Para cada una de las alternativas anteriores se realizó la operación conjunta con el Proyecto Miel I, tomándose para este último como nivel máximo de operación la cota 445.

La evaluación de los distintos parámetros se realizó utilizando series hidrológicas generadas, de quinientos años de duración, obtenidas de acuerdo a la metodología que se explica en el Apéndice A del presente informe.

2. ALTERNATIVAS ESTUDIADAS

Para los factores de planta de 0.4, 0.5 y 0.6 y cuatro alturas de presa en el Proyecto Miel II, para las cuales corresponden niveles máximos de operación en el embalse a las cotas 1005, 1025, 1045 y 1065, se estudiaron las alternativas de operación que se enumeran a continuación:

- Miel II como único proyecto.

- Miel II considerando la desviación del río Guarinó.

Además se estudiaron las siguientes alternativas que contemplan en Miel II las mismas características de las enunciadas anteriormente, para observar las incidencias que tiene este proyecto sobre Miel I.

- Miel II sin la desviación del Guarinó operando conjuntamente con Miel I
- Miel II y Miel I operados conjuntamente, considerando la desviación del río Guarinó.

Para el Proyecto Miel I se estudió únicamente una altura de presa con nivel máximo de operación a la cota 445. Los resultados obtenidos se muestran en los cuadros B-1 y B-2.

3. OPERACION DEL EMBALSE

3.1 Generalidades

Los estudios de operación del embalse se adelantaron empleando un modelo de simulación desarrollado por el Consorcio en los estudios correspondientes al Proyecto Miel I, cuyas características principales se describen más adelante.

La operación del embalse se estudió a nivel mensual para lo cual se obtuvieron series generadas de caudales de quinientos años de duración, aplicando para ello la metodología descrita en el Apéndice A en la cual se empleó un modelo simple de generación sintética de caudales.

Dadas las características de las alternativas estudiadas y las limitantes de memoria del modelo de simulación, fué necesario preparar tres series sintéticas de caudales que contemplaran las siguientes opciones: una serie con los caudales para el sitio de Miel II, otra con los caudales de Miel II adicionada con los caudales desviados del Guarinó y otra conformada por los caudales en Miel I excluyendo los de Miel II, con el fin de no tomar sino el área tributaria correspondiente a Miel I entre los proyectos Miel I y Miel II.

3.2 Modelo de Simulación

Como se mencionó anteriormente, el modelo de simulación utilizado para los estudios de generación del Proyecto Miel II fué el desarrollado para el Proyecto Miel I, al cual se le introdujeron algunas modificaciones que permitieron estudiar la operación conjunta de los embalses de Miel II y Miel I y de cada uno de ellos por separado. Estas modificaciones en términos generales son básicamente las que se enuncian a continuación.

- Ampliación de los períodos de análisis a 500 años lo cual implicó cambios en el dimensionamiento del programa
- Opciones de Operación mediante indicadores para que el programa trabaje con las diferentes series generadas (serie de caudales generados para Miel II, serie para Miel II mas los caudales desviados del río Guarinó y serie para Miel I correspondiente a los caudales del área aferente entre los proyectos Miel II y Miel I).
- Opciones de Lectura que permitan al programa tomar los datos referentes a las características físicas de cada proyecto (embalse, saltos, pérdidas, etc.) de acuerdo a la opción de operación que se esté analizando.

En el Anexo 1 del presente Apéndice se muestra en detalle el funcionamiento de este modelo.

El modelo contempla los siguientes datos de entrada:

- Series generadas de caudales mensuales
- Curvas de área y capacidad del embalse
- Curvas de calibración de la descarga
- Curvas de pérdidas por fricción en la conducción. En el anexo 2 de este apéndice se describe la metodología de cálculo de dichas curvas
- Evaporación mensual en el embalse
- Precipitación mensual en el embalse

- Volúmenes máximo, mínimo y de iniciación de la operación del embalse.
- Eficencia de la planta

Con esta información y para una simulación a nivel mensual el modelo opera de la siguiente forma: dado el caudal de entrada, el cual es corregido por precipitación y evaporación, calcula los nuevos valores del volumen y nivel de embalse correspondientes al final del período, partiendo de los datos iniciales y después de haber entregado simultáneamente un determinado caudal regulado, que ha sido previamente estimado de acuerdo a las características hidrológicas del río y el embalse; con los valores medios de esta operación, calcula la cabeza neta disponible y la producción de energía correspondiente al período.

Los datos de salida que son tabulados a nivel mensual, incluyendo además los correspondientes promedios anuales, son los siguientes:

- Caudal regulado
- Caudal vertido
- Volumen medio del embalse
- Nivel medio del embalse
- Nivel de fuga
- Potencia continua, secundaria y total
- Energía firme, secundaria y total

Así mismo el modelo presenta como información de salida un análisis de frecuencias de la elevación en el embalse, de la cabeza neta y la energía generada mensualmente, expresada esta última como unidades de potencia.

3.3 Desembalse Optimo

El desembalse óptimo para cada alternativa de altura de presa se

estudió utilizando una secuencia hidrológica a partir de la cual, la energía firme obtenida en la operación esté disponible el 94% del tiempo; con base en esta secuencia se estudiaron diferentes desembalses, seleccionando como óptimo aquel que maximizaba la producción de energía firme. Se encontró que para los niveles de agua máximos normales de 1025, 1045 y 1065 los desembalses óptimos son de 35,45 y 55 m respectivamente, valores con los cuales se determinó el nivel máximo de operación, para cada una de las alternativas estudiadas, excepto la primera para la cual se tomó como nivel mínimo de operación el correspondiente al nivel máximo de sedimentos, calculado para la vida útil del proyecto; para las demás se verificó que los desembalses no se encontrarán por debajo de este nivel.

En la Figura B-1 se presentan las curvas de desembalse-energía firme para las diferentes alternativas de altura de presa.

3.4 Características de Operación

No se consideró conveniente realizar un análisis de la operación del Proyecto Miel II basado en una curva de **carga** hipotética, por lo cual se optó realizar estudios de generación con base en el **ma**yor caudal regulado, que dadas las características hidrológicas de la cuenca puede garantizar el embalse en una operación a largo plazo, teniendo como objetivo la maximización de la producción de energía firme únicamente en Miel II, pero cuantificando los efectos que en estas condiciones se presentarían en Miel I.

Para obtener el caudal mencionado, se procedió a realizar una curva diferencial de masas de la **serie** generada para cada caso y posteriormente a encontrar la curva de regulación correspondiente (caudal regulado contra volumen útil del embalse). Conociendo el volumen útil del embalse para cada alternativa, se tiene el valor del caudal regulado como una primera aproximación. Un tanteo en el modelo con este caudal indicó que se puede aumentar este valor ligeramente sin que la simulación pierda la confiabilidad requerida (97%). De esta forma se tiene el mayor caudal regulado que garantice una mejor operación a largo plazo.

El análisis de las alternativas que contemplan la desviación del río Guarinó también se efectuó de acuerdo al criterio expresado anteriormente.

4. POTENCIA CONTINUA

La potencia continua se encontró a partir de la simulación para cada una de las diferentes alternativas como la magnitud calculada de la potencia que gué igualada o excedida el 94% del tiempo; los valores determinados se pueden ver en el Cuadro B-1.

La potencia en el modelo se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$P_c = \frac{ngQHn}{1000}$$

En la cual:

P_c = Potencia continua expresada en mw.

n = Eficencia total de planta, igual a la eficiencia del generador por la eficiencia de la turbina.

Q = Caudal turbinable en m^3/s .

Hn = Cabeza neta expresada en m

g = Aceleración de la gravedad, $9.81 m/s^2$

Se puede observar en el Cuadro B-1 que la potencia continua varía entre 69 mw y 111 mw para las alternativas estudiadas de la opción Miel II como proyecto único, y entre 106 mw y 173 mw para las alternativas correspondientes a Miel II con la desviación del Guarinó.

5. CAPACIDAD INSTALADA

La capacidad instalada se estimó a partir de la potencia continua de acuerdo a la siguiente expresión:

$$CI = \frac{P_c}{f_p} \frac{H_{nom}}{H_{min}} 1.5$$

En la cual se tiene que:

CI = Capacidad instalada en mw

P_c = Potencia continua mw

f_p = Factor de Planta

Hnom= Cabeza nominal en m

Hmin= Cabeza mínima en m

La cabeza nominal se obtuvo del análisis de frecuencia efectuado en la simulación, escogiéndose como tal aquella que es igualada o excedida el 50 % del tiempo. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro B-1, y en las figuras B-2 y B-3 se muestran gráficamente las variaciones de la capacidad instalada con el nivel máximo de operación del embalse y para cada uno de los factores de planta considerados.

