

escoge cual es la secuencia más económica hasta ese nivel, entonces el modo de trabajo es dinámico, considerando para cada nivel: Cabezales, tantos como diferentes cadenas óptimas pueden pasar y/o llegar a ese nivel; y terminales tantos como diferentes finales tengan las alternativas de ese nivel, más aquellas que van directamente de los Cabezales a un nivel superior del nivel que se está evaluando.

Si comenzamos por los cabezales de la Cadena, estos también vienen a ser los Cabezales del primer nivel, que no necesariamente tienen que vincular a las alternativas del primer nivel. Los finales del primer nivel son aquellas alternativas de proyectos aguas abajo a las cuales vinculan las alternativas del 1º nivel, más aquellas que son directamente vinculados por los Cabezales. En el primer nivel no existe ninguna subcadena óptima previa, como es de suponer. Una vez determinados los finales del primer nivel, el programa compara las alternativas que tienen el mismo final y escoge la de menor FEC; y va armando con los datos de esta alternativa una subcadena óptima. Igualmente se arman subcadenas óptimas para aquellos finales que son directamente vinculadas por los cabezales, pero con sus valores en cero; en conclusión se arma una subcadena óptima por cada final que tenga el primer nivel, con todas las características de las alternativas seleccionadas. Cabe aclarar también que si una misma alternativa del primer nivel está vinculado a más de un final y en más de uno ha sido seleccionado, existirán tantas subcadenas óptimas con las características de esa alternativa, como finales, en las cuales haya sido seleccionado. Todos los finales determinados en el primer nivel entran como cabezales al segundo nivel.

Desde el segundo hasta el último nivel la evaluación es similar: Si tomamos un nivel K, que está dentro del rango mencionado, los finales del nivel K-1 entran como cabezales al nivel K con sus respectivas subcadenas óptimas evaluadas hasta el nivel K-1. En el nivel K igualmente se determinan los finales de la misma forma que para el primer nivel, una vez determinados estos, el programa compara las subcadenas (que ahora ya incluyen a las alternativas del nivel K), que tienen un mismo final, quedando la subcadena con menor FEC, como la subcadena óptima para ese final. Para aquellos finales que son directamente referenciados por los cabezales, queda la subcadena óptima del cabezal como la subcadena óptima para el final, si no hay otra subcadena con el mismo final y menor FEC; y en forma similar al primer nivel, en el nivel \bar{K} tenemos después de la evaluación, tantas subcadenas óptimas como finales tiene el nivel K con las características acumuladas de todas las alternativas que forman cada subcadena. Todos los finales determinados en el nivel K con sus respectivas subcadenas entran como cabezales al nivel K+1. Cabe aclarar también que si se evalúa el último nivel el número de finales que tenga debe coincidir con el número de finales que tiene la cadena, siendo estos los resultados de la evaluación de las cadenas.

Paralelamente al proceso de determinación de finales-cabezales, se lleva una matriz en donde se colocan después de analizar cada nivel, las alternativas que pasan a formar parte de las subcadenas y finalmente de las cadenas óptimas.

En cuanto a los vínculos externos, estos vinculan normalmente a una o más alternativas de uno o más proyectos, y como su ingreso en la cadena es incondicional sus características se suman a las características de la alternativa que los recibe y el proceso en su contexto no se modifica.

3.6.3.2 Evaluación de una subcadena

Para una subcadena se suman los valores, de cada alternativa que forman la cadena, de los siguientes parámetros:

- Potencia instalada
- Energía Primaria
- Energía Secundaria
- Energía = E. Primaria + E. Secundaria
- Potencia Garantizada
- Costo Específico de Generación
- Inversión

Además, calcula un promedio ponderado para el Factor Económico comparativo y el Factor costo beneficio, mediante las siguiente formulas:

$$FECT = \frac{\sum_{i=1}^n FEC_i * (Ep_i + \alpha Es_i)}{\sum_{i=1}^n (Ep_i + \alpha Es_i)}$$

$$FEC IT = \frac{\sum_{i=1}^n FEC I_i * (Ep_i + \alpha Es_i)}{n \sum_{i=1}^n (Ep_i + \alpha Es_i)}$$

donde:

- FEC_i : Factor económico comparativo de la alternativa i que forma la subcadena.
- $FEC I_i$: Factor costo/beneficio de la alternativa i que forma la subcadena.
- E_{p_i} : Energía primaria de la alternativa i
- Es_i : Energía secundaria de alternativa i
- α : Coeficiente, generalmente de Valor 0.5

3.6.4 Restricciones del Programa

Las siguientes son los valores máximos de los parámetros que se indican:

- Número de Proyectos	I PRO = 44
- Número de alternativas por proyectos	I APR _i = 20
- Número de finales	NNFI = 40
- Número de vínculos externos	MVEX = 41
- Número de cabezales	ICAB = 40
- Número total de alternativas	NF = 250
- Número total de Vínculos	KVF = 1600

3.6.5 Ejecución del Programa

3.6.5.1 Composición del programa

El programa cadenas consta de 2 segmentos:

Un segmento CADENAS, que funciona como un monitor

Un segmento CADGEN, que se encarga de evaluar cada cadena con la ayuda de una subrutina HYCHAIN.

