COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA
COMITE DE COOPERACION ECONOMICA
DEL ISTMO CENTROAMERICANO
SUBCOMITE CENTROAMERICANO DE
ELECTRIFICACION Y RECURSOS HIDRAULICOS
Grupo Regional de Interconexión Eléctrica (GRIE)

LIMITADO
CCE/SC.5/GRIE/III/4
Mayo de 1976

Tercera reunión
México, D. F., 20 y 21 de mayo de 1976

AVANCE DEL ESTUDIO DE INTERCONEXION ELECTRICA DEL ISTMO CENTROAMERICANO. SISTEMAS NACIONALES

Volumen II

MODELO CONCENTRABLE

INDICE

Página

Volumen primero

RESULTADOS OBTENIDOS A MAYO DE 1976

Volumen segundo

MODELO CONCENTRABLE

/II. El Salvador

/VI. Panamá

PRESENTACION

A principios de octubre de 1975 se iniciaron en México los trabajos correspondientes al Estudio de Interconexión Eléctrica en el Istmo Centroamericano a través de la aplicación de la metodología de planeación desarrollada por la Comisión Federal de Electricidad de México en colaboración con la Electricité de France.

Con el propósito de mostrar el avance de los trabajos se acordó la elaboración de informes periódicos que incluyeran los resultados más importantes obtenidos en la aplicación de cada modelo.

Se presenta en esta oportunidad una relación de los avances y resultados obtenidos en relación con los Sistemas Nacionales a mayo de 1974, con motivo de la celebración de la tercera reunión del Grupo Regional de Interconexión Eléctrica (GRIE). La presentación se ha dividido en dos volúmenes, el primero de los cuales resume los parámetros utilizados y resultados obtenidos a la fecha mencionada en los dos primeros modelos (CONCENTRABLE y MNI). El segundo volumen presenta los informes de trabajo sobre los resultados obtenidos en la aplicación del modelo CONCENTRABLE para cada uno de los países de la región.

Estos trabajos fueron elaborados por funcionarios de los organismos eléctricos nacionales enviados a México a participar en el Estudio Regional de Interconexión y, en consecuencia, sus conclusiones no representan necesariamente la opinión de las empresas para las cuales trabajan.

I. GUATEMALA

1. Introducción

La base fundamental que garantiza que una empresa de servicio eléctrico satisfaga las exigencias debidas al desarrollo económico, social y tecnológico, consecuencia lógica del proceso progresista de un país, reside en disponer de un plan de desarrollo en cuya concepción haya prevalecido el criterio de evaluar el momento propicio de utilizar los recursos naturales, humanos y financieros, optimizando con ello su aprovechamiento en beneficio del desarrollo integral del país.

El "Sistema Integrado de Planeamiento del Sector Eléctrico" es un grupo de modelos desarrollados por la Comisión Federal de Electricidad de México y Electricité de France que sigue esta filosofía e incorpora el cómputo electrónico para analizar con rapidez y efectividad los numerosos datos y variables que intervienen en la definición del plan de desarrollo. La explotación de estos modelos permite, ya que en ese sentido están enfocados, obtener:

- La definición de la política directriz a seguirse a largo plazo;
- La revisión de la política de desarrollo programada a mediano plazo, y
- Confirmación de la política de desarrollo en ejecución.

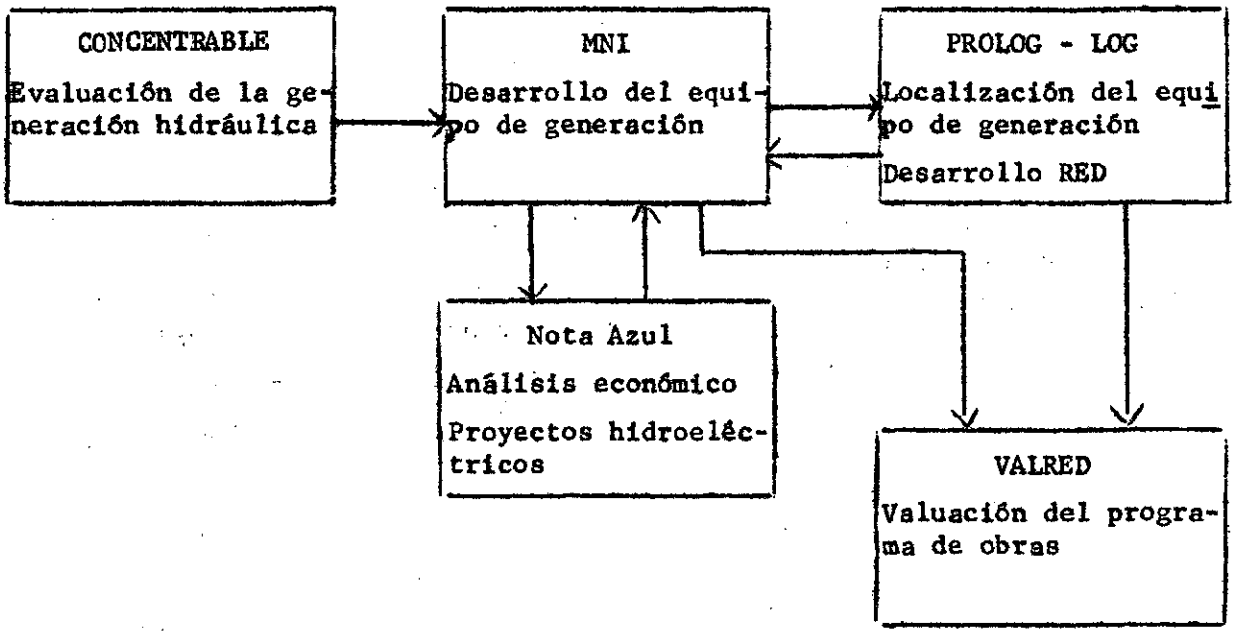
Este conjunto de modelos adquiere mayor relevancia en la planificación de largo y mediano plazo y sirve además como auxiliar para confirmar el programa de obras en ejecución.

Los modelos que constituyen este sistema son:

- Modelo CONCENTRABLE;
- Modelo Nacional de Inversiones (MNI);
- Valor económico de una Planta Hidroeléctrica (Nota Azul);
- PROLOG;
- LOG, y
- VALRED

En el diagrama que se presenta enseguida se describe brevemente el objetivo de cada modelo y su función dentro del esquema del sistema.

/CONCENTRABLE



En el proceso de formulación del plan de desarrollo es necesario determinar dos grandes rubros de obras: equipo de generación y red de transmisión. Por el momento se hará énfasis en los primeros.

Existen dos medios generatrices de energía: las centrales termoeléctricas y las hidroeléctricas.

En el equipo termoeléctrico en general la producción de potencia y energía es función de: las características técnicas (específicamente la potencia firme); la función asignada dentro de la operación del sistema: base o pico (vapor o turbogás, respectivamente), y el programa de mantenimiento.

Ello permite estimar su producción, en un período determinado, sin incurrir en mayores errores.

Por otro lado, cada planta hidroeléctrica constituye un caso particular, pues su producción se deriva de: las características técnicas de la central; sus obras físicas, y las condiciones hidrometeorológicas de la cuenca, y como éstas difieren en cada caso, es preciso analizar exhaustiva e independientemente cada planta.

Debido a la dificultad que representa estudiar el conjunto termohidroeléctrico en un solo modelo, el equipo térmico se analiza en el modelo MNI y el hidroeléctrico, en el CONCENTRABLE.

/2. Modelo

2. Modelo CONCENTRABLE

El Modelo CONCENTRABLE determina la disponibilidad máxima de potencia y energía de una planta hidroeléctrica, considerando las restricciones que imponen sus características técnicas, físicas y la influencia que sobre la producción puedan ejercer las condiciones hidrometeorológicas que la rigen, enmarcada en los términos de referencia:

- Bloques horarios representativos de la curva de duración de carga mensual,1/ y
- Año y meses requeridos.

Como la evaluación de la producción del conjunto de centrales tiene especial importancia por su utilidad en estudios posteriores, resulta interesante precisar la forma en que se integrará esta producción.

Toda agrupación de plantas por simple adición de las características técnicas de cada una y de sus escurrimientos conduce a suposiciones erróneas, excepto si existe proporcionalidad entra las potencias, capacidades de embalse y aportaciones de todas y cada una de las plantas consideradas. Pero como prácticamente es imposible que estas condiciones se presenten, el modelo calcula la concentración de potencia y energía,planta por planta, y en particular en las horas de máxima carga, de acuerdo con diferentes hidraulicidades y diversas tasas de vaciado de los embalses para efectuar de inmediato la suma de los CONCENTRABLES individuales y obtener así la disponibilidad máxima del conjunto por bloque horario, por mes y por año.

Cabe destacar que en este modelo no se hace referencia a la demanda a satisfacer.

a) Hipótesis principales

1) El CONCENTRABLE se calcula mensualmente, dividido en bloques horarios representativos de la curva de duración de carga mensual;

2) Las plantas se clasifican en cinco categorías: sobre-equipo (ampliaciones de potencia); hilo de agua; regulación semanal; regulación mensual, y regulación anual;

1/ En el apéndice 1 se determinan los bloques horarios.

/3) El modelo

3) El modelo supone que los escurrimientos se presentan uniformemente repartidos en el mes.

4) Se corrige la potencia mediante una tasa anual y única, representativa de la indisponibilidad y una mensual individualizada que permite expresar un programa de mantenimiento.

5) Se debe fijar una política de operación de los embalses de las plantas de regulación anual por medio de un nivel inicial y una tasa de vaciado (en porcentaje del volumen útil del embalse).

6) Se considera el caso de la restricción del uso de agua por compromisos de riego, si éstas existen.

7) Si la variación del nivel del embalse es significativo con respecto a la carga bruta de diseño de la planta, el modelo admite que: la potencia máxima varía con el exponente 1.5 de la altura de la caída y que el coeficiente energético oscila proporcionalmente a esa caída.

8) Considera la influencia que existe entre dos o más plantas en cascada.

b) Datos necesarios (Véase el apéndice 2)

Para cada central deben registrarse las características técnicas, las hidrológicas y otras importantes.

Las características técnicas son: potencia máxima; carga de diseño; carga máxima y mínima de operación; coeficiente energético promedio; coeficiente indicatorio de restricción por riego; coeficiente indicatorio si forma parte de un sistema en cascada.

Además para las plantas de regulación anual se requiere el volumen útil del embalse y parámetros indicatorios de la variación del volumen útil con respecto a la variación de la altura del mismo, tomando como referencia la cota de la bocatoma.

Las características hidrometeorológicas comprenden los escurrimientos mensuales o la generación real para un período común a todo el sistema y para plantas de regulación anual, lluvia promedio mensual y evaporación promedio mensual.

/Estos datos

Estos datos se grabaron en dos archivos permanentes cuya capacidad permite estudiar: 10 sistemas o regiones, 59 plantas hidroeléctricas individuales, 1 planta que unifica a todas aquellas de potencia menor a 10 MW, y todos los sistemas en cascada existentes.

Finalmente requieren otros datos importantes tales como: fecha en la que se desea hacer el estudio, duración de los bloques en que se ha dividido la curva de duración de carga mensual, coeficiente de indisponibilidad de las centrales, tasa de vaciado de las plantas de regulación anual y número de días laborables y fines de semana del año en consideración. Estos datos se suministran por medio de varias declaraciones "Name List".

c) Principales usos

El modelo tiene los siguientes usos principales:

1) Sensibilización del modelo con el sistema en estudio o viceversa.

2) Análisis de la política de operación de las centrales seguida en el pasado.

3) Estudio de la sensibilidad de la producción para diferentes tasas de vaciado de las plantas de regulación anual.

4) Clasificación de la hidraulicidad de los años.

5) Estudio de la producción de las plantas existentes o futuras.

6) Proporcionar datos hidráulicos necesarios en el modelo MNI.

3. Análisis de resultados

a) Sensibilidad del modelo

Como era de esperar, en las primeras corridas del modelo CONCENTRABLE se encontraron problemas motivados por las diferencias entre los sistemas centroamericanos y el de México, sistema para el cual fueron preparados los modelos. En consecuencia, se efectuaron cambios al programa sin variar por ello la filosofía original del modelo. Las corridas señalaron por otro lado la necesidad de modificar las características de Jurún Marinalá para encontrar una simulación dentro de límites aceptables. Estas modificaciones se describen en el apéndice 3.

/b) Análisis

b) Análisis de la política de operación de las centrales en el pasado

Por restricciones del modelo se agruparon las plantas Rio Hondo, San Luis, El Salto, Palin, Santa María y El Porvenir, asignándoles la generación de acuerdo con el criterio expuesto en el apéndice 4. Asimismo, por falta de información hidrológica, se introdujeron las generaciones reales de Jurún Marinalá para el período 1970-1973. Estas dos situaciones imposibilitan el análisis de la operación histórica de dichas plantas, la que sólo se puede verificar para el caso de Los Esclavos.

A continuación se presentan la generación real y del modelo, para la planta Los Esclavos:

Año	Generación real (GWh)	Generación del modelo (GWh)	Diferencia (%)
1967	49.34	61.03	24
1968	53.61	71.08	34
1969	70.54	82.07	16
1970	55.25	86.17	56
1971	58.82	64.89	10
1972	40.97	37.48	-9
1973	64.51	66.09	2

Las diferencias que se observan se deben en general a que el modelo está basado en la hipótesis de que la llegada de los escurrimientos a la presa de Los Esclavos es uniforme durante todo el mes, lo que implica de por sí una sobrestimación de la producción de la planta. Por otro lado, el modelo considera a Los Esclavos como planta base cuando en realidad se opera como planta pico. Debe mencionarse además que el modelo recibe como dato el volumen útil de diseño, pero éste se encuentra continuamente azolvado. Finalmente cabe destacar que al modelo no se le introdujo el programa de mantenimiento seguido en el pasado para dicha planta.

Particularizando cada año, se estima que varios sucesos pudieron en alguna forma modificar la producción real de la planta, entre ellos tenemos:

/Año

Año	Causa
1967-1968	Período de madurez de la planta
1969-1970	Temporal Septiembre 1969 y entrada en operación de la planta Jurún Marinalá

En el gráfico 1, se puede observar que a excepción de 1970, año de entrada en operación de Jurún Marinalá, el modelo sigue la tendencia histórica de la generación de la planta.

c) Estudio de la sensibilidad de la producción de las plantas de regulación anual para diferentes tasas de vaciado

Para obtener la mejor tasa de vaciado que permita representar una buena operación de la planta se tomaron en cuenta las siguientes restricciones:

1) El nivel de embalse en enero del año en estudio debe ser idéntico al de enero del siguiente año.

2) La tasa de vaciado debe permitir que la planta genere a plena potencia durante los dos primeros bloques horarios y por lo menos al 50% en el tercero, lo que equivaldría a esperar que la planta genere a plena potencia durante los dos primeros bloques y a la mitad durante el tercero. La generación en estas condiciones corresponde a una operación a plena potencia de 210 horas al mes, o sea 7 horas al día, lo que se considera suficiente para ayudar a cubrir diariamente la demanda solicitada en las horas de mayor carga.

Con base en los criterios expuestos se procedió, contando con los escurrimientos de 1964-1969, a analizar seis tasas de vaciado que se describen en los cuadros 1 a 6 y los gráficos 2 a 7. Se inició el proceso analizando los resultados para dos tasas de vaciado totalmente diferentes. La No. 1 que simula que no existe el embalse y la No. 2, en la cual el vaciado del embalse, en los primeros 6 meses es casi completo. Ello permitió comprobar que para la tasa No. 1, en la temporada seca, no es posible cumplir con los requerimientos esperados, mientras en la No. 2 los problemas se presentan en la temporada húmeda, hasta presentarse el caso de que la planta

/no genera

no genera en el mes de septiembre de tres de los seis años analizados por el hecho de tener que utilizar el caudal que llega para llenar el embalse.

Partiendo de esta base, se modificó sucesivamente la política de vaciado, satisfaciendo adecuadamente las exigencias planteadas en la tasa No. 6, la cual permitirá, como se ha expresado anteriormente, representar dentro de límites aceptables, una adecuada operación de la planta Jurún Marinalá.

d) Clasificación de la hidraulicidad

Considerando la hipótesis de que la generación anual es representativa de la hidraulicidad de una región, se analizaron estadísticamente las generaciones obtenidas para las centrales existentes a 1980 a través de los escurrimientos de 1964 a 1973, determinándose los siguientes años típicos:

1967 como año seco

1965 como medio

1966 como húmedo. (Véase el apéndice 5.)

e) Producción de las plantas hidroeléctricas

1) Los Esclavos

La generación esperada es:

Año	GWh	Hidraulicidad
1964	74	
1965	58	Medio
1966	76	Húmedo modelo
1967	61	Seco modelo
1968	72	
1969	82	
1970	86	Más húmedo
1971	65	
1972	37	Más seco
1973	66	
Promedio:	68 GWh	

Como puede comprobarse, los años críticos para la planta Los Esclavos no corresponden a los del sistema.

/Cuadro 1

Cuadro 1

TASA DE VACIADO No. 1

	1964			1965			1966			1967			1968			1969		
	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%
E	2	31		3	4		2	27	49	2	36		2	18	33	2	15	27
F	2	28	50	2	38		2	26	46	2	33		2	23	40	2	10	18
M	2	23	41	2	30		2	18	31	2	37		2	24	43	2	42	
A	2	30		2	45		4			2	33		2	28	50	2	46	
M	2	27	48	2	44		2	19	33	2	46		2	41		2	51	
J	2	55		3	37		3	26		2	50		3	18		2	33	
J	5	4		4	18		5	15		2	52		3	35		4	17	
A	5	16		3	31		5	18		2	55		2	39		4		
S	6			2	53		5	2		2	51		3	8		4	47	
O	4	4		4	49		4	37		2	54		2	43		3	45	
N	2	43		2	45		2	55		2	30		2	35		2	41	
D	3	10		2	33		2	50		2	27	49	2	37		2	41	

Nota: En las columnas de porcentaje solamente se indican los casos en que la potencia en el tercer bloque es menor que 50%.
NB: Corresponde al último bloque en que la planta generó a plena potencia.
NB+1: Corresponde a la potencia que la planta entrega en el siguiente bloque de NB.

/Cuadro 2

Cuadro 2

TASA DE VACIADO NO. 2

	1964			1965			1966			1967			1968			1969		
	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%
E	2	51		4	4		2	47		2	55		2	38		2	34	
F	2	49		3	7		2	47		2	53		2	43		2	31	
M	2	49		2	55		2	43		3	18		2	50		3	36	
A	3	4		3	46		5	9		3	12		3			3	49	
M	3	26		4	23		3			4	30		4	14		4	43	
J	2	36		2	49		2	45		2	30		2	43		2	13	23
J	4	4		3	13		4	31		2	31		2	47		3	12	
A	3	50		2	33		4			2	22	39	2	7	12	2	42	
S	5	35		0			2	24	43	0			0			2	18	32
O	3	10		4			3	44		2	35		2	25	44	3		
N	3	2		3	9		3	38		2	43		2	49		3		
D	4	5		2	50		3	32		2	45		2	55		4	7	

Nota: En las columnas de porcentaje solamente se indican los casos en que la potencia en el tercer bloque es menor que 50%.

NB: Corresponde al último bloque en que la planta generó a plena potencia.

NE+1: Corresponde a la potencia que la planta entrega en el siguiente bloque de NB.

/Cuadro 3

Cuadro 3

TASA DE VACIADO NO. 3

	1964			1965			1966			1967			1968			1969		
	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%
E	3	46		5	4		3	34		4	2		3	8		2	56	
F	3	14		3	42		3	5		3	26		2	55		2	42	
M	2	49		2	55		2	43		3	18		2	50		3	36	
A	2	56		3	41		5	7		3	7		2	54		3	43	
M	2	48		3	26		2	39		3	33		3	17		3	46	
J	2	56		3	37		3	25		2	50		3	18		2	33	
J	3	55		3	56		4	26		2	29		2	45		3	7	
A	4	15		2	40		4	22		2	29		2	13		2	49	
S	6			2	21	37	3	21		2	19	34	2	27	48	3	6	
O	2	44		3	11		2	56		2	19	34	2	9	16	2	38	
N	2	14	25	2	16	29	2	26	46	2		0	2	6	11	2	12	21
D	3	10		2	32		2	50		2	29		2	37		2	41	

Nota: En las columnas de porcentaje solamente se indican los casos en que la potencia en el tercer bloque es menor que 50%.

NB: Corresponde al último bloque en que la planta generó a plena potencia.

NB+1: Corresponde a la potencia que la planta entrega en el siguiente bloque de NB.

/Cuadro 4

Cuadro 4

TASA DE VACIADO NO. 4

	1964			1965			1966			1967			1968			1969		
	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%
E	3	5		4	24		2	54		3	18		2	45		2	42	
F	2	40		2	49		2	37		2	44		2	52		2	40	
M	3	26		3	45		3	8		4	10		2	46		3	26	
A	3			3	41		5	7		3	7		2	49		3	28	
M	2	37		2	55		2	29		3	1		2	52		3	14	
J	2	49		3	15		3	3		2	43		3	18		2	33	
J	4	14		3	23		4	41		2	34		2	51		3	22	
A	3	50		2	33		4			2	22	39	2	15	27	2	50	
S	6			2	37		4	13		2	35		2	34		3	27	
O	2	55		3	41		3	29		2	30		2	20	36	2	49	
N	2	25	44	2	27	48	2	37		2	11	20	2	17	30	2	23	41
D	3	10		2	33		2	50		2	26	46	2	38		2	41	

Nota: En las columnas de porcentaje solamente se indican los casos en que la potencia en el tercer bloque es menor que 50%.
NB: Corresponde al último bloque en que la planta generó a plena potencia.
NE+1: Corresponde a la potencia que la planta entrega en el siguiente bloque de NB.

/Cuadro 5

Cuadro 5

TASA DE VACIADO NO. 5

	1964			1965			1966			1967			1968			1969		
	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%
E	3	5		4	24		2	54		3	18		2	45		2	42	
F	2	40		2	49		2	37		2	44		2	34		2	22	39
M	3	26		3	45		3	8		4	10		3	28		4	20	
A	3			3	41		5	7		3	7		2	54		3	44	
M	2	37		2	55		2	29		3	1		2	51		3	15	
J	2	49		3	15		3	3		2	43		2	55		2	26	46
J	4	14		3	23		4	41		2	34		2	50		3	24	
A	3	50		2	33		4			2	22	39	2	7	12	2	42	
S	6			2	37		4	13		2	35		2	43		3	55	
O	2	55		3	41		3	29		2	30		2	20	36	2	49	
N	2	25	44	2	27	48	2	37		2	11	20	2	17	30	2	23	41
D	3	10		2	33		2	50		2	26	46	2	37		2	41	

Nota: En las columnas de porcentaje solamente se indican los casos en que la potencia en el tercer bloque es menor que 50%.

NB: Corresponde al último bloque en que la planta generó a plena potencia.

NB+1: Corresponde a la potencia que la planta entrega en el siguiente bloque de NB.

/Cuadro 6

Cuadro 6

TASA DE VACIADO No. 6

	1964			1965			1966			1967			1968			1969		
	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%	NB	NB+1 MW	%
E	2	47		3	50		2	43		2	52		2	34		2	31	
F	2	47		3			2	44		2	52		2	41		2	29	
M	2	41		2	47		2	35		2	54		2	41		3	10	
A	2	41		3			4	32		2	44		2	39		3	2	
M	2	30		2	47		2	22	39	2	50		2	44		2	54	
J	2	50		3	20		3	9		2	44		3			2	28	
J	4	19		3	28		4	46		2	36		2	52		3	27	
A	4	42		2	49		4	48		2	37		2	22	39	3	3	
S	6			2	35		4	8		2	34		2	41		3	49	
O	3	35		4	25		4	12		2	45		2	34		3	20	
N	2	42		2	45		2	54		2	29		2	34		2	41	
D	3	10		2	33		2	50		2	27	48	2	37		2	41	

Nota: En las columnas de porcentaje solamente se indican los casos en que la potencia en el tercer bloque es menor que 50%.

NB: Corresponde al último bloque en que la planta generó a plena potencia.

NB+1: Corresponde a la potencia que la planta entrega en el siguiente bloque de NB.

/Gráfico 1

Gráfico 1

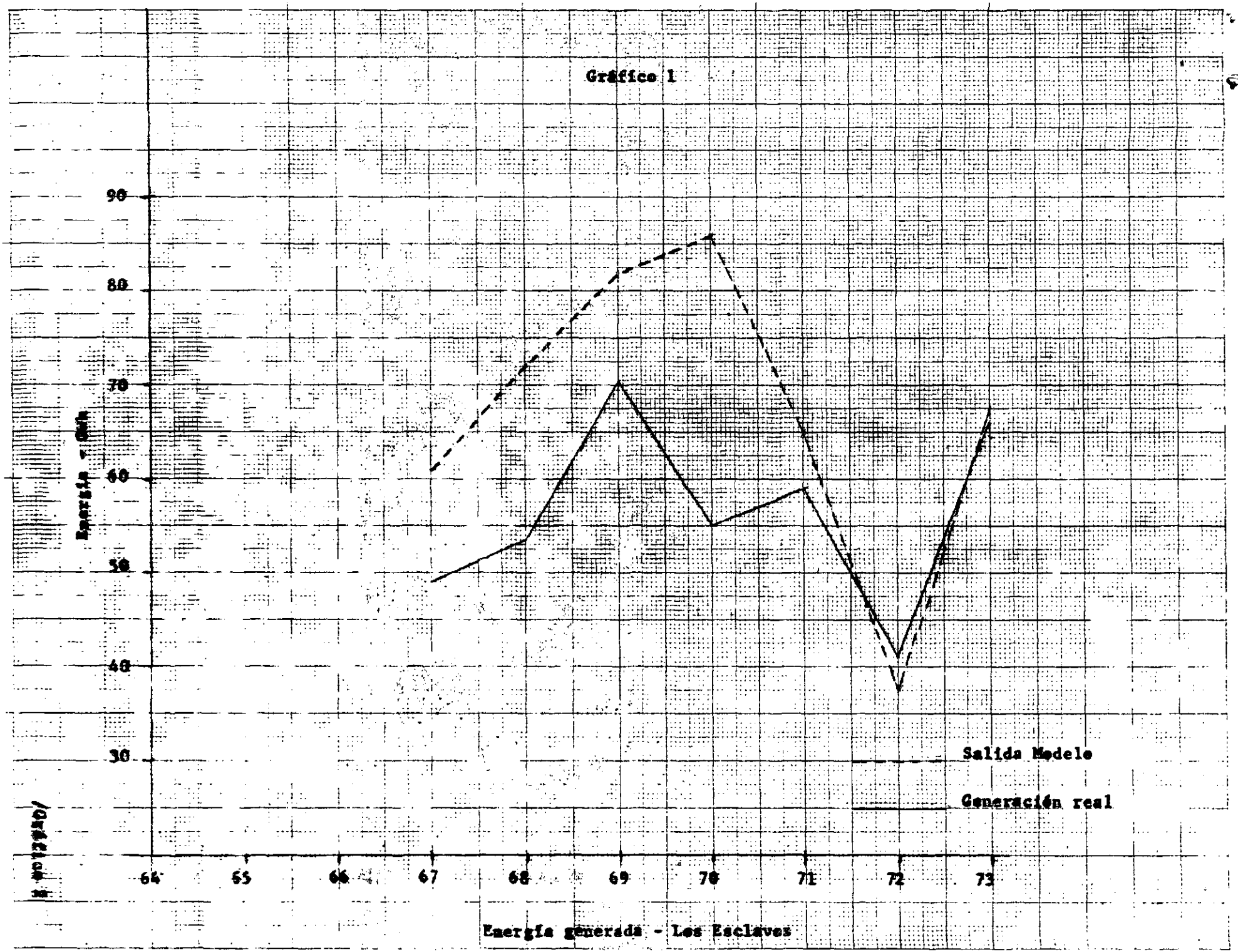
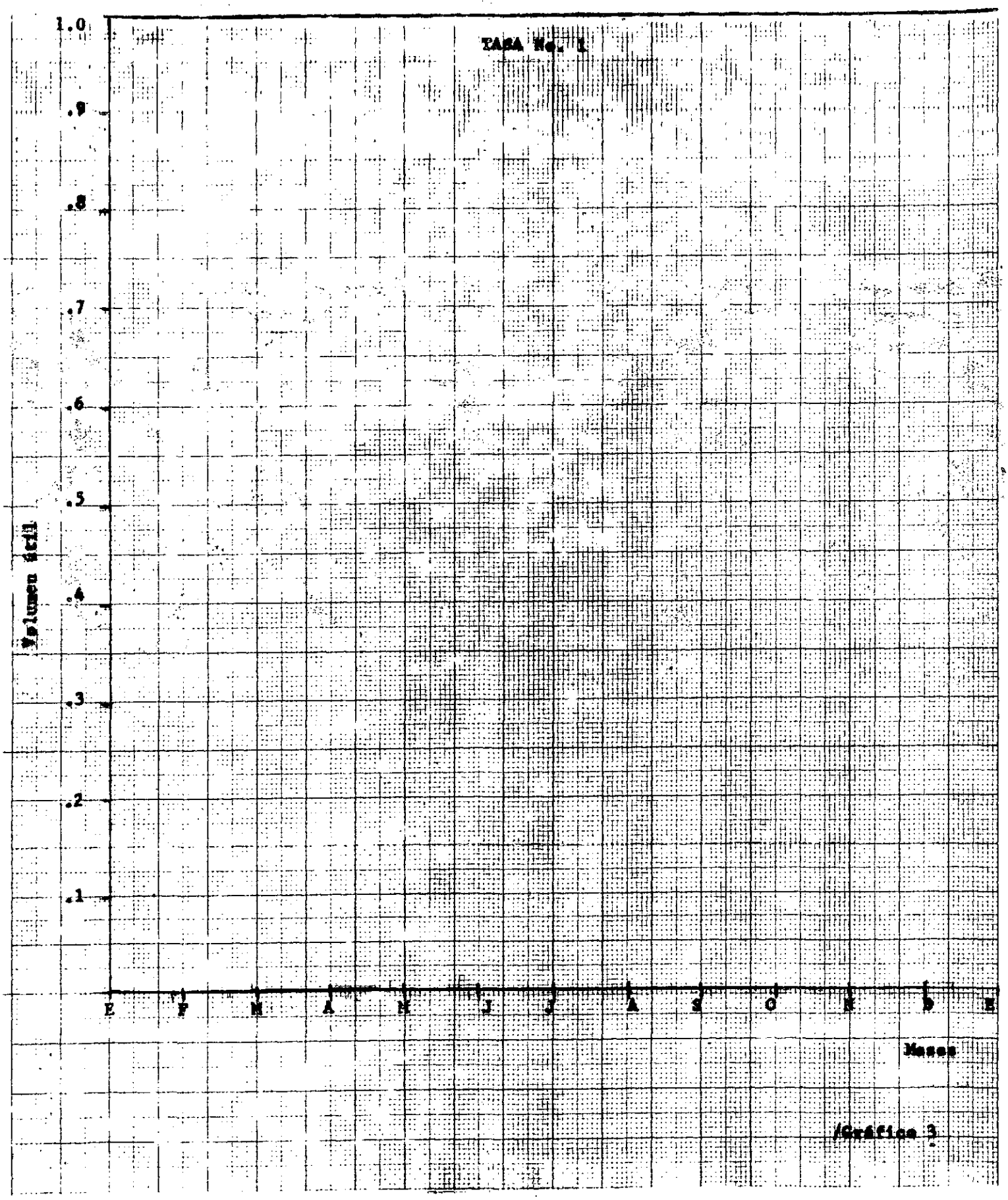
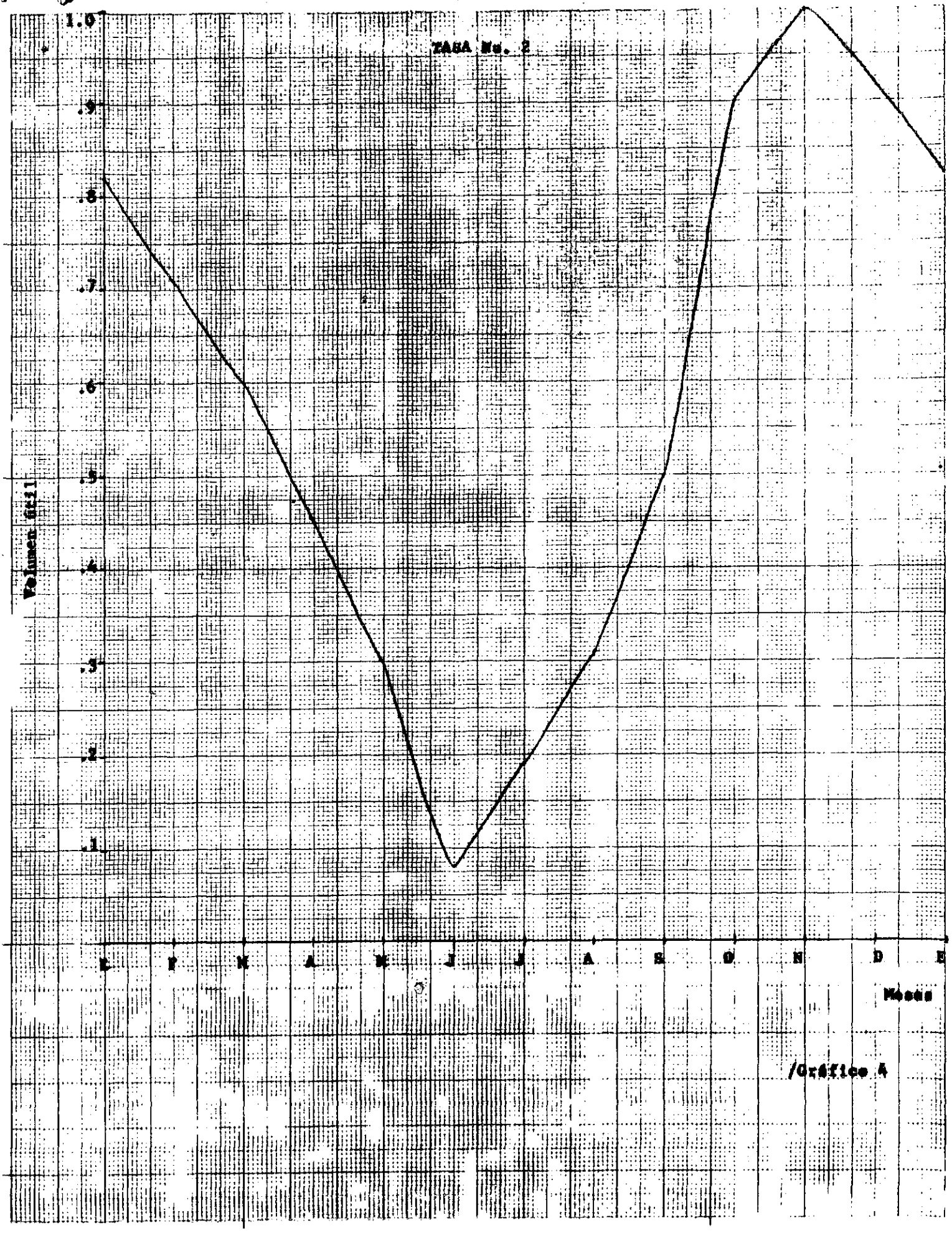

90
80
70
60
50
40
30
Energía - GWh
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
Energía generada - Los Esclavos
Salida Modelo
Generación real

Gráfico 2



/Gráfico 3

Gráfico 3



/Gráfico 4

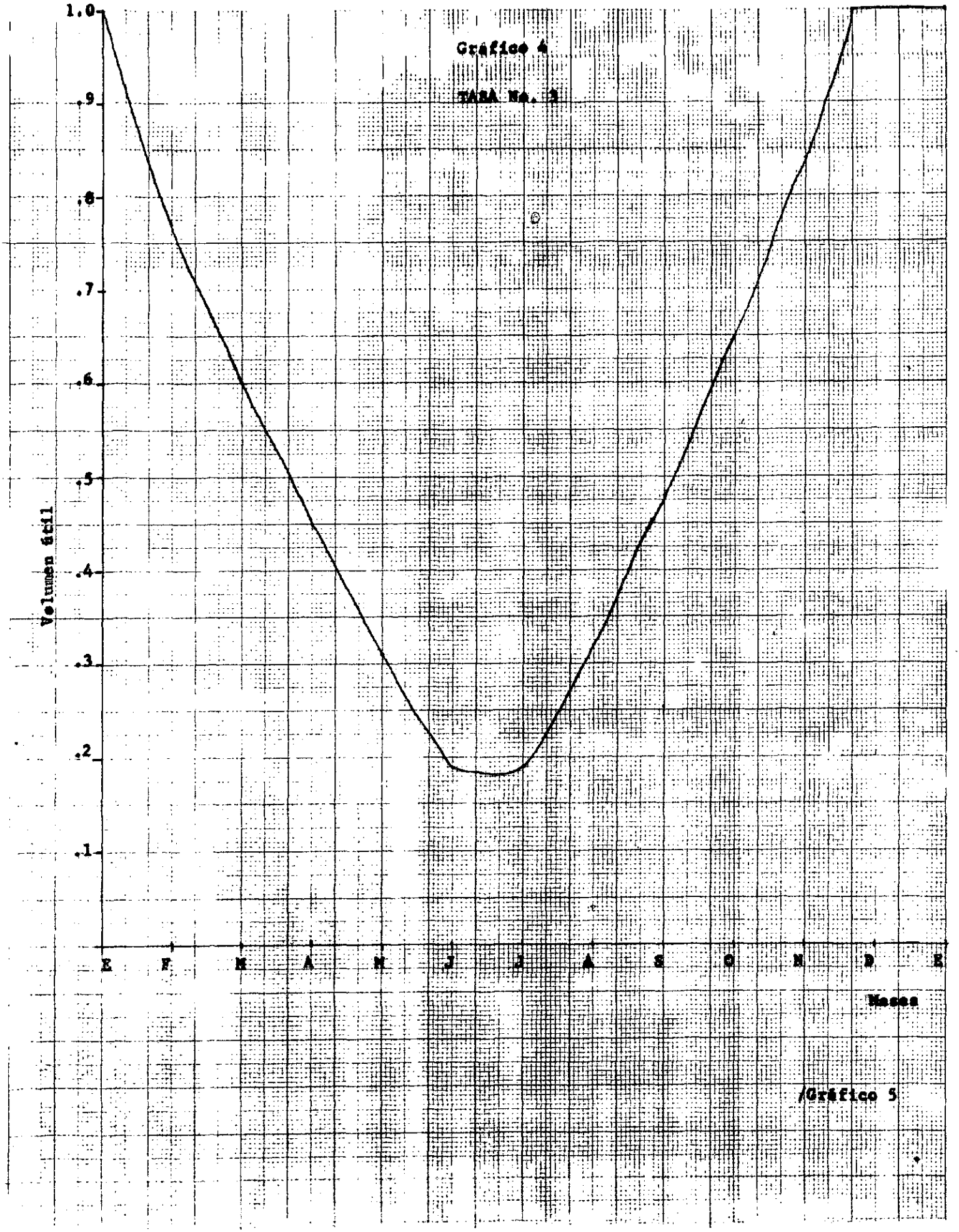


Gráfico 4
TABA No. 3
1.0
.9
.8
.7
.6
.5
.4
.3
.2
.1
Volumen útil
E
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
Meses

/Gráfico 5

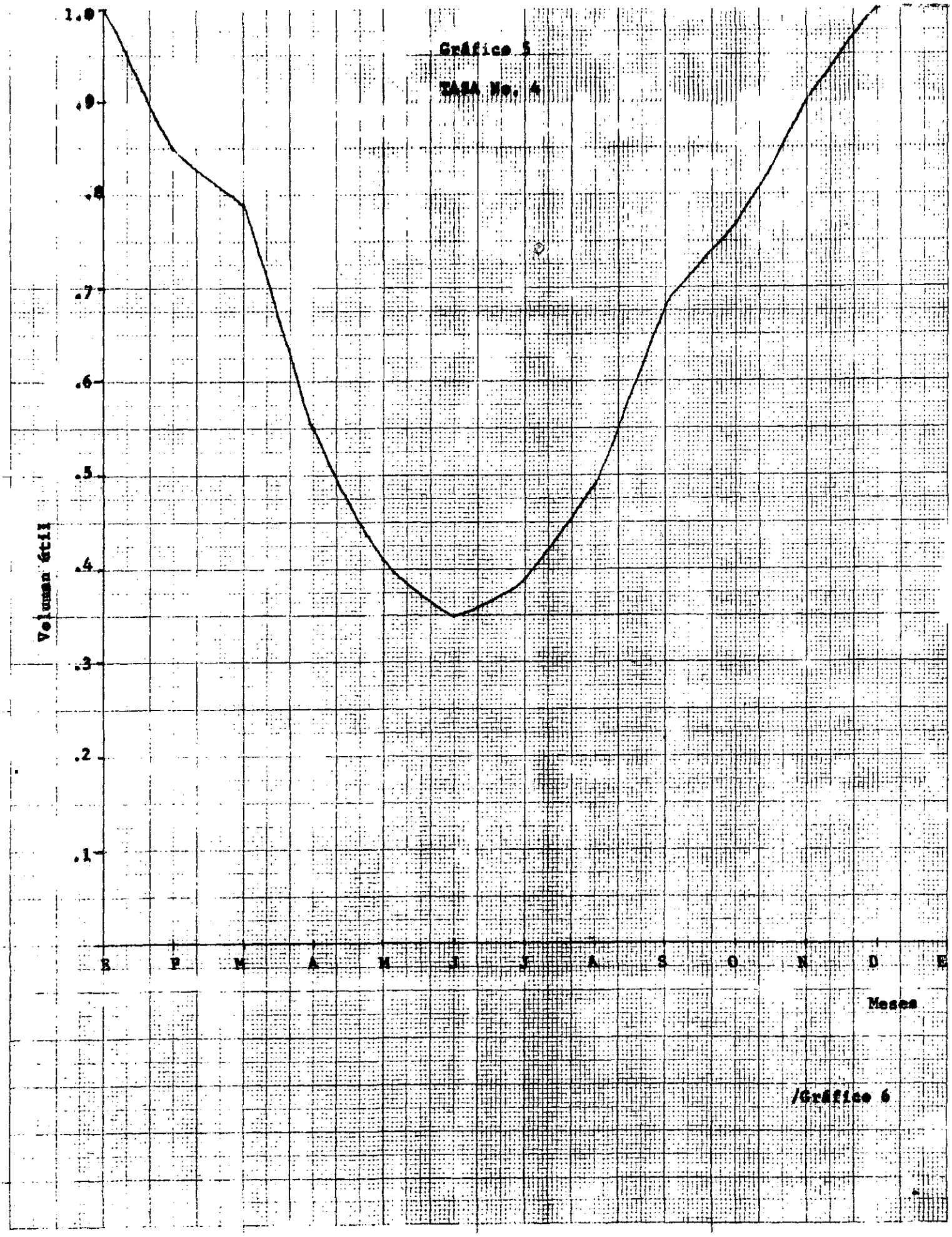


Gráfico 5
TASA No. 4
1.0
.9
.8
.7
.6
.5
.4
.3
.2
.1
Volumen útil
E
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
Meses

/Gráfico 6

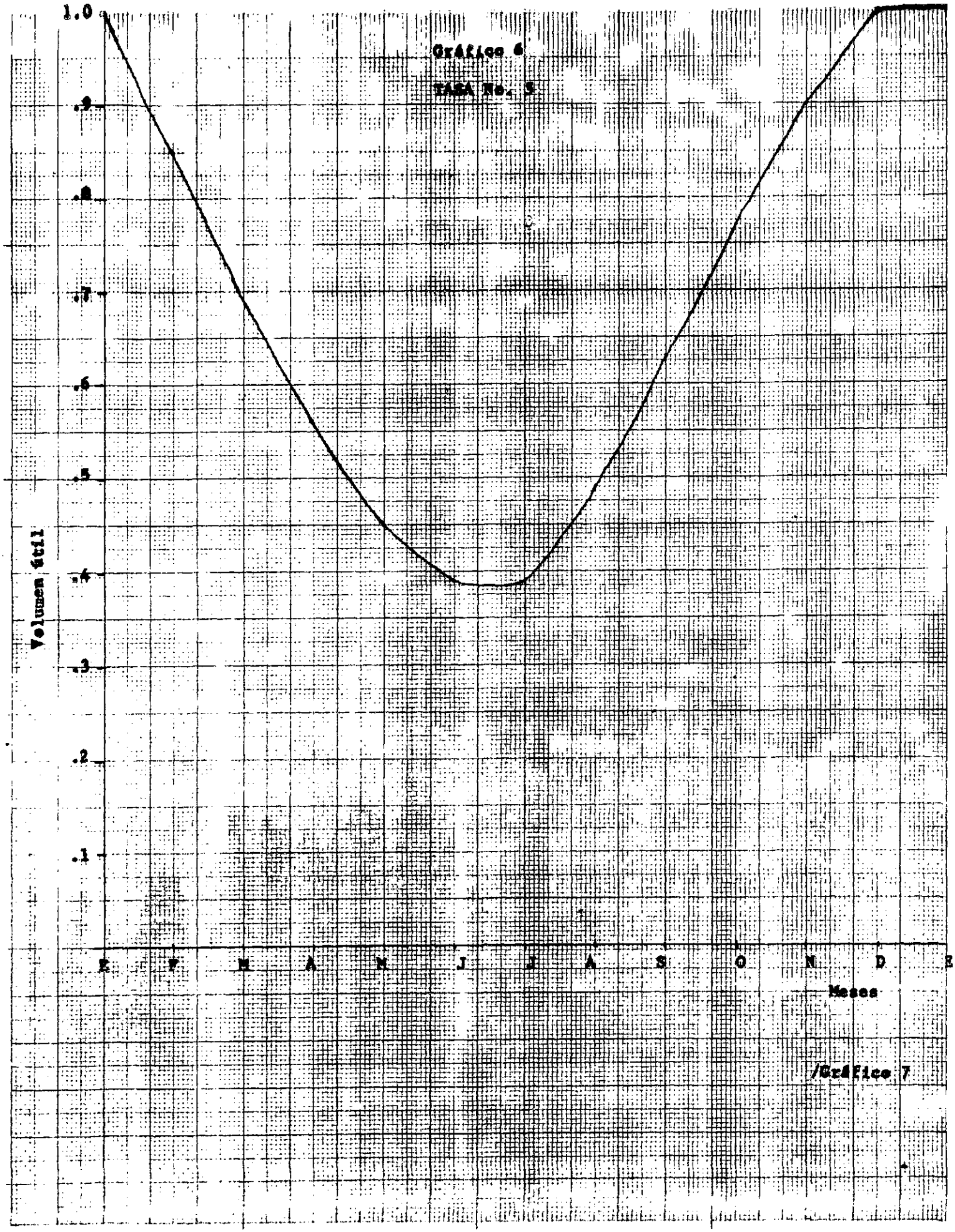


Gráfico 6
TASA No. 5
1.0
.9
.8
.7
.6
.5
.4
.3
.2
.1
Volumen útil
E F M A M J J A S O N D E
Meses

/Gráfico 7

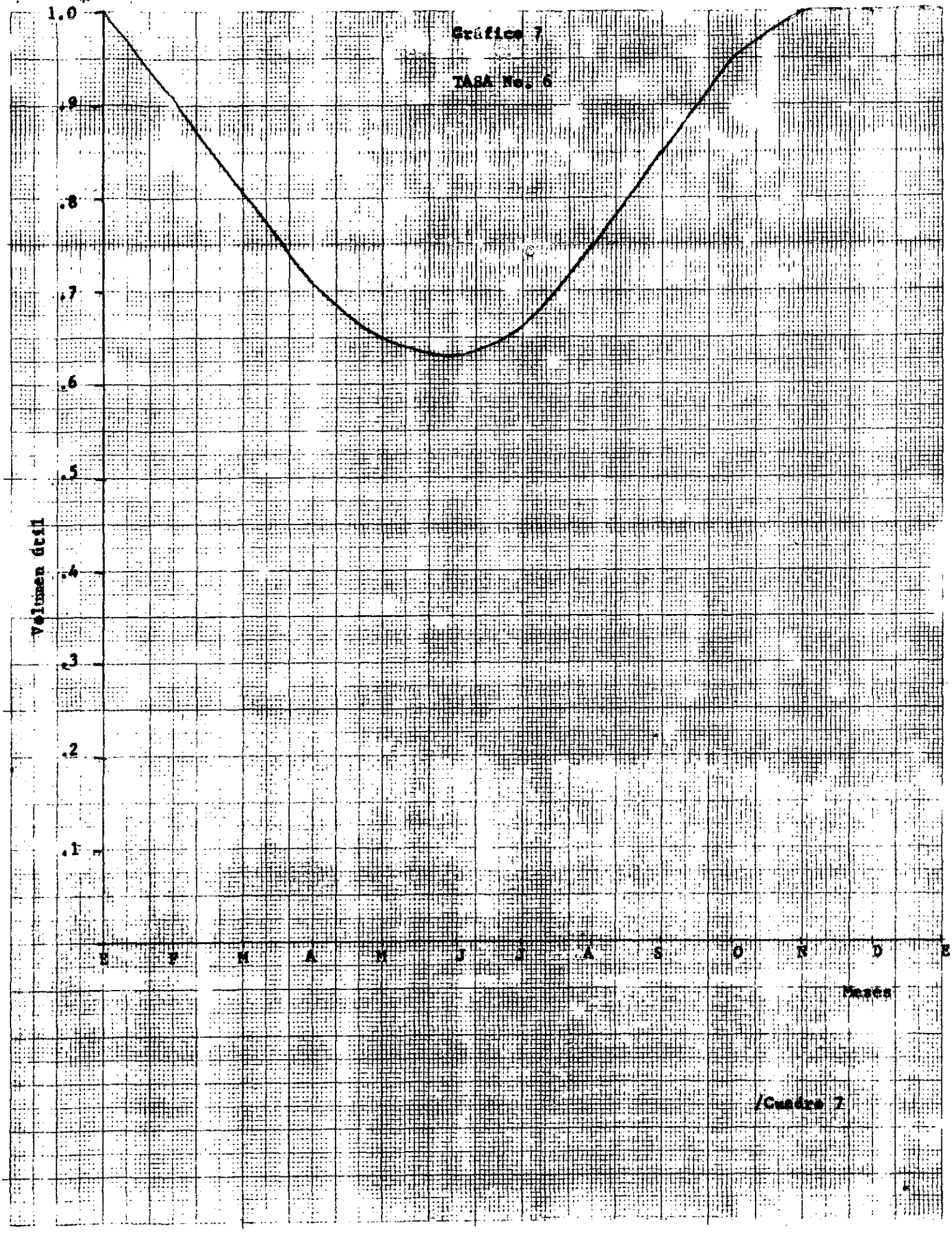


Gráfico 7
TASA No. 6
1.0
.9
.8
.7
.6
.5
.4
.3
.2
.1
Volumen útil
E F M A M J J A S O N D E
Meses

/Cuadro 7

Cuadro 7

LOS ESCLAVOS: PRODUCCION EN AÑOS CRITICOS

	Año seco		Año medio		Año húmedo	
	Potencia (MW)	Energía (GWh)	Potencia (MW)	Energía (GWh)	Potencia (MW)	Energía (GWh)
Enero	3.2	2.4	2.8	2.1	2.8	2.1
Febrero	2.8	1.9	2.3	1.5	3.3	2.3
Marzo	2.6	1.9	1.9	1.4	2.6	1.9
Abril	4.3	3.1	2.7	1.9	4.1	3.0
Mayo	3.4	2.5	4.6	3.4	9.4	7.0
Junio	11.1	8.0	12.8	9.2	13.6	9.8
Julio	6.7	5.0	7.2	5.3	13.6	10.1
Agosto	13.1	9.7	9.0	6.7	13.6	10.1
Septiembre	13.6	9.8	13.6	9.8	13.6	9.8
Octubre	13.6	10.1	13.6	10.1	13.6	10.1
Noviembre	5.7	4.1	5.3	3.8	8.7	6.3
Diciembre	3.4	2.5	3.4	2.6	4.3	3.2
		60.3		57.8		75.6

En el cuadro 7 y los gráficos 8 y 9 se muestra el comportamiento esperado por esta planta en los años críticos.

