

これを Fig 3 - 7 に示す。

3.4 需給バランス

3.4.1 kW バランス

CEDELCA, CEDENAR 両系統とも最大電力の発生する月は一定していないので極めて severe な条件として年間最大電力が発生する時点が渇水月に重なりと想定し kW バランスの検討を行なった。

検討期間は 1974 年から 1985 年の 12 年間である。渇水量としては過去 10 年間に於ける水文 data から 1966 年が最渇水年なので 1966 年の data を採用して検討した。

この渇水期供給力と各年の最大電力をもって kW バランスを作成すると Table 3 - 11 および Fig 3 - 8, 3 - 9 に示す通りである。

これによれば CEDELCA - CEDENAR 系統は 1973 年 9 月に運転開始される Florida II 発電所を考慮しても 1975 年には kW の不足を生じこれを補うための電源が必要となる。

この kW バランス検討に当っては既設小水力発電所群が load の base 部分を受持ち Florida II 発電所および Rio Mayo 発電所が渇水期平均自流 (355 日流量) を調整池容量の許容限度 (夫々 $250 \times 10^3 \text{ m}^3$, 61.7 MWh および $130 \times 10^3 \text{ m}^3$, 61.7 MWh) まで調整して需要の peak 部分を負担することとし、更に不足の部分了他電源によることとした。

この他電源については後述のように 1981 年までは連系送電線から受電することとし 1982 年以降は Julumito 発電所より供給することとした。

Table 3 - 11 から判るように 1981 年末に Julumito 発電所を投入しても 1984 年には僅かではあるが供給力が不足を来し連系送電線よりの受電が必要となる。

3.4.2 kWh バランス

年間を通じての発生電力量は CEDELCA 系統については得られた data から CEDENAR 系統については自流式発電所は設備容量の約 90% を dependable firm kW (kW バランスに使用した値) から算出し Rio Mayo 発電所については 1966 年の流況曲線から使用可能流量を求め算出した。

その結果を Table 3 - 12 および Fig 3 - 10 に示す。この表および図から判るように kWh についても 1975 年から不足を生じ他からの供給が必要となる。

3.5 開発の時期

kW バランスの項で述べたように CEDELCA - CEDENAR 系統は 1975 年から kW および kWh の不足を生じ新しい電源を必要とする。本来ならこの不足分を補うため 1975 年に Julumito 発電所が運転開始となるよう建設されるべきであるが CEDELCA - CEDENAR 系統

は1972年9月以降ICELによって建設されている連系送電線によって中央系統と連系される予定である。従ってJulumito発電所の投入時期はこの送電線から不足分を受電する場合と比較検討し決定されなければならない。

ここでは投入時期決定の一つの尺度としてkWh cost の比較を適用して検討することとする。検討の条件として

- (1) 中央電力系統から購入する電力単価はCVC Pance 変電所出口において18.5 CV\$/kWhとする。
- (2) Pance変電所からPopayan変電所までの連系送電線のkWh 損失率は3%とする。
- (3) 送電線の年経費率は建設費の12.27%とする(平均年利率9.15%, 耐用年数50年, O&M 2.5%, 管理費0.5%と仮定)
- (4) Julumito 発電所の年経費率は建設費の10.59%とする。
(平均年利率 外貨分7.25%, 内貨分12.0%, 耐用年数50年, O&M 0.7%, 管理費0.3%と仮定)

上述の条件で計算した1975年以降の不足電力に対する連系送電線より供給する場合のkWh当りのcostとJulumito発電所で発電し供給する場合のkWh当りのcostはTable 3-13のようになりこれを図示すればFig 3-11の通りである。

この表および図から判るように1975年から1981年までは、連系送電線から受電する方がJulumito発電所による発電よりもkWh当りの単価は安い。従って、Julumito発電所による電力の供給は1981年からであるので同発電所の運転開始は1981年末とする。

なお、1975年から1981年まで中央系統から受電する場合、中央系統側の供給力にその余裕があるかどうかの検討が必要なので検討したところICELならびに先に述べたPlaneacionのdataによればFig 3-12およびTable 3-9に示す通り中央系統側には充分な供給予備力がありCEDELCA-CEDENAR系統に供給することは可能であることが確認された。

参考までにFig 3-11には中央系統よりの購入電力単価が16.5セントポおよび20.5セントポの場合についても18.5セントポの場合と同一条件での計算結果が示されている。

Fig. 3-7 Estimated Load Curve

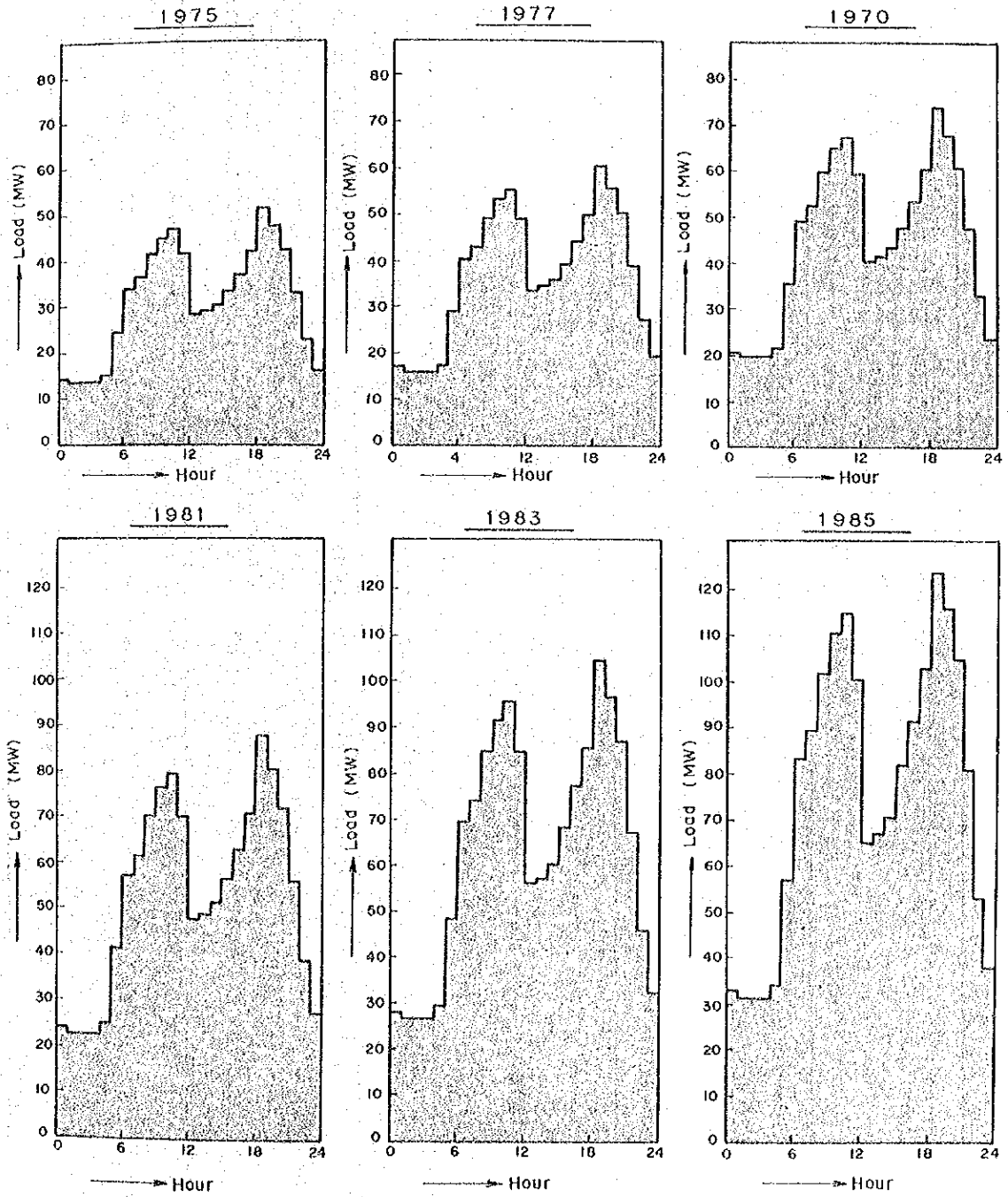


Table 3-11 Demand and Supply Capability in CEDELCA and CEDENAR System

(KW)

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
CEDELCA System												
H	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210
"	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000
"	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400
"	1,440	1,440	1,440	1,440	1,440	1,440	1,440	1,440	1,440	1,440	1,440	1,440
"	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
D	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530
Sub-total	33,580	33,580	33,580	33,580	33,580	33,580	33,580	33,580	33,580	33,580	33,580	33,580
CEDENAR												
H	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000
"	4,370	4,370	4,370	4,370	4,370	4,370	4,370	4,370	4,370	4,370	4,370	4,370
"	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860
"	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200
D	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100
Sub-total	32,530	32,530	32,530	32,530	32,530	32,530	32,530	32,530	32,530	32,530	32,530	32,530
Julumito												
Total	66,110	66,110	62,480	62,480	62,480	62,480	62,480	62,480	62,480	62,480	62,480	62,480
CEDELCA												
H	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
"	16,500	18,000	18,700	19,500	20,800	22,200	22,900	23,700	24,000	24,000	24,000	24,000
"	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
"	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
"	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
D	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Sub-Total	21,900	23,400	23,700	24,500	25,800	27,200	27,900	28,700	29,000	29,000	29,000	29,000
CEDENAR												
H	14,500	14,800	16,500	17,000	17,300	17,700	18,300	18,900	19,600	20,400	21,000	21,000
"	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200
"	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300
"	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
D	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100
Sub-total	25,100	25,400	24,000	24,500	24,800	25,200	25,800	26,400	27,100	27,900	28,500	28,500
Total	47,000	48,800	47,700	49,000	50,600	52,400	53,700	55,100	56,100	56,900	57,500	57,500
Maximum Demand	47,000	51,300	55,900	61,000	67,800	73,900	80,600	87,900	95,800	104,400	113,900	124,200
Transmission Line	0	2,500	2,500	12,000	17,200	21,500	26,900	32,800	39,700	47,500	53,000	53,000
Julumito	0	2,500	2,500	12,000	17,200	21,500	26,900	32,800	39,700	47,500	53,000	53,000
Sub-total	47,000	51,300	55,900	61,000	67,800	73,900	80,600	87,900	95,800	104,400	113,900	124,200
Total	47,000	51,300	55,900	61,000	67,800	73,900	80,600	87,900	95,800	104,400	113,900	124,200

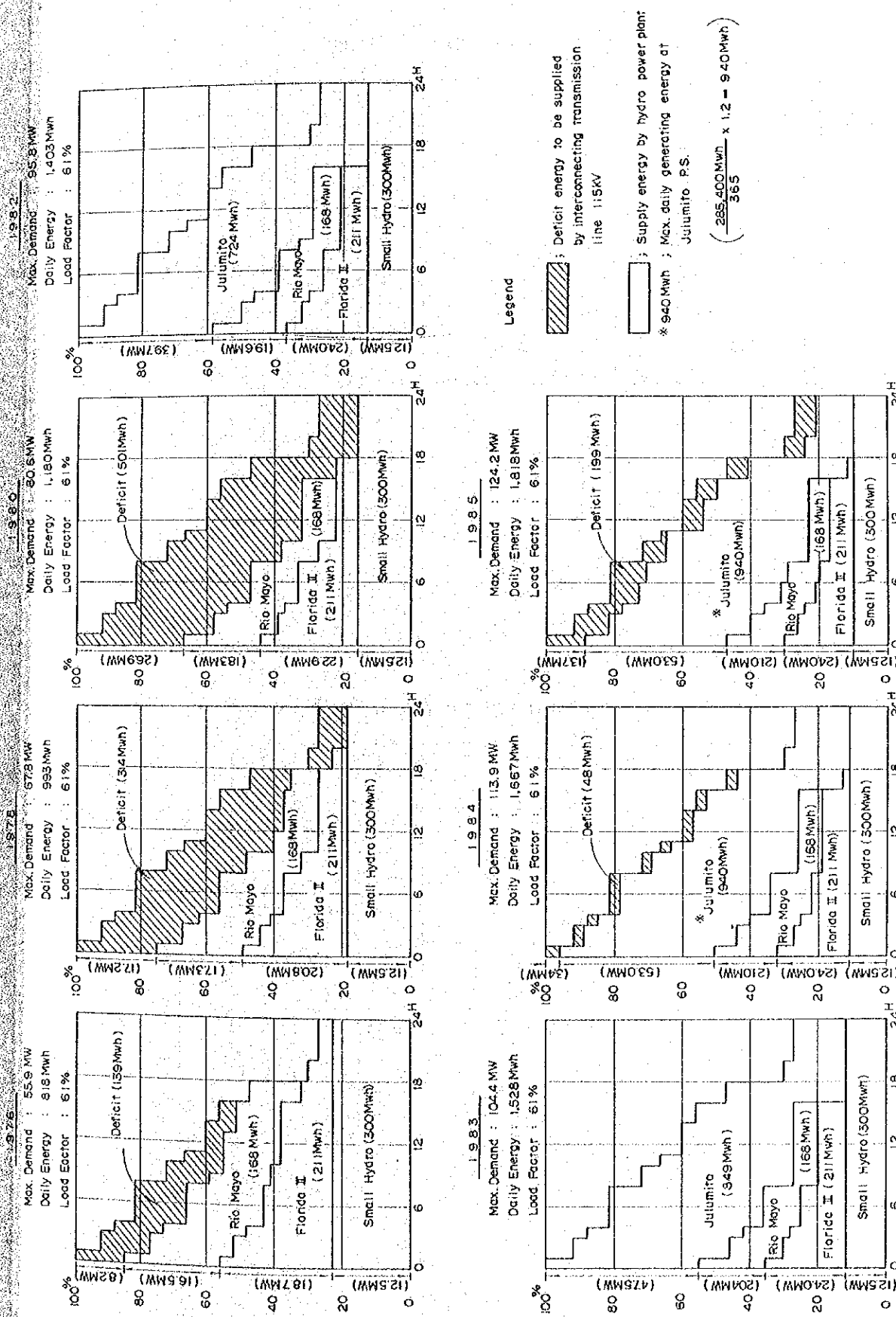
Installed Capacity

Supply Power

Table 3-12 Balance of Energy Demand in CEDELCA and CEDENAR System

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
(MWh)												
Available Energy												
CEDELCA												
Florida II	113,500	113,500	113,500	113,500	113,500	113,500	113,500	113,500	113,500	113,500	113,500	113,500
Florida I and Other P.S	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500
Diesel	0	0										
Sub-total	156,000	156,000	156,000	156,000	156,000	156,000	156,000	156,000	156,000	156,000	156,000	156,000
CEDENAR												
Rio Mayo	102,000	102,000	102,000	102,000	102,000	102,000	102,000	102,000	102,000	102,000	102,000	102,000
Rio Bobo and Other P.S	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000
Pasto	0	0										
Sub-total	166,000	166,000	166,000	166,000	166,000	166,000	166,000	166,000	166,000	166,000	166,000	166,000
Total	322,000	322,000	322,000	322,000	322,000	322,000	322,000	322,000	322,000	322,000	322,000	322,000
Generated Energy												
CEDELCA												
Florida II	63,600	65,000	73,800	84,800	91,800	101,400	108,100	113,500	113,500	113,500	113,500	113,500
Florida I and Other P.S	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500
Sub-total	106,100	107,500	116,300	127,300	134,300	145,900	150,600	156,000	156,000	156,000	156,000	156,000
CEDENAR												
Rio Mayo	60,600	66,300	73,400	77,300	77,500	78,200	80,000	83,200	88,200	91,200	99,500	102,000
Rio Bobo and Other P.S	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000
Sub-total	124,600	130,300	137,400	141,300	141,500	142,200	144,000	147,200	152,200	155,200	163,500	166,000
Total	230,700	237,800	253,700	268,600	275,800	286,100	294,600	303,200	308,200	311,200	319,500	322,000
Annual Energy Demand	230,700	253,400	279,200	307,200	334,800	364,900	397,300	433,700	472,900	515,600	562,100	612,700
Deficiency	0	15,600	25,500	38,600	59,000	78,800	102,000	130,500	164,700	204,400	242,600	290,700
Transmission Line	0	15,600	25,500	38,600	59,000	78,800	102,000	130,500	0	0	0	5,300
Julumito									164,700	204,400	242,600	285,400