3.6.5.1.1 Segmento CADENAS

Este segmento es un monitor; puede tener las opciones de procesar Cadenas de todo el país, de un sistema Hidroeléctrico, de una cuenca o una cadena individual o de un afluente. Además chequea la existencia de cada cadena, prepara la información para el segmento CADGEN, en el archivo DATAC; guarda la salida del programa de acuerdo a opción ya sea por impresora o en un archivo en disco que lleva el nombre de la cadena, con la extensión .CD; igualmente determina el tiempo de evaluación de cada cadena.

3.6.5.1.2 Segmento CADGEN

En él se leen los datos del archivo DATAC, chequea la data, lee las características de las alternativas de los proyectos de sus respectivos archivos en disco y los almacena en memoria.

Determina los cabezales y finales para cada nivel, utilizando la metodología descrita en 3.6.3.1 y para cada alternativa de cada nivel, llama a la subrutina HYCHAIN quien determina las subcadenas óptimas con esa alternativa

Además hace un chequeo de las características de la cadena, si encuentra un error leve, escribe por consola el mensaje y continua evaluando la cadena, caso contrario, si el error es fatal termina y devuelve el control al segmento CADENAS.

3.6.5.1.3 Subrutina HYCHAIN

Evalúa las subcadenas utilizando la metodología del párrafo 3.6.3.2 y opcionalmente incluye los valores de los vínculos externos, dentro de la subcadena al que pertenece la alternativa respectiva. Realiza un proceso de almacenamiento de subcade

nas, óptimas por finales, comparando la última subcadena evaluada con la subcadena óptima anterior del mismo final. Si la subcadena que se evalúa tiene un factor económico de comparación menor, ésta llega a ser la óptima y se almacena en memoria.

3.6.5.2 Ejecución

El programa se ejecuta, con la invocación de CADENAS, y de acuerdo a los parámetros mencionados en 3.6.6.1, pide el tipo de proceso a seguir, la salida y un archivo de la base de datos donde se encuentra en si la información para el tipo de proceso a seguir.

Si encuentra algún error en una cadena, termina la ejecución de esa cadena, y continúa con la siguiente cadena.

3.6.6 Datos de Entrada

Los datos de entrada deben ser almacenados en un archivo en disco. A continuación se indica los datos:

3.6.6.1 Con formato 5 I2, F5 .Ø, se lee:

- IP1 : Parámetro de impresión
 = 1 imprime la definición de los vínculos que salen de las alternativas, una matriz número de vínculos y la definición de los vínculos externos.
 = Ø no imprime
- IP2 : Todavía Libre
- IP3 : Parámetro de impresión de la tabla de siglas y su significado
 = 3 imprime las tablas después de las cadenas
- IP4 : Parámetro de impresión
 = 1 la impresión de toda la salida se hace por impresora
 = 2 la impresión de toda la salida se hace en un archivo en disco con el nombre de la cadena con la extensión .CD
 = Ø pide por la consola el tipo de salida que debe tener el programa.
- IP5 : Parámetro de ejecución del programa
 IP5= 1 Se ejecuta todas las cadenas del país (reunión de uno o más sistemas hidroeléctricos); debe existir un archivo con el nombre de \$\$\$ ALLCAD, donde se encuentren todos los sistemas Hidroeléctricos del país.
 IP5= 2 Se ejecuta todas las cadenas de un Sistema Hidroeléctrico (reunión de una o más cuencas), posteriormente pide el nombre del archivo relacionado con el Sistema Hidroeléctrico, donde se encuentran las cuencas que componen el sistema.
 IP5= 3 Se ejecuta todas las cadenas de una cuenca (reunión de una o más cadenas de afluente), posteriormente pide el nombre del

- archivo relacionado con la cuenca, que contiene el nombre de las cadenas de afluentes que componen la cuenca.
- IP5 = 4 Se ejecuta una cadena individual de un afluente, posteriormente pide el nombre de la cadena.
- IP5 = Ø Pide por consola el tipo de proceso que debe seguir.