2) Jurún Marinalá

De acuerdo con el informe de preinversión de Jurún Marinalá y con el modelo, la producción es:

	Informe (GWh)	Modelo (GWh)	Diferencia (%)
Año hidrológico húmedo	-	239	
Año hidrológico medio	196	214	9
Año hidrológico seco	162	167	3

/Gráfico 8

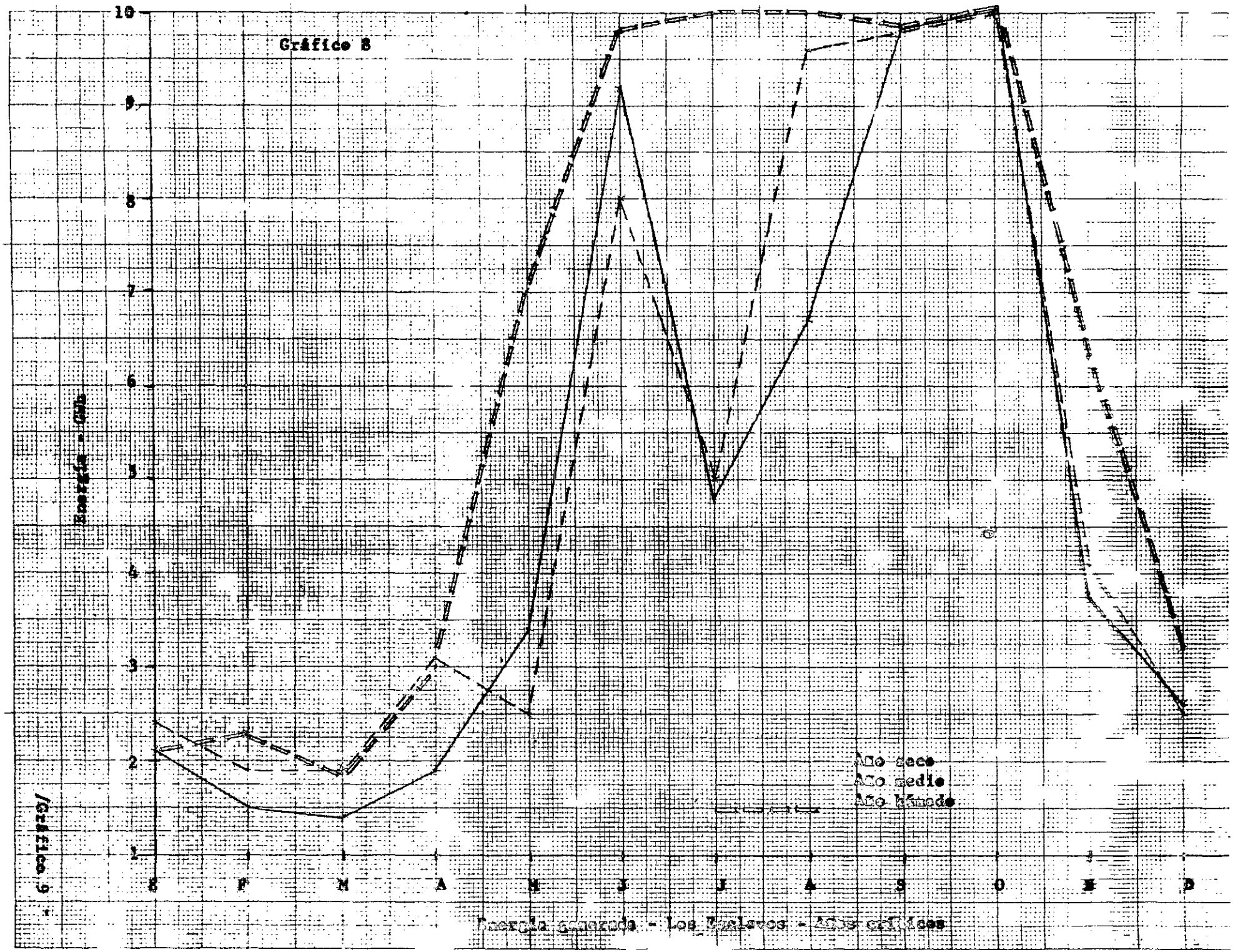
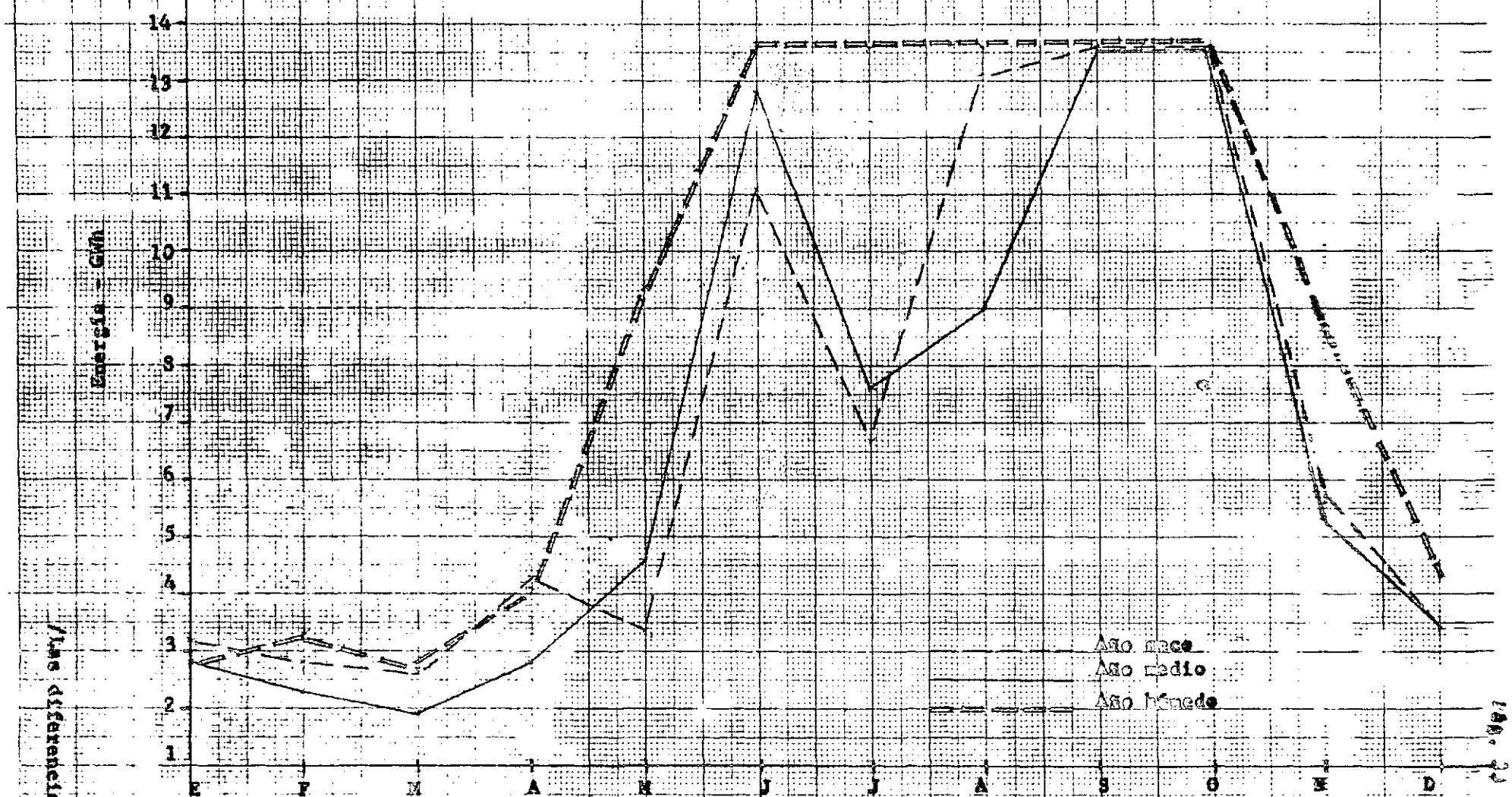


Gráfico B
Energía - GWh
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
E
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
Año seco
Año medio
Año húmedo
Energía generada - Los Toralevos - Años críticos

/Gráfico 9

Gráfico 9



Potencia entregada- Los Leones- Años críticos

/Las diferencias

Las diferencias son lógicas, si se toma en cuenta que en el informe, los años críticos y los caudales medios y extremos se encontraron por medio de una información más completa.

Se establece también que la producción de la planta es:

Año calendario	(GWh)	Hidraulicidad
1964	241	
1965	219	Medio
1966	240	Húmedo modelo
1967	179	Seco modelo
1968	172	
1969	204	
1970	207*	Más húmedo
1971	196*	
1972	177*	Más seco
1973	173*	
Promedio	201	

* Generación real

Año hidrológico	Estación húmeda (GWh)	Estación seca (GWh)	Total (GWh)
1964/65	146	111	256
1965/66	116	98	214
1966/67	136	103	239
1967/68	89	78	167
1968/69	90	75	165
1969/70	114	89	203
1970/71	114	104	218
1971/72	91	101	192
1972/73	89	78	167

En el cuadro 8 y en el gráfico 10, se presenta el comportamiento de la planta en los años críticos.

/Cuadro 8

Cuadro 8

JURUN MARINALA: PRODUCCION EN AÑOS CRITICOS

	Año seco		Año medio		Año húmedo	
	Potencia (MW)	Energía (GWh)	Potencia (MW)	Energía (GWh)	Potencia (MW)	Energía (GWh)
Enero	56.3	17.6	56.3	23.4	56.3	15.3
Febrero		16.4		17.6		14.7
Marzo		18.6		16.8		13.5
Abril		14.9		18.0		26.0
Mayo		17.6		17.0		10.0
Junio		15.9		20.8		19.9
Julio		13.4		21.4		28.2
Agosto		14.3		17.4		28.6
Septiembre		12.6		13.1		24.1
Octubre		15.3		25.9		24.7
Noviembre		11.5		15.6		18.1
Diciembre		11.9		12.6		17.1

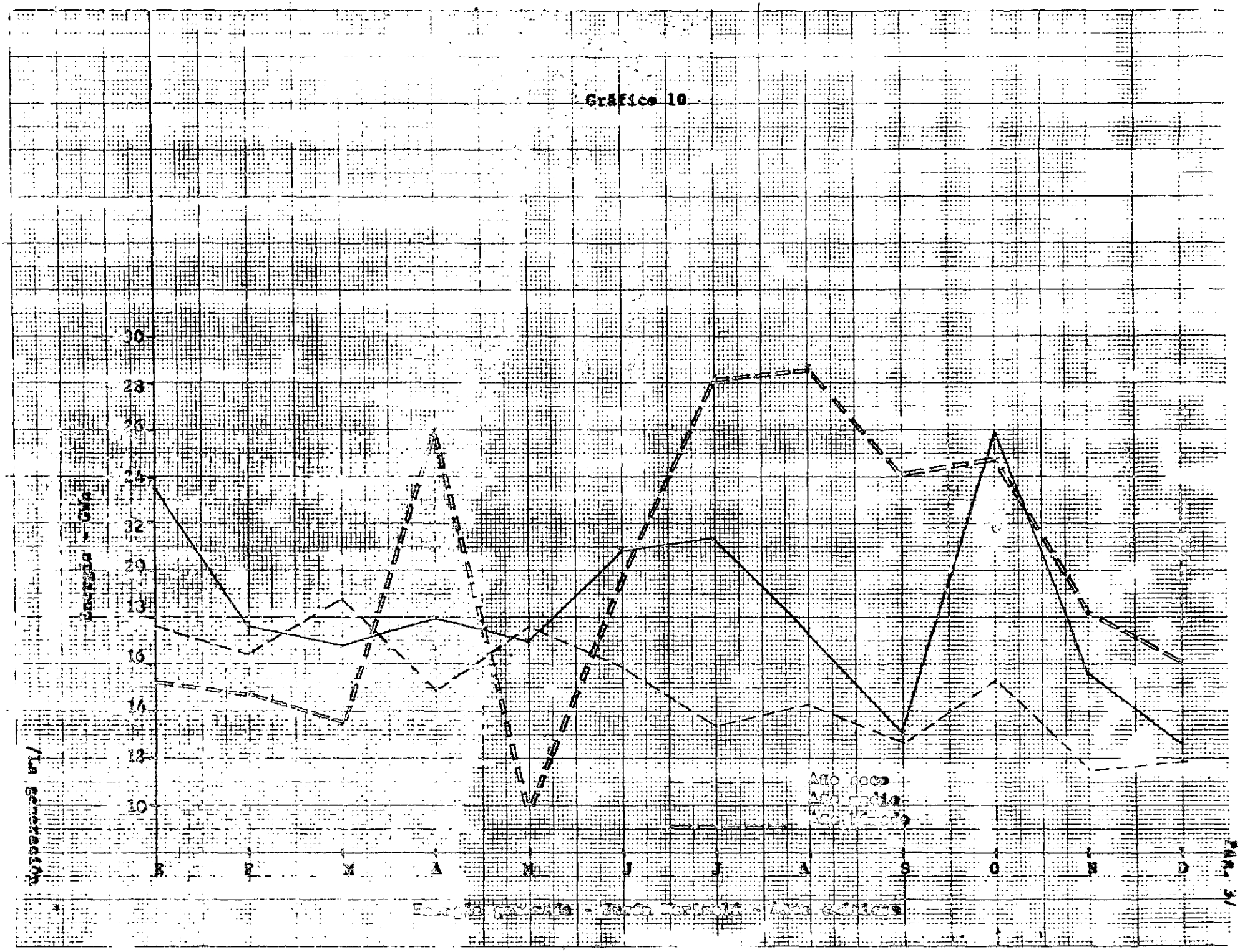
3) <u>María Linda</u>

	GWh		Diferencia (porcentaje)
	Informe	Modelo	
Producción anual media	402.5	389.0	3.5
Estación seca	124.0	131.0	-5.7
Estación húmeda	278.5	258.0	8.0

Estas diferencias se consideran aceptables.

/Gráfico 10

Gráfico 10



/La generación

Fuente generada - Zona Metropolitana - Año gráfico

PAR. 3/

La generación fue la siguiente:

Año calendario	GWh	Hidraulicidad
1964	421	
1965	372	Medio
1966	458	Húmedo modelo
1967	288	Seco modelo
1968	376	
1969	459	
1970	500	Más húmedo
1971	376	
1972	261	Más seco
1973	352	
Promedio:	386	

Años hidrológicos	Estación húmeda	Estación seca	Total
1964/65	299	126	425
1965/66	248	119	367
1966/67	344	130	474
1967/68	171	98	269
1968/69	255	134	389
1969/70	309	184	493
1970/71	308	185	493
1971/72	234	104	338
1972/73	157	96	253
Promedio :	258	131	389

En el cuadro 9 y en los gráficos 11 y 12 se presenta la operación de la planta en años críticos.

/Cuadro 9

Cuadro 9

MARIA LINDA: PRODUCCION EN AÑOS CRITICOS

Mes	Año seco		Año medio		Año húmedo	
	Potencia (MW)	Energía (GWh)	Potencia (MW)	Energía (GWh)	Potencia (MW)	Energía (GWh)
Enero	27.5	20.5	25.0	18.6	20.8	15.5
Febrero	24.6	16.5	23.2	15.6	22.1	14.9
Marzo	28.3	21.0	22.2	16.5	20.7	15.4
Abril	26.9	19.4	20.6	14.8	21.2	15.3
Mayo	20.1	14.9	23.4	17.4	31.4	23.4
Junio	30.9	22.2	47.0	33.8	87.3	62.9
Julio	31.0	23.1	41.0	30.5	87.3	65.0
Agosto	34.8	25.9	51.6	38.4	87.3	65.0
Septiembre	57.4	41.3	87.3	62.9	87.3	62.9
Octubre	59.5	44.3	87.3	65.0	87.3	65.0
Noviembre	29.1	21.0	55.9	40.2	40.6	29.2
Diciembre	24.0	17.8	24.3	18.1	31.3	23.3

4) Producción de las centrales existentes a 1980.

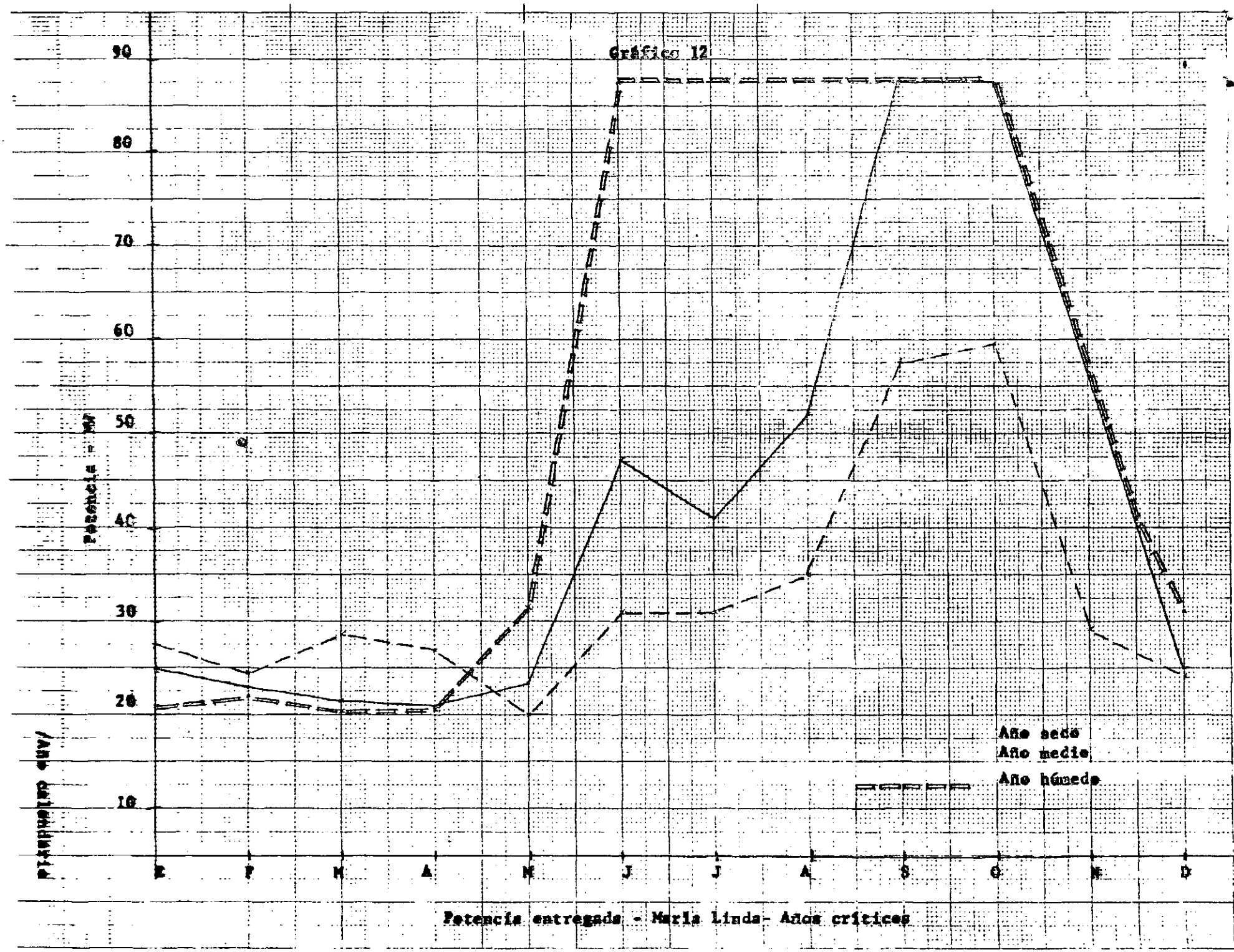
El apéndice 6 muestra la producción nacional de potencia y energía de las plantas hidroeléctricas existentes a 1980 para los años críticos, como sigue:

/Gráfico 11

Gráfico 11

Energía generada - María Linda - Años críticos

/Gráfico 12



Potencia entregada - María Linda- Años críticos

Año calendario (GWh)	Año hidrológico (GWh)			Hidraulicidad
	Estación húmeda	Estación seca	Total	
934	551	388	939	Año más húmedo
910	607	320	927	Año húmedo modelo
787	478	300	788	Año medio
673	379	262	641	Año seco modelo
625	349	255	604	Año más seco
Promedio: 799				

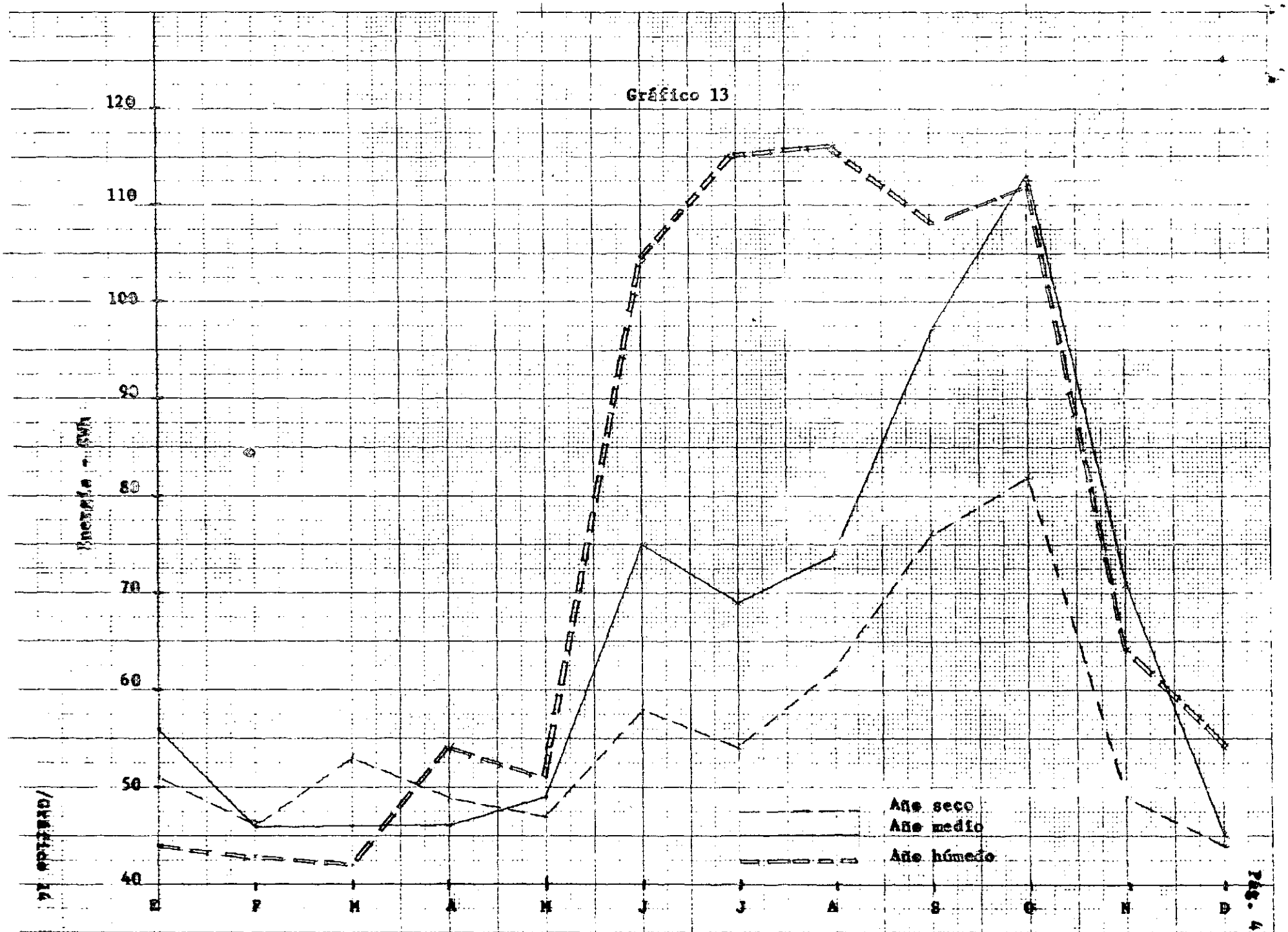
Los gráficos 13 y 14 incluyen la disponibilidad de potencia y energía para dichos años.

4. Conclusiones

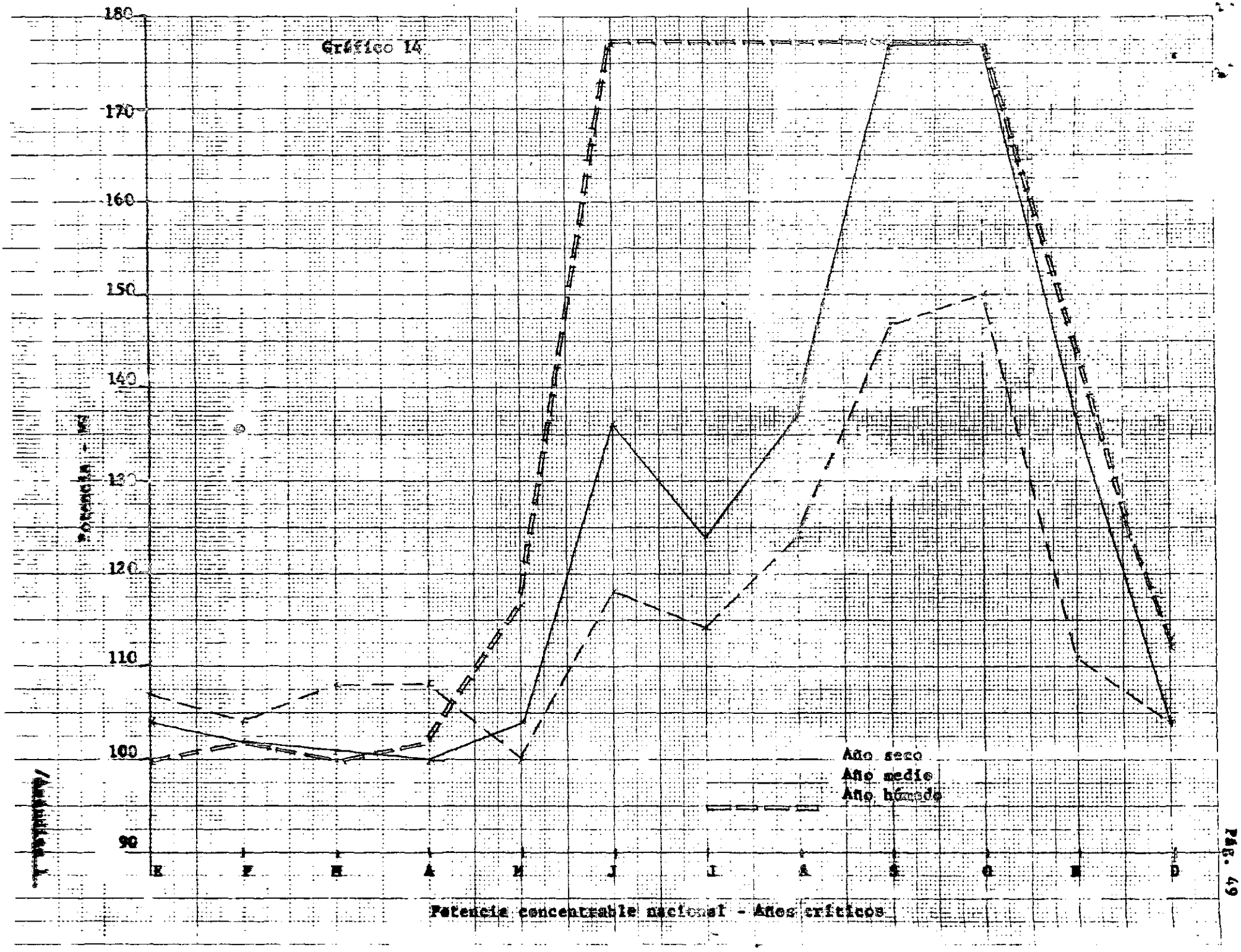
1. El modelo CONCENTRABLE permitió conocer la disponibilidad máxima de potencia y energía hidráulica del conjunto de plantas previstas para el año 1980.
2. Los resultados de la operación simulada por el modelo con los de la operación real del sistema, en aquellos casos en que pudo realizarse, muestran que el modelo representa adecuadamente el sistema dentro de una precisión aceptable.
3. La muestra hidrológica, seleccionada de 10 años por razones de escasez de información, parece muy corta y puede limitar la validez de las conclusiones obtenidas. En el futuro es recomendable incrementar el banco de datos hidrológicos.
4. Las características técnicas de las centrales incluidas en el estudio han sido las definidas en los estudios de factibilidad correspondientes. Probablemente el análisis más detallado del desarrollo del sistema que se estudiará más adelante determinará cambios en dichas características. En tal caso, los estudios con el modelo CONCENTRABLE deberán actualizarse.

/Gráfico 13

Gráfico 13



Energía concentrable nacional - Años críticos



Potencia concentrable nacional - Años críticos

Apéndice 1

DURACION DE LOS BLOQUES HORARIOS

La metodología se basa en el criterio de que el factor de carga del sistema no cambia a lo largo de todo el período en estudio. Debido a esta circunstancia es preciso introducir al modelo una curva de duración de carga mensual (CDCM), que sea representativa de las variaciones futuras. El modelo CONCENTRABLE permite esquematizar la CDCM en 6 bloques horarios, que para el caso de Guatemala se ajusta adecuadamente. (Véase el gráfico 15.)

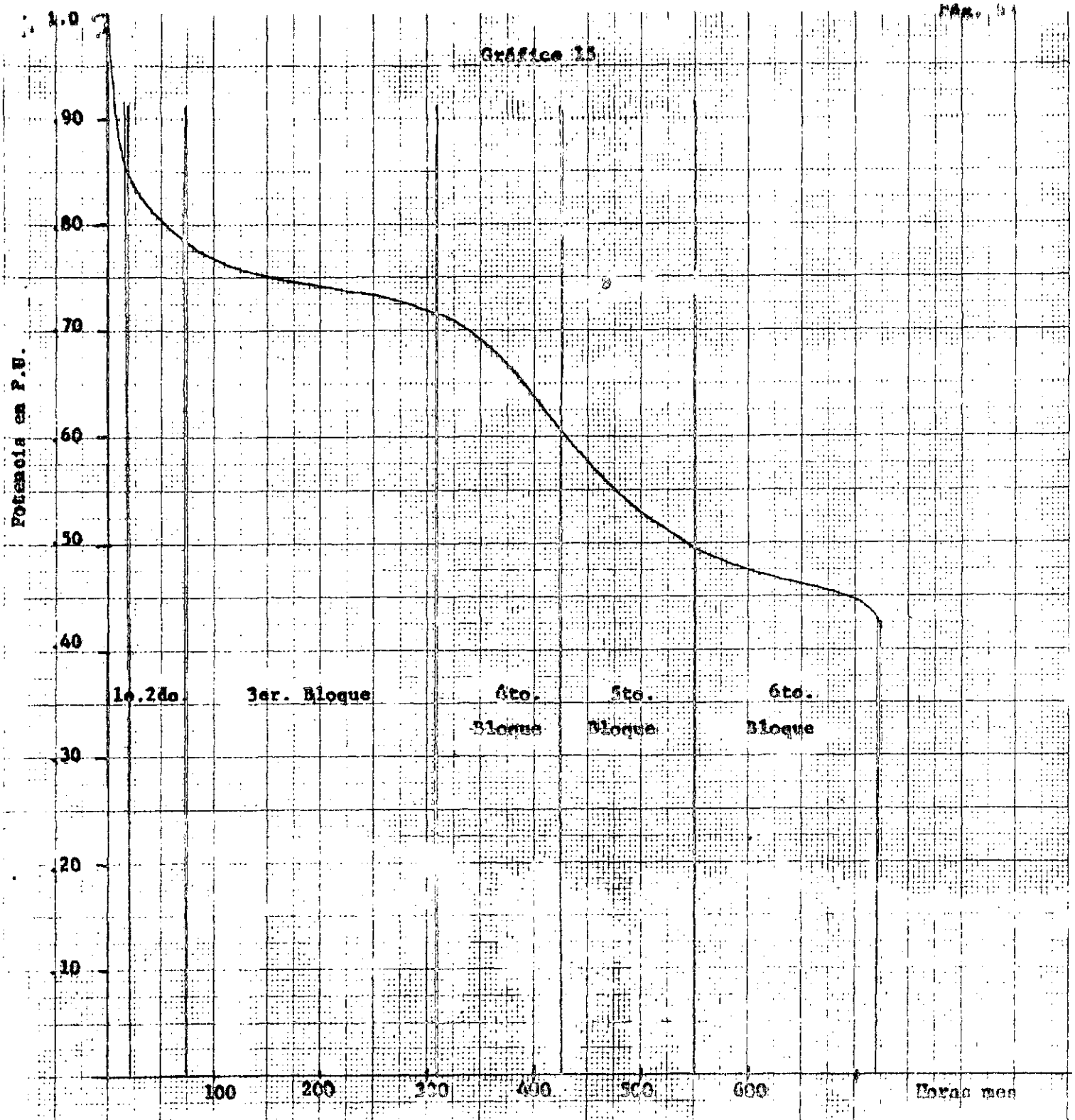
Tomando los datos de demanda horaria de la semana típica del mes correspondiente al año 1974 (véase el cuadro 10), se estableció la composición de los seis bloques de la manera siguiente:

Bloque	Días laborables	Sábados	Domingos
Primero	1		
Segundo	2	1	
Tercero	11	5	2
Cuarto	2	8	2
Quinto	2	6	4
Sexto	6	4	16

lo que determina que la duración en horas de los bloques para 1974 sea:

/Gráfico 15

Gráfica 15



CURVA DE DURACION TIPICA MENSUAL

/Cuadro 10

Cuadro 10

DEMANDA HORARIA DE POTENCIA (MW) (SEMANA TIPICA DEL MES)

Año: 1974

Hora	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio		
	Día laborable	Sábado	Domingo	Día laborable	Sábado	Domingo	Día laborable	Sábado	Domingo	Día laborable	Sábado	Domingo	Día laborable	Sábado	Domingo	Día laborable	Sábado	Domingo
	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:
1	73	73.1	68.5	75	77.3	67.6	73.9	76.8	71.8	71.6	70.6	68.7	75.7	72.5	65.9	68.9	67.9	65.9
2	70.3	69.9	66.2	73	74.3	66.6	72.9	74.8	68.8	69.6	68.7	66.7	73.8	71.5	61.6	65.9	65.9	63.9
3	68.8	68.9	66	71.1	73.3	65.6	71.9	74.8	66.4	69.6	69.7	66.7	74.8	69.5	61.6	63.9	65.4	63.9
4	68.8	68.9	64.9	72.1	71.3	65.6	71.9	73.8	67.4	69.6	69.7	66.7	73.8	73.5	60.1	65.9	66.4	61.9
5	71.3	70.9	63.9	74.1	73.3	66.6	74.9	75.8	68	71.6	70.7	66.7	77.8	75.5	61.1	74.1	68.4	62.9
6	83.0	78.1	67.5	88.1	78.1	63.9	88.9	79.8	68.6	81.0	74.2	64.7	82.3	74.9	62.6	81.9	72.4	63.9
7	105.2	90.2	70.9	111.9	91.7	64.9	99.9	89.8	70.6	91.0	85.7	67.7	93.3	86.9	65.2	91.1	79.4	69.9
8	108	102.0	72.4	114.4	101.2	69.4	111.9	99.6	74.6	102.6	96.7	72.2	109.3	89.4	71.8	103.4	93.4	64.9
9	112	107.5	77.0	120.4	108.6	71.4	115.9	105.6	76.6	108.6	101.7	75.2	110.8	97.4	72.8	109.4	99.4	75.3
10	111	107.5	76.0	119.4	108.6	73.4	115.9	108.6	78.6	110.6	100.7	75.7	112.6	102.4	73.1	110.4	105.4	77.3
11	116	110.5	78.0	124.9	108.2	73.4	121.9	108.6	78.6	113.6	100.7	77.7	117.6	104.3	73.7	117.4	101.9	76.3
12	115	106.5	79.0	116.9	108.2	73.4	112.9	103.6	77.6	109.6	99.7	76.7	111.2	101.3	74.8	116.4	99	77.3
13	104	98.5	76	107.9	97.2	77.0	103.9	97.8	76.6	102.6	90.7	74.7	105.5	91.3	72.9	105.4	94.9	75.3
14	103	91.7	73	110.0	92.2	74.5	104.9	92.4	74.6	104.6	88.7	71.7	105.4	86.2	68.7	107.5	91.9	72.3
15	106	89.2	69.9	112.0	90.2	73.4	113.7	89.4	70.6	108.6	88.7	69.7	111.7	89.2	66.8	108.5	87.4	70.3
16	105	87	68.9	112.0	91.2	71.4	111.7	90.4	71.6	108.6	87.7	69.7	109.7	91.2	66.0	107.5	87.4	68.3
17	104	88	68.9	111.0	91.2	71.4	112.7	90.4	72.6	105.6	86.7	70.7	108.7	95.2	71.2	107.5	89.4	71.3
18	98	84	66.4	104.0	87.2	73.9	108.7	96.4	73.6	96.5	88.7	69.7	114.7	99.8	70.7	100.0	96.4	73.8
19	110.1	101	82.4	111.0	93.6	106.9	140.7	126.9	106.6	126.4	123.7	102.7	140.7	124.4	99.8	125.5	123.9	103.8
20	130.1	120	107.3	139	125.1	106.9	135.7	122.6	109.6	121.3	120.2	105.6	132.7	119.4	102.0	119.7	121.9	107.8
21	121.1	114	104.3	130	119.8	100.9	124.7	115.1	104.6	112.3	112.5	100.1	124.7	110.4	98	114.0	110.9	100.8
22	106.1	103	92.3	115	104.8	80.9	107.7	98.6	87.6	98.8	96.5	84.1	105.8	94.4	81.5	96.4	90.3	86.3
23	87.9	86	78.3	92	90.8	69.3	87.7	73.0	88.8	83.5	70.1	91.3	78.9	66.5	70.9	79.9	77.4	70.9
24	75.1	73	64.9	82	75.8	61.9	77.7	74.6	65.4	74.3	72.7	67.6	81.8	71.1	61.7	68.9	68.4	60.4

/(continúa)

Cuadro 10(Conclusión)

Hora	Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre		
	Día laborable	Sábado	Domingo	Día laborable	Sábado	Domingo	Día laborable	Sábado	Domingo	Día laborable	Sábado	Domingo	Día laborable	Sábado	Domingo	Día laborable	Sábado	Domingo
	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:
1	71.4	72.1	68.9	73.3	74.8	67.9	72.9	70	67	70.3	73.7	64.0	78.9	76.1	68.7	83.3	82.8	73.1
2	68.4	72	66.9	71.8	72.8	64.8	71.4	70	64	68.3	70.7	64.0	78.9	74.1	66.5	80.8	82.2	68.9
3	65.4	70	66.3	70.7	70.8	64.8	70.4	68	63	68.0	69.7	63.0	74.3	73.1	64.2	79.6	80.3	69.0
4	66.4	70	66.0	71.7	71.8	64.8	70.4	67	62	67.9	68.7	63.0	74.6	74.7	63.2	80.8	79.6	68.8
5	62.4	70	64.9	75.7	72.8	64.8	72.4	66	62	72.5	73.7	62.0	78.7	76.1	64.7	82.1	79.2	69.4
6	77.9	72.4	65.0	80.7	76.8	66.3	81.2	70	61	79.2	76.7	66.0	88.6	78.3	65.2	95.6	88.0	73.3
7	88.5	82.6	67.9	98.1	83.4	69.3	94.3	82	64	93.7	87.7	67.3	98.3	83.2	69.0	106.4	95.2	75
8	101.6	94.6	71.3	107.1	97.4	76.3	109.3	94	66	104.7	98.7	72.6	115.8	104.1	75.0	124.4	107.9	80
9	108.9	100.6	74.9	116.1	102.4	79.2	117.8	105.5	69	109.7	103.7	74.6	123.3	110.4	77	132.6	115.2	84
10	110.9	101.6	77.9	119.1	100.4	81.2	115.8	107	74	114.7	105.7	76.6	124.8	109.4	78.7	132.6	117.4	86.5
11	114.9	103.1	77.9	121.7	102.4	80.7	118.8	104.9	75	119.7	106.7	74.6	131.8	111.4	79.2	133.6	116.4	88.5
12	114.9	100.1	77.9	117.2	97.9	81.7	118.8	102.9	78	114.7	106.7	75.6	124.8	109.4	79.2	128.1	118.5	86.5
13	103.6	95.1	77.9	107.8	92.4	80.7	106.8	94	76	109.7	98.2	74.6	113.8	99.5	77.7	123.1	103.4	81.3
14	102.0	88.6	74.9	108.9	86.2	78.6	107.8	89	72	104.5	89.6	70.6	117.1	92.9	74.6	120.6	99.4	81.5
15	106	90.1	70.9	109.9	84.2	75.6	107.8	89	69	106.5	88.6	69.6	120.1	93.9	72.6	128.6	97.4	79.5
16	105	84.1	69.9	111.9	86.7	75.6	107.8	91	68	108.5	87.6	68.6	121.9	90.9	70.6	124.1	95.7	78.5
17	108	88.5	69.9	109.9	84.7	79.8	111.8	93	70	108.5	91.6	69.6	126.1	94.7	71.3	121.1	96.9	78.5
18	101	87.6	72.9	109.9	93.2	87.8	134.8	115	90	135.3	118.6	98.6	152.7	129.2	108.2	143.9	127.0	107
19	134.3	119.6	101.4	145.9	125.2	111.8	132.8	129	106	140.6	125.6	108.7	153.7	134.06	116.6	153.6	142.7	126
20	131.5	123.6	111.4	140.9	125.4	113.8	131.8	123	108	129.6	119.6	106.7	141.8	129.04	114.7	145.6	139.8	124.7
21	123.5	113.9	106.4	125.9	114.9	104.8	122.8	114.5	99	121.5	110.6	98.7	130.9	117.20	106.5	132.5	125.7	117.6
22	110.6	102.0	90.4	108.9	96.9	87.8	104.8	96	86	104.5	92.1	82.7	107.4	101.2	87.1	117.5	111.7	103.3
23	86.6	82.9	74.9	89.4	82.9	73.6	87.6	80	71	87.5	79.0	68.7	88.5	80.7	72.1	99.0	93.8	84.1
24	74.2	73.9	64.9	79.9	72.9	65.7	72.2	69	63	78.5	69.0	62.8	79.9	72.9	66.1	88.9	78.6	73.1

AÑO 1974

Mes	Días a/			Duración de los bloques (horas)					
	Laborables	Sábado	Domingo	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto	Sexto
E	22	4	5	22	48	272	86	88	228
F	20	4	4	20	44	248	80	80	200
M	21	5	5	21	47	266	92	92	226
A	20	4	6	20	44	252	84	88	232
M	22	4	5	22	48	272	86	88	228
J	20	5	5	20	45	255	90	90	220
J	23	4	4	23	50	281	86	86	218
A	21	5	5	21	47	266	92	92	226
S	21	4	5	21	46	261	84	86	222
O	23	4	4	23	50	281	86	86	218
N	20	5	5	20	45	255	90	90	220
D	19	7	5	19	45	254	104	100	222

a/ Los días festivos se tomaron como sábado; el 25 y el 31 de diciembre, como domingos.

Las curvas mensuales de 1974, modificadas con base en los conceptos expuestos en el cuadro 11, sirvieron para representar el comportamiento mensual del sistema en el futuro.

