

第 4 章 開 発 計 画

第4章 開発計画

4.1 開発計画の目的

(1) 本開発計画の社会経済的な主目的は、飲料水供給と公衆衛生にかかる国家政策と目標に則つとり、グアテマラ首都圏住民に対する安全な飲料水を適正価格で安定供給するために新しい水資源を開発し、用水サービスの現状を改善、拡大することである。

更にまた、本開発計画は安全かつ十分な用水の供給によって水不足と天然水利用を原因とする疾病発生を防止する等、グアテマラ首都圏住民の保健衛生的生活条件の改善、向上を図ろうとするものである。

(2) 本開発計画は、年々深刻化するグアテマラ首都圏における用水不足を解決するために計画された用水基本計画のなかで、出来得る限り早期の実施が期待されている最優先計画である。

本開発計画は、緊急計画(1)と呼ばれ、1988年から1992年までを目標年次とし、グアテマラ首都圏住民の水問題解決の第一段階として、 $1\text{m}^3/\text{s}$ の用水を新しく開発し、EMPAGUAの用水サービスシステムを通じて供給しようとするものである。

4.1.1 構成要素

本計画は、次の様な構成要素から成る。

(1) 地下水開発計画

地下水開発計画：地下水開発計画地域、地域的开发順位、開発の可能量の決定

地下水生産計画： $1\text{m}^3/\text{sec}$ の地下水生産計画

- 用水供給計画 : 1 m³/sec の新規開発用水の配分計画
- リハビリテーション計画 : EMPAGUA の既存井戸のリハビリテーション
- 地下水生産及び開発用水の送配水施設の運転管理計画

(2) 地下水保全計画

- 地下水監視計画
- 地下水涵養計画

ただし、地下水涵養計画に関しては、単にその効果について検討し、将来実施のために必要な調査が行うべきことを勧告するにとどめる。

4.1.2 開発の基本構想

本開発は、前記目的を達成するために、次の様な基本構想に則って各構成要素ごとに策定された最適計画に基づいて実施するものとする。

- (1) 開発水資源は、所要開発経費、所要開発工期、長期的安定性等を考慮して地下水を優先する。
- (2) 新規開発用水は、EMPAGUA 既存用水サービスシステムを通じて給配する。
ただし、社会経済的効果が極めて大きいと評価される場合は、既存システムの機能を損わない範囲で新しい用水システムを導入する。
- (3) プロジェクト実施後の、用水ならびに施設の効率的運営管理を図るために、O/M体制を改善強化する。
- (4) 既存EMPAGUAの地下水生産施設の機能回復を通じてEMPAGUAの用水サービスの安定、強化を図る。
- (5) 地下水資源の保全、監視を通じてEMPAGUAの地下水生産の安定化を図る。

なお、本開発計画は、本開発の実施が、地域住民の生活、あるいは自然環境に与える影響を最小化することを十分に考慮するとともに、次の様な基本的方法によって策定し、実施されるものとする。

- (1) Las Canas 川水系各河川流域を含むグアテマラ市峡谷流域における地下水開発可能性を評価する。
- (2) EMPAGUA 用水サービス・システムにおける現在及び将来の地域別水需要動向を明かにする。
- (3) 地下水開発可能性に基づいて地区別の開発順位と計画生産可能量を明かにする。
- (4) 地区別水需要、将来の用水供給計画に基づいて、開発地下水の配分計画、直接給水地区を決定する。
- (5) 給水地区を支配する EMPAGUA 既存給水施設と地区別地下水開発可能順位に基づき、導水ルートと方法について比較検討して、最適井戸群、導水ルートを決定し、所要施設を計画する。
- (6) 各井戸群における各井戸及び導水施設の集中、近代的運転管理システムの導入を図る。
- (7) EMPAGUA 既存井戸の生産能力減小の原因について検討し、各井戸の生産回復可能性とその実施効果の経済性を評価して、実施可能なリハビリテーションを計画する。
- (8) EMPAGUA 地下水生産全域に及ぶ地下水の監視システムを導入する。

4.2 地下水開発計画

4.2.1 基本方針

(1) 対象地域

本開発計画における地下水開発対象地域は、図 3-1 に示すように、総面積 815km²

の対象地域を水文流域に基づいて大きく3つの地区に分けて検討することとした。

- a) 南部地区：Amatitlan 湖水の自己流域を除く Villalabos 川水系流域約 318km²
- b) 北部地区：Las Hacas 川水系流域 約 240km²
- c) 東部地区：Las Cunas 川水系流域 約 256km²

(2) 対象滞水層

計画地区において、開発対象となる地下滞水層は、上部及び下部の2つの滞水層である。両者は何れもグアテマラ首都圏住民の生活用水源として有効利用されている。

調査結果によれば、上記滞水層の開発可能量は、開発目標量 1 m³/sec を上回ると評価されている。

特に、計画地区における開発可能な下部滞水層の貯留量は、水文地質的構造、岩石学的特性に基づいて、かなり大量であることが推定されている。

本地域における下部滞水層地下水のポテンシャル・ヘッドは約 EL. 1,300 m と確認されており、下部滞水層から地下水を用水するための井戸の所要深度は 250～300 m で、下部滞水層の開発・利用は経済的に可能である。

従って、本開発計画の主たる開発対象滞水層は下部滞水層と決定する。

なお、上部、下部、それぞれの滞水層の開発可能量は、下記のように推定されている。

上部滞水層

	有効貯水量	現用水量	開発可能量
北部地区	0.89 m ³ /s	0.32 m ³ /s	0.57 m ³ /s
南部地区	0.73	0.79	0.44
東部地区	1.16	0.03	1.13
計	2.78	0.64	2.14

下部滞水層

	推定貯水量	開発可能量	
北部地区	$180 \times 10^6 \text{ m}^3$	$54 \times 10^6 \text{ m}^3$	1.71 ℓ / sec
南部地区	143×10^6	43×10^6	1.31
東部地区	196×10^6	59×10^6	1.86
計	519×10^6	156×10^6	4.43

上部滞水層地下水の水位は季節的変動幅が大きく、水中ポンプ設置位置は、最低水位を考慮して決定されることから、比較的水位が高い雨季水中ポンプにかかる静水圧が大きくなることは避けられない。従って、上、下部2つの層の地下水を同じ井戸で揚水することは避けるべきである。

特に、地下水の安定生産と言う観点から、本開発計画の対象地下水は下部滞水層地下水と決定する。

(3) 地域的開発優先度

計画対象地域の水文的流域界に基づいて大別した東、北および南部の3つの地区について、本開発計画のもとでの開発優先順位を、次の様な観点から評価した。

- a) 用水供給により発生する便益の大きさ
- b) 地下水賦存量とその形態及びその開発可能性
- c) 地形、地質条件
- d) 地下水生産と開発用水の送排水計画実施についての技術的可能性と財務的妥当性
- e) 地下水の追加開発による環境障害発生 の程度

1) 東部地区

東部地区の水文地質的境界は Teocinte/Palancia断層と呼ばれる北/南方向断層系にはさまれた Palancia 隆起帯によって形成されている。また、この地域は東西方向断層によって鞍部となっている可能性もある。

電気探査の結果およびこの地域の滞水層特性は英文 Appendix-1 に詳述するとうり、この地域は、第4紀火山の砕屑物の沈積層や火山噴出物の堆積層から成り、その厚さは 200~100m となっている。

火山砕屑沈積層は、粒径変化に富んでいるうえ、細粒材の占める割合が比較的大きく地下水透水係数は小さい。併しながら、空隙率が大きく、地質的に貯水性が高く、地下水貯留量は大きいと推定される。

傾斜部は基盤岩の深さが比較的浅く、第4紀堆積層の厚さは薄いので上部滞水層地下水の貯留能力は小さいと推定される。

No.2試験井の揚水試験の結果によれば、50ℓ/secの継続揚水のもとで地下水水位の低下は殆ど見られなかった。このことは、揚水された地下水は、豊富な貯留量をもった下部滞水層の地下水であると推定することができる。

一般にこの地域の基盤は、凝結火山岩や溶岩あるいは断層、破碎亀裂によって強い影響を受けた白亜紀の石灰岩によって構成されており、基盤標高は、下部滞水層の圧力水頭標高EL.1,300mより低い。

一方、No.1、No.3試験井の揚水試験の結果によれば、この2つの井戸の揚水量は、何れも目標生産量の20~30%と極めて小量にすぎなかったが、これは、恐らく、さく井地点付近の基盤が破碎・亀裂のない岩塊となっているものと推定することができる。

EMPAGUAは、この地域を流れる Teocinte、Ocotes、Acatan、Canalitos およびEL.Bijague川等々の河川からその表流水を取水しているが、地下水の開発は未発達で、わずかに 0.1m³/sec程度の地下水から揚水されているにすぎない。

なお、この地域の各河川から最終された用水は、隣接地区に位置する Ilusiones、Santa Luisa 浄水場において処理されている。従って本開発計画が実施によって開発した用水は、これらの浄水場に送水することが容易で、送水距離も比較的短い、さらにまた、この浄水場の支配地区は、近年住宅開発計画の実施が進み用水の需要の急速に伸びることが予測されている。

揚水試験の結果に基づいて推定した、この地域の滞水層の水理特性を示す、透水係数および地下水流動量は、次のとおりである。

	流域断面	K	流動量
No. 2 試験井	2,500m×50m	9.54×10^{-5}	0.597 m ³ /sec
	破碎安山岩層	7.75×10^{-5}	0.485
No. 1 試験井	2,500m×50m	1.4×10^{-5}	0.042
	凝結凝灰岩層	1.2×10^{-5}	0.036
	非破碎岩		
No. 3 試験井	2,500m×50m	5.4×10^{-6}	0.021
	非破碎石灰岩	6.24×10^{-6}	0.047

2) 北部地域

北部地域において、隆起部は第3紀火山岩や白亜紀石灰岩の露頭が見られ、第4紀堆積層の厚さは、約100m前後と推定される。

隣接流域からの浸透流入量は0.5m³/secと推定されているが、その進入経路は未だ解明されていない。この地域の水文地質構造に照らして恐らく西方から流入し、断層系によって規制され北方にて流出していると考えられる。

本流域の地下水賦存量は、約2.2m³/secのうち0.4～0.5m³/secが現在揚水されている。現在揚水されている地下水の大部分は上部滞水層地下水である。

EMPAGUAのProject4-3井戸を始め、2-3の井戸は、下部滞水層地下水を対象としてその位置が選定され、適正に設計されている。これらの井戸は、水位標高がEL. 1,300m前後で平均揚水量は63ℓ/secである。併しながら、本地域は地形的な変化に富み、地盤標高は1,500m以上の場所も多く、下部滞水層地下水

の揚水に必要な井戸の深さは大きくなる。従って、下部滞水層の開発可能地域は地盤標高EL. 1,500 m以下の低地に限定されることとなる。

本地域は大量の貯留量をもった下部滞水層が広がっている。従って水文地質構造、南北方向断層の集中、東西方向の破砕帯の発達等々から判断し、本開発計画のもとでの地下水開発可能性は大であると言える。

3) 南部地域

南部地域は、地下水涵養力が大であるうえ、東西両側の高台から大量の地下水が流入していると推定されている。併しながら今年年間約30百万m³の地下水が開発利用されているほか年間70百万m³の地下水が Amatitlan湖へ流出していると推定されている。

近年 Amatitlan湖は地下水開発の影響をうけて、その水位低下が問題となっており、これ以上の水位低下を防止するために、これ以上の地下水開発は規制すべきであろう。

4) 開発優先順位

すでに述べたように、南部地区における地下水の既存揚水量は、水文地質的安全揚水量を越えており、これ以上の地下水の開発利用は避けるべきである。現実には、南部地区の幾つかの井戸では水位の低下が発生しており、地下水の揚水が不可能となっている。

北部地域の南または西部地区は多くの公共井、民有井が開発されており、本開発計画実施のために残された開発可能地域はわづかに東北部地区のみである。

東部地域は電気探査、その他現地調査の結果によれば、地下水開発可能性は極めて大きいと期待されているが、現在地下水未開発地域である。開発可能性は特に中央部および北東部地域が大きいと考えられる。

以上、各地域にかかる地下水開発可能性について検討し、本開発計画のもとでの開発順位を次のとおり決定し、提案する開発計画は、この決定区分を考慮して策定することとした。

第一順位 : 東部地域

第二順位 : 北部地域

第三順位 : 南部地域

4.2.2 代替水資源

本開発計画事業にとって、開発対象水資源として地下水と河川流水の2つを考慮することができる。併しながら、次に列記するような理由に基づいて、地下水が最も適当な水資源として選定されている。

河川は

- (1) 流量は一般に豊富であるが、季節的変動が大きく取水源として不安定である。
- (2) 取水地点から用水サービス地域までの搬送距離が大で、膨大な導水施設の建設が必要である。
- (3) 用水サービス地区に近接して流れる各河川、都市排水の流出によって強く汚染されており、大規模な浄水施設が必要である。
- (4) 給水基本計画にかかる調査によれば、河川流水の開発利用は、地下水の開発利用に比べ、開発費用は2～3倍を要する。

一方、地下水の開発は

- (1) 井戸をできるだけ水需要地区に近接して建設することによって、開発用水の導水に必要なパイプライン等所要施設を最小化することができる。
- (2) 浄水施設の必要がなく、簡単な滅菌処理施設を要する程度で、生産管理費用を削減することができる。
- (3) 井戸の建設、開発規模を水需要に応じて自由に調整できると共に、便益の発生が早い。

従って、次の様な条件を考慮して、地下水が最も経済的で安定した水資源であると結論することができる。

- (a) 水源としての安定性
- (b) 所要工期の削減
- (c) 所要工種が少ない
- (d) 工程・工事量の調整が容易
- (e) 対象地域は地下水開発可能性が大である

4.2.3 井戸群の提案

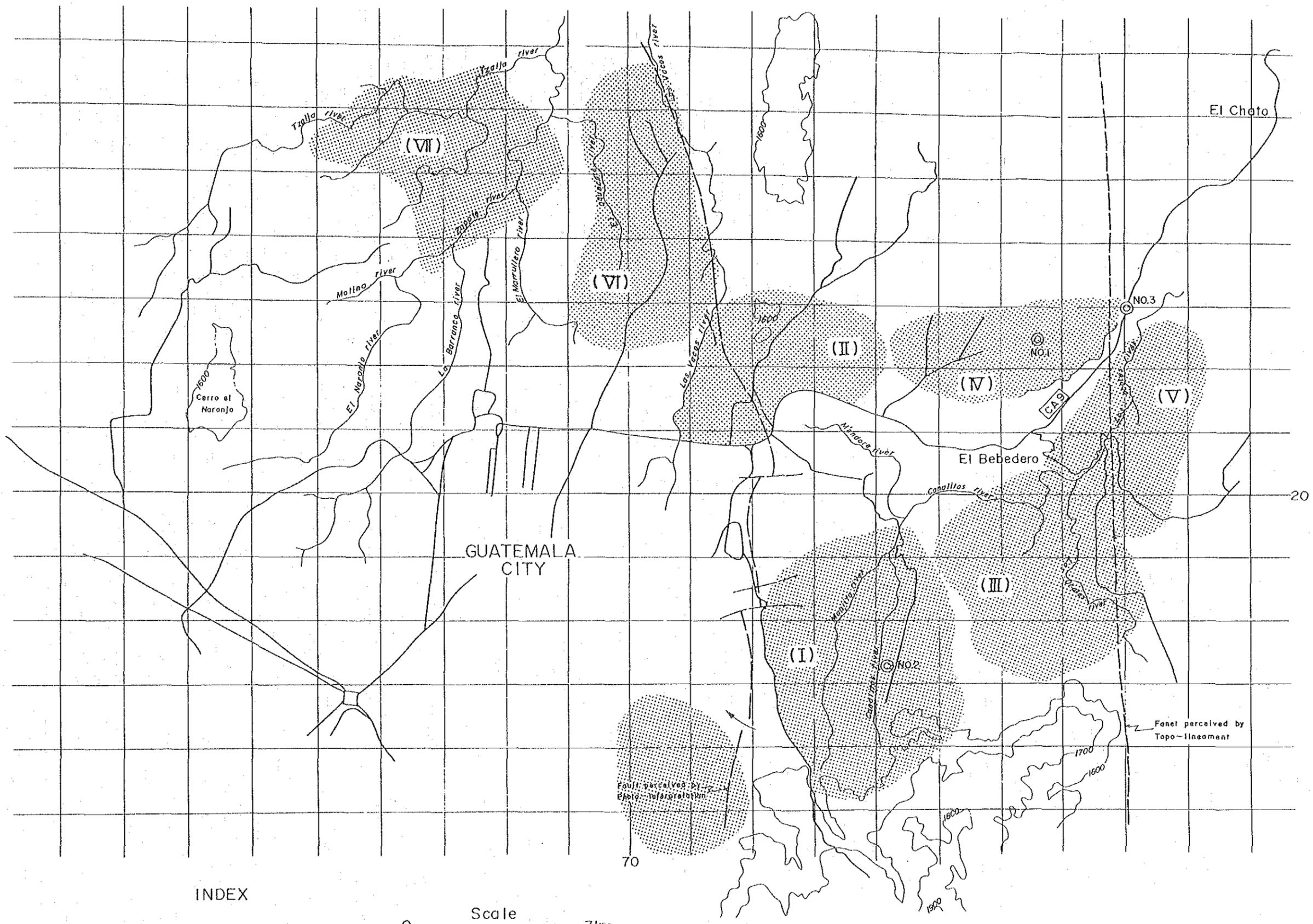
図4-1 に示すように、本開発計画のための有効地下水可能量を考慮して8つの井戸群域を概定した。うち、2つのブロックは北部地域に属し、残り6ブロックは東部地域に位置しているが、これらのブロックは全て、東部と北部地域の境界に近接して対置している。

提案した8つの井戸群の水文地質的特性は英文 Appendix-1 に詳細に述べている。

現在、上部滞水層地下水を揚水している既存井戸の平均生産量はわずかに10ℓ/secにすぎない。下部滞水層の場合、地下水位がEL. 1,300m以下の既存井戸の揚水実勢は3ℓ/secから189ℓ/secで最大と最小の値は大きく異なっている。大量生産井戸は恐らく、下部滞水層地下水を揚水しているものと考えられることができる。

建設する井戸の地質断面構造が不確実な現段階で、井戸の生産量を確実に断定することは難かしいが、今日までの調査結果もに基づいて本開発計画によって建設される。

各井戸の生産量は40ℓ/secと予測することが可能である。但し、No. 1、No. 3試験井による揚水試験の結果から提案されたNo. 4井戸群は10ℓ/sec以上の生産を予測することは難しいので、このブロックにおける井戸の位置は経済的に十分な生産量が期待できるよう注意深く検討して選定することが必要である。



INDEX

(I) Groundwater Development area

© NO.2 Site of Test Boring

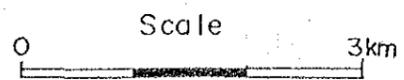


FIG.4-1 RECOMMENDED WATER DEVELOPMENT AREA

4.3 用水供給計画

4.3.1 基本方針

計画地区における用水供給にかかる主たる阻害要因は、計画地区の水需要に対応するに十分な用水が生産されていない事である。これはEMPAGUAの用水生産サービスシステムの生産効率の低下と新しい水資源の開発の遅れによるものである。EMPAGUAの用水サービス網は非組織的であるうえ、そのサービス範囲は散発的に拡張されたために等質でない。この結果、多くの配水損失が発生している。

特に、新興住宅開発地区やグアテマラ市中心街地区は局地的水不足が顕著である。

本開発計画における用水供給計画は、この様な用水供給の局地的不均衡を是正するように策定する。従って用水供給計画は新しい地下水開発によって地域の用水供給不足を軽減する目的をもって検討すべきである。

本開発計画の主構成要素である地下水開発計画は用水供給にかかる目的を達成するために次の様な基本的基準に則って策定されるものとする。

- 補給用水の配分計画は現在の水不足だけでなく、将来の水需要についても充分配慮すること
- 新しく開発した用水はEMPAGUAの既存用水サービス網を通じて飲料水とに配分する
- 基本的に、新しく開発した用水は最も近い既存のEMPAGUAの用水供給プラント、その他の施設に搬送する
- 用水配分計画の策定に当たっては、将来における各種の水資源開発あるいは用水供給計画の便益を妨げないよう将来計画を充分配慮すること
- 局地的水需要が正当でかつ大きい場合、本開発計画によって生産された用水を共同水栓等の方法で地域住民に直接配分する。

4.3.2 用水配分計画

(1) 用水供給地域の選定

EMPAQUAの資料によれば1985年時における用水の需要と供給関係は次のとおりである(表4.1参照)

- 1) EMPAQUAの用水サービスシステムにおける水不足の割合は推定需要総量の18%である。併しながら、地域的には、グアテマラ市北東地区が30%、北部地区が26%、中心街地区が22%の水不足が顕著である。
- 2) 北東地区は、主としてZona17、18から成り、現在用水のほとんどはLas Ilusiones浄水場によって供給されている。
- 3) 北部地区はZona6から成る地域で、用水は主としてSanta Luisa浄水場から供給されている。
- 4) 市中心街地域は市中に点在する井戸のほか数ヶ所の生産プラントから導水されている。

EMPAQUAは用水供給の地域的不均衡を解消するために次の様な改善計画を提案している。

- 1) ポンプ設置が遅れ、未稼働中の建設済み井戸のポンプ設置を急ぐ(Zone 6)
- 2) 市中心街地区における22%と言われる水不足は不適当な配水網に大きく原因していることからEMPAQUAは配水ロスをできるだけ少なくするために、配水網を小さな単位に再編成する。
- 3) 水不足が最も、顕著なZone17、18は住宅開発地域が拡大し、人口の急速な伸びに伴い用水需要は年々拡大しつつある。EMPAQUAは次の15年間に、この地域の水需要は現在の3倍 10.2 m³/secに達する事から予測されている。

Las Ilusiones 浄水場は、Atlantico でOcotes、Bijague 川から0.18m³/secの表流水を取水し、主として Zone 17、18に給水している。Santa Luisa 浄水場はTeoc

icut、Acatan、Canalitos 川から表流水 0.345m³/secを取水して、主に市中心街地区に供給している。

各河川の総流出量は、用水需要に対応するに充分であるとしても、流況が不安定で特に乾季流量は枯渇することもある。また、水質の汚染も進んでおり、これら各河川は、質的にも量的にも安全且つ安定した水源としての機能を次第に失われつつあるとすることができる。また河川流水の開発利用は大規模な浄水施設を必要とするばかりでなく、取水施設、搬送施設も大規模で多額の建設費を要する。これに対し、地下水は都市用水源としての安定性を高く、用水需要の増大に対応して順次開発することも可能で理想的な補給用水源であると言える。