Todos los archivos anteriormente mencionados son parte de la base de datos

ALFA.- Valor constante para ser afectados a la energía secundaria al momento de ponderar el FEC. Este valor generalmente es 0.5

Estos valores son almacenados en el archivo BASECAD.

3.6.6.2 Datos de la Cadena Específica

3.6.6.2.1 Con formatos libre (deben ser separados por una coma (,)):

- I PRO : Número de proyectos
 ID1 : Parámetro de impresión (Necesario pero no considerado)
 ID2 : Parámetro de impresión (Necesario pero no considerado)
 ID3 : Parámetro de impresión (Necesario pero no considerado)

3.6.6.2.2 Con formato libre

- IAPR_i : Alternativa para el proyecto i (i = 1, I PRO)

3.6.6.2.3 Formato (I 2, 10A2)

- NPR : Número de orden del proyecto i (NPR = i)
 (NOMP (I,N), N = 1,6): Nombre del proyecto i

3.6.6.2.4 Con formato libre

- ICAB : Número de cabezales

3.6.6.2.5 Con formato libre

- ICPR(IC) : Proyecto del cabezal IC
 JCAL (IC) : Alternativa del cabezal IC

3.6.6.2.6 Con formato libre

- MVEX : Número de vínculos externos

3.6.6.2.7 Con formato libre

- NPEX(MV) : Número del proyecto a donde va el vínculo externo MV
 NALT(MV) : Número de alternativas del proyecto anterior a donde va el vínculo externo MV.

3.6.6.2.8 Con formato libre

(JAEX (NA, MV), NA = 1, NALT): Las alternativas del proyecto a donde va el vínculo externo.

3.6.6.2.9 Formato (10 A 2)

(NOMEX (MV, N), N=1,6): Nombre del archivo en disco en donde están las características del vínculo externo MV.

3.6.6.2.10 Con formato libre

NNFI: Número de finales

3.6.6.2.11 Con formato (12, 6A 2)

NNN: Número de orden del final

(NOMFF (NF, NN), NN=1,6): Nombre del archivo en disco en donde se va a almacenar la configuración de la cadena óptima para el final NF y sus características técnico - económico.

3.6.6.2.12 Sin formato

I : Proyecto de donde salen los vínculos

K: Alternativa de donde salen los vínculos

NVIN (I,K): Número de vínculos que salen de nodo (I,K). Proyecto I, Alternativa K.

3.6.6.2.13 Sin formato

Se leen los vínculos que salen del nodo (I,K) y se almacenan en memoria en forma dinámica y contigua.

IVPR (KV): Proyecto a donde va el vínculo

JVAL (KV): Alternativa a donde va el vínculo

Este proceso de almacenamiento de los vínculos permite leerlos sin ningún orden. Sólo para fines de chequeo en el archivo DATAC, es conveniente dar los vínculos de las alternativas de un mismo proyecto, juntos; sin necesidad de estar ordenados. El fin de los vínculos está determinado por: $\emptyset, \emptyset, \emptyset$.

3.6.7 Descripción de los Resultados

3.6.7.1 Salidas opcionales

- Imprime la definición de los vínculos para cada una de las alternativas - (P 1=1)

3.6.7.2 Cadenas óptimas por vínculos finales

Se imprime la configuración de la cadena incluyendo sus vínculos externos,

y las características técnico - económicas que se mencionan en el párrafo 2.

3.6.7.3 Errores del Programa

Errores leves:

- Número fuera de rango .- Cuando algún número pedido por el programa no está dentro de los límites específicos.
- Proyecto I alternativas J no tiene vínculos.

Errores serios:

- Archivo no existe .- Cuando algún archivo requerido no existe
- Error: proyecto fuera de rango.- cuando el proyecto especificado como vínculo, no existe.
- Error: alternativa fuera de rango.- cuando la alternativa especificada como vínculos, no existe.
- Proyecto I, alternativa J no es referenciado, ocurre cuando un proyecto tiene vínculos, pero no es vinculado por otro anterior.
- Error: en el nivel IP, se han leído N, vínculos; ocurre cuando el resumen final de vínculos no coincide con los contabilizados para todas las alternativas del proyecto
- Archivo tiene datos errados, cuando un archivo de proyecto no coincide con las características definidas en la cadena.
- Número de finales está mal definido en cadena, ocurre, cuando los finales determinados al evaluar el último (ver 3.6.3.1), no coinciden con los finales definidos para la cadena.
- Estos y otros errores de chequeo de rangos numéricos, interrumpen el programa como sigue:

- STOP 1 Número de Proyectos errados
- STOP 2 Número de Cabezales errados
- STOP 3 Número de Vínculos Externos errados
- STOP 4 Número de finales errados
- STOP 5 Muchos Vínculos/Cadenas
- STOP 6 Muchas Alternativas/Cadenas
- STOP 11 Corregir vínculos en la Cadena
- STOP 12 Número de Vínculos leído, incorrecto
- STOP 13 Corregir finales en Cadenas
- STOP 14 Vínculo a un Proyecto anterior
- STOP 21 Corregir Archivos vínculos externos
- STOP 22 Corregir los archivos de proyectos.

