

国際協力事業団

コスタリカ共和国  
コスタリカ電力公社

ロスジャーノス水力発電開発計画

調査報告書

要約版

JICA LIBRARY



J1128148(2)

1996年3月

電源開発株式会社  
国際航業株式会社

鉦 調 資
J R
96 - 078

コスタリカ共和国  
ロスジャーノス水力発電開発計画  
調査報告書  
要約版

96・3  
国際協力

505  
643  
MPN  
LIBRARY



国際協力事業団

コスタリカ共和国

コスタリカ電力公社

## ロスジャーノス水力発電開発計画

### 調査報告書

#### 要約版

1996年3月

電源開発株式会社

国際航業株式会社

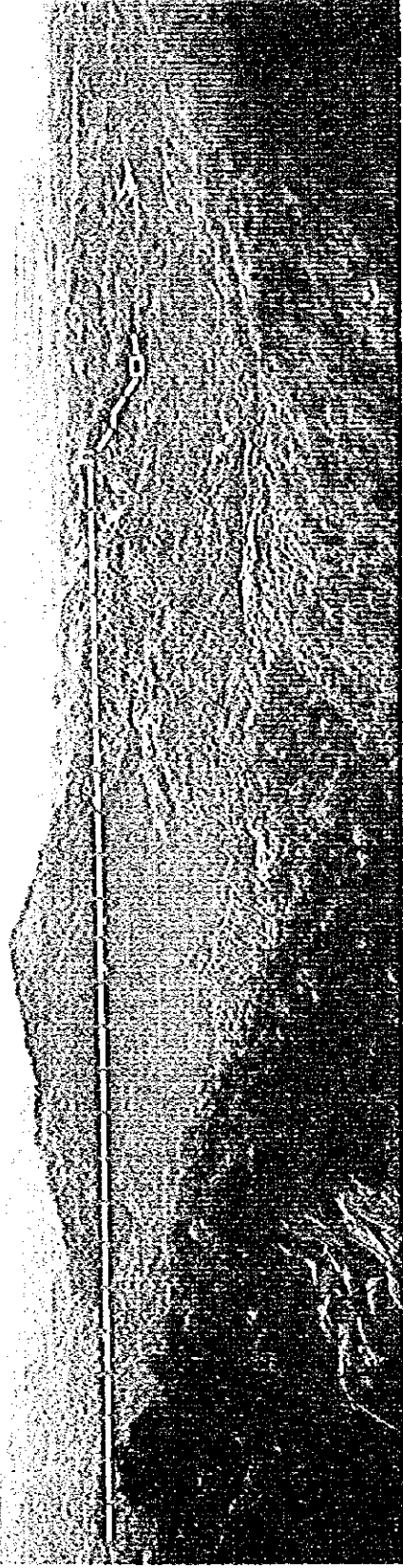


1128148(2)



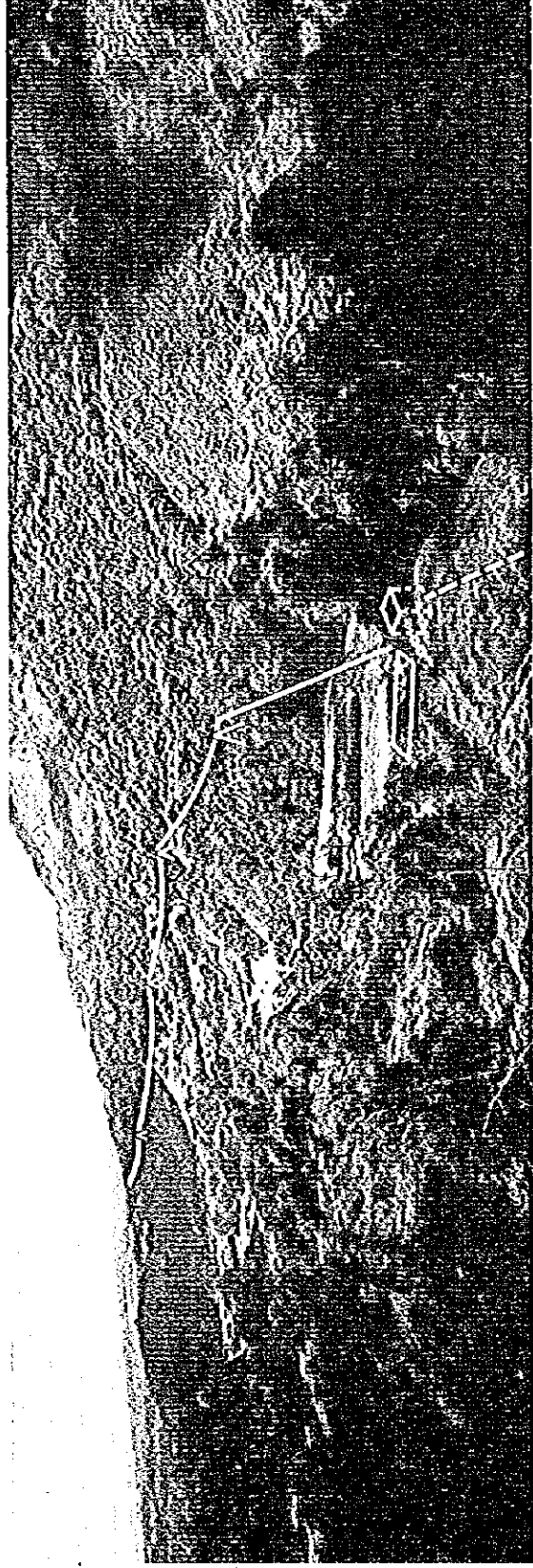
Los Angeles Project

Río Naranjo

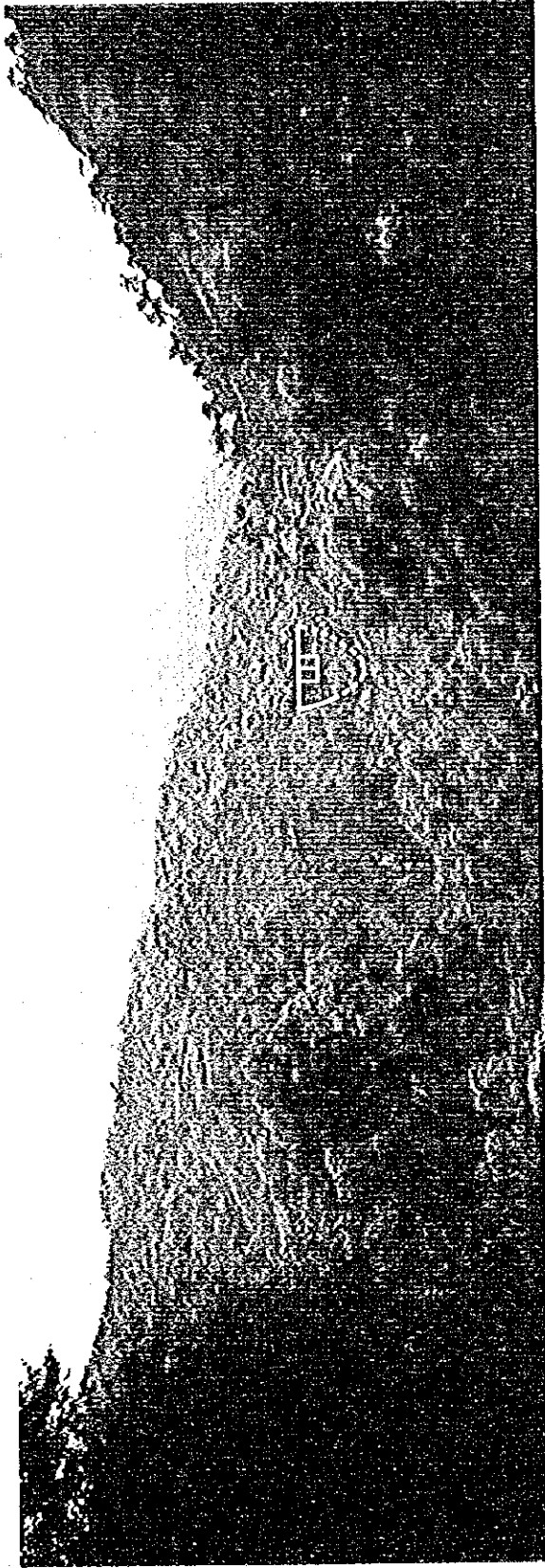


Río Paquita

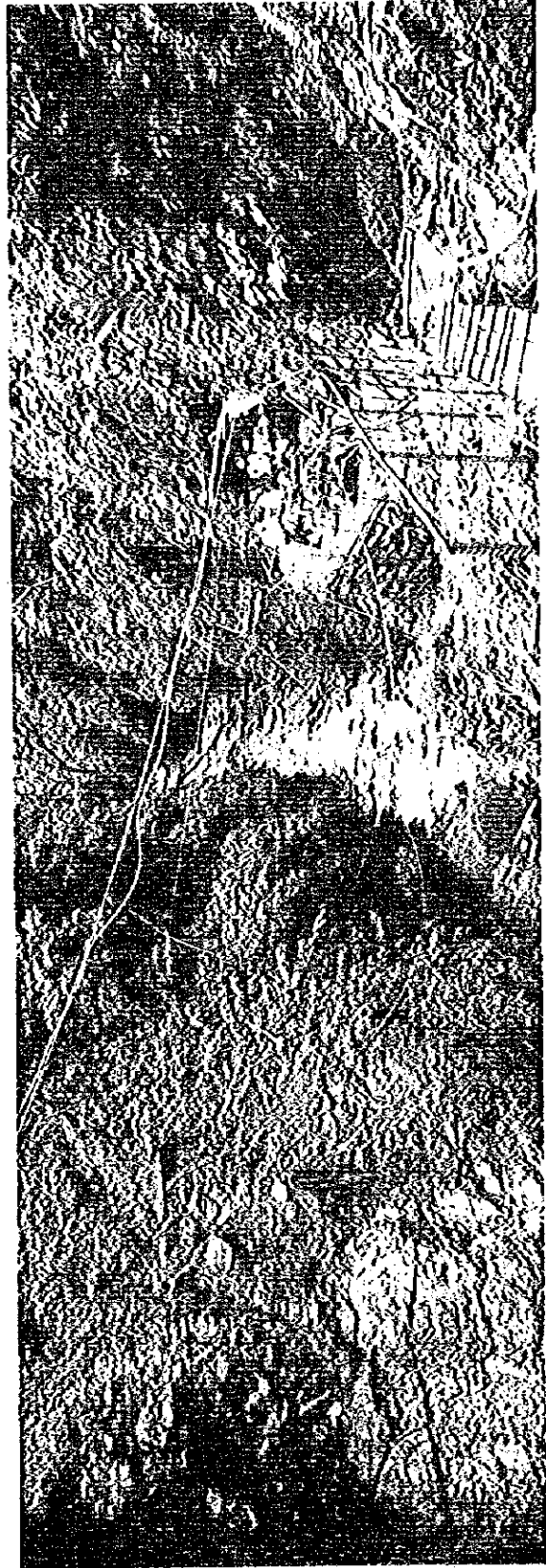
Power Tunnel Route View from the upper-reach of Paquita river



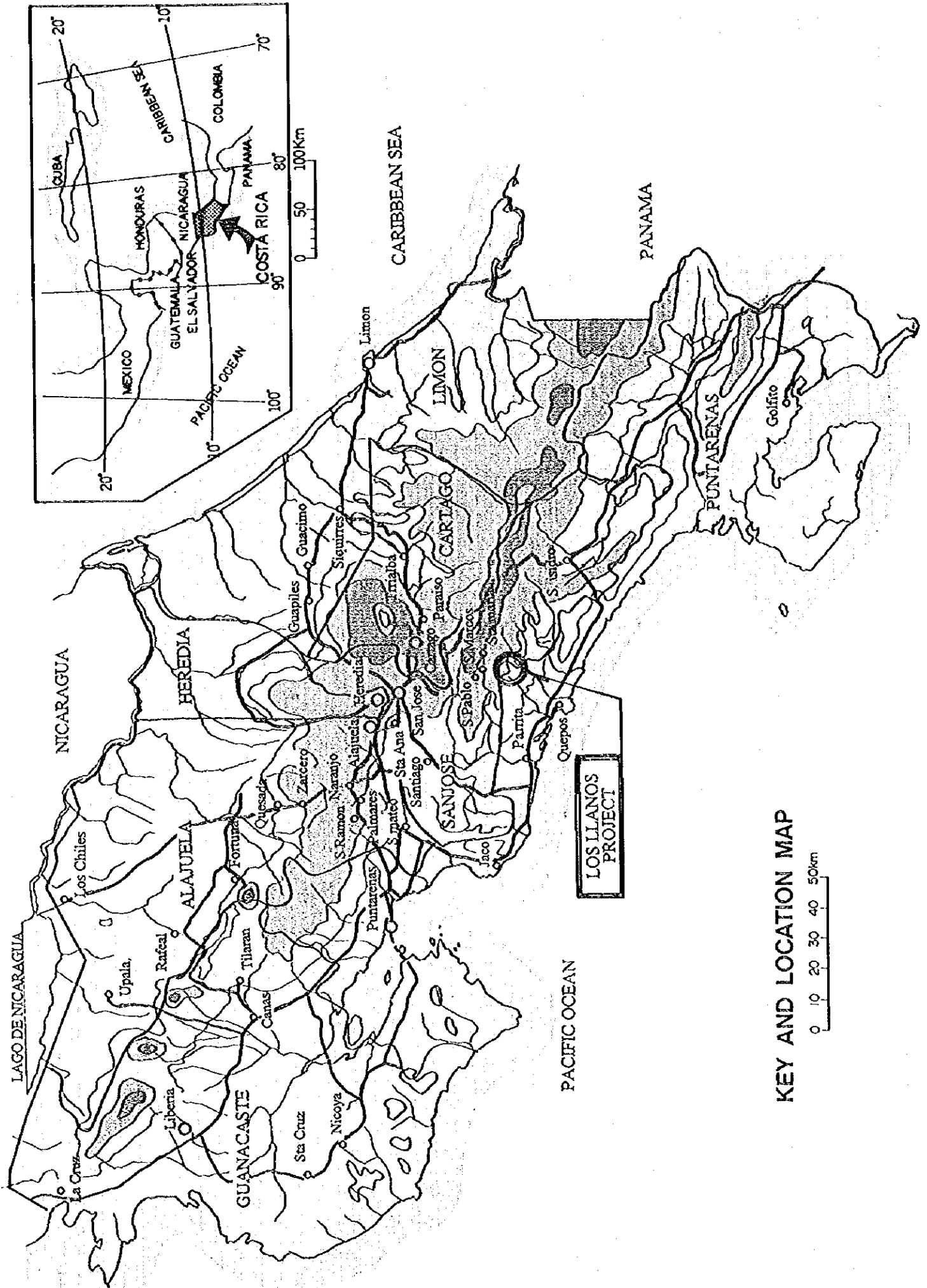
Los Llanos Powerhouse Site View from the peak of San Isidro mountain



