

### 6. 4. 3 東部水理区域からの地下水開発計画

マナト市の給水計画における水源は、東部水理区域の地下水開発残余可能量によつて賄われる。

計画年次毎の水量は、開発残余可能量から農業用及び地域給水需要量を差し引いた下記の値となり、2000年の計画開発可能残余量は48.58MGDである。

	開発可能量	(-)農業用	(-)農村給水	(-)既存のマナト給水量	計画開発量
1991年	78.17	0.9	5.71	22.68	49.78
1995	78.17	0.9	6.21	22.68	49.28
2000	78.17	0.9	6.91	22.68	48.58

開発計画は3段階に分け、フェーズ1では最も水不足の著しい高標高地区への優先給水と、給水地区全域にわたる定期的な断水を解消することを目標として18.74MGDを開発する。フェーズ2では、2000年の目標に近づけるために、残りの開発可能量の総量29.84MGDの開発を計画する。

2000年の水需要を満たすために隣接地区からの開発で補う必要があり、これをフェーズ3とする。中央水理区域における過剰揚水については、いずれ解消しなければならないが、本計画においては、不足給水量の補給のための開発をとりあえず優先させるものとし、フェーズ2までは開発水量はすべて給水にふりむけることとする。フェーズ3において、隣接地域の地下水開発可能量の調査と並行して、中央水理区の過剰揚水対策について詳細計画を策定する。

### 6. 5 計画地域における水源の選択

東部水理区域に於ける水源は、サハナラントーパラクス地帯及び北部ティクアソパーパラクス地帯が選択される。両水源の井戸特性の比較では、共に良好な水源であるが、フェーズ1での開発地区選択にあたっては、送水の有利性を考慮することとする。図6.2はフェーズ1における高標高地区へ給水する場合の所要動力の比較図である。動力費は、ティクアソパが経済的であり地理的条件からも、フェーズ1計画ではティクアソパ水源地帯からの計画が選択される。

### 6. 6 実施計画

#### 6. 6. 1 プロジェクトの概要とスケジュール

本計画は2000年を目標として次の3フェーズに分けられる。そのスケッチを図-6.3に示す。

フェーズ1 --- ティクソン北地域より18.74MGDの給水を計画する。図-6.4.2を示すように、北部ティクソンから既存の7クミラ配水池へ送水する。

図6.4.1から図6.4.2の変化にみられるように、7クミラ配水池からの給水区域が拡大され高標高地区への給水増がはかられる。

また、他の配水池からの給水は、それらの配水池の負担が軽減されることから給水区域への水量を相対的に増やすことができることから、ほぼ全域の断水が解消される。

フェーズ2 --- 東部水理区のカクタランベ-ベラクス地帯から29.84MGDの地下水を開発して既存のラスメリカスno4配水池へ送水する。この開発によつて東部水理区域の地下水開発可能量は、全量が開発されることとなるが、2000年の計画給水量には12.46MGD不足している。また、開発される水量は全量をディストリクト2-7の給水にあてるので中央水理区の過剰揚水へのふりかえ用水についてはフェーズ3にもちこされる。

#### 図-6.4.3 参照

フェーズ3 --- 2000年の計画給水量に対する調査地域内の地下水賦存量の不足分は、32.62MGD(中央水理区域の過剰揚水ふりかえ分20.16MGDを含む。)を、本調査区域外から補給する計画である。フェーズ3は調査段階と実施段階に分けられ、調査段階において、新たな区域に於ける地下水開発計画調査を行うとともに、中央水理区域における過剰揚水量 20.16MGDの対応が策定される。新たな補給水量は、ラスメリカスno4配水池及び7クミラ配水池へ送水されて全地域へ給水される。

## 6.6.2 施設計画

施設計画は、地下水開発計画の確立された、フェーズ1とフェーズ2について立案した。フェーズ毎の計画施設は下記の通りである。

### 1)フェーズ1 --- 計画給水量18.74MGD(71,000m<sup>3</sup>/d)

北部ティクソンに14本の井戸を掘り、ポンプで揚水して貯水槽へ一旦貯める。ここで滅菌した後、送水ポンプで5.5km先の新設のサットミンゴ配水池へ送水する。サットミンゴ配水池は、容量約2.9MG(11,000m<sup>3</sup>)2基からなり標高218mに設置される。この配水池には、送水量の約8時間分が貯留されて、既設の7クミラ配水池へ自然流下で送られる。

