

11.1.5 電気装置の標準仕様

発電機に附属した電気装置並びに変電所の電気設備に対して次の様に機器の仕様を定めた。

(1) 励磁装置

発電機の励磁方式は保守点検の簡便さを重視して、ブラシレス励磁方式とする。

(2) 接地方式

発電機の地絡電流の値を小さくおさえて発電機の保護をするために高抵抗接地の一種である変圧器接地方式とする。

(3) スイッチギア

発電機回路にはスイッチギアとして次の電気品を収納する。

- シャ断器
- 避雷器
- 計測用変流器, 変圧器
- 励磁用変圧器
- 所内用変圧器
- 低圧分電盤

(4) 直流装置

発電機の励磁回路への初期励磁並びに制御盤への直流電流供給のために、充電器と鉛バッテリーを設置する。

(5) 制御・保護リレー盤

水車・発電機のスタート、停止及び発電機シャ断器の同期投入並びに速度調整等に必要な装置は全て水車・発電機制御盤に設置されており、一人の運転員にて操作が出来るものである。

また、発電機の保護リレー盤には発電機回路の保護に必要なリレーが設置されており、事故の発生によりリレーが動作することで水車・発電機の停止と同時にブザーとフリッカーで運転員に知らせるものとする。

(6) 変電所機器

変電所は設備を簡略化し建設費の低減を図る目的で通常型の屋外機器で構成するものとした。

変電機器の定格電圧は連係される既設のLibano変電所の電圧に合わせ、33kVとした。

主要機器の仕様は表-11.3の通りである。

表-11.3 主要機器の仕様

項 目	仕 様
1. 主変圧器	
1) 台 数	3相 1台
2) 型 式	油入 自冷式
3) 電 圧	4.16/33kV
4) 容 量	5,600kVA
5) 結 線	△/人
2. 遮断器	
1) 台 数	3相 1台
2) 型 式	空気吹付式
3) 電 圧	33kV
4) 電 流	600A
5) 遮断容量	12.5kA
3. 断路器	
1) 台 数	3相 1台
2) 型 式	水平式
3) 電 圧	33kV
4) 電 流	600A
4. 変流器	
1) 台 数	3相 1台
2) 電 流	150/5A
5. 変圧器	
1) 台 数	1相 3台
2) 電 圧	33kV/110V

図-11.3に変電器の主回路接続図を、また図-11.4に機器配置図を示す。

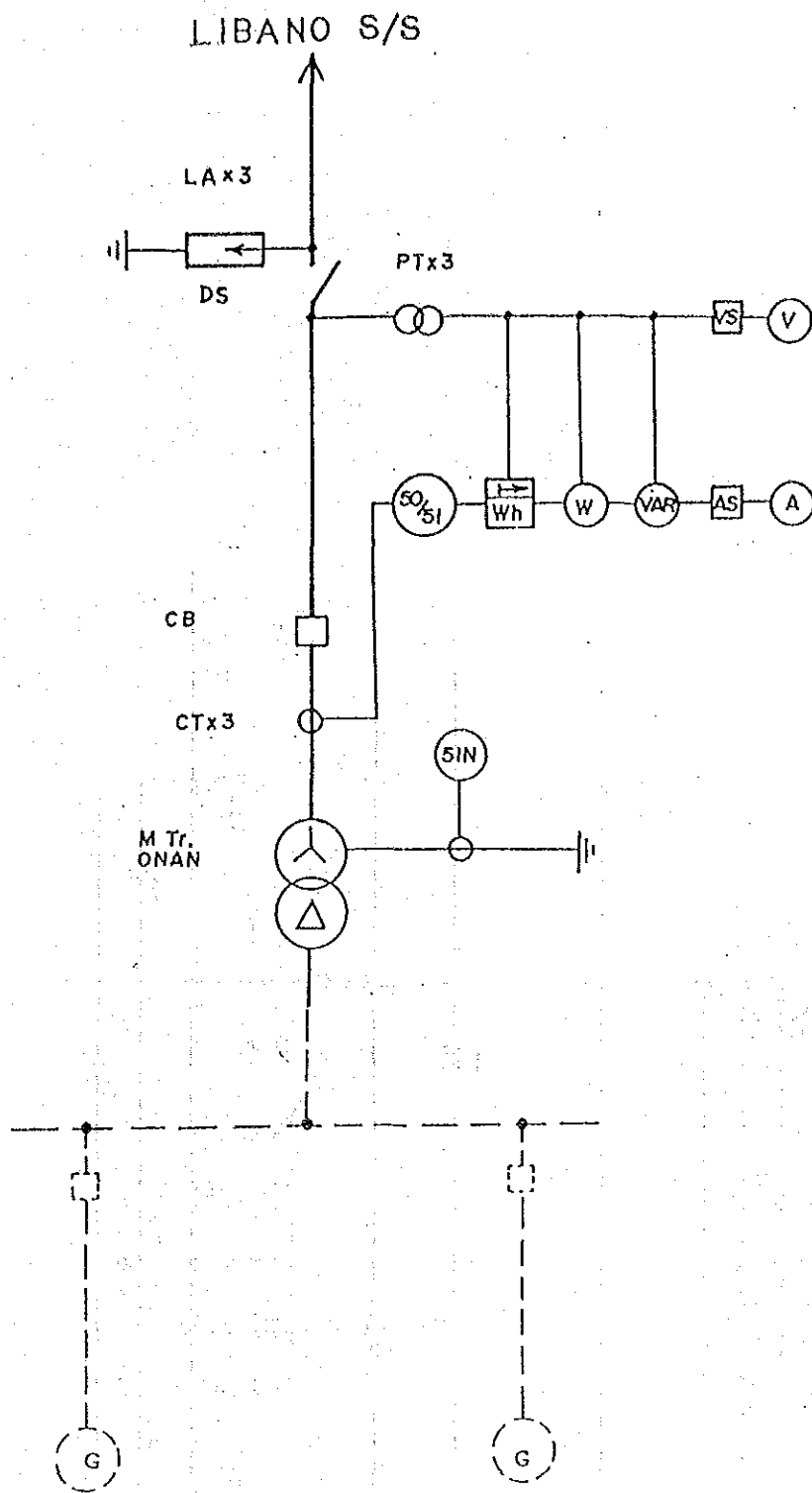


Fig. 11.3 Main Circuit Connection Diagram for Substation

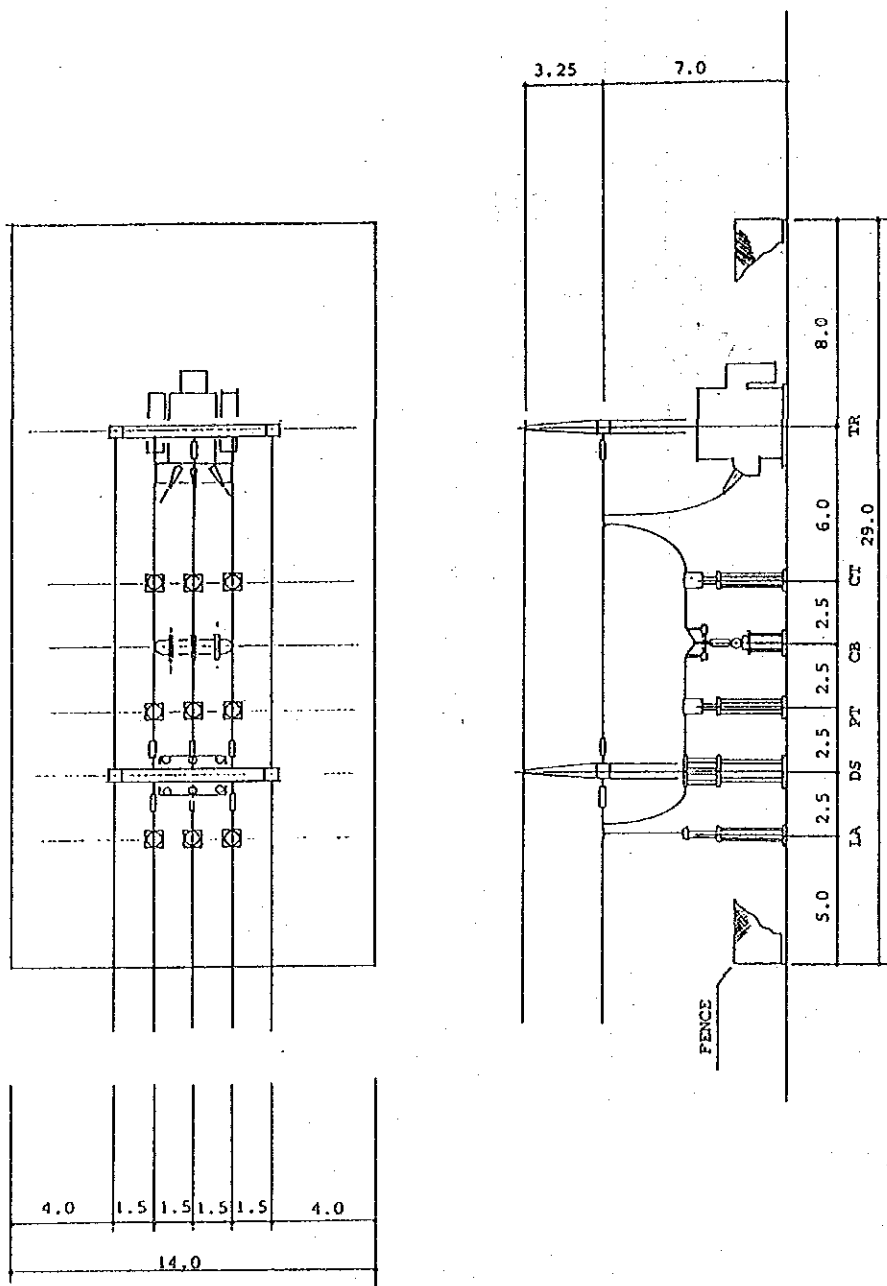


Fig. 11.4 Substation Equipment Layout Plan

(7) 送電線

送電線が接続出来る最寄りの設備としては、本発電所から東方へ約 5kmの所に既存のLibano変電所がある。

したがって、本発電所の変電所から33kV送電線にて既存のLibano変電所へ連接されるものである。

本発電所の発生電力は図-11.8に示される通り、Libano変電所、Tleitos 変電所、Lerida変電所、Recio 発電所を通じて地域に供給されるものである。

但し、本調査の段階においては送電線の建設費は考慮に入れないものとする。

11-15

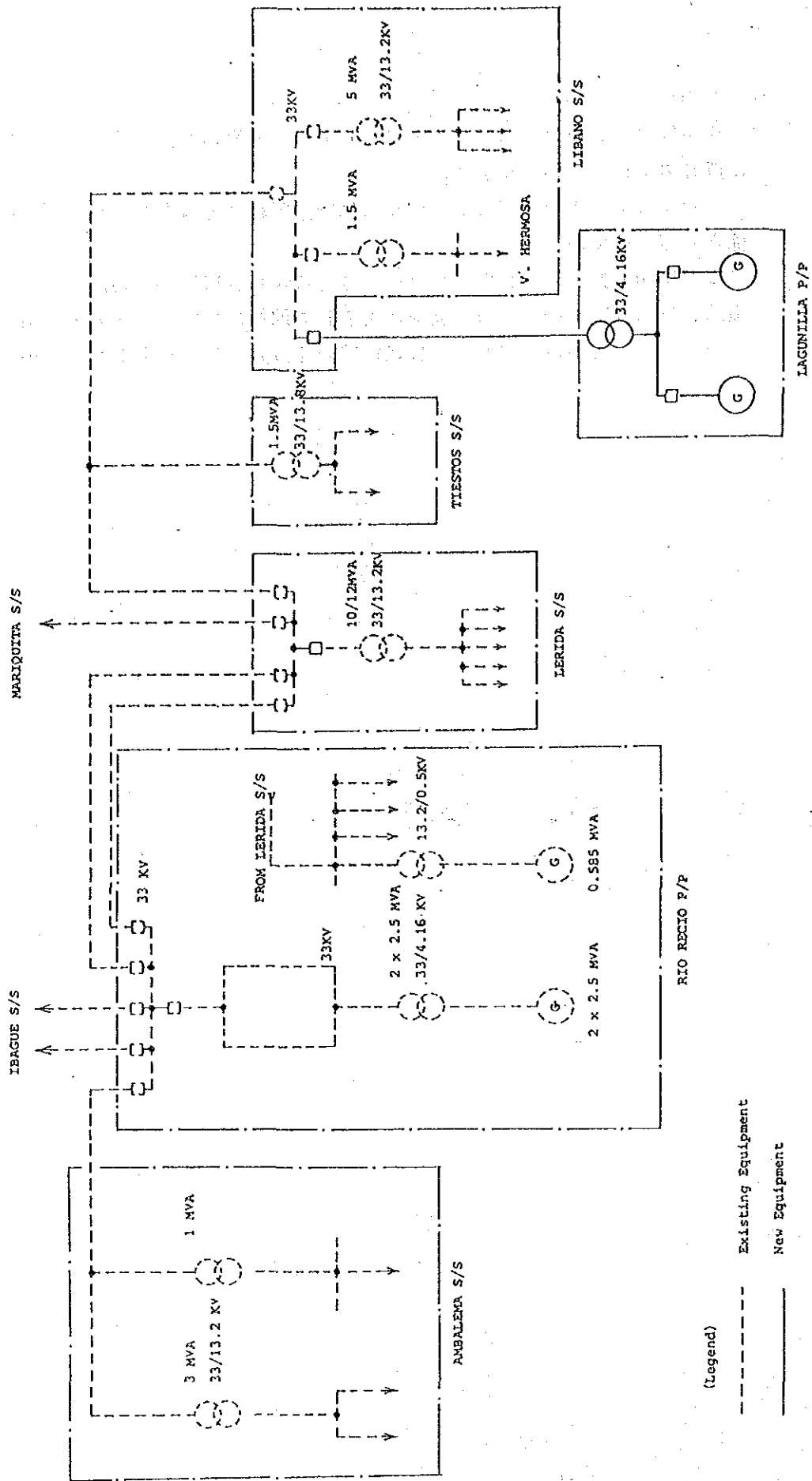


Fig. 11.5 Power Schematic Diagram

11.2 施工計画

11.2.1 工事施工条件の検討

Lagunilla 発電所は現在稼動しておらず、工事工程を拘束する条件は特に無い。しかし、地形が急峻でありアクセスが難しい事、電源が無い事等の問題がある。

11.2.2 準備工事

(1) 締切り、水替え

取水設備の施工に先だって転流工を行う。現河川は流路を右岸側に転流し左岸側を締切る。締切りは土砂による盛土とその表面を流水の浸蝕から保護する蛇籠、土俵等を用いて行う。左岸側の締切った中では取水口、土砂吐と取水堰の一部を施工する。左岸側の施工後、築造された土砂吐を利用して河川を左岸河に切替えてから残りの右岸側を締切り、取水堰の残部を完成させる。河川処理対象流量は工期1年として低いコンクリートダムでもあり年1~2回の確率流量を採用すると10 m³/secとなる。

(2) 工所用電源

本工事規模より推定される所要電力は、600kW程度である。この電力を得るにはLibano変電所から新たな送電線が必要となる。

従って、発電所横に設けられる変電所と送電線を先行新設し、ここから工所用電力を得る。

送電線工事が遅れる場合は、ディーゼル発電その他の代替電源を考慮する。

11.2.3 工所用アクセス道路

本プラント計画地点には導入道路は全くない。

既設道路は水路トンネルルートの高標1960m付近にありここから発電所及び取水堰地点辺のアクセス道路を計画する。

アクセス道路は巾員7.0m、平均縦断勾配10%として

既設道路 ———> 取水堰 延長 1.5km

既設道路 ———> 発電所 延長 5.0km

の合計 6.5kmとなる。

11.2.4 工事用仮設備

主な工事用仮設備としては地形勾配が約45°と急峻な為水圧管据付用インクラインが必要となる。

インクラインの最大積載可能重量は、コンクリートを1.0㎡又は水圧管12.0mが運べるものとし台車、バケット重を考慮して設定する。

仕様は下記

レール長	500m
運行距離	480m
勾配	45°
最大積載量	5.0t

11.2.5 工事工程

工事工程は表-11.4に示す。

Table 11.4 Lagunilla Hydroelectric Power Plant Rehabilitation Plan Work Schedule

Item	1989			1990			1991			1992			1993			1994			1995			1996		
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
Study for rehabilitation plan	-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----		
Examination of rehabilitation plan	-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----		
Main civil structures design and drawing up of documents	-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----		
Tender and award	-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----		
Negotiations and conclusion of contract	-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----		
Negotiating period for financing	-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----		
Ordering	-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----		
Construction work	-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----		
Compilation of discharge observation data	-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----			-----		

Note) The details of the construction period are in Table 11.5.

11.3 工事費

11.3.1 積算基本条件

(1) 積算方針

(a) 積算工事費の構成

プロジェクトに関する概略工事費は以下の項目で構成されている。

土木工事費

直接工事費+予備費+技術管理費

機器工事費

F. O. B+海上輸送費+陸上運送費+各種関税+据付費+試験費
(含輸送保険) (含輸送保険)

+予備費+技術管理費

(b) 土木工事費の算定

- 直接工事費は、各種工事数量×単価で表わされる。
- 各種工事数量は、添付DWG. No. LA-C-01~No. LA-C-05を基に積算した。
- 単価には、直接仮説費 (A. I. U) をコロンビアで通常採用されている30%を考慮した。
- 予備費および技術管理費としては、ISAが通常水力プロジェクトに適用している直接工事費に対する下記比率で算定した。

予備費 直接工事費×15%

技術管理費 (直接工事費+予備費) ×10%

(c) 機器工事費の算定

機器工事費は、ISAが通常水力プロジェクトに適用している。F. O. B及び直接工事費に対する下記比率で算定した。

— F. O. B	100.0 %	
— 海上輸送費	F. O. Bの10.0%	
— 海上輸送保険	F. O. Bの 2.0%	
— TAXES	} F. O. Bの22.3%	3.15 × 1.105
— LAW 68		2.0 × 1.105
— LAW 50		8.0 × 1.105
— PROEXOP		5.0 × 1.105

— ADDED VALUE TAX	F. O. Bの13.4%	上記計の10%
— 陸上輸送及保険費	F. O. Bの6.0%	
— 据付費	F. O. Bの10.0%	
— TEST, CONNECTION	F. O. Bの6.0%	
直接工事費(上記計)	F. O. Bの169.7%	
予備費	F. O. Bの17.0%	直接工事費の10%
技術管理費	F. O. Bの14.9%	直接工事費+予備費8%

(d) 工種の分類

LAGUNILLA水力発電所の工事費積算は下記工種分類により行った。

取水ダム及取水口	;	土工事, コンクリート, 玉石コンクリート, 鉄筋, ゲート, スクリーン, 法面保護	
導水路及沈砂池	;	トンネル掘削, トンネルコンクリート, スクリーン, ゲート,	
水	槽	;	土工事, コンクリート, 鉄筋, スクリーン, ゲート, 法面保護, 玉石コンクリート, バルブ
水圧鉄管	;	土工事, コンクリート, 鉄筋, 管工事	
発電所	;	土工事, コンクリート, 鉄筋, 建屋, クレーン, 法面保護	
余水路	;	土工事, コンクリート	
変電所	;	土工事, コンクリート, 鉄筋	

また、発電設備については以下の通り分類した。

水車および付属機器

発電機および付属機器

水車・発電機制御盤

発電機用スイッチギア

所内変圧器, 分電盤, バッテリー, 充電器

変電所

(e) 積算年次

積算年次は、ICELとの打合せの結果1989年9月時点で積算した。

(2) 土木工事単価

1989年9月時点の単価としてELECTROLIMAにより準備された単価（前出 5.4）を使用する。

尚この単価には、工事中仮設のキャンプ、電源、通信施設等の費用も含まれるものとする。

(3) 機器のF. O. Bコスト

日本国内メーカー2社の見積りを取りその最低価格の90%をF. O. Bコストとした。

11.3.2 土木工事費内訳

ALT-3-1に対する土木工事費の内訳は次紙の通りである。

No.	Description	Unit	Quantity	Rate	Estimated Amount	Remarks
Lagunilla		ALT-3-1				
1. Diversion Weir & Intake						
1.1	Earthwork	m ³	250	2,800	700,000	
1.2	Concrete Work	"	600	17,900	10,740,000	
1.3	Reinforcing Bar	ton	10	215,000	2,150,000	
1.4	Gate	"	4.6	480,000	2,208,000	
1.5	Screen	"	1.7	650,000	1,105,000	
1.6	Shotcrete	m ³	3.0	40,000	1,200,000	t = 10 cm
	Sub Total	-	-	-	18,103,000	
2. Desilting Basin						
2.1	Earthwork	m ³	1,600	2,800	4,480,000	
2.2	Concrete Work	"	200	17,900	3,580,000	
2.3	Reinforcing Bar	ton	15	215,000	3,225,000	
2.4	Gate	ton	2.7	480,000	1,296,000	
2.5	Spillway	ton	6.0	420,000	2,520,000	
	Sub Total	-	-	-	15,101,000	
3. Conduction Channel						
3.1	Earthwork	m ³	2,400	19,600	47,040,000	
3.2	Concrete Work	"	500	25,000	12,500,000	
	Sub Total	-	-	-	59,540,000	

No.	Description	Unit	Quantity	Rate	Estimated Amount	Remarks
6.	Foundation of Equip.					
6.1	Earthwork	m ³	2,800	2,800	7,840,000	
6.2	Concrete Work	"	1,100	17,900	19,690,000	
6.3	Reinforcing Bar	ton	57	215,000	12,255,000	
	Sub Total	-	-	-	39,785,000	
7.	Powerhouse					
7.1	Building	m ³	900	55,000	49,500,000	
7.2	Excavation	m ³	23,000	2,800	64,400,000	
7.3	Concrete	m ³		17,900		
7.4	Shotcrete	m ³	13.0	40,000	5,200,000	t = 0.1 m
	Sub Total	-	-	-	119,100,000	
8.	Temporary Facilities					
8.1	Incline	lot	1	-	9,000,000	CAP: 5.0 t = 480 m
	Sub Total				9,000,000	
9.	Substation	lot	1		3,813,000	
10.	Grand Total				355,899,000	

11.3.3 発電機器予算内訳

ALT-3-1に対する発電機器費の内訳は下記の通りである。

FOB COST OF ELECTRICAL & MECHANICAL EQUIPMENT (ALT-3-1)		
No.	Description	FOB cost (百万円)
1	Water Turbine and Auxiliary Equipment	234.6
2	Generator and Auxiliary Equipment	86.8
3	Turbine and Generator Control Panel	13.6
4	Switchgear for Generator	10.2
5	Auxiliary Service Transformer, Distribution Board, Battery and Charger	3.5
6	Main Transformer	11.6
7	33 kV Substation	13.7
	Total	374.0

11.3.4 年度別工事費

全体工事費及び工事工程表に基づき年度別工事費を算定すると次表の通りである。

年度別土建工事費の概算 (金額単位 10 ⁶ ペン)												
比較代替案 年度	ALT-1		ALT-2		ALT-3							
					1		2		3			
	1年度	2年度	1年度	2年度	1年度	2年度	1年度	2年度	1年度	2年度		
取水堰及取水口工事	27.0	0	23.5	0	23.5	0	25.9	0	28.2	0		
沈砂池工事	0	19.6	0	38.0	0	19.6	0	28.4	0	37.2		
水路工事	5.6	5.6	23.4	23.5	38.7	38.7	42.5	42.6	46.4	46.5		
水槽工事	13.9	14.0	13.9	14.0	13.9	14.0	18.1	18.2	22.3	22.3		
水圧管路工事	10.9	21.8	14.5	29.2	30.6	61.2	44.3	88.8	56.7	113.6		
機器基礎工事	14.0	14.1	16.4	16.5	25.8	25.9	37.8	37.9	49.8	49.9		
発電所建屋工事	26.1	26.2	26.1	26.2	77.4	77.4	77.4	77.4	77.4	77.4		
仮設備	4.9	0	6.8	0	11.7	0	11.7	0	11.7	0		
その他雑工事	0	2.9	0	2.9	0	5.0	0	5.0	0	5.0		
① 計	102.4	104.2	124.6	150.3	221.6	241.8	257.7	298.3	292.5	351.9		
② Contingency ①×0.15	5.4	15.6	18.7	22.5	33.2	36.3	38.7	44.7	43.9	52.8		
③ Eng. Fee (①+②)×0.10	11.8	12.0	14.3	17.3	25.5	27.8	29.6	34.3	33.6	40.5		
④ 総計①+②+③	129.6	131.8	157.6	190.1	280.3	305.9	326.0	377.3	370.0	445.2		