6. ENERGIA FIRME Y ENERGIA PROMEDIO

Se evaluó la energía firme y la energía promedio para las distintas alturas de presa en Miel II, correspondiente a los niveles máximos de operación en el embalse a las cotas 1005, 1025, 1045 y 1065 considerando también la desviación del río Guarínó. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro B-1.

En las figuras B-4 y B-5 se presentan las variaciones de la energía firme y la energía promedio con el nivel máximo normal en el embalse para las dos alternativas de aprovechamiento, según se considere o no la desviación del Guarínó.

En estos resultados se puede apreciar la importancia que reviste la desviación del río Guarínó, pues presenta en promedio incrementos del orden del 55% en la producción de energía firme y del orden del 60% en la energía promedio.

7. EFECTO SOBRE EL PROYECTO MIEL I

La serie generada de caudales para Miel I en este estudio, que tiene una longitud de 500 años con el fin de hacerla concordante

con la de Miel II para la simulación de la operación conjunta de los dos proyectos y el tipo de evaluación efectuado en Miel II, el cual es un poco mas severo que el realizado en los estudios correspondientes al proyecto Miel I, causan variaciones en los valores calculados de producción de energía a un determinado nivel de confiabilidad. Se estimó que para el nivel con el cual se trabajo tal variación no era mayor de un 2%. Considerado esto irrelevante, se procedió entonces a cuantificar la incidencia del proyecto Miel II sobre Miel I

Los resultados de la operación del Proyecto Miel I para cada una de las alternativas de presa estudiadas en Miel II y considerando para estas mismas alternativas la desviación del río Guarínó se presentan en el Cuadro B-2. Del análisis de estos resultados se concluye que el embalse de Miel II, en una operación a largo plazo y de acuerdo a las hipótesis enunciadas en el numeral 3 de este Apéndice, no tiene ningún efecto sobre la producción de energía en el Proyecto Miel I. Unicamente se aprecia un ligero incremento, poco significativo, para la alternativa de presa más alta en Miel II.

Al considerar la desviación del río Guarínó, si se presenta un incremento considerable del orden del 26%, en la producción de energía firme correspondiente al mayor volumen de agua turbinable, dado por el caudal desviado.

8. COSTOS DE ENERGIA FIRME, ENERGIA PROMEDIO Y CAPACIDAD INSTALADA

Para las alternativas estudiadas se determinaron los costos unitarios de la energía firme, la energía promedio y la capacidad instalada cuyos valores se presentan en los cuadros B-3 y B-4.

Los estimativos de costo incluyen los costos de capital, intereses durante la construcción y costos de operación y mantenimiento.

Los costos anuales correspondientes a la amortización de la inversión se calcularon para un período de 50 años con una tasa de interés del 9%. Los costos de operación y mantenimiento se determinaron como se explica en el Apéndice F y los intereses durante la construcción se calcularon con una tasa del 9% anual.

En la figura B-6 se muestran los resultados obtenidos y su varia
ción con respecto a los diferentes niveles de operación del embal
se correspondiente a cada una de las alturas de presa estudiadas.

De este análisis es aconsejable seleccionar para la elaboración y
optimización de esquemas, la alternativa de altura de presa en
Miel II correspondiente al nivel máximo de operación a la cota
1045 en conjunto con la desviación del río Guarinó. Las caracte-
rísticas de costo, energía y capacidad instalada de esta alternati-
va se muestran en el cuadro B-4.

cuadros

CUADRO B-1
 POTENCIA Y ENERGIA
 PROYECTO MIEL II

ALTERNATIVA	EMBALSE			Caudal Promedio (m ³ /s)	Caudal Regulado (m ³ /s)	CABEZA			ENERGIA			CAPACIDAD INSTALADA		
	Cota Maxima Operación (m)	Cota Mínima Operación (m)	Volumen Util (MM3)			Neta Nominal (m)	Neta Mínima (m)	Firme (Gwh)	Secundaria (Gwh)	Promedio (Gwh)	Potencia Continua (mw)	FP	0.4 (mw)	0.5 (mw)
MIEL II SOLO	1005	980	22.5	28.4	15.5	523.4	499.4	606	472	1078	69.2	186	148	124
	1025	990	43.6	28.4	19.0	545.0	510.0	764	372	1136	87.2	241	193	161
	1045	1000	75.3	28.4	20.7	564.2	519.3	853	323	1176	97.4	276	221	184
	1065	1010	119.7	28.4	23.0	583.0	528.2	969	246	1215	110.6	321	257	214
MIEL II CON DESVIACION DEL GUARINO	1005	980	22.5	47.8	24.0	518.2	493.9	929	801	1730	106.0	285	228	190
	1025	990	43.6	47.8	29.0	540.1	505.7	1155	706	1861	131.9	364	291	243
	1045	1000	75.3	47.8	33.0	557.2	512.2	1354	565	1919	154.6	439	351	292
	1065	1010	119.7	47.8	36.5	575.1	520.2	1519	468	1987	173.4	504	403	336

CUADRO B-2
 POTENCIA Y ENERGIA EN MIEL I
 OPERANDO CONJUNTAMENTE CON MIEL II

ALTERNATIVA EN MIEL II	EMBALSE MIEL I			CABEZA		ENERGIA					CAPACIDAD INSTALADA				
	Cota Máxima Operación (m)	Cota Mínima Operación (m)	Volumen Util (MM3)	Caudal Promedio (m ³ /s)	Caudal Regulado (m ³ /s)	Neta Nominal (m)	Neta Mínima (m)	Firme (Gwh)	Secundaria (Gwh)	Promedio (Gwh)	Potencia Continua (mw)	FP	0.4 (mw)	0.5 (mw)	0.6 (mw)
MIEL II-1005	445	390	436.0	85.0	68.0	220.0	166.6	942	412	1354	107.6		408	326	272
MIEL II-1025	445	390	436.0	85.0	68.0	220.0	166.5	942	413	1355	107.6		408	326	272
MIEL II-1045	445	390	436.0	85.0	68.0	220.0	165.5	942	413	1355	107.6		408	327	272
MIEL II-1085	445	390	436.0	85.0	68.0	220.9	166.7	950	406	1356	108.4		414	331	276
MIEL II-1005 y GUARINO	445	390	436.0	104.3	78.0	219.7	165.3	1180	480	1660	134.7		516	412	344
MIEL II-1025 y GUARINO	445	390	436.0	104.3	78.0	218.7	165.3	1187	472	1660	135.5		516	412	344
MIEL II-1045 y GUARINO	445	390	436.0	104.3	78.0	218.8	165.4	1189	472	1661	135.7		516	413	344
MIEL II-1065 y GUARINO	445	390	436.0	104.3	78.0	219.5	165.4	1195	467	1662	136.5		522	417	348