/Cuadro 11

Cuadro 11

VARIACIONES TIPICAS DEL MERCADO TOTAL DE ENERGIA ELECTRICA, a/ 1965-1974

	Demanda de potencia en porcentaje del mes de máxima demanda	Requerimientos de energía en porcentaje del total anual
Enero	92	8.2
Febrero	93	7.8
Marzo	94	8.7
Abril	94	7.6
Mayo	93	8.5
Junio	92	8.1
Julio	90	8.4
Agosto	93	8.4
Septiembre	92	8.2
Octubre	96	8.7
Noviembre	97	8.5
Diciembre	100	8.9

a/ Esta información es representativa de las variaciones en el futuro previsible.

/Apéndice 2

Apéndice 2

DATOS Y VARIABLES UTILIZADOS

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

**** ARCHIVO DE CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS PLANTAS HIDRAULICAS ****

CLAVE	NOMBRE	TIPO	C.TRANS	RIEGO M.HS.	POT.MAX. MW	VOLUMEN MM3	C.DISEÑO MTS.	C.MIN. MTS.	C.MAX. MTS.	BETA	ALFA	COEF.ENERG. GWH/MM3
1010150	PLANTACHICAS	4	0.0	0.80	21.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3200
1010370	MARINALA	4	0.0	0.80	58.00	31.00	654.50	653.50	655.50	515.0000	1.0130	1.5160
1010782	PUEBLO VIEJO	4	0.0	0.80	300.00	340.00	488.00	468.70	507.10	17.1410	0.8960	1.4300
1010886	GX1	4	0.0	0.80	210.00	1500.00	160.00	120.00	180.00	67.4665	0.8260	0.3700
1010989	GX2	4	0.0	0.80	235.00	645.00	65.00	50.00	75.00	33.9720	1.0250	0.1500
1011192	GX4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	60.00	1340.00	130.00	100.00	140.00	532.3450	0.3800	0.2900
1010266	LOS ESCLAVOS	1	0.0	0.80	14.00	0.26	108.00	108.00	108.00	0.0	0.0	0.2500
1010479	MARIALINDA1	1	0.0	0.80	90.00	0.27	555.00	555.00	555.00	0.0	0.0	1.2900
1011090	GX3	1	0.0	0.80	90.00	0.0	185.00	185.00	185.00	0.0	0.0	0.4300

/ARCHIVO

ARCHIVO DE ESCURRIMIENTOS Y GENERACIONES DE LAS PLANTAS HIDRAULICAS

1010150 PLANTACHICAS C.DE TRANSMISION 0.0 NUMERO DE AÑOS 10.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	-10.79	-10.66	-11.25	-11.09	-11.24	-11.60	-11.62	-12.27	-12.91	-13.19	-11.97	-12.27
1965	-11.70	-11.47	-11.54	-11.06	-10.97	-11.63	-11.33	-11.93	-11.73	-11.95	-11.54	-11.60
1966	-11.30	-10.78	-10.80	-10.58	-10.78	-11.71	-11.43	-12.08	-11.96	-12.14	-11.30	-11.06
1967	-11.53	-10.87	-11.71	-11.23	-11.68	-12.38	-12.41	-12.23	-12.49	-12.35	-12.47	-12.95
1968	-11.66	-11.61	-11.99	-11.84	-12.02	-12.54	-12.21	-13.27	-13.49	-13.40	-12.31	-12.59
1969	-12.01	-11.62	-11.81	-11.38	-11.39	-12.09	-12.04	-12.07	-11.68	-12.37	-11.30	-11.30
1970	-11.08	-11.03	-11.65	-11.31	-11.59	-11.91	-11.85	-12.36	-12.64	-12.56	-11.68	-12.27
1971	-11.61	-11.37	-12.08	-11.69	-12.01	-12.19	-12.34	-12.64	-13.55	-13.66	-12.59	-12.39
1972	-12.55	-12.22	-12.33	-11.83	-12.11	-12.71	-12.23	-12.73	-12.52	-12.59	-12.52	-12.50
1973	-12.07	-11.39	-11.48	-11.56	-11.98	-12.75	-12.69	-13.28	-13.02	-13.31	-12.39	-12.69

1010370 MARINALA C.DE TRANSMISION 0.0 NUMERO DE AÑOS 10.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	8.02	7.02	6.82	7.46	7.48	12.51	19.75	21.61	36.12	15.75	9.87	12.27
1965	12.61	8.52	7.95	9.98	10.58	19.67	15.30	14.54	11.71	18.61	10.27	8.27
1966	7.31	6.58	5.78	15.27	5.96	14.02	21.43	21.98	19.01	17.83	11.92	11.25
1967	8.80	7.69	9.19	7.96	10.98	11.44	11.64	12.92	11.41	11.54	7.57	7.22
1968	5.75	6.06	6.99	7.17	10.05	13.59	14.53	9.68	12.71	9.33	8.55	9.05
1969	5.14	4.05	10.25	10.11	11.75	8.47	16.83	16.05	18.16	14.36	9.60	9.71
1970	-12.99	-15.51	-13.94	-17.53	-18.25	-17.30	-15.53	-16.15	-24.30	-21.29	-17.97	-15.19
1971	-13.74	-12.42	-15.22	-12.54	-19.34	-15.76	-13.35	[illegible]	-20.93	-23.19	-15.82	-19.80
1972	-17.07	-16.62	-17.48	-15.10	-18.92	-18.80	-17.66	-16.31	-10.22	-7.34	-12.46	-10.93
1973	-9.79	-10.36	-9.74	-9.11	-10.21	-13.70	-12.55	-19.91	-23.47	-24.16	-16.91	-15.53

1010782 PUEBLO VIEJO C.DE TRANSMISION 0.0 NUMERO DE AÑOS 10.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	61.40	46.59	40.10	42.25	41.27	116.25	212.37	173.19	286.96	281.97	106.49	96.98
1965	70.74	47.39	39.80	37.46	43.02	149.31	185.13	143.62	258.43	335.25	109.31	[illegible]
1966	73.25	49.30	43.75	67.31	66.77	430.76	397.27	194.91	339.69	463.58	137.36	[illegible]
1967	85.82	67.54	59.15	32.53	39.75	251.18	229.43	135.35	255.81	464.46	148.61	[illegible]
1968	68.65	51.36	42.37	37.82	104.81	216.59	181.32	175.03	237.59	247.57	162.45	[illegible]
1969	95.91	74.33	77.57	73.27	106.66	217.29	296.13	374.52	374.74	351.35	165.77	838.34
1970	109.41	86.91	87.37	76.36	89.78	105.47	175.38	262.27	331.58	233.48	146.81	-126.31
1971	95.62	79.33	78.61	73.06	51.69	75.18	101.55	143.78	310.79	232.54	132.37	[illegible]
1972	69.00	55.74	45.83	45.62	53.92	213.74	249.84	215.72	176.77	125.70	88.71	64.60
1973	48.02	35.37	32.62	32.10	41.11	162.98	123.55	483.91	237.66	518.94	157.02	97.49

/ARCHIVO

ARCHIVO DE ESCURRIMIENTOS Y GENERACIONES DE LAS PLANTAS HIDRAULICAS

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

1010986 SX1 — CUENCA TRANSMISIONES — NUMERO DE AÑOS 10.0

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	313.37	145.42	114.64	41.13	69.64	326.59	521.33	533.[illegible]	466.55	[illegible]	438.35	516.33
1965	151.58	154.83	110.34	131.19	[illegible]	277.34	374.23	230.[illegible]	546.[illegible]	[illegible]	570.24	447.20
1966	377.[illegible]	234.[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible].77	856.36	801.17	114.[illegible]	655.78	[illegible]	772.42	482.11
1967	407.12	275.79	227.[illegible]	111.47	120.42	503.26	910.55	541.[illegible]	476.[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1968	257.84	335.75	176.77	116.64	144.43	615.[illegible]	916.31	551.75	821.65	79[illegible]	[illegible]	519.51
1969	227.66	137.89	120.53	139.97	289.27	660.96	749.9[illegible]	736.[illegible]	939.44	554.[illegible]	[illegible]	516.33
1970	278.55	270.95	182.13	99.50	145.44	176.26	447.23	819.[illegible]	974.[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1971	201.38	203.21	149.9[illegible]	147.3[illegible]	137.85	134.97	691.03	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1972	227.65	413.42	[illegible]	[illegible]	[illegible]	257.73	519.51	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1973	155.35	106.44	91.74	[illegible]	131.78	210.59	247.03	[illegible]	433.[illegible]	1176.[illegible]	[illegible]	482.11

1010989 SX2 — CUENCA TRANSMISION D.F. — NUMERO DE AÑOS 10.0

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	321.41	241.16	234.36	117.42	224.99	443.64	669.53	597.57	858.53	838.[illegible]	470.20	396.40
1965	311.53	235.87	234.36	237.35	227.55	524.38	503.34	535.[illegible]	777.53	987.46	557.28	388.37
1966	321.41	247.47	262.46	307.80	311.50	1098.33	977.57	635.12	939.63	1157.70	498.96	618.63
1967	368.29	407.48	313.7[illegible]	304.16	217.75	805.92	713.2[illegible]	619.[illegible]	774.3[illegible]	1171.[illegible]	574.88	374.98
1968	318.17	256.82	262.48	217.08	234.63	6[illegible].40	632.2[illegible]	[illegible]	716.[illegible]	[illegible]	[illegible]	463.46
1969	395.06	323.57	345.51	327.24	425.87	683.40	803.52	921.[illegible]	1004.41	81[illegible]	5[illegible].30	593.54
1970	435.24	362.88	372.30	330.40	374.98	411.48	630.03	803.52	923.43	73[illegible]	595.64	492.31
1971	391.83	335.06	345.51	237.24	262.48	330.48	435.2[illegible]	539.[illegible]	874.83	87[illegible]	456.30	359.67
1972	318.19	269.35	244.54	200.88	271.32	680.60	771.33	696.47	576.15	476.[illegible]	372.60	207.86
1973	251.17	196.56	193.97	134.68	224.99	563.52	445.42	[illegible]	847.43	1272.[illegible]	547.56	401.76

1011102 SX4 — CUENCA TRANSMISION D.F. — NUMERO DE AÑOS 10.0

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	55.53	33.07	37.50	31.1[illegible]	29.49	100.35	243.31	132.47	578.03	441.72	98.47	90.35
1965	53.57	34.59	27.[illegible]	[illegible]	29.49	132.19	111.[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1[illegible].70	77.67
1966	53.57	40.22	44.82	53.83	46.69	712.80	1304.40	31[illegible]	539.14	[illegible]	101.09	54.92
1967	45.53	35.80	29.40	22.12	29.49	427.58	615.3[illegible]	425.[illegible]	489.83	[illegible]	65.90	48.21
1968	40.18	27.56	27.59	78.12	65.35	412.13	236.57	251.[illegible]	663.55	[illegible]	251.42	66.55
1969	40.18	37.87	29.40	41.[illegible]7	63.35	424.30	439.2[illegible]	[illegible]	927.54	[illegible]	104.33	107.14
1970	77.07	54.95	45.55	42.91	57.32	70.76	316.33	551.[illegible]	719.21	[illegible]	1[illegible].67	48.21
1971	3[illegible].69	18.63	17.93	17.63	21.16	54.43	128.5[illegible]	334.1[illegible]	360.23	575.86	153.30	45.71
1972	48.21	45.10	34.82	22.40	25.18	108.39	134.4[illegible]	1[illegible].33	163.73	147.71	40.91	43.65
1973	36.69	30.00	33.21	35.44	40.18	174.35	141.95	261.33	267.35	3[illegible].2	115.34	80.35

/ARCHIVO

1010266 LOS ESCLAVOS [illegible] TRANSMISION [illegible] NUMERO DE AÑOS 13.0 [illegible]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	7.34	5.86	5.14	7.03	14.14	57.39	106.92	79.56	137.13	85.87	48.61	17.30
1965	8.23	6.17	5.63	7.80	13.69	[illegible]	21.37	[illegible]	54.15	75.64	15.16	10.20
1966	8.53	9.08	7.71	11.03	[illegible]	182.39	187.35	111.[illegible]	133.53	129.91	[illegible]	12.91
1967	9.61	7.62	7.71	[illegible]	13.16	31.[illegible]	13.85	[illegible]	48.57	67.15	[illegible]	9.98
1968	7.04	5.49	6.37	8.31	[illegible]	117.37	64.39	21.[illegible]	85.33	109.55	45.73	17.26
1969	17.13	7.19	5.95	14.77	13.29	74.99	52.17	121.[illegible]	126.64	139.55	54.17	36.56
1970	12.64	9.34	9.42	13.01	31.[illegible]	33.90	53.35	37.21	87.63	87.93	[illegible]	35.22
1971	10.74	8.01	9.57	8.63	[illegible]	24.49	25.[illegible]	53.91	124.43	[illegible]	[illegible]	6.93
1972	5.52	4.13	3.58	[illegible]	17.77	27.76	17.53	15.[illegible]	16.[illegible]	18.[illegible]	12.45	6.[illegible]
1973	5.06	3.58	3.74	[illegible]	[illegible]	[illegible]	35.34	[illegible]	[illegible]	102.42	[illegible]	14.73

1010479 MAZATLAN (NOA) [illegible] TRANSMISION [illegible] NUMERO DE AÑOS 13.0 [illegible]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	12.88	11.53	11.[illegible]	11.38	11.[illegible]	25.34	61.39	49.55	58.22	46.18	20.40	16.63
1965	14.41	12.10	12.[illegible]	11.[illegible]	13.53	26.21	23.52	29.76	49.33	57.34	31.18	14.93
1966	12.03	11.52	11.[illegible]	11.[illegible]	16.14	65.51	75.35	75.89	67.21	62.17	22.65	18.38
1967	15.89	12.92	16.[illegible]	15.[illegible]	11.57	17.22	17.39	20.[illegible]	32.35	34.[illegible]	16.25	13.82
1968	11.[illegible]	13.79	11.[illegible]	13.71	17.[illegible]	35.19	33.31	19.51	43.95	58.34	29.36	18.67
1969	16.45	13.89	13.[illegible]	11.[illegible]	19.07	35.16	35.22	55.31	91.35	66.69	26.08	24.37
1970	22.18	18.29	21.56	23.01	20.41	26.63	42.53	58.15	58.43	58.63	42.94	23.19
1971	19.82	17.42	19.79	20.18	24.24	19.55	17.74	32.57	37.15	70.17	18.49	14.57
1972	12.29	11.29	12.15	11.01	12.53	18.59	14.77	15.78	23.33	36.83	22.59	10.95
1973	13.07	[illegible]	10.15	13.59	11.46	21.79	23.34	51.[illegible]	45.45	55.07	18.46	14.17

1011090 SX3 [illegible] TRANSMISION [illegible] NUMERO DE AÑOS 13.0 [illegible]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	51.24	26.15	31.63	14.[illegible]	12.86	55.34	133.93	31.52	73.43	91.37	59.83	83.74
1965	51.92	26.32	21.43	15.[illegible]	13.26	45.30	61.33	38.[illegible]	[illegible]	178.56	142.78	72.42
1966	61.60	31.22	45.53	42.72	42.85	126.57	131.24	81.42	130.91	123.21	117.35	77.67
1967	54.28	45.25	37.55	19.51	21.43	79.50	136.53	35.71	73.77	168.74	137.48	54.28
1968	45.[illegible]	53.67	31.57	[illegible]	24.11	92.93	99.33	88.59	123.50	121.33	98.44	81.42
1969	51.[illegible]	23.76	19.[illegible]	23.31	43.21	109.85	112.47	113.33	137.71	91.07	89.17	81.42
1970	43.53	44.25	37.34	17.76	27.72	23.20	75.33	121.53	144.17	123.55	137.28	81.42
1971	34.83	33.69	27.[illegible]	13.87	19.82	23.11	134.93	83.13	98.53	96.42	131.09	49.71
1972	37.53	65.90	24.13	15.55	13.93	57.21	81.42	124.56	72.55	75.90	43.30	61.70
1973	27.32	18.82	16.27	14.05	19.82	35.13	43.23	36.52	103.24	171.42	56.82	75.30

EVAPORACIONES Y LLUVIA POTENCIAL EN MM Y TASAS DE MANEJO MENSUALES

1010150 PLANTACHICAS

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

1010370 MARINALA

167.5	136.4	131.4	144.9	84.3	80.0	135.1	137.9	99.4	111.4	118.8	137.6
29.6	17.2	42.6	73.5	93.3	528.5	224.5	399.8	437.6	215.6	60.3	1.8
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

1010762 PUEBLO VIEJO

104.7	117.6	157.1	177.7	183.7	125.0	123.2	139.3	85.5	57.6	37.8	81.4
18.8	25.7	15.3	34.1	96.2	197.4	122.2	185.4	137.3	251.4	96.3	23.7
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

1010880 GX1

105.4	114.8	155.3	168.1	179.6	125.9	117.3	124.0	141.2	124.9	132.3	92.1
19.3	46.6	28.1	58.7	211.8	472.9	575.3	433.2	582.6	259.8	217.2	122.6
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

1010989 GX2

62.6	77.5	119.1	138.4	136.1	126.7	115.4	101.1	138.9	50.8	57.5	63.1
130.3	94.7	47.7	110.1	210.7	357.6	433.3	547.5	427.2	339.5	377.2	133.6
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

1011192 GX4

125.0	129.7	231.3	133.1	116.1	93.0	113.3	118.0	130.0	131.5	123.5	49.3
0.0	4.2	25.5	21.1	31.2	193.2	17.3	132.3	25.5	62.7	16.7	1.3
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

1010266 LOS ESCLAVOS

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

1010479 MARIALENDAL

58.3	69.3	85.1	87.3	69.8	47.3	43.5	32.7	31.5	27.9	33.2	51.2
9.4	9.4	5.2	41.2	179.7	301.4	253.1	255.1	335.3	235.7	5.2	1.3
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

1011000 GX3

85.3	90.5	144.5	139.3	137.4	122.0	123.2	103.3	131.0	74.4	71.3	76.5
134.3	102.7	37.2	111.4	211.3	410.2	443.5	355.5	415.0	357.3	213.1	137.8
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

- LLAVE (clave)

Clave de la planta hidroeléctrica formada por el número del sistema, de la región, de la planta y año entrada en operación.

- NOM (nombre)

Nombre de la planta hidroeléctrica

- ITP (IP) (Tipo de regulación de la planta IP)

Las centrales hidroeléctricas se clasifican en cinco tipos, de acuerdo con la regulación del embalse:

Central	ITP (IP)	Reg.
Regulación anual o estacional	4	1-4
Regulación mensual	3	12
Regulación semanal	2	52
Regulación diaria o hilo de agua	1	365
Ampliación de equipo (instalación no representa aumento de energía)	0	

Para el cálculo de la regulación se utilizó el criterio:

$$\text{Regulación} = \frac{\text{Energía año promedio}}{\text{Volumen útil embalse x coeficiente energético medio}}$$

- TABAJO (IP) Coeficiente de transmisión aguas abajo.

El coeficiente de transmisión determina la influencia de una presa sobre otra aguas abajo y está valorado en la siguiente forma:

TABAJO (IP) = 0	Si no existe cascada
TABAJO (IP) = 1	Si la planta aguas arriba es de regulación diaria o mayor
TABAJO (IP) = 0.5	Si la planta aguas arriba es de regulación inferior a diaria

/- HRGO (IP)

- HRGO (IP) (Riego)

Tiempo máximo mensual durante el cual se permite aprovechar el caudal, debido a restricciones de riego u otras, valorizado de acuerdo con:

HRGO (IP) = Miles de horas del mes - miles de horas de restricción por riego

- POT (IP)

Potencia firme en MW

- VOLUM (IP)

Volumen útil del embalse en millones de m^3

- CADIS (IP)

Carga bruta de diseño en metros

- XNIMI (IP)

Carga bruta mínima de operación en metros

- XNIMA (IP)

Carga bruta máxima de operación en metros

- BETA (IP) y ALFA (IP)

El modelo hace uso de términos en función del volumen útil, por lo tanto, es necesario introducir una relación entre el volumen útil y la variación de altura en el embalse, por medio de:

$$V = \beta h^{\alpha}$$

V = volumen útil

h = altura de la carga de agua del embalse a partir de la bocatoma

β = coeficiente de la relación V-H

α = exponente de la relación V-H

- CESP (IP) Coeficiente energético promedio

El coeficiente energético se calculó en base a:

$$CESP\ (IP) = \frac{H \times \varepsilon}{367.1}$$

donde

H = carga bruta diseño y

ε = eficiencia de la planta

/- HISTOR

- HISTOR (M, IP)

Escurrimientos o generaciones mensuales (millones de m^3 o GWh) en el punto del embalse de las plantas consideradas. En el apéndice 4 se indica el procedimiento seguido para establecer las generaciones mensuales de las plantas chicas.

- ESTAD (1)

Número de años históricos de escurrimientos o generaciones utilizados

- EVAP (IP)

Evaporaciones mensuales medias en mm, para el embalse de las plantas de regulación anual.

- XLLUV (IP)

Lluvia mensual media en mm, en el embalse de las plantas de regulación anual.

Datos complementarios

- NAMELIST/PARAM/

NPR	Número de plantas registradas
NB	Número de bloques horarios en que se ha dividido la curva de duración de carga mensual
NS	Número de sistemas, en que se ha dividido el país
IFECHA	Año para el cual se hace el estudio, considerando el equipo existente a dicho año
IANO	Indicador de los años hidrológicos que se tomaron en cuenta
NC	Número de años hidrológicos que se van a estudiar
MES 1	Número del mes a partir del cual se inicia el estudio de un año hidrológico
NM	Número de meses de que consta el año hidrológico
IMPRES	Parámetro que controla la impresión de datos

- NAMELIST/CALEND_

NHDL	Número de horas de los días loborables en cada bloque horario
NHFS	Número de horas de fines de semana en cada bloque horario
NDL	Número de días laborables en cada uno de los meses
ID	Número de fines de semana en cada mes

NAMELIST/TASASH/

TINA	Tasa de disponibilidad del Conjunto hidroeléctrico
NTAS	Número de políticas de vaciado estudiadas
TASAS	Tasa de vaciado estudiadas
VOLIN	Volumen inicial de la tasa en estudio,

/Apéndice 3

Apéndice 3

SIMULACION DE LA PLANTA JURUN MARINALA

La planta Jurún Marinalá opera desde 1970, con una potencia instalada de 60 MW, y se regula por medio del embalse natural que ofrece el lago de Amatitlán, con una capacidad de 31 millones de m^3 para una variación de nivel de 2.05 m. El volumen de agua regulada recorre una distancia de 13 km en el lecho del río Michatoya antes de llegar al embalse de regulación diaria de 114 000 m^3 de capacidad y una fluctuación de 6.25 m. La caída bruta es de 660 m entre el nivel máximo del embalse de regulación diaria y el desfogue de la casa de máquinas. Esta característica de la planta sólo puede introducirse al modelo CONCENTRABLE a través de una simulación, puesto que el modelo maneja plantas hidroeléctricas del tipo a pie de presa. Debido a esta restricción se estudiaron las siguientes alternativas, tomando como referencia la generación real de la planta durante el período 1970-1973.

- Simulación planta hilo de agua con caudal regulado
- Simulación planta de regulación anual, embalse de 31 millones de m^3 y variación del nivel de operación de 6.25 m.
- Simulación planta de regulación anual, embalse de 31 millones de m^3 y variación del nivel de operación de 2.05 m.

La primera alternativa se desechó por la circunstancia de que introducir caudales regulados propicia el establecimiento de un programa único de generación a través del tiempo. La segunda no se consideró aceptable porque sería necesario efectuar cambios en los datos originales de embalse para simular su operación con una variación de 6.25 m, situación que presentaba serios problemas.

Se adoptó pues la simulación de la planta bajo las condiciones de la tercera alternativa, aun cuando ello significa 0.8% de pérdida de la caída bruta total, porcentaje insignificante ante el hecho de utilizar el embalse con sus características propias, debiendo, eso sí, hacer uso de los escurrimientos medidos en el lugar en que está

/situado el

situado el embalse de regulación diaria. En síntesis, las características técnicas de Jurún Marinalá introducidas como dato de entrada son:

Potencia firme	58 MW
Carga diseño	654.50 m
Carga mínima	683.50 m
Carga máxima	655.50 m
Volumen embalse	31.0 millones de m^3
Escurrimientos	Los registrados en la estación hidrometeorológica Jurún Marinalá en el período 1964 a 1969
Generaciones	Reales en el lapso 1970-1973.

/Apéndice 4

Apéndice 4

GENERACION DE PLANTAS CHICAS

Como no es posible hacer una adición de plantas a base únicamente de las características técnicas de las plantas Río Hondo, San Luis, El Salto, Palín, Santa María y El Porvenir, se sumaron las generaciones reales de cada una de ellas para el lapso 1964 a 1973, con las observaciones siguientes:

Río Hondo, El Salto, Palín y San Luis

Los datos de generaciones de que se dispone corresponden al período 1971 a 1974, por lo que se asumió:

Generación real	Generación asignada	
1971	1964	1968
1972	1965	1969
1973	1966	1970
1974	1967	

El Porvenir

Generación real	Generación asignada
1969	1964
1970	1965
1971	1966
1972	1967
1973	1968

Santa María

Datos históricos de generación 1964 a 1973.

Para simular el mejoramiento de las plantas se incrementó en 7.0 GWh/mes la generación de El Porvenir, El Salto, Palín y Santa María.

/Apéndice 5

Apéndice 5

SELECCION DE AÑOS TIPICOS

Para la selección de los años típicos se adoptó el método siguiente: se clasificaron según la energía anual que puede producirse en un período dado con el conjunto de centrales hidroeléctricas existentes; utilizando las políticas de vaciado de las plantas de regulación anual aceptadas como las mejores, así como los escurrimientos de la muestra. Es decir, con el equipo hidroeléctrico existente a 1980, la Tasa No. 5 aceptada como la mejor para Jurún Marinalá y los escurrimientos de 1964 a 1973, la generación anual es:

	GWh
1970	934.58
1966	909.31
1969	886.77
1964	876.56
1965	787.50
1971	785.91
1968	769.72
1973	740.26
1967	672.96
1972	625.58

siendo la media y la desviación estándar igual: 798.92 GWh y 102.65 GWh, respectivamente; de lo cual se deduce:

año medio = 798.92 GWh (1965)

año seco = 798.92 - 102.65 = 696.27 GWh (1967)

año húmedo = 798.92 + 102.65 = 901.57 GWh (1966)

/Apéndice 6

Apéndice 6

**** CONCENTRADO NACIONAL ****

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

AÑO SECO

1967

	POTENCIA (MW)						ENERGIA (GWH)				
ENE.	107.395	107.395	102.915	51.135	51.135	35.094	2.255	7.303	34.278	36.363	44.067	52.018
FEB.	104.075	104.075	99.332	47.815	47.815	33.721	2.081	6.551	31.295	30.120	38.946	45.690
MAR.	107.501	107.501	104.500	51.242	51.241	35.722	2.365	7.579	36.269	40.829	45.390	53.320
ABR.	107.825	107.825	95.667	51.565	51.565	35.945	2.156	7.009	31.404	30.044	40.065	48.593
MAY.	100.111	100.111	93.680	43.851	43.851	28.190	2.202	7.058	32.079	30.502	40.485	46.744
JUN.	118.588	118.588	106.769	62.328	62.328	51.543	2.639	8.301	37.129	42.364	47.600	58.527
JUL.	114.301	114.301	94.120	58.041	58.041	45.893	2.400	7.770	32.811	30.150	43.490	53.082
AGO.	124.523	124.522	106.045	68.262	68.262	55.085	2.740	8.779	37.702	42.007	49.933	62.162
SEP.	147.633	147.633	124.957	91.373	91.373	81.297	3.103	9.965	42.700	50.710	58.665	70.225
OCT.	149.659	149.659	138.443	93.439	93.439	82.416	2.994	9.805	45.593	54.425	63.340	82.532
NOV.	111.474	111.474	84.526	55.214	55.214	45.045	2.341	7.524	29.713	34.316	39.310	49.049
DIC.	103.949	103.949	74.523	47.689	47.669	37.931	2.183	7.069	26.842	31.279	35.667	44.239

AÑO MEDIO

1965

	POTENCIA (MW)						ENERGIA (GWH)				
ENE.	104.378	104.378	104.378	97.586	46.116	36.849	2.192	7.098	34.602	43.077	48.334	55.723
FEB.	102.153	102.153	102.153	46.881	45.893	34.800	2.043	6.938	31.872	30.822	39.294	46.254
MAR.	100.679	100.679	91.156	44.419	44.419	28.154	2.215	7.098	32.041	35.494	39.947	46.193
ABR.	99.961	99.961	99.771	43.701	43.701	27.306	1.555	6.497	31.939	35.072	39.805	45.813
MAY.	104.627	104.627	95.973	48.367	48.367	29.519	2.302	7.376	33.625	37.929	42.234	48.784
JUN.	136.388	136.387	136.387	100.511	80.127	65.805	3.031	9.547	46.372	54.815	61.545	75.496
JUL.	124.767	124.766	124.766	90.928	68.506	51.801	2.820	8.484	41.672	50.505	56.092	66.559
AGO.	137.185	137.185	129.414	80.925	80.925	66.257	3.018	9.072	49.203	52.405	59.036	74.346
SEP.	177.510	177.510	156.586	121.259	121.250	107.656	3.728	11.982	53.080	63.034	74.163	97.437
OCT.	177.510	177.510	177.510	177.510	145.828	106.879	3.550	11.627	57.515	74.277	88.230	112.012
NOV.	137.758	137.758	126.444	81.498	81.498	67.024	2.893	9.299	42.490	49.561	56.671	71.148
DIC.	104.285	104.285	80.570	48.125	48.125	32.748	2.152	7.098	28.636	33.064	37.491	44.892

AÑO HUMEDO

1966

	POTENCIA (MW)						ENERGIA (GWH)				
ENE.	100.288	100.287	87.299	44.028	44.028	26.569	2.130	6.820	30.041	34.091	38.142	44.237
FEB.	102.092	102.092	99.551	45.833	45.833	31.289	2.042	6.534	28.991	32.657	36.324	42.582
MAR.	99.942	99.942	78.408	43.682	43.682	24.063	2.159	7.046	28.537	32.335	36.242	41.624
ABR.	101.992	101.992	101.992	101.992	78.090	27.150	2.040	6.629	32.657	41.627	46.849	54.819
MAY.	117.434	117.434	83.143	61.174	61.174	41.405	2.584	8.279	31.019	36.465	41.906	51.113
JUN.	177.510	177.510	177.510	129.843	121.250	107.305	3.905	12.426	60.393	71.260	81.445	104.194
JUL.	177.510	177.510	177.510	177.510	167.594	104.760	3.723	12.071	56.288	75.019	91.036	114.715
AGO.	177.510	177.510	177.510	177.510	169.408	107.397	3.905	12.914	61.063	76.862	91.959	115.761
SEP.	177.510	177.510	177.510	177.510	129.251	108.720	3.728	11.962	58.578	74.012	88.266	108.753
OCT.	177.510	177.510	177.510	177.510	133.363	108.140	3.550	11.627	57.515	74.277	87.040	111.916
NOV.	125.423	125.423	124.147	69.663	69.663	54.078	2.044	8.550	41.088	47.149	53.210	64.891
DIC.	112.217	112.216	105.282	56.056	56.056	37.936	2.359	7.638	35.842	46.959	46.117	54.690

II. EL SALVADOR

1. Introducción

Se sabe que, en un sistema eléctrico, cada planta hidroeléctrica es en sí misma un caso particular, ya que no hay dos plantas iguales de este tipo, tanto en lo que se refiere a sus características técnicas e instalación como a la distribución de los escurrimientos utilizables de cada una de ellas.

En consecuencia, al realizar estudios de inversión y políticas de operación, sería necesario examinar la producción hidráulica planta por planta. Es lógico entonces que exista un interés por sumar las plantas hidroeléctricas y así representar el sistema de generación hidráulico bajo una forma compacta que pueda utilizarse de manera conveniente en los diversos estudios.

El modelo CONCENTRABLE es un modelo de simulación que determina la generación máxima realizable en el curso de un grupo de horas determinado, estableciendo así una curva de oferta de potencia hidráulica que será confrontada en un paso posterior (Modelo Nacional de Inversiones), con la curva de demanda del sistema.

2. Descripción teórica del modelo

El modelo CONCENTRABLE desliga entonces la producción de la demanda, en otras palabras, no trata de comparar la generación a la demanda. Trata de maximizar la potencia hidráulica que puede concentrarse en cada bloque horario de la curva de duración de carga. Las hipótesis principales sobre las cuales descansa el modelo son las siguientes:

a) Las aportaciones hidráulicas naturales están representadas por una muestra, en nuestro caso de 120 meses. El modelo supone que los escurrimientos llegan uniformemente repartidos en el mes.

b) El CONCENTRABLE, es decir la potencia hidráulica concentrada, es calculado dentro del marco de un mes, dividido en 6 bloques horarios.

/c) Los

c) Los proyectos se clasifican en cinco categorías:

- Ampliaciones de potencia
- Presas de regulación diaria
- Presas de regulación semanal
- Presas de regulación mensual
- Presas de regulación anual

d) Es necesario fijar una política de operación para las plantas de regulación anual por medio de un nivel inicial y una tasa de vaciado.

e) La potencia máxima de la presa varía con el exponente 3/2 de la altura de la caída.

f) El coeficiente energético de la presa varía en forma proporcional a la carga bruta.

g) La potencia se corrige por indisponibilidades por medio de una tasa anual (fallas) y otra mensual (operación).

h) Para presas en cascada se utilizan coeficientes de transmisión que permiten emplear el agua turbinada aguas arriba, ya sea durante el mismo bloque horario o uniformemente repartida en el día.

3. Datos necesarios

Para cada obra es necesario conocer:

- Potencia máxima
- Carga máxima y mínima de operación
- Volumen útil del vaso
- Coeficiente energético promedio
- Carga de diseño
- Parámetros α y β (relacionan el volumen útil y el nivel del agua arriba de la obra de toma)
- Escurrimientos naturales mensuales de cuenca propia para años comunes a todo el sistema.
- Promedio mensual de aportaciones en los vasos grandes por lluvias y pérdidas por evaporación.

/Los datos

Los datos anteriores han sido grabados en los archivos CARACT y ESCURR que el programa utiliza en cada corrida.

El cálculo de las disponibilidades de potencia se descompone entonces en cuatro fases:

1) Formulación del archivo de trabajo;

2) Repartición de aportaciones en cascadas utilizando escurrimientos, precipitaciones, evaporación, restricciones de riego y coeficientes de transmisión;

3) Cálculo de Q, el equivalente en energía del agua A:

$$Q = kA$$

en donde k en kWh/m^3.

4) Determinación de C, la energía máxima a concentrar, utilizando:

$$C = \min (kA, d \cdot Pmax)$$

en donde d es la duración de cada bloque en la curva de duración de carga y Pmax es la potencia máxima de la planta.

4. Selección de tasas de vaciado

El sistema salvadoreño existente en 1980, año seleccionado como inicial para el desarrollo a largo plazo, posee dos plantas de regulación anual (Guajoyo y Cerrón Grande) y una de regulación semanal (5 de noviembre). El archivo de datos contiene los escurrimientos reales de cada cuenca propia desde 1964 hasta 1973, se supone que los mismos escurrimientos ocurrirán en el futuro. Con esta información se hicieron corridas para determinar la mejor tasa de vaciado para cada planta de regulación anual. Una vez determinadas estas tasas se procedió a efectuar la corrida definitiva que proporciona los concentrables correspondientes a los años probablemente seco, medio y húmedo necesarios para el Modelo Nacional de Inversiones.

El objetivo de probar tasas diferentes para las plantas de regulación anual es buscar la mejor forma de administrar el agua del embalse.

Para la Planta de Guajoyo las tasas analizadas son las siguientes:

	Tasa "A"		Tasa "B"		Tasa "C"	
	Tasa	Vol.In.	Tasa	Vol.In.	Tasa	Vol.In.
Enero	0.035	0.925	0.025	0.950	0.025	0.950
Febrero	0.040	0.890	0.035	0.925	0.035	0.925
Marzo	0.080	0.850	0.040	0.890	0.040	0.890
Abril	0.090	0.770	0.080	0.850	0.080	0.850
Mayo	0.130	0.680	0.090	0.770	0.245	0.770
Junio	0.150	0.550	0.130	0.680	0.125	0.525
Julio	-0.225	0.400	0.150	0.550	-0.010	0.400
Agosto	-0.300	0.625	-0.225	0.400	-0.065	0.410
Septiembre	-0.075	0.925	-0.300	0.625	-0.375	0.475
Octubre	0.020	1.000	-0.075	0.925	-0.150	0.850
Noviembre	0.030	0.980	0.020	1.000	0.020	1.000
Diciembre	0.025	0.950	0.030	0.980	0.030	0.980
Enero		0.925		0.950		0.950

El criterio utilizado en la selección de tasas definitivas para la operación del Modelo CONCENTRABLE fue el de elegir aquellas tasas que proporcionan la mayor cantidad de energía anual sin perder sensiblemente potencia en el primer bloque. El análisis de los resultados obtenidos en ese respecto demostró que la mejor tasa para Guajoyo es la tasa "C" y para la planta Cerrón Grande la que a continuación se presenta. Ambas se utilizaron para obtener los concentrables necesarios para el Modelo MNI.

Mes	Tasa	Vol. In.
Enero	0.075	0.925
Febrero	0.035	0.850
Marzo	0.015	0.818
Abril	0.010	0.800
Mayo	0.010	0.790
Junio	0.050	0.780
Julio	-0.200	0.730
Agosto	-0.030	0.930
Septiembre	-0.040	0.960
Octubre	0.050	1.000
Noviembre	0.015	0.950
Diciembre	0.010	0.935
Enero		0.925

III. HONDURAS

1. Introducción

El Modelo está dividido en dos partes: El Programa CONCENTRABLE propiamente dicho y un programa más reducido que graba dos archivos permanentes: el de características físicas de las plantas y el de escurrimiento en las cuencas.

Dentro del esquema de planeación el Modelo determina las posibilidades de producción de un conjunto de plantas hidráulicas, concentrando su potencia en las horas cargadas. Como separa la demanda de la producción, presenta una curva de oferta del equipo hidráulico, es decir, señala la máxima generación realizable sujeta a las restricciones técnicas. Refleja, asimismo, la hidrología del sistema en usos posteriores. Por otro lado, dentro del estudio de interconexión, reúne las capacidades hidráulicas de Centroamérica y las coloca como una curva de la oferta unificada.

2. Descripción teórica del Modelo

Este programa tiene como unidad de tiempo, el mes, dividido en bloques horarios. A partir de los datos mensuales de caudal en el sitio de la presa, calcula la energía y la potencia concentrable, intentando colocar esta última en las horas de pico.

La energía concentrable se calcula planta por planta, por bloques horarios, y luego se suman los bloques correspondientes. Se toman en cuenta las pérdidas de carga, la capacidad del almacenamiento y la influencia que tienen entre sí las presas en cascada, así como el aumento de caudal por lluvia y las pérdidas por evaporación y mantenimiento de unidades.

a) Principales hipótesis

1) Se calcula dentro del marco del mes dividido en bloques horarios (pico, horas cargadas, horas nocturnas y de fin de semana).

2) Las obras se clasifican en cinco categorías:

- Ampliaciones de potencia (o sobre-equipo)
- Presas al hilo de agua (turbina el agua cuando llega)
- Presas de regulación semanal
- Presas de regulación mensual
- Presas de regulación anual (o estacional)

/3) Como se

3) Como se desconoce o por lo menos resulta complejo representar la llegada de los escurrimientos, en el Modelo se supone que llegan repartidos uniformemente durante el mes. Cuando el vaso es muy grande y no se ha llenado completamente, la aproximación es correcta, pero en otros casos esta hipótesis conduce a subestimar los derrames, por eso se utiliza un porcentaje promedio que permite calcular la parte aprovechada de las aportaciones.

4) Como el período de referencia es el mes, no es preciso prever una política de operación para las presas de regulación mensual, puesto que los niveles inicial y final en el vaso han de ser iguales. En cambio, debe establecerse una política mensual de operación de las plantas con regulación anual, asignando un nivel inicial y una tasa de vaciado (en porcentaje de la capacidad del embalse). El Modelo puede manejar diferentes políticas de operación, asociadas cada una a un conjunto de presas semejantes entre sí.

5) Se corrige la potencia por indisponibilidad mediante una tasa anual y única de fallas y una mensual por mantenimiento para cada planta

6) En los casos donde existan restricciones diarias sobre el uso del agua (por riego, por ejemplo) se considera un número máximo de horas cargadas durante el cual se permite utilizar el máximo, mientras que en el tiempo restante se estima que el agua se extrae uniformemente.

7) La variación del nivel del agua por debajo de la carga de diseño de los vasos cambia algunas de las características de las presas (potencia y coeficiente energético), por lo que se admite que:

- La potencia máxima varía con el exponente 1.5 de la altura de caída
- El coeficiente energético varía proporcionalmente a esa carga bruta.

8) En una cascada se distinguirán dos clases de transmisión a la presa aguas abajo: i) <u>transmisión cercana</u>, cuando el agua extraída en forma concentrada llega a la siguiente presa durante el mismo bloque horario, y ii) <u>transmisión lejana</u>, cuando el agua llega uniformemente repartida en el día (véase el apéndice 2). El Modelo maneja combinaciones de ambas.

b) <u>Datos</u>

b) Datos necesarios

En los archivos se encuentran clasificadas las características físicas de las plantas y los escurrimientos, por sistemas. En el presente estudio se incluyeron siete sistemas (uno regional y uno para cada país). El sistema No. 3, correspondiente a Honduras, comprende siete plantas, incluyendo un sobre-equipo para Cañaveral y una planta chica donde se agruparían las plantas con muy baja potencia (menos de 10 MW); desde luego para el caso de Honduras entrará con potencia cero.

Para cada planta se requieren las características físicas y los escurrimientos que se graban en dos archivos.

Las características físicas son: potencia máxima, cargas máxima y mínima de operación, carga de diseño, volumen útil del embalse (volumen entre la obra de toma y el nivel máximo de operación), y coeficiente energético. En el caso de obras a pie de presa o vasos grandes, se necesitan además parámetros α y β que relacionan el volumen útil $[V]$, y el nivel del agua arriba de la obra de toma $[h]$, asumiendo que:

$$\log V = \alpha \log h + \beta$$

Los escurrimientos se refieren tanto a los escurrimientos naturales mensuales de cuenca propia, para años comunes a toda la región, como al promedio mensual de aportaciones en los vasos grandes por precipitaciones pluviales y por pérdidas por evaporación.

3. Selección de la mejor tasa de vaciado

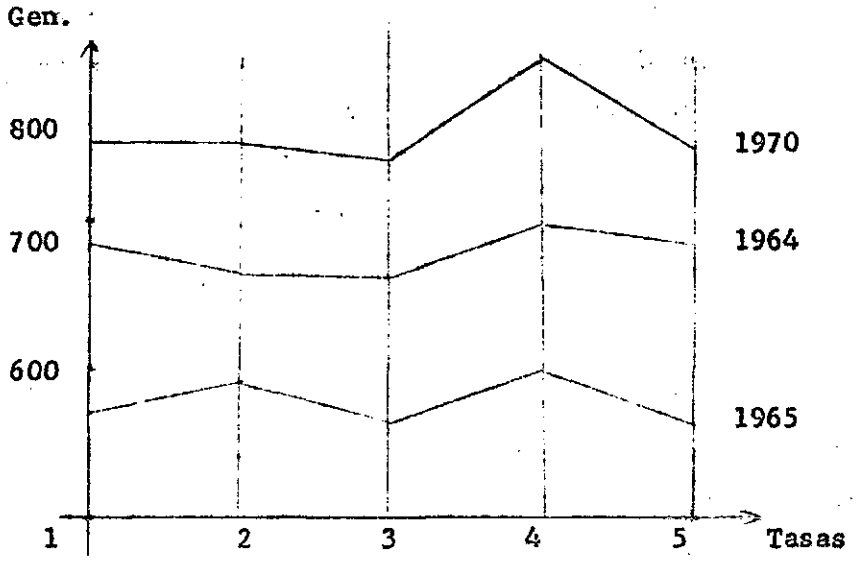
a) General

Cuando se dispone de muchas plantas y varias políticas de operación, la mejor tasa de vaciado debe cumplir al menos dos requisitos importantes:

- Mayor generación
- Menos derrames

/Para la

Para la primera condición se podría elaborar un gráfico de Energía-Tasa con los años como parámetros, parecido al siguiente:



De esta manera se identificaría visualmente la mejor tasa.

Para los derrames se podría preparar un gráfico similar, es decir: Derrames-Tasa, con los años como parámetros, para seleccionar la tasa, con menos derrames. Es de esperar que la tasa con mayor generación, será también la de menos derrames.

b) Honduras

En el caso particular de Honduras, el CONCENTRABLE está formado únicamente por dos plantas en cascada, que requieren de una sola política de operación, lo que permite encontrar una tasa más cercana al óptimo.

Los criterios básicos para seleccionar la mejor política de operación fueron los siguientes:

1) Al comienzo y al final del Ciclo Hidráulico, el embalse está completamente lleno (1.0 p.u.).

2) De acuerdo con la historia de escurrimientos con que se cuente se elige el total de vaciado, el cual dependerá de la máxima cantidad de agua disponible para llenar el vaso, o sea,

% Máximo Vaciado = % Máximo de Llenado Posible

/3) Se escogen

3) Se escogen del archivo hidráulico los meses con mayores escurrimientos, o sea aquéllos en los que habrá de llenarse el vaso. Para cada uno de esos meses se selecciona el año que tuvo menos aportaciones,[1/] y esta será la máxima cantidad de agua que podrá utilizarse para llenado (asumiendo generación cero), durante ese mes. No se puede emplear más pues haría falta agua en ese año todo ese mes y no podría alcanzarse la altura inicialmente propuesta.

4) Por medio de los datos del archivo de características físicas se calcula la cantidad de agua para que cada planta genere a potencia máxima. Como las dos plantas están en cascada, de este cálculo se selecciona la presa reguladora, o sea la que requiera menor cantidad de agua para generar a potencia máxima. Este volumen de agua será el mayor utilizable para generación, ya que de lo contrario ocurrirían derrames en dicha planta.

5) Finalmente se eligen las tasas de vaciado mensual con las restricciones anteriores, y las debidas al mantenimiento. Las restricciones son las siguientes: i) el volumen inicial es igual al volumen final (1.0 p.u.); ii) el volumen total de agua vaciada debe ser inferior o igual a las disponibilidades para llenar el vaso; iii) la tasa más elevada durante un mes de llenado será inferior o igual al porcentaje de contribución del año de menor aportación; iv) la tasa máxima durante un mes de vaciado será inferior o igual al porcentaje que utiliza la planta reguladora para generar a potencia máxima; v) en los meses con mantenimiento

Si $m^* E \geq E_R$ se genera E_R, y

Si $m^* E < E_R$ se genera m^*E

donde:

m = porcentaje de mantenimiento

E = escurrimientos necesarios para que la planta en mantenimiento genere a potencia máxima

E_R = escurrimientos necesarios para que la planta reguladora genere a potencia máxima

1/ Para seleccionar la tasa de vaciado debe interpretarse correctamente el concepto de "mayor generación". Si la política de operación elegida, por ser la de mayor generación tiene excesos negativos (sobre todo en años de escurrimientos intermedios) significa que durante el mes o meses con tales signos hizo falta agua; por consiguiente no será factible alcanzar el nivel propuesto (1.0 p.u.) al final del ciclo hidráulico. Esto origina una incongruencia en el programa, puesto que se asume que el siguiente ciclo comienza normalmente en 1.0 p.u., cuando en realidad se inicia a niveles inferiores y da por resultado que se elija una tasa en la que se utilizaron escurrimientos erróneos.