Los Llanos Dam Site View from the upstream left bank

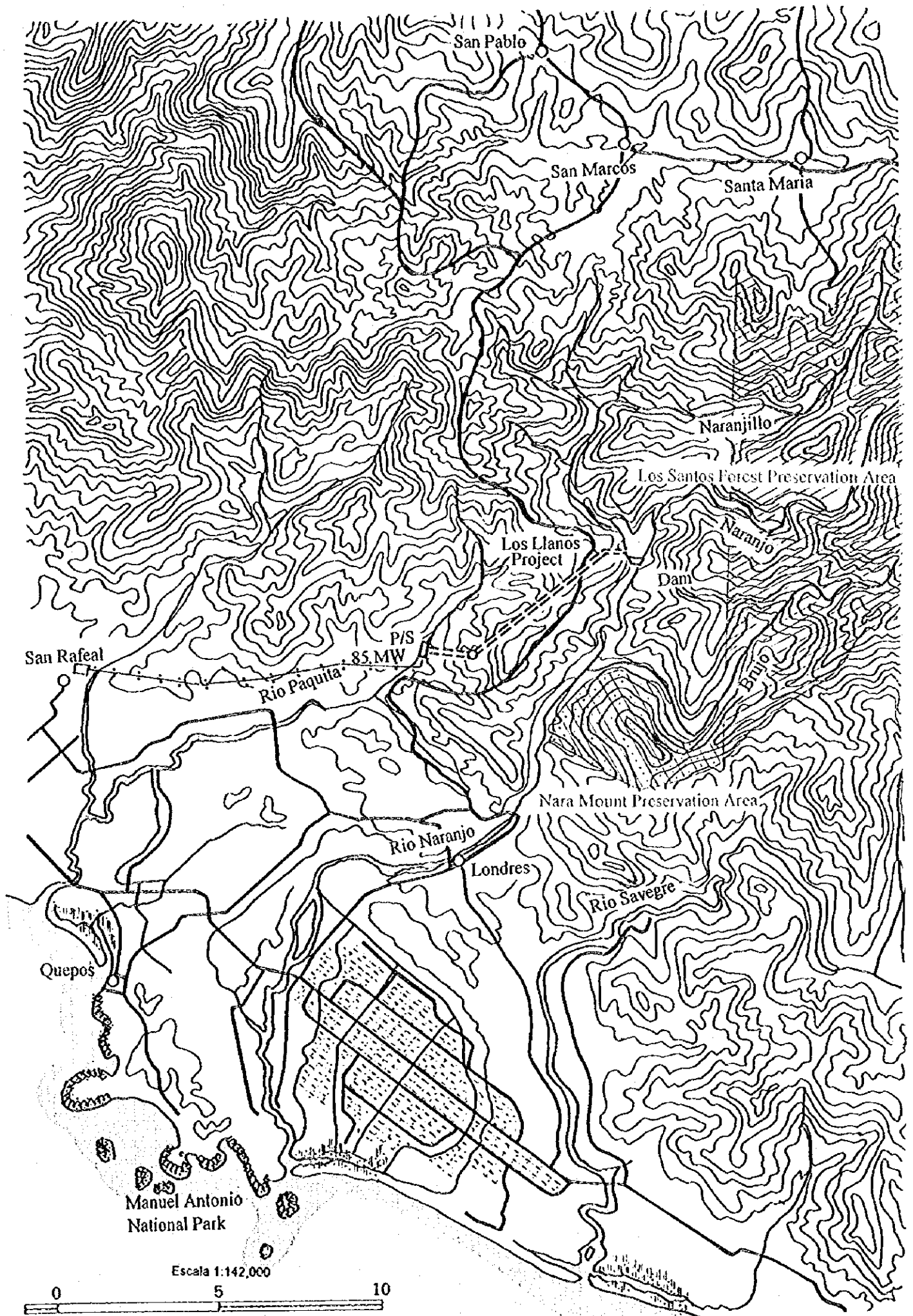


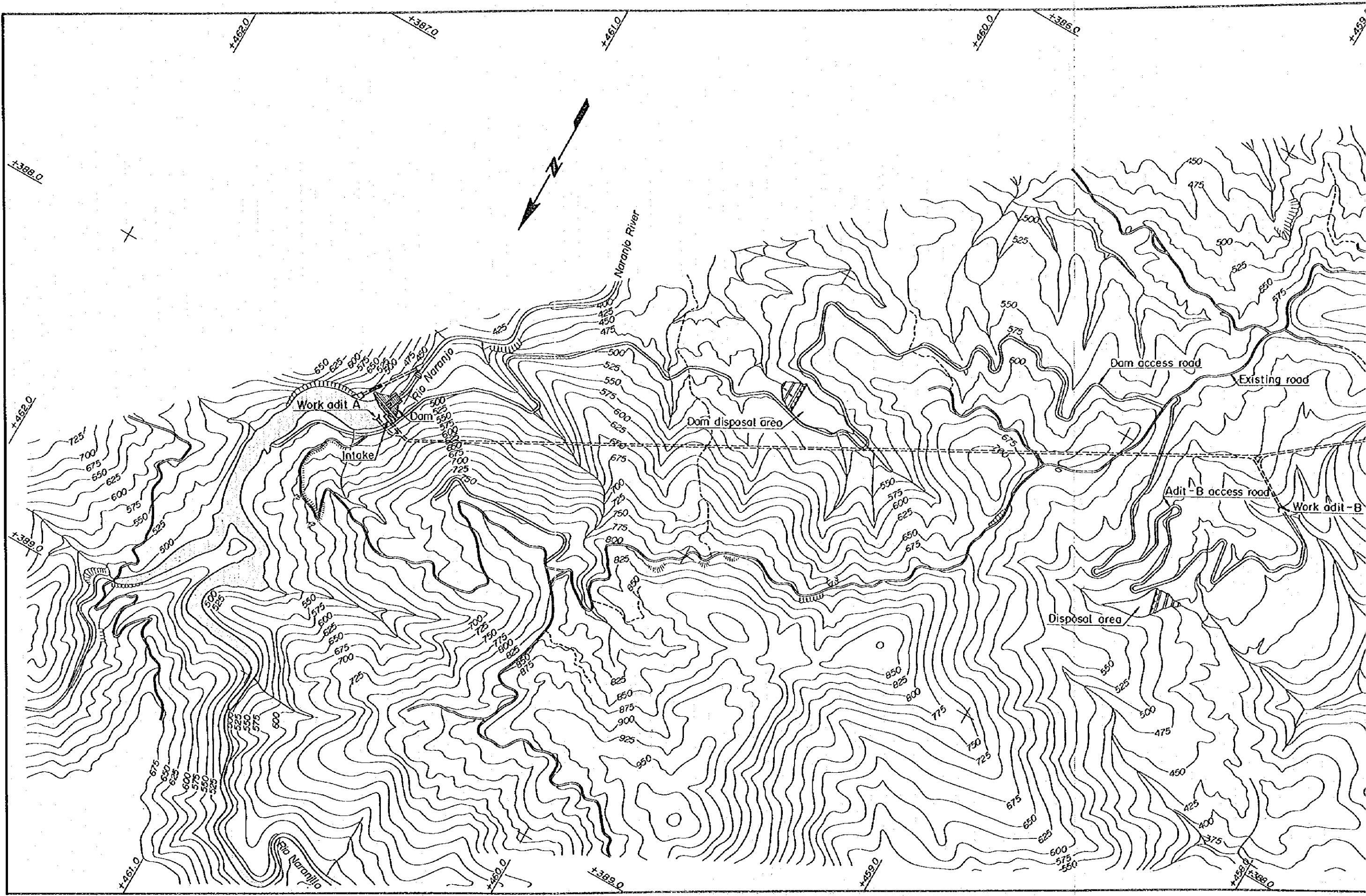
Los Llanos Dam Axis Adit No.1 at the right bank of EL. 445.22

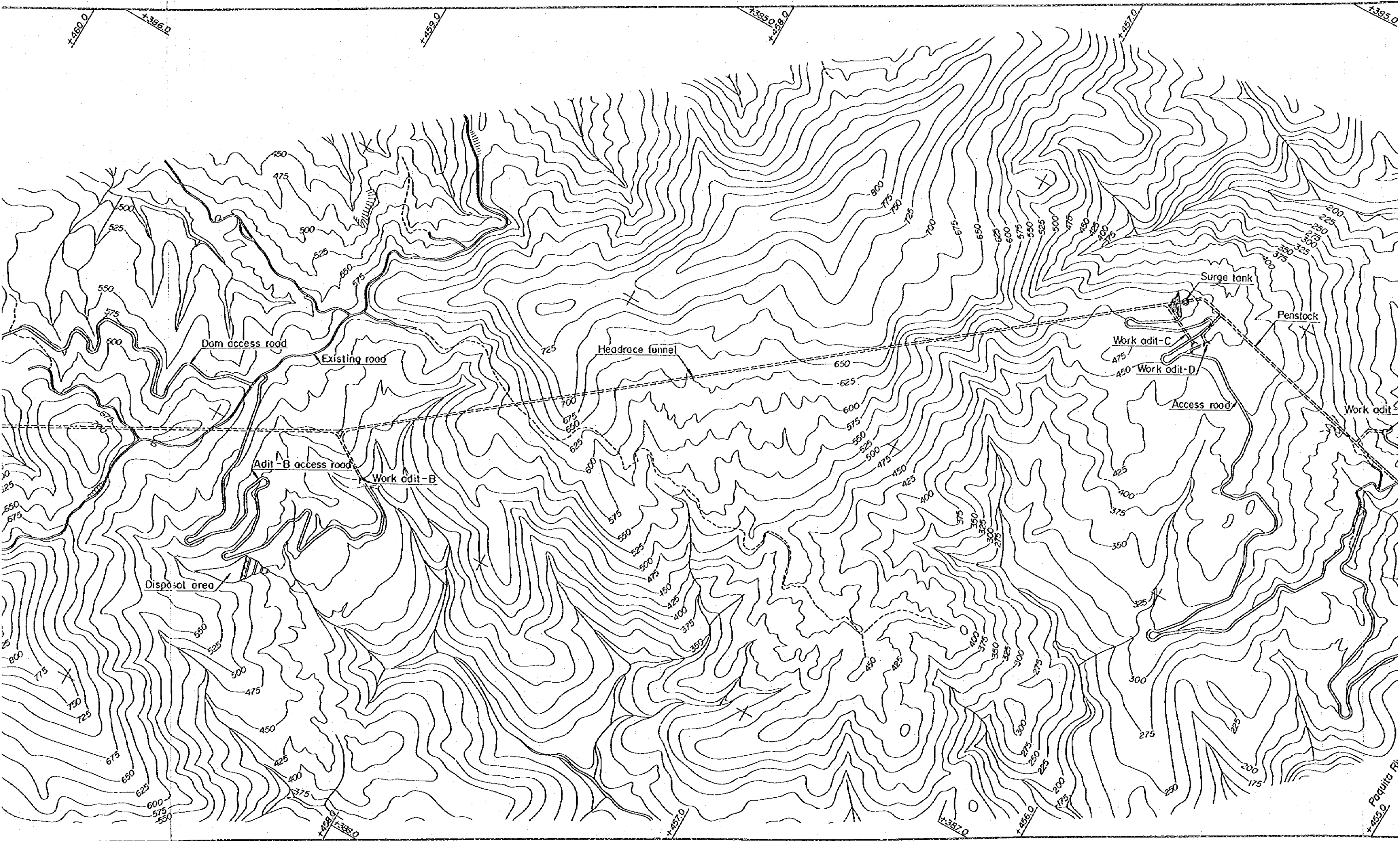


KEY AND LOCATION MAP











REPUBLIC OF COSTA RICA	
LOS LLANOS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
<b>GENERAL PLAN</b>	

# 目 次

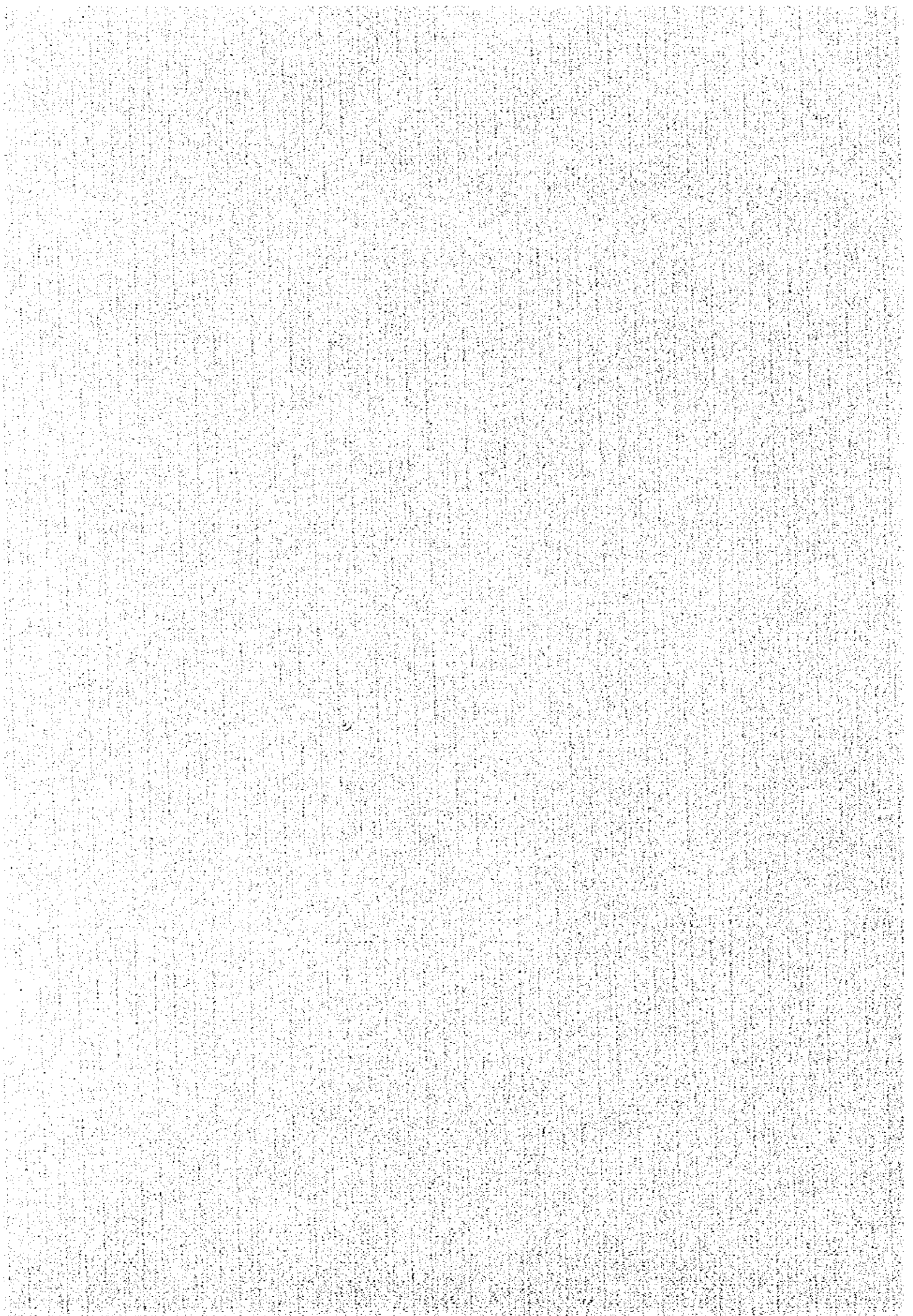
	頁
要 約 .....	S-1
結論と勧告 .....	CR-1
第1章 序 論	
1.1 経緯・背景 .....	1
1.2 調査内容 .....	1
1.3 報告書 .....	3
1.4 現地調査業務 .....	4
1.5 研修員の受け入れ .....	4
第2章 コスタリカ共和国の一般概況	
2.1 地 理 .....	5
2.2 気 候 .....	5
2.3 人 口 .....	5
2.4 経 済 .....	5
2.5 エネルギー資源 .....	6
2.6 運輸・通信 .....	6
第3章 計画地域の一般概況	
3.1 位置およびアクセス .....	7
3.2 自然環境 .....	7
3.3 社会環境 .....	8
3.4 環境保護 .....	8
第4章 電力事業の現状	
4.1 供給設備の概要 .....	9
4.2 送電システム .....	9

4.3	配電システム	9
4.4	電力需要の現状	10
4.5	電気料金	10
第5章 電力需要想定および電力供給計画		
5.1	電力需要想定	11
5.2	電力供給計画	12
第6章 気象および水文		
6.1	気象の概要	13
6.2	Los Llanosダム計画地点流量	13
6.3	その他地点流量の算定	13
6.4	洪水解析	14
6.5	堆砂	14
第7章 地質および建設材料		
16		
第8章 地震		
19		
第9章 開発計画		
9.1	最適開発計画	21
第10章 送電計画および系統解析		
10.1	送電システムの概要	22
10.2	送電計画	22
10.3	ICEシステムの系統解析	23
10.4	結論	24
第11章 フィージビリティ設計		
25		

第12章	工事計画および工事費	
12.1	工事工程	26
12.2	工事費	26
第13章	環 境	28
第14章	経済・財務評価	
14.1	経済評価	34
14.2	財務評価	35
第15章	今後の調査	
15.1	地形調査	36
15.2	地質・材料調査	36
15.3	水文・気象調査	37
15.4	環境・補償調査	37