Fig. 3-8 Balance of kW-Demand in CEDELCA and CEDENAR System



$$\left(\frac{285,400 \text{ Mwh}}{365} \times 1.2 = 940 \text{ Mwh} \right)$$

Fig. 3-9 Peak Demand and Supply Capability

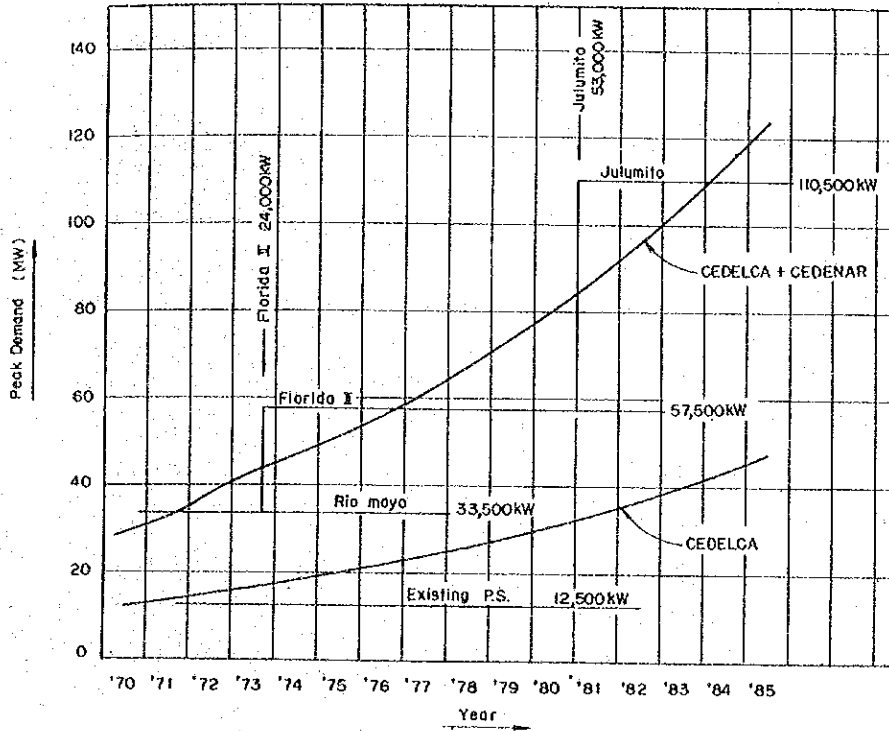


Fig. 3-10 Annual Energy Demand

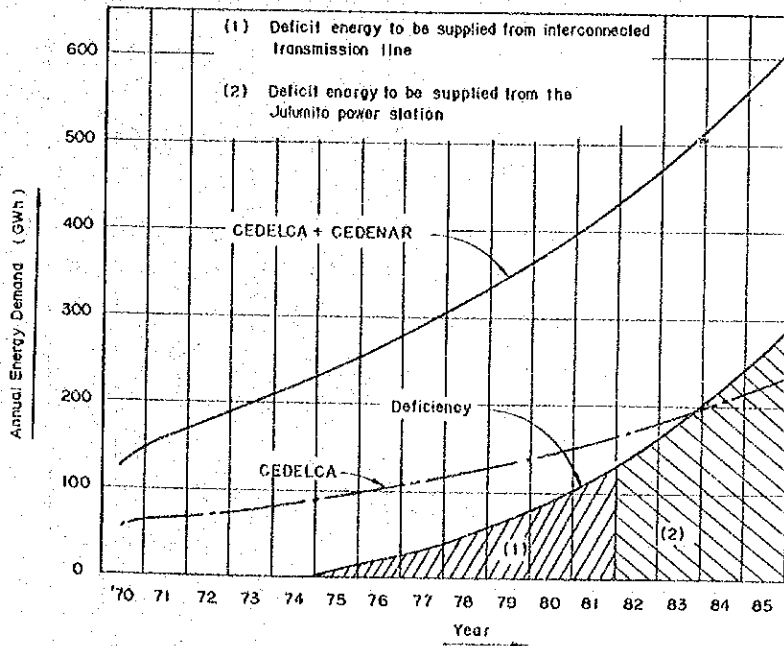


Table 3-13 kWh Cost Comparison

Year	Deficit Energy	Supply from Transmission Line	Supply from Julumito Power Station	B/A
	(MWh)	CVS/kWh (A)	CVS/kWh (B)	
1975	15,600	52.9	238.0	4.50
1976	25,500	39.7	146.0	3.68
1977	38,600	32.7	96.6	2.95
1978	59,000	28.0	63.2	2.26
1979	78,800	25.9	47.3	1.83
1980	102,000	24.3	36.6	1.50
1981	130,500	23.1	28.6	1.24
1982	164,700	22.3	22.6	1.01
1983	204,400	21.7	18.3	0.84

Fig. 3-11 kWh Cost Comparison

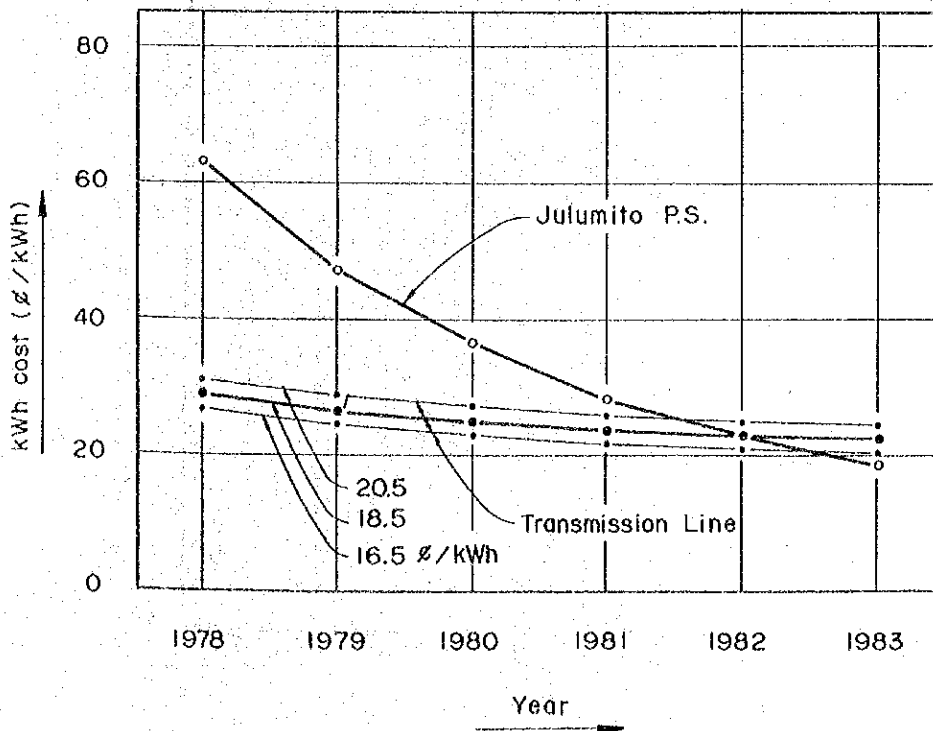
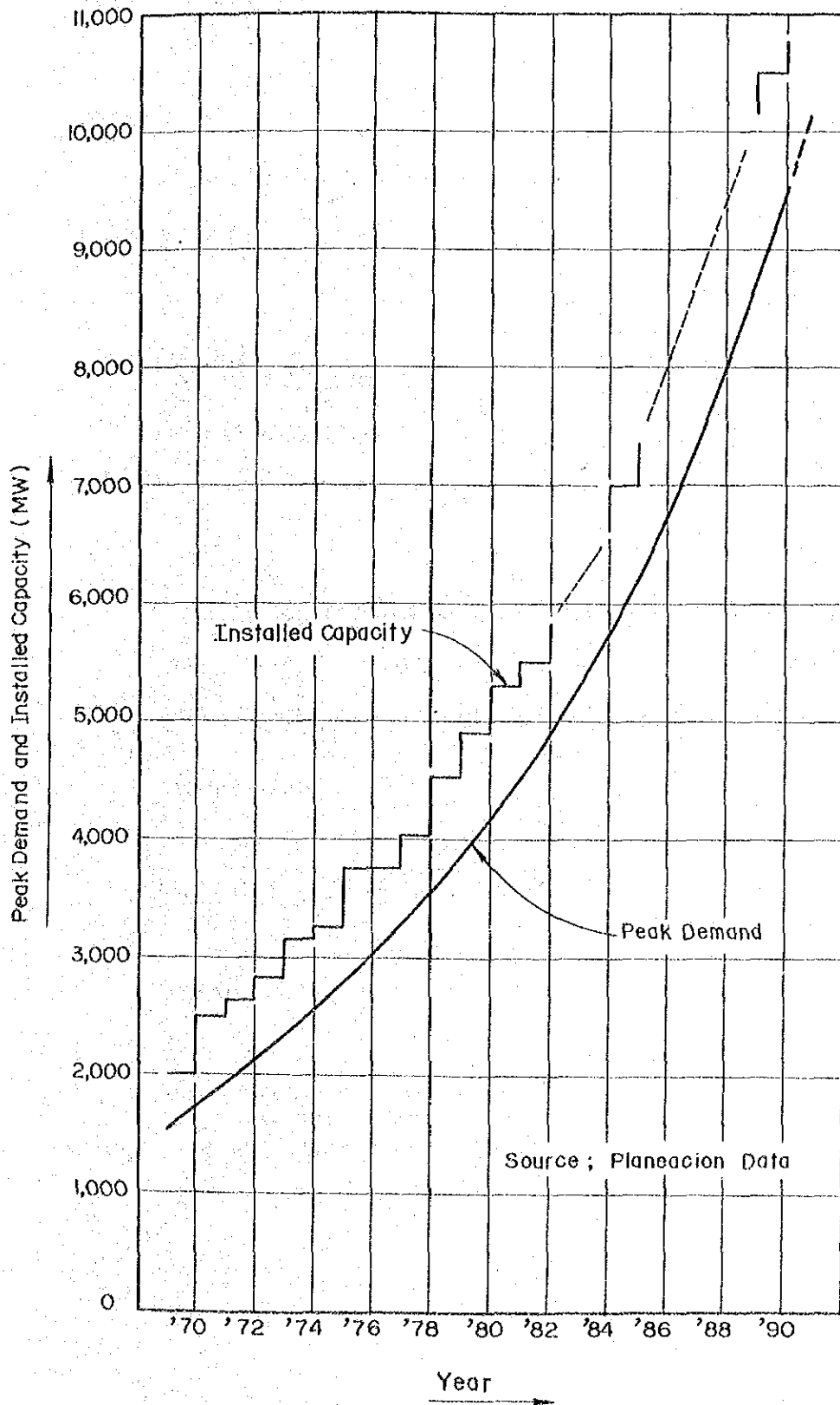


Fig. 3-12 Peak Demand and Installed Capacity in Colombia




Popayán, 25 de febrero de 1.972

Doctor
TOKIE KAWASHIMA
JEFE DE LA MISION DEL
GOBIERNO JAPONES
Ciudad.

Adjunto me permito remitirle un Memorando con algunos comentarios que considero importantes en relación con el estudio de factibilidad del Proyecto Julumito.

Atentamente,


J. AURELIO IRAGORRI HORMAZA

Anexo: 1

c. c. Ingeniero Gonzalo Paz
Ingeniero Juan Caicedo
Ingeniero Elberto Mejía

MEMORANDO

No.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO JULUMITO Febrero de 1.972

El presente memorando tiene el propósito de fijar la posición de Centrales Eléctricas del Cauca S. A. -CEDELCA-, con respecto al enfoque que debe darse al estudio de factibilidad técnico-económica del Proyecto de Julumito.

El documento ha sido preparado con destino a la Misión del Gobierno Japonés que adelanta dicho estudio, con el fin de aclarar algunos aspectos de importancia que inciden sobre la orientación general del mismo.

SISTEMA CEDELCA -CEDENAR

El sistema de CEDELCA contará con una capacidad instalada de 33.6 MW, después de la entrada en operación de la Hidroeléctrica Florida II. El sistema CEDENAR tiene una capacidad instalada de 32.9 MW, y no hay en el momento proyecto de incrementar esta capacidad instalada. Para el suministro de las dos áreas se contará además con las líneas de interconexión Popayán-Cali a 115 KV, que deberá entrar en operación en el curso del año 1972 y permitirá transferir hasta 40 MW aproximadamente desde el Sistema Central.

SISTEMA CENTRAL

El llamado "Sistema Central" está compuesto por los sistemas de Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá, Empresas Públicas de Medellín, C. V. C. y Central Hidroeléctrica de Caldas, interconectados a través de una red de 220 KV con centro en Manizales. Esta red está en operación y fué construida por la Sociedad "Interconexión Eléctrica S. A.", de la cual son accionistas los sistemas nombrados.

Los socios accionistas de Interconexión Eléctrica S. A. -ISA-, entre los cuales está la C. V. C., han delegado en esa Sociedad la función de planear y construir todas las adiciones de capacidad generadora que sean requeridas por el Sistema Central agregadamente, a partir de la Central de CHIVOR que debe entrar en operación en los años 1975-1976. En opinión de CEDELCA, este esquema institucional del Sistema Central, impone excluir a la C. V. C. como uno de los posibles sistemas beneficiados por la Central de Julumito, para efectos de estudiar la justificación económica de dicha Central.

CENTRALES ELECTRICAS DEL CAUCA S. A. «CEDELCA»

No.

éstas sean equivalentes no solamente desde el punto de vista de suministro de energía al sistema CEDELCA -CEDENAR durante el período considerado, sino también desde el punto de vista de la capacidad que queda a disposición del sistema integrado al final de dicho período (Así, la ampliación de la interconexión con la C. V. C. que se contempla en la tercera alternativa debe ser mayor que la considerada en las otras alternativas).

Dado que las demandas del sistema CEDELCA -CEDENAR son pequeñas en comparación con la demanda agregada del Sistema Central, puede considerarse que siempre habrá energía disponible en este sistema para entregar al sistema CEDELCA -CEDENAR. Sin embargo consideramos pertinente incluir en la comparación de alternativas alguna referencia a la seguridad del suministro en las diferentes alternativas.

No:

SUMINISTRO DE ENERGIA AL SISTEMA CEDELCA -CEDENAR

De acuerdo con los estimativos de crecimiento de la demanda en estas dos áreas, la capacidad instalada en ellas (incluyendo Florida II) debe coparse alrededor de los años 1975-1976, a partir de los cuales sería necesario comprar cantidades de energía cada vez mayores del sistema central a través de la C.V.C. De acuerdo con el crecimiento de la demanda esperado, la línea de interconexión a 115 KV con C.V.C. sería insuficiente a partir de 1978-1979. En ese tiempo es necesario que entre en servicio un nuevo proyecto de generación, o una línea de interconexión de mayor capacidad (probablemente a 220 KV).

JUSTIFICACION DEL PROYECTO DE JULUMITO

La justificación económica del Proyecto de Julumito, como fuente de generación para el sistema integrado CEDELCA-CEDENAR debe estudiarse planteando las siguientes alternativas de suministro de energía al área, que deben cubrir un período que se extiende por lo menos hasta 1985:

Primera Alternativa: Construcción de Julumito durante los años 1974, 1975 y 1976. Compras de energía del Sistema Central a partir de 1979-1980 (aproximadamente). Ampliación de la interconexión con la C.V.C. alrededor de 1984.

Segunda Alternativa: Compras de energía del Sistema Central hasta 1978-1979. Construcción de Julumito durante los años 1977-1978-1979. Ampliación de la interconexión con C.V.C. alrededor de 1984.

Tercera Alternativa: Compras de energía del Sistema Central durante todo el período. Ampliación de la Interconexión con C.V.C. alrededor de los años 1978-1979.

Para las tres alternativas, el "cash flow" está constituido no solamente por los desembolsos para inversión en la Central de Julumito y/o la ampliación de la Interconexión con la C.V.C., sino también por los desembolsos para compras de energía.