/vi) Cualquier

vi) Cualquier otra restricción inherente al caso en estudio. Todo lo anterior tiene por objeto alcanzar mayor generación, evitando derrames y excesos negativos.

c) Ejemplo del cálculo

El apéndice 1 incluye los escurrimientos para Cañaveral y Río Lindo y en él se puede observar que los meses con mayores escurrimientos y aptos para llenar el vaso son agosto, septiembre y octubre y, en menor grado, julio y noviembre.

En ese mismo apéndice se observa para Cañaveral que:

$$P = 28.5 + 14.2 = 42.7 \ [MW]$$

$$C.E = 0.32 \ [GWh/10^6 \ m^3]$$

Para generar a potencia máxima en un mes de 744 horas, donde no existe mantenimiento se necesita:

$$Esc = \frac{42.7 \times 0.744 \ [MW] \ [10^3 H]}{0.32 \ [GWh/10^6 m^3]} \times 0.98$$

$$Esc = 99.28 \ [10^6 m^3] \times 0.98 = 97.3 \ [10.^6 m^3]$$

Para Río Lindo se requiere:

$$Esc = \frac{80.0 \ [MW] \times 0.744 \ [10.^3 H]}{0.82 \ [GWh/10^6 m^3]} \times 0.98$$

$$Esc = 72.59 \ [10^6 m^3] \times 0.98 = 71.1 \ [10^6 m^3]$$

Como puede apreciarse, Río Lindo resulta la presa reguladora.

En algunos de los meses aptos ya aludidos, el agua con que se cuenta para llenado y generación es insuficiente. A continuación se presentan, en millones de metros cúbicos, las situaciones más críticas:

Mes y año		Aportaciones
Julio	1971	2.46
Agosto	1971	41.35
Septiembre	1965	59.88
Octubre	1964	29.00
Noviembre	1964	34.76

/Como puede

Como puede observarse:

$$\text{Agua disponible} = \sum_{\text{Julio}}^{\text{Nov.}} \text{aportaciones mensuales} = 167.45 \times 10^6 m^3$$

$$\text{Tasa posible total de llenado} = \sum_{\text{Julio}}^{\text{Nov.}} \frac{\text{Aportaciones mensuales}}{\text{Volumen útil}} = 0.32514$$

Por consiguiente la sumatoria de las tasas de todos los meses en que se vacía el embalse deberá ser menor o igual a 0.32514.

<u>Mantenimiento</u>. En el mes de abril se da mantenimiento a Cañaveral y en febrero a Río Lindo; los cálculos correspondientes se presentan enseguida.

Cañaveral:

$$Esc = \frac{42.7 \times 0.744 \times 0.98 \times 0.5}{0.32} = 48.65 \; [10^6 m^3]$$

como $48.65 < 71.1$ se generan $48.65 \times 10^6 m^3$

Río Lindo:

$$Esc = \frac{80 \times 0.744 \times 0.98 \times 0.8}{0.82} = 56.9 \times 10^6 m^3$$

como $56.9 < 71.1$ se generan $56.9 \times 10^6 \times m^3$

Tomando en cuenta todas las restricciones descritas, se obtiene la siguiente tasa de vaciado:

Mes	Tasa
Enero	0.02900
Febrero	0.02525
Marzo	0.06155
Abril	0.04741
Mayo	0.07572
Junio	0.00000
Julio	0.00000
Agosto	-0.07964
Septiembre	-0.09500
Octubre	-0.05600
Noviembre	-0.01500
Diciembre	0.06700

/4. <u>Análisis</u>

4. Análisis de los resultados

a) Tasa histórica

Para sensibilizar el Modelo se contó con la historia de escurrimientos y las características físicas de las plantas, así como con tasas de vaciado supuestamente reales para el período de 1964 a 1973. Se dispuso también de las alturas alcanzadas por el embalse como porcentajes del volumen útil. (Véanse los cuadros 1 y 2.)

Al efectuarse las corridas correspondientes se encontraron serias divergencias entre los resultados del Modelo y los datos reales de generación. Por ejemplo, una comparación para 1973 arrojó para el mes de octubre un error de 99% (véase el cuadro 3). Estas divergencias eran de esperarse como puede apreciarse al analizar el cuadro 2 donde se observan algunos meses con volúmenes mayores al 100%.

Otra incongruencia se nota en diciembre de 1972, mes para el cual aparecen dos valores distintos de volumen.

Se corrigió lo anterior, asumiendo que cuando el embalse alcanza su nivel más alto está completamente lleno, es decir se cambió el máximo de 118.45% por 100%. Las correcciones correspondientes aparecen en los cuadros 4 y 5. Al comparar las modificaciones señaladas, se encontraron nuevamente errores considerables. Se calculó entonces una tasa que se aproxima a la histórica de 1973, la cual, aunque de poca utilidad práctica, podría servir de guía para un nuevo cálculo de las tasas reales, o del volumen útil real, del embalse. (Véase el cuadro 6.)

b) Corrida de 1980

Se eligió el año 1980 para iniciar el estudio del conjunto Hidro.

i) Generaciones. Se encontró la mejor generación mediante el procedimiento descrito en la sección 3 anterior. Se obtuvieron así resultados razonablemente buenos.

En el gráfico 1 se muestra la generación nacional como función de los años, comparada con los escurrimientos totales. En él se observa además con claridad, tal como es de esperarse, que la generación sigue la curva

/Cuadro 1

Cuadro 1

TASAS DE VACIADO HISTORICAS, 1964 A 1973

(Millones de metros cúbicos)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1964		3.43	3.22	5.58	6.44	-1.72	-12.27	-9.44	1.29	3.43	4.94	-0.43
1965	2.79	5.15	6.22	8.37	5.80	5.15	0.86	-2.36	-7.08	-12.23	-6.87	0.43
1966	2.36	3.22	5.15	5.80	3.00	-	-10.94	-9.66	-5.58	-5.58	2.79	4.08
1967	5.15	2.36	5.15	6.87	9.23	3.86	-3.22	-4.94	-10.73	-10.94	-0.64	5.80
1968	5.36	7.94	8.15	8.16	7.94	-4.29	-3.00	-9.23	-16.09	-9.87	-4.50	4.29
1969	3.86	9.87	9.44	12.45	11.80	0.86	-4.08	-8.37	-12.87	-11.59	4.08	5.80
1970	9.66	9.66	11.16	13.31	10.94	4.72	-4.29	-14.96	-9.01	-11.59	-1.50	3.00
1971	5.80	7.94	11.59	10.73	6.87	2.36	2.36	-2.58	-14.81	-3.52	-5.15	-1.29
1972	2.36	3.22	3.65	6.22	18.67	2.58	-3.43	-7.51	-9.87	-10.94	6.22	1.07
1973	3.65	4.93	7.08	6.60	6.87	2.15	1.93	-2.36	-10.30	-18.45	-2.15	3.65

	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Volumen inicial	118.45	106.44	115.24	106.22	109.87	101.72	74.68	62.45	84.12	83.05	81.54
	Sep.	Feb.	Nov.	Dic.	Dic.	Feb.	Feb.	Enero	Dic.	Dic.	Dic.

Fuente: Calculadas a base de información proporcionada por la Unidad de Hidrología.

/Cuadro 2

Cuadro 2

VOLUMENES ALCANZADOS POR EL LAGO YOJOA EN PORCENTAJE DEL VOLUMEN UTIL DEL EMBALSE (420 x 10^6 M3), 1964 A 1973

(Millones de metros cúbicos)

	Período o ciclo hidráulico alimentado al programa												Diciembre	Volumen más alto	
	Diciembre[a]	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre			
1964	...	...	113.69	110.26	107.44	101.46	95.02	96.74	109.01	118.45	117.16	113.73	108.79	1 septiembre	118.45
1965	108.79	109.22	106.43	101.28	95.06	86.69	80.89	75.74	74.88	77.24	84.32	96.55	103.42	1 enero	109.22
1966	103.42	102.99	100.63	97.41	92.26	86.46	83.46	83.46	94.40	104.06	109.64	115.22	112.43	1 noviembre	115.22
1967	112.43	108.35	103.20	100.84	95.69	88.82	79.59	75.73	78.95	83.89	94.62	105.56	106.20	1 diciembre	112.43
1968	106.20	100.40	95.04	87.10	78.95	70.79	62.85	67.14	70.14	79.37	95.46	105.33	109.83	1 diciembre	106.20
1969	109.83	105.54	101.68	91.81	82.37	69.92	58.12	57.26	61.34	69.71	82.58	94.17	90.09	1 diciembre	109.83
1970	90.09	84.29	74.63	64.97	53.81	40.50	29.56	24.84	29.13	44.09	53.10	64.69	66.19	1 diciembre	90.09
1971	66.19	63.19	57.39	49.45	37.86	27.13	20.26	17.90	15.54	18.12	32.93	36.45	41.60	1 diciembre	66.19
1972	41.60	42.89	40.53	37.31	33.66	27.44	8.77	6.19	9.62	17.13	27.00	37.94	31.72	1 enero	42.89
1973	84.12	83.05	79.40	74.47	67.39	60.79	53.92	51.77	49.84	52.20	62.50	80.95	83.10	1 diciembre	84.12

Fuente: Calculados a base de información proporcionada por la Unidad de Hidrología.
a/ Mes del año anterior.

/Cuadro 3

Cuadro 3

DATOS HISTORICOS COMPARADOS CON LOS RESUETADOS DEL PROGRAMA, 1973

	Modelo	Real	Porcentaje de error	Vaciado	Escurrimientos
Total	84.367	92.498	-8.79		
Diciembre[a/]	7.021	7.046	-0.36	0.0107	16.90
Enero	8.393	6.957	20.64	0.0365	10.29
Febrero	8.251	6.412	28.68	0.0493	4.56
Marzo	10.442	7.835	33.27	0.0708	2.38
Abril	8.967	7.368	21.70	0.0660	-
Mayo	9.286	7.877	17.89	0.0687	-
Junio	6.242	7.376	-15.34	0.0215	10.43
Julio	7.246	7.654	-5.33	0.0193	14.52
Agosto	6.854	8.353	-17.95	-0.0236	31.31
Septiembre	4.972	8.193	-39.32	-0.13030	58.71
Octubre	0.078	8.832	-99.12	-0.1845	77.73
Noviembre	6.615	8.595	-23.04	-0.0215	29.21

a/ Mes del año anterior.

/Cuadro 4

Cuadro 4

TASAS DE VACIADO HISTORICAS,[a/] 1964 A 1973

(Millones de metros cúbicos)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1964	...	2.90	2.72	4.71	5.44	-1.45	-10.36	-7.97	1.09	2.90	4.17	-0.36
1965	2.36	4.35	5.25	7.07	4.90	4.35	0.73	-1.99	-5.98	-10.33	-5.80	0.36
1966	1.99	2.72	4.35	4.90	2.53	-	-9.24	-8.16	-4.71	-4.71	2.36	3.44
1967	4.35	1.99	4.35	5.80	7.79	3.26	-2.72	-4.17	-9.06	-9.24	-0.54	4.90
1968	4.53	6.70	6.88	6.89	6.70	-3.62	-2.53	-7.79	-13.58	-8.33	-3.80	3.62
1969	3.26	8.33	7.97	10.51	9.96	0.73	-3.44	-7.07	-10.87	-9.78	3.44	4.90
1970	8.16	8.16	9.42	11.24	9.24	3.98	-3.62	-12.63	-7.61	-9.78	-1.27	2.53
1971	4.90	6.70	9.78	9.06	5.80	1.99	1.99	-2.18	-12.50	-2.97	-4.35	-1.09
1972	1.99	2.72	3.08	5.25	15.76	2.18	-2.90	-6.34	-8.33	-9.24	5.25	0.90
1973	3.08	4.16	5.98	5.57	5.80	1.82	1.63	-1.99	-8.70	-15.58	-1.82	3.08

a/ Asumiendo que el volumen alcanzado a la altura máxima es el 100% de su capacidad. (Es decir, se cambió el máximo de 118.45% a 100% y las demás cantidades afectadas, en la misma proporción.)

/Cuadro 5

Cuadro 5

VOLUMENES ALCANZADOS POR EL LAGO DE YOJOA EN PORCENTAJE DEL VOLUMEN UTIL, 1964 A 1973 a/

(Millones de metros cúbicos)

	Período o ciclo hidráulico alimentado al programa												Diciembre	Volumen más alto	
	Diciembre b/	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre			
1964	***	***	95.98	93.09	90.37	85.66	80.22	81.67	92.03	100.0	98.91	96.02	91.84	1 Sept.	100.00
1965	91.84	92.21	89.85	85.50	80.25	73.19	68.29	63.94	63.22	65.21	71.19	81.51	87.31	1 Enero	92.21
1966	87.31	86.95	84.96	82.24	79.89	79.00	70.46	70.46	79.70	87.85	92.56	97.27	94.92	1 Nov.	97.27
1967	94.92	91.47	87.13	85.13	80.79	74.99	67.19	63.93	66.65	70.82	79.88	89.12	89.66	1 Dic.	94.92
1968	89.66	84.76	80.24	73.53	66.65	59.76	53.06	56.68	59.21	67.00	80.59	88.92	92.72	1 Dic.	89.66
1969	92.72	89.10	85.84	77.51	69.54	59.03	49.07	48.34	51.79	58.85	69.72	79.50	76.05	1 Dic.	92.72
1970	76.05	71.16	63.00	54.85	45.42	34.20	24.96	20.97	24.59	37.22	44.83	54.61	55.88	1 Dic.	76.05
1971	55.88	53.34	48.45	41.75	31.96	22.90	17.10	15.11	13.12	15.30	27.80	30.77	35.12	1 Dic.	55.88
1972	35.12	36.20	34.22	31.50	28.42	23.17	7.40	5.23	8.12	14.46	22.79	32.03	26.78	1 enero	36.20
1973	71.01	70.11	67.03	62.87	56.89	51.32	45.52	43.71	42.08	44.06	52.76	68.34	70.16	1 Dic.	71.01

a/ Asumiendo que el volumen alcanzado a la altura más alta es el 100% de su capacidad. (Es decir, se cambió el máximo de 118.45% a 100% y las demás cantidades afectadas, en la misma proporción.)

b/ Mes del año anterior.

/Cuadro 6

Cuadro 6

GENERACIONES DEL MODELO CON UNA TASA DE VACIADO "CALCULADA" (NO HISTORICA), 1973 a/

	Modelo	Real	Porcentaje de error	Vaciado	Escurrimientos
Total	92.733	92.498	0.25		
Diciembre b/	7.090	7.046	0.62	0.0112	16.90
Enero	6.910	6.957	-0.68	0.0257	10.29
Febrero	6.394	6.412	-0.28	0.0357	4.56
Marzo	7.416	7.835	-5.35 c/	0.0485	2.38
Abril	7.379	7.368	0.15	0.0541	-
Mayo	7.959	7.877	1.04	0.0586	-
Junio	7.855	7.376	6.49 c/	0.0332	10.43
Julio	7.641	7.654	-0.17	0.0220	14.52
Agosto	8.310	8.353	-0.51	-0.1210	31.31
Septiembre	8.209	8.193	0.20	-0.0792	58.71
Octubre	8.910	8.832	0.88	-0.1198	77.73
Noviembre	8.660	8.595	0.76	-0.0064	29.21

a/ Asumiendo que todos los demás datos son correctos.
b/ Mes del año anterior.
c/ Es posible mejorar estos resultados.

/Gráfico 1

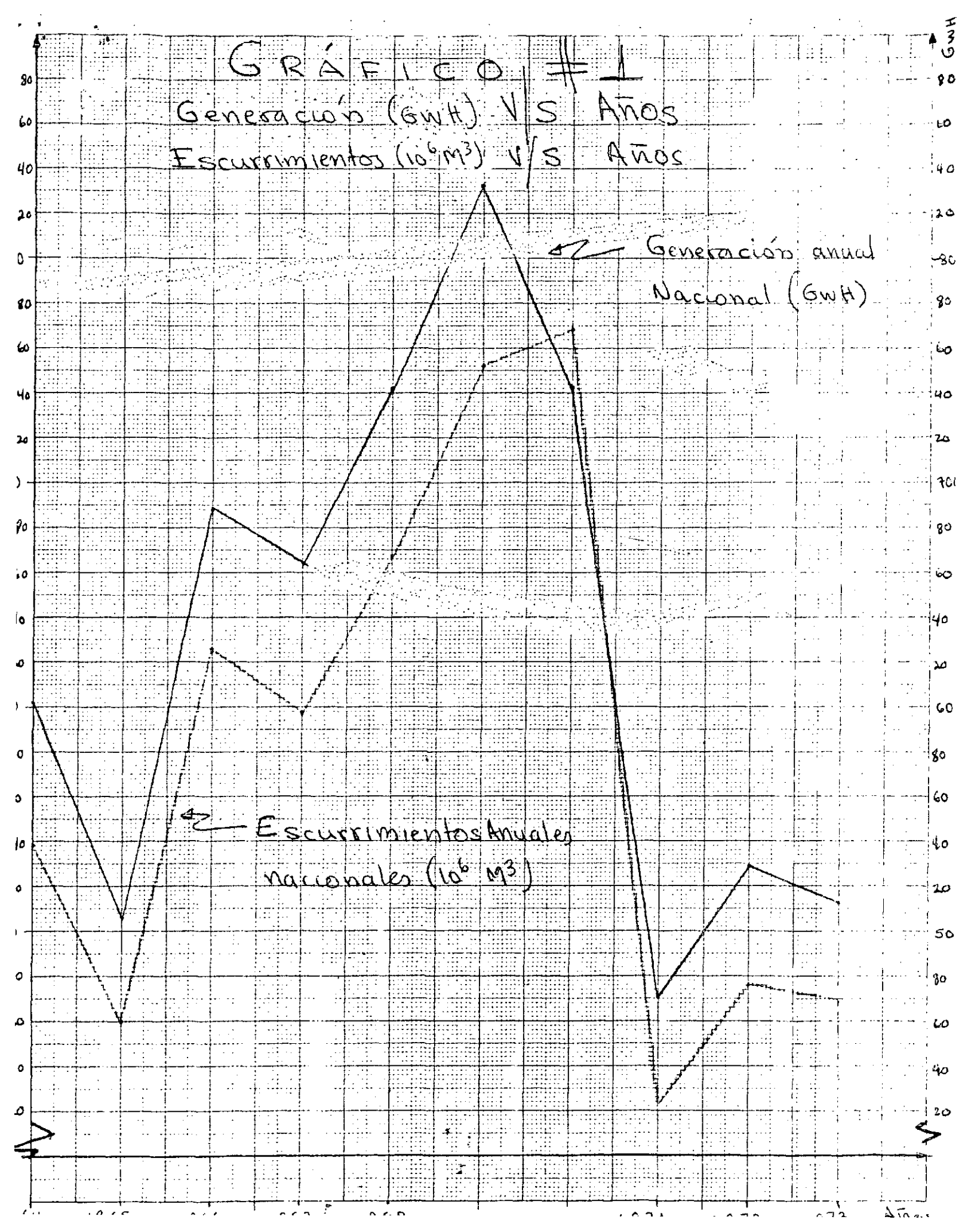


GRÁFICO #1
Generación (GWH) V/S Años
Escurrimientos (10^6 M^3) V/S Años
Generación anual Nacional (GWH)
Escurrimientos Anuales nacionales (10^6 M^3)
GWH
Años

de los escurrimientos, excepto para 1970. Se nota asimismo, que aun cuando este es el año de mayores escurrimientos, 1969 registra mayor generación. Esto se explica porque mientras en 1969 solamente se derramaron 13.3 millones de m^3, en 1970 se vertieron 76.2 millones de m^3. El volumen derramado en el último año se atribuye a dos razones:

1) A la forma en que llegaron los escurrimientos, pues hubo meses marcadamente secos y extremadamente húmedos, lo que no ocurrió en 1969, y

2) A la tasa de vaciado empleada. Si para 1970 se hubiese utilizado una tasa más alta, se habrían aprovechado mejor los escurrimientos, pero esto no fue posible ya que el programa trabaja con una sola tasa para todos los años; además, si se hubiese empleado una sola tasa, pero más alta, habría faltado el agua en algunos años.

En los gráficos 2 y 3 se comparan la generación y los escurrimientos, en relación con los años, de las plantas de Río Lindo y Cañaveral. Sobre el particular pueden hacerse las mismas observaciones que para la generación nacional.

Al comparar los tres gráficos se puede deducir que la eficiencia de cada metro cúbico para generar los kWh, es la siguiente:

Un metro cúbico genera en:

Cañaveral	0.32 kWh
Río Lindo	0.82 kWh
El conjunto	1.14 kWh

En el gráfico 4 se muestra la distribución de las generaciones por planta.

ii) Situaciones críticas. En la corrida final del programa se observa que en algunos meses la potencia para todos los bloques es de cero o cercana a cero (agosto de 1965 y de 1971, septiembre de 1971, y octubre de 1964). Ello se debe a que se prevé un mejor aprovechamiento del agua en esos mismos meses pero en otros años. En estos meses críticos se satisfaría la demanda prácticamente a base de generación térmica.

iii) Excesos y derrames. Aun cuando con la política de operación propuesta se redujeron al mínimo los excesos y derrames, éstos fueron inevitables, especialmente para los meses en los que se llena el vaso. La

/Gráfico 2

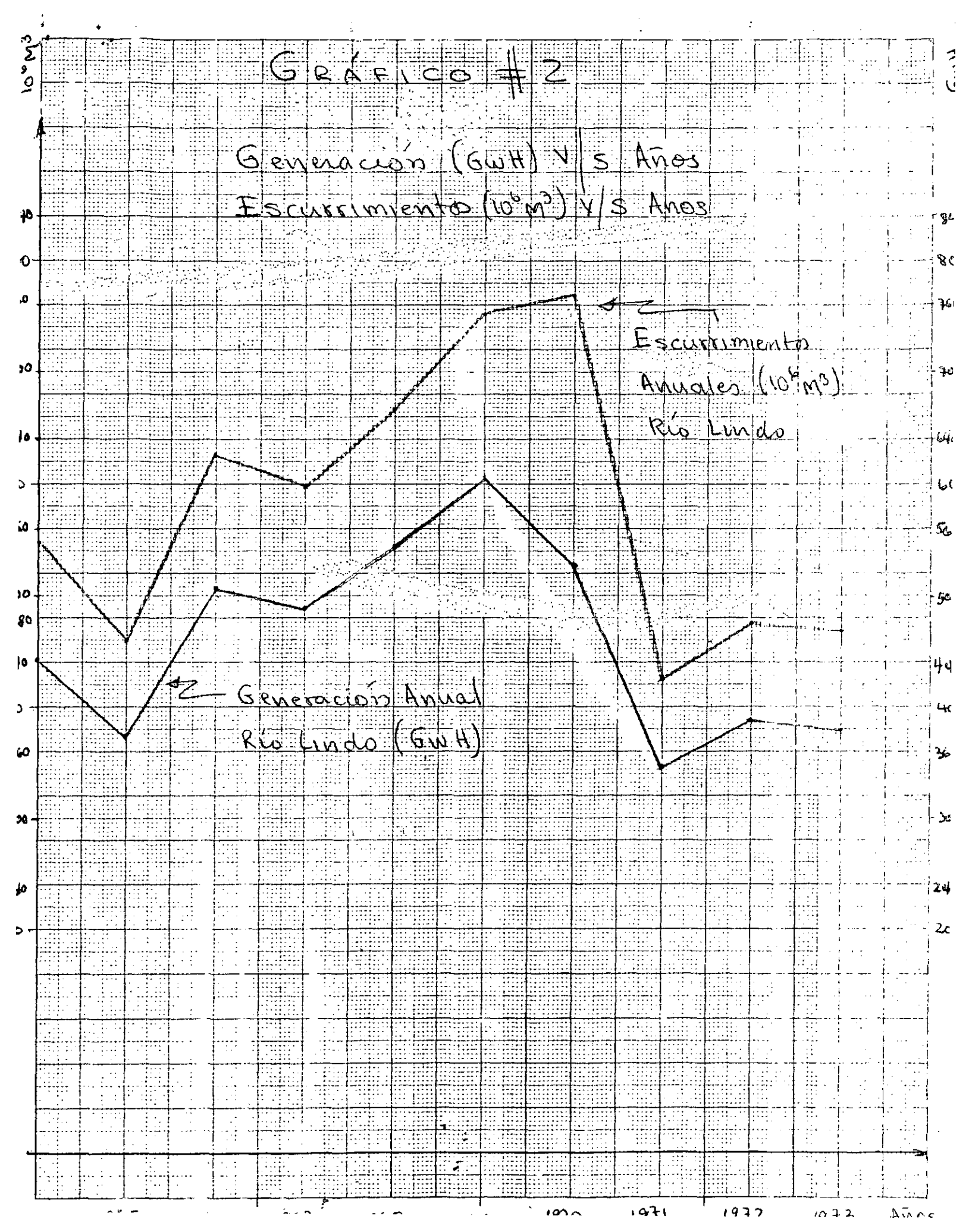
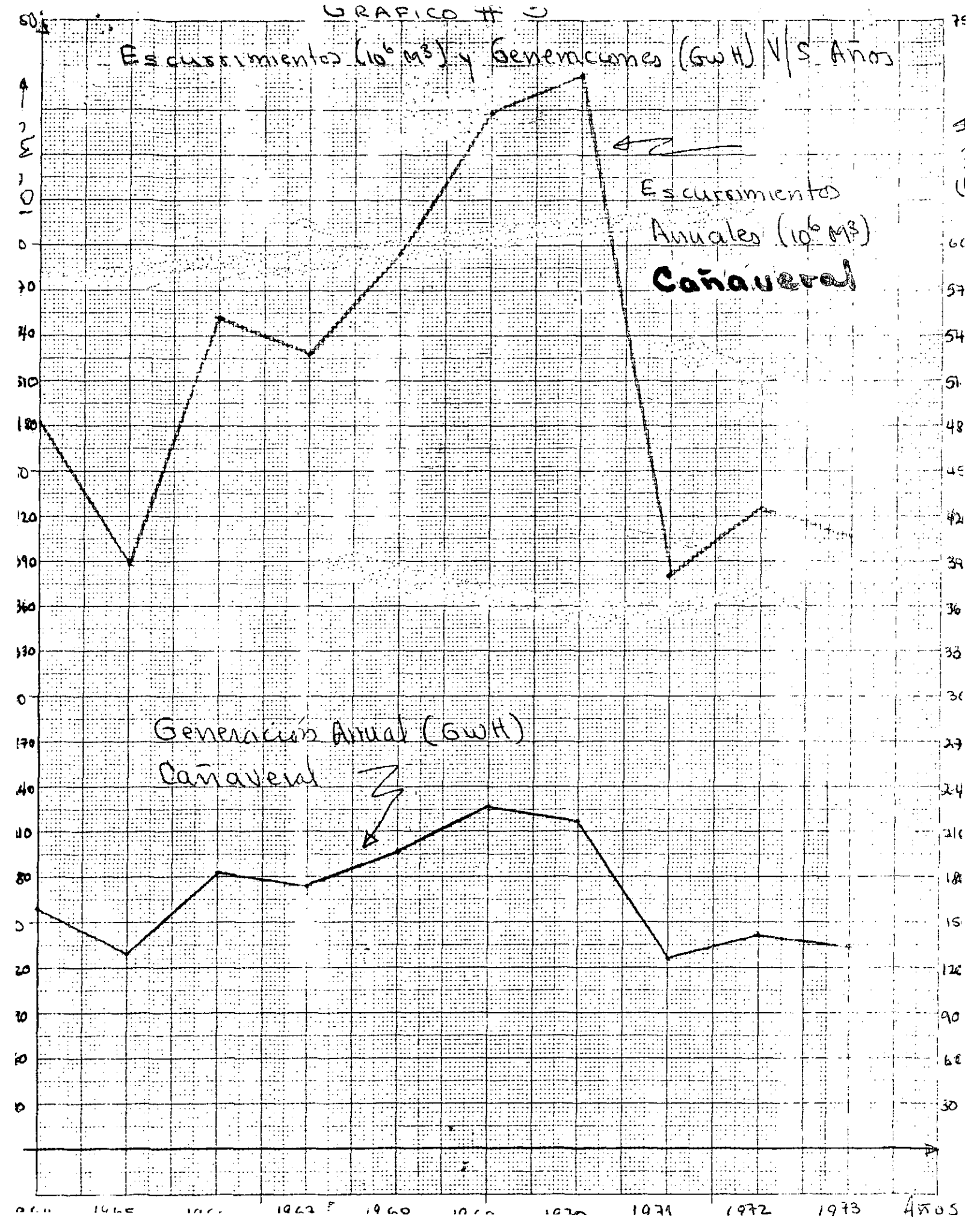


GRÁFICO #2
Generación (GWH) v/s Años
Escurrimiento ($10^6 m^3$) v/s Años
Escurrimiento Anuales ($10^6 m^3$) Río Lindo
Generación Anual Río Lindo (GWH)
1971
1972
1973
Años

GRAFICO # 3


Escurrimientos (10^6 M3) y Generaciones (GWH) V/S Años
Escurrimientos Anuales (10^6 M3) Cañaveral
Generación Anual (GWH) Cañaveral
1971
1972
1973
Años

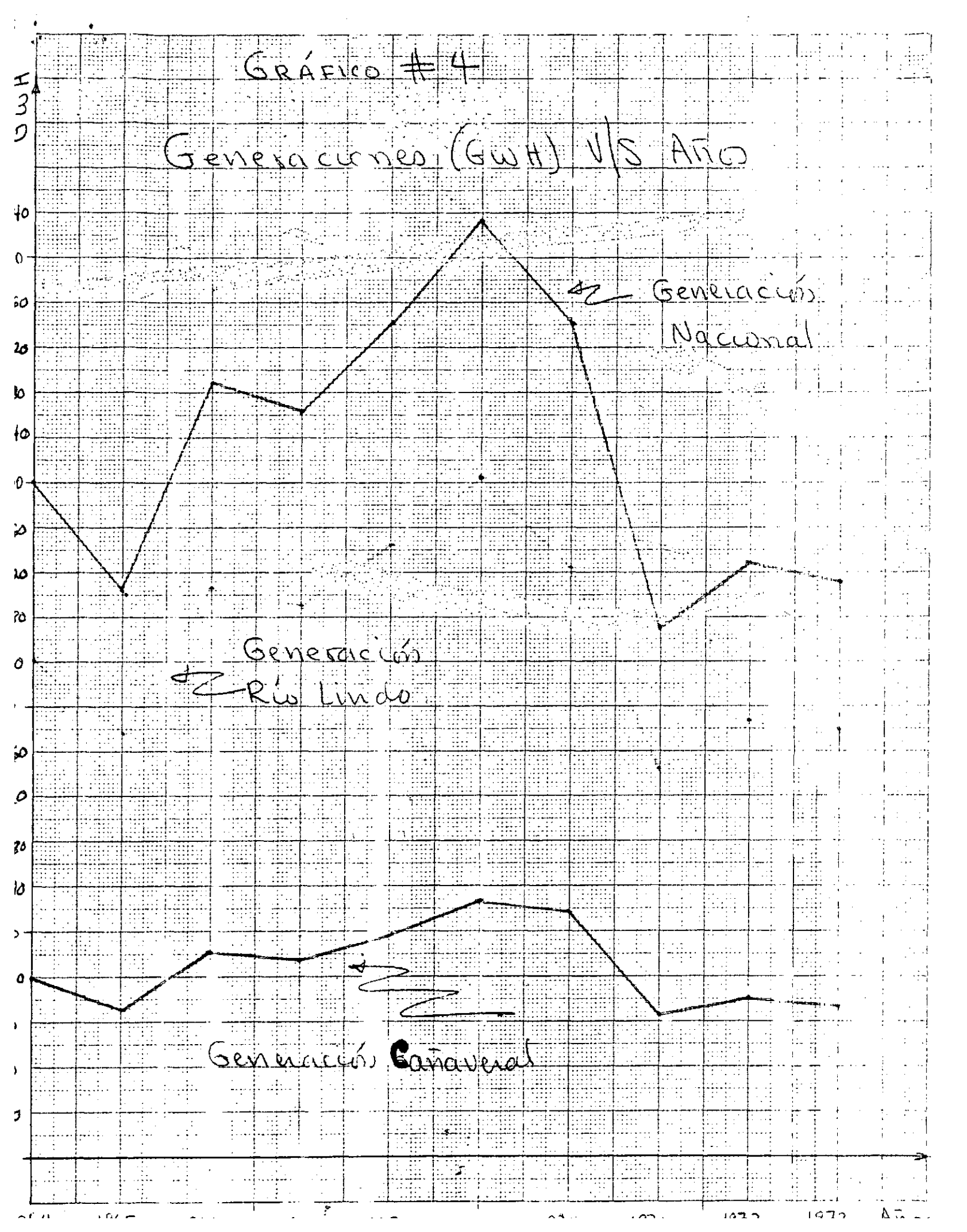


GRÁFICO #4
Generaciones (GWH) V/S Año
GWH
Generación Nacional
Generación Río Lindo
Generación Cañaveral
1972
1973
Año

situación más difícil se presentó en octubre, donde únicamente se podían destinar para llenado 29 millones de metros cúbicos, pues, como ya se señaló, si se destinara una cantidad mayor haría falta agua en el año de que se trata por los inconvenientes apuntados.

Si se toma en cuenta que para que Río Lindo genere a su máxima potencia únicamente se necesitan alrededor de 70 millones de metros cúbicos, en todos los meses de octubre que tienen escurrimientos superiores a 99 millones de metros cúbicos (29 de llenado y 70 de generación) se registrarán inevitablemente excesos y derrames. El mismo análisis se puede hacer para los demás meses con el mismo problema.

iv) Bloques durante los cuales se da potencia máxima. La curva de duración de carga se dividió en seis bloques horarios. Los tres primeros dan en promedio potencia máxima, lo cual se estima un resultado aceptable considerando que se desea concentrar la máxima cantidad de potencia en las horas de pico.

v) Pérdidas de potencia

Por nivel. En ninguno de los resultados para Cañaveral o para Río Lindo se observaron pérdidas de potencia por nivel, ello se debió tal vez a que el porcentaje de volumen vaciado (25%) dividido entre el área correspondiente a dicho volumen --que debe ser elevado, puesto que se refiere a la parte superior del embalse-- arroja una cantidad muy reducida y, por consiguiente, la diferencia de alturas no se hace sentir en los resultados.

Por escurrimientos. Erróneamente se podría suponer que se ha perdido potencia por nivel, cuando en realidad ello se debe a los escurrimientos; esto se observa en los meses críticos.

Por mantenimiento. A causa del tamaño del sistema hasta un porcentaje de mantenimiento puede alterar la potencia máxima. Esto se observa en febrero y abril, meses en los que Río Lindo y Cañaveral entran respectivamente a mantenimiento.

vi) También conviene mencionar que aun cuando los resultados son aceptables, su validez está sujeta a la entrada de un sobre-equipo de potencia y energía de 40 MW en Río Lindo, y de un sobre-equipo en potencia de 14.5 MW para Cañaveral. Si no se instalara alguno se cometería un error de 33% en el primer caso y de 12% en el segundo.

/Apéndice 1

Apéndice 1

CARACTERISTICAS DE PLANTAS HIDRO

Nombre de la Central	Fecha de entrada	Tipo de planta	Coeficiente transmisión	Restricciones por riego	Potencia máxima	Volumen útil
Cañaveral	1964	Anual	1.0	No	28.5 MW	515×10^{6} ^{3}
Ampliación Cañaveral	1980	Sobre-equipo	0.0	No	14.2 MW	0
Río Lindo	1978	Mensual	0.0	No	80.0 MW	0.75×10^{6} ^{3}

Nombre de la Central	Carga de diseño	Carga mínima	Carga máxima	Beta	Alfa	Coeficiente energético
Cañaveral	145 M	138 M	150 M	89.879	1.024	0.32
Ampliación Cañaveral	0	0	0	0.000	0.000	0.00
Río Lindo	373 M	366 M	406 M	0.017	1.592	0.82

ESCURRIMIENTOS DE CUENCA PROPIA, 1964 A 1973

(Millones de metros cúbicos)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
					A. Cañaveral							
1964	49.09	33.85	19.49	6.61	5.55	28.90	45.31	113.79	67.68	29.00	34.76	48.08
1965	32.66	18.48	12.44	4.72	11.13	18.30	30.77	41.63	59.88	67.21	57.10	35.64
1966	29.39	27.16	22.89	12.91	25.43	37.97	69.02	70.03	68.09	82.68	58.97	47.54
1967	32.92	38.39	26.67	22.73	15.89	35.35	52.20	60.70	73.38	78.15	53.52	37.27
1968	30.72	21.85	11.20	8.16	12.49	61.64	54.90	80.92	98.76	83.93	72.42	58.35
1969	49.14	26.83	29.94	16.72	27.19	71.38	71.23	92.22	104.17	89.37	58.27	52.51
1970	35.10	25.40	6.99	0	0	26.28	103.80	177.68	107.57	106.48	69.52	54.72
1971	36.81	7.99	2.08	0	0	2.97	2.46	41.85	119.15	92.95	47.56	28.38
1972	17.03	14.15	4.00	0	0	9.22	22.97	55.26	108.66	93.47	72.94	28.41
1973	17.52	18.35	7.54	5.31	4.43	22.58	30.22	51.14	80.17	98.08	44.84	26.80
					B. Río Lindo							
1964	4.98	4.67	4.64	3.97	3.76	4.20	7.46	7.88	6.48	6.30	5.29	6.74
1965	6.07	5.11	5.18	4.77	4.54	4.54	4.35	5.39	6.69	8.24	7.93	6.77
1966	6.01	5.99	5.44	4.95	5.00	5.96	7.70	6.56	7.15	7.57	5.96	5.55
1967	5.18	5.47	5.24	4.43	3.97	4.28	6.33	8.14	8.58	6.79	6.74	6.01
1968	5.44	4.90	4.33	4.04	4.04	6.79	6.97	5.91	6.45	8.04	7.88	7.02
1969	6.45	5.11	4.90	4.10	3.45	4.10	6.32	7.54	8.81	5.11	3.94	3.78
1970	3.29	3.01	2.98	2.62	2.33	3.68	6.64	6.77	6.09	6.53	5.57	5.52
1971	4.43	3.84	2.83	1.58	2.18	2.64	3.21	5.13	4.54	5.96	4.17	2.77
1972	2.95	3.11	2.44	1.81	1.48	1.97	6.22	5.13	9.72	6.82	3.27	5.52
1973	4.98	4.59	4.22	3.58	3.42	4.15	6.14	6.51	7.18	6.82	5.65	5.52

Apéndice 2

Parte 1

VARIABLES USADAS Y COMO SE OBTUVIERON PARA EL PROGRAMA GRABADOR DE ARCHIVOS

ICRON — Es el primer año para el cual se tiene escurrimiento (o por lo menos el primer año de escurrimientos que vamos a grabar, nosotros usamos 1964).

NEQ — Es el número total de plantas que van a entrar al programa, incluye: a) número de plantas sin sobre-equipo, b) número de sobre-equipos, y c) las plantas chicas. (Existen 5 plantas: Cañaveral, Río Lindo, El Cajón, El Remolino y Naranjito, además de una ampliación en potencia o sobre-equipo en Cañaveral, pero no hay plantas chicas. Sin embargo, nuestro NEQ = 7, ya que el programa exige una planta chica, aunque con datos cero)

NUP — Es el número de plantas sin considerar sobre-equipos, pero sí plantas chicas (NUP = 6).

LLAVE(IP) — Es la clave de la planta hidroeléctrica. Está formada por:

a) Número del sistema
b) Número del lugar
c) Número de la planta
d) Año de entrada de la planta. Con dos dígitos por cada concepto

a) El número de sistema para nosotros era 03, ya que se distribuían en la siguiente forma:

Guatemala	01
El Salvador	02
Honduras	03
Nicaragua	04
Costa Rica	05
Panamá	06
Centroamérica	07

/b) Cada lugar

b) Cada lugar de potencial hidráulico puede estar identificado con un número diferente, pero se escogió 01 para todas las plantas para evitarse complicaciones;

c) Cada planta "real" (sin sobre-equipo) debe estar identificada con un número; se puede numerar desde 1 hasta 10.

d) El año de entrada de la planta es un dato obvio, indica el año en que entra o entró dicha planta.

NOM Es el nombre del embalse o de la planta. Se tiene un máximo de 12 letras para nombrarlo.

ITP (IP) Es el tipo de planta según la siguiente clasificación:

0	Sobre-equipo
1	Regulación diaria
2	Regulación semanal
3	Regulación mensual
4	Regulación anual
Sobre-equipo	Es la adición de potencia (y no energía) a una planta
Regulación	Si el cociente

$$\frac{\text{Volumen medio escurrido}}{\text{Volumen útil}} = \#\ \text{veces}$$

de veces =

1 - 7	Regulación anual
8 - 30	Regulación mensual
31 - 200	Regulación semanal
# veces $\geq$ 201	Regulación diaria

Nota: Si a una planta se le va a agregar potencia y energía o simplemente energía, es necesario crear un nuevo archivo para utilizarlo en estudios, en ese o en años posteriores.

/TABAJO (IP)

TABAJO (IP) Coeficiente de transmisión de agua del embalse IP al embalse IP + 1. Forma de calcularlo:

a) General

$Q = \text{caudal} = \frac{m^3}{seg}$ $\frac{\text{(metros cúbicos)}}{\text{segundo}}$

$Q = \frac{m}{seg} \cdot m^2$ pero $\frac{m}{seg} = \text{velocidad}$

y $m^2 = \text{Area} \Rightarrow$

$Q = V \cdot A$ pero $V = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}}$

$\Rightarrow Q = \frac{d}{t} \cdot A$

$\therefore t_o = \frac{d \cdot A}{Q} \Rightarrow$ tiempo que tarda el agua en llegar a la otra presa.

t_o = tiempo en segundos

d = distancia en metros

A = área media en metros cuadrados

Q = caudal en metros cúbicos por segundo

b) Aproximado

De la experiencia se sabe que la velocidad promedio que tiene el agua para desplazarse de un punto de presa a otra presa oscila entre 4 y 6 km/hora, el problema consiste en conocer la distancia entra una y otra para calcular el tiempo de desplazamiento así:

$t_o = \frac{\text{distancia}}{\text{velocidad}} = \frac{\text{metros}}{\text{metros/seg}} = \text{seg}$

/Una vez

Una vez calculado este tiempo, se compara con el tiempo de duración del primer bloque de la curva de duración de carga t_1

Si $\frac{t_1}{t_0} \leq 1$ TABAJO = $\frac{t_1}{t_0}$

Si $\frac{t_1}{t_0} > 1$ TABAJO = 1

HRGØ (IP) Tiempo máximo durante el cual se permite aprovechar toda el agua debido a restricciones por riego u otras (este dato se da en miles de horas)

$\geq$ 0.744 no hay restricciones

$<$ 0.744 si hay restricciones

POT (IP) Potencia de diseño de cada planta en MW

VOLUM (IP) Volumen útil de cada planta dada en 10^6 m^3 (millones de metros cúbicos)

CADIS (IP) Carga bruta de diseño o sea la altura (utilizable) de caída del agua en metros

<u>Nota</u>: Cuando las cargas bruta, máxima y mínima son iguales se escribe signo negativo para que el programa evite hacer correcciones por nivel, ya que son innecesarias.

XNIMI (IP) Carga bruta mínima <u>de operación</u> en metros

XNIMA (IP) Carga <u>bruta</u> máxima <u>de operación</u> en metros

BETA (IP) Coeficiente de la curva "<u>Altura sobre la obra de TOMA-CAPACIDAD</u>"

ALFA (IP) Exponente de la curva "Altura sobre la obra de TOMA-CAPACIDAD"

$$V = \beta H^{\alpha}$$

/CESP (IP)

CESP (IP) Coeficiente energético (promedio en kWh/m^3 ó $GWh/10^6\ m^3$)

<u>Forma de calcularlo</u>

Este coeficiente es la cantidad kWh (ó GWh) que se puede generar con cada m^3 (ó $10^6\ m^3$) de agua, o sea

$$C.E = \frac{\text{Energía}}{\text{Volumen}} = \frac{E}{V}$$

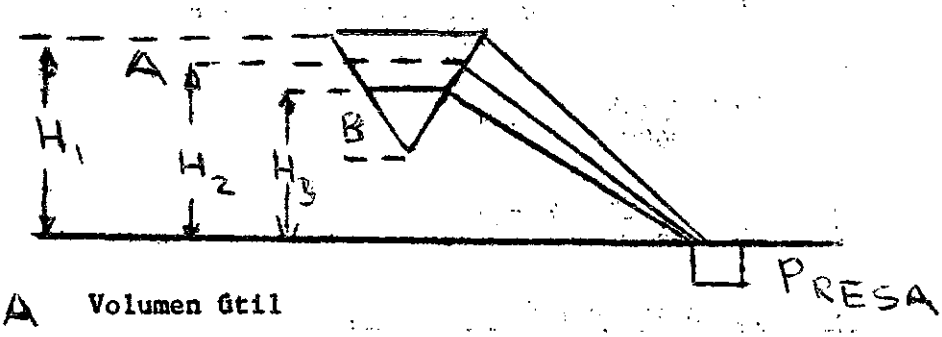
$E = \gamma Q.H.T \qquad V = Q.T$

donde:

γ coeficiente para ajustar unidades $[10^3\ kg_f/m^3]$

Q = caudal M^3 / seg

H = Altura promedio y neta (sin pérdidas) de caída M



A Volumen útil

B Volumen no útil

1) Carga bruta máxima

2) Carga diseño que es la que necesitamos

3) Carga mínima

<u>Nota</u>: La carga de diseño usualmente se multiplica por una eficiencia del orden de 80% a 85% debido a las pérdidas.

T = Tiempo seg

$$C.E = \frac{\gamma Q.H.T}{Q.T} = \gamma H$$

/Como se

Como se ve el C. E no es más que una altura multiplicada por un coeficiente, pero con unidades que no representan lo que deseamos, ya que buscamos $GWh/10^6\ m^3$

Para encontrar estas unidades hacemos lo siguiente:

$$E = \gamma\ Q.H.T = 1000\ \frac{kg}{m^3}\ \frac{m^3}{seg}\ M\ seg$$

$$E = 1000\ kgfm$$

pero $1\ H.P = 75\ kgm/seg = 736\ watts$

$$\Leftarrow \frac{1\ kgm}{seg} = \frac{736}{75}\ watts$$

$$1\ kgm = \frac{736}{75}\ watts\text{-}seg$$

$$1\ kgm = \frac{736}{75 * 3600}\ watts - H$$

$$E = \frac{1000 * 736}{75 * 3600}\ W - H$$

$$\frac{E}{V} = \frac{1000 * 736}{75 * 3600}\ \frac{W - H}{m^3}$$

$$\frac{E}{V} = \frac{10^3\ 8\ 736 * 10^9}{10^3 * 75 * 3.6*10^9}\ \frac{W - H}{m^3}$$

$GWh = 10^9\ W\text{-}H$
$MMCC = 10^6\ M^3$

$$\frac{E}{V} = \frac{10^3 * 736}{10^3 * 10^3 * 75 * 3.6}\ \frac{GW - H}{MMCC}$$

$$\frac{E}{V} \cong \frac{11}{367}\ \frac{GWh}{MMCC}$$

$$C.E \cong \frac{H\ neta}{367}$$

$$C.E \cong \frac{H\ bruta}{367} * \varepsilon$$

ε = eficiencia

/EVAP(M IP)

EVAP (M,IP)	Evaporaciones mensuales medias en mm (milímetros) para cada mes del ciclo hidráulico y cada presa.
XLLU (M,IP)	Lluvias mensuales medias en mm para cada mes M, del ciclo hidráulico y para cada presa IP.
DERR (M,IP)	Mantenimiento mensual para cada mes M y cada presa IP.
HISTOR (M,IP)	Escurrimientos o generaciones del mes M para el embalse IP; si son escurrimientos deben estar expresados en 10^6 m^3 (millones de metros cúbicos); si son generaciones estará dado en GWh.
IND	Es un índice que permite saber si HISTOR son escurrimientos o generaciones. IND = 1 son generaciones IND $\neq$ 1 (usualmente cero o nada) son escurrimientos

Parte 2

VARIABLES USADAS Y LA FORMA DE OBTENERLAS EN EL PROGRAMA CONCENTRABLE

1. PARAM

NPR — Número de presas registradas en el archivo CARACT, incluye plantas chicas y sobre-equipo.