CUADRO B-3
 COSTOS DE ENERGIA Y CAPACIDAD INSTALADA
 PROYECTO MIEL II
 SIN LA DESVIACION DEL RIO GUARINO

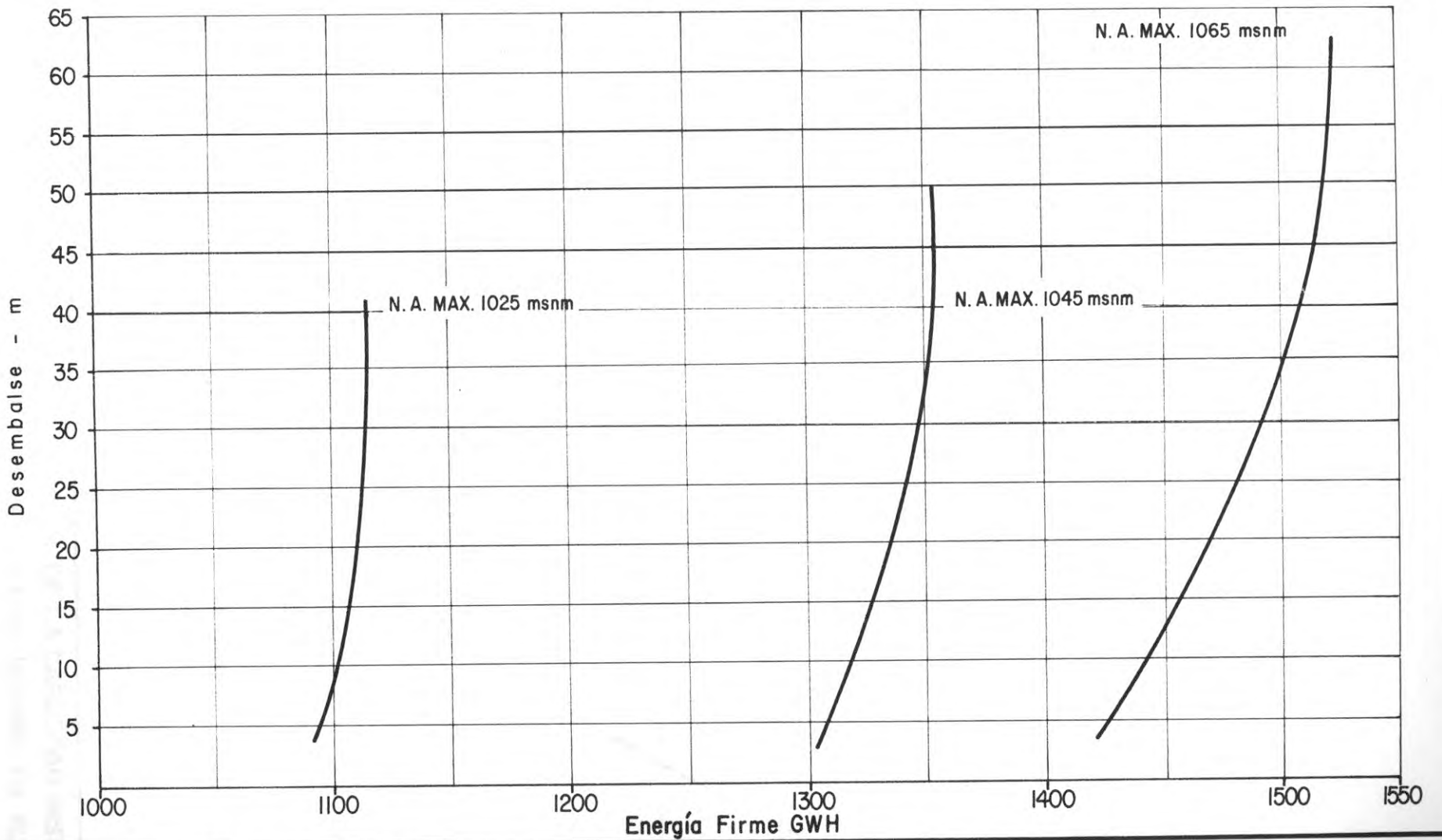
Factor de Planta	Nivel Máximo de Embalse msnm	Energía Firme Gwh	Energía Promedio Gwh	Capacidad Instalada mw	Costos Totales US\$1000		Costos Anuales US\$1000			C o s t o s U n i t a r i o s			
					Construcción	Inversión	Operación	Amortización	Total	Energía Firme US Mills/kwh	Energía Promedio US Mills/kwh	Capacidad Instalada sin interés US\$/kw	Capacidad Instalada con interés US\$/kw
0.6	1025	764	1.136	162	143 838	179 932	1 247	16 415	17 662	23.1	15.6	887.9	1110.7
0.5	1025	764	1.136	193	150 384	188 121	1 387	17 162	18 549	24.3	16.3	779.2	974.7
0.4	1025	764	1.136	242	159 334	199 317	1 672	18 183	16 855	26.0	17.5	658.4	823.6
0.6	1045	853	1.176	184	167 153	209 098	1 508	19 075	20 583	24.1	17.5	908.4	1136.4
0.5	1045	853	1.176	220	174 146	217 846	1 685	19 873	21 560	25.3	18.3	791.6	990.2
0.4	1045	853	1.176	276	187 020	233 950	1 950	21 343	23 293	27.3	19.8	677.6	847.6
0.6	1065	969	1.215	214	193 414	241 949	1 732	22 072	23 804	24.6	19.6	903.8	1130.6
0.5	1065	969	1.215	255	203 099	254 064	1 943	23 177	25 120	25.9	20.7	796.5	996.3
0.4	1065	969	1.215	321	217 153	271 645	2 268	24 781	27 049	27.9	22.3	676.5	846.3

CUADRO B-4

COSTOS DE ENERGIA Y CAPACIDAD INSTALADA
 PROYECTO MIEL II
 CON LA DESVIACION DEL RIO GUARINO

Factor de Planta	Nivel Máximo de Embalse msnm	Energía Firme Gwh	Energía Promedio Gwh	Capacidad Instalada mw	Costos Totales US\$1000		Costos Anuales US\$1000			C o s t o s U n i t a r i o s			
					Construcción	Inversión	Operación	Amortización	Total	Energía Firme US Mils/kwh	Energía Promedio US Mils/kwh	Capacidad	Capacidad
												Instalada sin Interés US\$/kw	Instalada con Interés US\$/kw
0.6	1005	929	1.730	190	179 519	226 630	1 335	10 675	22 010	23.7	12.7	945	1.193
0.5	1005	929	1.730	228	187 215	235 868	1 480	21 518	22 998	24.8	13.3	821	1.035
0.4	1005	929	1.730	285	197 957	248 706	1 693	22 689	24 382	26.2	14.1	695	873
0.6	1025	1.155	1.861	243	210 618	264 799	1 622	24 157	25 799	22.3	13.9	867	1.089
0.5	1025	1.155	1.861	291	219 695	275 622	1 804	25 144	26 948	23.3	14.5	755	947
0.4	1025	1.155	1.861	364	231 993	290 146	2 715	26 469	29 184	25.3	15.7	637	797
0.6	1045	1.354	1.919	292	232 853	291 953	1 868	26 634	28 502	21.1	14.9	797	1.000
0.5	1045	1.354	1.919	351	242 506	303 360	2 087	27 675	29 762	22.0	15.5	691	864
0.4	1045	1.354	1.919	439	260 323	324 693	2 421	29 621	32 041	23.7	16.7	593	739
0.6	1065	1.519	1.987	336	259 055	324 490	2 116	29 602	31 718	20.9	16.0	771	966
0.5	1065	1.519	1.987	403	272 148	340 165	2 367	31 032	33 399	22.0	16.8	675	844
0.4	1065	1.519	1.987	504	291 116	362 827	2 752	33 100	35 852	23.6	18.0	578	720

figuras



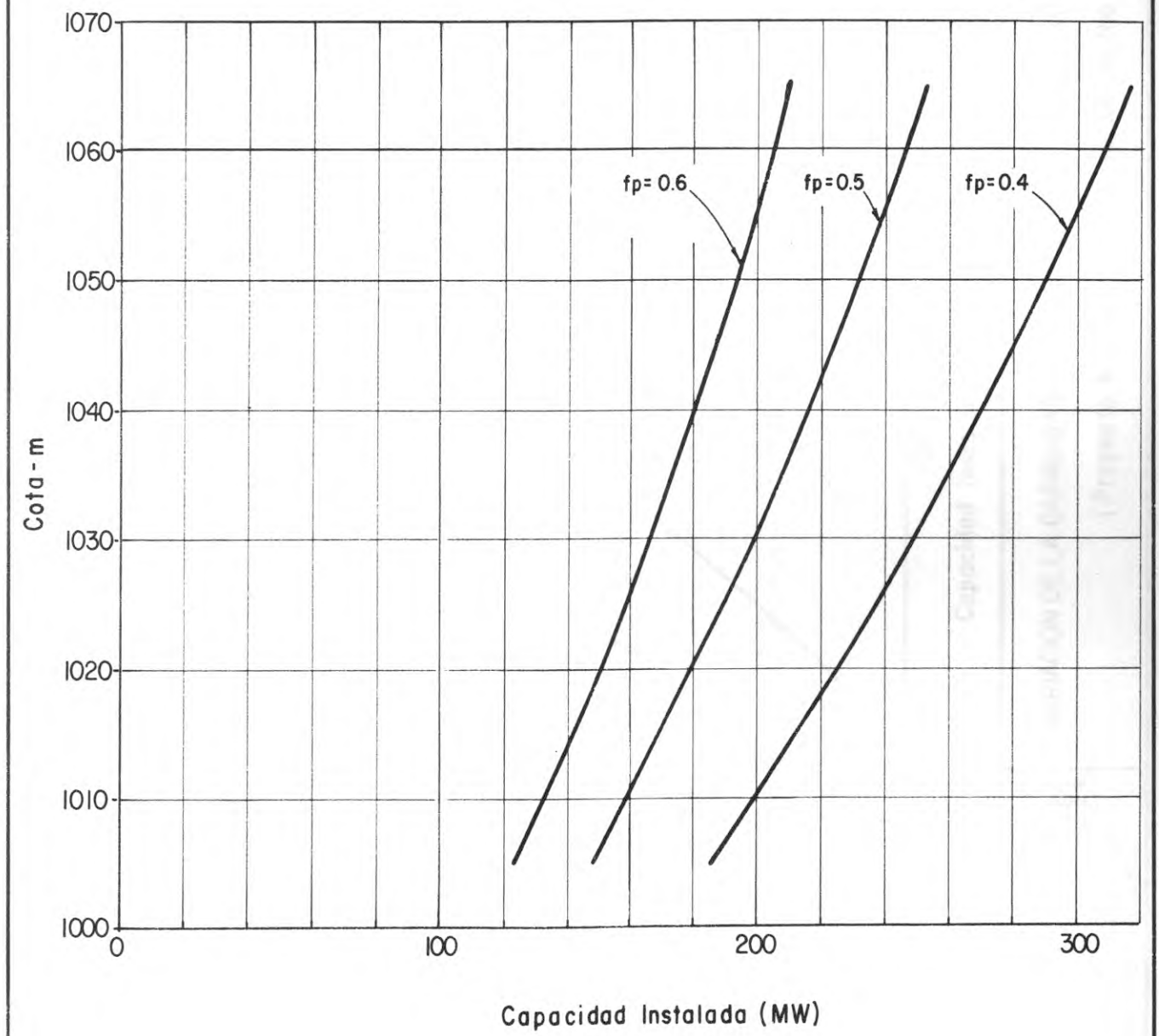
INSTITUTO COLOMBIANO
DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA
DE CALDAS



DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

VARIACION DE LA ENERGIA FIRME CON EL DESEMBALSE

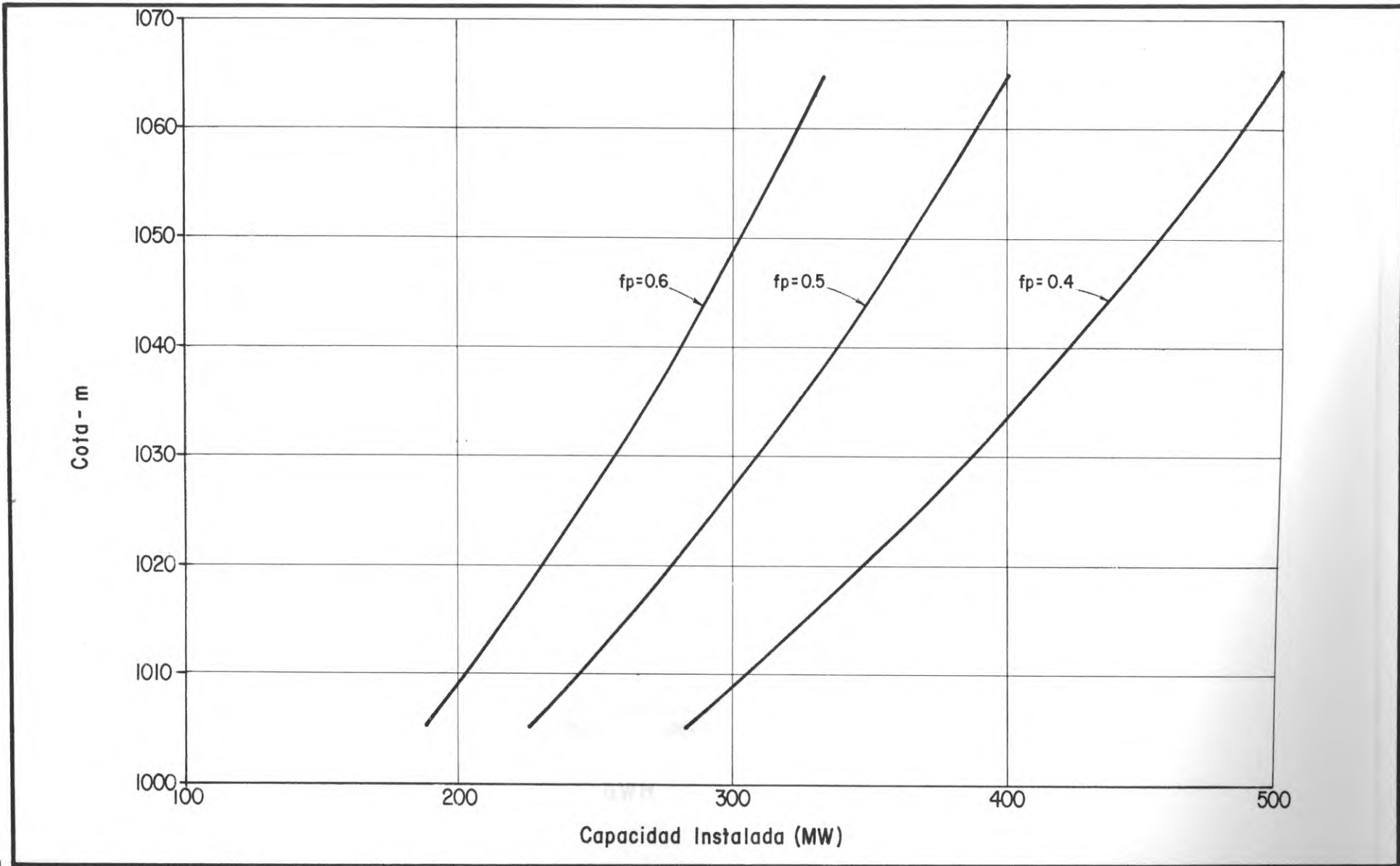
(Proyecto Miel II con la desviación del Río Guarinó)




 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
 CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS


VARIACION DE LA CAPACIDAD INSTALADA CON EL NIVEL MAXIMO NORMAL EN EL EMBALSE (Proyecto Miel II sin la desviación del Río Guarinó)

DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
 PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