3.6.8 Relación con Bancos de Datos

La relación con la base de datos de Cadenas es muy simple ya que de acuerdo a los parámetros, solamente obtiene información de una parte de la base de datos o de la totalidad de la base de datos especialmente diseñado para el programa CADENAS.

3.6.9 Aplicación

La aplicación del programa CADENAS es básicamente para evaluar las cadenas óptimas de una serie de posibles alternativas de aprovechamiento hidroeléctrico de un río, una cuenca, o un sistema hidroeléctrico.

3.6.10 Ejemplo de los Datos de Entrada

En la Figura 3.6.3, puede verse un ejemplo de datos de entrada.

3.6.11 Ejemplo de la Salida

Un ejemplo de las salidas puede verse en la Figura 3.6.4.

Igualmente en la Figura 3.6.5 se puede observar los archivos utilizados por el programa.

FIGURA 3.6.3 EJEMPLO DE ENTRADA DE DATOS DEL PROGRAMA CADENAS

6,1,0,0	1VTAM1	1	1VTAM1
4,6,6,6,2,2	2TAM20	12	1,3,1
1TAM10	3TAM30	19	4,2
2TAM20	4TAM40	1,1	1,4,1
3TAM30	5TAM50	3	4,2
4TAM40	6TAM60	VPER2	2,4,1
5TAM50		1,1	4,1
6TAM60		4	2,5,1
12		VPER1	4,1
1,3,1,4,2,4,2,5,2,6,3,4,3,5,3,6,4,3,4,4,4,5,4,6		1,1	2,6,1
19		4	4,1
1,1		VENE1	3,4,1
3		1,1	5,2
VPER2		3	3,5,1
1,1		VENE2	5,2
4		2,2	3,6,1
VPER1		4,5	5,2
1,1		VPER2	4,1,1
4		2,1	6,2
VENE1		6	4,2,1
1,1		VPER1	6,2
3		2,1	4,3,1
VENE2		6	6,2
2,2		VENE1	4,4,1
4,5		2,1	6,2
VPER2		5	4,5,1
2,1		VENE2	6,2
6		2,1	4,6,1
VPER1		4	6,2
2,1		VENE3	5,2,1
6		3,2	6,1
VENE1		4,5	6,1,1
2,1		VPER2	7,1
5		3,1	6,2,1
VENE2		6	7,1
2,1		VPER1	0,0,0
4		3,1	
VENE3		6	
3,2		VENE1	
4,5		3,1	
VPER2		5	
3,1		VENE2	
6		3,1	
VPER1		4	
3,1		VENE3	
6		4,4	
VENE1		3,4,5,6	
3,1		VPER2	
5		4,1	
VENE2		6	
3,1		VENE1	
4		4,1	
VENE3		5	
4,4			
3,4,5,6			
VPER2			
4,1			
6			
VENE1			
4,1			
5			

FIGURA 3.6.4 EJEMPLO DE SALIDA DEL PROGRAMA CADENAS

SECUENCIAS OPTIMAS PARA LA CADENA TAMCAD

NUMERO TOTAL DE CADENAS ANALIZADAS = 12.