CONSIDERACIONES ADICIONALES

Al definir las tres alternativas de suministro debe tenerse en cuenta que

第4章 開発計画

4.1 計画地域の位置および概要	4-1
4.1.1 計画地域の位置	4-1
4.1.2 計画地域の概要	4-1
4.2 開発計画の概要	4-2
4.2.1 発電計画	4-2
4.2.2 送電, 変電および通信計画	4-4

FIGURE LIST

Fig. 4-1 Illustration of Alternative Plans

Fig. 4-2 Transmission Line Route Map

TABLE LIST

Table 4-1 General Description of Project

DRAWING LIST

DWG. NO.2 GENERAL PLAN

第4章 開 発 計 画

4.1 計画地域の位置および概要

4.1.1 計画地域の位置

Julumito水力発電計画地域はコロンビア共和国 Cauca 県東部に源を発する Rio Cauca 上流部の流域約 1.120 km^2 の河水を利用して発電を行うもので、ダム、貯水池、水路および発電所等主要設備の位置は、Cauca 県の県都 Popayan 市の北西約 10 km 、北緯 $2^{\circ}30'$ 、西経 $76^{\circ}40'$ および標高おおよそ 1.700 m の地点に計画されるものである。

4.1.2 計画地域の概要

コロンビア共和国は地形的に大きく3つに分けられる。即ち大平洋側の海岸地帯、中央部の山岳地帯および東部の Amazona 地帯である。

山岳地帯は南アメリカ大陸の西部縁を形成する Andes 山脈の北端部に相当し、コロンビアに入り西部山脈 (Cordillera Occidental)、中央山脈 (Cordillera Central)、および東部山脈 (Cordillera Oriental) に細分される。これらの山脈は同国の骨格をなす山脈であって、ほぼ平行して南北に走るが、北部地域において消滅する。西部山脈と中央山脈の谷間および東部山脈の谷間には夫々コロンビア国の2大主要河川である Rio Cauca と Rio Magdalena が山脈に平行して南より北に流れ、それぞれの流域は $60 \sim 80 \text{ km}$ の巾を持つ細長い一大平原を形成している。Rio Cauca は各山脈が消滅する北部地方において Rio Magdalena と合流し Caribe 海に流入する。

Rio Cauca は Cauca 県東部における中央山脈の南端 Paramo de las Papas にその源を発し、標高 $4,000 \text{ m}$ から $2,000 \text{ m}$ の急しゅんな山岳地帯をVまたはU字型の峡谷をなして流下し、Popayan 市付近においてその流れの方向を西に変え、標高 $1,700 \text{ m}$ 前後の火山性地質の丘陵地帯 (Volcanic Plateau) を広い氾濫原を形成しつつゆるく蛇行して流れる。そしてその兩岸には数段の河岸段丘が発達している。Popayan 市郊外から下流においては再び勾配が急になり、巾 $50 \sim 80 \text{ m}$ 、高さ 100 m 前後のU字型峡谷をなして流れ、Rio Sate, Rio Palace 等の支流を合せつつ北に流れを変えて、所謂 Cauca の峡谷 (Valle de Cauca) を形成し、Valle 県の広い氾濫原にむかって流下する。河川勾配は Popayan 市より上流の山岳地帯では $1/30 \sim 1/60$ と非常に急流であり、Popayan 市附近の丘陵地帯に至り $1/100 \sim 1/200$ とややゆるやかな流れとなるが、これから下流の Cauca 峡谷では再び $1/100$ 程度の急流となる。

Rio Cauca の流域は、寒冷前線や熱帯性低気圧の影響を受けない温帯な気候帯に属する。流域内の降雨量は上流山岳部では可成り多く Purace Coconuco における観測資料によれば年間 $2,000 \sim 2,500 \text{ mm}$ に達する。また Popayan 市附近では年間 $1,800 \text{ mm}$ 程度である。一般にこ

の地方では、3月～5月と10月～12月が雨期で、年間の内では降雨量の多い季節であり、特に10月から12月の3ヶ月間は最も多く、年間降雨量のほぼ半分はこの季節に降ることが示されている。

また、7月から9月は乾期であり降雨量は非常に少ない。この地方の降雨の特性は、非常に局部的で所謂シャワー型の短時間継続の降雨現象を示している。

気温は年間を通じて殆んど変化なく、Popayan市附近の日中の気温は、ほぼ20℃前後である。本計画地域の地質は中四紀の火山噴出物から構成されており、表面は全般的に厚い火山灰層 (Volcanic ash) に覆われている。Popayan市周辺では一般にこの層の厚さはほぼ30～40mである。この火山灰層の下部には基盤となる厚さ100m以上の安山岩質の熔岩層 (Andesitic lava flow) が存在する。更にこの下部には凝灰角礫岩 (Tuff breccia) が広く分布する基本的地質構造である。Julumito計画における各種土木構造物は、この下部の2層を基礎として計画されるものである。

4.2 開発計画の概要

4.2.1 発電計画

Julumito水力発電計画はRio Cauca 最上流部の本流および支流の流域約1,120km²の河川の水と急しゅんな地形により得られる落差を利用し、53,000kWの発電を行うものである。

即ち、Rio Caucaの支流Rio Sateに有効貯水容量50.4×10⁶m³を有するJulumito貯水池を設ける。これにRio Caucaの本流857km²の流域の水をPopayan市附近にて取水の上延長2,620mのCauca集水路(最大通水容量40.0m³/s)により集水する。またRio Cauca支流であるRio PalaceおよびRio Blancoの流域計236km²の水をも取水の上延長8,430m/sec)により同貯水池へ集水する。Julumito貯水池において上記により導入した水を貯水池操作ルールにより調整を行った後、最大使用水量50.0m³/sで取水し、延長1,793mの導水路トンネル(内径4.2m)を通じRio Cauca右岸に設けるJulumito発電所へ導水、基準有効落差125.5mを得て、最大出力53,000kW、年間発生電力量285.4×10⁶kWhの発電を行うものである。

この水は発電後、再びRio Cauca本流へ放流還元されることとなる。

Julumitoダム地点はRio Sate中流部の数ヶ地点について調査および比較検討を行った結果Rio Cauca本流およびRio Sateとの合流点から約6,300m上流の地点(62ダム地点)を選定した。Julumitoダムはその地点の地形、地質、また附近で採取可能な堤体材料の特性等を考慮し、アーチ状を呈する傾斜コア-型式のロックフィルダムを採用した。ダムの高さは80.0m、堤頂長350.0m、堤体積は1.050×10⁸m³である。

また、上記主ダムの他、貯水池上流部における左岸鞍部2ヶ所にダイクを設置する。ダイクは

1 は高さ 22.5 m, 堤頂長 190.0 m, 堤体積 65,000 m³ のアースダムである。また, ダイク No 2 は最高部で 3.0 m, 堤頂長 560 m の築堤である。

取水ダム (Diversion dam) は, Rio Cauca 本流およびその支流 Rio Palace 並びに Rio Blanco に各 1ヶ所計 3ヶ所設ける計画である。最も大きい Rio Cauca 取水ダムは Popayon 市街地の北方約 2 Km の地点で Rio Cauca を横断する Cauca 橋の上流 500 m の地点に築造する自由越流型のコンクリート重力ダムである。越流部の高さは 4.0 m, 越流部の長さ 50.0 m および全堤頂長は 69.5 m である。Rio Palace および Rio Blanco の各取水ダムは小規模なコンクリート重力式ダム構造である。

Cauca 集水路はその延長 2,620 m の殆んどを開渠とし勾配 1/600 最大通水容量 40.0 m³/sec の断面を有するコンクリート構造の水路とする

また, Palace No 1, No 2, 集水路はその総延長 8,430 m のうち開渠部は 7,660 m であり, この他 3ヶ所合計 770 m のトンネル部を有する。通水容量は No 1 集水路が 12.0 m³/sec, No 2 集水路は 13.8 m³/sec の設計である。

取水口は Rio Sate の Julumito ダム左岸直上流に設け傾斜型取水口構造とし, 最大取水容量は 50.0 m³/sec である。

導水路トンネルは, 内径 4.2 m, 延長 1,793 m の鉄筋コンクリート巻立の圧力トンネルとし, 最大通水容量は 50.0 m³/sec である。トンネルルートは, 経過地附近の地形および地質条件を考慮して定め, トンネル中心線の標高についても火山灰層 (Volcanic ash) 下部の構造物基盤として使用可能な安山岩質溶岩層部 (Andesitic lava flow) に充分入るよう選定した。

調圧水槽は, 導水路トンネルの終端部に設けるが地質条件を考慮して制水孔式調圧水槽とする。調圧水槽は, 内径 8.0 m, 高さ 63.0 m 制水孔の径 2.2 m である。

水圧鉄管路は地表式とし, リングカーター方式の鉄管 1 条を設置する。鉄管は下部において 2 条に分岐して, 発電所に導入する。内径は 4.0 m ~ 1.6 m (分岐後の終端) 延長は 243.6 m である。

発電所地点は Rio Cauca 本流右岸に数ヶ地点の候補地点を選ぶとともに, Julumito ダム左岸直下に地下式発電所を設ける案についても詳細に調査および比較検討を行った結果, 利用可能落差, 地形, 地質等の諸条件を含め, 最も経済性の高い本地点に決定した。この地点は Rio Cauca と Rio Sate の合流点の上流約 2,400 m の Rio Cauca 右岸に位置し, Rio Cauca が大きく U 字形に蛇行している地点である。

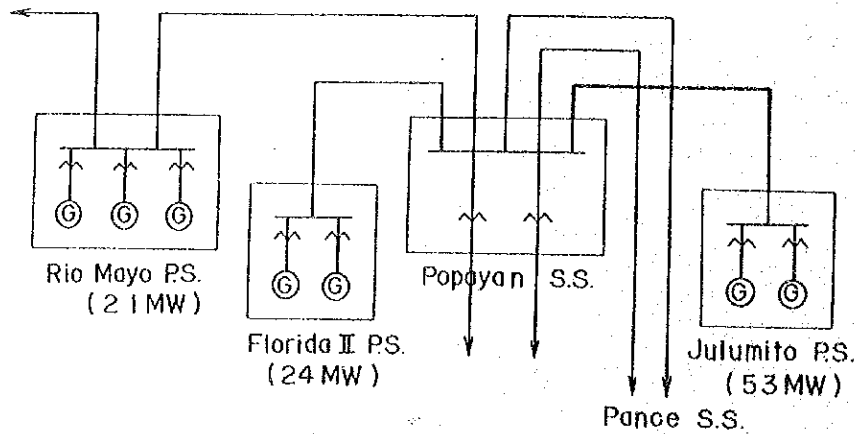
発電所の型式は地上式とし, 長さ 27.0 m, 巾 20.1 m, 高さは 29.5 m の鉄筋コンクリート構造である。

発電所には 1 台当り 29,500 kVA の水車発電機 2 台が設備される計画である。

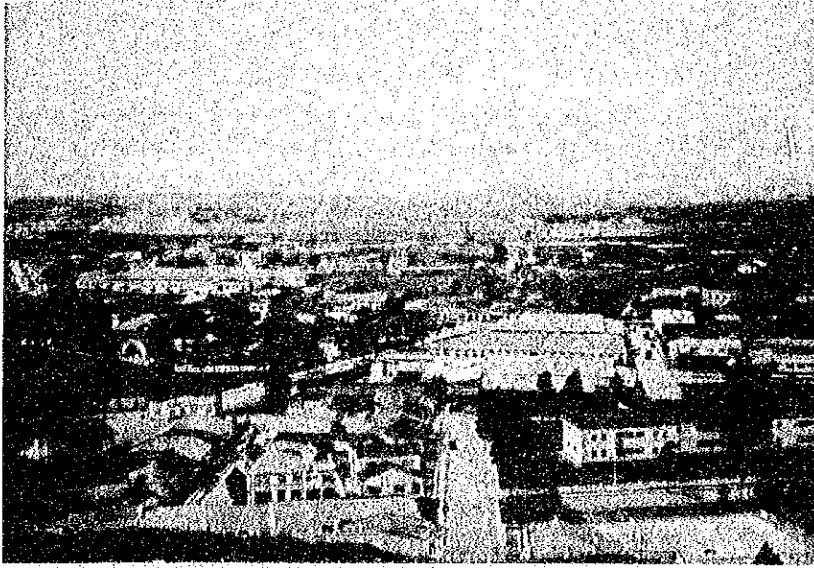
4.2.2 送電, 変電および通信計画

Julumito発電所で発電された電力は発電所屋外変電所にて115kVに昇圧され本計画のため新設される送電線(1回線10km)によりPopayan変電所に送電され, Popayan変電所において中央系統と連系される。

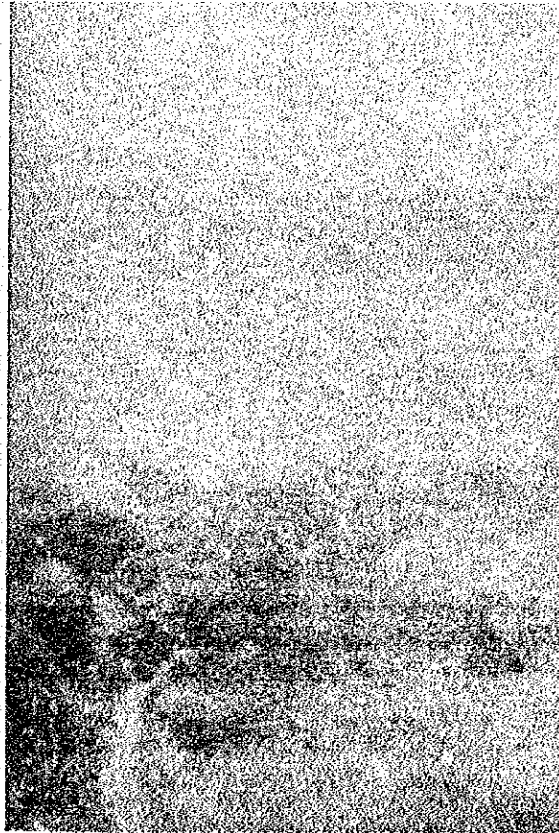
Popayan変電所には30,000kVAの3相変圧器1台を増設し既設々備と合わせてPopayan市及びその周辺町村に電力の供給を行ない同時に既設115kV送電線によって連系されているCEDENAR系統にも送電を行なう。



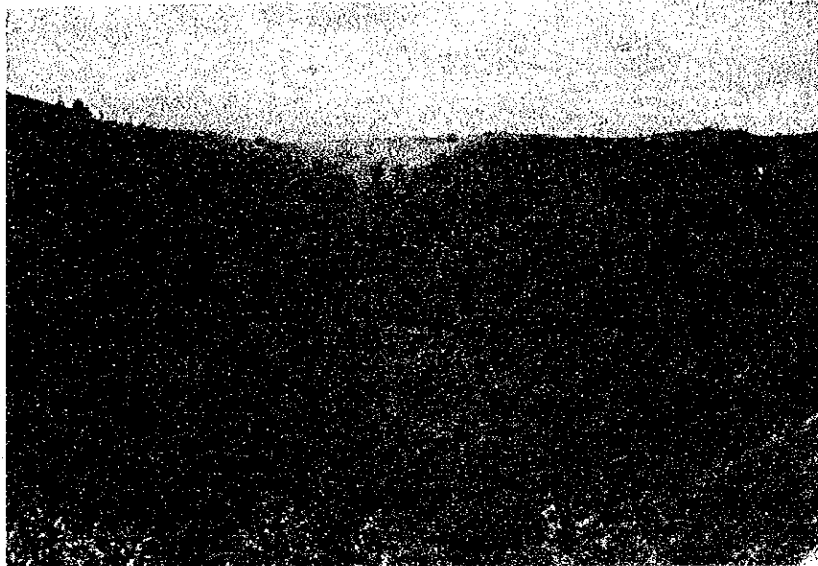
なおJulumito発電所とPopayan変電所の間には通信設備として給電用電話回線および送電線保護用リレー回線が夫々1回線づつ設けられる。



Julumito Project site viewed from Popayan



Rio Cauca, flowing to west near Popayan



Julumito dam site viewed from downstream



Borrow area for Julumito dam embankment — on the left bank of Rio Sato



Mountain to the right proposed as quarry for Julumito dam embankment
Dome shaped top to the left will be the Julumito powerhouse site