# 要約





## 要 約

本報告書は1994年から1996年に亘り、日本政府の技術協力により国際協力事業団（JICA）が実施したCosta Rica共和国のLos Llanos水力発電開発計画のフィジビリティ調査の結果をとりまとめたものである。

この報告書はJICAより日本国外務省を通じてCosta Rica政府、Costa Rica電力公社（ICE）に提出されるものである。

フィジビリティ調査の検討結果を要約すると以下に述べる通りである。

### (1) 本計画の特性

Los Llanos水力発電開発計画とは、Naranjo川の中流部に位置し、流域面積144km<sup>2</sup>の地点にピーク電力需要時に対応出来る調整能力を持つダムを設け、5.6kmの水路でPaquita川に分水し、その間の落差を利用する流れ込み式の発電計画と発電所より500kV中米連係送電線の変電所までの送電計画よりなる。

この地域の年間降雨量は平均5,500mmで、雨期と乾期のはっきりした多雨地帯である。Naranjo川の全流域面積は332km<sup>2</sup>であり、その主な支流は上流のNaranjillo川と下流のBrujo川からなり、年間平均流量はおおよそ35~40m<sup>3</sup>/s程度と見積られる。計画地点は前者支流との合流点に位置し、年間平均流量15m<sup>3</sup>/sであるのに対し、保証流量(95%)は3.91m<sup>3</sup>/sとして算定されている。本流にはLos Reyes、Milagro、Nara、Los Llanos本流開発計画がある。本計画はこれら計画の中で最も発電効率が高く、また全国マスタープラン段階で最有力の水力発電計画として位置づけられている。

計画地点の上流部にコーヒー栽培、下流部には牧畜を営む人々が丘陵地帯に住んでいるが、計画地点近傍の水没予定池内には居住者は無く、その他道路や公共建造物等の補償物件は全く無い。また河口部の汽水域にはマングローブが生育しており、その内側の扇状地にアフリカン椰子の栽培地がある。この椰子の生育時（渇水期）に河川水を利用しており、これが唯一 Naranjo 川の水利権として存在している。

開発計画はこのマングローブの生育条件を悪化する事は無いと考えられている。一方、椰子は現状の取水量を確保出来ない時期が年に数日発生するので、これを減産するものとして補償の対象としている。

Costa Rica 共和国の電力需要の伸び率は近年著しく、1993年には7.4%の伸びを示

した。一方、同国は経済的な化石燃料が産出せず、電力のほとんど全てを水力発電に依存している。これら諸条件を勘案した電源開発計画は、物理的な開発スケジュールから考えて、本計画の運開を2005年頃と想定される。この時期は電力需要想定から考えても遅すぎるぐらいで、なるべく早い時期にLos Llanos 水力発電の運転開始が望まれる。

## (2) 気象と水文

本計画の流域内および周辺地域には測水所および気象観測所があり、その中で最も観測期間が長く信頼される Londres 測水所とダム地点の日流量での観測値との相関性は非常に高いので、Londres の23年の流量をベースに算定している。また洪水量は気象観測値から可能最大降水量（PMP）を求め、降雨強度、時間分布から洪水が最大となる流出計算によりダム地点の可能最大洪水量（PMF）は  $1,590 \text{ m}^3/\text{s}$  となった。

河川を流下する土砂は浮流砂と掃流砂に分けられ、河川流量との相関関係がある。また貯水池の容量により捕捉率がことなるが、計画堆砂量は50年を算定期間としダムの推定堆砂面標高は497mに設定した。

## (3) 地質、材料および地震

この地域の地質を構成する基盤岩類は中生代ジュラ紀から第三紀始新世にかけての堆積岩類とそれらを部分的に覆う第四紀未固結堆積物が分布する。ダム部分は基礎として十分な塊状で堅硬な礫岩が分布しており、また発電所地点はPaquita川の左岸側にあり、水路ルートに分布する礫岩とその下位の泥灰岩（マール）の境界の近傍に位置している。

コンクリート骨材は、発電所近傍では十分な河床砂礫が存在するが、ダム地点に於いては上流部の砂岩を原石山とする砕石が予定されている。

計画地点を中心とする直径100kmにおいて1990年から1994年までに発生した地震の震央は太平洋地溝沿いに集中するが、これらの地震データをもとに統計確率解析結果と既存の地震に関する資料から総合的に判断して計画地点の設計水平震度は、0.15と設定した。

## (4) 電力需要と供給

Costa Rica国の1人当たりの電力量は、1993年の実績値で1,370kWhを示し、一般的な発展途上国と同じ状況にあると言える。途上国での需要想定は経済成長率との相関性に

より求めるマクロ手法で求めた値を適用する場合が多い。この値とICEで想定した伸び率との差は殆ど無く、比較的良く一致しているので、ICEの需給バランス計画を採用した。

Costa Ricaの電力系統の特徴は水主火従の電源構成のため、河川の流量変化による供給力が系統に与える影響が大きく、バランスの検討は水力の保証出力を考慮し日負荷率66%を得た。2005年に本計画が投入されれば、Costa Ricaの電力需給に大きく貢献し当該地域の経済開発にも大きく寄与することが期待される。

#### (5) 送電計画

Costa Ricaの送電系統は230kVおよび138kV送電線によって構成されており、2000～2003年頃には500kV中米連係送電線計画(SIEPAC)が具体化し運転される予定である。また本計画に隣接するPirris水力発電計画はSIEPACの500kV変電所(San Rafael)より230kVに降圧し接続し首都(San Jose)に連係する計画になっている。本計画は将来計画を含めた送電電力と事故時に連係線に与える影響が少ない事等を考慮し、San Rafael変電所に230kV 1回線で接続する事とした。送電ルートは本発電所よりPaquita川を横断し右岸側の山岳部より裾野に向け平野部に到達したあと、San Rafael変電所へ至る経済的なルートで亘長約22kmである。

#### (6) 環境および補償

環境への配慮はその国における法制度に沿って行うべきであるが、Costa Ricaにおいてはまだ一定のガイドラインが確立されていない。

本調査においては世界銀行、国連環境計画などの国際機関や二国間援助機関において確立されつつある開発調査・計画に係わる環境配慮の方法に準じたJICAのガイドラインに沿って初期環境調査(IEE)を実施し、この調査でより必要と判断された環境配慮項目について環境影響評価(EIA)を行った。

Naranjo川流域の本開発計画に直接関連しない北東部を支配する支流のBurujol川全域には森林保護区が設けられているが、その他は特に保護されている地域はない。開発計画と関連する上流域から中流域の丘陵地は牧畜とコーヒー栽培が成されているが、水没等影響を受けるものは全く無く河川本流とも直接関係がない。河口部は一部右岸側の山地がManuel Antonio国立公園に指定されており、この公園に隣接するQueposの

岩礁および海岸線を含めた地域がリゾート地となっている。一方、左岸側は下流域から河口部に至り扇状地が形成されており、椰子栽培が盛んでその外側の海岸線は砂州が発達し、その間の滞水域にマングローブが生育している。

#### (7) 最適開発計画の概要

Los Llanos 水力発電開発計画の概要は別紙に示す通りで、最大出力は85MWである。この水力発電の年間保証電力量は1076Wh と算定され、ジーゼル火力発電と比較した場合、年間約22,800トンの石油消費量に匹敵しうる。

#### (8) 工事工程および工事費

本計画の建設工事は気象、地形、工事規模、建設材料、構造物の配置、準備工事等を考慮した結果、4年の工期が必要と考えられる。また、需給バランスより運開2005年とすると概略下記のスケジュールで着工準備を行う必要がある。

所要期間	項目
1996年4月～1997年9月	追加調査工事実施
1996年6月～1997年12月	MIDEPLANへの申請
1996年9月～1998年8月(2.0年)	詳細設計
1998年6月～1999年12月(1.5年)	融資手続
2000年1月～2000年12月(1.0年)	議会承認
2001年3月～2001年12月(0.8年)	建設工事入札
2001年1月～2004年12月(4.0年)	建設工事

本計画の工事費は、現時点で期待される技術水準による設計・施工方法および材料・製品を適用するものとした。さらに計画地点の地質条件、地形特性および工事規模等を考慮して積算した。本計画の総工事費は、内外貨に分けて積算し、アクセス道路、キャンプ施設、環境対策費、送電線、開閉所、エンジニアリングフィー、管理費および建中利子も含んでいるが、インフレーションは含んでいない。積算時点は1995年1月とした。(内外貨の交換レートは 1 US\$ = 168 Colones とした。)

建設費は151,763 千US\$ で発電端建設単価は0.04US\$/kWhである。

(9) 経済・財務評価

本計画の経済評価にあたっては、本計画とこれに対する代替火力発電所の経済費用を積算し、評価する代替設備アプローチ法を採用している。本計画の経済費用に基づく便益および費用のフローは、Table 14-4 に示すとおりである。

経済的内部収益率 (EIRR)、超過便益 (B-C) および便益・費用比率 (B/C) は以下の通りである。

内部収益率 (EIRR) : 20.2 %

超過便益 (B-C) :  $42,389 \times 10^3 \text{US\$}$

便益・費用比率 (B/C) : 1.43

本計画の経済性を判断すると、本計画を建設し運用することは同等のサービスを提供しうる代替火力発電所を設置するよりも、費用面ではるかに優位であり、また資本の機会費用を反映する社会的割引率が20.2%に達するまでこの優位性が維持されると言える。また財務評価にあたっては財務的内部収益率 (FIRR) を算定し、12.4%を得た。これは現在の電気料金水準でも財務的に健全な発電計画であると結論できる。

ただし、本計画の送電計画はピリス水力発電計画実施を前提としていることから、本評価もピリス計画完成後に本計画が実施されることを前提条件とする。

Los Llanos水力発電計画概要

項目	単位	内容
河川名		Naranjo 川
流域面積	km <sup>2</sup>	143.7
年間流入量	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	471.8
設計洪水量	m <sup>3</sup> /s	1,600
発電諸元		流れ込み式発電方式
最大使用水量	m <sup>3</sup> /s	27
最大有効落差	m	359.4
最大出力	MW	85
貯水池		日間調整池(5時間)
満水位	m	477.4
低水位	m	470.0
有効貯水容量	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	653
湛水面積	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	100
ダム		コンクリート重力式
高さ×堤長	m × m	62.4 × 114
堤体積	10 <sup>3</sup> m	89,200
導水路		
内径×長さ	m × m	3.1 × 5,540
調圧水槽		
内径×高さ	m × m	8.0 × 57.3
水圧管路		
内径×長さ	m × m	3.10~2.20×1,540×1条 1.25×26×2条
発電所		鉄筋コンクリート地上式
幅×長さ	m × m	19 × 37
水車(立軸ファンズ)	MW×Units	43.7 × 2
発電機(3相交流)	MVA×Units	50.0 × 2
開閉所		
幅×長さ	m × m	40.0 × 120
2回線引き出し	kV	230
発生電力		
年間発生電力量	GWh	389
一次電力量	GWh	107

## 結論と勧告



## 結論と勧告

本計画は Costa Rica共和国 San Jose市の南50kmに位置し、太平洋に注ぐNaranjo川の中流部に建設される Los Llanos水力発電開発計画である。調査団はこの発電計画と連係する送電計画に関するフィジビリティ調査を実施した。

この調査の結果、本計画は技術的、経済的及び環境の観点から充分フィージブルであると結論づけられる。以下に結論の内容について述べる。

## 結 論

- (1) Costa Rica共和国の総電力設備は、1995年1月現在で1,098MWであり、水力の依存度は約83%に達する。一方、経済的に開発可能な包蔵水力の内、既に開発された水力地点は約8%に過ぎない。本計画は Costa Rica国内の重要なエネルギー資源として位置づけられている水力資源を有効活用し、豊富な安定した電力を供給することを目的とする。
- (2) Costa Rica国における電力需要は毎年着実に伸びており、今後1995年から2005年の電力需要の伸び率は年率7.6%と予想される。また2004年時点のピーク需要は1550MWと予想され、400MW以上の新しい設備が必要となる。
- (3) 本計画が全国電力系統に投入される時期は、電力需要予測の結果および詳細設計、資金手当に必要な期間や建設期間を考慮して、2005年に運転を開始することが妥当であると判断される。
- (4) マスタープランに提案されている Naranjo川の開発計画を再検討し、開発時期、開発規模、および流量、総落差を考慮したレイアウトの適正な選定を行った。また地質、地形特性上の条件と環境影響評価に基づく条件を比較検討した結果、最も経済性で優れている開発計画案が選定された。
- (5) 建設費は1995年1月時点で期待される技術水準による設計・施工方法および材料と製品を適用されるものとし、計画地点の地形条件、地域条件および工事規模を考慮した工

事単価で輸入税、建中利子を含めて積算した。

建設費は内・外貨分を含め、152 百万US\$である。

- (6) 本計画の経済性は代替火力設備と比較して優位であり、kWh当たりの建設単価は0.04 US\$と他国と比較して安い電源であると言える。本計画の費用と収入を算定し、現在価値に割り引いた経済内部収益率(BIRR)は20.2%となり、国民経済の立場からフィージブルなプロジェクトであることを示している。ただし、本計画運転開始時点でピリス水力が完成していることを前提条件とする。
- (7) ダム形式は地形、地質、建設材料、工事費および運用の容易さ等を考慮にいれてコンクリート重力式ダムを採用した。また発電所は地形・地質条件から最も適切で経済的な地上式発電所とし、効率が高く発生電力量が最大となり機能的・経済性に優れたフランシス水車が採用されている。本計画は建設の実現に支障をきたすような問題点はなく、技術的にもフィージブルである。
- (8) 本計画の水没予定湛水池内には居住者はなく、その他道路や公共建造物等の補償物件は全く無い。一方減水区域に椰子の栽培地があり、唯一 Naranjo川からの灌漑設備が存在する。この最大灌漑水量は1.8 m<sup>3</sup>/sであり成育期に河川水を使用しており、減産が予想されるので妥当な額の補償費を工事費に計上している。
- (9) 計画区域内での環境対策として留意すべき点は、河口部の汽水域にマングローブが成育している事があげられる。このマングローブの生育条件は海岸の砂州の成長に深く係わりを持ち、洪水期の浮遊砂の供給を絶つ計画であってはならない。本計画のダムは、調整のみで貯留(滞砂)しないため河口部の砂州を衰退させることはない。その監視を含め妥当な額の環境対策費を工事費に計上している。
- (10) 本計画は、周辺の自然、社会環境に与える影響は小さいものと評価され、電力の安定供給に大いに資すると同時に、地域社会の発展に寄与する事が期待される。

## 勸 告

Los Llanos 水力発電開発計画は、技術的、経済的および環境影響評価結果からフィージブルであり、Costa Rica 国の電源開発計画では本計画を2005年に電力系統に投入すべき地点と位置づけられるので、実施するよう勧告する。

本計画を遂行するためには、以下の事項を実施する必要がある。

- (1) 実施設計および入札書類の作成等、建設に必要な諸準備を実施する必要がある。
- (2) 実施設計を行うためには、最終報告書第15章「今後の調査」に示すような項目について追加調査および試験を行い、その結果は実施設計に十分反映されなければならない。
- (3) 本計画の発電開始を2005年にするためには、工事資金の手当・準備を事前に行い、2000年初めには工事の入札およびコントラクターを選定し、乾期から本工事に着手する必要がある。発電開始までに必要な所要期間・工程は以下の通りである。

所 要 期 間	項 目
1996年9月～1998年8月 (2.0年)	詳 細 設 計
1998年6月～1999年12月 (1.5年)	融 資 手 続
2000年1月～2000年12月 (1.0年)	議 会 承 認
2001年3月～2001年12月 (0.8年)	建 設 工 事 入 札
2001年1月～2004年12月 (4.0年)	建 設 工 事

- (4) 本計画地域内で実施により影響を受ける道路の付替えや土地等の補償を行い実施を円滑に進めると同時に想定される環境影響項目の調査・モニタリングを継続して実施しておく必要がある。

