

メ キ シ コ 合 衆 国
マサテペック水力発電所リハビリ計画
プロジェクト形成基礎調査団報告書

1991年10月

国際協力事業団
鉱工業計画調査部

LIBRARY

鉱計画
J R
91-129

メ キ シ コ 合 衆 国
マサテペック水力発電所リハビリ計画
プロジェクト形成基礎調査団報告書

JICA LIBRARY



1095487(3)

23223

1991年10月

国際協力事業団
鉱工業計画調査部

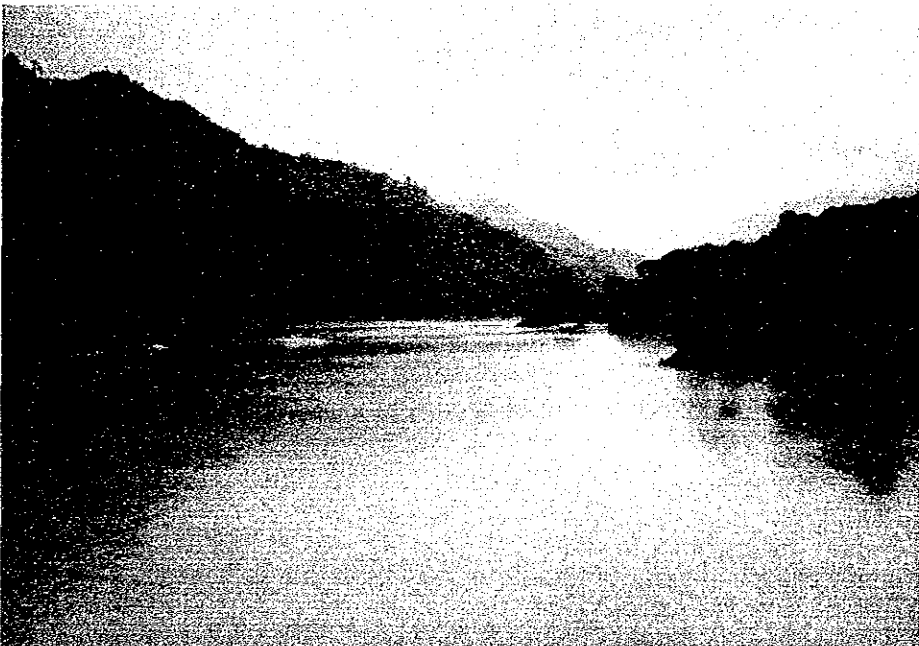
国際協力事業団

23223

マサテベック発電所
ラ・ソレイダ貯水池全景



ラ・ソレイダ貯水池状況
(貯水池末端方向を望む)



マサテベック発電所位置図(図-1)

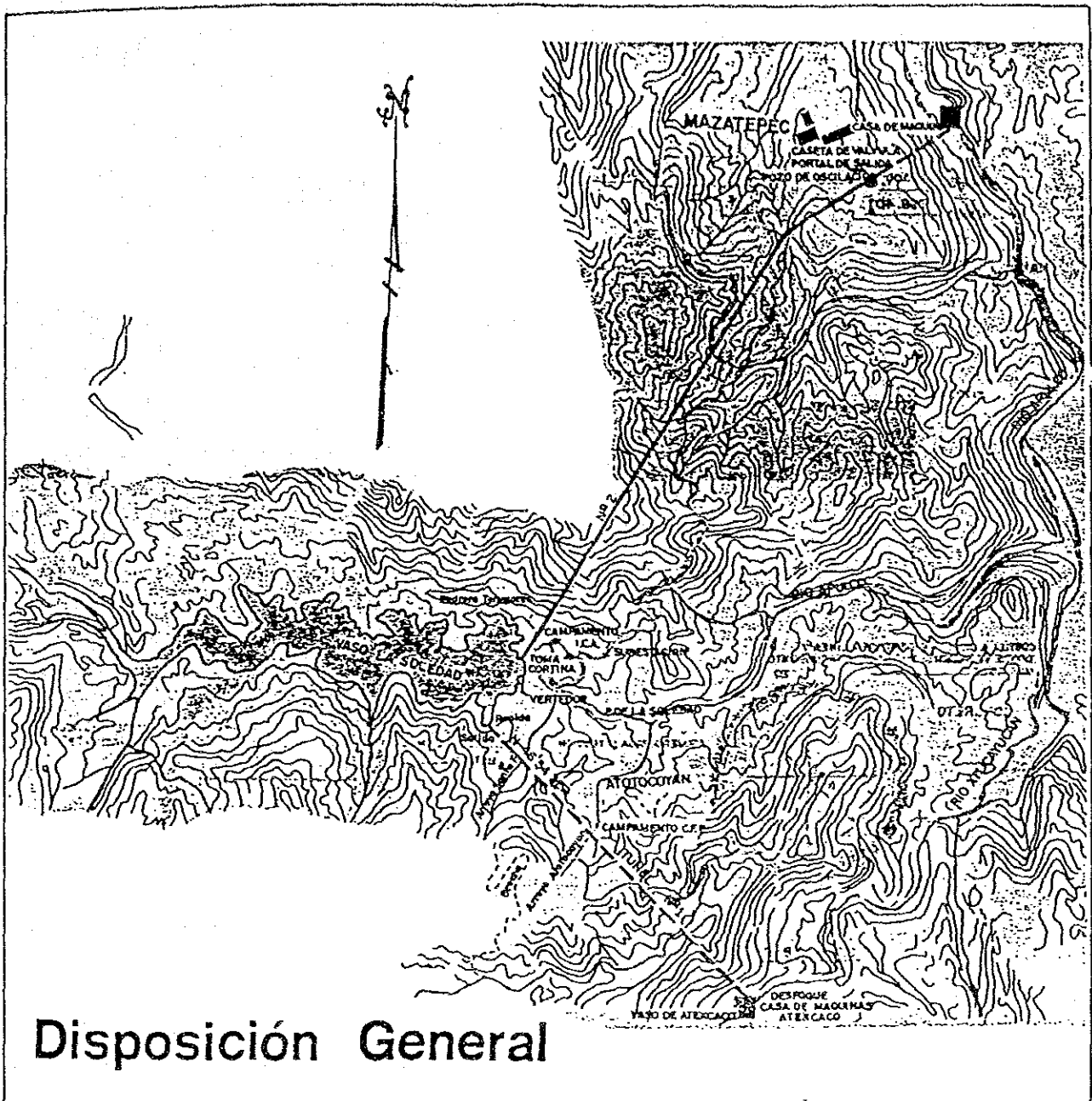
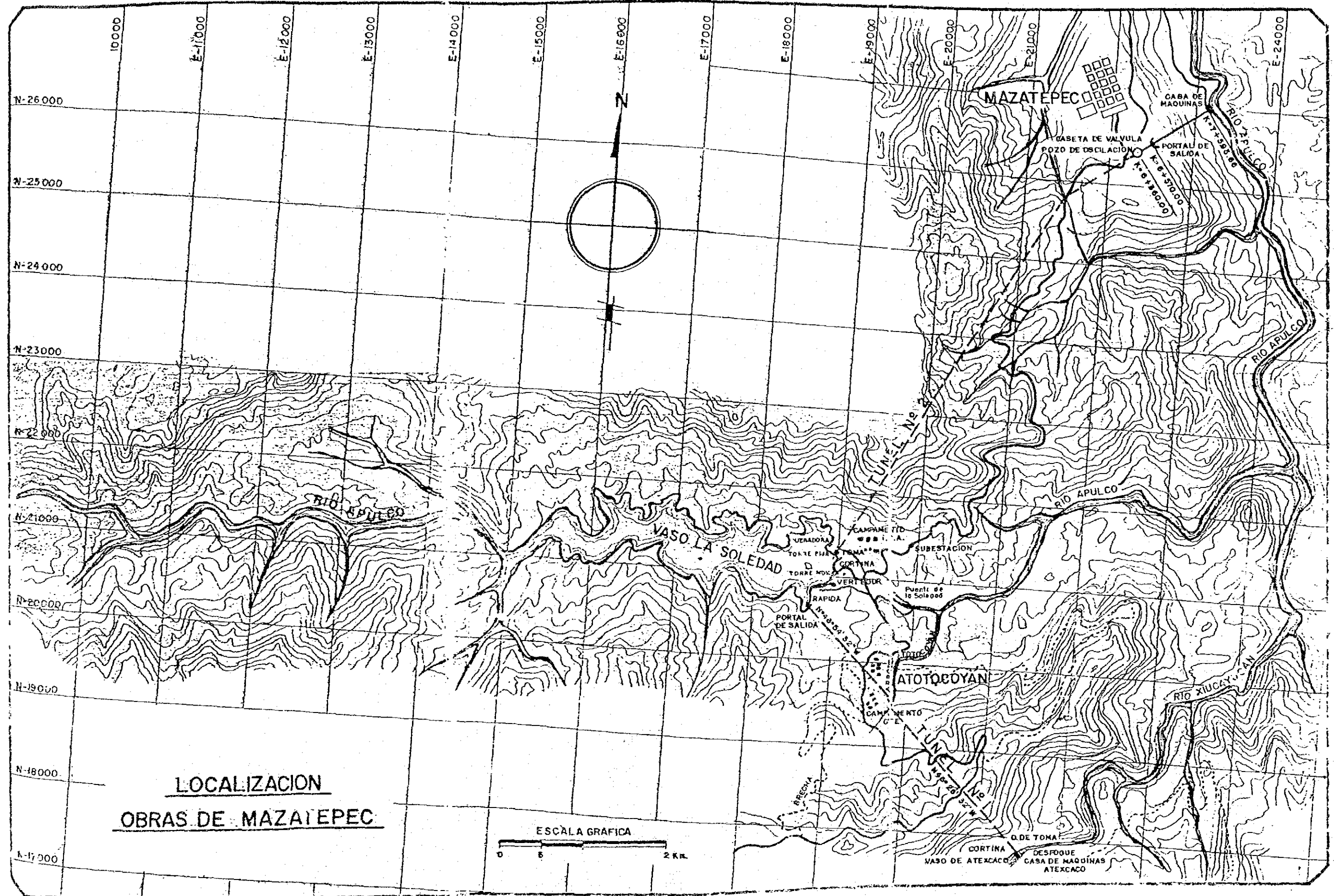


Fig - 1. DISPOSICION GENERAL

ラ・ソレイダ貯水池位置平面図(図-2)



目 次

I. 調査団の派遣	1～7
1. 調査団の派遣の経緯と目的	1
2. 調査団構成	1
3. 調査日程	2
4. 主要面談者名簿	3
5. 関係機関及び機構図	4～6
6. 協議概要	7
7. 調査団所置	7
II. プロジェクトの背景と必要性	8～17
1. プロジェクトの背景	8～17
(1) メキシコ経済概況	8～10
(2) メキシコ電力事情	10～14
(3) 要請内容	15～17
2. プロジェクトの必要性	17
(1) マサテベック発電所の位置付け	17
(2) プロジェクトの必要性	17
III. プロジェクトの概要	18～20
1. プロジェクトの目的	18
2. プロジェクト対象地域	18
3. 調査の範囲	18
4. 調査工程	19
5. 技術協力	19
6. 想定されるプロジェクトの効果	19
7. 計画策定における検討課題、留意事項	20
IV. マサテベック水力発電所の概要と現地調査	21～35
1. マサテベック水力発電所の概要	21～26
2. マサテベック水力発電所等の現状	27～29
3. マサテベック水力発電所の上・下流の状況	30～37
V. 収集資料リスト	39
VI. 参考資料	41～46
1. T/R (案)	41～46

