

電力工業部

電力工業部
電力工業設計院
編者報告書

電力工業部電力集團

JICA LIBRARY



1031754[3]

は し が き

日本政府は、コロンビア共和国政府の要請にもとづき、同国 Julumito 水力発電計画のフィジビリティ調査を行なうこととなり、その実施を海外技術協力事業団に委託しました。

事業団はコロンビア共和国における電力需給の現況を考慮し、電源開発に依る経済発展の重要性に鑑み、昭和47年2月8日より47年3月23日までの45日間にわたり、電源開発株式会社水力建設部川嶋登紀衛氏を団長とし、同社の専門技術者を中心とする6名より成る調査団を派遣しました。

本調査はコロンビア共和国 Cauca 県の県庁所在地 Popayan 市附近の Rio Cauca 流域における Julumito 水力発電計画について技術的および経済的に開発の可能性を調査研究したものであります。

幸い現地における調査は円滑に行なわれ、ここに此の報告書提出の運びとなりました。

此の調査が、日本、コロンビア共和国両国の友好親善と経済の交流に寄与するならば、これにまさる喜びはありません。

最後に、本調査の実施にあたり熱意ある支援と協力を惜しまれなかつたコロンビア共和国政府および ICEL の関係者、また現地において調査に協力された CEDELCA S.A. の方々そして調査団の派遣に御協力いただいた外務省、通産省、電源開発株式会社に対し、この機会に厚く御礼申しあげたい。

昭和47年 8 月

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 3. 15	705
登録No. 00308	64.3 KE

海外技術協力事業団
理事長 田 付 景 一

(伝 達 状)

海外技術協力事業団

理事長 田 付 景 一 殿

ここに提出するのはコロンビア共和国 Julumito水力発電計画のフィジビリティ調査に関する報告書であります。本調査は、貴職の要請に従って、海外技術協力事業団の組織する調査団として電源開発株式会社を中心となって実施したものであります。

電源開発株式会社は、コロンビア共和国 Cauca 県の Rio Cauca 上流部における Julumito 水力発電計画のフィジビリティ調査のため、通産省技官 1 名を含む 6 名の調査団をコロンビア共和国に派遣しました。調査団は、1970年5月に日本政府がコロンビア共和国政府に提出した「Julumito 水力発電計画予備調査報告書」[REPORT OF PRELIMINARY STUDIES ON JULUMITO HYDRO-ELECTRIC PROJECT]に基づき、現地において地形、地質、材料、および水文等の調査および供給地域の電力需要調査等を行ない、また、計画作成に必要な資料をしゅう集しました。

調査団が日本に帰着した後、電源開発株式会社は現地調査結果および現地でしゅう集した資料にもとづいて、電力需要の想定、水文資料の解析、地質資料の分析および研究、発電計画の詳細検討、予備設計、工事費積算、経済評価等を行ない、Julumito 発電計画に関するこの報告書を作成しました。これらの作業は同社のチーフエンジニアの指揮のもとに同社技術陣によって遂行されました。

Julumito 電源開発はコロンビア共和国西部を南から北へ流れる大河川である Rio Cauca の上流部の本支流約 1,120 Km² の流域の水を支流 Rio Sate に設ける Julumito 貯水池で調整した後、本流 Rio Cauca との間に得られる落差、約 125 m を利用することにより経済的、かつ安定した電力の生産を行なわんとするものであります。即ち、Rio Cauca 右岸支流 Rio Sate に高さ 80m のロップフィルダムを築造し、これにより有効貯水量約 $50 \times 10^6 m^3$ Julumito 貯水池を設け、これに本流 Rio Cauca および支流 Rio Ralace 等の水約 $950 \times 10^6 m^3$ を集水路により導水します。本貯水池で効果的に調整を行なった後、Rio Cauca 本流右岸に設ける Julumito 発電所まで約 1,800 m の導水路で導水して最大出力 53,000 kw の発電を行なうとともに年間 285×10^6 圃の電力を生産します。この電力は新設される送電線約 10 Km によって既設の Popayan 変電所に送られ、CEDELCA、および CEDENAR の供給地域に配電されることとなります。

本計画実施のためには約 3 ヶ年の工期と約 352×10^6 Colombian Pesos の工事費が必要であります。しかし本計画は C V C 系統から電力を輸入する場合よりも安く、また他の代替設備に比

較しても費用便益比は大きく、技術的にも経済的にも妥当な計画と考えられます。

上に述べた発電による直接便益のほかに、本計画の開発は Cauca 県および Nariño 県地方の地域開発に大きく貢献するとともに、Julumito 貯水池の実現はその近辺の明媚な風光と相まって、国民のリクレーションセンターとしての価値を増大するものと確信致します。

CEDELCA および CEDENAR 地域においては、近年電力需要の著しい伸びがみられ、これを考慮すると本計画は 1981 年末迄に実現する必要があると考えられます。したがって追加必要調査、および詳細設計等の諸準備は出来るだけ早く着手すべきものと考えます。

最後に、我々はこの機会に Centrales Eléctricas del Cauca S.A の社長 Dr. Aurelio Irigorri Hormaza はじめ関係諸官、Instituto Colombiano de Energía Eléctrica の総裁 Dr. Gerardo Silver Valderrama 以下関係諸技師、ならびに Departamento Nacional de Planeación の動力部長 (Jefe de División de Energía) Dr. Eduardo Barrera Quintero 以下の諸官、このほか調査団がコロンビア共和国帯在中に接したすべての方々の多大の助力と協力に対して、心からの感謝の言葉を捧げます。