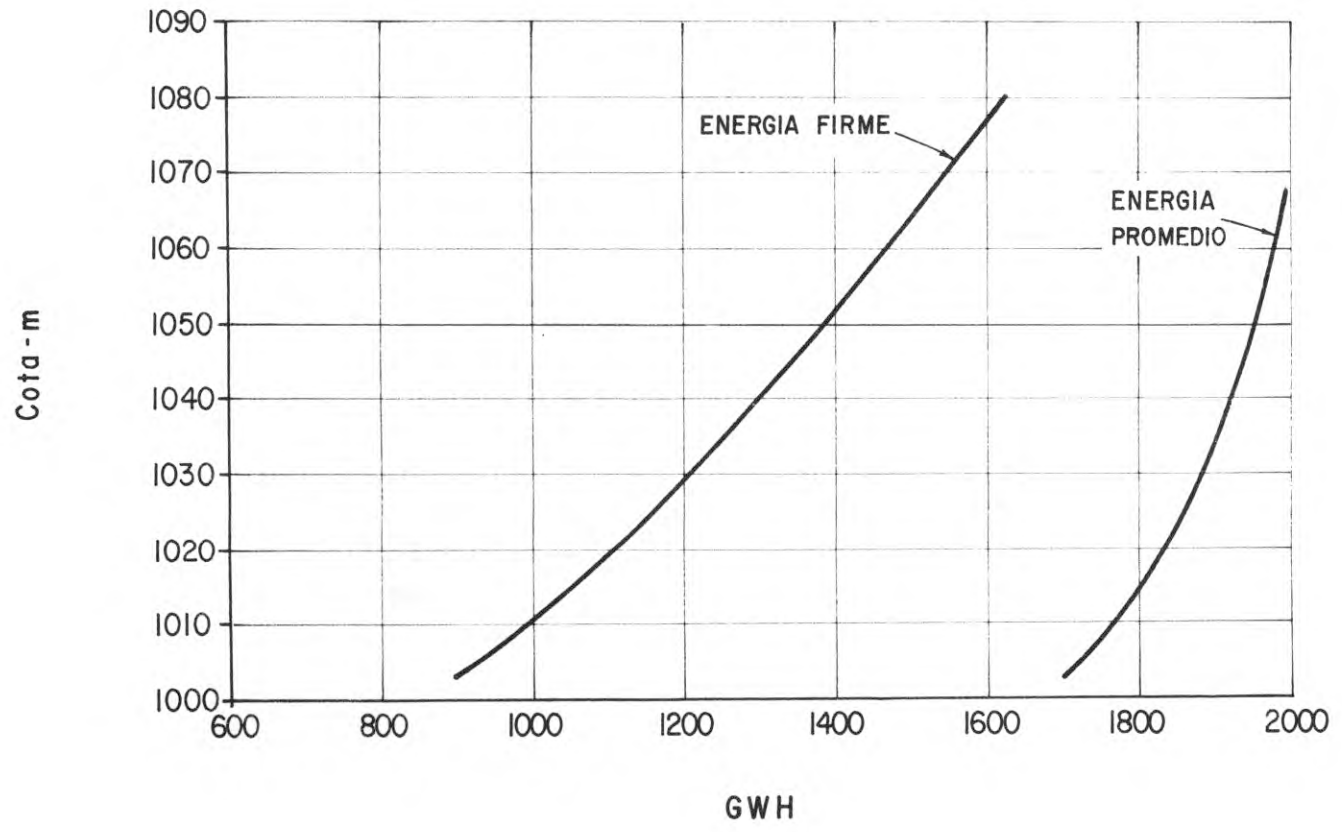


INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS



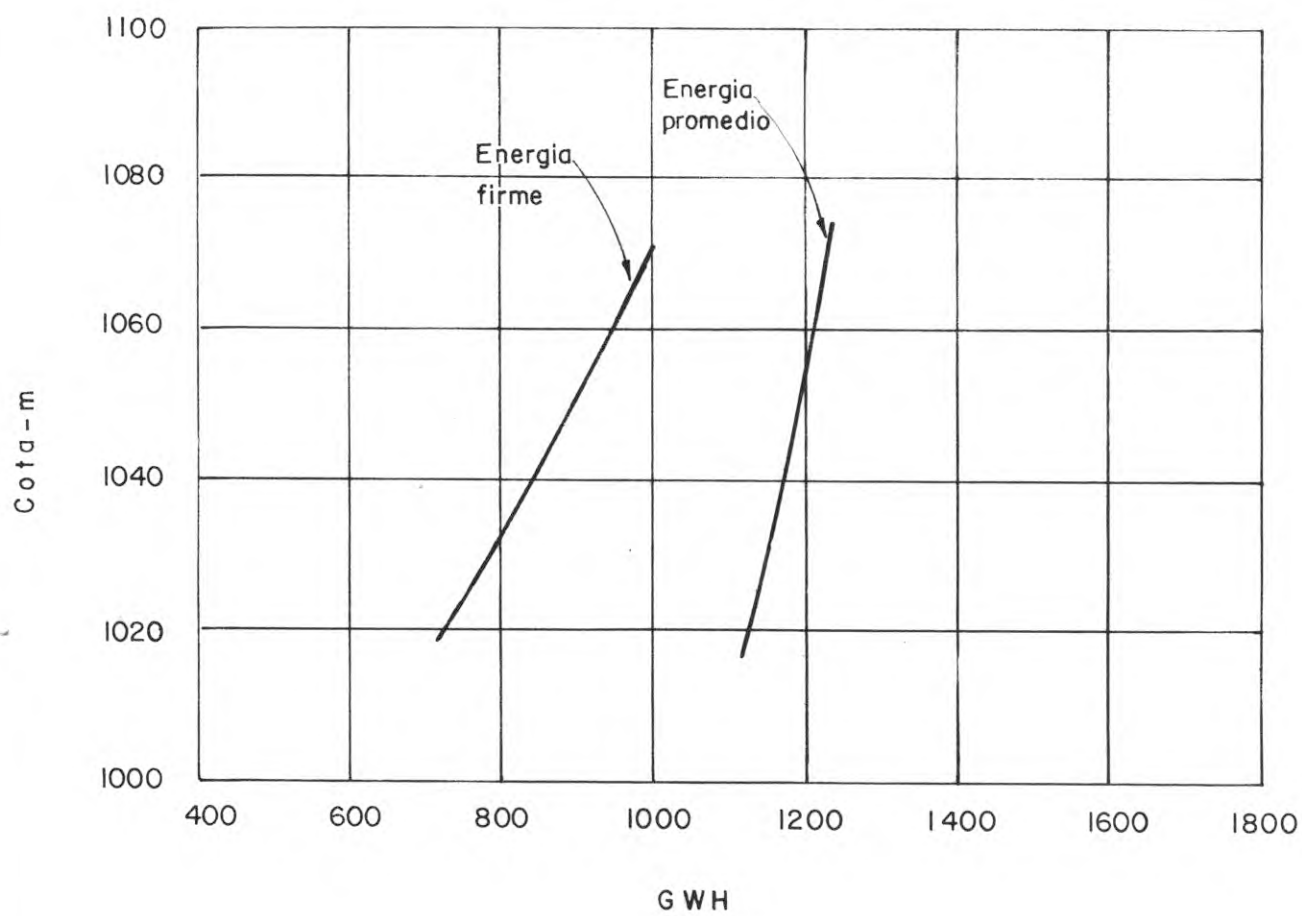
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

VARIACION DE LA CAPACIDAD INSTALADA CON EL NIVEL MAXIMO NORMAL EN EL EMBALSE
(Proyecto Miel II con la desviación del Rio Guarinó)



	<p>INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS</p>	
<p>DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL II FACTIBILIDAD TECNICA</p>		

VARIACION DE LA ENERGIA FIRME Y LA ENERGIA PROMEDIO
(Proyecto Miel II con la desviación del Río Guarinó)

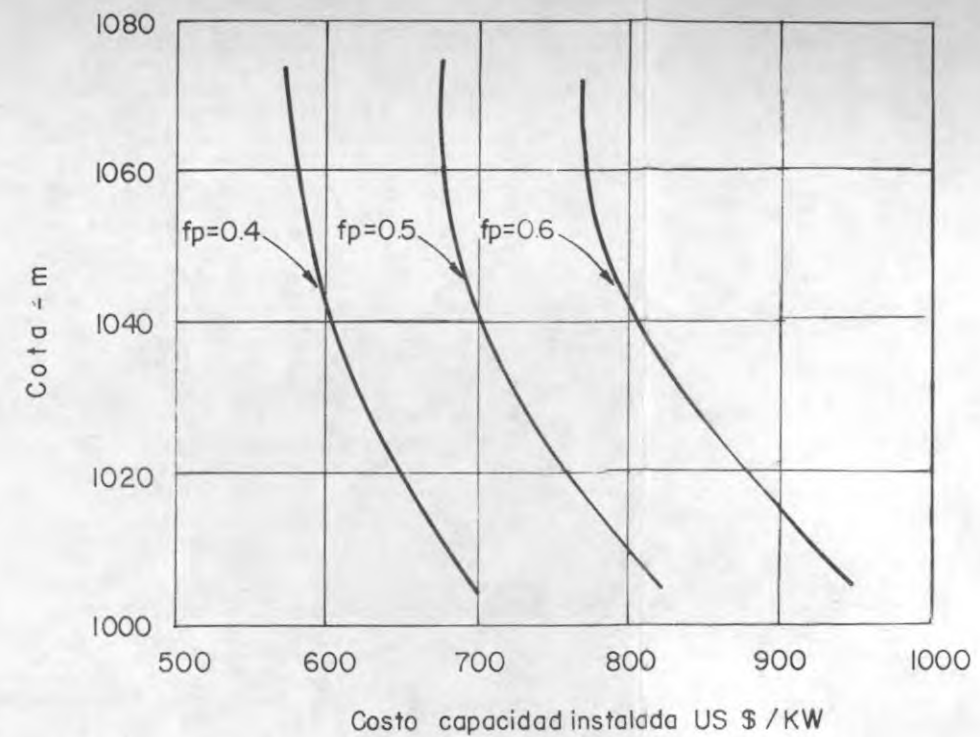
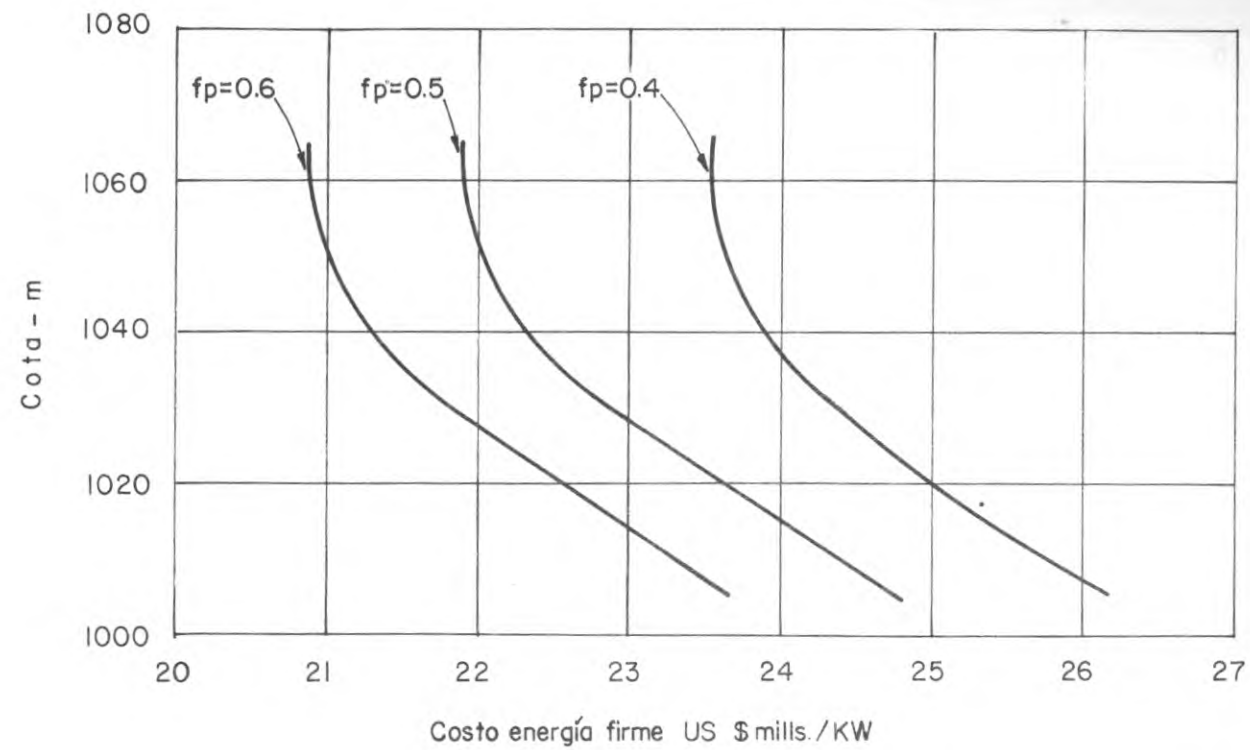