第12章 結論及び助言

プレ・フェージビリティ調査（1987年11月から1988年6月までの8ヶ月間）に引続いて実施したLagunilla水力発電所の修復計画に関するフェージビリティ調査（1988年11月から1990年3月までの17ヶ月間）に対するJICA調査団の結論をまとめると以下の通りである。

12.1 最も実現性の高い設備計画

1972年以降発電停止し、1985年Nevado del Ruiz火山爆発により発生した土石流により取水設備も流失したLagunilla水力発電所の修復計画において、技術的ならびに経済的な見地から最も実現性高い修復の計画概要を示すと次の通りである。

表-12.1 修復後の最適設備概要

項 目		単 位	記 述 内 容
(1) 発の 電諸 計元 画	最大使用水量 (Q)	m ³ /s	2.0
	基準有効落差 (H)	m	30.9
	理論出力	kW	6,056
	最大出力 (P)	kW	5,000
	発電機器台数		2
	年間可能発電電力量 (E ₁)	GWh	43.2
	設備利用率	%	99
(2) 土 木 構 造 物 の 諸 元	取水堰	型式 寸法	チロリアン式コンクリートダム 高さ 3.5m, 越流頂長 20.5m
	排砂ゲート	型式 ゲート数 寸法	木製スルースゲート 1門 巾2.00, 高さ3.00m
	取水口	型式 寸法	無圧式, 矩形 巾2.50, 長さ20.0m
	取水ゲート	型式 寸法	鋼板製スルースゲート 巾0.90, 高さ0.90m
	沈砂地	形状/寸法	底取り式, トンネル拡巾, 巾7.00, 平均深さ2.70, 長さ35.0
	土砂吐ゲート	型式 ゲート数 寸法	鋼板製スルースゲート 1門 巾0.90, 高さ0.90m
	水路	形状 延長 寸法	馬蹄形・トンネル (無圧式) 555 巾1.50, 高さ2.00m
	水槽	形状 寸法	円形 直径13.0, 平均深さ2.50
	水槽ゲート	型式 寸法	鋼板製スルースゲート 巾0.90, 高さ0.90m
	水圧管路	条数 径 巨長	1条 φ0.80 470

	発電所	形状 寸法	m	矩形, R. C構造 巾 45.00, 奥行 22.50
	放水路	形状 寸法	m	矩形 巾 1.50, 高さ 1.20
(3) 発電 機器 設備 の 諸 元	水車	型式 台数 出力 回転数	kW rpm	ペルトン 2 2,640 600
	発電機	型式 台数 出力 極数 回転数	kVA poles rpm	同期式 2 2,800 12 600
	主変圧器	型式 台数 電圧 容量	kV kVA	油入・自冷式 1台 4.16/33 5,600
(4) 修 復 工 事 費	発電機器	外貨分 現地貨分	千円 千円	538,200 215,800
	土工工事費	外貨分 現地貨分	千円 千円	0 222,200
	プロジェクトコスト		千円	976,200
	建設コスト	kW当り kWh当り	千円/kW 円/kWh	195.2 22.6

12.2 経済指標

実現性を評価する一般的な指標として電力連系公社 (ISA) が1987年6月に発行した評価基準 (General Criteria Vol-1) にkW当りの建設コストとkWh当りの平均発電コストが挙げられている。これ等の経済指数についての検討結果は9章に述べた通りであるが、表-12.1に挙げた最適修復計画案のケースについて、指標を抜粋して示すと次の通りである。

kW当りの建設コスト…………… 195.2 千円/kW
年間供給電力量の平均発電コスト…………… 2.3 円/kWh

12.3 運転・維持・管理用のマニュアル

維持管理マニュアルは、電力供給の安定確保に万全を期すとともに、施設された設備を常に正常状態に保守するための規則であり、本来各電力会社ごとに独自の運営方針に沿って定められるべきものである。

本Lagunilla水力発電所の場合、修復により水車、発電機および主変圧器等の発電機器設備はすべて新品に取替えられるので、機器納入メーカーからそれぞれの仕様に適合した運転、維持、管理用のマニュアルが提示される。

したがって本報告書では、主要土木構造物および発電機器設備の保守点検のための汎用管理マニュアルを主報告書の附属資料に収録してある。

12.4 修復計画に関連する技術的序言

本Lagunilla水力発電所の修復計画が実現化し、フィージビリティ調査段階から基本設計ならびに詳細設計の段階に移行していく過程の中で、留意しておくべき事項を参考として記述する。

(1) 流域内の地形、地質、植生等の調査

出来れば、航空写真から縮尺1/10,000~1/5,000の地形図を図化し、流域内の地形、地質、植生等の特性把握のための現況調査を実施しておくことが望ましい。

取水口地点ならびに測水所地点の流域面積も確認すると共に進入道路ルート現況調査も実施しておく事が望ましい。

(2) 河川流況に関する確認作業

流量観測データとしては、Quinia Cobra及びEl Bosque両観測所のデータがあるが観測期間は短くかつ欠測も多く、データとしての信頼性は低い。

従って、本計画地点において簡易式流量観測設備を早急に設けて流量資料の整備を図る必要がある。又流量観測に当っては、Pie. Sanfransisco及びNueva La両測水所と同時観測を行うプログラムを策定することが望ましい。

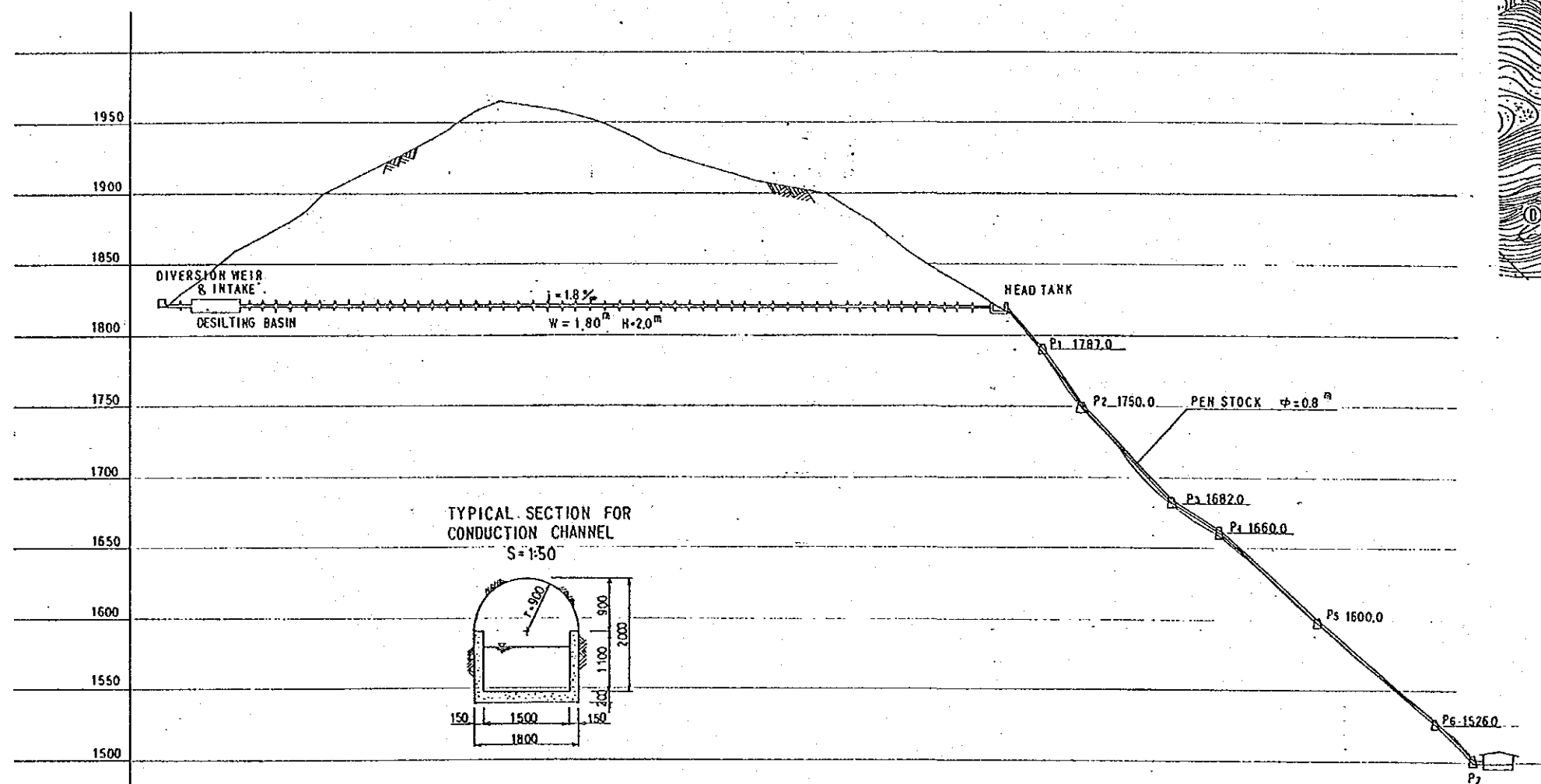
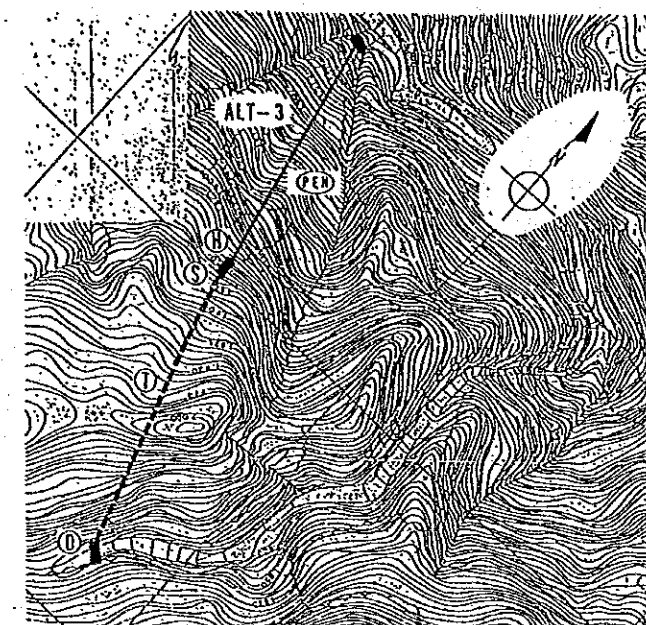
測水地点は、取水口予定地点の上流又は発電所予定地点の下流で河川の横断形状が良好で河川勾配のゆるやかな地点を選ぶようにする。

圖 面 集

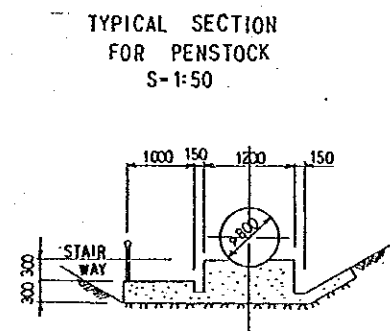
Title	Drawing No.
General Plan and Profile (ALT-3-1)	LA-C-01
Diversion Weir and Intake (ALT-3-1)	LA-C-02
Desilting Basin (ALT-3-1)	LA-C-03
Head Tank (ALT-3-1)	LA-C-04
Powerhouse and Tailrace (ALT-3-1)	LA-C-05
Duration Curves	LA-H-01
Geological Plan	LA-G-01
One Line Diagram (ALT-3-1)	LA-E-01

PROFILE (S = 1/2000)

GENERAL PLAN



- D: DIVERSION WEIR
- S: DESILTING BASIN
- C: CONDUCTION CHANNEL
- T: TUNNEL
- H: HEAD TANK
- P: POWER HOUSE
- PN: PENSTOCK



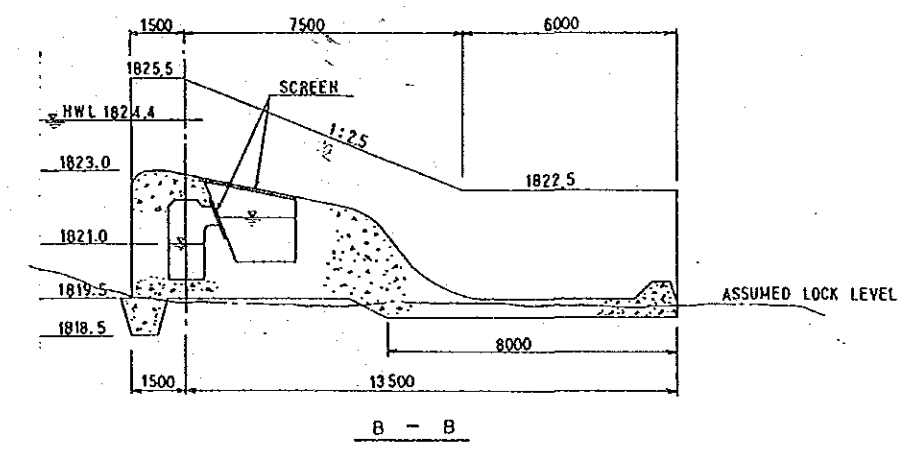
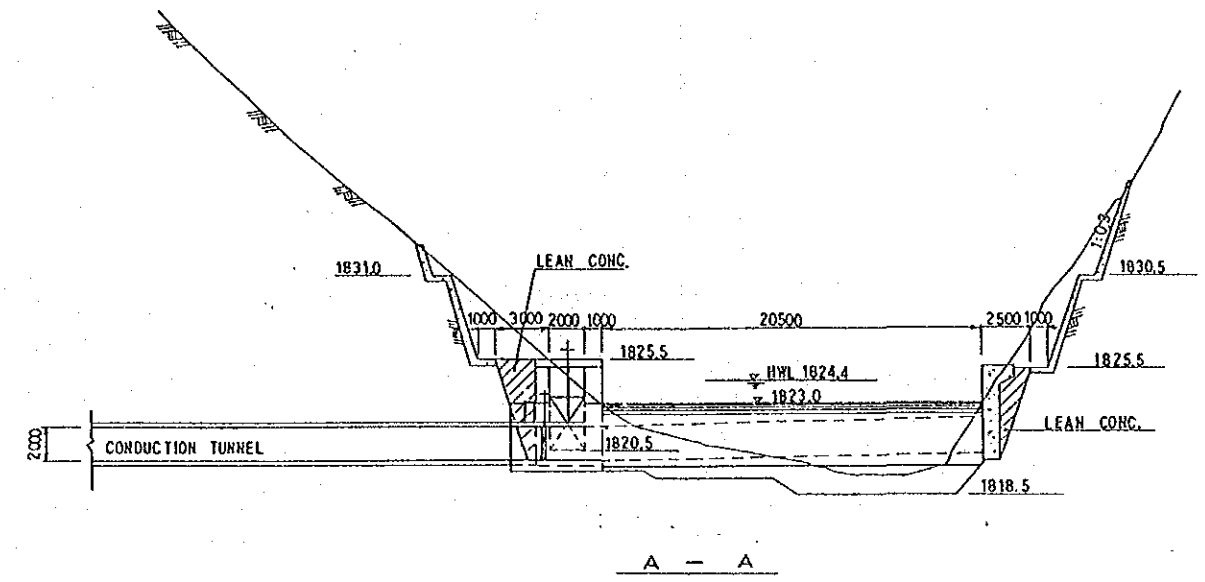
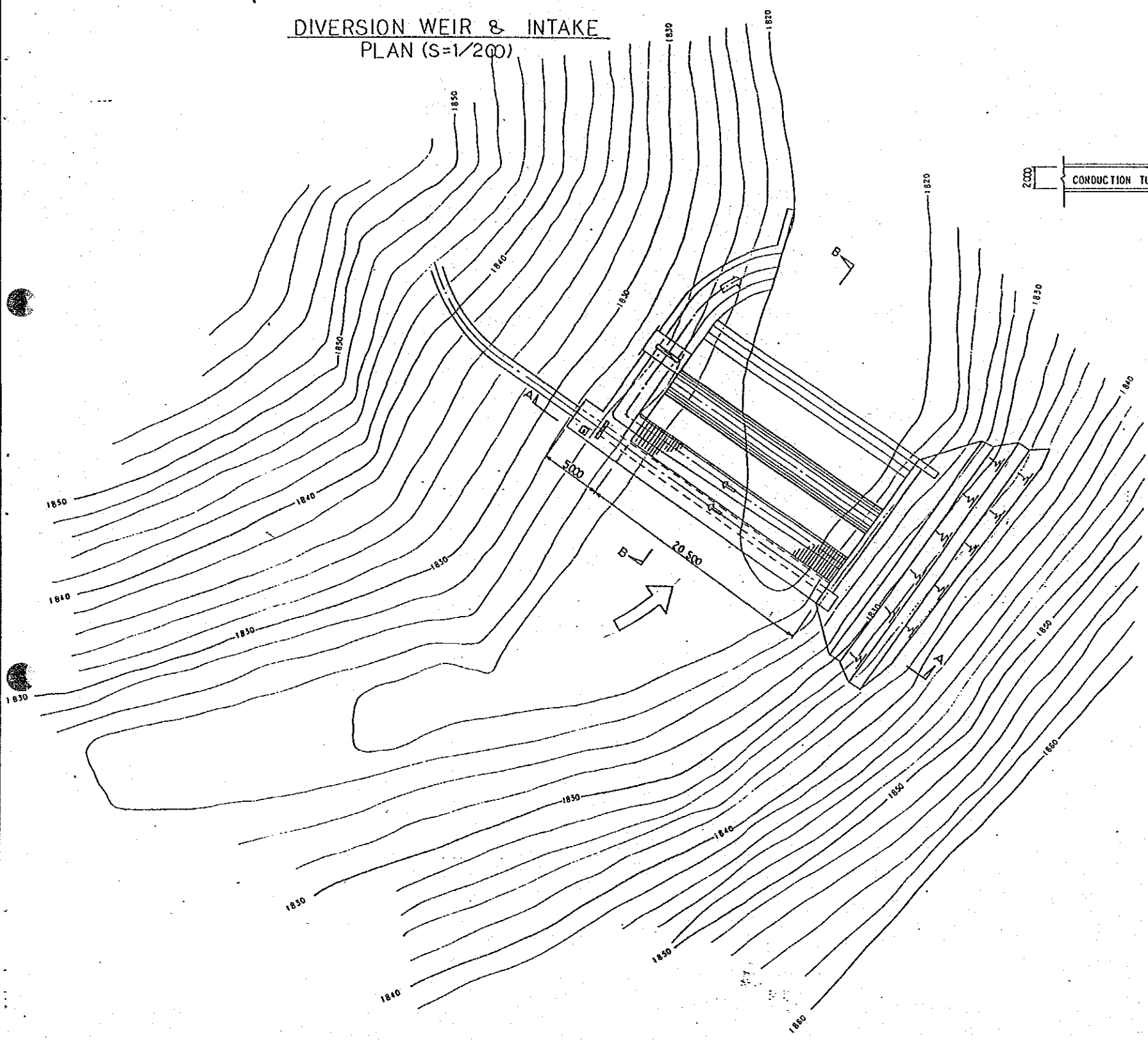
GROUND HEIGHT	1822	1860	1889	1920	1940	1953	1930	1915	1900	1879	1840	1814	1750	1694	1660	1613	1570	1532	1500
FORMATION LEVEL	1920.36	1920.27	1920.18	1920.09	1920.00	1819.82	1819.73	1819.64	1819.52	1819.46	1819.36	1819.30	1817.5	1750	1660	1613	1570	1532	1500
ACCUMULATED DISTANCE	0	49.0	100	150	200	236.5	300	348.5	400	466	557	600	649	700	745.5	800	850	900	934.5
DISTANCE	0	49.0	51.0	50.0	50.0	35.5	64.5	48.5	51.5	66.0	34.0	57.0	9.0	43.0	49.0	54.5	50.0	50.0	34.5
STATION	0	1+0	2+0	3+0	4+0	5+0	6+0	7+0	8+0	9+0									

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)
 FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS
 REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA

GENERAL PLAN AND PROFILE (ALT 3-1)

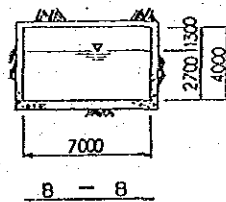
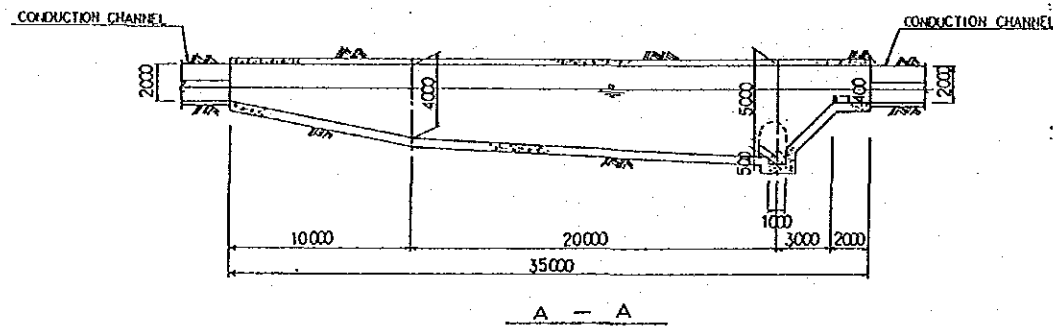
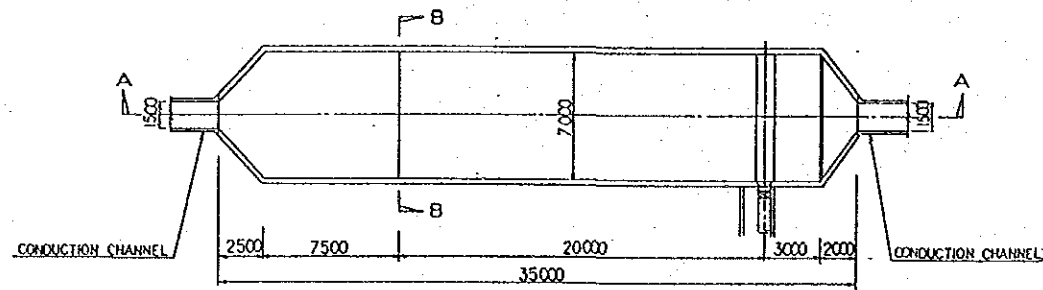
DRAWING NO.	LA-C-01
SCALE	1/2000
DATE	

DIVERSION WEIR & INTAKE PLAN (S=1/200)



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
DIVERSION WEIR AND INTAKE (ALT 3-1)			
DRAWING NO.		LA-C-02	
SCALE	1/200	DATE	