1972年 8月

コロンビア共和国

Julumito 水力団

発電計画調査団 団長

電源開発株式会社 技師

川嶋登紀衛

コロンビア共和国

フルミート水力発電計画
フィジビリティ調査報告書

海外技術協力事業団



Richard Streetly No. 1 Reservoir Dam

Richard Streetly No. 2 Reservoir Dam

Diversion Weirway

Diversion Weirway

Julamito Reservoir

Dam

Intake

Headrace Tunnel

Surge Tank

Penstock

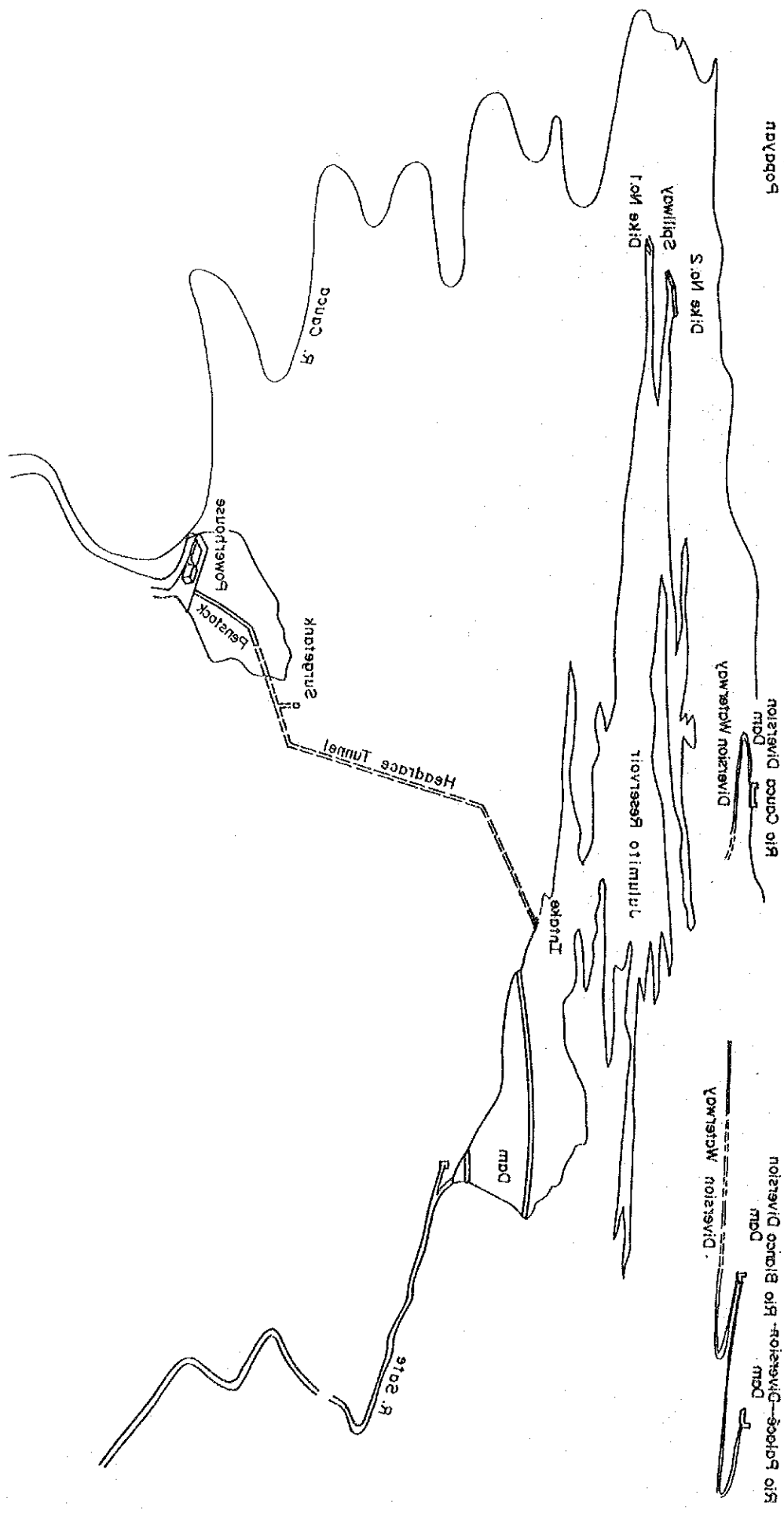
Powerhouse

Dike No. 2

Spillway

Dike No. 1

Penstock



Diversion Waterway
 Dam
 Rio Bafocé-Diversion- Rio Blanco Diversion

Diversion Waterway

Dam

Rio Bafocé-Diversion- Rio Blanco Diversion

Diversion Waterway

Dam

Rio Canca Diversion

Dike No 1

Shijmay

Dike No 2

R. Canca

Fowerhouses

Bevelock

Shijmay

Headrace Tunnel

Tulake

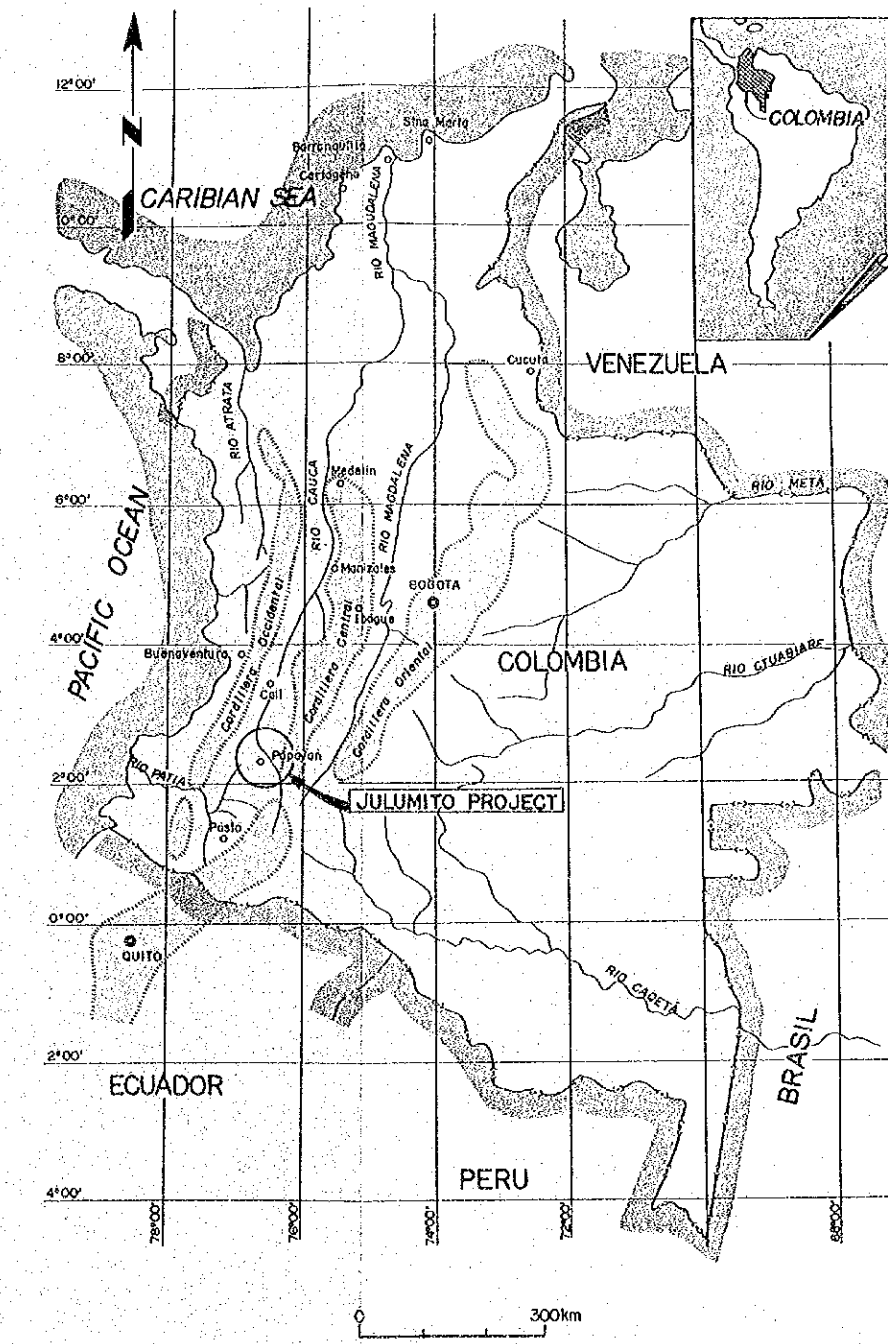
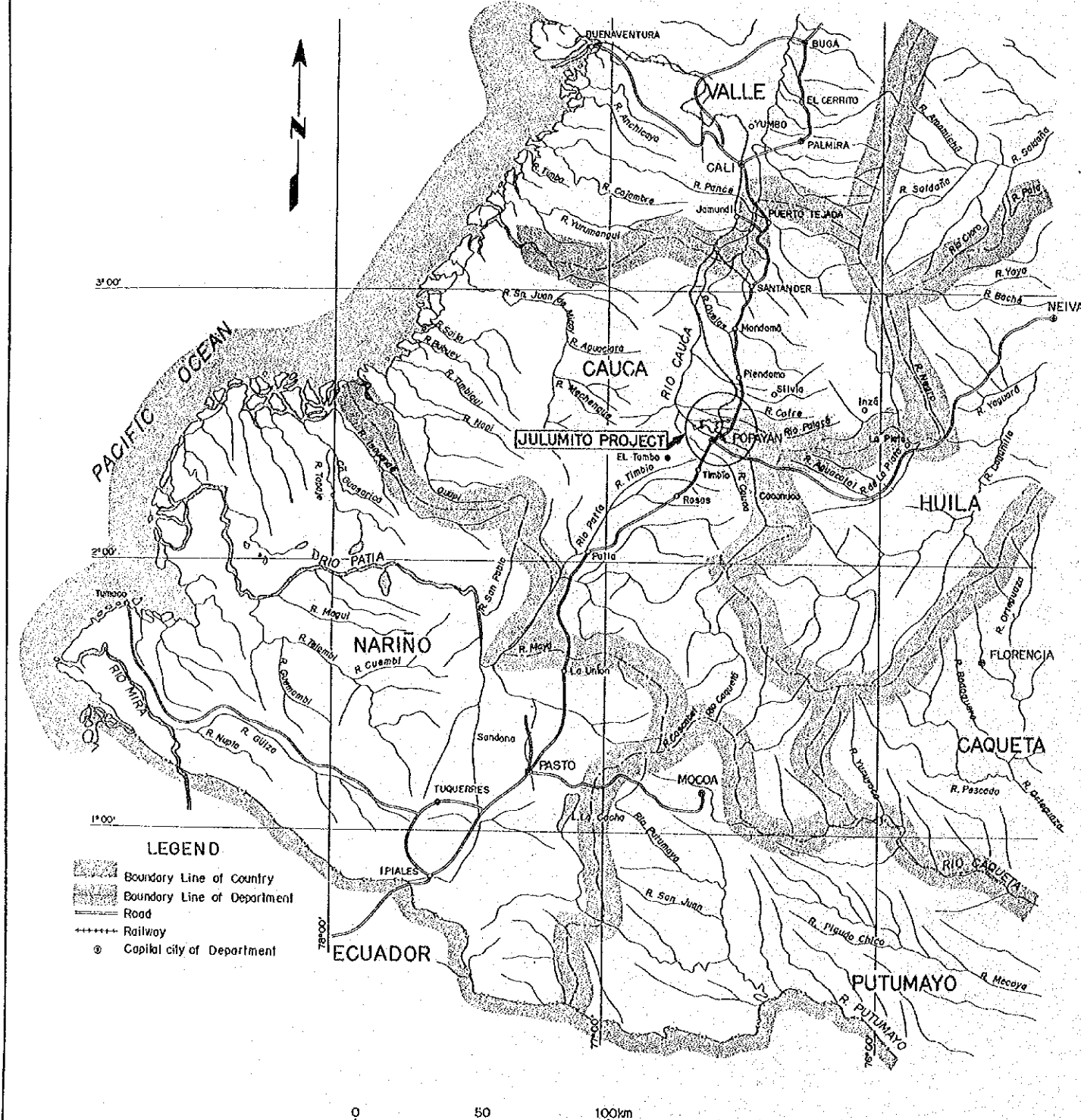
Tulimilo Reservoir

Dam

R. Bafocé

Babayau





OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY, JAPAN
 CENTRALES ELECTRICAS DEL CAUCA S. A.
JULUMITO HYDRO-ELECTRIC PROJECT
 KEY AND LOCATION MAP

ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO., LTD. (E.P.D. CONSULTANTS) TOKYO, JAPAN			
DR.:	SUBMITTED: <i>K. Yamamoto</i>		
T.R.:	RECOMMENDED: <i>J. Kawabata</i>		
C.K.:	APPROVED: <i>M. Takahashi</i>		
LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY
REVISION			
DATE: 31 July '72			DWG. No 1

SHEET NO. OF

目 次

第 1 章 緒 論	
1.1 経 緯	1- 1
1.2 既存の報告書	1- 1
1.3 報告書の目的と範囲	1- 3
1.3.1 目 的	1- 3
1.3.2 範 囲	1- 3
1.4 調査と研究	1- 3
1.4.1 調査団による現地調査	1- 3
1.4.2 日本における作業	1- 4
1.5 基礎資料	1- 4
第 2 章 結 論 と 勧 告	
2.1 結 論	2- 1
2.2 勧 告	2- 3
第 3 章 需 要 想 定	
3.1 供給地域	3- 1
3.1.1 Cauca 県	3- 1
3.1.2 Nariño 県	3- 1
3.2 電力事情	3- 1
3.2.1 CEDELCA, S. A.	3- 2
3.2.2 CEDENAR, S. A.	3- 3
3.2.3 電力需給の現状	3- 4
3.3 需要想定の間と方法	3- 5
3.3.1 期 間	3- 5
3.3.2 方 法	3- 6
3.3.3 負 荷 率	3- 8
3.3.4 日負荷曲線の想定	3- 8
3.4 需給バランス	3- 9
3.4.1 kW バランス	3- 9

3.4.2	KWhバランス	3-9
3.5	開発の時期	3-9
第4章 開発計画		
4.1	計画地域の位置および概要	4-1
4.1.1	計画地域の位置	4-1
4.1.2	計画地域の概要	4-1
4.2	開発計画の概要	4-2
4.2.1	発電計画	4-2
4.2.2	送電、変電および通信計画	4-4
第5章 水 文		
5.1	測水所および気象観測所	5-1
5.2	計画地点の流域面積	5-1
5.3	降 雨 量	5-1
5.4	河川流量	5-2
5.5	計画地点流量の算定	5-4
5.5.1	基準測水所	5-4
5.5.2	流量の算定期間	5-4
5.5.3	流量資料の補足方法	5-4
5.5.4	計画地点流量の算定	5-5
5.6	設計洪水量	5-7
5.6.1	確率日雨量	5-7
5.6.2	設計洪水量	5-8
5.6.3	Diversion Tunnel 通水容量	5-9
5.7	推 砂 量	5-9
第6章 地質および材料		
6.1	調査の目的および結論	6-1
6.1.1	調査の目的および内容	6-1
6.1.2	既往調査	6-1
6.1.3	結 論	6-2
6.2	計画地域の一般地質	6-3