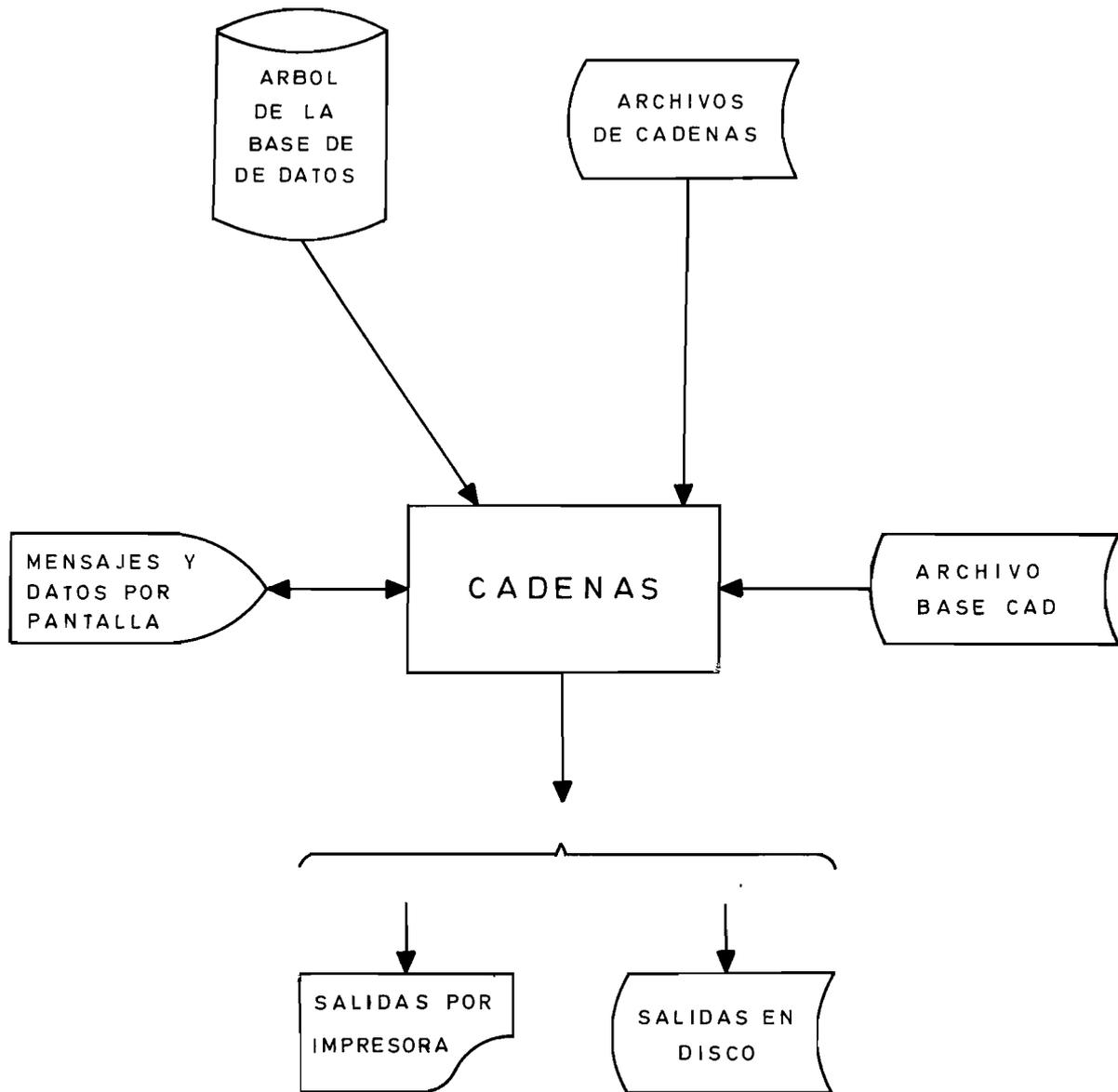
FECHA : 26/ 4/79

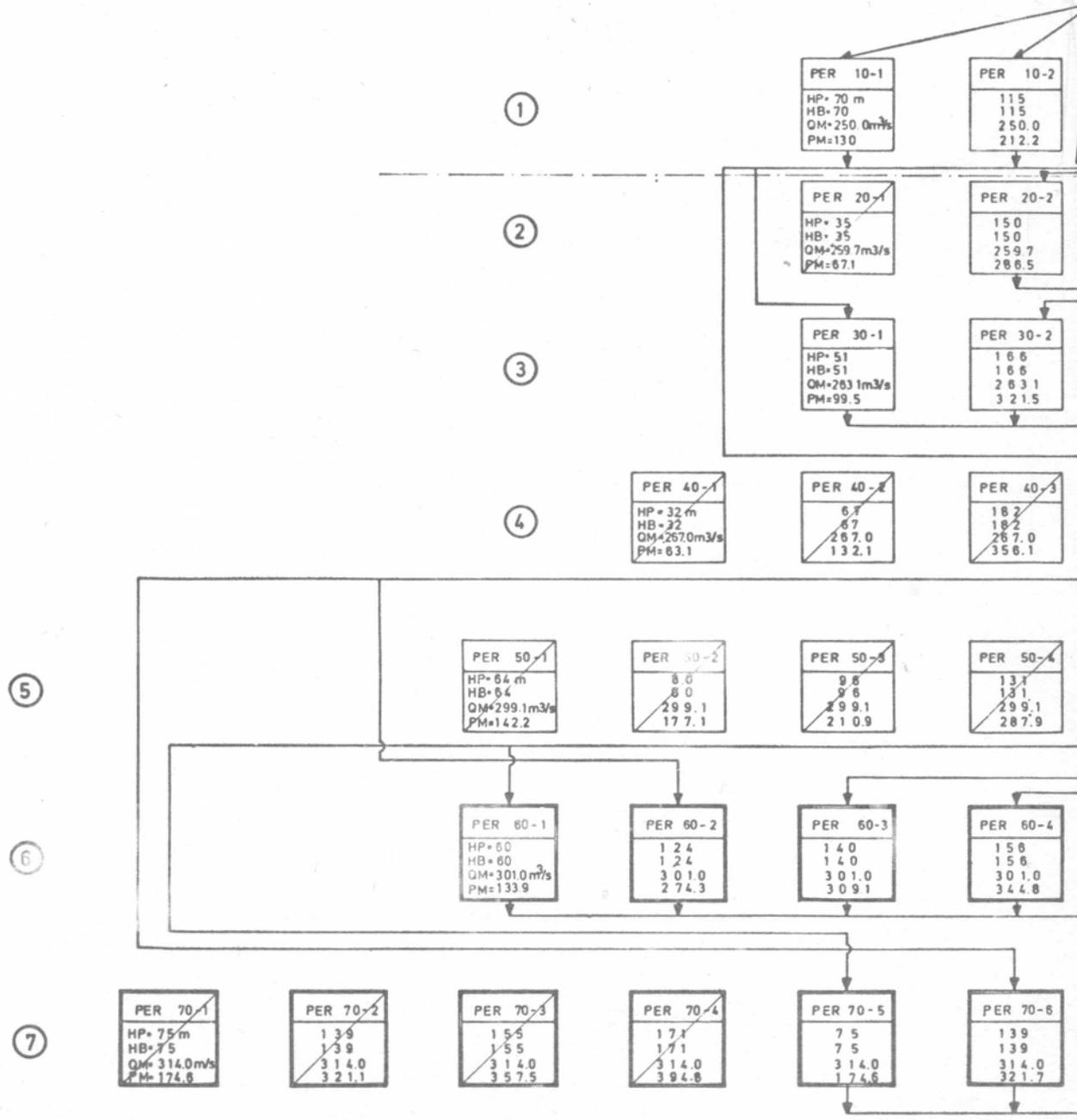
NODO FINAL 1/ 1 VTAMI

CADENA OPTIMA FORMADA POR:

N. PROYECTO	ALT	VINCULO EXTER	QM (M**3/S)	HN (M)	PI (MW)	EP (GWH)	ES (CWH)	ET (CWH)	FEC (\$/TWH)	PG (MW)	INVERSION (10**6 \$)	FEC1 (-)	CESP (\$/MWH)	KESP (\$/KW)
4 TAM40	4	15 VPER2 18 VENE3	2142.0	74.3	1327.7	4411.3	4156.1	8567.4	15.772	433.5	872.6	0.278	11.90	657.
6 TAM60	2		2243.0	32.0	598.6	1979.8	1880.1	3359.9	21.834	199.4	543.5	0.385	16.50	908.
TOTAL PARA LA CADENA					24319.2	95446.5	62960.8	152407.3	26.894	11145.4	29167.2	0.491	19.09	1199.

NUMERO DE CADENAS ANALIZADAS = 12.