INSTITUTO COLOMBIANO
DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA
DE CALDAS

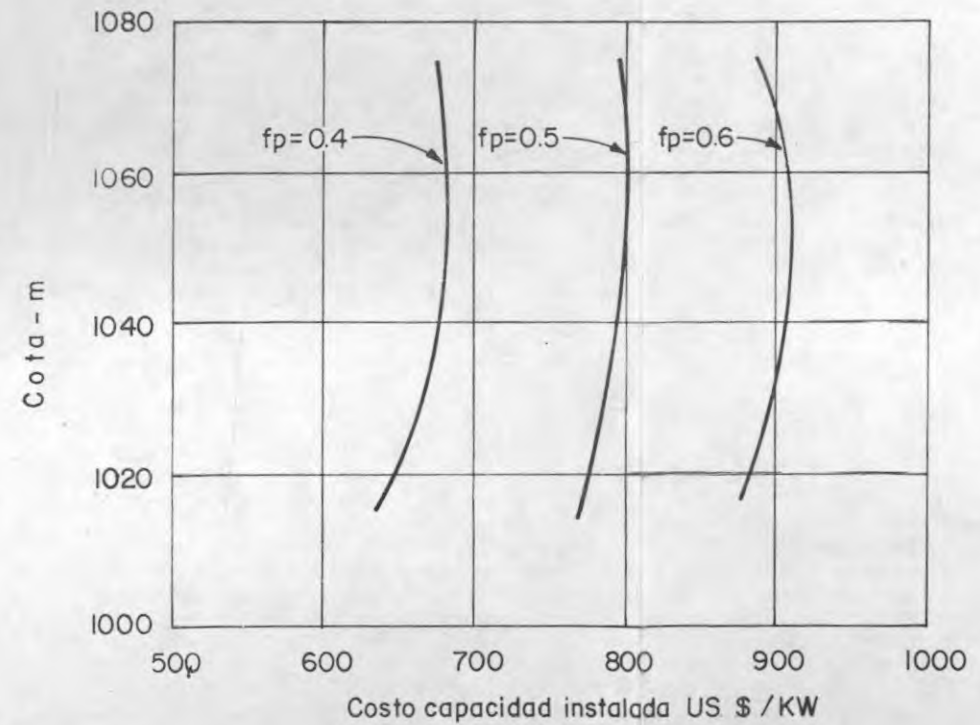
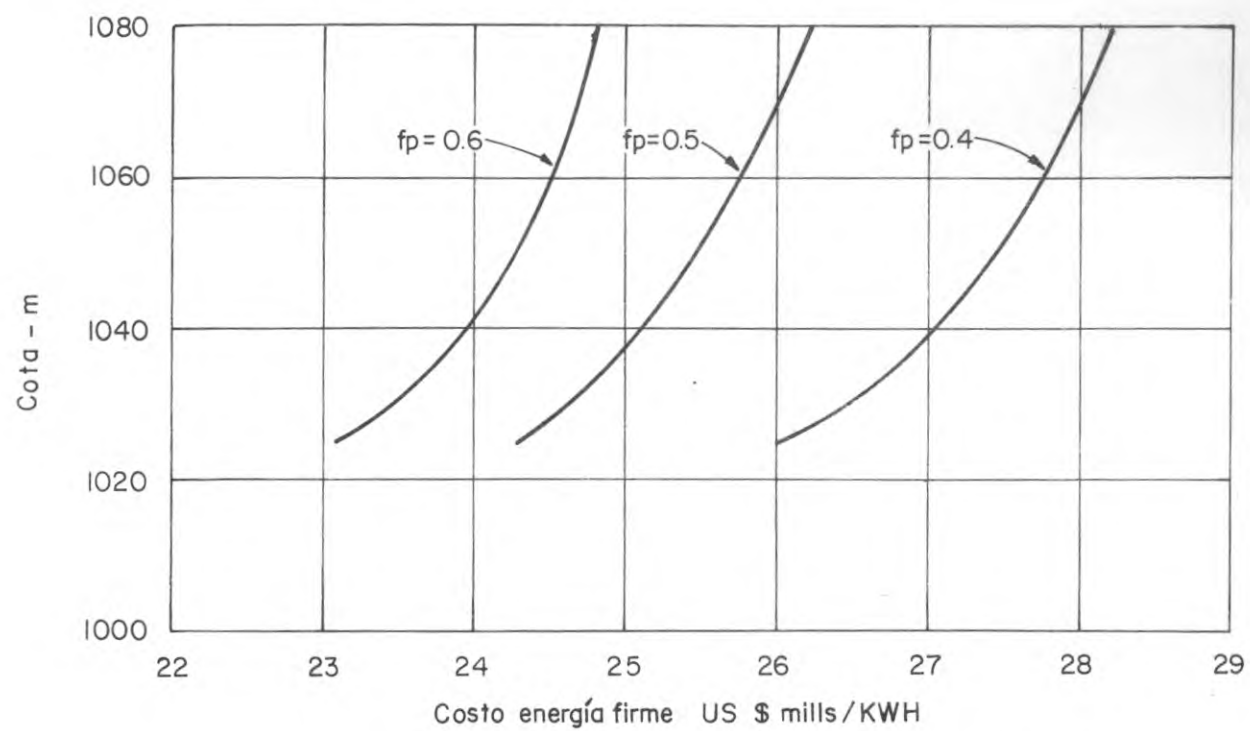


DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

VARIACION DE LA ENERGIA FIRME Y LA
ENERGIA PROMEDIO
(Proyecto Miel II sin la desviación del Río Guarinó)



PROYECTO MIEL II CON DESVIACION DEL RIO GUARINO



PROYECTO MIEL II SIN DESVIACION DEL RIO GUARINO

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
 CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS
 DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
 PROYECTO MIEL II - FACTIBILIDAD TECNICA

VARIACION DE COSTOS DE ENERGIA FIRME Y CAPACIDAD INSTALADA

A N E X O 1

APENDICE B

ANEXO 1

INTRODUCCION

El presente Anexo contiene el manual de usuario del programa que realiza la simulación de la operación de un embalse, para los estudios de generación y potencia de un proyecto con tal característica.

Está conformado por una guía detallada de los datos de entrada y los de salida, para el manejo efectivo de la información necesaria y la buena apreciación de los resultados que se obtengan, y por un macrodiagrama de flujo que resume en forma básica los detalles requeridos para entender su operación interna.

MANUAL DEL USUARIO

1. Programa: ICELWCM7
2. Objetivo: Estudiar la generación de energía de un proyecto mediante la simulación de la operación de embalse de dicho proyecto, en nuestro caso Miel II.
3. Datos de Entrada:
 - Tarjeta 1 Formato (I3)
NYEAR: Número de años a simularse (500 años)
 - Tarjeta 2 Formato (I3)
IOP: Opción para hacer la simulación de la operación de un embalse o dos embalses en serie.
 - = 0 Simula los embalses Miel II y Miel I
 - = 1 Simula únicamente Miel I
 - = 2 Simula únicamente Miel II
 - Tarjeta 3 Formato (I3)
KWRT: Opción para escribir resúmenes anuales o mensuales en la operación sencilla de los embalses. Es necesario para utilizar esta opción que IND sea igual a cero ó dos. Esta variable se leerá posteriormente.
 - = 0 Escribe resúmenes anuales solamente.
 - ≠ 0 Describe mes a mes la operación.

Si IOP = 1 lee el siguiente conjunto de tarjetas:

Tarjetas 4 a 503 Formato (12F5.1)

Q1(J,I), I=1,12 NYEAR Tarjetas con los caudales mes a mes de la serie generada para Miel I

sin lo correspondiente a Miel II.

Si IOP=0 lee el siguiente paquete de tarjetas conformado por los datos correspondientes a Miel II: para regresar posteriormente a este punto despues de toda la lectura y leer los de Miel I

Tarjeta 4 Formato (20A3) ó Tarjeta 504 SI IOP=1
TIT (I), I=1, 20 Nombre del proyecto

Miel I o Miel II dependiendo del paquete y/o la opción que se este empleando.