6.2.1	地形, 地質の概要	6- 3
6.2.2	層位および岩種	6- 4
6.2.3	地質構造	6- 8
6.2.4	地 震	6- 8
6.3	主要計画	6-10
6.3.1	流域および貯水池	6-10
6.3.2	Juhunito ダムおよびダイク	6-11
6.3.3	導水路トンネル	6-16
6.3.4	調圧水槽, 鉄管路および発電所	6-16
6.4	集水計画	6-17
6.4.1	Rio Cauca 計画	6-17
6.4.2	Rio Palace 計画	6-18
6.5	材 料	6-20
6.5.1	土質材料	6-20
6.5.2	ロックおよびフィルタ材料	6-22
6.5.3	コンクリート骨材	6-23

第 7 章 発生電力

7.1	集水路容量の検討	7- 1
7.2	貯水池規模の検討	7- 2
7.3	貯水池の運用操作	7- 3
7.4	保証水量	7- 4
7.5	最大使用水量	7- 4
7.6	保証尖頭使用水量	7- 5
7.7	設備出力および保証尖頭出力	7- 5
7.8	主機の台数	7- 6
7.9	可能発生電力量	7- 7

第 8 章 予備設計

8.1	設 計	8- 1
8.1.1	土木構造物	8- 1
8.1.2	水車および発電機	8- 4
8.1.3	送電線および通信設備	8- 4

8.1.4	系統解析	8-6
8.1.5	主要諸元	8-6
8.2	工事工程および施工計画	8-8
8.2.1	工事工程	8-8
8.2.2	施工計画	8-8
第9章 工事費		
9.1	基本条件	9-1
9.2	工事費の総括	9-2
第10章 経済評価		
10.1	販売可能電力量	10-1
10.2	年間費用と電力コスト	10-1
10.2.1	年間費用	10-1
10.2.2	電力コスト	10-1
10.3	経済評価	10-2
10.3.1	経済評価の方法	10-3
10.3.2	代替火力発電所との経済比較	10-3
10.3.3	連系送電線との経済比較	10-5
10.3.4	経済評価の結果	10-7
第11章 資金計画		
11.1	所要資金および調達	11-1
11.2	収入および費用	11-1
11.2.1	電力料収入	11-1
11.2.2	維持管理費	11-1
11.2.3	減価償却費	11-1
11.2.4	純益	11-2
11.3	返済計画	11-2

第 1 章 緒 論

1.1 経 緯	1- 1
1.2 既存の報告書	1- 1
1.3 報告書の目的と範囲	1- 3
1.3.1 目 的	1- 3
1.3.2 範 囲	1- 3
1.4 調査と研究	1- 3
1.4.1 調査団による現地調査	1- 3
1.4.2 日本における作業	1- 4
1.5 基礎資料	1- 4

第 1 章 緒 論

1.1. 経 緯

コロンビア共和国における電力需要は近年著しく高い割合で増加しているが、同国南部の Cauca 県および Narino 県地域も平均 12% 程度の高い伸び率を示している。この増加する電力需要に対処するため Centrales Electricas Del Cauca (Cauca 県電力公社、以下 CEDELCA と称する) は水力発電所の建設、およびジーゼル発電機の設置等の対策を積極的に進めているが、更に近い将来の水力地点として Rio Cauca 上流部の Julumito 水力発電所の開発を計画している。

CEDELCA は本 Julumito 水力発電計画を促進するため、1969 年国家動力庁 (Instituto Colombiano de Energía Eléctrica. 以下 ICEL と称する) およびコロンビア共和国政府を通じ日本政府に対し Julumito 水力発電計画に関する予備調査 (Preliminary Study) の実施を要請してきた。この要請を受けて、日本政府は、海外技術協力事団 (Overseas Technical Cooperation Agency. 以下 OTCA と称する) を通じ 1970 年 2 月から 4 月にかけて 2 ヶ月間土木、電気および地質の 3 名の専門家を派遣して調査を実施した。

CEDELCA は以後この予備調査報告書の勧告に基いて、計画地点の測量、および地質調査等を実施してきたが、ほゞこれを終了したので 1971 年 Julumito 発電計画のフィジビリティスタデイの実施について日本政府の協力方を要請して来た。この結果日本政府はこの調査の実施を OTCA に委託した。OTCA は電源開発株式会社 (Electric Power Development Co. Ltd. 以下 EPDC と称する) の技師を中心とする土木、電気、地質、経済の 6 名の技師から成る調査団を 1972 年 2 月 8 日より 3 月 23 日までの 45 日間コロンビア共和国へ派遣してフィジビリティスタデイのための現地調査を実施した。

同調査団は帰国後、現地調査でしゅう集した諸資料にもとづいて EPDC 本社において同社の技師により作業を実施し、本フィジビリティスタデイ報告書 (FEASIBILITY REPORT ON JULUMITO HYDROELECTRIC PROJECT) を作成したものである。

1.2. 既存の報告書

Julumito 水力発電計画は 1968 年頃 CEDELCA により立案され、若干の現地踏査等が実施されているが、1970 年の日本政府派遣の専門家による予備調査までは特に報告書は出されていない。

即ち、1970 年 2 月 14 日より 4 月 13 日までの 2 ヶ月間コロンビア政府の要請にもとづく日本政府の要請にもとづく日本政府の予備調査が通産省の岡本久信電気技師、EPDC の山本敬

土木技師および福竹養造地質技師の3専門家により実施された。

この調査結果は、1970年6月下旬の標題でコロンビア共和国政府へ提出された。

"REPORT OF PRELIMINARY STUDIES ON JULUMITO HYDRO-ELECTRIC PROJECT-CENTRALES ELECTRICAS DEL CAUCA S.A. REPUBLIC OF COLOMBIA-"

(OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY GOVERNMENT OF JAPAN -JUNE 1970)

この報告書は Julumito 水力発電計画について上記3専門家による現地踏査と CEDELCA, および ICEL 等から提出された諸資料にもとづいて、本計画の技術的および経済的および経済的にみた開発の可能性について予備的研究調査および研究を行なったもので、その結果、開発規模 50 MW 程度の開発が技術的にまた経済的に可能であると結論し、更にフィジビリティスタディのために必要とする現地諸調査を早急に実施することを勧告している。

その後、1970年4月より1971年7月にかけて、この勧告にもとづいて CEDELCA 社長 Aurelio Irigorri H 技師, Gonzalo Paz R 技師, および Mauricio Muñoz D 技師, 更に ICEL の水力部長 (Jefe de División de Ingeniería Hidráulica) Juvenal Peñalosa R 技師, および Elkin Morina E 地質技師等を中心としてダム, 発電所予定地点等の測量, 地質調査および材料調査等, この結果は ICEL の División de Ingeniería Hidráulica によって 1971年7月下旬の標題で発表されている。

"PROYECTO 274-CENTRAL HIDROELECTRICA DE JULUMITO ANALISIS" (ICEL DIVISION DE INGENIERIA HIDRAULICA Bogotá-Julio de 1971)

また、この間前 ELECTRAGUAS (ICEL の前身) の Manager であり、かつその後米洲開発銀行 (Banco Interamericano de Desarrollo; BID) の Consulting Engineer を歴任した Carlos Sanclemente 氏が 1970年10月日本政府専門家による Julumito 計画の予備調査報告書に対し下記標題で意見と若干の比較案を提示している。

"COMENTS AND ALTERNATIVE SCHEME FOR JULUMITO HYDRO-ELECTRIC POWER PROJECT -OCT. 1970" BY DR. CARLOS SANCLEMENTE

上記意見書は日本政府専門家による予備調査の結果を妥当と認めつゝ、計画案の細部について若干の代案を示したものである。

EPDC は上記 Carlos Sanclemente 技師の意見に対して検討を加え、比較案が技術的かつ経済的に必ずしも有利でないことを 1970年12月下旬書かんにより CEDELCA 宛報告を行なった。

"RESULT OF STUDY OF ALTERNATIVE PLANS PROPOSED BY DR. CARLOS SANCLEMENTE IN REGARD TO JULUMITO PROJECT" (EPDC-Dec. 11, 1970)

1.3. 報告書の目的と範囲

1.3.1 目的

コロンビア共和国政府企画庁 (Departamento Nacional de Planeación以下Planeaciónと称す)、ICELおよびCEDELCAは同国南部のCauca県およびNariño県地域の急増する電力需要に対処するため、Julumito水力発電計画の調査を進め、その実現を期することを計画している。

従って、本報告書は本計画の開発について技術的、および経済的可能性を明確化するとともに、開発計画のOrthorizationを行ない、また、この計画の工事資金調達等に対しても、必要かつ充分なる説明資料となることを目的として作成したものである。

1.3.2 範囲

Julumito計画は専ら発電を目的としたもので、この計画の便益はその発生電力によって得られるものである。したがってこの報告書にとりまとめられた調査と検討の範囲は、CEDELCAおよびCEDENARの供給区域の電力需要に最も適し、かつ最も経済的であるJulumito水力発電計画を策定することにある。

従って、本報告書はこゝに重点を置き、これに関連する技術的、経済的問題を解明するとともに、本開発計画の規模、および開発時期の決定についても具体的に研究を行なうものである。

1.4. 調査と研究

1.4.1 調査団による現地調査

Julumito水力発電計画のフィジビリティスタディのための現地調査は、1972年2月8日から3月23日までの45日間にわたり実施された。

調査団は主としてCauca県のPopayan市にあるCEDELCAに滞在し、各専門家別に現地の諸調査にあたるとともに、資料のしゅ集等を行なったが、この他本計画の電力供給地域である隣接のNariño県にあたるCEDENAR、またCali市のCVC、更に主都Bogoto市の政府諸機関、およびICEL等において必要な資料のしゅ集を実施した。

調査団は下記の6名により構成されている。

団長	川 嶋 登紀衛	土木技師	EPDC
団員	谷 内 勝 美	"	通 産 省
	山 本 敬	"	EPDC
	阿 部 信	地質技師	"
	佐 藤 守 弘	電気技師	"
	樹 下 明	経済技師	EPDC

1.4.2. 日本における作業

調査団の帰国後、1972年4月より8月まで、現地での調査結果および現地でしゅ集された資料にもとづいて、EPDC本社において、高橋光雄チーフエンジニアの指揮のもとに同社技師によって、この計画の研究の作業が行なわれた。水文資料の解析、地質資料の分析、電力需要の想定、開発計画の詳細研究、予備設計、工事費積算、経済評価、および資金計画等が本報告書作成のために実施された。