図-6.5.1に位置図を示し図-6.5.2に計画のフローを示す。

## 施設の概要

### 生産設備

a)井戸	: ケイソク径	---12インチ-14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> インチ
	掘削の深さ	--200-250m
	ポンプの揚水量	--3.79 m <sup>3</sup> /minx117m高さ
	ポンプの型式	--水中モーターポンプ
	井戸の本数	--14本
	井戸の配置	--1km <sup>2</sup> 以内にグル-フで配置
b)井側の貯水槽: 材質		--鉄筋コンクリートまたはプレストレストコンクリート
	容量	--1500 m <sup>3</sup> x2基
	連絡管	--300mmx1300m

### 送水設備

c)送水ポンプ	: 送水量	--12.5 m <sup>3</sup> /minx82mヘッド
	台数	--5台(1台予備)
	受配電設備	--1式 計測設備共
	ポンプ室	--240m <sup>2</sup> 3トンクレーン設備付き
d)滅菌設備	: 滅菌機	--付属設備1式
e)サット・ミンゴ	: 材質	--鉄筋コンクリートまたは、プレストレストコンクリート
配水池	容量	--11,000 m <sup>3</sup> x2基 貯留時間7.5時間/71,000 m <sup>3</sup> /d
f)送水管	: 材質	--セメントライニング タクタイム鉄管
	口径、延長	--700mmx5500m, 600mmx2200m, 600mmx3000m

## 2)フェーズ 2 ----計画給水量29.84MGD(113,000 m<sup>3</sup>/日)

サハナランテ-ヘラカス地帯に19本の井戸を掘り、ポンプで揚水して新設のサハナランテ配水池へ貯留する。サハナランテ配水池は容量約4.0MG(15,000 m<sup>3</sup>)2基からなり標高86mに建設され送水量の6.3時間分が貯留される。ここで滅菌後送水ポンプで既設のラスアメリカスno.4配水池へ送水する。

図-6.5.1及び図-6.5.2参照

### 施設概要

#### 生産設備

a)井戸	: ケイソク径	---12インチ-14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> インチ
	掘削の深さ	--150-200m
	ポンプの揚水量	--4.1 m <sup>3</sup> /minx平均45mヘッド
	ポンプの型式	--トッド・ライフ方式ポンプ

	井戸の本数	--19本
	井戸の配置	--井戸の間隔を500m以上とし格子状に配置する
b)井側の貯水槽：材質		--鉄筋コンクリートもしくはプレストレストコンクリート
カハカランデ	容量	--15,000m <sup>3</sup> x2基
配水池	連絡管	--300mm-800mmx12,900m
送水設備		
c)送水ポンプ	：送水量	--19.6m <sup>3</sup> /minx90m <sup>3</sup> /t
	台数	--5台(1台予備)
	受配電設備	--1式 計測設備共
	ポンプ室	--495m <sup>2</sup> 3トンクレーン設備付き
d)滅菌設備	：滅菌機	--付属設備1式
e)送水管	：材質	--セメントライニング タタイル铸铁管
	口径、延長	--1000mmx5800m

各施設の標準図をトローイング6.1-6.9に示す。(サテイングレポート)

#### 6. 6. 3 フェーズ3の施設計画

水源は、本計画調査地域の東部地域での地下水開発を前提とする。計画開発水量は、新たな地下水開発計画の結果によつて策定される。施設は下記の通り暫定的なものを計画する。

計画給水量	：12.46-32.62MGD
井戸の本数	：13-34本
井側の貯留槽	：1500m <sup>3</sup> x2基
配水池	：15,000m <sup>3</sup> x2基
送水ポンプ場	：1式
送水管	：600mm-1200mmx20,000-25,000m

#### 6. 6. 4 概算事業費の積算

##### 1)概要

事業費の積算は、フェーズ1及びフェーズ2について行い、フェーズ3は不確定要素が多いのでフェーズ2の生産原価より推定するものとする。

事業費は、下記の条件に基づき次の項目について概略を積算する。

- a) 積算年月は、1993年4月とする。
- b) 事業費は、外貨と内貨に区別して積算する。主な内貨は、用地費と労力費とする。
- c) 貨幣の換算比率は、1 US\$=6.0ニカラガコロン=115日本円とする。

## 2) プロジェクトの概算事業費

プロジェクトの概算事業費並びにユニットコストは下記のとおりである。

単位1000コロン

フェーズ	計画給水量 MGD (m <sup>3</sup> /d)	本工事費	予備費	計	コロン/m <sup>3</sup> /日
1	18.74 (71,000)	182,219	30,968	213,187	3,003
2	29.84 (113,000)	295,143	53,861	349,004	3,088
計	48.58 (184,000)	477,362	84,929	562,191	3,055