NB — Número de bloques horarios en que se ha dividido la curva de duración de carga (usualmente 6 bloques)

NS — Número de sistemas en que se ha dividido el país. Número total de sistemas (7).

I FECHA — Año de inicio del estudio (el programa incluye todo el equipo hirâulico instalado o por instalar hasta ese año).

I AÑO — Son los años hidrâulicos o los escurrimientos que se van a tomar para estudiar. Estos años no son necesariamente consecutivos y cualquiera puede ser el primero. (Es decir que no necesariamente hay que darlos en un orden pre-establecido) de 1964 a 1973 que son los que en este momento tenemos.

NC — Es el número de años (I AÑOS) de escurrimientos (≤ 8) que estamos estudiando.

MES 1 — Número del mes a partir del cual se inicia el estudio de un año hidrâulico o más precisamente de un ciclo hidrâulico MES 1 = 10 estamos iniciando en octubre.

NM — Número de meses de que consta el ciclo hidrâulico, que se está estudiando.

IMPRES — Parâmetro que controla la impresión de resultados.
IMPRES = 4 $\Rightarrow$ Impresión completa concentrable en potencia y energía para cada presa, mes por mes y bloque por bloque. Concentrable nacional, mes por mes y bloque por bloque. Energía anual para cada presa. IMPRES $\Leftarrow$ 4.
- Concentrable nacional mes por mes y bloque por bloque.

/- Energía

- Energía anual de cada presa, IMPRES → 4.
- Perfora en tarjetas los datos del concentrable requerido en el M.N.I.

IV — Ya no se usa pero se deja IV=1

KSIS — Número de sistema correspondiente a Honduras (3)

2. TARJETAS CON LOS NOMBRES DE LOS MESES, EMPEZANDO CON MES 1.

3. CALEND

NHDL — Número de horas de los días laborables en cada bloque horario. Esto se obtiene de la curva de duración de carga.

NHFS — Número de horas de los fines de semana en cada bloque horario. De la curva de duración de carga.

NDL — Número de días laborables en cada uno de los meses de I FECHA, (pero si MES 1 ≠ 1, entonces es el número de días laborables de los NM meses siguientes, a MES 1, incluyéndolo a el mismo).

HD — Número de fines de semana (sábados y domingos) correspondientes a los NM meses anteriores.

4. TASASH

TIND — Tasa de disponibilidad global de los equipos hiráulicos.

NTAS — Número máximo de políticas de operación (tasas de vaciado) con las que se hará el estudio de cada caso.

IEX — Indice que relaciona la presa con la tasa de vaciado propuesta.
Nota: A los primeros 12 valores de tasa les llamaremos tasa 1, a los siguientes 12 valores; tasa 2, y así sucesivamente.
Para un año de estudio dado hay presas que entran en el estudio y otras que se rechazan. Las plantas que quedan ocupan las posiciones 1, 2, ... N de IEX (recuérdese que IEX tiene un máximo de 60 posiciones).

/La primera

La primera posición de IEX siempre será ocupada por las plantas chicas (que siempre entran en el estudio); las siguientes N-1 posiciones serán ocupadas por las otras plantas que entran (N son las plantas que entran en el estudio)

IEX (1) puede ser cualquier número de las tasas propuestas ya que se supone que las plantas chicas no tienen regulación. Si a la 2o. planta le corresponden los primeros 12 valores de tasa (tasa 1) su IEX correspondiente será 1 o sea IEX (2) = 1. Si a la tercera planta corresponden los sextos 12 valores de tasa (tasa 6), su IEX será 6 o sea IEX (3) = 6. Si a la cuarta planta corresponden los terceros 12 valores de tasa (tasa 3) su IEX será 3 o sea IEX (4) = 3.

Ejemplo:

Si tenemos las siguientes plantas con sus años de entrada respectivos y su tasa de vaciado,

Planta	Año entrada	Tasa de vaciado
Cañaveral	64	TASA 1
Río Lindo	71	TASA 4
Cajón	82	TASA 1
Remolino	89	TASA 2
Naranjito	92	TASA 3
Patuca 1	95	TASA 5
Patuca 2	98	TASA 6

Queremos hacer un estudio para el 95, entonces se rechaza Patuca 2

Quedan:

Plantas chicas	TASA 1
Cañaveral	TASA 1
Río Lindo	TASA 4
El Cajón	TASA 1
Remolino	TASA 2
Naranjito	TASA 3
Patuca 1	TASA 5

/Supongamos

Supongamos que deseamos describir nuestro IEX.
Tendremos, IEX = 1,1, 4, 1, 2, 3, 5, 53*5,

TASA (12,10) Es la tasa de vaciado mensual. Se da en porcentaje del volumen útil de los embalses.

VOLIN (13,10) Volumen inicial al principio de cada mes que se va a estudiar, también se da en porcentaje del volumen útil.

Nota: No hay necesidad de dar los 13 valores ya que el programa calcula internamente 12 valores, por lo que solamente es necesario dar el valor del primer mes para cada tasa, es decir, VOLIN (1,1), VOLIN (1, 2), VOLIN (1, 3), etc.

IV. NICARAGUA

1. Introducción

El modelo matemático CONCENTRABLE, desarrollado por la Comisión Federal de Electricidad de México, tiene por función determinar las disponibilidades de potencia y energía hidráulicas en un sistema eléctrico de potencia, partiendo de las disponibilidades de agua y las características físicas de cada una de las plantas que lo componen.

El modelo CONCENTRABLE juega un papel importante en el proceso de planeación de una empresa. Suministrando al programa diferentes regímenes hidrológicos, se pueden establecer igual número de esquemas de producción de energía hidráulica. Como la ocurrencia de estos regímenes es de tipo aleatorio, se combinan sus probabilidades de ocurrencia con los niveles de consumo previstos y de esta manera se determinan las adiciones que requiere el sistema de generación a través del período de estudio.

2. Descripción teórica del modelo

Como punto de partida, el modelo no toma en cuenta la magnitud de la demanda, aunque de una manera indirecta sí considera su régimen de variación, al determinar su duración, partiendo de los bloques de demanda. Estas duraciones son, naturalmente, una función de la forma de la curva de duración de carga, aunque no de la magnitud de sus ordenadas.

El objetivo fundamental del modelo CONCENTRABLE es concentrar el máximo de energía hidráulica en las horas de pico, ya que tanto la potencia como la energía tienen su mayor valor en el pico, y, por consiguiente, en ese lapso se obtiene el mayor beneficio de la capacidad hidráulica de un sistema.

El modelo distingue las plantas según su capacidad de regulación: de anual, semanal o mensual, de hilo de agua o diaria y sobreequipo; esta última tiene la característica de que sólo agrega potencia pero no energía. El modelo considera también la relación que pueda haber entre dos o más plantas del sistema utilizando coeficientes llamados de transmisión, que permiten emplear de manera total o parcial en una planta las aguas turbinadas en otra localizada aguas arriba.

/El modelo

El modelo trabaja bajo la suposición de que los escurrimientos mensuales son uniformes, pero éstos pueden ser afectados tanto por los coeficientes de transmisión de que se ha hablado anteriormente como por restricciones debidas al uso del agua para propósitos de riego.

Para plantas de regulación anual, aquéllas cuyos embalses tienen diferencias considerables de nivel a través del año, el modelo considera las variaciones de potencia con la altura por medio de la siguiente relación:

$$P/Pmax = (H/Hmax)^{3/2}$$

también asume para las mismas una relación lineal del coeficiente energético con la altura. Este coeficiente permite transformar los escurrimientos (en millones de metros cúbicos) en GWh, o sea energía eléctrica.

Para operar el modelo se necesita conocer una política de operación para cada una de las plantas de regulación anual del sistema; ésta es la manera de utilizar la capacidad de regulación de los embalses. Aunque normalmente no se conoce de antemano la mejor política de operación para una planta dada, se puede llegar a ella aplicando el modelo con diferentes políticas de operación o "tasas de vaciado" de los distintos embalses del sistema.

Para determinar las disponibilidades de potencia hidráulica, el modelo pasa por las siguientes fases de cálculo:

a) Cálculo de las disponibilidades de agua, tomando en cuenta tanto los escurrimientos como las precipitaciones y las restricciones por riego, así como los coeficientes de transmisión ya aludidos;

b) Transformación del agua en energía por medio del coeficiente ($Q = KA$), y

c) Selección del mínimo entre $d_* Pmax$ y KA, donde d es la duración de cada uno de los bloques de la curva de duración y Pmax, la potencia máxima de la planta, la cual puede reducirse tanto por indisponibilidad debida a fallas, como por las debidas a mantenimiento.

/3. Datos

3. Datos utilizados

Para operar el modelo se requiere, además de la política de operación de que se ha hablado anteriormente, el conocimiento de las características físicas de cada planta, tales como:

a) Potencia máxima de la planta (MW);

b) Los niveles del embalse (máximo, mínimo y de diseño);

c) El volumen útil del embalse (millones de metros cúbicos);

d) Coeficiente énergético (kWh/metro cúbico);

e) Coeficiente de transmisión (cuando la planta no está en cascada con otra, este valor es cero);

f) Coeficiente de restricción por riego (cuando no hay restricción por riego, este valor es 0.8), y

g) Tasas de disponibilidad de la potencia tanto por falla como por mantenimiento.

Además se precisa conocer los escurrimientos (millones de metros cúbicos) mes a mes, para un año para el cual se quieren obtener las disponibilidades de potencia hidro, así como las precipitaciones y las evaporaciones (mm de agua) en los diferentes embalses del sistema.

La información relativa a la política de operación se alimenta especificando la fracción respecto al volumen útil del embalse en que éste va a disminuir o aumentar, siendo esta fracción positiva si el volumen disminuye y negativa en caso contrario, además se debe calcular el volumen útil resultante al principio y al final de cada mes.

4. Selección de las tasas de vaciado

En lo que respecta al sistema de Nicaragua, antes de proceder a determinar la tasa óptima de vaciado para la única planta de regulación anual existente en 1980, se efectuaron tres corridas con las tasas de vaciado y los escurrimientos de los años 1972, 1973 y 1974. Esto tenía un doble propósito:

a) Determinar si toda la información correspondiente a las características físicas de la planta y a los escurrimientos era correcta, lo cual se logra comparando las generaciones resultantes, mes a mes, con las generaciones reales habidas en esos años, y

/b) El sistema

b) El sistema hidro de Nicaragua consta de dos plantas de 50 MW, la de regulación anual ya citada y otra de regulación semanal, aguas abajo de la primera, que por tanto utiliza el agua turbinada por ésta; la separación entre ambas plantas es de aproximadamente 30 km, por lo que las aguas turbinadas en la de regulación anual se ven reducidas en ciertos meses por la evaporación y por el riego, y aumentadas en otros por los escurrimientos de la cuenca propia. Se trató por lo tanto de encontrar un coeficiente único de transmisión que reflejara de la mejor forma las condiciones existentes. Después de realizar los análisis correspondientes, se determinó que el coeficiente era 0.0, como si las plantas fueran independientes, esto se debió a que los datos de escurrimiento para la planta de regulación semanal ya incluían los aportes provenientes de la otra planta aumentados en unos casos y disminuidos en otros por los fenómenos de que se ha hablado antes.

Una vez hecho ésto, se procedió a determinar la mejor política de operación para 1980, año de iniciación del estudio de interconexión, y para el cual se necesita en consecuencia saber las disponibilidades hidráulicas. Como punto de partida, se supuso que el embalse alcanzaría su nivel mínimo al comenzar la estación lluviosa (principios de junio) y su máximo al final de la misma (fines de noviembre), todo lo demás consistió en calcular los valores máximo y mínimo de modo que no se produjeran derrames ni producibles negativos y que además la energía producida fuera máxima para todos los regímenes hidrológicos considerados.

El nivel máximo se determinó tomando en cuenta que en caso de un año hidrológico máximo, el embalse debía tener cierto margen para almacenar el agua que no podía ser turbinada con el fin de evitar derrames.

Las tasas históricas de vaciado usadas para determinar el coeficiente de transmisión más apropiado corresponden a los años 1971, 1972 y 1973 y se muestran a continuación:

/Mes

Mes	1971		1972		1973	
	Tasa[a/]	Volin[b/]	Tasa[a/]	Volin[b/]	Tasa[a/]	Volin[b/]
		0.4731		.7310		.4263
Enero	.0789		.0645		.0824	
		0.3942		.6665		.3439
Febrero	.0896		.0753		.0753	
		0.3046		.5912		.2686
Marzo	.0717		.1075		.1219	
		.2329		.4837		.1467
Abril	.0430		.1254		.0573	
		.1899		.3583		.0894
Mayo	.0502		.0753		-.0072	
		.1397		.2830		.0966
Junio	-.0269		.0789		-.1183	
		.1666		.2041		.2149
Julio	-.0484		-.0573		-.1398	
		.2150		.2614		.3547
Agosto	-.0824		-.0609		-.0394	
		.2974		.3223		.3941
Septiembre	-.1935		0		-.1720	
		.4909		.3223		.5661
Octubre	-.2867		-.0394		-.3584	
		.7776		.3617		.9245
Noviembre	.0251		-.0538		-.0072	
		.7524		.4155		.9317
Diciembre	.0215		-.0108		.0645	
		.7310		.4263		.8672

a/ Tasas de vaciado negativas representan llenado del embalse.
b/ Volumen (en fracción de la unidad) embalsado al principio del mes.

En lo que respecta a la determinación de la tasa óptima de vaciado para el año 1980, se analizaron las que se muestran a continuación:

/Mes

Mes	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4	
	Tasa	Volin	Tasa	Volin	Tasa	Volin	Tasa	Volin
		.760		.800		.800		.800
Enero	.1075		.0573		.0573		.0466	
		.6525		.7427		.7427		.7534
Febrero	.0896		.0645		.0645		.0466	
		.5629		.6782		.6782		.7068
Marzo	.0789		.0681		.0573		.0430	
		.4840		.6101		.6209		.6638
Abril	.0645		.0538		.0358		.0287	
		.4195		.5563		.5851		.6351
Mayo	.0358		.0179		.0072		.0142	
		.3837		.5384		.5779		.6209
Junio	-.0215		-.0072		-.0072		-.0072	
		.4052		.5456		.5851		.6281
Julio	-.0430		-.043		-.0287		-.0179	
		.4482		.5886		.6138		.6460
Agosto	-.0645		-.0609		-.0573		-.0645	
		.5127		.6495		.6711		.7105
Septiembre	-.1147		-.0717		-.0645		-.502	
		.6274		.7212		.7356		.7607
Octubre	-.2258		-.0788		-.0681		-.0466	
		.8532		.800		.8037		.8073
Noviembre	.0179		-.0179		-.0142		-.0106	
		.8353		.8179		.8179		.8173
Diciembre	.0753		.0179		0.0179		.0179	
		.760		.800		.800		.800

De las cuatro políticas de operación anotadas, la primera se descarta por dar energía producible negativa en algunos meses, debido a que se bajaba mucho el nivel del embalse a comienzos de la estación lluviosa y se tenían que usar tasas de recuperación muy altas en los meses de lluvia. De las otras tres tasas, la No. 2 da la máxima generación y por tanto es la que se utilizó para determinar los concentrables hidráulicos que se han de usar en el MNI.

V. COSTA RICA

1. Introducción

Este informe contiene el estudio realizado con el Modelo CONCENTRABLE, para analizar el sistema hidroeléctrico de Costa Rica dentro del Estudio de Interconexión Eléctrica Centroamericana, según el programa de desarrollo del Instituto Costarricense de Electricidad que incluye las siguientes plantas: Menores, Garita, Río Macho, Cachí, Arenal, Corobicí, Guayabo, Siquirres y Boruca. Los datos de escurrimiento suministrados corresponden a los caudales mensuales reales de los años 1964 a 1973 inclusive, los cuales sirven como muestra estadística; de ellos se analizó detenidamente el año probablemente más seco, el año medio y el más húmedo. Se aplicaron diferentes tasas de vaciado de los embalses para las plantas de regulación anual y se obtuvo una política de funcionamiento de dichos embalses suficientemente buena para efectos de planeamiento. Los resultados obtenidos dan una idea muy clara de cuánta energía puede colocar cada planta en las horas más cargadas de la curva de demanda; además indican los sobrantes o faltantes de agua y por último se usan como datos de entrada al Modelo Nacional de Inversiones (MNI) que es el programa que analiza económicamente las necesidades de generación de energía eléctrica del país. El Modelo CONCENTRABLE se explica en el punto 2 de este informe.

Los apéndices incluyen los datos de entrada al CONCENTRABLE, las tasas de vaciado utilizadas, los resultados totales anuales de cada caso y una muestra de los resultados mensuales. También se agrega la curva de demanda anual del sistema de Costa Rica, una curva típica de la forma en que se suceden los escurrimientos durante el año y el programa de desarrollo utilizado.

2. Descripción general del Modelo CONCENTRABLE

El Modelo CONCENTRABLE, desarrollado por la Comisión Federal de Electricidad de México y Electricité de France, es un programa computacional que sirve para calcular la potencia y la energía máxima que pueden colocar las plantas hidroeléctricas de un sistema de generación en el curso de un grupo de

/horas definido

horas definido por la forma de la curva de carga del sistema. Se ha llamado CONCENTRABLE a la suma de las generaciones de todas las plantas en el tiempo pues es el máximo de energía que el sistema puede concentrar en el tiempo.

El programa utiliza un archivo de los escurrimientos naturales para diez años históricos de cada cuenca en estudio y para cada planta calcula el concentrable correspondiente a diferentes hidraulicidades según diversas hipótesis de las tasas de vaciado de las reservas hidráulicas y duración del tiempo sobre el cual se efectúa la concentración de la energía. Luego toma estos datos individuales por planta y realiza una simple adición para obtener el concentrable total del sistema por intervalo de tiempo dado.

Estos intervalos de tiempo se obtienen de dividir la curva de carga mensual del sistema en bloques horarios según el número de horas de pico, horas cargadas de los días laborables, de los fines de semana y de baja carga durante la noche.

Las centrales hidroeléctricas se clasifican en cinco categorías para este estudio según su tipo de regulación:

1. Ampliaciones de potencia, que se denominan sobreequipos;
2. Presas a filo de agua;
3. Presas de regulación diaria;
4. Presas de regulación semanal y mensual;
5. Presas de regulación estacional o anual.

Para las presas de tipo 5 se debe fijar la operación mensual del embalse mediante un nivel inicial y una tasa de vaciado como porciento de la capacidad útil. Además se efectúan correcciones por evaporación, lluvias y derrames.

Los datos técnicos necesarios incluyen para cada planta:

a) Potencia máxima
b) Cargas máxima y mínima de operación
c) Volumen útil del embalse
d) Coeficiente energético promedio
e) Carga de diseño
f) Parámetros alfa y beta (relación entre el volumen útil y el nivel de agua arriba de la toma)
g) Indice de salidas de operación por mantenimiento

/h) Restricciones

h) Restricciones diarias por riego

i) Coeficiente general de indisponibilidad (fallas)

j) Indicador de si la planta está en cascada con otra (coeficiente de transmisión).

3. Datos, variables y suposiciones

Los datos se suministran al Modelo CONCENTRABLE en dos partes, una constante para todos los casos y otra que varía según el caso que se corra. La primera se conoce como el "archivo de datos" y funciona por medio de un programa independiente (GRABA) que contiene los nombres y potencias de las plantas, su fecha de entrada en operación, el tipo de regulación de cada una, la carga de diseño, cargas mínima y máxima, los coeficientes alfa y beta que toman en cuenta la variación de potencia con la altura, el coeficiente energético promedio y la capacidad de los embalses. Además contiene los escurrimientos en millones de metros cúbicos por mes para los diez años históricos. También se le da un indicador de si la planta en cuestión entrega el agua turbinada a otra planta aguas abajo (coeficiente de transmisión) y el tiempo durante el cual puede dar la potencia máxima. Además los mantenimientos, evaporaciones y lluvias para cada una de las plantas de regulación anual.

La segunda parte de los datos se da en forma de "Namelist" y contiene la fecha para la que se desea hacer el estudio, el número de días laborables y fines de semana de cada mes de ese año, la duración de los bloques en los que se ha dividido la curva de carga mensual, un coeficiente de indisponibilidad general para todas las plantas, las tasas de vaciado y el volumen inicial de los embalses de regulación anual.

La curva de duración de carga mensual se introduce al modelo en forma de seis bloques que fueron escogidos de la siguiente manera:

Primer bloque: la hora más cargada de los días laborables

Segundo bloque: las siguientes tres horas de los días laborables más la hora más cargada de los sábados

Tercer bloque: las siguientes cinco horas más cargadas de los días laborables y de los sábados

/Cuarto bloque

Cuarto bloque: las siguientes cuatro horas de los días laborables y de los sábados más las dos horas más cargadas de los domingos

Quinto bloque: las siguientes tres horas de los días laborables más las siete horas siguientes de los sábados, más las siguientes ocho horas más cargadas de los domingos

Sexto bloque: las siguientes ocho horas de los días laborables, las siguientes siete horas de los sábados más las siguientes catorce horas de los domingos.

Esta curva de duración mensual tipo define las duraciones de los bloques que van a ser utilizadas por el modelo para definir el máximo de energía que puede colocar el sistema hidroeléctrico en cada uno de esos bloques. (Véase el gráfico 1.)

En el apéndice 1 se puede observar el archivo de datos suministrados, los "Namelists" se encuentran a continuación de éste y de ellos podemos notar que:

a) Los mantenimientos de las plantas sacan de operación un 50% de su capacidad para Garita en el mes de octubre, en Río Macho un 10% en febrero y un 33% en abril, en Cachí un 33% en abril y en septiembre, en las menores un 10% en junio, julio y agosto, en Arenal y Corobicí un 33% en julio y noviembre, y en Boruca un 33% en septiembre y octubre.

b) Las plantas Corobicí y Arenal se encuentran en cascada.

c) Se introducen sobreequipos en Cachí y Río Macho de 32 MW y 30 MW respectivamente en 1977.

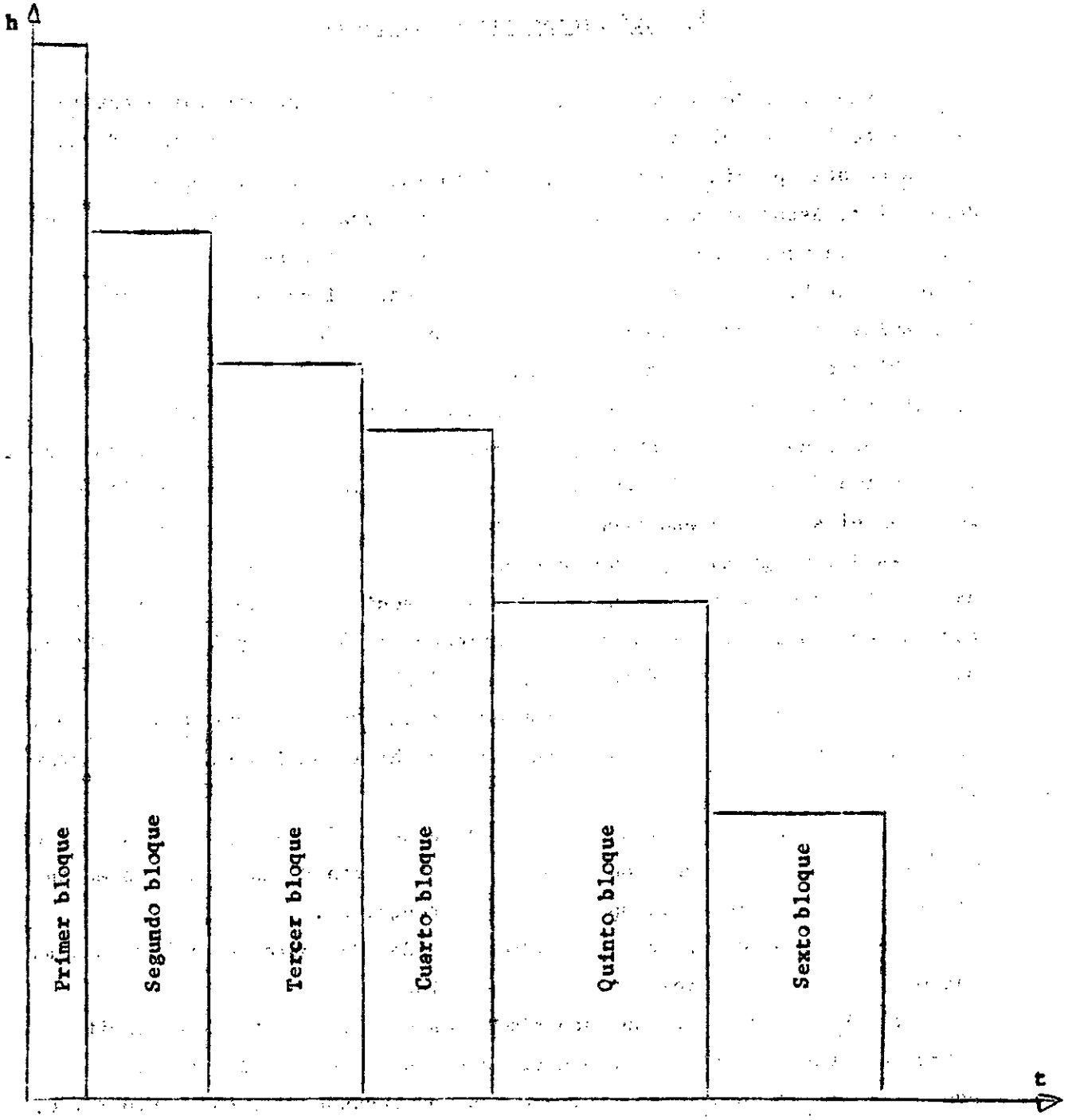
d) El sobreequipo de Siquirres se considera instalado a la misma fecha de construcción de la primera parte de la planta (total 300 MW).

<u>Nota</u>: Las plantas menores incluyen las unidades existentes de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, las de JASEC, JASEMA, JASEMH y Miller a un total de 40 MW. Se supone que en bloque la regulación es de tipo anual. Para estas plantas se tomó el agua turbinable en lugar de los escurrimientos naturales y lo mismo se hizo para las plantas de regulación diaria.

/Gráfico 1

Gráfico 1

DIVISION DE LA CURVA DE DURACION MENSUAL



/3. Diferentes

4. Diferentes casos del estudio

Como se explicó anteriormente, el archivo de datos contiene los escurrimientos de 1964 a 1973 correspondientes a los caudales reales de cada una de las cuencas propias en que se localizan las plantas del programa de desarrollo; éstos se usan como si fueran los caudales que se van a presentar en el futuro, o sea en los años para los que se desea obtener el "CONCENTRABLE". El programa toma en cuenta para el cálculo las plantas construidas a la fecha que se le indique como año del caso.

El estudio de Interconexión Eléctrica de Centroamérica tiene como año de inicio 1980, así es que para este año se hicieron las corridas principales con el total de los diez años de escurrimiento y con el fin de determinar la tasa óptima de vaciado del embalse de Arenal, única planta de regulación anual en el sistema a esa fecha. Esta parte del estudio se hizo en tres corridas del programa, cada una con una tasa de vaciado diferente. Basándose en éstas se determinaron los años seco medio y húmedo y se hizo otra corrida con estos tres años de escurrimiento (1964, 1967 y 1966 respectivamente), para definir los datos que pasan al MNI.

Con el fin de ver la operación de las diferentes plantas en lo que a colocación de energía y potencia respecta se hicieron las siguientes corridas del programa:

a) Equipo de 1971 con escurrimientos de 1965, 1969 y 1973 para observar la operación de Cachí con 64 MW y Río Macho con 90 MW, o sea antes de la instalación de los correspondientes sobreequipos.

b) Equipo de 1973 con escurrimientos de 1973 para comprobar la simulación del modelo con respecto a la operación real.

c) Equipo de 1977 con escurrimientos de 1973. Este caso permite saber con cuánta energía hidroeléctrica se cuenta en un año crítico con el equipo existente en 1977 que incluye los sobreequpos de Cachí y Río Macho. El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) planea terminar la planta diesel de Moín en ese año.

d) Equipo de 1979 con escurrimientos de 1973 para ver la energía disponible en el sistema a la entrada del proyecto de Arenal si ocurriera un año crítico.

/e) Equipo

e) Equipo de 1982 con escurrimientos correspondientes a 1965, 1969 y 1973 para observar la generación hidráulica antes de la entrada del proyecto Corobicí.

f) Equipo de 1996 con escurrimientos de año seco, medio y húmedo. Esta corrida se hizo con el fin de tener una idea de la energía y potencia que las futuras plantas podrán entregar al sistema mes a mes y a lo largo de la curva de carga mensual. Este caso debe estudiarse con mayor detenimiento para buscar la tasa óptima de vaciado del Proyecto Hidroeléctrico de Boruca.

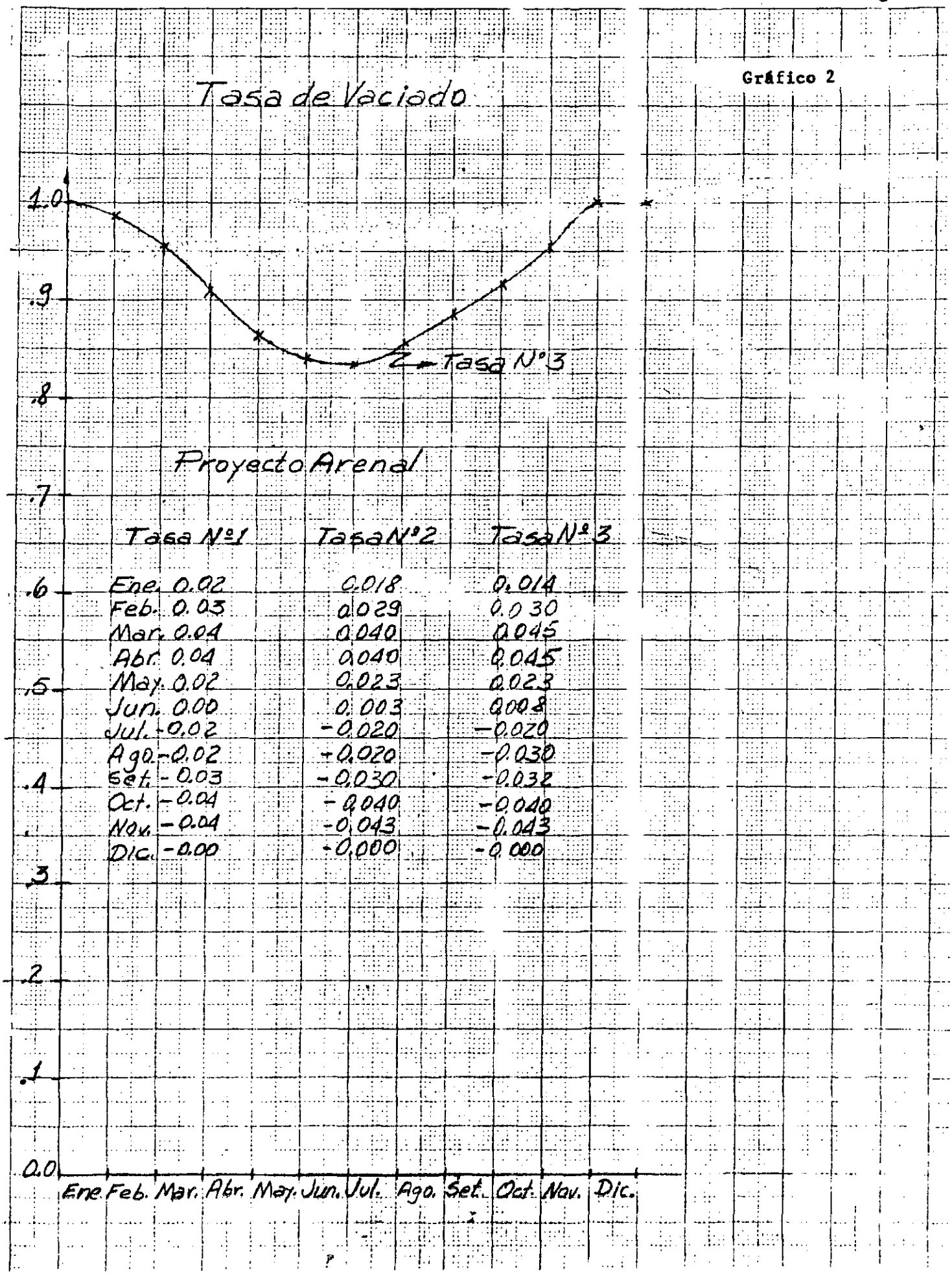
5. Tasas de vaciado

En las corridas para el año 1980 se utilizaron tres diferentes tasas de vaciado para Arenal, única planta hasta esa fecha con embalse para regulación anual. El fin de probar con diferentes tasas es el de buscar la forma de vaciado del embalse con la cual se obtiene el mayor provecho de la reserva de agua. Las tasas usadas son bastante similares entre sí dado que la primera que se usó produjo resultados bastante satisfactorios. (Véase el gráfico 2.)

Se corrigió la primera tasa empleada buscando una mayor generación anual total y tratando de trasladar los excedentes de agua de los meses más húmedos a aquellos meses en que se obtenía menor colocación de energía. Los resultados de esta segunda tasa fueron mejores que los de la primera y también que los de la tercera, para la mayoría de los diez años del estudio. Sin embargo, como esta tercera corrida presentaba una diferencia muy pequeña con respecto a la anterior en el total de la energía colocada, y la distribuía mucho mejor a lo largo del año, fue que se escogió como definitiva aunque coloca el máximo de potencia en un 8.3% menos de los bloques que la anterior. La colocación de energía se muestra en el gráfico gráfico 3 y la potencia en el cuadro 1.

/Gráfico 2

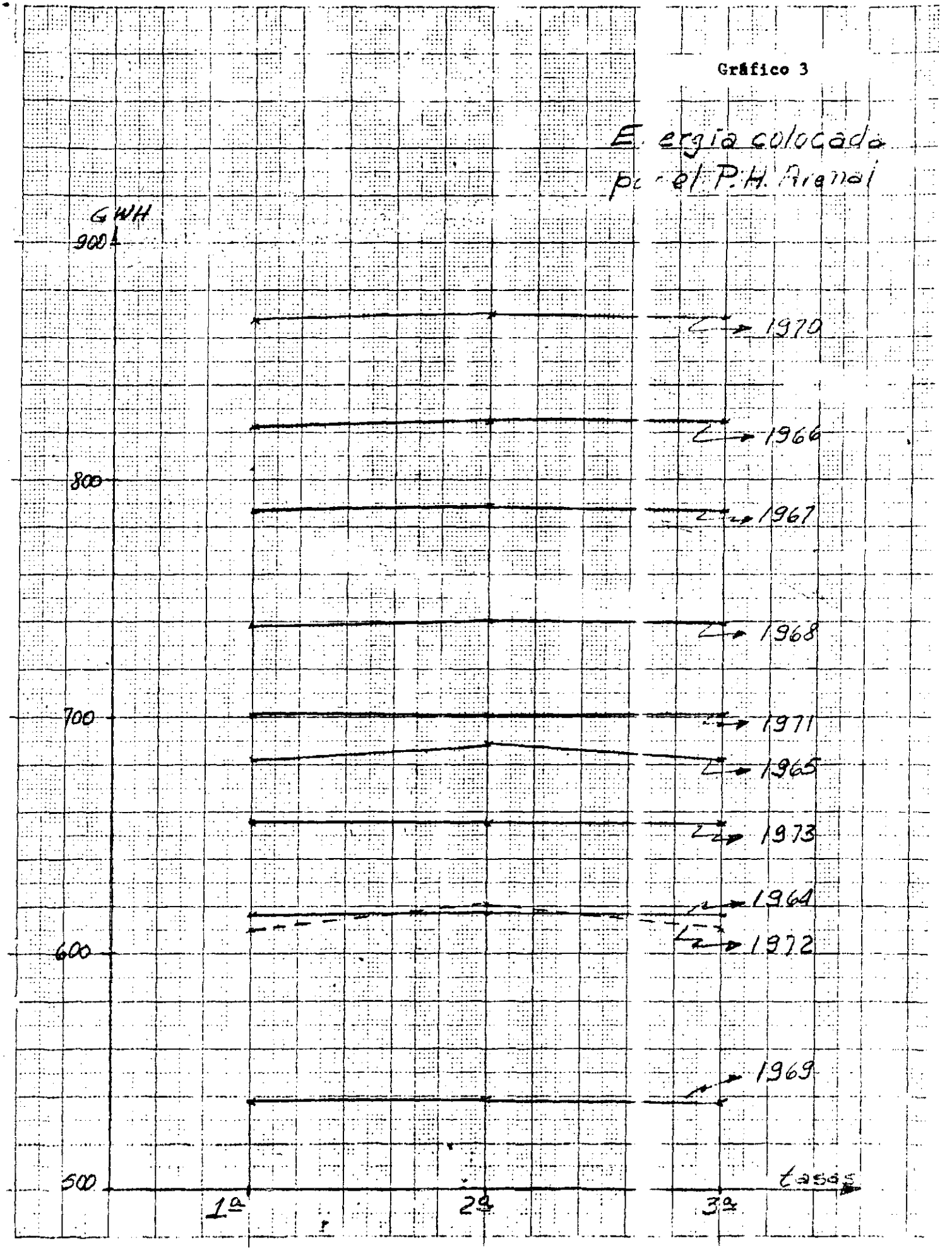
Gráfico 2



Proyecto Arenal

	Tasa N°1	Tasa N°2	Tasa N°3
Ene.	0.02	0.018	0.014
Feb.	0.03	0.029	0.030
Mar.	0.04	0.040	0.045
Abr.	0.04	0.040	0.045
May.	0.02	0.023	0.023
Jun.	0.00	0.003	0.008
Jul.	-0.02	-0.020	-0.020
Ago.	-0.02	-0.020	-0.030
Set.	-0.03	-0.030	-0.032
Oct.	-0.04	-0.040	-0.040
Nov.	-0.04	-0.043	-0.043
Dic.	-0.00	-0.000	-0.000

Gráfico 3


Energia colocada
por el P.H. Arenal
GWH
900
800
700
600
500
1970
1966
1967
1968
1971
1965
1973
1964
1972
1969
tasas
1ª
2ª
3ª

Cuadro 1

PORCENTAJE DE BLOQUES CON POTENCIA MAXIMA

Año	Tasa 1	Tasa 2	Tasa 3
Total	79.6	88.4	80.1
1964	75	75	77
1965	79	79	79
1966	87	88	86
1967	78	87	86
1968	83	84	84
1969	68	68	68
1970	91	91	91
1971	81	80	79
1972	75	77	70
1973	79	79	80

/Los cuadros

Los cuadros 2, 3 y 4 muestran la potencia colocada mes a mes y año por año. Los enteros indican el número de bloques en los que se coloca potencia máxima y los decimales el porcentaje de potencia colocada en el siguiente bloque. En los casos en que aparece un signo más (+), se entiende que se colocó potencia máxima en los seis bloques y además hay un sobrante de agua. Como se puede observar en estos cuadros, con la tercera tasa empleada se logró el objetivo deseado, cual era el de trasladar los sobrantes de agua de la época lluviosa a la época seca y con eso evitar la operación excesiva de las plantas térmicas en los meses más secos. Cuando menos se coloca este máximo de potencia en tres bloques, eliminándose los casos de sólo dos bloques. En la salida que se muestra en el apéndice 2, se ve que la pérdida de carga en el mes en que el volumen del embalse de Arenal es mínimo es apenas de un 0.75% y esto ocurre cuando las otras plantas del sistema disponen de mayores caudales.

Hay que agregar aquí que con este modelo se llega a encontrar una política de vaciado de embalses suficientemente buena para efectos de planeamiento y no de operación, ya que está basada en los registros históricos y no serviría para definir la óptima tasa de vaciado hacia el futuro.

6. Análisis de resultados

Los resultados obtenidos para el equipo instalado al año 1980 con los escurrimientos de los diez años históricos y la tercera política de vaciado del embalse de Arenal, según se describió en el punto anterior, son los que se muestran en el cuadro 5 a continuación, las unidades son GWh. (Véase el cuadro 5.)

El Modelo Nacional de Inversiones requiere los resultados del CONCENTRABLE de año seco, medio y húmedo que fueron escogidos como 1964, 1967 y 1966 respectivamente; dado que se contaba con una muestra pequeña se tomó el año siguiente al más seco, el año más próximo al promedio y el año inmediatamente anterior al más húmedo. Las potencias concentrables de estos años se muestran en el cuadro 6, la energía que ahí se expresa es la acumulada a lo largo de los seis bloques en que se dividió la curva de duración mensual. Además de esto, el MNI utiliza las energías anuales y

/cuadro 2

Cuadro 2

PRIMERA TASA DE VACIADO

Mes	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Enero	5.34	5.52	6.+	5.84	5.04	4.31	5.86	5.91	5.93	4.58
Febrero	3.99	5.58	6.+	5.10	5.37	4.53	6.00	4.82	4.55	4.88
Marzo	3.92	5.20	5.39	4.83	4.99	4.04	5.23	4.74	8.33	4.05
Abril	3.73	4.12	4.52	4.54	5.16	3.70	5.35	5.25	4.08	3.84
Mayo	2.96	2.93	4.92	4.13	4.38	2.93	4.52	3.92	4.14	3.84
Junio	3.59	2.90	5.22	4.98	5.19	2.82	5.05	4.59	3.46	4.31
Julio	6.+	6.+	5.47	5.29	5.77	3.12	5.93	5.80	5.45	5.64
Agosto	5.53	4.88	5.14	5.98	4.88	3.89	5.12	4.38	4.47	5.03
Septiembre	4.94	4.12	4.02	4.67	4.06	3.73	5.37	5.39	4.55	4.55
Octubre	4.84	4.41	4.88	5.04	3.37	4.00	4.77	5.33	3.59	4.38
Noviembre	4.64	6.00	5.52	6.+	6.+	5.71	6.00	4.43	4.64	5.67
Diciembre	4.58	5.23	6.+	5.67	5.90	6.+	6.+	3.56	4.79	5.79

/Cuadro 3

Cuadro 3

SEGUNDA TASA DE VACIADO

Mes	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Enero	5.31	5.49	6.+	5.81	5.00	4.24	5.83	5.88	5.90	4.52
Febrero	3.95	5.57	6.+	5.08	5.35	4.49	6.00	4.80	4.51	4.85
Marzo	3.92	5.20	5.39	4.82	5.00	4.04	5.23	4.73	4.33	4.05
Abril	3.72	4.12	4.56	4.54	5.16	3.69	5.35	5.25	4.88	3.84
Mayo	3.05	3.00	5.00	4.21	4.46	3.02	4.60	4.00	4.22	3.94
Junio	3.70	3.00	5.26	5.03	5.23	2.92	5.09	4.65	3.57	4.40
Julio	6.+	6.+	5.47	5.29	5.78	3.12	5.93	5.54	5.30	5.65
Agosto	5.54	4.87	5.14	6.00	4.89	3.88	5.11	4.37	4.47	5.00
Septiembre	4.93	4.11	4.00	4.67	4.06	3.72	5.36	5.39	4.55	4.55
Octubre	4.83	4.41	4.88	5.03	3.37	4.00	4.74	5.33	4.58	4.37
Noviembre	4.51	6.00	5.45	6.+	6.+	5.65	6.00	4.20	4.51	5.61
Diciembre	4.58	5.22	6.+	5.87	5.90	6.+	6.+	3.55	4.78	5.80

/Cuadro 4

Cuadro 4

TERCERA TASA DE VACIADO

Mes	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Enero	5.25	5.42	6.+	5.75	4.90	4.13	5.76	4.82	5.85	4.40
Febrero	4.00	5.58	6.+	5.09	5.37	4.54	6.+	4.81	4.55	5.88
Marzo	4.82	5.27	5.46	4.97	5.68	4.19	5.30	4.86	4.47	4.19
Abril	3.92	4.27	4.70	4.68	5.24	3.88	5.42	5.32	4.23	4.02
Mayo	3.06	3.02	5.00	4.21	4.46	3.02	4.61	4.01	4.23	3.95
Junio	3.89	3.17	5.34	5.11	5.31	3.10	5.18	4.81	3.68	4.55
Julio	6.+	6.+	5.46	5.29	5.78	3.11	5.93	5.80	5.45	5.64
Agosto	5.38	4.59	4.00	5.83	4.60	3.53	4.95	4.11	4.19	4.78
Septiembre	4.87	4.05	3.93	4.61	4.00	3.66	5.33	5.36	4.48	4.49
Octubre	4.84	4.41	4.88	5.04	3.37	4.01	4.81	5.33	3.59	4.37
Noviembre	4.51	5.95	5.45	6.+	6.+	5.65	6.00	4.30	4.51	5.61
Diciembre	4.58	5.22	6.+	5.67	5.90	6.+	6.+	3.55	4.78	5.78

/Cuadro 5

Cuadro 5

GWh

Año	Menores	Arenal	Cachí	Garita	Río Macho	Total
1964	298.76	617.21	586.84	180.39	573.12	2 256.31
1965	280.90	683.59	682.49	174.99	661.98	2 483.94
1966	291.03	825.68	718.89	188.92	692.98	2 717.50
1967	288.29	787.92	658.09	176.14	670.19	2 580.63
1968	290.92	740.32	691.99	179.81	710.51	2 613.54
1969	293.89	538.39	543.21	179.96	595.92	2 151.35
1970	299.82	869.28	751.19	197.96	786.12	2 904.37
1971	296.74	700.79	741.35	187.30	742.82	2 669.00
1972	285.54	611.10	640.01	177.72	713.03	2 427.30
1973	274.57	656.30	634.64	171.06	675.40	2 411.97
Promedio	290.04	730.58	664.96	181.04	682.21	2 521.59

/mensuales por

mensuales por categoría de regulación también para año seco, medio y húmedo; para obtener estas energías se hace lo siguiente: para regulación diaria se suman las generaciones de Garita, Río Macho y Menores; para regulación mensual se toma la generación de Cachí; para regulación anual se toma la generación de la planta de Arenal. (Véase el cuadro 6.)

Los resultados obtenidos mensualmente son los que se muestran en el cuadro 7.

En lo que se refiere a las corridas de los casos que se describen en el punto 4 de este informe, procederemos a discutir los resultados obtenidos en cada uno de éstos:

a) Con escurrimiento de año crítico el modelo determina que el total de energía hidroeléctrica disponible en el sistema de Costa Rica es de 1 570 GWh para 1971, que se distribuyen en la siguiente forma: Menores (40 MW) 274.57 GWh, Garita (30 MW) 171.06 GWh, Río Macho (90 MW) 643.04 GWh y Cachí (62 MW) 463.28 GWh.

b) Para comparar los resultados obtenidos con el CONCENTRABLE con respecto a la generación real este es el único caso que se puede tomar en cuenta pues muestra los equipos instalados antes de 1973 y los datos históricos de escurrimientos van de 1964 a 1973 inclusive. Se debe aclarar aquí que los escurrimientos para la planta Río Macho incluyen el agua aportada por el túnel de Tapantí que entró en operación en 1974, así que para la comparación de este caso no se puede tomar en cuenta esta planta. Además, el embalse de Cachí no se completó hasta 1972.

	Real (GWh)	Modelo (GWh)	Error (%)
Menores	267.89	274.57	2.5
Garita	185.04	171.06	7.5
Cachí	773.44	463.28	2.1

c) Para 1977 la demanda de energía según el pronóstico será de 1 811 GWh; se cuenta según el modelo con una energía hidráulica total de 1 734.81 GWh distribuida en la siguiente manera: Menores 274.57 GWh, Cachí 613.78 GWh, Garita 171.06 GWh y Río Macho 675.4 GWh. La demanda máxima de potencia será de 358 MW contra 280.28 MW disponibles en las plantas hidráulicas, de manera que se deben suplir 77.62 MW y 76.19 GWh con las plantas térmicas.