## 第1章 序 論

### 1.1 経緯・背景

Costa Rica政府は国産エネルギーの開発に政策目標を置き、1949年 I C E (The Instituto Costarricense de Electricidad)を設立した。現在 I C Eの発電設備(1023.5MW)はCosta Ricaの93.2%を保有し、C N F L(The National Power and Light Company)と共同で全国の電力需要を賅っている。その電力構成は全設備出力1,098MWの内、火力が225MWと55MWの地熱を含めた28%であり、水力が788MWの72%になっている。これを毎年の発生電力量で見るとほとんど全てを水力発電に依存しており、豊富な降雨量に恵まれていることを示している。経済的に開発可能な包蔵水力が約9,000MWと見積もられているのに対し、既に開発された水力は約8%に過ぎない。

一方、電力需要の増加は至近5ヵ年平均で6.5%を示し、1993年には7.4%の伸びとなった。こうした状況の下で国産エネルギーとしての水力発電開発を積極的に進めているが、なお総エネルギーの54%を、輸入に頼っている。2010年には石油が1.6倍に対し、電気は3倍と見込まれており、この観点からも水力発電開発に期待がかけられている。

I C Eは現在、水力を主体とする電源開発プロジェクトを進めようとしており、1990年に Canada のコンサルタント L G Lと共同で13のマスタープラン段階の水力発電開発計画の中から4プロジェクトを抽出した。この中で最有力プロジェクトとしてのLos Llanosのフィジビリティ調査(F/S)の実施を Costa Rica政府が日本に要請したものである。これを受けて国際協力事業団は1994年3月 I C Eをカウンターパートとして本調査を実施することに同意し、両者で署名された。

### 1.2 調査内容

#### 調査の目的

本調査の目的は、Los Llanos水力発電開発計画に関し現地調査及び国内作業を実施し、技術的に健全でかつ環境影響評価を加味した、経済的及び財務的に最適な開発計画を策定して、フィジビリティ調査報告書を作成することにある。また本調査を通じてCosta Rica国側カウンターパートに対し技術移転を図ることにある。

## 調査対象地域及び範囲

調査対象となる水力発電開発地点は、首都San Jose市南方50kmのNaranjo川中流部にダムを築造し、導水路トンネルにて西側の Paquita川中流部に設ける発電所に水を導き、その落差を利用して発電する計画で、西経84度3分・北緯9度33分の近傍に位置する。また送電線は発電所から西方22kmに位置する San Rafaelまで建設する計画である。これに伴う影響範囲は、Naranjo 川流域と Paquita川流域全般のほか、河口部から太平洋の海岸線を含めた範囲を調査の対象とした。

## 業務内容

本調査は予備調査段階、詳細調査段階およびフィジビリティ設計段階とその調査精度に応じた区分がなされており、次の調査を行った。

### (1) 予備調査段階

- (a) 本開発計画関連の既存資料・既調査報告書等の収集およびレビュー
- (b) 計画に関連する地域全般の現地調査及び現況調査。
- (c) 既存データをもとに最適開発計画選定のための比較対案の検討。
- (d) 開発計画内容を念頭に重大な影響が予想される項目を的確にまた効率的に抽出するための初期環境調査(IEE)をPundevi財団に委託。
- (e) ICEのピーク需要、電力消費特性等の関連情報をレビューし電力拡張計画に合わせた分析。
- (f) 詳細調査に係わる調査実施計画および技術仕様書の立案。

### (2) 詳細調査段階

予備調査において策定された実施計画に基づいて、地形測量、地質調査および材料試験、水文・気象調査を実施し、環境影響評価(BIA)および補償調査を実施した。

#### (a) 地形測量

- 1) 航空写真撮影および図化 1 : 5000
- 2) 測量杭、ベンチマークの設置
- 3) 地上測量(ダム、発電所) 1:1000

#### (b) 地質調査および材料試験

- 1) 地質踏査 (主要構造物全般、湛水池、原石山他)
- 2) ボーリングコア・透水試験 (ダム、水路、発電所、原石山)

- 3) 弾性波探査 (同上)
  - 4) 試掘抗掘削 (ダムサイト)
  - 5) テストピット掘削 (建設材料用)
  - 6) 現場・室内試験
  - 7) 地震歴調査
- (c) 水文・気象調査
- 1) 河川流量
  - 2) 高水位(洪水)、低水位(保証流量)の調査
  - 3) 水文・気象観測値の観測および分析
  - 4) 浮遊砂観測等を行い土砂流出・堆砂量の解析
  - 5) 水文・気象観測所の設置
- (d) 環境影響評価 (E I A)
- 1) 初期環境調査で決定された自然環境および社会・経済環境に関する環境影響評価項目の策定。
  - 2) 自然環境調査の継続(水質・利水流量変動、動植物生態系)
- (e) 補償調査
- 1) 補償物件調査(家屋、立木、土地、権利他)
  - 2) 移転補償調査(公共建造物)

### 1.3 報告書

現在まで下記の調査が実施され、ICEに報告書が提出されている。

- (1) INCEPTION REPORT (1st Sep. 1994)
- (2) QUESTIONNAIRE
- (3) CONTRACT FOR AERIAL PHOTOGRAPHY AND SURVEY
- (4) CONTRACT FOR INITIAL ENVIRONMENTAL EXAMINATION
- (5) PROGRESS REPORT (30th Nov. 1994)
- (6) PROGRESS REPORT ANNEX (10th Mar. 1995)
- (7) (IEE) FINAL REPORT FUNDEVI (Dec. 1994)
- (8) FINAL RESULT (TOPOGRAPHIC MAPPING) (Mar. 1995)
- (9) INTERIM REPORT (July 1995)
- (10) DRAFT FINAL REPORT (Jan. 1996)
- (11) MEMORANDUM ON DISCUSSION NO. 1 - NO. 8

## 既存報告書

本計画の概要は、1991年6月にICEが取りまとめた報告書”Los Llanos Hydroelectric Power Project Description”に記述されており、その後カナダのコンサルタントグループ(LGL)の協力を得てマスタープラン”Plan Maestro de La Cuenca Hidrografia Rio Naranjo, Sept. 1987 by ICE”を作成し、本計画がコスタリカ国内の水力発電開発計画での第1プライオリティの確定を行ったものである。

調査団はこれらの報告書を基に計画の妥当性を検証し、比較検討を行い、必要な追加調査および委託調査・試験を実施している。これらの調査・試験データ類およびICEで並行して実施した調査結果をとりまとめアペンディクスに収録した。また同様に調査団がICE以外の関連機関から入手した本計画に関する各種の既存報告書・データ類も合わせてアペンディクスに項目を記載した。

## 1.4 現地調査業務

1994年8月から1996年3月までの期間に調査団は以下に示すとおり、現地での活動を行った。

### 現地調査

- |            |                      |
|------------|----------------------|
| (1) 初年度第1回 | 1994年8月29日～10月27日迄   |
| (2) 第2回    | 1994年11月13日～翌年1月26日迄 |
| (3) 第3回    | 1995年2月12日～3月13日迄    |
| (4) 二年度第1回 | 1995年5月17日～6月6日迄     |
| (5) 第2回    | 1995年5月1日～8月14日迄     |
| (6) 第3回    | 1995年11月26日～12月13日迄  |
| (7) 第4回    | 1996年1月30日～2月13日迄    |

## 1.5 研修員の受け入れ

ICEから調査団に対し、日本での研修員受け入れとして、カウンターパート2名を調査年度毎に受け入れるよう要請がなされ、1995年1月及び1995年9月に各1名が来日した。

## 第2章 Costa Rica共和国の一般概況

### 2.1 地理

Costa Rica共和国は、北アメリカの南部に位置し、北はニカラグア共和国と南はパナマ共和国に国境を接し、東はカリブ海、西は太平洋に面している。国土の総面積は51,000km<sup>2</sup>である。同国は細長い形状で、最小幅が119kmで最大幅が274kmである。国土は山地が多く、全般に熱帯林に覆われ植生が豊かで国土の25%が国立公園や森林保護区に指定され開発が規制されている。

計画地域は中央山塊Dotaより南流するNaranjo川流域にあり、その西側に併流するPaquita川も含まれている。このNaranjo川はSan Marcos南部の丘陵地に源を発し、Dota山地の南斜面を横切る様に西行し、ダム地点から一気に南下する。この間河口まで約43kmのうち、下流部15kmは平坦な扇状地で椰子の栽培が見られる。一方Paquita川も同じ様な様相を示し河口より17kmの発電所予定地点で標高100mにも係わず、それより上流7kmで標高1,300mに達する急流となっている。

### 2.2 気候

Costa Ricaの気候は熱帯雨林と一部サバナ気候に属しているが、地勢・標高によって大きく左右される。気温は乾期（12～4月）と雨期（5～11月）によっても異なるが、年間を通して差は少なく、平均気温20℃から30℃である。雨量は最も降雨量の少ない2月においても、30～120mm/月程度あり、年間降雨量はNaranjo川流域平均で約5,500mm/年と世界的にも多雨地域と言える。

### 2.3 人口

Costa Ricaの総人口は約3.2百万人に達し、人口密度は一平方km当たり62人である。

### 2.4 経済

Costa RicaのGNPは約62億ドルで、一人当たり約2,000ドルに達する。経済活動の中心となっているのは農牧畜業およびその関連産業である。製造業の割合はGDPの19%を占め、中米5ヵ国の中では最も工業化の進んだ国であるが、貿易収支は常に赤字で、政府は収支改善のため、輸出加工品の育成と観光客の誘致に力を入れており、1993年には約700,000人の観光客が訪れた。



## 2.5 エネルギー資源

Costa Ricaは起伏のある地形と豊富な雨量のおかげで水力資源は豊富であるが、利用可能な水力資源の内の8.2%しか開発されていない。一方国内には経済的に開発可能な化石燃料は存在せず、全て輸入している。しかし、地熱資源は既開発のMiravalles地点(110MW)を含め約1,200MWの地熱源が調査されており、有望地点としてTenorio火山(90MW)が選定された。

## 2.6 運輸・通信

Costa Ricaの重要な役割を果たしている輸送手段は道路であり、総延長35,541kmのうち、国道は7,341kmで、残りの79%が地方道である。陸路のほかには首都San Joseの国際空港と、太平洋側のCaldera港および大西洋側のMoin港が国際港湾としての重要性を増している。

通信手段としての電話回線数は約500,000回線に達し、1994年より増強され、電話加入者の増加に対応出来る態勢となった。

### 第3章 計画地域の一般概況

#### 3.1 位置およびアクセス

計画地域は、首都 San Jose から直線距離で約50kmに位置する。行政区は、上流が San Jose 県にあり下流が Puntarenas 県に属している。

現地へのアクセスも2通りのルートが考えられ、上流のダム地点へは、San Jose から4号線沿いに南下し San Pablo, San Marcos へ至るルートおよび2号線 (パキタ川) から Santa Maria, San Marcos を経由し到達する。一方下流の発電所地点には、San Joseから西方に11号線を経て Orotina から南下し太平洋の海岸線沿いに Jacoビーチから Quepos に到達するルートがあるが San Jose-Quepos間は140kmあり、いずれも車で3時間を要する。

ダム地点は San Marcos を、発電所地点は Quepos を拠点とするのが便利であり、この間の連絡通路は砂利道の一部公道と I C Eの調査用道路で結ばれている。Quepos から Naranjo 川沿いに平坦な砂利道があり水位・流量観測所地点 Londres に至るまでは雨期でも支障なく到達出来る。また発電所へのアクセスはPaquita 川への分水嶺の山岳地帯を通過する道路で結ばれており、Quepos から約1時間を要する。発電所地点からダム地点までは、山岳地帯の急坂の調査用道路で、雨期には4WDでも通行が困難な箇所がある。この間車で2時間を要する。

#### 3.2 自然環境

この地域の山地は森林に覆われているが、Naranjo川流域には、北東部に一部森林保護区が設けられている他は、特に保護されている地域は無い。ダム予定地点より上流域は地形が急峻であるが、発電所地点から下流域は平坦な地形を呈している。流域内の北西部地域は古くからコーヒーの栽培や牧畜が営まれており、裸地となった地域がかなり見受けられる。そのため、支流であるNaranjillo川は雨期になると浮遊砂により濁り川の状態を呈し、下流に影響を及ぼしている。

一方Naranjo川下流域の河口部の一部右岸側が、Manuel Antonio国立公園として保護されており、Queposの岩礁及び海岸線を含めてリゾート地となっている。河口部の左岸側は、Naranjo川よりもSavegre川の影響により一変した平坦な地形を形成しており、古くから、アフリカ椰子の栽培が盛んでその外側の海岸線に至る滞水域にはマングロー

ブが成育している。

### 3.3 社会環境

計画地域内には大きな町はなく、川沿いの高所に牧畜を主とする小部落が点在している。唯一 Naranjo 川が緩行し平野部に入る地点に集落を形成している Londres 部落がある。前述の拠点となる San Marcos, Quepos の町は、流域外ではあるが、公共設備が整っており、Quepos には地方空港がある。特にこの海岸線にはホテルやレストランの設備が整い国立公園と共に、観光地となっており、訪れる人も多い。

下流域の主たる産業は、椰子油の生産が挙げられる。アフリカ椰子の成育適地は地下水位の高い平地とされており、Naranjo 川の左岸側と Savegre 川の右岸側に形成された扇状地に栽培されている。また、河口部の低地に掘込みプール型の海老の養殖池がある。

### 3.4 環境保護

近年、個別の開発案件が周辺地域に及ぼす自然環境と社会環境への影響に付いて高い関心が寄せられ、開発地域の自然、社会環境と共存可能なものとして計画されることを求めている。環境への配慮は本来、その国における法制度に沿って行うべきものであるが、コスタリカ国においてはまだ一定のガイドラインが確立されていない。環境影響評価は、可能な限り計画の初期の段階において十分な調査を実施し、その成果を開発計画に反映されなければならない。

本調査においては、初期環境調査（IEE）を実施し、この調査でより必要と判断される環境配慮について環境影響評価（EIA）を行った。本調査は資料収集、現地調査などをICEの協力により実施し、IEEとEIAについてローカルへの委託業務とした。これらの調査結果に対して環境影響の調査、予測及び評価を行い、環境保全目標の設定や環境影響を回避軽減するための対策の提示を行った。

## 第4章 電力事業の現状

### 4.1 供給設備の概要

1995年1月時点の発電設備容量は1,177.8MWで、その内1,103.5MWがICEで残りは他の電力会社所有である。

Table 4-1 に会社別、発電方式別の発電設備容量を示す。総発電設備の74.1%は水力で残りの25.9%は火力である。(火力発電には55MWのMiravalles地熱発電所を含む。)

### 4.2 送電システム

送電システムは北はPeñas Blanca (Nicaragua 国境) から南はPaso Canoas (Panama 国境) まで連系されている。

電圧は230kVと138kVが使用され、その総延長は1,583.9km (230kV 送電線 880km、138kV 送電線 703.9km) である。

Fig. 4-2 に全国電力系統図を示す。Table 4-2 に送電線設備を示す。

### 4.3 配電システム

1994年12月現在では全電力会社の電力需要は4,204GWhで電化率は93%、配電線長は20,794kmである。

その内訳は次表の通りである。

Company	Length (km)	No. of application	Consumption (GWh) of Energy
ICE	12,002	332,892	1,562
CNFL	2,107	317,904	1,988
ESPH	262	34,410	158
JASEC	818	46,670	230
COOPE GUANACASTE	2,381	26,614	94
COOPE LESCA	1,832	31,134	119
COOPE SANTOS	1,177	20,256	42
COOPE ALPARO	215	3,848	11
Total	20,794	813,727	4,204

#### 4.4 電力需要の現状

1994年の国内電力消費量は 4,204GWhでその内訳は次の通りであった。

家庭用	1,915 GWh	( 45.6 %)
一般 (商業及びバス)	888 GWh	( 21.1 %)
工業	1,284 GWh	( 30.5 %)
街路照明他	117 GWh	( 2.8 %)
計	4,204 GWh	( 100.0 %)

Costa Ricaの電力市場は堅調に伸びており、1985年から1994年にかけての電力消費の伸びは年平均 5.8%とかなり高い伸び率であった。尚、同国の電化率は1994年において92.7%と中米においては高い数値となっている。

#### 4.5 電気料金

1995年2月における ICEおよび配電会社の平均電気料金は次の通りとなっている。

家庭用	12.00	¢/kWh
一般	19.20	¢/kWh
工業 大	14.80	¢/kWh
小	17.20	¢/kWh
工事用	27.50	¢/kWh
公共	4.60	¢/kWh