なお、本工事費は、生産設備、送水設備、用地費、エンジニアリングサービスからなり、予備費には、物価変動を含む。フェーズ3は、条件の設定が不確定であるが、凡その事業費は、203,190,000コロン 乃至531,729,000コロンと推定される。

## 6.7 運転管理計画

### 1) ポンプの運転と送水システム

テイクオフと、サタランテにそれぞれサプレションセンターを設置してINAAのヘッドオフィスとを結ぶ通信網を整備する。井戸ポンプ及び送水ポンプの運転はテイクオフにあっては、アマリ配水池、サタランテにおいてはラアメリカNo.4配水池の夫々の水位監視によってオペレーターによってコントロールされる。

図-6.8は両水源のサプレションコントロールのシステムを示したものである。

### 2) 運転監理費の概算、

運転監理費の概算は下記のとおりである。

単位コトハ<sup>°</sup>/年

項 目	テイクアソテハ <sup>°</sup> オペレーションセンター	サハ <sup>°</sup> ナク <sup>°</sup> ラテ <sup>°</sup> オペレーションセンター	計	比率%
1)動力費	5,502,000	4,550,000	10,052,000	70
2)人件費			626,400	5
3)薬品、燃料費	432,000	687,000	1,119,000	8
4)補修費2%	641,000	1,888,000	2,521,000	17
計			14,318,400	100

ユニットコスト	フェース <sup>°</sup> 1,2	14,318,400コトハ <sup>°</sup> /年	67,160,000m <sup>3</sup> /年=0.21コトハ <sup>°</sup> /m <sup>3</sup>
コトハ <sup>°</sup> /m <sup>3</sup>	既存施設	21,600,000	" 97,909,000m <sup>3</sup> /年=0.40 "
電力費	フェース <sup>°</sup> 1,2	10,052,000	" 67,160,000m <sup>3</sup> /年=0.14 "
コトハ <sup>°</sup> /m <sup>3</sup>	既存施設	21,600,000	" 97,909,000m <sup>3</sup> /年=0.22 "

#### 6. 8 プロジェクトの評価

本計画のフェース<sup>°</sup>1とフェース<sup>°</sup>2についての内部留保率解析を行ったところ、有効水量75%以上、集金率85%以上をいう実現可能<sup>°</sup>リ<sup>°</sup>の好条件を設定してもIRRはわずか4%にとどまるという結果となった。従って、経済的見地からは実施可能であるとは言い難い。

しかし、本計画を実施することによって、首都マク<sup>°</sup>アの深刻な給水事情が大巾に改善されるという社会的裨益効果を考慮すれば、施設建設のための、特別基金が可能ならば、早期に実現することが望ましい。

表-6.1(1) 計画給水人口 (7 istrict 1-7 及 び istrict 2-7) 1991, 1995, 2000年

District	Low Zone			High Zone			Highest Zone			High Highest Zone			District 1			Total		
	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70.986	86.943	110.964	70.986	86.943	110.964
2	105.678	129.434	165.194	45.348	55.542	70.887	-	-	-	-	-	-	-	-	-	151.026	184.976	236.081
3	-	-	-	60.916	74.610	95.223	54.899	67.191	85.755	53.651	65.711	83.866	-	-	-	169.426	207.512	264.844
4	158.303	193.889	247.457	70.704	86.598	110.523	-	-	-	-	-	-	-	-	-	229.007	280.487	357.980
5	-	-	-	42.916	52.563	67.085	143.134	175.310	223.745	14.800	18.127	23.135	-	-	-	200.850	246.000	313.965
6	94.933	116.273	148.397	147.156	180.236	230.032	4.131	5.060	6.458	-	-	-	-	-	-	246.220	301.569	384.887
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96.588	106.615	120.625	-	-	-	96.588	106.615	120.625
Total	358.914	439.596	561.048	367.040	449.549	573.750	202.124	247.561	315.958	165.039	190.453	227.626	70.986	86.943	110.964	1,164.103	1,414.102	1,789.346
																Total of District 2-7		
																1,093.117	1,327.159	1,678.382

表-6.1(2) 計画給水量 (7 istrict 1-7 及 び istrict 2-7) 1991, 1995, 2000年

District	Low Zone			High Zone			Highest Zone			High Highest Zone			District 1			Total		
	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.86	7.17	9.15	5.86	7.17	9.15
2	8.72	10.68	13.63	3.74	4.58	5.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.46	15.26	19.48
3	-	-	-	5.03	6.16	7.86	4.92	5.54	7.07	4.43	5.42	6.92	-	-	-	13.98	17.12	21.85
4	13.06	16.00	20.42	5.83	7.14	9.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.89	23.14	29.54
5	-	-	-	3.54	4.34	5.53	11.81	14.46	18.46	1.22	1.50	1.91	-	-	-	16.57	20.30	25.90
6	7.83	9.59	12.24	12.14	14.87	18.98	-	-	-	0.34	0.42	0.53	-	-	-	20.31	24.88	31.75
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.97	1.07	1.21	-	-	-	0.97	1.07	1.21
Total	29.61	36.27	46.29	30.28	37.09	47.34	16.33	20.00	25.53	6.96	8.41	10.57	5.86	7.17	9.15	89.04	108.94	138.88
																Total of District 2-7		
																83.18	101.77	129.73