Dike No.1 site viewed outside the reservoir



Dike No.2 site viewed outside the reservoir



Julumito powerhouse site viewed from upstream of Rio Cauca



Slope proposed to install penstock

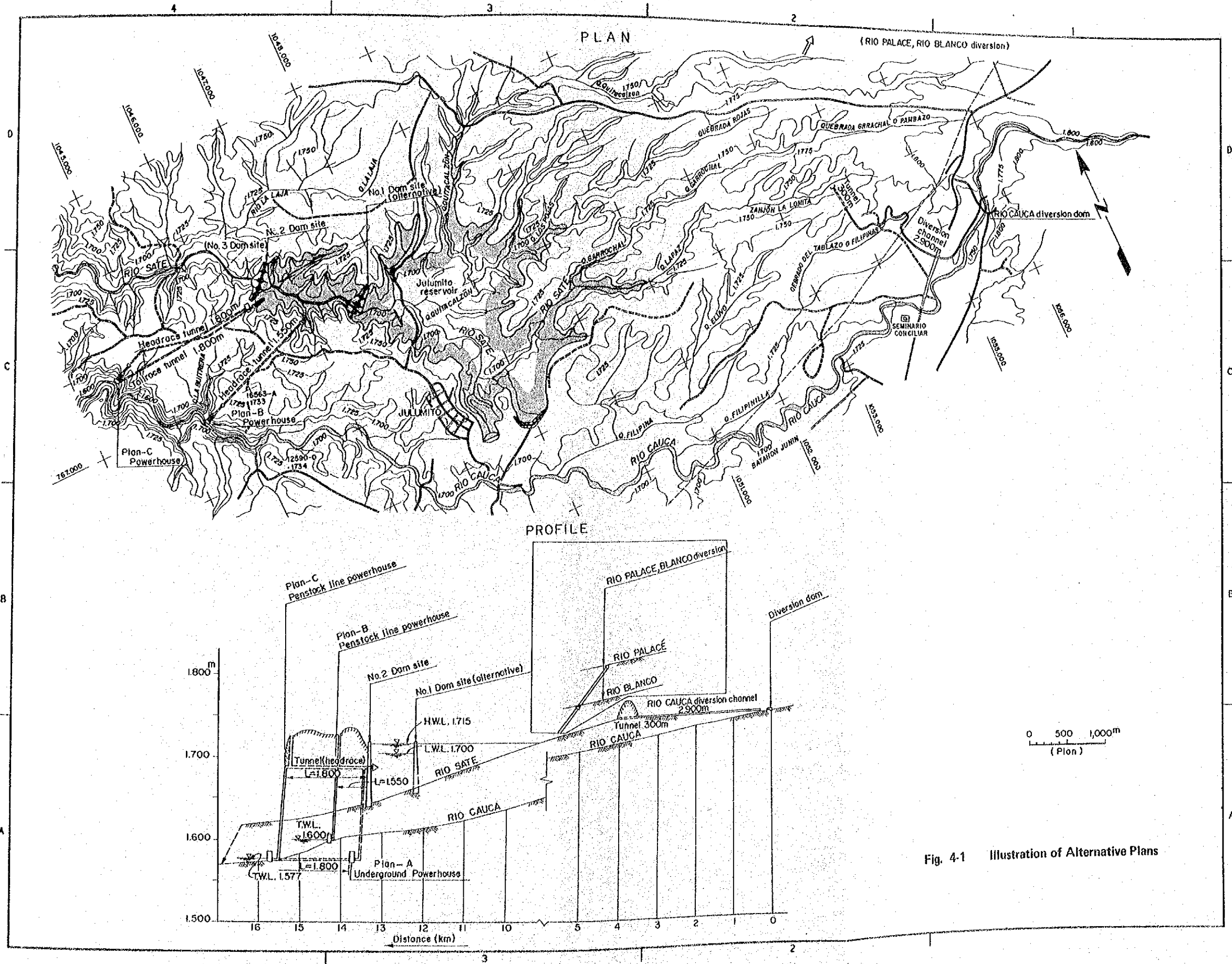


Fig. 4-1 Illustration of Alternative Plans

Fig. 4-2 Transmission Line Route Map

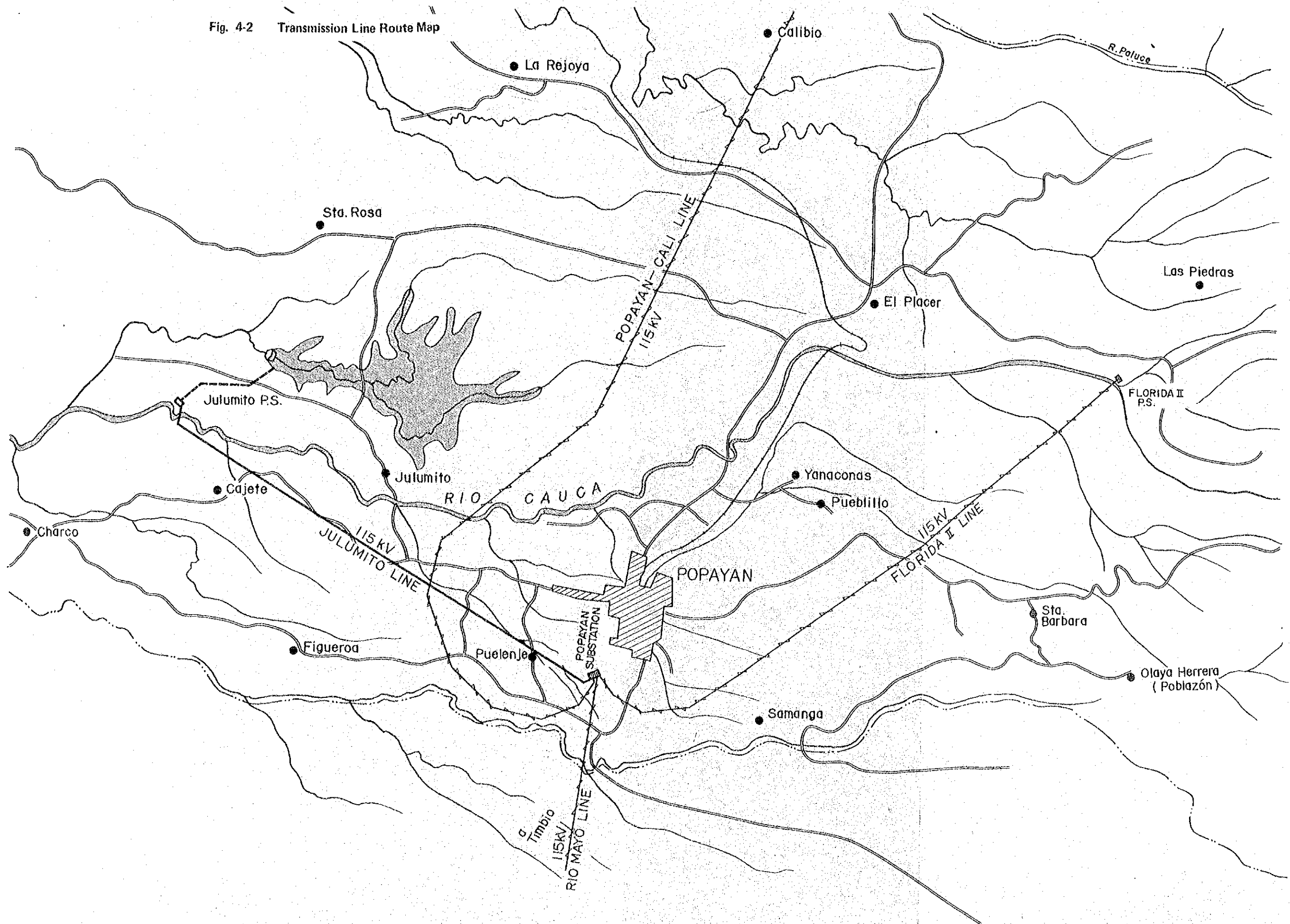
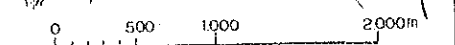
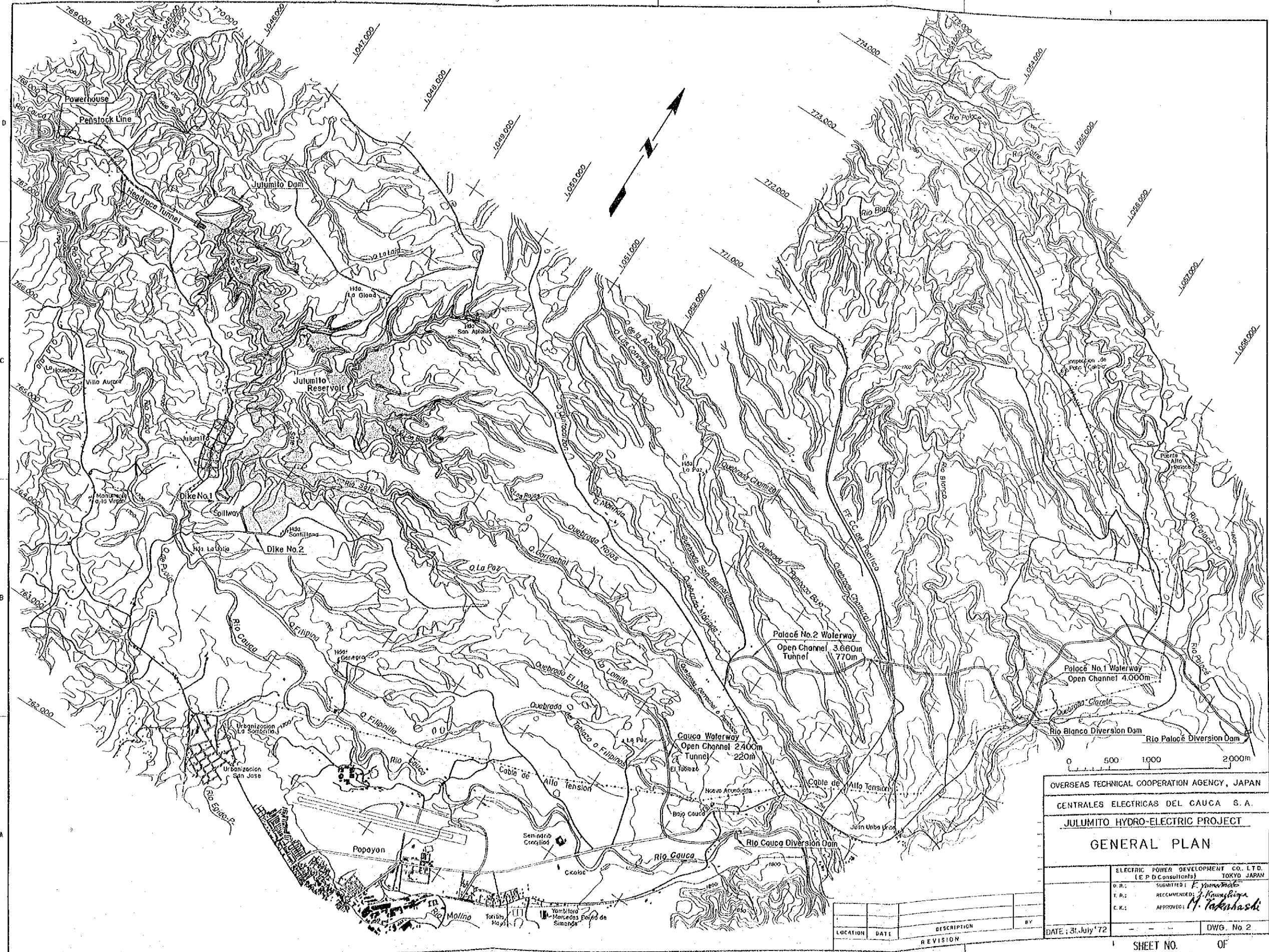


Table 4-1 General Description of Project

Item	Units	Description	Remarks
Method of Power Generation		Dam-Waterway Type	
Catchment Area			
Rio Cauca	km ²	857	
Rio Palacé	km ²	197	
Rio Blanco	km ²	39	
Rio Sate	km ²	31	
Total	km ²	1,124	
Reservoir and Dam			
Annual Inflow			
From Rio Cauca	10 ⁶ m ³	688	
From Rio Palacé	10 ⁶ m ³	206	
From Rio Blanco	10 ⁶ m ³	31	
From Rio Sate	10 ⁶ m ³	26	
Total	10 ⁹ m ³	951	
Reservoir			
Normal High Water Surface	m	1,715.0	
Water Surface Area	km ²	4.4	
Total Storage Capacity	10 ⁶ m ³	60.8	
Effective Storage Capacity	10 ⁶ m ³	50.4	
Available drawdown	m	15.0	
Dam (Main Dam)			
Type	-	Rockfill	
Height x Crest Length	m	80 x 350	
Volume	10 ³ m ³	1,050	
Waterway			
Headrace (Diameter x Length)	m	4.2 x 1,793	
Diversión Waterway (Length)			
Cauca Diversión Waterway	m	2,620.0	Open Channel 2,400 Tunnel 220
Palacé Diversión Waterway	m	8,430.0	Open Channel 7,660 Tunnel 770
Power Production			
Normal Intake Level	m	1,710.0	
Tailwater Level	m	1,577.0	
Normal Effective Head	m	125.5	
Powerhouse Discharge			
Maximum	m ³ /sec	50.0	
Firm	m ³ /sec	25.0	
Output			
Installed Capacity	kW	53,000	
Firm Peak Output	kW	47,300	
Annual Energy Production	10 ⁶ kWh	285.4	At generating end
Transmission Line			
Section	-	Power house-Popayan Sunstation	
Distance	km	10	
Voltage & (Number or Circuit)	kv (cct)	115 (1)	
Substation			
Location	-	Existing Popayan Substation	
Voltage	kv	115/13.2 ± 1.3	
Construction Cost			
Generating Facilities	10 ³ Pesos	341,600	
Transmission Line & Other Facilities	10 ³ Pesos	10,800	
Total Construction Cost	10 ³ Pesos	352,400	
Economics			
Cost of Energy	CVS/kWh	13.1	
Benefit-Cost Ratio	-	1.67	



OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY, JAPAN
 CENTRALES ELECTRICAS DEL CAUCA S. A.
 JULUMITO HYDRO-ELECTRIC PROJECT
GENERAL PLAN

ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO. LTD.
 (E.P.D. Consultants) TOKYO JAPAN
 O.P.: SUBMITTED: *P. Yamamoto*
 T.P.: RECOMMENDED: *J. Kawashima*
 E.K.: APPROVED: *A. Takahashi*

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY

DATE: 31 July '72 DWG. No 2

SHEET NO. OF

第 5 章 水 文

5.1	測水所および気象観測所	5- 1
5.2	計画地点の流域面積	5- 1
5.3	降 雨 量	5- 1
5.4	河川流量	5- 2
5.5	計画地点流量の算定	5- 4
5.5.1	基準測水所	5- 4
5.5.2	流量の算定期間	5- 4
5.5.3	流量資料の補足方法	5- 4
5.5.4	計画地点流量の算定	5- 5
5.6	設計洪水量	5- 7
5.6.1	確率日雨量	5- 7
5.6.2	設計洪水量	5- 8
5.6.3	Diversion Tunnel 通水容量	5- 9
5.7	堆 砂 量	5- 9

FIGURE LIST

- Fig. 5- 1 Location Map of Run-off and Meteorological Gauging Station
- Fig. 5- 2 Catchment Area
- Fig. 5- 3 Annual Precipitation
- Fig. 5- 4 Monthly Precipitation
- Fig. 5- 5 Isohyetal Map of Project Area
- Fig. 5- 6 Correlation between Specific Run-off and Catchment Area
- Fig. 5- 7 (1) Run-off Duration Curve
- Fig. 5- 7 (2) Run-off Duration Curve
- Fig. 5- 7 (3) Run-off Duration Curve
- Fig. 5- 7 (4) Run-off Duration Curve
- Fig. 5- 8 Correlation between Run-off at Julumito and MaLvasa Gauging Station
- Fig. 5- 9 Correlation between Run-off at Julumito and Precipitation at Coconuco
- Fig. 5-10 Ratio of Specific Run-off
- Fig. 5-11 Hydrograph at Gauging Stations in Project Area
- Fig. 5-12 Relation between Sedimentation, Geology, Topography and Precipitation

TABLE LIST

Table 5- 1	Existing Precipitation Data
Table 5- 2	Existing Run-off Data
Table 5- 3	Existing Temperature and Humidity Data
Table 5- 4	Monthly Average Run-off at Gauging Stations
Table 5- 5	Specific Run-off at Gauging Stations
Table 5- 6	Monthly Run-off at Julumito and MaLvasa
Table 5- 7	Run-off Duration at Julumito and MaLvasa Gauging Station
Table 5- 8	Run-off Data Existing at Julumito and MaLvasa Gauging Station
Table 5- 9	Run-off at Rio Cauca Diversion Dam Site
Table 5-10	Run-off at Rio Palacé Diversion Dam Site
Table 5-11	Max. Daily Precipitation in each year
Table 5-12	Design Flood Discharge
Table 5-13	Sedimentation at Julumito Reservoir

第 5 章 水 文

5.1 測水所および気象観測所

Julumito 水力発電計画の流域内およびその周辺区域における河川流量測水所および気象観測所の位置は Fig. 5-1 に示す通りである。また、上記各測水所および気象観測所における観測資料の所有期間を Table 5-1 および Table 5-2 に示す。

5.2 計画地点の流域面積

Julumito 水力発電計画における各取水計画地点の流域面積は下記の通りである。(Fig. 5-2 Catchment Area 参照)

Rio Sate (Julumito ダム地点)	31 km ²
Rio Cauca (Diversion ダム地点)	857 km ²
Rio Palace (Diversion ダム地点)	197 km ²
Rio Blanco (Diversion ダム地点)	39 km ²
計	1,124 km ²

注1) 上記流域面積は「Colombia 共和国Departamento Administrativo Nacional de Estadística」作成による 1/65,000 ~ 1/80,000 地形図により面積を測定したものである。

5.3 降雨量

Julumito 水力発電計画地域内および周辺地域の気象観測については、Table 5-1 および Fig. 5-1 に示される如く、比較的多くの観測所が設けられており、かつ可成り長期間に亘る観測資料が存在する。

各観測所における月間および日降雨量資料は APPENDIX III-4, 5 に集録する。

計画地域内における 1961 年より 1970 年までの至近 10 年間の年間降雨量の傾向は Fig. 5-3 に示す通りであるが、本計画流域のほぼ中心部に位置する Coconuco' 地点で約 2,000 mm、上流部の山岳地帯の Purace' 地点では 2,600 mm 前後に達する。また下流部の丘陵地帯の Popayan 市周辺では約 1,800 mm である。更に、降雨量の傾向を経年的に見ると最近年において降雨量は比較的多い傾向が見られ、また各年により著しい変動がある。Fig. 5-5 に計画地点流域およびその周辺地域の降雨量等高線 (Isohyetal Map) を示す。

また、月降雨量の変動について見ると、Fig. 5-4 に示される如く、乾期と呼ばれる 1 月から 2 月の 2 ヶ月間および 6 月から 9 月の 4 ヶ月間は降雨量は少ない。特に 6 月から 9 月の乾期は最も少ない季節である。また、3 月から 5 月の 3 ヶ月間および 10 月から 12 月の 3 ヶ月間は所謂

雨期であり、降雨量は可成り多い。特に10月から12月の雨期は多く、この3ヶ月間の降雨総量は年間のそれのほぼ50%に達する。

この地方の降雨特性は、非常に局地的で所謂シャワー型の短時間集中の降雨現象を示している。

5.4 河川流量

Julumito 水力発電計画の流域における河川流量観測設備の位置および観測資料の存在する期間は Fig. 5-1 および Table 5-2 に示す通りである。即ち、本計画の全取水流域のほぼ80%を占める Rio Cauca 本流については、Rio Cauca 取水ダム計画地点より約11km 下流の Julumito 部落附近に Julumito 測水所が設けられており、1964年4月より毎日定時の流量観測が行われている。1971年末現在約7ヶ年分の毎日流量資料が存在する。また、全体の約18%の取水流域に相当する Rio Cauca の支流 Rio Palace については、その上流部に Malvasa 測水所が設けられており、1961年5月より流量観測が行はれている。1971年末現在、約11ヶ年分の毎日流量観測記録が得られている。

Julumito 計画の取水流域に直接関連する上記の2ヶ所の測水所のほか、計画地点周辺の Rio Cauca 本流および支流にはいくつかの測水所が設置されており、比較的長期間に亘り観測が継続されている。

上記各測水所において、共に観測資料の存在する1965および1966年の2ヶ年間の月別平均流量を Table 5-4 に示す。また、上記各測水所地点の比流量（流域面積100km² 当り流量）は Table 5-5 および Fig. 5-6 に示す如くであるが、Rio Cauca 各支流の比流量は本流のそれと比して非常に大きく、支流 Rio Palace 上流部の Malvasa 地点（流域面積35km²）の比流量は、11.2 m³/sec（1965と1966年の2ヶ年平均）であり、本流 Julumito 地点（流域面積939 km²）の比流量2.6 m³/secの4.3倍にも達する。この傾向は降雨量資料においても可成り顕著にみられる。