1.5. 基礎資料

フィジビリティスタディのために相手方諸機関より提供された資料は下記の通りである。

- (1) 水文、気象資料；計画区域内およびその周辺地域に存在する観測所の月、日および時間別観測記録は ICEL および CEDELCA より提供された。
- (2) 地形測量図；計画地域全般の地形図（縮尺 $1/70000$ および $1/100000$ ）ダム、発電所等の主要構造物地点の地形図（縮尺 $1/1000 \sim 1/500$ ）等は CEDELCA より提供された。
但し、1972年現在測量の実施されていない一部地点については、現地調査期間中簡易測量を行って概略地形図を作成した。
- (3) 地質調査資料；ダム、発電所、導水路トンネル、ロック採取地（Quarry Site）土質材料採取地（Borrow Area）等の地点の地質調査（横坑ボーリング立て坑等の堀削による調査）結果は ICEL および CEDELCA より提供された。

また、主要構造物の計画地点の地質、およびダム盛立材料等の試験は ICEL、および（CEDELCA）からの依頼により Cauca 大学、Mexico City 大学およびコロンビア鉱山省（Ministerio de Minas y Petroleos）において行なわれたものである。

なお、調査団は、現地で採取した資料の一部を日本に持帰り、EPDC の土木試験所その他において必要な諸試験を実施した。

- (4) 電力需給等に関する資料；CEDELCA および CEDENAR 供給区域の電力需要実績設備概要その他の需要想定に必要な諸資料は、CEDELCA、CEDENAR、ICEL、PLANEACION およびその他の諸機関より提供された。

第 2 章 結 論 と 勧 告

2.1 結 論	2- 1
2.2 勧 告	2- 3

FIGURE LIST

Fig. 2-1 Schedule of Preparation for Construction

第2章 結論と勧告

2.1 結論

Julumito水力発電計画についての調査、研究の結果、以下に述べる結論が得られた。

- (1) CEDELCA (Centrales Eléctricas Del Cauca) および CEDENAR (Centrales Eléctricas De Nariño) が電力供給を行なっているコロンビア国南部の Cauca 県、および Nariño 県地域では、近年電力の需要が著しい伸びを示しており、過去10年間の両地域の伸び率は約12%にも及び、1972年末の需要は39 MW, 190×10^6 kWhに達する見込である。

これはコロンビア政府の「経済社会開発10ヶ年計画(1961年~1970年、現在1972年まで延長して実施中)」の実施による地方民生の向上からもたらされた需要の増加、Rio Mayo発電所、および両県を結ぶ連けい送電線等の建設、さらに配電線網の拡充による潜在需要の顕在化等に基因するものと考えられる。

今後、上記経済社会開発10ヶ年計画の延長実施により、引続いて産業の開発と民生の向上を目的とした施策がとられ、農業の生産性向上、産業の振興、道路の整備拡充、新規電源の開発、送配電線路の拡充等が進められて行くものと期待される。したがって、本地域の電力の需要は、今後少なくとも9~10%程度の伸び率で増加して行くものと考えられ、今回の調査研究の結果、1976年55.9 MW, 1980年80.6 MW, 1985年には124.2 MWに達すると想定する。

- (2) 本地域におけるかかる電力需要の伸びに対処するため、CEDELCAおよびCEDENARは現在保有する設備(約44 MW)に加え、Florida II水力発電所(24 MW)の建設(1973年9月完成予定)をはじめ、新規電源の開発に力を入れている。一方 ICEL (Instituto Colombiano de Energía Eléctrica)により CVC 系統の Pance 変電所と CEDELCA の Popayan 変電所を結ぶ連けい送電線の建設(1972年9月完成予定)も進められている。

この連けい送電線が完成すると、CVC系統とCEDELCA, CEDENAR 系統との間の電力融通が可能となる。

CEDELCA, CEDENAR 系統では、建設中の Florida II 発電所が完成しても、1975年には供給力が不足となるが、当面はこの連けい送電線により CVC 系統から電力を購入することで充足することは可能であるが、この購入電力が年とともに大きく増加し、本系統の供給予備力を越えて CVC 系統に供給の依存を続けることは、経済的に、また電力の安定供給上からも好ましいことではない。

したがって、出来るだけ早い時期に CEDELCA, CEDENAR 系統の中に新規供給設備を設置

すべきであり、今回の調査研究の結果、その時期は1981年末である。

(3) 上述の新規供給力として、Julumito水力発電計画の開発の技術的、および経済的可能性について調査、研究を実施した結果、本計画は極めて有利な水力発電計画であると結論された。

即ち、Julumito水力発電計画は、貯水池式発電計画の適地に恵まれないRio Cauca上流部において、その自然条件を巧みに利用して貯水池を設け、比較的短い水路の建設によって最大出力53,000KWの発電所を設置し、貯水池の適切な運用により長期に安定した電力の供給を行なうものである。

(4) Julumito計画の構造物の設計および施工については、特別困難な問題は存在しないと考えられるが、調査、研究の結果次の如く判断する。

(4)-1 Julumito計画地域は、全般に厚い火山灰層に覆われて居り、その下部の基礎岩盤である安山岩質熔岩は可成り風化されている。従って、土木構造物の設計、および施工にあたっては、十分な配慮が必要であり、このためにも正確な地質調査資料を得ることが、極めて重要である。

(4)-2 ダム地点の地形、地質、およびこの近傍で採取可能なダム築造材料の諸性質と不透水部の厚さを考慮して、アーチ状を呈する傾斜コア型ロックフィルダムとするのが最も適当である。

(4)-3 現地調査の結果、ダム地点で得られるダム築造材料は必ずしも良好とは云えないが、適切なるダムの設計、および施工方法を採用することにより、ダム築造材料として充分使用し得るものと判断する。

(4)-4 導水路トンネルは充分基礎岩盤の覆りが得られるよう、そのルートを選定した。また水圧鉄管路、発電所等の位置は地形および地質の状況を判断して決定した。

(4)-5 コンクリート用骨材は、材質および経済性等を考慮して主として発電所附近の原石山、および水圧鉄管路の掘削岩を人工的に製造して使用することとするが、さらにRio Timbio等の河床堆積物も補助的に使用することもあるので調査の必要がある。

(4)-6 Rio Cauca取水ダム地点は、その基礎部が厚い砂礫層に覆われており、ダム基礎下にグラウティング工等による充分なる基礎処理を実施する必要がある。

(5) Julumito水力発電計画の開発に要する工事費はPopayan変電所までの送電線工事費および同変電所において増設を必要とする変電設備等の工事費を含め、総額352,400,000 Colombian Pesosである。

また、この内外貨支払分は220,900,000 Pesos、現地通貨支払分は131,500,000 Pesosである。

なお、この工事費のなかには、外貨に対しては年率7.25%、現地通貨に対しては年率12.0%とした場合の建設中の利息31,000,000 Pesosが含まれている。

(6) CEDELCA, CEDENAR 系統の需給バランスを考慮し、かつ送電損失も考慮した Julumito 発電所の年間販売可能電力量は Popayan 変電所渡しで 282,600,000 kWh である。

これに対し、耐用年数間に均等化した同発電所の年間費用は 37,106,000 Pesos である。したがって Popayan 変電所渡しの kWh 当り電力コストは 13.1 センタボスである。

(7) Julumito 計画の経済評価を Popayan 市附近に建設されるほぼ同規模の代替火力発電所を想定し、これを尺度として Julumito 計画の便益、費用費を求めると 1.7 となる。

また、Julumito 計画の代替として連けい送電線を利用して CVC 系統から購入するとした場合の年間費用費は 1.3 となり、いずれも Julumito 計画が経済的に実施可能であると判断することができる。

(8) Julumito 水力発電計画は、CEDELCA および CEDENAR 系統の電力需要の伸び、将来の負荷のパターン、並びに既設設備の供給能力等から見て、系統負荷のピーク部分を受持つのが適当であり、連けい送電線の活用とあいまって効率的な運用が期待できる。

(9) CEDELCA, CEDENAR 系統の将来の需給バランスからみて、本系統では 1975 年には供給力の不足を来たすが、Julumito 発電所が運転を開始する 1981 年末までは、連けい送電線を利用して CVC 系統から購入する方が経済的である。

したがって、Julumito 発電所の運転開始は 1981 年末とする。Julumito 発電所の設備能力が完全に顕在化する 1984 年までは連けい送電線は系統予備力として系統の供給信頼度の向上に活用されることとなるが、1985 年以降に生ずる供給力の不足に対しては、他の新規電源の開発を計ることが必要であるが、これが不可能な場合には連けい送電線を漸定的に系統予備力を兼ねつつ供給力として運用することとなる。

(10) Julumito 計画の資金返済について検討の結果、外貨および内貨の工事資金の返済を可能ならしめるに十分な収入を得ることができる。また内貨資金完済後（運転開始後 12 年以降）には年々約 18,400,000 Pesos, 更に外貨分完済後（運転開始後 17 年以降）には年々 42,170,000 Pesos の電力料金収入が見込まれ、CEDELCA S.A にとって大きな資金源になるものと判断される。

(11) Julumito 計画の開発は、コロンビア南部の CEDELCA, CEDENAR 系統において、貯水池を有する安定した電力の供給源として寄与するのみならず、Cauca 県、Nariño 県の産業、経済、および観光産業の発展に直接、間接に大きく貢献するものと確信する。

2.2 勸告

2.1 の「結論」にもとづき、以下に述べる事項を勧告する。

(1) Julumito 水力発電計画の開発パターンおよび規模について。

Rio Sate, Rio Cauca の合流点より上流 6,300 m の Rio Sate に Julumito ダムを築

造する。

ダムは堤頂標高 1.717.0 m, 高さ 80 m, 堤頂長 350 m のアーチ状をなす傾斜コア型ロックフィルダムとする。

貯水池の満水位は標高 1.715.0 m とし, 利用水深 15.0 m により有効貯水容量 50.4×10^6 m³ を確保する。

上記貯水池へ Rio Cauca 本流, および Rio Palace', Rio Blanco の水をそれぞれ延長 2,620 m, 8,430 m の集水路を建設して導入する。

貯水池上流左岸に取水口を設け, 最大 50.0 m³/sec を取水する。導水路トンネルは内径 4.2 m, 延長 1,793 m の圧力トンネルとする。導水路トンネルの終端に調圧水槽を設置する。水圧鉄管路, 並びに発電所の位置は, Rio Sate, Rio Cauca が合流する点より 2,400 m 上流の Rio Cauca 右岸に設置する。水圧鉄管路は地表式とし, 鉄管は上部は 1 条で, 下部において 2 条に分岐する溶接鋼管とする。