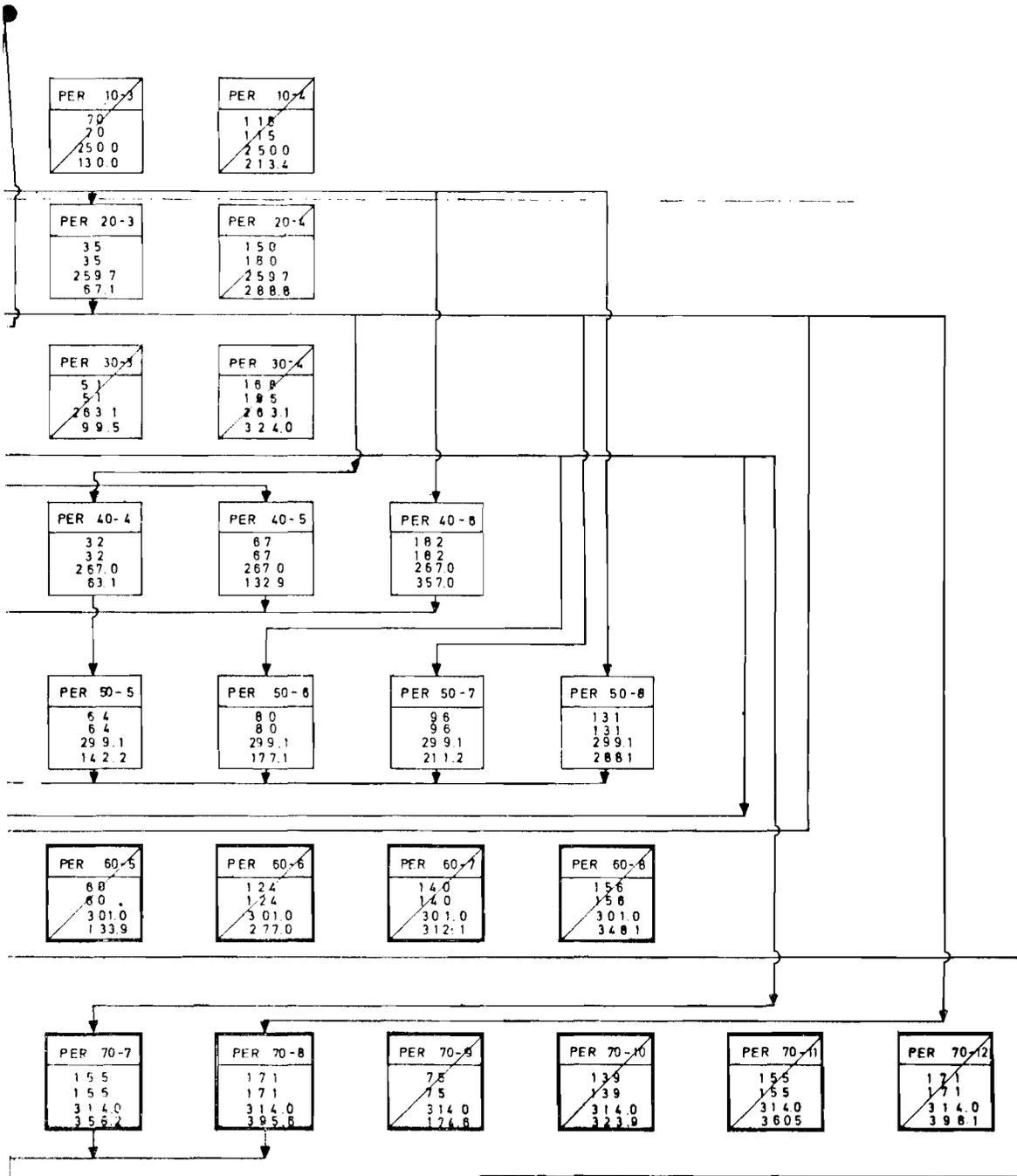


VINCULOS EXTERNOS

- ⑧
- | | |
|------------------------|-----------------------|
| V.TULU 1 → PER 10-2,4 | V.OXA 1 → PER 10-2,4 |
| V.TULU 2 → PER 10-1,2 | V.OXA 2 → PER 10-1,2 |
| PER 20-2,4 | PER 20-2,4 |
| PER 30-2,4 | PER 30-2,4 |
| PER 40-2,6 | PER 40-2,6 |
| V.PALCA 1 → PER 10-1,2 | V.CHAN 1 → PER 10-2,4 |
| PER 10-2,4 | PER 20-2,4 |
| PER 30-2,4 | PER 30-2,4 |
| PER 40-2,6 | PER 40-2,6 |