Julumito 計画に直接関連する Rio Cauca 本流の Julumito 測水所および支流 Rio Palace の Malvasa 測水所地点における1962年から1971年までの最近10ヶ年間の月別平均流量、最大および最小流量は Table 5-6 に示す通りである。

[注] Julumito 測水所における実際の観測資料の存在する期間は、Table 5-2 または、Table 5-8 に示す如くで、最近10ヶ年間では合計約3ヶ年は観測資料が存在しない。これは、5.5.3 に示す方法により補足を行ったものである。

Note:

1. Catchment Area Julumito G.S. 939.0 km²
Malvasa G.S. 35.0 km²

また、両測水所地点の至近10ヶ年間の各年の流況を Table 5-7 および Fig. 5-7 に示す。

Fig. 5-1 Location Map of Run-off and Meteorological Gauging Station

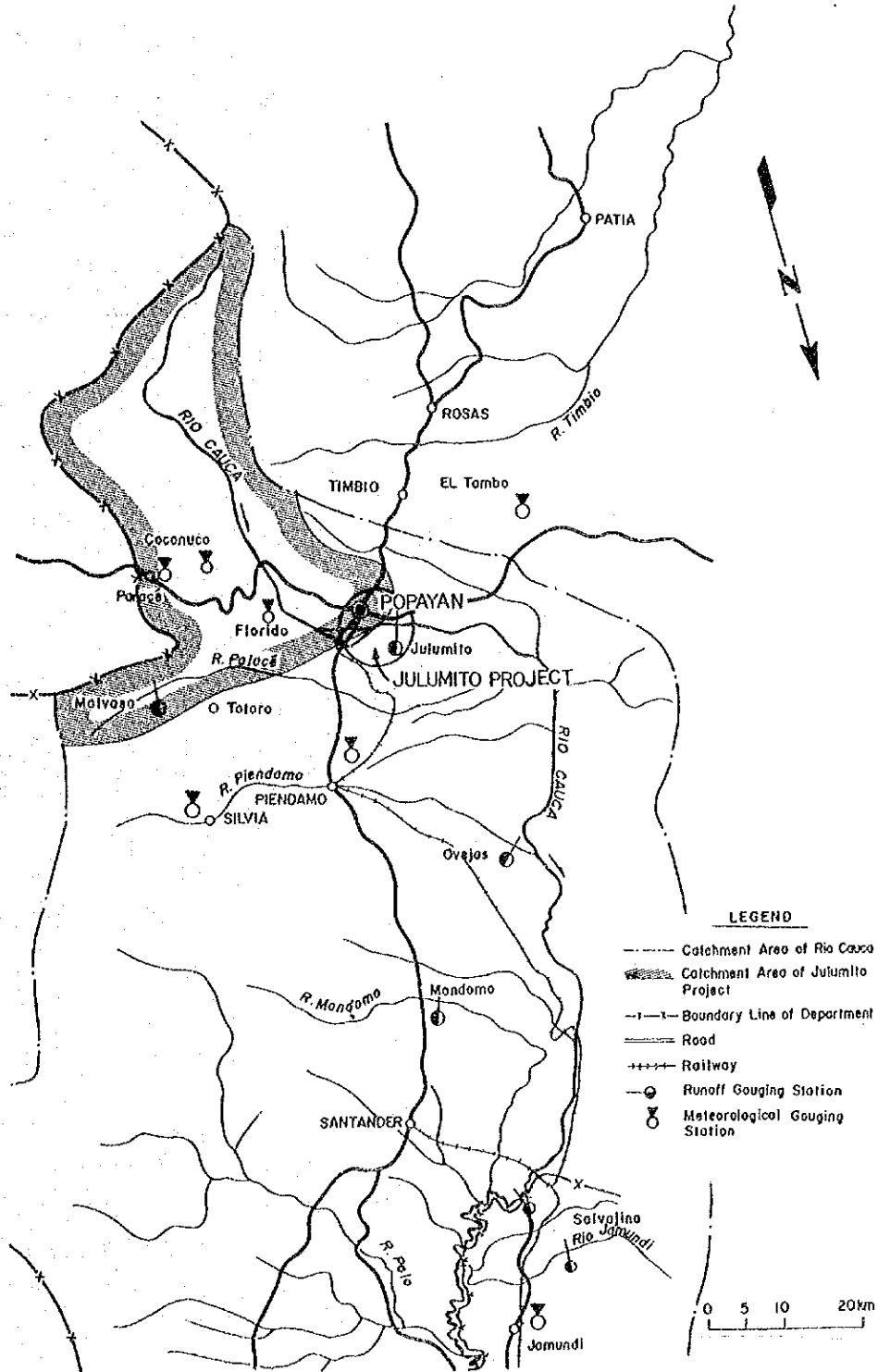
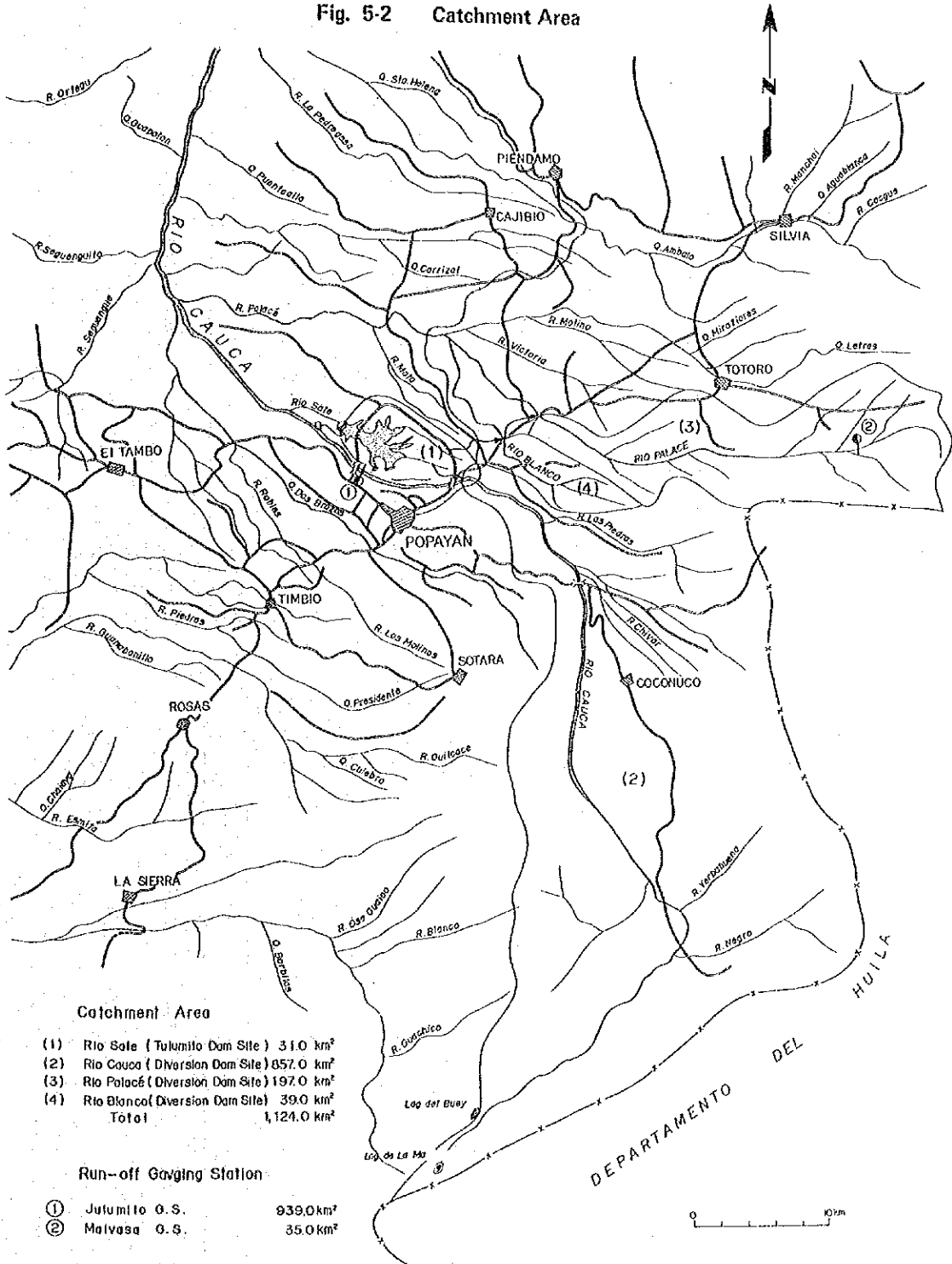


Fig. 5-2 Catchment Area



Catchment Area	
(1) Rio Sate (Tulumito Dam Site)	31.0 km ²
(2) Rio Cauca (Diversion Dam Site)	857.0 km ²
(3) Rio Palacé (Diversion Dam Site)	197.0 km ²
(4) Rio Blanco (Diversion Dam Site)	39.0 km ²
Total	1,124.0 km²

Run-off Gauging Station	
① Julumito O.S.	939.0 km ²
② Malvasa O.S.	35.0 km ²

Fig. 5-3 Annual Precipitation

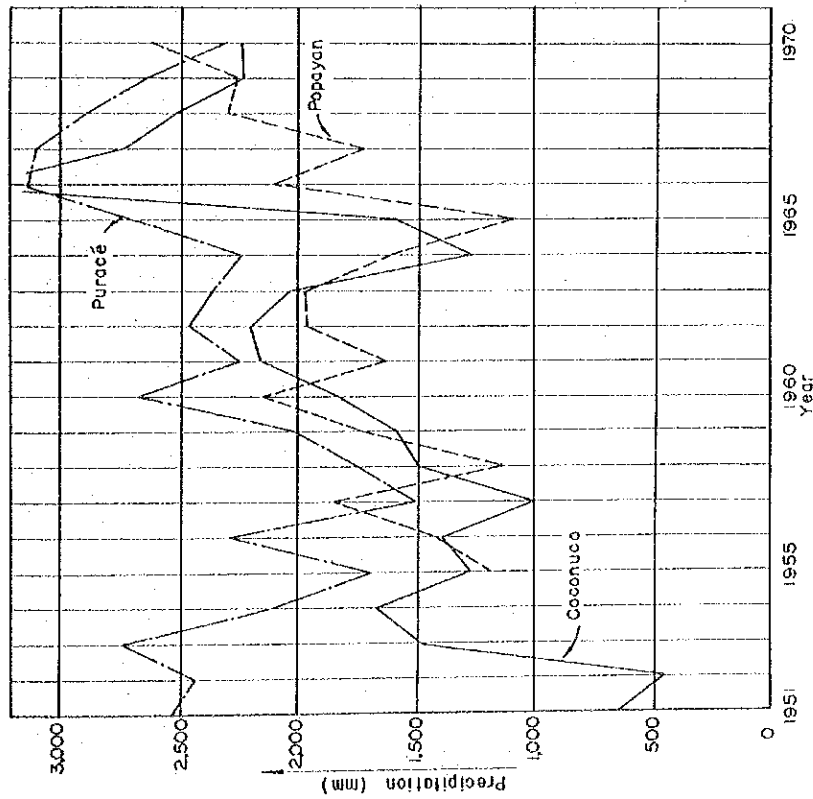


Fig. 5-4 Monthly Precipitation

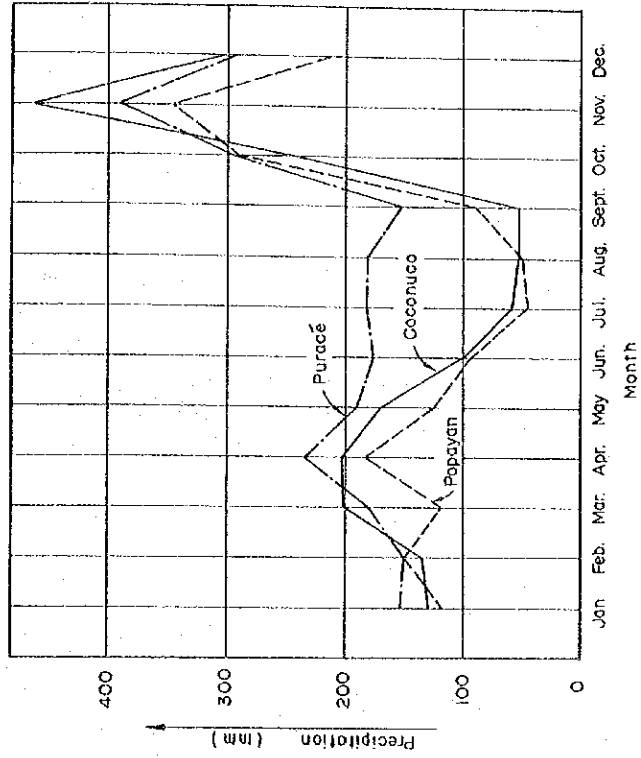


Fig. 5-5 Isohyetal Map of Project Area

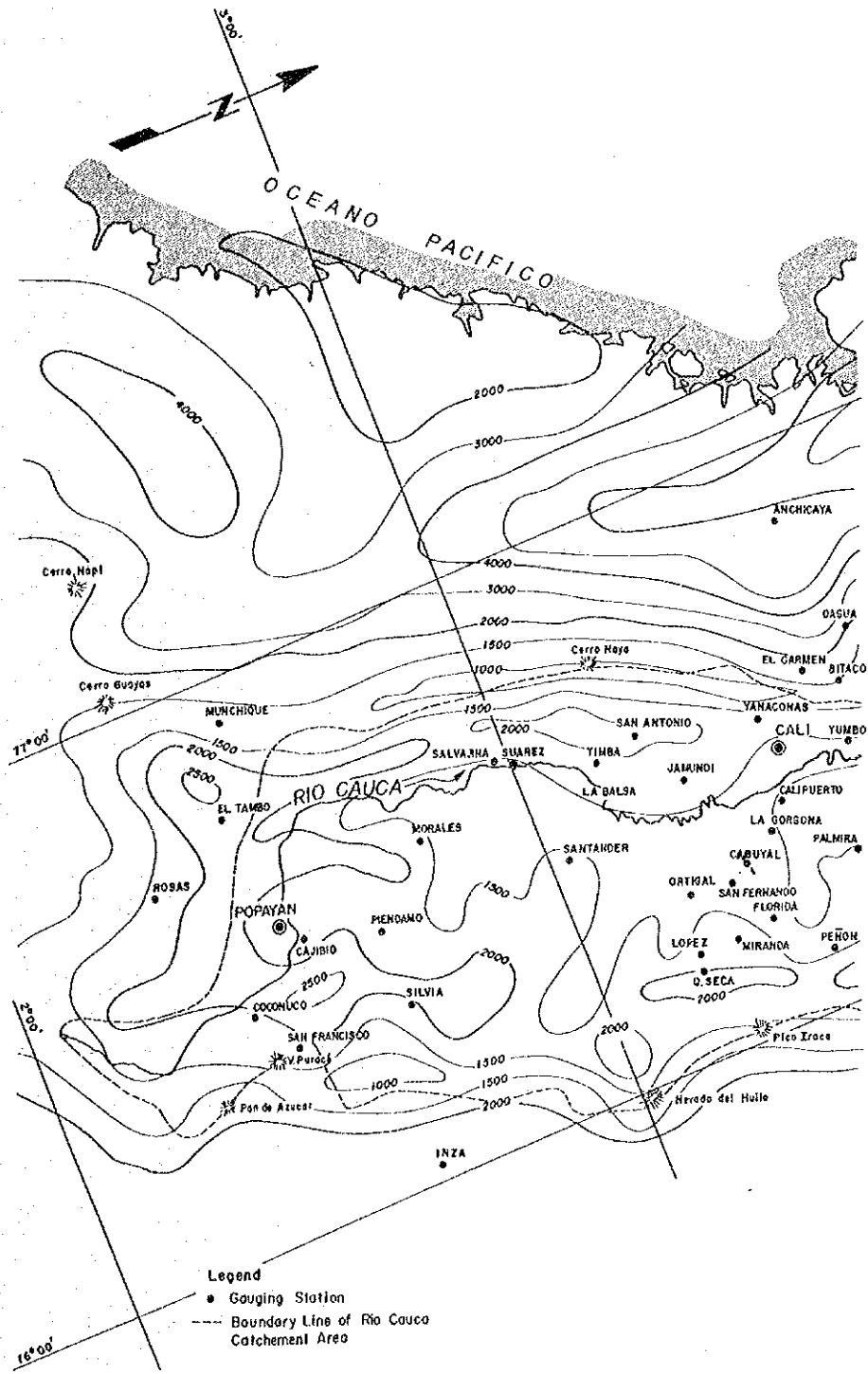


Table 5-4 Monthly Average Run-off at Gauging Stations

Station	Catchment Area (km ²)	(Unit m ³ /sec)												Average
		Jan.	Feb.	Mar.	April	May	Jun.	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	
Rio Cauca (Julumito)	939	20.7	23.4	21.0	24.5	26.6	24.0	24.9	23.5	17.1	18.9	34.6	33.8	24.4
Rio Cauca (Salvajina)	3,830	145.1	91.3	79.1	107.8	135.7	91.3	90.3	65.8	52.2	103.9	241.0	422.6	135.5
Rio Palacé (Malvasa)	35	2.7	1.5	1.5	2.1	3.6	4.2	4.6	4.5	2.6	2.6	7.1	10.0	3.9
Rio Mondomo	185	6.5	4.6	4.2	5.3	6.0	5.1	3.2	2.5	2.2	3.7	7.6	13.1	5.3
Rio Ovejas	640	19.6	13.1	11.6	15.6	19.3	13.6	9.6	7.2	6.4	11.3	24.8	43.5	16.3
Rio Jamundi	98	6.5	3.7	4.9	11.2	14.5	6.5	3.4	2.2	1.5	7.0	12.5	12.7	7.2
Rio Timba	310	25.7	13.5	12.8	27.1	22.6	16.9	11.4	7.3	7.7	15.4	26.3	28.3	17.9