## 第5章 電力需要想定および電力供給計画

### 5.1 電力需要想定

コスタリカの電力需要は第4章でも述べている様に、1985年から1994年にかけては年平均5.8%とかなり高い伸び率であった。

Table 5-1 に1980年から1994年までの Costa Rica におけるGDPと電力需要及び人口の伸びの実績を示す。今後もこの程度の成長率で継続して伸びていくものと考えられる。

#### 5.1.1 ICEの需要想定

ICEは将来の需要増に対応して電源開発計画を作成するため独自で需要想定を行っている。

ICEの需要想定はセクター別（住宅、工業、一般）に契約者数および契約者の電力使用実績より需要を予測する方法で、1995～2015年間の需要想定を作成している。

ICEが作成した需要想定結果を Table 5-2 に示す。

#### 5.1.2 調査団の需要想定

ここで採用するマクロ手法は1人当たりの電力消費と経済成長率との相関性に注目してマクロ的に電力需要を行う方法で、「Method of Long Range Demand Forecast of Energy for Developing Countries from World-Wide Stand Point, BPDC Sep. 1985」によった。

本手法によるマクロの需要想定結果を Table 5-3 と Fig. 5-4 に示す。

#### 5.1.3 需要想定結果の比較

ICE作成の想定値（Base）に比べて全体的に大差のない値となった。

Los Llanos発電所運開予定の2005年近辺に於いても、ほとんど差がなく両想定は比較的一致していると言える。

## 5.2 電力供給計画

### 5.2.1 供給計画

ICE作成の1995年から2015年までの電源開発計画を Table 5-4 に示す。

この開発計画はLOGOS (Logiciel du Gestion Optimal du System Electrique) という、最適電源開発プログラムを用いている。

### 5.2.2 調査団の電源開発計画

電源開発計画の検討にあたっては、基本的にICEの電源開発計画をベースに検討した。

検討の結果、需要が予想通り伸びるものと仮定するならば、kW及びkWhバランス上 Los Llanos 水力計画は不可欠である。然し、物理的な開発スケジュールから考えて、Los Llanos水力発電所の運開は早くて、2005年又はそれ以降と考えられる。このため、当水力発電所の開発が2005年以降にずれ込んだ場合、kW及びkWhバランス上非常にきびしくなる。この場合には適当な代替の発電設備が必要となる。

## 5.3 最適電力開発計画

検討の結果、Los Llanosは2005年に運転開始すべきとの結果を得た。(Table 5-8 参照)。この結果はICEがLOGOSを使用して検討した結果と一致した。

然し、2015年までの長期開発計画においては、ICEの開発計画を若干変更し、2006年に72MWのベース火力を追加した。これ以外はICEの開発計画と同じ結果となった。

## 第6章 気象および水文

### 6.1 気象の概要

計画流域付近の季節はおよそ12～3月の乾期と4～11月の雨期に分けられるが、最も降雨量の少ない2月においても30～120mm/月程度あり、雨期の10月においては600～1,000mmに達する。これは雨期の太平洋側からの貿易風と流域を構成する山斜面とが原因でもたらされる地形性降雨 (orographic regions) によるものであるが、流域内で洪水を引き起こす豪雨は大西洋側からのハリケーンによる非地形性降雨 (non-orographic regions) である。年間降雨量はダム計画地点の流域で約6,200mm/年と世界的にも多雨地域と言える。

気温は年間を通して差は少なく、平地部で日平均気温は25℃～27℃、日間の気温差は10℃～12℃前後である。相対湿度は多雨地帯であるため、月平均で乾期においても70%、雨期では80～90%に達する。

### 6.2 Los Llanosダム計画地点流量

ダム計画地点の流域面積は147.0km<sup>2</sup>でNaranjo川の中流に位置する。流量データは、Los Llanosダム地点で1993年2月より日流量資料が整備されているが、観測期間が短いため、ダム計画地点の下流約15kmにあるLondres 測水所の観測資料を用いて、両者の相関性より算定した。

その結果、両者間の相関係数は日流量単位でも0.95と高い値を示した。この相関式を用いて、1971年5月から1994年4月までの23カ年の流量を算定した。なお、1993年2月以降は実測値を用いた。その結果の概要は以下のとおりである。

年間平均流量	15	m <sup>3</sup> /s
最大月平均流量 (23ヶ年10月平均)	27	m <sup>3</sup> /s
最小月平均流量 (23ヶ年3月平均)	4.3	m <sup>3</sup> /s
95%保証流量	3.91	m <sup>3</sup> /s

### 6.3 その他地点流量の算定

本スタディーでは、発電計画地点の流量以外に主に環境評価に用いる幾つかの地点流量を把握する必要がある。

算定方法はLondres測水所を基準とし、流域の降雨分布を考慮した流域面積比を用いて算定した。



(1) Naranjo川下流農業用水取水地点

	完成前	完成後
年間平均流量	28 m <sup>3</sup> /s	14 m <sup>3</sup> /s
最大月平均流量 (23ヶ年10月平均)	58 m <sup>3</sup> /s	32 m <sup>3</sup> /s
最小月平均流量 (23ヶ年 3月平均)	5.8 m <sup>3</sup> /s	1.6 m <sup>3</sup> /s

(2) Naranjo川河口地点

	完成前	完成後
年間平均流量	37 m <sup>3</sup> /s	22 m <sup>3</sup> /s
最大月平均流量 (23ヶ年10月平均)	75 m <sup>3</sup> /s	49 m <sup>3</sup> /s
最小月平均流量 (23ヶ年 3月平均)	7.6 m <sup>3</sup> /s	3.3 m <sup>3</sup> /s

(3) Paquital川発電所地点

発電所計画地点はNaranjo川の北西側に隣接するPaquital川の上流部に位置する。

Paquital川の流域面積は179km<sup>2</sup>であり、発電所地点の流域面積は24.5km<sup>2</sup>である。

	完成前	完成後
年間平均流量	3.7 m <sup>3</sup> /s	18 m <sup>3</sup> /s
最大月平均流量 (23ヶ年10月平均)	7.5 m <sup>3</sup> /s	33 m <sup>3</sup> /s
最小月平均流量 (23ヶ年 3月平均)	0.8 m <sup>3</sup> /s	5.0 m <sup>3</sup> /s

## 6.4 洪水解析

ダム設計洪水量は可能最大洪水量 (Probable Maximum Flood) を採用した。計画流域における豪雨はハリケーン性の降雨であるのでPMP算定において非地形性降雨として取扱う方法とした。

その結果、計画ダム地点におけるPMFは1,590m<sup>3</sup>/sと算定された。これは10,000年確率洪水量 (1,540m<sup>3</sup>/s) に相当する。

計画ダム地点PMF : 1,600m<sup>3</sup>/s

## 6.5 堆砂

本計画は総貯水容量が約1.5百万m<sup>3</sup>と小さく、構造および運用面からも堆砂され難いものとなっている。すなわち、洪水吐ゲートのクレスト頂は利用水位以下であり、流入土砂が多い洪水時にはゲートから洪水と共に排出される。

また、本調整池の水位変動は日間で大きいため、湛水池内と言えども河川状態となる頻度が高い。そのため、常にフラッシング効果が期待出来る。

本スタディでは、これまでにICEが行った観測、分析および解析の結果を用いて、貯水池の堆砂を推定した。

その結果、基本案については後述する捕捉率 (trap efficiency) の項で恒久的な堆砂は無い事が判明した。

## 第7章 地質および建設材料

### (1) 計画地域の地形、地質概要

本計画地域は地形的には壮年期の急峻な斜面と鋭く切れ込んだ谷とか沢の多い山岳地帯に位置し、地質的には中生代ジュラ紀から古第三紀始新世にかけての堆積岩類分布地にある。

本地域の基盤岩は堆積岩類のうち主に礫岩、部分的に砂岩、そして極く局部的に泥灰岩からなっており、それらの節理面の走向はNW-SE性、傾斜はNE方向を示し、全体としてあまり明瞭な褶曲構造を伴っていない。また、本地域内では顕著な断層構造は認められない。これら基盤岩類は部分的に第四紀堆積物に直線覆われているが、これら第四紀堆積物の分布に関して土木地質的観点から特記すべきものはない。

### (2) 主要構造物地点の地質および土木地質的評価

本計画地点のダム地点は、以前からNaranjo川沿いに3地点（上流、中流および下流ダム地点）が候補にあげられていたが、このフィージビリティ・スタディで下流地点が最も有利との検討結果が示された。ここではダム地点は下流ダム地点を意味する。

ダム地点の基盤岩は全体に塊状で堅硬、緻密な礫岩からなり、高さ60mクラスのコンクリート重力ダムの基礎岩盤として十分な岩盤力学的性状を有しており、また水理地質的にもほとんど問題がなさそうであることがこれまでの調査でも判明している（Fig. 7-2 と7-5 参照）。

貯水池地域についてもその保水性、および貯水池をとりまく周辺斜面の安定性の面では特に地形的、地質的に問題ないことが明らかにされている（Fig. 7-2 参照）。

取水口地点はNaranjo川の右岸側のかなり急な斜面上に位置するが、その斜面は地形的には安定しているように見受けられる。またその基盤岩は礫岩で構成される可能性が大きいが、これまでの調査結果では土木地質的に、特に問題となるような条件は見出されていない（Fig. 7-2 参照）。

導水路トンネルはNaranjo川とPaquita川の分水嶺をなす山体の地下を通過するルートが今回のスタディで提案されている。そのルート沿いの地域には主として礫岩が、一部に砂岩が分布していること、空中写真判読による3条のリニアメントがトンネルルートと交差していること、基盤岩類の地質構造に大きな変化を与えるような断層は見出さ

れていないこと、等がこれまでの調査で明らかにされている。

土木地質的にみると、本トンネルは、トンネル被りが100m以下の区間では部分的に風化岩盤と、またところによっては小規模な断層と遭遇するかもしれないが、大部分の区間では堅硬な基盤岩中を通過する可能性が大きく、あまり致命的な問題はなさそうに思われる (Fig. 7-9 参照)。

調圧水槽地点は地形的には尾根筋に位置し、その周辺部では基盤岩類の露頭が無いので、本地点の地質的性状は未確認ではあるが、基盤岩は礫岩である可能性が大きい。今のところ詳しい地質的データは無いが、本地点の地形的、地質的条件からみて調圧水槽の建設にとって致命的な欠陥は無さそうである (Fig. 7-8 と7-9 参照)。

水圧管路は当初、地上に設けるルートが計画され、それに対する調査が実施された。その結果、当ルートの基盤岩は主として礫岩で構成されること、その礫岩の表面部はかなり風化が著しいこと、従って、水圧管路の支持台の基礎は相当深くする必要があること、が判明した。一方、この礫岩は地下深部では非常に良好な岩質であることから水圧管路を地下式 (トンネル式) にすることが検討された。最終的に、本プロジェクトの水圧管路はトンネル式とすることが土木施工技術とコストの両面から最も有利であるとの結論が出され、その結論は地質的にも地質工学的にも妥当であると思われる。(Fig. 7-8, 7-9, 7-10, 7-12参照)。

発電所地点はPaquitall川の左岸側、川沿いに形成された河岸段丘面が山体斜面にアバットとする部分に位置する。本地点では厚さ最大7~8mの段丘堆積物が基盤岩の礫岩を覆っていることが明らかになった。発電所基礎岩盤としては上記の段丘堆積物は掘削除去されるべきである (Fig. 7-13と7-14参照)。

以上の通り、本プロジェクトの主要な土木構造物地点の地形、地質および地質工学的条件はこれまで明らかにされた限りでは、今回のフィージビリティ・スタディにより提案された各種の土木構造物の建設に対して何等重大な問題点を提起するものではないと結論づけることができる。

### (3)建設材料に関する土木地質的評価

本プロジェクトはコンクリート重力式ダムが提案されていることから、建設材料としてはコンクリート骨材の供給地の確保が最重要課題である。

ICEは以前からコンクリート骨材採取候補地点として発電所地点付近のPaquita川の河床砂礫とダム地点および貯水池地域の周辺部の基盤岩類を対象に調査を行ってきた。今回のフィージビリティ・スタディで上記の各地点における調査結果を評価した結果、貯水池地域の主流側、Quebrada Azul地点が有望であることが判明した。

Quebrada Azul地点では堅硬、緻密な岩質をもつ砂岩が分布しており、それはコンクリート骨材として質的には申し分がない。しかし、本地点はダム地点からの距離が流路沿い約6 kmとやや遠いことから今後はダム地点により近い場所での追加調査の必要性が指摘される(Fig. 7-15 参照)。

## 第 8 章 地 震

環太平洋地震帯の中に位置するCosta Rica国では、これまでに幾度となく地震災害が発生している。1990年から本計画域内(90km)で発生した地震の最大マグニチュードは7.3である。また地震の形態を、プレートの沈み込み境界で発生したプレート地震と、内陸の地震断層で発生した内陸地震とに分類すると、いずれもプレート境界地震であることが分かる。

Costa Rica国周辺に分布するプレート群の相対移動速度は比較的速く、約9cm/年程度と報告されている。したがって、100年間の相対変位量は9mとなり、プレートはこうした相対変位量に耐えることができず、100年あるいは200年といったオーダーでプレート境界の巨大地震が発生すると考えられる。このことから、プレート境界で発生する巨大地震について、歴史地震データに着目することにより、合理的に予測評価することが可能であると判断できる。

一方、内陸に分布する活断層の変位速度は、非常に速いものでも数m/千年程度である場合が多く、被害を及ぼすような直下地震は千年あるいは万年のオーダーで発生するものと考えられている。したがって、歴史地震に基づく統計確率的地震危険度評価では、内陸の直下地震を適切に評価することは難しい。また、内陸で発生する直下地震は、一般的にプレート境界で発生する巨大地震よりは、その規模は小さく、マグニチュードは7前後と考えられている。

この章では歴史地震に基づき4つの式でLos Llanos地点における最大加速度を統計確率的に推定した。その結果をTable 8-7に示す。

このように適用する地盤条件により、想定される最大加速度の値は異なった結果になるが、Los Llanos地点に関しては、Costa Rica国の地震活動度が基本的に高いことから、今回得られた結果を包括するような値、すなわち300galを想定した。この値は、統計確率解析の結果の上では、概ね再来周期10,000年に対応する。

### 計画地点における地盤の設計水平深度

地震動の水平最大加速度と設計水平震度との関係については、地震動によって励起される地盤・構造物内の応力の大きさが、動的な取扱い(動的解析)と静的な取扱い(設計震

度を用いた静的解析)をした場合とで等価になるように考案された式によって算出する。  
その結果を下記に示す。

ダム型式	ダムの設計水平震度
フィルダム	0.15
重力式ダム	0.15
アーチダム	0.30

## 第9章 開発計画

### 9.1 最適開発計画

Naranjo川の開発計画はこれまでの検討で、次のとおりとなる。

- Los Llanosプロジェクトのレイアウトは Fig.9-13 のとおりとなる。
- 高さ62mのゲートタイプのコンクリート重力式ダムを下流軸に Fig.9-14 のとおり作り、日間調整ができるように  $653 \times 10^3 \text{ m}^3$ の有効貯水量を有する。
- ピーク継続時間は5時間とする。
- 最大使用水量は Fig.9-15 より  $27 \text{ m}^3/\text{s}$ とする。
- Paquita川の左岸に42.5MW 2基の水車発電機を有する発電所を設置する。
- この計画により生ずる African Palm の収穫減を補償するための費用をプロジェクトコストに入れる。

最適開発計画のプロジェクトの概要は以下のとおりとなる。

満水位	EL. 477.4 m	
低水位	EL. 470.0 m	
有効貯水量	$653 \times 10^3 \text{ m}^3$	
放水位	EL. 84 m	
総落差	389.7 m	
有効落差	359.4 m	
最大使用水量	27 $\text{m}^3/\text{s}$	
設備出力	85 MW	
保証尖頭出力	82.7 MW	
年間発生電力量	389 GWh	
一次電力量	107 GWh	
二次電力量	282 GWh	
主要設備		
ダム	コンクリート重力式	高さ 62.4 m × 長さ 114 m
導水路		内径 3.1 m × 長さ 5,540 m
調圧水槽		内径 8.0 m × 長さ 58 m
水圧管路	トンネル式	内径 3.10~1.25 m × 長さ 1,570 m
発電所	地上式	
	フランス水車	