V.
TAN
TAN
TAN

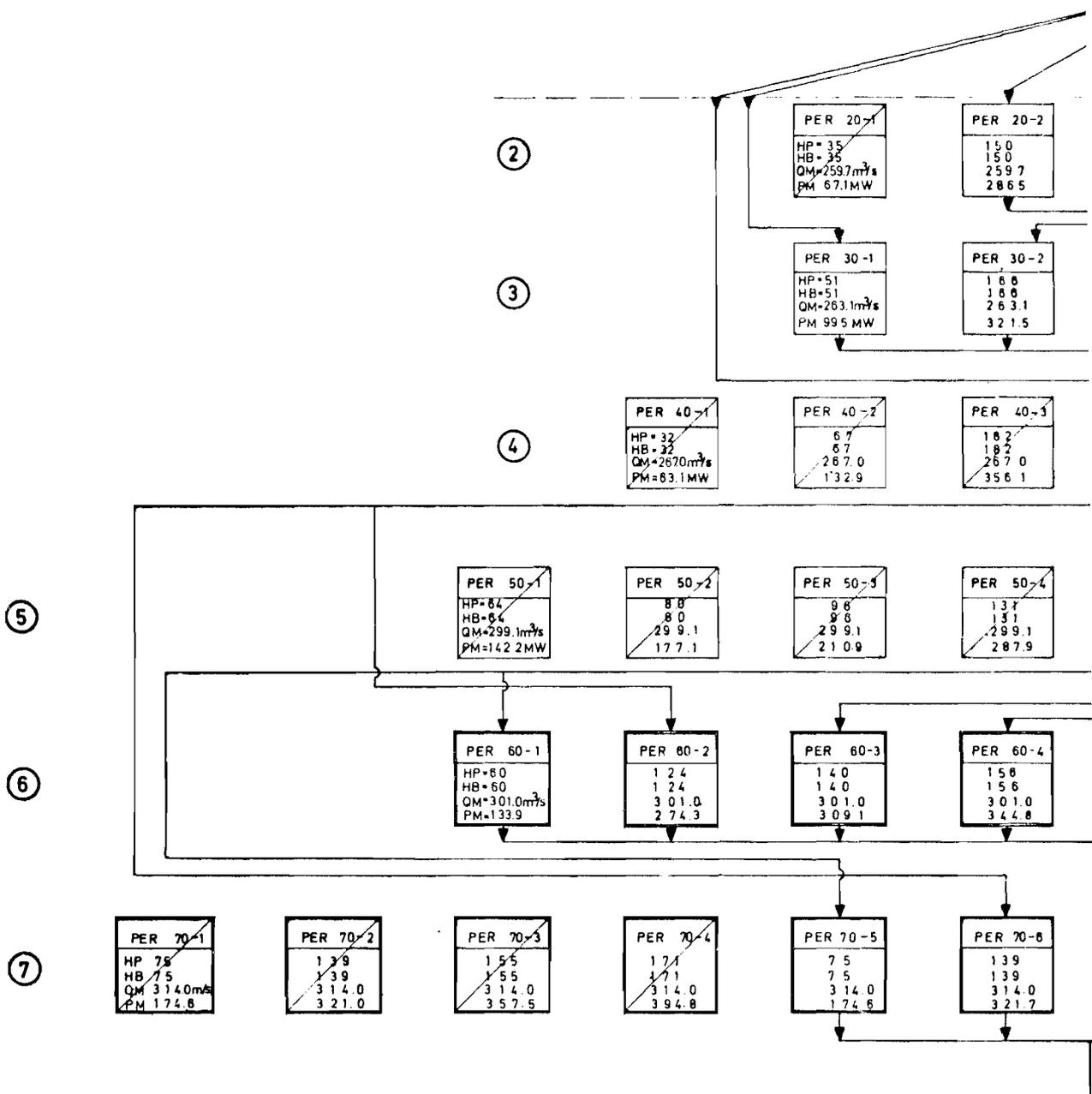
ERENE



ER ②
0-1,3
10-2,5
30-25
40-6

V. PER ①
TAM 10-24
TAM 20-36
TAM 30-36

gtz		SOCIEDAD ALEMANA DE COOPERACION TECNICA (GTZ) GMBH	
		REPUBLICA DEL PERU MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD	
LIS		KONSORTIUM LAHMEYER INTERNATIONAL GMBH SALZGITTER CONSULT GMBH	
Disenado	Nombre	Fecha	EVALUACION DEL POTENCIAL HIDRO-ELECTRICO NACIONAL CUENCA DEL RIO-Basin of River: DIAGRAMA DE CADENAS-Chains Diagram 2209-PERENE
Dibujado	L. L. P. O. N.	SET - 77	
Aprobado	E. Huamán	NOV - 77	
Reemplazado por	M. L. O. m.	DIC - 78	
Reg. No.	Fig. 3. G. 1	Escala	
		Dibujado por	



VINCULOS EXTERNOS

- ②
- ③
- ④
- ⑤
- ⑥
- ⑦
- ⑧
 - V. TULU 1 → PER 10-2, ~~1~~
 - V. TULU 2 → PER 10-1, ~~1~~
 PER 20-2, ~~4~~
 PER 30-2, ~~8~~
 PER 40-2, ~~6~~
 - V. PALCA 1 → PER 10-1, ~~1~~
 PER 10-2, ~~4~~
 PER 30-2, ~~8~~
 PER 40-2, ~~6~~
 - V. OXA 1 → PER 10-2, ~~6~~
 - V. OXA 2 → PER 10-1, ~~6~~
 PER 20-2, ~~4~~
 PER 30-2, ~~8~~
 PER 40-2, ~~6~~
 - V. CHAN 1 → PER 10-2, ~~6~~
 - V. CHAN 2 → PER 10-1, ~~6~~
 PER 20-2, ~~4~~
 PER 30-2, ~~8~~
 PER 40-2, ~~6~~

V. PE
 TAM 11
 TAM 21
 TAM 3
 TAM 4