発電所は, 同じく地表式の鉄筋コンクリート構造とし, 29,500 KVA の水車, 発電機 2 台を設置する。本発電所において得られる有効落差 125.5 m と最大使用水量 50.0 m³/sec により最大出力 53,000 kW の発電を行い, 年間 285,400,000 kWh の発力を生産する。

発電後の水は放水口から Rio Cauca に放流する。

本発電所と Popayan 変電所間約 10 km に 115 KV の送電線を新設して, 発生電力を Popayan 変電所へ送電する。

Popayan 変電所での販売可能電力量は, 282,600,000 kWh である。

(2) 開発時期について

CEDELCA, CEDENAR 系統の電力需給バランス, 運けい送電線の運用, および系統全体の経済性を考慮すると, Julumito 発電所の運転開始は 1981 年末とすることが望ましい。

したがって, この時点から工事に必要とする期間をさかのぼると, 1979 年はじめには本工事に着手しなければならない。

(3) 開発開始前の諸準備について

本工事着工までの諸準備はなるべく早く開始し, 1978 年中にはすべてを完了していなければならない。Fig. 2-1 "Schedule of Preparation for Construction" により進めることを要望する。

(4) 今後の現地調査について

今後, Julumito 計画の詳細設計を行なうためには, APPENDIX-I に記載された諸調査を実施しなければならない。特に土木構造物の設計のための正確な地形図を作成すること, 並びに土木構造物設置地点の地質調査, およびダム築造材料およびコンクリート用骨材の調査, 試験に力を入れる必要がある。

(5) その他

Julumito 計画の開発時期は(2)項に述べた如く、1981年末であるが、本地点がコロンビア共和国南部における電源配置上極めて適当であること、更に本計画の実施によりこの地域を速く送電線の効率的運用を可能ならしめ、電力供給信頼度が著しく向上すること、また本計画の実施が近年著しい経済成長を達成しつつあるコロンビア共和国の産業発展の刺激となるのみならず、特に本計画地点の位置する Cauca 県、Nariño 県をはじめ、コロンビア南部地域の経済開発に大きく寄与すること等を考えれば、本計画の開発時期を数年程度早めて実施することが望ましい。

Fig. 2-1 Schedule of Preparation for Construction

Item	1974		1975		1976		1977		1978		1979		1980		1981	
	Jan.	Jul.	Jan.	Jul.	Jan.	Jul.	Jan.	Jul.	Jan.	Jul.	Jan.	Jul.	Jan.	Jul.	Jan.	Jul.
Surveying																
Definit Study																
Tender																
Contract																
Preparation Works																
*1 Construction Works																

Note: *1 Detail Schedule is shown in Fig. 8-8

Into operation

第3章 需要想定

3.1 供給地域	3- 1
3.1.1 Cauca 県	3- 1
3.1.2 Narinó 県	3- 1
3.2 電力事情	3- 1
3.2.1 CEDELCA S. A.	3- 2
3.2.2 CEDENAR S. A.	3- 3
3.2.3 電力需給の現状	3- 4
3.3 需要想定の間と方法	3- 5
3.3.1 期 間	3- 5
3.3.2 方 法	3- 6
3.3.3 負 荷 率	3- 8
3.3.4 日負荷曲線の想定	3- 8
3.4 需給バランス	3- 9
3.4.1 kW バランス	3- 9
3.4.2 kWh バランス	3- 9
3.5 開発の時期	3- 9

FIGURE LIST

- Fig. 3 - 1 Relation between Population and Energy Demand of Supply Area of CEDELCA and CEDENAR
- Fig. 3 - 2 Relation between Population and Energy Demand of Supply Area of (CEDELCA + CEDENAR) System
- Fig. 3 - 3 National Wide Energy Demand of Colombia
- Fig. 3 - 4 Energy Demand of (CEDELCA + CEDENAR) System
- Fig. 3 - 5 Correlation for Energy Demand between National Wide of Colombia and (CEDELCA + CEDENAR) System
- Fig. 3 - 6 Daily Load Curve in 1971
- Fig. 3 - 7 Estimated Load Curve
- Fig. 3 - 8 Balance of kW-Demand in CEDELCA and CEDENAR System
- Fig. 3 - 9 Peak Demand and Supply Capability
- Fig. 3 - 10 Annual Energy Demand
- Fig. 3 - 11 kWh Cost Comparison
- Fig. 3 - 12 Peak Demand and Installed Capacity in Colombia

TABLE LIST

Table 3- 1	Demand Record (1961 - 1971)
Table 3- 2	Energy Demand Record in CEDELCA
Table 3- 3	Energy Demand Record in CEDENAR
Table 3- 4	Energy Demand Record (CEDELCA + CEDENAR)
Table 3- 5	Load Forecast
Table 3- 6	Population
Table 3- 7	Relation between Population and Energy
Table 3- 8	Generated Energy
Table 3- 9	National Wide Load Forecast and Installed Capacity of Colombia
Table 3-10	Relation between Energy Demand of National Wide Colombia and (CEDELCA + CEDENAR) System
Table 3-11	Demand and Supply Capability in CEDELCA and CEDENAR System
Table 3-12	Balance of Energy Demand in CEDELCA and CEDENAR System
Table 3-13	kWh Cost Comparison

第3章 需 要 想 定

3.1 供給地域

Julumito project が対象とする電力供給地域は Cauca川最上流部に近い Colombia共和国の南部で Popayan 市を中心とする Cauca県と、Cauca 県の更に南に位置し、Ecuador 国との国境に接している Pasto市を中心とする Nariño 県である。

3.1.1 Cauca県

Popayan 市を県都とする Cauca県は人口727,885人(1971年7月Cauca県企画室 data), 面積は約31,000 km²で南はNariño県, 北はValle 県に接しておりコーヒー, タピオカ(yuca), トウモロコシ, 馬鈴薯, 砂糖きび, パナナを主要農産物とする農業県でありまた牧畜も営まれている。

県庁所在地は Popayan 市でありその人口は101,974人である。

工業は Popayan 郊外の硫黄工場及び Santander の精糖工場程度でその他は極めて小規模且つ家内手工業的なサッシュ工場, ヒューム管工場, 自動車修理工場, 溶接工場程度のものである。

3.1.2 Nariño 県

Pasto市を県庁所在地とする Nariño 県は人口が832,589人(1971年Nariño 県企画室 data), 面積32,535 km²で県の南端はEcuador 国との国境に接し西側は太平洋に面している。

この県も Cauca県同様農業県であり主要農産物はコーヒー, パナナ, 砂糖きび, トウモロコシ, 馬鈴薯, タピオカ(yuca)などでその他カカオ豆もとれるこれらの農産物の大部分は県の南東部に偏している。

Nariño 県の面積の約40%が森林地帯(bosque)であり製材業などの工業が県西部にある。

県央においては金及び銀が産出されており更に現在調査中の鉱山も多い。

Pasto市には清涼飲料水工場, ビール工場及び精酒(licor)工場があるその他は殆んどが家内工業的な小さなものである。

Pasto市は Popayan 市に比べて国境に近いせいか活発な街である。

3.2 電力事情

Colombia共和国の電力系統は, Bogota, Medellin, Caliの三大都市を中心として発達し夫々 Bogota 電力会社, Medellin電力会社, Cali 電力会社として孤立して運営されてきたが昨年来 ISA(連系送電会社)によって上記三都市間が230 kV 連系送電線により連系され, 必要に応じ夫々の間において ISAの手を介して電力の融通がなされている。

上記電力会社の供給地域以外の地方各県には ICEL (Instituto Colombiano de Energia Elicitrica - 国家電力庁) が所管する公営電力会社が設立され電力の供給を行なっている。

本計画の供給地域である Cauca 県及び Narinõ 県にも夫々 CEDELCA S.A. (Centrales Electricas del Cauca S.A. - Cauca 県電力会社) , CEDENAR S.A. (Centrales Electricas de Narinõ S.A. - Narinõ 県電力会社) の 2 つの電力会社があり各々自己の区域内の電力供給を行なっている。

この 2 社の所有する設備の概要は次の通りである。

3.2.1 CEDELCA S.A.

CEDELCA 社の所有する電気設備の概要は次の通りである。

発 電 所		(kW)
La Florida	Hyd	2,200
Sajandi	"	2,400
Rio Palo	"	1,440
Ovejas	"	900
Asnazu	"	450
Silvia	"	644
Mondono	"	600
Toribio	"	63
Inza	"	450
San Pablo	Diesel	400
Guapi	"	130
Sub Total		9,677
Florida II		2,400 建設中 ('73 Sep.)
Total		33,677

変 電 所 (発電所送出変電設備を含む)	(kVA)
Popayan Principal	25,000
	10,000
	3,000
La Florida	1,900
Japio	1,600
El Palo	1,800
Sajandi	3,000

Other Small S.S.	4,362
Total	50,662

送電線

(km)

115 kV 1/2回線	105	(Popayan-Rio Mayo)
33 kV	220	
13.2 kV	437	
115 kV	117	(Popayan-Pance)

建設中('72 Sep.)