I. 調査団の派遣

1. 調査団派遣の経緯と目的

マサテペック水力発電所リハビリテーション計画については、当初、平成2年度の開発調査実施計画策定のための要望調査の際、在「墨」日本大使館のプライオリティBとしてとりあげられたが、平成2年10月15、16日に開催された「日墨技術協力年次協議」の時点では、関係機関と調整中ということで正式要請の時期については未定とのことであった。

平成3年度の開発調査実施計画策定のための要望調査の際、在「墨」日本大使館のプライオリティAとしてとりあげられ、平成3年1月に口上書にて要請がなされた。

これを受けて、JICAメキシコ事務所を通じ、再三、T/Rの発出を督促したが、メキシコ電力委員会（CFE）から出てきたものはT/Rとは程遠いものであったため、T/R作成支援と現地調査を目的とした調査団を派遣することとした。

本調査団は、

- (1) 「マサテペック水力発電所リハビリテーション計画」について、要請の背景（メキシコ全体の電力需要から見た同発電所の位置付け、経済開発計画における位置付け等）の調査を行うこと
- (2) メキシコ電力委員会（CFE）と協議のうえ、本件調査のT/Rを作成すること等を目的として派遣された。

2. 調査団構成

村上 正純 （団長・総括）

通産省資源エネルギー庁公益事業部計画課調査室長

篠崎陸奥男 （技術協力政策）

外務省経済協力局政策課

川原 修司 （発電行政）

通産省資源エネルギー庁公益事業部発電課

江戸 清 （調査企画）

国際協力事業団鉱工業計画調査部資源調査課

入江 章演 （水力発電土木）

(株)アイ・エヌ・エー新土木研究所海外事業本部理事

本間 俊典 （水力発電設備）

(株)アイ・エヌ・エー新土木研究所調査役

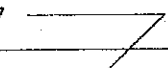

荒谷 義彦 （業務調整）

国際協力事業団鉱工業計画調査部鉱工業計画課

3. 調査日程

調査日程は、1991年8月5日より8月17日までの13日間であった。

詳細日程は以下のとおり。

日順	月日	行 程	調 査 内 容
1	8/5	成田 → メキシコ・シティ	移動
2	8/6		JICA事務所との打ち合わせ メキシコ電力委員会 (CFE) との協議 在「墨」日本大使館表敬
3	8/7		メキシコ電力委員会 (CFE) との協議
4	8/8	メキシコ・シティ → マテサベック	ラ・ソレイダ貯水池調査 マサテベック発電所調査
5	8/9	マテサベック ⇄ サウトウ	ラ・ソレイダ貯水池調査 貯水池上流域調査
6	8/10	マテサベック → メキシコ・シティ	関係者と協議後、移動
7	8/11		資料整理及び団内打ち合わせ
8	8/12		メキシコ電力委員会 (CFE) との協議
9	8/13		メキシコ電力委員会 (CFE) との協議
10	8/14		JICA事務所報告 在「墨」日本大使館報告 調査団主催レセプション
11	8/15	メキシコ・シティ→アトランタ	移動
12	8/16	アトランタ 	移動
13	8/17	 成田	

4. 主要面談者名簿

(1) 在「墨」日本大使館

山本雅史 一等書記官

渡 隆 弘 二等書記官

(2) COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE)

ING.ENRIQUE VILLANUEVA LANDEROS SUBDIRECTOR DE PRODUCCION

ING.JUAN JOSE VAZQUEZ GARCIA SUBGERENTE DE ING. CIVIL

ING.RAMON CASTILLO PARAMO JEFE DEPARTAMENTO DE COMPORTAMIENTO
DE STRUCTURAS

ING.CANDIDO SANTIAGO RUIZ DEPTO.COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS

ING.MARIANO CABRERA VILLA SUBGERENTE DE LA REGION DE GENERACION HI
DROELECTRICA PAPALOAPAN

ING.GREGORIO AGUILAR LAGUNES JEFE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL DE
LA REGION DE GENERACION HIDROELECTRICA
PAPALOAPAN

ING.LAURO GUZMAN SUPERINTENDENTE DE LA CENTRAL HIDORO-ELE
CTRICA MAZATEPEC

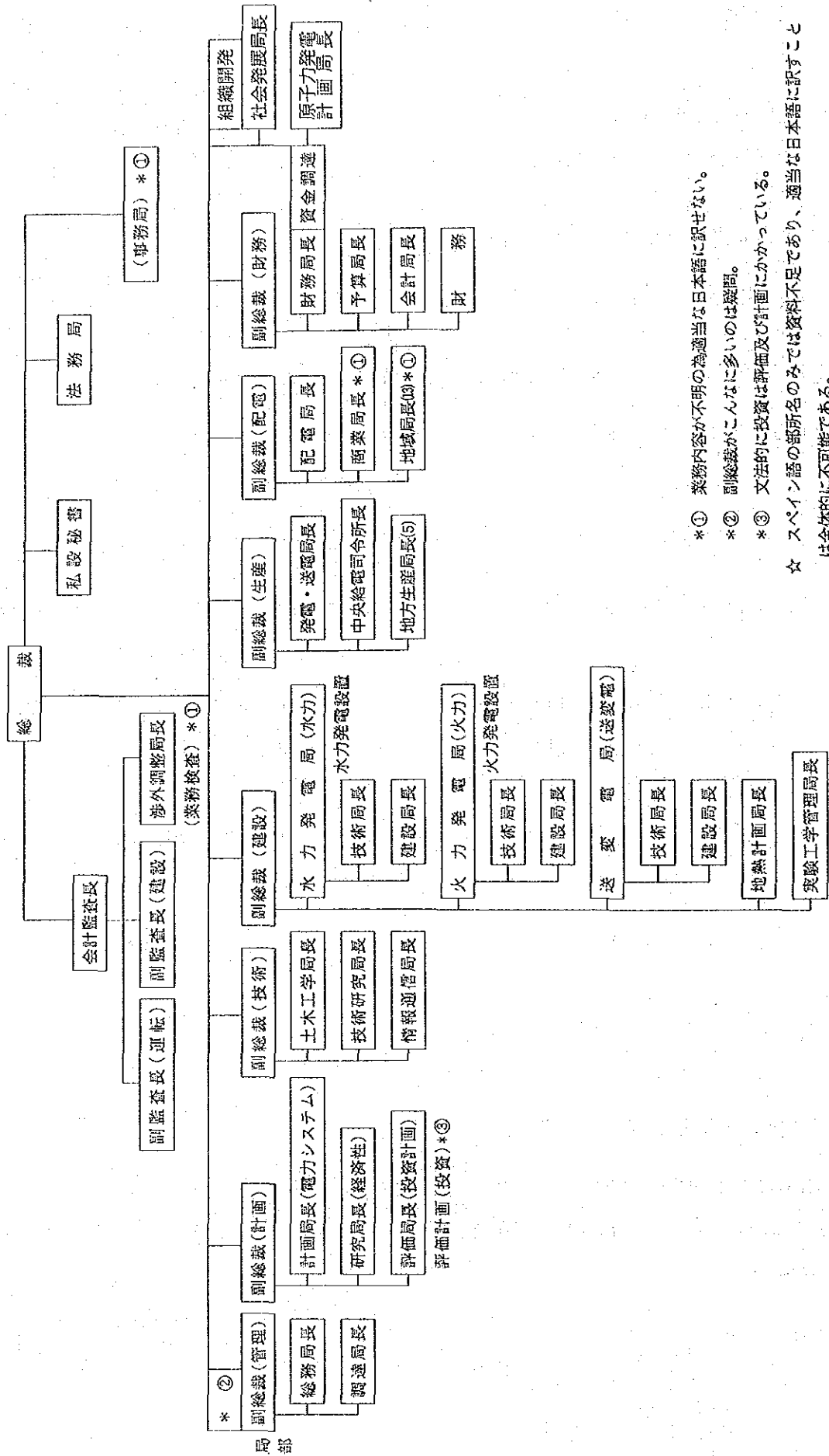
ING.VICTOR ORTEGA SUPERINTENDENTE CIVIL DE LA C.H.
MAZATEPE

5. 関係機関及びCFE機構図

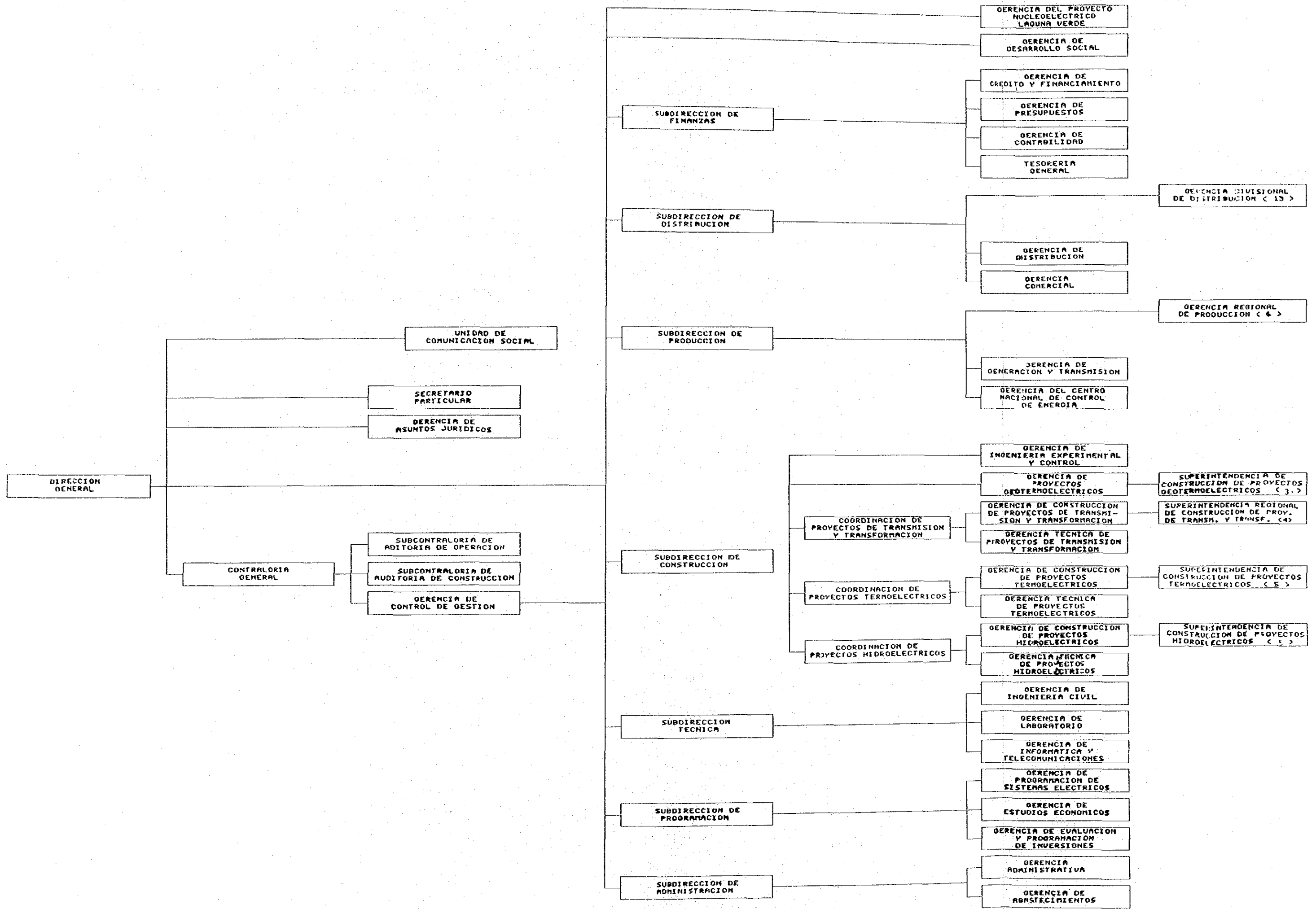
CFEの上部機関としては、メキシコ合衆国エネルギー・鉱山・国営企業省（SEMIP : Secretaria de Energia, Minas e Industria Paraes'tatal」があるが、実施、責任機関としてはCFEに、一任されている。

メキシコ電力委員会 (C F E) 組織

(1991年1月現在)



* ① 業務内容が不明の為適当な日本語に訳せない。
 * ② 副総裁がこんなに多いのは疑問。
 * ③ 文法的に投資は評価及び計画にかかっている。
 ☆ スペイン語の部所名のみでは資料不足であり、適当な日本語に訳すことは全体的に不可能である。



6. 協議概要

- (1) 調査団より今回調査の目的、日本側の本件に対する考え方を説明するとともに、マサテペック水力発電所のメキシコにおける位置付け、本件要請の背景等メキシコ側の考えを質問した。
- (2) これに対し、CFEより、調査団の訪問を感謝するとともに、メキシコの電力事情及びマサテペック水力発電所の位置付け等について説明があった。
それによると、
 - ① 設備出力別では、火力が約66%、水力が31%、原子力もあるが極めて小さいシェアである。また、水力発電所は需要地から遠い所にかたよっている。
 - ② マサテペック発電所は、最大需要地であるメキシコ・シティに比較的近いこともあり、ピーク時に活用している重要な発電所である。
 - ③ したがって、CFEとしては同発電所の寿命をできるだけ長くするように考えている。
 - ④ そのために、CFEとしてはこれまで、ダム上流で部分的に植林・砂防ダムの対策を行い、またダムにおいては、浚渫船の購入等種々の対策を講じてきた。
- (3) メキシコ側の意向確認後、調査団が帯同したTOR(案)をCFE側に手交した。TOR(案)は、日本での限られた情報を基に作成したものであり、今後の協議・現地調査の結果を踏まえ修正し、調査団が滞在中に合意したい旨発言した。
- (4) 現地調査を終え、メキシコに戻り再度協議した結果、調査団が手交したTOR(案)について基本的に合意が得られた。さらに、CFEとしては、本TOR(案)をもとに関係省庁と検討をし、可能な限り早期に我が国に対し正式要請する旨の発言があった。

7. 調査団所見

- (1) 調査団が帯同したTOR(案)について、基本的に合意が得られたことで、調査団の所期の目的は達成された。
- (2) 今回のメキシコ側の対応ぶり、現地調査等から、本件についてはメキシコにとって有効なプロジェクトであり調査の必要性があると思われる。
- (3) しかしながら、今後の事前調査団、本格調査団派遣に当たり、これまでメキシコ側が講じた各種対策を充分考慮に入れた上でスコープを描く必要があると思われる。

II プロジェクトの背景

1. プロジェクトの背景

(1) メキシコ経済概観

豊富な石油資源（1989年末の公式確認埋蔵量665億バレル、推定埋蔵量900億バレル、潜在埋蔵量2500億バレルとも言われる）をバックに70年代には年平均6%を越す高度成長を続けたメキシコ経済も、80年代に入ると国際的景気後退による石油輸出落ち込みと価格低落で、82年及び86年に深刻な経済危機に直面した。82年の危機はIMFから緊急融資をとりつけ、86年にはIMFとの間に新規融資借入れを含む経済再建計画について実質的合意に達したことから、国際機関、各国政府、民間銀行団による国際的支援パッケージが成立、融資を受けることにより当面の危機を回避した。

86年にマイナス成長となった後も、メキシコ経済は、景気回復のテンポは遅く、87、88年と実質GDP成長率は前年比1%台の低いものであった。

このような状況下に、88年12月発足したサリーナス現政権は、メキシコ経済再活性化のため、経済の恒常的安定、生産的投資資金の確保、経済の近代化を目標に掲げ、一連の経済再建策を展開した。発足と同時にインフレなき経済成長を目指し、労、農、使各部門代表と、賃金・公共料金の据え置き、為替レートの漸時切り下げ等を骨子とする「経済安定・成長協約（PECE）」を締結するほか、石油依存型経済からの脱却ならびに国際競争力の向上を図るため、貿易の自由化、輸出振興、対墨直接投資の促進、国営企業の民営化、税制改革等の推進を図った。なお、PECEは91年12月まで延長されることとなっている。

かかる経済安定策により、89年のインフレ率は19.7%と過去11年間で最低の水準まで低下、実質GDP成長率は3.1%と4年ぶりに人口増加率（約2.3%、1980-90年平均）を上回り、緊縮財政の継続及び新税の導入（2%企業資産税）等により財政赤字は対GDP比5.6%と前年比半減と、大幅に改善された。他方国際収支は、前年来の輸入拡大により貿易収支は、6.5億ドルの赤字に転じ、この結果経常収支は54.5億ドルの大幅赤字となり、唯一の不安材料となった。

90年の実質GDP成長率は過去9年間で最も高い3.9%を記録した。木材を除き各部門が好調であったが、特に建設業は7.7%の高成長を示した。製造業は、電気・ガス・水道とともに5.2%の成長を示したが、製造業の中でも、金属・機械・同備品で12.9%の高い成長となっており、製造プランの拡張や近代化が進められたことの表れとみられる。

財政赤字は、金利の低下、公共支出の厳しいコントロールなどにより、対GDP比率が前年の5.6%より更に低下し4.3%になったものと推定されている。他方国際収支は、貿易収支が30億ドルの赤字、経常収支は52億ドルの赤字となり、引き続き不安材料となったが、資本収支の黒字により、国際収支そのものは34億ドルの黒字となった。

91年も、引き続き景気拡大が続けられており、91年1～3月期も前年同期比3.9%増と引き続き高い成長となっている。部門別にみると農林水産部門（同6.5%）、サービス部門（同4.2%）で高い伸びを示したほか、製造業部門、電力・ガス・水道部門（同3.7%）等多くの部門でプラス成長となったが、一方建設業部門が大きく伸びを鈍化、鉱業部門は減少となった。消費者物価上昇率は、90年は29.9%と政府当初見通し（15.3%）を大幅に上回ったが、これはPECEはインフレ抑制

に相応の効果を発揮したものの、年初及び年末の公共料金引き上げ及び活発な経済活動を反映したものとみられる。しかし、91年に入ると、政府は、4月に鶏卵、ガソリン価格、レストラン、タクシー、航空料金等の引き下げを実施したほか、CTM（メキシコ労働総同盟）の最低賃金引き上げ要求を拒否するなど、インフレ抑制のスタンスを維持しており、この結果、消費者物価上昇率は、3月前月比1.4%、4月同1.0%（88年10月の0.8%以来の低水準）の後、5月も同1.0%と安定基調にある。

メキシコ政府は、91年の経済運営方針として、①インフレを大幅に抑制する。②経済活動の回復基調を継続する。③国家経済の近代化を推進する。④国民生活の向上を図り、社会政策を拡充強化することの4点を基本とし、経済目標としては、インフレは14%、経済成長率2.5%～3.0%、財政赤字のGDP比率1.9%を掲げているが、91年1～3月期をみる限り、目標以上の記録を示しており、順調な経済運営に推移していると言えよう。

91年1～3月期の貿易動向をみると、輸出は、原油価格の低迷を背景に石油関連輸出は前年同期比2.3%の小幅増となったものの、工業製品を中心に非石油製品輸出は同7.3%増となり、全体では前年同期比5.7%増を示している。一方輸入は、国内の活発な生産活動を背景に資本財輸入で前年同期比39.4%増と大幅に増加したことから、同37.0%と大幅増となった。この結果、91年1～3月期の貿易収支は16.4億ドルの赤字となり、90年4～6月期以来四半期連続の赤字を記録するとともに、赤字幅も3・四半期振りに拡大を示した。こうした傾向は今後も続くものとみられ、91年の貿易赤字は60億ドルに達すると見込まれている。

メキシコは、83年から貿易の自由化を進め数量規制から関税規制への移行、関税引き下げの段階を過ぎ、現在はより一層の自由化と国内産業保護政策の合理化を図っている。このような貿易自由化と輸出促進は、非石油製品の輸出を82年の50億ドルから90年には167億ドルに伸ばし、輸出総額に占める非石油製品のシェアを22%から62%へ上昇させたことにみられるように、輸出構成を大きく変化せしめている。他方、急速に進む市場解放の結果、資本財、繊維、玩具など輸入品におかれて苦境に立つ産業もあらわれてきている。

わが国の対メキシコ輸出は、90年22億7000万ドル（前年比19.0%増）、輸入は19億3053万ドル（同11.6%増）となっており、貿易収支は3億4000万ドルの黒字を記録し、日本側の出超幅が拡大した。日本の輸出品目では、工業製品が総輸出額の98.8%を占め、また輸入については原油輸入が全体の60%に達している。

メキシコの貿易面におけるアメリカの占める地位は極めて大きいものがあり、輸出総額の70.7%（90年1～11月）、輸入総額の64.6%（同）を占めているところ、90年6月から米との間に関税の漸進的廃止、非関税障壁の廃止、貿易上の紛争解決メカニズムの創設等を内容とする米・墨自由貿易協定の予備交渉が開始され、その後カナダの参加も決まり、91年6月から米・墨・加の北米自由化貿易圏創設に向けての本格交渉が始まっている。

メキシコとしては、近年の世界経済における生産活動のグローバル化の流れの中で、米国市場へのアクセス、メキシコの労働力とうを誘引力として海外からの投資の拡大を期待しているものとみられるが、同協定に加え、中南米、欧州、アジアなどとの経済関係強化も図っている。中南米との関係では、中米5ヶ国やコロンビア、ベネズエラ、チリとの自由貿易協定交渉を進め、ECとは貿

易経済協定を締結、アジアとの関係では90年9月に太平洋経済協力会議（PECC）のメンバーとなり、また91年5月には太平洋経済委員会（PBEC）の総会がメキシコで開催されている。

累積債務問題については依然厳しい状況が続いているが、89年に適用された新債務戦略（ブレディ提案）による債務削減、利払い軽減、新規融資等の債務救済策が具体化されるとともに、対内直接投資の促進も進んでおり、債務問題解決に向けて大きく前進している状況と言えよう。

メキシコ経済の構造調整策が進展をみせてきており、かつての輸入代替型経済から輸入自由化措置を通じた輸出指向型経済発展への移行、民営化や規制緩和等によって政府の役割を縮小させ、市場経済への以降が進展する等、安定化と持続的経済への軌道に乗りつつあるというのが現状と言える。

従来より国民の大多数が極貧層を構成し、他方一部の富裕層が膨大な経済力を持つという構造はメキシコ社会の抱える重要問題のひとつとして指摘されている。70年代のオイルブームの後迎えた82年の経済危機移行、政府の緊縮政策もあり、国民の生活水準、特に中流階層の購買力が急激に低下し同傾向は更に拡大してきている。その是正は、経済成長を安定した基盤に置くためにも緊急の課題となろう。

(2) メキシコの電力事情

① 電力供給体制の現状

メキシコの電力供給は、1937年頃までは多数の私企業のみによって地域別に行われていたが、1937年にはメキシコ連邦電力庁（COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD：CFE）が発足し地方電化が進められた。1960年には、憲法により、全ての電気事業が政府に帰属することとなり、1961年以降の新規電源開発事業はCFEが行うこととなった。また、1963年以降、CFEによる私営電気事業者の吸収合併が進展した。現在では、メキシコシティを中心に中央電灯電力会社（CLFC）が電力供給を行っているのを除いて、CFEが連邦政府の直接の統轄のもとに電気事業を独占する形態となっている。

CFEは、電力供給を全国9送電地区（NORESTE、NOROESTE、NORTE、CENTRAL、OCCIDENTAL、ORIENTAL、PENINSULAR、BAJA CALIFORNIA NORTE、BAJA CARIFORNIWA SUR）に分けて60Hzで行っている。送電系統は主として400kv（9099km）、230kv（16417km）、115kv（29827km）の送電線網で構成されているが、BAJA CARIFORNIAの2地区は単独系統となっている（図-3参照）

BAJA CARIFORNIA 地区では、当地域で開発が進んでいる地熱発電所の発電電力の一部をアメリカ合衆国カリフォルニア南部に輸出している。

② 電力需要の現状

1990年のメキシコの電力需要は、受電端（販売電力量）で94,285GWh、発電端で115,000 GWh、ピーク需要は受電端で18,843MW、発電端で19,837MWである。

販売電力量の産業別の電力需要量は、住宅用20,605GW（22%）、工業用52,213GWh（55%）、商業用8,265GWh（9%）、農業用6,707GWh（7%）、公共用4,549GWh（5%）、対米輸出入1,946GWh（2%）となっている。

また、送電地区別電力需要量は次表のとおりとなっている。

送電地区別電力需要量

(1990年現在)

	販売電力量 G W h	発電端ピーク需要 M W
NORESTE	13,973	2,724
NOROESTE	7,244	1,574
NORTEC	7,446	1,511
BAJA CALIFORNIA NORTE	5,767	1,136
BAJA CALIFORNIA SUR	627	127
CENTRAL(CFE)	2,566	935
CENTRAL(CLFC)	20,750	4,155
OCCIDENTAL	17,368	3,692
ORIENTAL	16,182	3,458
PENINSULAR	2,308	512
合計	94,285	19,837

③ 発電設備の現状

メキシコの発電設備は、全体で約 2,530万kWの設備規模となっている。これを、電源別にみると、水力31%、火力64%、地熱3%、原子力2%となっている。

電源別供給区域の設備出力は次表のとおりとなっている。

電源別供給区域別設備出力(万KW)

供給区域	水 力	火 力					地 熱	原 子 力	合 計
		石油	コン バイ ンド	ガス ター ビン	ディ ーゼ ル	石炭			
NOROESTE	42	187	-	13	-	-	-	-	242
NORTE	2	90	21	28	-	-	-	-	141
NORESTE	12	171	38	23	-	120	-	-	363
CENTRAL	189	245	48	37	-	-	-	-	520
OCCIDENTAL	31	350	22	20	-	-	8	-	430
ORIENTAL	505	16	40	4	-	-	-	68	632
BAJA CALIFONIA	-	30	-	18	-	-	62	-	110
PENINSULAR	-	37	-	27	1	-	-	-	64
CENTRALS AISLADAS	-	11	-	9	8	-	-	-	28
合 計	781	1137	169	178	9	120	70	68	2530

④ 電力需要予測

今後、メキシコの2,000年までの電力需要予測については、CFEの「DESARROLLO DEL MERCADO ELECTRICO1986~2000」(1991年)によると、次表のとおりとなっている。

電力需要予測(1986~2000)

	電力量(発電端)		ピーク電力(発電端)	
	GWh	伸び率(%)	MW	伸び率(%)
1986	89,500	4.1	15,643	4.0
1987	96,488	7.8	16,717	6.9
1988	102,096	5.8	17,433	4.3
1989	110,726	8.5	18,807	7.9
1990	115,000	3.9	19,837	5.5
1991	120,679	4.9	20,921	5.5
1992	129,673	7.5	22,371	6.9
1993	139,083	7.3	23,997	7.3
1994	149,656	7.6	25,715	7.2
1995	160,354	7.2	27,490	6.9
1996	171,929	7.2	29,417	7.0
1997	183,669	6.8	31,521	7.2
1998	195,790	6.6	33,608	6.6
1999	210,231	7.4	36,087	7.4
2000	225,883	7.5	38,807	7.5

(3) 要 請 内 容

① 本計画のこれまでの経緯

I-1、調査団派遣の経緯で概略は述べられているが時系列的には次の通りである。

メキシコマサテペック水力発電所リハビリ計画のこれまでの経緯

平成2年2月3日（在「墨」日本大使館→外務本省）

平成2年度開発調査実施計画作成のための要望調査の際、在「墨」日本大使館のプライオリティBとしてあげられてきた。

平成2年8月17日（在「墨」日本大使館→墨外務本省）

本件に係る正式要請書の提出を依頼。

平成2年10月18日（在「墨」日本大使館→外務本省）

日墨技術協力年次協議（10月15日、16日開催）の際、本件についての正式要請の時期を質したところ、関係機関と調整中であり未定とのことであった。

平成2年12月28日（在「墨」日本大使館→外務本省）

平成3年度開発調査実施計画作成のための要望調査の際、在「墨」日本大使館のプライオリティA（1位）としてあげられてきた。

平成3年1月4日（墨外務省→在「墨」日本大使館）

平成3年1月18日（在「墨」日本大使館→外務本省）

本件について、口上書にて他案件に追加して要請してきた。

平成3年4月18日（メキシコ事務所長→鉱工業計画調査部長）

TORの取り付けについて再三依頼したが、メキシコ電力庁からでてきたものはTORに程遠い要望書程度のもの（1枚紙）であった。

TOR作成支援と現地調査を目的とした調査団を派遣して欲しい。

② 口上書について

平成3年1月18日付の口上書の内容としては、

- ・ 推砂除去のための方法の検討
- ・ 水車摩耗のリハビリ
- ・ (1)、(2)のフィージビリティの検討

の3項目だけであり、具体的調査内容については不明のままであった。

③ 本調査に帯同した要請書（案）について

本調査に帯同した要請書（案）は今までの少ない情報をもとに作成したものであり、CFE側との協議、現地調査の結果、追加訂正の可能性があるものであった。

が、しかし協議、現地調査の結果要請書（案）については、一部の数字（貯水池容量、堆砂量等）に訂正があったものの基本的内容（調査の範囲内容、便宣供与等）についてはCEF側と合意に達した。（参考、資料参照）した合意要請書（案）については、なお要請書（案）の主たる内容である Scope of the study は次の通りである。

Scope of Study

(1) 基礎調査

- ① 既存資料、既調査報告書の収集及びレビュー
- ② 現地踏査
 - a) ダム上流域の地形・地質及び植生・土地利用状況
 - b) 予備的水文調査
 - c) ダム下流域の水利用状況
 - d) 発電所運転状況・保守状況
 - e) 貯水池堆砂状況（深淺測量）
 - f) 水車及び水路構造物の状況
 - g) 水力発電構造物、機器の状況
- ③ 電力調査
 - a) 電力需要の現況と将来予測のレビュー
 - b) 電力供給設備の現況と拡充計画のレビュー
- ④ 貯水池堆砂対策の検討
 - a) 貯水池堆砂の排出方法の検討
 - b) 流入砂を低減させるための取水方法の検討
 - c) 水車ランナの補修計画の検討
- ⑤ 適切な発電方式（年調整、週調整 or 日調整）の検討
電力需給バランス及び貯水池堆砂対策の両面からみて適切な発電方式を設定する。
- ⑥ 最適リハビリテーション計画の決定のための代替案の作成
適切な発電方式を踏まえ、堆砂対策設備計画案を作成する。

(2) 調査工事

- ① 追加深淺測量
各対策設備計画案につき必要に応じ実施する。
- ② 地形測量
各対策設備計画案につき必要に応じ実施する。
- ③ 堆砂性状調査
貯水池内の数地点において、コア・ボーリングにより土質試料をサンプリングし、粒度分布、硬度、単位体積重量等の室内試験を実施する。
- ④ 水文調査
既設測水所における流量及び浮遊土砂量の観測
- ⑤ 環境影響調査
排出土砂による下流への影響
- ⑥ 補償物件調査
- ⑦ 水車及び水路構造物の堆砂による影響調査

(3) 予備設計

- ① 最適リハビリテーション計画の検討
対策設備計画代替案の比較検討及び最適計画の選定
- ② 予備設計
- ③ 事業費積算
- ④ 事業実施工程の作成
- ⑤ 経済・財務分析

2. プロジェクトの必要性

(1) マサテベック発電所の位置づけ

1990年、メキシコ全土の電力需要は、最大で19,837MW、メキシコシティは最大で約3,500MWである。

マサテベック発電所は208.8MWの電力を230KV送電線(250KM)を通じてピーク時にメキシコシティに供給しており、立地がメキシコシティに近いこともあり、尖頭負荷補給発電所として、首都圏近郊電力システムの中で重要な役割を担っている。

また、系統事故時の復旧対策の為に電力補給用ホット・リザーブとしての機能も重要視されている。更にマサテベック発電所は、メキシコ北部に位置するマルタミラ火力発電所からメキシコシティに至る約500KMの230KV送電線の中間点に立地している関係上、同系統の電圧調整の機能を課せられており、電力系統の信頼性の維持向上に貢献している。

現実的には、ピーク時外に1～2台のロータリーコンデンサー運転を行い送電線電圧を調整している。

本発電所は年間5億KWH～6億KWHを発電しているが、これは配電線末端価格で30億円～36億円に相当し、CFEの経営にも大きく寄与しているものと考えられる。

(2) プロジェクトの必要性

マサテベック発電所は1963年運転開始以来、最大出力208.8MWのダム・水路式発電所として、メキシコシティに近い事から系統内の重要な発電所の1つとして機能している。しかし貯水池内の堆積土砂は1990年には累計3,700万 m^3 に及び、堆砂面は取水口敷にまで達している。

このため何らかの有効な対策をとらなければ、発電所の機能が大幅に損われる可能性がある。

即ち現地調査、並びに提供資料検討の結果

- a) 貯水池全容量4,700万 m^3 のうち、1990年までに3,700万 m^3 の堆砂が累積し、現在も年間60万 m^3 の割合で堆砂が進行している。
- b) 有効貯水量の減少に伴って、発電所のフレキシビリティが減少しつつある。
- c) 水車のニードルバルブに浸蝕がみられる。

等のことから早急に有効な対策を実施しなければ、近い将来貯水池の減少に伴って浮遊上砂丈でなく、洪水の大きさによっては粒度の大きい土砂の取水口からの流入及びこれによる流量調整用のニードルバルブ及び水車の損傷も著しくなり最終的には取水口埋没の可能性も予想される。従って可及的速かに貯水池内堆砂に関する調査及びその対策の検討が必要である。

Ⅲ. プロジェクトの概要

1. プロジェクトの目的

プロジェクトの目的は、技術的、経済的及び環境的見地から貯水池の堆砂及び水車の浸蝕に対する対策を立て、発電所の正常な機能を回復する為の復旧計画を策定することである。

この為には貯水池堆砂の現況とその進行状況、堆砂の粒度その他の解析、水車流量調整バルブ及び水車の破損状況及びその原因の究明並びに当発電所の系統内位置づけ等の調査検討が必要となる。

2. プロジェクトの対象地域

プロジェクト対象地域は、マサテペック発電所及びその下流域、ソレダド貯水池及び貯水池の本流アプルコ川並びに支流 Xiucayucan 川である。

Xiucayucan 川については雨季においても土砂の搬入はなく、流入土砂発生源の調査はアプルコ川本流に限定してよいと考えられる。

3. 調査の範囲

調査は基礎調査、詳細調査及び予備設計の3段階に分け実施される。

基礎調査では、既存資料の収集及び検討、現地踏査、電力市場調査、貯水池堆砂進行推定調査及びその対策、貯水池への土砂流入減少対策、バルブ・水車の補修計画及び発電所の適正運転計画の検討、並びに最適復旧計画を決定するための代替案の策定が実施される。

詳細調査では最適復旧案の予備設計に必要な追加測量、堆砂の物性調査、流入土砂を含めた水文調査、水車等に対する流入土砂の影響調査、環境調査及び必要があれば補償調査が実施される。

最終段階として、これら調査及び検討の結果得られた最適復旧案について予備設計、環境評価、工事費の算定、工事工程の作成、及びその経済評価が実施される。

詳細調査で実施される堆砂の物性調査及び水文調査は既存資料の検討如何によっては、数種の代替案作成のため、基礎調査と並行して、なる丈早く C・F・E によっては実施されることが好ましい。

水文調査の項目として既設観測所丈でなく、貯水池及び発電所放水口での浮遊土砂含有量の調査を行う必要もある。

環境調査について、貯水池に永く浮遊土砂が滞留することによって下流の河川が長期にわたって濁水化する事に対する住民からの苦情は、現在の所、特にないとの事であったが、復旧工事の実施によっては新たな環境問題となる可能性もあるので充分調査する必要がある。

4. 調査工程

調査期間は15ヶ月と考えられている。C・F・Eは堆砂に対する調査及びその対策を長期にわたって検討しており、かなりの資料を準備しているため、これらを十分に検討することにより、追加調査如何にもよるが15ヶ月で完了可能と考えられる。

5. 技術協力

C・F・Eは貯水池の堆砂問題について、マサテペック発電所だけでなく、他の2～3の水力発電所も同様の問題をかかえており、我が国における経験に基づく技術協力を深い期待をもっている。

我が国においてもダムの堆砂問題は古くからの問題で、その対策については色々検討されており、その成果をメキシコ側に伝える事は大変有意義と考えられる。

6. 想定されるプロジェクトの効果

貯水池の堆砂の問題は、我が国においても古くからの問題であり、その現象や対策について種々の研究が行われている。

一般に貯水池の堆砂対策としては、排砂門や排砂路（管）等から流水の滞流力を利用して排砂を排出する方法と人為的に排砂を防止し、または排砂を行う方法の2つに大別される。

後者としては、砂防ダム・植林等によって貯水池への土砂流入を防止する方法及び貯水池内の堆砂及びバックサンドをポンプ船、掘削機械で排出する方法がある。

これらの中、マサテペック発電所において、C・F・Eは、すでに上流域土砂発生源に対する砂防ダム工事及び植林を行い、貯水池においてはポンプ船を購入し、土砂の流入防止及び排砂を行っている。

しかし、そのいずれも土砂発生源が広範に及ぶこと及び機器の不備等によって余り効果をあげていない。

当発電所はII. 2で述べた通り、メキシコシティ近傍の電力システムにおいて重要な位置を占めており、この機能回復及び寿命延長のための最適復旧計画を策定し、これを実施する事は緊急の課題である。従って、我が国における貯水池堆砂対策の経験をベースに、既存データー及び本格調査によって得られるデーターに基づき、堆砂の実体及び今後の進行について適確な判断を行い、取水口の位置変更を含め、投資効率の最も高い復旧計画を策定することは、他にも同じ問題をかかえている、メキシコの電力事業に対し、その波及効果を考慮しても、非常に有効なプロジェクトと考えられる。

7. 計画策定における検討課題・留意事項

本貯水池の堆砂は、発電所運転開始直後から早速に進み、このためC・F・Eはかなり早い時期から堆砂調査を実施している。（'89年堆砂平面、縦断図、別添袋綴）

従って、貯水池の経年堆砂量、貯水容量の減少記録、貯水池堆積層の組成分布等かなりの資料が整備されている。

また、発電所の保守管理も良好で、その修理記録、事故記録もよく整備されている。

これらの資料は、今後の計画策定に有効な資料であるが、更に下記事項について更に調査を行う必要がある。

- (1) 貯水池浅深測量及び貯水池堆積層調査の方法
- (2) 流域内河川の掃流土砂、浮遊土砂資料
- (3) 発電放流及び洪水吐放流による排出土砂量
- (4) トンネル断水による水路内及び水車の破損状況の確認
- (5) 発電所下流域の利水状況

また種々考えられる対策のうち、ダム本体、洪水吐、取水口のレイアウト及び取水口の敷高を考慮すれば、洪水吐の一部のクレスト敷を下げ、排砂門として利用する方法及び貯水池への土砂流入防止策として上流域土砂発生源に対する砂防工事及び植林はその実績から考慮し、速効性のある対策とは、なり得ないものとする。

IV マサテペック水力発電所の概要等

1. マサテペック発電所の概要 (図-4~図-6)

・位 置：ベラクルス州プエブラ市北方 200km

・取水河川名：アブルコ川及び支流 Xiucayucan 川

・運転開始：1962年

・発電方式：ダム水路式

・本館建物：地上式

・発電力：最大 208,800KW

・使用水量：最大 53.6m³/S

・有効落差：最大 480m

・発生電力量：年間 650,000,000,000KWH

・貯水池：名 称： ソレダド貯水池

流域面積： アブルコ川 1,460m²

Xiucayucan川 280m²

その他 90m²

計 1,830m²

容 量： 全容量 47,000,000m³

有効容量 30,000,000m³

利用水深： 23.4m

N・H・W・L EL 798.4m

M・W・L EL 775.0m

港水面積： 1,720,000m²

洪水量： 7,500m³

・ダ ム：名 称： ソレダドダム

形 式： アーチ型及びバットレス型複合ダム

高 さ： 93m (アーチ部)

堤頂長： 1,036m (アーチ部 125m、バットレス部 840m、洪水口土71m)

洪水吐： 高さ15.5m×巾11.2m テンターゲード5門

放流設備： ハウエルバンガーバルブ付放流管径1.83m

・取 水 口：使用水量： 13.8m³×4、インクライン型

・導 水 路：型 式： 円型圧力トンネル

巨 長： 6,000m

内 径： 4m×1条

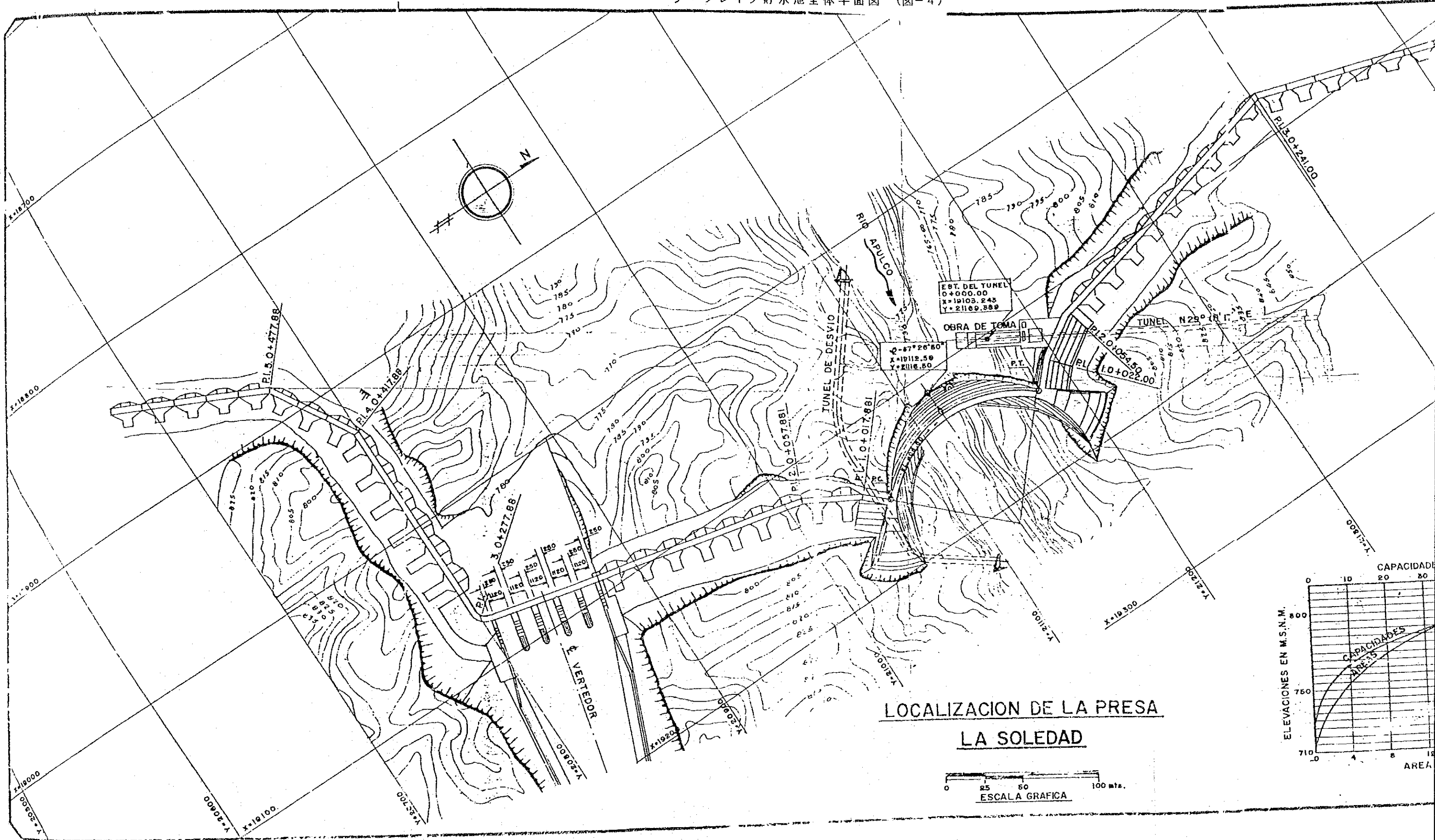
・水 槽：型 式： 差動式

・水圧管路：型 式： 上部地上式 下部トンネル

条 数： 1条分岐後 4条

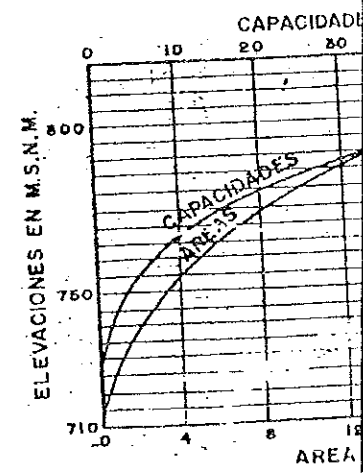
- ・水 車：型 式： 立軸ペルトン
台 数： 4台
最大出力： 55.600KW
回 転 数： 360RPM
ノズル数： 6
製 造 者： Neyrpic 社 (沸) 補機ELIN
- ・発 電 機：形 式： 立軸、空冷、回転界磁、3相交流型
容 量： 58,000KVA
台 数： 4台
周 波 数： 60ヘルツ
力 率： 0.9 (遅れ)
製 造 者： 東芝
- ・主要変圧器：形 式： 単相送油空冷
定格出力： 20,000KVA
電 圧： 13.8KV/230KV

ラ・ソレイダ貯水池全体平面図 (図-4)



LOCALIZACION DE LA PRESA
LA SOLEDAD

ESCALA GRAFICA
0 25 50 100 mts.



Esquema Hidráulico

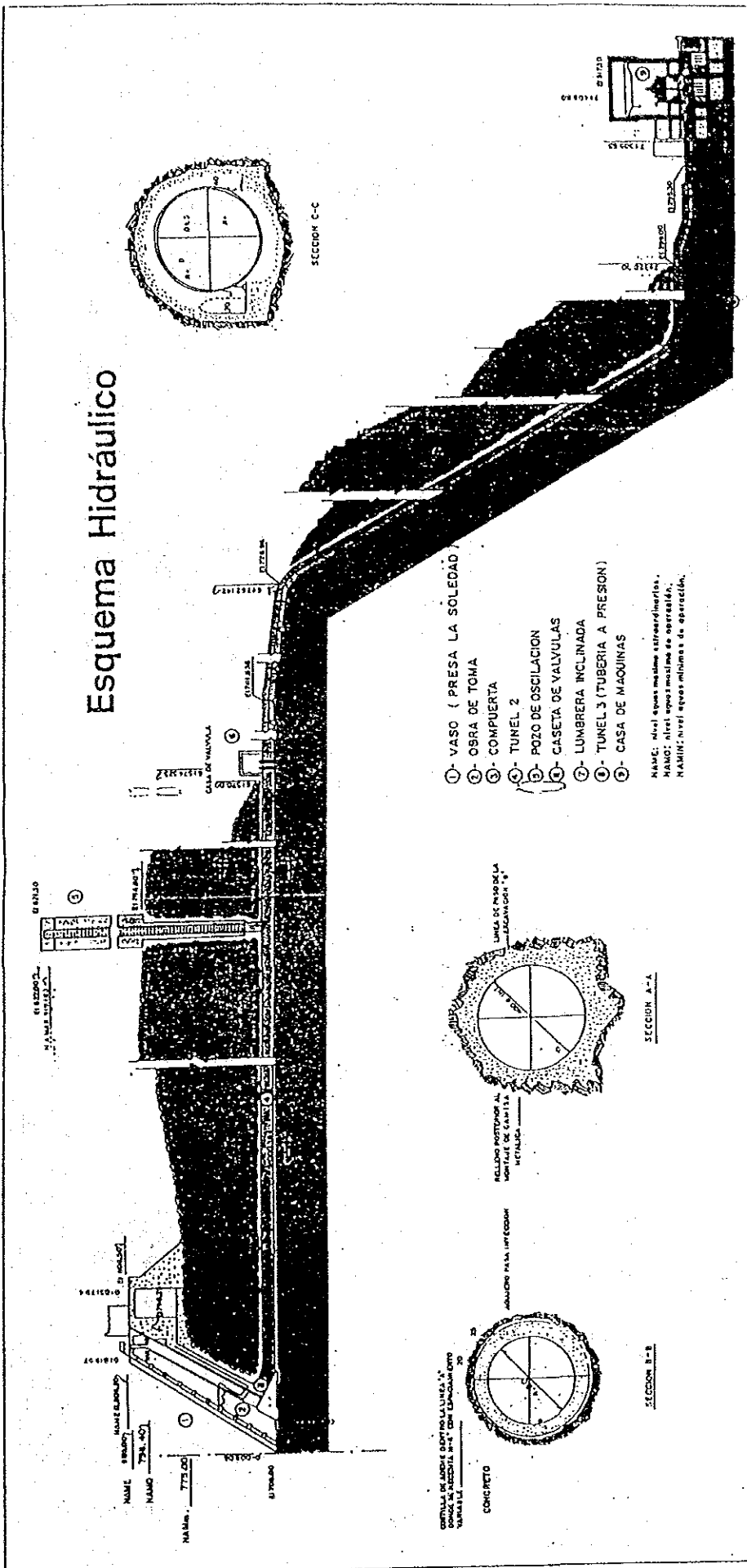
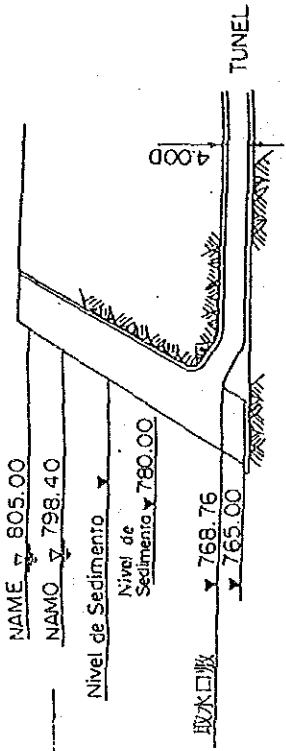


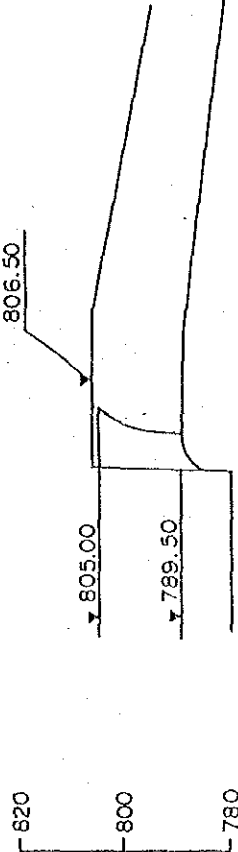
Fig - 3 . ESQUEMA HIDRAULICO

マサテペック発電所専水路他
縦断図 (図-5)

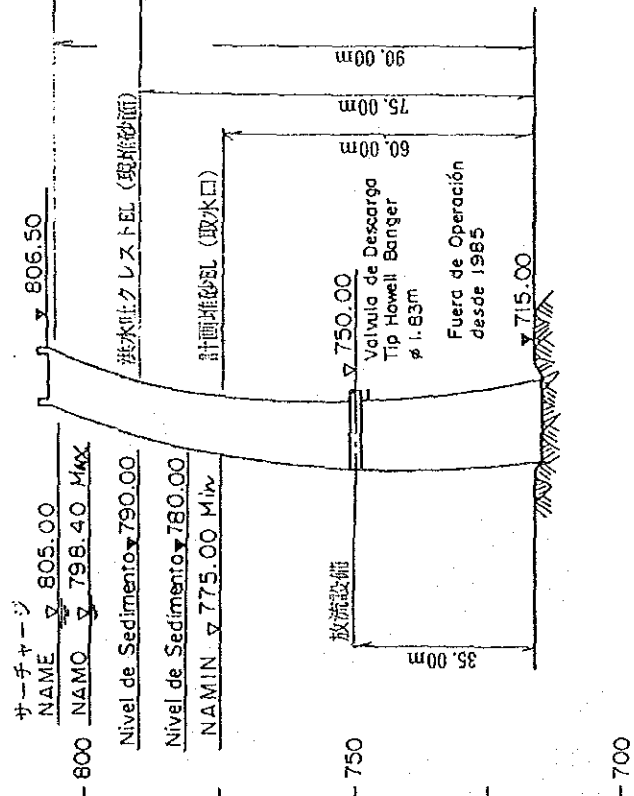
BOCATOMA



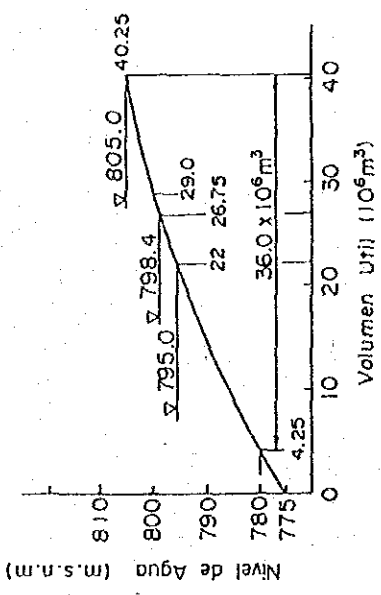
VERTEDERO



PRESA



CURVA DE NIVEL DE AGUA
VOLUMEN UTIL DEL VASO



- Nota:
- 1) 795.00m Alarma
 - 2) 790.00m Generación Limitada
- Actualmente el nivel de agua para la generación es entre 805m y 790m.
 - Para la generación con nivel de agua bajo, necesita cambiar toberas y agujas cada semana

Fig.2 SECCION DE BOCATOMA, CURVA DE VOLUMEN DEL VASO

ラ・ソレイダ貯水池アーチ部・取水口部断面図 (図-6)

2. マサテペック水力発電所の現状

(1) ダム・貯水池

ソレダドダムは、アブルコ川の中流部溪谷に建設されたアーチ及びバットレスの複合ダムである。アーチダムは全長1,036mに及ぶ堤頂長のほぼ中央に位置し、上部はスラストブロックで支持されている。

バットレスダムはアーチダムの左・右岸に建設され、洪水吐は右岸バットレスダム部のほぼ中央に位置し、取水口はアーチダムの左岸に隣接している。

アーチダムはその設計をイタリアのE L Cに依頼したが、その他の構造物はC・F・E自体で計画し、設計したとの事であった

ダム本体及び周辺構造物の補修状況は比較的良好である。

今回調査の主目的である貯水池の堆砂状況等は下記の通りである。

i) 貯水池は全面的に褐色に濁り、ダム及び取水口付近は一部緑色を呈している。このため目視による水面下堆砂の進行状況の確認は困難であった。

ii) この濁水は1カ月前の出水(136m³/S)によるもので、乾季は現状より若干きれいになるが、雨季はほとんどこの様な濁った状態にあるとのことであった。この事は貯水池への流入土砂は、相当な割合で軽く微細な土砂を含み貯水池においても容易に沈降せず、永く滞留していることを示している。また発電所放水口より放流される水は貯水池の水とほとんど同じ色をしており、浮遊細粒土砂の相当部分が発電所を通して排出されている。

iii) 当初、貯水池湛水面はダムサイトより上流4 Kmに及んでいたが、現在はダムサイト上流約2 Kmで湛水面は終り、これより上流は水面上1~2 mの堆砂で埋まっている。(写真-1)

iv) C・F・Eにより提供された最近年(1990年)の貯水池深浅測量によれば洪水吐前面はEL785m~790mアーチダム前面はEL775m取水口前面はEL785m~780mまで埋砂している。

即ち堆砂は洪水吐部、取水口部夫々呑口の敷高まで迫っている。(写真-2)

全堆砂量は3700万m³と推定され、当初の全貯水量4700万m³は1000万m³に減少している。

v) 堆砂の経年的経緯をみると、堆砂は当初10年間に急激に進み(年間堆砂量2,330,000m³)、1972年以降は年間堆砂量490,000m³~670,000m³で推移している。(写真-7)

(2) 発 電 所

マサテペック発電所で発電した電力は、230KV及び400KV送電線を経由、メキシコシティ郊外のTexcoco変電所に供給されている。(写真-3)

1989年の発生電力量は522,268,064KWH、総流入量6億2百万m³に対し、発電使用水量は5億6400万m³で、かなりの無効放流がある。

運転形態はピーク発電を主体としているが、貯水池調整能力の減少に伴い自流発電に移行しつつある。

また送電系統の電圧調整のためローターコンデンサー運転を実施している。

水車流量調整用のニードルバルブのニードル及びバルブシートに侵蝕が見られ現時点で両者共年1回新品と交換している。(写真-4)

水車ランナーについては、侵蝕が軽微であるとの説明であるが、現物又は写真のチェックは今回出来なかったため不明である。

保守、管理は良好と見受けられ、修理記録、事故記録等の整理保存も良好である。

3. 上・下流の状況

C・F・Eは発電所運転開始後、早い時期1976年から土砂流出の発生源となっているアブルコ川上流域について調査を行い、風化の著しく進んだ台地及び山腹崩壊地を対象に砂防ダム25ヵ所(図-8)を設置し、植林等の対策を行っている。C・F・Eの説明によれば崩壊地は中流部及び上流部において著しく、今回はその中の代表的な地区と考えられるサウトラ地区の視察を行った。(写真-5)

サウトラ地区はアブルコ川中流部左岸・ダムサイトより上流45kmに位置している。視察した砂防ダムは3ヵ所でいずれもアブルコ川に流入する支川に設置されていた。夫々1976年、1981年及び1983年に建設され堤体積1000m³、堆砂容量33,000m³規模のものである。そのいずれも堆砂容量を残していた。(写真-6)

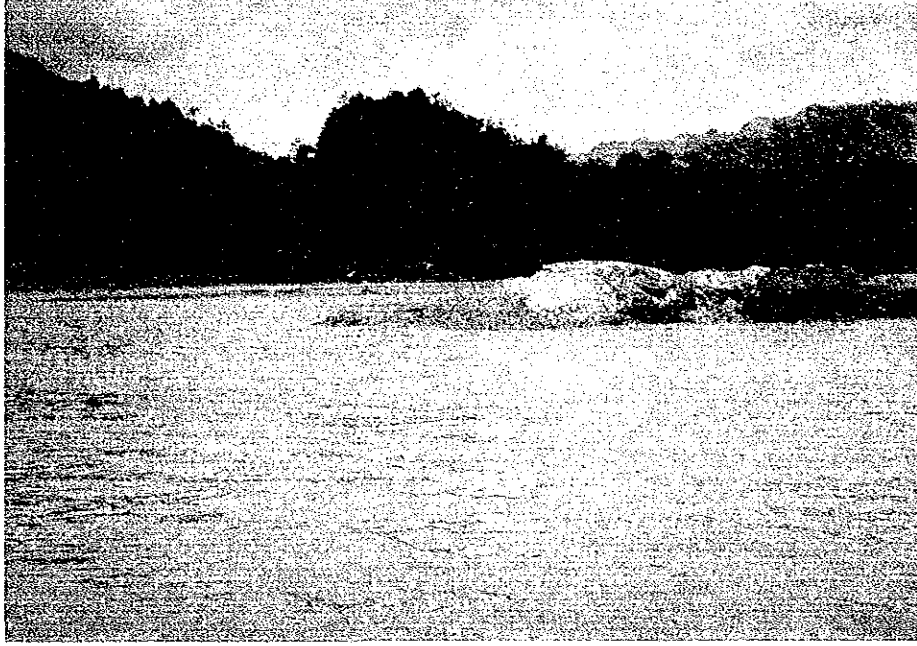
附近一帯の台地の標高は3,000mで傾斜のゆるやかな水成岩で構成されているものと推定され、所々に軽石まじりの凝灰岩質の地層もみられた。

台地は雨季の出水によって、所々深く浸蝕されており、その深さは7~10mに及び風化の著しい事を示している。このため雨水による浸蝕防止のため斜面段切り工、道路確保のための浸蝕末端における河床防護工及び植林を実施しているが、地域が広範なこともあり短期的な効果は期待出来ない様に思われた。

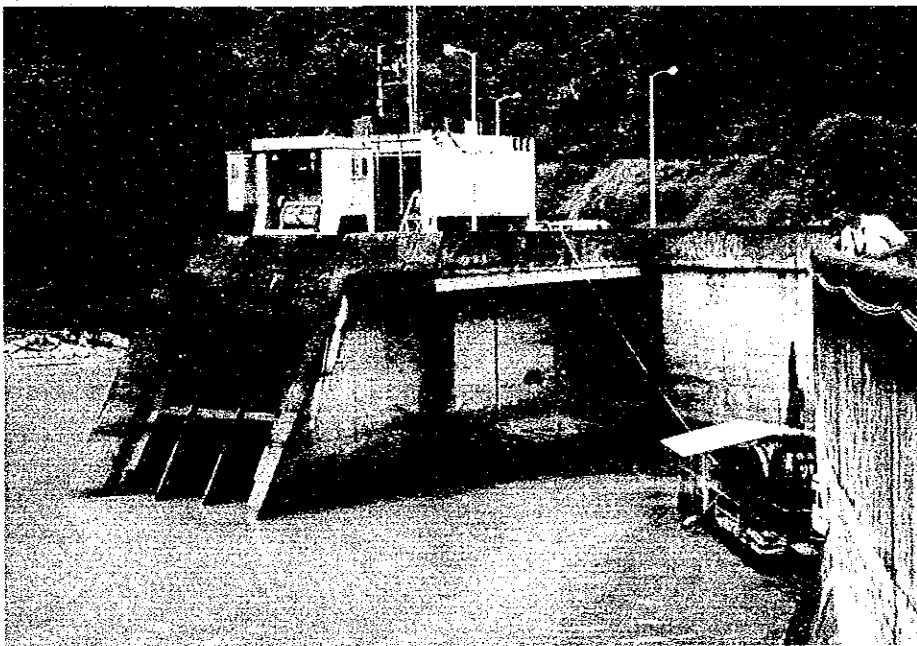
支流 Xincayucan 川については、雨季にもかかわらず貯水池流入水はきれいであり、この流域からの土砂・流入は殆どないものと推定される。

ダム及び発電所より下流域の利水状況は、発電放流が濁っているにもかかわらず特に苦情が出ないのは上水等に利用していない為との事であったが、今後その実情を調査する必要がある。