Tarjeta 5 Formato (4F10.8) ó Tarjeta 505 SI IOP=1
DDEL Factor de aumento en el caudal regulado para la convergencia cuando se utiliza meta.

EPSIL Factor de aumento en la potencia para la convergencia cuando se utiliza meta.

FP Factor de potencia, incluye la constante de la gravedad y factor de conversión a mw.

FQ Factor de conversión m^3/seg a Mm^3/mes .

Tarjeta 6 Formato (20A3) ó Tarjeta 506 SI IOP=1
TIT (I), I=1, 20 Título para serie de caudales.

Si IOP es igual a 0 ó 2 lee el siguiente conjunto de tarjetas:

Tarjetas 7 a 506 Formato (12F5.1)
Q(J, I), I=1, 12 NYEAR Tarjetas con los caudales mes a mes de cada año de la serie de caudales generada para Miel II.

Tarjeta 507 Formato (I3)
NDAV Número de puntos en la curva, cota, área, capacidad de embalse. Se utilizaron 20.

Tarjeta 508 Formato (20A3)
TIT (I), I=1, 20 Título: Curva , área, capacidad del embalse.

Tarjeta 509 a 513 Formato 4(F4.0, F6.2, F5.2)
COTA (I),VOL(I), Puntos de la curva, cota, área, volumen
AR (I), I= 1, del embalse
NDAV

Tarjeta 514 Formato (I3)
NDTW Número de puntos en la curva, nivel vs caudal de descarga, se usaron 11.

Tarjeta 515 Formato (20A3)
TIT(I), I = 1, 20 Título: Curva, nivel-caudal, canal de descarga.

Tarjetas 516 a 517 Formato 6 (F6.2, F4.0)
TWA(I), QTWA(I), Niveles y caudales de la curva.
I = 1, NDTWA Nivel-caudal en canal de descarga.

Tarjeta 518 Formato (I3)
NDTWB Cantidad de datos conocidos para la cota media mensual aguas abajo del embalse. En años.
= 0 No existen datos
= n Número de años para los que existe tal información.

Si NDTWB es diferente de cero lee las siguientes tarjetas (NYEAR+1)
Formato (20A3)
TIT(I), I = 1, 20 Título de datos cotas aguas abajo del embalse.

Formato (12F6.2)
TWB(J, I), I = 1, 12 NYEAR Tarjetas con las cotas del nivel de agua aguas abajo del embalse mes a mes.

Tarjeta 519 y 520 Formato (12F4.0)

(E \checkmark (I), I=1,12), Datos de evaporación mensual y lluvia
(PR(I), I=1,12) mensual en mm.

Tarjeta 521 Formato (I3)

NDTUR Número de puntos en la curva de per-
dididas - caudal turbinado. 8.

Tarjeta 522 Formato (20A3)

TIT(I), I = 1,20 Título de datos curva perdida contra
caudal turbinado.

Tarjeta 523 Formato 8(F4.0, F6.2)

QT(I), HF(I), I = 1, Curva de perdida contra caudal turbina
NDTUR do.

Tarjeta 524 Formato (I3)

IND Indicador para considerar o no el caso
de partir de los datos de generación
para otras plantas.

= 0 ó 2 No los considera.

\neq 0 ó 2 Los considera y lee las siguientes tar-
jetas:

Formato (20A3)

TIT(I), I = 1,20 Título de los datos de demanda del
sistema.

Formato (12F6.1)

PA(J,I), I= 1,12 Demanda mensual del sistema (mw) para
NYEAR años. NYEAR Tarjetas.

Formato (20A3)

TIT(I), I = 1,20 Título: datos generación en otras plan-
tas.

Formato (12F6.1)

PGG(J), J = 1, NYEAR Generación anual en otras plantas.

Tarjeta 525 Formato (4F5.1, F3.3, F2.2, F3.2, I2, I3, 2I2, 4I1, I2, 6A4, F2.0, F4.1)

VMAX	Volumen máximo
VMIN	Volumen mínimo
VIN	Volumen inicial
QREG	Caudal regulado
EE	Eficiencia
FACTOR	Factor de excesos para energía <u>secun</u> daria.
FPR	Pérdidas según factor de planta.
YEARIN	Año inicial
YEARF	Año final
MESIN	Mes inicial
MESF	Mes final
IAFC	Código: 0 regulación sencilla 1 regulación mensual
LAGG	Código: 0 regulación sencilla 1 se fija meta de energía
IACD	Código: 0 sin curvas de duración 1 con curvas de duración
IECON	Código: 0 Sin estudio económico 1 con estudio económico
IEST	Número del estudio
TIT(I), I=1,6	Título de 24 caracteres
FPL	Factor de planta
META	Meta continua de energía

Si IAFC \neq 0 lee con Formato (12F4.3)

FAC(I), I = 1, 12 Factores de relación de potencia men
sual y anual.

Si IECON \neq 0 Lee con Formato (I1,8F9.2)

NAPC Número de inversiones.

COSTIN (I), I=1, Valor de las inversiones anuales
NAPC (Miles US \$)

Formato (I1,5F4.2)

NTAS Número de tasas de interés.

TASIN (I), I=1, NTAS Tasas de interés anual a utilizarse en
el análisis (% anual)

Formato (I1,5F4.2)

NTAR Número de tarifas.

TAR (I), I=1, NTAR Tarifas a utilizar en el análisis
(mils/kwh).

4. SALIDAS

- Caudales Medios Mensuales (500 años)
- Curva Cota Area-Capacidad de Embalse
- Curva Nivel-Caudal en el Canal de Descarga
- Curva Pérdida de Carga-Caudal Turbinado
- Tablas de Evaporación -Precipitación Mensual.
- Si KWRT = \emptyset Escribe resumen promedios anuales de la simulación hecha mes a mes de acuerdo al siguiente orden:

Año	Caudal natural m3/s	Caudal regulado m3/s	Caudal exceso m3/s	Volumen medio embalse Mm3	Elevación N. A . Embalse msnm	Caudal secund. m3/s (Conti- núa ho- ja si- guiente)
1	x	x	x	x	x	
2	x	x	x	x	x	
3	x	x	x	x	x	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
NYEAR	x	x	x	x	x	
NYEAR+1	x	x	x	x	x	

Año	Caudal secund. m3/s	Caudal fuga m3/s	Cabeza neta m	Potencia continua mw	Potencia secund. mw	Potencia total mw	Factor PT/PC
1	x	x	x	x	x	x	x
2	x	x	x	x	x	x	x
3	x	x	x	x	x	x	x
.
.
NYEAR	x	x	x	x	x	x	x
NYEAR+1	x	x	x	x	x	x	x

En el renglón NYEAR+ 1 Escribe el promedio interanual de cada columna, para finalizar este resumen.

- Si KWRT \neq 0 Escribe tablas con la simulación mes a mes para cada año de la siguiente manera:

ICEL ---CONSORCIO RIO LA MIEL

- ESTUDIO PRELIMINAR No. --

DATOS DE ENTRADA

Volumen Máximo --- Año Iniciación --- Año de Finalización ---
 Volumen Mínimo --- Mes de Iniciación --- Mes de Finalización ---
 Volumen Inicial --- Factor para Excesos --- Factor de Planta ---
 Caudal Regulado --- Eficiencia Turbina --- Factor de Pérdidas ---

***** AÑO *****

Mes	Caudales (m3/s)			Volumen (m3/s)			Nivel medio embalse	**
	entrada	regulado	exceso	Inicial	final	medio		
1	x	x	x	x	x	x	x	
2	x	x	x	x	x	x	x	
3	x	x	x	x	x	x	x	
.	
.	
.	
12	x	x	x	x	x	x	x	
Promedios		x					x	

** Caudal secundario (Continúa en la página siguiente).

Mes	Caudal		Nivel fuga	Altura neta	Potencias (mw)		
	secund.	fuga			continua	secundaria	total
1	x	x	x	x	x	x	x
2	x	x	x	x	x	x	x
3	x	x	x	x	x	x	x
.
.
.
12	x	x	x	x	x	x	x
promedios				x	x	x	x

Esta Tabla la escribe una o varias veces para cada año dependiendo de si se utilizan las opciones de regulación sencilla, meta preestablecida o factores de relación de potencia anual mensual.

- Si IACD = 1 Escribe curvas de duración para la elevación del embalse, la cabeza neta, la potencia continua de la siguiente forma:

ICEL--- CONSORCIO RIO LA MIEL

- ESTUDIO PRELIMINAR No. -

CURVAS DE DURACION

ELEVACION DEL EMBALSE

VALOR MAXIMO ----- No. DATOS ----- VALOR MINIMO ----
(veáse hoja siguiente)

Límite Superior	Límite Inferior	Valor Medio	Frec.	Frec. Acum.	Exced. (%)
x	-	x	x	x	x
x	-	x	x	x	x
.
.
.
.
x	-	x	x	x	x

VALOR MINIMO -----

Límite Superior	Límite Inferior	Valor Medio	Frec.	Frec. Acum.	Exced. (%)
x	-	x	x	x	x
x	-	x	x	x	x
.
.
.
.
x	-	x	x	x	x

De la misma manera para la cabeza y la potencia.