## 第10章 送電計画および系統解析

### 10.1 送電系統の概要

Costa Ricaの送電系統は 230kVにて隣国のNicaragua国、Panama国とも連系され、近隣国との間で電力相互融通が行われている。

国内は230kV及び138kV送電線によって構成され、1995年1月現在、その延長はそれぞれ 880km及び 704kmである。

一方、中米5ヵ国及びパナマを結ぶ、500kV中米連系送電線計画（SIEPAC）が具体的に推進されており、2000～2003年頃には運転開始される予定である。

Fig. 10-1 にCosta Ricaの230kV及び138kV送電系統（2015年予想）を示す。

### 10.2 送電計画

Los Llanos発電所の発生電力は首都圏に送電されるものとする。

#### (1) ルートA案

Los Llanos発電所からSan Rafael (Parrita) 変電所までの送電線ルートは発電所からPaquita川を横断し山岳部を通過してほぼ直線に結ぶ案

#### (2) ルートB案

Paquita川の右岸を平野部まで南下し、SIEPACと平行してSan Rafael (Parrita) に結ぶ案

#### (3) ルートC案

以上の2ルートの他に平野部に出た後から椰子園の中を横断し国道239号線添いにSan Rafaelに向かう案

3ルート案（A, B, C）の比較を次に示す。

	Aルート	Bルート	Cルート
送電線巨長	◎(20km)	○(22km)	△(25km)
山岳部通過	△	○	◎
送電線の交叉	○	◎	△
やし圏の通過	◎	○	△
資材輸送	△	○	◎
保守の容易性	△	○	◎
工事費（Bルートに“1”とは場合）	△ 1.5	◎ 1.0	○ 1.0
自然林・植林地帯の伐採が少ない	△	◎	△
距離が短い	◎	○	△
総合評価	○	◎	△

3ルート（A, B, Cルート）について技術的、経済的面より総合的に検討した結果、送電線ルートとしてはBルートを採用することとした。

巨長は概略22kmである。

### 10.3 I C E系統の系統解析

Los Llanos発電所が運転開始する2005年時点の送電線の熱容量、電圧、短絡電流容量及び安定度のチェックを行った。

#### 10.3.1 電力汐流計算

無効電力調相設備の必要もなく、汐流面でも問題がない。

#### 10.3.2 短絡容量

- Los Llanos発電所の 230kV母線 : 6.8kA (2,700MVA)
- San Rafeal (Parrita) 変電所の 230kV母線 : 8.6kA (3,400MVA)

短絡電流は I E C規格の31.5kA以内に納まっており特に問題は無い。

#### 10.3.3 安定度

検討結果は安定であった。

#### 10.4 結 論

水力計画の送電方法として、これまでの検討結果より送電電圧230kV 2回線案を推奨する。本案の送電線設備は次の通りである。

送 電 電 圧 : 230kV

回 線 数 : 2

巨 長 : 約22km

線種、電線サイズ : ACSR 954MCM 1 導体

## 第11章 フィージビリティ設計

仮設構造物と永久構造物の土木設計と電気機械設計が関連する発電所設備と屋外開閉所も含まれている。

### (1) ダムおよび水路設計

第9章で最適開発計画に基づき、最下流ダム地点内でコンクリートアーチダムとコンクリート重力ダムとの比較設計を行い、重力ダムが最適であるとの結論を得た。また導水路については最も経済的な管径を求め、作業坑の位置と施工法を考慮した工事期間の比較も含めた経済設計を行った。特に水圧管路については明かり案、一部区間トンネル併用案およびトンネル案について、工事費を算出の上比較したところトンネル案が最も経済的であるとの結論を得た。(Fig. 11-7, 11-9, 11-10 参照)

### (2) 発電所および屋外開閉所

開発計画の段階ではPaquita川の左岸、河岸段丘が広がる平坦地のの上流端に選定されていたが、基盤に泥灰岩が存在することや水圧管路がトンネル埋設式となる事から地形に左右されることなく選定できるため発電所位置を再検討し、基盤が礫岩となる上流部に移設する事とし、水圧管路を短くした。

発電設備は、水車タイプと機械台数の検討を行い、2台のフランス水車が最も運用上のメリットが高く、出力、発生電力量共に最大となることから、ICEと協議の上決定された。この基本諸元を基に、水車、発電機、補器類及び配電盤室などを収納する発電所建屋寸法を決定し、水車中心標高をEL 79.5mに設置出来る最も経済的で安全な位置に発電所を選定した。屋外開閉所はPaquita川の左岸に若干の盛土をすれば、発電所と隣接する位置に広い敷地が得られるので、主要変圧器を発電所側に設置し、発電所との間を母線ケーブルで結ぶ配置とした。(Fig. 11-16, 11-17参照)

## 第12章 工事計画および工事費

プロジェクトの運転開始年はICEで計画されている電力投入計画に基づき2005年を目途に検討した。(第5章参照)

建設工事費は下記に示すような条件を想定し積算されている。

- (1) 土木工事のうちアクセス道路及びキャンプ設備はICE自身によって実施されるものとする。
- (2) その他の土木工事、水力機器および発電機器設備工事(送電線を含む)等は、請負業者によって実施されるものとする。

### 12.1 工事工程

工事工程は、この工事規模及びレイアウト等を考慮して最も適切な工事機械で効率良く施工することと、アクセス道路工事および工事中送電線工事を別途に本工事の着手前に施工するという条件で3.5年と見積もられた。一方発電機設備の発注、制作、据え付けを考慮し全体工事行程を考え十分運開年を確保出来る見通しを得た。(Fig. 12-3参照)

### 12.2 工事費

工事費の積算は積算時点を1995年1月とし、工事単価は労務者賃金及び資機材の価格をベースにして、Costa Ricaにおいて現在進行中の本プロジェクトに類似の工事単価と比較・検討の上、国内外の実勢値を参考にして決定した。内・外貨の換算レートはUS\$ = 168 Colones として全てUS\$で表示することとした。

(単位：百万ドル)

項 目	外 貨	内 貨	計
1. 土木工事	34.6	28.9	63.5
2. 水門機器	7.4	1.6	9.0
3. 発送変電機器	24.2	3.1	27.3
4. 送電線工事	3.2	1.0	4.2
5. 直接工事費 (1+2+3+4)	(69.4)	(34.6)	(104.0)
6. 技術・管理費	2.1	17.1	19.2
7. 補償費	0.0	0.7	0.7
8. 予備費	7.2	6.3	13.5
9. 間接費	9.3	24.1	33.4
10. 工事費 (5+9)	(78.7)	(58.6)	(137.3)
11. 建中利子	14.4	0.0	14.4
12. 総事業費	93.1	58.6	151.7

## 第13章 環 境

### (1) 環境の保護

計画地点は、Dota森林保護地域に隣接しているが、その中には含まれない。

計画河川のNaranjo川の河口には保護対象とされる国立公園とマングローブ域が隣接している。またPaquita川の水が一部流入するQueposのマングローブがPaquita川の河口の近くにある。このため、環境を考慮した施設とその運用が図られる。

### (2) 水 文

計画の実施によって、Naranjo川の一支流であるNaranjillo川との合流点の直下流のLos Llanosダム地点から最大 $27\text{ m}^3/\text{sec}$ の水が地下トンネルによって隣接のPaquita川に転流される。過去、23年間のNaranjo川のデータを基にした水量の将来予測変化によれば、河口域での月平均流量の最低値は3月に現れ、 $1.7\text{ m}^3/\text{sec}$ となり、Paquita川では最大 $27\text{ m}^3/\text{sec}$ の水が増加する。

Paquita川の中流では過去、ハリケーンなどの豪雨時に洪水が発生した経緯がある。本計画では、洪水防止対策として豪雨時にはPaquita川への転流を中止するなどの運用での環境保全対策が実施される。この河川の海岸域では、過去から浸食と堆積による地形変化が著しく認められている。その要因は河川自身のものではなく、外海と入江間の水の相互作用と外海の大きな物理エネルギーの作用によると見られている。このため、計画の実施に先立ち、国土保全に関する諸機関による対策の実施が急務とされる。

両河川の水質は、雨期の増水に伴い特に濁りが増加する特徴があるが水質は清浄であり、かつ、本計画での貯水池は小規模で水の交換時間も極めて小さく、貯水池の水質の富栄養化などの問題を含めて汚濁の危惧はない。

Naranjo川下流域の地下水位の変化に関する調査によれば、地下水位は乾期においても浅い所にあり、著しい水位の低下は認められていない。また、海岸地点での塩水化も大きくはない。計画の実施は、乾期の河川水量も減少させるが、短期間内で最低の $1.7\text{ m}^3/\text{sec}$ を河口で維持する事、またモニタリングの実施によって、生物の生息環境および地域の産業へ与える重大な影響は軽減される。

### (3) 地形・地質

計画地点には特に学術的に貴重で保護を必要とする地形や地質は見られない。

### (4) 土 壤

計画地点に分布する土壌は、緻密であるが透水性が大きくエロージョンを起こしやすい特徴をもっている。このため、工事に関しては、法面の保護や濁水対策の充実が求められる。

### (5) 水生生物

Naranjo川とPaquital川には多くの水生生物が生息しているが、貴重な種類は見出せない。Naranjo川の河口に隣接するマングローブ域の環境保護を目的とする調査によれば、計画実施によっても淡水や栄養素の供給、水の流動に重大な影響はないと判断される。地形上の保全対策として、ダム施設に工夫を加え、かつ運用によって上流からの土砂の供給が考慮されている。

また、河口および浅海に生息する生物に対しても、河口の汽水域が保護されるので重大な影響は生じないと考えられる。

Naranjo川河口の南に広がるSavegre海岸には海洋動物のウミガメが来遊すると言われている。この動物に対する一般的な環境影響は、主に海岸の観光開発、海岸の汚染にあると言われている。当計画は直接それらの関係するものではない。

### (6) 陸上動・植物

この地域には多くの動物や植物が分布している。計画地点のうち、貯水池とダム地点には貴重な植物が見られるが、計画の湛水池域が小さくその面積(10ha)のうち、約35%が河川敷であり、直接水没する貴重な植物群生落は無い。しかし貴重種については、計画実施に伴って分布域の確認調査を行って、必要に応じて移植や増殖などの実施が求められる。動物にも貴重な種類の分布がみられるが、施設による土地の専有や工事区域の設定などによって生息域は若干、縮小されるものの、動物類は移動性を持つことから長期にわたる重大な影響は生じないと判断される。



(7) 景観的価値の高い場所およびレクリエーション地域

計画地点は山間地にあり、特に貴重となる景観はない。また、住民の利用する道路からの視角に貯水池やダム施設は含まれない。かつ、計画地点はレクリエーションの場としての利用もない。

(8) 騒音、振動

計画地点は山間地にあり、騒音や振動の発生源はない。工事による騒音や振動に対しては、動物等への影響があるが、一次的であることから、重大な影響はないと判断される。人口は極めて少ないが、住民に対しては騒音や振動を発生させる工事の夜間実施について留意すべきである。なお、工事地点の住民は、移転補償とともに予め対策が図られる必要がある。

(9) 人口

計画地点には小さな集落が少数分布するが、計画の実施に伴って直接影響を受ける工事地点の人口は100人未満である。Naranjo川の流域の主な集落の人口の合計は約28,000人であるので、移転などで影響を受ける人口の割合はその1%未満となる。この移転については十分な協議によって補償を講じることが必要である。

(10) 産業・経済

計画地点の大部分は山間地にあり、そこでは伐採によって得られた斜面の牧草地で家畜の飼育が小規模に行われている。この地域の産業は、流域の上、中、下流で内容が異なる。すなわち、上流では伐採跡地での家畜の飼育が主体であるが、近年、コーヒー栽培が増加している。中流では平地での家畜の飼育、下流では大規模なPalmの栽培と稲作や花卉栽培などの第一次産業が主体を占め、次いで中・下流域での観光産業を主体とするサービス産業の構成である。

施設計画で唯一抵触する発電所予定地点には、家畜の飼育とAchote等の極めて小規模な個人経営の農業があるが、工事での土地の取得に伴い所有者には補償される。この地域の主産業はPalm産業であり、当計画の実施はそれらの産業に対して大きな影響は与えない。

## 01 収入・失業

計画地域の住民の収入の基盤は、個人経営での小規模農業、大規模農場での給与労働などであり、出稼ぎにより現金を入手する人たちも多く、Costa Ricaでも極めて貧しい地域であるといわれる。最近の調査によれば、地域のインフラ施設の充実とともに雇用など経済状態の向上のための産業基盤の育成が求められている。

本計画は、この地域の住民を優先して工事関係に雇用すること、計画の実施によって得られる医療施設、インフラ施設などの付加価値を地域に与えることによって地域振興の一環として位置づける必要がある。

## 02 土地利用

計画では合計56.6haの土地の取得が必要である。この土地の構成は、山林、Meadow、Wastelandの3種である。Meadowは家畜の飼育場として利用されている。土地の取得に対しては、所有者への補償が行われるが、それは地域内のMeadowの面積の僅かな部分を占めるのみであり、地域の土地利用に影響はない。下流域のPalm栽培や稲栽培地に対しても影響はない。

## 03 公共施設・サービス

計画地点のうち、コンクリート・ヤード地点に極めて小さな小学校がある。工事道路は出来るだけ既存の道路の拡張整備によって使用されるが、小学校の管理者や新設の道路を含めて土地所有者と充分協議して、移転あるいは土地を取得する必要がある。工事による道路の整備は、この地域内あるいは近傍の地域との安定した交通を確保させる。また、工事関係者への医療施設、家族のための教育施設は地域自治体との協議によって、地域住民への開放、工事終了後の維持によって地域住民の生活環境の向上を促進しうる。

## 04 河川の利用

河川水はNaranjo川の下流の一地点で、一部のPalm栽培地での乾期の灌漑水として利用されている。計画の実施によって、Naranjo川河口では乾期の3月に月平均流量が年間で最低の1.7m<sup>3</sup>/secとなるが、この水量はマングローブ域を含めた河口域の自然環境としての汽水領域の維持にとって重要である。この時の灌漑水の取水地点の流量は23年間をベースにして平均0.67m<sup>3</sup>/secとなる。取水の最大水量は1.8m<sup>3</sup>/secであるので、乾

期の水が不足する期間の長さが年度によって変化しながら一部に現状取水より不足する日が出現する。年度毎の不足する量に対しては、Palmフルーツの生産実績とともにモニタリングを実施して水利用の実績によって補償する必要がある。また、栽培地での水効率的利用化や地下水の一部利用など、Palm栽培者と充分協議し、地域内での水利用の最適化を図って行く必要がある。

Naranjo川の河口のマングローブ域に隣接して、エビ養殖場がある。この池の塩分のデータによれば、Naranjo川の流量の変化と池の塩分の変化には関係は認められず、Naranjo川の減水時にも塩分値は一定に維持されている。

Naranjo川には、中流地点から河口に至る河川を利用する小規模の川下り業や中流の限られた地点での住民の水浴びや釣りなどの利用がある。計画は水量を低下させるが、他方、川下りの可能な時期の拡大があり、また水遊び可能な場の移動はあるものの消失はない。

#### (15) 海域利用

計画河川が流れ込む海域には主に沖合一本釣り漁業が行われているが、沿岸では Savegre 海岸一帯にエビ採捕漁業もある。転流先の Paquita 川と Naranjo 川の間海岸には国立公園があり、沖合 29km の範囲は Naranjo 川河口および Quepos のマングローブ域と共に漁業禁止区域となっている。Naranjo 川の減水によっても河口域の汽水域は乾期においても存在すること、Naranjo 河口に隣接するマングローブ域の環境は保護されること、Savegre 海岸は北上する流れの構造にあること、当地の漁業は沖合漁業であることから重大な影響は想定されない。Paquita 川の水の増加は、淡水の拡散範囲の現状をわずかに広げることになるが、Damas 入江に出入りする漁船の行動の障害にはならない。

#### (16) 観光・レクリエーション

この地域の観光地は、まず第一に Manuel Antonio 国立公園があげられる。観光対象は穏やかな海、景観、水浴、公園の動植物などである。計画の実施によって雨期の濁った Naranjo 川の公園地先への影響の低減がもたらされ、観光資源へ重大な影響が生ずることはない。