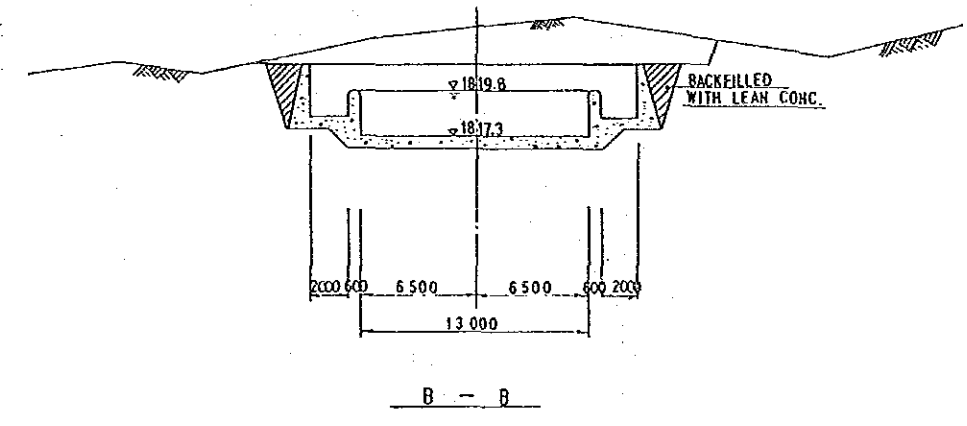
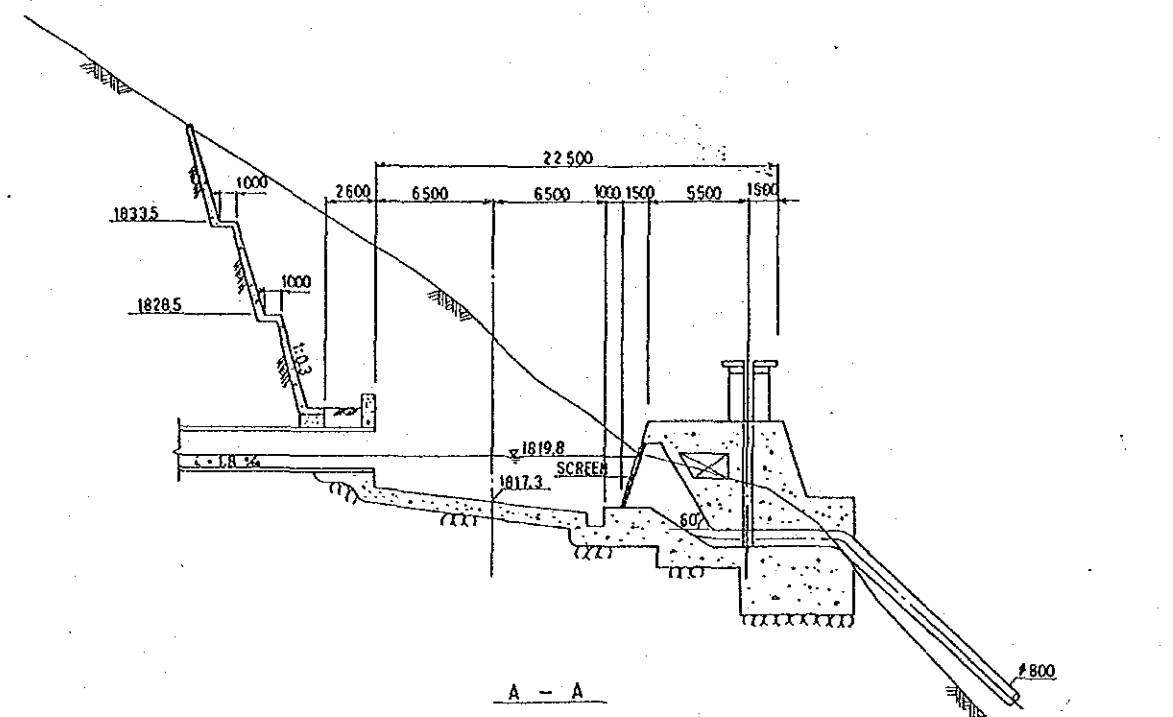
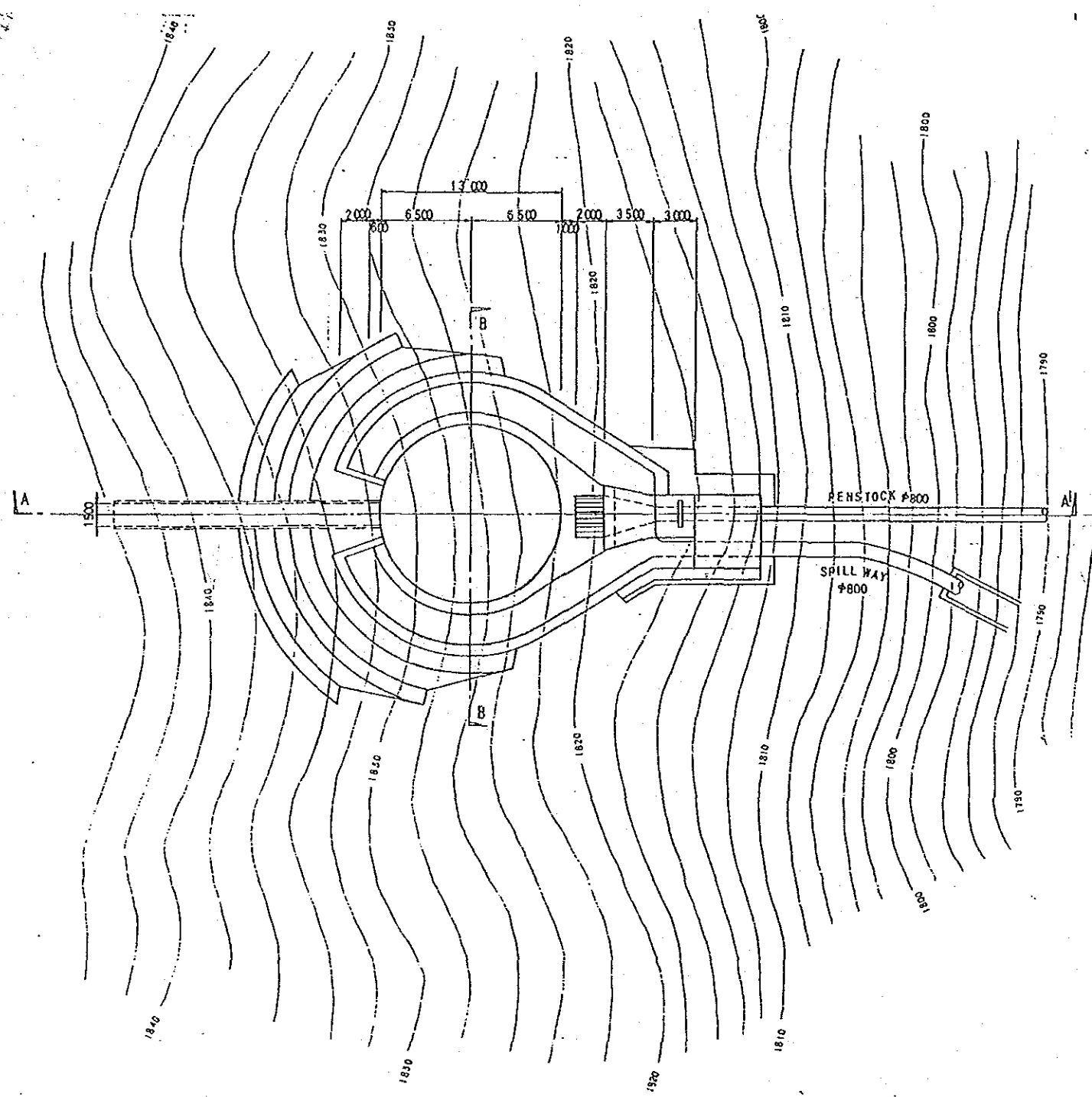
DESILTING BASIN
PLAN (S=1/200)



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
DESILTING BASIN (ALT 3-1)			
DRAWING NO.		LA-C-03	
SCALE	1/200	DATE	

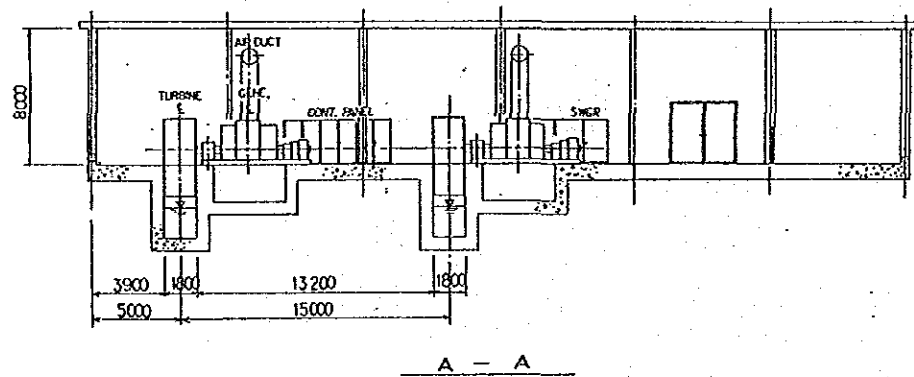
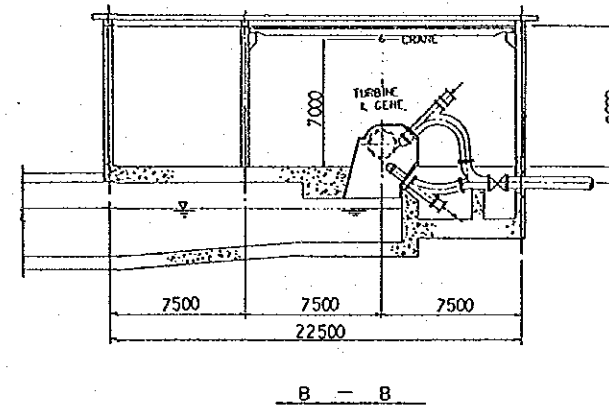
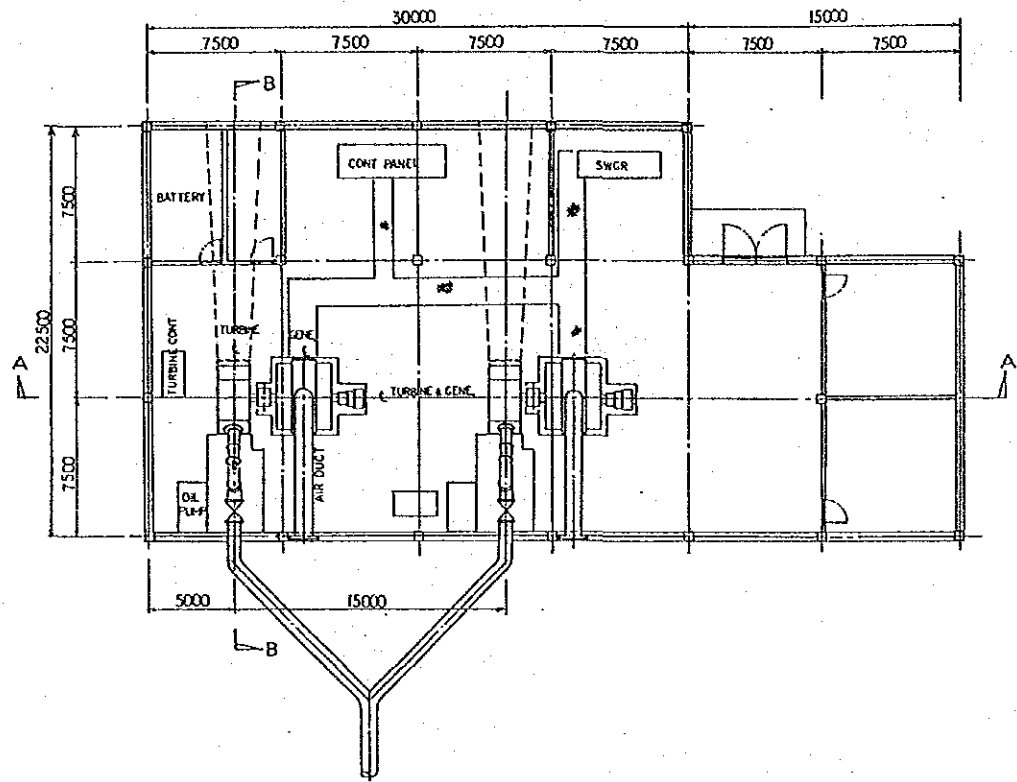
HEAD TANK

PLAN (S-V200)



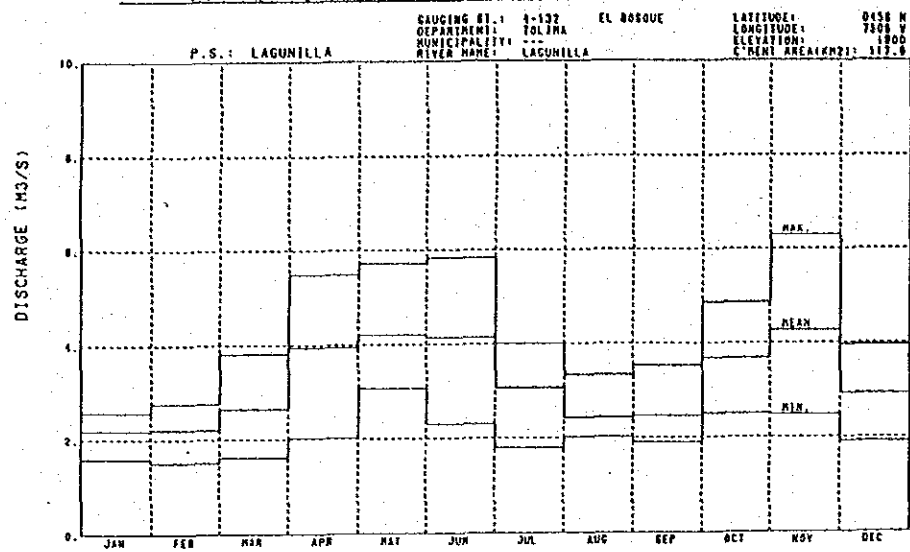
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
HEAD TANK (ALT 3-1)			
DRAWING NO.		LA-C-04	
SCALE	1/200	DATE	

POWERHOUSE & TAILRACE PLAN (S=1/200)

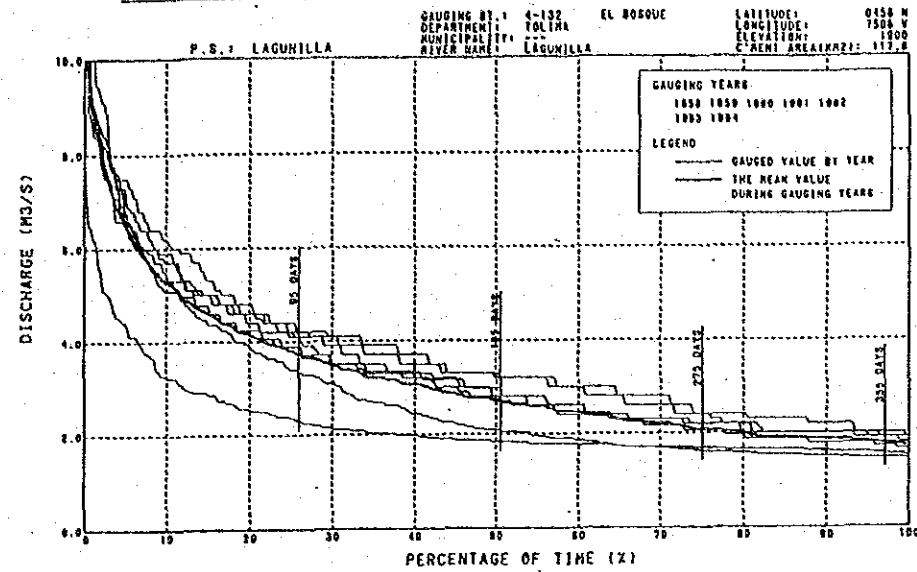


JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
POWERHOUSE AND TAILRACE (ALT 3-1)			
DRAWING NO.		LA-C-05	
SCALE	1/200	DATE	

(1) MONTHLY MEAN VALUE OF DAILY AVERAGE FLOW AT G.S. SITE



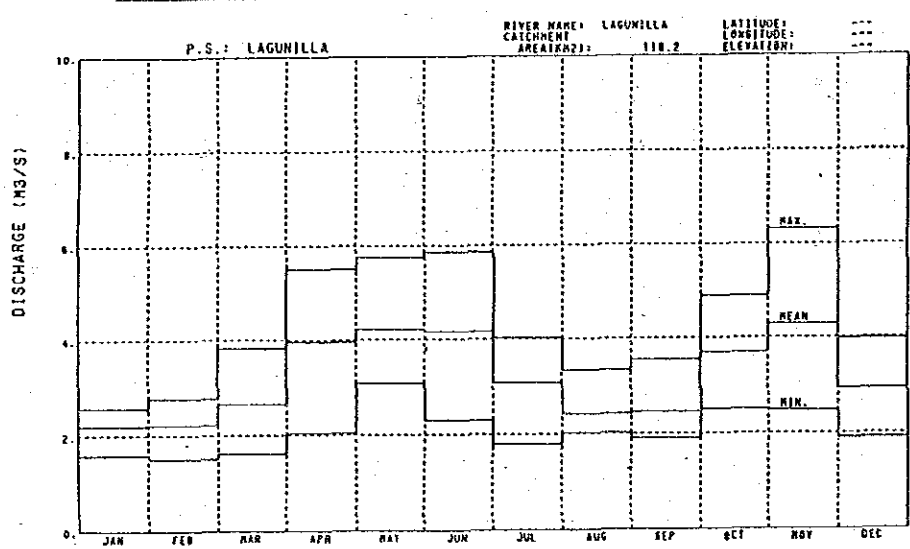
(3) FLOW DURATION CURVE AT GAUGING STATION SITE



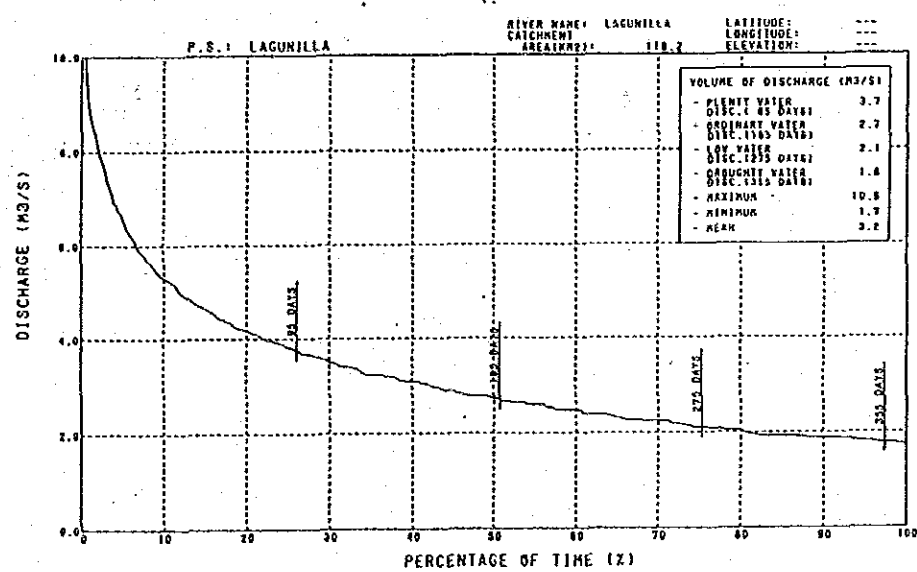
Data of Hydrological Gauging Station

No. of Station	4-132
Name of Station	El Bosque
River	Launilla
Management	IAAFE
Installation Year - Month	1956 02
Coordinales (Deg. - Min.)	
Latitude	0458
Longitude	7506
Above Sea Level s.n.m. (m)	1900
Long River (km)	---
Catchment Area (km²)	155
Water Shed (m)	---
Observation Period	1957 - 1964

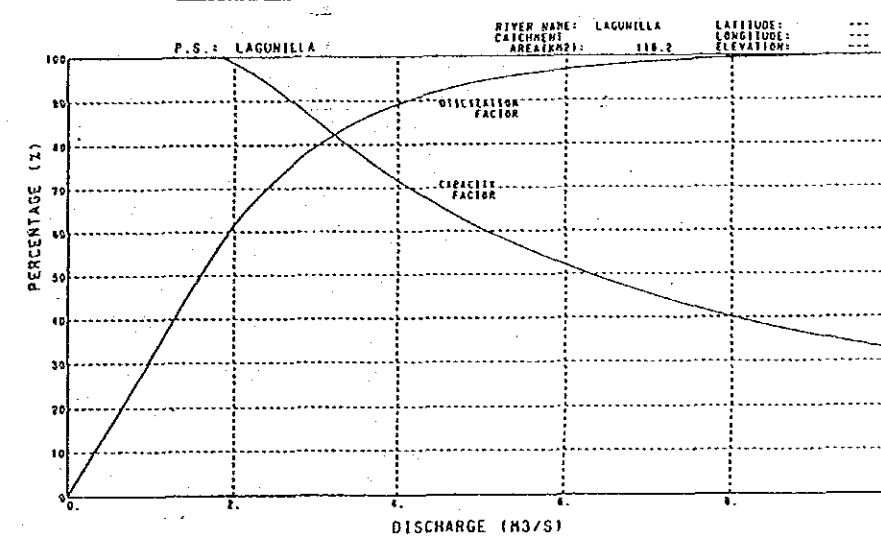
(2) MONTHLY MEAN VALUE OF DAILY AVERAGE FLOW AT INTAKE SITE



(4) TYPICAL FLOW DURATION CURVE AT INTAKE SITE



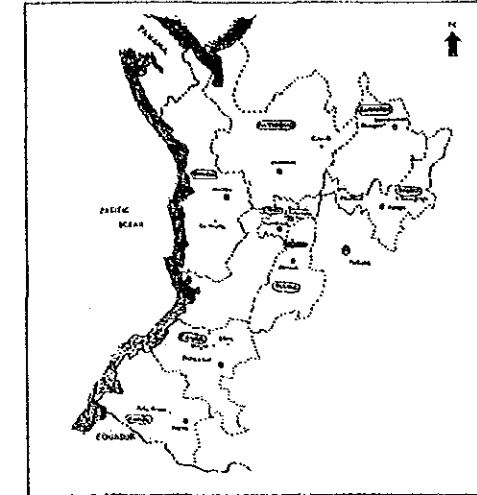
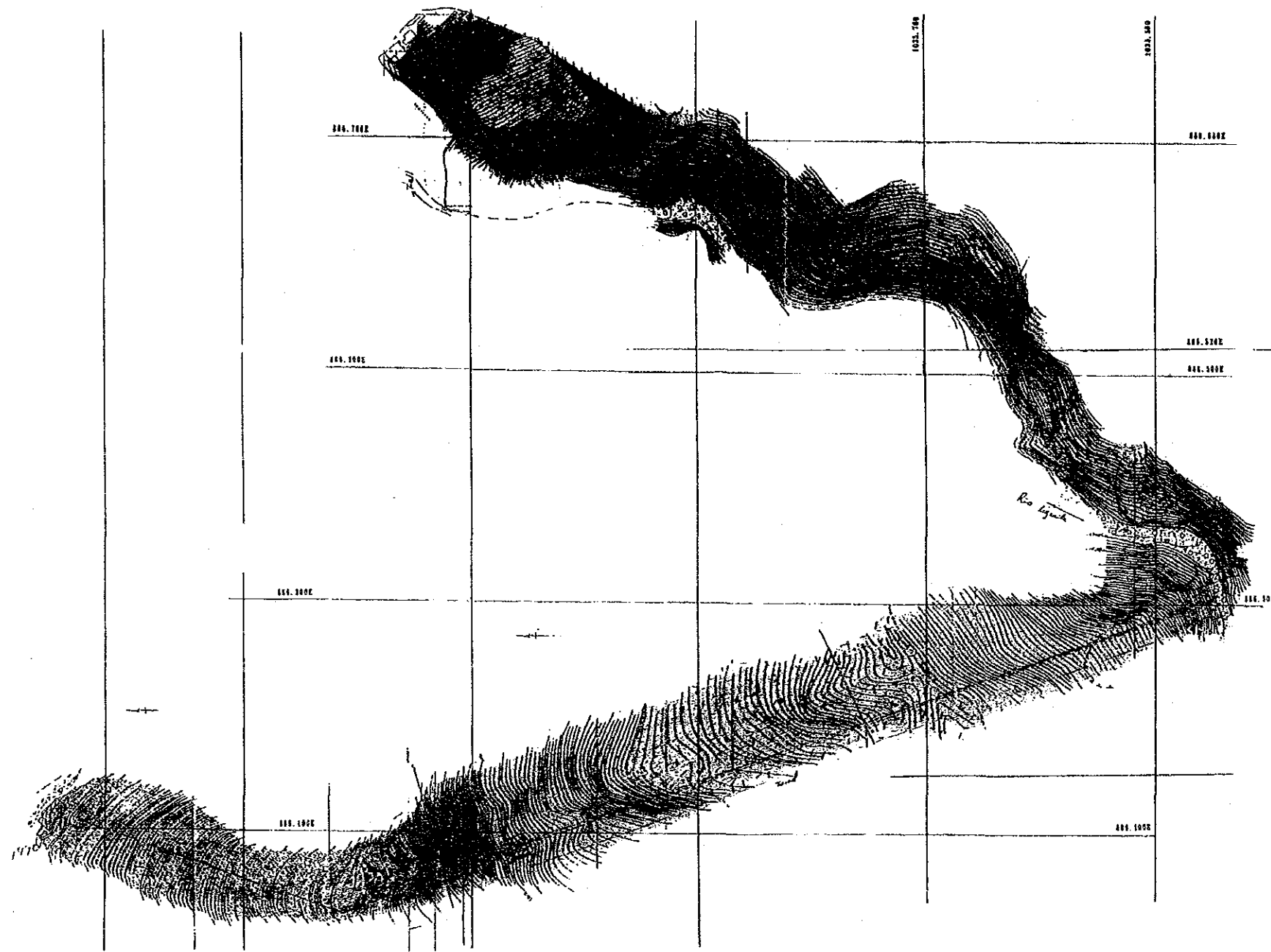
(5) UTILIZATION & CAPACITY FACTOR