/Cuadro 6

Cuadro 6

	GWh		
	1964	1967	1966
Total	2 256.32	2 580.63	2 717.50
Regulación diaria	1 052.27	1 134.62	1 172.93
Regulación mensual	586.84	658.09	718.89
Regulación anual	617.21	787.92	825.68

/Cuadro 7

Cuadro 7

	GWh		
	1964	1967	1966
Regulación diaria			
Enero	94.3	100.5	99.6
Febrero	53.4	68.1	86.9
Marzo	54.4	59.6	67.9
Abril	53.7	72.9	54.9
Mayo	64.9	73.2	103.5
Junio	104.5	109.5	99.2
Julio	113.1	112.8	108.9
Agosto	113.1	113.1	113.1
Septiembre	109.5	109.5	109.5
Octubre	106.7	106.7	106.7
Noviembre	104.6	109.5	109.5
Diciembre	80.0	99.1	113.1
Regulación mensual			
Enero	59.3	55.6	70.0
Febrero	19.8	34.7	56.8
Marzo	17.8	32.9	34.1
Abril	18.9	42.9	29.4
Mayo	30.5	43.6	67.7
Junio	67.8	67.7	67.7
Julio	69.9	70.0	70.0
Agosto	69.9	70.0	70.0
Septiembre	45.4	45.4	45.4
Octubre	70.0	70.0	70.0
Noviembre	67.7	67.7	67.7
Diciembre	49.5	57.4	70.0
Regulación anual			
Enero	71.5	89.6	98.4
Febrero	42.4	62.0	92.1
Marzo	44.7	61.4	78.9
Abril	40.1	54.0	54.4
Mayo	29.8	47.8	62.3
Junio	40.5	63.8	71.8
Julio	65.7	48.7	53.1
Agosto	75.9	92.2	61.8
Septiembre	58.3	53.7	42.5
Octubre	60.2	64.3	60.9
Noviembre	34.4	63.8	50.9
Diciembre	53.6	86.4	98.4

/d) En el

d) En el año de 1979 el pronóstico de energía es de 2 128 GWh y el de demanda máxima de 417 MW, contra los resultados del CONCENTRABLE de 2 213.8 GWh y 412.58 MW, de manera que habría un pequeño faltante de 5 MW en el pico que habría que suplir con las plantas térmicas.

e) A la entrada del Proyecto Corobicí en 1983 se dispone de un potencial hidroeléctrico de 2 133.9 GWh y 412.58 MW en año crítico según el modelo, de manera que habría que generar unos 576 GWh y 76 MW con las plantas térmicas. La planta Corobicí agrega al sistema 652.07 GWh con una potencia de 156 MW.

f) Este caso nos muestra que el total de energía disponible en el sistema después de la construcción de Boruca es del orden de 10 000 GWh y 1 751 MW, de lo cual son 3 814 GWh de Boruca (750 MW), 1 848 GWh de Siquirres (300 MW) y 1 163 de Guayabo (150 MW), además de lo mostrado en los casos anteriores para el resto de las plantas.

Los resultados mensuales obtenidos con el Modelo CONCENTRABLE se muestran en el apéndice 2.

Del cuadro 8 se puede ver que el programa de desarrollo satisface las necesidades de energía y potencia con sólo las plantas hidroeléctricas a partir de 1979. Además se cuenta en la actualidad con 109 MW instalados de plantas termoeléctricas, más 32 MW de la diesel de Moín que se completará en 1977. A esto hay que agregar cinco unidades geotérmicas de 30 MW cada una que llevan a un total de reserva de 191 MW en térmicos para 1989. (Véase el cuadro 8.)

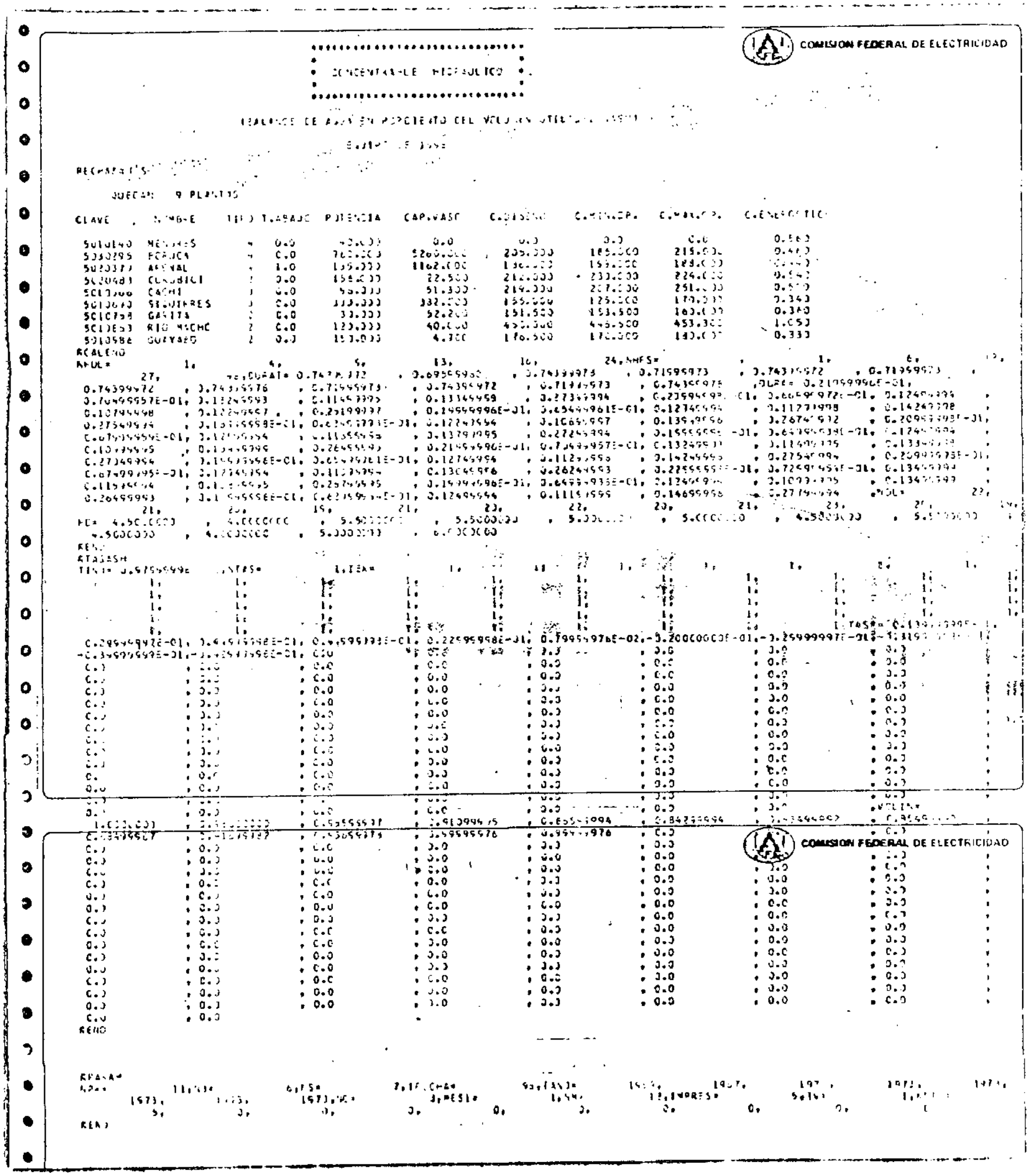
/Cuadro 8

Cuadro C

Proyecto	Fecha de entrada	Potencia instalada MW	Demanda potencia MW	Energía según modelo GWh	Demanda de energía GWh	Diferencia MW	Diferencia GWh
Hidro Existente	1976	224	328	1 570	1 646	-104	-76
Río Macho (30 MW)	1977	254	358	1 597	1 811	-104	-214
Cachí (32 MW)	1977	286	358	1 792	1 811	-72	-19
Arenal (135 MW)	1979	421	417	2 580	2 128	+4	+452
Corobicí (156 MW)	1983	577	570	3 525	2 938	+7	+587
Guayabo (150 MW)	1986	727	724	4 688	3 742	+3	+946
Siquirres (300 MW)	1990	1 027	1 000	6 536	5 167	+27	+1 369

Apéndices

Apéndice 1



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

```
CONCENTRADOR HIDRAULICO

BALANCE DE AGUA EN PORCIENTO DEL VOLUMEN UTIL

QUEDAN   9 PLANTAS

CLAVE    NOMBRE     TIPO T.ABAJO  POTENCIA   CAP.VASO   C.DISEÑO   C.MIN.OP.  C.MAX.OP.  C.ENERGETICO

5010140  MENORES     4    0.0      40.000      0.0        0.0        0.0        0.0        0.563
5030295  BORUCA      4    0.0     760.000   5260.000    205.000    185.000    215.000      0.440
5020377  ARENAL      4    1.0     135.000   1162.000    136.000    155.000    183.000
5020483  COROBICI    2    0.0     154.000     22.500    212.000    233.000    224.000      0.540
5010366  CACHI       3    0.0      55.000     51.300    219.000    207.000    251.000      0.510
5010670  SIQUIRRES   3    0.0     333.000    332.000    155.000    125.000    170.000      0.343
5010758  GARITA      2    0.0      33.000     52.200    151.500    153.500    163.000      0.380
5010853  RIO MACHO   2    0.0     120.000     40.000    455.000    446.500    453.300      1.050
5010586  GUAYABO     2    0.0     153.000      4.300    170.500    170.000    140.000      0.333
```

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

EVAPORACIONES Y LLUVIA PROMEDIO EN MM Y TASAS DE MANTENIMIENTO MENSUALES

5010140 PENDARES												
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7	0.7	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0
5010255 [illegible]												
	159.9	154.7	151.2	170.0	141.4	121.9	135.3	165.3	115.7	122.2	100.3	101.0
	62.8	34.9	45.6	220.7	330.4	322.4	217.4	415.5	461.6	583.0	370.4	196.1
	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7	0.7	1.0	1.0
5020379 ARENAL												
	74.0	83.0	109.0	156.0	95.0	90.0	36.0	26.0	131.0	76.0	60.0	47.0
	154.0	75.7	67.1	85.9	160.0	303.7	322.1	325.4	349.7	329.3	241.0	234.6
	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7	1.0	1.0	1.0	0.7	1.0
5020403 CORROBICI												
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7	1.0	1.0	1.0	0.7	1.0
5010566 CACHI												
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1.0	1.0	1.0	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7	1.0	1.0	1.0
5010577 CACHI												
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5010690 SIQUIRRES												
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5010750 CARITA												
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1.0	1.0	1.0	1.0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
5010803 RIO MACHO												
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1.0	0.9	1.0	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5010877 RIO MACHO												
	[illegible]	[illegible]	0.0	0.0	0.0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
[illegible] CHAVARO												
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Apéndice 2

**** CONCENTRADO NACIONAL ****

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

1964

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	412.560	412.580	412.560	412.530	360.667	135.844	9.077	38.164	92.830	140.277	191.123	225.164
FEB.	400.820	400.820	367.636	199.970	58.765	22.044	8.417	35.272	81.227	102.823	110.051	115.607
MAR.	412.580	412.580	327.852	200.900	71.481	23.012	8.252	35.275	77.077	99.778	109.964	116.855
ABR.	346.157	346.157	346.157	243.441	61.493	24.336	6.577	28.212	70.616	97.696	106.274	112.784
MAY.	412.185	412.185	412.185	175.497	61.125	23.855	8.556	36.684	90.269	110.275	118.711	125.223
JUN.	411.912	411.912	411.912	397.023	280.280	168.932	8.238	35.012	86.501	130.174	168.012	212.779
JUL.	368.544	368.544	368.544	368.544	368.544	274.670	8.108	34.090	82.922	125.305	174.506	248.804
AGO.	412.387	412.387	412.387	412.387	412.387	239.013	8.248	35.259	87.838	134.438	193.203	259.392
SET.	381.533	381.533	381.533	381.533	364.827	155.625	8.012	33.766	82.411	124.761	172.371	213.223
OCT.	397.880	397.880	397.880	397.880	376.619	187.702	9.151	38.196	91.910	138.064	186.648	236.952
NOV.	368.921	368.921	368.921	368.921	325.379	163.932	7.378	31.358	77.473	118.055	161.981	206.748
DIC.	412.580	412.580	412.580	409.504	240.047	59.615	7.839	33.832	85.404	131.268	166.555	183.128

1965

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	412.580	412.580	412.580	412.580	412.580	242.144	9.077	38.164	92.830	140.277	195.356	260.856
FEB.	400.820	400.820	400.820	395.378	220.418	94.158	8.417	35.272	85.375	128.183	155.295	179.323
MAR.	412.580	412.580	412.580	377.158	277.082	52.953	8.252	35.276	87.879	130.498	169.983	184.571
ABR.	346.157	346.157	346.157	283.594	88.954	-3.030	6.577	28.212	70.616	101.528	113.937	113.937
MAY.	412.185	412.185	412.185	283.812	203.975	53.319	8.656	36.684	90.269	122.623	150.772	164.509
JUN.	411.912	411.912	411.912	302.628	280.280	154.658	8.238	35.012	86.501	119.791	157.628	198.615
JUL.	368.544	368.544	368.544	368.544	368.544	259.040	8.108	34.090	82.922	125.305	174.506	244.576
AGO.	412.387	412.387	412.387	412.387	358.905	180.110	8.248	35.259	87.838	134.438	185.582	237.406
SET.	381.533	381.533	381.533	381.533	256.398	155.625	8.012	33.766	82.411	124.761	158.221	199.373
OCT.	397.880	397.880	397.880	397.880	320.356	187.702	9.151	38.196	91.910	138.064	179.390	229.694
NOV.	368.921	368.921	368.921	368.921	368.921	271.653	7.378	31.358	77.473	118.055	167.859	239.851
DIC.	412.580	412.580	412.580	412.580	409.065	144.210	7.839	33.832	85.404	131.613	191.745	231.836

1966

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	412.580	412.580	412.580	412.580	412.580	268.787	9.077	38.164	92.830	140.277	195.356	268.063
FEB.	400.820	400.820	400.820	400.820	400.820	229.483	8.417	35.272	85.375	128.663	177.964	235.793
MAR.	412.580	412.580	412.580	349.282	225.320	73.217	8.252	35.276	87.879	127.348	159.456	181.005
ABR.	346.157	346.157	346.157	344.816	199.156	13.031	6.577	28.212	70.616	100.201	135.983	138.667
MAY.	412.185	412.185	412.185	412.185	412.185	144.077	8.656	36.684	90.269	137.258	194.139	233.472
JUN.	411.912	411.912	411.912	411.912	411.912	193.551	8.238	35.012	86.501	131.812	167.470	238.711
JUL.	368.544	368.544	368.544	368.544	368.544	212.459	8.108	34.090	82.922	125.305	174.506	231.984
AGO.	412.387	412.387	412.387	412.387	412.103	188.110	8.248	35.257	87.838	134.434	193.163	[illegible]
SET.	381.533	381.533	381.533	375.105	249.234	155.625	8.012	33.766	82.411	124.048	156.573	197.424
OCT.	397.880	397.880	397.880	397.880	382.317	187.702	9.151	38.196	91.910	138.064	187.383	237.687
NOV.	368.921	368.921	368.921	368.921	368.921	227.489	7.378	31.358	77.473	118.055	167.859	228.141
DIC.	412.580	412.580	412.580	412.580	412.580	321.238	7.839	33.832	85.404	131.613	192.262	291.566

**** CONCENTRABLE NACIONAL ****

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

1967

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	412.580	412.580	412.580	412.580	412.580	163.953	9.077	38.164	92.830	140.277	195.356	245.557
FEB.	400.820	400.820	400.820	384.711	237.488	34.392	8.417	35.272	85.375	126.923	156.134	164.431
MAR.	412.580	412.580	412.580	311.185	191.930	12.815	8.252	35.276	87.879	123.043	150.389	151.920
ABR.	346.157	346.157	346.157	346.157	287.368	79.957	6.577	28.212	70.616	108.347	146.435	169.873
MAY.	412.185	412.185	412.185	412.185	177.198	11.138	8.656	36.884	90.269	137.258	161.711	164.752
JUN.	411.912	411.912	411.912	411.912	411.912	202.478	8.238	35.012	86.501	131.812	187.420	241.377
JUL.	368.544	368.544	368.544	368.544	368.544	211.012	8.108	34.090	82.922	125.305	174.506	231.584
AGO.	412.387	412.387	412.387	412.387	412.387	299.134	8.248	35.259	87.838	134.438	193.703	275.356
SEP.	381.533	381.533	381.533	381.533	329.386	155.625	8.012	33.766	82.411	124.761	167.346	208.598
OCT.	397.880	397.880	397.880	397.880	397.880	192.552	9.151	38.196	91.910	138.064	189.391	240.995
NOV.	368.921	368.921	368.921	368.921	368.921	276.136	7.378	31.358	77.473	118.055	167.859	241.351
DIC.	412.580	412.580	412.580	412.580	412.580	182.574	7.839	33.832	85.404	131.613	192.262	243.323

1968

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	412.580	412.580	412.580	368.023	209.106	27.216	9.077	38.164	92.830	135.153	163.069	170.431
FEB.	400.820	400.820	400.820	400.820	371.075	85.555	8.417	35.272	85.375	128.663	174.305	196.115
MAR.	412.580	412.580	412.580	412.580	329.832	35.074	8.252	35.276	87.879	134.501	181.502	191.427
ABR.	346.157	346.157	346.157	346.157	319.695	107.752	6.577	28.212	70.616	108.347	152.945	181.768
MAY.	412.185	412.185	412.185	412.185	341.448	115.113	8.656	36.884	90.269	137.258	184.378	215.804
JUN.	411.912	411.912	411.912	411.912	411.912	228.257	8.238	35.012	86.501	131.812	187.420	247.908
JUL.	368.544	368.544	368.544	368.544	368.544	256.853	8.108	34.090	82.922	125.305	174.506	243.446
AGO.	412.387	412.387	412.387	412.387	359.867	188.110	8.248	35.259	87.838	134.438	185.719	237.543
SEP.	381.533	381.533	381.533	381.533	249.381	155.625	8.012	33.766	82.411	124.761	157.305	198.157
OCT.	397.880	397.880	397.880	314.252	265.580	187.702	9.151	38.196	91.910	128.363	162.623	212.927
NOV.	368.921	368.921	368.921	368.921	368.921	276.136	7.378	31.358	77.473	118.055	167.859	241.351
DIC.	412.580	412.580	412.580	412.580	412.580	304.719	7.839	33.832	85.404	131.613	192.262	276.974

*** RESUMEN ANUAL DE OPERACION DE LAS PLANTAS HIDRAULICAS ***

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

ENERGIA (GWH)

AÑO	1964	1965	1966 *	1967 *	1968	1973	1973	1973
MENORES	298.76	280.90	291.03	288.29	200.92	0.0	0.0	0.0
IRENAL	617.21	683.59	825.68	787.92	740.32	0.0	0.0	0.0
TAURI	536.84	682.49	718.89	658.09	691.39	0.0	0.0	0.0
LERMA	180.39	174.99	188.92	176.14	179.31	0.0	0.0	0.0
RIO MAGDA	573.12	661.98	692.48	670.19	710.51	0.0	0.0	0.0
NACIONAL	2256.31	2483.94	2717.50	2580.63	2613.54	0.0	0.0	0.0

**** CONCENTRABLE NACIONAL ****

1969

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	412.580	412.580	412.580	316.786	185.951	36.532	9.377	38.164	92.830	129.261	140.735	150.617
FEB.	400.820	400.820	373.348	236.038	126.565	23.257	8.417	35.272	81.941	107.649	123.216	128.323
MAR.	412.580	412.580	363.655	200.903	76.496	15.855	8.257	35.276	81.642	104.343	115.244	119.615
ABR.	346.157	346.157	346.157	331.581	146.434	19.521	6.577	28.212	70.616	106.759	127.186	132.406
MAY.	412.185	412.185	412.185	251.135	186.200	79.193	8.656	36.684	90.269	118.894	144.990	166.210
JUN.	411.912	411.912	411.912	242.697	166.257	47.273	8.238	35.012	86.501	118.698	141.142	153.675
JUL.	368.544	368.544	368.544	291.278	184.171	38.252	8.108	34.090	82.922	116.419	141.006	151.356
AGO.	412.387	412.387	412.387	353.288	240.280	108.113	8.248	35.259	87.838	127.421	167.361	219.185
SET.	381.533	381.533	381.533	335.501	249.234	155.023	8.312	33.766	82.411	119.652	152.177	193.328
OCT.	397.880	397.880	397.880	397.880	265.873	167.702	9.151	38.196	91.910	138.064	172.362	222.666
NOV.	368.921	368.921	368.921	368.921	368.921	244.753	7.378	31.358	77.473	118.055	167.859	232.705
DIC.	412.580	412.580	412.580	412.580	412.580	321.233	7.839	33.832	85.404	131.613	192.262	281.566

1970

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	412.580	412.580	412.580	412.580	412.580	287.062	9.377	38.164	92.830	140.277	195.356	273.223
FEB.	400.820	400.820	400.820	400.820	400.820	324.539	8.417	35.272	85.375	128.663	177.964	259.740
MAR.	412.580	412.580	412.580	404.105	262.864	79.152	8.252	35.276	87.879	133.543	171.001	192.816
ABR.	346.157	346.157	346.157	346.157	346.157	243.924	6.577	28.212	70.616	108.347	156.636	221.083
MAY.	412.185	412.185	412.185	412.185	359.955	187.256	8.656	36.684	90.269	137.258	186.931	238.055
JUN.	411.912	411.912	411.912	411.912	411.912	213.555	8.238	35.012	86.501	131.812	187.420	243.217
JUL.	368.544	368.544	368.544	368.544	368.544	268.538	8.108	34.090	82.922	125.305	174.506	247.137
AGO.	412.387	412.387	412.387	412.387	405.374	187.500	8.248	35.259	87.838	134.438	192.204	243.960
SET.	381.533	381.533	381.533	381.533	381.533	199.829	8.312	33.766	82.411	124.761	176.551	227.006
OCT.	397.880	397.880	397.880	397.880	367.005	167.702	9.151	38.196	91.910	138.064	185.408	235.712
NOV.	368.921	368.921	368.921	368.921	368.921	275.843	7.378	31.358	77.473	118.055	167.859	240.957
DIC.	412.580	412.580	412.580	412.580	412.580	321.238	7.839	33.832	85.404	131.613	192.262	281.566

1971

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	412.580	412.580	412.580	412.580	412.580	294.066	9.377	38.164	92.830	140.277	195.356	274.201
FEB.	400.820	400.820	400.820	400.820	319.785	115.070	8.417	35.272	85.375	128.663	167.997	196.994
MAR.	412.580	412.580	412.580	412.580	321.535	37.213	8.252	35.276	87.879	134.501	180.315	190.568
ABR.	346.157	346.157	346.157	346.157	346.157	209.223	6.577	28.212	70.616	108.347	156.636	212.603
MAY.	412.185	412.185	412.185	412.185	282.956	183.778	8.656	36.684	90.269	137.258	176.306	226.477
JUN.	411.912	411.912	411.912	411.912	386.894	187.555	8.238	35.012	86.501	131.812	184.042	233.744
JUL.	368.544	368.544	368.544	368.544	368.544	257.559	8.108	34.090	82.922	125.305	174.506	244.175
AGO.	412.387	412.387	412.387	412.387	292.888	188.110	8.248	35.259	87.838	134.438	176.175	227.999
SET.	381.533	381.533	381.533	381.533	381.533	202.959	8.312	33.766	82.411	124.761	174.551	227.831
OCT.	397.880	397.880	397.880	397.880	397.880	231.633	9.151	38.196	91.910	138.064	189.391	251.468
NOV.	368.921	368.921	368.921	368.921	306.597	187.555	7.378	31.358	77.473	118.055	159.445	209.147
DIC.	412.580	412.580	412.580	353.707	198.194	68.141	7.839	33.832	85.404	125.019	154.154	173.097

**** CONCENTRABLE NACIONAL ****

1972

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	412.580	412.580	412.580	412.580	410.754	173.618	9.077	38.164	92.830	140.277	195.113	242.076
FEB.	400.820	400.820	400.820	400.820	224.851	6.489	8.417	35.272	85.375	128.663	156.320	157.955
MAR.	412.580	412.580	412.580	345.387	113.765	15.458	8.252	35.276	87.879	126.908	143.120	147.378
ABR.	346.157	346.157	346.157	346.157	217.745	69.930	6.577	28.212	70.616	108.347	138.723	157.429
MAY.	412.185	412.185	412.185	412.185	310.385	131.743	8.656	36.684	90.269	137.258	180.091	216.056
JUN.	411.912	411.912	411.912	379.635	280.280	118.243	8.238	35.012	86.501	128.261	166.099	197.433
JUL.	368.544	368.544	368.544	368.544	368.544	143.129	8.108	34.090	82.922	125.305	174.506	213.222
AGO.	412.387	412.387	412.387	412.387	305.707	188.110	8.248	35.259	87.838	134.438	178.001	229.826
SET.	381.533	381.533	381.533	381.533	313.946	155.625	8.012	33.766	82.411	124.761	165.731	206.583
OCT.	397.880	397.880	397.880	343.953	265.580	187.702	9.151	38.196	91.910	131.809	166.068	216.373
NOV.	368.921	368.921	368.921	368.921	329.379	187.525	7.378	31.358	77.473	118.055	161.981	211.683
DIC.	412.580	412.580	412.580	412.580	384.353	155.322	7.839	33.832	85.404	131.613	188.113	231.292

1973

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	412.580	412.580	412.580	412.580	332.898	62.430	9.077	38.164	92.830	140.277	184.719	201.506
FEB.	400.820	400.820	400.820	361.378	165.322	17.155	8.417	35.272	85.375	124.403	144.738	149.361
MAR.	412.580	412.580	373.942	199.861	48.798	-0.000	8.252	35.276	82.571	105.155	112.108	112.108
ABR.	346.157	346.157	341.927	232.923	27.485	-0.000	6.577	28.212	70.098	95.486	99.321	99.321
MAY.	412.185	412.185	412.185	404.624	280.280	86.227	8.656	36.684	90.269	136.396	175.074	198.614
JUN.	411.912	411.912	411.912	411.912	352.147	187.555	8.238	35.012	86.501	131.812	179.352	229.054
JUL.	368.544	368.544	368.544	368.544	368.544	242.735	8.108	34.090	82.922	125.305	174.506	240.165
AGO.	412.387	412.387	412.387	412.387	382.300	188.110	8.248	35.259	87.838	134.438	188.916	240.740
SET.	381.533	381.533	381.533	381.533	313.946	155.625	8.012	33.766	82.411	124.761	165.731	206.583
OCT.	397.880	397.880	397.880	397.880	315.371	187.702	9.151	38.196	91.910	138.064	178.747	229.051
NOV.	368.921	368.921	368.921	368.921	368.921	241.050	7.378	31.358	77.473	118.055	167.859	231.737
DIC.	412.580	412.580	412.580	412.580	412.580	293.799	7.839	33.832	85.404	131.613	192.262	273.938

ABR. 1973

DURACION DE LOS BLOQUES*

0.019 0.062 0.122 0.109 0.139 0.267

RESULTADOS DE OPERACION

******* 2 PLANTAS PROPUESTOS *

		PRODUCIBLE	VACIADO	N.FINAL	POTENCIA(MW)					
5010140	MENORES	15.68	0.0	1.000*	39.200	39.200	39.200	39.200	24.447	0.000
5020379	AREVAL	41.804	0.045	0.866*	132.204	132.204	132.204	132.204	3.038	0.000

RESULTADOS DE OPERACION

******* 2 PLANTAS CUMPLIDOS *

		N.FINAL	EXCESO	DERRAMES(MM3)	ENERGIA(GWH)					
5010140	MENORES	1.000	0.0	0.0 *	0.745	3.195	7.997	12.270	15.680	15.680
5020379	AREVAL	0.866	0.0	0.0 *	2.512	10.775	26.970	41.380	41.804	41.804

ABR. 1973

DURACION DE LOS BLOQUES*

0.019 0.062 0.122 0.109 0.139 0.267

*******PLANTAS POTENCIA(MW)

5010566	CACHI	63.034	63.034	63.034	44.873	0.000	-0.000
5010758	GARITA	29.400	29.400	29.400	16.646	0.000	0.0
5010863	RIO MACHO	82.320	82.320	78.089	0.000	0.000	-0.000

*******PLANTAS ENERGIA(GWH)

5010566	CACHI	1.198	5.137	12.859	17.750	17.750	17.750
5010758	GARITA	0.559	2.396	5.998	7.812	7.812	7.812
5010863	RIO MACHO	1.564	6.709	16.275	16.275	16.275	16.275

DIC. 1973

DURACION DE LOS BLOQUES*

0.019 0.063 0.125 0.112 0.147 0.273

RESULTADOS DE OPERACION

******* 2 PLANTAS PROPUESTOS *

		PRODUCIBLE	VACIADO	N.FINAL	POTENCIA(MW)					
5010140	MENORES	25.480	0.0	1.000*	39.200	39.200	39.200	39.200	39.20	25.945
5020379	AREVAL	90.803	0.0	1.000*	132.300	132.300	132.300	132.300	132.300	104.861

RESULTADOS DE OPERACION

******* 2 PLANTAS CUMPLIDOS *

		N.FINAL	EXCESO	DERRAMES(MM3)	ENERGIA(GWH)					
5010140	MENORES	1.000	0.0	0.0 *	0.745	3.214	8.114	12.595	18.267	25.480
5020379	AREVAL	1.000	0.0	0.0 *	2.514	10.849	27.386	42.204	61.552	90.803

DIC. 1973

DURACION DE LOS BLOQUES*

0.019 0.063 0.125 0.112 0.147 0.273

*******PLANTAS POTENCIA(MW)

5010566	CACHI	94.080	94.080	94.080	94.080	94.080	94.080
5010758	GARITA	29.400	29.400	29.400	29.400	29.400	13.135
5010863	RIO MACHO	117.600	117.600	117.600	117.600	117.600	55.778

*******PLANTAS ENERGIA(GWH)

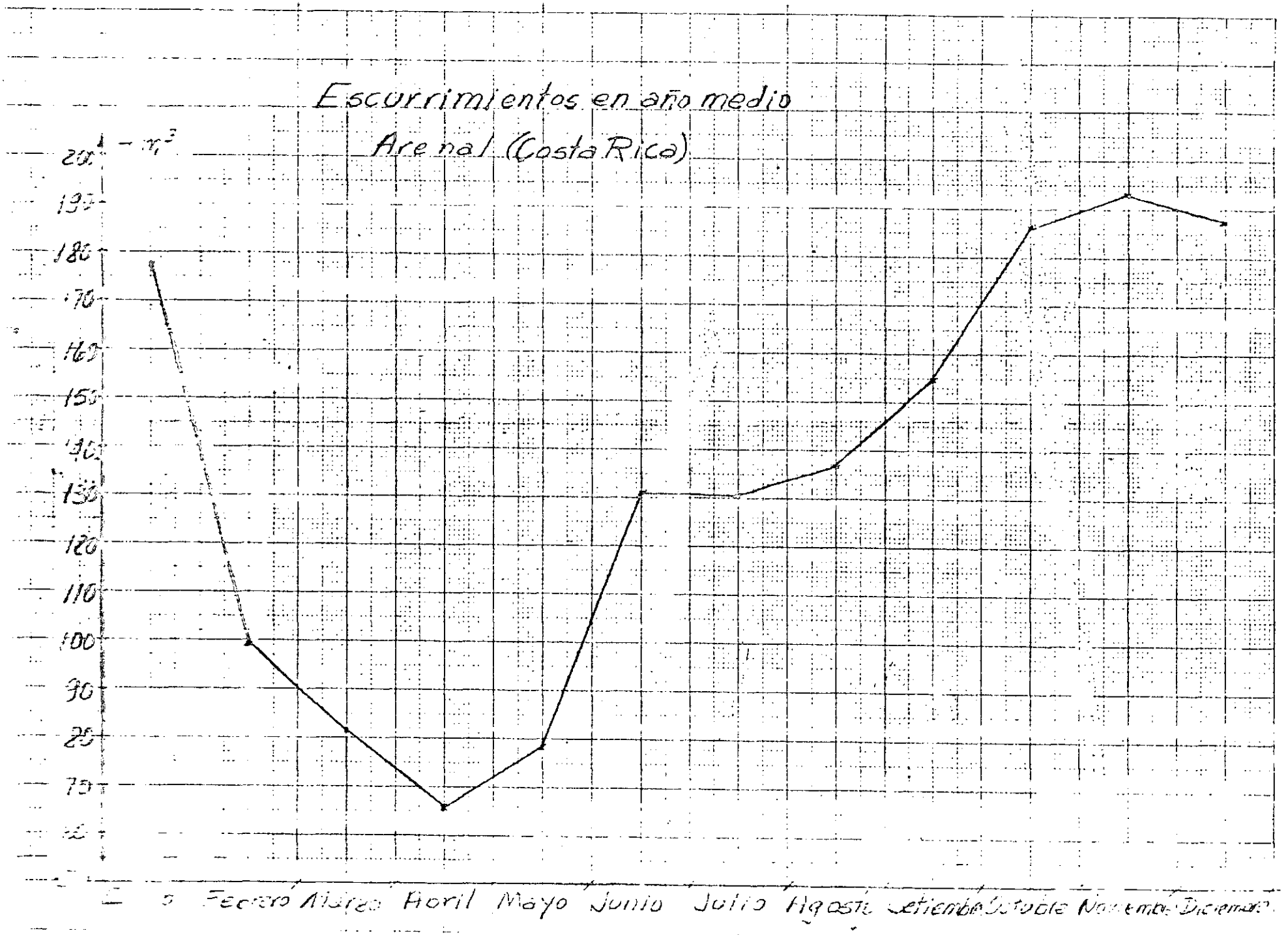
5010566	CACHI	1.788	7.715	19.475	30.011	43.841	69.995
5010758	GARITA	0.559	2.411	6.086	9.379	13.700	17.352
5010863	RIO MACHO	2.234	9.643	24.343	37.514	54.832	70.308

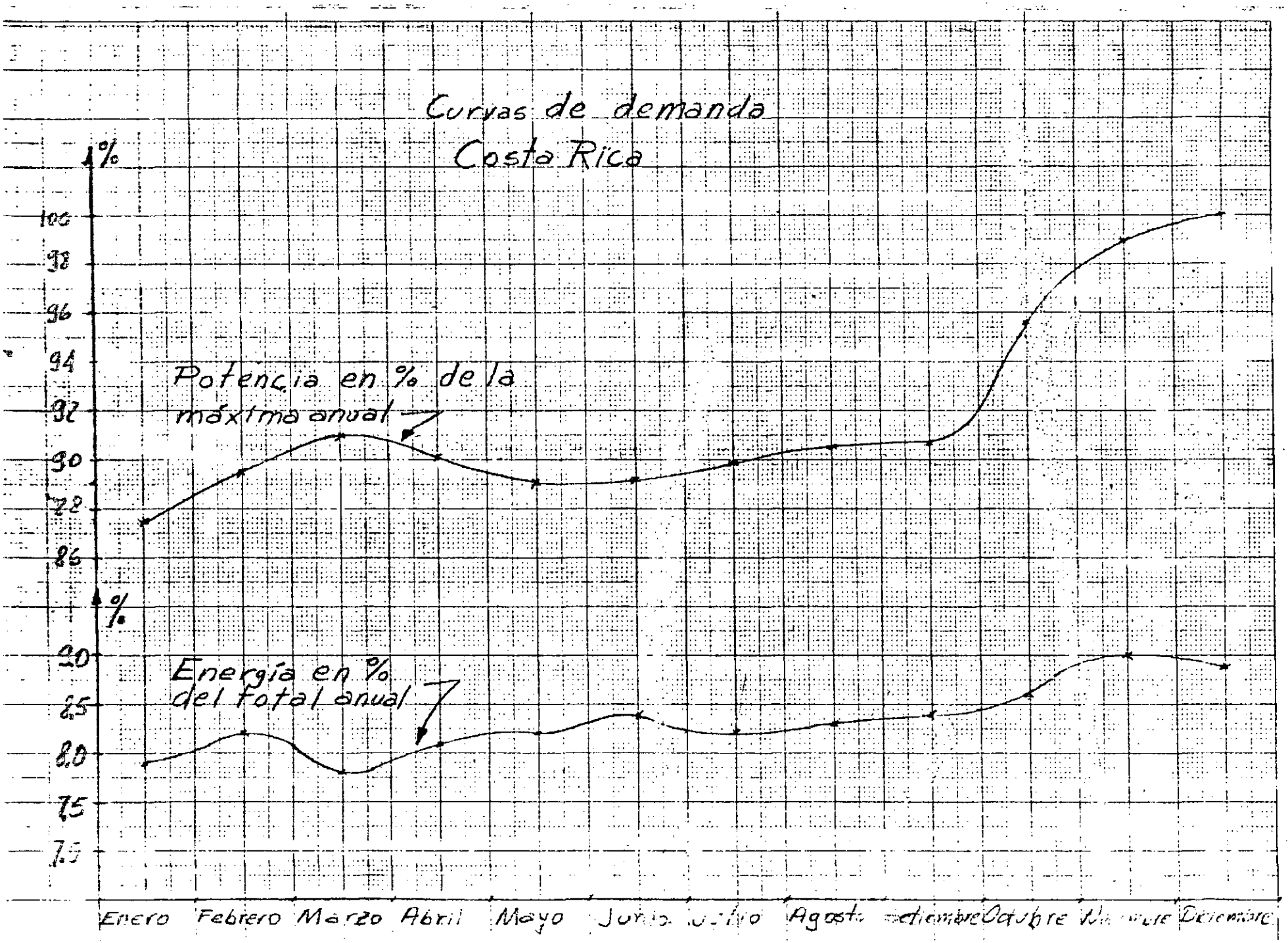
Apéndice 3

PROGRAMA DE DESARROLLO[a/]

Proyecto	Fecha de entrada	Potencia MW	Categoría
Moín	1977	30	Diesel
Río Macho	1977	30	Sobreequipo
Cachí	1977	32	Sobreequipo
Arenal	1979	135	Hidro
Carobicí	1983	156	Hidro
Geotérmica 1	1984	30	Geotérmica
Geotérmica 2	1985	30	Geotérmica
Geotérmica 3	1986	30	Geotérmica
Guayabo	1986	150	Hidro
Geotérmica 4	1988	30	Geotérmica
Geotérmica 5	1989	30	Geotérmica
Siquirres	1990	200	Hidro
Boruca	Después de 1995	750	Hidro

a/ Según información del Instituto Costarricense de Electricidad para el cuestionario de información básica para el Estudio de Interconexión Eléctrica en el Istmo Centroamericano, agosto de 1975.


Escurrimientos en año medio
Arenal (Costa Rica)
m^3
200
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Setiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre


Curvas de demanda
Costa Rica
%
100
98
96
94
92
90
88
86
Potencia en % de la máxima anual
%
90
85
80
75
70
Energía en % del total anual
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Agosto
Octubre
Diciembre

VI. PANAMA

1. Introducción

El Modelo CONCENTRABLE es un modelo de simulación. Con una muestra hidrometeorológica simula la operación de plantas hidroeléctricas existentes y futuras para un período dado, que en el caso del presente estudio llegó hasta 1980. Cabe señalar que entre mayor sea el número de años que formen la muestra, mejor será la simulación de la operación. El modelo concentra la mayor cantidad de potencia y energía de las diferentes plantas hidráulicas en las horas de mayor demanda. La operación hidráulica se determina por las aportaciones naturales (escurrimientos) y por las reservas en el vaso que permiten la concentración de energía durante los períodos en que los escurrimientos son insuficientes para abastecer la demanda. La distribución de energía y potencia se efectúa en seis bloques horarios, planta por planta. Se separan por completo los parámetros producción y demanda, estudiándose la generación máxima obtenible (teniendo en cuenta las restricciones técnicas) en el curso de una hora y de un conjunto de horas determinadas, calculándola para cada planta con diferente hidraulicidad (escurrimientos: datos históricos) para diversas tasas de vaciado.

El CONCENTRABLE para el sistema de Panamá se correrá para el período 1974-1980, año hasta el cual se realiza el estudio de simulación, y comprende los proyectos de Bayano, La Estrella y Los Valles.

/2. Descripción

2. Descripción teórica del modelo

Principales hipótesis

1. El CONCENTRABLE (en el lapso de una hora y de un grupo de horas) se calcula por períodos de un mes, divididos en bloques horarios (de pico, horas cargadas de noche, fin de semana, días festivos).

2. Las plantas hidráulicas (presas) se clasificaron de acuerdo con la capacidad de su vaso en:

a) Sobre-equipo o ampliaciones de potencia;

b) Presas al hilo de agua (turbinan el agua cuando llega);

c) Presas de regulación semanal;

d) Presas de regulación mensual, y

e) Presas de regulación anual o estacional.

3. El modelo supone la llegada de los escurrimientos de manera uniforme repartidos en el mes. Como cuando una presa se sobrellena se producen derrames, para tomar en cuenta este fenómeno se utiliza un porcentaje promedio para estimar la parte aprovechada de las aportaciones.

4. Corrección de potencia por indisponibilidad, es decir, se reduce la potencia nominal o instalada debido a una tasa anual y única (fallas) y mensual e individualizada (mantenimiento).

5. Como el período de referencia es el mes, no se requiere una política de operación de las presas cuyos vasos almacenan agua por un mes o períodos inferiores, puesto que los niveles inicial y final del vaso van a ser iguales; sin embargo, en el caso de las presas de regulación anual, sí es preciso fijar una política mensual de operación de los vasos por medio de un nivel inicial y una tasa de vaciado (en porcentaje de la capacidad del vaso).

6. Se permiten restricciones diarias sobre el uso del agua (riego), y se considera un número máximo de horas cargadas durante el cual es posible utilizar el gasto máximo extraído uniformemente en el tiempo restante.

/7. Algunas

7. Algunas de las características de las presas son modificadas cuando el nivel del agua se encuentra por debajo de la carga de diseño, así tenemos:

a) $P \propto H^{3/2}$

H: altura de la caída (metros); P: Potencia (MW)

b) Coeficiente energético: kWh/m^3 varía proporcionalmente a esa carga bruta.

8. El sistema hidráulico de Panamá tendrá presas en cascada (La Estrella y Los Valles) con transmisión "cercana" --es decir, el agua extraída en forma concentrada llega aguas abajo durante el mismo bloque--, pero también podrán operar con el modelo la transmisión "lejana" a las presas aguas abajo; esa agua llega uniformemente repartida en el día y puede manejar combinaciones de ambas clases.

3. Datos necesarios

Se parte de la formación de dos archivos: uno de características de las presas (Archivo CARACT) y otro de escurrimientos o generaciones (Archivo ESCURR). El Archivo CARACT tiene capacidad para 10 sistemas eléctricos, 59 presas individualizadas de más de 10 MW (correspondiente a obras existentes o en proyecto), así como para agrupar, en una 60a. planta, las de menos de 10 MW, llamadas "planta chica".

Para cada planta se archivan las siguientes características:

a) Potencia máxima (MW);

b) Cargas máxima y mínima de operación (metro);

c) Volumen útil del vaso (entre nivel máximo de operación y obras de toma (millones de metros cúbicos));

d) Coeficiente energético promedio (GWh/m^3), y

e) Cargas de diseño (metro).

Para las obras al pie de la presa o vasos grandes se emplean los parámetros α y β que relacionan el volumen útil (V) y el nivel de agua arriba de la obra de toma (h), haciendo la hipótesis de que:

$$\text{Log } V = \alpha \text{ Log } h + \beta$$

En el archivo ESCURR se graban los escurrimientos mensuales naturales de cuenca propia para años comunes a todo el sistema y el promedio mensual de aportaciones en los vasos grandes por lluvias y por pérdidas debidas a evaporación.

/4. Datos

4. Datos utilizados

a) Archivos

i) CARACT. Se utilizan las siguientes características físicas de las presas:

Clave	Nombre	Tipo	COEF. TRANS.	Riego (miles de horas)	POT. MAX. (MW)	Volumen (mm^3)	Cargas (metros) Diseño	MIN.	MAX.	Beta	Alfa	COEF. ENERG. (GWh/mm^3)
6010167	Planta Chica a/	4	0.0	0.80	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6159
6010276	Bayano I	4	0.0	0.80	150.0	2 800.00	56.20	47.0	63.50	85.139	1.2766	0.1301
6010290	Bayano I	0	0.0	0.80	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6010583	Fortuna II	4	0.0	0.80	280.0	167.0	800.6	757.0	808.0	0.0266	2.222	1.8537
6010688	Teribe 2A	4	1.0	0.80	263.5	108.0	451.0	434.5	500.5	1.2268	1.1538	1.044
6010786	Teribe 1C	4	0.0	0.80	296.3	230.0	249.4	229.4	269.4	4.1117	1.0909	0.5773
6010891	Changuinola	4	0.0	0.80	608.7	340.0	292.9	289.9	301.9	27.409	1.017	0.678
6010380	Estrella	1	1.0	0.80	38.0	0.15	360.0	360.0	360.0	0.0	0.0	0.8336
6010480	Los Valles	1	0.0	0.80	42.0	0.0	271.0	271.0	271.0	0.0	0.0	0.6275

a/ La planta "La Yeguada" de 7 MW se incluye en el programa como "planta chica" y se le da el tipo 4 (de regulación anual) por condición del programa.

En seguida se explican las características:

Clave: El primer dígito indica el número del sistema, los dos siguientes, el país, los dos siguientes el número de la unidad y los dos últimos el año de entrada.

Tipo: El cero indica sobre-equipo; 4: regulación anual (más de 400 horas); 1: hilo de agua (menos de 2 horas), las horas señalan el tiempo que tarda el vaso en vaciarse.

COEF. TRANS. Coeficiente de transmisión: cero indica que no existe vaso aguas abajo; entre 0 y 1, existe vaso "lejano" aguas abajo; 1, hay vaso "cercano" aguas abajo.

Riego: (miles de horas) HRGO - 0.744 (cantidad de horas en el año); no hay restricciones.

C. Diseño: Carga bruta de diseño en metros.

C. MIN: Carga bruta mínima de operación en metros.

C. MAX: Carga bruta máxima de operación en metros.

Beta: Coeficiente de la curva altura sobre la obra de toma vs. la capacidad.

Alfa: Exponente de la curva altura sobre la obra de toma vs. la capacidad. $V = \beta H^{\alpha}$

COEF. ENERG.: Coeficiente energético es la razón de los GWh generados a los millones de metros cúbicos utilizados para obtener esa generación.

ii) ESCURR. Utiliza los escurrimientos y generaciones de la planta hidráulica; se usan 10 años históricos para cuantificar el tamaño de la muestra de crónicas del vaso (el modelo permite 20 años como máximo) y se suministran los escurrimientos o generaciones mes por mes de cada año para todas las plantas existentes, y los escurrimientos para los proyectos hasta el año de 1999. (Véase el apéndice 1.)

Se pueden grabar las generaciones en GWh, con un signo negativo, o los escurrimientos en millones de metros cúbicos; en el caso de las plantas chicas sólo puede grabarse la generación.