07 文化財

計画地点には文化財はない。

08 公衆衛生

当計画は流れ込み方式の貯水池を持つものであり、水の滞留による疾病要因の発生はない。計画の実施によって、地域の医療施設の充実が想定される。

09 総合

以上の結果を踏まえれば、本計画は地域の自然および社会・経済環境に特に重大な負の影響を与えることなく実施出来るものと考えられる。

当計画で必要とする補償額の総計は、 $38,132 \times 10^6$  Colonesと見積もられる。

## 第14章 経済・財務評価

### 14.1 経済評価

#### (1) 経済評価の方法

本計画では「代替設備アプローチ法」を採用した。本計画がピーク対応の発電所となることから、代替プロジェクトについても本計画と同等のサービスを供給しうる火力発電設備を代替プロジェクトとして設定する。本計画の建設費、運転維持費等を費用とし、代替案のそれを便益とし、純現在価値(B-C)、便益・費用比率(B/C) および経済的内部収益率(EIRR)を求めることにより経済評価を行うこととする。

#### (2) 本計画の経済的費用

本計画の初期投資額、運転維持費、設備更新費および Palm プランテーションに対する補償費の合計額を本計画の費用とする。市場価格で積算された上記費用を基に、移転項目を除外し、標準変換係数を適用して算出した。

#### (3) 本計画の経済的便益

本計画では代替設備アプローチ法を採用し、便益として本計画と同等のサービス(有効出力および有効電力量において)を供給しうる火力発電設備(ガスタービンおよび低速ディーゼル)および関連送電線を設定し、その初期投資額・運転維持費・燃料費・設備更新費の合計額を便益とみなすこととした。

#### (4) 本計画の経済評価

評価の結果、いずれの指標を用いても本計画が成立することが判明した。

(Table 14-4 参照)

- ・純現在価値 (B-C) : US\$ 42,389×10<sup>3</sup>
- ・便益費用比率 (B/C) : 1.43
- ・経済的内部収益率 (EIRR) : 20.2 %

なお、本計画の送電計画はピリス水力計画の実施を前提としている。従って本評価結果についてもその前提を条件とする。

## 14.2 財務評価

### (1) 財務評価の方法

本計画の財務評価は、費用として計画を実施するのに必要な建設費、運転維持費、設備更新費を計上し、便益としてその計画が生産する電気の販売収入を計上し、現金割引フロー法により財務的内部収益率 (FIRR) を求め評価する。

### (2) 本計画の財務的費用および便益

本計画の財務的費用は市場価格による初期投資額、設備更新費および運転維持費とする。

本計画の財務的便益は電気料金収入とする。なお、電力料金は大口需要家向け平均売電単価US\$0.059/kWhを使用した。

### (3) 本計画の財務評価

評価の結果、本計画は財務的に健全であることが判明した。(Table 14-5 参照)

FIRR : 12.4 %

## 第15章 今後の調査

本プロジェクトを詳細設計段階から実施段階に移行するには、フィジビリティ調査で提案された主要土木構造物地点の地形、地質などをより詳しく把握する必要がある。

本章では、調査実施が必要であると考えられる、地形測量、地質調査、材料調査、および下流域を対象とした水文調査、環境・補償調査など、新規の追加調査または継続調査について以下に述べる。

### 15.1 地形調査

- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| 15.1.1 工事用道路路線測量        | : 既存地形図 (1/5,000)の補測     |
| 15.1.2 骨材採取地点、工事用仮設備地点  | : 1/1,000 地形測量           |
| 15.1.3 導水路縦断測量 (凹部通過地点) | : Work Adit B より下流250m付近 |

### 15.2 地質・材料調査

本プロジェクトを今後詳細設計段階まで進める為には、各計画地点、ルートおよび建設材料地点について、Table 15-1に示すような追加地質調査工事が必要とされる。

ダムサイト (下流サイト) に於いてはその基礎石盤の耐水処理に関する更に詳しい地質工学データが必要である。

取水口地点でも、その地表面から構造物基礎部までの岩盤力学的特性を確認しておく必要がある。

導水路トンネル・ルートではtunnel rock cover が50m以内の区間に於けるトンネル部分の岩盤力学的特性と水理地質状況を調べるべきである。

調圧水槽地点と水圧鉄管ルートのうち、tunnel rock cover が100m以内の部分ではそれらの土木構造物の周辺岩の岩盤力学的特性と水理地質状況の確認は不可欠であると思われる。

コンクリート骨材の原石山地点をよりダムサイトに近い場所で確保する努力も必要である。

### 15.3 水文・気象調査

#### 15.3.1 気象調査

今回の調査で設置されたNapoles 観測所を含め、実施設計および工事計画に必要な観測網が完備されたので、引き続き観測されるべきである。

#### 15.3.2 流量観測

今回の調査で設置されたPaquita 川の発電所地点測水所を含め、今後の工事計画および運用計画に必要な観測網が完備されたので、引き続き観測すべきである。

#### 15.3.3 地点観測

今後とも環境評価を行う上で、Naranjo 川下流域の地点観測を継続する必要がある。頻度は乾期12月から3月までは毎月2回、その他の月は毎月1回程度が望まれる。

### 15.4 環境・補償調査

#### 15.4.1 社会環境への影響調査

本計画地点の特に下流域は観光客の増加が見込まれる。従ってQueposを中心とする地域の流入住民と雇用機会の調査、および本計画がPaquita 川へ分水することから今後の水利用計画等社会環境へ与える影響が大きいと考えられる項目についての調査を実施する。

#### 15.4.2 公衆衛生調査

病気を媒介する有害動物、有害植物等の調査および住民の健康調査を実施し、発電計画が地域にあらたな公衆衛生問題をおこさせない様発電計画に反映する。



### **List of Figures**

Fig. 4-2	Electric Power System in Costa Rica (2005)
Fig. 5-4	Demand Forecast by ICE 1995-2015
Fig. 7-2	Geologic Plan of Damsite
Fig. 7-5	Geologic Section of Down-stream Damsite
Fig. 7-8	Geologic Plan of Waterway Alignment Route
Fig. 7-9	Geologic Section along Headrace Tunnel Route
Fig. 7-10	Geologic Plan of Penstock Route and Power Station Site
Fig. 7-12	Geologic Section of Penstock Route (Section B-B)
Fig. 7-13	Geologic Plan of Power Station Site
Fig. 7-14	Geologic Section of Power Station Site (Section A-A)
Fig. 7-15	Location Map of Riverbed Deposits Sites and Rock Quarry Sites
Fig. 9-13	General Plan
Fig. 9-14	Los Llanos Dam Plan and Section
Fig. 9-15	Study on Maximum Discharge
Fig. 10-1	Power Transmission System in Costa Rica
Fig. 11-7	General Plan, Profile and Typical Section
Fig. 11-9	Dam Plan
Fig. 11-10	Dam, Elevation and Section
Fig. 11-16	Powerhouse, Plan and Section
Fig. 11-17	Switchyard General Plan and Profile
Fig. 12-3	Construction Schedule

### **List of Tables**

Table 4-1	Installed Generating Capacity
Table 4-2	Major Transmission Lines in Operation
Table 5-1	Basic Data for Demand Forecast
Table 5-2	Demand Forecast by ICE 1995-2015
Table 5-3	Demand forecast by JICA 1995-2015
Table 5-4	Construction Schedule by JICA 1995-2015
Table 5-8	Electric Power Development Plan
Table 8-7	Maximum Accelerations for Six Return Periods
Table 14-4	Economic Evaluation
Table 14-5	Financial Evaluation
Table 15-1	Geologic/geotechnic Investigation Planning



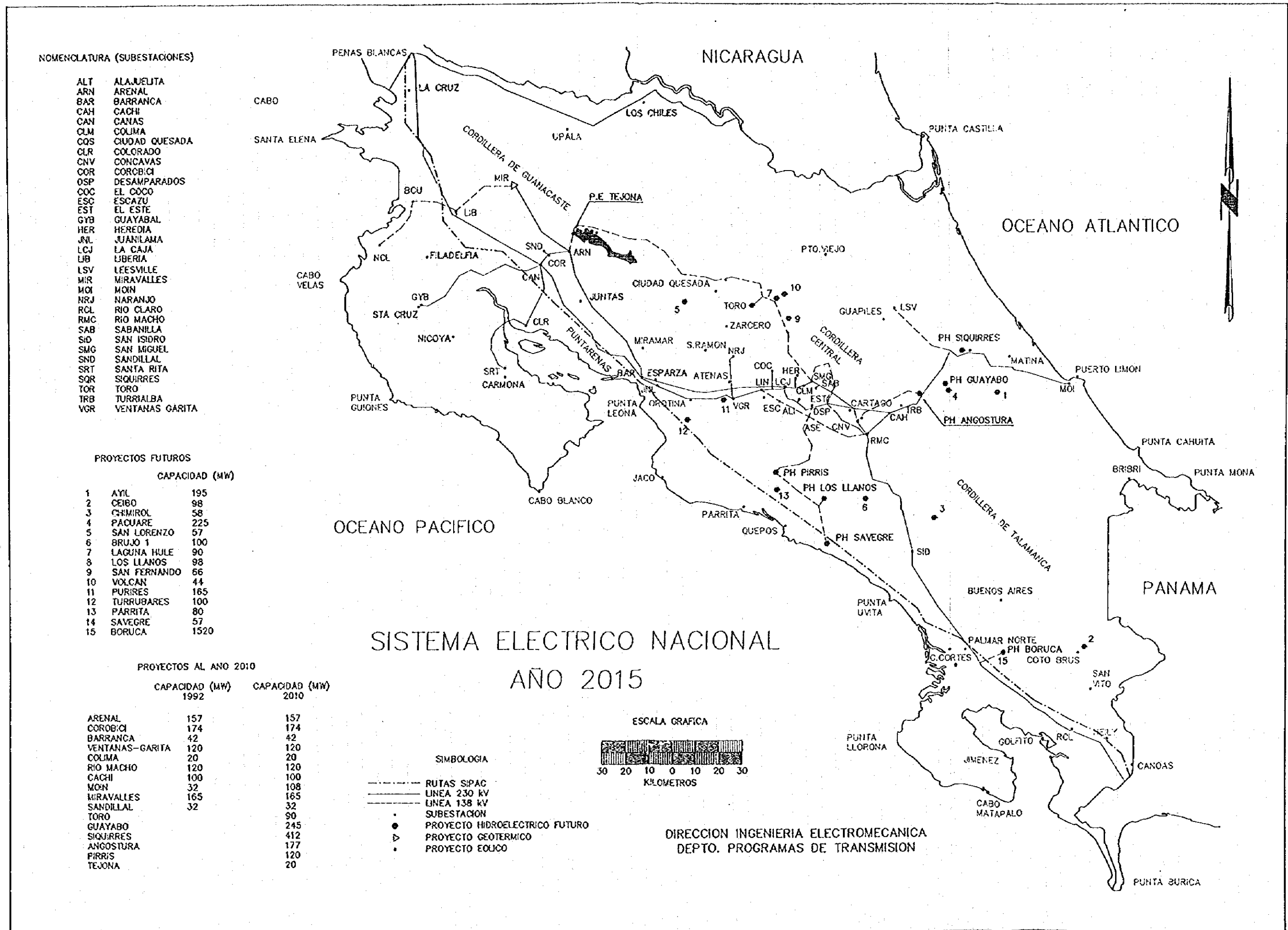


Fig. 4-2 Electric Power System in Costa Rica (2005)