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)
 FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS
 REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA

DURATION CURVES

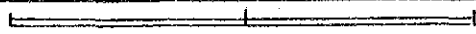
DRAWING NO.	LA-H-01
SCALE	---
DATE	---

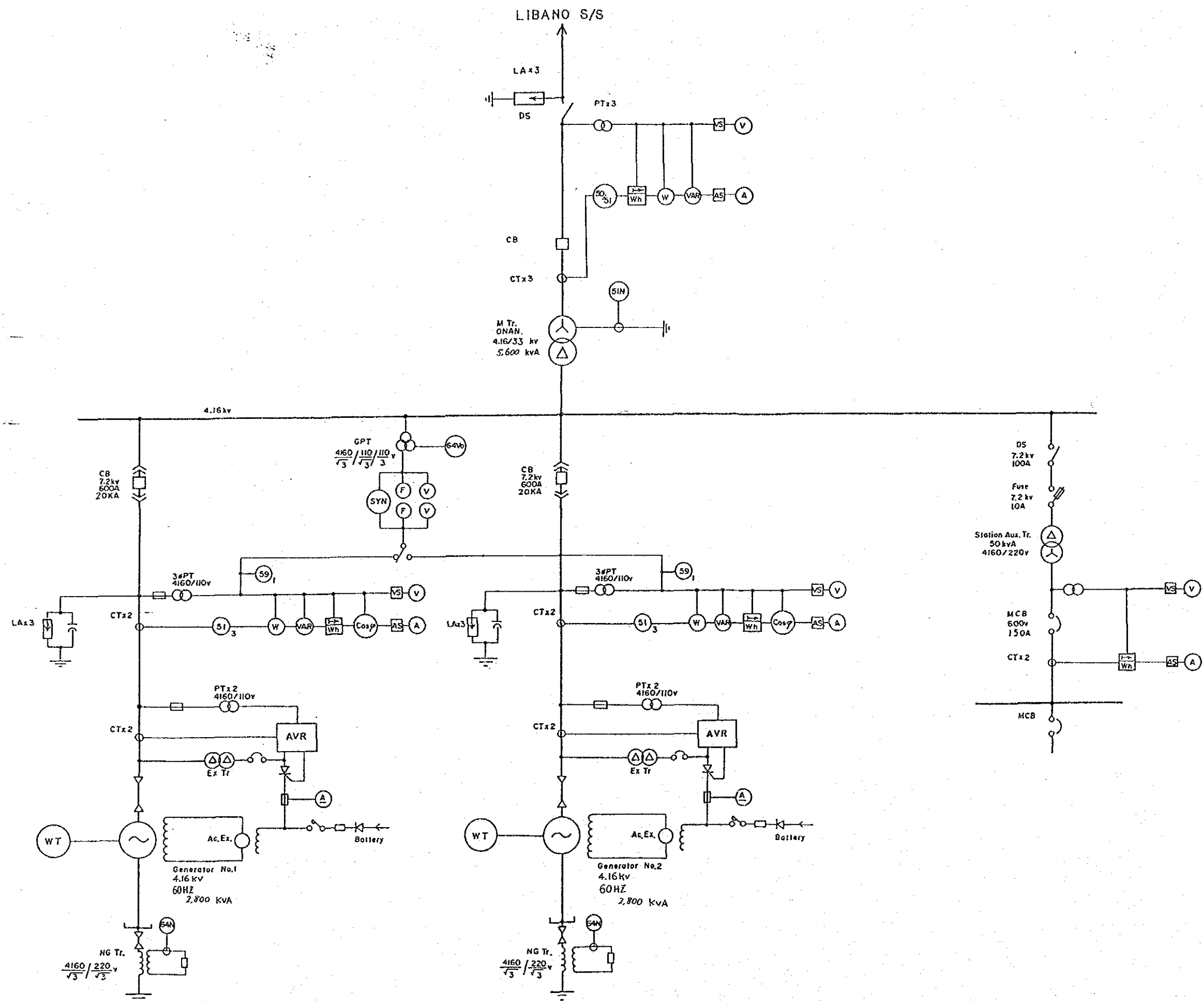


LEGEND

- River bed deposits
- Talus deposits
- Pyroclastic fall deposits
- Crystalline schist
- Geological boundary
- Borehole
- Collapse

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
Geological Plan Laguilla			
DRAWING NO.		LA-G-01	
SCALE	1/4,650	DATE	





JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
ONE LINE DIAGRAM (ALT-3-1)			
DRAWING NO.		LA-E-01	
SCALE	---	DATE	

附 屬 資 料

1. Facility Register for the Existing Power Plant
2. Survey Record

Facility Register for the Existing Power Plant

Power Plant	Lagunilla
Electric Power Company	ELECTROLIMA
Location	Libano /Tolima
River	Lagunilla
Generating Method	Run-of-River
Year Installed	1940
Years in Service	1940
Installed Capacity	452 kW
Available Capacity	0

Civil

Item	Data
1. Dam	
1) Type	DESTROYED
2) Height (m)	"
3) Crest length (m)	"
4) Height of overflowing crest (m)	"
5) Width of overflowing crest (m)	"
6) Depth of overflowing crest (m)	"
2. Intake Gate	
1) Type	DESTROYED
2) Number of gates	"
3) Dimensions (W x H)(m)	"
3. Intake	
1) Intake sill height (m)	"
2) Number of intake	"
3) Dimensions (W x H)(m)	"
4. Desilting Basin	
1) Dimensions (W x L x H)(m)	2.9 x 0.5 x 1.5
5. Sand Trap Gate	
1) Type	SLUICE
2) Number of gates	1
3) Dimensions (W x H)(m)	1.0 x 1.0
6. Headrace	
1) Type	RC COVERED CHANNEL
2) Dimensions (W x H)(m)	0.70 x 0.65
3) Length (m)	46.1

Civil

Item	Data
7. Reservoir Tank	
1) Dimensions (W x L x H)(m)	1.87 x 3.5 x 1.25
8. Forebay	
1) Dimensions (W x H)(m)	N/A
9. Penstock	
1) Number of lines	2
2) Penstock diameter (d)(m)	$\phi 0.5 \sim \phi 0.3$
3) Penstock length (L)(m)	112.0 + 117.0
10. Tailrace	
1) Dimensions (W x H)(m)	1.05 x 1.6

Equipment

Item	Data	
	#1	#2
1. Water Turbine		
1) Manufacturer's name	<i>no data available</i>	
2) Year manufactured	/	
3) Type	Pelton	Pelton
4) Output (kW)	320	210
5) Revolution (rpm)	900	900
6) Ancillary equipment		
a) Type of governor	<i>Mechanical</i>	<i>Mechanical</i>
b) Inlet valve		
- Type		
- Diameter (mm)		
2. Generator and Exciter		
1) Manufacturer's name	<i>no data available</i>	
2) Year manufactured	/	
3) Type	<i>Synchro.</i>	<i>Synchro.</i>
4) Capacity (kVA)	300	190
5) Power factor (%)	80	80
6) Voltage (V)	4,400	4,400
7) Frequency (Hz)	60	60
8) Revolution (rpm)	900	900
9) Method of neutral earthing	<i>no data available</i>	
10) Type of exciter	/	

Equipment

Item	Data
3. Transformer	N/A
1) Manufacturer's name	
2) Year manufactured	
3) Type	
4) Capacity (kVA)	
5) Primary voltage (kV)	
6) Secondary voltage (kV)	
7) Number of unit	
8) Vector-group symbol	
9) Impedance (%)	
10) Purpose for use	
4. Circuit Breaker	N/A
1) Manufacturer's name	
2) Year manufactured	
3) Type	
4) Voltage (kV)	
5) Rated current (A)	
6) Rupturing capacity (kA)	
7) Purpose for use	
5. Transmission Line	N/A
1) Destination	
2) Length (m)	
3) Voltage (kV)	
4) Number of circuit	
5) Number of pylons	
6) Size of conductors	
7) Materials of conductors	

Equipment

Item	Data
6. Battery	N/A
1) Manufacturer's name	
2) Year manufactured	
3) Capacity (AH/HR)	
4) DC voltage (V)	
5) Type	
7. Battery Charger	N/A
1) Manufacturer's name	
2) Year manufactured	
3) Capacity	
4) Incoming voltage (V)	
8. Overhead Crane	N/A
1) Weight (ton)	
2) Method of operation	
3) Span (m)	

Survey Records

Lagunilla Hydroelectric Power Plant

I. RECORDS BY VISUAL INSPECTION AND HEARING SURVEY

Unit No.: _____ / _____
 Type of Turbine: Pelton

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine	Cover	1) Presence of vibration
	Bucket	1) Existence of corrosion
	Shaft	1) Shaking of shaft axis
	Bearing	1) Oil shortage on bearing surface
	Governor control	2) Lack of oil viscosity
	1) Control by belt-driven type	1) No existing
	2) Speed detection device	2) " "
	3) Speed regulation system	3) " "
	4) Installation of load limiter	4) " "
	5) Accuracy of governor speed regulation	5) " "

1) No existing
 1) " "
 1) Exists but it didn't function since 20 years approx.
 1) It is not operating
 2) " "
 1) No existing
 2) " "
 3) " "
 4) " "
 5) " "

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Oil pressure equipment	1) Existence of oil leakage 2) Application of oil pressure pumping system	1) <i>The equipments don't exist.</i> 2) "
Inlet valve	1) Operation method 2) Locking condition 3) Smoothness of pressurized oil operation	1) <i>Out of service since 20 years approx.</i> 2) " 3) <i>The equipments don't exist.</i>
Nozzle and Needle	1) Existence of corrosion 2) Presence of water leakage from nozzle pipe when needle is closed	1) <i>No existing</i> 2) "
Deflector	1) Smoothness of control	1) "
Jet Brake	1) Smoothness of control	1) "

Pelton Turbine

Unit No.: 2

Type of Turbine: Pelton

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine	<ul style="list-style-type: none">1) Presence of vibration1) Existence of corrosion1) Shaking of shaft axis1) Oil shortage on bearing surface2) Lack of oil viscosity1) Control by belt-driven type2) Speed detection device3) Speed regulation system4) Installation of load limiter5) Accuracy of governor speed regulation	<ul style="list-style-type: none">1) <i>No existing</i>1) "1) Exists but it is not function since 20 years approximately.1) <i>It is not operating.</i>2) "1) <i>No existing</i>2) "3) "4) "5) "

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine	Oil pressure equipment	1) Doesn't exist 2) "
	Inlet valve	1) Out of service since 20 years approx. 2) no function since 20 years 3) No existing
	Nozzle and Needle	1) Existence of corrosion 2) Presence of water leakage from nozzle pipe when needle is closed
	Deflector	1) Smoothness of control 2) "
	Jet Brake	1) Smoothness of control 2) "

Unit No. 2

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Rotor	1) Discoloration of winding surface due to heat 2) Existence of erosion for core 3) Fitness of between rotor and shaft	It is totally converted in scrap iron and it is abandoned. 1) " " " " " " 2) Use/less 3) Out of service
Stator winding	1) Frequency of burning trouble or repair 2) Reduction of insulation resistance 3) Rust and erosion of core	1) " " " " " " 2) Use/less 3) " " " " " "
Bearing	1) Occurrence of deformation on metal surface 2) Lack of oil lubrication 3) Occurrence of temperature rise	1) " " " " " " 2) Out of service 3) " " " " " "
Exciter	1) Exchange frequency of brushes worn out 2) Sufficient stock of spare brush	1) " " " " " " 2) " " " " " "
Voltage regulator	1) Operation method of voltage regulator 2) Response of voltage detection for load variation	1) " " " " " " 2) " " " " " "

Generator

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Metering equipment	1) Sufficiency of accuracy for instruments 2) Lack of necessary instruments 3) Items constantly recorded	1) <i>No existing</i> 2) <i>Out of service</i> 3) <i>No existing</i>
Protection equipment	1) Lack of relays to be installed 2) Operation method in case of accident in transmission lines	1) <i>Out of service</i> 2) <i>No existing</i>
Remote control equipment	1) Control method for turbine and generator operation 2) Control method for voltage and speed control 3) Operation method of synchronized switching	1) " 2) " 3) "
Power system	1) Power supply voltage (kV) after rehabilitation work	1) " "

Control Board

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Indoor Switchgear	<p>1) Sufficiency of insulation level</p> <p>2) Unification of insulation level</p> <p>3) Reduction of insulation registance</p> <p>1) Accessibility to high voltage devices</p> <p>2) Sufficiency of protection for high voltage cable terminals</p> <p>3) Method and reliability of operation for synchronizing circuit breaker</p>	<p>1) <i>No existing</i></p> <p>2) "</p> <p>3) "</p> <p>1) "</p> <p>2) "</p> <p>3) "</p>

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Outdoor Equipment	<p>1) Presence of over load operation</p> <p>1) Situation of tripfor outgoing feeder breaker in case of accident on transmission line</p> <p>2) Fitness of maintenance in case of oil circuit breaker</p> <p>1) Operation method</p> <p>2) Reliability of operation</p> <p>1) Presence of damage and dusts</p> <p>1) Occurence of erosion due to rust</p> <p>2) Presence of injury</p> <p>1) Existence of adequate protection relays to connect to RED</p>	<p>1) No existing</p> <p>1) "</p> <p>2) "</p> <p>1) "</p> <p>2) "</p> <p>1) "</p> <p>1) "</p> <p>2) "</p> <p>1) "</p>
Transformer		
Circuit breaker		
Line switch		
Insulator		
Structural steel		
Line protection		

II. ACTUAL GENERATED ENERGY AND OPERATION TIME

It can not state that the power plant doesn't operate since 20 years approximately.

III. REPAIR RECORDS

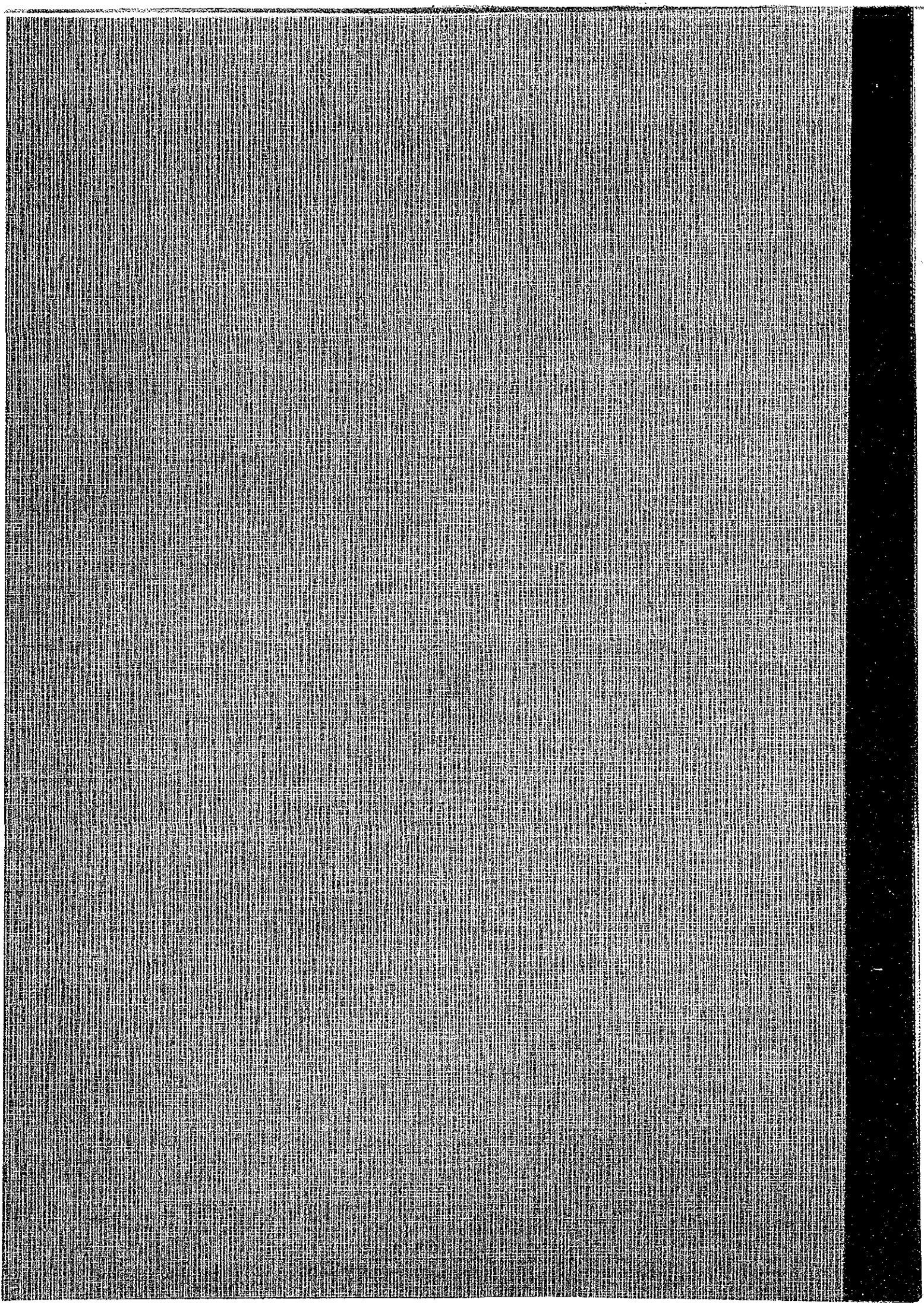
No.	Study Item	Results
	<p>The past records concerning the following items shall be obtained to evaluate reliability of generating facilities.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Repaired locations and method for repairing 2) Causes for damage/defect 3) Duration of repairing and power supply stoppage 4) Repaired by: <ol style="list-style-type: none"> a) staff in Power Plant b) manufacturer c) other 5) Repair cost 6) Operation life after the completion of repairing work 	<p>The record doesn't exist because the plant is outside of service since 20 years.</p>

IV . SITUATION OF STOCK SPARE PARTS

No.	Study Item	Results
	<p>Data on the situation of stock spare parts shall be obtained to evaluate maintainability of generating facilities.</p>	<p><i>No existing</i></p>

V. E.TOLIMA's INTENTION FOR REHABILITATION

No.	Study Item	Results
	<p>Mark with ✓ in pertinent columns.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inlet valve - Turbine, governor, auxiliary equipment - Generator, exciter - Control panel - Switchgear - Transformer - Substation equipment (Circuit breaker, Isolator, etc.) - Transmission tower, conductor and insulator - Power House 	<p>Leaving as it is <u>Repair work</u> <u>Replacement</u> <u>Notes</u></p> <p>It should be assembled by new ones because by abandonment of more 20 years, existing damage is totaly and moreover the project is for machine of major power.</p>



コロンビア共和国
小規模発電設備修復計画
フェージビリティ調査

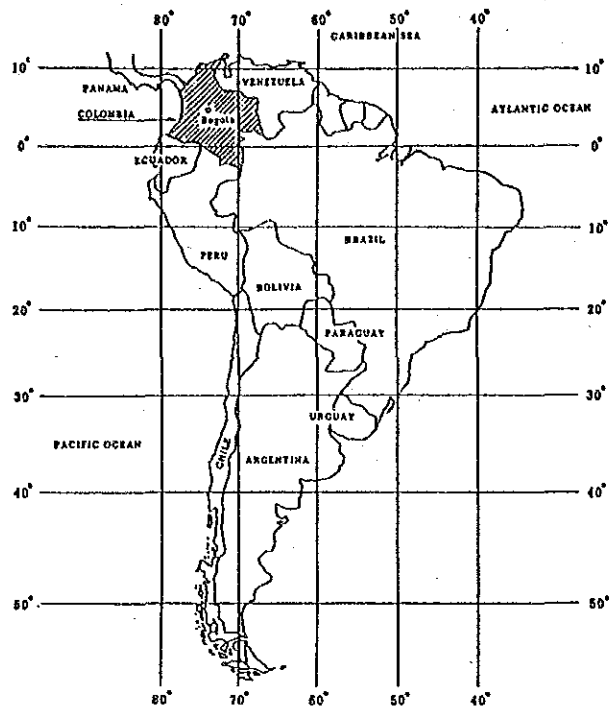
LA VUELTA 水力発電所

平成 2 年 3 月

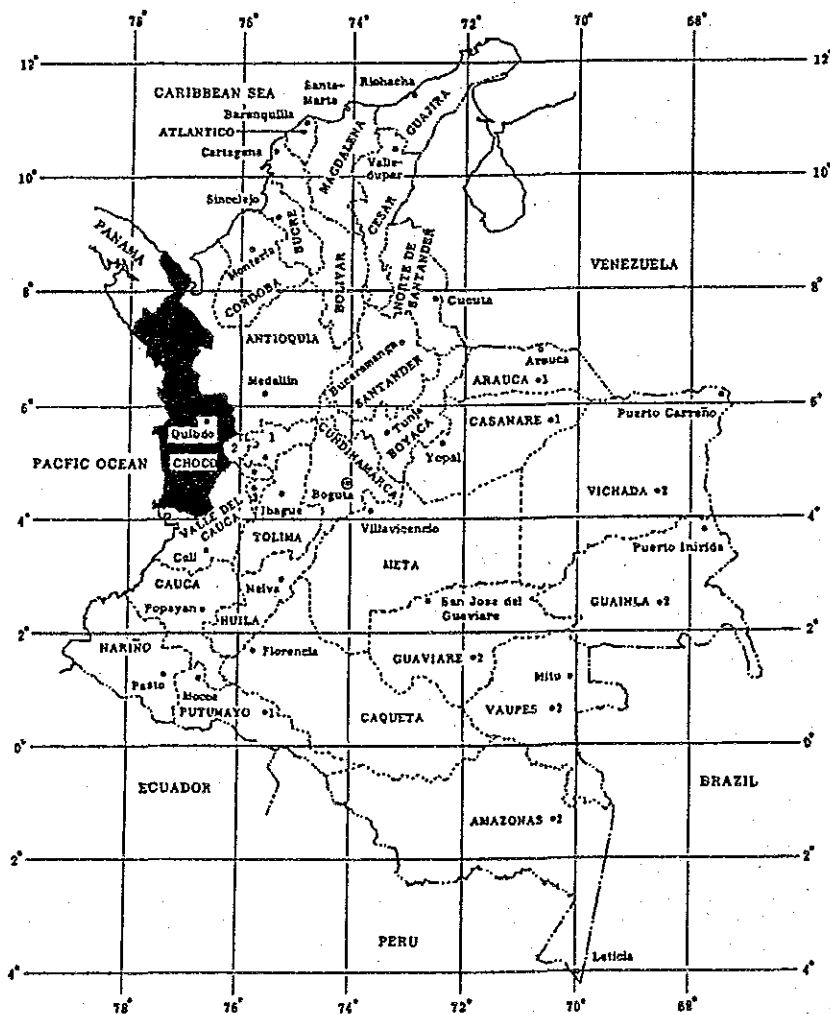
国際協力事業団

MAP OF SOUTH AMERICA

NEW WORLD ATLAS
JINBUNSHA CO., LTD.
(1977)