Para las plantas de regulación semanal, mensual y anual se dan los datos promedio de evaporación y lluvia en milímetros, así como el coeficiente de mantenimiento al vaso. (Véase de nuevo el apéndice 1.)

b) NAMELIST

Los datos y parámetros que entran por medio de tarjetas haciendo uso de instrucciones de lectura que requieren o no formato, son los siguientes:

i) NAMELIST/PARAM

NPR: Número de presas registradas en el archivo CARACT = 9

NB: Número de bloques horarios en los que se divide la curva de duración de carga = 6

NS: Número de sistemas en los que se divide el interconectado centroamericano = 7 (seis países más el interconectado)

I FECHA: Año hasta el cual se considera el equipo hidráulico = 80

I AÑO: Arreglo de ocho posiciones en donde se indican los años hidráulicos, no necesariamente consecutivos, por estudiar = 1964-1973; se hacen dos corridas (una para 1964-1968 y otra para 1969-1973)

NC: Número de años hidráulicos que se van a estudiar; como el modelo sólo permite un máximo de ocho y se desea estudiar diez años, se confeccionan dos tarjetas, cada una con cinco años = 5, y se realizan dos corridas (una para 5 años y la otra para el lustro siguiente)

MES I: Número del mes a partir del cual se inicia el estudio de un año hidráulico = 1 (lo que indica que es el mes enero)

/NM: Número

NM: Número de meses de que consta el año hidráulico que se va a estudiar = 12, (como NM = 12, MES I = 1, I AÑO (1) = 1964, o sea el estudio se iniciará con la información hidráulica de enero de 1964 y termina con diciembre de 1973).

IMPRES: Parámetro que controla la información de resultados = 4, para una impresión completa: concentrable en potencia y energía, para cada presa, mes por mes y bloque por bloque; concentrable nacional mes por mes y bloque por bloque; energía anual promedio para cada presa. (Véase el apéndice 2.)

IV: CONCENTRABLE tomando en cuenta los distintos tipos de presa = 1; imprime el resultado del concentrable de todos los tipos de presa en estudio.

ii) READ. Tarjetas con los nombres de los meses empezando con el que se indica la variable MES I (formato 13 (A4, 2X)). Ejemplo MESI = 1 se empieza a imprimir:

ENE. FEB. MAR. ABR. MAY. JUN. JUL. AGO. SEP. OCT. NOV. DIC. ENE.

iii) NAMELIST/CALEND

NHDL: Número de horas de los días laborables en cada bloque horario para cada mes = 2, 6, 4, 5, 3, 4, (lo que indica que hay 2 horas de los días laborables en el primer bloque, 6 en el segundo y así sucesivamente hasta completar los 6 bloques)

NFS: Número de horas de los fines de semana (sábado y domingo) en cada bloque horario = 0, 0, 4, 17, 15, 12 (lo que indica que hay cero horas en los dos primeros bloques, cuatro en el tercero, etc.)

NDL: Número de días laborables en cada uno de los meses = 21, 20, 23, 20, 22, 22, 21, 23, 21, 22, 20, 19 (muestra que en el mes de enero hay 21 días laborables, en febrero 20, y así sucesivamente)

HD: Número de fines de semana de cada mes = 5.0, 4.0, 4.0, 5.0, 4.5, 4.0, 5.0, 4.0, 4.5, 4.5, 5.0, 6.0, (lo que indica que en el mes de enero hay 5 fines de semana: 5 sábados y 5 domingos, pero en mayo por ejemplo hay 4.5 o sea 5 sábados y 4 domingos)

Para mayor explicación de los parámetros utilizados en el NAMELIST/CALEND véase más adelante el numeral v) referente a la curva de duración de carga.

/iv) NAMELIST/

iv) NAMELIST/TASASH

TIND: Tasa de disponibilidad global de los equipos hidráulicos = 0.97

NTAS: Número de política de operación (tasa de vaciado) con los que se hará el estudio de cada caso = 1

IEX: Indice que relaciona la presa de los archivos con la tasa de vaciado escogida = 8, 1 58*8, (lo que señala que la hidroeléctrica del Bayano aparece en segundo lugar en los archivos ESCURR y CARACT; por eso se indica con el segundo índice = 1, que es la tasa de vaciado aplicada a Bayano)

TASA: Matriz de 12 x 12 que contiene hasta diez políticas de operación con doce tasas de extracción cada una. Las tasas se dan en porcentaje del volumen útil. (Véase más adelante la sección 5 "Selección de la mejor tasa".)

VOLIN: Volúmen inicial al principio de cada mes que se va a estudiar, también en porcentaje del volumen útil. (Véase de nuevo el numeral v).

v) Confección de la curva de duración de carga. Para la confección de la curva de duración de carga se escogió la curva de carga de diciembre de 1972 para el mes de mayor demanda (pico), y la de enero del mismo año para los once meses restantes; estas curvas fueron elaboradas por la CHAS. I. MAIN INTERNATIONAL, INC. al 9 de diciembre de 1975. (Véase el apéndice 3.) Se tomó la demanda en potencia de cada mes para el año de 1974; la máxima fue la de diciembre: 201 MW.

VARIACIONES TIPICAS DEL MERCADO TOTAL - AÑO 1974

Mes	Demanda de potencia (porcentaje del mes de máxima demanda)	Demanda de potencia (MW)
Enero	88.38	178.0
Febrero	88.19	177.0
Marzo	89.98	181.0
Abril	92.30	186.0
Mayo	91.79	184.5
Junio	92.07	185.0
Julio	93.30	188.0
Agosto	93.25	187.0
Septiembre	93.14	187.0
Octubre	92.12	185.0
Noviembre	95.21	191.0
Diciembre	100.00	201.0

/Se traza

Se traza la curva de carga de cada mes para el año de 1974 y se determinan para cada uno los días laborables, sábados y domingo-día de fiesta:

Mes	Días laborables	Sábados	Domingos-Días de fiesta	Total
Enero	22	4	5	31
Febrero	20	4	4	28
Marzo	21	5	5	31
Abril	20	4	6	30
Mayo	22	4	5	31
Junio	20	5	5	30
Julio	23	4	4	31
Agosto	21	5	5	31
Septiembre	21	4	5	30
Octubre	23	4	4	31
Noviembre	20	5	5	30
Diciembre	19	6	6	31

Con estos datos y la curva de carga mensual se procede a confeccionar la curva de duración de carga para cada mes y se determinan los seis bloques horarios para cada curva, tomando en cuenta el concepto: área del bloque horario igual a área debajo de la curva de duración de carga (véase de nuevo el apéndice 3), y estimando, por la altura de los bloques, la potencia en MW y por la base la duración en horas.

Mes	Bloques (horas)					
	1o.	2do.	3o.	4to.	5to.	6to.
Ene.	42	126	104	190	138	144
Feb.	40	120	96	168	120	128
Mar.	46	138	108	183	129	140
Abr.	40	120	100	185	135	140
May.	44	132	106	186	133	142
Jun.	44	132	104	178	126	136
Jul.	42	126	104	190	138	144
Ago.	46	138	108	183	129	140
Sept.	42	126	102	181	130	138
Oct.	44	132	106	186	133	142
Nov.	40	120	100	185	135	140
Dic.	38	114	100	197	147	148

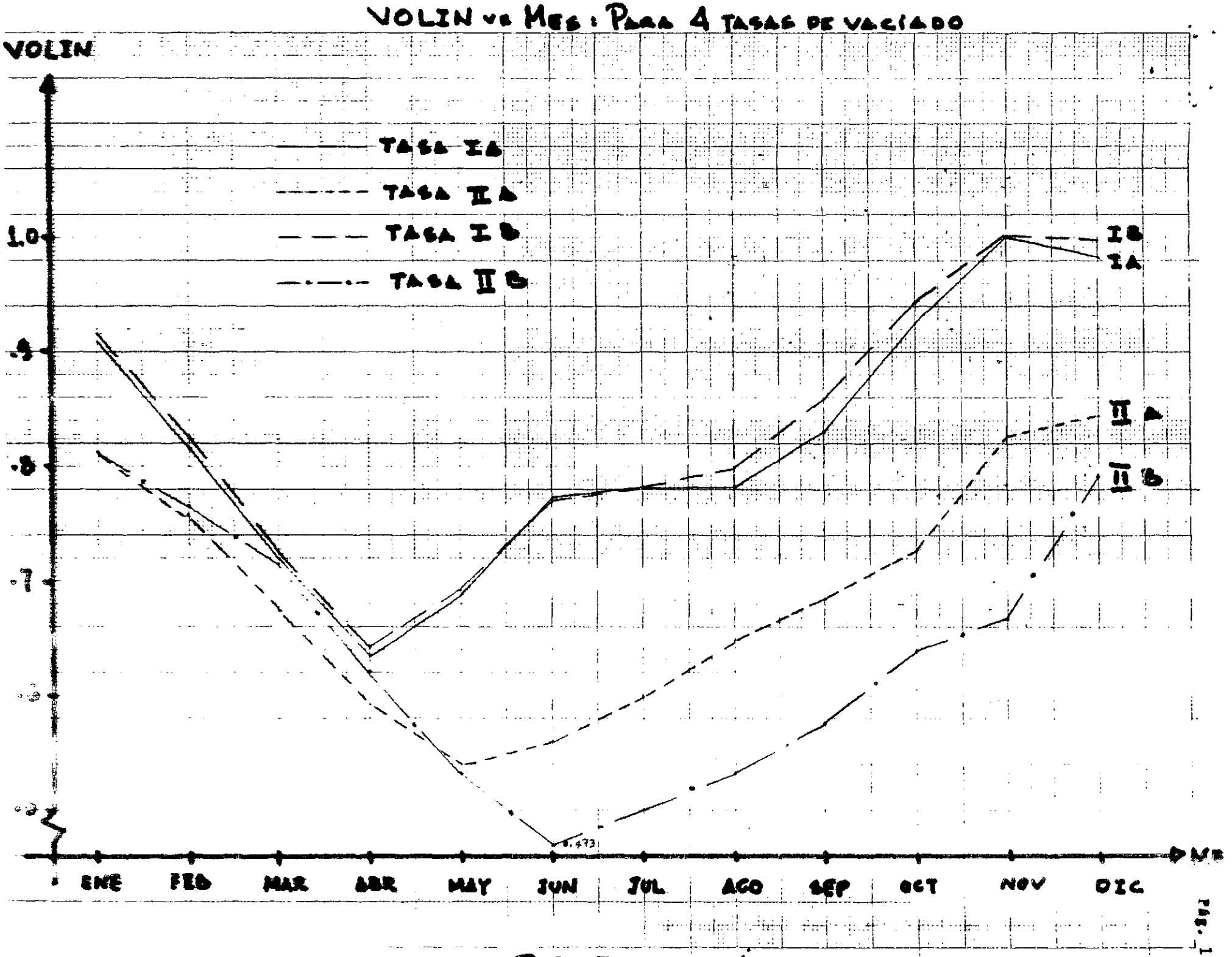
5. Selección de la mejor tasa

Las tasas de vaciado u operación solamente se aplican a las presas de regulación anual. Se efectuaron cuatro corridas con cuatro tasas diferentes, para así obtener la mejor y determinar a la vez, para los diez años históricos de escurrimientos, los años seco, medio y húmedo. Estas tasas fueron aplicadas únicamente al proyecto hidroeléctrico del Bayano (único del tipo de regulación anual previo a 1980, año hasta donde se aplica el estudio del modelo CONCENTRABLE). Las tasas de vaciado se aplican con el fin de obtener la mayor cantidad de energía (GWh) durante todo el año, acumulando agua para los períodos críticos (seco o de poca agua) y evitando, hasta donde sea posible, los excesos o déficit y los derrames de agua.

A continuación se tabulan las diferentes tasas de operación o vaciado. (Véase la gráfica 1.)

	Tasa IA		Tasa IB		Tasa IIA		Tasa IIB	
Mes	Tasa	Volin	Tasa	Volin	Tasa	Volin	Tasa	Volin
Enero	0.075	0.907	0.075	0.915	0.032	0.811	0.042	0.811
Febrero	0.091	0.816	0.091	0.824	0.047	0.764	0.051	0.769
Marzo	0.097	0.719	0.097	0.727	0.092	0.672	0.096	0.718
Abril	0.086	0.633	0.086	0.641	0.082	0.590	0.090	0.622
Mayo	-0.055	0.688	-0.05	0.691	0.052	0.538	0.059	0.532
Junio	-0.086	0.774	-0.081	0.772	-0.022	0.560	-0.029	0.473
Julio	-0.007	0.781	-0.008	0.780	-0.037	0.597	-0.030	0.502
Agosto	0.0	0.781	-0.018	0.798	-0.052	0.649	-0.045	0.532
Septiembre	-0.05	0.831	-0.060	0.858	-0.037	0.686	-0.062	0.577
Octubre	-0.095	0.926	-0.083	0.941	-0.040	0.726	-0.051	0.639
Noviembre	-0.074	1.0	-0.059	1.0	-0.101	0.827	-0.105	0.690
Diciembre	0.018	0.982	+0.010	0.99	-0.016	0.843	-0.016	0.795

/Gráfica 1



GRAFICA N. 1

El CONCENTRABLE de cada presa proporciona la cantidad de potencia (MW) y de energía (GWh) para cada bloque y cada mes para los diez años históricos de escurrimientos. (Véase de nuevo el apéndice 3 donde se incluye un ejemplo representativo.)

Se grafica la generación (GWh) vs las cuatro tasas de vaciado para los diez años (véase la gráfica 2), para obtener la tasa que coloque mayor energía en los seis bloques horarios, en los diferentes años, sin producir derrames o excesos de agua exagerados y evitando los déficit de energía. La gráfica 3 y el cuadro siguiente ilustran, para los diez años y con las cuatro tasas, las diferentes generaciones:

	Generación (GWh)			
	Tasa IA	Tasa IIA	Tasa IB	Tasa IIB
1964	625.86	608.60	627.20	605.68
1965	685.09	683.49	683.13	682.46
1966	820.92	811.38	814.33	814.08
1967	888.26	869.61	882.13	866.94
1968	794.89	776.36	801.66	785.23
1969	730.93	731.24	729.59	734.53
1970	1 016.36	998.46	1 016.03	990.58
1971	786.18	776.11	788.11	772.01
1972	518.89	506.71	519.94	504.45
1973	793.59	786.77	783.62	785.94

Asimismo se analiza para cada mes (12 meses) de cada año (10 años), con cada tasa de vaciado (4) la colocación de potencia en los diferentes bloques horarios, la cual se presenta en los cuadros siguientes, indicando la cantidad de bloques en los que se coloca la potencia máxima, (Para Bayano es de 145.5 MW), donde: Potencia instalada x TIND (factor de disponibilidad

/del equipo

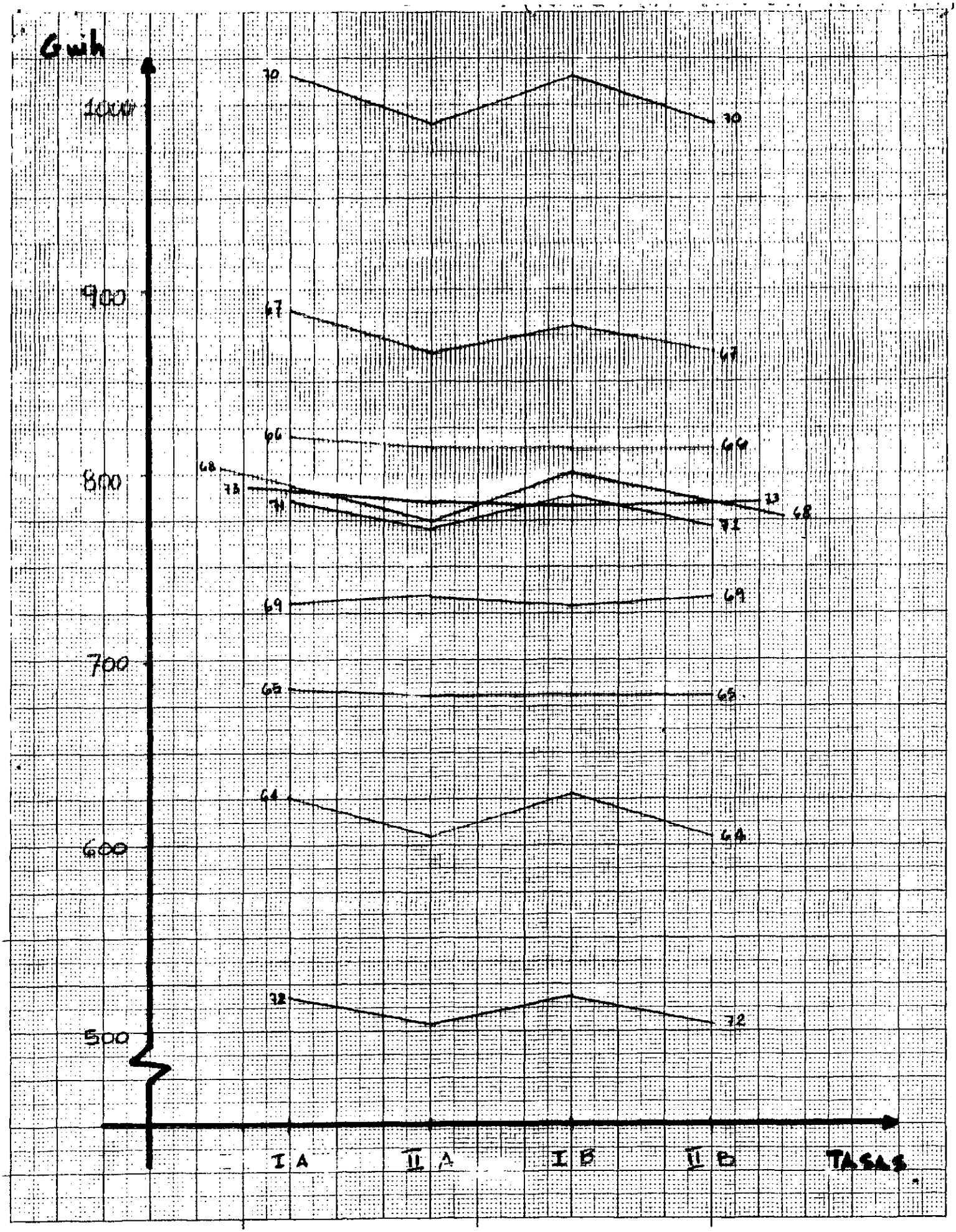
del equipo hidráulico) = 150.0 MW x 0.97, que se indica de la siguiente manera: un número entero representa el "número de bloques" en los que se coloca la máxima potencia; el signo de más (+) o de menos (-) indica que coloca más de la mitad (>72.75 MW) o menos de la mitad (<72.75 MW) de la potencia máxima respectivamente; con el asterisco (*) se señala que en el primer bloque se coloca menos de la potencia máxima, finalmente se indica el año y el mes en que ocurren excesos o derrames expresados en millones de metros cúbicos:

Tasa IA

Mes	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Ene.	3-	3+	3+	3+	3-	3-	6	5-	5+	6
Feb.	3-	3-	3+	3+	3+	3-	4-	3+	3+	3-
Mar.	2+	3-	3-	3-	3-	3-	3+	3+	3-	2+
Abr.	3-	3-	3+	4	3+	3+	6	3-	3+	3-
May.	* -	1-	3-	3-	3-	3-	4+	3+	2-	1-
Jun.	3-	1+	2-	6	3-	*-	3-	3-	2-	2-
Jul.	3+	2-	4+	6	3+	2+	3+	6	2+	4-
Ago.	4+	4-	4-	5-	6	3+	5+	5+	2+	4+
Sept.	3+	5-	3+	3+	6	4-	5-	4-	2+	3-
Oct.	3+	3+	6	3+	6	5-	6	3-	2-	6
Nov.	4+	6	6	6	4-	6	5-	4-	2+	6
Dic.	3+	6	6	4+	3-	6	6	3-	3-	5-

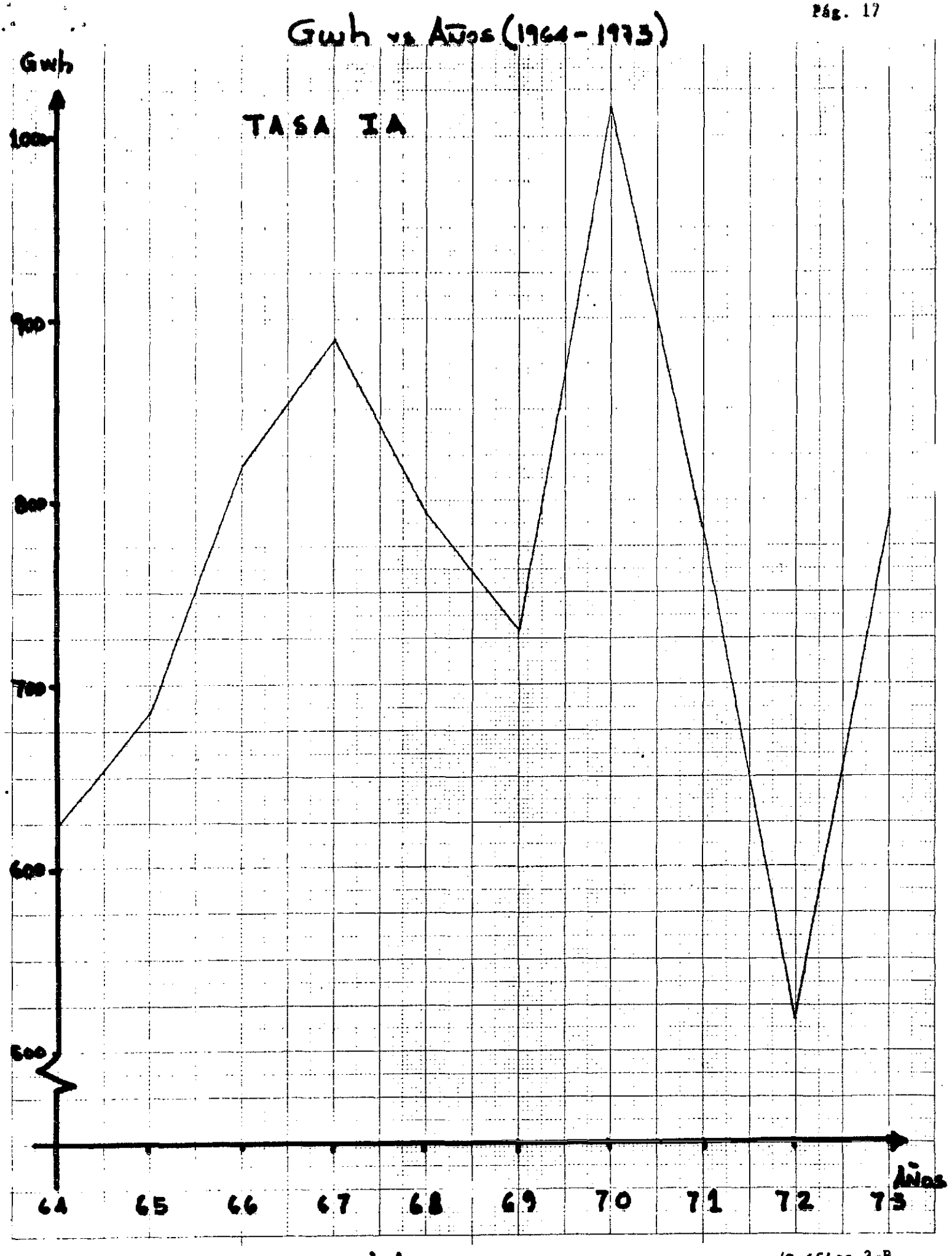
Año	Mes	Exceso MMC	Derrames MMC	Año	Mes	Exceso MMC	Derrames MMC
1965	Nov.	166.963		1969	Nov.	431.363	221.359
1965	Dic.	18.337		1969	Dic.	835.227	574.822
1966	Oct.	508.874	91.674	1970	Ene.	229.364	
1966	Nov.	384.663	174.661	1970	Abr.	160.774	
1066	Dic.	481.527	221.124	1970	Oct.	310.174	
1967	Jun.	60.258		1970	Dic.	350.427	90.023
1967	Jul.	128.859		1971	Jul.	75.290	
1967	Nov.	71.063		1973	Ene.	234.714	
1968	Sept.	78.667		1973	Nov.	664.663	454.659
1968	Oct.	127.974		1973	Oct.	52.974	
1968	Ago.	221.444					

/Gráfica 2

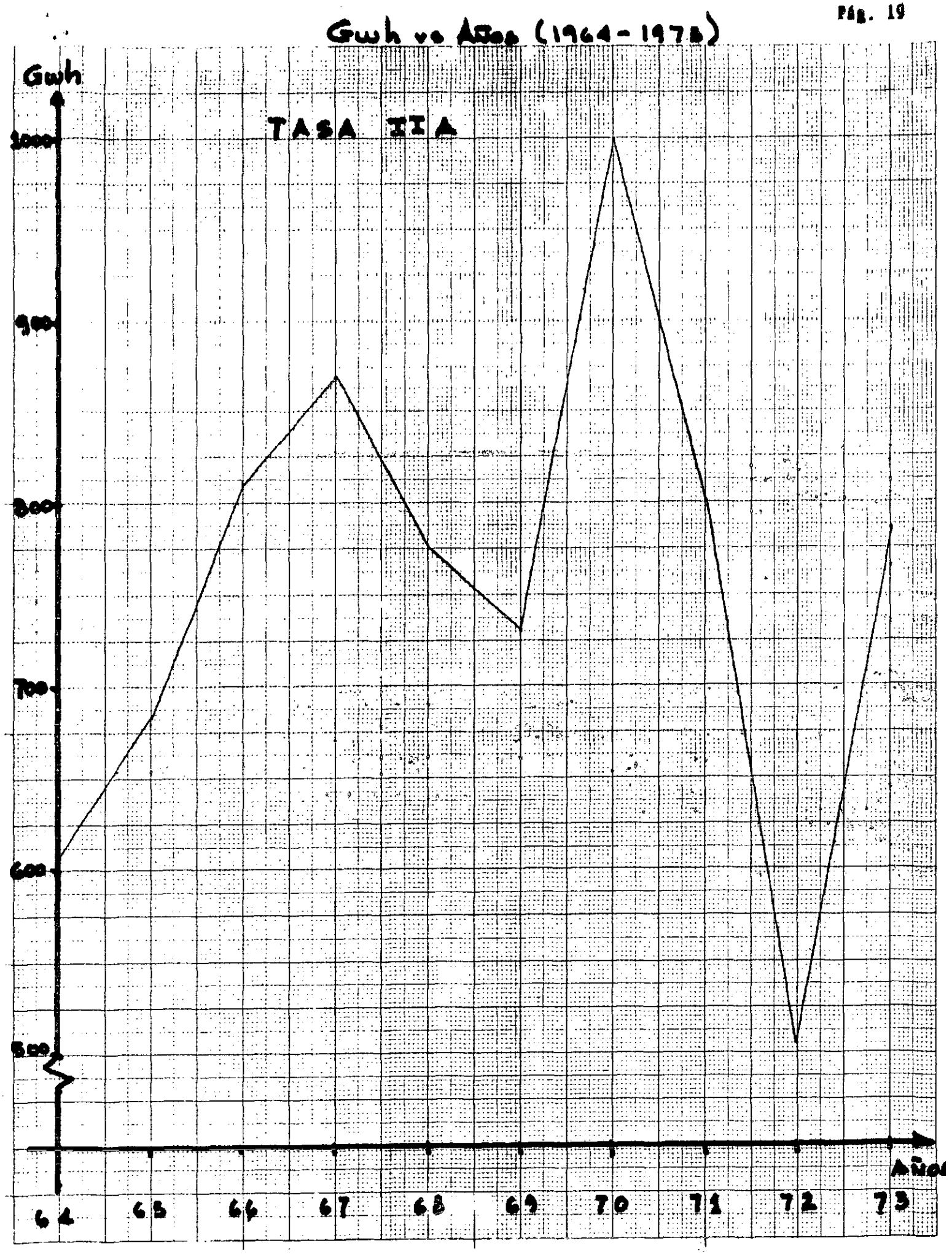


GRAFICA N. 2

/Gráfica 3


Gwh vs Años (1964 - 1973)
Gwh
TASA IA
1000
900
800
700
600
500
Años
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73

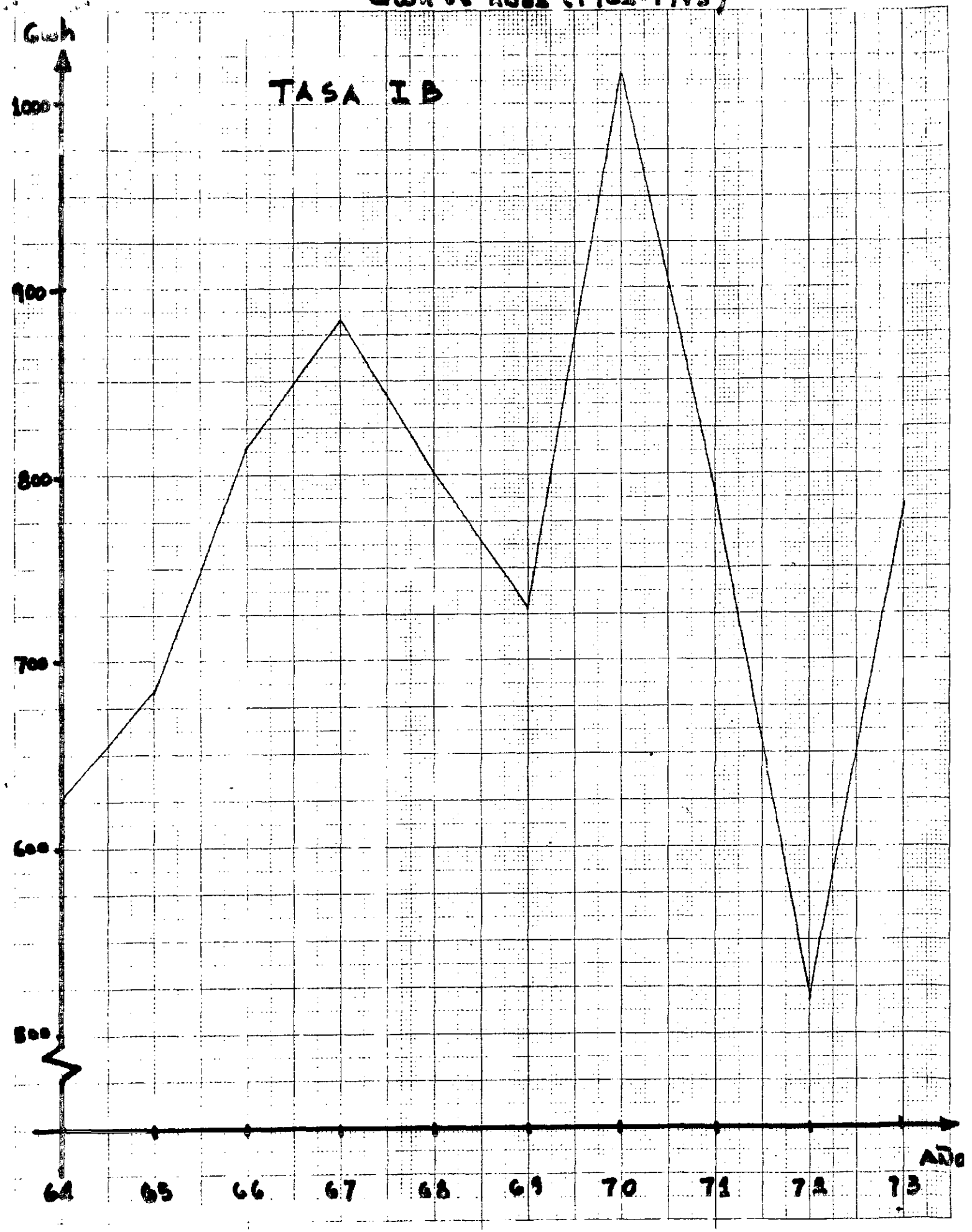
/Gráfica 3-B



/Gráfica 3-C

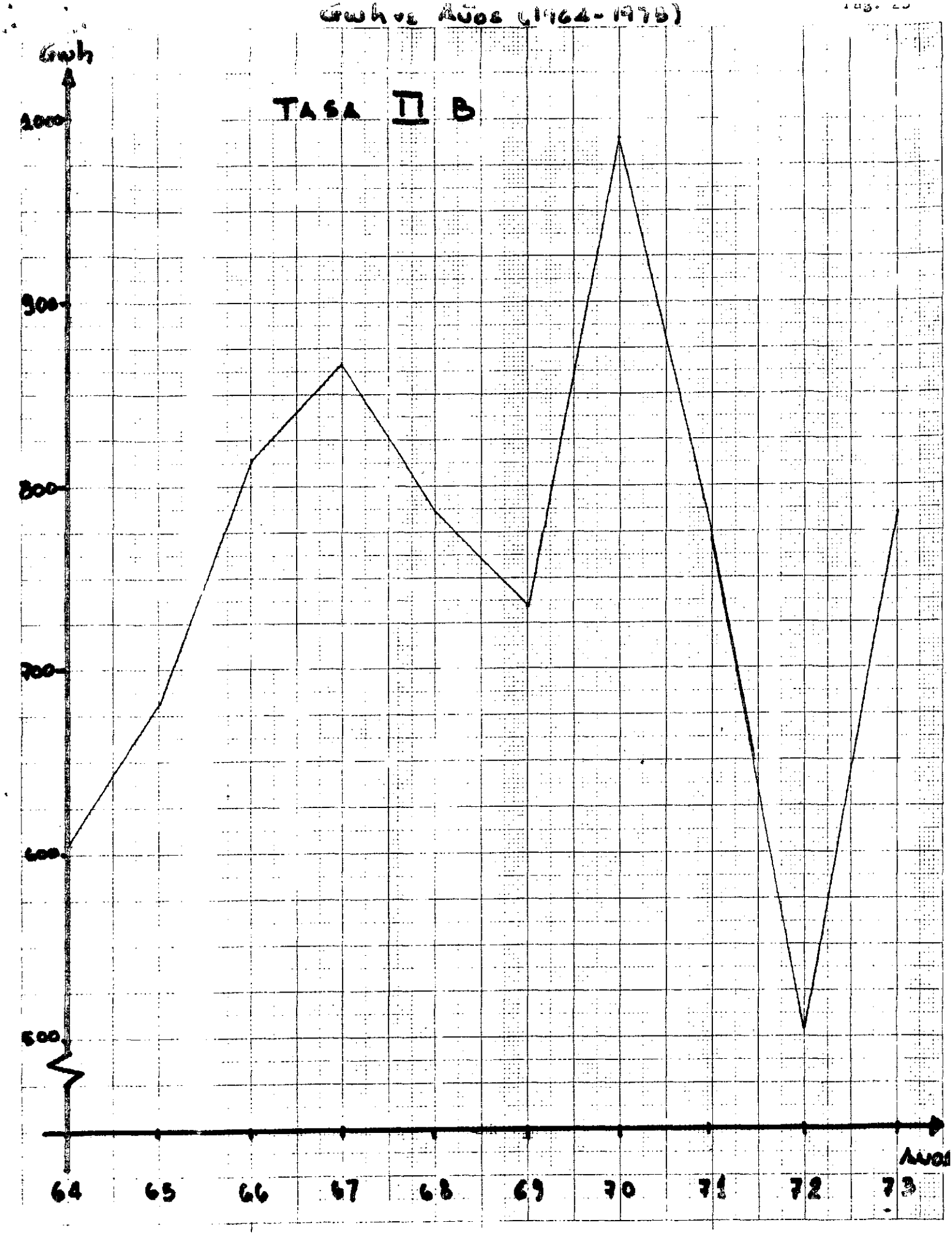
GRÁFICA N. 3-B

Gwh vs Años (1964-1973)



Gráfica N. 3-C

/Gráfica 3-D



Gráfica N. 3. D

ADAMA YZA

TASA IIA

Mes	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Ene.	1+	2+	3-	3-	2-	2+	6	4-	4+	6
Feb.	2-	2-	2-	2+	2+	2+	3-	2+	2+	2-
Mar.	2+	3	3-	3-	3-	3-	3+	3+	3-	2+
Abr.	3-	2+	3+	3+	3+	3+	6	3-	3+	3-
May.	3-	3-	4+	5-	4+	4+	6	5+	4-	3-
Jun.	4-	2+	3-	6	4-	2-	4-	4-	3-	3-
Jul.	3-	1+	3+	6	3-	1+	3-	5+	1+	3+
Agos.	3+	3-	3-	3+	6	2+	4-	4-	1-	3+
Sept.	3+	5-	3+	3+	6	4-	5-	3+	3-	6
Oct.	4+	4+	6	4+	6	6	6	3+	1+	6
Nov.	4-	6	6	5+	3+	6	4+	3+	1+	6
Dic.	3-	5-	6	4-	2+	6	6	2-	2-	4+

Año	Mes	Exceso MMC	Derrame MMC	Año	Mes	Exceso MMC	Derrame MMC
1965	Nov.	67.774		1969	Nov.	332.173	
1966	Oct.	639.674		1969	Dic.	721.439	192.237
1966	Nov.	285.473		1970	Ene.	96.502	
1966	Dic.	367.739		1970	Abr.	149.191	
1967	Jun.	212.194		1970	May.	96.91	
1967	Jul.	14.172		1970	Oct.	440.974	
1968	Agos.	53.669		1970	Dic.	236.639	
1968	Sept.	97.767		1973	Ene.	101.852	
1968	Oct.	258.774		1973	Oct.	183.774	
1969	Oct.	82.024		1973	Nov.	565.473	

/TASA IB

TASA IB

Mes	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Ene.	3-	3+	3+	3+	3-	3-	6	5-	5+	6
Feb.	3-	3-	3+	3+	3+	3-	4-	3+	3+	3-
Mar.	2+	3-	3-	3-	3-	3-	3+	3+	3-	2+
Abr.	3-	3-	3+	4	3+	3+	6	3-	3+	3-
Mayo	* -	1-	3-	3-	3-	3-	4+	3+	2-	* -
Jun.	3-	1+	2-	6	3-	* -	3-	3-	2-	2-
Jul.	3+	2-	4+	6	3+	2+	3+	6	2+	4-
Agos.	4-	3+	3+	4+	6	3-	5-	5+	2-	4+
Sept.	3+	4+	3+	3+	6	4-	4+	4-	2-	3-
Oct.	4-	4-	6	4-	6	5+	6	3-	2+	6
Nov.	4+	6	6	6	4-	6	5+	4+	2+	6
Dic.	3+	5+	6	4+	3-	6	6	2+	2+	5-

Año	Mes	Excesos MMC	Derrames MMC	Año	Mes	Excesos MMC	Derrames MMC
1965	Nov.	220.14	0.139	1969	Nov.	474.54	264.535
1966	Oct.	564.052	170.85	1969	Dic.	813.46	575.458
1966	Nov.	427.84	217.837	1970	Ene.	230.668	
1966	Dic.	459.76	221.797	1970	Abr.	162.32	
1967	Jun.	74.356		1970	Oct.	347.352	
1967	Jul.	125.782		1970	Dic.	328.66	90.659
1967	Nov.	114.24		1971	Jul.	72.213	
1968	Agos.	172.507		1973	Ene.	236.018	
1968	Sept.	54.469		1973	Oct.	90.152	
1968	Oct.	165.152		1973	Nov.	707.840	497.835

/TASA IIB

TASA IIB

Mes	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Ene.	2-	3-	3-	3-	2-	2+	6	4-	5-	6
Feb.	2-	2+	2+	2+	2+	2+	3-	2+	2+	2-
Mar.	2+	3-	3-	3-	3-	3-	3+	3+	3-	2+
Abr.	3-	3-	3+	4-	3+	3+	6	3-	3+	3-
Mayo	3-	3-	4+	5-	4+	5-	6	5+	4-	3+
Jun.	4-	2+	3-	6	3+	1+	3+	3+	3-	3-
Jul.	3-	1-	4-	6	3-	1+	3-	5+	1+	3+
Agos.	3+	3+	3-	4-	6	2+	3-	4-	1+	3+
Sept.	3-	4+	3+	3+	6	3+	4+	4-	2-	3-
Oct.	4+	4+	6	4+	6	6	6	3+	3-	6
Nov.	3+	6	6	5+	3+	6	4+	3+	1+	6
Dic.	3-	5+	6	4-	2+	6	6	2-	2-	4+

Año	Mes	Excesos MMC	Derrames MMC	Año	Mes	Excesos MMC	Derrames MMC
1965	Nov.	56.222		1969	Nov.	320.622	
1966	Oct.	607.068		1969	Dic.	721.439	192.237
1966	Nov.	273.922		1970	Ene.	123.636	
1966	Dic.	367.739		1970	Abr.	167.263	
1967	Jun.	186.562		1970	Mayo	110.360	
1967	Jul.	27.493		1970	Oct.	408.368	
1968	Agos.	65.781		1970	Dic.	236.639	
1968	Sept.	22.508		1973	Ene.	128.986	
1968	Oct.	226.168		1973	Oct.	151.168	
1969	Oct.	49.419		1973	Nov.	553.922	

De las cuatro tasas de operación utilizadas se determinó como la mejor tasa la IB, aun cuando no es la óptima, ya que para escogerla se requiere realizar un análisis más profundo y varias corridas del modelo.

/6. Análisis

6. Análisis de resultados

Para analizar los resultados se tomó como base la tasa de vaciado escogida como la mejor (TASA IB) para el proyecto del Bayano, así como el equipo hidroeléctrico instalado al año de 1980 (Bayano, La Estrella, Los Valles y Planta Chica: La Yeguada).

A título ilustrativo, en el apéndice 3 se presenta la gráfica de Potencia de las Plantas de Regulación anual y diaria vs Duración de los Bloques Horarios para los meses de diciembre de los años Seco, Medio y Húmedo.

El Concentrable Nacional de potencia (MW) y energía (GWh) para el mes de diciembre de los años Seco, Medio y Húmedo se incluye en el apéndice 2, donde también se presenta el CONCENTRABLE Nacional: mes por mes, bloque por bloque, para los diez años históricos de escurrimiento, así como el Resumen Anual de Operación de cada una de las Plantas Hidráulicas, y, por último, la generación anual promedio de cada planta del Sistema Nacional.

En el año de 1970 se coloca la mayor cantidad de potencia y energía y en el de 1964, la menor; sin embargo, no se seleccionan esos años como Húmedo y Seco, respectivamente, debido a que la muestra histórica de escurrimientos es pequeña: 10 años.

Los años Seco, Medio y Húmedo se determinaron a base de la generación anual del CONCENTRABLE Nacional, la cual se obtuvo sumando las generaciones de las plantas de regulación diaria y anual:

Año	Generación (GWh)	Orden de generaciones a/	Hidraulicidad del año
1964	1 069.29	9	Seco
1965	1 174.14	8	
1966	1 413.10	4	
1967	1 474.80	2	Húmedo
1968	1 451.67	3	
1969	1 245.84	7	
1970	1 674.79	1	
1971	1 369.99	6	Medio
1972	1 030.44	10	
1973	1 372.52	5	

a/ 1 = máxima generación; 10 = mínima generación.

/Así se

Así se determinó como año Húmedo el de la generación inmediatamente inferior a la mayor (1967) y como año Seco el de la inmediatamente superior a la más baja (1964). El año Medio se obtuvo sumando todas las generaciones de los diez años (igual a 13,276.60) y dividiendo el resultado entre el número de ocurrencia (igual a 10), y se escogió el año medio, cuya generación se aproxime al promedio:

$$\text{MEDIA} = \frac{\sum \text{Generaciones}}{\text{Número de ocurrencia}} = \frac{13{,}276.60}{10}$$

$$\text{MEDIA} = 1{,}327.60 \text{ GWh}$$

Se concluye que el modelo CONCENTRABLE se utiliza en la planeación y no para efectos de operación. Sin embargo, se pueden hacer comparaciones con los resultados de operación cuando la planta cuenta con información al respecto.