Note: Average of 1965 and 1966

Table 5-5 Specific Run-off at Gauging Stations

Gauging Station	Catchment Area (km ²)	Specific Run-off per km ² (m ³ /sec)			Ratio
		1965	1966	Average	
Rio Palacé (Malvasa)	35	11.86	10.63	11.24	1.00
Rio Jamundi	98	7.04	7.55	7.30	0.65
Rio Mondomo	185	3.03	2.70	2.86	0.25
Rio Timba	310	6.46	5.07	5.77	0.51
Rio Ovejas	640	2.59	2.49	2.54	0.23
Rio Cauca (Julumito)	939	2.78	2.42	2.60	0.23

Fig. 5-6 Correlation between Specific Run-off and Catchment Area (1965 to 1966)

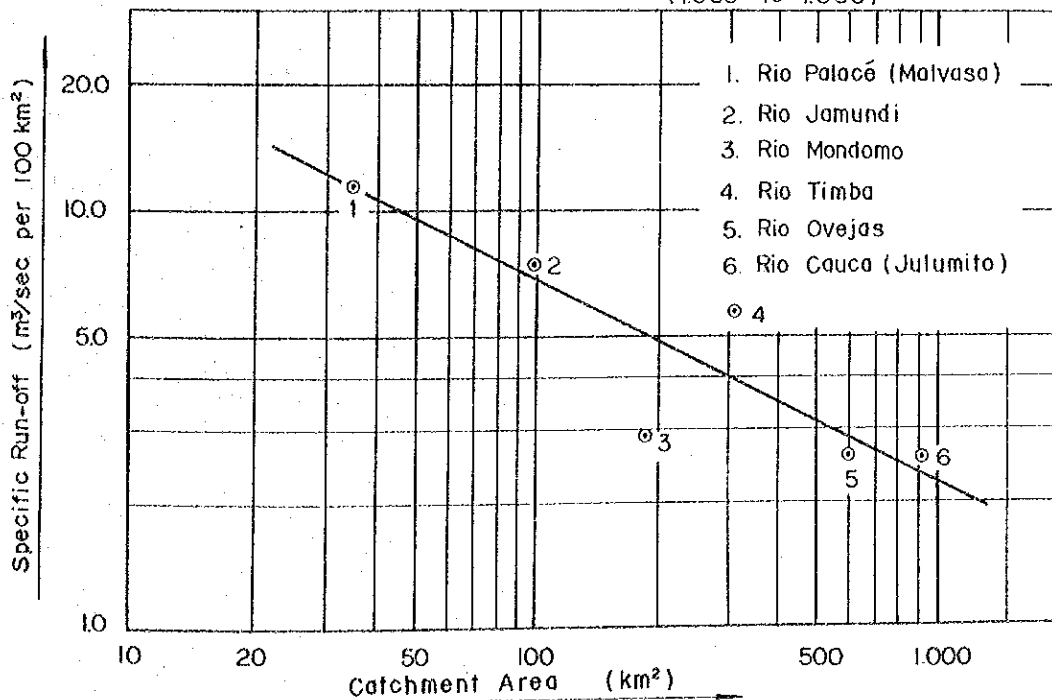


Table 5-6 Monthly Run-off at Julumito and Malvasa:

(Unit: m³/sec)

Station	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Average
Max.	108.6	76.8	69.2	148.2	56.1	119.8	154.3	194.7	48.0	75.3	104.0	94.0	Max. (194.7)
Mean	23.4	23.0	22.3	27.0	23.1	26.5	30.3	28.3	19.4	22.5	32.6	24.9	25.3
Min.	10.6	10.4	9.4	11.4	11.2	12.0	11.2	12.3	11.6	11.0	13.9	7.8	Min. (7.8)
Max.	10.0	6.6	5.8	10.5	16.3	28.6	24.9	28.1	13.9	16.4	28.3	36.2	Max. (36.2)
Mean	1.9	1.6	1.7	2.6	4.0	6.3	7.2	5.7	2.9	3.1	4.6	4.1	3.8
Min	0.4	0.4	0.5	0.9	0.6	0.9	1.4	1.1	0.9	0.9	0.9	0.6	Min. (0.4)

Table 5-7 Run-off Duration at Julumito and Malvasa Gauging Station

(1) Julumito Gauging Station (Catchment Area 939.0 km²)

(Unit; m³/sec)

Year	Max.	95 day	185 day	275 day	355 day	Min.	Mean
1962	194.7	25.3	19.8	18.0	14.2	12.8	26.4
1963	104.0	22.9	20.0	18.3	14.4	13.8	23.6
1964	75.3	26.5	19.1	15.4	12.8	12.3	23.1
1965	76.8	31.2	21.3	16.8	12.6	11.4	26.1
1966	94.0	23.6	18.9	16.3	12.9	7.8	22.7
1967	141.5	28.2	20.8	18.2	14.2	12.5	26.8
1968	81.3	25.6	18.6	14.8	11.9	10.4	23.1
1969	148.2	33.1	24.2	18.3	11.8	9.4	27.2
1970	90.2	33.3	24.2	19.2	12.6	11.2	27.3
1971	135.6	29.8	23.4	19.2	14.6	11.0	26.7
Average	—	28.0	21.0	17.5	13.2	—	25.3

(2) Malvasa Gauging Station (Catchment Area 35.0 km²)

(Unit; m³/sec)

Year	Max.	95 day	185 day	275 day	355 day	Min.	Mean
1962	27.53	3.97	2.52	1.44	0.92	0.85	3.89
1963	16.52	3.12	2.02	1.54	1.21	0.96	2.83
1964	16.57	4.79	2.68	1.12	0.59	0.54	3.50
1965	28.26	4.87	3.00	1.85	0.96	0.85	4.15
1966	36.22	3.91	1.80	1.12	0.79	0.62	3.72
1967	28.60	3.97	2.32	1.68	1.02	0.85	4.10
1968	24.88	5.04	2.32	1.47	1.09	0.96	5.37
1969	10.50	3.88	2.02	1.24	0.68	0.49	3.05
1970	13.01	5.47	3.34	2.02	0.64	0.40	4.01
1971	11.28	4.16	2.80	1.82	1.08	0.87	3.49
Average	—	4.32	2.48	1.53	0.90	—	3.81

Fig. 5-7 (1) Run-off Duration Curve

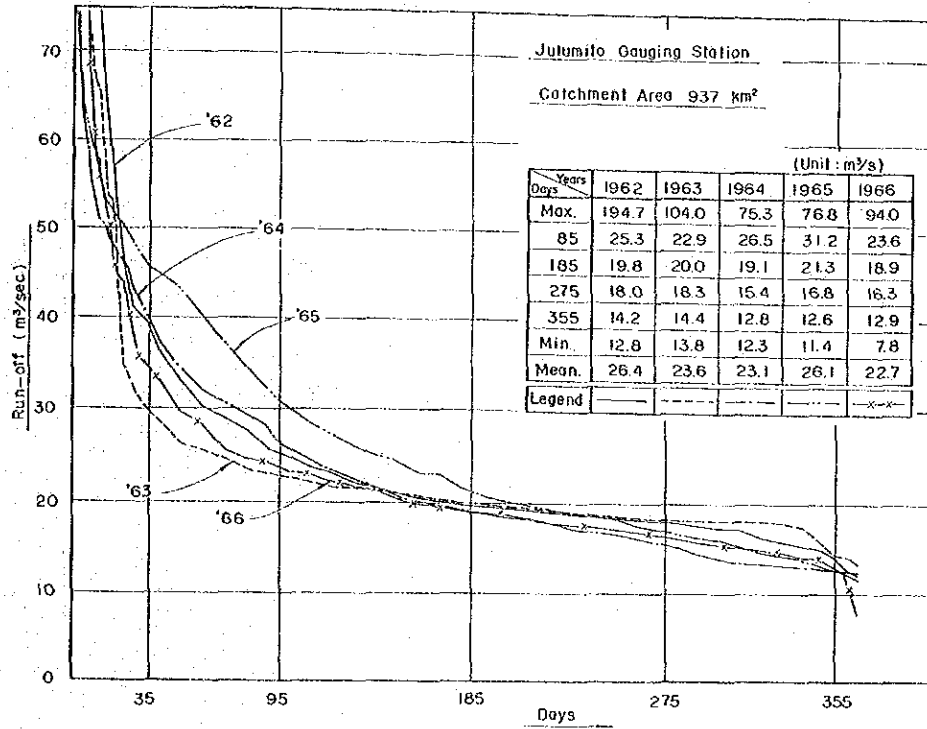


Fig. 5-7 (2) Run-off Duration Curve

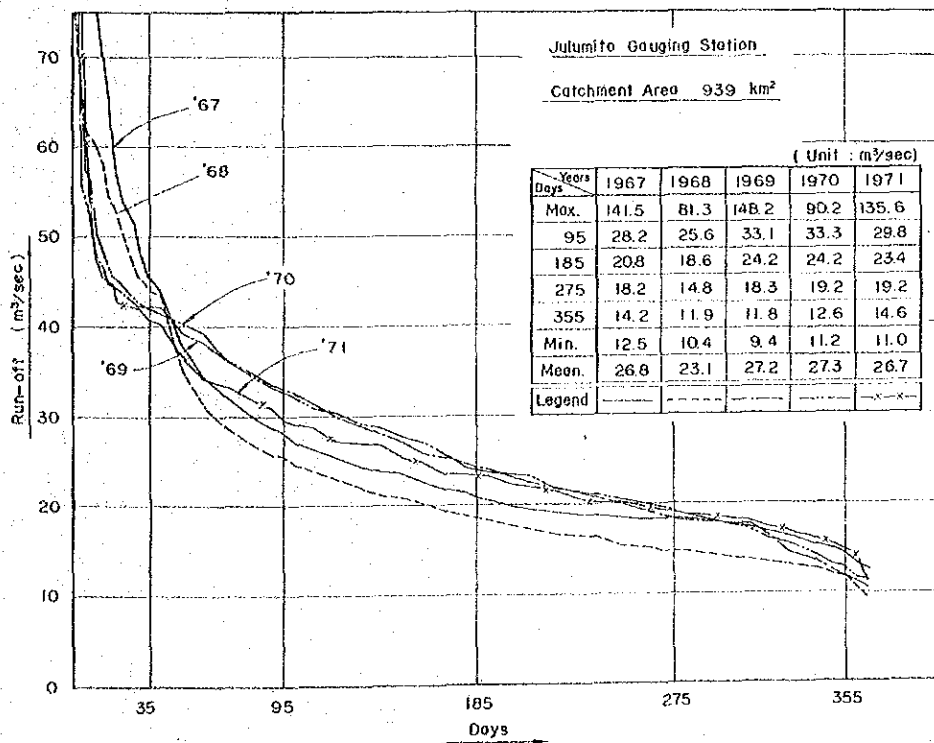


Fig. 5-7 (3) Run-off Duration Curve

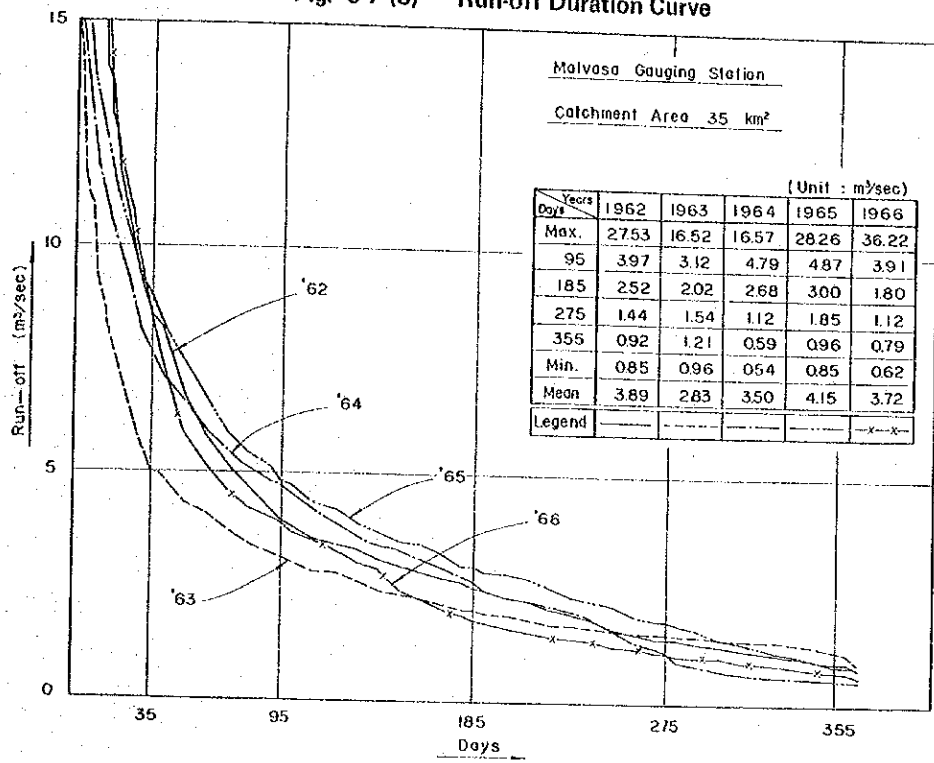
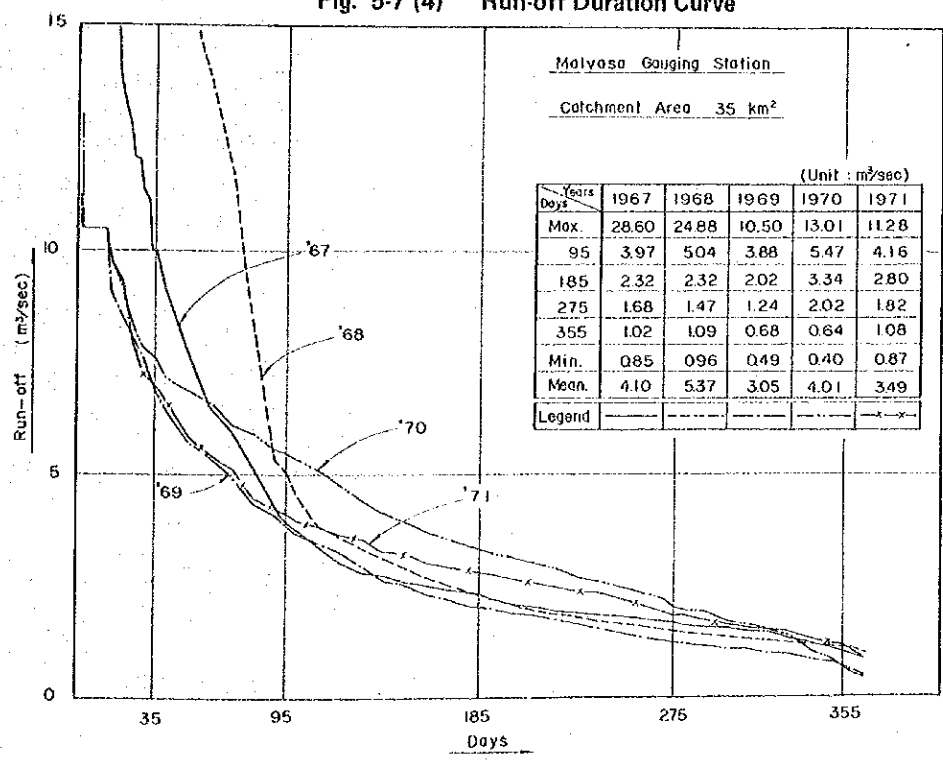


Fig. 5-7 (4) Run-off Duration Curve



5.5 計画地点流量の算定

5.5.1 基準測水所

Julumito 水力発電計画の各取水計画地点の流量算定にあたっては各取水流域の存在位置、測水所の配置および流量資料の整備の程度等から判断し、各取水流域別に基準とすべき測水所を定め、この測水所の毎日の流量を検定、補足および修正を行って整備し、然る後この流量資料を用いて流量の算定を行う。

各計画取水流域についての基準とする測水所は下記の如くとする。

River	Diversion Dam Site	Catchment Area (km ²)	Gauging Station Applied
Rio Cauca	Rio Cauca Diversion Dam	857.0	Julumito
Rio Sate	Julumito Dam	31.0	Julumito
Rio Blanco	Rio Blanco Diversion Dam	39.0	Julumito
Rio Palacé	Rio Palacé Diversion Dam	197.0	Malvasa

5.5.2 流量の算定期間




Julumito 水力発電計画のフィジビリティスタディにおける計画規模決定についての諸検討および発生電力量計算は 1962 年 1 月より 1971 年 12 月までの至近 10 ヶ年間について行うものとする。

5.5.3 流量資料の補足方法

上記 10 ヶ年間の計算を行うために、Julumito、Malvasa 両基準測水所の流量資料の欠測および不足分については補足を行い、10 ヶ年間の毎日流量を整備する必要がある。Table 5-8 に両測水所における観測記録の有無と補足すべき期間を示す。