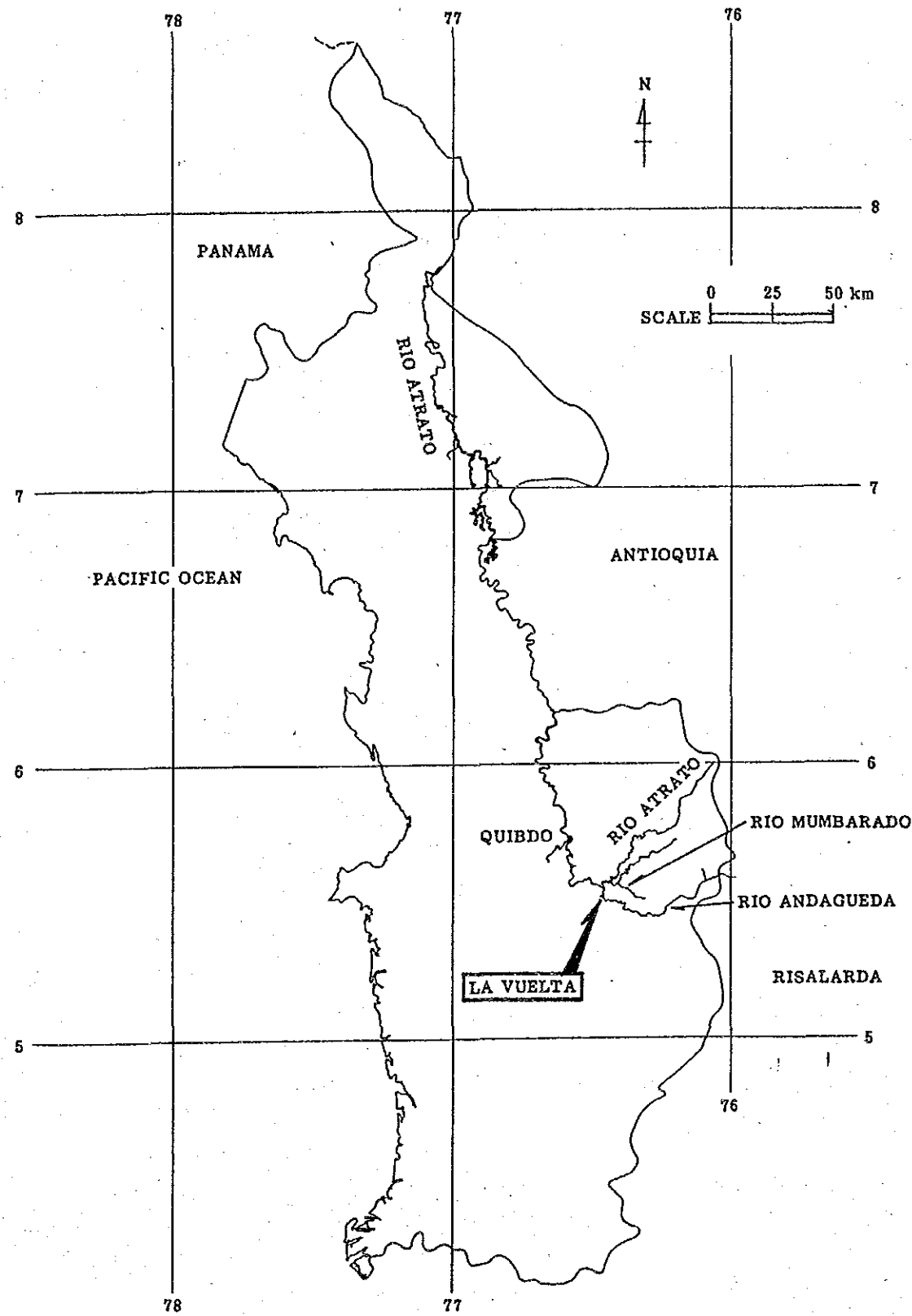


POLITICAL DIVISION IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA



- LEGEND**
- Border
 - - - Limit of Department
 - ⊙ Capital
 - Capital of Department
 - 1 Intendency
 - 2 Commissary

- NOTES**
- No. Department (Capital)
- 1 CALDAS (Manisales)
 - 2 RISARALDA (Pereira)
 - 3 QUINDIO (Armenia)



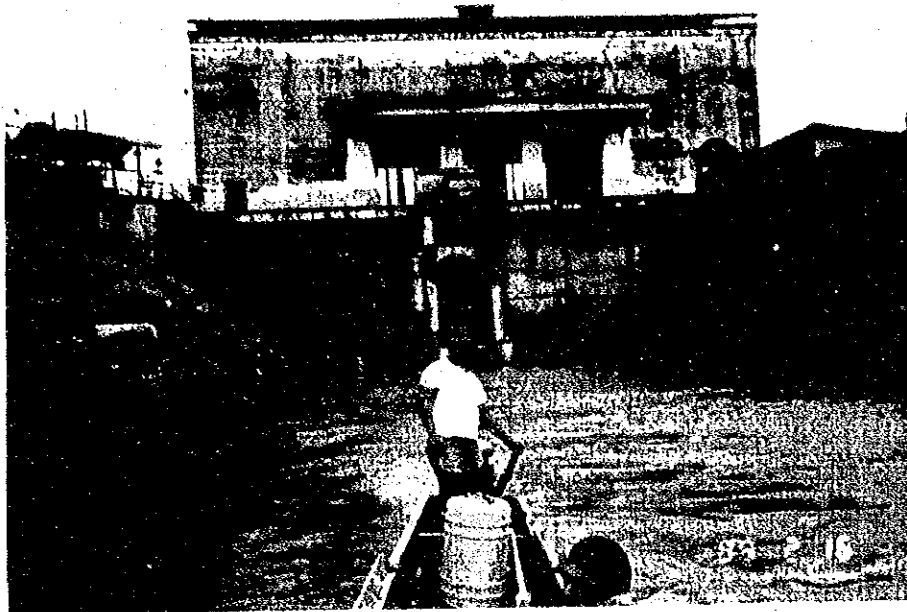
調査地域の位置図



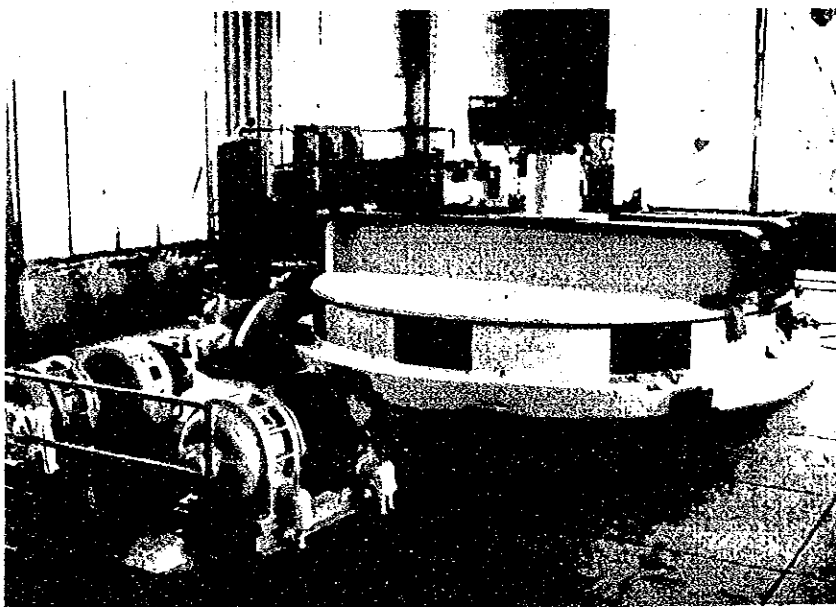
Andagueda川および取水口



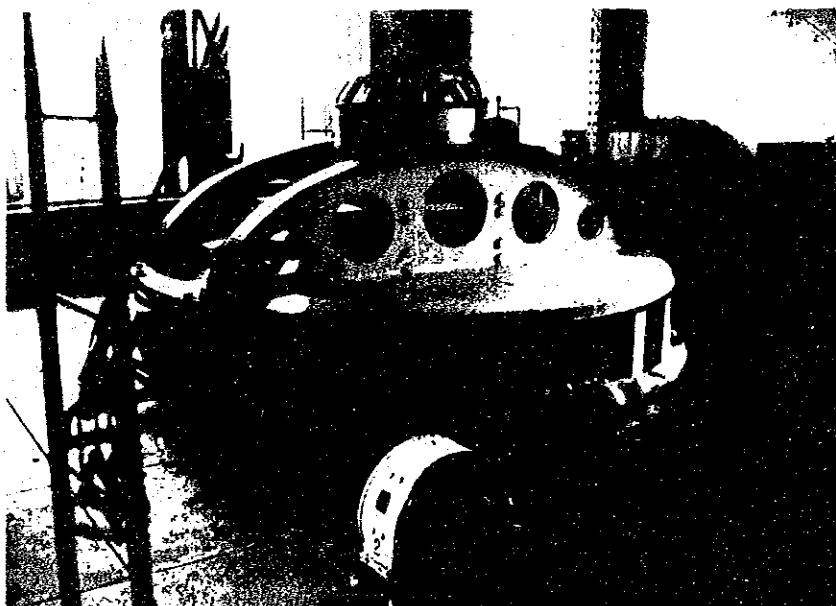
ナビゲーション・ロック



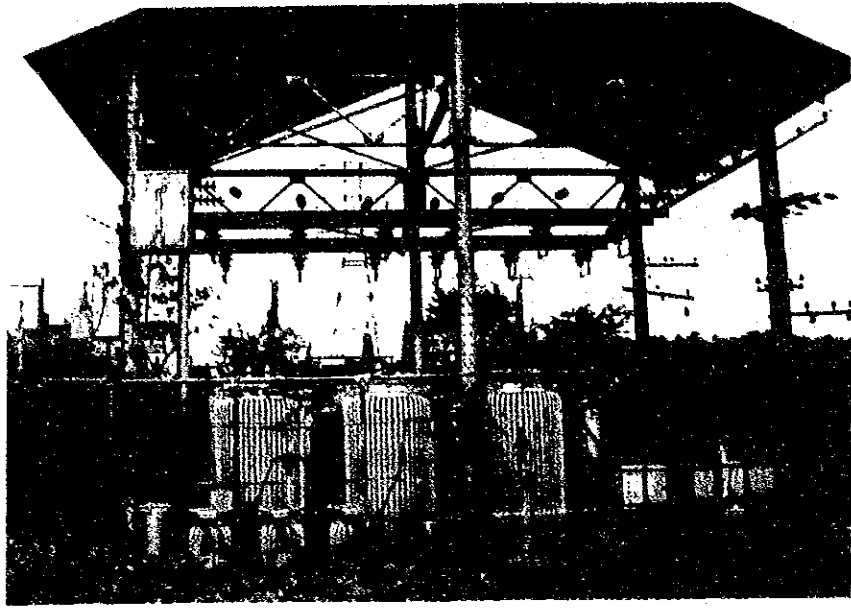
発電所建物



立軸フランシス水車



立軸フランシス水車



変電所

目 次

調査地域の位置図

写 真

第1章 序 文	1-1
第2章 調査結果の要約	2-1
第3章 調査計画	3-1
3.1 調査団の編成	3-1
3.2 調査項目と調査工程	3-3
3.3 現地調査工事の内容	3-6
第4章 調査地点の現況	4-1
4.1 電力セクターの電力事情	4-1
4.2 既設発電所の運転実績	4-4
4.3 発電設備・施設の概況	4-5
第5章 基礎資料の収集	5-1
5.1 地形図	5-1
5.2 地質調査資料	5-2
5.3 水文・気象資料	5-2
5.4 その他関連資料	5-3
第6章 地形・地質概況	6-1
6.1 地域の地形と地質	6-1
6.2 計画地点の地質	6-2
6.3 コンクリート用骨材の分布	6-3

第7章	水文解析	7-1
7.1	計画地域の一般気象	7-1
7.2	流量解析	7-4
7.3	洪水流出解析	7-10
7.4	流出土砂量解析	7-15
7.5	水質解析	7-20
第8章	発電計画	8-1
8.1	比較案の検討	8-1
8.2	発電出力	8-4
8.3	年間可能発電電力量	8-4
第9章	修復計画	9-1
9.1	修復計画案の策定	9-1
9.2	修復工事費の積算	9-2
9.3	経済指標の比較	9-5
第10章	財務分析	10-1
10.1	分析の前提条件	10-1
10.2	収益性の比較	10-4
10.3	財務計画	10-4
第11章	基本設計	11-1
11.1	施設設計	11-1
11.1.1	工作物の設計基準	11-1
11.1.2	主要構造物の改修設計	11-1
11.1.3	ゲート・バルブ類の仕様と諸元	11-7
11.1.4	発電機器の標準仕様	11-8
11.1.5	電気装置の標準仕様	11-12
11.2	施工計画	11-18
11.2.1	工事施工条件の検討	11-18
11.2.2	準備工事（締切水替等）	11-18
11.2.3	工事用アクセス道路工事	11-18

11. 2. 4	工事用仮設備	11-19
11. 2. 5	工事工程	11-20
11. 3	工事費	11-23
11. 3. 1	積算基本条件	11-23
11. 3. 2	土木工事費内訳	11-24
11. 3. 3	発電機器予算内訳	11-26
11. 3. 4	年度別工事費	11-27
第12章	結論及び助言	12-1
12. 1	最も実現性の高い設備計画	12-1
12. 2	経済指標	12-3
12. 3	運転・維持・管理用のマニュアル	12-3
12. 4	修復計画に関連する技術的助言	12-4
付録	目録	A-1
§ 1	発電計画(案)	A-2
§ 2	修復工事費(案)	A-4
§ 3	経済指標(案)	A-9

図面集

附属資料

第1章 序 文

本調査報告書は、1987年11月から1988年6月までの8ヶ月間にわたって実施されたプレ・フィージビリティ調査に引き続いて行なわれた La Vuella流れ込み式水力発電所（定格出力 2MW）の修復計画に関するフィージビリティ調査の結果をとりまとめたものである。

今回のフィージビリティ調査は、1988年7月にコロンビア電力庁（ICEL, Instituto Colombiano de Energia Electrica）と日本国の国際協力事業団（JICA, Japan International Cooperation Agency）との間で合意・署名された Scope of Workにもとづいて実施されている。その調査期間は1988年11月から1990年3月までの17ヶ月間である。

修復計画の調査対象に挙げられた ICEL 所管の小規模水力発電所62地点の中から、本 La Vuella流れ込み式水力発電所がフィージビリティ調査の候補に選ばれた主な理由として、

- ① 流量観測資料が比較的よく整備されていたこと。
- ② 既設構造物に関する竣工図面が比較的よく保存されていること。
- ③ 地域振興開発計画の必要性を背景に、地方電化の普及ならびに電化率の向上による電力需要度が高いこと。
- ④ 本発電所の所有権は現在チョコ貴金属株式会社（Metales Preciosos Del Choco S. A.）にあるが、同社が発電能力拡大のための F/S に対し、可能な限りの協力を確約したこと。

等が挙げられる。

本フィージビリティ調査の結果、最適な修復計画として、JICA調査団が提案している La Vuella流れ込み式水力発電所の修復後における発電規模は、最大出力7.7MW，年間可能発電々力量65.7Gwh，流量設備利用率96%である。

第2章 調査結果の要約

本調査は、Choco 県の Andagueda川に位置し、現在 Choco 鉱山会社が所管する定格出力2000kWの流れ込み式水力発電所である。1916年に建設された発電所で74年を経過した現在でも運転中ではあるが、最大出力は 500kWにまで低下している。1986年の年間発電電力量は 2,364MWh と記録されている。

2.1 発電所施設の現況と問題点

この発電所の特色は、Andagueda川の豊富な水量を利用して、地形的に蛇行している河川の湾曲部をショートカットすることによって落差を得て発電している低落差の水力発電所である。

1916年の建設当時の取水堰は流失し、取水庭の施設も崩壊している。現在の取水堰は、取水口地点の下流約 130mの付近にワイヤーを渡し、Trincho と呼ばれる比重の重い特殊な材木で作った木柵を吊して、河を堰き上げている。

河からの取水は、河流に直角方向に設けた巾35～15m長さ78m、水深4.00m、の素堀りの開水路で行なっていて、発電所建物の前面に取水口のスクリーン及び制水門を設けている。洪水時における最高水位は取水口前面の測水標で EL.75フィートと記録されている。

発電所建屋は発電用機器の性能或いは配置計画が旧式のため大型の設計となっているが、構造物自体としては堅牢性を維持している。

発電所建屋の上流側には、カヌー就航のためのナビゲーションロックが備えつけてあり、現在も稼働している。このナビゲーションロックの水位差が本発電所の総落差を示している訳であり、水位観測資料（自；1921.1月，至；9月）から得られる平均総落差は14フィート（4.3m）である。

発電設備としては、1915年及び1930年に製造された定格出力がそれぞれ1000kWの縦軸フランシス型の機器が2基据付けられているが、60年以上を経過して老朽化が進み、現在出力は定格出力の25%（500kW）にまで低下している。

2.2 修復計画の比較代替案

図-2.1 に示した取水口地点における河川流況曲線から判るように本流れ込み式水力発電所の発電計画としては、現在の使用水量 $Q=54\text{ m}^3/\text{s}$ を約2倍の $100\text{ m}^3/\text{s}$ まで増大させることも可能である。したがって最大使用水量は $50.0\text{ m}^3/\text{s}$ と $100.0\text{ m}^3/\text{s}$ の2ケースを比較案として採用する。

既設のタービン型式は、旧式のフランシスタイプである。この型式のタービンは現在製造されていないので、新しい型式の発電機器設備と交換することになるが、型式が異なるために既設発電所建屋内における現位置交換は施工的に不可能であり、仮に可能としても工事費の予測がつき難い。したがって、修復計画のためのレイアウトは、隣接新規ルート案に限定して検討する。

また、修復計画において流失した取水堰の再建費がコスト的に占める割合が大きいが、また取水堰をコンクリート造りの構造物に再建する場合には、当然落差の上昇メリットを考慮すべきである。

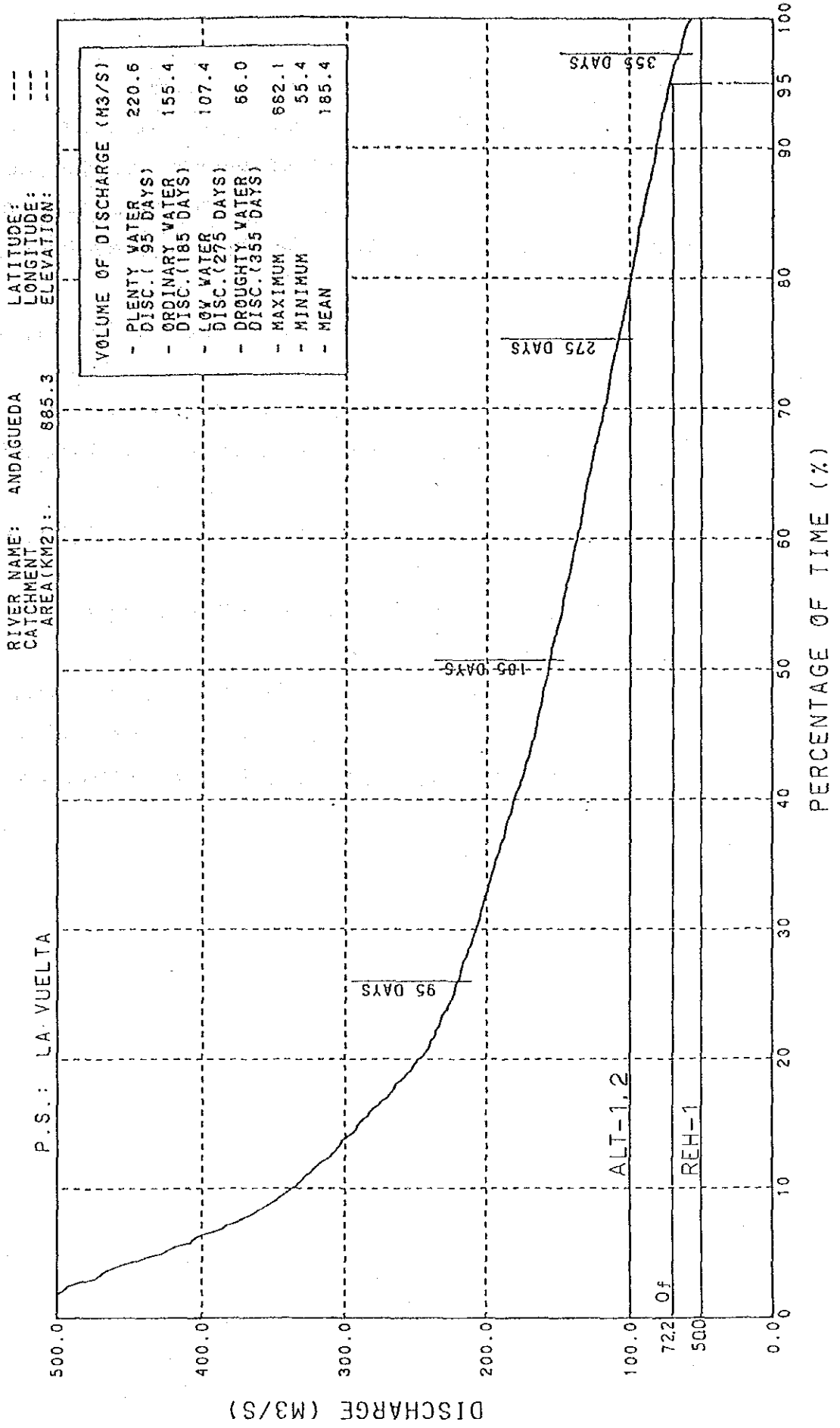
本発電所の修復計画の比較代替としては、表-2.1 に示すように、現存するTrinchoを現位置で、改修する案と、コンクリート造り取水ダムに改築する案に大別される。

表-2.1 La Vuelta 水力発電所修復計画 比較代替案

代替案 項目		(A) 現位置 Trincho改修案		(B) コンクリート取水ダムに改築案
		RBH-1	ALT-1	ALT-2 (Tentative)
使用水量 Q (m^3/s)		50	100	100
最大出力 P (kW)		1,700	3,500	7,700
流量設備利用率 (%)		100	96	96
修復・ 改造 計画	取水堰	現在のTrinchoを現位置で改修する。		Trinchoをコンクリート造り取水堰に改築する。
	取水庭	隣接して新設する。		
	取水口	隣接して新設する。		
	発電機器	新型式の発電設備に取替える。		
	発電所建屋	隣接して新築する。		
	放水路	新設する。		

図-2.1 La Vuelta 水力発電所取水口地点の流況曲線図

TYPICAL FLOW DURATION CURVE AT INTAKE SITE



2.3 最適案の選択

比較代替案の検討結果をまとめて示すと表-2.2の通りである。

修復計画としては、ALT-2案即ち、使用水量54m³/sから100m³/sに倍増して、更に取水堰をコンクリートダムに改造して落差の上昇を図る案が相対的に有利である。しかしながら、ALT-2案の場合、次のような不確定要素が介在しているので、その実現性を確認するためには、更に詳細な追加調査が必要である。

- ① コンクリート取水ダムの基盤、特に左岸段丘部の地質状況が調査されていないこと。
- ② ダム堰き上げによる背水の影響範囲とインパクトが不明であること。
- ③ 水没する家屋、田畑、林野等の補償物件調査が行なわれていないこと。

したがって、現段階におけるフェージビリティ段階の基本設計は、ALT-1案について実施し、第11章に収録してある。

なお、La Vuelta 発電所の場合、①低落差の流れ込み式水力発電所であるために、発電機器の型式がチューブラタービン発電設備となり、コストが割高になること、②修復計画といっても殆んどの施設が新設となること、③僻地のため資機材運搬ならびに土工工事のコストが割高となること等の悪条件が重なり、単純に便益的な見地からだけで修復計画の是非を論じることは妥当性を欠くように思われる。

表-2.2 La Vuelta 水力発電所修復計画案の比較

代替案	① 既設発電設備諸元					② 修復発電計画							③ 回復又は増加電力	
	⑩	⑪	⑫	⑬ 現有設備能力		⑳	㉑	㉒	㉓	㉔	㉕	㉖	㉗	㉘
	最大 使用水量 Q ₀ (m ³ /s)	有効 落差 H ₀ (m)	定格 出力 P ₀ (kW)	出力 P _e (kW)	発電電力量 E _e (GWh)	最大 使用水量 Q ₁ (m ³ /s)	標準 有効落差 H ₁ (m)	理論出力 = 9.8 × ⑩ × ⑪ (kW)	合成 効率 η	出力 = ⑫ × ⑬ P ₁ (kW)	年間可能発電電力量 E ₁ (GWh)	流量設備 利用率 ε (%)	出力 = ⑫ - ⑬ ΔP (kW)	年間可能発電電力量 ⑬ - ⑭ ΔE (GWh)
REH-1	54.0	4.8	2,000	500	6.25	50.0	4.4	2,156	0.815	1,700	15.4	100	1,200	9.1
ALT-1						100.0	4.4	4,312	0.823	3,500	29.9	96	3,000	23.6
ALT-2						100.0	9.65	9,457	0.823	7,700	65.7	96	7,200	59.4