/Apéndice 1

Apéndice 1

ARCHIVO ESCURR: EVAPORACIONES Y LLUVIA

ARCHIVO DE ESCURRIMIENTOS Y GENERACIONES DE LAS PLANTAS HIDRAULICAS

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

6CIU167 PLANTACHICA, LA YESERA — C.DE TRANSMISION 0.0 — NUMERO DE AÑOS 10.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	-2.51	-2.26	-2.23	-2.11	-2.48	-2.37	-3.55	-3.48	-3.86	-4.00	-3.86	-3.09
1965	-2.51	-2.26	-2.23	-2.11	-2.48	-2.37	-3.55	-3.48	-3.86	-4.00	-3.86	-3.09
1966	-2.51	-2.26	-2.23	-2.11	-2.48	-2.37	-3.55	-3.48	-3.86	-4.00	-3.86	-3.09
1967	-2.51	-2.26	-2.23	-2.11	-2.48	-2.37	-3.55	-3.48	-3.86	-4.00	-3.86	-3.09
1968	-2.51	-2.26	-2.23	-2.11	-2.48	-2.37	-3.55	-3.48	-3.86	-4.00	-3.86	-3.09
1969	-2.51	-2.26	-2.23	-2.11	-2.48	-2.37	-3.55	-3.48	-3.86	-4.00	-3.86	-3.09
1970	-2.51	-2.26	-2.23	-2.11	-2.48	-2.37	-3.55	-3.48	-3.86	-4.00	-3.86	-3.09
1971	-2.51	-2.26	-2.23	-2.11	-2.48	-2.37	-3.55	-3.48	-3.86	-4.00	-3.86	-3.09
1972	-2.51	-2.26	-2.23	-2.11	-2.48	-2.37	-3.55	-3.48	-3.86	-4.00	-3.86	-3.09
1973	-2.51	-2.26	-2.23	-2.11	-2.48	-2.37	-3.55	-3.48	-3.86	-4.00	-3.86	-3.09

6DI0276 BAYANDI — C.DE TRANSMISION 0.0 — NUMERO DE AÑOS 10.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	81.69	48.11	33.21	121.65	185.35	598.75	463.35	581.21	557.29	736.56	751.69	329.44
1965	187.22	80.08	54.10	41.59	247.48	365.47	219.55	549.07	756.86	744.59	1104.20	717.81
1966	209.17	95.32	55.71	176.26	498.18	448.42	602.64	541.04	530.61	1543.30	1321.90	1181.00
1967	201.15	111.75	73.06	293.54	524.87	1070.50	934.76	630.21	572.83	739.24	1008.30	514.25
1968	128.30	106.93	125.35	144.78	468.72	583.23	452.11	1337.10	974.59	1162.40	671.33	286.59
1969	138.47	83.46	65.35	133.37	510.93	266.98	292.22	525.87	642.82	985.65	1368.60	1934.70
1970	776.74	191.60	170.08	659.84	771.38	593.96	439.26	717.81	772.42	1344.60	826.85	1049.90
1971	412.47	117.09	185.88	31.47	640.14	570.24	891.19	599.06	667.69	583.25	681.70	211.06
1972	511.57	113.00	61.60	282.80	380.33	451.30	267.57	252.31	368.06	476.76	419.90	211.59
1973	282.39	40.40	27.86	55.17	251.77	464.97	570.53	634.78	595.44	1087.60	1601.90	591.73

6DI0582 FORTUNATE — C.DE TRANSMISION 0.0 — NUMERO DE AÑOS 10.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	79.09	22.55	51.60	15.44	53.57	49.25	93.74	99.10	33.13	56.25	95.90	80.35
1965	117.85	79.83	83.05	15.52	45.53	28.51	53.37	15.82	44.06	48.21	51.84	75.30
1966	72.32	89.51	90.89	72.31	72.32	62.99	42.51	50.62	51.84	66.69	58.43	10.77
1967	95.89	50.01	59.73	83.60	58.39	70.50	58.95	106.87	61.95	52.50	30.95	77.14
1968	77.41	111.25	55.18	64.83	54.10	58.32	62.69	56.25	69.98	69.64	67.39	61.60
1969	32.14	31.69	32.14	29.55	50.83	47.69	45.55	71.78	72.59	64.01	77.24	77.59
1970	152.65	131.05	53.69	17.15	62.94	70.50	72.37	50.00	30.83	86.74	122.60	24.45
1971	91.37	33.39	73.66	47.15	32.41	51.32	106.37	53.66	102.13	66.76	54.17	87.35
1972	60.80	59.13	32.41	54.10	39.11	61.17	57.95	53.75	71.02	64.01	55.73	88.92
1973	81.83	62.17	21.64	31.18	72.05	67.39	98.37	118.97	53.53	117.31	148.52	125.35

ARCHIVO DE ESCURRIMIENTOS Y GENERACIONES DE LAS PLANTAS HIDRAULICAS

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

6010688 TERTREZA C.DE TRANSMISION 1.0 NUMERO DE AÑOS 10.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	190.39	24.05	28.29	22.40	50.14	78.34	59.42	58.14	92.07	108.00	104.51	87.42
1965	97.71	66.19	56.57	75.87	70.71	93.63	77.14	79.71	105.73	122.14	118.20	100.28
1966	102.85	68.51	55.28	83.37	85.57	108.24	92.57	93.85	126.93	146.56	141.83	119.56
1967	90.00	59.22	48.85	69.67	70.71	90.33	77.14	79.71	105.79	122.13	118.24	100.28
1968	109.28	76.97	63.00	87.09	87.42	111.97	96.42	97.71	130.64	153.09	148.06	124.71
1969	43.85	41.80	59.12	49.77	51.43	105.75	92.57	93.85	174.42	143.99	139.34	119.56
1970	113.14	102.19	51.43	171.73	119.53	154.33	129.85	133.70	177.92	205.70	109.07	169.70
1971	103.78	74.32	63.00	87.09	66.85	38.33	74.37	77.14	102.02	118.28	114.46	97.71
1972	84.85	50.93	47.57	65.94	70.71	89.98	81.35	79.71	135.75	122.14	118.20	100.28
1973	90.00	60.38	48.85	69.67	87.42	98.29	99.53	125.99	97.05	150.42	190.36	185.13

6010706 TERIRIIC C.DE TRANSMISION 0.0 NUMERO DE AÑOS 10.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	108.64	26.06	30.64	24.26	54.32	84.92	75.21	73.87	99.74	116.99	113.22	94.71
1965	105.85	71.70	61.28	82.22	76.69	98.39	83.33	86.35	114.57	132.34	128.04	108.64
1966	111.42	74.22	59.89	87.61	90.53	117.26	130.23	131.67	137.41	158.78	153.64	129.53
1967	97.53	64.16	52.93	75.48	76.60	96.39	83.55	86.35	114.57	132.31	126.10	108.64
1968	118.38	82.39	68.25	94.35	94.71	121.31	134.46	135.85	141.52	165.84	160.39	135.10
1969	52.93	45.29	63.28	53.91	55.71	114.57	130.23	131.67	134.78	155.99	150.96	129.53
1970	122.56	110.70	55.71	186.00	129.50	165.79	140.67	144.85	192.74	222.84	215.65	183.85
1971	118.38	80.51	68.25	94.35	72.43	95.70	80.73	83.56	110.52	128.13	124.00	105.85
1972	91.92	63.84	51.53	71.44	76.60	97.04	87.75	86.35	114.57	132.29	128.04	108.64
1973	97.53	65.42	52.93	75.48	94.71	106.46	137.24	136.49	105.14	162.95	206.22	200.55

6010891 CHANGUINOLIA C.DE TRANSMISION 0.0 NUMERO DE AÑOS 10.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	348.19	100.22	115.17	55.90	190.85	279.94	246.41	190.17	313.63	361.58	357.70	316.05
1965	326.77	237.08	203.55	261.79	251.77	311.34	275.35	289.27	362.88	412.47	406.94	348.19
1966	340.16	241.92	214.27	277.34	294.62	362.88	318.73	316.06	285.12	484.72	474.34	401.77
1967	313.37	212.89	137.49	251.42	251.77	321.91	275.35	289.27	362.88	410.47	406.94	348.19
1968	361.58	275.62	222.21	300.67	305.34	386.21	329.44	334.80	305.86	490.15	479.52	425.87
1969	219.63	159.67	139.28	496.24	241.06	362.88	318.73	316.05	285.12	479.43	466.56	401.77
1970	337.48	312.08	168.74	484.74	361.58	444.23	385.59	388.37	513.22	581.21	580.61	492.83
1971	316.05	239.50	200.86	230.69	275.88	326.59	297.33	299.98	274.75	771.40	373.29	283.91
1972	358.37	196.99	182.13	296.09	340.16	474.41	455.33	458.01	443.23	632.10	456.19	471.40
1973	316.05	203.21	107.14	129.60	281.23	326.59	409.80	415.15	326.53	511.57	673.92	650.85

/ARCHIVO

ARCHIVO DE ESCURRIMIENTOS Y GENERACIONES DE LAS PLANTAS HIDRAULICAS

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

6010380 ESTRELLA C.DE TRANSMISION 1.0 NUMERO DE AÑOS 10.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	20.36	9.05	10.69	7.36	10.31	13.06	22.23	31.31	24.47	45.13	27.86	21.48
1965	47.74	22.67	20.52	7.60	19.26	15.29	11.21	16.12	25.87	39.51	31.57	27.27
1966	27.35	26.64	15.48	23.50	30.19	42.32	26.45	26.76	37.45	56.09	46.63	63.43
1967	41.19	18.80	15.72	26.52	15.09	41.11	25.77	49.63	46.48	50.41	40.75	32.81
1968	25.26	31.09	25.98	22.58	26.82	38.80	34.69	29.70	42.07	50.03	34.42	40.79
1969	18.32	17.37	11.60	15.06	19.64	27.04	14.63	34.66	45.41	48.32	39.63	40.95
1970	50.09	42.22	19.23	87.25	19.87	29.36	34.26	51.45	45.46	51.24	73.95	112.61
1971	52.68	25.64	23.52	24.83	20.44	23.72	2.57	29.78	51.56	53.43	41.95	34.44
1972	25.28	15.59	12.05	21.20	18.16	22.30	17.97	23.36	26.57	30.88	31.57	31.74
1973	29.54	21.62	11.81	15.37	21.05	20.40	41.61	49.28	42.17	60.05	47.87	44.94

6010480 LOS VALLES C.DE TRANSMISION 0.0 NUMERO DE AÑOS 10.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	5.79	1.08	2.84	2.31	5.52	10.47	1.81	23.65	18.56	38.09	14.80	8.65
1965	13.95	7.81	7.85	1.06	5.60	5.52	5.71	5.03	14.83	23.54	10.76	11.80
1966	6.56	5.56	3.13	1.66	1.04	37.40	16.42	13.87	33.72	54.80	26.75	28.12
1967	15.23	3.17	6.27	1.28	6.16	14.30	6.75	17.76	23.53	28.39	14.62	6.75
1968	6.27	15.61	9.60	6.79	5.49	11.12	22.53	11.77	27.94	39.21	17.55	16.42
1969	1.53	1.72	2.09	4.04	5.52	9.74	6.08	41.03	37.12	33.24	26.00	15.86
1970	1.51	12.53	5.97	33.64	8.25	17.30	24.32	14.73	34.37	39.32	27.94	38.65
1971	1.47	5.93	7.39	6.61	6.37	9.[illegible]	12.64	11.63	34.47	38.76	24.81	11.49
1972	0.45	2.59	4.07	9.70	6.75	14.66	7.53	12.77	13.95	16.82	12.78	11.38
1973	5.47	4.49	3.32	4.23	9.88	14.88	31.82	40.26	39.61	64.76	41.08	16.04

/EVAPORACIONES

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

EVAPORACIONES Y LLUVIA PROMEDIO EN MM Y TASAS DE INCREMENTO MENSUALES

6010167 PLANTACHICAS

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

6010276 HAYANOI

130.8	136.4	156.2	130.6	106.9	92.7	81.3	91.4	90.2	94.2	92.0	109.0
53.6	1[illegible].9	1[illegible].0	82.1	198.3	230.2	214.1	239.4	229.7	276.4	278.6	110.8
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

6010290 HAYANOI
Sobrecorrido

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

6010582 TEPEHUAJE

1[illegible]	1[illegible]	1[illegible]	126.0	77.7	57.5	59.1	56.5	43.9	40.5	61.3	106.4
363.6	276.7	232.0	327.5	297.3	379.3	370.2	427.0	411.4	469.1	402.5	445.2
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

6010668 TEPIMEZA

130.8	138.4	156.2	130.6	106.9	92.7	81.3	91.4	90.2	94.2	92.0	109.0
275.0	157.0	151.0	236.0	259.0	211.0	225.0	277.0	334.0	394.0	416.0	393.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

6010786 TEPIMEIC

130.8	138.4	156.2	130.6	106.9	92.7	81.3	91.4	90.2	94.2	92.0	109.0
303.0	250.0	171.0	264.0	268.0	355.0	381.0	535.0	478.0	457.0	431.0	440.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

6010891 CHANGUINOLIA

130.8	138.4	156.2	130.6	106.9	92.7	81.3	91.4	90.2	94.2	92.0	109.0
31[illegible]	20[illegible].0	11[illegible].0	2[illegible]	276.0	360.0	333.0	323.0	334.0	470.0	476.0	458.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

6010380 ESTRELLA

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

6010480 LOS VALLES

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Apéndice 2-A

CONCENTRABLE EN POTENCIA Y ENERGIA PARA CADA PRESA, PARA EL MES DE DICIEMBRE, BLOQUE POR BLOQUE PARA LOS AÑOS SECO: 1964, AÑO MEDIO: 1971 Y AÑO HUMEDO: 1967

DIC. 1964 — Año Seco — COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

DURACION DE LOS BLOQUES*

0.038	0.114	0.130	0.197	0.147	0.148

********PLANTAS	POTENCIA(MW)					
6010380 ESTRELLA	24.066	24.066	24.066	24.066	24.066	24.066
6010480 LOS VALLES	25.411	25.411	25.411	25.411	25.411	25.411

********PLANTAS	ENERGIA(GWH)					
6010380 ESTRELLA	0.915	3.659	6.065	10.805	14.343	17.905
6010480 LOS VALLES	0.966	3.863	6.404	11.410	15.143	18.906

DIC. 1964 — Año Seco — COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

DURACION DE LOS BLOQUES* (En miles de hora)

0.038	0.114	0.130	0.197	0.147	0.148

RESULTADOS DE OPERACION

******* 2 PLANTAS	PRODUCIDOS PRODUCIBLE	VACIADO	N.FINAL	*	1er. bloque	2e. bloque	3er. bloque	4e.bloque	5e.bloque	6e.bloque
					POTENCIA(MW)					
6010167 PLANTACHICAS	3.092	0.0	0.0	*	6.793	6.793	6.790	6.790	0.293	0.000
6010276 BAYANDI	51.644	0.010	0.915	*	145.500	145.500	145.500	76.030	0.000	0.000

RESULTADOS DE OPERACION

******* 2 PLANTAS	CUMPLIDOS N.FINAL	EXCESO	DEFRAMES(MM3)	*						
							ENERGIA(GWH)			
6010167 PLANTACHICAS	0.0	0.0	0.0	*	0.258	1.032	1.711	3.049	3.092	3.092
6010276 BAYANDI	0.915	0.0	0.0	*	5.529	22.115	36.666	51.644	51.644	51.644

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

DIC. 1971

Año Medio

DURACION DE LOS BLOQUES*

0.033 0.114 0.100 0.197 0.147 0.148

RESULTADOS DE OPERACION

******* 7 PLANTAS PROPUESTAS *

	PRODUCIBLE	VACIADO	N.FINAL		POTENCIA(MW)					
6010167 PLANTACHICAS	3.092	0.0	0.0	*	6.790	6.790	6.790	6.790	0.293	0.000
6010276 RAYANDI	34.540	0.010	0.915	*	145.500	145.500	124.240	0.000	0.000	0.000

RESULTADOS DE OPERACION

******* 2 PLANTAS CUMPLIDAS *

	N.FINAL	EXCESO	DEFRAMES(MM3)				ENERGIA(GWH)				
6010167 PLANTACHICAS	0.0	0.0	0.0	*	0.258	1.332	1.711	3.049	3.092	3.092
6010276 RAYANDI	0.915	0.0	0.0	*	5.529	22.113	34.540	34.540	34.540	34.540

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

DIC. 1971

DURACION DE LOS BLOQUES*

0.033 0.114 0.100 0.197 0.147 0.148

********PLANTAS POTENCIA(MW)

6010380 ESTRELLA	36.860	36.860	36.860	36.860	36.860	36.860
6010480 LOS VALLES	40.740	39.391	39.256	38.374	38.639	38.702

********PLANTAS ENERGIA(GWH)

6010380 ESTRELLA	1.401	5.603	9.209	16.550	21.969	27.424
6010480 LOS VALLES	1.548	6.039	9.964	17.524	23.204	28.932

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

Año Húmedo

DIC. 1967

DURACION DE LOS BLOQUES*

0.038 0.114 0.100 0.197 0.147 0.148

RESULTADOS DE OPERACION

******* 2 PLANTAS PROPUESTOS *

	PRODUCIBLE	VACIADO	N.FINAL		POTENCIA(MW)					
6010167 PLANTACHICAS	3.092	0.0	0.0	*	6.793	6.790	6.790	6.790	0.293	0.000
6010276 RAYANDI	78.346	0.010	0.915	*	145.500	145.500	145.500	145.500	89.545	0.000

RESULTADOS DE OPERACION

******* 2 PLANTAS CUMPLIDOS *

	N.FINAL	EXCESO	DERRAMES(MM3)		ENERGIA(GWH)					
6010167 PLANTACHICAS	0.0	0.0	0.0	*	0.258	1.032	1.711	3.049	3.092	3.092
6010276 RAYANDI	0.915	0.0	0.0	*	5.529	22.115	36.666	65.329	78.346	78.346

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

Año Húmedo

DIC. 1967

DURACION DE LOS BLOQUES*

0.038 0.114 0.100 0.197 0.147 0.148

********PLANTAS	POTENCIA(MW)					
6010380 ESTRELLA	36.760	36.760	36.760	36.759	36.759	36.760
6010480 LOS VALLES	33.364	33.364	33.364	23.364	33.364	33.364

********PLANTAS	ENERGIA(GWH)					
6010380 ESTRELLA	1.397	5.587	9.263	16.505	21.939	27.349
6010480 LOS VALLES	1.268	5.071	8.408	14.981	19.885	24.823

Apéndice 2-B

CONCENTRABLE NACIONAL: MES POR MES, BLOQUE POR BLOQUE PARA LOS DIEZ AÑOS HISTORICOS DE ESCURRIMIENTOS, 1964 A 1973

**** CONCENTRABLE NACIONAL ****

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

1964 (AÑO SECO)

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	197.156	197.155	197.155	59.851	44.865	44.865	8.281	33.122	53.626	64.999	71.189	77.650
FEB.	172.975	172.974	172.975	55.573	20.685	20.685	6.919	27.676	44.281	53.618	56.100	58.747
MAR.	175.678	175.678	170.628	24.737	23.388	23.388	8.081	32.325	50.753	55.279	58.296	61.571
ABR.	173.297	173.296	173.257	81.662	21.007	21.007	6.932	27.727	45.057	60.165	63.000	65.941
MAY.	169.807	31.692	31.692	27.944	24.902	24.902	7.471	11.655	15.014	20.226	23.550	27.086
JUN.	187.916	187.916	187.916	93.894	35.626	35.626	8.268	33.073	52.616	69.330	73.818	78.664
JUL.	197.412	197.412	197.412	163.021	48.142	45.122	8.291	33.165	53.696	84.670	91.313	97.811
AGO.	228.109	228.109	228.109	228.109	113.159	75.819	10.493	41.972	66.608	108.352	122.949	133.564
SEP.	218.120	218.120	218.120	154.914	71.882	65.830	9.161	36.644	58.802	87.009	96.390	105.474
OCT.	229.890	229.890	229.890	229.890	107.647	77.630	10.115	40.461	64.829	107.703	122.074	133.093
NOV.	221.723	221.722	221.722	221.722	220.420	69.432	8.869	35.476	57.648	98.666	128.423	138.144
DIC.	201.767	201.767	201.767	122.296	49.770	43.477	7.667	30.669	50.845	76.908	84.224	91.546

1965

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	229.890	229.890	229.890	172.108	77.630	77.630	9.655	38.621	62.530	95.230	105.939	117.114
FEB.	208.871	208.871	208.871	118.223	56.581	55.581	8.155	33.419	53.471	73.332	80.122	87.364
MAR.	199.207	199.207	199.207	60.993	46.917	45.917	9.164	36.654	59.168	59.330	75.382	81.951
ABR.	173.217	173.217	173.217	24.062	20.927	20.927	6.929	27.715	45.036	49.488	52.313	55.243
MAY.	104.835	109.946	49.335	45.587	42.545	42.545	8.573	23.086	28.315	36.817	42.497	48.538
JUN.	188.127	137.176	42.628	39.444	35.837	35.837	8.278	26.385	30.818	37.661	42.177	47.050
JUL.	179.159	179.159	59.617	33.659	29.889	26.859	7.525	30.009	36.299	42.694	46.819	50.688
AGO.	188.188	188.188	188.188	186.636	40.975	35.898	8.657	34.627	54.951	89.114	94.400	99.426
SEP.	217.685	217.684	217.684	217.684	196.555	65.394	9.143	36.571	58.775	98.284	123.035	132.959
OCT.	229.893	229.850	229.890	229.890	116.160	77.630	10.115	40.461	64.829	107.703	123.211	134.230
NOV.	225.730	225.730	225.730	225.729	225.117	218.940	9.029	36.117	58.690	100.450	130.840	141.492
DIC.	215.794	215.794	215.794	215.793	209.297	205.656	8.200	32.801	54.380	96.891	127.658	138.095

1966

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	210.943	210.942	210.942	166.686	58.653	58.652	8.860	35.438	57.376	89.047	97.141	105.587
FEB.	215.402	215.401	215.401	137.508	63.111	63.111	8.616	34.464	55.143	78.244	85.817	93.896
MAR.	185.329	185.329	185.329	48.326	33.039	33.039	8.525	34.100	54.116	62.960	67.222	71.847
ABR.	195.336	195.335	195.336	143.969	43.046	43.046	7.813	31.254	50.787	77.433	83.214	89.241
MAY.	212.453	212.453	212.452	100.558	60.163	60.163	9.348	37.392	59.912	78.666	86.698	95.241
JUN.	229.893	229.890	178.328	80.206	77.600	77.600	10.115	40.461	53.807	68.083	77.861	88.415
JUL.	218.100	218.099	218.099	218.099	160.380	65.809	9.160	36.641	59.323	100.762	122.894	132.371
AGO.	216.538	216.538	216.538	208.979	69.325	64.248	9.961	39.843	63.229	101.472	110.415	119.410
SEP.	224.809	224.809	224.809	179.507	78.572	72.519	9.442	37.768	60.698	93.279	103.533	113.540
OCT.	229.890	229.850	229.890	229.890	229.259	223.100	10.115	40.461	64.829	107.703	138.309	169.990
NOV.	229.890	229.890	229.890	229.890	229.277	223.100	9.196	36.782	59.771	102.301	133.253	164.487
DIC.	229.893	229.890	229.890	229.890	223.393	223.100	8.736	34.943	57.932	103.220	136.059	169.078

/1967

**** CONCENTRABLE NACIONAL ****

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

1967 (Año Húmedo)

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	229.890	229.890	229.890	142.605	77.600	77.600	9.655	38.621	62.530	97.225	107.934	119.108
FEB.	196.124	196.124	196.124	131.980	43.834	43.834	7.845	31.390	50.208	72.389	77.641	83.251
MAR.	188.448	188.448	188.443	64.942	36.158	35.158	8.669	34.674	55.427	66.911	71.576	76.638
ABR.	207.046	207.046	207.046	202.132	55.050	54.756	8.282	33.127	53.832	91.226	98.658	106.324
MAY.	186.942	186.942	186.941	94.224	34.652	34.652	8.225	32.932	52.717	70.293	74.916	79.837
JUN.	229.890	229.890	229.890	225.736	223.100	223.100	10.115	40.461	64.369	104.545	132.655	162.997
JUL.	208.628	208.628	208.628	208.628	204.858	201.838	8.762	35.049	56.747	96.386	124.656	153.721
AGO.	229.890	229.890	229.890	229.890	195.197	77.600	10.575	42.300	67.178	109.198	134.378	145.242
SEP.	229.890	229.890	229.890	178.617	83.652	77.600	9.655	38.621	62.070	94.489	105.406	116.115
OCT.	229.890	229.890	229.890	229.890	110.489	77.600	10.115	40.461	64.829	107.703	122.454	133.473
NOV.	229.890	229.890	229.890	229.890	229.277	223.100	9.196	36.782	59.771	102.301	133.253	164.487
DIC.	222.414	222.414	222.414	222.414	150.962	70.124	8.452	33.807	56.048	99.864	123.231	133.609

1968

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	207.183	207.182	207.183	105.000	54.893	54.893	8.702	34.807	56.354	76.304	83.879	91.783
FEB.	229.890	229.890	229.890	161.712	77.600	77.600	9.196	36.782	58.952	86.019	95.331	105.264
MAR.	211.236	211.236	211.236	126.595	58.946	58.946	9.717	38.867	61.681	84.848	92.452	100.704
ABR.	204.028	204.027	204.027	122.568	51.737	51.737	8.161	32.644	53.047	77.572	84.557	91.800
MAY.	216.813	216.813	216.813	83.751	64.523	64.523	9.540	38.159	61.141	76.761	85.375	94.537
JUN.	229.890	229.890	229.890	123.772	77.600	77.600	10.115	40.461	64.369	86.436	96.214	106.767
JUL.	229.890	229.890	229.890	209.080	80.620	77.600	9.555	38.621	62.530	102.255	113.381	124.555
AGO.	220.709	220.709	220.709	220.709	218.996	213.919	10.153	40.610	64.447	104.837	133.087	163.036
SEP.	229.890	229.890	229.890	229.890	229.152	223.100	9.555	38.621	62.070	103.795	133.700	164.487
OCT.	229.890	229.890	229.890	229.890	229.259	223.100	10.115	40.461	64.829	107.703	138.309	169.990
NOV.	229.890	229.890	229.890	229.890	143.031	77.600	9.196	36.782	59.771	102.301	121.610	132.474
DIC.	229.890	229.890	229.890	129.993	77.893	77.600	8.736	34.943	57.932	83.344	94.794	106.279

**** CONCENTRABLE NACIONAL ****

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

1969

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	189.557	189.556	189.556	95.038	37.267	37.266	7.961	31.845	51.559	69.617	74.759	80.126
FEB.	191.662	191.661	191.661	103.842	39.371	39.371	7.666	30.666	49.065	66.511	71.235	76.275
MAR.	176.832	176.832	176.832	47.077	24.542	24.542	8.134	32.537	51.635	60.250	63.416	66.852
ABR.	186.371	186.371	186.371	151.500	34.081	34.081	7.455	29.819	48.456	76.434	81.085	85.956
MAY.	187.659	187.659	187.659	89.236	35.369	35.369	8.257	33.028	52.920	69.562	74.284	79.306
JUN.	195.794	71.447	71.447	67.263	64.657	64.657	8.615	18.046	25.476	37.449	45.596	54.389
JUL.	186.246	186.246	123.063	43.746	36.976	33.956	7.822	31.289	44.088	51.839	56.932	61.822
AGO.	229.890	229.890	229.890	135.455	82.677	77.600	10.575	42.300	67.128	91.916	102.581	113.445
SEP.	229.890	229.890	229.890	229.890	87.043	77.600	9.655	38.621	62.070	103.795	115.154	125.863
OCT.	229.890	229.890	229.890	229.890	229.259	211.540	10.115	40.461	64.829	107.703	138.309	168.348
NOV.	229.890	229.890	229.890	229.890	229.277	223.100	9.196	36.782	59.771	102.301	133.253	164.487
DIC.	229.890	229.890	229.890	229.890	223.393	223.100	8.736	34.943	57.932	103.223	136.059	169.078

1970

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	229.890	223.617	224.527	217.879	215.963	215.772	9.655	37.831	61.182	102.579	132.382	163.453
FEB.	229.890	229.890	229.890	226.208	86.506	77.600	9.196	36.782	58.852	96.855	107.235	117.168
MAR.	195.088	195.088	195.088	144.079	42.798	42.798	8.974	35.896	56.966	83.332	88.853	94.845
ABR.	229.890	229.890	229.890	224.976	223.100	223.100	9.196	36.782	59.771	101.392	131.510	162.744
MAY.	198.268	198.268	198.268	194.520	169.127	45.978	8.774	34.895	55.911	92.189	114.768	121.297
JUN.	226.075	226.075	226.074	126.108	73.785	73.785	9.947	39.789	63.301	85.749	95.045	105.080
JUL.	229.890	229.890	229.890	178.042	80.620	77.600	9.655	38.621	62.530	96.359	107.484	118.658
AGO.	229.890	229.890	229.890	229.890	228.177	107.950	10.575	42.300	67.128	109.198	138.632	153.745
SEP.	229.890	229.890	229.890	229.890	225.369	77.600	9.655	38.621	62.070	103.795	133.296	143.915
OCT.	229.890	229.890	229.890	229.890	229.259	223.100	10.115	40.461	64.829	107.703	138.309	169.990
NOV.	229.890	229.890	229.890	229.890	229.277	154.099	9.196	36.782	59.771	102.301	133.253	154.827
DIC.	229.890	229.890	229.890	229.890	223.393	223.100	8.736	34.943	57.932	103.223	136.059	169.078

1971 (MERIDA)

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	229.890	224.994	225.460	218.305	216.625	83.557	9.655	38.605	61.452	102.933	132.824	144.358
FEB.	213.573	213.573	213.572	153.897	61.283	61.283	8.543	34.172	54.675	80.529	[illegible]	[illegible]
MAR.	216.493	216.493	216.493	177.363	64.203	64.203	9.559	38.235	63.216	95.673	103.955	112.944
ABR.	208.437	208.436	208.436	87.568	56.146	56.145	8.337	33.350	54.193	70.393	77.973	85.834
MAY.	197.802	197.802	197.802	187.907	45.512	45.512	8.703	34.813	55.780	90.825	96.900	103.363
JUN.	209.077	209.077	209.077	93.245	56.787	55.787	9.199	36.798	58.541	75.139	82.294	90.017
JUL.	168.036	168.036	168.036	168.036	164.266	161.246	7.058	28.230	45.706	77.633	100.301	123.521
AGO.	220.554	220.554	220.554	220.554	218.841	83.126	10.146	40.582	64.402	104.763	132.993	144.211
SEP.	229.890	229.890	229.890	229.890	113.545	77.600	9.655	38.621	62.070	103.795	118.613	129.322
OCT.	229.890	229.890	229.890	135.156	83.759	77.600	10.115	40.461	64.829	90.043	101.225	112.244
NOV.	229.890	229.890	229.890	229.890	154.072	77.600	9.196	36.782	59.771	102.301	123.101	133.965
DIC.	229.890	228.541	207.147	92.024	75.793	75.552	8.736	34.789	55.504	71.663	82.804	93.987

/1972

**** CONCENTRABLE NACIONAL ****

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

1972

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	207.374	207.373	207.374	204.036	200.584	166.279	8.710	34.839	56.406	95.176	122.857	144.901
FEB.	188.604	188.603	188.604	125.506	36.314	35.314	7.544	30.177	48.282	69.367	73.725	78.373
MAR.	179.386	179.386	179.386	46.811	27.096	27.096	8.252	33.007	52.381	60.947	64.442	68.236
ABR.	200.277	200.277	200.277	115.385	47.987	47.987	8.011	32.044	52.072	84.520	90.998	97.716
MAY.	193.645	193.644	110.381	44.397	41.355	41.355	8.520	34.081	45.782	54.062	59.583	65.455
JUN.	208.840	208.839	110.656	59.156	56.550	56.553	9.189	36.756	48.264	58.794	65.919	73.610
JUL.	193.904	193.904	137.901	48.404	44.634	41.614	8.144	32.576	46.907	56.104	62.263	68.256
AGO.	208.891	208.891	73.578	63.371	61.678	56.601	9.609	38.436	46.392	57.983	65.939	73.864
SEP.	216.621	216.621	104.665	71.121	70.383	64.331	9.098	36.392	47.968	59.977	69.161	78.039
OCT.	227.117	227.117	166.308	81.617	80.986	74.827	9.993	39.973	57.601	72.823	83.634	94.260
NOV.	227.490	227.490	215.274	81.990	81.378	75.200	9.100	36.398	57.926	73.094	84.080	94.608
DIC.	224.218	224.217	203.723	78.717	72.220	71.927	8.520	34.081	54.453	69.961	80.577	91.222

1973

	POTENCIA(MW)						ENERGIA(GWH)					
ENE.	215.267	215.267	215.267	211.949	208.477	208.477	9.041	36.165	58.553	98.823	127.593	157.613
FEB.	202.557	202.557	202.557	78.703	50.267	50.257	8.102	32.409	51.955	65.377	71.109	77.543
MAR.	178.282	178.282	166.416	27.341	25.992	25.992	8.201	32.804	50.777	55.783	59.113	62.772
ABR.	187.166	187.165	187.165	46.872	34.876	34.876	7.487	29.946	48.663	57.334	62.042	66.925
MAY.	201.960	121.426	56.460	52.712	49.670	49.673	8.886	24.914	30.999	40.730	47.361	54.414
JUN.	218.951	218.951	137.749	69.267	66.661	66.661	9.634	38.535	52.361	65.191	73.590	82.656
JUL.	229.890	229.890	229.890	229.890	140.118	77.600	9.655	38.621	62.530	106.209	125.545	136.720
AGO.	229.890	229.890	229.890	229.890	172.265	77.600	10.574	42.300	67.128	109.199	131.420	142.284
SEP.	229.890	229.890	229.890	126.901	83.652	77.600	9.655	38.621	62.070	85.103	96.019	106.728
OCT.	229.890	229.890	229.890	229.890	229.259	223.100	10.115	40.461	64.829	107.703	138.309	169.990
NOV.	229.890	229.890	229.890	229.890	229.277	223.100	9.196	36.782	59.771	102.301	133.253	164.487
DIC.	229.890	229.890	229.890	229.890	223.393	95.854	8.736	34.943	57.932	103.220	136.059	150.395

Apéndice 2-C

RESUMEN ANUAL DE OPERACION DE LAS PLANTAS HIDRAULICAS, PLANTA POR PLANTA Y PARA LOS DIEZ AÑOS Y GENERACION ANUAL PROMEDIO (GWh) PARA CADA PLANTA

*** RESUMEN ANUAL DE OPERACION DE LAS PLANTAS HIDRAULICAS ***

ENERGIA (GWH)

AÑO	1964	1965	1966	1967	1968	1980	1980	1980
PLANTACHICAS	36.20	36.20	36.20	36.20	36.20	0.0	0.0	0.0
BAYANCI	627.20	683.13	814.33	882.13	801.66	0.0	0.0	0.0
ESTRELLA	194.26	221.06	275.08	274.12	296.37	0.0	0.0	0.0
LOS VALLES	211.64	233.77	287.49	282.35	316.85	0.0	0.0	0.0
NACIONAL	1069.29	1174.14	1413.10	1474.80	1451.57	0.0	0.0	0.0

*** RESUMEN ANUAL DE OPERACION DE LAS PLANTAS HIDRAULICAS ***

ENERGIA (GWH)

AÑO	1969	1970	1971	1972	1973	1980	1980	1980
PLANTACHICAS	36.20	36.20	36.20	36.20	36.20	0.0	0.0	0.0
BAYANCI	729.59	1016.03	738.11	519.94	783.52	0.0	0.0	0.0
ESTRELLA	235.67	298.32	265.82	231.09	267.18	0.0	0.0	0.0
LOS VALLES	244.39	324.25	279.87	243.21	285.54	0.0	0.0	0.0
NACIONAL	1245.84	1674.79	1369.99	1030.44	1372.52	0.0	0.0	0.0

/GENERACION

GENERACION ANUAL PROMEDIO Para 1969 a 1973
(G W H)

PLANTACHICAS	36.
BAYANOI	767.
ESTRELLA	260.
LOS VALLES	275.

GENERACION ANUAL PROMEDIO Para 1964 a 1968
(G W H)

PLANTACHICAS	36.
BAYANOI	762.
ESTRELLA	252.
LOS VALLES	266.

GENERACION ANUAL PROMEDIO Para 1964 a 1973
(G W h)

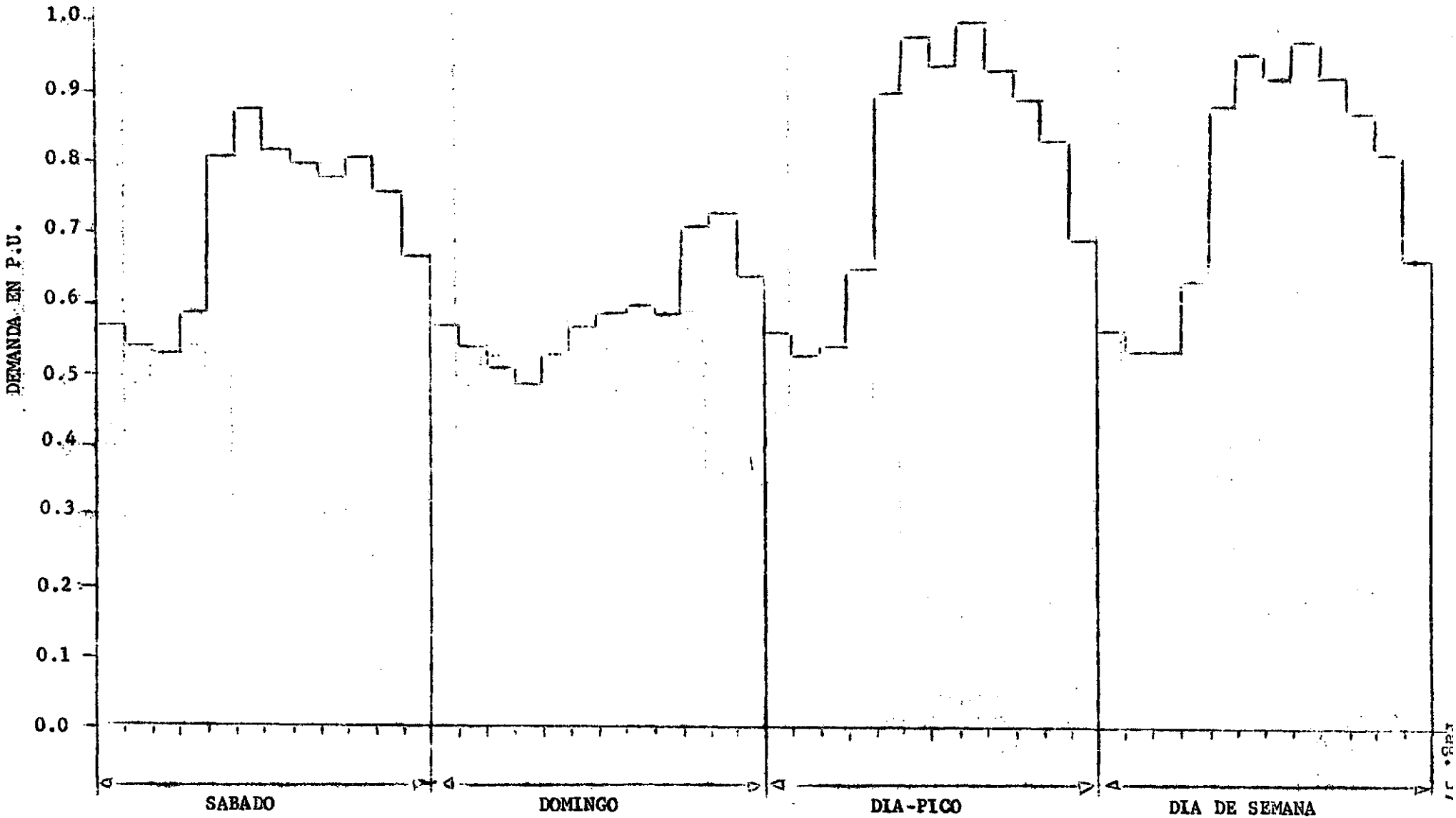
PLANTACHICAS	36.0
BAYANOI	764.5
ESTRELLA	256.0
LOS VALLES	270.5

Apéndice 3

CURVA DE CARGA Y LOS BLOQUES HORARIOS DE LOS MESES
DE ENERO Y DICIEMBRE DE 1974

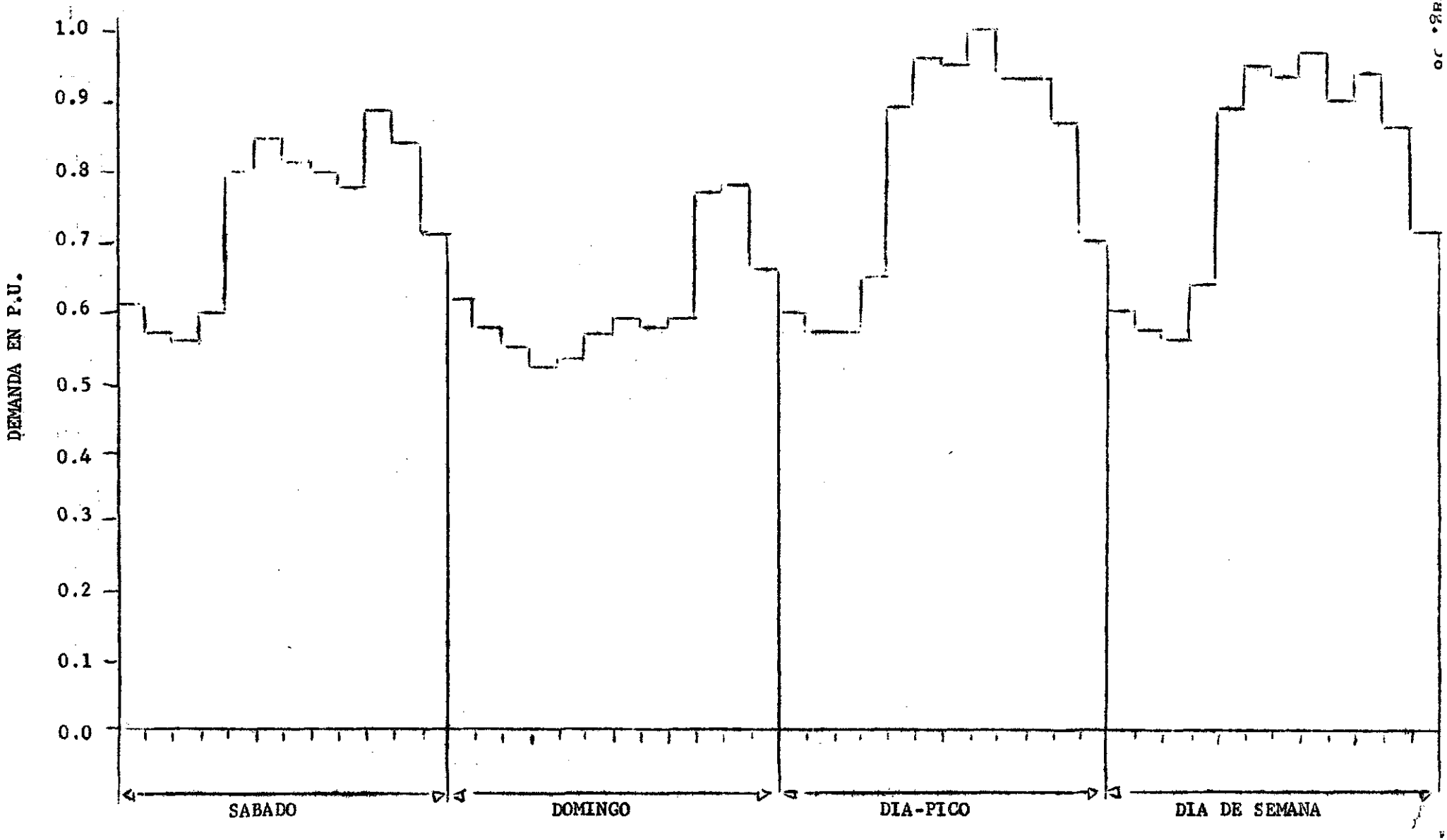
ENERO - 1972
CURVA DE CARGA TIPICA SEMANAL
REPUBLICA DE PANAMA
SISTEMA INTEGRADO

C.T. MAIN INC.
9/12/75
R.A.M.



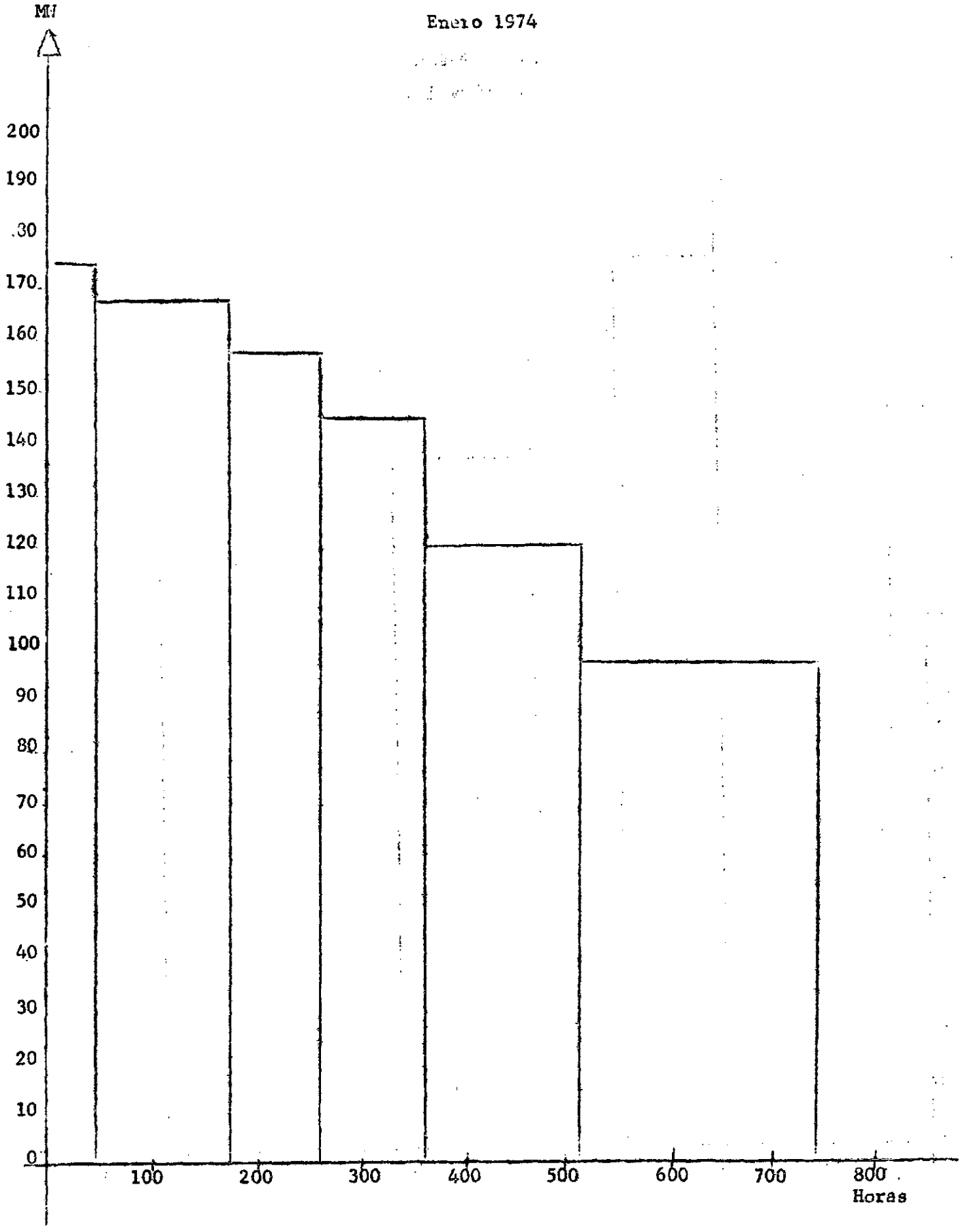
DICIEMBRE - 1972
CURVA DE CARGA TIPICA SEMANAL
REPUBLICA DE PANAMA
SISTEMA INTEGRADO

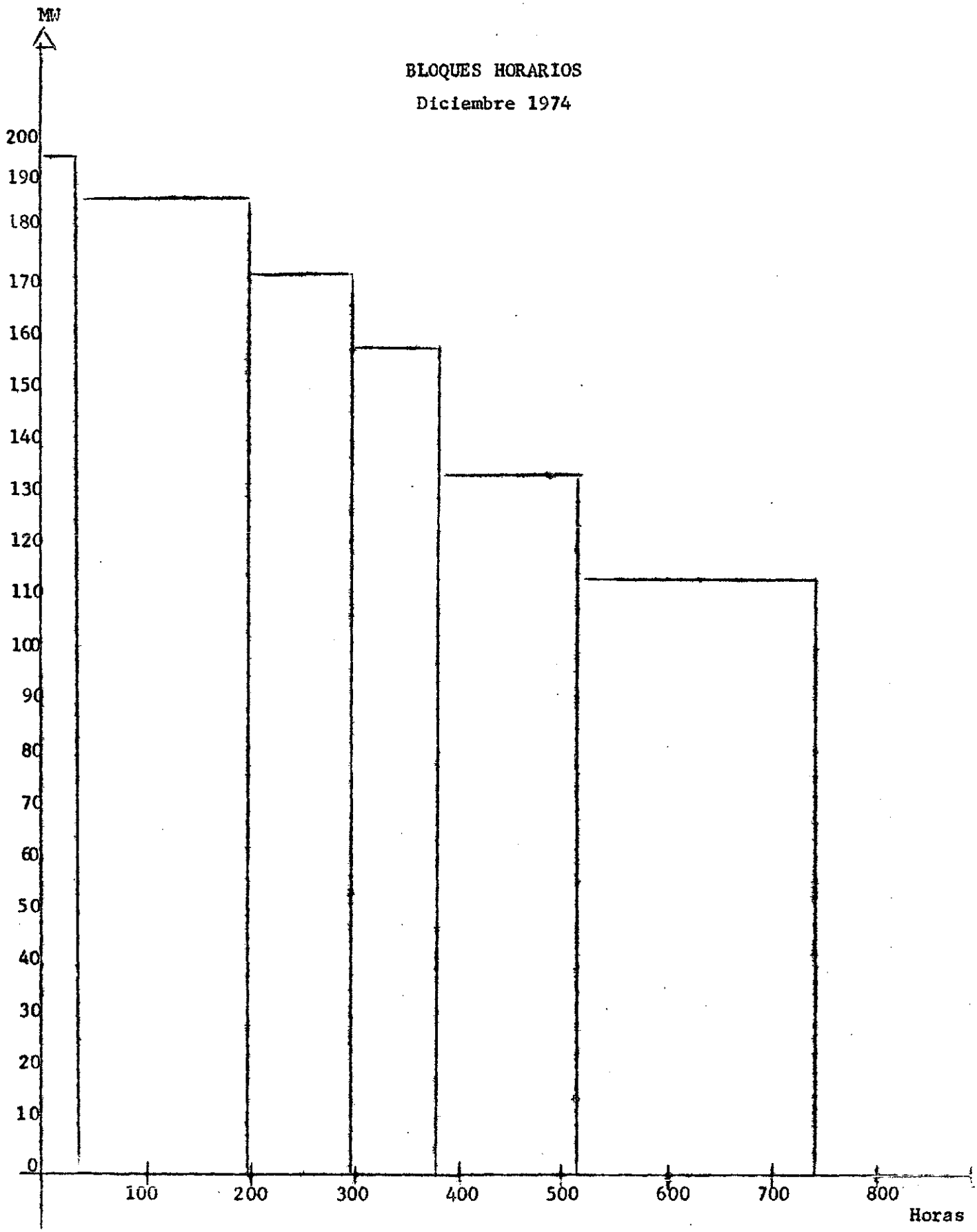
C.T. MAIN INC.
9/12/75
R. A. M.



BLOQUES HORARIOS

Enero 1974




MW
BLOQUES HORARIOS
Diciembre 1974
200
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
100
200
300
400
500
600
700
800
Horas