Table 5-8 Run-off Data Existing at Julumito and Malvasa Gauging Station

Station	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Julumito			4/30		11/30	4/30 6/30	3/30			12/31
Malvasa							8/15 10/5			

Note:  Period daily records exist
 Period deficiency of daily observation frequently exist
 Period no daily records exist

また、Julumito 測水所の資料については Table 5-8 に示される欠測および不足のほか、1969 年から 1971 年までの 3 ヶ年間にも可成の欠測日数が存在する。これらについても同様に補足を行うこととする。流量資料の補足は両測水所においてともに観測資料の存在する年について流量相互間の相関を求めて行うこととする。以下にこの検討の結果を述べる。

JulumitoおよびMalvasa両測水所ともに完全に毎日流量記録の存在する1964年5月から1968年末までの4ヶ年間(1969年以降の3ヶ年についてはJulumito観測所の資料に欠測が多く相関が求められない)について両測水所地点の月平均流量の相関を求めるとFig.5-8の如くとなる。即ち、1年間を1月から4月、5月から10月および11月から12月の3季節に大別すると可成良い相関が得られる。この相関はいずれも2次式で示すことが出来る。この関係を用いてTable 5-8に示す両測水所の観測記録の存在しない日の流量を推定することとする。

このようにして補足整備を行った1962年より1971年までの10ヶ年間のJulumito測水所地点流量の各年累加曲線と、計画流域の中心部に存在するCocobuco'地点の年間累加雨量との相関を求めて見るとFig.5-9に示す如くとなる。

また、上記により整備したJulumito, Malvasa両測水所の10ヶ年間の毎日流量をAPPENDIX III-2に添付する。

5.5.4 計画地点流量の算定

各計画取水ダム地点の河川流量は下記により算出することとする。

(a) Rio Cauca 取水ダム地点流量の算定

$$q_c = q_J \times \frac{AC}{AJ}$$

q_c ; Rio Cauca 取水ダム地点流量 (m³/sec)

q_J ; Julumito 測水所地点流量 (m³/sec)

AC ; Rio Cauca 取水ダム地点流域面積 (km²)

AJ ; Julumito 測水所地点流域面積 (km²)

(b) Rio Sate Julumito ダム地点流量の算定

$$q_S = q_J \times \frac{AS}{AJ}$$

q_S ; Rio Sate Julumito ダム地点流量 (m³/sec)

q_J ; Julumito 測水所地点流量 (m³/sec)

AS ; Rio Sate Julumito ダム地点流域面積 (km²)

AJ ; Julumito 測水所地点流域面積 (km²)

(c) Rio Palace' 取水ダム地点流量の算定

$$q_P = q_M \times \alpha \times \frac{AP}{AM}$$

q_P ; Rio Palace' 取水ダム地点流量 (m³/sec)

q_M ; Malvasa 測水所地点流量 (m³/sec)

α ; 流量修正係数

AP ; Rio Palace' 取水ダム地点流域面積 (km²)

AM ; Malvasa 測水所地点流域面積 (km²)

Fig. 5-8 Correlation between Run-off at Julumito and Malvasa Gauging Station

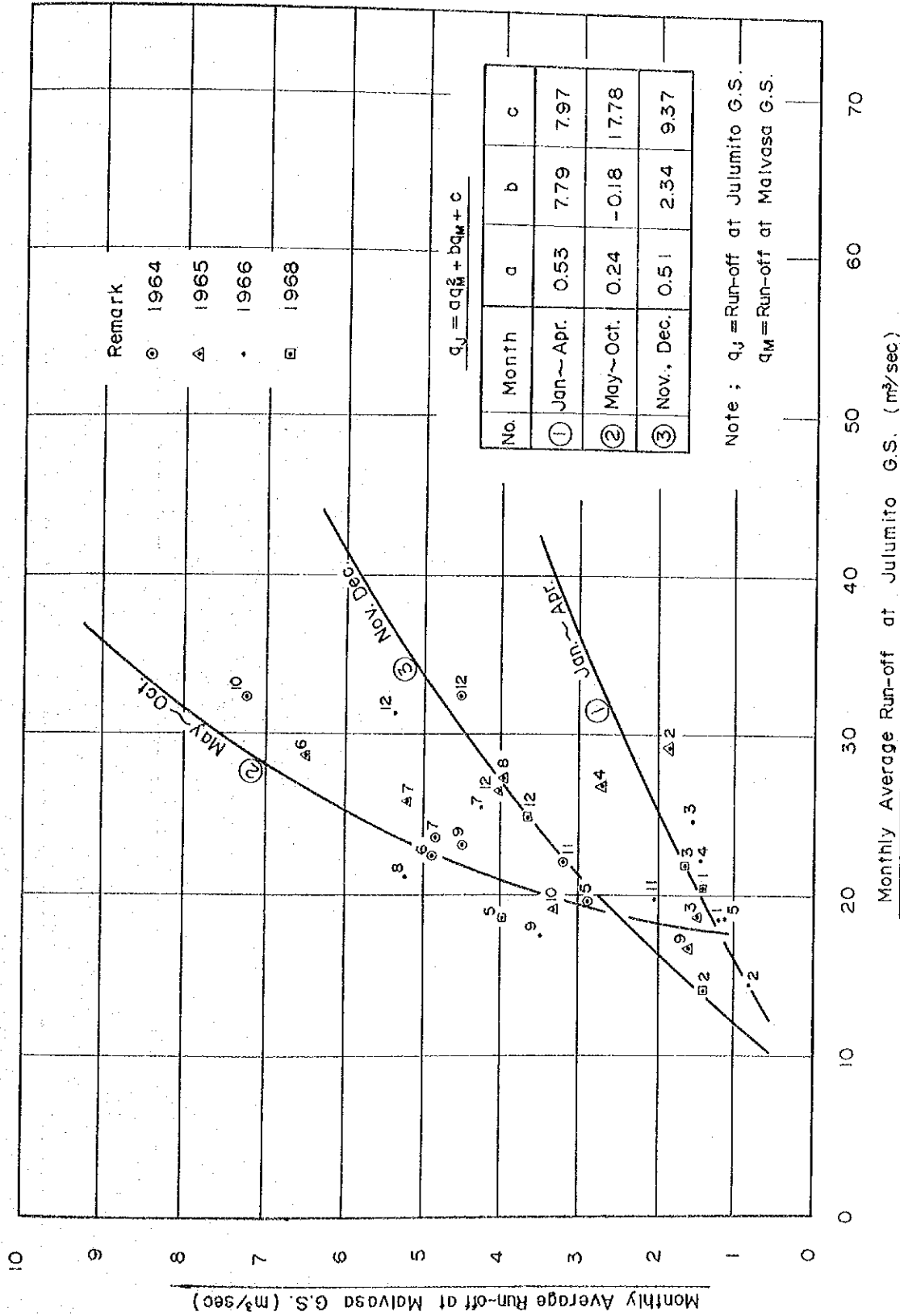
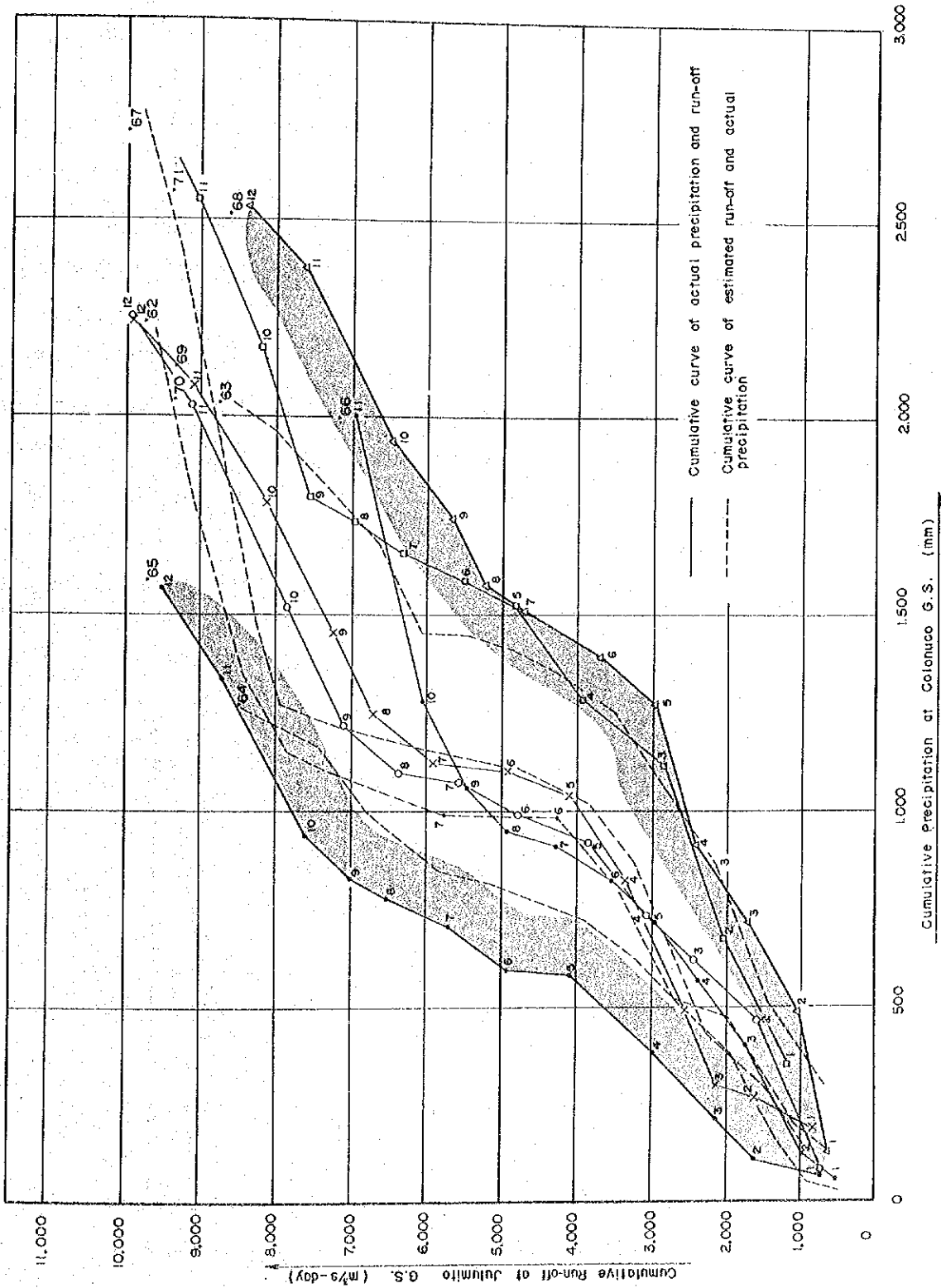


Fig. 5-9 Correlation between Run-off at Julumito and Precipitation at Coconuco



(d) Rio Blanco 取水ダム地点流量の算定

$$q_B = q_J \times \frac{AB}{AJ}$$

q_B ; Rio Blanco 取水ダム地点流量 (m³/sec)

q_J ; Julumito 測水所地点流量 (m³/sec)

AB ; Rio Blanco取水ダム地点流域面積 (km²)

AJ ; Julumito 測水所地点流域面積 (km²)

上記修正係数 α は Malvasa 測水所流量記録を使用するにあたっての比流量の修正である。5.4 において検討した計画地域内外本支流の比流量は、Fig. 5-6 に示す如く流域面積の増加と共に減少する傾向を示している。

Malvasa 測水所地点比流量を 1.00 とした場合のこの減少割合は、 α Fig. 5-10 に示す如くなるものと推定される。これによれば、Rio Palace' 取水地点 (流域面積 197.0 km²) の比流量は Malvasa 地点のその約 40% となる。従って Rio Palace' 取水ダム地点の流量算定にあたっては $\alpha = 0.40$ をとり計算を行うこととする。

以上により算定した Rio Cauca 取水ダム地点および Rio Palace' 取水ダム地点の 1962 年 1 月から 1971 年 12 月までの月平均流量は Table 5-9, 10 に示す通りである。

Fig. 5-10 Ratio of Specific Run-off

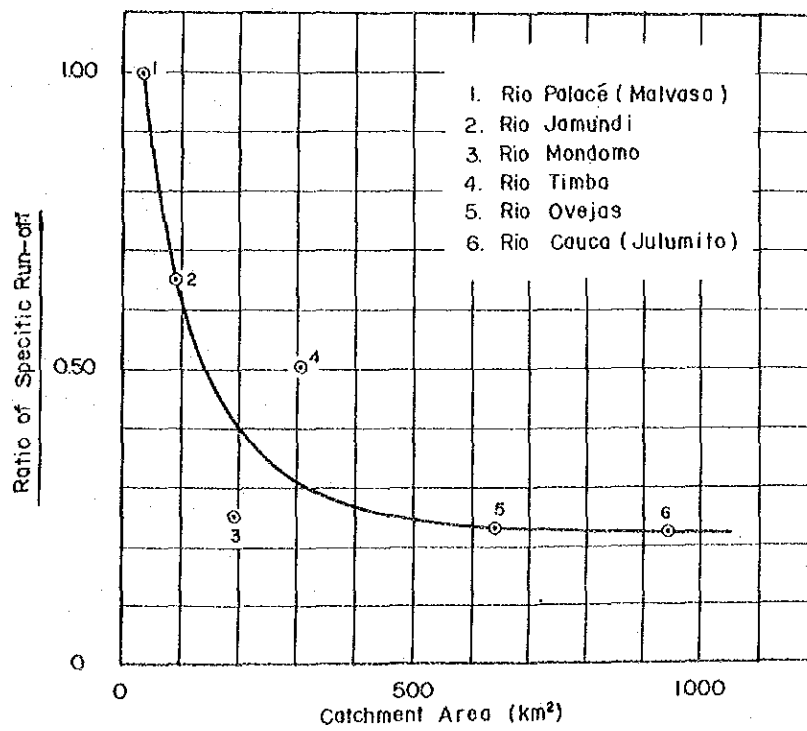


Table 5-9 Run-off Rio Cauca Diversion Dam Site Catchment Area 857.0 km² (Unit: m³/sec)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Average
1962	18.2	15.5	26.0	22.1	20.0	26.5	44.8	43.4	18.7	17.6	19.9	15.0	24.1
1963	20.4	24.1	20.9	21.4	19.4	23.2	17.2	18.5	18.1	16.8	40.7	17.3	21.4
1964	13.6	13.8	12.0	18.9	17.5	20.5	20.8	36.6	21.1	28.4	20.1	29.4	21.1
1965	21.6	28.6	16.5	24.5	32.1	26.2	22.9	24.2	15.3	16.9	34.4	23.5	23.8
1966	16.2	14.2	21.9	20.3	16.3	17.7	22.5	18.7	15.9	17.6	28.7	38.3	20.7
1967	25.5	20.4	21.7	29.3	18.3	30.2	41.0	35.7	16.8	16.8	22.7	15.0	24.5
1968	18.2	13.9	19.3	21.3	16.3	22.5	30.0	14.6	14.0	24.5	35.7	22.1	21.0
1969	24.3	25.5	15.8	36.8	21.4	25.7	29.1	24.1	17.2	25.7	28.9	23.6	24.8
1970	21.0	27.8	25.5	18.7	23.4	28.7	23.2	23.9	22.0	22.0	39.2	23.2	24.8
1971	35.0	27.1	24.2	32.9	26.4	21.0	24.6	18.9	18.1	19.2	25.5	19.7	24.3
Average	21.4	21.0	20.4	24.6	21.1	23.4	27.6	25.9	17.7	20.5	29.6	22.7	23.1

Table 5-10 Run-off at Rio Palacé Diversion Dam Site Catchment Area 197.0 km² (Unit: m³/sec)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Average
1962	3.1	2.4	5.0	4.1	9.6	12.6	24.0	18.7	7.4	6.0	6.9	4.6	8.8
1963	3.7	4.5	3.9	4.0	7.5	10.6	5.2	7.6	6.9	4.1	13.0	5.6	6.4
1964	1.9	1.9	1.4	4.4	6.3	11.1	10.6	13.5	10.2	15.8	7.2	9.9	7.9
1965	9.8	4.5	3.3	6.2	13.7	14.7	11.4	8.7	3.7	7.3	19.9	8.8	9.3
1966	2.5	2.1	3.4	3.3	2.7	4.3	9.3	11.4	7.9	4.4	12.1	36.4	8.4
1967	5.0	3.7	4.1	6.2	5.1	25.6	20.2	19.8	4.3	4.2	7.8	4.5	9.2
1968	3.1	3.3	3.6	6.7	9.0	30.5	43.8	19.8	4.0	4.3	8.2	8.0	12.1
1969	4.0	3.0	2.0	9.6	8.0	11.0	16.0	7.4	3.7	9.1	5.2	3.0	6.9
1970	2.8	6.1	4.2	5.7	12.2	15.2	9.2	12.7	10.4	9.4	14.1	6.3	9.0
1971	7.1	4.9	6.4	7.4	15.5	5.5	12.7	9.3	6.8	5.9	8.1	4.5	7.9
Average	4.3	3.6	3.7	5.8	8.9	14.1	16.2	12.9	6.5	7.1	10.3	9.1	8.6

Fig. 5-11 Hydrograph at Gauging Stations in Project Area (1)