代替案	④ 修復工事費 (百万円)				⑤ kW当り建設コスト (千円/kW)		⑥ 年間発電端経費の合計 (百万円)					⑦ kWh当り平均発電コスト (円/kWh)		⑧ 便益	⑨	
	⑩ 発電機器費			⑭	⑮	⑯	⑰	⑱ 建設費の元利償還額 (25年平均)			⑲	⑳	C/B	優先 順位		
	⑲	⑳	㉑	土 建 工 事 費 C ₂	⑳ + ㉑ C	ΔP当りコスト = ⑲ / ⑩ C/ΔP	P ₁ 当りコスト = ⑲ / ㉒ C/P ₁	⑳ 運 転 維 持 管 理 費 AOM	㉒ 外貨分	㉓ 現地貨分	㉔	㉕ + ㉖			㉗ 当り	㉘ 当り
	外貨分 C _{1f}	現地貨分 C _{1l}	㉑ + ㉒ C ₁						㉒ × ⑲	2.016 × (㉒ + ㉓)	㉒ + ㉓	㉕ + ㉖	㉗ / ㉕ × 0.95	㉘ / ㉑ × 0.95		
REH-1	556.0	222.9	778.9	337.1	1,116.0	930.0	656.5	1.0	58.0	45.2	103.2	104.2	7.1	12.1	4.24	3
ALT-1	753.1	301.9	1,055.0	464.7	1,519.7	506.6	434.2	2.0	78.6	61.8	104.4	142.4	5.0	6.4	2.71	2
ALT-2	1,035.6	415.2	1,450.8	1,367.3	2,818.1	391.4	366.0	4.3	108.1	143.7	251.8	256.1	4.1	4.5	2.29	1

(備考) ①: 既設発電設備の諸元はブレF/S報告書の設備台帳を参照のこと。
 ⑦: 発電コスト = $\frac{\text{年間平均発電端経費の合計}}{\text{年間平均供給電力量}}$
 ⑧: C/Bは財務分析によって算定された費用便益比の値である。
 ⑮: E_eは19年から19年の年間の平均運転実績に準拠。
 ⑳: ηはタービン及び発電機の合成効率。

㉕: E₁(Energia Media)
 ㉖: $\epsilon = \frac{\text{水車が利用する年間総使用水量 (m}^3 \cdot \text{hr)}}{Q_1 \times 365 \times 24} \times 100$ (%)
 ㉗: 年間AOMはkW当りUS\$4相当額
 ㉘: 金利は次のような条件で元金均等償還方式で計算してある。
 外貨ポジション: 年利10%, 4年据置, 25年間返済
 現地貨ポジション: 年利21%, 1年据置, 8年間返済

第3章 調査計画

3.1 調査団の編成

3.1.1 JICA F/S調査団

JICA F/S調査団は、プレ・F/Sに従事した団長・団員全員に水力発電計画（土木）、水力発電計画（機械）、水文、地質及び経済の専門家を補強して下記のメンバーで構成された。

区分	担当分野	氏名
団長	総括	小野 匡美
団員	水力発電計画（土木）	遠山武羅夫
〃	水文	野仲 進
〃	水力発電計画（土木）	川崎 義雄
〃	水力発電設備（機械）	高橋 彰
〃	水力発電設備（電気）	玉井 昌幸
〃	地質	内瀬戸信彦
〃	地質	井上 隆
〃	経済	上田 正明

3.1.2 ICELのカウンターパートエンジニア

JICA F/S調査団のカウンターパートとして本調査に従事したICELのエンジニアは次の通りである。

Juvenal Peñaloza Rosas	Ing. Civil	Jefe Div. de Centrales
Jairo E. Gonzalez Morales	Ing. Civil	Ing. Div. de Centrales
Mario Gutierrez Ospina	Ing. Civil	Ing. Div. de Centrales
Rafael Torres Mariño	Ing. Civil	Ing. Div. de Centrales
Rafael Gomez Florez	Ing. Civil	Ing. Div. de Centrales
Jorge E. Hurtado Muñoz	Ing. Civil	Ing. Div. de Centrales

3.1.3 E. CHOCO の支援スタッフ

本調査の現地踏査、資料収集ならびに技術協議に際して次に挙げる E. CHOCO の支援スタッフの協力、支援を得た。

Juan B. Hinestroza C.	President
Jose Wilson Guerrero	Chief of Planning Office
Jose Antonio Correa M.	Electrical Engineer
Luz Elba Gonzalez	Electrical Engineer
Carlos Oserio Molina	Manager of "Metales Preciosos del CHOCO "
Juan Ramon Gilabert	Chief of La Vuelta Power Plant "Metales Preciosos del CHOCO "

3.2 調査項目と調査工程

本調査は、1988年7月に JICA 及び ICBL との間で合意・署名された Scope of Workに基づいて、自1988年11月～至1990年3月の17ヶ月間にわたって実施された。

3.2.1 調査項目

上記 Scope of Workに挙げられた F/Sのための調査項目を示すと次の通りである。

- 1) 既存資料の検討分析
- 2) 現地踏査
- 3) 現地調査工事
 - (1) 地形測量
 - (2) 航測図化（必要と認められた場合）
 - (3) 地質調査
 - (4) 資料収集
- 4) 電力事情調査
- 5) 最適計画案の選定
- 6) フィージビリティ段階の設計
- 7) 構造安定解析
- 8) 施工方法の検討
- 9) 工事費積算
- 10) 経済・財務分析
- 11) 維持管理マニュアル

3.2.2 調査工程

Scope of Work に示された全体調査工程表は、表-3.1の通りである。

La Vuelta 水力発電所の現地調査は表-3.2に示される通り2回にわたり実施された。

1回目の現地踏査に於いては、既存施設（主として土木構造物）の現況調査並びに資料収集が団長および水力発電計画（土木）の2名により実施された。

また、2回目の現地調査に於いては地質の担当技師が主体となり、水力発電計画（土木）の担当技師1名の計2名により地質調査を中心に資料収集が行なわれた。

表-3.1 調査工程表

作業項目	1988		1989												1990			
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
プロジェクト月																		
1. 既存資料の検討・分析	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■														
2. 現地踏査	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■														
3. 現地調査工事																		
(1) 作業計画	■■■■																	
(2) 作業準備			■■■■	■■■■														
(3) 地形測量					■■■■	■■■■	■■■■	■■■■										
(4) 航測図化					■■■■	■■■■	■■■■	■■■■										
(5) 地質調査					■■■■	■■■■	■■■■	■■■■										
(6) 資料収集								■■■■	■■■■									
4. 電力事情調査								■■■■	■■■■									
5. 最適計画案の選定									■■■■	■■■■								
6. ファイジビリティ・グレード設計										■■■■	■■■■	■■■■	■■■■					
7. 構造安定解析										■■■■	■■■■	■■■■	■■■■					
8. 施工計画										■■■■	■■■■	■■■■	■■■■					
9. 工事費積算										■■■■	■■■■	■■■■	■■■■					
10. 経済・財務分析										■■■■	■■■■	■■■■	■■■■					
11. 維持・管理マニュアル										■■■■	■■■■	■■■■	■■■■					
報告書																		
1. インセンション・レポート		△																
2. プログレス・レポート				①△										②△				
3. インタリム・レポート													△△					
4. ドラフト・ファイナル・レポート																	△△	
5. ファイナル・レポート																		△

凡例： ■■■■ JICA現地作業, zzzzzzzz ICEI現地作業, □□□□ JICA国内作業, △△△△ 報告書提出

表-3.2 現地調査のスケジュール

1回目の現地踏査

月・日	行 程	調 査 内 容	メ ン バ ー	
			ICEL	JICA
2. 15	Bogota → Quibdo → La Vuelta	La Vuelta 発電所の現地調査	J. Gonzalez	小野 匡美 川崎 義雄
2. 16		E. CHOCOにて打合せ、資料収集		
2. 17	Quibdo → Bogota			

2回目の現地調査

月・日	行 程	調 査 内 容	メ ン バ ー	
			ICEL	JICA
6. 27	Bogota → Quibdo → La Vuelta	La Vuelta 発電所の現地調査	J. Gonzalez	遠山 武羅夫 内瀬戸 信彦
6. 28		全 上		
6. 29	La Vuelta → Quibdo	E. CHOCOにて打合せ		

3.3 現地調査工事の内容

現地踏査の結果に基づいて、JICA F/S調査団がICELのカウンターパートスタッフと協議の上計画し、本F/S期間中に実施するよう提案した現地調査工事の内容は次のとおりである。

3.3.1 地形測量の範囲

地形測量の範囲は図-3.1に示される通りである。縮尺等は次の通りである。

(1) 取水堰、川床

現況図を縮尺1:200（縦断および横断）で図化する。

(2) ベンチマーク

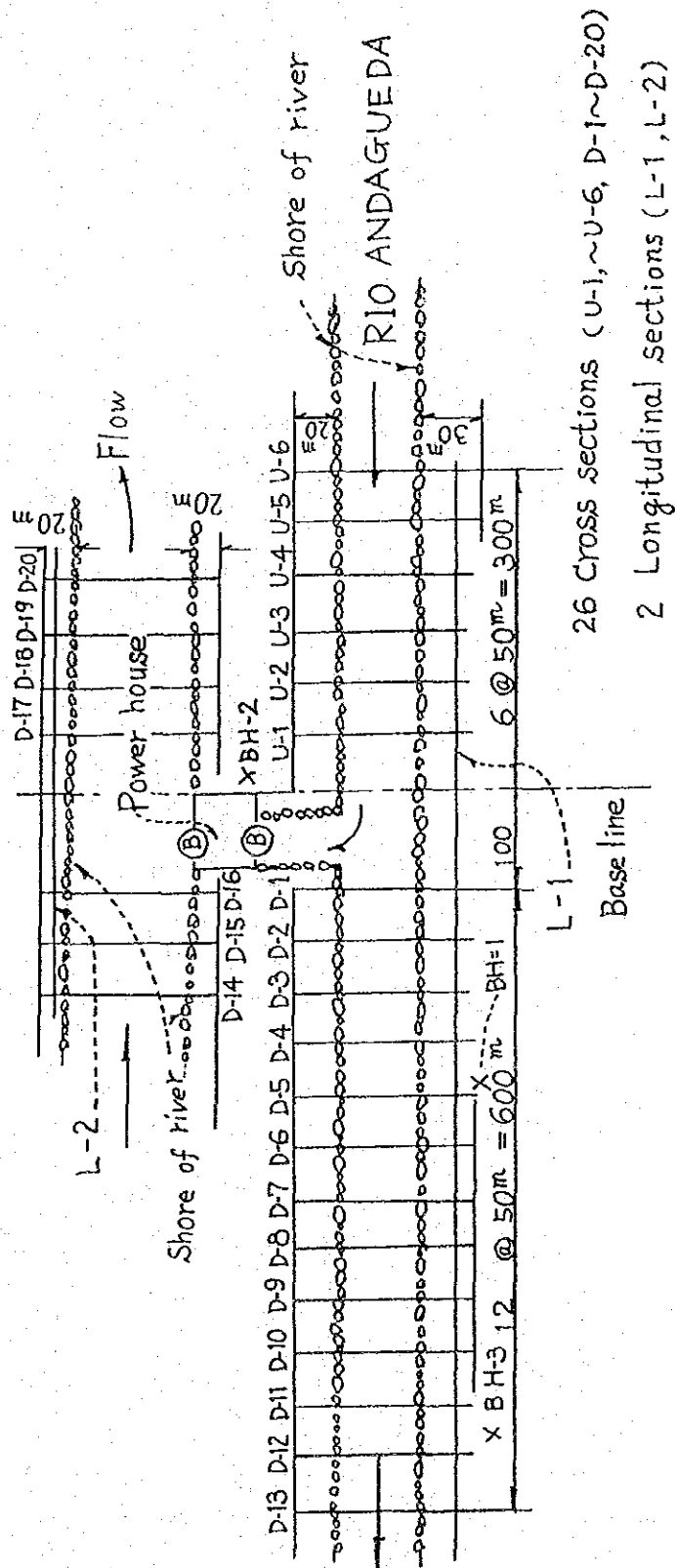
ベンチマークを2ヶ所に設定すること。

3.3.2 ボーリング調査工事の計画

ボーリング調査は下記の通り実施すること。

No	位置	深さ (m)	備考
BH-1	左岸	10	図-3.1にボーリングの位置が示されている。
BH-2	発電所建物	10~20	
BH-3	左岸	10	

しかしながら、本ボーリング調査は本F/S期間中には実施されなかった。



26 Cross sections (U-1, ~U-6, D-1~D-20)
 2 Longitudinal sections (L-1, L-2)

(Legend)
 (B): Bench Mark
 BH: Boring Hole

Fig. 3.1 Scope of Topographic Survey

第4章 調査地点の現況

4.1 電力センターの電力事情

当該公営電力会社の電力事情を電力需給バランス及び電力設計等に分類すると以下に示す通りである。

4.1.1 電力需給の現況

近年5ヶ年（1983年から1987年）における電力需給バランスは、表-4.1に示す通りであり、1987年における需給バランスは、最大電力18MW、電力量は56.8GWhの需要に対し、すべて買電（63.2GWh）に依存している。

一方、電力需要構成別では、1987年においては住宅用69%、商業用10%、工業用6%及びその他15%となっており住宅用需要が高く、工業用が低い割合となっている。

尚、1983年から1987年における需要電力量の年平均増加率は、26.6%で、買電に依存する割合が大幅に増えている状況にある。

表-4.1 発電需要の現状（1983～1987年）

※

項 目	1983	1984	1985	1986	1987	年平均 増加率 (%)
需 要						
1. 最大電力 (MW)	7.1	10.4	10.5	8.6	18.0	26.2
2. 電力量 (GWh)						
1) 住宅用	15.5	19.9	25.2	32.0	39.4	26.3
2) 商業用	3.2	3.9	4.4	5.2	5.6	15.0
3) 工業用	0.8	0.8	2.2	1.9	3.5	44.6
4) その他	2.6	3.1	5.2	6.2	8.3	33.7
合 計	22.1	27.7	37.0	45.3	56.8	26.6
供 給						
1. 設備容量 (MW)	0	0	0	0	0	0
2. 発電電力量 (GWh)	0	0	0	0	0	0
3. 損 失 (GWh)	10.7	13.2	10.7	8.2	6.4	-12.1

（出典：INFORME ESTADISTICO：RESUMEN 1983-1987）

※年平均増加率は次の通り計算した

（例；最大電力26.2%の場合）

$$7.1 \times (1 + X)^4 = 18.0$$

$$X = 0.262 \text{ (26.2\%)}$$

現在 La Vuelta 発電所周辺の需要家の数及び需要は表-4.2 に示す通りである。これらの需要に対しては La Vuelta 発電所からの発電電力量と E. CHOCO から購入した電力をチョコ鉱山会社が配電している。

表-4.2 La Vuelta 発電所周辺の電力需要の現状

町の名前	需要家の数	需 要 (KVA)
Lloro	400	262.5
Istmina	337	3,189
Novita	75	50
合 計	812	3,501.5

(出典 : E. CHOCO より収集した資料)

4.1.2 電力設備の現状

(1) 発電設備

当該公営電力会社所有の発電所は無い。

一方、F/S 対象発電所の現状を示すと表-4.3 に示す通りである。

表-4.3 La Vuelta 発電所の状況 (1985年)

項 目	1985
1) 設備容量 (kW)	2,000
2) 発電電力量 (MWh)	4,602
3) 設備利用率 (%)	26
4) 運転時間 (%)	74

(出典 : E. CHOCO より収集した資料)

(2) 送電設備

送変電設備の現状は、最大 115kV 送電線を有している。尚、対象発電所の送電電圧は 33kV を採用している。

4.1.3 発電原価と電気料金

近年5ヶ年（1983から1987年）における発電原価と電気料金の推移は表-4.4 に示す通りである。

表-4.4 発電原価と電気料金

項 目	1983	1984	1985	1986	1987	年平均 増加率 (%)
発電原価 (Col \$/kWh)	3.92	4.40	4.17	5.04	5.80	10.3
電気料金 (平均) : (COL\$/kWh)						
1. 住宅用	3.03	3.04	3.32	4.30	5.25	14.7
2. 商業用	4.04	4.20	6.38	8.17	10.31	26.4
3. 工業用	3.62	3.67	6.28	7.78	11.44	33.3
4. 公共用	3.66	3.74	5.02	6.54	8.53	23.6
5. 全体平均値	3.21	3.25	3.96	5.03	6.78	20.6
加入者の構成 (件)						
1. 住宅用	6,637	8,167	9,713	10,994	12,319	16.7
2. 商業用	784	926	998	1,110	1,201	11.3
3. 工業用	52	68	90	105	159	32.2
4. その他	177	216	232	266	284	12.5
5. 合計	7,650	9,377	11,033	12,475	13,963	16.2
電気の普及						
1. 全体 (千戸)	235	239	243	247	250	1.6
2. 加入者 (千戸)	30	37	44	49	55	16.4
3. 電化率 (%)	13	15	18	20	22	14.1

(出典 : INFORME ESTADISTICO : RESUMEN 1983 - 1987)

4.1.4 電力需要の予測

E. CHOCO が予測した La Vuelta発電所周辺の2000年までの電力需要は表-4.5 に示す通りである。

表-4.5 La Vuelta 発電所周辺の電力需要の予想

町の名前	1990年		1995年		2000年	
	需要家の数	需要 (kVA)	需要家の数	需要 (kVA)	需要家の数	需要 (kVA)
Lloro	1,928	1,120	2,256	1,635.5	2,623	2,333.5
Istmina	634	3,406.5	714	3,529	831	3,809
合計	2,562	4,526.5	2,970	5,164.5	3,454	6,142.5

4.2 既設発電所の運転実績

4.2.1 発生電力量

本発電所の発生電力量及び運転時間の記録は表-4.6 に示される通りである。

1980年代に於ける設備利用率は約30%前後であるが、1955年では79%であった。これは水車が長期間にわたって使用され続けているため出力低下が原因である。

表-4.6 発生電力量の記録

年	銘板出力 (MW)	運転時間 (Hr)	発生電力量 (MWh)	※設備利用率 (%)	備考
1955	1 MW × 2 台	8,003.6	13,835	79	1月の記録は無い
1980	"	7,344	5,233	30	2月と5月の記録は無い
1981	"	5,080	4,959	28	1月, 4月, 7月, 11月, 12月の記録は無い
1982	"	6,672	4,971	28	2月, 4月, 11月の記録は無い
1985	"	6,504	4,602	26	8月, 9月, 11月の記録は無い
1986	"	2,928	2,364	13	2月から8月及び12月の記録は無い

(備考)

$$\text{※ 設備利用率 (\%)} = \frac{\text{発生電力量 (MWh)}}{8760 \text{ (hr)} \times \text{銘板出力 (MW)}} \times 100$$

4.3 発電設備・施設の概況

4.3.1 発電設備の概況

発電設備の使用状況を概略記述すると次の通りである。

1) 発電機器

水車の製作年は、銘板によれば、1号機は1915年で2号機は1930年であり、75年及び60年を経過している。

E. CHOCO の調査によれば、水車並びに発電機の欠陥は表-4.7 に示される通りである。

目立った欠陥は無いが、4.2.1 で述べた通り、水車の老朽化による出力低下が著しいため、E. CHOCO は発電設備の新品取替を要望している。

表-4.7 水車及び発電機の主な欠陥

機 器	Na 1 ユ ニ ッ ト	Na 2 ユ ニ ッ ト
水 車	1) Guide Vaneが締まらない	1) 全 左 2) ケーシングにパイブレーションが発生している
発電機	1) 巻線の絶縁抵抗値が低下している	1) 全 左
制御盤	1) 計測器及び保護リレーの精度は悪い	1) 全 左

2) 変電所

発電所に隣接した場所に、33kV屋外変電所が設置されている。

変電設備はこれといった欠陥は無いが、旧式のため信頼性に欠けるため E. CHOCO は新品取替を要望している。

3) 送電線

本発電所から Andagoya 変電所へ33kV、2回線、51.5kmの送電線が設置されている。

送電線設備（鉄塔、電線、碍子）はこれといった欠陥は無いので、E. CHOCOは現状維持を望んでいる。

4.3.2 土木施設の概況

(1) 取水設備

取水堰 (Trincho) は取水庭入口より約 130m 下流に位置し、砂礫上に設けられた 2 列の木製ダムでケーブルに吊り下がっている。平面形状は下流に向った懸垂線でその延長はほぼ上流堰 200m、下流堰 240m でその両端はコンクリート・ブロックに固定されている。

堰の構造は重い角材をワイヤーで 1～2 本水深に応じて水平に数段積み重ねワイヤーで縫って締めこれを複数のケーブルに結びつけてある。

木製堰の上流側は河砂利で埋戻されている。堰の天端標高は 78.00m、高さ約 1.0m である。使用水量を越える河川流量は堰内を流出又は越流するためその一部は破損し、毎年補修を必要としている。

取水堰より上流の堆積土砂は土砂吐がないので左岸よりドラッグライン (能力 2 m³/10 分) で浚渫している。

(2) 取水庭

取水庭は右岸側に河川にほぼ直角に入口が設けてあり水路幅 15～35m、長さ 78m である。入口には土砂流入止めのために溺堤高さ 1.5m、長さ 35m が設けてある。取水庭での常時水位は 78.90m である。取水庭の基部は岩が露頭しており、床の標高 75.00m で常時の水深は 4m である。取水庭の左岸側にはカヌー就航のためのナビゲーション・ロック (幅 1.70m) と接岸用の岸壁と水路が設けてある。

(3) 取水口

取水口の全幅は 26m で 2ヶ所の呑口部はいずれも幅 11m、高さ 5.8m で前面にはスクリーンが設けてある。取水口敷の標高は 74.70m である。取水口の制水ゲートは 3m × 6m 3門が各呑口毎に設けてある。取水口の中央には土砂吐水路幅 2.40m があり、前面には幅 5.50m、深さ 1.5m の土砂止めの溝がある。

(4) 発電所、放水路

発電所の建屋は幅 32m、奥行き 11m、床標高は 86.60m で 1000kW のフランシス型水車 2 台が据付けられている。建屋には機器の性能あるいは配置計画が旧式のため過大な設計となっている。70年を経過しているが構造物は比較的良好的な状態にある。放水路は幅 4.90m、高さ 2.6m が各水車毎に 2ヶ所設けてある。放水路敷標高は 70.10m 常時の放水位は 74.70m である。

第5章 基礎資料の収集

1987年11月から1988年7月まで実施されたプレF/S調査に続いて1988年11月に開始されたF/S調査を通じて収集された地形・地質・水文気象その他関連ある資料類を列挙して示すと次の通りである。

5.1 地形図

Cerro Caramanta に源を発する Andagueda川はBagadoを通り LloroでAtrato川に合流する。La Vuelta発電所はAtrato川との合流点より約10km上流の河川が大きく湾曲した位置の右岸側にある。

地形図に関する収集資料は、IGACが発行している縮尺1/25,000~1/500,000の地図と本調査の為にE. CHOCOが実測した地形図及び本発電所の所有者であるチョコ鉱山会社が所有している竣工図面がある。

(1) IGAC発行の地形図

縮尺	図面番号	摘要	
1:500,000	—	CHOCO 県全体図	
1:100,000	184	発電所周辺	
	186		
1:25,000	184-IV-B	} 発電所	
	185-III-A, C		発電所上流域
	185-I-C		発電所下流域

(2) E. CHOCO の実測図

E. CHOCO が本調査のために1989年3月~6月に実施した地形測量図は以下の通り

縮尺	図面番号	摘要
1:2,000	1 de 18	全体平面図
"	2 de 18	"
1:200	3 de 18	平面図 (全16葉)
	~ 18 de 18	
1:200	19 ~ 25	横断図 (全7葉)

(3) チョコ鉱山会社が所有する竣工図

入手した竣工図の代表的なものは以下の通り

縮尺	図面番号	タイトル	内容
1:600	—	LA VUELTA POWER PLANT & CAMP	発電所周辺地形図
1:360	—	PLANTA GENERAL DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA LA VUELTA	発電所建屋構造図