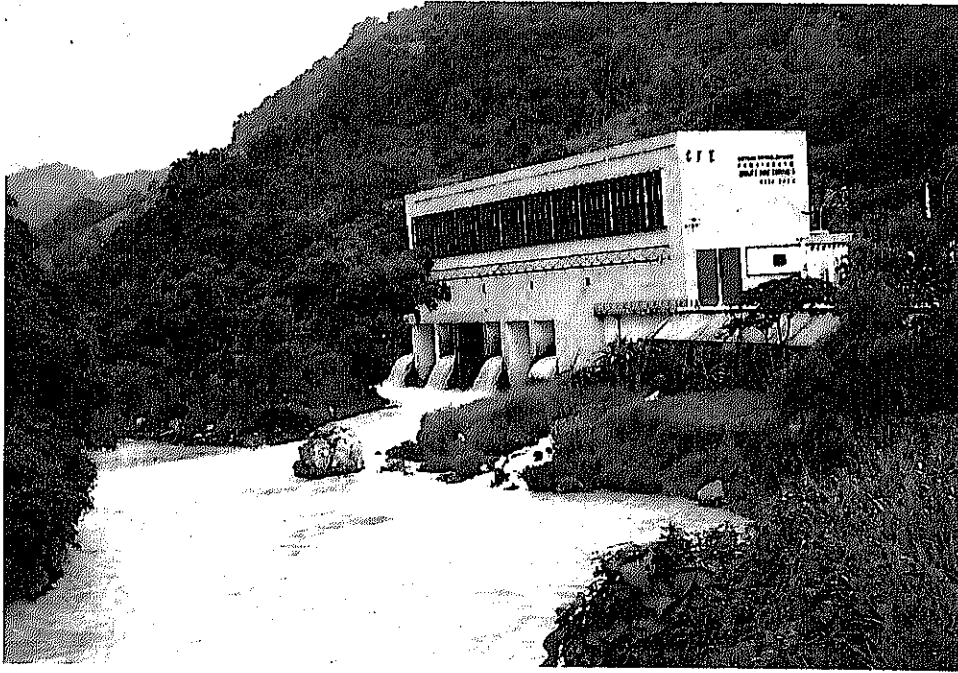
ラ・ソレイダ貯水池の末端部（写真-1）



ラ・ソレイダ貯水池取水口部（写真-2）



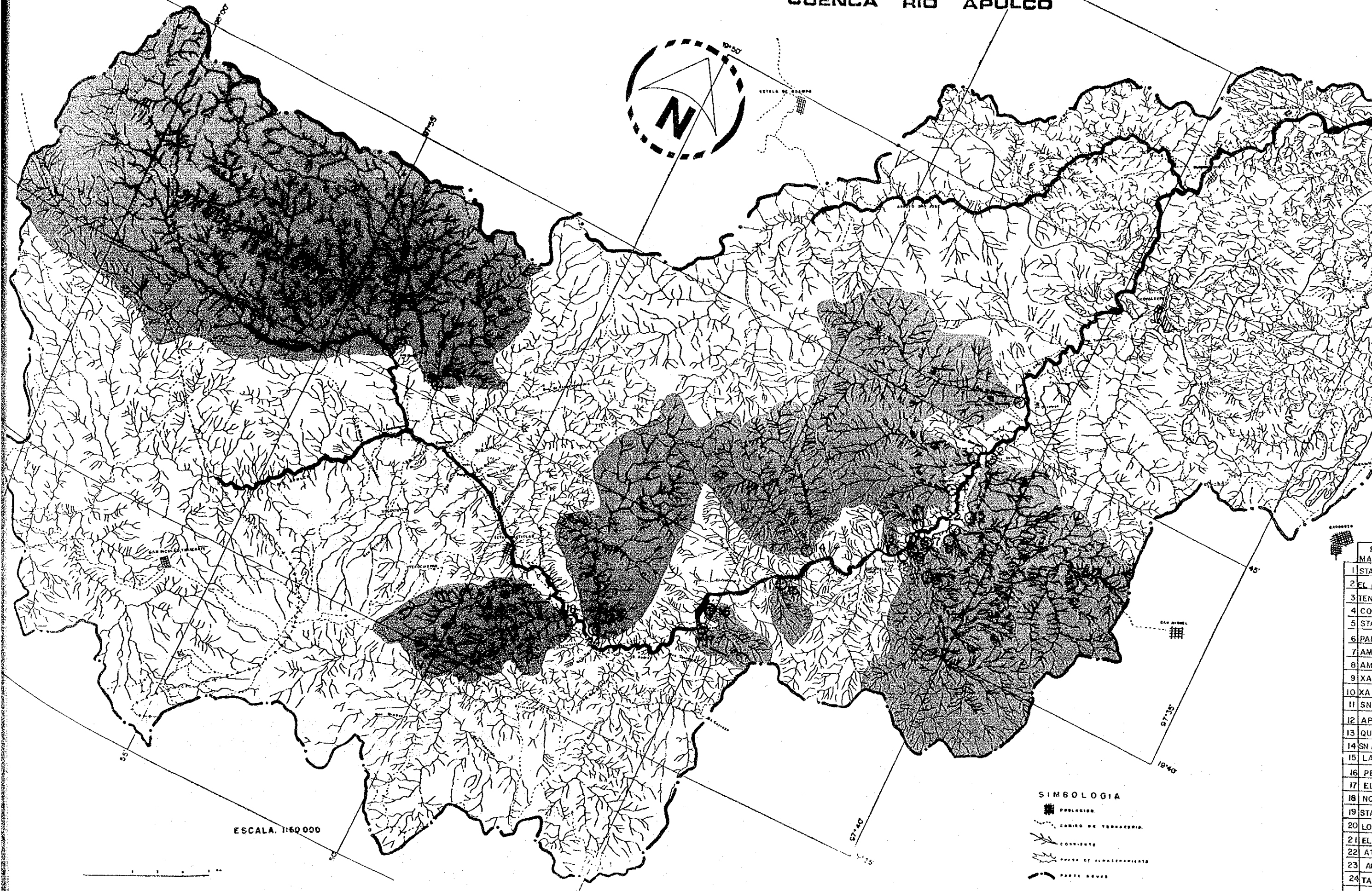
マサテペック発電所放流状況（写真-3）



マサテペック発電所
ニードルバルブ侵蝕状況（写真-4）



アブルコ川上流域砂防ダム位置図 (図8)
CUENCA RIO APULCO

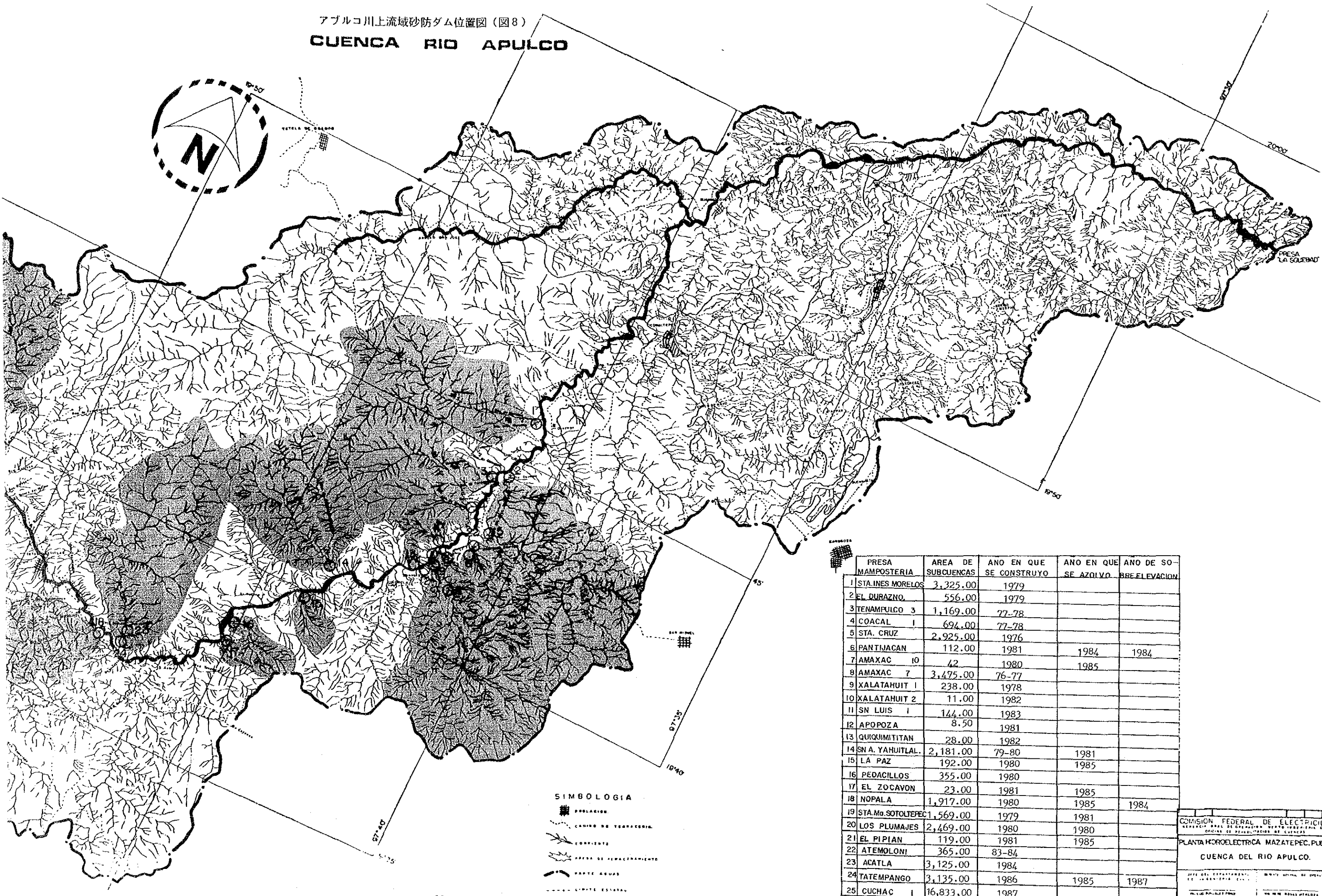


ESCALA. 1:60 000

- SIMBOLOGIA**
- Poblacion
 - Camino de Terracerria
 - Corriente
 - Presa de Almacenamiento
 - Parte Agua
 - Límite Estatal

1	STA
2	EL
3	TEN
4	CO
5	STA
6	PAN
7	AM
8	AM
9	XAI
10	XAI
11	SN
12	AP
13	QU
14	SN
15	LA
16	PE
17	EL
18	NO
19	STA
20	LO
21	EL
22	AI
23	AI
24	TA
25	CU

アプルコ川上流域砂防ダム位置図 (図8)
CUENCA RIO APULCO

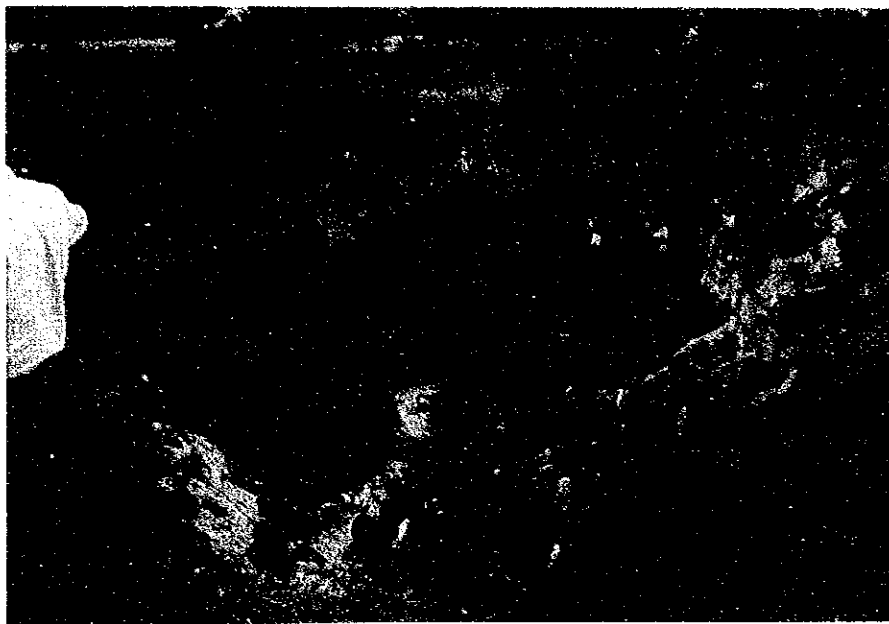


	PRESA	AREA DE	ANO EN QUE	ANO EN QUE	ANO DE SO-
	MAMPOSTERIA	SUBCUENCAS	SE CONSTRUYO	SE AZOLVO	BRE ELEVACION
1	STAINES MORELOS	3,325.00	1979		
2	EL DURAZNO	556.00	1979		
3	TENAMPULCO	3	77-78		
4	COACAL	1	77-78		
5	STA. CRUZ	2,925.00	1976		
6	PANTIJACAN	112.00	1981	1984	1984
7	AMAXAC	10	1980	1985	
8	AMAXAC	7	3,475.00	76-77	
9	XALATAHUIT	1	238.00	1978	
10	XALATAHUIT	2	11.00	1982	
11	SN LUIS	1	144.00	1983	
12	APOPOZA		8.50	1981	
13	QUIQUIMITAN		28.00	1982	
14	SN A. YAHUITLAL.	2,181.00	79-80	1981	
15	LA PAZ		192.00	1980	1985
16	PEDACILLOS		355.00	1980	
17	EL ZOCAYON		23.00	1981	1985
18	NOPALA		1,917.00	1980	1985
19	STA. Ma. SOTOLTEPEC	1,569.00	1979	1981	1984
20	LOS PLUMAJES		2,469.00	1980	1980
21	EL PIPIAN		119.00	1981	1985
22	ATEMOLONI		365.00	83-84	
23	ACATLA		3,125.00	1984	
24	TATEMPANGO		2,135.00	1986	1985
25	CUCHAC		16,833.00	1987	1987

SIMBOLOGIA
 POBLACION
 CABEZERA DE MUNICIPIO
 CORRIENTE
 PRESA DE ALMACENAMIENTO
 FRONTERA EXTRANJERA

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
 DEPARTAMENTO FEDERAL DE OPERACIONES DE CUENCA
 OFICINA DE OPERACIONES DE CUENCA
 PLANTA HIDROELECTRICA MAZATEPEC, PUEBLA
 CUENCA DEL RIO APULCO.
 JEFE DEL DEPARTAMENTO DE OPERACIONES DE CUENCA
 INGENIERO EN ELECTRICIDAD
 INGENIERO EN ELECTRICIDAD

アプルコ川上流（サウトラ村付近のU字谷）（写真-5）



アプルコ川上流域（サウトラ村付近）砂防ダム（写真-6）