配電線(高圧幹線分のみ低圧線を含まず)

93.6 km

3.2.2 CEDENAR S.A.

CEDENAR社の所有する電気設備の概要は次の通りである。

発電所

(kW)

Rio Mayo	Hyd	21,000
Rio Bobo	"	4,367
Rio Sapuyes	"	1,856
Rio Ingenio	"	200
Julio Bravo	"	2,000
Pasto	Diesel	3,100
Tumaco	"	2,036
Total		34,559

変電所(発電所送出用変電設備を含む)

(kVA)

Rio Mayo	24,000
	3,000
Pasto Principal	24,000
	5,000
	5,000
Rio Bobo	5,000
Rio Supuyes	1,800
Ipiiales	1,800
	69,600

送電線

(km)

115 kV 1/2回線	56	(Rio Mayo-Pasto)
--------------	----	------------------

33 kV	122
13.2 kV	176

配電線（高圧幹線のみ低圧線含まず）

80.9 km

3.2.3 電力需給の現状

1961年から1971年までの発電実績，最大kWなどはTable 3-1に示す通りである。

この表に示したように過去の実績によればCEDELCAは1961年から1970年までの10年間の発電端需要は年平均11.4%の伸び率を示し1961年の21,000 MWhから1971年の61,800 MWhと約3倍に伸びている。

一方CEDENARについても1970年までの10年間に年平均11.9%の伸び率を示し1961年の27,900 MWhから1970年の85,700 MWhに伸びている。

1965年以降の需要家別電力消費実績はTable 3-2, 3-3, および3-4に示す通りである。

このTable 3-2から判る通りCEDELCAの需要は家庭用の需要が全需要の $\frac{2}{3}$ を占めており電灯需要の他炊事用熱源として電力が使用されている。従ってそのload curveの形も午前中は11時をpeakとし午後は19時にpeakが年間を通して発生している。

CEDELCAは自己のもつ発電設備ではその需要を賄うことができないためRio Mayo - Popayanを結んでいる115 kV連系送電線（ICEL所有）によりCEDENARから電力を購入しておりまたValle県に近い県北部では33 kV連系送電線によりCVC（Cali電力会社）から買電し需要家に供給している。

しかし午前，午後のpeak時にはkWの不足が生ずる為ICELから借用した移動用Diesel発電set 4,200 kW（2,100 kW × 2 units）によりこれを補っている。

この状態は現在ICELによって建設中で本年9月完成予定のCVC - CEDELCA連系送電線（115 kV $\frac{2}{2}$ 回線，117 km）によって中央電力系統から受電可能になるまで継続する。

1971年におけるCEDELCAの発電実績は，年間最大電力が13,100 kW，電力量（発電端）はCVC，CEDENARからの買電分を含めて66,680 MWhであり年負荷率58%（week dayの日負荷率61~63%）である。

このうち購入電力量は20,569 MWh（CVC：4,096 MWh，CEDENAR：16,473 MWh）でその占める割合は全体の約31%である。

現在CEDELCAはCVCよりkWh当り18.5セントボス（約8.8ミル）又CEDENARよりkWh当り11.8セントボス（約5.6ミル）で買電しているが，これらはDiesel発電設備による平均発電コスト26 CVS/kWh（12.4ミル/kWh）よりは可成り安い値である。

連系送電線經由中央電力系統よりの不足電力購入は1973年9月までの予定で10月以降は

Table 3-1 Demand Record (1961 - 1971)

Year	CEDELCA						CEDENAR						TOTAL					
	Maximum Demand (MW)	Generated Energy (GWh)	Growth Rate (%)	Load Factor (%)	Loss Rate (%)	Maximum Demand (MW)	Generated Energy (GWh)	Growth Rate (%)	Load Factor (%)	Loss Rate (%)	Maximum Demand (MW)	Generated Energy (GWh)	Growth Rate (%)	Load Factor (%)	Loss Rate (%)			
1961	5.0	21.0		44.9	31.3	27.9					48.9							
1962	6.0	21.5	2.4	40.9	2.0	30.0	7.5				51.5	5.2						
1963	6.6	29.4	36.7	50.9	28.6	6.2	28.5	- 5.0	52.5		12.8	57.9	12.3	51.6				
1964	7.0	35.2	19.6	57.4	26.4	8.0	33.7	18.2	48.1		15.0	68.9	19.0	52.4				
1965	8.3	37.6	6.8	51.7	23.6	9.2	40.0	18.6	49.6	30.0	17.5	77.6	12.6	50.6	23.3			
1966	8.2	41.9	11.4	58.3	23.4	9.3	48.4	21.0	59.4	26.7	17.5	90.3	16.2	58.9	25.2			
1967	8.4	44.6	6.3	60.6	25.1	9.3	47.5	- 1.8	58.3	25.3	17.7	92.1	2.3	59.4	25.2			
1968	8.9	47.6	6.5	61.1	29.3	9.4	47.7	0.2	57.9	24.2	18.3	95.1	3.3	59.3	26.7			
1969	11.4	51.2	7.3	51.3	31.3	20.0	61.7	29.3	35.2	26.2	31.4	105.9	11.3	38.5	28.6			
1970	12.3	61.8	20.8	57.4	31.5	18.8	85.7	39.0	52.0	20.7	29.2	147.5	39.3	57.7	25.3			
1971	13.1	66.7	7.8	58.1	27.9	19.4	103.6	20.9	61.0	20.8	32.5	170.3	15.5	59.8	23.6			

Table 3-2 Energy Demand Record in CEDELCA

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Generated Energy	21,000	21,460	29,400	35,170	37,600	41,920	44,580	47,630	51,240	61,770	66,680
Energy at Demand End	14,420	21,040	20,980	25,900	28,739	32,115	33,394	33,678	35,180	42,282	48,068
Residential					19,329	21,372	22,272	22,478	24,104	28,619	32,528
Commercials					3,662	3,480	3,489	3,385	3,673	4,354	4,649
Industrials					2,064	2,964	3,132	3,424	2,900	3,132	2,916
Officials					2,667	2,776	2,969	2,854	3,031	3,625	4,449
Publics					1,017	1,523	1,532	1,537	1,472	2,552	3,526

Table 3-3 Energy Demand Record in CEDENAR

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Generated Energy	27,880	30,020	28,530	33,670	39,950	48,380	47,500	47,690	61,660	85,720	103,630
Energy at Demand End					30,772	35,469	35,483	36,158	45,484	67,936	82,062
Residential					23,484	27,173	27,369	27,508	29,202	43,258	53,373
Commercials					-	-	-	1,142	6,489	9,430	11,050
Industrials					3,910	4,511	4,318	3,785	5,558	9,186	9,255
Officials					988	1,097	1,147	1,277	1,815	3,237	5,353
Publics					2,390	2,688	2,649	2,446	2,420	2,825	3,031

Table 3-4 Energy Demand Record (CEDELCA + CEDENAR)

	(MWh)										
	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Generated Energy	48,880	51,480	57,930	68,840	77,550	90,360	92,080	95,320	112,900	147,490	170,310
Energy at Demand End					59,511	67,584	68,877	69,836	80,644	110,218	130,130
Residentials					42,813	48,545	49,641	49,986	53,306	71,877	85,901
Commercials					3,662	3,480	3,489	4,527	10,162	13,784	15,699
Industrials					5,972	7,475	7,450	7,209	8,458	12,318	12,171
Officials					5,655	3,873	4,116	4,131	4,846	6,862	9,802
Publics					3,407	4,211	4,181	3,983	3,892	5,377	6,557

現在建設中の Florida II 発電所が運転開始となるので受電の必要がなくなる。

一方 CEDENAR 系統の負荷も第 3-3 表に示す通り CEDELCA 同様全需要の約 $\frac{2}{3}$ が家庭用で電灯及び調理用熱源として使用されている。従ってその load curve の形状も殆んど CEDELCA 系統と同じである CEDENAR の需要はその大部分が Rio Mayo 発電所によって cover されているが peak 時には CEDELCA への売電もあって kW の不足が生ずるので Pasto Diesel Plant を運転してこれを補っている。

1971 年に於ける CEDENAR 自系統分の発電実績は、年間最大電力 19,400 kW、発生電力量は 103,632 MWh であり年負荷率は 61% であるこの他 16,473 MWh (13.2%) が CEDELCA へ売電されている。

Rio Mayo 発電所の出力は 7,000 kW × 3 units 計 21,000 kW であるが各水車とも水中の土砂による摩耗のため毎年 1 台当たり約 4.0 日間停止して特にガイドベーンの内盛溶接を必要とし年間約 4 ヶ月が 2 台運転すなわち 14,000 kW となる。

CEDELCA, CEDENAR 両系統とも Rio Mayo 発電所が完成した 1969 年 9 月までは第 3-2, 3-3 表で示すように電力需給上可成り苦しい状態にあったが 1970 年以降は peak 時に高い発電コストの Diesel Engine Generator を投入してはいるが一応安定供給をしているということができよう。

3.3 需要想定の期間と方法

3.3.1 期 間

需要想定の間は CEDELCA の希望により 1972 年から 1985 年までの 14 年間とした。

また、これだけの期間について想定を行えば計画の規模、開発時期、有効化の検討などをなうに充分であると判断されるのでこれを採用した。

3.3.2 想定の方法

本報告書で行なった需要想定の方法は次の通りである。即ち CEDELCA および CEDENAR もすでにそれぞれ自系統の需要想定値をもっており CEDELCA については1980年まで、CEDENAR については1977年まで想定されている。

そこで吾々はこれらの数値をもとにして上述両系統の需要の想定を Cauca 県および Nariño 県の人口の伸びと電力の伸び並びに大局的把握という面から Colombia 共和国全体の電力の伸びを考慮して想定を行なった。

Table 3-5 に上述2社および吾々が行なった想定値を示す。

(1) CEDELCA 系統

Table 3-5 に示すように CEDELCA の想定値によれば CEDELCA 系統の1972年に於ける需要の伸びは3.1%と想定されている(これは CEDELCA が今年になって想定値の見直しをしていないことによるものであるが)この値は過去数年間の伸びに比較して著るしく低いのでこれを10%に修正した、更に1976年までの4年間は同様に10%で伸びるものとし、1977年以降は9%の伸びとした。

(2) CEDENAR 系統

CEDENAR 系統の想定値としては CEDENAR によってすでに想定されている値を採用することとし、1978年以降については、CEDELCA 同様、年9%の伸びとして想定値を求めた。ただし、CEDENAR の想定値には Julumi to 計画の供給地域には入らない Tuma co 地域の需要が含まれているので、これを控除するものとする。

(3) 連系送電線との関係

Julumi to 計画による電力供給対象地域としては本年9月 CEDELCA 系統と連系が予定されている CVC 系統も含めて行なうべきものと思われるが、これを含めないという CEDELCA の要請があったので、CEDELCA 系統および CEDENAR 系統のみに止めこの連系送電線は電力供給源として一時的不足を補う目的および予備力として考慮することとした。従って CEDELCA CEDENAR 両系統内には予備力を考えていない。

(4) 想定値の check

一般に電力の供給を対象とする地域の人口とその地域における電力需要との間には高い相関関係がある。そこで吾々は先に想定した CEDELCA および CEDENAR の需要について人口との関連から check を行なう。

Cauca 県および Nariño 県の1964年より1980年までの人口は DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística : 統計局) の資料によれば Table 3-6 の通りである。