5.2 地質調査資料

本調査のために収集した地質に関する既存資料は次の通りである。

— : 本地点周辺の航空写真

— : Mapa Geologico de Colombia, 1988

1 : 1,500,000 INGEOMINAS

5.3 水文気象資料

既設La Vuelta水力発電所には、流量観測設備がないので、本調査の実施に当って、調査団はHIMATの水文気象資料を収集した。

資料を収集した既設HIMATの雨量及び流量観測所ならびに観測記録の期間を列挙すると次の通りである。

表-5.1 水文気象に関する収集資料リスト

(1) 雨量観測記録

観測所 No	観測所 名称	管理者	位置		標高 (m)	観測記録 自 至
			緯度	経度		
1102-002	GUADUAS	HIMAT	0546	7611	1500	1977~'89
1102-005	PINON EL	"	0544	7622	715	1958~'87
1103-501	LLORO	"	0530	7634	90	1983~'86
1104-501	APTO. EL CARANO	"	0543	7637	53	1970~'87
2619-009	BETANIA-LAS GUACAS	"	0545	7559	1580	1957~'87
2619-010	STA BARBARA	"	0534	7554	1600	1970~'87
2619-502	ITA ANDES	"	0540	7553	1250	1970~'86
5401-003	STA CECILIA	"	0520	7608	370	1964~'87
5401-009	SAN ANTONIO D CHAM	"	0528	7559	1170	1963~'87

(2) 流量観測記録

測水所		河川名	管理者	設立年月	位置		標高 (m)	流域 面積 (km ²)	観測記録 白 至
No	名称				緯度	経度			
1101-701	Aguasal	Andaguada	HIMAT	1976-05	0530	7632	75	1030	1977~'86
1102-705	Gindrama	Atrato	"	1979-12	0532	7632	75	1800	1982~'87

(3) 水質観測記録

1988年11月現地調査時水質測定を依頼し、測定結果は、1989年6月現地調査のおり調査団に提出することになっていたが、入手出来なかった。

(4) 堆砂観測記録

1988年11月現地調査時、堆砂の観測を依頼し、観測結果は1989年6月現地調査のおり調査団に提出することになっていたが入手出来なかった。

5.4 その他関連資料

5.4.1 建設物価に関する資料

コロンビア国内における土工工事関連の建設物価に関しては、CAMACOL (Camara Colombiana De La Construcción) が1ヶ月に1回発行している "Catalogo De Precios De Materiales De Construcción" がある。しかしながら、同発行物はコロンビア全県で発行されている訳ではなく、他のF/S対象地点との整合性を考慮して、本調査に使用する建設工事単価は E. CHOCOの社内資料を採用した。(表-5.2 参照)

5.4.2 電力事情に関する資料

E. CHOCO の電力事情を知る目的で次の資料を収集している。

- 1) La Vuelta 発電所周辺の現在の需要と2000年における需要予測
- 2) 最近5年間の運転・維持コスト
- 3) E. CHOCO の電力系統図

La Vuelta 発電所について次のような資料が収集されている。

- 1) 単線結線図
- 2) 配置図

Table-5.2 UNIT PRICE LIST
表-5.2 建設工事単価表

	UNIT	EADE	CHEC	CEDELCA		E. CHOCO	CEDENAR	ESSA	ELECTROLIMA
				SILVIA	OVEJAS				
1. EARTH WORK (EARTH)	p/m ³	NOV./88	FEB./89	JUN./89	JUN./89	MAR./89	JUN./89	APR./89	MAY/89
		2,400	2,925	700	800	2,950	990	2,500	1,100
2. EARTH WORK (ROCK)	p/m ³		3,965				1,900		2,800
3. CONCRETE WORK (MASS CON.)	p/m ³	-	-	-	-	24,000	-	-	-
4. CONCRETE WORK (STRUCTURAL)	p/m ³	26,300	27,625	34,000	40,000	26,800	20,500	15,600	17,900
5. REINFORCING BAR	p/t	354,000	454,000	350,000	360,000	447,500	300,000	320,000	215,000
6. GATE	p/t	1,682,000	500,000	1,310,000	1,420,000	1,100,000	1,100,000	1,100,000	480,000
7. SCREEN	p/t	1,682,000	5,00,000	804,195	874,125	1,000,000	1,000,000	1,000,000	650,000
8. PENSTOCK	p/t	1,000,000	1,000,000	1,250,000	1,250,000	-	815,000	1,260,000	420,000
9. POWER HOUSE (REPAIR)	p/m ²	-	10,000	-	-	-	-	-	-
10. POWER HOUSE (NEW CONST.)	p/m ²	-	40,000	47,000	55,000	50,000	50,000	50,000	50,000
11. CYCLOPEAN CONCRETE	p/m ³	-	14,000	17,000	20,000	-	-	8,000	9,000
12. DEMOLITION CONCRETE	p/m ³	13,000	14,000	17,000	20,000	-	-	8,000	9,000
13. STEEL PIPE	p/t	-	-	-	1,250,000	-	-	-	-
14. GABION	p/m ³	-	-	8,800	-	-	-	-	-
15. TUNNEL EXCAVATION	p/m ³	-	-	-	-	-	-	-	19,600
16. TUNNEL CONCRETE	p/m ³	-	-	-	-	-	-	-	25,000

第6章 地形・地質概況

6.1 地域の地形と地質

6.1.1 地形

Andagueda川はコロンビア西海岸に平行に南北に走る西部山脈の西側斜面標高約 3,000m 付近にその源を発し、概ね西方へ流下し、Lloloで南から北へ流下するAtrato川と合流する。

その後、Atrato川は流路を北へ転じ、Choco県の県都 Quibdo を経て、低湿地帯の中を著しい蛇行を繰返しながらさらに北方へ流下しカリブ海へ注ぐ。

計画地点はAndagueda川とAtrato川の合流点よりの上流約 4 km に位置し、Andagueda 川が蛇行による大きく湾曲したその“くびれ”部分に相当する。

計画地点周辺は、標高70~100 mの緩かな丘陵性の地形よりなり、河川の両岸には数段の河床段丘面が発達する。現河床幅は約 100m である。

なお、航空写真判読の結果、計画地点周辺には顕著なりニヤリントは認められない。

6.1.2 地質

Choco 県では、海岸（太平洋）と西部山脈の間は大略南北方向の向斜軸を持つ第三紀堆積岩類よりなる向斜構造がある。





計画地点は大局的にはこの向斜構造の東翼に当り、従って堆積岩類の走向は概ね南北（N-S）であり、緩く西へ傾斜する地質構造である。

基盤岩盤の地質は第三紀始新世～漸新世の細粒砂岩、泥岩互層よりなる。段丘堆積物は第四紀の未固結砂礫よりなり、この砂礫層中には2次堆積性の砂金が含まれており、小規模な金鉱床として各所で採掘されている。

また、丘陵の山裾部には厚さ1~3 mの崖錐堆積物（Talus deposits）が分布する。さらに現河床部には層厚約 5 m 程度と推定される砂礫が分布する。

計画地点周辺の地質層序は表-6.1 に示すとおりである。

表-6.1 計画地点周辺の地質層序

Age	Schematic column	Strata	Remarks
Quaternary		River bed deposit	← Gold ore
		Talus deposit	
		Terrace deposit	
Tertiary		Fine-grained Sandstone Mudstone	

6.1.3 地質構造

基礎岩盤である細粒砂岩、泥岩互層の層理面の走向・傾斜は $N20^{\circ}W \sim N5^{\circ}E$, $5^{\circ} \sim 15^{\circ}W$ の範囲にある。これは走向が概ね南北であり、即ち河道方向に直交し、下流の緩く $5 \sim 15^{\circ}$ で傾斜していることを意味する。

計画地点の模式的な地質構造は図-6.1に示すとおりである。

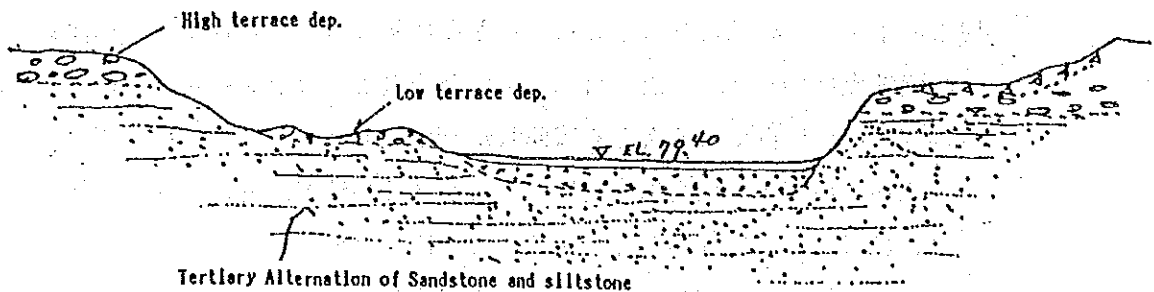


図-6.1 計画地点周辺の模式的な地質構造

6.2 計画地点の地質

取水堰、取水庭、発電所および放水路の基礎岩盤はすべて上述した第三紀の細粒砂岩、泥岩互層よりなる。また、左岸の平坦部には低位段丘堆積物（砂礫層）が分布し、さらに左右岸の最上部には高位段丘堆積物（含砂金砂礫層）が分布する。

6.2.1 地質工学的評価

1) 当地点の基礎岩盤は古第三紀の細粒砂岩、泥岩であり、強度的には新鮮な状態でもいわゆる軟岩に属するが、高さ10m程度のコンクリートダムおよび各種構造物の基礎として十分利用可能と評価される。

また、透水性にも難透水性であり、ダム基礎としての問題はない。

2) 段丘堆積物（砂礫層）および崖錐堆積物は未固結軟質であり、その変形性が大きいことを考慮すると重要構造物の基礎としては不適である。

- 3) 計画地点、周辺には大規模な地切りは分布してない。しかし今後計画される大規模掘削に伴う新規斜面においては、小規模な斜面崩壊が発生する可能性があり、詳細設計時にはその対策を考慮する必要がある。

6.2.2 地質的問題点

今回の調査は地表概査のみであり、地下の詳細な地質状況を把握することはできなかった。当サイトにおける残された問題点は以下のとおりである。

- 1) 現河床砂礫の層厚が未確認である。取水堰の基盤標高および基盤の地質状況を把握する目的で、詳細設計時には河床部中央で数本のボーリングを実施することが望ましい。
- 2) 左岸低位段丘堆積物および左右岸高位段丘堆積物下の地質状況も現河床砂礫の場合と同様未確認である。
同様の目的でボーリングを実施することが望ましい。

6.3 コンクリート用骨材の分布

計画地点周辺に分布するコンクリート骨材の候補材料は現河床砂礫のみであり、周辺に広域に分布する第三紀の砂岩、泥岩互層はコンクリート骨材としては不適である。

現河床砂礫（円礫）の礫種は花崗岩、古生層の砂岩、粘板岩が大半を占めるが、一部に第三紀の泥岩礫が含まれている。

これはコンクリートの強度低下に結びつくものと予想されるので、骨材試験を実施し、コンクリートの設計強度を決定することが望ましい。

量的には、本砂礫層が現河床（幅約100 m）に広く分布していることを考えると、まったく不安はない。

第7章 水文解析

本計画地点の流域内に分布する既存の雨量及び流量観測所の位置を示すと図-7.1の通りである。

7.1 計画地域の一般気象

CHOCO 県はコロンビア国の北西、北緯 $4^{\circ}00'$ ～北緯 $8^{\circ}40'$ の赤道付近に位置している。

県のほとんどが低地部で熱帯性気候であり、世界有数の高温、多湿、多雨地域となっている。標高が高くなるにつれ温帯性気候に移る。

気温は低地部で、 28°C 前後であり、 $1800\sim 2800\text{m}$ の高さで、 $12^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$ 前後である。県都の Quibdo は標高約 40m 程度の高さで、気温は、 30°C から 22°C 程度である。この状態は年間を通じて殆んど変化しない。

雨量は、アンデス山脈西側斜面の多雨地域で $6000\text{mm}/\text{年}$ であるが、Quibdo付近の最多雨地域で $12,000\text{mm}/\text{年}$ を越えることもある。

高地部での雨量は減少し $2000\sim 3000\text{mm}/\text{年}$ 程度である。

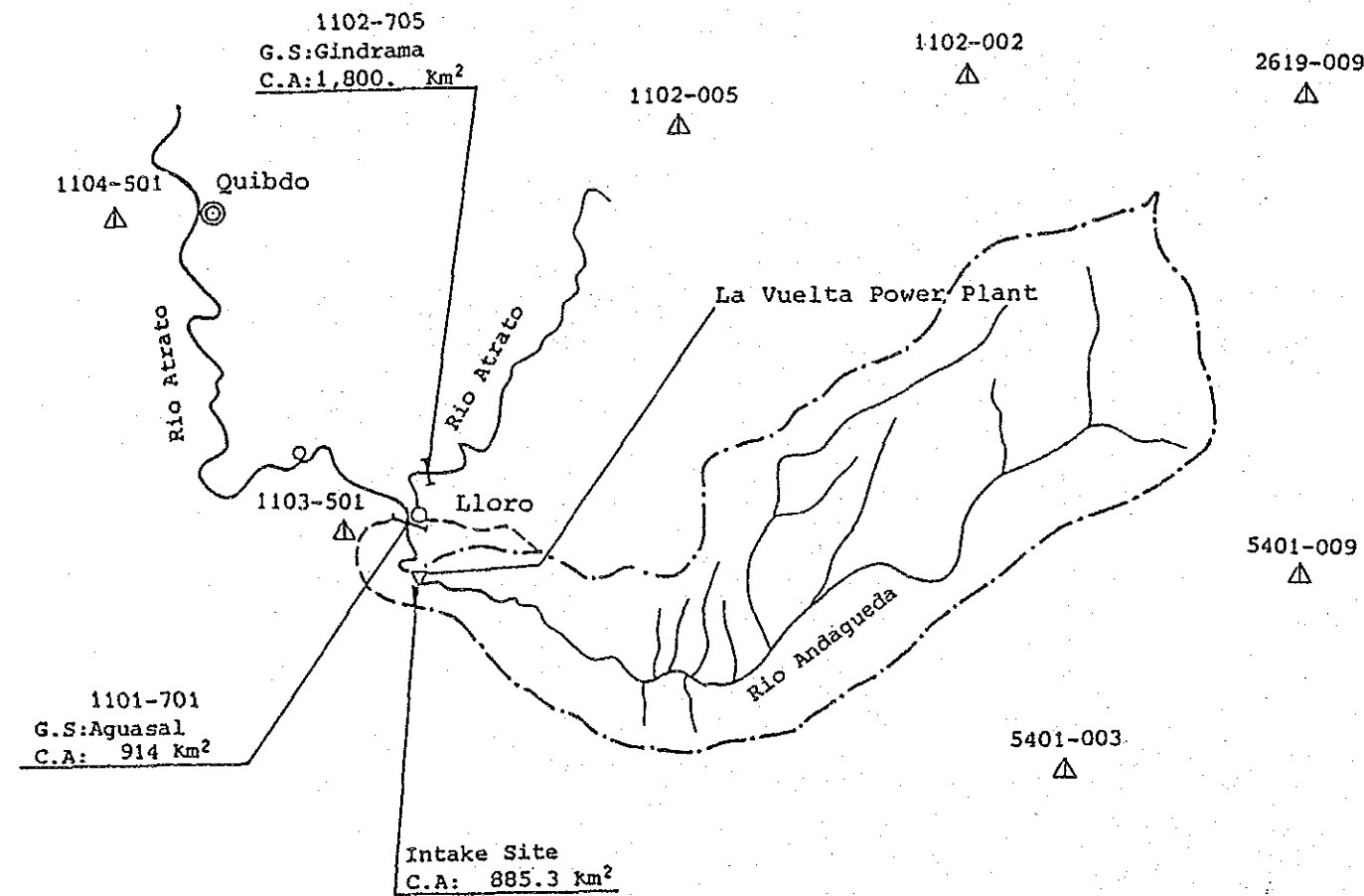
計画地点を流れる Andagueda川は西アンデス山脈に源を発し、西斜面を南西に流下し、Atrato川に合流するまで流路延長約 76km の河川である。

計画地点は県都Quibdoの南東に位置し、標高約 90m の高さに在る。計画地域の気候は熱帯性気候を呈していることから、気温は 28°C と高く、雨量は $9000\text{mm}/\text{年}$ と多いが、標高が高くなるにしたがって減少し $2000\sim 3000\text{mm}/\text{年}$ 程度となる。

雨の多い年と少ない年があるが、雨期と乾期とが比較的はっきりとしている。

(図-7.2 参照)

Observation Item	Gauging Station		Latitude	Longitude
	No	Name		
Discharge	1101-701	Aguasal	0530	7632
	1101-705	Gindrama	0532	7632
Precipitation	1102-002	Guaduas	0546	7611
	1102-005	Pinon El	0544	7622
	1103-501	Lloro	0530	7634
	1104-501	Apto El Carano	0543	7637
	2619-009	Betania Las Guacas	0545	7559
	2619-502	Ita Andes	0540	7553
	2619-010	Sta Borbara	0534	7554
5401-003	Sta Cecilia	0520	7608	
5401-009	San Antonio De Cham	0528	7559	



Legend
 - - - - - : Boundary of Watershed (Intake)
 - - - - - : Boundary of Watershed (Gauging Station)
 ——— : Gauging Station (Discharge)
 Δ : Gauging Station (Precipitation)

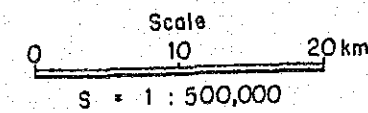


Fig-7.1 Location Map of Gauging Stations in The Watershed of The Study Area.

測候所 No.1104-501 Apto El Carano
 北緯5° 43′ 西徑76° 37′ 標高53m
 平均年間雨量 8,461.4mm

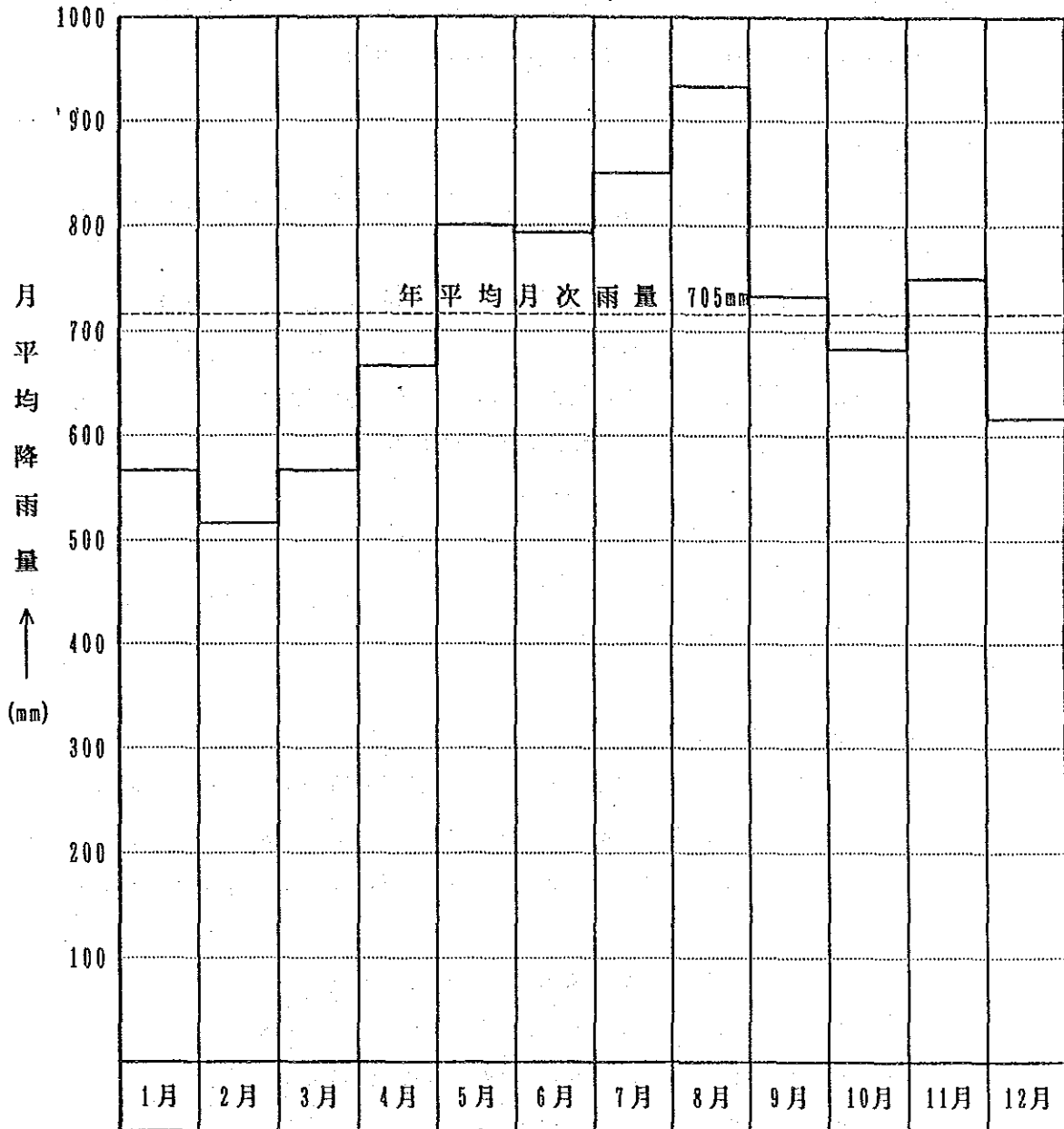


図-7.2 計画地域の月平均降雨量 (1970~1987)

7.2 流量解析

本計画地点の流量ならびに流況曲線は、La Vuelta水力発電所の下流約3kmのところに位置しているHIMAT所管のAguasal測水所における10年間にわたる観測記録（自1977年，至1986年）を整理し、そのうちで有効な6年間の資料を基に流域換算によって求めた。（図面 LV-H-01の(4) 参照）

7.2.1 流量資料に対する照合

本調査の実施に当って、調査団が入手した流量資料の観測期間は次の通りである。

Gindrama測水所 1982～1987年 6年間（設立1979-2月）

Aguasal測水所 1977～1986年 10年間（設立1976-5月）

しかしながら入手した流量観測記録には、欠測月日があり、年間を通じて観測記録が整備された年次を示すと次のようになる。

Aguasal測水所 1977～1979年 3年間

1984～1986年 3年間

Gindrama観測所の流量観測記録は6年間入手した、毎年長期欠測月日があり解析用資料として適当でない。

(1) 流域面積の照合

既設測水所の現位置確認のためにIGAC発行の地形図（縮尺 1:500,000）にプロットした後、測水所地点の流域面積について照合を行ったが、表-7.1に示すように Aguasal測水所地点の流域面積に大きな差違が認められた。

表-7.1 測水所の流域面積の照合結果

名 称	Aguasal	Gindrama
項 目	流域面積 (km ²)	流域面積 (km ²)
HIMAT 台帳	1030	1800
照 合 値	914	1800
差 異	116	0

したがって Aguasal測水所の流域面積については、La Vuelta発電所の取水口地点の流域面積との整合性を持たせる意味で調査団の測定値 914.0km²を採用した。

(2) 流況特性の経年的変化の照合

Aguasal測水所の1977~1979年の3年間と1984~1986年の3年間の流量資料について、それぞれの100㎩当りの平均流況曲線を対比させると図-7.3に示すとおりである。