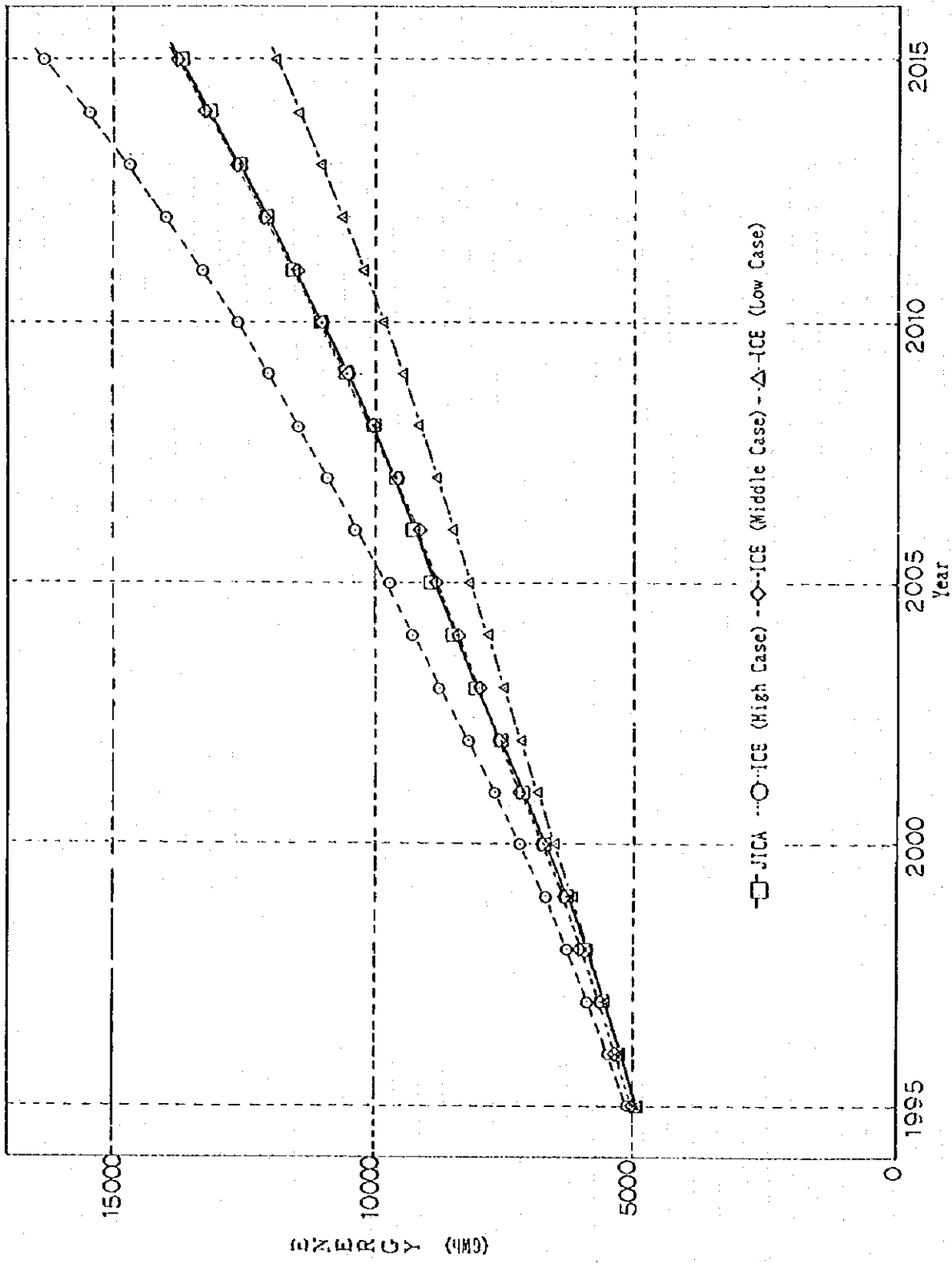
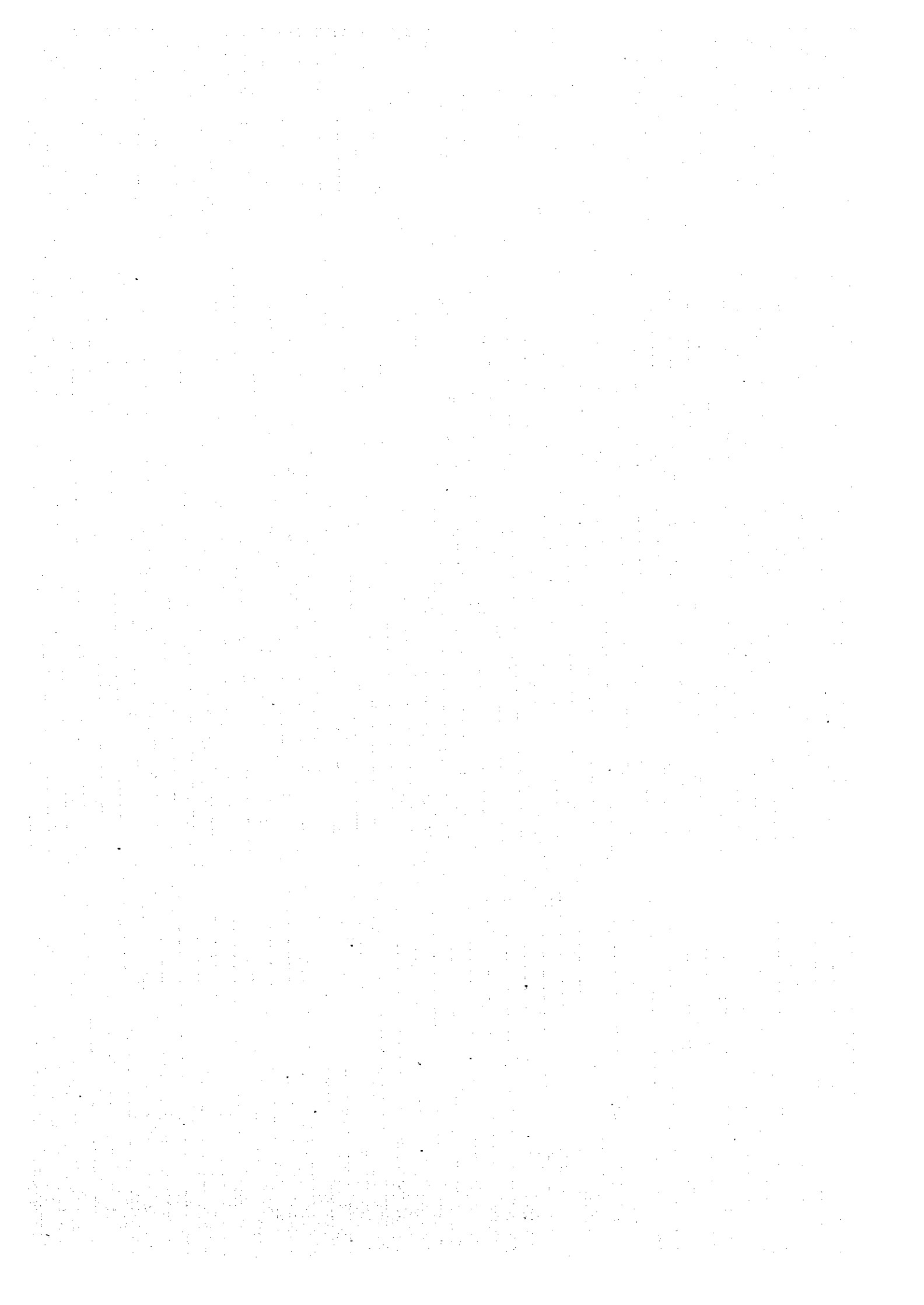
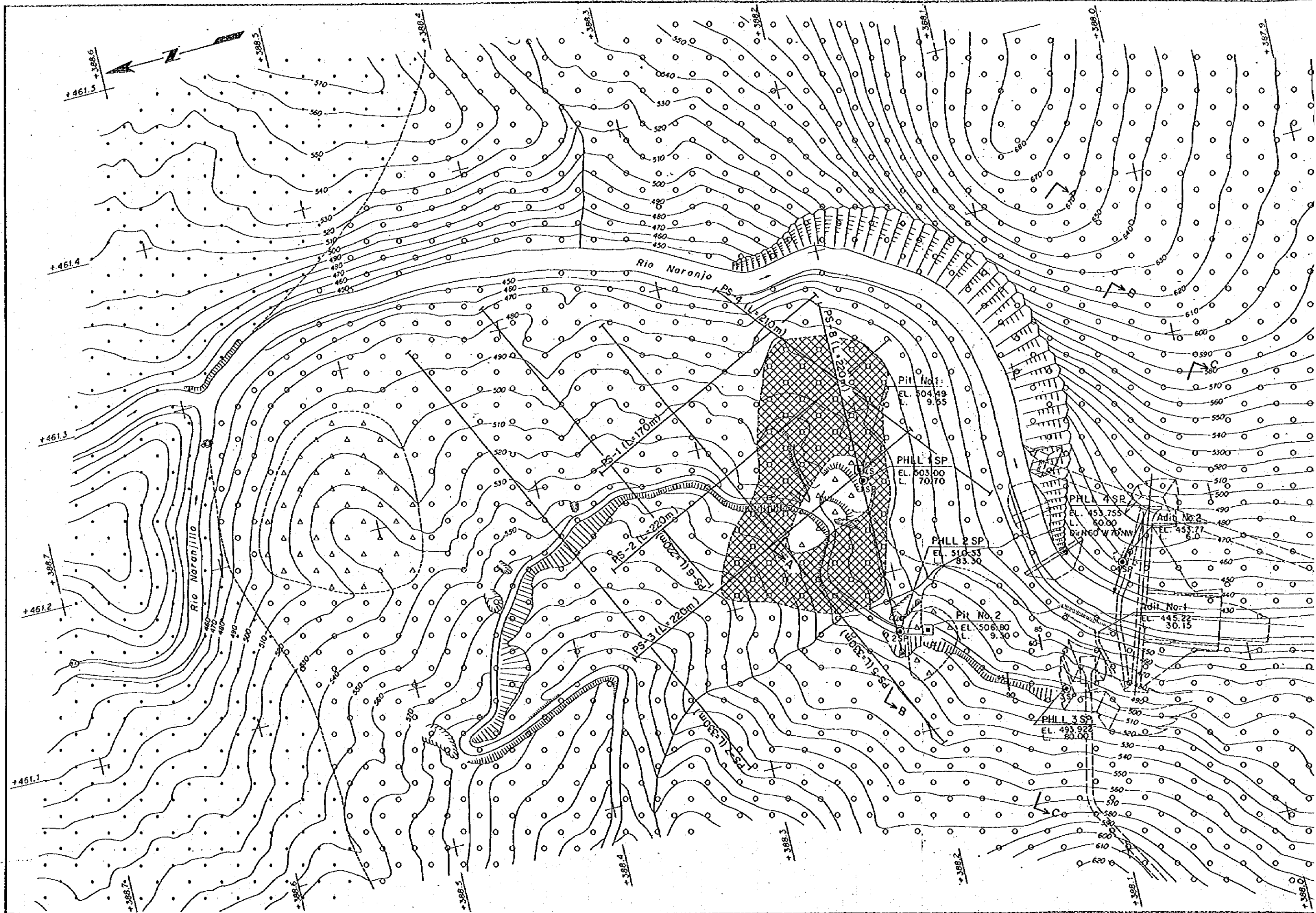
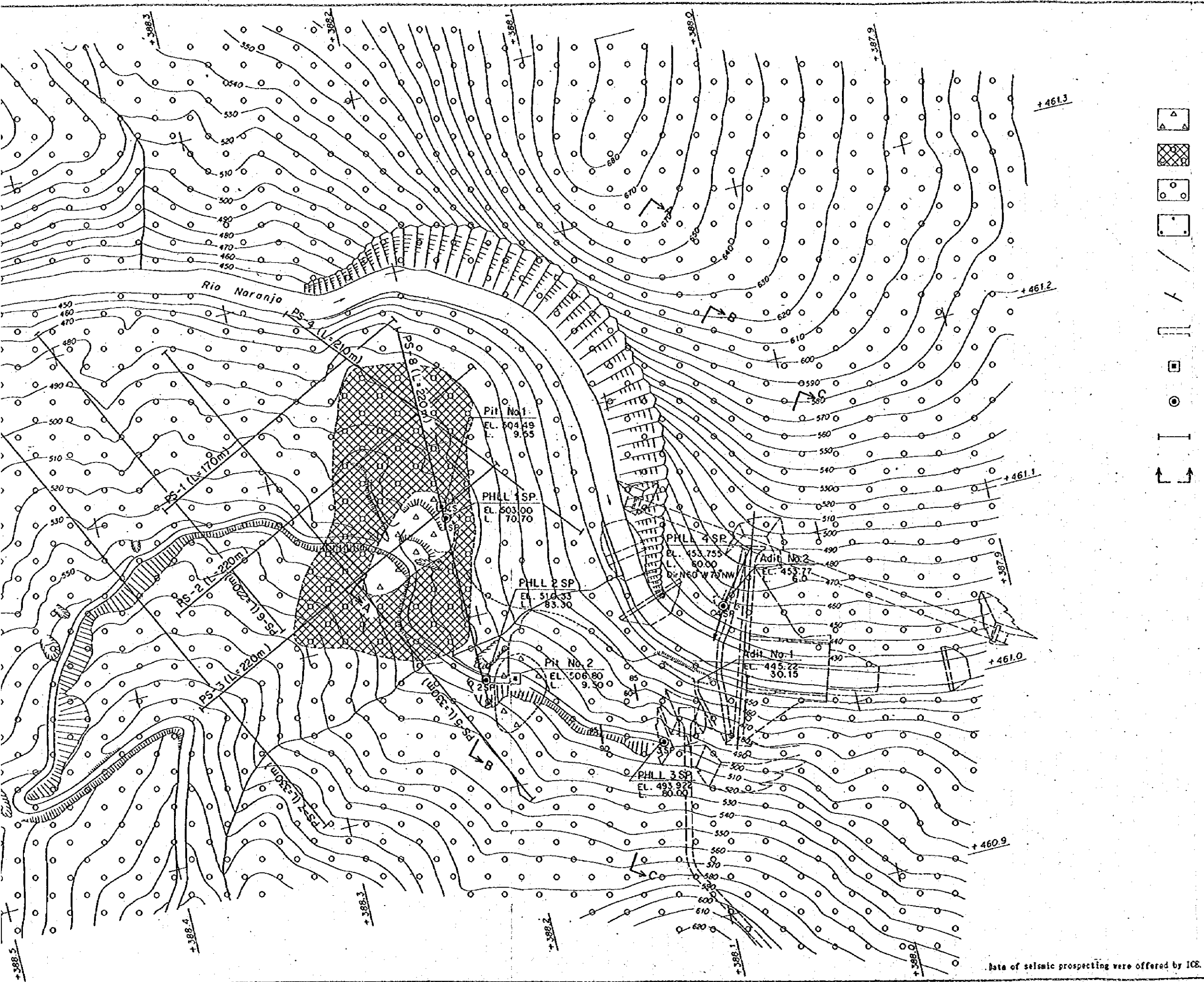


Fig. 5-4 Demand Forecast of Costa Rica 1995-2015

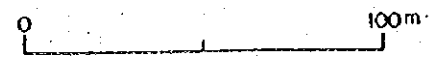






LEGEND

- Talus Deposits
- Conglomerate (Strongly Weathered)
- Conglomerate
- Sandstone
- Geologic Boundary
- Strike and dip of Bedding
- Adit
- Test Pit
- Drillhole
- Seismic Prospecting Traverse
- Geologic Section

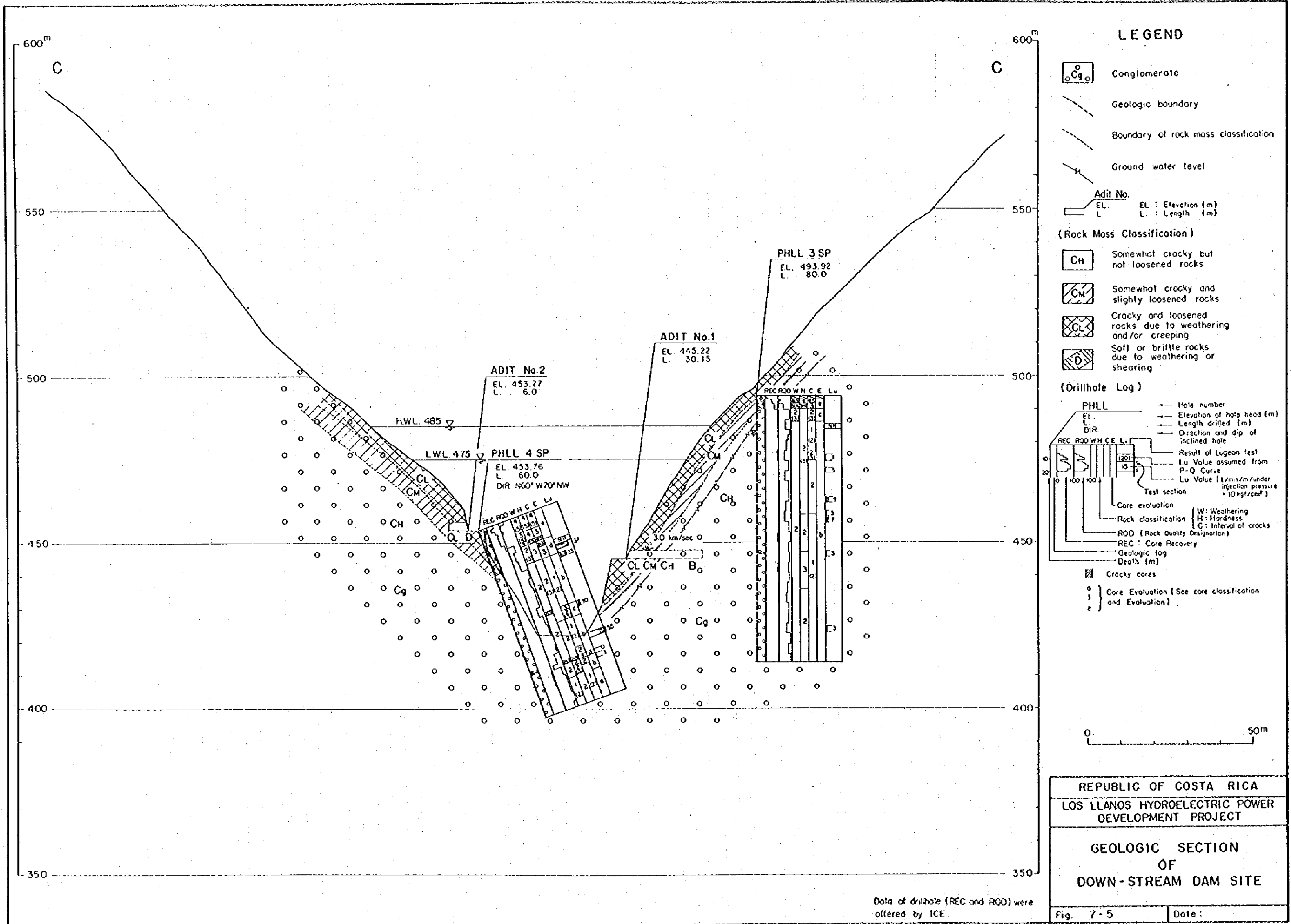


REPUBLIC OF COSTA RICA  
 LOS LLANOS HYDROELECTRIC POWER  
 DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGIC PLAN OF DAMSITE

Data of seismic prospecting were offered by ICE.

Fig. 7-2      Date:



**LEGEND**

- Conglomerate
- Geologic boundary
- Boundary of rock mass classification
- Ground water level
- Adit No.**  
 EL.: Elevation (m)  
 L.: Length (m)
- (Rock Mass Classification)**
- Somewhat cracky but not loosened rocks
- Somewhat cracky and slightly loosened rocks
- Cracky and loosened rocks due to weathering and/or creeping
- Soft or brittle rocks due to weathering or shearing
- (Drillhole Log)**
- PHLL**  
 EL.: Elevation of hole head (m)  
 L.: Length drilled (m)  
 Dir.: Direction and dip of inclined hole
- Result of Lugeon test  
 Lu Value assumed from P-Q Curve  
 Lu Value (l/min/m/under injection pressure = 10 kgf/cm<sup>2</sup>)
- Test section
- Core evaluation
- Rock classification (W: Weathering, H: Hardness, C: Interval of cracks)
- ROD (Rock Quality Designation)
- REC: Core Recovery
- Geologic log
- Depth (m)
- Cracky cores
- Core Evaluation (See core classification and Evaluation)



REPUBLIC OF COSTA RICA  
 LOS LLANOS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT  
 GEOLOGIC SECTION OF DOWN-STREAM DAM SITE

Data of drillhole (REC and ROD) were offered by ICE.