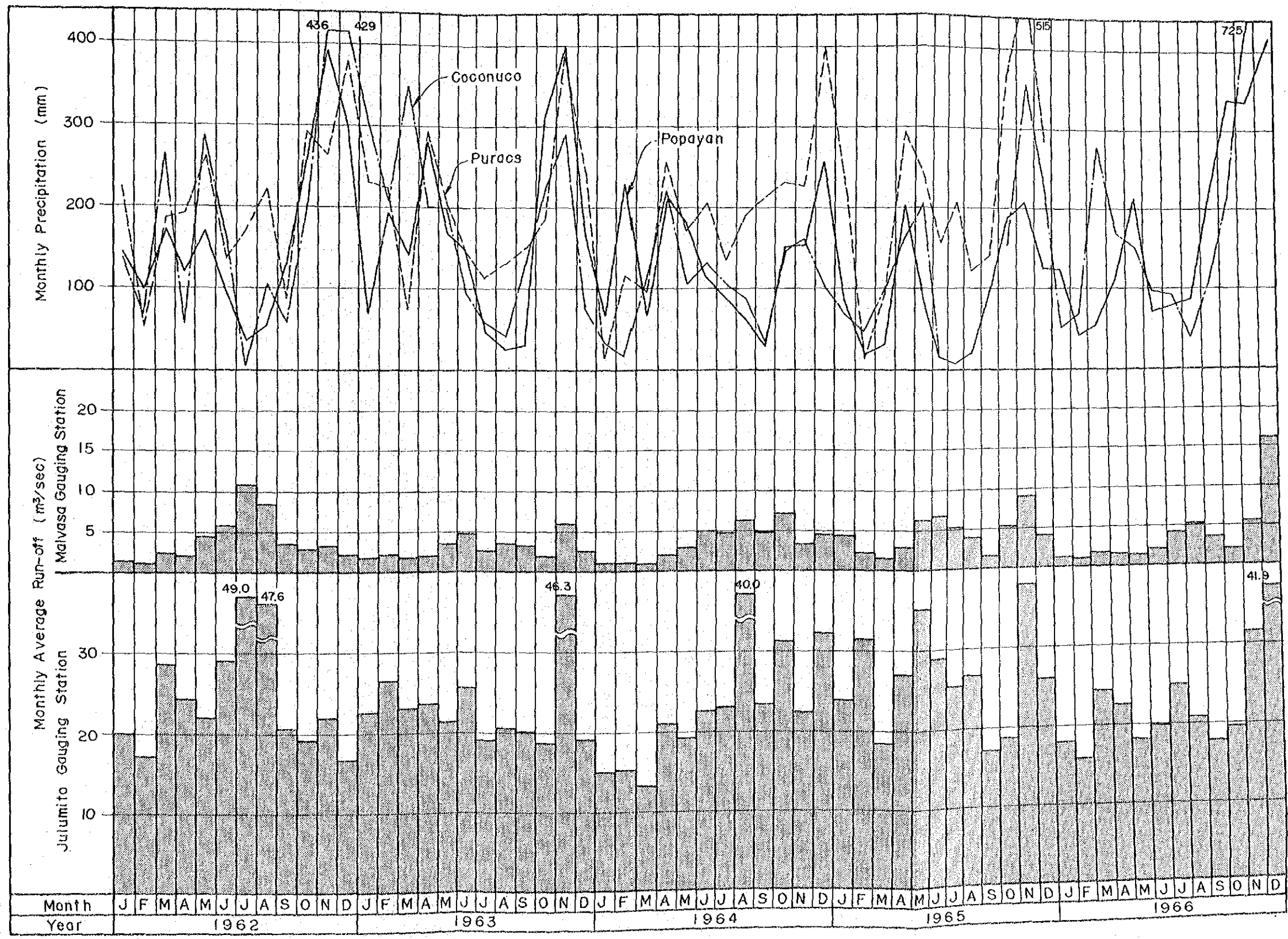
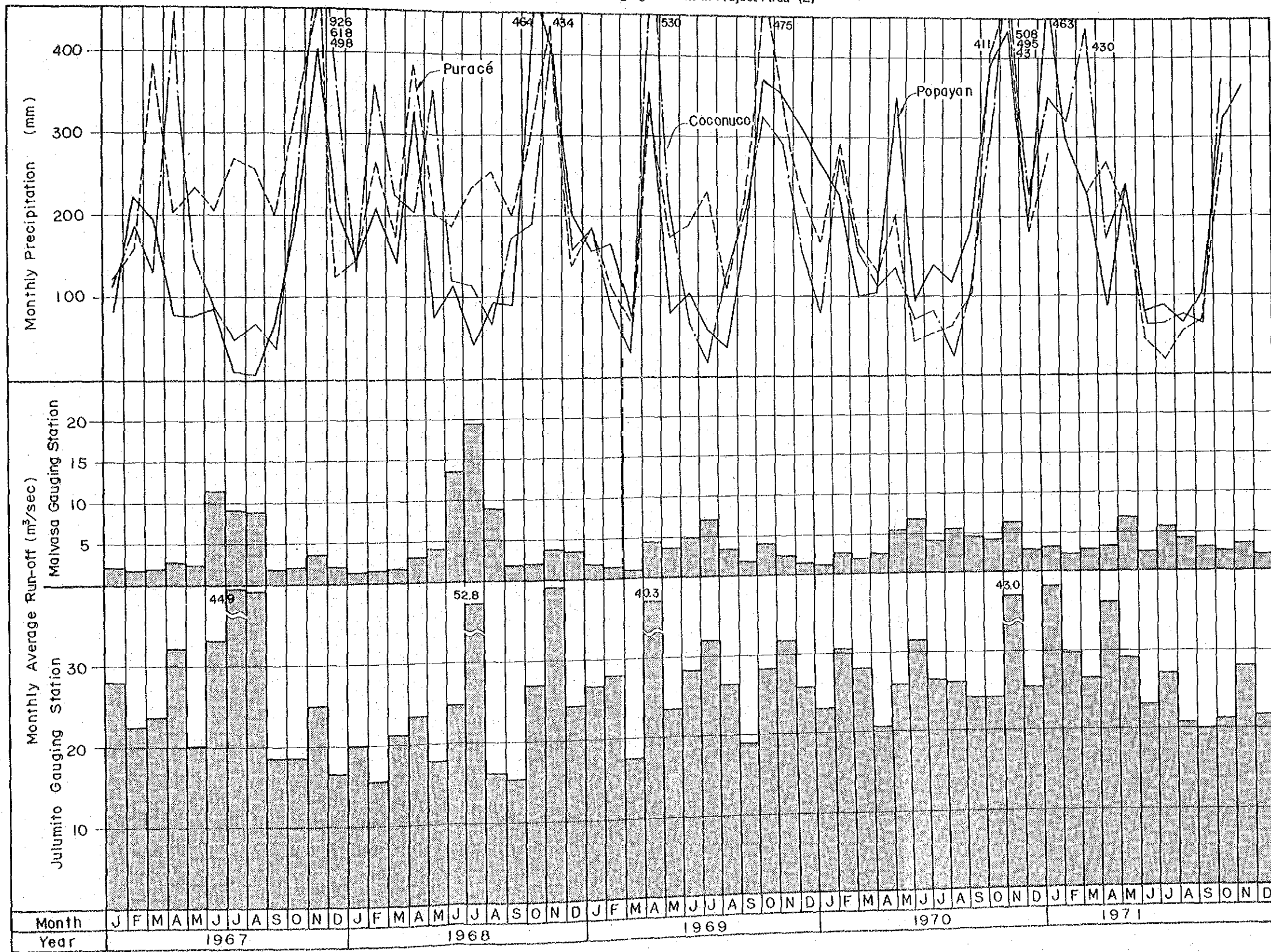


Fig. 5-11 Hydrograph at Gauging Stations in Project Area (2)



5.6 設計洪水量

Rio Sate に設ける Julumitoダムはロックフィルダムとして計画しているが、この地点における設計洪水量は次の方法で算定する。即ち、Rio Caucaおよびその周辺の本支流においては高水の観測が行われていない。したがって計画流域内の Florida 地点における 1961 年から 1968 年までの 8 年間の年最大日雨量の記録から確率日雨量を推定し、これにもとづいて Rational 式により確率洪水量を算定することとする。

また、Rio Cauca, Rio Palace および Rio Blanco 等の取水ダム地点の設計洪水量についても同様に確率日雨量から確率洪水量を算定する。

5.6.1 確率日雨量

Table 5-11 に示す Florida 地点の年最大日雨 (X_i mm/day) を用い対数正規分布を利用した岩井法によって計算する。

Table 5-11 Maximum Daily Precipitation in each Year

No.	Date	X_i (mm/day)	$\log X_i$	$X_i + b$	$\log (X_i + b)$	$\{\log (X_i + b)\}^2$
1	Oct. 1966	90.2	1.9552065	52.74	1.7221401	2.9657665
2	Mar. 1967	53.2	1.7259116	15.74	1.1970047	1.4328202
3	Nov. 1965	47.9	1.6803355	10.44	1.0182843	1.0369029
4	Dec. 1961	46.4	1.6665180	8.94	0.9513375	0.9050430
5	Dec. 1968	46.0	1.6627578	8.54	0.9314579	0.8676138
6	Oct. 1963	41.1	1.6138418	3.64	0.5611014	0.3148347
7	Nov. 1962	40.0	1.6020600	2.54	0.4048337	0.1638903
8	Apr. 1964	39.9	1.6009729	2.44	0.3873898	0.1500708
1/n			1.6884505		$X_0 = 0.8967$	$X^2 = 0.9796$

(a) X_g の計算

$$\log_{10} X_g = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log_{10} X_i = 1.6884505$$

$$\therefore X_g = 48.80$$

$$\therefore X_g^2 = 2,381.44$$

(b) b の推定

$m = N/10 = 0.8$ であるから次式から b_i を求める。

$$b_i = \frac{X_i \cdot X_0 - X_g^2}{2 \cdot X_g - (X_i + X_0)} = -37.46$$

(c) $1/a$ の推定

$$1/a = \sqrt{\frac{2 \cdot N}{N-1} \cdot \sqrt{X^2 - X_0^2}} = 0.6334$$

5.6.2 設計洪水量

(1) 洪水到達時間

洪水到達時間は Rziha の式により計算する。

$$W = 72 \cdot \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6}$$

$$T = \frac{L}{W}$$

W ; 洪水の流下速度 (km/hr)

H ; 標高差 (km)

L ; 流路の区間長 (km)

T ; 洪水の到達時間 (hr)

上式により求めた各河川の洪水到達時間は下記の通りである。

Rio Cauca	10.0 時間
Rio Place'	6.6 時間
Rio Blanco	2.4 時間
Rio Sate	5.5 時間

(2) 洪水量の算定

各地点の洪水量は Rational 式により算定する。

$$Q = 1/3.6 \cdot f \cdot r \cdot A$$

Q ; 洪水のピーク流量 (m³/sec)

f ; 流出係数 0.7

r ; 洪水到達時間内の平均雨量強度 (mm/hr)

物部式により算定する

$$r = \frac{R24}{24} \cdot \left(\frac{24}{T} \right)^n$$

A ; 流域面積 (km²)

以上により算定した各地点設計洪水量を Table 5-12 に示す。

Table 5-12 Design Flood Discharge

Diversion Dam	Catchment Area (km ²)	Frequency (1/year)	Flood Discharge
Rio Cauca	857	1/50	850
Rio Palacé	197	1/50	215
Rio Blanco	39	1/50	52
Rio Sate	31	1/200	50

5.6.3 Diversion Tunnel 通水容量

Rio Sate に設ける Julumito ダムの工事のため Rio Sate の河流を一時的に Diversion Tunnel により切替える必要がある。この Diversion Tunnel の通水容量の決定は Julumito 測水所、および Malvasa 測水所の既往実測記録の最高値、並びに確率日雨量よりの推定結果等を勘案して $25.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ とする。

5.7 堆砂量

第6章「地質」で述べた如く、Rio Sate に設けられる Julumito 貯水池の流域は Popayan 市郊外に位置するゆるやかな起伏の丘陵地帯であり、その流域面積は 31 km^2 と非常に小さい。

この流域および貯水池地域の表層部の大部分はほぼ均一な火山灰層により構成されているが、ダム地点附近および上流部の谷底では安山岩質熔岩が分布している。地表は芝状の雑草およびかん木に被われ保護されている。

Rio Sate 流域内を踏査した結果では著しい流砂、堆砂、および崩かい地の根拠は認められず流域の上記の地形、地質から判断しても潜水による大規模な地這り等の発生は考えられない。

以上のことから Julumito 貯水池への土砂の流入、および堆砂の量は非常に小さいものと想定されるが、以下堆砂の起因と考えられるいくつかの要素を考慮した諸経験式により、同貯水池の堆砂量を推定することとする。

(1) 貯水池容量と流域面積による算定

貯水池の堆砂量が貯水池容量および流域面積の2つの因子に起因するとして導いた下記 Witzig の経験式により算定する。

$$q_s = K_1 (V/A)^{0.83}$$

但し q_s ; 比堆砂量 (Acre-foot/100 Sq miles/year)

V ; 貯水池容量 49.289 (Acre-foot)

A ; 流域面積 11.969 (miles²)

K_1 ; Regional Index = 0.10

$$q_s = 100 \text{ (Acre-foot/100 Sq.miles/year)}$$

$$= 476 \text{ (m}^3/\text{km}^2/\text{year)}$$

(2) 貯水池容量、流域面積および貯水池流入量による算定

上記の Witzig の式に更に貯水池流入量を考慮して導いた下記吉良の式により推定を行うと次の如くとなる。

$$q_s = K_2 \times V^{0.527} \times Q^{0.473} \times A^{-1}$$

但し q_s ; 比堆砂量 ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year}$)

V ; 貯水池容量 $60.8 \times 10^6 \text{ (m}^3\text{)}$

A ; 流域面積 31. (km²)

Q ; 貯水池年平均流入量 30.2 (m³/sec)

K2 ; 係数 = 0.214

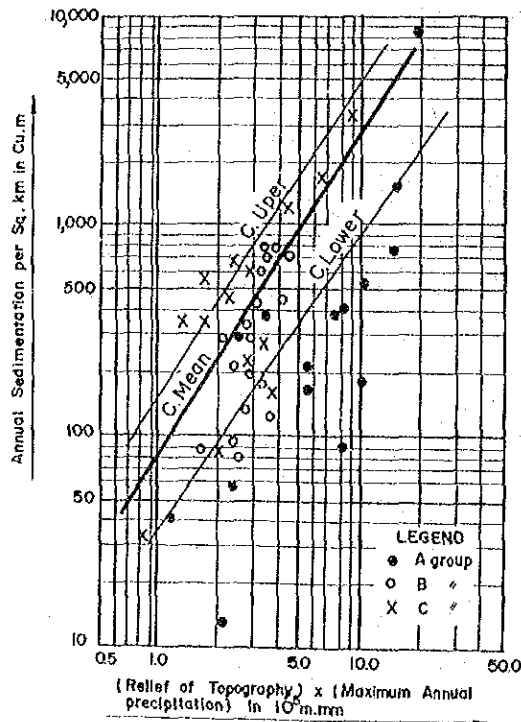
$$qs = 438 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year}$$

(3) 流域内の地質条件, 地形条件と降雨量による算定

また堆砂量は流域内の地形, 地質および降雨量により左右されるとして, これらを Fig. 5-12 に示される実績にもとづいて作成した石外の経験式から堆砂量の推定を試みる。

尚, Julumito 貯水池の集水区域内の上記の諸条件は下記の如くと考える。

Fig. 5-12 Relation between Sedimentation, Geology, Topography and Precipitation



Notes ;

- Group A. ; Catchment area consisting mainly of Paleozoic and Mesozoic sedimentary rocks
- Group B. ; Catchment area consisting mainly of acidic plutonic, hypabyssal and their metamorphic rocks represented by granite and schist
- Group C. ; Catchment area consisting mainly of Cenozoic sedimentary rocks and effusive rocks

地質条件 ; Cグループ

(新生代堆積岩, 中塩基性の深成岩, 半深成岩, 噴出岩, 結晶片岩, 蛇紋岩等)

最大年雨量 (P) ; 2,058 (mm)

起伏量 (Rf); 150 (m)

地質条件 (C) に対する石外の式は下記の式で与えられる

$$\log qs = 1.50 \log X - 5.58 \pm 0.65 \sqrt{0.09 + (\log X - 5.41)^2}$$

但し qs ; 比堆砂量 (m³/km²/year)

X ; P × Rf = 308,700 (m · mm)

$$qs = 717 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year} \text{ or } 284 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year}$$

以上の各経験式を用いて Julumito 貯水池の 100 年間堆砂量を算定した結果をまとめて Table 5-13 に示す。

Table 5-13 Sedimentation at Julumito Reservoir

Case	Sedimentation (m ³ /km ² /year)	Sedimentation (10 ³ m ³ /100 years)	Factors Considered
1	476	1,480	Storage Capacity, Catchment Area
2	438	1,360	Storage Capacity, Catchment Area, Reservoir Inflow
3	717	2,220	Geology, Topographical Relief Precipitation

Note: Catchment Area; 31 km²

従って、Julumito 貯水池の堆砂量について上述の 3 つの方法により検討した結果最も大きな値を示す(3)の方法による 717 m³/km²/year を採った場合堆砂年 100 年とした場合の貯水池堆砂量は 2.2 × 10⁶ m³ となる。Julumito 貯水池計画低水位は 1,700 m であり、これ以下の容量は 10 × 10⁶ m³ であるから有効貯水容量の確保に対しては充分安全である。

また、取水口から導水路への土砂の流入に対しては適切な取水口の設計により充分防止することが出来る。