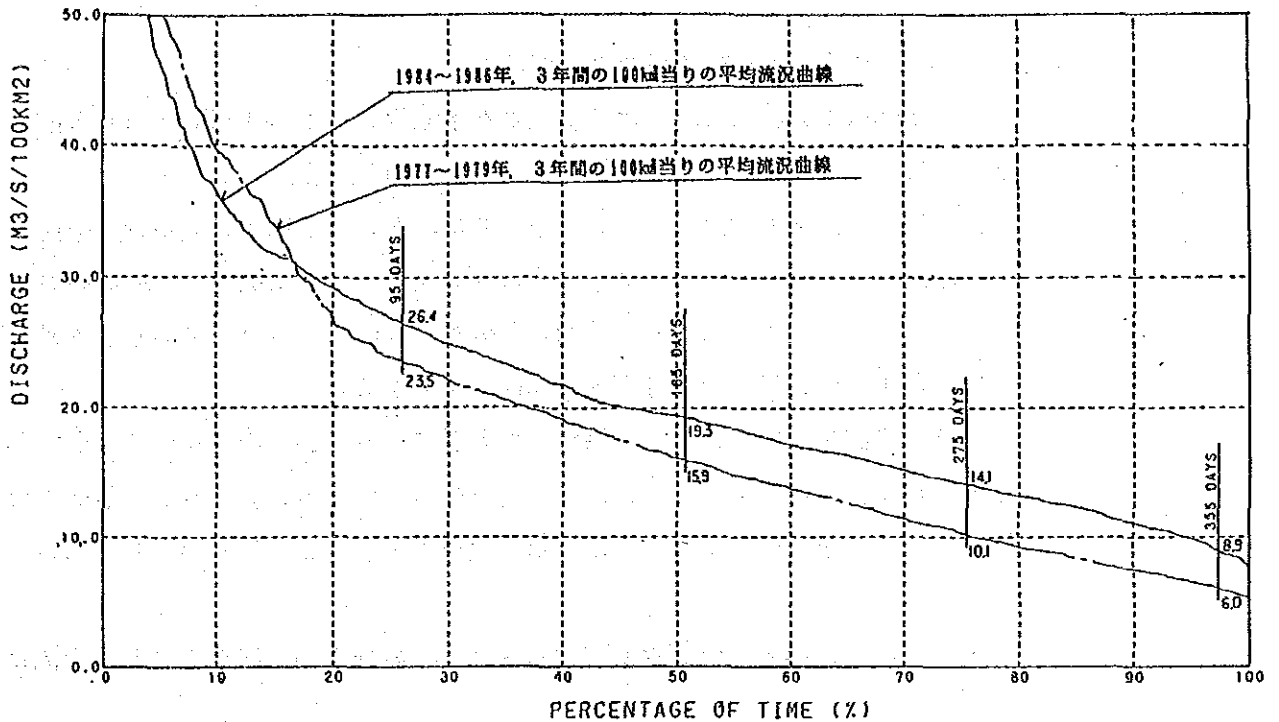


図-7.3 100㎩当り平均流況曲線の比較

7.2.2 代表的な流況曲線の形成

河川の流況曲線は同一地点であっても年によってバラツキを生じるものである。したがってある地点の代表的な流況曲線を作成するにあたっては、次にあげるような色々な方法が提案されている。

- (a) パラレル法 1年365日間の毎日の平均流量を大きい順に並べて各年の流況曲線を描き、それらの平均をとる方法
- (b) 標準年法 各年の流況曲線を描き、その中で平均的であると思われる年の流況曲線を選んで、これを標準年流況曲線とする方法
- (c) シリーズ法 1日平均流量を15年にわたって大きさの順に並べて、1年の曲線のように横軸だけ修正する方法
- (d) 曲線そう入法 流量要覧から長時間(少なくとも最近10箇年間またはそれ以上)にわたる渇水量、低水量、平水量、豊水量の平均値を算出し、これをプロットし、それらを適当な曲線で結んで流況曲線とする方法

本調査では最も汎用化されている (a) パラレル法を用いて測水所地点の代表的な流況曲線を作成した。流況曲線の作成に当っては、欠測日のある観測年を除外してある。又、これら流況曲線は横軸に日数を%で表わし、縦軸に日平均流量 (m^3/s) を示している。

7.2.3 Aguasal測水所地点の流量及び流況曲線

La Vuelta水力発電所の取水口地点より下流約3 kmにあるAguasal測水所の流量を欠測日の少ない6年間の資料を用い、整理して表-7.2 に示す。

表-7.2 の月別平均流量の算定に当っては、その月の観測日数が10日未満の場合は計算から除外した。月別平均流量をグラフで示した図面 LV-H-01の(1) から分るように豊水期間と渇水期間の区分が比較的是っきりしており、4月～11月が豊水期間、12月～3月が渇水期間に相当する。

パラレル法を用いて1977～1979年、および1984～1986年の6年間流況曲線から求めた代表的な流況曲線を、図面 LV-H-01の(3) に示す。これ等流況曲線の豊水量、平水量、低水量および渇水量を数値で示すと表-7.3 の通りである。

表-7.4 にはAguasal測水所で1977～1986年の10年間に記録された最大流量を示す。

7.2.4 取水口地点に流量及び流況曲線

本計画地点における取水口地点の流量及び流況曲線は、取水口地点より下流約3 kmにある既設 Aguasal測水所の観測記録にそれぞれの集水面積比を乗じることによって求めた。

取水口地点の集水面積は公式に認定された数値がなかったので、調査団が測定した 885.3 km^2 を採択する。したがって La Vuelta発電所の取水口地点と HIMATのAguasal測水所との集水面積の比率は $885.3/914 \approx 0.97$ に設定した。

集水面積で換算された取水口地点における流量および流況曲線は図面 LV-H-01の(4) にまとめて示したが、平均的な月別日平均流量ならびに豊水量、平水量、低水量および渇水量の代表値を示すと次の通りである。

Table-7.2 MONTHLY FLOW TABLE OF DAILY AVERAGE FLOW AT G.S. SITE

GAUGING ST.: 1101-701 AGUASAL
RIVER NAME: ANDAGUEDA

(UNIT: M3/S)

GAUGING YEAR	TYPE	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL TOTAL
1977	MAX.	520.8	235.0	341.4	360.3	607.0	404.0	478.0	487.0	595.0	514.0	473.5	625.2	625.2
	MEAN	80.5	91.2	85.2	109.3	226.2	168.6	154.2	197.5	185.0	289.4	230.7	163.0	165.1
	MIN.	33.6	52.5	39.7	45.0	74.5	87.0	58.0	80.3	54.5	126.5	79.2	58.0	33.6
1978	MAX.	246.8	185.7	473.5	590.8	487.0	581.5	301.5	729.0	627.8	799.0	682.1	576.1	799.0
	MEAN	96.9	92.7	132.0	276.1	193.9	308.5	138.7	150.2	174.0	277.6	236.4	203.5	190.0
	MIN.	49.0	49.5	45.5	91.5	78.0	138.7	57.5	49.5	66.5	134.5	115.5	95.4	45.5
1979	MAX.	266.0	185.6	368.3	544.6	500.5	380.2	380.5	668.4	473.5	877.4	610.0	410.9	877.4
	MEAN	104.7	99.5	123.8	227.5	207.5	205.6	142.4	200.1	214.0	271.3	279.7	200.7	189.7
	MIN.	63.0	63.0	63.0	66.0	66.0	103.2	75.0	67.8	88.4	95.2	134.5	107.8	63.0
1980	MAX.	434.0	360.5	195.6	534.5	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	534.5
	MEAN	148.7	174.9	94.1	179.1	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	149.2
	MIN.	75.0	63.2	51.0	51.5	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	51.0
1981	MAX.	(1)	(1)	(1)	(1)	460.8	584.0	345.5	306.1	(1)	(1)	(1)	(1)	263.7
	MEAN	(1)	(1)	(1)	(1)	220.2	214.3	171.2	184.7	(1)	(1)	(1)	(1)	63.8
	MIN.	(1)	(1)	(1)	(1)	140.8	108.7	78.1	77.8	(1)	(1)	(1)	(1)	18.6
1982	MAX.	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	274.0	578.0	302.2	(1)	578.0
	MEAN	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	164.0	232.2	200.0	(1)	198.7
	MIN.	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	86.9	123.8	118.6	(1)	86.9
1983	MAX.	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	294.0	821.0	349.4	408.0	821.0
	MEAN	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	180.5	217.3	201.5	209.2	202.1
	MIN.	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	67.8	101.4	86.4	111.9	67.8
1984	MAX.	330.7	319.6	273.9	395.6	416.4	417.6	444.0	498.5	355.7	573.4	674.0	447.5	674.0
	MEAN	191.1	187.9	153.7	206.9	222.3	240.5	193.7	216.3	176.9	265.4	267.5	207.4	210.8
	MIN.	110.4	107.0	79.5	110.2	131.6	138.5	86.7	97.9	87.7	97.9	103.6	81.1	79.5
1985	MAX.	637.9	315.4	424.3	329.7	330.1	587.4	432.7	474.5	401.0	467.5	622.6	396.6	637.9
	MEAN	205.0	134.1	167.0	179.8	204.0	202.5	183.8	183.9	197.4	240.4	178.0	221.5	191.5
	MIN.	96.3	72.0	91.7	100.2	106.1	108.7	54.7	93.0	117.6	101.6	80.4	95.3	64.7
1986	MAX.	611.6	312.5	503.9	611.6	376.0	414.6	611.8	611.8	606.5	608.8	422.6	306.0	611.6
	MEAN	185.0	157.3	157.3	234.2	190.3	134.9	246.9	283.5	224.0	256.9	217.6	105.6	199.4
	MIN.	79.2	93.1	63.0	90.1	85.3	60.1	72.0	68.4	58.6	101.6	107.0	55.0	55.0
TOTAL	MAX.	637.9	360.5	503.9	611.6	607.0	587.4	611.8	729.0	627.8	877.4	682.1	625.2	877.4
	MEAN	144.6	134.0	130.4	201.8	209.2	210.7	175.8	202.3	189.5	256.3	226.4	171.8	187.7
	MIN.	33.6	49.5	39.7	45.0	66.0	60.1	57.5	49.5	54.5	95.2	79.2	18.6	18.6

(1) ALL DATA MISSING

Table-7.3 FLOW DURATION TABLE AT GAUGING STATION SITE

GAUGING ST.: 1101-701 AGUASAL
 RIVER NAME: ANDAGUEDA (UNIT: M³/S)

GAUGING YEAR	MAX. (1ST DAY)	PLENTY (95 DAY)	ORDINARY (185 DAY)	LOW (275 DAY)	DROUGHTY (355 DAY)	MIN. (LAST DAY)	MEAN
1977	625.2	198.1	126.5	79.2	42.5	33.6	165.6
1978	799.0	220.2	153.0	91.5	54.5	45.5	190.2
1979	877.4	225.2	155.4	107.2	68.4	63.0	190.0
1984	674.0	251.8	196.3	148.0	93.3	79.5	210.8
1985	637.9	230.7	167.2	128.1	84.3	64.7	192.0
1986	611.8	240.3	164.4	111.2	66.0	55.0	199.7
MEAN	704.2	227.7	160.5	110.9	68.2	57.1	191.4

Table-7.4 MONTHLY ABSOLUTE MAXIMUM FLOW TABLE AT G.S. SITE

GAUGING ST.: 1101701 AGUASAL
RIVER NAME: ANDAGUEDA (UNIT: M3/S)

GAUGING YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL TOTAL
1977	581.5	400.0	542.0	421.0	869.0	610.0	729.0	729.0	1009.0	785.0	729.8	729.0	1009.0
1978	312.5	299.0	729.0	1009.0	785.0	841.0	460.0	1009.0	953.0	1065.0	911.0	740.2	1065.0
1979	284.0	217.2	620.0	735.0	735.0	602.5	394.0	466.0	752.0	1009.0	751.4	584.2	1009.0
1980	581.5	460.0	217.2	729.0	635.0	620.0	537.0	518.0	553.0	776.0	609.0	647.0	776.0
1981	530.0	588.0	642.0	595.0	701.0	610.0	487.0	662.8	556.0	576.0	622.0	620.0	822.0
1982	717.8	537.0	582.0	479.0	617.0	592.0	620.0	566.0	970.0	1062.0	569.6	527.0	1062.0
1983	230.0	163.0	364.0	480.0	595.0	620.0	582.0	553.0	434.0	646.0	408.0	855.0	655.0
1984	382.8	434.0	536.4	780.0	745.1	795.6	953.0	747.0	630.4	1043.0	1322.0	752.0	1322.0
1985	860.0	733.6	821.6	646.0	620.0	906.8	668.4	640.8	684.8	701.0	1167.0	674.0	1167.0
1986	843.2	470.8	630.4	865.2	428.8	648.8	673.0	880.8	846.0	886.0	584.2	423.6	886.0
TOTAL	860.0	733.6	821.6	1009.0	869.0	906.8	953.0	1009.0	1009.0	1062.0	1322.0	655.0	1322.0

表-7.5 取水口地点における代表的な流量

1) 月別平均流量

月別 項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
平均最大流量 (m ³ /s)	196.0	180.0	162.0	268.0	219.0	299.0	240.0	273.0	217.0	280.0	272.0	216.0	204.0
日平均流量 (m ³ /s)	140.0	130.0	127.0	195.0	203.0	204.0	170.0	195.0	184.0	248.0	220.0	168.0	182.0
平均最小流量 (m ³ /s)	80.0	90.0	84.0	106.0	185.0	130.0	134.0	146.0	159.0	210.0	173.0	62.0	145.0

2) 流況曲線の代表的流量

豊水量 (95日流量)	平水量 (185日流量)	低水量 (215日流量)	渇水量 (355日流量)
220.6 m ³ /s	155.4 m ³ /s	107.4 m ³ /s	66.0 m ³ /s

取水口地点における代表的な流況曲線に対して、ある使用水量の河水利用率（実際に取水し使用できる流量の合計量と取水口地点に流入する河川流量の総量との比率）ならびに流量設備利用率（使用水量に対して年間を通じて実際に取水可能な流量の総量と年間を通じて使用水量を確保できるとした場合の水の総量の比率）をグラフ化して図面 LA-H-01の(5)に示す。

7.3 洪水流出解析

洪水流量は現在の施設と修復部分の安全性を確保する上から重要である。設計洪水流量は測水所 Aguasal の記録を統計処理し集水面積比で換算することにより求めた。

7.3.1 洪水頻度

確率洪水流量を求めるため流量資料より年最大流量をまとめ表-7.6に示す。

表-7.6 年最大洪水流量

観測年	年最大流量 (m ³ /sec)
1976	1009
1977	1065
1978	1009
1979	776
1980	822
1981	1082
1982	855
1983	1322
1984	1167
1985	886

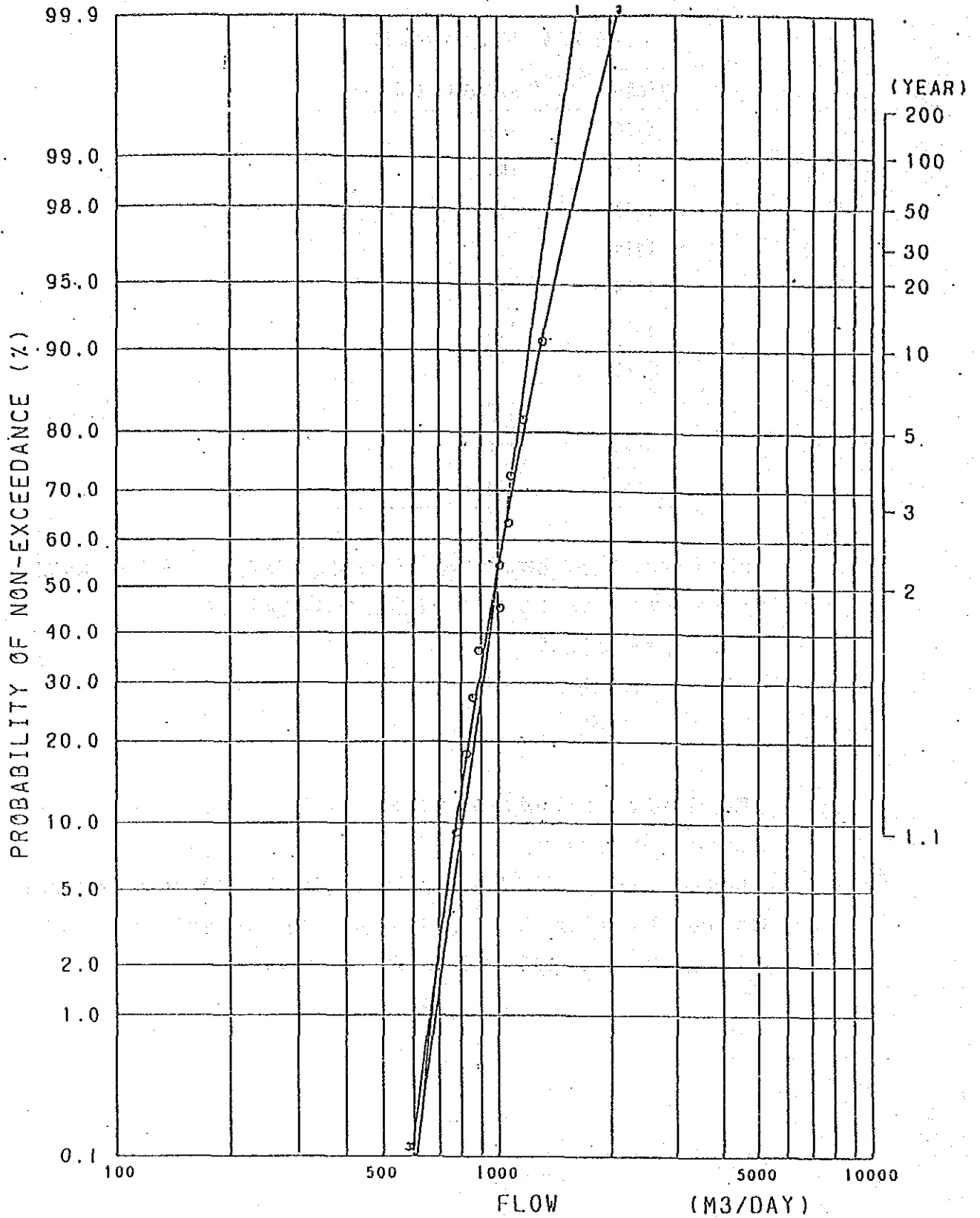
測水資料は10年分で比較的短い小標本である。確率洪水流量を求めるには幾通りかの方法があるがここでは次の3方法について検討した。

1. 対数正規分布法
2. 順序確率法
3. ガンベル法

順序確率法とガンベル法についてはトーマスプロットとヘイズンプロットの2通りについて検討した。

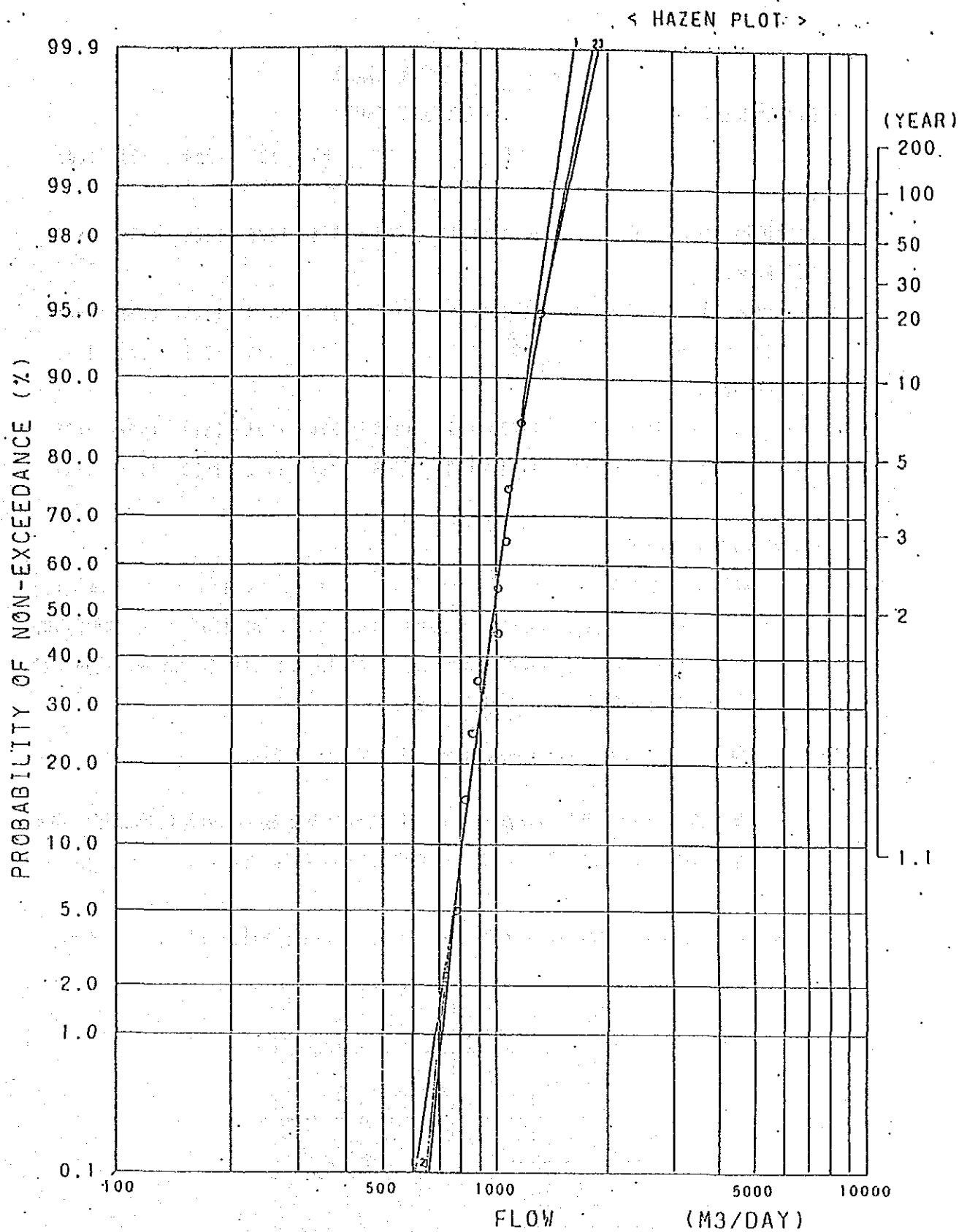
極値確率紙を用いて年最大流量を横軸に、計算した超過確率の百分率を縦軸にプロットしこれを図-7.4, 7.5に示す。図に示す確率曲線より再現期間のうち主要年についての確率洪水流量を表-7.7に示す。

< THOMAS PLOT >



- 1 : BY SLADE METHOD
- 2 : BY ORDER PROBABILITY METHOD
- 3 : BY GUMBEL METHOD

Fig.7.4 Probability Curve of Rio Andagueda
(Thomas Plot)



- 1 : BY SLADE METHOD
- 2 : BY ORDER PROBABILITY METHOD
- 3 : BY GUMBEL METHOD

Fig.7.5 Probability Curve of Rio Andagueda
(Hazen Plot)

表-7.7 確率洪水流量

確率洪水流量	再現期間 (年)							
	5	10	20	50	100	200	500	1000
法方								
対数正規分布法 (m ³ /s)	1128	1210	1282	1368	1429	1486	1559	1613
順序確率法								
トーマスプロット (m ³ /s)	1171	1297	1417	1572	1688	1805	1961	2081
ヘインズプロット (m ³ /s)	1136	1236	1329	1446	1533	1618	1730	1815
ガンベル法								
トーマスプロット (m ³ /s)	1169	1297	1418	1576	1694	1812	1968	2085
ヘインズプロット (m ³ /s)	1131	1236	1336	1465	1562	1659	1786	1882

7.3.2 設計洪水流量

設計洪水流量は “Generalized design criteria for water-control structures*” を参考にして本構造物に適用される。再現期間50~100年の範囲から100年確率洪水流量を採用する。取水口地点における設計洪水流量Qは集水面積比で換算することにより求めた。

$$Q = 1694 \text{ m}^3/\text{s} \times 885.3 \text{ km}^2 / 914 \text{ km}^2 = 1641 \text{ m}^3/\text{s} \dots\dots 1700 \text{ m}^3/\text{s}$$

集水面積 (km²) 当りの比流量は $q = 1.92 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。この値は比流量~集水面積の関係を示す図-7.6 のクリーガ曲線で $C = 3.8$ となる。

* APPLIED HYDROLOGY Editor Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays

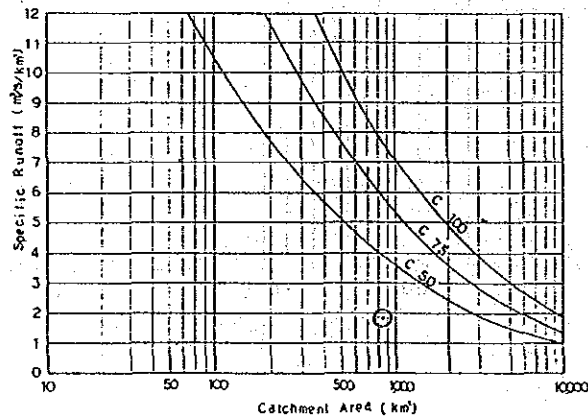


図-7.6 設計洪水流量とクリーガ曲線