Table 4.1 SUPPLY AND DEMAND

Section of Metropolitan Guatemala:	Center	North	North-East	South-East	West	South	Total	Total (%)
<u>Supply</u>								
Santa Luisa	0.24	0.10	—	—	—	—	0.34	14.0
El Cambray	0.07	—	—	0.08	—	—	0.15	6.0
Lo de Coy	0.21	—	—	—	0.62	—	0.83	35.0
La Brigada	—	—	—	—	0.07	—	0.07	3.0
Ojo de Agua	0.32	—	—	—	—	0.22	0.54	23.0
Wells in the City	0.11	0.10	—	—	—	—	0.21	9.0
Las Ilusiones	—	—	0.23	—	—	—	0.23	10.0
Total	0.95	0.20	0.23	0.08	0.69	0.22	2.37	100.0
Demand	1.22	0.27	0.33	0.09	0.74	0.25	2.09	—
shortage/Demand × 100	22.0	26.0	30.0	11.0	7.0	12.0	18.0	—

北部、東部および市中心街地区それぞれの1985年、1990年、1995年および2000年の各年における推定水需要は表4.2-1 のとおりである。

この推定需要は次の様な条件を仮定して推定した。

- 1 契約消費者 1 日当り用水需要： 1.4m³/日/1 契約
- 契約消費者の年増加率 : 6.278%
- 配水システム内損失 : 32 %

年 度 別 予 測 水 需 要

年度 \ 地区	市中心部	北 部	東 部
1 9 8 5	1.22 m ³ /sec	0.27 m ³ /sec	0.33 m ³ /sec
1 9 9 0	1.48	0.30	0.48
1 9 9 5	1.80	0.34	0.70
2 0 0 0	2.18	0.38	1.02

地域的水不足が、現在、将来ともに顕著な地域は、主として Zona 17、18から成るグアテマラ市北東地区である。この地区、特に Zona 18は住宅地域としての開発が進んでおり、水需要が急速に増大しつつある。

この地区の水需要の伸びは、1985年時点の需要に対し、1990年は 145%、1995年は 212%であり、2000年には 310%となることが予測されている。

一方、現在この地区の主要水源である河川の追加開発は極めて難しく追加開発の可能性は極めて小さい。従って E M P A G U A はグアテマラ峡谷流域外の河川流水を流域変更して導水することを計画している。

グアテマラ首都圏の北部地域の用水需要の伸びは、余り大きくなく、2000年の用水需要量は、現在需要量の 140%に過ぎない。そのうえ、この地区は、1995年 E M P A G U A によって建設された教基の井戸があり、1986年内に設備を充足し生産を

開始することを計画している。従って、この地区における2000年の水需要に対応するために必要な補給用水量は小量である。

グアテマラ市中心街地区2000年時点の水需要は現在需要の285%増と推定されている。この用水需要に対応するために新水源を開発し、流域変更導水することが計画されている。

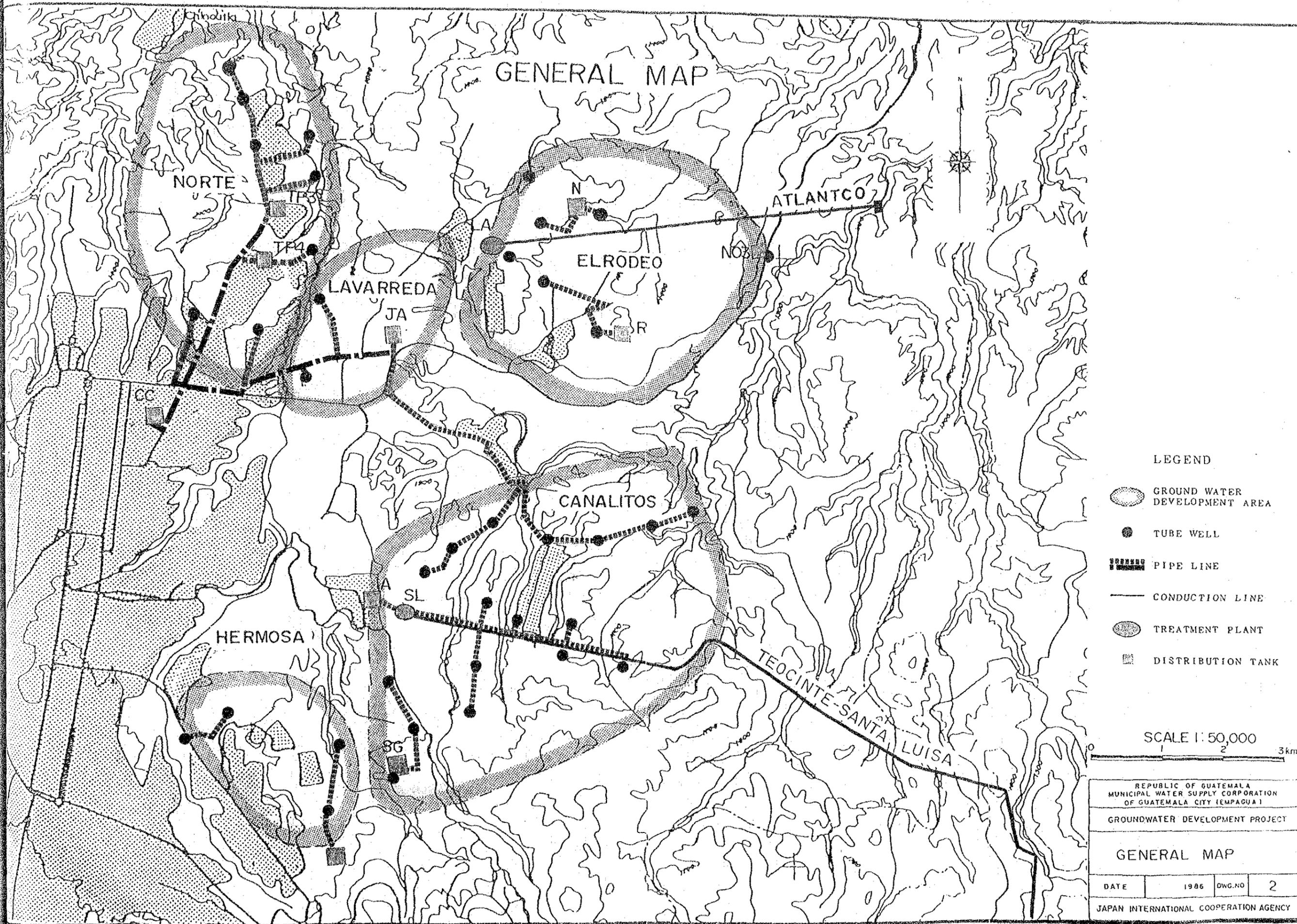
従って、本開発計画によって新しく開発される1 m³/secの地下水は PLAMABAG の計画、予測に適合するよう、グアテマラ市の北東部 (Zona 17、18)、北部 (Zona 6)及び市中心街地区に配分する。

(2) 年度別用水配分計画

用水の需要供給現況および将来の水需要傾向を考慮してPLAMABAGは、緊急計画1案による新規開発用水1 m³/secの配分計画を次のように策定している。

地区名	1990年	1995年	2000年
市中心部	0.5 m ³ /sec	0.54 m ³ /sec	0.18 m ³ /sec
北東部	0.2	0.42	0.74
北部		0.04	0.08
計	0.70 ¹⁾	1.00	1.00

1) : 本格工事は、1987年に着工し1990年に完工すると仮定



- LEGEND
- GROUND WATER DEVELOPMENT AREA
 - TUBE WELL
 - PIPE LINE
 - CONDUCTION LINE
 - TREATMENT PLANT
 - DISTRIBUTION TANK

SCALE 1: 50,000

0 1 2 3km

REPUBLIC OF GUATEMALA MUNICIPAL WATER SUPPLY CORPORATION OF GUATEMALA CITY (EMPAGUA I)		
GROUNDWATER DEVELOPMENT PROJECT		
GENERAL MAP		
DATE	1986	DWG.NO 2
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY		

4.3.3 用水生産計画

(1) 井戸群

本開発計画にける井戸群の位置は最終的に、次の様な基準に従って決定した。

- 井戸群は、できる限り用水サービス地域に近いこと
- 導水路ルート of 地形地質、アクセス条件が良好なこと
- 井戸の相互干渉、生産容量の低下、効率低下の防止可能なこと
- 導水システムが簡易で効率的であり、所要施設の建設費用が最小であること

上記の基準に従って、地下水開発調査の結果に基づいて、本開発計画のために提案された8つの井戸群候補地区のなかから図4-2に示すように5つの井戸群を選定した。選定した井戸群の概要は下記のとおりである。

井戸群名	井戸群No	推定 開発可能量 ℓ/sec	既存 開発量 ℓ/sec	開発 開発量 ℓ/sec	概定 井戸数	井戸1基当 生産可能量 ℓ/sec	井戸1基当 生産目標量 ℓ/sec	目標 総生産量 ℓ/sec
Canalitos I, III		776	24	752	17	44	30	510
Iavavrada	II	358	35	323	2	161	35	70
Norte	VI	568	280	288	8	36	35	280
El Rodio	V	336	8	328	7	46	30	140
Hermos	VII	245	23	222	4	55	30	120

(2) 井戸の数および位置

各井戸群について、それぞれの井戸群の水文地質的一般特性、面積、地形条件、目標生産量等を考慮した。井戸の数、位置および井戸1基当り平均生産量等々を仮決定した。同一井戸群においても各井戸の生産量は、色々と変化すると考えられるけれども、現段階では、同一井戸群に属する井戸の生産量は全て平等であると仮定した。各井戸群の井戸の位置は、図上選定したものであるので、建設工事に先立っ

て詳細設計期間中に現地測量を実施して最終的に決定するべきである。

各井戸群の井戸数、各井戸の推定平均生産量は、次のとおりである。

井戸群	掘削可能井戸数	井戸1本当り平均生産量
Canalitos	17	30 ℓ / sec
lavavrada	2	35
El Rodeo	7	20
Hermosa	4	30
Norte	8	35
Total	38	

提案した井戸の数は輪番運転による生産方式が採用されるものとし10%の予備井戸を含むものとし、井戸の単純総生産量は、1.12m³/secで、実際の生産量は 1.0m³/sec で、実際の生産量は 1.0m³/secとした。

(3) 年度別計算計画

年度別生産計画は、次の条件を考慮して策定した。

一 年度別 地区別水需要

年 度	グアテマラ市 北 東 部	グアテマラ市 中 心 部	グアテマラ市 北 部
1990	0.20m ³ /sec	0.5 m ³ /sec	---
1995	0.42	0.54	0.04m ³ /sec
2000	0.74	0.18	0.08

— 1985年末における需要供給

年 度	北 東 部	中 心 部	北 部
需要量	0.33	1.22	0.27
不足量	0.10	0.27	0.07
用水供給源	Las Ilusiones Plant	Ilusiones Brigardを除く全てのPlant	Santa Luisa 市中井戸

— 年次別既定用水供給量

	北 東 部	中 心 部	北 部	計
第一年次	0.07m ³ /sec	0.19m ³ /sec	0.06m ³ /sec	0.32m ³ /sec
第二年次	0.24	0.10	—	0.34
第三年次	0.13	0.19	0.02	0.34
計	0.44	0.48	0.08	1.00

(4) 導水パイプライン

本開発計画のもとで生産された用水は、用水配分計画に従って生産地点から配水起点まで搬送する。

導水パイプラインのルートおよび導水システムは、次の条件を考慮して計画した。

- 各井戸間の標高差
- 各井戸群と用水配水起点の標高差
- 各導水ルートの地形的条件
- 既存導水パイプラインあるいは既存用水供給施設との位置関係
- 所要パイプラインあるいは施設の建設規模と建設費

英文 Appendix-II において詳述するように各井戸群について年次別生産計画と既定して次の13系列の導水システムを決定した。

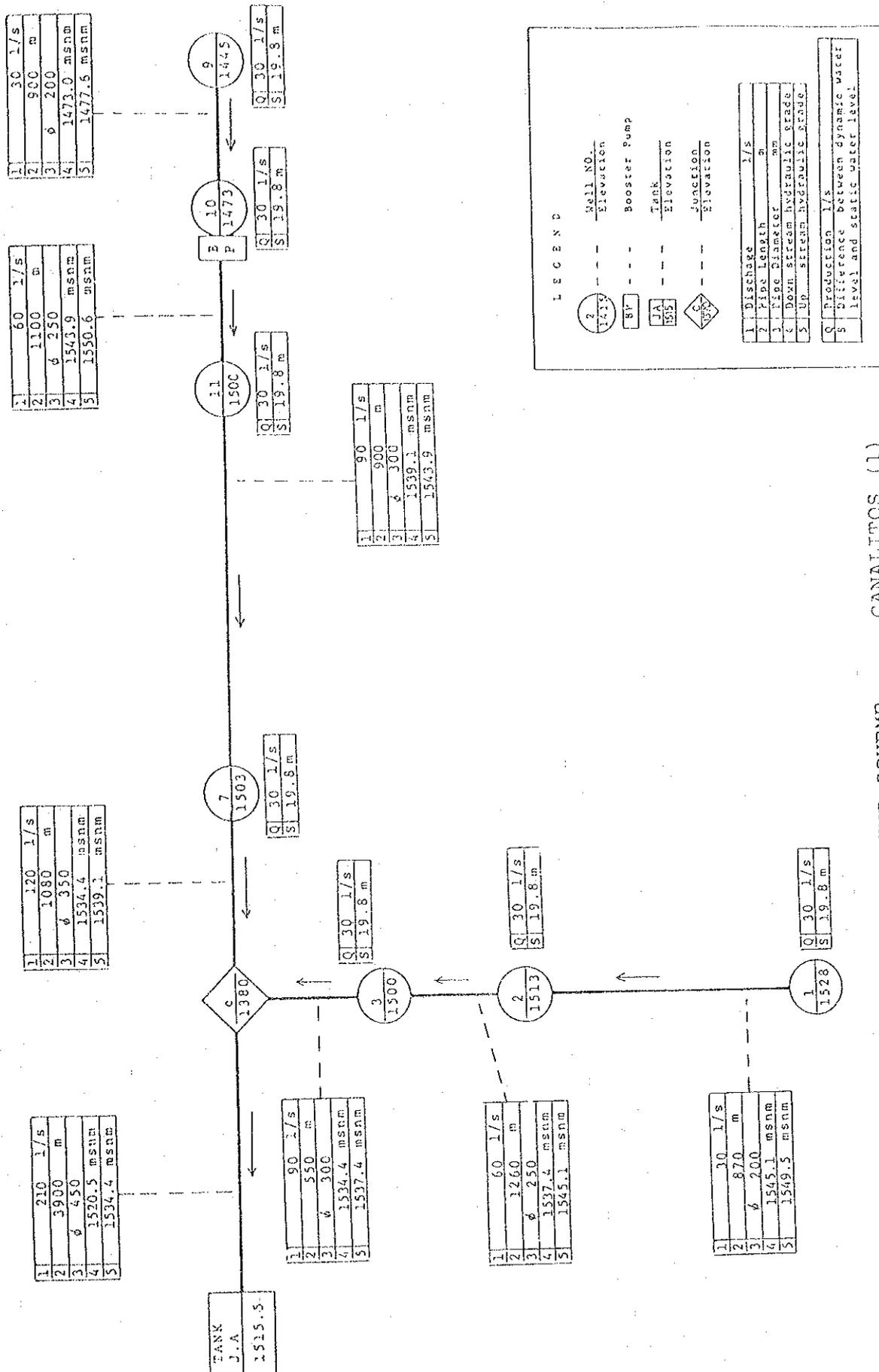
年次別、井戸群別生産計画

井戸群	Canalitos m ³ /sec	Lavarrada m ³ /sec	EL Rodeo m ³ /sec	Hermosa m ³ /sec	Norte m ³ /sec	計 m ³ /sec
第一年次	0.21	0.07	0.08	—	—	0.36
第二年次	0.21	—	0.06	—	0.105	0.375
第三年次	0.09	—	—	0.12	0.175	0.385
計	0.51	0.07	0.14	0.12	0.28	1.12

但し 実生産量は上記数値の90%とする

井戸群	導水終点	計画最大 導水量	導水 システム	井戸数
Canalitos	Juana de Arco 給水タンク (既設)	0.210	一部圧送	7
	Santa Luisa 塩素滅菌槽 (既設)	0.210	重力	7
	San Gaspar 新設水槽	0.090	重力	3
Norte	Tank-3 (既設)	0.210	一部圧送	6
	Tank-Carmen (既設)	0.070	一部圧送	2
	Juana de Arco 既設タンク	(0.148)	圧送	
Lavarreda	既設パイプライン 経由 Juana de Arco	0.070	重力 (圧送)	2
EL Rodeo	新設タンク	0.040	重力	2
	既設導水管 (一部直接給水)	0.020	重力	1
	新設タンク	0.060	重力	2
	既設導水管	0.020	重力	1
Hermosa	新設タンク	0.090	重力	3
	既設導水管	0.030	重力	1

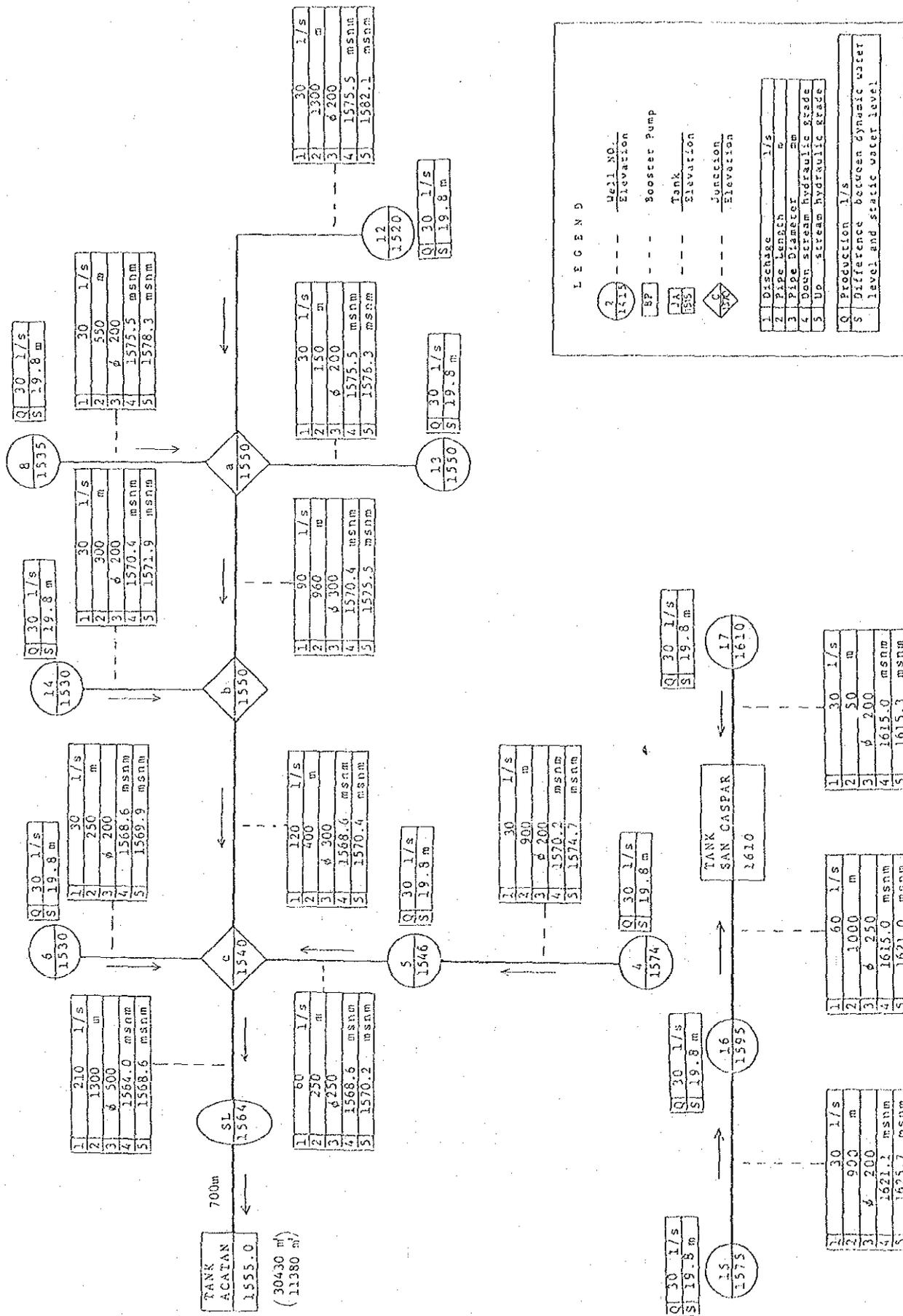
() : Tank 3 から Tank 4-4 経由、Norte 地区余剰用水



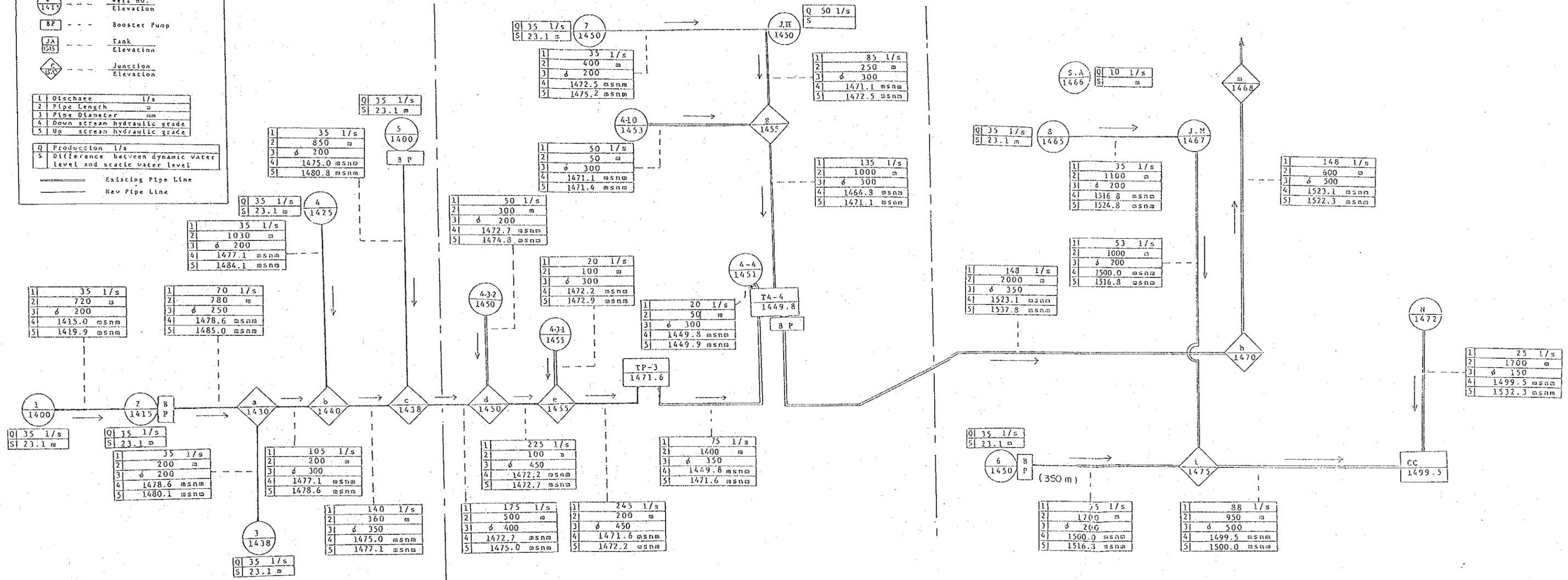
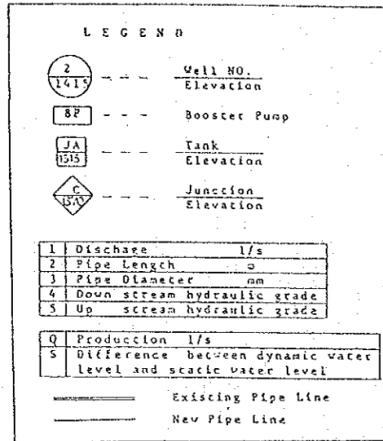
CANALITOS (L)

TRANSMISSION LINE SCHEME

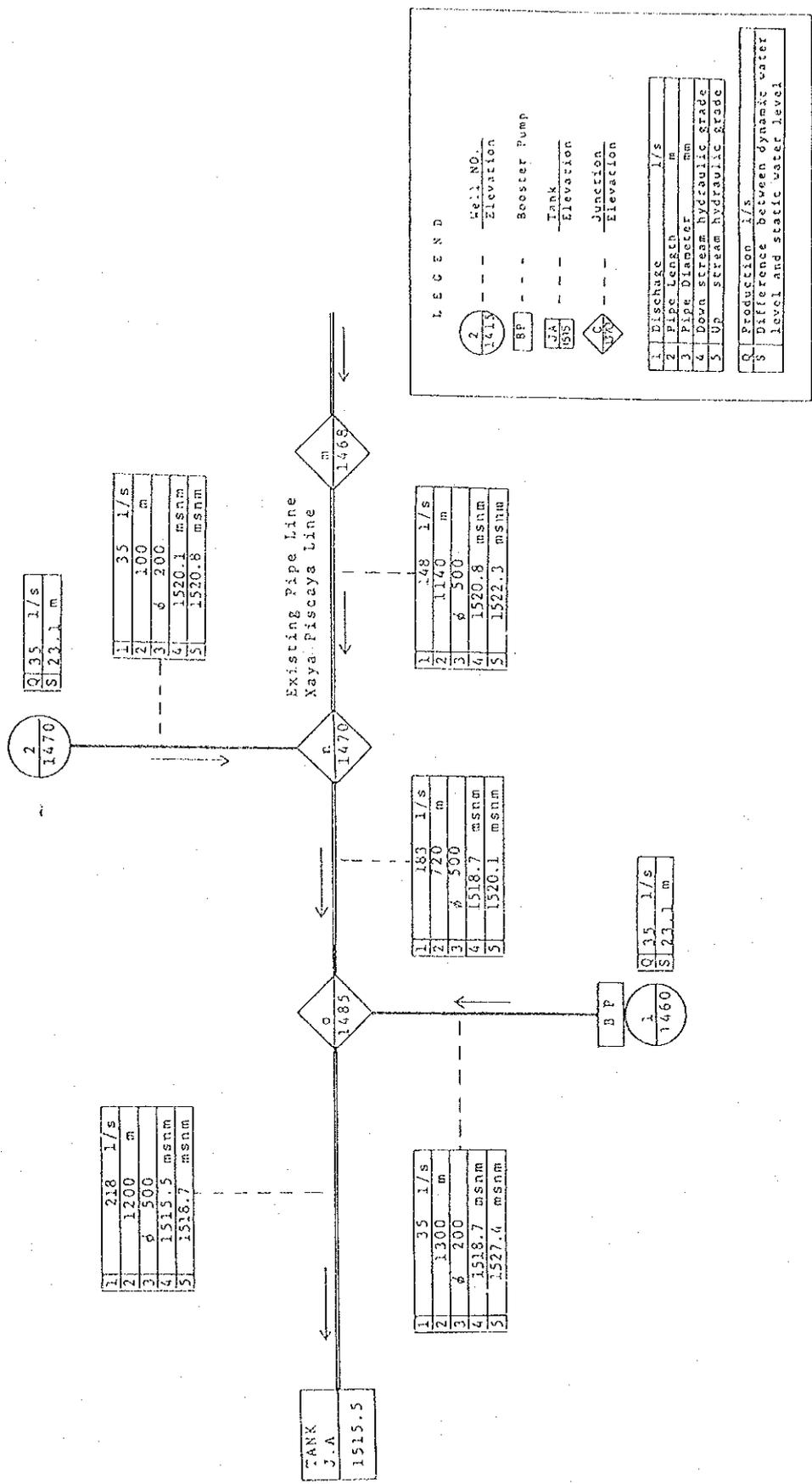
FIG. 4-3



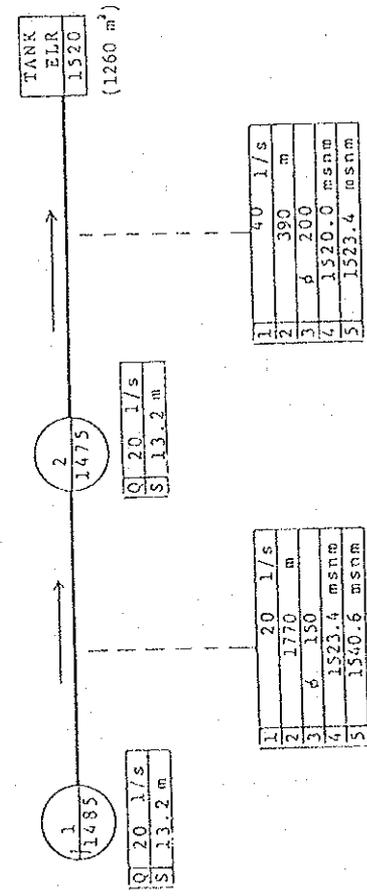
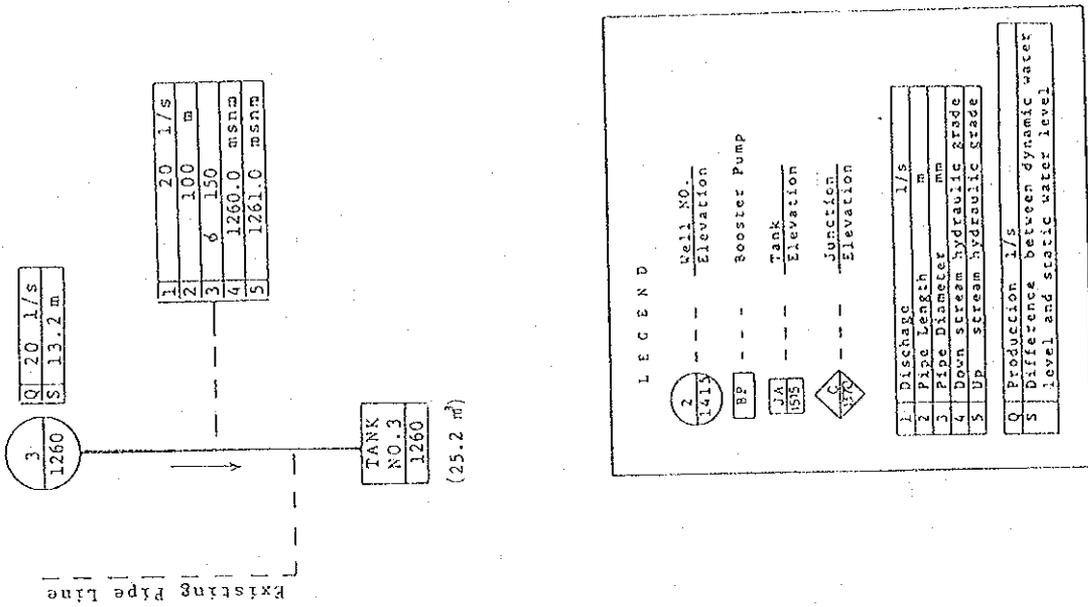
TRANSMISSION LINE SCHEME CANALITOS (2)



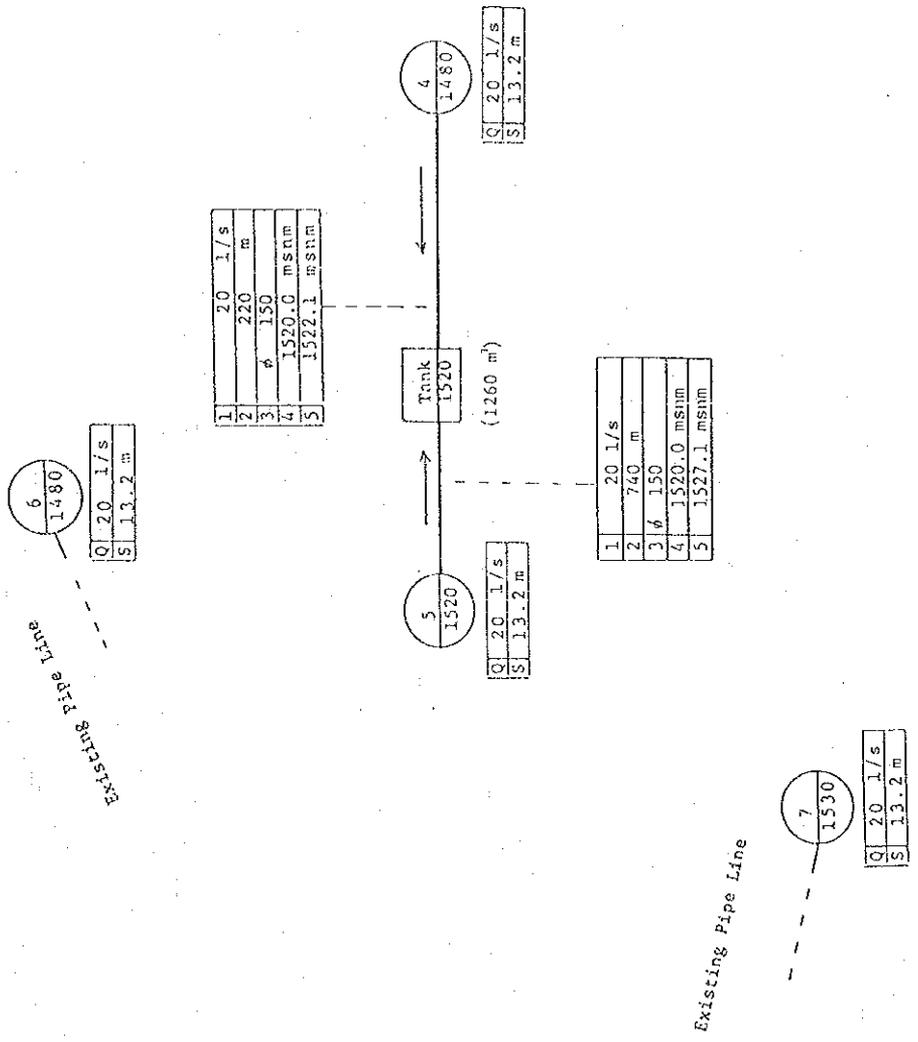
TRANSMISSION LINE SCHEME NORTE



TRANSMISSION LINE SCHEME LAVARREDA



TRANSMISSION LINE SCHEME EL RODEO



L E G E N D

	Well NO.
	Elevation
	Booster Pump
	Tank
	Junction
	Elevation

1	Discharge	l/s
2	Pipe Length	m
3	Pipe Diameter	mm
4	Down stream Hydraulic Grade	
5	Up stream Hydraulic Grade	

Q	Production	l/s
S	Difference between dynamic water level and static water level	

TRANSMISSION LINE SCHEME EL RODEO

1	30 l/s
2	1500 m
3	φ 200
4	1565.5 msnm
5	1573.1 msnm

Q	30 l/s
S	19.8 m

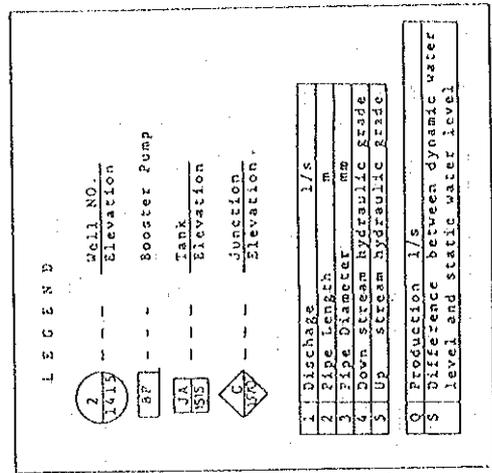
Q	30 l/s
S	19.8 m

1	30 l/s
2	800 m
3	φ 200
4	1480.0 msnm
5	1484.0 msnm

Q	30 l/s
S	19.8 m

1	60 l/s
2	900 m
3	φ 200
4	1560.0 msnm
5	1565.5 msnm

Tank	1560
(1890 m³)	



TRANSMISSION LINE SCHEME HERMOSA

4.3.4 リハビリテーション

(1) 基本計画

1) EMPAGUAは、自らの給水地域における1990年の水需要を $3.7\text{m}^3/\text{sec}$ 、生産量を $3.99\text{m}^3/\text{sec}$ を予測している。

この予測生産量は、次の様な開発計画の実施に基づいて算定されている。

1985年現在生産量 : $2.37\text{m}^3/\text{sec}$

本開発計画実施による
新規開発量 : 1.00

リハビリテーション実施
による増加生産量 : 0.45

Project 4による建設
ずみ井戸の生産開始 : 0.17

$3.99\text{m}^3/\text{sec}$

本開発計画は地下水開発計画の実施とリハビリテーション計画を実施することによって、EMPAGUA自身による生産計画の実施による生産量の増加分とあわせて、EMPAGUA用水サービスシステムの1990年の水需要を充足することを目的とする。

TABLE 4-2 プラント別、年次別平均生産量

Plant:	Santa Luisa	El Cambray	Lo de Coy	La Brigada	Ojo de Agua	Las Ilusiones	City Wells	Total
Year	(m^3/day)		(m^3/day)					
1980	31,360	15,020	60,260	4,780	50,310	13,900	11,520	187,150
1981	31,670	16,080	68,720	7,230	46,900	14,140	10,700	195,440
1982	28,620	15,450	90,120	10,670	46,100	15,290	13,300	219,550
1984	26,962	15,065	86,398	5,726	48,582	20,124	15,530	218,387
	29,452	15,201	78,378	7,177	48,868	16,329	12,626	208,031

TABLE 4-3

井戸群別年次別平均生産量

Plant:	Diamante (m ³ /day)	Ojo de Agua (m ³ /day)	Belen (m ³ /day)	Molino (m ³ /day)	El Rodeo (m ³ /day)	La Brigada (m ³ /day)	City Wells (m ³ /day)	Total (m ³ /day)
1980	13,750	22,130	1,540	740	1,940	3,290	7,300	50,690
1981	13,340	25,200	2,110	1,050	480	2,580	7,060	51,820
1982	14,090	21,390	1,560	1,400	1,030	2,170	9,250	50,950
1983	16,110	25,300	310	1,580	1,610	830	8,580	54,320
1984	15,185	16,166	2,173	1,003	1,760	1,890	10,594	58,771
	14,495	24,035	1,539	11,567	1,364	2,152	8,557	53,310

2) EMPAGUAの各生産プラントおよび各井戸群の過去5ヶ年の年度別平均生産量は表4-2、4-3に示すとうりである。

近年、用水需要の急速な成長にもかかわらず、EMPAGUAの生産施設は組織的計画的維持管理が不十分で運転中止、効率の低下等々によってその生産量は前の年より低下する傾向を示している。

また、機器類は、有効使用期限の超過、修繕、交換部品の不足が問題となっている。

河川の取水施設の様な生産プラントは、部品の不足と同様、適当な運転管理の不足によって性能低下をひき起こしている。EMPAGUAの井戸57基のうち現在運転稼動している井戸はわずかに37基にすぎない。またその生産量は試験揚水量のわずか36%にすぎない。

このような現況を踏まえて、1988年から1992年までの水需要を充足することを目的として本開発計画の1構成要素として既存井戸のリハビリテーションを実施する。リハビリテーション計画は運転停止中の井戸、有効使用期間を超えて使用され極端に生産能力が低い井戸の生産機能回復を図ろうとするものである。また、生産および給配水施設を適正かつ効率的に利用することによってEMPAGUA

用水供給能力を拡大強化を図る。

これらの井戸に対するリハビリテーションの実施によって少なくとも 620ℓ / secの生産が増大することが見込まれている。EMPAGUAの用水サービスシステムにおける主たる欠陥は次に示すように要約することができる。

TABLE 4-4 EMPAGUA用水サービスシステムにおける問題と欠陥

システム	問題	施設名/事由	対策
生産システム	水処理方法の貧弱	las Ilusiones	浄水槽の修理
	取水施設が貧弱	Atlantico Hincapie, Canalitos	取水ゲートの修復、土砂溜りの拡大 ポンプ運転方式の見直し ウォーターハンマー防止施設の充足
	井戸生産能力の低下	各井戸	井戸のリハビリテーション、ポンプの修理、交換、配水施設の拡大
給水システム	間けつ給水 あるいは給水中断	導水および配水網 設計の欠陥	配管網の水理学的計算と合理的実施 計画に基づいて再設計、主管網の拡大、逆止弁等の設置、給配水網と生産プラントの間の調整・制御
	用水の35%は計量 不可能である 正確な計量記録は ない	無効な配水網 生産および末端 消費地点での無計量	Pajaを基準とする消費量計算から、 メーカー計を設置し精細な漏水制御 のもとでの生産、配水制御を行なう

EMPAGUAの井戸の現況は次のとおりである。

生産放棄	5
生産中止	8
生産稼働	37
建設中	7
計	57

リハビリテーション計画は、現在稼働中の37本井戸について同計画の実施効果と経済的実施可能性を検討し、23ヶ所の井戸をリハビリテーション実施対象として選定した。

選定した23ヶ所の井戸の現況は下記の通りである。

— 建設後15年以上	15
— 建設後10年以上で 生産効率低下が顕著なもの	7
— 建設後数年で部品不足、機械的 故障による生産効率の低下	1

併しながら、23ヶの井戸のうち1ヶ所については、EMPAGUA自身が1986年実施を計画しているリハビリテーションの対象となっているので、本開発計画におけるリハビリテーションはこの1ヶ所を除く、22ヶの井戸について実施することにした。リハビリテーションを計画した22ヶの井戸の名称、設計揚水量等は、TABLE 4-5 に表示するとおりである。

1986年5月22日から7月20日までの現地における補足調査期間中実施したT.V.カメラによる現況調査および揚水試験の結果に基づいて算定した現況およびリハビリテーション実施後の生産量は表 4-6に示すとうりである。また、調査結果に基づいて本開発計画は22ヶの井戸について、次のような工事を実施することを計画した。

- (1) 化学薬品投入によるクリーニング
- (2) ポンプその他関連機器の交換
- (3) 損傷したケーシングパイプの交換

2) 地下水位観測と生産管理

本開発計画は用水源として地下水を利用するものであり、井戸だけでなく、地下滯水層に対する定期的な観測、管理システムは、生産井戸と不可分で、相互に補足し合うように計画する。また、地下水位、地下水生産量の計測は日単位で測定することができるように計画策定する。

TABLE 4-5

Wells Targeted for Rehabilitation

No.	Name	Design Capacity	Casing pipe Diameter	Static Head	Depth to Water Table	Completion Year
141	Diamante I	50 1/sec	16	121.92	7.62	69
140	Diamante II	90 1/sec	12	121.92	7.62	69
143	Diamante III	90 1/sec	12	158.50	7.62	72
144	Diamante VIII	88 1/sec	12	274.32	19.51	77
139	Ojo de Agua I	151 1/sec	12	274.32	0.91	76
138	Ojo de Agua II	151 1/sec	12	274.32	5.49	76
137	Hincapie	31 1/sec	8	213.36	0.08	77
22	J A Salazar	31 1/sec	8	195.07	56.39	77
30	Brigada I	20 1/sec	8	213.36	84.73	68
29	Brigada II	18 1/sec	8	182.88	81.08	66
20	Diagonal VI	31 1/sec	8	222.50	51.50	69
21	Colonia ElMaestro	31 1/sec	8	213.36	50.60	77
16	Santo Domingo	44 1/sec	8	138.99	323.00	69
15	Parugue Colon	31 1/sec	8	201.17	33.53	69
28	Filtros Brigada I	31 1/sec	8	289.56	46.33	70
27	Filtros Brigada II	31 1/sec	8	259.08	73.76	70
38	Belen III	31 1/sec	8	259.08	73.76	70
18	Ciudad Vieja I	20 1/sec	8	204.80	37.24	70
145	Diamante V	189 1/sec	16	310.98	7.62	72
142	Diamante VI	63 1/sec	15	304.88	26.00	72
24	Arcos I	29 1/sec	8	182.93	59.15	76
278	Juana de Arco	22 1/sec	8	274.39	161.59	82

3) 計画施設の運転と維持管理

井戸のモニタリングを含む生産管理機構は、基本的に生産供給施設の計画の中におりこまれる。運転維持管理計画は、生産施設の設計時の容量、機能を維持することを目的とする。

その目的のために、運転計画は、諸施設の各要素毎各レベル毎に策定するものとする。また、維持管理計画は日常点検整備、定期検査、定期整備計画して策定する。

これらの計画は所要施設の設計、体制の確立、要員訓練等を基本として構成されると思われる。なお、運転および維持管理マニュアルは詳細設計時に提案される。

用水生産及び導水システム運転のための主管理事務所はそれぞれの各導水システムの末端に設定する、各井戸の日常的運転は各井戸群の頭首または最寄りの既存施設内に設置した二次管理事務所において遠隔操作する。

それぞれの井戸の運転は、主管理事務所の指令によって、二次管理事務所が統括管理する。各級の管理事務所における運転管理は全て人為操作とする。

(2) 用水供給管理体制

用水供給における量と質の管理は、本開発計画によって開発した用水を補給する既存配水タンク、既存導水管をあるいは用水サービス地域を管理する既存主管理事務所の責任と指令によって実施されるものとする。従って、この管理のために新しい事務所等は設置しないものとする。

導水された用水の日常的管理は配水タンクの貯留状況、サービス地域の水需要に基づいて管理要員の責任において実施するものとする。

生産された用水を既存導水路を通じて搬送する場合は、送水流量は、既存パイプの当日流量によって規制される。圧送ポンプの運転管理は当該井戸群を管轄する二次管理事務所の操作要員によって制御するものとする。併しながら、基本的に、各

クラスの操作管理は全て主管理事務所の指令のもとに実施されるものとする。

本開発計画の実施によって生産された用水はEMPAGUAの組織を通じて飲料水として配水される。それ故、用水の生産はEMPAGUAの基準規制に従って塩素滅菌するものとする。塩素滅菌装置は各導水路の末端に設置する。

4.3.5 運転管理

(1) 基本方針

不適切な運転管理は、本開発計画の目的達成を妨げる。従って適切な運転管理システムを確立し、計画施設を効率的に運転管理するものとする。

本開発計画構成要素の一つとしてのO/M計画は、次の様な基本方針に従って策定する。

- O/M要員を削減し、O/M費用の最小化を図るために、準遠隔操作管理方式を計画する。
- 10%の予備井戸と25%の予備貯留を基本とする交替運転制度を導入した、組織的計画O/M計画を策定する。
- 用水生産と配分システムにおける計画管理を強化する。
- 地下水の観測システムを確立し、地下水保全と地下水生産効率の維持改善を計画する。

1) 生産管理

用水生産の量的管理の目標は、浄水物や生産井戸から消費者に対して十分な水を供給する為である。

これは、普通時だけでなく、災害発生のような緊急時においてもあらゆる末端水栓が必要な水源をもっている事が必要であり、その管理はEMPAGUAの導配水施設を含む全ての施設を網羅する、全体的一貫管理が必要である。

また、生産管理は時、日、季節別それぞれの水需要について現実の測定と予測に基づいて実施する事が必要である。

本開発計画は、末端配水網についての計画を含まず、生産用水を既存の主配水施設まで輸送するものである。

それ故に、本開発計画における生産管理システムは、本開発計画によって生産される用水を効率的に管理するため、EMPAGUAの全用水の全体的管理の中の一つとして検討、計画すべきである。

調査結果によれば、既存の配水網や中央管理システムは必ずしも十分に整備されるとは云えない。

そのためにある地域は、24時間十分な給水をうけている反面、一部地域やある季節には時間給水あるいは無給水といった現状にある。また、独立プラントの場合、他プラントとの連絡調整がなく、半独立的に個別管理させている。

将来、このような管理体制は当然に改善されるべきである。

水質管理の主目的は、末端蛇口において、水質基準を充足しうる清浄な用水を配分することである。

この目標や下記に示す色々な要求を充足するため、原水と浄水にかかる長期的水質分析試験を実施すべきである。

- a) 生産用水にかかる最適処理法を決定するため、生産施設建設の途中及び完了後、水質分析調査を行なうこと。
- b) 用水生産関係者に対する定期的な健康診断を実施されること。
- c) 生産施設の消毒・清掃。
- d) 危険物混入が発見された場合には、用水供給を緊急停止すること。
- e) 用水の汚染防止のため、水源涵養地域を設立する。

4.3.6 維持管理制度

本開発経過における用水生産、供給施設あるいは機器類の維持管理は基本的にEMPAGUA・O/M中央事務所によって管轄されるものとする。また、交替運転制度の導入による定期的点検整備の実施によって各井戸の生産、運転効率の増大を図るとともに、各機器類の有効寿命の延長を図る。

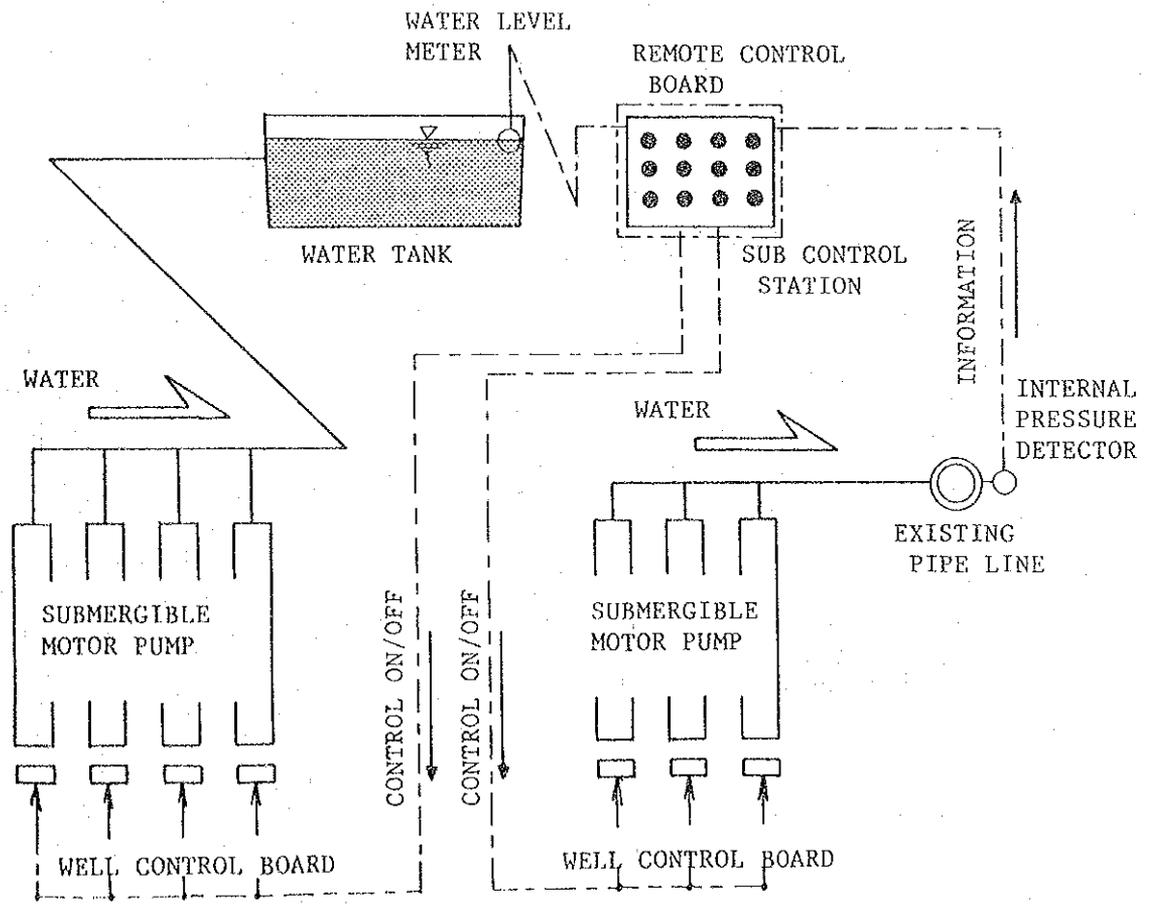
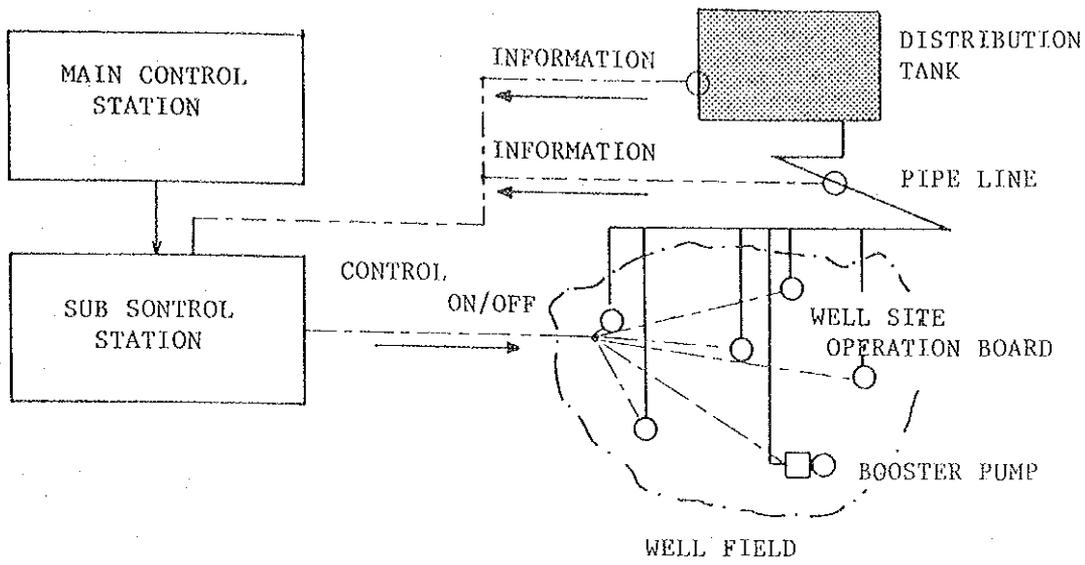


Fig.4-4 OPERATION FLOW CHART

4.4 地下水保全

4.4.1 総論

本計画地区において本開発計画による開発対象として有効な地下水は上部滞水層地下水と下部滞水層地下水の2つである。この2つのタイプの地下水は涵養機構および滞水層が異なる。計画地域における年間地下水生産量は約50～70百万m³と推定されている。2つの滞水層地下水を区分する有効資料がなくそれぞれの層の地下水の生産量を推定することは難しい。本開発計画対象となる計画地域地下水の自然涵養量は約200百万m³と推定されている。一方、計画地域の地質条件、岩石学的条件についての分析結果から下部滞水層地下水の貯留量は約1,000百万m³と推定されている。他流域から計画地域に対する地下水の流入機構は未だ説明するに至っていないけれども周辺地域から下層地下水の流入が推定されている。

本地域の主たる地下水涵養源は降雨である。本開発計画の実施によって、年間の地下水揚水量は80～100百万m³に増加すると考えられる。この総用水量は年間降雨量の約8%、年間浸透量の約50%に相当する。

本計画地域の地下水の開発については次のような要件が考慮される。

- 本開発計画の実施後、本計画地域における地下水の年間の総揚水量は現生産量の160%に増大する。
- 現在、地下水は計画地域住民にとって便利かつ経済的な有効な水源であるため、現在地下水の揚水は無規制のまま続けられている。
- 都市化、地域の拡大、森林伐採の進行、下水道の開発整備、水需要の増大によって計画地域の地下水涵養力は急速に減退しつつある。
- 大量の地下水が揚水されることによって Amatitlan湖、Las Vacas 川の地下水流出量と計画地域の地下水位は大きく低下すると考えられる。そして地下水の涵養量は逐年少しずつ減少しつつある。

こうした状況を考慮して計画地区の地下水を保全するために次のような対策が実施

されるべきである。

- 地下水の観測
- 地下水開発の規制
- 地下水の人工涵養
- 水源涵養樹林、果樹林の造成

4.4.2 地下水観測計画

本開発計画は地下水保全対策の1つとして地下水観測システムを確立する。計画地下水観測システムは全計画地域 815km²を対象として8ヶ所の観測井から成る。8ヶ所の観測井のうち、3ヶ所の観測井は現地調査期間中に掘削した調査試井戸である。

新設する5つの観測井は、概ね、次のような既設井群に設置する。

Molino井戸群

Ojo de Agua 井戸群

Bellen 又は Brigada井戸群

Zona 10 井戸群

Zona 17 の南部井戸群

なお、3ヶ所の既存調査井戸はそれぞれ次のような井戸群に位置している。

El Rodco 井戸群

Norte 井戸群

Canalitos 井戸群

また生産井戸の地下水位を定時観測することによって上部滞水地下水位の観測を行なうものとする。

生産井戸の水位観測は全ての新設井戸のほか、リハビリテーションを実施計画井戸のなかから、Ojo de Agua、Brigada、Diamoute およびProject4-3の各井戸に水位計測計を設置して、定期的に観測する。

4.4.3 人工地下水涵養

すでに述べたように地下水はグアテマラ首都圏住民の用水源として最も安定した経済的で最も手近かな用水源である。

地下水の自然涵養の主水源は降雨量である。併し、降雨は4月から9月までの雨期に集中しており、乾期の地下水涵養力は極めて小さい。

従って、地下水生産のポンプ効率は乾期極端な地下水位の低下によって大幅に下降する。併しながら人工涵養によって地下水位の低下を抑制することは可能であると考えられる。

即ち降雨量の大部分を人工的に地下還元することは地下水の保全、地下水生産の安定にとって極めて効果的であると考えられるので、降雨の地下還元を主とする。地下水の人工涵養の実施可能性についてできる限り早急に調査すべきである。

第 5 章 施 設 計 画

第5章 施設計画

5.1 地下水生産施設

計画施設の計画、所要機器の選択に際しては、先ず第一に運転管理費用の最小化を図るために、地下水の生産、搬送に必要な電力が最小となることが必要である。

併しながら、本開発計画の場合、開発地下水の水位は、標高 EL. 1,250 ~ 1,300 m である。これに対し用水サービス地区の平均標高は EL. 1,500 ~ 1,600 m で、揚水高さが 250 ~ 300 m と大きく、運転に要する電力費が高くなることはさげられない。

従って、用水生産、あるいは搬送費用の最小化については限界があるとも言えるけれども計画施設の計画に際してはできるだけ所要電力が最小化できるよう計画すべきである。

さらにまた、電力費の増大を埋め合わせるために全体事業費の枠の中で最大生産を表現できるように次のような基準にそって組織的設計を行うべきである。

- (1) 運転管理要員をできるだけ少なくする。
- (2) できるだけ既存パイプラインを使用する。
- (3) できるかぎり重力または半重力方式により導水する。
- (4) 計画施設、主要機器をできるだけ単純化する。

5.1.1 井戸

本事業において地下水開発の対象とするのは、下部滞水層である。テスト・ボーリング及び水理地質調査に基づき、下部滞水層は、標高およそ 1,300 m 付近に存在し、24 ~ 50 m 程度の厚さをもつものと推定される。また、地下水位は、その対象区域により標高 1,460 ~ 1,600 m の幅をもつ。よって、本計画においては下記の仕様により、井戸の標準計画を行った。

井戸深	:	300 ~ 350 m
ケーシング径	:	12" (300mm)
掘削深	:	ケーシングパイプの1.5倍以上
井戸タイプ	:	ストレート型
ストレーナー長さ	:	滞水層の70~80%
開孔率	:	表面積の20%
ケーシングパイプ	:	S T P
ストレーナー	:	S U S

計画井についての各々の仕様は Table 5-1に示す。

TABLE 5-1 Specification of Wells

Wellfield	No.	Shaft Length (m)	Site Elevation (m)	Strainer Length (m)	Estimated Average yield (l/s)
Canalitos	1	300	1528	30	30
	2	300	1513	"	"
	3	300	1500	"	"
	4	350	1574	"	"
	5	300	1546	"	"
	6 ^{1/}	300	1530	"	"
	7	300	1503	"	"
	8	300	1535	"	"
	9	300	1445	40	"
	10	300	1473	40	"
	11	300	1500	30	"
	12	300	1520	"	"
	13	300	1550	"	"
	14	300	1530	"	"
	15	300	1575	"	"
	16	350	1595	"	"
	17	350	1610	"	"
Lavarreda	1	300	1460	40	35
	2	300	1470	40	35
El Rodeo	1	350	1485	40	20
	2	350	1475	"	"
	3 ^{2/}	350	1260	"	"
	4	300	1480	30	"
	5	300	1520	"	"
	6	300	1480	"	"
	7	300	1530	"	"
Vista Hermosa	1	300	1560	30	30
	2	300	1510	"	"
	3	300	1460	"	"
	4	300	1480	"	"
Norte	1	300	1400	40	35
	2	300	1415	"	"
	3	300	14380	"	"
	4	300	1425	"	"
	5	300	1400	"	"
	6	300	1450	"	"
	7	300	1450	"	"
	8	300	1465	"	"

^{1/} : Test well No.2

^{2/} : Test well No.3: additional drill depth 50 m

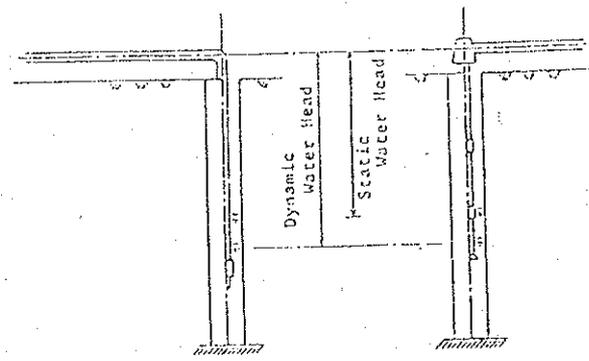
5.1.2 ポンプ・モーター

一般的に深井戸用としては、タービンポンプ、エアージャフトポンプ、水中モーターポンプが過去に使用されてきたが、今日水中モーターポンプが広く普及されている。ポンプの選択は以下の諸元に基づいて行った。

井戸深 : 300 m
 静水位 : 最大 100m、最小 80 m
 水位変動 : 20 m
 揚水量 : 30 ℓ / sec
 全水頭 : 250 m

水中モーターポンプ

タービンポンプ



$Q = 30 \text{ l/sec}$

ポンプタイプ	水中モーターポンプ	タービンポンプ
モーター	水中	地上部
揚水タイプ	吐出	吸水
2ラムタイプ	150mm	180 mm
所要動力	132kW	150 kW
価 格	1.0	1.62
維持管理費用	1.0	1.40

ポンプタイプ	水中モーターポンプ	タービンポンプ
設 置	簡易	困難
維 持	簡易	困難
ポンプハウス	不必要	必要
有効寿命	モーター 8年 ポンプ本体 16年	モーター、ポンプ 本体 16年

以上の比較により、本プロジェクトにおいては水中モーターポンプは、タービンポンプに比較して、経済性及び諸効率の面で有利である為、水中モーターポンプを使用するものとする。

5.2 生産システム

5.2.1 諸元

給水計画における13の送水ラインで必要な施設は以下のとおりである。

Name of Line	Pipe Dia mm	Pipe length m	Booster Pump Set	Chlorination Unit	Distribution tank	
Canalitos-Juana de Arco line	200	1770	1 (With outlet tank)	1	Existing, J. A. (2185, 540 m ³)	
	250	2360				
	300	1450				
	350	1080				
	450	3900				
Canalitos-Santa Luisa Line	200	3450	-	-	Existing pipe line (Santa Luisa treatment Plant)	
	250	250				
	300	1360				
	500	2000				
Vista Hermosa line (I)	200	1500	-	1	New tank V = 1890 m ³ Existing pipe line	
	250	900				
	200	800	-	1		
El Rodeo Zona 18 line (I)	150	1770	-	1	New tank V = 1260 m ³ Existing pipe line and cooperative tank 25 m ³ New tank 1260m ³ Existing pipe Existing pipe Existing J. A.	
	200	390				
	(II)	150	100	-		1
	(III)	150	960	-		1
	(IV)	150	100	-		1
Lavaredo line (V)	150	100	-	1		
	200	1400	1	1		
Norte line	500	(1940)				
	200	2800(300)	2	2	Existing tank 3	
	250	780				
	300	200(100)				
	350	360				
	400	500				
	450	300				
	200	1850(2700)	2	1		
	150	(1700)				
	300	(1350)				
	350	(2000)				
500	(1550)					

Canalitos
San Gaspar line

200 950
250 1000

2

New tank
San Gaspar
V = 2835 m³

() : 既設パイプライン

5.2.2 送水施設、設備

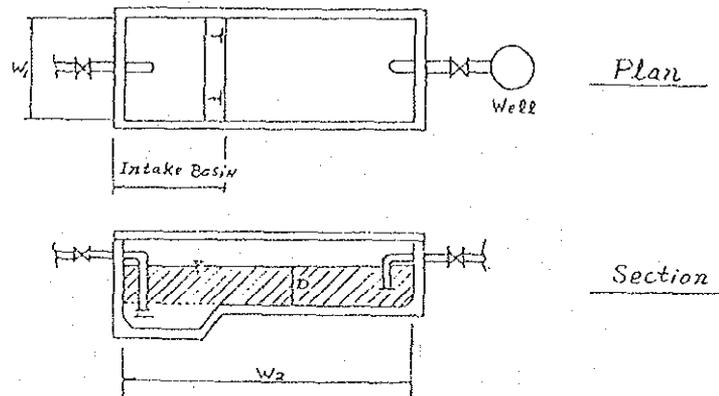
(1) パイプライン

送水用パイプラインには、Bクラスダクタイル鋳鉄管を使用し、埋設するものとする。パイプの総延長は、34.2kmではブロック毎のパイプ径は前節に示すとおりである。

ライン上には、送電の中断において発生するウォーターハンマー、サージングによるパイプ損傷を防止する為、スルースバルブを設置する。更に、Canalitos、Santa Luisa のように、ポンプの吐出管に直結される場合、逆流防止弁のとりつけを行う。又、サイフォン工においては、エアーバルブ、排水バルブを配置する。

(2) 分水工

分水タンクは鉄筋コンクリート作りで、防水仕上げを行う。容量は、30分の揚水を基本とし、概略は下図に示すとおりである。



分水タンクは、6ヶ所に設置するものとし、各ブロック毎の容量は下表に示すとおりである。

区 分	分水量 (ℓ / s)	数	容量 m ³	位 置
Canalitos - J. A.	60	1	108	No. 6 well
Lavarreda - J. A.	35	1	63	No. 1 well
Norte - T. 4. 4.	70	1	126	No. 2 well
	35	1	63	No. 5 well
norte T4.4 - T. C. C	35	1	63	No. 6 well
	87.5		158	No. 7 well

(3) ブースターポンプ

ブースターポンプは、配水タンクもしくは分水タンクにおいて、水頭が必要とされる場所に配置するものであり、多段型ポリユートポンプを6ヶ所に設置する。

各ブロック毎の詳細は下表のとおりである。

区 分	分水量 (m ³)	設計水頭 (m)	所要電力	ポンプ数
Canalitos - J. A.	60	70.0	75	2
Lavarreda - J. A.	35	82.0	45	2
Norte - T. 4. 4.	(I) 70	72.0	75	2
	(II) 35	80.0	45	2
norte T4. 4 - T. C.	C(I) 87.5	70.0	110	3
	(H) 35	74.0	45	2

(4) ポンプハウス

ポンプハウスはブースターポンプ及びオペレータを収容するために建てられる。

水中モーターポンプ制御盤とブースターポンプはポンプ小屋の中に設置する。また、ポンプ小屋の大きさは床面4 m×5 m、高さ2.1 mから床面6 m×10 m、高さ2.1 mまでと、鉄筋コンクリートを使用する。

さらにハプラインを電源の遮断によっておこるウォーターハンマー減少から保護する。

(5) 配水タンク

配水タンクは各井戸から集められてきた用水を以降の配水ラインへ調整することを目的とし、4ヶ所への配置を行う。設計は7時間の生産量に更に25%の緊急水を含んだものとし、鉄筋コンクリートづくりに防水処理を行う。諸元は以下のとおり。

	容量 (m ³)	長さ (m)	横 (m)	高さ (m)	標高 (m)
Hermosa (I)	1890	18.5	18.5	5.6	1560
Canalitos San Gaspar	2835	22.5	22.5	5.6	1610
El Rodeo (I)	1260	15.0	15.0	5.6	1520
El Rodeo (III)	1260	15.0	15.0	5.6	1500

またEl. Rodeo No. 3地点には、共同水栓用タンクを設置する。

(6) 浄水処理

浄水処理は対象とする地下水が下部滞水層である為、塩素処理のみ行う。詳細は下記のとおり。

区 分	支配井戸数	処理水量	備 考
Canalitos - J.A.	7	210	塩素・脱臭処理
Canalitos - S.L.	7	210	プラント
Canalitos - San Gas.	3	90	塩素・脱臭処理
Hermosa - (I)	3	90	塩素・脱臭処理
Hermosa - (II)	1	30	
Norte - (I)	6	210	塩素・脱臭処理
Norte - (II)	2	70	
Lavarreda	2	70	
El Rodeo	2	40	
El Rodeo	1	20	
El Rodeo	3	60	
El Rodeo	1	10	

TABLE 5-2

PROJECT FACILITIES

Item	Well Field	Canalitos			Norte	Lavarreda	El Rodeo	Hermosa	Coment.
	Juna de Arco	Santa Luisa	San Gaspar						
1. Production Facilities									
(1) Tube Well	7nos x 30ℓ/s	7nos x 30ℓ/s	3nos x 30ℓ/s	8nos x 35ℓ/s	2nos x 35ℓ/s	7nos x 20ℓ/s	4nos x 30ℓ/s	Total 1,120ℓ/s (1,000ℓ/s under 90% of operation efficiency)	
(2) Casing	ø300 300m	ø300 300-350m	ø300 300-350m	ø300 300m	ø300 300m	ø300 300-350m	ø300 300m		
(3) Strainer	30m, 40m	30m	30m	30m, 40m	30m	30m	30m		
(4) Submerged Pump	1nos x 110kW 1nos x 132kW 5nos x 185kW	1nos x 110kW 2nos x 132kW 4nos x 185kW	2nos x 132kW 1nos x 185kW	3nos x 132kW 5nos x 185kW	1nos x 132kW 1nos x 185kW	3nos x 75kW 4nos x 132kW	7nos x 132kW 2nos x 185kW		
2. Water Transmission Facilities									
(1) Ductile Cast Iron Pipe									
ø150mm	-	-	-	-	-	2,830m	-	Total 2,830m	
ø200mm	1,770m	3,450m	950m	4,650m	1,400m	390m	2,300m	14,910m	
ø250mm	2,360m	250m	1,000m	780m	-	-	900m	5,290m	
ø300mm	1,450m	1,360m	-	200m	-	-	-	3,010m	
ø350mm	1,080m	-	-	360m	-	-	-	1,440m	
ø400mm	-	-	-	500m	-	-	-	500m	
ø450mm	3,900m	-	-	300m	-	-	-	4,200m	
ø500mm	-	2,000m	-	-	-	-	-	2,000m (34,180m)	
(2) Discharge Tank	108m ³			2nos x 63m ³ 126m ³ 158m ³	63m ³				
(3) Booster Pump	1nos x 60ℓ/s			2nos x 35 ℓ/s 1nos x 70 ℓ/s 1nos x 87.5ℓ/s	1nos x 35ℓ/s				
(4) Syphon Bridge	2nos x (L=20m)						1nos x (L=20m)		
(5) Distribution Tank			2,835m ³			2nos x 1,260m ³ 25.2m ³	1,890m ³		
3. Power Transmission Facilities									
(1) Electric Line Length	2,900m	5,350m	3,400m	3,005m	610m	2,910m	4,600m	Total 22,775m	
(2) Transformer Number	7nos	7nos	3nos	9nos	2nos	7nos	4nos	39nos	
(3) Access Road		3km							
4. O/M Road									
(1) O/M Road Construction Widening	- 1,450m	250m	50m	1,120	100m	1,260m	400m	Total 3,180m 1,450m	
5. Maintenance Facilities & Equipment									
(1) O/M Station		x Santa Luisa				x Las Ilusiones		x : Existing o : Construction	
(2) Sub Station	o Juana de Arco	o Santa Luisa	x San Gaspar	x T.K. 4-4	x Lavarreda	x Las Ilusiones	o Hermosa		
(3) Transceiver (UHF)		2nos x (Main Transceiver) 15nos x (Handy Transceiver) 2nos x (Battery Charger)							
(4) Work Shop		1nos 250m ² (New Construction)							

5.3 リハビリテーション

既設井戸に対してのリハビリテーションは22本に対して内容を行う。

- リハビリテーション対象井戸：
- ジェットィング、スワッピング：
- ポンプの交換：
- ライザーポンプの設置：
- コントロールパネルの設置：

5.4 送電設備

5.4.1 電 源

本事業において、水中ポンプ、ブースターポンプ等の施設は、電気により維持管理を行う為、最寄りの電線もしくは変電所等より配電を行う必要がある。電線はINDEより供給され、送配電に関わる工事はEmpresa Elctrica de Guatemala, SA により行なわれるが、事業予算においてその費用を負担する必要がある。

(1) E E D G

地下水開発地区ブロックの付近では既存送電線を利用して配電を行うことが可能である。各井戸までの

本事業に要する電線の総延長はおよそ22.8kmであり、詳細は以下のとおりである。

区 分	井戸数	ブースターポンプ	電線総延長
Camalitos	17	1	11,650
Norte	8	4	3,005
Lararreda	2	1	610
El Redeo	7	---	2,910
Hermosa	4	---	4,600
Total	38	6	22,775

(2) 送配電工事

各生産井、ブースターポンプ設置場所におけるスイッチボード、トランスフォーマー、その他必要機材の調達、設置、配線等工事は本事業において行う。

5.5 モニタリング施設

5.5.1 観測井

本事業において新たに設置される観測井は以下の仕様とする。

観測対象地下水	下部滞水層
井戸深	: 300 m
ケーシング径	: 4" (100mm)
ストレーナー	: スリットタイプ
開孔率	: 表面積の3%
ストレーナー長	: 50m

設置位置は以下に示すEMPAGUA既存井戸群の周辺部を仮にするものとし、具体的には実施段階において最終位置は決定する。

- Molino 井戸群
- Ojo de Agua 井戸群
- Belen 井戸群もしくは La Brigada 処理場
- Zone 10
- Zone 17

本調査期間中に掘削された観測井3本についても引き続き利用を行う。

5.5.2 観測調査器具

観測井の全て及びリバビリテーション井の中から5本については、自動水位計測器を設置する。

5.6 維持管理施設

5.6.1 維持、制御施設

(1) 主要制御

Fig. 5-1に示すように、本事業における生産システム、送水システム、配水システムは4ヶ所の主要管理施設より制御を行う。

- 4つの主要管理施設は既存の配水・処理場に配置する。
- 送水システム、生産システムは遠隔制御により行う。
- 配水クランクの水位および既存配水パイプの内圧に対して監視装置を設置する。

(2) サブ・ステーション

Fig. 5-1に示すとおり、生産システムもしくは送水システムを直に制御する準制御室をブースターポンプ設置場所もしくは各井戸群の適当な位置に設置する。この施設は床面積40㎡程度の鉄筋コンクリートづくりとし、遠隔操作システム、ラジオシステムを配備する。

(3) 制御盤

基本的には各生産井は、サブ・ステーションよりの遠隔操作により制御を行うが、手動操作盤の設置も各井戸々々について行う。

サブ・ステーションより各井戸までの電話線も配線する。

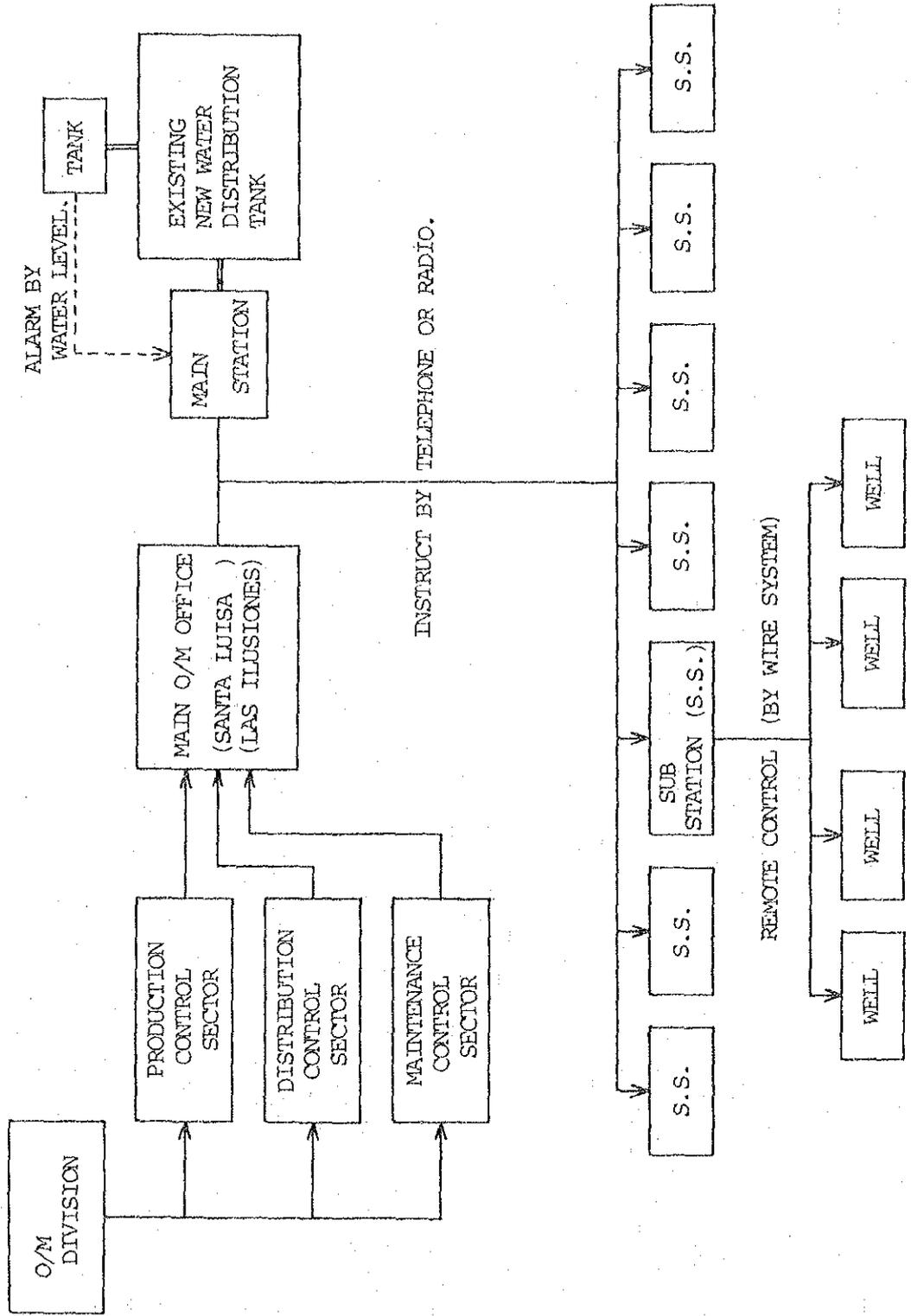
5.6.2 管理施設

(1) 管理事務所

管理事務所はワークショップ内に設置し、EMPAGUA側のガイドラインにそって具体化するものとする。

OPERATION FLOW

FIG. 5-1



(2) ワークショップ

ワークショップは既存の水処理場の近傍に配置する。

建物は約 250m²の床面積でコンクリートづくりとし、以下の機材が必要となる。

- 1) 一般器具
- 2) 工具
- 3) 電器器具
- 4) 車輛
- 5) スペアパーツ
- 6) 移動クレーン
- 7) トラック・クレーン
- 8) エア・コンプレッサー
- 9) 掘削機
- 10) ポンプ検査施設

(3) 維持管理道路

区 分	既設道路	拡張道路 (m)	新設道路 Project (m)	計 (m)
Canalitos (I)	9,110	1,450	---	10,560
Canalitos (II)	4,660	---	250	4,910
San gasper	3,500	---	50	3,550
Norte (TP4, 4)	16,070	---	1,120	17,190
Lavarreda	4,360	---	100	4,460
El Rodeo	11,320	---	1,260	12,580
Hermosa	2,800	---	400	3,200
	51,820	1,450	3,180	56,450

維持管理道路は、事業下の各施設への運行を目的とするものであるが、公用道路については、必要に応じて拡張工事を行う。事業の終了に伴い、仮設道路は砂利舗装、排水ドレー設置を行う。道路幅は5 mとし排水ドレーを500 m毎に反対側に流す。

第 6 章 組 織 ・ 管 理

第6章 組織・管理

6.1 実施組織

本計画はEmergency Iに基づき、地下水の開発によって現在、及び計画年内の水供給を行うものであり、その実施は緊急をよゆうするものである。また、事業の実施はEMPAGUAの責任の基にこれを行うものとする。

事業のおもなる諸元は、 $1\text{ m}^3/\text{sec}$ の地下水開発計画と、その供給計画であり、38の新設井、34.2kmの送水管等の施設を含むものとする。

EMPAGUAは以下の施行に対して全ての実施責任を負う。

- 施設の詳細設計
- 施工の計画、管理
- 土地買収及びその他のあらゆる準備手続き
- 主要資機材の調達・供給

すべての事業実施については、EMPAGUA技術本部長に直属する事業所長を配置し、その管理下において設計・施工を行う。

実施組織の提案は Fig. 6-1に示すとおりである。又、施設の設計、準備作業（仕様書の作成準備、業者の選定等）、施工管理はコンサルタント・サービスにより行う事が提案される。

6.2 実施計画

実施期間は、施設の規模、価格、数、請負業者の能力、資機材、労務員の調達、EMPAGUAの予算処置により決定される。

準備作業としての詳細設計、リハビリテーション、アクセス・ロードの建設は、初年度にて完工し、土地買収については施工の前年度にして2年目からの施工計画にそなえる。

又、実施期間については、EMPAGUAの予算処理、日本からの援助、他国・国際

機関からの資金協力の状況等も検討して最終判断を行う必要がある、試案として、1年間の準備期間、3年間の施工期間、計4年間で提案される。事業の緊急性を勘案して、単年度毎に工事は完了するものとし、次年度より各地域の需要に対する水供給が行なわれるよう計画された。

工程計画の詳細は以下のとおりである。

年	1987	1988	1989	1990
	準備年 ← 施 工 期 間 →			
内 容	詳細調査・設計	新設井 - 13	新設井 - 13	新設井 - 12
	準備作業	ブスターポンプ - 1	ブスターポンプ - 3	ブスターポンプ - 2
	アクセスロード	パイプライン - 9,420	パイプライン - 13,670	パイプライン - 10,090
	リハビリテーション	配水タンク - 2	配水タンク - 1	配水タンク - 2
	土地買収	O/M道路	O/M道路	O/M道路
		サブステーション	サブステーション	サブステーション
土地買収		土地買収		

6.3 資機材の調達と建設工事

施設の主な資機材はEMPAGUAの責任において建設業者に直接供給される。建設業者は国際競争入札によって決定する。

土地買収はEMPAGUAによって年度毎に行なわれる。

6.4 管理組織

給水施設は、5ブロックにおける7分線によって行なわれる。基本的に生産・配水施設の維持は、EMPAGUAの規程のもとに、維持管理部長の責任において実施されるものである。日常的な各施設の維持管理は送水施設を考慮して設置されるサブ・ステーションと5ヶ所のメイン・ステーションによって行なわれる。このメイン・ステーションは、Las Ilusiones / Santa Luisa処理施設の管轄下にはいる。

EMPAGUAの管理井戸の数は本事業によって現状の約2倍となるが、新しい施設に対しても、適正な維持管理要員を配置せねばならない。更に、適切な維持管理を進めるにあたり、ワークショップの設置と、5.6.2に示すような必要備品の導入を行う。維持管理にあたって提案される組織図は、Fig. 6-1、6-2に示すとおりである。

FIG. 6-1 PROPOSED ORGANIZATION CHART FOR PROJECT EXECUTION

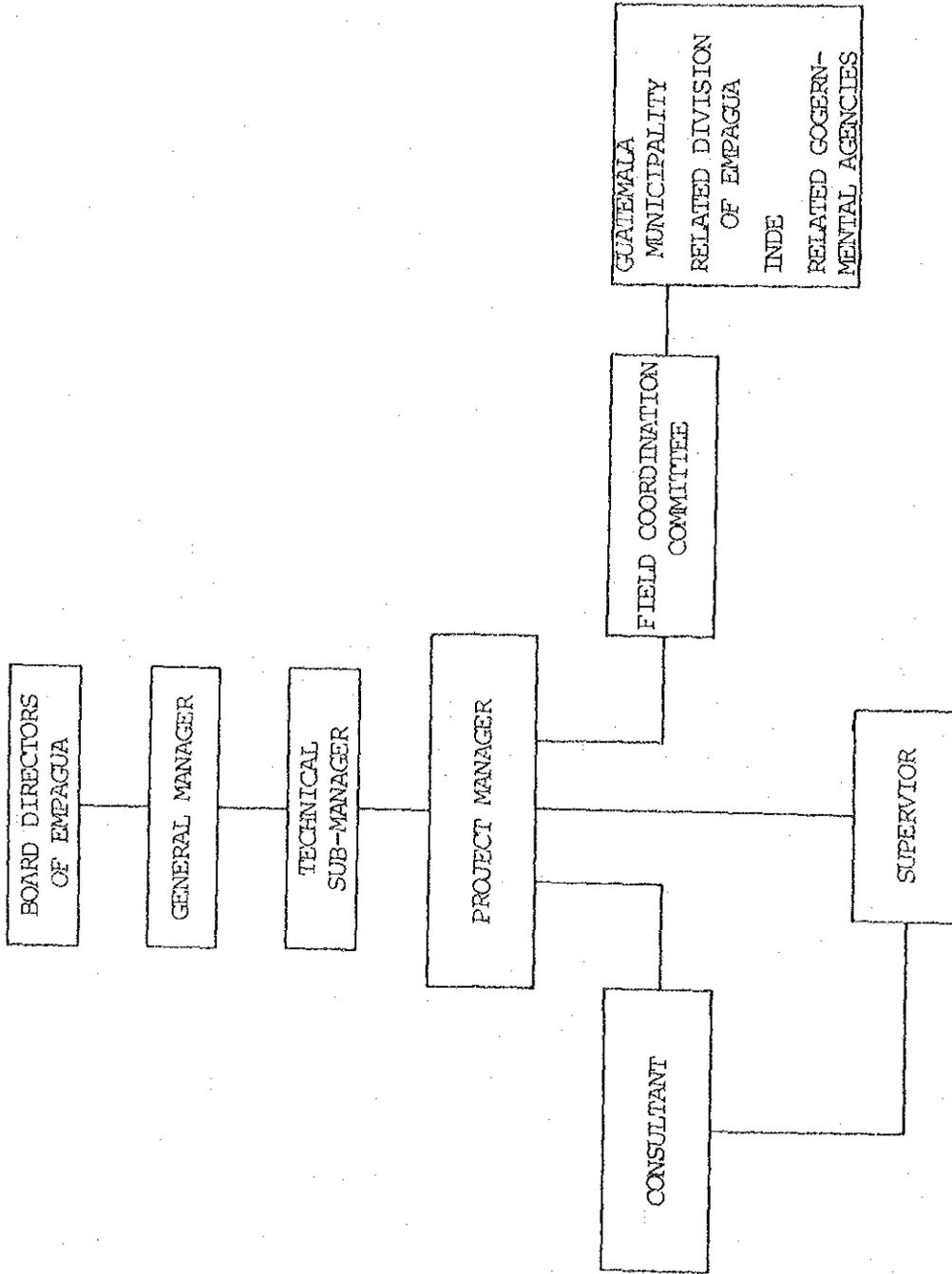
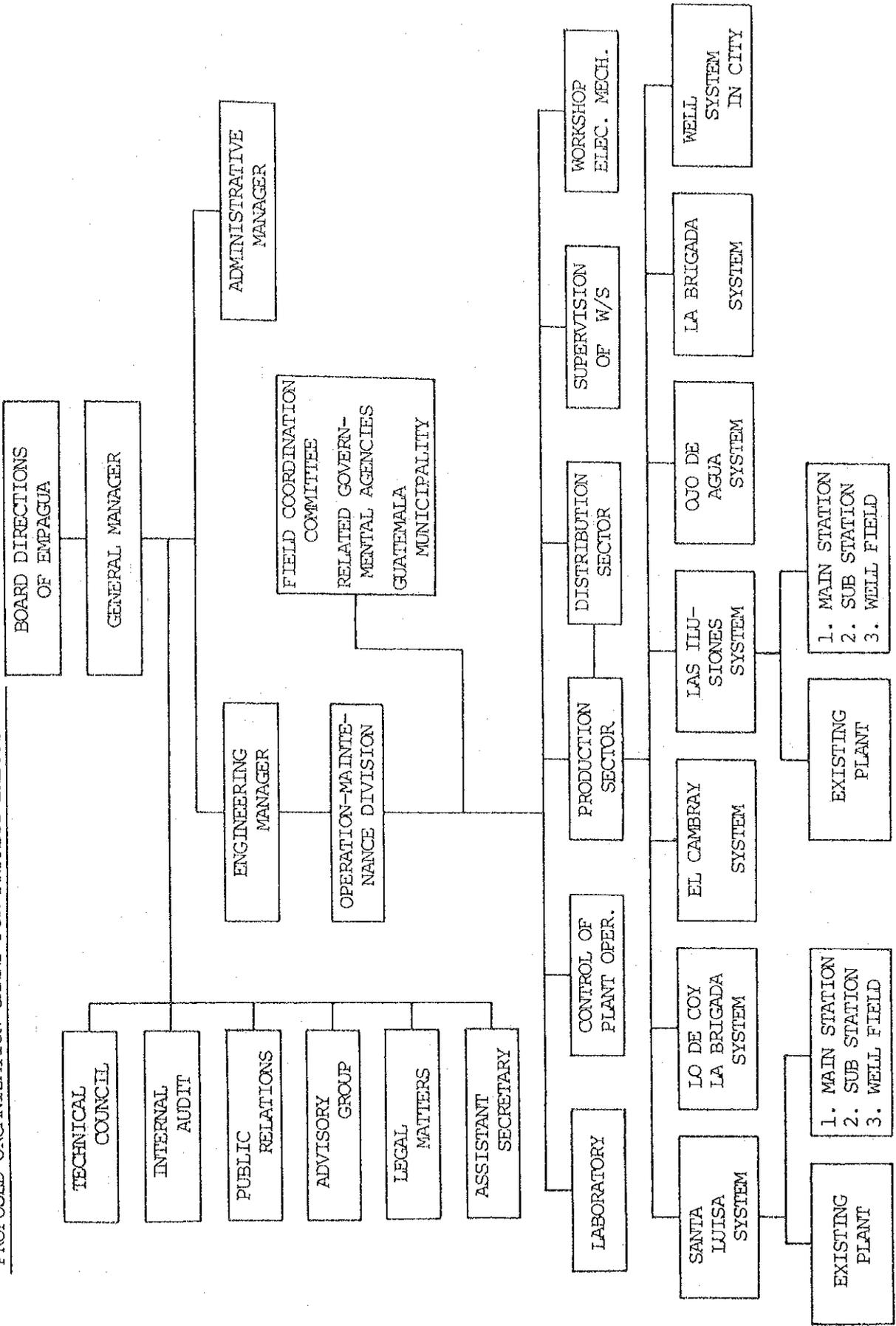


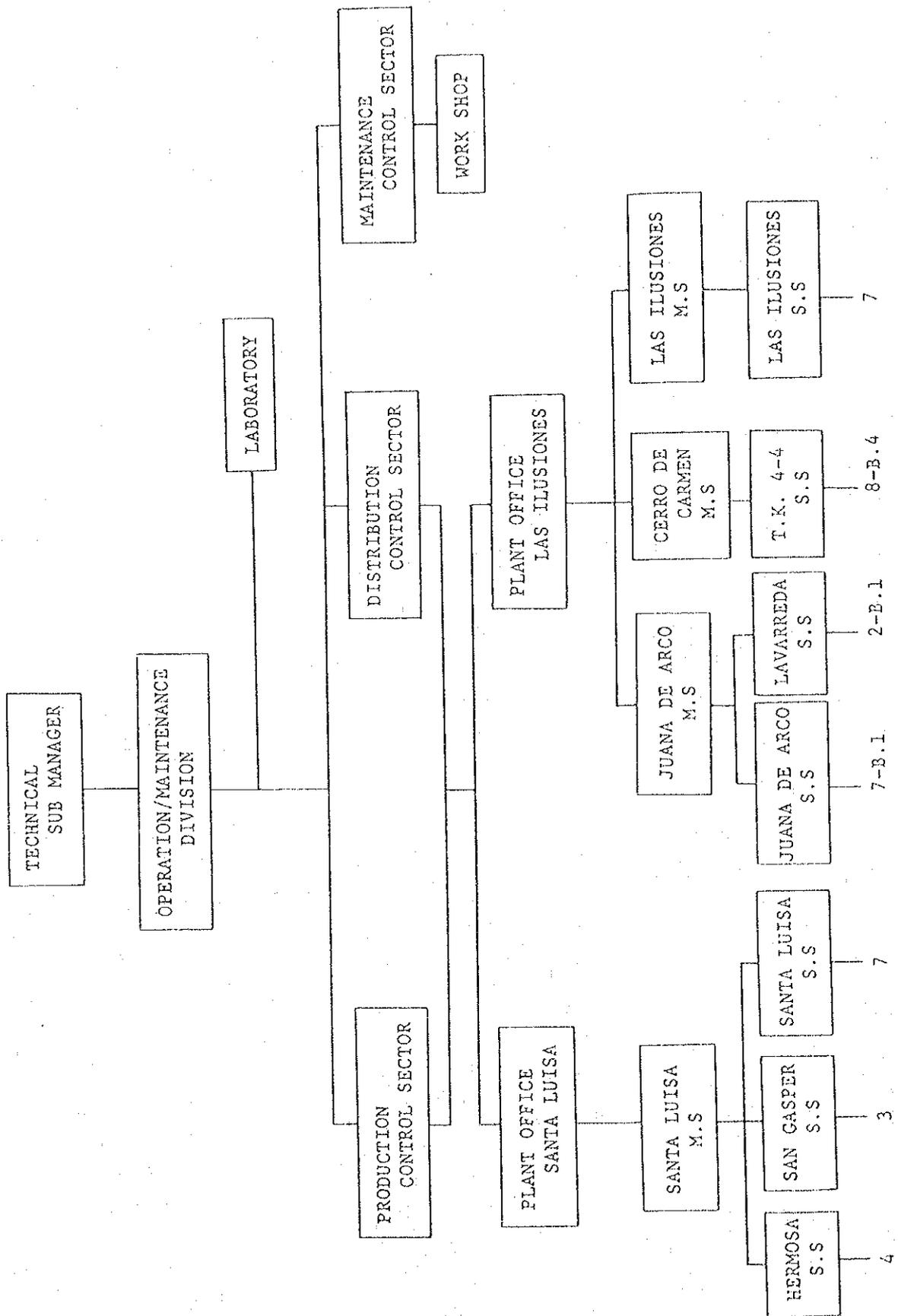
FIG. 6-2

PROPOSED ORGANIZATION CHART FOR PROJECT EXECUTION



ORGANIZATION CHART FOR OPERATION AND MAINTENANCE

FIG. 6-3



第7章 事業費の積算

第7章 積算

7.1 概要

事業総予算は、直接工事費、用地買収、維持管理、一般管理費及びコンサルタント・サービスに対する費用とフィジカル、プライスコンテンジェンシーである。算定にあたっては、以下の条件によるものとする。

- (1) 交換レートは、U S \$ = Q 1 (1985年12月公式レート) とする。
- (2) 直接工事費は1985年12月時の価格を用いた。
- (3) 井戸建設は、業者による請負工事によるものとし、業者の保有する機材により行う。
- (4) 送水管の工事は業者による請負工事とするが、工事はできる限りマニュアル・ベースによって行うものとする。
- (5) 主な資機材はE M P A G U Aより直接業者へ支給される。
- (6) 海外より輸入される資機材についての関税は考慮しない。
- (7) 工事費は国外、国内に以下のとおり分類される。

外貨分

- ダクタイル鋳鉄管パイプ
- 深井戸用ポンプ及び付帯器具一式
- 多段ポリユートポンプ及び付帯器具一式
- 操作盤、スイッチ盤
- トランスフォーマー、電線
- コンサルティング・サービス
- ケーシングパイプ、ストレーナー
- 井戸掘削費

内貨分

- 労務費
- 鉄筋
- セメント
- 砂、砂利
- 燃料、オイル等
- 内地運送
- ローカル・コンサルティング

(8) フィジカル・コンテンジェンシーは、直接工事費、土地買収、維持管理施設及び一般管理費、コンサルタントサービス総計の10%とする。

(9) 1980年～1984年の物価上昇等についてのプライス・コンテンジェンシーは、以下の表によるものとする。

<u>年</u>	<u>外 貨</u>	<u>外 貨</u>
1 9 8 7	8 %	20 %
1 9 8 8	7 %	15 %
1 9 8 9	6 %	10 %
1 9 0 0	5 %	10 %

7.2 事業費

本計画に必要な概算事業費はQ38.7百万である。詳細を巻末に、要約を以下に示すとおりである。

Item	事業費		単位：Q 計
	外貨	内貨	
直接工事費	20,154,088	4,621,951	24,776,039
土地買収		1,022,525	1,022,525
一般管理費及び コンサルティング・サービス	2,256,350	4,408,000	6,664,350
小計	22,410,438	10,052,476	32,462,914
フィジカル・コンテンジェンシー	2,241,044	1,005,248	3,246,292
計	24,651,482	11,057,724	35,709,206
プライス・コンテンジェンシー	1,521,218	1,437,741	2,978,959
総計	26,172,700	12,495,465	38,688,165

(1) 直接工事費

直接工事費は以下に示すとおりである。

Item	直接工事費		単位：Q 計
	外貨	内貨	
1. 生産システム	9,241,725	1,415,441	10,657,166
2. 供給システム	4,083,072	1,695,223	5,778,295
3. リハビリテーション	1,191,100	159,199	1,350,299
4. 維持管理施設	2,872,750	695,271	3,568,021
5. モニタリング・ システム	275,240	40,300	315,540
6. 送電システム	2,490,201	396,433	2,886,634
7. 準備作業		220,093	220,093
合計	20,154,088	4,621,951	24,776,039

TABLE 7-1

Financial Cost

(Unit: Quetzal)

	Foreign	Local	Total
1. Production system	9,241,725	1,415,441	10,657,166
2. Water Supply System	4,083,072	1,695,223	5,778,295
3. O/M Facilities	2,872,750	695,271	3,568,021
4. Rehabilitation	1,191,100	159,190	1,350,290
5. Power Supply System	2,490,201	396,433	2,886,634
6. Monitoring System	275,240	40,300	315,540
7. Preparation	-	220,093	220,093
Direct Construction Cost (Sub Total)	20,154,088	4,621,951	24,776,039
8. Administration & Engineering	2,256,350	4,408,000	6,664,350
9. Land Acquisition	-	1,022,525	1,022,525
Sub Total	22,410,438	10,052,476	32,462,914
10. Physical Contingencies	2,241,044	1,005,248	3,246,292
Total	24,651,482	11,057,724	35,709,206

TABLE 7-1 (1)
Direct Construction Cost

(Unit = Q)

Item	Foreign Currency	Locay Currency	Total
Production System			
Water Supply System			
Well 38 Nos.	9,241,725	1,415,441	10,657,166
Transmission pipe line, Tank, Boster pump	4,083,072	1,695,223	5,778,295
Rehabilitation			
O/M Facilities	1,191,100	159,190	1,350,290
Power Supply Facilities	2,872,750	695,271	3,568,021
Monitoring System	2,490,201	396,433	2,886,634
Preperation Work-	275,240	40,300	315,540
Observation well 8 Nos.		220,093	220,093
Total	20,154,088	4,621,951	24,776,039

TABLE 7-1 (2)
Water Production System

(Unit = Q)

Item	Unit	Foreign Currency		Local Currency		Total
		Unit Cost	Quantity	Unit Cost	Quantity	
Canalitos (J.A-Line)	7 Nos		1,871,193		272,010	2,143,203
Canalitos (S.L-Line)	7 Nos		1,611,559		236,501	1,848,060
Canalitos (S.G-Line)	3 Nos		755,296		121,420	876,716
Norte	8 Nos		2,042,918		309,390	2,352,308
Lavarreda	2 Nos		495,893		77,130	573,023
El Rodeo	7 Nos		1,477,333		245,430	1,722,763
Hermosa	4 Nos		987,533		153,560	1,141,093
TOTAL	38 Wells		9,241,725		1,415,441	10,657,166

TABLE 7-1 (3)
Water Supply System

(Unit = Q)

Item	Foreign Currency		Local Currency		Total
	Unit Cost	Quantity	Amount	Quantity	
Canalitos I J.A-Line		1,312,984	380,437	1,693,421	
Canalitos II S.L-Line		689,014	202,393	891,407	
Canalitos III S.G-Line		118,315	246,279	364,594	
Norte		1,401,411	223,471	1,624,882	
Lavarreda		232,100	38,285	270,385	
Rodleo		142,790	335,018	477,808	
Hermosa		186,458	269,340	455,798	
Total		4,083,072	1,695,223	5,778,295	

TABLE 7-1 (4)
O/M Facilities

(Unit = Q)

Item	Foreign Currency		Local Currency		Total
	Unit Cost	Quantity	Amount	Quantity	
Canalitos (J.A-Line)		430,047	101,131		531,178
Canalitos (S.L-Line)		352,239	62,124		414,363
Calanitos (S.G-Line)		111,427	14,939		126,366
Norte		526,848	126,729		653,577
Lavarreda		83,717	15,777		99,494
El Rodeo		296,704	107,030		403,734
Hermosa		176,388	50,581		226,969
Sub-total		1,977,370	478,311		2,455,681
Transceiver (U.H.F)		10,000	-		10,000
Maintenance Facilities/Equipments		885,380	29,460		914,840
Work Shop		-	187,500		187,500
Sub-total		895,380	216,960		1,112,340
Total		2,872,750	695,271		3,568,021

TABLE 7-1 (5)
Rehabilitation

Item	Unit	Foreign Currency		Local Currency		Total
		Unit Cost	Quantity	Unit Cost	Quantity	
Clearing	22				79,200	79,200
Casing pipe repair	4				13,200	13,200
Submersible pump/moter operation board	22	859,000				859,000
Transportation	150	23,550			12,000	35,550
Erection	22				22,000	22,000
(Ojo de Agua)						
Communication cable and other necessary		45,000				45,000
Control panel and remote control telephone		171,000				171,000
Transportation		31,350			6,270	37,620
Election		61,200			26,520	87,720
Total		1,191,100			159,190	1,350,290

(Unit = Q)

TABLE 7-1 (6)
Power Supply Facilities

(Unit = Q)

Item	Foreign Currency		Local Currency		Total
	Unit Cost	Quantity	Amount	Quantity	
Canalitos (J.A-Line)			440,151	43,041	483,192
Canalitos (S.L-Line)			460,726	202,046	662,772
Canalitos (S.G-Line)			225,112	20,228	245,340
Norte			574,630	55,073	629,703
Lavarreda			119,827	12,073	131,900
El Rodeo			371,691	41,421	413,112
Hermosa			298,064	22,551	320,615
Total			2,490,201	396,433	2,886,634

TABLE 7-1 (7)
Monitoring System

(Unit = Q)

Item	Unit	Quan- tity	Foreign Currency		Local Currency		Total	
			Unit cost	Amount	Unit Cost	Amount	Unit Cost	Amount
Monitoring Well (1 = 300 m)	Nos.	5	33,048	190,240	4,220	21,100	211,340	
Observation House	Nos.	8			2,400	19,200	19,200	
Auto-water gage	Nos.	8	10,000	80,000			80,000	
Handy water gage	Nos.	1	5,000	5,000			5,000	
Total				275,240		40,300	315,540	

TABLE 7-1 (8)
Land Acquisition Cost

(Unit = Q)

Item	Foreign Currency		Local Currency		Total
	Unit Cost	Quantity	Unit Cost	Quantity	
Canalitos (J.A-Line)			201,750		201,750
Canalitos (S.L-Line)			67,375		67,375
Canalitos (S.G-Line)			54,375		54,375
Norte			234,750		234,750
Lavarreda			24,950		24,950
El Rodeo			288,450		288,450
Hermosa			150,875		150,875
Total			1,022,525		1,022,525

O/M Cost

TABLE 7-

(Unit: Quetzal)

Item	Unit	Quantity	Foreign Currency		Local Currency		Total		Remarks
			Unit Cost	Amount	Unit Cost	Amount	Unit Cost	Amount	
1. Salaries & Wages									
Staff Salaries			-			550,200	550,200		
Wages			-			20,995	20,995		
2. Office Expenses						64,000	64,000		
3. Power Rates						5,315,016	5,315,016		
4. Fuel for Vehicles and Equipment						22,700	22,700		
5. Chlorine Gas			52,899			-	52,899		
6. Miscellaneous Expenses			107,196			211,000	318,196		
Sub Total			160,095			6,183,911	6,344,006		
7. Rehabilitation-Electric						513,168	513,168		
Total			160,095			6,697,079	6,857,174		

(2) 土地買収

土地買収の単価は Zone 6、17、18の平均価格を用いた。要する経費は内貨分 Q 1.02 百万である。

(3) 一般管理費及びコンサルタント・サービス

一般管理費及びコンサルタント・サービス費用は、外貨 Q 2.26百万、内貨 Q 4.41百万である。

7.3 維持管理費及び機器類の交換

維持管理に要する費用は、人件費、施設の維持管理に関わる資機材費及び労務賃及び施設の運営費である。年間予算としては、外貨 Q 16万及び内貨 Q 670万を要する。

水中モーターポンプについては、モータ部を各8年、ポンプ部を各16年毎に交換する必要があり、その他、有効寿命の詳細はTable 7-3 に示すとおりである。

7.4 年度別計画

実施計画に基づき、事業費の年度別計画は以下のとおりである。

事業年度	外貨分	内貨分	合計
1987	2,489,395	2,011,249	4,500,644
1988	7,278,961	3,780,385	11,059,346
1989	8,844,413	3,746,680	12,591,093
1990	7,559,931	2,957,151	10,517,082
合計	26,172,700	12,495,465	38,668,165

7.5 生産費

生産費は下記の条件により算出した。

- ・ 年 利 12%
- ・ 償却期間 15年
- ・ 事業の命数 30年 (ポンプ等の交換を含む)
- ・ 計画生産量 1.38m³/sec
(119,232m³/day ; 43,519,680m³/year)

TABLE 7-3

1 m³/sec の生産費は以下の方法による。

項 目	(Q) 建設投資及び交換費用	年	(Q) 年間費用 ¹⁾
水中ポンプモーター部	835,800	8	168,249
水中ポンプ、フラスターポンプ	2,152,598	16	308,661
O/Mサービス車輛	95,000	8	19,124
O/Mサービス用モーターサイクル	12,000	5	3,329
水位計	85,000	15	12,480
建設投資 ²⁾	32,528,808	30	4,038,254
	35,709,206		4,550,088
単位当り費用 (Q / m ³)			0.107
維持管理費 ³⁾ (Q / m ³)			0.158
単位生産費 (Q / m ³)			0.265

注: 1) 年金利 12% によって算出

2) 一般管理費、コンサルタント・サービス、フィジカル・コンティンジェンシーを含む

3) $6,857,174 \div 43,519,680 = 0.158$

TABLE 7-4

ADMINISTRATION AND ENGINEERING COST

(Unit: Quetzal)

Item	Foreign	Local	Total
1. Detail Design Stage			
EMPAGUA Administration	83,000	961,000	1,044,000
Engineering Consultant	782,000	186,000	968,000
Training	<u>39,350</u>	<u>-</u>	<u>39,350</u>
Sub Total	904,350	1,147,000	2,051,350
2. Construction Stage			
EMPAGUA Administration	20,000	2,739,000	2,759,000
Engineering Cost	<u>1,332,000</u>	<u>522,000</u>	<u>1,854,000</u>
Sub Total	1,352,000	3,261,000	4,613,000
	<u>2,256,350</u>	<u>4,408,000</u>	<u>6,664,350</u>

TABLE 7-5

BREAKDOWN OF DIRECTION COST

(Unit: Q)

	Currency	Canalitos J.A-Line	Canalitos S.L-Line	Canalitos S.G-Line	Norte	Lavarreda	El Rodeo	Hermosa	Total
1. Water Production System	Foreign	1,871,193	1,611,559	755,296	2,042,918	495,893	1,477,333	987,533	9,241,725
	Local	272,010	236,501	121,420	309,390	77,130	245,430	153,560	1,415,441
	Total	2,143,203	1,848,060	876,716	2,352,716	573,023	1,722,763	1,141,093	10,657,166
2. Water Supply System	Foreign	1,312,984	689,014	118,315	1,401,411	232,100	142,790	186,458	4,083,072
	Local	380,437	202,393	246,279	223,471	38,285	335,018	269,340	1,695,223
	Total	1,693,421	891,407	364,594	1,624,882	270,385	477,808	455,798	5,778,295
3. O/M Facilities	Foreign	430,047	352,239	111,427	526,848	83,717	296,704	176,388	1,977,370
	Local	101,131	62,124	14,939	126,729	15,777	107,030	50,581	478,311
	Total	531,178	414,363	125,366	653,577	99,494	403,734	226,969	2,455,681
4. Rehabilitation	Foreign								1,112,340
	Local								1,191,100
	Total								159,190
5. Power Supply System	Foreign	440,151	460,726	225,112	574,630	119,872	371,691	298,064	1,350,290
	Local	43,041	202,046	20,228	55,073	12,073	41,421	22,551	2,490,201
	Total	483,192	662,772	245,340	629,703	131,900	413,112	320,615	396,433
6. Monitoring System	Foreign								2,886,634
	Local								275,240
	Total								40,300
7. Preparation Work	Foreign								315,540
	Local	39,831	35,153	20,143	35,733	7,163	36,445	24,802	199,270
	Total	39,831	35,153	20,143	35,733	7,163	36,445	24,802	20,823
8. Direct Construction	Foreign	4,054,375	3,113,538	1,210,150	4,545,807	931,537	2,288,518	1,648,443	20,154,088
	Local	836,450	738,217	423,009	750,396	150,428	765,344	520,834	4,621,951
	Total	4,890,825	3,851,755	1,633,159	5,296,203	1,081,965	3,053,862	2,169,277	24,776,039

: Includes work shop

TABLE 7-6

DISBURSEMENT SCHEDULE

	(Unit: Q)														
	1987			1988			1989			1990			Total		
	Foreign	Local	Total	Foreign	Local	Total	Foreign	Local	Total	Foreign	Local	Total	Foreign	Local	Total
1. Production system			-	2,997,283	460,631	3,457,914	3,296,089	486,529	3,782,618	2,948,353	468,281	3,416,634	9,241,725	1,415,411	10,657,166
2. Water Supply System			-	962,994	394,432	1,357,426	2,178,655	721,248	2,899,903	941,423	579,543	1,520,966	4,083,072	1,695,223	5,778,295
3. O/M Facilities			-	682,628	142,927	825,555	809,970	193,735	1,003,705	474,772	141,649	626,421	1,997,370 (2,872,750)	488,311 (695,271)	2,485,681 (3,568,021)
4. Power Supply System			-	802,189	237,789	1,039,978	856,546	85,267	941,813	831,466	73,377	904,843	2,490,201	396,433	2,886,634
5. Rehabilitation	1,191,100	159,190	1,350,290			-			-			-	1,191,100	159,190	1,350,290
6. Monitoring System			-	275,240	40,300	315,540			-			-	275,240	40,300	315,540
7. Work Shop			-			-		187,500 (1,674,279)	187,500	895,380	29,460 (1,292,310)	924,840	895,380	216,960 (4,384,163)	1,112,340
8. Preparation Work		7,959	7,959		63,804	63,804		83,714	83,714		64,616	64,616	-	220,093	220,093
9. Engineering/Administration	904,350	1,147,000	2,051,350	464,000	1,087,000	1,551,000	444,000	1,087,000	1,531,000	444,000	1,087,000	1,531,000	2,256,350	4,408,000	6,664,350
10. Land Acquisition		209,525	209,525		561,563	561,563		251,437	251,437			-	-	1,022,525	1,022,525
Sub Total	2,095,450	1,523,674	3,619,124	6,184,334	2,988,446	9,172,780	7,585,260	3,096,430	10,681,690	6,545,394	2,443,926	8,989,320	22,410,438	10,052,476	32,462,914
11. Physical Contingencies	209,545	152,367	361,912	618,433	298,845	917,278	758,526	309,643	1,068,169	654,540	244,393	898,933	2,241,044	1,005,248	3,246,292
Total	2,304,995	1,676,041	3,981,036	6,802,767	3,287,291	10,090,058	8,343,786	3,406,073	11,749,859	7,199,934	2,688,319	9,888,253	24,651,482	11,057,724	35,709,206
12. Price Contingency Ratio	8%	20%		7%	15%		6%	10%		5%	10%				
Ground Total	2,489,395	2,011,249	4,500,644	7,278,961	3,780,385	11,059,346	8,844,413	3,746,680	12,591,093	7,559,931	2,957,151	10,517,082	26,172,700	12,495,465	38,668,165

第 8 章 事 業 評 価

第8章 事業評価

8.1 財務評価

8.1.1 まえがき

財務評価の目的は、事業の財務的可能性を検討することである。この評価は純現在価値と収益率によって決定される。純現在価値は初期投資と事業による各年毎の収益によって計算され、この各年毎のキャッシュフローを割引率であるところの借入利子によって現在価値に換算を行い、統計を行ったものである。

純現在価値が正である時、このようなプロジェクトの財務的フィジビリティにおいては、投資の収益率は借入利子よりも大きい。収益率は純現在価値が0になる利率として定義され、借り入れた資金がその実施に対してのみ用いられる場合、事業が支払う事の可能な利率である。それゆえ、この収益率が返還率よりも大きい場合、このプロジェクトは財務的にフィジブルであると判断される。プロジェクトの財務評価は、以下の順序により行われる。

- 投資額の算定
- 収益の算定
- 評価結果と感度分析

8.1.2 収益

収益の算定は過去のEMPAGUA側資料に基づいて行うものとする。

(1) 事業は1987年に開始され、初年度には詳細設計及びリハビリテーションが行なわれる。事業命数は30年とする。

(2) 水の供給とリハビリテーション井戸からの収益算定は1988年より開始する。

(3) 新設井の工事は、1988年から1990年に施行する。

(4) 新設井からの水供給は1989年より開始し、1990年、1991年と目標供給量の1/3ずつ加算されていく。

(5) 純生産量は、1985年粗生産量の65%から1995年の76%へと、以下の仮定により増加するものとする

- 配水損失 : 25%~20%
- 不法取水等による損失 : 7%~1%
- 公共水 : 4%~3%

各年毎の純生産量は以下のとおりである。

年	%
1985	64.0 %
1986	64.8
1987	65.7
1988	66.8
1989	67.9
1990	69.0
1991	70.3
1992	71.7
1993	73.2
1994	74.6
1995	76.0

(6) 配水を受けるにあたっての使用権 (pajas)は、消費権への配水体制が整った時点で、販売される。

(7) 販売可能な使用権の件数は、30%の余剰消費を見込み、純生産量の70%について算定を行う。

(8) 使用権は、これまでのEMPAGUAの慣行に従い、以下のとおり類別化を行う。

・ Marginal (20 m ³ /月)	5 %
・ Economical (30 m ³ /月)	56 %
・ Normal (60 m ³ /月)	28 %
・ Intermediate (60 ~ 300m ³ /月)	8 %
・ High Consumption (300m ³ /月以上)	3 %

(9) 消費者は権利購入に際して一括もしくは5年間の分割払いにより以下の割合で負担する。

	Marginal	Economical	Normal	Intermed.	High Cons.
一括	40%	40%	40%	100%	100%
分割					
1年目	3%	3%	10%	—	—
2年目	10%	10%	10%	—	—
3年目	8%	8%	10%	—	—
4年目	9%	9%	7%	—	—
5年目	30%	30%	23%	—	—

(10) 収益の使用権の販売及び基本・超過料金の徴収によるものである。標準的な使用権は、月当り60m³が給水されるが、消費者はその需要に応じて使用権の内容を前述の5段階から選択できる。

使用権とはその取得者が、永続的に、月単位による契約内容の給水を受ける権利である。

もし、月の水消費量がこの固定給水量を超えれば消費者は超過分に対する料金を負担せねばならない。

(11) 受水権からの収益は新設井戸 (1 m³/sec) の生産量を基に算出した。

水料金としての基本料金及び超過料金は新設井及びリハビリテーション (1,382 m³/sec) を基に算出した。

(12) 収益の算出にあたって使用権、水料金は以下の金額を基に行った。

a) 使用権費用 (単位 : Q)

種 類	Marginal 1/3 Paja (20m ³ /月)	Economical 1/2 Paja (30m ³ /月)	Normal 1 Paja (60m ³ /月)	Intermed. 1-5 Pajas (60-300m ³ /月)	High cons. Over 5 Pajas (300m ³ /月以上)
一 括	350	600	1,050	1,050 per Paja	1,050 per Paja
分 割					
1 年 目	385	660	1,155	—	—
2 年 目	420	720	1,260	—	—
3 年 目	455	780	1,365	—	—
4 年 目	490	840	1,470	—	—
5 年 目	525	900	1,575	—	—

b) 水料金

種 類	基本料金 (Q / 日)	超過料金 (Q / m ³)
Marginal	2.00	0.25
Economical	5.25	0.80
Normal	14.50	0.90
Intermediate	21.00	1.10
High Consumption	24.00	1.10

(13) 超過料金の算出は以下の3方法を検討した。

- a) 基本料金の30%で算定
- b) 純生産量の30%に対して、0.800/m³により算定
- c) 1契約戸数に対して月当り、7と10m³を0.800/m³にて算定。なお、EMPAG
UA資料では、平均5.6m³である。

注： b)、c)で用いた単位料金0.800/m³は、料金表中 Economical の超過料金であるが、これは全契約者中60%はこの契約であり、他の契約を考慮すると、全体としてもこの価格を使用するのが妥当と考えられるのである。

(14) 基本料金・超過料金については徴収不能の割合は10%とし、使用権に対しては3%とする。

(15) 徴収期間については、3ヶ月の遅れを考えるものとする。

8.1.3 収益の概算

収益は以下に基づき概算を行った。

- (1) 粗生産量
- (2) 純生産量
- (3) 使用権としての販売可能量
- (4) 使用権契約数
- (5) 給水件数
- (6) 使用権よりの収益
- (7) 契約給水量よりの収益
- (8) 超過料金よりの収益
- (9) 全体収益

概算収益は Table 8.1-(1)～(7) に示すとおりである。

8.1.4 評価結果と感度分析

財務評価は投資額と便益の2分野からの結果に基づき行った。結果の詳細は表 6.5-1～7 に示すとおりである。内部収益率は超過給水量よりの収益を10m³/月/件数とする基本料金の場合、13.1%となった。

また、EMPAGUAの現状として、この超過分収益を7m³/月/件と仮定して行なうと、内部収益率は5.7%となる。

全体収益を、契約給水量の30%（最小収益）、水生産量の30%（最大収益）とした場合、前者は負の値、後者が23.4%となる。これらの場合の内部収益率と割引率12%の純現在価格は以下ようになる。

条 件	F I R R (%)	N P U (12%) (1,000 Q)
基 本	13.09	1,546
現 状	5.71	-7,585
最小収益	—	—
最大収益	23.41	18,252

感度分析は、一般に不利な、異なった条件下において求められる内部収益率について検討を行なうものであり、その要約については、以下に示すとおりである。

条 件	F I R R (%)	N P U (12%)
基 本	13.09	1,546
①全体収益を10%減	7.51	-5,994
②初期投資・施設置換 10%増	11.07	-1,460
③ ①、②同時の場合	5.90	-9,000

8.1.5 要 約

算定した投資額と便益についての内部収益率は、基本条件下では、13%、又、割引率12%では純現在価格が負になる事から、この事業は13%以下の借り入れ利子の場合、財務的に妥当な事業であると評価できる。

感度分析は投資よりも便益の影響を受ける。10%の投資額増加に対しては、内部収益率は数%（13.1%から11.1%）低下するだけであるが、10%の便益低下に対しては、13.1%から7.5%に低下をおこしてしまう。

10%の投資額増加、10%の便益低下を同時に考えた場合、内部収益率は5.9%となる。

つまり、便益に対する感度の大きさはこの事業下においては超過料金の徴収に対して注意を要するという事であり、超過分の計量、そして撤収のため、十分な体制を保障することが望まれる。

下記の表に超過水量と純生産量に対する割合、その結果におけるFIRRを示す。

条 件	超過使用 m ³ /月/件数	純生産量 %	F I R R %
現 状	7	85	5.71
基 本	10	90	13.09
最大便益	15	100	23.41

8.2 事業効果

本事業の実施による直接的な最大効果はEMPAGUA水道事業の質的・量的な拡大である。

事業による $1\text{ m}^3/\text{sec}$ の生産量増加によって、現状の給水量 $220,000\text{ m}^3/\text{日}$ は $306,000\text{ m}^3/\text{日}$ まで拡大されるわけであるが、これにより求められる給水人口・給水地域の増大に答えていくものである。特に給水が予定される市周辺北部及び北東部は水不足が深刻であり、早期の実施が期待されている。

また、Zone18（北東部）においては、水源を各戸から数百mと離れた浅井戸に依存しているため、乾期において早あがった時は、別の手段により飲料水を入手する事が余儀なくされている。この場合の入手手段としては、1)購入する、2)更に離れた共同水栓（深井戸）から運ぶ、3)河川水を浄水する。の3方法である。

一般的な水の販売価格は $Q2.5\sim4.9/\text{m}^3$ であり、EMPAGUA及びMariscal社の料金 $Q0.1375/\text{m}^3$ 、 $Q0.25/\text{m}^3$ と比較するとはなはだ高価格であり、水道事業の公共性を考えるに早急な対策が望まれていた。波及効果として、水源が変更されることにより飲料水媒介の伝染病を防止できるなどの衛生環境の改善、予定される共同水栓の設置も含めて、遠距離運搬を行っていた婦女子の労働環境の改善、更に建設工事に関わる雇用の拡大と経済に与える活性化があげられる。

逆に、予測される問題としては、多量の水を汲み上げることにより起こる地下水位の低下と環境に対する影響が考えられる。

地下水位の低下については、既存の資料によって十分な解析を行うのは困難であるため、本事業中に地下水位、汲み上げ量等についてのモニタリングを計画している。これら観測資料とともに、既存井戸の把握、水質、水文資料、水準測量資料ともあわせて、地域の総合的な水収支について更に検討していくことが肝要である。

TABLE 8-1 Estimated Total Revenues from Titles, Fixed Consumption, and Three Methods of Computing Excess Consumption

Unit: 1,000Q

Year	Title Revenues	Fixed Cons. Rev.			Excess Cons. Rev.			Total Revenues		
		(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)
1987										
8		801	216	1,738	786	1,122	1,017	2,539	1,587	1,923
9	3,516	1,791	483	3,307	1,494	2,135	5,790	8,614	6,801	7,442
1990	4,020	2,780	751	4,930	2,228	3,183	7,551	11,730	9,028	9,983
1	4,988	3,807	1,028	6,618	2,991	4,272	9,823	15,413	11,786	13,067
2	2,238	4,127	1,114	6,750	3,050	4,357	7,479	13,115	9,415	10,722
3	2,736	4,212	1,138	6,891	3,114	4,449	8,086	13,839	10,062	11,397
4	4,826	4,295	1,159	7,023	3,173	4,533	10,280	16,144	12,294	13,654
5	4,186	4,376	1,182	7,154	3,233	4,619	9,744	15,716	11,795	13,181
6	3,260	4,396	1,187				8,843	14,810	10,889	12,275
7	330	4,396	1,187				5,913	11,880	7,959	9,345
8	289						5,872	11,839	7,918	9,304
9	229						5,812	11,779	7,858	9,244
2000	179						5,762	11,729	7,808	9,194
1	0						5,583	11,550	7,629	9,015
2016		4,396	1,187	7,154	3,233	4,691	5,583	11,550	7,629	9,015

(a) Excess Cons. Rev. - 0.3 Fixed Cons. Rev.
 (b) Excess cons. Rev. - 0.3 of Net Production x Q 0.80/m³/
 (c), (c') Excess Cons. Rev. - 7 and 10m³/month/connection x Q 0.80/m³

TABLE 8-2 (1) FINANCIAL INTERNAL RATE OF RETURN FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT PROJECT IN GUATEMALA CITY (BASIC CASE)

(1000 Q)

NO. YEAR	COSTS		TOTAL COSTS	BENEFITS	BENEFITS - COSTS	DISCOUNT FACTOR (12.00%)	NET PRESENT VALUE	DISCOUNT FACTOR (13.09%)	NET PRESENT VALUE
	INVESTMENT AND REPLACEMENT	OPERATION AND MAINTENANCE							
1 1987	3981	0	3981	0	-3981	1.000	-3981	1.000	-3981
2 1988	1090	513	1603	1923	-8680	0.893	-7750	0.884	-7675
3 1989	11750	2493	14243	7442	-6801	0.797	-5422	0.782	-5318
4 1990	9888	4843	14731	9983	-4748	0.712	-3380	0.691	-3283
5 1991	0	6857	6857	13067	6210	0.636	3947	0.611	3797
6 1992	0	6857	6857	10722	3865	0.567	2193	0.541	2089
7 1993	12	6857	6869	11397	4528	0.507	2294	0.478	2165
8 1994	0	6857	6857	13654	6797	0.452	3075	0.423	2873
9 1995	0	6857	6857	13181	6324	0.402	2554	0.374	2364
10 1996	317	6857	7174	12275	5101	0.361	1839	0.331	1686
11 1997	332	6857	7189	9345	2155	0.322	694	0.292	630
12 1998	294	6857	7151	9304	2153	0.287	519	0.258	556
13 1999	0	6857	6857	9244	2387	0.257	613	0.229	645
14 2000	0	6857	6857	9194	2337	0.229	536	0.202	472
15 2001	0	6857	6857	9015	2158	0.205	442	0.179	386
16 2002	0	6857	6857	9015	2158	0.183	394	0.158	341
17 2003	97	6344	6441	9015	2574	0.163	420	0.140	360
18 2004	602	6344	6946	9015	2069	0.148	301	0.124	256
19 2005	711	6344	7055	9015	1960	0.130	255	0.109	214
20 2005	934	6344	7278	9015	1737	0.116	202	0.097	168
21 2007	0	6344	6344	9015	2671	0.104	277	0.085	228
22 2008	12	6344	6356	9015	2659	0.093	246	0.076	201
23 2009	0	6344	6344	9015	2671	0.083	221	0.067	178
24 2010	0	6344	6344	9015	2671	0.074	197	0.059	158
25 2011	0	6344	6344	9015	2671	0.066	176	0.052	139
26 2012	317	6344	6661	9015	2354	0.059	138	0.046	109
27 2013	344	6344	6688	9015	2327	0.053	122	0.041	95
28 2014	282	6344	6626	9015	2389	0.047	112	0.036	86
29 2015	0	6344	6344	9015	2571	0.042	112	0.032	85
30 2015	0	6344	6344	9015	2671	0.037	100	0.028	75
TOTAL	39963	178949	218912	274971	56050		1546		-0

TABLE 8-2 (2) FINANCIAL INTERNAL RATE OF RETURN FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT PROJECT IN GUATEMALA CITY (PRESENT SITUATION)

(1000 Q)

NO. YEAR	COSTS		TOTAL COSTS	BENEFITS	BENEFITS - COSTS	DISCOUNT FACTOR (12.00%)	NET PRESENT VALUE	DISCOUNT FACTOR (5.71%)	NET PRESENT VALUE
	INVESTMENT AND REPLACEMENT	OPERATION AND MAINTENANCE							
1 1987	3981	0	3981	0	-3981	1.000	-3981	1.000	-3981
2 1988	10090	513	10603	1587	-9016	0.893	-8050	0.946	-8529
3 1989	11750	2493	14243	6801	-7442	0.797	-5933	0.893	-6659
4 1990	9888	4843	14731	9028	-5703	0.712	-4059	0.845	-4827
5 1991	0	6857	6857	11786	4929	0.636	3132	0.801	3947
6 1992	0	6857	6857	9415	2558	0.567	1451	0.757	1938
7 1993	12	6857	6869	10062	3193	0.507	1618	0.717	2288
8 1994	0	6857	6857	12294	5437	0.452	2459	0.678	3685
9 1995	0	6857	6857	11795	4938	0.404	1994	0.641	3160
10 1996	317	6857	7174	10889	3715	0.361	1340	0.606	2253
11 1997	332	6857	7189	7959	770	0.322	248	0.574	442
12 1998	294	6857	7151	7918	767	0.287	220	0.543	416
13 1999	0	6857	6857	7858	1001	0.257	257	0.513	514
14 2000	0	6857	6857	7808	951	0.229	218	0.496	462
15 2001	0	6857	6857	7629	772	0.205	158	0.459	355
16 2002	0	6857	6857	7629	772	0.183	141	0.435	335
17 2003	97	6344	6441	7629	1188	0.163	194	0.411	488
18 2004	602	6344	6946	7629	683	0.146	99	0.389	266
19 2005	711	6344	7055	7629	574	0.130	75	0.368	211
20 2006	934	6344	7278	7629	351	0.116	41	0.348	122
21 2007	0	6344	6344	7629	1285	0.104	133	0.329	433
22 2008	12	6344	6356	7629	1273	0.093	118	0.311	396
23 2009	0	6344	6344	7629	1285	0.083	100	0.295	378
24 2010	0	6344	6344	7629	1285	0.074	95	0.279	358
25 2011	0	6344	6344	7629	1285	0.066	85	0.264	339
26 2012	317	6344	6661	7629	968	0.059	57	0.249	211
27 2013	344	6344	6688	7629	941	0.053	49	0.236	222
28 2014	282	6344	6626	7629	1003	0.047	47	0.223	224
29 2015	0	6344	6344	7629	1285	0.042	54	0.211	271
30 2016	0	6344	6344	7629	1285	0.037	48	0.200	257
TOTAL	39963	178949	218912	237264	18352		-7585		0

TABLE 8-2 (3) FINANCIAL INTERNAL RATE OF RETURN FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT PROJECT IN GUATEMALA CITY (MAXIMUM REVENUES)

NO. YEAR	COSTS		TOTAL COSTS	BENEFITS	BENEFITS - COSTS	DISCOUNT FACTOR (12.00%)	NET PRESENT VALUE	DISCOUNT FACTOR (23.41%)	NET PRESENT VALUE	(1000 Q)
	INVESTMENT AND REPLACEMENT	OPERATION AND MAINTENANCE								
1 1987	3981	0	3981	0	-3981	1.000	-3981	1.000	-3981	
2 1988	10990	513	10603	2539	-8064	0.893	-7200	0.810	-6534	
3 1989	11750	2493	14243	8614	-5629	0.797	-4487	0.657	-3696	
4 1990	9888	4843	14731	11730	-3001	0.712	-2136	0.532	-1597	
5 1991	0	6857	6857	15413	8556	0.636	5437	0.431	3689	
6 1992	0	6857	6857	13115	6258	0.557	3551	0.349	2186	
7 1993	12	6857	6869	13839	6970	0.507	3531	0.283	1973	
8 1994	0	6857	6857	16144	9287	0.452	4201	0.229	2130	
9 1995	0	6857	6857	15716	8859	0.404	3578	0.185	1645	
10 1996	317	6857	7174	14810	7636	0.361	2754	0.131	1150	
11 1997	332	6857	7189	11880	4691	0.322	1510	0.122	572	
12 1998	294	6857	7151	11839	4688	0.287	1348	0.099	464	
13 1999	0	6857	6857	11779	4922	0.257	1263	0.080	394	
14 2000	0	6857	6857	11729	4872	0.229	1117	0.065	315	
15 2001	0	6857	6857	11550	4593	0.205	950	0.053	247	
16 2002	0	6857	6857	11550	4693	0.183	857	0.043	200	
17 2003	97	6344	6441	11550	5109	0.163	833	0.035	176	
18 2004	602	6344	6946	11550	4604	0.146	671	0.028	129	
19 2005	711	6344	7055	11550	4495	0.130	585	0.023	102	
20 2006	934	6344	7278	11550	4272	0.116	496	0.018	79	
21 2007	0	6344	6344	11550	5206	0.104	540	0.015	78	
22 2008	12	6344	6356	11550	5194	0.093	481	0.012	53	
23 2009	0	6344	6344	11550	5205	0.083	430	0.010	51	
24 2010	0	6344	6344	11550	5206	0.074	384	0.008	41	
25 2011	0	6344	6344	11550	5206	0.066	343	0.006	33	
26 2012	317	6344	6661	11550	4889	0.059	288	0.005	25	
27 2013	344	6344	6688	11550	4862	0.053	255	0.004	20	
28 2014	282	6344	6626	11550	4924	0.047	231	0.003	17	
29 2015	0	6344	6344	11550	5206	0.042	218	0.003	14	
30 2016	0	6344	6344	11550	5206	0.037	195	0.002	12	
TOTAL	99963	178549	218912	343947	125035		18252		-0	

TABLE 8-2 (4) FINANCIAL INTERNAL RATE OF RETURN FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT PROJECT
IN GUATEMALA CITY (MINIMUM REVENUES) (1000 Q)