- Al final escribe un resumen con los siguientes resultados:

Potencia continúa del 94% mw xxx
 Cabeza neta del 50% m xxx
 Cabeza neta mínima m xxx
 Capacidad instalada con factor .4 xxx
 Capacidad instalada con factor .5 xxx
 Capacidad instalada con factor .6 xxx

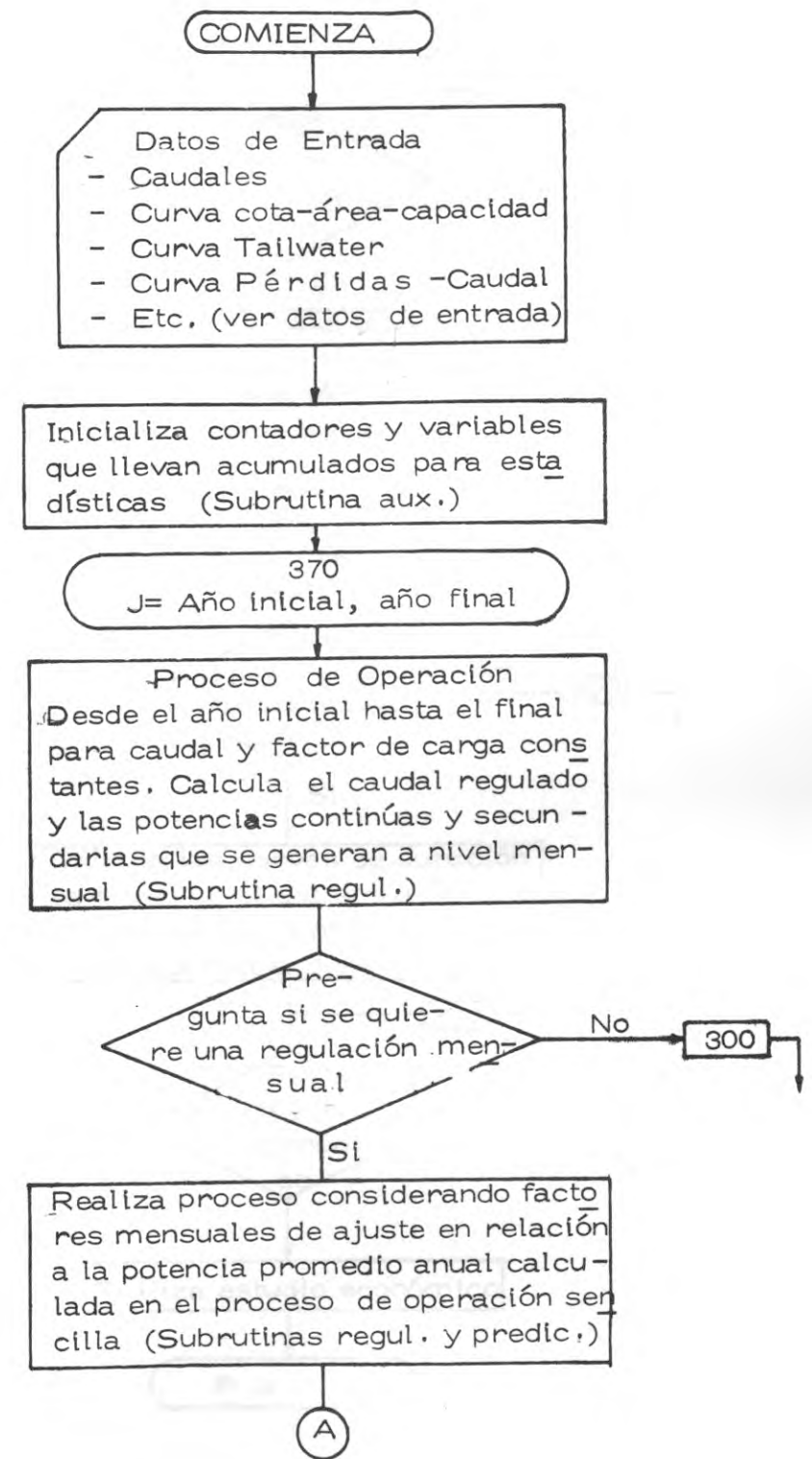
Energía firme gwh/año xxx
 Energía promedio gwh/año xxx
 Energía secundaria gwh/año xxx

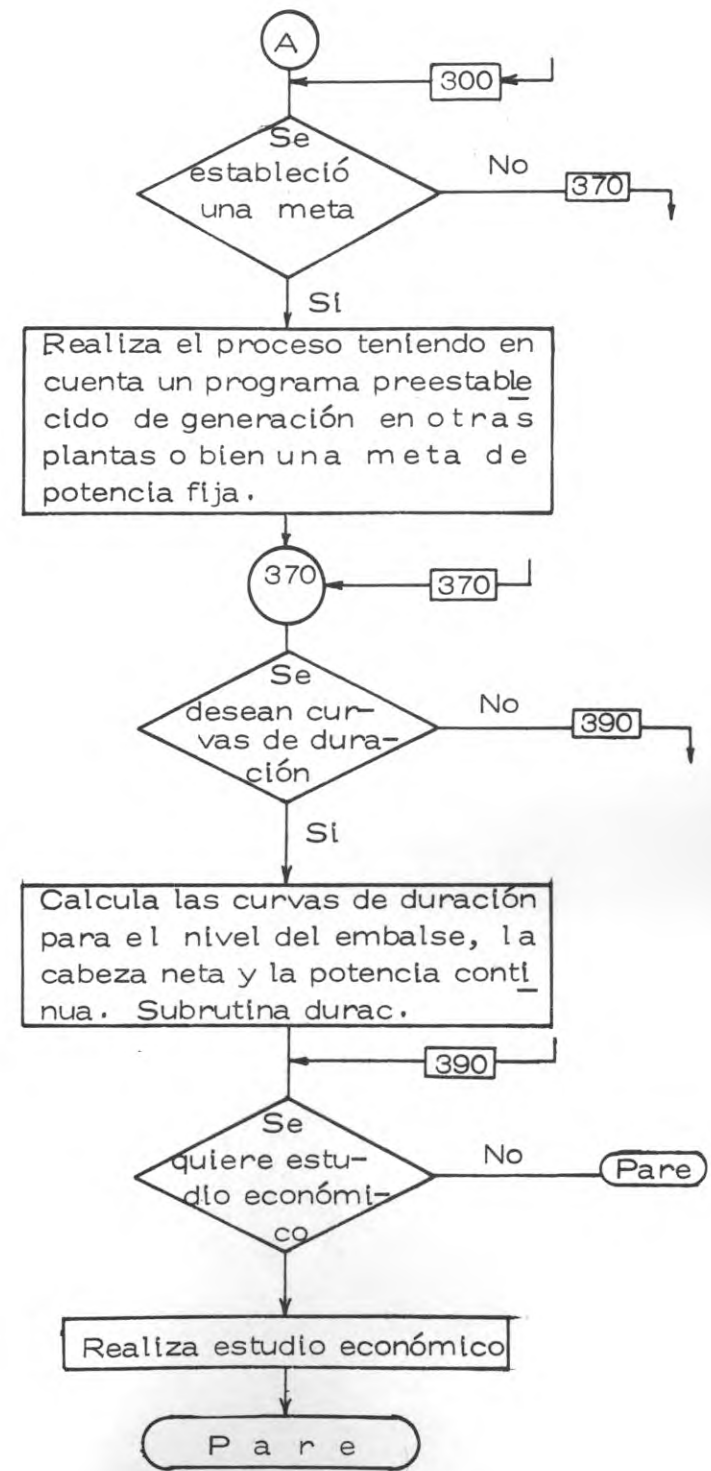
Si IOP = 0 realiza este proceso dos veces; una para los datos correspondientes a Miel II y en seguida para Miel I.

Si IOP = 1 escribe esta salida una vez solamente para los datos correspondientes a Miel I.

Si IOP = 2 Escribe esta salida para Miel II únicamente.

5. MACRODIAGRAMA DE FLUJO





Desarrollo hidroeléctrico del Río La Miel :
informe de factibilidad técnica / Consorcio Río
La Miel ; Instituto Colombiano de Energía
Eléctrica, Central Hidroeléctrica de Caldas

333.9109861 C755des V.2 Ej.1

FECHA
PEDIDO

PRESTADO A

FECHA
DEVUELTO

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA



01001378

BIBLIOTECA

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA