

#### 4.4.2 既設測水所とその流量データ

アトラート河上流部および中流部には上流から El Siete, Puente de Sanchez, Los Arayanes, Lloro, Agua Sal, San Isidro, Quibdo, Tagachi, Bellavista, Domingodo の合計11地点の測水所が設置されている。

しかし、比較的長期に亘る流量観測を行って来た観測所は Tagachi, Bellavista, Quibdo の3地点のみであり、それらはすべてアトラート河の中流部に在る。San Isidro, Domingodo については欠測が多く、有効な観測を行っていない。

アトラート河上流部に在る測水所は El Siete, Puente de Sanchez, Los Arayanes, Lloro, Agua Sal の5地点である。しかし、観測年数からみて、有効と考えられる測水所は Puente de Sanchezのみであり、その他の測水所は2年間の記録をもつのは El Sieteのみであり、Los Arayanes, Lloro, Capa の3地点は新設されて1年にみたない状態である。従って、今回のアトラート河上流部の水力発電計画の検討に有効に使用できる測水所は Puente de Sanchezのみである。この測水所の記録は El Siete No.1 ダムサイトの上流0.8 kmにあるので、El Siete No.1, No.2 発電計画の立案に有効に適用できる。しかし、水位の定時観測のみを行っているにすぎず、流量測定を行っていないため、水位流量曲線がなくこのままでは流量値を求める事はできない。

一方、Los Arayanes 測水所は El Dieciocho No.1 ダムサイトの上流2 kmに在り、El Once, El Dieciocho No.1, No.2 の発電計画に有効である。

しかし、観測年は1年にみたく、参考値として使用できるのみである。この測水所も水位観測を行っているのみで、未だ流量測定を行っていないので、流量値を求める事はできない。

従って、本調査団は1981年9月に JICA より、JCELへ供与した流速計を使用して、El Siete, Puente de Sanchez, Los Arayanes の3測水所について、流量測定を行い、測水断面の測量を実施するとともに、水位流量曲線を作成した。これらの水位流量曲線は一度の測水による唯一のデータを基に作成したものであり、今後高水位時の流量測定も含めて少なくとも年12回の流量測定作業を行いその精度を高めるとともに、水位流量曲線を補正して行くべきものである。今回のマスタープラン作成のスタディでは止むを得ず、この水位流量曲線を使用して日流量を算定した。この作業により、El Siete No.1, No.2 発電計画の流量状況を知る事が可能となった。

更に Lloro, Agua Sal の2測水所については1年にみたぬ水位観測データのみであり、今回のスタディには適用できなかつた。今後、水位観測を継続し、少なくとも5年間のデータを得て、始めて El Lloro 発電計画に適用できる状態になるであろう。

これらの流量データからみて、全般に流量資料は不足しており、現時点で、フィジビリティスタディに耐え得る流量資料をもつ計画地点は El Siete No.1, No.2 発電計画のみであると言える。

これらの測水所の位置と計画の関係は Fig 4-4-2 に示す通りであり、その記録年数は Fig 4-4-3 に示す通りである。

Puente de Sanchez, Los Arayanes, の2測水所の月別流量の記録は Table 4-4-11, 4-4-12 に、またその流況表は Table 4-4-15, 4-4-16, 4-4-17 に示す通りである。

これらの表を見ると、Puente de Sanchez 測水所では1976~80年まで、5年間の平均流量は  $16.8 \text{ m}^3/\text{s}$  であり  $100 \text{ km}^2$  当りの単位流量は  $8.2 \text{ m}^3/\text{s}$  である。一方最大流量は  $73.9 \text{ m}^3/\text{s}$  で平均流量に対する比は  $4.39 \left( \frac{\text{最大流量}}{\text{年平均流量}} \right)$  である。この数値はこの地域の日最大雨量からみて既往最大流量であるとする事はできない。

また、最少流量は記録から見ると2月あるいは3月に生じ、その5年間の平均流量は  $6.1 \text{ m}^3/\text{s}$  であり、平均流量に対する比は  $0.365 \left( \frac{\text{最小流量}}{\text{年平均流量}} \right)$  である。

一方、Puente de Sanchez 測水所の流況表、Table 4-2-14 でみると、わずか5年間の記録であるが年流況に変動が少なく、この測水所の流量を適用して、計画を行っても大きな支障はないと判断される。この流況表より、年平均流量を100として、各流況日の比率を求めると以下の通りである。

Table 4-4-10 Run-off Duration at Puente de Sanchez G.S.

Unit: $\text{m}^3/\text{sec}$ .		
Duration day	Run-off	Ratio
Maximum	51.5	3.07
35 days	27.4	1.63
95 days	20.6	1.23
185 days	15.4	0.92
275 days	11.2	0.67
355 days	7.2	0.43
Minimum	6.1	0.37
Average	16.8	1.00

この流況比率から見ると、Puente de Sanchez 測水所に於ける流況は他の河川に比して、極めて良く、季節調整ができなくとも、相当の発電効果をあげる事ができる河川である事を示している。

EI Siete および Los Arayanes の2測水所については、未だ測定期間が短く、これらの記録を計画の検討に使用する事は現状では無理である。Puente de Sanchez 測水所付近と、EI Once, Diececho, No.1, No.2 計画地点付近とは気象条件が相当異なるので、流域面積比のみによ

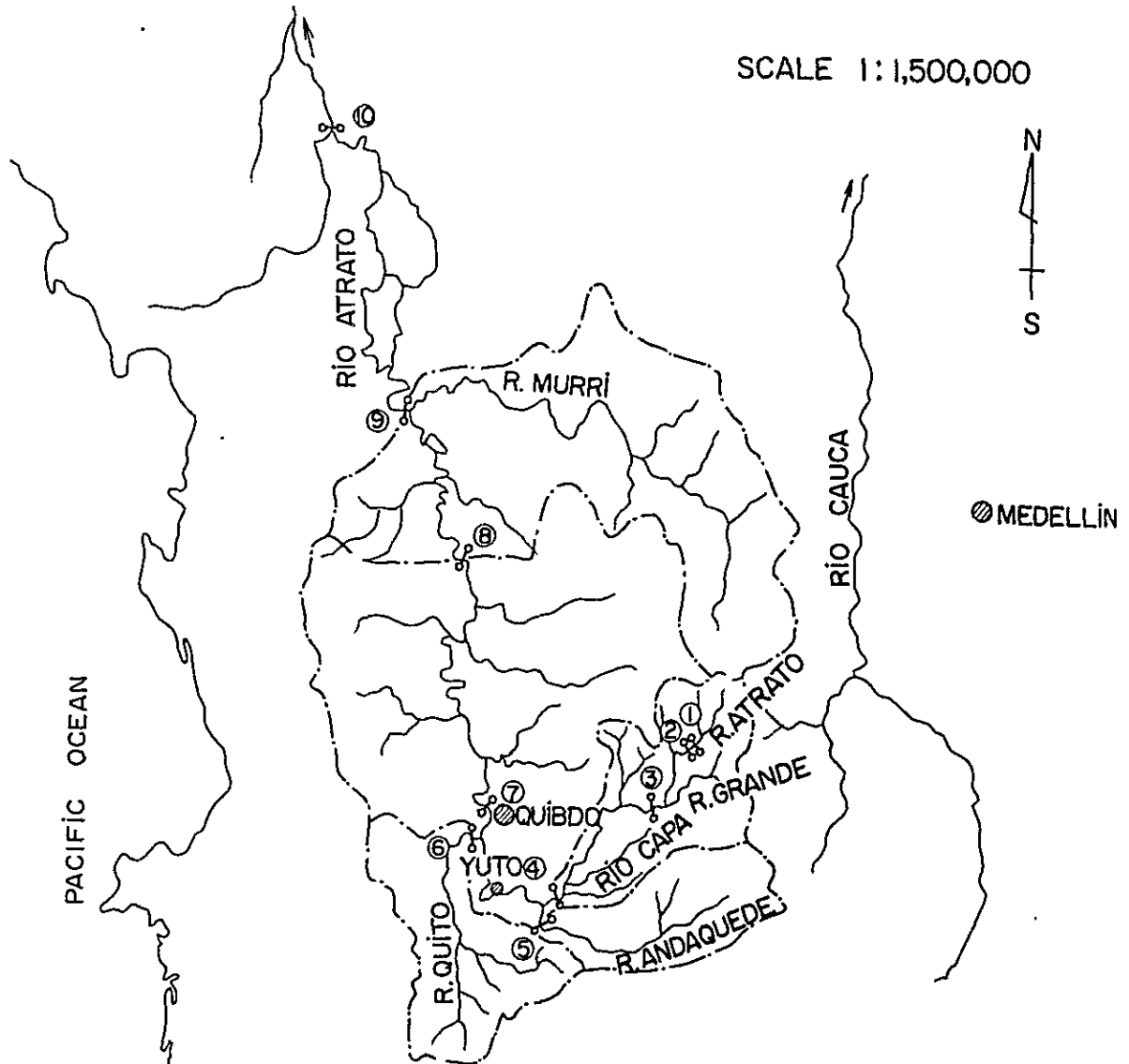
る相関で Puente de Sanchez 測水所の流量から、これらの計画地点の流量を算定するのは矛盾が多い。従って今後 Los Arayanes 測水所の測水を継続して、少くとも5年を経た後、これらの計画の検討に使用出来る事になる。

一方、El Lloro 発電計画のためには、既設 Lloro 測水所および Agua Sal 測水所が極めて有効である。しかし、残念ながら、現状では1981年5月に新設したばかりの記録期間の短い測水所であり、今回のスタディには使用できない。従って、El Lloro 地点の流量を推定するためには、Fig 4-4-2 に示すように Tagachi 測水所の記録を参考にしてスタディする必要がある。

Tagachi 測水所の月別流量の記録は Table 4-4-13 に示す通りである。この表を見ると9年間の平均流量は  $1,740 \text{ m}^3/\text{s}$  であり、 $100 \text{ km}^2$  当りの単位流量は  $17.2 \text{ m}^3/\text{s}$  である。これを Puente de Sanchez 測水所と比較すると、大変大きい数値である。この事は降水量の項 4.4.1 (4)でも記述したように、Quibdo を中心とする残流域が、年間を通じて、多雨地帯である事に原因している。

また、その流況は Table 4-4-16 に示す通りであり、発電にとっては極めてよい流況である事を示している。

Fig.4-4-2 LOCATION MAP OF GAGING STATION IN RIO ATRATO



Gaging Station	Catchment Area (km <sup>2</sup> )
① EL SIETE	160
② PUENTE DE SANCHEZ	205
③ ARAYANES	610
④ LORO	1,600
⑤ AGUA SAL	998
⑥ SAN ISIDRO	1,623
⑦ QUIBDO	4,870
⑧ TAGACHI	10,124
⑨ BELLAVISTA	15,127
⑩ DOMINGODO	—

Fig. 4-4-3 REGISTRATED DATA OF HYDROLOGICAL GAGING STATION IN ATRATO RIVER

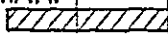

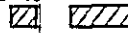




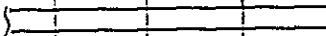




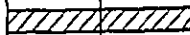
Gaging station	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	
EL SIETE								MAR.		
PUENTE DE SANCHES			AUG.							
LOS ARAYANES								SEPT.		
LLORO									MAY	
AGUA SAL									MAY	
	1969	1970	1971	1972	1973	~	1979	1980	1981	
SAN ISIDRO										
QUIBDO										
TAGACHI										
BELLAVISTA										
	1969	1970	~	1976	1977	1978	1979	1980	1981	
DOMINGODO										

Table 4-4-11 Monthly Run-off at Puente de Sanchez Gaging Station

Catchment Area: 205 km<sup>2</sup>

Year Month		Unit: m <sup>3</sup> /s						
		1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Jan.	Ave.	-	17.6	9.4	10.5	13.6	14.7	9.6
	Max.		34.5	12.5	15.6	16.4	20.9	12.0
	Min.		11.3	7.6	8.3	11.7	12.0	7.6
Feb.	Ave.	-	12.6	8.1	8.5	8.5	13.0	8.8
	Max.		25.3	11.5	10.9	11.3	20.9	17.0
	Min.		9.4	7.0	7.6	5.1	10.2	7.6
Mar.	Ave.	-	13.4	7.3	11.2	9.3	9.3	11.7
	Max.		18.7	12.9	28.7	15.1	15.1	18.5
	Min.		8.6	6.1	7.6	6.3	7.6	7.6
Apr.	Ave.	-	16.8	8.9	37.2	15.5	11.5	14.4
	Max.		31.4	15.6	73.9	46.8	35.4	28.7
	Min.		10.5	6.6	20.9	8.3	7.3	8.6
May	Ave.	-	17.0	17.7	29.1	19.0	22.6	15.7
	Max.		23.6	47.5	43.3	26.9	44.7	25.8
	Min.		11.7	10.9	21.5	14.2	12.5	11.7
June	Ave.	-	24.3	17.3	18.3	27.1	26.1	24.2
	Max.		39.6	28.7	26.9	44.7	43.3	59.4
	Min.		15.1	13.4	12.0	21.5	17.5	13.8
July	Ave.	-	15.9	15.9	15.2	23.4	14.8	14.9
	Max.		26.4	25.3	24.1	34.8	27.5	21.5
	Min.		9.7	11.3	12.0	17.5	11.3	10.2
Aug.	Ave.	33.7	8.9	19.8	11.3	18.1	16.7	12.7
	Max.	47.5	17.3	28.7	26.9	32.9	22.1	19.5
	Min.	20.9	6.1	11.7	8.3	12.5	12.5	9.0
Sep.	Ave.	28.9	7.5	13.0	15.3	20.6	12.1	13.5
	Max.	46.4	16.0	20.9	24.7	26.4	17.9	24.7
	Min.	15.7	4.6	9.0	9.4	15.6	9.7	9.7
Oct.	Ave.	24.4	15.9	24.4	21.2	27.0	16.2	-
	Max.	39.3	23.4	33.6	28.7	45.3	22.6	
	Min.	20.3	7.3	16.4	15.6	12.9	12.0	
Nov.	Ave.	26.9	21.2	23.2	27.3	26.5	16.1	-
	Max.	64.5	44.7	34.8	45.3	39.3	20.0	
	Min.	20.0	13.8	15.6	14.7	20.5	11.7	
Dec.	Ave.	50.8	13.9	16.9	19.9	20.1	13.7	-
	Max.	192.8	22.3	25.3	30.4	36.7	20.0	
	Min.	22.6	11.3	12.0	12.5	14.7	11.3	
Annual	Ave.	-	15.4	15.2	18.8	19.1	15.6	-
	Max.		44.7	47.5	73.9	46.8	44.7	
	Min.		4.6	6.1	7.6	5.1	7.3	

Note: Above data are calculated from the Puente de Sanchez Gaging Stations data by catchment area ratio.

Table 4-4-12 Monthly Run-off at Arayanez Gaging Station  
 Catchment Area: 613 km<sup>2</sup>

		Unit: m <sup>3</sup> /s	
Year	Month	1980	1981
Jan.	Ave.	-	-
	Max.		
	Min.		
Feb.	Ave.	-	-
	Max.		
	Min.		
Mar.	Ave.	-	-
	Max.		
	Min.		
Apr.	Ave.	-	-
	Max.		
	Min.		
May	Ave.	-	-
	Max.		176.0
	Min.		46.9
June	Ave.	-	104.7
	Max.		261.0
	Min.		52.2
July	Ave.	-	55.8
	Max.		129.1
	Min.		18.1
Aug.	Ave.	-	106.8
	Max.		182.8
	Min.		39.7
Sep.	Ave.	47.1	76.4
	Max.	151.0	134.6
	Min.	25.8	35.6
Oct.	Ave.	47.5	-
	Max.	68.0	
	Min.	27.5	
Nov.	Ave.	87.3	-
	Max.	352.6	
	Min.	39.0	
Dec.	Ave.	-	-
	Max.	232.0	
	Min.	37.3	
Annual	Ave.	-	-
	Max.		
	Min.		

Table 4-4-13 Monthly Run-off at Tagachi Gaging Station

Catchment Area: 10,124 km<sup>2</sup>Unit: m<sup>3</sup>/s

Year	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Month									
Jan. Ave.	1,390	1,951	2,516	2,292	768	2,221	1,399	1,627	663
Max.	1,910	2,737	3,041	2,542	1,568	2,664	1,909	2,003	1,448
Min.	880	1,211	1,680	2,010	438	1,840	787	1,400	165
Feb. Ave.	1,186	1,619	2,488	1,414	492	2,210	1,367	1,102	1,220
Max.	1,780	2,407	2,795	2,622	650	2,843	2,034	1,618	1,644
Min.	530	741	2,026	543	413	1,358	748	752	715
Mar. Ave.	1,329	1,353	2,138	1,059	1,181	1,826	900	839	728
Max.	2,150	2,076	2,787	1,563	1,838	2,625	1,377	1,395	1,279
Min.	690	634	1,163	462	410	724	505	163	375
Apr. Ave.	1,971	2,027	2,084	1,126	1,396	1,281	1,023	773	1,269
Max.	2,460	2,986	2,744	1,710	1,843	1,908	1,527	1,624	2,072
Min.	1,260	1,186	1,579	628	1,012	730	651	149	378
May Ave.	1,925	2,483	1,898	1,601	1,673	1,725	1,957	1,177	2,092
Max.	2,490	2,979	2,235	2,158	2,208	2,268	2,715	1,604	2,389
Min.	1,290	1,639	1,073	892	1,114	1,208	1,247	637	1,618
June Ave.	1,920	2,036	2,141	1,837	2,129	1,879	2,093	1,436	1,603
Max.	2,370	2,826	2,580	2,590	2,657	2,395	2,856	1,784	2,201
Min.	1,240	1,258	1,572	926	1,543	1,223	1,457	884	783
July Ave.	1,390	1,397	2,393	1,096	1,922	2,188	2,017	963	1,756
Max.	2,300	2,039	2,932	1,597	2,483	2,542	2,676	1,772	2,182
Min.	580	755	1,676	671	1,202	1,797	1,249	213	802
Aug. Ave.	2,267	2,098	2,065	1,157	1,961	2,022	2,607	1,017	1,881
Max.	2,550	2,564	2,641	2,037	2,936	2,612	2,923	1,503	2,246
Min.	1,160	1,500	1,364	499	1,200	1,202	1,845	166	1,238
Sep. Ave.	2,021	2,113	2,127	1,978	2,326	2,087	2,015	761	1,520
Max.	2,410	2,785	2,641	2,315	2,939	2,590	2,801	1,228	2,040
Min.	1,390	1,509	1,425	1,407	1,733	1,245	1,292	315	697
Oct. Ave.	2,263	2,119	1,947	1,488	2,686	2,376	2,591	1,055	2,179
Max.	2,930	2,516	2,362	2,285	2,833	2,686	2,843	1,492	2,533
Min.	1,640	1,654	1,490	631	2,539	1,958	1,595	351	1,812
Nov. Ave.	2,004	2,175	2,074	1,799	2,848	2,148	2,644	1,249	1,606
Max.	2,360	2,561	2,609	2,235	3,060	2,593	2,958	2,169	2,018
Min.	1,540	1,714	1,299	1,356	2,689	1,726	1,581	174	752
Dec. Ave.	2,187	1,856	1,621	1,174	2,401	1,603	2,447	797	1,453
Max.	2,760	2,696	2,378	1,669	3,003	2,430	2,779	1,614	2,012
Min.	1,580	1,312	1,075	474	1,945	958	2,015	139	668
Annual Ave.	1,824	1,936	2,122	1,500	1,822	1,963	1,926	1,066	1,500
Max.	2,930	2,986	3,041	2,622	3,060	2,843	2,958	2,169	2,533
Min.	530	634	1,073	462	410	724	505	139	165



Table 4-4-14 Annual River Run-off Duration  
at Puente de Sanchez Gaging Station  
Catchment Area: 205 km<sup>2</sup>

	1976	1977	1978	1979	1980	Average
Maximum	44.7	47.5	73.9	46.8	44.7	51.5
35 days	24.0	25.0	34.0	30.0	24.0	27.4
95 days	19.0	19.0	23.0	24.0	18.0	20.6
185 days	14.0	15.0	16.0	18.0	14.0	15.4
275 days	11.0	9.0	11.0	13.0	12.0	11.2
355 days	6.0	7.0	8.0	7.0	8.0	7.2
Minimum	4.6	6.1	7.6	5.1	7.3	6.1
Average	15.4	15.2	18.8	19.1	15.6	16.8

Table 4-4-15 Annual River Run-off Duration at El Siete No. 1 Dam

Catchment Area: 240 km<sup>2</sup>

	1976	1977	1978	1979	1980	Average
Maximum	52.3	55.6	86.5	54.8	52.3	60.9
35 days	28.1	29.3	39.8	35.1	28.1	32.1
95 days	22.2	22.2	26.9	28.1	21.1	24.1
185 days	16.4	17.6	18.7	21.1	16.4	18.0
275 days	12.9	10.5	12.9	15.2	14.0	13.1
355 days	7.0	8.2	9.4	8.2	9.4	8.4
Minimum	5.4	7.1	8.9	5.9	8.5	7.2
Average	18.0	17.8	22.0	22.4	18.3	19.7

Note: Above data are calculated from The Puente de Sanchez Gaging Stations data by catchment area ratio.

Table 4-4-16 Annual River Run-off Duration Curve at Tagachi Gaging Station

Catchment Area: 10,124 km<sup>2</sup>

	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Average
Maximum	2,930	2,986	3,041	2,622	3,060	2,843	2,958	2,169	2,533	2,794
35 days	2,460	2,587	2,705	2,290	2,792	2,505	2,830	1,618	2,167	2,439
95 days	2,220	2,310	2,433	1,929	2,488	2,354	2,525	1,393	1,958	2,179
185 days	1,840	1,980	2,125	1,487	1,840	2,078	1,935	1,064	1,629	1,775
275 days	1,460	1,575	1,833	1,100	1,288	1,546	1,394	786	1,006	1,332
355 days	810	873	1,285	551	449	1,070	729	198	417	709
Minimum	530	634	1,073	462	410	724	505	139	165	516
Average	1,824	1,936	2,122	1,500	1,822	1,963	1,926	1,066	1,500	1,740

Table 4-4-17 Annual River Run-off Duration Curve Par 100 km<sup>2</sup> at Tagachi Gaging Station

	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Average
Maximum	29.0	29.0	30.0	26.0	30.0	28.0	29.0	21.0	25.0	27.4
35 days	24.0	26.0	27.0	23.0	28.0	25.0	28.0	16.0	21.0	24.2
95 days	22.0	23.0	24.0	19.0	25.0	23.0	25.0	14.0	19.0	21.6
185 days	18.0	20.0	21.0	15.0	18.0	21.0	19.0	11.0	16.0	17.7
275 days	14.0	16.0	18.0	11.0	13.0	15.0	14.0	8.0	10.0	13.2
355 days	8.0	9.0	13.0	5.0	4.0	11.0	7.0	2.0	4.0	7.0
Minimum	5.0	6.0	11.0	5.0	4.0	7.0	5.0	1.0	2.0	5.1
Average	18.0	19.1	21.0	14.8	18.0	19.4	19.0	10.5	14.8	17.2

#### 4.4.3 計画地点の流量解析

4.4.2項に於いても記述したように、アトラート河上流部における発電計画策定に適用できる測水所は Puente de Sanchez のみであり、その計画は El Siete No 1, No 2 地点のみである。

また El Once 以下 El Lloro 計画地点までの計画に有効である Los Arayanes, Lloro, Agua Sal 3 測水所は測定期間が不足しているため、現時点では適用できない。

従って、El Siete No 1 計画については Puente de Sanchez の測水流量を適用するものとし、他の計画についてはティーセン法を適用して、取水流域内の雨量強度を求め、その値より雨量換算流量を算定し、河川流出係数を考慮して月別流量を推定する事にした。

雨量観測データから見ると1959年1980年までの22年間について、雨量換算流量を算定する事が可能であり、前記の22年を対象にして検討する事にした。月別流出係数はコロンビア内に参考となる数値がないので、Puente de Sanchez, Tagachi の2測水所について、流量記録のある期間について雨量換算流量と測定流量の相関を求め流出係数を推定する事にした。

月別流量については Puente de Sanchez と Tagachi の2測水所の実績流量より、月別平均流量に応ずるモデルを作成し流況の姿を想定する事にした。

また、雨量換算流量を求めるために適用する各計画地点の取水流域面積は地理院(Instituto Geograficos)発行の1/100,000 地形図を使用して求めた。しかし、この地形図はその精度に於いて極めて劣るものであり、レーダー画像からみても部分的に誤りが発見される。しかし、これに代る地形図がないため、今回のスタディには止むを得ずこの地形図を使用したものである。

##### 4.4.3.1 解析方法

今回の計画検討はアトラート河上流部に於ける水力開発のマスター・プラン策定であり、詳細に亘る解析はフィンビリティ・スタディの段階で、十分な測水記録を得た後行いものとし今回は、アトラート河上流部の流出量の状況を概略掌握するのを目的とした。

この事は、アトラート河上流部に於ける既設測水所の測定期間が、末だ短期間であるため水文解析の精度を上げる事ができないことによる。今回の検討では以下に記述する簡便法を適用して水文解析を行う事にした。

##### 4.4.3.2 流出係数

アトラート河上流部に於いては雨量観測所が数は少ないが、観測期間が1959～80年まで約22年に亘り整備されているので、この雨量データを使用しティーセン法で雨量観測所の影響範囲を求め、流出係数を考慮して各計画地点の月別流量を推定する事にした。

Table 4-4-18 と Table 4-4-19 は Puente de Sanchez と Tagachi の両測水所について、その測定期間について月別、年別流出係数を求めたものである。この表を見ると月別には当然の事ながら変動している。

しかし、年単位でみるとこの数値が Puente de Sanchez 測水所では 0.75~0.85 の変動であり、Tagachi 測水所では 1976 年を除いて 0.65~0.75 の範囲であり変動中は大きくない。従って、年平均値を適用しても大きな誤りの数値とはならないであろうと判断される。流出係数の平均値は El Siete No 1 計画については 0.814、El Siete No 2 計画、El Once El Dieciocho No 1、El Dieciocho No 2、El Lloro 計画については 0.729 として推定月別流量を算定するものとした。

Fig 4-4-4、Fig 4-4-5 は上記の流出係数を適用して、Puente de Sanchez と Tagachi 測水所について、実測流量と雨量から算定した月別推定流量を図示して対比したものである。この図でみると部分的には矛盾する月もあるが、全体的には良く一致していると言える。

これは、極めて単純な対比であるが、現状では計画地点の流域内に 1 地点あるいは 2 地点の雨量観測所をもつのみであり、高度の手法による解析は無理であると判断し、推定流量は雨量より単純に推定する手法を適用せざるを得なかった。

今回適用した基本公式は以下の通りである。

(1) Puente de Sanchez 測水所

$$\bar{Q}_1 = \bar{R}_1 \times f_1$$

$$\bar{R}_1 = R_1 \cdot \alpha_1 + R_2 \cdot \alpha_2$$

where:

$\bar{Q}_1$ : Calculated monthly run-off from precipitation at Puente de Sanchez gaging station ( $m^3/sec.$ )

$\bar{R}_1$ : Monthly average precipitation of catchment area (mm)

$f_1$ : Run-off coefficient for Puente de Sanchez gaging station  
= 0.814

$R_1$ : Monthly precipitation at Carmen de Atrato station (mm)

$R_2$ : Monthly precipitation at EL Piñon station (mm)

$\alpha_1$ : Weight of Carmen de Atrato station = 0.82

$\alpha_2$ : Weight of EL Piñon station = 0.18

(2) Tagachi 測水所

$$\bar{Q}_2 = \bar{R}_2 \times f_2$$

$$\bar{R}_2 = R_1 \cdot \alpha_1 + \dots + R_8 \alpha_8$$

where:

$\bar{Q}_2$ : Calculated monthly run-off discharge from precipitation at Tagachi gaging station ( $m^3/sec.$ )

$\bar{R}_2$ : Monthly average precipitation of catchment area (mm)

$f_2$ : Run-off coefficient for Tagachi gaging station = 0.724

$R_1$ : Monthly precipitation at Carmen de Atrato station (mm)

$R_2$ : Monthly precipitation at EL Piñon station (mm)

$R_3$ : Monthly precipitation at Tutunendo station (mm)

$R_4$ : Monthly precipitation at Quibdo station (mm)

$R_5$ : Monthly precipitation at La Vuelta station (mm)

$R_6$ : Monthly precipitation at Cartegi station (mm)

$R_7$ : Monthly precipitation at Pie de Pato station (mm)

$R_8$ : Monthly precipitation at Tagachi station (mm)

$\alpha_1$ : Weight of Carmen de Atrato station = 0.10

$\alpha_2$ : Weight of EL Piñon station = 0.15

$\alpha_3$ : Weight of Tutunendo station = 0.10

$\alpha_4$ : Weight of Quibdo station = 0.15

$\alpha_5$ : Weight of La Vuelta station = 0.10

$\alpha_6$ : Weight of Cartegi station = 0.10

$\alpha_7$ : Weight of Pie de Pato station = 0.10

$\alpha_8$ : Weight of Tagachi station = 0.20

Location of gagings and precipitation stations are shown in Fig.

4-4-7.

Table 4-4-18 Coefficient of River Run-off at  
Puente Sanchez Gaging Station

Catchment Area: 205 km<sup>2</sup>

Year Month	1976	1977	1978	1979	1980	Average
January	1.948	1.085	1.046	1.229	1.235	1.309
February	0.784	0.913	0.826	1.264	0.831	0.924
March	1.353	0.886	0.448	0.895	1.365	0.989
April	0.838	0.503	0.764	0.543	0.461	0.622
May	0.700	0.485	1.007	0.824	0.758	0.755
June	0.842	0.953	0.964	0.848	1.089	0.939
July	1.292	0.769	1.129	1.485	0.814	1.098
August	0.561	0.811	1.007	0.913	0.918	0.842
September	0.435	0.691	0.518	1.192	0.387	0.742
October	0.613	0.731	0.649	0.748	0.683	0.694
November	0.759	1.527	0.983	0.920	0.778	0.951
December	0.760	0.939	0.936	0.780	0.739	0.943
Average	0.821	0.794	0.810	0.886	0.739	0.814

Table 4-4-19 Coefficient of River Run-off at Tagachi Gaging Station

Catchment Area: 10,124 km<sup>2</sup>

Year Month	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1976	Average
January	0.586	0.789	0.557	0.937	0.662	0.854	0.664	0.789	0.693	0.718
February	0.865	0.722	0.775	1.008	1.040	0.998	0.697	0.725	0.825	0.866
March	0.711	0.640	0.541	0.843	0.564	0.808	0.611	0.727	0.602	0.665
April	0.894	0.618	0.674	0.717	0.752	0.639	0.624	0.388	0.666	0.698
May	0.720	0.671	0.698	0.739	0.731	0.842	0.636	0.491	0.630	0.708
June	0.716	0.779	0.511	0.758	0.867	0.701	0.576	0.510	0.723	0.704
July	0.712	0.651	0.627	0.899	0.760	0.692	0.779	0.428	0.726	0.731
August	0.628	0.675	0.589	0.548	0.731	0.704	0.574	0.362	0.752	0.650
September	0.605	0.763	0.678	0.805	0.890	0.759	0.736	0.407	0.836	0.758
October	0.898	0.729	0.636	0.708	0.914	0.700	0.818	0.456	0.805	0.776
November	1.050	0.814	0.781	0.823	0.687	0.725	0.692	0.482	0.856	0.804
December	0.707	0.472	0.747	0.843	0.939	0.895	0.835	0.430	0.968	0.801
Average	0.737	0.683	0.636	0.792	0.772	0.766	0.685	0.499	0.757	0.729

Fig. 4-4-4 CORRELATION BETWEEN AVERAGE PRECIPITATION OF CATCHMENT AREA AND RUN-OFF DISCHARGE  
AT PUENTE DE SANCHEZ GAGING STATION

CATCHMENT AREA : 205 km<sup>2</sup>

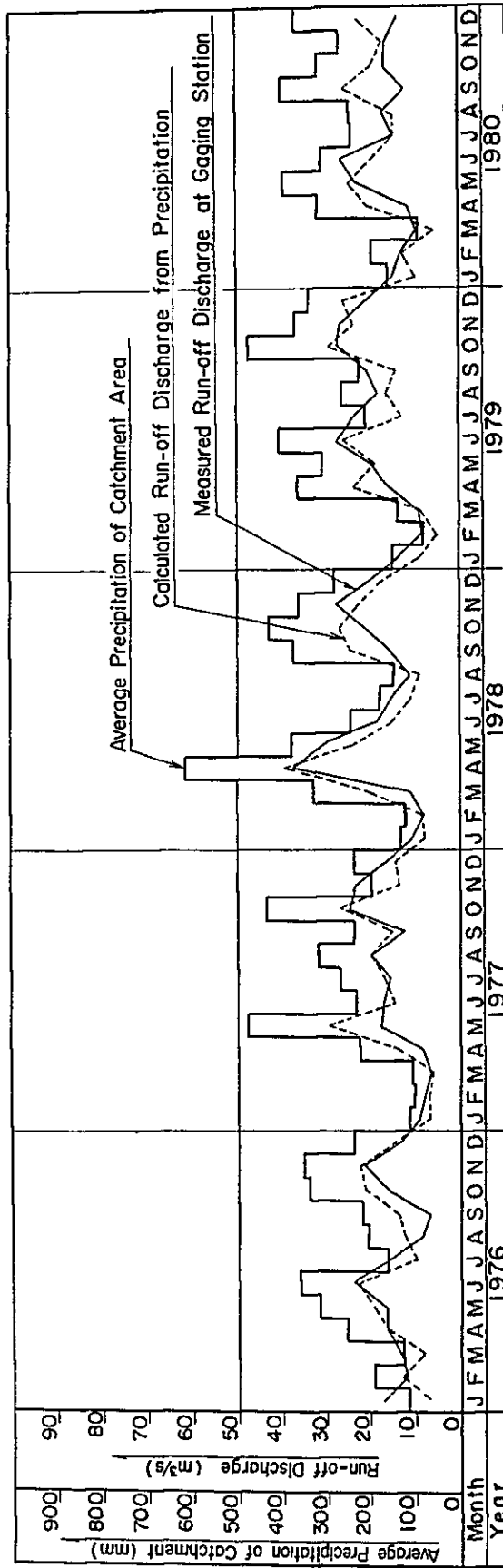
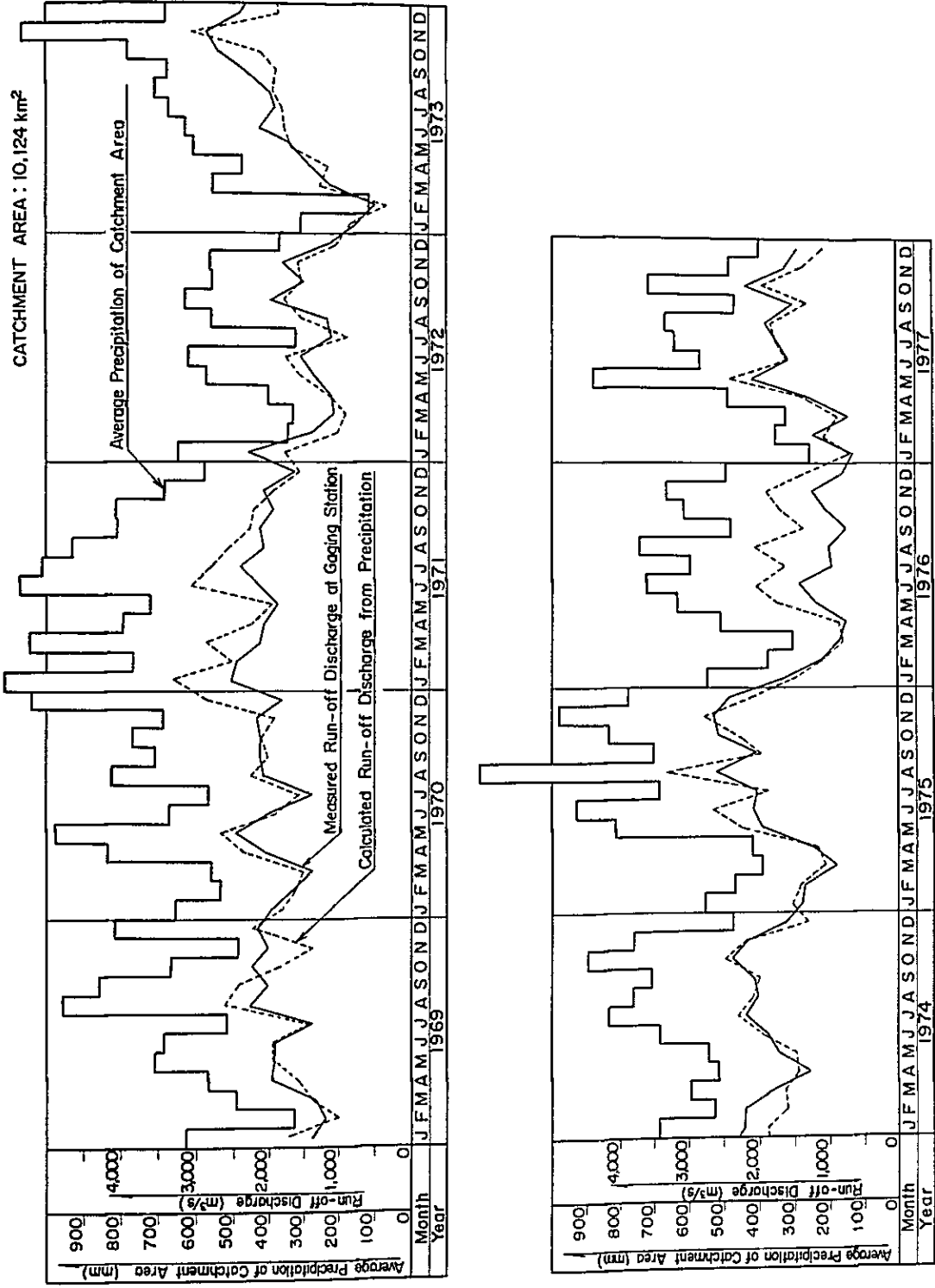




Fig. 4-4-5 CORRELATION BETWEEN AVERAGE PRECIPITATION OF CATCHMENT AREA AND RUN-OFF DISCHARGE AT TAGACHI GAGING STATION



#### 4.4.3.3 各計画地点に於ける流量

各計画地点の月別流量の推定値は 4.4.3.1 項で記述した手法を用いて以下に示す公式を適用して算出した。

##### (1) El Siete No.1 計画地点

$$Q_1 = \frac{(R_1 \cdot \alpha_1 + R_2 \cdot \alpha_2) A_1 \times 1,000}{(\text{Days in Month}) \times 86,400 \text{ sec.}} \times f_1 \quad (\text{m}^3/\text{sec.})$$

where,

$Q_1$ : Monthly run-off at El Siete No. 1 Dam ( $\text{m}^3/\text{sec.}$ )

$R_1$ : Monthly precipitation at Carmen de Atrato Station (mm)

$R_2$ : Monthly precipitation at El Piñon Station (mm)

$\alpha_1$ : Weight of Carmen de Atrato Station = 0.82

$\alpha_2$ : Weight of El Piñon Station = 0.18

$A_1$ : Catchment area of project El Siete Dam = 240  $\text{km}^2$

$f_1$ : Run-off coefficient = 0.814

Note: From August 1975 to December 1980 the values were obtained by catchment area ratio ( $240/205 = 1.1707$ ) from the measured run-offs of Puente de Sanchez Gaging Station.

##### (2) El Siete No.2 計画地点

$$Q_2 = Q_1 + \left[ \frac{R_2 \cdot \Delta A_2 \times 1,000 \times f_2}{(\text{Days in Month}) \times 86,400 \text{ sec.}} \right] \quad (\text{m}^3/\text{sec.})$$

where,

$Q_2$ : Monthly run-off at El Siete No. 2 intake dam

$R_2$ : Monthly precipitation at El Piñon Station (mm)

$\Delta A_2$ : Remaining catchment area between El Siete No. 1 Dam and El Siete No. 2 Intake Dam = 70  $\text{km}^2$

$f_2$ : Run-off coefficient = 0.729

(3) El Once 計画地点

$$Q_3 = Q_2 + \left[ \frac{R_2 \cdot \Delta A_3 \times 1,000 \times f_2}{(\text{Days in Month}) \times 86,400 \text{ sec.}} \right] (\text{m}^3/\text{sec.})$$

where,

$Q_3$ : Monthly run-off at El Once Dam ( $\text{m}^3/\text{sec.}$ )

$R_2$ : Monthly precipitation at El Piñon Station (mm)

$\Delta A_3$ : Remaining catchment area between El Siete No. 2 Intake Dam  
and El Once Dam =  $280 \text{ km}^2$

$f_2$ : Run-off coefficient = 0.729

(4) El Dieciocho No 1 計画地点

$$Q_4 = Q_3 + \left[ \frac{R_4 \cdot \Delta A_4 \times 1,000 \times f_2}{(\text{Days in Month}) \times 86,400 \text{ sec.}} \right] (\text{m}^3/\text{sec.})$$

where,

$Q_4$ : Monthly run-off at El Dieciocho No. 1 Dam Site  
( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$R_4$ : Precipitation at Quibdó Station

$\Delta A_4$ : Remaining catchment area between El Once Dam and El Once Dam  
and El Dieciocho No. 1 Dam =  $30 \text{ km}^2$

$f_2$ : Run-off coefficient = 0.729

(5) El Dieciocho No 2 計画地点

$$Q_5 = Q_4 + \left[ \frac{(R_2 \cdot \alpha_1 + R_4 \cdot \alpha_2) \Delta A_5 \times 1,000 \times f_2}{(\text{Days in Month}) \times 86,400 \text{ sec.}} \right] (\text{m}^3/\text{sec.})$$

where,

$Q_5$ : Monthly run-off at El Dieciocho No. 2 Project Site  
( $\text{m}^3/\text{sec.}$ )

$R_2$ : Precipitation at El Piñon Station (mm)

$R_4$ : Precipitation at Quibdó Station (mm)

$\Delta A_5$ : Catchment area of Rio Playa Dam Site =  $100 \text{ km}^2$

$f_2$ : Run-off coefficient = 0.729

$\alpha_1$ : Weight of El Piñon Station = 0.8

$\alpha_2$ : Weight of Quibdo Station = 0.2

(6) El Lloro 計画地点

$$Q_6 = Q_5 + \left[ \frac{(R_2 \cdot \alpha_1 + R_4 \cdot \alpha_2 + R_5 \cdot \alpha_3) \Delta A_6 \times 1,000 \times f_2}{(\text{Days in Month}) \times 86,400 \text{ sec.}} \right] (\text{m}^3/\text{sec.})$$

where,

$Q_6$ : Monthly run-off at El Lloro Dam ( $\text{m}^3/\text{sec.}$ )

$R_2$ : Precipitation at El Piñon Station (mm)

$R_4$ : Precipitation at Quibdo Station (mm)

$R_5$ : Precipitation at La Vuelta Station (mm)

$\alpha_1$ : Catchment area weight of El Piñon Station = 0.4

$\alpha_2$ : Catchment area weight of Quibdo Station = 0.2

$\alpha_3$ : Catchment area weight of La Vuelta Station = 0.4

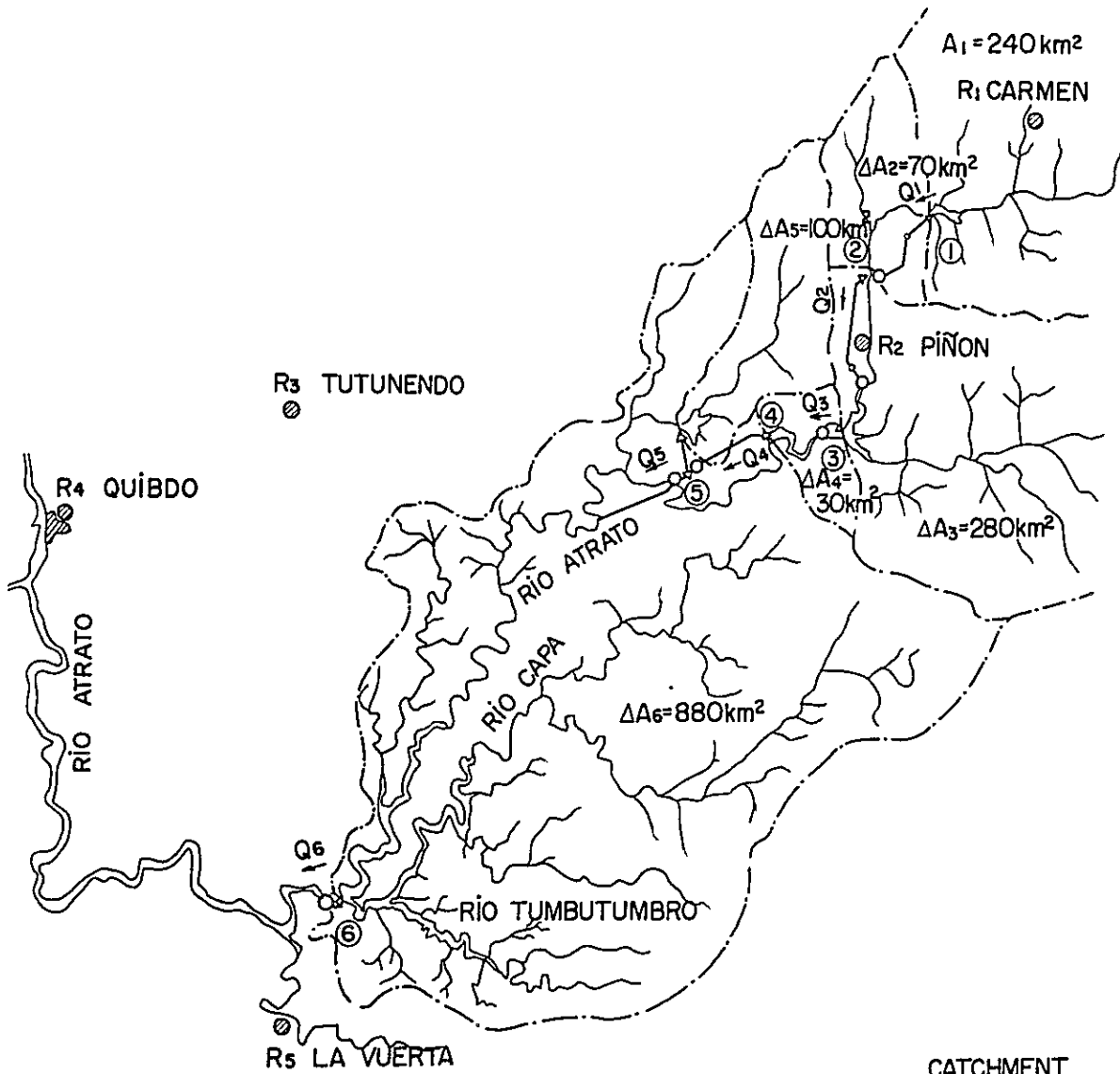
$\Delta A_6$ : Remaining Catchment area between El Dieciocho No. 2 Project  
and El Lloro Dam = 880  $\text{km}^2$

$f_2$ : Run-off coefficient = 0.729

以上の計算式に基づき、各計画地点の月別推定平均流量を求めた結果は Table 4-4-20 ~ Table 4-4-25 に示す通りである。

しかし、これは数少ない雨量観測所の観測値を利用して求めた推定流量であり、その精度に於いて劣る数値である事に注意しなければならない。El Siete No 1, El Siete No 2 計画に於いて、最も信頼できる流量は Puente de Sanchez 測水所の実測値を適用した 1976年から 1980年までの5年間のデータである。

Fig. 4-4-6 LOCATION MAP OF PRECIPITATION OBSERVATION STATION AND PROJECTS SITES



	DISCHARGE	CATCHMENT AREA (km <sup>2</sup> )
① EL SIETE NO. 1	Q <sub>1</sub>	240
② EL SIETE NO. 2	Q <sub>2</sub>	310
③ EL ONCE	Q <sub>3</sub>	590
④ EL DIECIOCHO NO. 1	Q <sub>4</sub>	620
⑤ EL DIECIOCHO NO. 2	Q <sub>5</sub>	720
⑥ LLORO	Q <sub>6</sub>	1,600

Table 4-4-20 Monthly Run-off at El Siete No. 1 Dam

Catchment Area: 240 km<sup>2</sup>

Year	Month	Run-off (m <sup>3</sup> /s)												Unit: m <sup>3</sup> /s			
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total	Average	Maximum	Minimum
1959		9.5	5.4	14.5	25.8	21.4	29.5	21.5	26.3	21.5	30.4	25.2	13.0	243.9	20.3	30.4	5.4
1960		25.4	20.4	18.2	25.2	27.8	32.8	32.2	21.3	19.1	25.9	28.7	34.0	310.9	25.9	34.0	18.2
1961		11.1	7.7	13.3	25.4	19.4	22.1	21.5	16.1	25.8	22.9	36.3	19.8	241.3	20.1	36.3	7.7
1962		10.9	17.2	16.5	15.7	27.5	20.6	18.4	21.3	18.0	29.4	13.6	16.4	225.6	18.8	29.4	10.9
1963		11.1	24.0	10.2	27.8	18.3	27.0	23.6	17.7	11.7	13.1	22.7	12.5	219.8	18.3	27.8	10.2
1964		11.4	12.4	9.1	32.9	20.0	30.7	26.6	19.7	25.0	27.8	18.5	26.1	260.3	21.7	32.9	9.1
1965		27.0	7.6	6.8	7.8	16.4	4.8	6.7	17.6	27.0	30.0	24.3	24.3	200.3	16.7	30.0	4.8
1966		11.9	18.0	23.2	20.2	36.2	36.6	28.3	29.5	21.8	28.5	29.9	21.3	305.3	25.4	36.6	11.9
1967		21.7	33.3	9.9	24.0	23.4	20.5	37.3	28.7	18.3	30.9	29.4	18.2	295.5	24.6	37.3	9.9
1968		6.4	10.0	19.1	25.4	25.2	23.8	14.7	19.1	17.5	21.2	30.5	13.1	226.0	18.8	30.5	6.4
1969		18.4	10.6	19.9	22.9	22.7	23.0	11.3	27.7	34.4	36.3	11.4	8.5	247.2	20.6	36.3	8.5
1970		12.6	4.4	11.3	19.7	25.0	15.9	16.9	18.4	26.0	28.8	35.3	55.6	269.8	22.5	55.6	4.4
1971		52.3	37.8	45.7	31.9	36.6	49.2	37.2	51.0	43.4	37.8	34.4	25.5	482.9	40.2	52.3	25.5
1972		20.0	4.6	11.0	19.1	26.8	21.8	9.2	22.5	24.2	23.8	22.0	11.5	216.4	18.0	26.8	4.6
1973		4.7	4.6	15.6	16.7	20.7	23.7	19.8	22.0	27.4	34.7	34.5	26.1	250.6	20.9	34.7	4.6
1974		26.6	23.4	17.7	18.8	17.1	18.8	28.1	22.0	22.5	31.7	27.7	7.8	262.2	21.8	31.7	7.8
1975		17.7	15.8	14.7	19.3	25.1	26.7	26.2	35.6	33.8	28.5	31.5	59.5	338.4	28.2	59.5	14.7
1976		20.6	14.8	15.7	19.7	20.0	28.4	18.6	10.5	8.8	18.6	24.8	16.3	216.7	18.1	28.4	8.8
1977		11.0	9.4	8.5	10.4	20.8	20.3	18.6	23.2	15.2	28.6	27.2	19.8	212.9	17.7	28.6	8.5
1978		12.3	10.0	13.1	43.5	34.1	21.4	17.8	13.2	17.9	24.8	31.9	23.3	263.4	21.9	43.5	10.0
1979		16.0	10.0	10.9	18.1	22.3	31.7	27.5	21.2	24.2	31.6	31.1	23.5	267.8	22.3	31.7	10.0
1980		17.2	15.2	10.8	13.4	26.5	30.6	17.3	19.6	14.2	19.0	18.8	22.7	225.3	18.8	30.6	10.8
Total		375.9	320.5	335.9	483.7	533.1	559.8	479.1	504.1	497.7	604.2	589.7	498.8	5,782.5	481.6		
Average		17.1	14.6	15.3	22.0	24.2	25.4	21.8	22.9	22.6	27.5	26.8	22.7	262.8	21.9		
Maximum		52.3	37.8	45.7	43.5	36.6	49.2	37.3	51.0	43.4	37.8	36.3	59.5				
Minimum		4.7	4.4	6.8	7.8	16.4	4.8	6.7	10.5	8.8	13.1	11.4	7.8				

Table 4-4-21 Monthly Run-off at El Siete No. 2 Dam

Catchment Area: 310 km<sup>2</sup>

Month Year	Unit: m <sup>3</sup> /s															
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total	Average	Maximum	Minimum
1959	18.9	8.6	20.4	40.4	36.9	46.7	29.2	37.8	34.2	48.2	41.7	22.9	386.0	32.2	48.2	8.6
1960	43.6	34.1	31.7	43.5	45.4	49.6	56.2	39.8	33.4	45.3	52.2	55.8	530.8	44.2	56.2	31.7
1961	20.8	9.9	21.3	38.2	27.9	32.3	31.1	25.8	39.0	40.2	64.0	35.7	386.2	32.2	64.0	9.9
1962	21.1	25.6	23.3	27.5	41.6	30.4	28.3	29.2	32.6	45.8	23.7	30.9	360.2	30.0	45.8	21.1
1963	19.8	37.8	16.6	41.1	32.2	37.9	35.5	24.5	18.6	22.9	36.8	22.0	345.6	28.8	41.1	16.6
1964	20.3	17.2	14.8	45.4	30.5	45.4	34.4	31.0	35.4	44.6	26.4	43.9	389.3	32.4	45.4	14.8
1965	42.0	13.1	11.9	13.8	28.9	8.5	11.7	24.8	39.8	48.5	35.9	38.0	316.8	**26.4	48.5	8.5
1966	18.4	27.9	30.2	27.2	52.4	51.2	36.5	40.2	31.8	43.5	51.5	34.6	445.5	37.1	52.4	18.4
1967	32.6	45.7	14.6	36.0	36.7	27.9	45.9	36.7	27.2	42.0	43.5	29.4	418.2	34.8	45.9	14.6
1968	9.1	17.1	24.9	33.8	38.0	35.2	20.4	26.8	25.2	37.3	47.9	19.0	334.7	27.9	47.9	9.1
1969	29.0	17.4	25.4	32.9	37.5	32.7	22.6	45.3	54.3	53.2	17.8	24.4	392.6	32.7	54.3	17.4
1970	27.0	16.9	22.3	36.6	46.4	31.2	27.5	37.5	42.7	45.4	56.8	113.3	501.5	41.8	111.3	16.9
1971	99.8	70.3	85.6	56.8	59.9	83.7	71.2	85.7	77.7	68.6	68.0	44.0	871.3	*72.6	99.8	44.0
1972	37.1	9.0	15.8	30.0	36.4	29.6	14.7	31.8	37.6	33.6	31.4	18.9	325.9	27.2	37.6	9.0
1973	8.1	8.1	24.9	24.2	32.5	39.8	33.2	34.5	44.1	62.3	60.2	45.4	417.6	34.8	62.3	8.1
1974	47.5	34.9	30.6	26.2	30.3	28.0	40.6	34.3	35.4	54.9	47.8	15.7	426.2	35.5	54.9	15.7
1975	29.3	30.5	22.8	26.0	42.1	41.8	37.9	59.6	48.7	53.6	58.3	86.5	536.9	44.7	86.5	22.8
1976	27.9	24.4	20.9	31.4	33.3	43.8	26.9	19.1	21.4	35.2	38.6	32.7	355.5	29.6	43.8	19.1
1977	18.4	18.0	14.0	21.8	51.1	28.5	29.3	34.5	28.3	48.8	40.3	36.2	369.3	30.8	51.1	14.0
1978	20.5	17.0	26.7	66.9	48.7	31.5	26.2	19.7	34.9	46.1	47.6	37.2	423.1	35.3	66.9	17.0
1979	22.8	14.8	16.4	34.9	36.9	45.2	36.2	34.0	36.9	49.6	47.4	42.2	417.2	34.8	49.6	14.8
1980	24.6	27.6	14.9	32.0	38.1	44.1	26.0	28.9	35.3	33.1	33.9	39.5	377.9	31.5	44.1	14.9
Total	638.7	526.0	529.9	766.8	863.7	844.8	721.6	781.5	814.7	1,002.8	971.4	868.2	9,328.3	777.3		
Average	29.0	23.9	24.1	34.9	39.3	38.4	32.8	35.5	37.0	45.6	44.2	39.5	424.0	35.3		
Maximum	99.8	70.3	85.6	66.9	59.9	83.7	71.2	85.7	77.7	68.6	68.0	113.3				
Minimum	8.1	8.1	11.9	13.8	27.9	8.5	11.7	19.1	18.6	22.9	17.8	15.7				

Table 4-4-22 Monthly Run-off at El Once Dam

Catchment Area: 590 km<sup>2</sup>

Year	Month	Run-off (m <sup>3</sup> /s)												Unit: m <sup>3</sup> /s			
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total	Average	Maximum	Minimum
1959		56.6	21.3	44.3	99.1	98.9	115.5	60.0	83.7	85.0	119.4	107.9	62.2	954.0	79.5	119.4	21.3
1960		116.5	89.1	65.8	117.0	116.0	116.7	152.4	113.9	90.7	123.1	146.0	142.9	1,410.1	117.5	152.4	85.8
1961		59.9	18.9	53.6	89.1	62.2	73.1	69.3	64.4	92.0	109.1	174.6	99.6	965.8	80.5	174.6	18.9
1962		62.0	59.5	50.2	74.6	98.2	69.5	67.9	60.9	91.1	111.7	64.0	88.7	898.4	74.9	111.7	50.2
1963		54.7	93.0	41.8	94.4	87.7	81.5	82.7	51.4	46.1	62.4	93.2	60.1	849.0	70.7	94.4	41.8
1964		56.2	36.2	37.6	95.7	72.2	104.1	65.9	75.8	76.8	111.6	57.6	115.2	905.0	75.4	115.2	36.2
1965		101.8	35.3	32.4	37.6	78.7	23.2	31.9	53.6	90.9	122.7	82.2	92.5	782.8	65.2	122.7	23.2
1966		44.1	67.4	57.9	55.6	117.1	109.8	69.5	83.3	71.8	103.8	137.8	87.9	1,006.0	83.8	137.8	44.1
1967		76.0	95.5	33.6	84.3	90.0	57.6	80.5	68.8	62.7	86.3	99.9	73.8	908.9	75.7	99.9	33.6
1968		19.7	45.7	47.9	67.4	89.0	81.0	43.3	57.9	55.9	101.7	117.4	42.6	769.5	64.1	117.4	19.7
1969		71.5	44.4	47.4	73.1	96.5	71.4	68.0	115.7	133.8	120.9	43.3	88.2	974.1	81.2	133.8	43.3
1970		84.4	66.9	66.3	104.3	132.0	92.3	70.0	113.8	109.9	111.8	142.9	333.8	1,428.5	119.0	333.8	66.3
1971		290.0	200.1	245.3	156.2	153.2	221.4	207.3	224.7	214.8	191.5	202.4	118.2	2,425.2	202.1	290.0	118.2
1972		105.3	26.5	35.1	73.8	74.9	60.7	36.6	69.1	91.4	73.1	69.1	48.6	764.3	63.7	105.3	26.5
1973		21.7	22.1	62.1	54.3	79.9	104.3	86.9	84.7	110.8	173.0	162.9	122.7	1,085.3	90.4	173.0	21.7
1974		131.4	81.1	82.0	55.9	81.3	64.7	90.4	83.3	86.9	148.0	128.3	47.1	1,082.3	90.2	148.0	47.1
1975		75.7	73.3	55.0	52.8	109.9	102.1	84.6	155.3	108.4	153.8	165.2	194.3	1,330.6	110.9	194.3	52.8
1976		56.9	62.9	41.8	78.0	86.8	105.2	59.9	53.5	71.7	101.3	94.1	98.1	910.3	75.9	105.2	41.8
1977		48.1	52.5	35.6	67.2	172.5	61.5	72.3	80.0	81.0	129.5	92.6	101.7	994.6	82.9	172.5	35.6
1978		53.2	45.2	81.1	160.4	107.4	71.7	59.8	45.5	103.2	131.3	110.4	93.0	1,062.1	88.5	160.4	45.2
1979		50.3	34.0	38.1	102.1	95.4	99.2	71.3	85.2	87.7	121.8	112.5	117.0	1,014.7	84.6	121.8	34.0
1980		54.0	77.0	30.9	106.2	84.5	98.4	60.7	66.5	119.9	89.5	94.1	106.1	987.9	82.3	119.9	30.9
Total		1,690.0	1,348.2	1,306.0	1,899.1	2,186.0	1,985.1	1,691.3	1,891.1	2,082.7	2,597.2	2,498.3	2,334.3	23,509.4	1,959.0		
Average		76.8	61.3	59.4	86.3	99.4	90.2	76.9	86.0	94.7	118.1	113.6	106.1	1,068.6	89.0		
Maximum		290.0	200.1	245.3	160.4	172.5	221.4	207.3	224.7	214.8	191.5	202.4	333.8				
Minimum		19.7	18.9	30.9	37.6	62.2	23.2	31.9	45.5	46.1	62.4	43.3	42.6				



Table 4-4-23 Monthly Run-off at El Dieciocho No. 1 Dam

Catchment Area: 620 km<sup>2</sup>

Month Year	Catchment Area: 620 km <sup>2</sup>												Unit: m <sup>3</sup> /s			
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total	Average	Maximum	Minimum
1959	60.6	22.6	46.9	105.4	105.5	122.9	63.3	88.6	90.5	127.0	114.9	66.4	1,014.9	84.6	127.0	22.6
1960	124.3	95.0	91.6	124.8	123.6	123.8	162.7	121.9	96.8	131.5	156.1	152.2	1,504.3	125.4	162.7	91.6
1961	64.0	19.9	57.1	94.6	65.9	77.5	73.5	68.5	97.7	116.4	186.4	106.4	1,027.9	85.7	186.4	19.9
1962	66.4	63.2	53.1	79.7	104.2	73.7	72.2	64.3	97.4	118.7	68.3	94.9	956.1	79.7	118.7	53.1
1963	58.4	98.9	44.5	100.1	93.6	86.2	87.8	54.3	49.1	66.7	99.2	64.2	902.9	75.2	100.1	44.5
1964	60.1	38.3	40.1	101.1	76.7	110.4	69.3	80.6	81.3	118.7	61.0	122.8	960.3	80.0	122.8	38.3
1965	108.2	37.7	34.6	40.2	84.1	24.8	34.1	56.7	96.4	130.6	87.1	98.4	832.7	69.4	130.6	24.8
1966	46.9	71.7	60.8	58.6	124.0	116.1	73.1	87.9	76.1	110.2	147.0	93.6	1,066.0	88.8	147.0	46.9
1967	80.6	100.8	35.7	89.5	95.7	60.8	84.2	72.2	66.5	91.0	106.0	78.6	961.5	80.1	106.0	35.7
1968	20.8	48.8	50.4	71.0	94.5	86.0	45.8	61.2	59.2	108.6	124.9	45.1	816.1	68.0	124.9	20.8
1969	76.0	47.3	49.7	77.4	102.8	75.5	72.8	123.2	142.3	128.1	46.0	95.0	1,036.4	86.4	142.3	46.0
1970	90.5	72.3	71.0	111.6	141.2	98.9	74.6	122.0	117.1	118.9	152.1	357.6	1,527.8	127.3	357.6	71.0
1971	310.4	214.0	262.4	166.9	163.2	236.2	221.8	239.6	229.5	204.7	216.8	126.1	2,591.6	216.0	310.4	126.1
1972	112.6	28.4	37.2	78.5	79.0	64.1	38.9	73.1	97.1	77.4	73.2	51.8	811.2	67.6	112.6	28.4
1973	23.1	23.6	66.1	57.5	84.9	111.2	92.7	90.0	118.0	184.8	173.9	131.0	1,156.9	96.4	184.8	23.1
1974	140.4	86.1	87.5	59.0	89.0	68.7	95.8	88.5	92.4	158.0	136.9	50.4	1,152.7	96.1	158.0	50.4
1975	80.6	77.9	58.5	55.7	117.2	108.6	89.6	165.0	114.8	164.5	176.7	205.9	1,415.7	118.0	205.9	55.7
1976	60.0	67.0	44.1	83.0	92.5	111.7	63.5	57.2	77.1	108.4	100.0	105.1	969.7	80.8	111.7	44.1
1977	51.3	56.1	37.9	72.1	185.5	65.1	77.0	84.9	86.7	138.1	98.3	108.7	1,061.6	88.5	185.5	37.9
1978	56.7	48.3	86.9	170.4	113.6	76.0	63.4	48.3	110.5	140.4	117.1	98.9	1,130.6	94.2	170.4	48.3
1979	53.3	36.1	40.5	109.3	101.7	105.0	75.0	90.7	93.1	129.5	119.5	125.0	1,078.7	89.9	129.5	36.1
1980	57.2	82.3	32.7	114.2	89.4	104.2	64.4	70.6	128.9	95.5	100.5	113.2	1,053.2	87.8	128.9	32.7
Total	1,802.6	1,436.3	1,389.1	2,020.5	2,327.7	2,107.3	1,795.1	2,010.0	2,218.6	2,768.1	2,661.9	2,491.6	25,010.8	2,085.9		
Average	81.9	65.3	63.1	91.8	105.8	95.8	81.6	91.4	100.8	125.8	121.0	113.3	1,136.9	94.8		
Maximum	310.4	214.0	262.4	170.4	185.5	236.2	221.8	239.6	229.5	204.7	216.8	357.6				
Minimum	20.8	19.9	32.7	40.2	65.9	24.8	34.1	48.3	49.1	66.7	46.0	45.1				

Table 4-4-24 Monthly Run-off at El Dieciocho No. 2 Power Station

Catchment Area: 720 km<sup>2</sup>

Year	Month												Total	Average	Unit: m <sup>3</sup> /s	
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.			Maximum	Minimum
1959	73.9	27.8	56.4	127.6	128.6	150.3	77.4	107.0	111.9	151.5	136.6	82.4	1,231.3	102.6	151.5	27.8
1960	149.5	115.1	111.3	149.9	150.2	148.0	197.6	150.1	118.8	159.4	188.8	181.5	1,820.2	151.7	197.6	111.3
1961	81.2	25.4	71.0	115.6	82.1	95.8	91.0	87.3	116.6	140.2	223.7	129.8	1,259.7	105.0	223.7	25.4
1962	80.7	73.7	62.1	93.8	121.2	85.6	89.2	79.2	118.4	140.5	84.2	115.5	1,144.3	95.4	140.5	62.1
1963	69.5	115.3	53.6	116.4	110.6	102.3	103.1	63.7	60.4	79.2	118.9	80.9	1,073.9	89.5	118.9	53.6
1964	72.7	47.3	47.8	119.6	93.2	134.3	83.6	102.0	100.2	141.9	74.7	147.9	1,165.1	97.1	147.9	47.3
1965	132.2	48.4	43.2	50.0	102.9	34.9	44.2	72.2	116.0	154.8	104.4	117.5	1,020.6	85.1	154.8	34.9
1966	59.2	87.9	71.1	70.8	147.5	137.4	89.2	104.8	92.4	130.1	176.4	115.2	1,282.0	106.8	176.4	59.2
1967	97.3	120.9	43.7	108.1	115.7	74.4	98.5	89.0	83.0	111.1	130.1	97.5	1,169.2	97.4	130.1	43.7
1968	25.2	61.7	62.8	84.3	114.2	103.2	57.9	76.4	72.3	131.9	148.4	57.3	995.8	83.0	148.4	25.2
1969	96.1	57.3	59.8	95.2	125.4	91.2	89.3	150.3	172.0	151.6	57.1	118.9	1,264.0	105.3	172.0	57.1
1970	110.7	91.2	88.8	136.9	172.6	120.9	90.6	146.2	140.8	144.0	181.4	427.3	1,851.2	154.3	427.3	88.8
1971	371.8	257.5	312.8	203.1	194.0	282.4	269.0	284.5	274.6	245.2	260.6	151.1	3,106.5	258.9	371.8	151.1
1972	136.6	37.1	43.5	92.7	94.8	78.9	47.1	87.3	119.3	93.0	90.8	63.7	984.8	82.1	136.6	37.1
1973	29.2	28.2	83.2	72.5	106.7	135.3	113.7	109.6	141.5	220.8	209.1	156.9	1,406.6	117.2	220.8	28.2
1974	167.4	102.9	104.8	70.6	106.3	83.1	116.2	106.3	112.0	194.9	164.2	63.5	1,392.3	116.0	194.9	63.5
1975	96.4	94.1	70.4	66.7	142.7	132.7	108.2	203.6	140.0	200.9	214.9	242.3	1,712.9	142.7	242.3	66.7
1976	72.1	81.1	52.0	100.3	113.5	135.8	77.7	73.3	96.3	132.4	121.6	128.3	1,184.4	98.7	135.8	52.0
1977	62.2	71.0	47.1	88.9	224.4	79.7	94.7	103.3	102.4	165.3	117.3	131.7	1,289.0	107.4	224.4	47.1
1978	67.3	58.6	104.6	203.3	136.2	96.6	80.0	60.7	135.2	170.9	140.7	122.4	1,376.5	114.7	203.3	58.6
1979	63.8	45.8	50.9	131.6	122.8	126.0	90.4	110.2	112.4	156.6	138.7	149.7	1,299.1	108.3	156.6	45.8
1980	70.7	99.4	40.8	138.8	108.5	128.7	81.2	88.5	162.7	120.1	129.3	137.2	1,306.0	108.8	162.7	16.0
Total	2,185.6	1,747.7	1,681.6	2,436.6	2,814.2	2,557.7	2,189.7	2,455.5	2,699.3	3,337.4	3,211.8	3,018.3	30,335.4	2,528.0		
Average	99.3	79.4	76.4	110.8	127.9	116.3	99.5	111.6	122.7	151.7	146.0	137.2	1,378.9	114.9		
Maximum	371.3	257.5	312.8	203.3	224.4	282.4	269.0	284.5	274.6	245.2	260.6	427.3				
Minimum	25.2	25.4	40.8	50.0	82.1	34.9	44.2	60.7	60.4	79.2	57.1	57.3				

Table 4-4-25 Monthly Run-off at El Lloro Dam

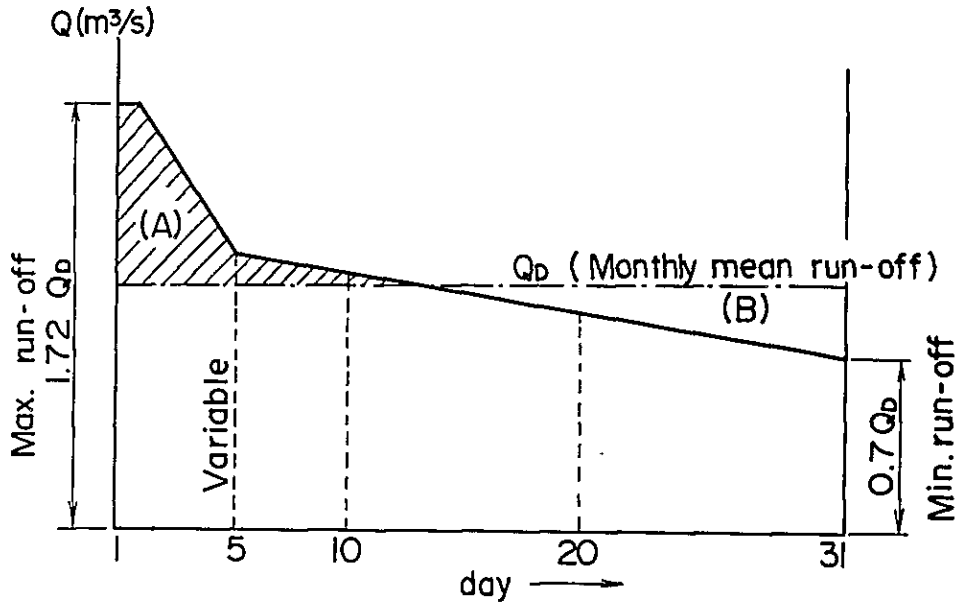
Catchment Area: 1,600 km<sup>2</sup>

Month Year	Unit: m <sup>3</sup> /s															
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total	Average	Maximum	Minimum
1959	177.2	76.4	145.3	318.5	323.1	406.1	231.2	278.7	327.7	330.7	273.4	234.7	3,129.0	260.8	406.1	76.4
1960	335.4	279.2	273.4	330.8	380.7	340.8	481.5	395.9	314.8	382.3	436.9	385.3	4,337.1	361.4	481.5	273.4
1961	260.5	102.2	212.5	320.2	264.3	293.1	282.4	305.8	265.9	316.0	486.9	322.6	3,432.5	286.0	486.9	102.2
1962	189.5	135.8	123.9	167.1	211.3	151.9	263.5	245.9	286.9	286.8	232.0	277.7	2,572.2	214.4	286.9	123.9
1963	166.7	281.2	178.3	265.5	277.6	260.7	238.0	201.4	210.4	178.8	289.8	241.8	2,790.2	232.5	289.8	166.7
1964	193.4	134.7	140.4	289.5	260.2	365.7	283.0	323.7	305.6	320.0	217.8	326.9	3,160.8	263.4	365.7	134.7
1965	351.7	178.5	143.6	177.2	271.8	193.2	168.1	258.5	303.7	348.5	314.0	273.5	2,982.2	248.5	351.7	143.6
1966	204.9	241.8	166.3	191.5	342.0	319.8	282.4	262.4	264.7	313.0	387.8	292.3	3,268.9	272.4	387.8	166.3
1967	257.1	281.4	111.8	267.2	335.5	296.0	252.8	270.0	260.6	333.3	347.2	300.2	3,313.1	276.1	347.2	111.8
1968	87.6	180.3	179.7	237.2	300.2	264.1	222.1	284.3	236.0	355.2	348.0	223.3	2,918.1	243.2	355.2	87.6
1969	280.2	171.9	160.9	289.4	342.1	273.0	257.5	438.3	416.6	329.5	184.9	361.0	3,505.3	292.1	438.3	160.9
1970	272.2	247.4	246.3	377.7	439.3	297.1	250.1	366.3	342.1	389.2	398.3	844.0	4,470.1	372.5	844.0	246.3
1971	769.4	539.8	682.7	487.3	436.8	605.9	603.0	610.1	578.1	532.6	559.2	350.8	6,755.7	563.0	769.4	350.8
1972	340.9	138.2	116.4	202.1	261.3	232.0	146.0	259.8	324.3	255.8	265.4	168.3	2,710.5	225.9	340.9	116.4
1973	104.7	65.5	241.3	216.5	291.8	341.6	288.4	314.0	347.2	493.8	514.7	374.4	3,593.7	299.5	514.7	65.5
1974	318.0	217.5	242.6	192.6	227.2	265.7	332.9	311.6	323.6	480.6	397.9	187.9	3,498.2	291.5	480.6	187.9
1975	234.8	213.3	162.8	176.8	368.2	358.0	301.9	526.4	357.5	504.9	502.5	515.2	4,222.3	351.9	526.4	162.8
1976	218.6	210.4	133.4	265.5	271.8	328.1	219.3	259.6	255.7	322.7	303.5	281.1	3,069.8	255.8	328.1	133.4
1977	146.4	202.5	136.0	229.1	498.5	220.4	301.1	296.3	264.9	402.0	309.4	282.7	3,289.2	274.1	498.5	136.0
1978	150.9	150.3	236.8	452.0	328.8	352.6	246.6	213.7	338.5	396.1	307.6	314.2	3,488.0	290.7	452.0	150.3
1979	160.9	140.7	173.4	301.8	323.0	294.9	264.0	329.0	305.7	378.7	262.5	314.3	3,249.0	270.8	378.7	140.7
1980	208.8	227.1	151.9	320.7	289.4	350.1	200.5	246.6	459.9	317.7	339.5	327.2	3,439.3	286.6	459.9	151.9
Total	5,429.7	4,416.2	4,359.7	6,076.2	7,045.0	6,810.7	6,116.4	6,998.3	7,090.4	7,967.9	7,685.1	7,199.4	77,195.2	6,433.1		
Average	246.8	200.7	198.2	276.2	320.2	309.6	278.0	318.1	322.3	362.2	349.3	327.2	3,508.9	292.4		
Maximum	769.4	539.8	682.7	487.3	498.5	605.9	603.0	610.1	578.1	532.6	559.2	844.0				
Minimum	87.6	65.5	111.8	167.1	211.3	151.9	146.0	201.4	210.4	178.8	184.9	168.3				

#### 4.4.3.4 各計画地点の使用水量

各計画地点の使用水量（平均使用水量）と最低5日平均可能使用水量は、月流況モデルにより推定した。この月流況モデルは、Puente de Sanchez 測水所及び Tagachi 測水所の月流況を解析した結果、一つのモデルで代表出来ると判断して作成したものである。Fig 4-4-7にその月流況モデルを示す。

Fig.4-4-7 MONTHLY DURATION CURVE'S MODEL



Note) Since the number of days in a month varies among 28-31 days the 5th-day run-off is obtained for individual months so that the areas of (A) and (B) is equal.

#### 4.4.4 各計画地点の計画洪水量の推定

アトラート河上流部に於いては、未だ洪水観測は行われていない。従って洪水を推定するためのデータとしては、各雨量観測所での日最大雨量 ( $R_{24}$ ) しかない。そのために使用できる雨量観測所は Carmen, Piñon, Tutunendo, La Vuelta の4観測所である。

また、日最大雨量 ( $R_{24}$ ) より洪水量を算定する公式は通常使用されているラショナル式を適用する事にした。そのラショナル式は以下の通りである。

$$Q = \frac{1}{3.6} \times f \times R_{td} \times A$$

where,

$$R_{td} \text{ (rainfall intensity)} = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T_d}\right)^{2/3} \quad (\text{mm/hour})$$

$$T_a \text{ (flood concentration time)} = \frac{L}{20 \times \left(\frac{H}{L}\right)^{0.6}} \quad (\text{hour})$$

f: Run-off coefficient = 1.0

A: Catchment area (km<sup>2</sup>)

H: Difference of elevation (m)

L: River channel length (m)

一方、確率日最大雨量 ( $R_{24}$ ) の算定には、各計画地点の流域に影響を与える荷重値と適用する雨量観測所を Table 4-4-26 に示すように想定し、次式を適用して年間日最大雨量を求めガンベル法で確率日最大雨量を算定した。その結果は Table 4-4-27 に示す通りである。

$$R_{24} \text{ (El Siete No. 1)} = 0.82R_1 + 0.18R_2$$

$$R_{24} \text{ (El Siete No. 2)} = 0.63R_1 + 0.37R_2$$

$$R_{24} \text{ (El Once)} = 0.32R_1 + 0.67R_2$$

$$R_{24} \text{ (El Dieciocho No. 1)} = (0.33R_1 + 0.67R_2) \times \frac{620 \text{ km}^2}{590}$$

$$R_{24} \text{ (Río Playa)} = 0.80R_2 + 0.20R_3$$

$$R_{24} \text{ (El Lloro)} = 0.12R_1 + 0.54R_2 + 0.12R_3 + 0.22R_4$$

where,

$R_1$ : Daily precipitation at Carmen de Atrato Station (mm)

$R_2$ : Daily precipitation at El Piñon Station (mm)

$R_3$ : Daily precipitation at Tutunendo Station (mm)

$R_4$ : Daily precipitation at La Vuelta Station (mm)

Table 4-4-26 Weight Coefficient of Precipitation  
at Each Project Site

Station Project Site	EL CARMEN	EL PIÑON	TUTU- NENDO	LA VUETRA	Total
EL SIETE NO. 1 dam	0.82	0.18	—	—	1.00
EL SIETE NO. 2 intake dam	0.63	0.37	—	—	1.00
EL ONCE dam	0.33	0.67	—	—	1.00
EL DIECIOCHO NO. 1 dam	0.32	0.68	—	—	1.00
RIO PLAYA dam	—	0.80	0.20	—	1.00
EL LLORO dam	0.12	0.54	0.12	0.22	1.00

Table 4-4-27 Estimated Maximum Daily Precipitation  
at Each Project Site

Project	EL SIETE NO. 1 DAM SITE	EL SIETE NO. 2 INTAKE DAM SITE	EL ONCE DAM SITE	EL DIECIOCHO NO. 1 DAM SITE	RIO PLAYA DAM SITE	EL LLORO DAM SITE
Year						
1959	45.28	53.66	89.78	91.12	—	—
1960	78.88	114.88	182.08	184.32	—	—
1961	52.48	70.38	122.58	124.32	—	—
1962	66.32	70.30	127.30	129.20	—	—
1963	65.58	71.47	103.17	104.68	—	—
1964	54.80	58.64	93.74	94.96	—	—
1965	117.92	126.28	139.48	139.92	—	—
1966	84.66	91.69	102.79	103.16	—	—
1967	74.94	62.21	69.79	70.16	90.00	89.78
1968	97.84	95.56	91.96	91.84	105.60	102.42
1969	61.26	63.46	85.35	86.40	110.80	85.10
1970	57.82	101.79	181.89	184.56	216.00	150.16
1971	68.02	122.93	209.63	212.52	256.00	178.00
1972	49.18	58.87	74.17	74.68	101.20	68.86
1973	51.78	65.27	104.16	105.64	128.40	92.76
1974	59.82	69.34	102.16	103.64	132.80	102.74
1975	58.62	79.33	112.03	113.12	146.40	111.54
1976	69.82	79.13	100.67	101.68	113.00	90.84
1977	55.72	70.70	109.45	110.80	127.40	97.86
1978	66.78	89.77	129.31	131.24	160.80	111.84
1979	68.70	70.16	97.77	99.08	126.80	93.34
1980	66.00	79.40	116.54	118.16	136.00	103.80

The results in obtaining return period flood discharges for the each project sites by the Rational Formula using the data above are as shown in Table 4-4-28.

以上のデータを使用してラショナル式で、各計画地点の確率年洪水量を求めた結果は Table 4-4-28 に示す通りである。

Table 4-4-28 Estimated Flood Discharge in Rio Atrato Project

Project Sites	Return Period (years)	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Difference of elevation H (m)	River Length L (m)	Maximum Daily Rainfall R <sub>24</sub> (mm/day)	Intensity of Rainfall R <sub>Pa</sub> (mm/hr)	Flood Concentration Time T <sub>a</sub> (hr)	Flood Discharge at Project Site Q <sub>f</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Specific Flood Discharge per km <sup>2</sup> Q (m <sup>3</sup> /s)	Adopted Flood Discharge for Project Q (m <sup>3</sup> /s)	Remarks
El Siete No.1 dam site	100	240	580	19,000	128.28	26.78	2.14	1,786	7.4	1,800	Adopted formula is as shown follows: $T_a = \frac{L}{20 \left( \frac{H}{L} \right)^{0.76}}$ $R_{24} = \frac{24}{T_a} \cdot \frac{2}{3}$ $R_{Pa} = \frac{1}{3.6} \cdot f \cdot R_{24} \cdot A$ where, T <sub>a</sub> : Flood concentration time (hr.) L : River length (m) H : Difference of elevation (m) R <sub>24</sub> : Max. daily rainfall (mm/day) R <sub>Pa</sub> : Intensity of rainfall (mm/hr.) f : Coefficient of discharge A : Catchment area (km <sup>2</sup> ) Q <sub>f</sub> : Flood discharge (m <sup>3</sup> /sec.)
	200				138.69	28.95		1,930			
	500				152.43	31.82		2,122			
	1,000				162.81	33.99		2,266			
El Siete No.2 intake dam site	10,000	310	1,020	26,000	197.59	44.62	2.51	2,975	12.4	2,600	
	100				157.00	29.47		2,538			
	200				170.02	31.91		2,748			
	500				187.20	35.14		3,026			
El ONCE dam site	1,000	590	Rio Atrato 1,380	36,000	200.19	37.58	3.54	3,236	10.4	9,000	
	10,000				243.11	45.63		3,929			
	100				246.03	34.37		5,633			
	200				268.14	37.46		6,139			
El Dieciocho No.1 dam site	1,000	620	Rio Grande 380	25,000	319.35	44.61	4.28	7,311	12.4	6,000	
	10,000				392.73	54.86		8,991			
	100				246.03	34.37		5,633			
	200				268.14	37.46		6,139			
Rio Playa dam site	100	100	940	21,000	316.14	71.95	1.88	5,919	9.5	3,300	Rio Atrato (1) To Rio Playa confluence L <sub>1</sub> =56,000m, H <sub>1</sub> =1,725m, T <sub>a1</sub> =6.28hr, L <sub>2</sub> =27,500m, H <sub>2</sub> =1,025m, T <sub>a2</sub> =2.75hr T <sub>a</sub> =(T <sub>a1</sub> +T <sub>a2</sub> )/2=4.52hr (2) From Rio Playa confluence to El Llora L <sub>3</sub> =29,000m, H <sub>3</sub> =235m, T <sub>a3</sub> =7.24hr T <sub>a</sub> =(T <sub>a1</sub> +T <sub>a3</sub> )/2=11.76hr Rio Capa L <sub>4</sub> =60,000m, H <sub>4</sub> =960m, T <sub>a4</sub> =9.96hr T <sub>a</sub> =(T <sub>a1</sub> +T <sub>a4</sub> )/2=10.86hr
	200				345.87	78.72		2,186			
	500				385.10	87.65		2,435			
	1,000				414.74	94.39		2,622			
El Llora dam site	10,000	1,600	1,960	85,000	512.81	116.71	10.86	3,242	32.4	10,500	
	100				212.87	15.05		6,689			
	200				230.90	16.32		7,254			
	500				254.70	18.00		8,000			
1,000	1,000	1,600	1,960	85,000	272.68	19.28	10.86	8,569	5.4	for rockfill dam	
					332.16	23.48		10,436	6.5		



また、各計画地点の計画洪水量は重力式コンクリートダムについては100年確率洪水量を、ロックフィルダムには Probable maximum floodとして10,000年確率洪水量を適用した。その結果、各計画地点の計画洪水量は以下の通りである。

Table 4-4-29 Design Flood Discharge at Each Project Site

<u>Project site</u>	<u>Design flood discharge</u> (m <sup>3</sup> /sec.)	<u>Return period</u> (Year)
EL SIETE NO. 1 dam	1,800	100
EL SIETE NO. 2 intake dam	2,600	100
EL ONCE dam	9,000	10,000
EL DIECLOCHO NO. 1 dam	6,000	100
RIO PLAYA dam	3,300	10,000
EL LLORO dam	10,500	10,000

これらの数値につき、コロンビア国内の既設ダムおよび計画地点と比較した結果を Table 4-4-30に示す。

Table 4-4-30 Compared Design Flood Discharge between Rio ATRATO PROJECT and Other Project in Colombia

<u>Project</u>	<u>Catchment area</u> (km <sup>2</sup> )	<u>Design flood discharge</u> (m <sup>3</sup> /sec.)	<u>Specific flood discharge</u> (m <sup>3</sup> /sec./km <sup>2</sup> )	<u>Dam type</u>
ALTO ANCHICAYA	550	4,600	8.36	R.F
BAJO ANCHICAYA	750	5,000	6.67	C.G
CALIMA	315	441	1.40	—
SALVAJINA				R.F
SAN JUAN	15,000	5,700	0.38	R.F
SOGAMOSO	122,500	12,680	0.56	R.F
CAÑA FISTO	34,335	13,700	0.40	R.F
EL SIETE NO. 1	240	1,800	7.50	C.G
EL SIETE NO. 2	310	2,600	8.39	C.G
EL ONCE	590	9,000	15.25	R.F
EL DIECIOCHO NO. 1	620	6,000	9.68	C.G
RIO PLAYA	100	3,300	33.00	R.F
EL LLORO	1,600	10,500	6.56	R.F

Note) R.F: Rockfill  
C.G: Concrete gravity

上記の表でみると、気象条件の類似している既設地点は Alto Anchicaya, Bajo Anchicaya の両地点であり、雨量条件からみても今回推定したアトラート河計画地点の計画洪水量は多少、大きめの推定値ではあるが妥当数値であると判断し、今回の計画検討に使用する事にした。

#### 4.5 開発計画案の検討

##### 4.5.1 開発計画の構想

アトラート河上流部は El Siete No 1 の取水口 1,460m から El Lloro の放水口 45m までの 1,415m の落差がある。その間の地形、河川勾配、地質につき現地踏査を実施した結果次の事が判明した。

- (1) 以前の計画では El Siete は取水口 1,460m から El Once の満水位 700m まで 760m の落差を約 8 km の導水トンネルで一段で開発する方式を採用していたが、今回現地の地

形を観察し、簡易測量による地形のチェック、航空写真の図化より得た資料から判断し、取水水位1,460mで前記案通り一段で導水できる山は左岸にはない事が明確になった。その結果、El Siete 計画は2段に落差を分割して開発する以外方法がないとの結論に達した。

El Siete を一段で発電に利用する場合アトラート河の右岸沿いに Girordot 川を遠く迂回して、El Siete No.2 (今回の計画)の発電所地点まで約19kmの導水トンネルで導水する必要があり、導水トンネルの延長が極めて長く760mの落差を得る事ができても明かに経済的でないと判断した。

その結果3.2.2 および3.2.3 項に記述した通り、El Siete 計画を2段に落差を分割しその第1段目のEl Siete No.1 計画は取水水位を1,460m、放水水位を970mとし、総落差490mの開発を行い、第2段目のEl Siete No.2 は取水水位を970m、放水水位を710mとして総落差260mで開発する事にした。

その事によるメリットは導水路の延長を短縮できる事、El Siete No.2 が残流域70km<sup>2</sup>よりの流量(平均)13.4m<sup>3</sup>/s を追加して発電に利用できる事などである。更に旧計画が地下式発電所を設け、放水路トンネルでEl Once の調整池へ放水する開発方式を採用せざるを得ないのに対して、El Siete No.1, No.2 両発電所とも、明り屋内式発電所として計画できる事になる。この事は両計画の経済性を高める事になる。

El Siete No.1 計画を日間調整式とすべきか、自流水式開発とすべきか検討した結果、その流況が極めて良いので、自流水式でも十分その能力を発揮できるが日間調整式とした場合ダム高55mで、その調整容量をとる事ができ沈砂池を兼用できる事および発電のkw 価値を高める事ができるので、この方式を採用すべきであると判断した。この調整容量はEl Siete No.1 のみならずEl Siete No.2 に対しても有効である。また、落差を2段に分割する案では両発電所とも既設道路沿いに設ける事ができるのでアクセス道路の新設が必要でなく、更に既設の送電線115kVが発電所候補地のすぐそばを通過しているので工事用電源の入手が極めて容易である。

また両発電所とも付近に広場をもっており、建設工事のための仮設備の設置が容易であり工事単価を低減させる事ができると判断した。

この事は工事の準備期間を短縮でき、サイトへのアクセスもよいのでアトラート河上流部に於いては、これらの計画が最も早期開発を可能にするものである。

- (2) El Once 地点は現時点ではダム式に開発する以外に、その開発方式は考えられない。地形、地質の面から見ても満水位が700mで限界である。従って、今回ダム式開発として計画した。この事は旧計画と変わらない。
- (3) 旧計画によるEl Dieciocho 地点は今回の計画と同じダム地点に於いて、取水水位575mで取水し、Dieciocho 村(アトラート河本流と支流Playa 川の合流点)まで導水トンネルで導水し、放水水位285mまでの総落差290mを発電に利用する計画であった。しかし、

今回の調査に於いて簡易測量により地形をチェックしてみた結果、導水トンネルのルートとなる山部がQuince 地点付近でとぎれ、標高約480mの鞍部を形成しており、更にQuinec 地点からDieciocho 村までの山部も、満水位575mで導水するトンネルを設けるための地山の被りが不足している。そのため旧計画案は山部標高が低く途中に鞍部をもっているのが不可能であると判断した。更に支流のPlaya川の利用も取水水位575mの地点が相当上流にあるため、導水路の延長が長くなり取水流域も小さくなるので可能性がなくなる。従って旧計画に基づく計画検討は不可能であると結論した。

今回、レーダー画像と簡易測量の結果より1/25,000地形図を作成してみた。その他地形図よりみると上記旧計画の落差を2段に分割して、開発せざるを得ないと判断し、その第1段目は取水水位575m、放水水位400mで総落差は175mとし、第2段目は取水水位を400mとしPlaya川の流量(平均)19.6m<sup>3</sup>/sの利用を可能にし、放水路でBellavistaまで導水し250mで放水する計画とした。第2段目の総落差は150mである。

第2段目については、旧計画では放水地点がDieciocho村で放水水位285mであり、そこで放水する計画とすると、第2段目は115mの総落差となり、スケールメリットを失い、経済性に問題が生ずる。一方Bellavista地点の放水水位250mまで1.9kmの放水路トンネルの延長増分で可能であり、今回の計画ではBellavistaまでの落差を利用する計画とした。この事により第2段目のEl Dieciocho No 2計画ではDieciocho村で放水するよりも56MWの出力増が期待できる。

このため、旧計画のBellavista地点は廃案となる。旧計画のBellavista計画は経済的に問題があり、しかも導水路3.3kmで導水しても総落差35mを得るにすぎない。従って今回の計画に於いては前述のようにEl Dieciocho No 2発電計画で放水路トンネルでその落差を利用する計画とする方が経済的であると判断した。

- (4) El Lloro計画は地形、地質、河状からみて、ダム式計画以外に考えられない。旧計画もダム式の開発で立案されており、その案を踏襲して計画を作成した。

El Lloro地点で問題になるのは満水位であり、地形、地質からみて75m以上に上げる事はできない。一方放水水位は45mであり、総落差は30mと低落差地点となる。

この種の開発地点では一般に、工事中の河流処理の工事費が多額になるため、計画全体の経済性を悪化させる傾向がある。この計画地点も例外ではなく工事中に3,300m<sup>3</sup>/sの洪水を処理できる工法を適用しなければならず、経済性を悪くする結果を生む事になるであろう。

以上の点を考慮して検討した結果、アトラート河上流部の開発計画は上流からEl Siete No 1 160MW, El Siete No 2 124MW, El Once 176MW, El Dieciocho No 1 252MW, El Dieciocho No 2 261MWそしてEl Lloro 147MWの合計1,120MWの開発地点で構成される。その中、経済的開発が可能と推定される計画はEl Siete No 1 El

Siete No 2, El Dieciocho No 1, El Dieciocho No 2 地点でありその合計出力は 797MW である。

これらの計画のうち、現地調査の結果により、ある程度の計画検討の精度を確保する事が出来た計画は El Siete No 1, El Siete No 2, El Once, El Lloro 計画である。これらの計画は 1962 年に撮影された航空写真により今回簡易図化して作成した地形図に計画地点がカバーされている計画である。

一方、El Dieciocho No 1, El Dieciocho No 2 計画は計画地点をカバーする航空写真が無いため、今回レーダー画像により作成した地形図でしかカバーされていないので計画検討の精度がある程度低下するのは止むを得なかった。

しかし上計 6 計画の立案と、これらの計画の中からフィジビリティ・スタディの対象地点の選定を目的とする今回のマスタープランの検討としては十分なものであった。

#### 4.5.2 各計画地点の発生電力量の算定

4.4 項で検討した各計画地点の流量解析の結果によると、各計画地点の流量状況は以下の Table 4-5-1 に示す通りである。

Table 4-5-1 Power Discharge at Each Project

Project sites Items	Unit: m <sup>3</sup> /s					
	El Siete NO. 1	El Siete NO. 2	El Once	El Dieciocho NO. 1	El Dieciocho NO. 2	El Lloro
1. Maximum available discharge	40	60	170	180	220	600
2. Average available discharge	21.3	33.7	85.2	90.6	110.2	287.1
3. *	16.0	25.6	64.5	68.5	83.2	213.3
4. Output factor (2/1) %	53.3	56.2	50.1	50.3	50.1	47.9

\*: Average available discharge for lowest five days in a month.

年間発生電力量 (kWh) は、 $9.8 \times [\text{水車効率}(\eta_t)] \times [\text{発電機効率}(\eta_g)] \times [\text{平均使用水量}(\text{m}^3/\text{s})] \times [\text{有効落差}(\text{m})] \times [8,760(\text{時間})]$  により算定出来る。発電係数 ( $9.8 \times \eta_t \times \eta_g$ ) は 8.4 とした。この算定式で各計画地点の年間発生電力量を求めた結果は Table 4-5-2 の通りである。

Table 4-5-2 Annual Energy Production at Each Projects

Item	Project		El Once	El Dieciocho NO. 1	El Dieciocho NO. 2	El Lloro	Total
	El Site NO. 1	El Siete NO. 2					
Annual energy production (GWh)	735	608	753	1,091	1,115	592	4,894
Annual average output (MW)	83.9	69.4	85.9	124.6	127.3	67.5	558.7
Annual plant factor (%)	52.4	56.0	48.8	49.4	48.8	45.9	49.9

上記の6地点に於ける年間発生電力量の合計値は4,894 GWh/年であり、その平均出力は558.7 MWである。また、その利用率は49.9%である。

一方、El Siete No. 1, El Siete No. 2, El Dieciocho No. 1, El Dieciocho No. 2 の4地点すなわち経済性のよい計画地点の年間発生電力量の合計値は3,549 GWh/年である。

上記の計画地点につき、月別に発生電力量を求めるとTable 4-5-3～Table 4-5-8に示す通りである。

それらのTableよりみると、アトラート河上流部に於ける計画地点では渇水期は12月、1月、2月に発生し、7月、8月、9月に豊水期が発生している事を示している。

この事は既設水力発電所および1988年までに完成が見込まれる水力発電所の多くが、7月～9月に渇水期を迎える特性をもっているのに対して逆にアトラート河筋の計画地点は豊水期を迎える事を意味し、年間を通じて水力発電所群が安定した発生電力量を生産するのに必要な発電所である事を示している。

また、El Siete No. 1では年間を通じて最低5日平均可能使用水量 $1.07 \text{ m}^3/\text{s}$ が2月に発生する。しかし、El Siete No. 1発電所としては6.4時間/日のピーク継続時間を確保でき、渇水期に於いてもピーク用電力として利用する事により、電力設備をフルに使用できる。この傾向はEl Siete No. 2以下El Lloro発電所までについても同じ事が言える。

従ってアトラート河上流部に於いて生産できる発生電力量4,894 GWh/年は2次電力化する事なく、すべて市場に於いて売買できる有効な電力量である。

Table 4-5-3 Energy Production at El Siete No. 1 Project

Month	Average available discharge (m <sup>3</sup> /s)	Effective head (m)	Average power output (MW)	Energy production (GWH)	Maximum power output (MW)	Plant factor (%)	* Discharge (m <sup>3</sup> /sec)	** Output (MW)
Jan.	16.5	472	65.0	48.4	160	40.6	12.5	49.2
Feb.	14.5	472	57.1	38.4	160	35.7	10.7	42.2
Mar.	14.9	472	58.7	43.7	160	36.7	11.2	44.1
Apr.	21.5	472	84.7	61.0	160	52.9	16.1	63.4
May	23.9	472	94.2	70.1	160	58.9	17.7	69.7
June	24.6	472	96.9	69.8	160	60.6	18.6	73.3
July	21.4	472	84.3	62.7	160	52.7	15.9	62.6
Aug.	22.2	472	87.5	65.1	160	54.7	16.8	66.2
Sept.	22.1	472	87.1	62.7	160	54.4	16.6	65.4
Oct.	26.7	472	105.2	78.3	160	65.8	20.1	79.2
Nov.	26.1	472	102.8	74.0	160	64.3	19.6	77.2
Dec.	20.7	472	81.5	60.6	160	50.9	16.4	64.6
Total	21.3	472	83.9	735.0	160	52.4	16.0	63.0

\* Average available discharge for lowest five days in a month (m<sup>3</sup>/s)

\*\* Average available hydropower for lowest five days in a month (MW)

Table 4-5-4 Energy Production at El Siete No. 2 Project

Month	Average available discharge (m <sup>3</sup> /s)	Effective head (m)	Average power output (MW)	Energy production (GWH)	Maximum power output (MW)	Plant factor (%)	Dis-charge (m <sup>3</sup> /sec)	Out-put (MW)
Jan.	27.1	245	55.8	41.5	124	45.0	20.7	42.6
Feb.	23.5	245	48.4	32.5	124	39.0	17.6	36.2
Mar.	22.9	245	47.1	35.0	124	38.0	17.5	36.1
Apr.	34.0	245	70.0	50.4	124	56.5	25.5	52.5
May	38.4	245	79.0	58.8	124	63.7	28.7	59.1
June	36.7	245	75.5	54.4	124	60.9	28.1	57.8
July	31.9	245	65.7	48.9	124	53.0	24.0	49.4
Aug.	34.0	245	70.0	52.1	124	56.5	25.9	53.3
Sept.	35.8	245	73.7	53.1	124	59.4	27.1	55.8
Oct.	43.6	245	89.7	66.7	124	77.3	33.4	68.7
Nov.	42.0	245	86.4	62.2	124	69.7	32.4	66.7
Dec.	34.4	245	70.8	52.7	124	57.1	26.9	55.4
Total	33.7	245	69.4	607.9	124	56.0	25.6	52.7

\* Average available discharge for lowest five days in a month (m<sup>3</sup>/s)

\*\* Average available hydropower for lowest five days in a month (MW)



Table 4-5-5 Energy Production at El Once Project

Month	Average available discharge (m <sup>3</sup> /s)	Effective head (m)	Average power output (MW)	Energy production (GWH)	Maximum power output (MW)	Plant factor (%)	* Dis-charge (m <sup>3</sup> /sec)	** Out-put (MW)
Jan.	71.0	122	71.6	53.2	176	40.7	54.4	54.8
Feb.	60.2	122	60.7	40.8	176	34.5	45.0	45.4
Mar.	55.9	122	56.3	41.9	176	32.0	43.1	43.4
Apr.	85.1	122	85.8	61.8	176	48.7	63.3	63.8
May	97.7	122	98.5	73.3	176	56.0	72.7	73.3
June	87.5	122	88.2	63.5	176	50.1	66.1	66.6
July	74.6	122	75.2	55.9	176	42.7	56.3	56.8
Aug.	82.7	122	83.4	62.0	176	47.4	62.8	63.3
Sept.	92.0	122	92.7	66.8	176	52.7	69.4	70.0
Oct.	113.9	122	114.8	85.4	176	65.2	86.4	87.1
Nov.	108.4	122	109.3	78.7	176	62.1	83.2	83.9
Dec.	92.4	122	93.1	69.3	176	52.9	71.3	71.9
Total	85.2	122	85.9	752.6	176	48.8	64.5	65.0

\* Average available discharge for lowest five days in a month (m<sup>3</sup>/s)

\*\* Average available hydropower for lowest five days in a month (MW)

Table 4-5-6 Energy Production at El Dieciocho No. 1 Project

Month	Average available discharge (m <sup>3</sup> /s)	Effective head (m)	Average power output (MW)	Energy production (GWH)	Maximum power output (MW)	Plant factor (%)	* Dis-charge (m <sup>3</sup> /sec)	** Out-put (MW)
Jan.	75.7	165	104.0	77.4	252	41.3	57.8	79.4
Feb.	64.1	165	88.0	59.2	252	34.9	47.9	65.8
Mar.	59.4	165	81.6	60.7	252	32.4	45.9	63.0
Apr.	90.6	165	124.4	89.6	252	49.4	67.3	92.4
May	104.0	165	142.8	106.3	252	56.7	77.4	106.3
June	92.9	165	127.6	91.9	252	50.0	70.2	96.4
July	79.1	165	108.6	80.8	252	43.1	59.7	82.0
Aug.	87.9	165	120.7	89.8	252	47.9	66.9	91.9
Sept.	98.0	165	134.6	96.9	252	53.4	73.9	101.5
Oct.	121.3	165	166.6	123.9	252	66.1	92.1	126.5
Nov.	115.5	165	158.6	114.2	252	62.9	88.7	121.8
Dec.	98.5	165	135.3	100.6	252	53.7	76.0	104.4
Total	90.7	165	124.6	1,091.2	252	49.4	68.6	94.2

\* Average available discharge for lowest five days in a month (m<sup>3</sup>/s)

\*\* Average available hydropower for lowest five days in a month (MW)

Table 4-5-7 Energy Production at El Dieciocho No. 2 Project

Month	Average available discharge (m <sup>3</sup> /s)	Effective head (m)	Average power output (MW)	Energy production (GWH)	Maximum power output (MW)	Plant factor (%)	* Discharge (m <sup>3</sup> /sec)	** Output (MW)
Jan.	92.1	140	106.3	79.1	261	40.7	70.3	81.2
Feb.	78.2	140	90.3	60.7	261	34.6	58.3	67.3
Mar.	72.2	140	83.3	62.0	261	31.9	55.6	64.2
Apr.	109.3	140	126.2	90.9	261	48.4	81.2	93.8
May	125.8	140	145.3	108.1	261	55.7	93.6	108.1
June	113.0	140	130.6	94.0	261	50.0	85.2	98.4
July	96.6	140	111.6	83.0	261	42.8	72.8	84.1
Aug.	107.7	140	124.3	92.5	261	47.6	81.7	94.4
Sept.	119.4	140	137.9	99.3	261	52.8	89.9	103.8
Oct.	146.6	140	169.4	126.0	261	64.7	111.0	128.2
Nov.	139.7	140	161.4	116.2	261	61.8	107.0	123.6
Dec.	119.9	140	138.4	103.0	261	53.0	92.2	106.5
Total	110.2	140	127.3	1,114.8	261	48.8	83.2	96.1

\* Average available discharge for lowest five days in a month (m<sup>3</sup>/s)

\*\* Average available hydropower for lowest five days in a month (MW)

Table 4-5-8 Energy Production at El Lloro Project

Month	Average available discharge (m <sup>3</sup> /s)	Effective head (m)	Average power output (MW)	Energy production (GWH)	Maximum power output (MW)	Plant factor (%)	* Dis-charge (m <sup>3</sup> /sec)	** Out-put (MW)
Jan.	238.9	29	56.2	41.8	147	38.2	180.7	42.5
Feb.	201.1	29	47.3	31.8	147	32.2	147.4	34.7
Mar.	193.4	29	45.5	33.8	147	31.0	145.1	34.1
Apr.	274.5	29	64.6	46.5	147	43.9	202.4	47.5
May	318.1	29	74.8	55.7	147	50.9	234.4	55.1
June	306.6	29	72.1	51.9	147	49.0	226.9	53.4
July	274.6	29	64.6	48.1	147	44.0	203.5	47.9
Aug.	313.3	29	73.7	54.8	147	50.1	232.9	54.8
Sept.	319.2	29	75.1	54.1	147	51.1	236.2	55.6
Oct.	357.0	29	84.0	62.5	147	57.1	265.1	62.4
Nov.	343.3	29	80.7	58.1	147	54.9	256.0	60.2
Dec.	300.5	29	70.7	52.6	147	48.1	228.4	53.7
Total	287.1	29	67.5	591.5	147	45.9	213.3	50.1

\* Average available discharge for lowest five days in a month (m<sup>3</sup>/s)

\*\* Average available hydropower for lowest five days in a month (MW)

#### 4.5.3 各計画の最大使用水量、最大出力の検討

一般に、各計画地点の最大使用水量を検討する事は、その計画地点の最大出力を検討する事になる。また、コロンビア国の電力負荷率（年平均負荷率 59.3%）および電力供給の構成（水力設備は全体の 70.3%）よりみると、今後計画される水力計画地点は約 50% の利用率をもつ発電所として計画される事が望ましい。この事はアトラート河上流系の発電所群が年間を通じて 1～3 月はピーク負荷を担当し、7～9 月にはベース負荷を担当して行く役割りをもつものであり、マスタープラン作成レベルでは他のプロジェクトとの対比もあるので設備利用率を 50% 前後で計画する事にした。

各計画地点につき、種々の最大使用水量に於ける年間発生電力量、その利用率、最大出力を求めてみた。その結果は以下の Table 4-5-9～Table 4-5-14 に示す通りである。

Table 4-5-9 Comparison of Annual Energy Production for Various Maximum Available Discharge at El Siete No. 1 Project

Items	Maximum available discharge	*						
		20	25	30	35	40	45	50
Average available discharge (m <sup>3</sup> /sec.)		16.9	18.9	20.2	20.9	21.3	21.5	21.7
Effective head (m)		472	472	472	472	472	472	472
Maximum power output (MW)		80	100	120	140	160	180	200
Annual energy production (GWH)		644	655	696	721	735	743	749
Average power output (MW)		73.5	74.8	79.5	82.3	83.9	84.8	85.5
Annual plant factor (%)		91.9	74.8	66.3	58.8	52.4	47.1	42.8
*Average available L-5 discharge (m <sup>3</sup> /sec.)		14.8	15.6	15.8	15.9	16.0	16.0	16.0

\* Average available discharge for lowest five days in a month

上記の表をみると、最大使用水量 20m<sup>3</sup>/s より 40m<sup>3</sup>/s まではその増分電力量が期待できるが、45、50m<sup>3</sup>/s となるとそれは期待できない。また、最大使用水量が 40m<sup>3</sup>/s のケースが設備利用率 52.4% であり今回の計画に採用した。

Table 4-5-10 Comparison of Annual Energy Production for Various Available Discharge at El Siete No. 2 Project

Items	* Maximum available discharge						
	35	40	45	50	55	60	70
Average available discharge (m <sup>3</sup> /sec.)	28.5	30.3	31.6	32.5	33.2	33.7	34.2
Effective head (m)	245	245	245	245	245	245	245
Maximum power output (MW)	73	83	93	104	114	124	145
Annual energy production (GWH)	513	547	569	586	598	608	617
Average power output (MW)	58.6	62.4	65.0	66.9	68.3	69.4	70.4
Annual plant factor (%)	80.3	75.2	69.9	64.3	59.9	56.0	48.5
*Average available L-5 discharge (m <sup>3</sup> /sec.)	24.2	24.8	25.1	25.4	25.5	25.6	25.7

\* Average available discharge for lowest five days in a month

上記の表をみると El Siete No 1 の下流にある残流域からの流量の流況が極めてよいため、El Siete No 1 と同じ使用水量 4 0m<sup>3</sup>/s でも設備利用率 75.2% と高い数値であり、残流域よりの流量を最大 2 0m<sup>3</sup>/s 追加して取水する計画として El Siete No 2 の最大使用水量を 6 0m<sup>3</sup>/s とした。その時の設備利用率は 5 6% である。

Table 4-5-11 Comparison of Annual Energy Production for Various Maximum Available Discharge at El Once Project

Maximum available discharge	110	140	160	170	180	200	220
Items							
Average available discharge (m <sup>3</sup> /sec.)	79.5	82.5	84.5	85.2	85.9	86.8	87.4
Effective head (m)	122	122	122	122	122	122	122
Maximum power output (MW)	114	145	166	176	186	207	228
Annual energy production (GWH)	703	729	747	753	759	766	772
Average power output (MW)	80.1	83.2	85.2	85.9	86.6	87.5	88.1
Annual plant factor (%)	70.3	57.4	51.3	48.8	46.6	42.2	38.6
*Average available L-5 discharge (m <sup>3</sup> /sec.)	62.9	63.8	64.4	64.5	64.6	64.8	64.9

\* Average available discharge for lowest five days in a month

上記の表をみると、最大使用水量が170m<sup>3</sup>/s までは増分電力量が期待できるが、それ以上になると増分電力量は急激に減少する。一方170m<sup>3</sup>/s のケースが設備利用率48.8%であり、今回の計画に採用した。

この計画はダム式の開発方式を適用しているので、最大使用水量を今少し大きくして200MW程度の規模で開発する事も可能であるが、kWh当りの単価が高くなり経済性に問題が発生するだろう。

Table 4-5-12 Comparison of Annual Energy Production for Various Maximum Available Discharge at El Dieciocho No. 1 Project

Maximum available discharge	120	140	160	180	190	200	220
Items							
Average available discharge (m <sup>3</sup> /sec.)	83.0	86.6	89.0	90.6	91.3	91.8	92.5
Effective head (m)	165	165	165	165	165	165	165
Maximum power output (MW)	168	196	224	252	266	280	308
Annual energy production (GWH)	1,000	1,043	1,071	1,091	1,099	1,105	1,114
Average power output (MW)	114.0	118.9	122.2	124.6	125.4	126.1	127.0
Annual plant factor (%)	67.9	60.7	54.6	49.4	47.1	45.0	41.2
*Average available L-5 discharge (m <sup>3</sup> /sec.)	66.4	67.5	68.3	68.6	68.7	68.8	69.0

\* Average available discharge for lowest five days in a month

上記の表を見ると、最大使用水量が180m<sup>3</sup>/s 程度までは増分電力量が大きいですが、それ以上になると減少する傾向にあり、今回の計画では、設備利用率が49.4%である180m<sup>3</sup>/sを採用した。

この事はEl Dieciocho No 1ではEl Onceとの間の残流域より最大10m<sup>3</sup>/sの流量を追加取水できる事を意味する。



Table 4-5-13 Comparison of Annual Energy Production for Various Available Discharge at El Dieciocho No. 2 Project

Items	Maximum available discharge	160	180	200	220	230	240	260
Average available discharge (m <sup>3</sup> /sec.)		102.6	106.1	108.5	110.2	110.8	111.3	112.1
Effective head (m)		140	140	140	140	140	140	140
Maximum power output (MW)		190	214	238	261	273	285	309
Annual energy production (GWH)		1,038	1,074	1,098	1,115	1,121	1,126	1,134
Average power output (MW)		118.5	122.6	125.3	127.3	128.0	128.5	129.5
Annual plant factor (%)		62.4	57.3	52.6	48.8	46.9	45.1	41.9
*Average available L-5 discharge (m <sup>3</sup> /sec.)		81.0	82.1	82.9	83.2	83.3	83.4	83.6

\* Average available discharge for lowest five days in a month

Playa 川より、最大 40m<sup>3</sup>/s 取水すると El Dieciocho No 1 の最大放水量が 180m<sup>3</sup>/s なので、El Dieciocho No 2 の最大使用水量は 220m<sup>3</sup>/s である。そのときの設備利用率は 48.8% である。この場合、余り最大使用水量を大きくすると、放水路延長が長いので経済性に問題が発生するだろうと判断した。

Table 4-5-14 Comparison of Annual Energy Production for Various Available Discharge at El Lloro Project

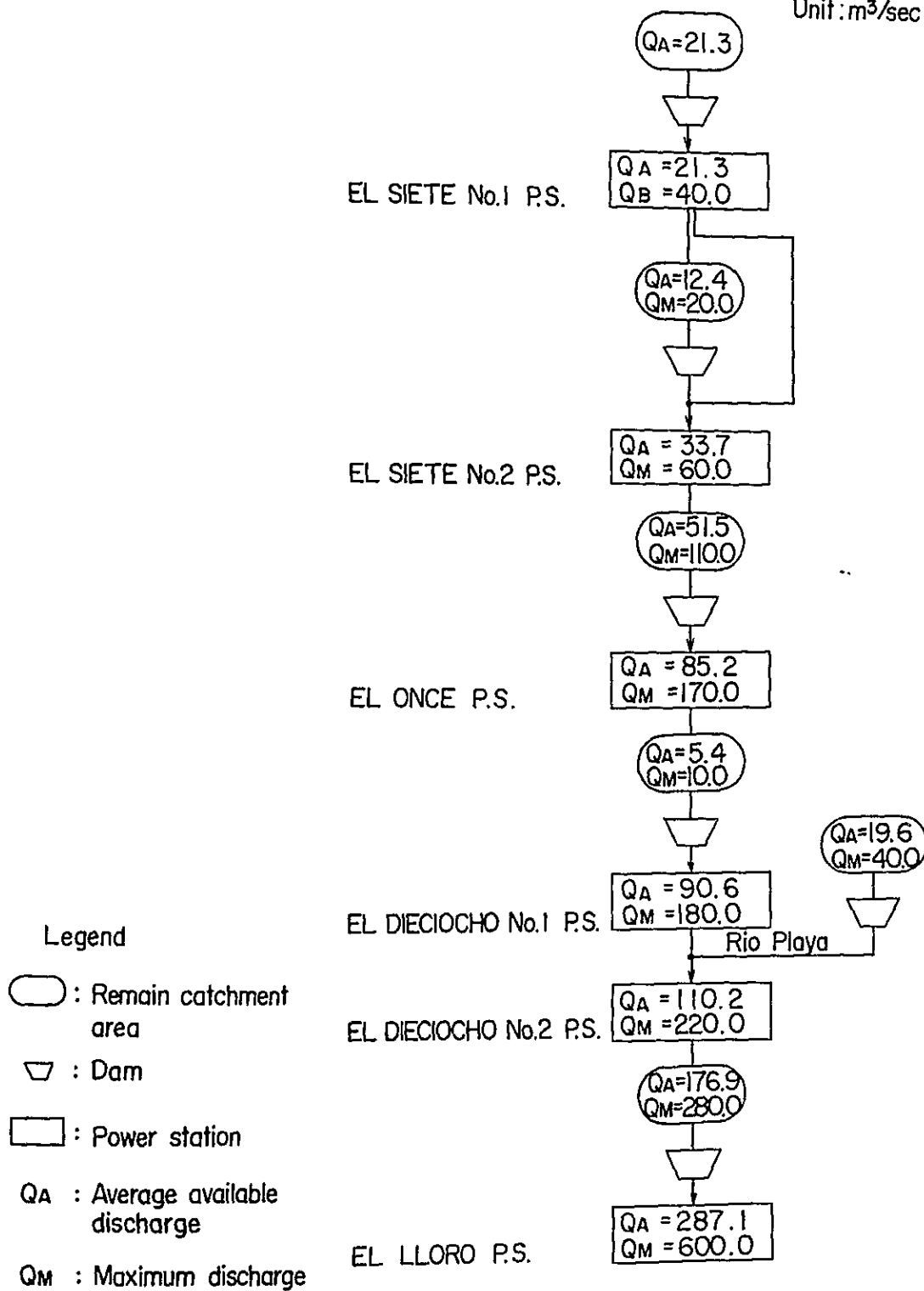
Items	Maximum available discharge						
	400	450	500	550	600	700	800
Average available discharge (m <sup>3</sup> /sec.)	270.0	277.1	281.8	284.9	287.1	289.5	290.7
Effective head (m)	29	29	29	29	29	29	29
Maximum power output (MW)	98	110	123	135	147	172	197
Annual energy production (GWH)	556	571	581	587	592	596	599
Average power output (MW)	63.5	65.2	66.3	67.0	67.5	68.1	68.4
Annual plant factor (%)	64.8	59.3	53.9	49.6	45.9	39.6	34.7
*Average available L-5 discharge (m <sup>3</sup> /sec.)	210.9	212.0	212.6	213.0	213.3	213.3	213.3

\* Average available discharge for lowest five days in a month

上記の表をみると、増分電力量が期待できる最大使用水量は600m<sup>3</sup>/sまでであり、今回の計画では、最大使用水量を600m<sup>3</sup>/sとした。そのときの設備利用率は45.9%である。

Fig. 4-5-1 Flow Chart of Power Discharge

Unit : m<sup>3</sup>/sec



#### 4.5.4 各計画の概算工事費の積算

##### 前提条件

今回の計画検討はアトラート河上流部に於ける水力開発計画，マスタープランの策定を目的としている。従って，そのスタディ・レベルはプレリミナリィである。一方，アトラート上部の水力計画群の中から早期に開発すべき地点を選定し，フィジビリティ・スタディへと調査を進めて行く事を目的としている。

従って，各計画地点の経済性を検討するため工事費の概算を行った。しかし，以下の点を前提条件として積算した。

1) 対象となる計画の設計諸元は今回，航測あるいはレーダー撮影による写真を使用し，簡易図化を行った 1/25,000 地形図あるいは主要構造物地区での 1/10,000 地形図を使用した。

従って，航測図を適用できた El Siete No 1, El Siete No 2, El Once, El Lloro の 4 計画地点については，ある程度の精度での計画と言えるが，レーダー画像を適用せざるを得なかった El Dieciocho No 1, El Dieciocho No 2 の 2 地点については，その精度に於いて前者より劣るものである。

2) 工事数量の積算はマスター・プラン策定と言う目的からみて概算の積算とした。しかし主要構造物の工事数量については 1/10,000 地形図を使用して概略設計を行い各工事項目について積算した。

3) 工事単価については Colombia に於ける 1980 年の実勢単価を参考にして 1981 年時点での単価を推定して求めた。一方機器の買入価格は 1981 年時点で求めた。

4) 建設中利息は，外貨内貨の平均金利を 8% とし  $0.4 \times (\text{金利}) \times (\text{工期})$  の概算公式で求めた。

5) Engineering コストと管理費は直接工事費の 10% を見込んだ。

6) 予備費は土木工事に対して 10%，機器購入，据付工事に対して 5% とした。

7) 補償費は水没家屋，農耕地の水没，付替道路を対象としてコロンビアに於ける実勢単価を考慮して積算した。

その結果は Table 4-5-15 に示す通りである。

Table 4-5-15 Construction Cost of the Upstream Rio Atrato Project

Description	Unit: 10 <sup>3</sup> US\$						Total (1,120 MW)
	EL SIETE NO. 1 (160 MW)	EL SIETE NO. 2 (124 MW)	EL ONCE (176 MW)	EL DIECIOCHO NO. 1 (252 MW)	EL DIECIOCHO NO. 2 (261 MW)	EL LLORO (147 MW)	
Civil Works							
Dam	81,102	64,836	212,460	207,317	170,219	137,619	
Intake	20,912	3,698	145,515	89,599	23,393	85,463	
Sedimentation Basin	654	807	3,557	2,321	765	14,070	
Headrace Tunnel	—	992	—	—	—	—	
Surge Tank	10,691	23,309	12,151	55,774	16,136	—	
Penstock Line	1,539	2,310	—	7,069	9,102	—	
Powerhouse	31,163	18,248	20,109	15,456	18,760	—	
Tailrace Tunnel	9,623	9,154	15,821	20,567	24,972	25,678	
Outlet	—	—	—	—	52,852	—	
Switchyard	2,110	3,497	12,176	12,915	1,085	1,678	
Construction Road	1,000	775	1,085	1,570	1,630	500	
Electrical & Mech. Equipment	3,410	2,046	2,046	2,046	5,706	10,230	
Equipment & Camp for Construction	18,000	20,000	31,800	37,300	40,900	53,200	
Total Direct Cost	300	300	600	600	600	600	
Engineering Fee & Administration Cost	99,402	85,136	244,860	245,217	211,719	191,419	
	9,940	8,514	24,486	24,522	21,172	19,142	
Compensation	6,783	1,523	11,760	11,330	221	9,697	
Contingency	10,712	8,517	26,521	26,242	21,266	19,366	
Total Indirect Cost	27,435	18,554	62,767	62,094	42,659	48,205	
Sub-total	126,837	103,690	307,627	307,311	254,378	239,624	
Interest during Construction	12,163	10,310	39,373	39,689	32,622	23,376	
Total Construction Cost	139,000	114,000	347,000	347,000	287,000	263,000	1,497,000

#### 4.5.5 各計画の経済性判断

各計画について 4.5.2 項で求めた年間発生電力量と 4.5.4 項に記述した概算工事費より kW 当り建設費, kWh 当り建設費, 更に年経費率を 12% として発電原価を求めてみると以下の通りである。

Table 4-5-16 Economic Effect for Each Project

Project	Max. power output (MW)	Annual energy production (GWH)	Construction cost (Million US\$)	Con - struction cost per kW (US\$/kW)	Con - struction cost per kWh (US\$/kWh)	Gener - ating cost (US\$/kWh)
1. El Siete No. 1	160	735	139	869	0.189	0.023
2. El Siete No. 2	124	608	114	919	0.188	0.023
Sub-total (1 + 2)	284	1,343	253	891	0.188	0.023
3. El Once	176	753	347	1,972	0.461	0.055
4. El Dieciocho No. 1	252	1,091	347	1,377	0.318	0.038
5. El Dieciocho No. 2	261	1,115	287	1,100	0.257	0.031
Sub-total (4 + 5)	513	2,206	634	1,236	0.287	0.034
6. El Lloro	147	592	263	1,789	0.444	0.053
Total	1,120	4,894	1,497	1,337	0.306	0.037

上記の表の数値からみると El Siete No. 1, No. 2 (合計出力 284 MW) 計画が kW 当建設費が US\$ 891/kW とアトラート河上流部に於いては最も建設コストが安価であり, その発電原価も US\$ 0.023/kWh (COL \$ 1.15/kWh) で最も安価である。

この計画は 1988 年以降の計画としてコロンビアが準備している計画と比較しても遜色のない計画である。(4.2.3 項参照)

4.2.1 項の(i)で記述した通り現行の電力料金は平均で US\$ 0.0168/kWh (COL\$ 0.84/kWh) である。しかし平均 2%/月(年 28%) で値上げしておりアトラート河上流部の計画をふくむ, 他の計画地点も採算が合う時点に来るものと予想される。

一方, El Dieciocho No. 1, No. 2 計画(合計出力 513 MW) が kW 当り建設費が US\$ 1,236/kW, 発電原価 US\$ 0.034/kWh (COL\$ 1.7/kWh) である。この計画は El Si-

etc No 1, No 2 に比して発電原価では高いが近い将来採算が合う時点に来るものと予想される。

El Once, El Lloro 計画は各々の発電原価が US\$ 0.055/kWh, US\$ 0.053/kWh であり、経済性に問題があり当分見送られる計画であろう。





## 第5章 今後の調査工事とフィジビリティ調査の進め方



## TABLE LIST

- |             |   |
|-------------|---|
| Table 5-1-1 | List of Field Investigation Works of El Siete No.1 and No.2 Project               |
| Table 5-1-2 | List of Proposed Subsurface Investigation Works of El Siete No.1 and No.2 Project |
| Table 5-1-3 | List of Observation for Concrete Sand and Aggregate Sieve Analyses Test           |



## 5. 今後の調査工事とフィジビリティ調査の進め方

今回実施したアトラート河電力開発マスター・プランの検討では地形図および水文データの不備の状態から出発し、現地で収集した基礎データを東京に於いてマスター・プランの検討に耐え得る資料にまでグレードアップさせた。

例えば航空写真を利用して、簡易図化を行い1/25,000地形図を作成した。これはEl Siete No 1, No 2計画, El OnceおよびEl Lloro計画のみをカバーできるに止まり、El Siete No 1, No 2計画についてはレーダー画像より現地で行った簡易測量のデータを加味して作成した地形図である。この地形図ではフィジビリティ・スタディに耐えるものではない。

一方地質調査についても、これまで詳細な調査は行われていない状態であった。従ってEl Siete No 1, No 2計画をフィジビリティ・スタディに持ち込むためには、以下に記述する調査工事をスタディ前に実施しなければならない。

### 5.1 地形測量

アトラート河上流に於ける発電計画のフィジビリティ・スタディを今後進めるために早急に各種の地形図を作成する必要がある。このため計画地域の航空写真の撮影を可能な限り、早期に完全に実施する必要がある。

作成する地形図の種類として1/25,000航空写真測量図, 1/5,000航空写真測量図, 1/2,000実測地形図がある。

以下に地形測量の内容および各計画地点の予想数量を記述する。

#### (1) 航空写真の撮影

航空写真地形測量を実施するため、および地質判読を行うため計画地点の全流域をカバーする航空写真の撮影を実施する必要がある。なお航空写真撮影に先き立ち、必要な対空標識を設置するとともに既設水準点(El Siete水準点)よりDrawing-13に記述してある位置まで水準測量を実施し、新設水準点を設ける必要がある。この水準点は航空写真において判別できるようにしなければならない。

#### (2) 水準測量

地形図作成のため既設水準点より計画地点までの水準測量の実施及びベンチマークの設置。

#### (3) 縮尺1/25,000航空写真測量図

プロジェクトのプランニング及び構造物レイアウト検討のため、今回撮影する航空写真及び地上測量の結果を用いて1/25,000航空写真測量図を作成する。この際計画地域内に必要な基準点を設置する。

(4) 縮尺 1/5,000 航空写真測量図

貯水池地点の貯水容量の算定のため、湛水地域の 1/5,000 航空写真測量図を作成する。

(5) 縮尺 1/2,000 地形実測図

主要構造物設計のためダムサイト、水圧管路、発電所、変電所等の地域の 1/2,000 地形実測図を作成する。

以上の地形測量の工事数量は下記の Table 5-1-1 に示す通りである。

Table 5-1-1 List of Field Investigation Works of  
El Siete No. 1 and No. 2 Project

Works	Unit	El Siete No.1	El Siete No.2	Total	Remarks
Aerial Photographing	km <sup>2</sup>	-	-	450	
Leveling	km	-	-	40	Bench Mark 12 sites points
1/25,000 Aerial Photographical Map	km <sup>2</sup>	41	28	69	
1/5,000 Aerial Photographical Map	km <sup>2</sup>	1.0	-	1.0	
1/2,000 Topographical Map	km <sup>2</sup>	3.7	1.5	5.2	

## 5.2 地質調査工事

El Siete No 1, No 2 計画をフィジビリティ・スタディに持ち込むために必要とする地質調査工事は以下の通りである。

(1) 地質図の作成

- ダム、水圧管路、発電所について ICEL 作製の実測地形図（縮尺 1/2,000）を用いた地表踏査による詳細な地質図の作成。
- 貯水池、導水路トンネル、放水路について ICEL 作製の航測地形図（縮尺 1/5,000 縮尺 1/25,000）を用いた航測写真判読（縮尺 1/25,000）による地質図の作成。

(2) 地下調査

○ボーリング工事

地質調査工事のボーリング数量は Table 5-1-2 に示す。またボーリング位置は Drawing-14 に示す。更にダム地点で実施するボーリング孔についてはすべて透水試験を実施するものとする。

o 調査横坑

調査横坑の数量は Table 5-1-2 に、その位置は Drawing-14 に示す。

(3) 浮遊土砂調査, コンクリート骨材粒度試験

コンクリート骨材粒度試験の数量は Table 5-1-3 に、その位置は Drawing-15 に示す。

Table 5-1-2 List of Proposed Subsurface Investigation Works of El Siete No. 1 and No.2 Project

Project Site	Work	No.	Elevation (m)	Length (m)	Direction	Remarks	
El Siete No. 1	Dam	Drill hole	AD-1	1,470.0	30.0	90°	Right Bank *
			AD-2	1,435.0	30.0	90°	ditto *
			AD-3	1,415.0	30.0	90°	River bed *
			AD-4	1,470.0	30.0	90°	Left Bank *
			AD-5	1,460.0	30.0	90°	Right Bank *
			AD-6	1,430.0	30.0	90°	ditto *
	Total: 6 holes 180 m						
		Adit	AA-1	1,435.0	40.0	N20°E, 0°	Right Bank
			AA-2	1,435.0	30.0	S20°W, 0°	Left Bank
	Total: 2 adits 70 m						
	Penstock	Drill hole	AP-1	1,420.0	20.0	90°	
			AP-2	1,310.0	20.0	90°	
AP-3			1,220.0	20.0	90°		
AP-4			1,120.0	20.0	90°		
Power House	Drill hole	AH-1	995.0	30.0	90°		
Total: 5 holes 110 m							
El Siete No. 2	Intake Dam	Drill hole	BD-1	1,000.0	20.0	90°	Right Bank
			BD-2	980.0	20.0	90°	River bed *
			BD-3	1,000.0	20.0	90°	
	Penstock	Drill hole	BP-1	880.0	20.0	90°	
			BP-2	810.0	20.0	90°	
			BP-3	760.0	20.0	90°	
	Power House	Drill hole	BH-1	730.0	30.0	90°	
Total: 7 holes 150 m							

Note: \* Permeability test

Table 5-1-3 List of Observation for Concrete Sand and Aggregate Sieve Analyses Test

No. of Hole	Hole Depth	Total Depth	Observation area
10	10 m	100 m	60,000 m <sup>2</sup>

Note: The dimension of vertical hole is 2 m x 2 m in a regular square, and about 10 m of depth. The necessary concrete quantities for El Siete No.1 and No.2 Project are 420,000 m<sup>3</sup>. (250,000 m<sup>3</sup> for El Siete No.1 Project and 170,000 m<sup>3</sup> for El Siete No.2 Project)

### 5.3 フィジビリティ調査の進め方

フィジビリティ調査の進め方については、今回の1次調査(マスター・プラン作成)を開始する前、昭和56年8月にJICAよりICELあて提出し、両者で合意をみた "Inception Report on Feasibility Study for Atrato River Hydroelectric Power Development Project" に記述されている。

今回、ICELとJICAの間で取り交わされたMinuteおよびマスタープランの検討結果を考慮して、前記のInception Reportを訂正する事にした。

訂正する箇所とその理由は以下の通りである。

(1) Topographical maps 地形図の縮尺の変更

- o Area of the project : 1/25,000
- o Tunnel routes and El Lloro reservoir : 1/10,000
- o Reservoir of El Siete, El Once and El Dieciocho : 1/5,000
- o For structures such as dam, spillway, Surge tank, penstock and power house : 1/2,000

(2) フィジビリティ・スタディのための調査工事は El Siete No.1, No.2 計画に限定して実施する事にした。

(3) 地質調査工事は El Siete No.1, No.2 計画に限定すると次に示す調査項目は除外できるものとした。

- o Geophysical prospecting : コロンビア国内に物理探査を実施できる能力ある会社がない。その替りとしてボーリング本数を増加して地質状況の解明を行う事にしたものである。
- o Permeability test : El Siete No.1, No.2 両ダムサイトとも河床堆積物が比較的少なく、河床堆積物の Permeability test は実施する必



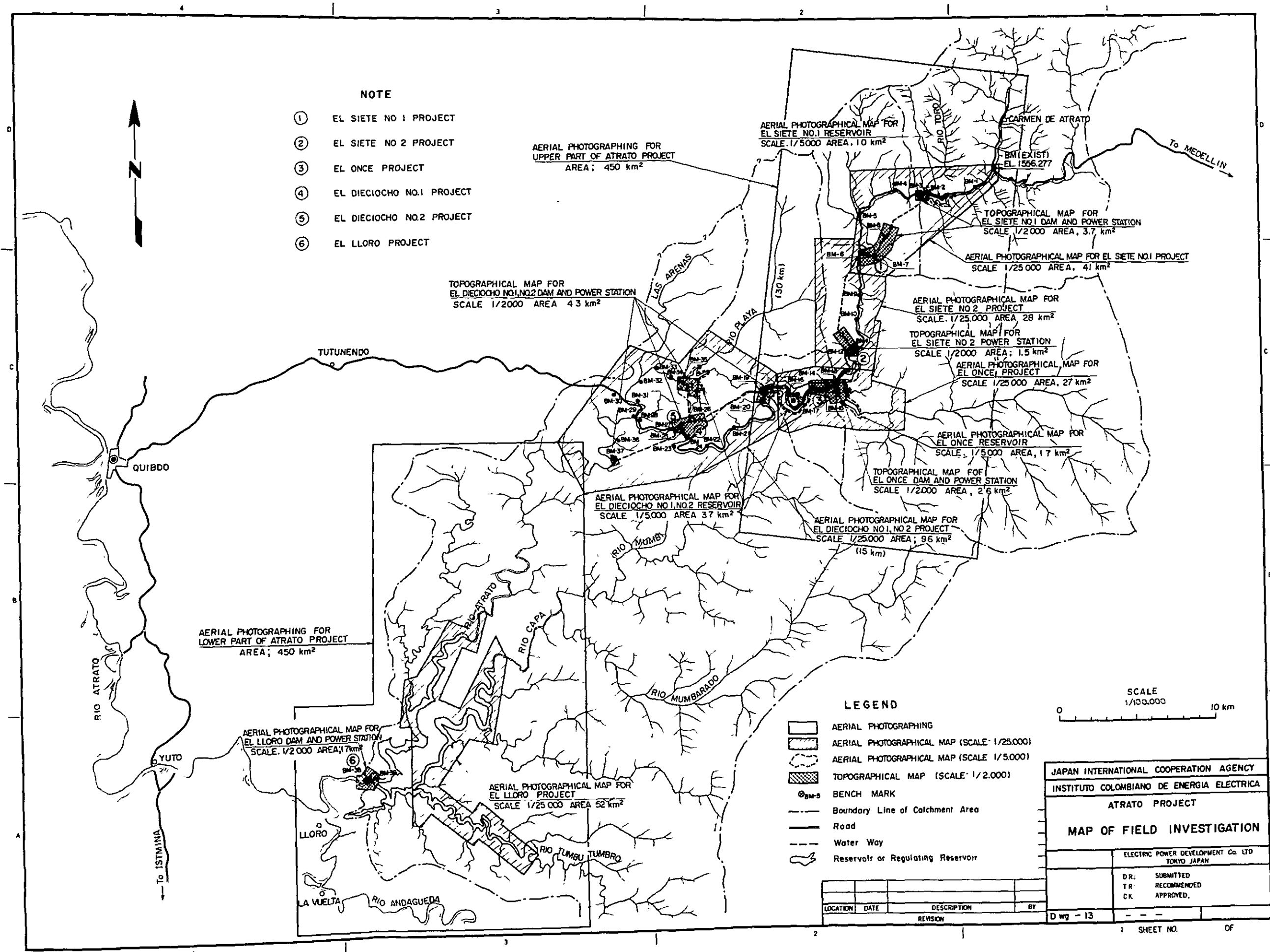
要がない。しかしダム基礎岩盤のボーリング孔内 Permeability test は実施する。

(4) 測水所設置の地点数の変更

El Siete No 1, No 2 計画に限定したので、測水所は El Siete No 2 ダムと Playa 測水所の 2ヶ地点を新設する事にした。

また、雨量観測所の設置も新設測水所に併設させる事にした。

以上の諸点を考慮して、Inception Report in Aug 1981 は改訂されなければならない。



- NOTE**
- ① EL SIETE NO 1 PROJECT
  - ② EL SIETE NO 2 PROJECT
  - ③ EL ONCE PROJECT
  - ④ EL DIECIOCHO NO.1 PROJECT
  - ⑤ EL DIECIOCHO NO.2 PROJECT
  - ⑥ EL LLORO PROJECT

AERIAL PHOTOGRAPHING FOR UPPER PART OF ATRATO PROJECT  
AREA: 450 km<sup>2</sup>

TOPOGRAPHICAL MAP FOR EL DIECIOCHO NO.1, NO.2 DAM AND POWER STATION  
SCALE 1/2000 AREA 4.3 km<sup>2</sup>

AERIAL PHOTOGRAPHICAL MAP FOR EL SIETE NO.1 RESERVOIR  
SCALE 1/5000 AREA 1.0 km<sup>2</sup>

TOPOGRAPHICAL MAP FOR EL SIETE NO.1 DAM AND POWER STATION  
SCALE 1/2000 AREA 3.7 km<sup>2</sup>

AERIAL PHOTOGRAPHICAL MAP FOR EL SIETE NO.1 PROJECT  
SCALE 1/25000 AREA 41 km<sup>2</sup>

AERIAL PHOTOGRAPHICAL MAP FOR EL SIETE NO.2 PROJECT  
SCALE 1/25000 AREA 28 km<sup>2</sup>

TOPOGRAPHICAL MAP FOR EL SIETE NO.2 POWER STATION  
SCALE 1/2000 AREA 1.5 km<sup>2</sup>

AERIAL PHOTOGRAPHICAL MAP FOR EL ONCE PROJECT  
SCALE 1/25000 AREA 27 km<sup>2</sup>

AERIAL PHOTOGRAPHICAL MAP FOR EL ONCE RESERVOIR  
SCALE 1/5000 AREA 1.7 km<sup>2</sup>

TOPOGRAPHICAL MAP FOR EL ONCE DAM AND POWER STATION  
SCALE 1/2000 AREA 2.6 km<sup>2</sup>

AERIAL PHOTOGRAPHICAL MAP FOR EL DIECIOCHO NO.1, NO.2 RESERVOIR  
SCALE 1/5000 AREA 3.7 km<sup>2</sup>

AERIAL PHOTOGRAPHICAL MAP FOR EL DIECIOCHO NO.1, NO.2 PROJECT  
SCALE 1/25000 AREA 9.6 km<sup>2</sup>

AERIAL PHOTOGRAPHING FOR LOWER PART OF ATRATO PROJECT  
AREA: 450 km<sup>2</sup>

AERIAL PHOTOGRAPHICAL MAP FOR EL LLORO DAM AND POWER STATION  
SCALE 1/2000 AREA 1.7 km<sup>2</sup>

AERIAL PHOTOGRAPHICAL MAP FOR EL LLORO PROJECT  
SCALE 1/25000 AREA 52 km<sup>2</sup>

**LEGEND**

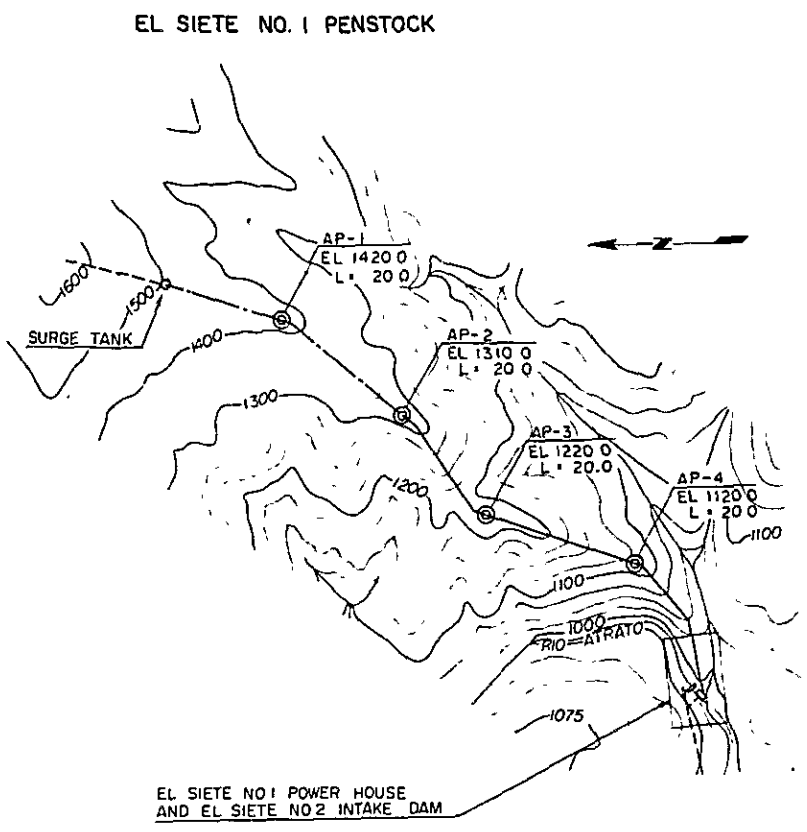
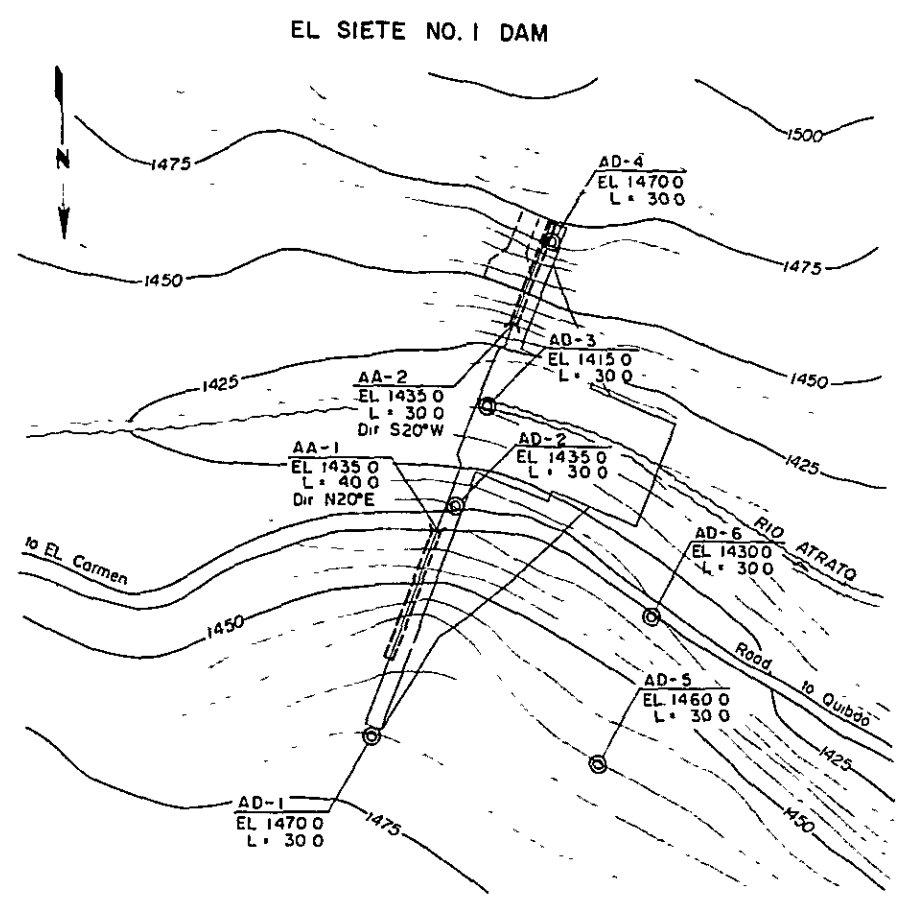
- [Blank Box] AERIAL PHOTOGRAPHING
- [Dotted Box] AERIAL PHOTOGRAPHICAL MAP (SCALE 1/25,000)
- [Horizontal Lines Box] AERIAL PHOTOGRAPHICAL MAP (SCALE 1/5,000)
- [Vertical Lines Box] TOPOGRAPHICAL MAP (SCALE 1/2,000)
- ⊙ BM-5 BENCH MARK
- - - Boundary Line of Catchment Area
- Road
- - - Water Way
- ⊂ Reservoir or Regulating Reservoir

SCALE 1/100,000  
0 10 km

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
ATRATO PROJECT	
MAP OF FIELD INVESTIGATION	
ELECTRIC POWER DEVELOPMENT Co. LTD TOKYO JAPAN	
DR.	SUBMITTED
TR.	RECOMMENDED
CK.	APPROVED.

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY
		REVISION	

Dwg - 13  
1 SHEET NO. OF

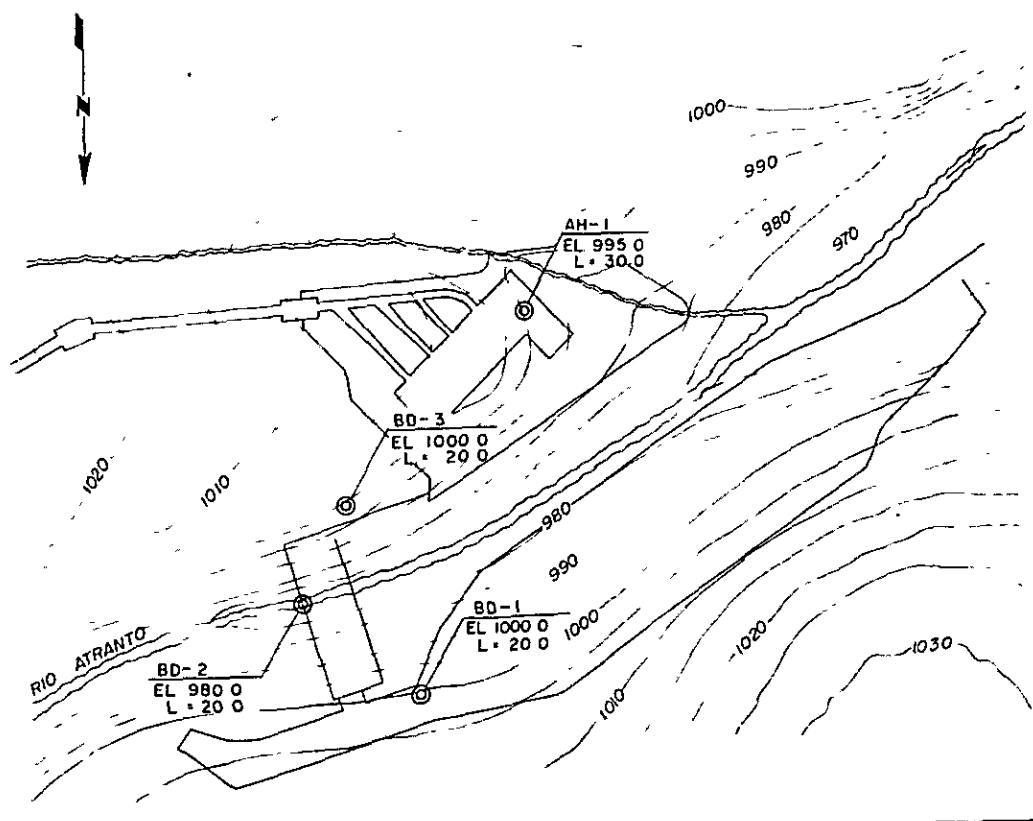


**LEGEND**

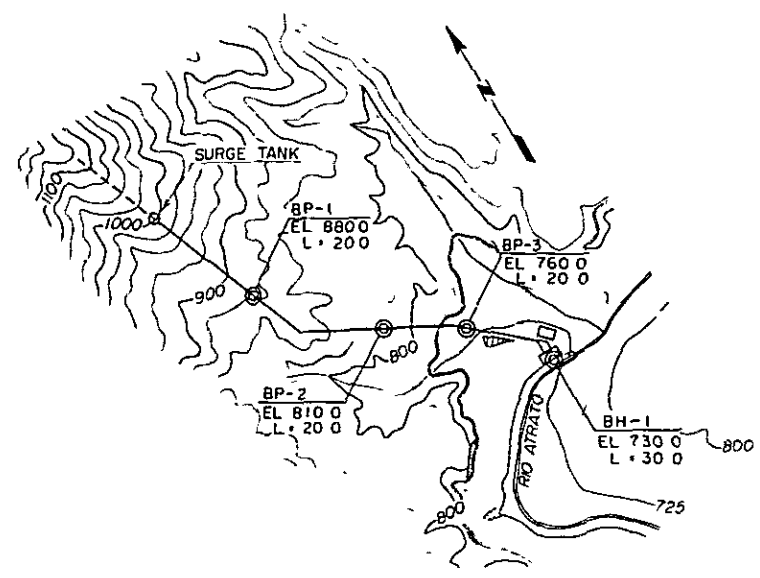
Drill hole  
 AD - Name of Hole  
 EL - Elevation (m)  
 L - Length of Hole (m)

Adit  
 AA - Name of Adite  
 EL - Elevation (m)  
 L - Length of Adit (m)  
 Dir - Direction

**EL SIETE NO 1 POWER HOUSE AND EL SIETE NO 2 INTAKE DAM**



**EL SIETE NO. 2 PENSTOCK AND POWER HOUSE**



0 100 m

0 1000 m

"EL SIETE NO 1 DAM" and "EL SIETE NO 1 POWER HOUSE AND EL SIETE NO 2 INTAKE DAM"

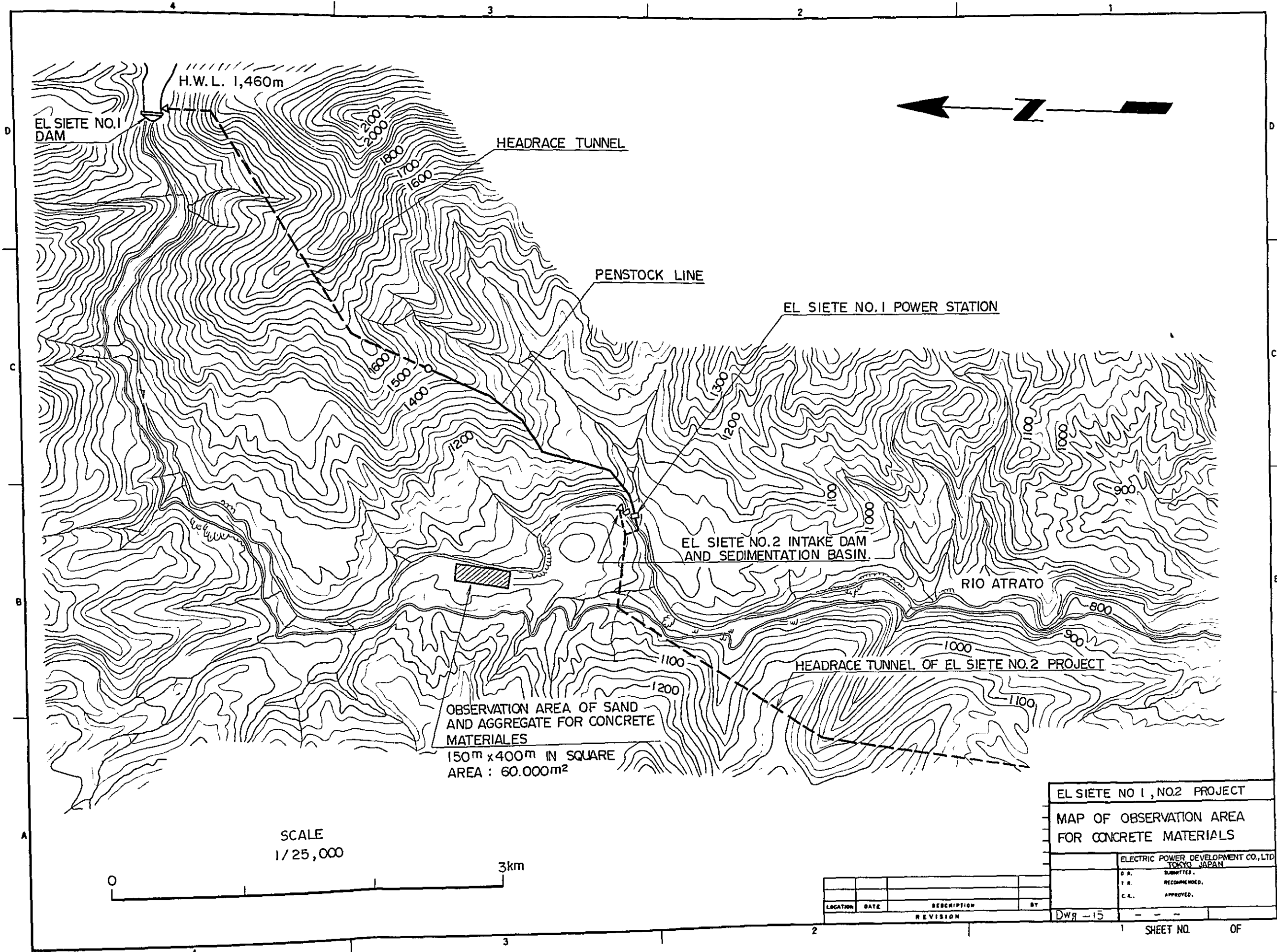
"EL SIETE NO 1 PENSTOCK" and "EL SIETE NO 2 PENSTOCK AND POWER HOUSE"

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY
		REVISION	

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
ATRATO RIVER PROJECT	
LOCATION OF PROPOSED SUBSURFACE INVESTIGATION WORKS OF EL SIETE NO 1 AND NO 2 PROJECT	
ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO LTD TOKYO JAPAN	
DR	SUBMITTED
TR	RECOMMENDED
CK	APPROVED

Dwg - 14

1 SHEET NO OF



OBSERVATION AREA OF SAND  
AND AGGREGATE FOR CONCRETE  
MATERIALES  
150m x 400m IN SQUARE  
AREA : 60.000m<sup>2</sup>

SCALE  
1/25,000



LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY

EL SIETE NO 1, NO.2 PROJECT	
MAP OF OBSERVATION AREA FOR CONCRETE MATERIALS	
ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO., LTD TOKYO JAPAN	
D.P.	SUBMITTED.
T.R.	RECOMMENDED.
C.A.	APPROVED.
Dwg -15	- - -

1 SHEET NO. OF



APPENDIX

APPENDIX-I Photomicrograph and Petrographic Description of Rock.  
APPENDIX-II Rating Curve



## FIGURE LIST

- Fig. A-2-1      RATING CURVE AT PUENTE DE SANCHEZ GAGING STATION
- Fig. A-2-2      RATING CURVE AT LOS ARAYANEZ GAGING STATION





Photomicrograph and Petrographic Description of Rock (Plate 1 of 5)

Locality: El Siete No. 1 Project, Damsite

Rock name: Deep reddish green altered basaltic tuff



0 0.5mm (open nicols)



(crossed nicols)

Petrographic description:

Hydrothermally altered basaltic tuff (the so-called "schalstein"). Plagioclases were replaced by albite and sericite along cleavage planes. Augite crystals also suffer chloritization along cleavage or crystal margin. Tuffaceous texture shown by the presence of basaltic bombs is clearly observed. Extremely low double refraction of chloritic mineral indicate no swelling character.

Rock forming minerals;

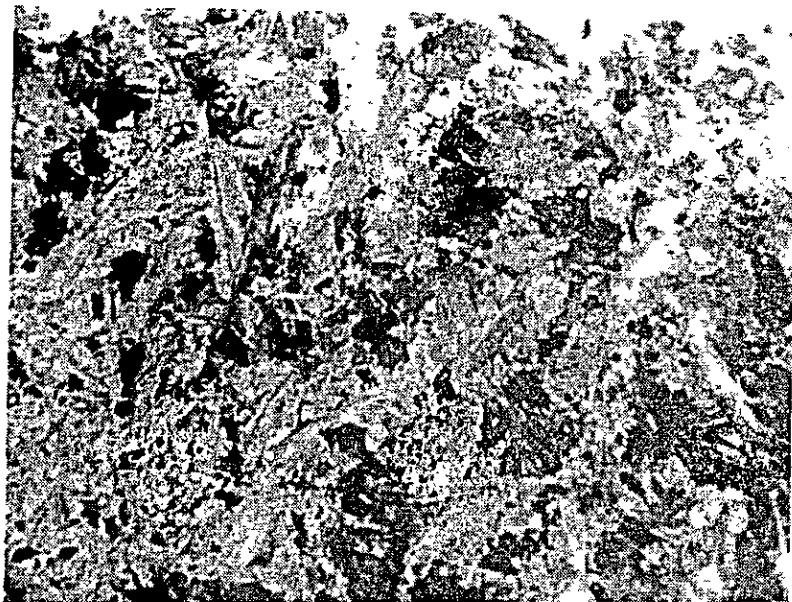
Plagioclase > Augite >> Chlorite > Magnetite > Hematite, Leucoxene



Photomicrograph and Petrographic Description of Rock (Plate 2 of 5)  
Locality: El Siete No. 2 Project, near the Headrace Tunnel Route  
Rock name: Dark green diabase (dolerite)



0 . 0.5mm (open nicols)



(crossed nicols)

Petrographic description:

Originally augite dolerite but has been hydrothermally altered. "Metadiabase" is commonly used for this type of rock. Most of augite crystals have been replaced by pale green actinolite and chlorite and plagioclase was albitized. Ophitic texture is clearly observed and no deformation texture is present. No swelling chlorite is observed.

Rock forming minerals;

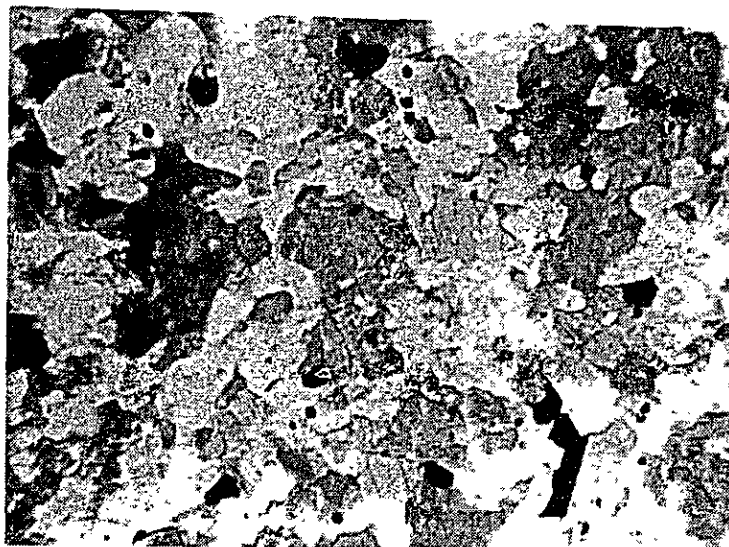
Actinolite > Plagioclase > Augite >> Chlorite > Leucoxene



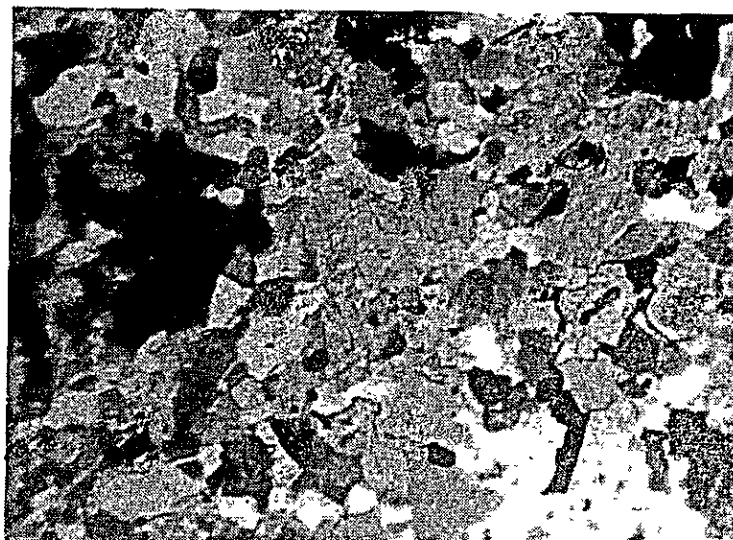
Photomicrograph and Petrographic Description of Rock (Plate 3 of 5)

Locality: El Once Project, near the Damsite

Rock name: Dark green medium-grained amphibolite



0 0.5mm (open nicols)



(crossed nicols)

Petrographic description:

Fresh granular amphibolite chiefly composed of grass green hornblende and plagioclase. Plagioclases have suffered weak albitization along their cleavage planes.

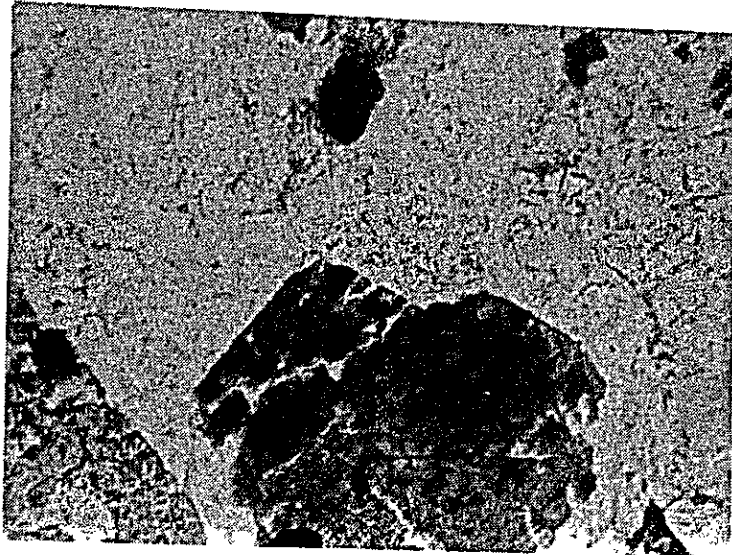
Metamorphic rock originated from basaltic rock. Commonly found as xenolith within acid plutonic mass.

Rock forming minerals;

Plagioclase > Hornblende > Quartz > Magnetite



Photomicrograph and Petrographic Description of Rock (Plate 4 of 5)  
Locality: El Diechiocho No. 1 Project, near the Damsite  
Rock name: Coarse-grained Granodiorite



0 0.5mm (open nicols)



(crossed nicols)

Petrographic description:

Typical hornblende-biotite granodiorite. Plagioclase having weak zonal texture has been altered partly by albite and sericite. Color of hornblende is brownish green. Brown biotite was chloritized along cleavage planes.

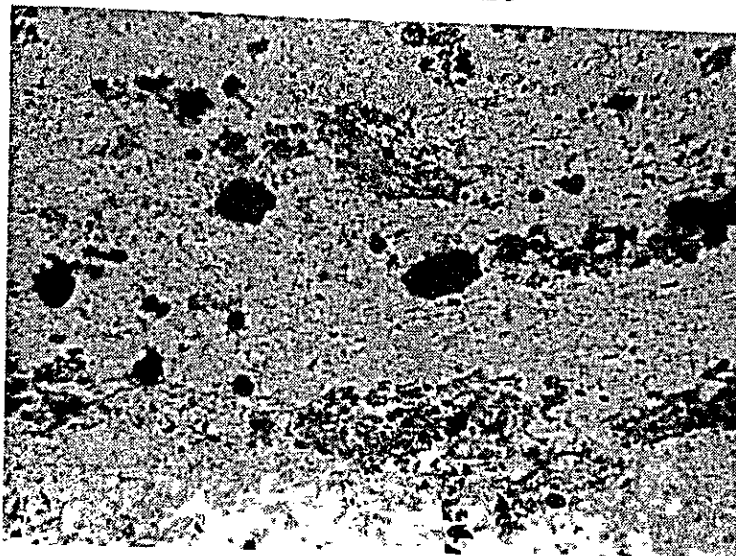
Rock forming minerals;

Plagioclase > Hornblende > Quartz > Biotite > K-feldspar > Magnetite > Zircon

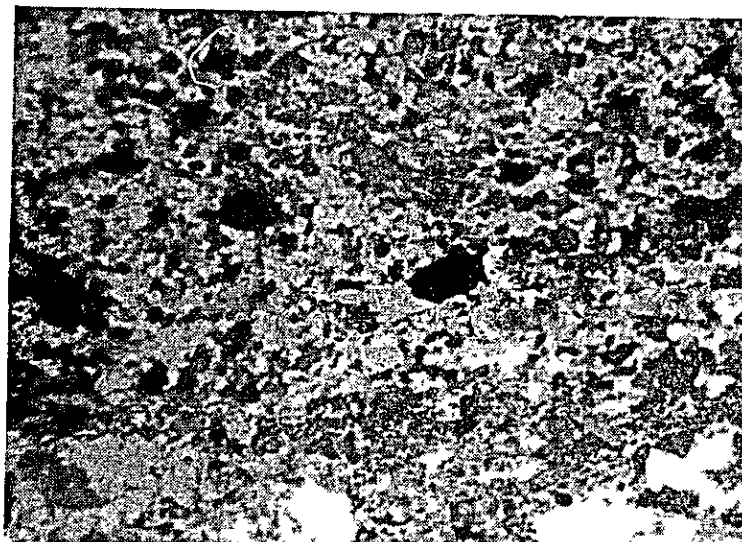




Photomicrograph and Petrographic Description of Rock (Plate 5 of 5)  
Locality: El Dieciocho No. 2 Project, near the Power Station Site  
Rock name: Greyish light green Kyanite-Muscovite Schist



0 0.5mm (open nicols)



(crossed nicols)

Petrographic description:

Siliceous schist or gneiss in which muscovite and kyanite(?) were formed. Composition of plagioclase is near albite.

Rock forming minerals;

Quartz >> Plagioclase > Muscovite > Kyanite(?), Magnetite > Zircon



Fig. A 2-1 RATING CURVE  
AT PUENTE DE SANCHEZ GAGING STATION

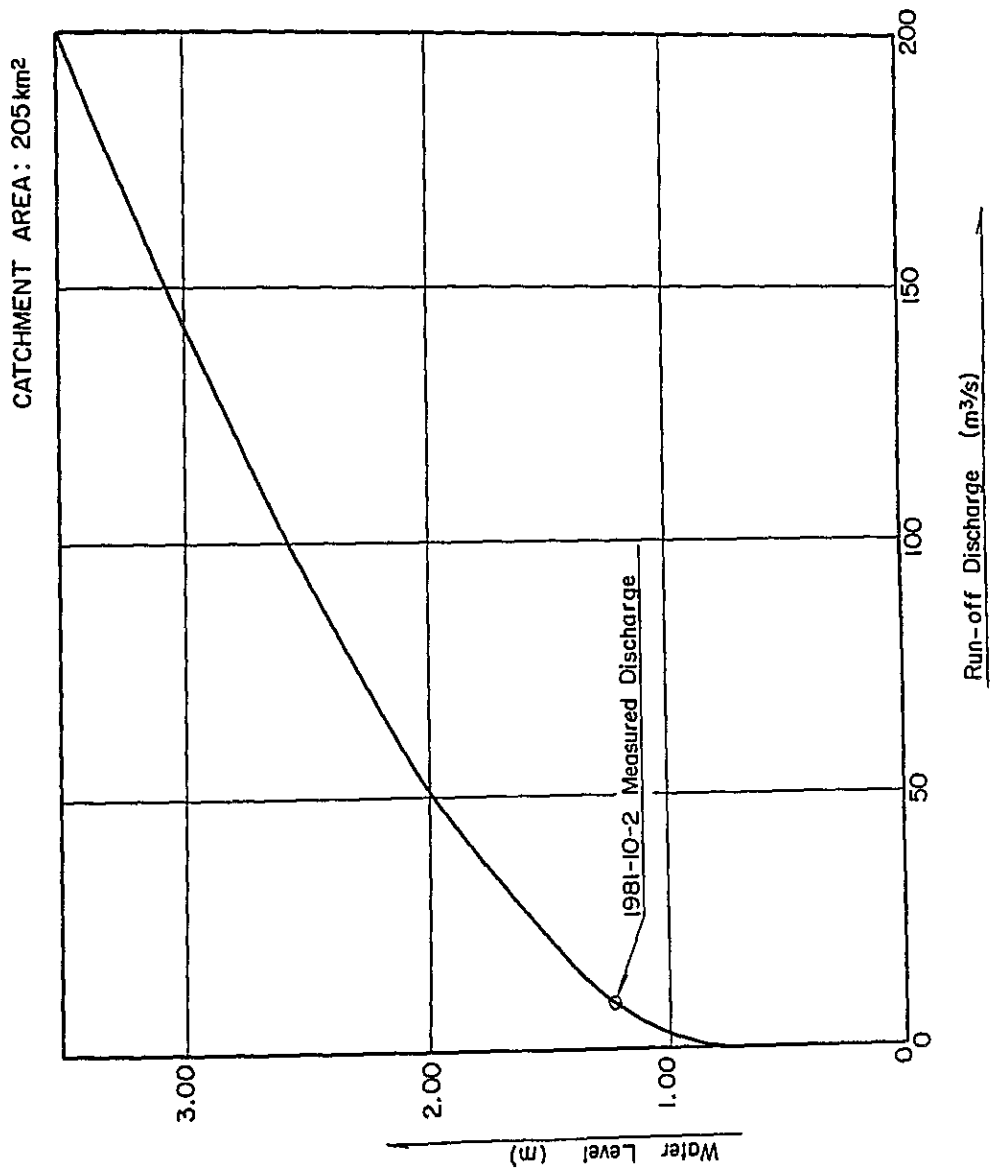
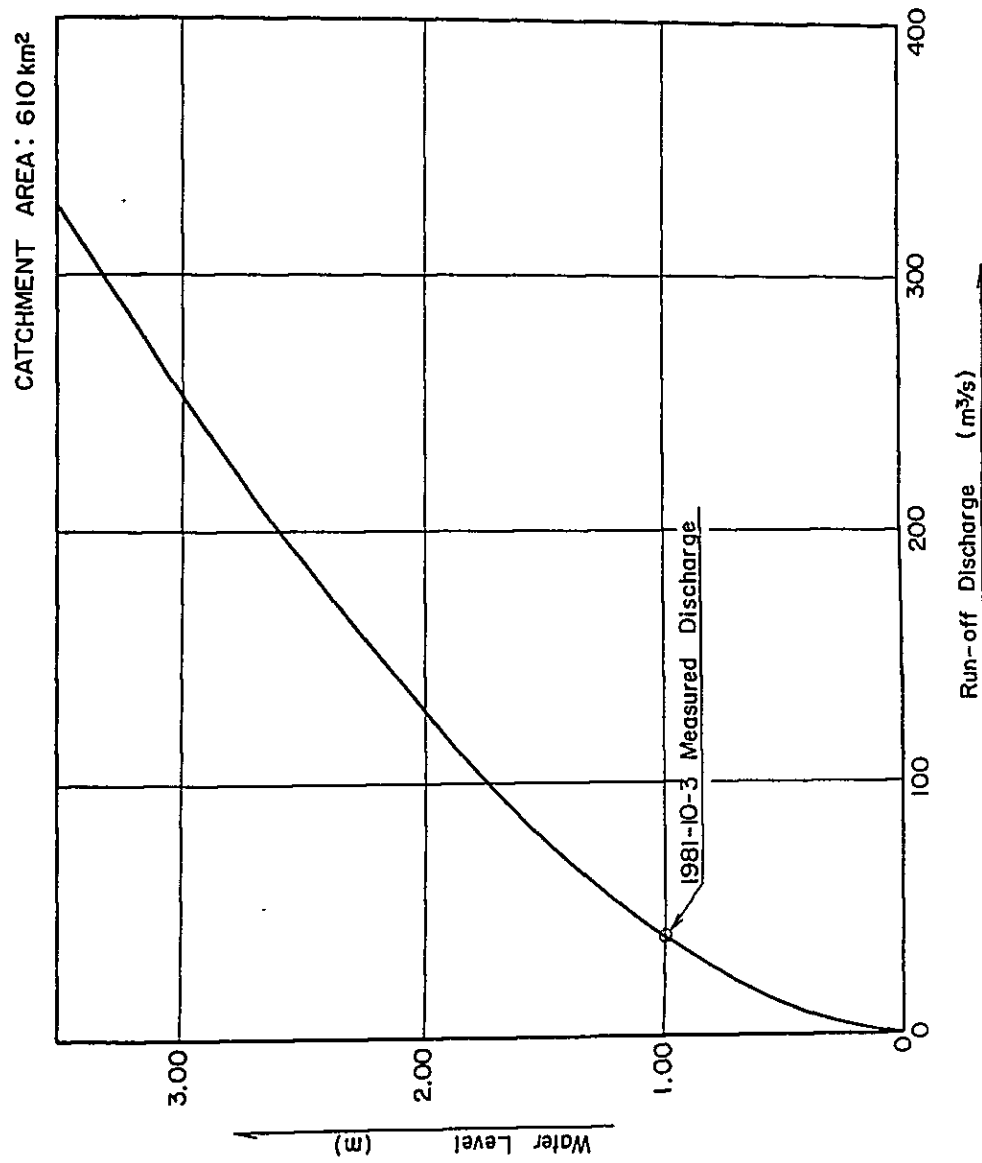




Fig. A 2-2 RATING CURVE  
AT LOS ARRAYANEZ GAGING STATION













JICA