また過去の電力需要の実績および想定値との関係を図示すれば Fig 3-1 および Fig 3-2 の

Table 3-6 Population

Year	Total of Country	Canca	Narino	Canca + Nar.
1964	17,484,508	607,197	705,611	1,312,808
1965	18,043,500	621,200	719,000	1,340,200
1966	18,620,000	635,700	732,900	1,368,600
1967	19,216,500	650,600	747,200	1,397,800
1968	19,830,400	665,900	761,900	1,427,800
1969	20,464,400	681,800	777,000	1,458,800
1970	21,117,800	698,100	792,600	1,490,700
1971	21,793,800	727,885 ^{1/}	832,589 ^{2/}	1,560,474
1972	22,490,500	732,200	825,300	1,557,500
1973	23,209,300	750,000	842,300	1,592,300
1974	23,952,100	768,400	859,900	1,628,300
1975	24,717,300	787,300	878,100	1,665,400
1976	25,508,100	806,800	896,800	1,703,600
1977	26,323,000	826,900	916,000	1,742,900
1978	27,165,200	847,700	935,900	1,783,600
1979	28,033,400	869,000	956,300	1,825,300
1980	28,929,600	891,000	977,400	1,868,400

^{1/} Data from Planeacion de Departamento del Cauca

^{2/} Data from Planeacion de Departamento de Narino

Table 3-7 Relation between Population and Energy

Item	CEDELCA		CEDENAR		TOTAL	
	Population	Energy GWh	Population	Energy GWh	Population	Energy
1971	727,885	66.7	832,589	103.6	1,560,474	170.3
1980	891,000		977,400		1,868,400	
1980/1971	1.223		1.172		1.197	
Growth Rate (G)	2.26%		1.78%		2.02%	
Elasticity (E)	4.46		5.87		5.08	
(G) x (E)	10.1%		10.4%		10.25%	
Growth in 9 years	2.38		2.43		2.41	
Calculated Value		159		252		410
Forecasted Value		151.7		245.6		397.3

Table 3-8 Generated Energy

	Colombia (GWh)	CEDELCA (GWh)	CEDENAR (GWh)	TOTAL (GWh)
1961	3,123	21.0	27.9	48.9
1962	3,400	21.5	30.0	51.5
1963	3,964	29.4	28.5	57.9
1964	4,565	35.2	33.7	68.9
1965	5,034	37.6	40.0	77.6
1966	5,494	41.9	48.4	90.3
1967	5,936	44.6	47.5	92.1
1968	6,522	47.6	47.7	95.3
1969	7,345	51.2	61.7	112.9
1970	-	61.8	85.7	147.5

Fig. 3-1 Relation Between Population and Energy Demand of Supply Area of CEDELCA and CEDENAR

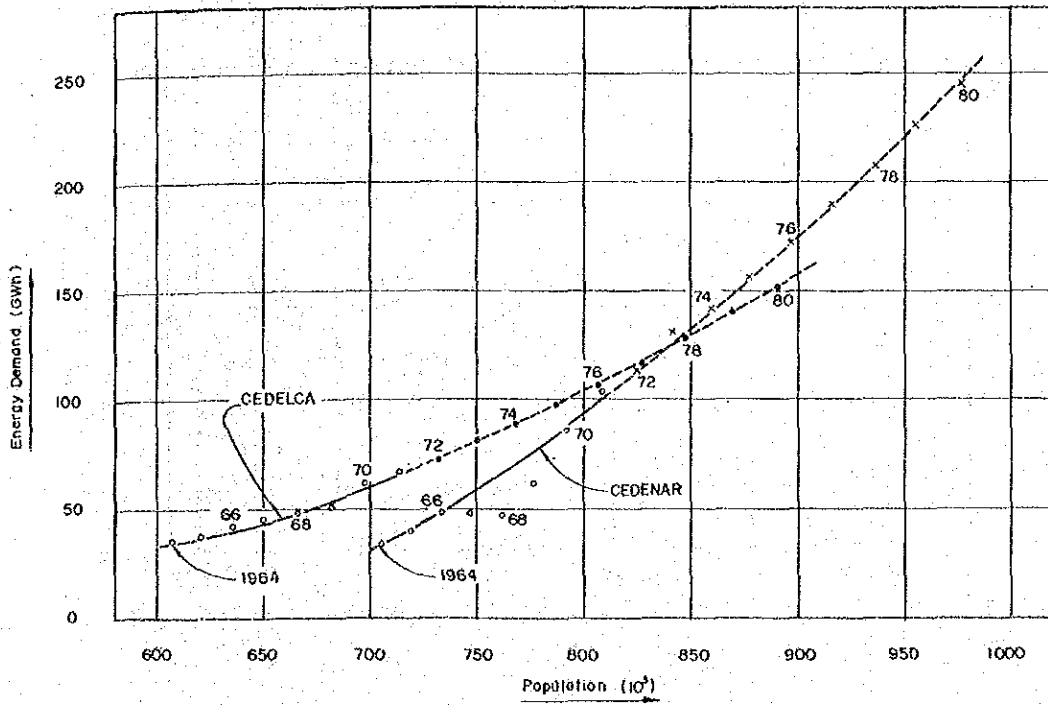


Fig. 3-2 Relation between Population and Energy Demand of Supply Area of (CEDELCA CEDENAR) System