NO. YEAR	COSTS		TOTAL COSTS	BENEFITS	BENEFITS - COSTS	DISCOUNT FACTOR (5.00%)	NET PRESENT VALUE	DISCOUNT FACTOR (12.00%)	NET PRESENT VALUE
	INVESTMENT AND REPLACEMENT	OPERATION AND MAINTENANCE							
1 1987	3981	0	3981	0	-3981	1.000	-3981	1.000	-3981
2 1988	10090	513	10603	1017	-9586	0.952	-9130	0.893	-8559
3 1989	11750	2493	14243	5790	-8453	0.907	-7867	0.797	-6739
4 1990	9888	4843	14731	7551	-7180	0.864	-6202	0.712	-5111
5 1991	0	6857	6857	9823	2966	0.823	2440	0.636	1885
6 1992	0	6857	6857	7479	622	0.784	487	0.557	353
7 1993	12	6857	6869	8086	1217	0.746	908	0.507	617
8 1994	0	6857	6857	10280	3423	0.711	2433	0.452	1548
9 1995	0	6857	6857	9744	2887	0.677	1954	0.404	1166
10 1996	317	6857	7174	8843	1669	0.646	1076	0.361	602
11 1997	332	6857	7189	5913	-1276	0.614	-783	0.322	-411
12 1998	294	6857	7151	5872	-1279	0.585	-748	0.287	-388
13 1999	0	6857	6857	5812	-1045	0.557	-582	0.257	-268
14 2000	0	6857	6857	5762	-1095	0.530	-581	0.229	-251
15 2001	0	6857	6857	5583	-1274	0.505	-643	0.205	-261
16 2002	0	6857	6857	5583	-1274	0.481	-613	0.183	-233
17 2003	97	6344	6441	5583	-858	0.458	-393	0.163	-140
18 2004	602	6344	6946	5583	-1363	0.436	-595	0.146	-199
19 2005	711	6344	7055	5583	-1472	0.416	-612	0.130	-191
20 2006	934	6344	7278	5583	-1695	0.396	-671	0.116	-197
21 2007	0	6344	6344	5583	-761	0.377	-287	0.104	-79
22 2008	12	6344	6356	5583	-773	0.359	-277	0.093	-72
23 2009	0	6344	6344	5583	-761	0.342	-260	0.083	-63
24 2010	0	6344	6344	5583	-761	0.326	-248	0.074	-55
25 2011	0	6344	6344	5583	-761	0.310	-236	0.066	-50
26 2012	317	6344	6661	5583	-1078	0.295	-318	0.059	-63
27 2013	344	6344	6688	5583	-1105	0.281	-311	0.053	-58
28 2014	282	6344	6626	5583	-1043	0.268	-279	0.047	-49
29 2015	0	6344	6344	5583	-761	0.255	-194	0.042	-32
30 2016	0	6344	6344	5583	-761	0.243	-185	0.037	-23
TOTAL	39963	178949	218912	181300	-37612		-25498		-21287

TABLE 8-2 (S) FINANCIAL INTERNAL RATE OF RETURN FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT PROJECT IN GUATEMALA CITY (10% LOWER REVENUES)

NO. YEAR	COSTS		TOTAL COSTS	BENEFITS	BENEFITS - COSTS	DISCOUNT FACTOR (12.00%)	NET PRESENT VALUE	DISCOUNT FACTOR (7.51%)	NET PRESENT VALUE	(1000 Q)
	INVESTMENT AND REPLACEMENT	OPERATION AND MAINTENANCE								
1 1987	3981	0	3981	0	-3981	1.000	-3981	1.000	-3981	
2 1988	10090	513	10603	1731	-8872	0.893	-7921	0.930	-8252	
3 1989	11750	2493	14243	6608	-7545	0.797	-6015	0.865	-6528	
4 1990	9888	4843	14731	8985	-5746	0.712	-4090	0.805	-4624	
5 1991	0	6857	6857	11760	4903	0.636	3116	0.749	3670	
6 1992	0	6857	6857	9650	2793	0.567	1585	0.696	1945	
7 1993	12	6857	6869	10257	3388	0.507	1716	0.648	2194	
8 1994	0	6857	6857	12289	5432	0.452	2457	0.602	3272	
9 1995	0	6857	6857	11863	5006	0.404	2022	0.560	2805	
10 1996	317	6857	7174	11048	3874	0.361	1397	0.521	2019	
11 1997	332	6857	7189	8411	1222	0.322	393	0.485	592	
12 1998	294	6857	7151	8374	1223	0.287	352	0.451	552	
13 1999	0	6857	6857	8320	1463	0.257	376	0.419	614	
14 2000	0	6857	6857	8275	1418	0.229	325	0.390	553	
15 2001	0	6857	6857	8114	1257	0.205	257	0.363	455	
16 2002	0	6957	6957	8114	1257	0.183	230	0.338	424	
17 2003	97	6344	6441	8114	1673	0.163	273	0.314	525	
18 2004	502	6344	6846	8114	1168	0.146	170	0.292	341	
19 2005	711	6344	7055	8114	1059	0.130	138	0.272	288	
20 2006	934	6344	7278	8114	836	0.116	97	0.253	211	
21 2007	0	6344	6344	8114	1770	0.104	183	0.235	416	
22 2008	12	6344	6356	8114	1758	0.093	163	0.219	384	
23 2009	0	6344	6344	8114	1770	0.083	146	0.203	360	
24 2010	0	6344	6344	8114	1770	0.074	131	0.189	335	
25 2011	0	6344	6344	8114	1770	0.066	117	0.176	311	
26 2012	317	6344	6661	8114	1453	0.059	85	0.164	258	
27 2013	344	6344	6688	8114	1426	0.053	75	0.152	217	
28 2014	282	6344	6626	8114	1488	0.047	70	0.142	211	
29 2015	0	6344	6344	8114	1770	0.042	74	0.132	203	
30 2016	0	6344	6344	8114	1770	0.037	66	0.123	217	
TOTAL	39963	178949	218912	247485	28573		-5904		-0	

TABLE 8-2 (6) FINANCIAL INTERNAL RATE OF RETURN FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT PROJECT IN GUATEMALA CITY (10% HIGHER INV. & REP.)

(1000 Q)

NO. YEAR	COSTS		TOTAL COSTS	BENEFITS	BENEFITS - COSTS	DISCOUNT FACTOR		NET PRESENT VALUE	DISCOUNT FACTOR		NET PRESENT VALUE
	INVESTMENT AND REPLACEMENT	OPERATION AND MAINTENANCE				(12.00%)	(11.07%)		(12.00%)	(11.07%)	
1 1987	4379	0	4379	0	-4379	1.000	1.000	-4379	1.000	1.000	-4379
2 1988	11099	513	11612	1923	-9689	0.893	0.893	-8651	0.900	0.900	-8723
3 1989	12925	2493	15418	7442	-7976	0.797	0.797	-6358	0.811	0.811	-6465
4 1990	10877	4843	15720	9983	-5737	0.712	0.712	-4083	0.730	0.730	-4187
5 1991	0	6857	6857	13067	6210	0.636	0.636	3947	0.657	0.657	4080
6 1992	0	6857	6857	10722	3865	0.567	0.567	2193	0.592	0.592	2286
7 1993	13	6857	6870	11397	4527	0.507	0.507	2294	0.533	0.533	2411
8 1994	0	6857	6857	13554	6797	0.452	0.452	3075	0.480	0.480	3259
9 1995	0	6857	6857	13181	6324	0.404	0.404	2554	0.432	0.432	2730
10 1996	349	6857	7206	12275	5069	0.361	0.361	1828	0.389	0.389	1970
11 1997	365	6857	7222	9345	2123	0.322	0.322	584	0.350	0.350	743
12 1998	323	6857	7180	9304	2124	0.297	0.297	511	0.315	0.315	669
13 1999	0	6857	6857	9244	2387	0.257	0.257	613	0.284	0.284	677
14 2000	0	6857	6857	9194	2337	0.229	0.229	536	0.255	0.255	597
15 2001	0	6857	6857	9015	2158	0.205	0.205	442	0.230	0.230	496
16 2002	0	6857	6857	9015	2158	0.183	0.183	394	0.207	0.207	447
17 2003	107	6344	6451	9015	2564	0.163	0.163	418	0.186	0.186	478
18 2004	862	6344	7006	9015	2009	0.146	0.146	293	0.168	0.168	337
19 2005	782	6344	7126	9015	1889	0.130	0.130	246	0.151	0.151	285
20 2006	1027	6344	7371	9015	1644	0.116	0.116	191	0.136	0.136	224
21 2007	0	6344	6344	9015	2671	0.104	0.104	277	0.122	0.122	327
22 2008	13	6344	6357	9015	2658	0.093	0.093	246	0.110	0.110	293
23 2009	0	6344	6344	9015	2671	0.083	0.083	221	0.099	0.099	265
24 2010	0	6344	6344	9015	2671	0.074	0.074	197	0.089	0.089	239
25 2011	0	6344	6344	9015	2671	0.066	0.066	176	0.080	0.080	215
26 2012	349	6344	6693	9015	2322	0.059	0.059	137	0.072	0.072	168
27 2013	378	6344	6722	9015	2293	0.053	0.053	120	0.065	0.065	150
28 2014	310	6344	6654	9015	2351	0.047	0.047	111	0.055	0.055	139
29 2015	0	6344	6344	9015	2671	0.042	0.042	112	0.053	0.053	141
30 2016	0	6344	6344	9015	2671	0.037	0.037	100	0.048	0.048	127
TOTAL	43958	178949	222907	274971	52064			-1460			-0

TABLE 8-2 (7) FINANCIAL INTERNAL RATE OF RETURN FOR THE GROUNDWATER DEVELOPMENT PROJECT IN GUATEMALA CITY (WORST CASE)

NO. YEAR	COSTS		TOTAL COSTS	BENEFITS	BENEFITS - COSTS	DISCOUNT FACTOR (12.00%)	NET PRESENT VALUE	DISCOUNT FACTOR (5.90%)	NET PRESENT VALUE	(1000 Q)
	INVESTMENT AND REPLACEMENT	OPERATION AND MAINTENANCE								
1 1987	4379	0	4379	0	-4379	1.000	-4379	1.000	-4379	
2 1988	11099	513	11612	1731	-9881	0.893	-8822	0.944	-9331	
3 1989	12325	2493	15418	6698	-8720	0.797	-6952	0.892	-7776	
4 1990	10877	4843	15720	8985	-6735	0.712	-4794	0.842	-5671	
5 1991	0	6857	6857	11760	4903	0.636	3116	0.755	3899	
6 1992	0	6857	6857	9650	2793	0.567	1585	0.751	2097	
7 1993	13	6857	6870	10257	3387	0.507	1716	0.709	2402	
8 1994	0	6857	6857	12289	5432	0.452	2457	0.670	3637	
9 1995	0	6857	6857	11963	5006	0.404	2022	0.632	3165	
10 1996	349	6857	7206	11048	3842	0.361	1365	0.597	2294	
11 1997	365	6857	7222	8411	1189	0.322	383	0.564	670	
12 1998	323	6857	7180	8374	1194	0.287	343	0.532	636	
13 1999	0	6857	6857	8320	1463	0.257	376	0.503	735	
14 2000	0	6857	6857	8275	1418	0.229	325	0.475	673	
15 2001	0	6857	6857	8114	1257	0.205	257	0.448	563	
16 2002	0	6857	6857	8114	1257	0.183	230	0.423	532	
17 2003	107	6344	6451	8114	1663	0.163	271	0.400	565	
18 2004	662	6344	7006	8114	1108	0.146	161	0.377	418	
19 2005	782	6344	7126	8114	988	0.130	128	0.356	352	
20 2006	1027	6344	7371	8114	743	0.116	86	0.337	250	
21 2007	0	6344	6344	8114	1770	0.104	183	0.318	563	
22 2008	13	6344	6357	8114	1767	0.093	163	0.300	527	
23 2009	0	6344	6344	8114	1770	0.083	146	0.283	502	
24 2010	0	6344	6344	8114	1770	0.074	131	0.268	474	
25 2011	0	6344	6344	8114	1770	0.066	117	0.253	447	
26 2012	349	6344	6693	8114	1421	0.059	84	0.239	339	
27 2013	378	6344	6722	8114	1392	0.053	73	0.225	314	
28 2014	310	6344	6654	8114	1460	0.047	68	0.213	311	
29 2015	0	6344	6344	8114	1770	0.042	74	0.201	356	
30 2016	0	6344	6344	8114	1770	0.037	66	0.190	336	
TOTAL	43958	178949	222907	247485	24578		-9000		-9000	
										-0

第9章 結論および勧告

第9章 結論と勧告

結 論

1. EMPAGUAの用水サービス地区における1985年末現在の推定需要に対する用水不足率は、最大18%と推定されている。併しながら、用水供給の現況は、地域的に色々と異なっており、水不足率は地域によって大きく変わっている。水不足問題が最も深刻な地域は、グアテマラ市の北東部で需要に対する供給不足の割合は約30%である。次は北部地域で、水不足率は約26%、第3位は市の中心部で不足率は23%である。

一般的に、グアテマラ共和国においては北部や東部地域が、南部や西部地域に比べ用水問題が深刻である。

グアテマラ市中心街地区の水不足は、商業用水や公共用水の需要が大きいと同様、人口密度が大で家庭用水の需要も大きいことによって発生していると云える。

北部や東部地区の水不足は、主として居住人口の急速な増加と、この地域は、開発可能な水源が少ないことによるものである。

1985、1990、1995及び2000年の推定水需要によれば、1990年は1985年の28%、1995年は1990年の27%、2000年は1995年の28%とそれぞれ増加することが予測されている。

EMPAGUAの用水サービス現況は上記のとおりで、水需要に充足することは不可能である。この様な水供給の現況と将来の水需要予測に照らして、現在からあとの数年間の水需要に対応するために、本開発計画の早急な実施が強く望まれている。

2. 調査結果によると、本計画地域の地下水貯水量、開発可能性、許容揚水量は計画目標年における用水不足を充足するに十分であると推定されている。従って、本開発計画を実施することは可能である。

3. 一計画地域において利用可能な地下水は、その海岸涵養、滞水層によって2つのタイプの地下水に分けられる。この2つの地下水は、上部滞水層地下水と下部滞水層地下水と呼ばれている。

一水文地質的調査結果に基づいて、計画地域の許容揚水量は計画目標生産量 $1\text{m}^3/\text{sec}$ を遙かに上回っていると推定されている。

4. 一水文流域の境界によって計画地域に、東部、北部及び南部地区の3つの地区に分けて、それぞれの地域の水文地質的特性、地下水賦存量、既存揚水量、許容安全揚水量等に基づいて、その地下水開発可能性を評価した。そして、本計画実施にかかる地下水開発の地区別優先度を次の様に順位づけた。

第一優先地区	東部地区
第二優先地区	北部地区
第三優先地区	南部地区

一東部及び北部地区で、上部滞水層地下水及び北部、東部、南部では下部滞水層地下水が本開発計画のために有効利用することができる。

一併しながら、南部地域におけるこれ以上の地下水開発は実施すべきでない。この地域における地下水開発は、Amatitlan 湖の水位低下、水質汚染を促進する危険があることから、規制されるべきである。

一従って、本開発計画における地下水開発は、東部及び北部地区に限定すべきである。地域的水不足現況、用水配分計画あるいは開発用水の搬送システムの経済性等を考慮して、東部と北部地区の境界付近に 7つの井戸群候補地区を概定した。

5. 一上部帯水層地下水は季節的地下水位の変動によって、揚水効率の季節的変動が大きいので、用水生産の年間を通しての安定を図るため、本開発計画は主として下部帯水層地下水を開発対策とする。

6. 本開発計画における新規用水の生産を補足するため、既存井戸の生産能力を回復拡大するリハビリテーション計画の実施を計画する。このリハビリテーション計画は E M P A G U A の用水サービス能力を強化するため、本開発計画の一構成要素として実施する。

7. O / M 費用の削減を図るため、特に O / M 要員費用の最小化を図るため、用水生産システムの運転操作は準集中管理方式によるものとする。効率的な O / M 実施のため、主管理事務所と第 2 次管理事務所を配置する。

計画用水サービス地区をサービス地区とする。

Santa Luisa と Ilusiones の既存浄水場内に主管理事務所を併設する。主管理事務所は、用水生産を間接的に管理する。

7つの第 2 次管理事務所を導水末端あるいは各井戸群に配置する。第 2 次管理事務所は主管理事務所からの指令によって、用水生産を直接的に遠隔操作管理する。

8. 計画施設の日常点検整備を効率的かつ組織的に実施するため、交替運転が可能になるよう、新設井戸の数は目標生産量に対して 10% の超過生産が可能となるよう、予備井戸を計画している。

9. 本開発計画は、下部滞水層地下水の水位観測を実施するため、3本の既存観測井戸を含む8本の観測井を配置する。また、5ヶ所の既存観測井戸と新設観測井戸によって上部滞水層地下水位を観測する。

組織的地下水位の観測は、効率的地下水保全と同時に地下水生産の効率的運営を図ろうとするものである。また、観測記録を将来の地下水開発、地下水保全に有効利用しようとするものである。

10. El Rodco No. 3 調査井は、本開発計画のもとで更に50m 追加掘削する。この井戸は2系列の既存導水パイプに近接しているが、この地域住民はその生活用水を河川流水か泉水を直接利用している。この様な現況を考慮して、生産用水の一部を直接地域住民に給水する事の社会経済的効果は、極めて大きいと考えられる。

従って、地域住民に直接給水可能となるように、井戸に近接して共同水栓を配置する。

11. 計画実施による便益の早期発生を促進するため、本開発計画は1年の準備期間を含め4ヶ年で実施完了するものとする。各年の実施範囲は、計画用水サービス地区の年度別需要と井戸の生産能力を考慮して決定する。

なお、計画年次における建設工事は、その年度内に全て実施し、次年度から直ちに100%の目標便益が発生するよう年度割りにする。

12. 本開発計画の実施による新規開発用水 $1\text{m}^3/\text{se} = 86,400\text{ m}^3/\text{日}$ は、約3,700世帯、29,000人に新しく用水を供給するに十分な量である。

本開発計画実施によって、グアテマラ首都圏の北部から北東部地域のこれから5年から10年間の水需要に対応可能で、この地域の水問題を効果的に解決することが期待されている。

本開発計画の実施が、地域住民の全体的環境に与える影響は積極的効果が大きく、そ

の実施の促進が期待できる。

13. 本開発計画の実施についての財務分析の結果によれば、FIRRは13.5%で、財務的にも実施可能である。

勸告

1. 計画リハビリテーションの実施便益は、すでに確認されたとおり、現在の水不足の急速緩和に極めて効率的に貢献すると考えられる。

従って、計画リハビリテーションでは、できるだけ早急に実施すべきである。

本計画においては、その実施を本格工事に先立って第1年度に実施することを提案している。

2. 計画井戸の位置は、1万分の1の地形図によって選定した。従って、計画実施に先立って実施する詳細設計実施時、詳細な現地測量に基づいて再検討して修正決定すべきである。

また、計画地域の水文地質条件は、複雑な地質構造と下部滞水層の局地的変化等々によって極めて変化に富んだ模様を示しているので、井戸の掘削に際しては、より密度の高いボーリングテストを実施するほか、井戸の掘削工法はテストパイロット工法を採用し、有効滞水層の存在を確認することが必要である。

3. 本開発計画は、下部滞水層地下水を主たる開発対象しているが、下部滞水層の涵養機構、局地的地下水の賦存形状、圧力水頭等々の地下水特性は、十分に期待されていない。1978年 INSHIVEMEH は地下水に関する調査を実施したが、この調査は未だ多くの点、特に下部滞水層に関しては不十分であった。

グアテマラ首都圏住民の用水源として、下部滞水層地下水は極めて重要である事から、全グアテマラ市峡谷を中心とする周辺地域における、総合的地下水調査を実施することが望ましい。

4. 本開発計画実施の効果を拡大するとともに、既存井戸を含む全ての施設について近代的O/Mシステムの確立のために、O/M要員の育成にかかる研修を強化し、その技術

向上を図るべきである。

5. 地下水の観測とO/M体制を確立し、全体的地下水の流出・流入量を確実に解明するためEMPAGUAは自己の管理井戸だけでなく計画地域全ての井戸・泉について、その生産量、その他の特性を登録しておくべきである。

なお、EMPAGUAは地下水生産量だけでなく、水文気象等の収集資料の整理、解析をあわせて実施すべきである。

6. 本開発計画における開発地下水は、下部滞水層地下水であり、そのまま飲料水として利用可能である。併しながら、全ての揚水地下水は塩素滅菌処理を実施するものとした。計画実施に際して、各井戸毎にその水質を調査し、必要有る場合は脱色・脱臭等の処理を実施すべきである。

7. 調査結果によれば、Ojo de Agua井戸群の井戸は、時々異物の混入が検出されているが、より注意深い水質調査を実施し、必要な対策をとるべきである。特に、井戸内部の点検清掃を実施するのが望ましい。

8. Ilusiones 浄水場は、流入土砂によってその浄水能力が著しく低下している。この主たる原因は、水源である Teocinte 川の浮遊土砂がそのまま取水されている。また、取水堰兩岸の植生が貧しく土砂浸蝕が進み、流入土砂が取水地点に堆積しており、この堆積土砂が揚水ポンプによって吸入搬送されているものと考えられる。

従って、取水堰に沈砂池その他効果的排砂設備を増設するほか、周辺の植林を促進し周辺地域の浸食を防止する等積極的対策が必要である。

グアテマラ用水サービスシステムにおける用水の水質管理は、一般的に良好であると云う事ができる。但し、乾季河川流量の減少について水質の汚染度が進行する傾向を示しているので、乾季は特に注意深い水質管理を実施すべきである。

9. グアテマラ首都圏の下水処理施設は不完全で、未処理下水が直接排水されており、排水口以降の下流河川では水質の汚染が進んでおり、地域住民の衛生環境はもちろん地域住民の用水源保全の点からも下水道の完備、処理施設の開発整備を急ぐべきである。
10. 都市化の進行につれて、水源涵養域の宅地化、山林伐採の進行によって、周辺の水源涵養力は逐年低下しつつあるこの状況に鑑み、水源涵養域における宅地開発の規制、森林伐採の禁止等を地下水の保全、涵養に必要な対策の実施に急ぐべきである。
11. EMPAGUAは、その体質体制強化のため、次の様な諸条件に対応する諸対策を強力に実施すべきである。
- ① 生産性の拡大強化のために、職員の管理政策を改善する。
 - ② EMPAGUAの公共性を知らせるために、PRを強化し、用水計量メーター制度の必要性、合理的水利用等々について消費者に対する教育を強化する。
 - ③ EMPAGUAの体質改善のための Arevalo Peray勧告やIDBの資金貸付条件等を継続的に実施する。
 - ④ 運転管理を強化するために、内部検査体制を強化する。
 - ⑤ 適時に、財政報告書や会計決算報告書を作成し、上席支配人の意志決定を助ける。
 - ⑥ 本開発計画の実施に際しては、その会計を分離して、開発計画の効果的運営管理を図る。
 - ⑦ 新規開発用水の用水使用権の評価は、その額が30百万のQUETZALとなることから、その大部分を施工開始後3ヶ年以内に回収するよう特別の注意を要する。
 - ⑧ 請求・集金は、日程通りきびしく実施し、支払い遅延、あるいは無払いに対する罰則は緩くする。

JICA