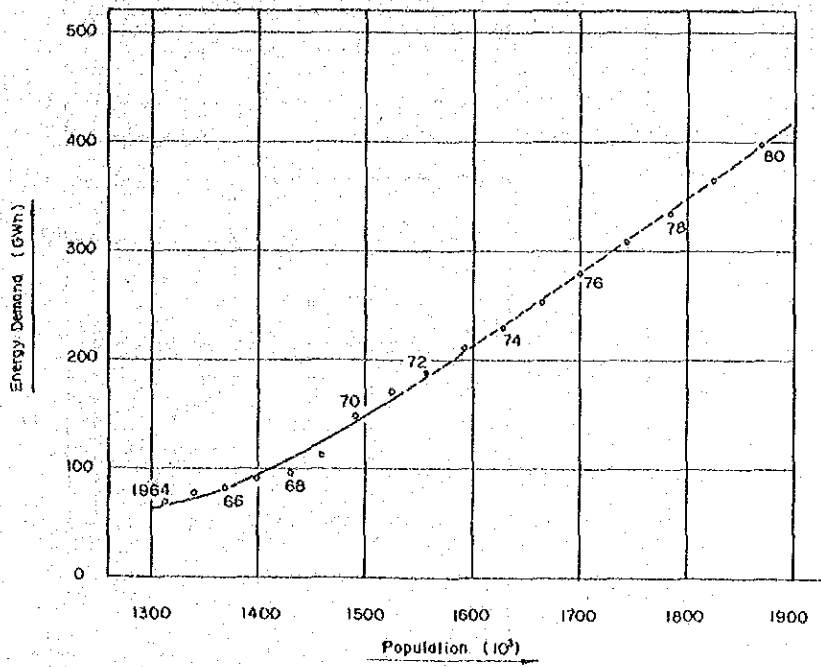


Fig. 3-3 National Wide Energy Demand of Colombia

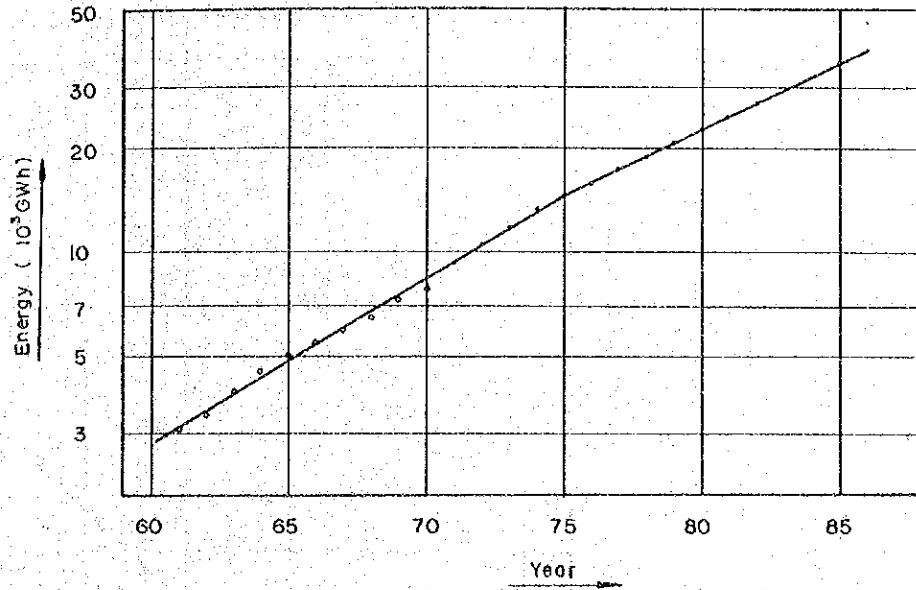


Fig. 3-4 Energy Demand of (CEDELCA + CEDENAR) System

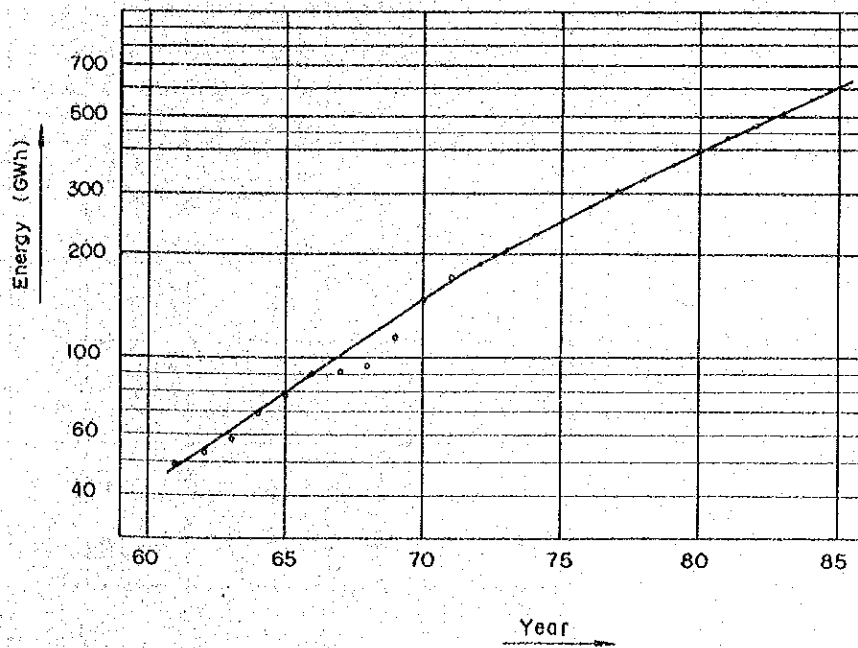
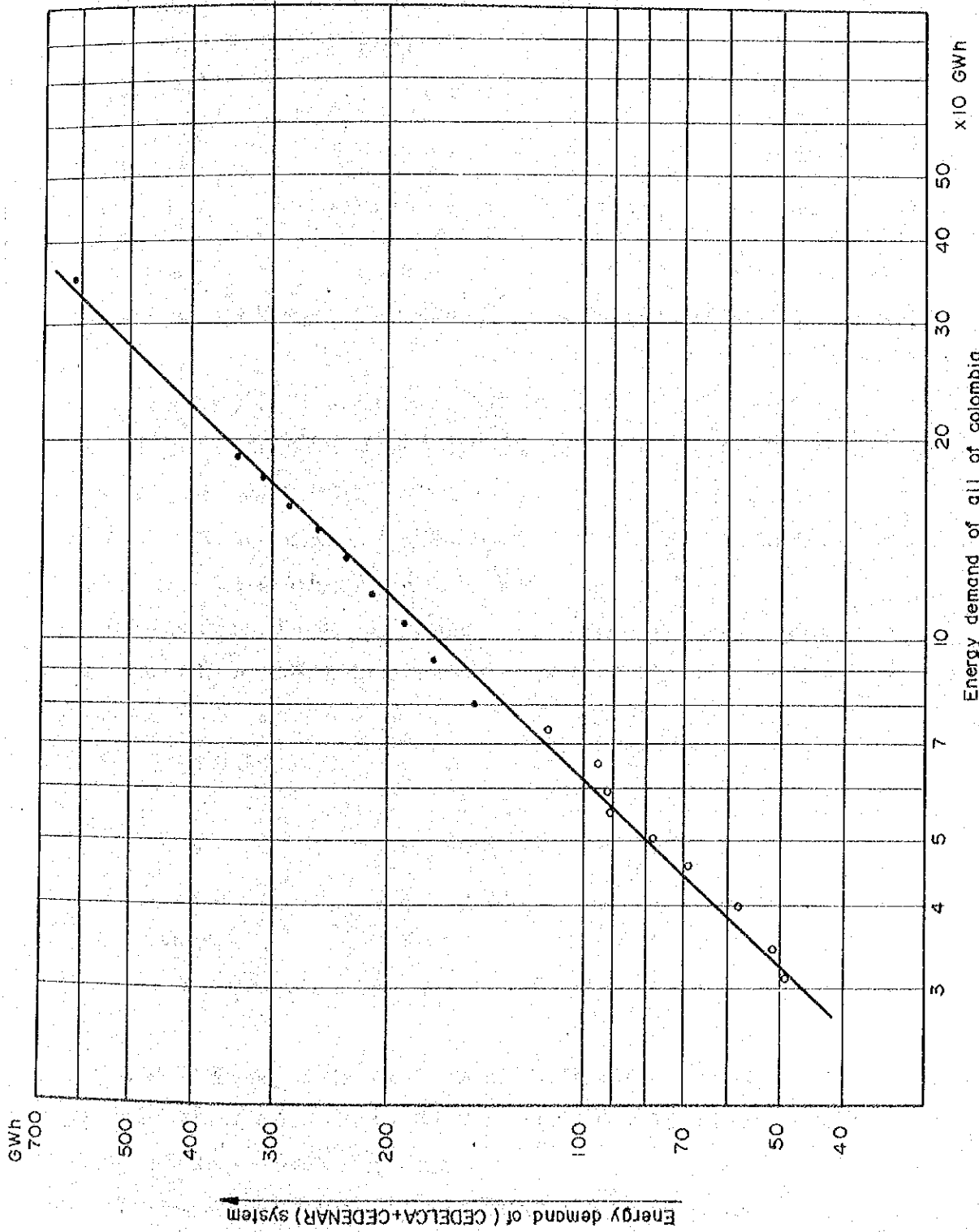


Fig. 3-5 Correlation for Energy Demand between National Wide of Colombia and (CEDELCA + CEDENAR) System



通りであり特に Cauca 県の人口と電力需要の間にはかなり高い相関があることが判る。

Narino 県についても供給力が不足していた 1967 年から 1969 年を除いてはかなりの相関があるといえる。

過去における電力需要の人口に対する弾性値は次の通りである。

	CEDELCA	CEDENAR	TOTAL
Elasticity	4.45802	5.86923	5.08139
Corrilation Coefficient	0.98635	0.95569	0.98408
Standard Deviation	0.0625858	0.113466	0.0665828
t - value	16.94	9.18	15.66

この弾性値を用いて先に想定したそれぞれの電力需要を検討すれば Table 3-7 に示すようになる。

結果として想定値は計算値に比較して若干低目ではあるが一応妥当ということができよう。

次に大勢的把握という面から Colombia 共和国全体の電力需要と CEDELCA+CEDENAR system の電力需要についての関係を検討してみる。

Colombia 共和国における国全体の発生電力量の実績と CEDELCA+CEDENAR system における発電実績の関係は Table 3-8 に示す通りである。

これを図示すれば Fig. 3-3, 3-4 and 3-5 の通りである。これらの図からも判るように国全体と CEDELCA+CEDENAR system の発電実績の間には、その伸びにおいてほぼ同じ傾向にあることがみとめられる。

今両者の伸び率を計算すると次の通りである。

	All of Colombia	CEDELCA+CEDENAR
1961	3,123 GWh	48.9 GWh
1969	7,345 GWh	112.9 GWh
1969/1961	2.35	2.31
Growth Rate	11.3%	11.0%
Elasticity	0.98	

即ち両者の電力の伸びは僅かに国全体の方が大きい弾性値が 0.98 が示すように殆んど等しい Colombia 国全体の 1970 年から 2000 年までの電力需要想定は Planeacion (企画庁) の data によれば Table 3-9 に示す通りである。

この国全体の想定値および CEDELCA+CEDENAR system の想定値とを比較すれば Table 3-10 に示す通りであり大勢として同じような傾向を示している。即ちこのことは CEDELCA+CEDENAR total system の需要想定として妥当であるといえよう。

因みに先に求めたElasticity を用いて1976年、1980年および1985年の需要想定値を check すると

	Forecasted (GWh)	Calculated (GWh)
1976	279.2	281
1980	397.3	407
1985	612.7	612

となる。

以上、人口と電力需要の関係ならびに国全体と電力需要の関係から想定値を check した結果、Table 3-5に示したCEDELCA+CEDENAR系統の電力需要想定は妥当なものであるといえる。

なお、以上述べた需要想定は発電端において行なわれているが本来需要想定は需要端の負荷でこれを想定しこれに損失を加えて発電端需要を想定すべきである。

しかし先に述べたように(1)参考として使用したCEDELCAおよびCEDENARの想定値が発電端であることおよび(2)損失のdateが得られなかったがCEDELCAの想定値は将来の配電設備に対する投資も考慮しそれを織り込んで上述想定がなされていること理由から発電端の想定値を使用することが適当であると判断されたので本報告書の需要想定も直接発電端によって想定している。

3.3.3 負荷率

1961年以降のCEDELCA, CEDENAR両系統の年負荷率は夫々41~61%および35~61%とかなり変動しているが供給力が充足している1970年、1971年では両系統合計の負荷率は58~60%を示しておりこの値が現状に合ったものであると判断する。今後の負荷率については一般家庭のテレビ、洗たく機などの普及を考慮すれば年負荷率は多少低くなり56~58%と想定されるので、ここでは年負荷率を56%として最大電力を算出した。

またCEDELCA, CEDENAR両系統間には不等率を考慮しないものとした。

なお両系統とも将来大きな工業需要が増えることは予想されないのでこの年負荷率は変わらないものと推定する。

3.3.4 日負荷曲線の想定

1971年の両系統夫々の代表的daily load curveを示すとFig 3-6の通りである。

このcurveは年間を通じてweek dayでは殆んど変わっていない。

1972年以降のload curveについても先の負荷率の項で述べた通り両系統とも将来負荷の構成が大巾に変化することは考えられず全需要の%が家庭用と想定されるので、そのdaily load curveも1971年のload curveとほぼ同じ形状が保たれてゆくものとして1974年から1985年までの両系統を合成したload curveを想定した。

Table 3-9 National Wide Load Forecast and Installed Capacity of Colombia

Year	Energy Demand (GWh)	Growth Rate of Energy (%)	Load Factor (%)	Peak Demand (MW)	Growth Rate of MW (%)	Scheduled Additional Capacity (MW)	Total Installed Capacity (MW)	Reserved Capacity
1970	8,000		55.7	1,640		498	2,998	40.1
1971	9,300	16.3	58.0	1,830	11.5	69	2,449	33.8
1972	10,400	11.8	59.0	2,010	9.8	184	2,633	26.9
1973	11,600	11.6	60.0	2,210	9.9	50	2,683	17.6
1974	13,200	13.7	61.0	2,470	11.7	472	3,155	24.4
1975	14,500	9.8	61.0	2,710	9.7	100	3,255	17.0
1976	15,800	8.9	61.5	2,930	8.1	500	3,755	25.3
1977	17,300	9.4	62.0	3,180	9.2	0	3,755	15.5
1978	18,900	9.2	62.5	3,450	8.4	280	4,035	14.5
1979	20,700	9.5	63.0	3,750	9.6	500	4,535	18.7
1980	22,600	9.1	63.5	4,060	8.2	365	4,900	19.5
1981	24,700	8.2	64.0	4,400	9.1	400	5,300	19.3
1982	26,900	8.9	64.5	4,760	8.1	200	5,500	14.5
1985	35,000	30.0	66.0	6,000	26.0	1,500	7,000	15.0
1990	53,000	51.0	67.0	9,100	52.0	3,500	10,500	14.0
2000	110,000	108.0	70.0	18,000	98.0	10,000	20,500	13.0

Table 3-10 Relation between Energy Demand of National Wide Colombia and (CEDELCA + CEDENAR) System

Year	National Wide of Colombia			(CEDELCA + CEDENAR)		
	Energy GWh	Ratio	Growth Rate %	Energy GWh	Ratio	Growth Rate %
1971	9,300			170.3		
1976	15,800			279.2		
1980	22,600	76/71	11.2	397.3	76/71	10.4
		80/76	9.35		80/76	9.20
		80/71	10.35		80/71	9.85
1985	35,000			612.7		
		85/80	9.15		85/80	9.00
		85/71	9.95		85/71	9.60

Fig. 3-6 Daily Load Curve in 1971