Unit:MGD

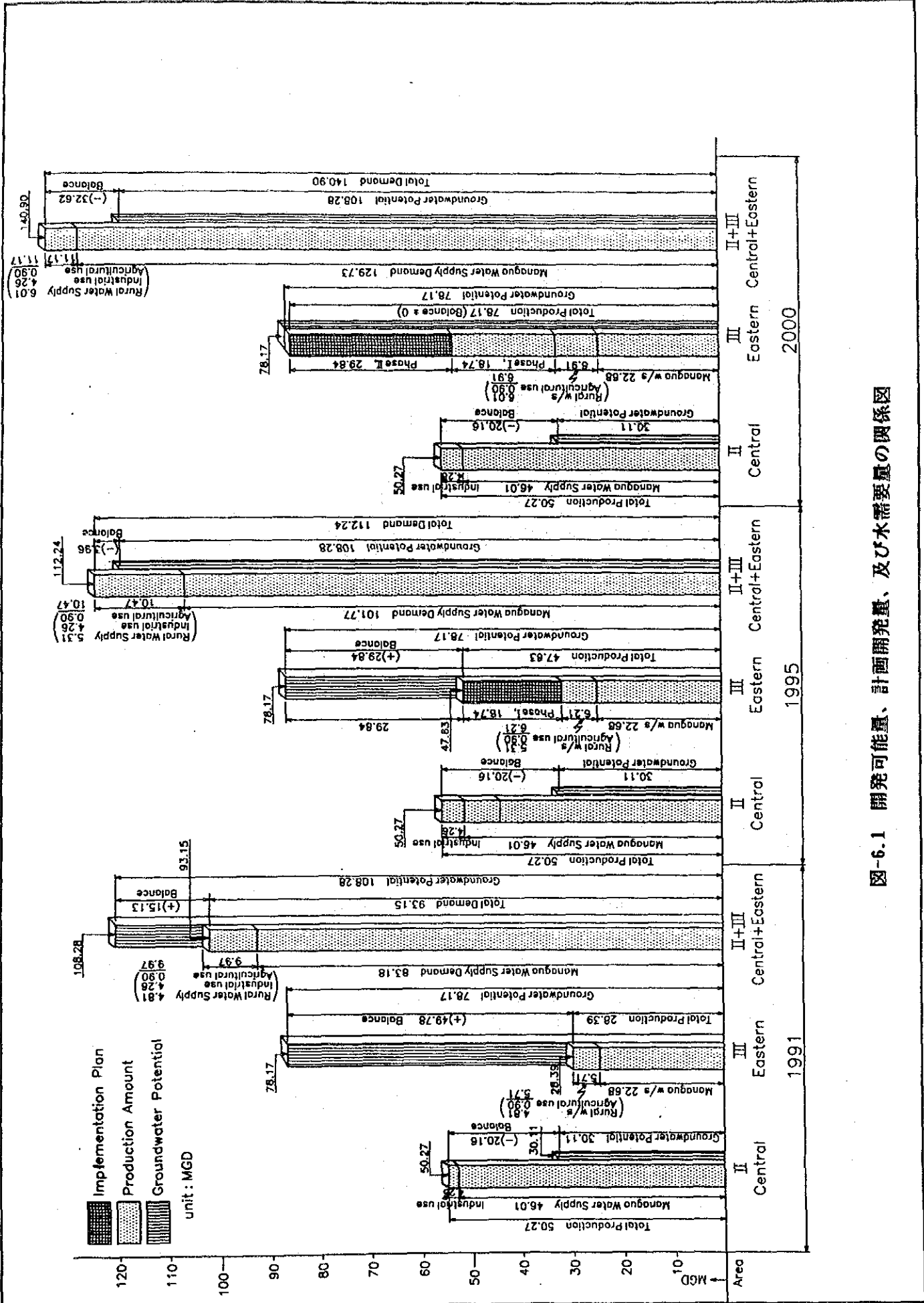


図-6.1 開発可能量、計画開発量、及び水需要量の関係図



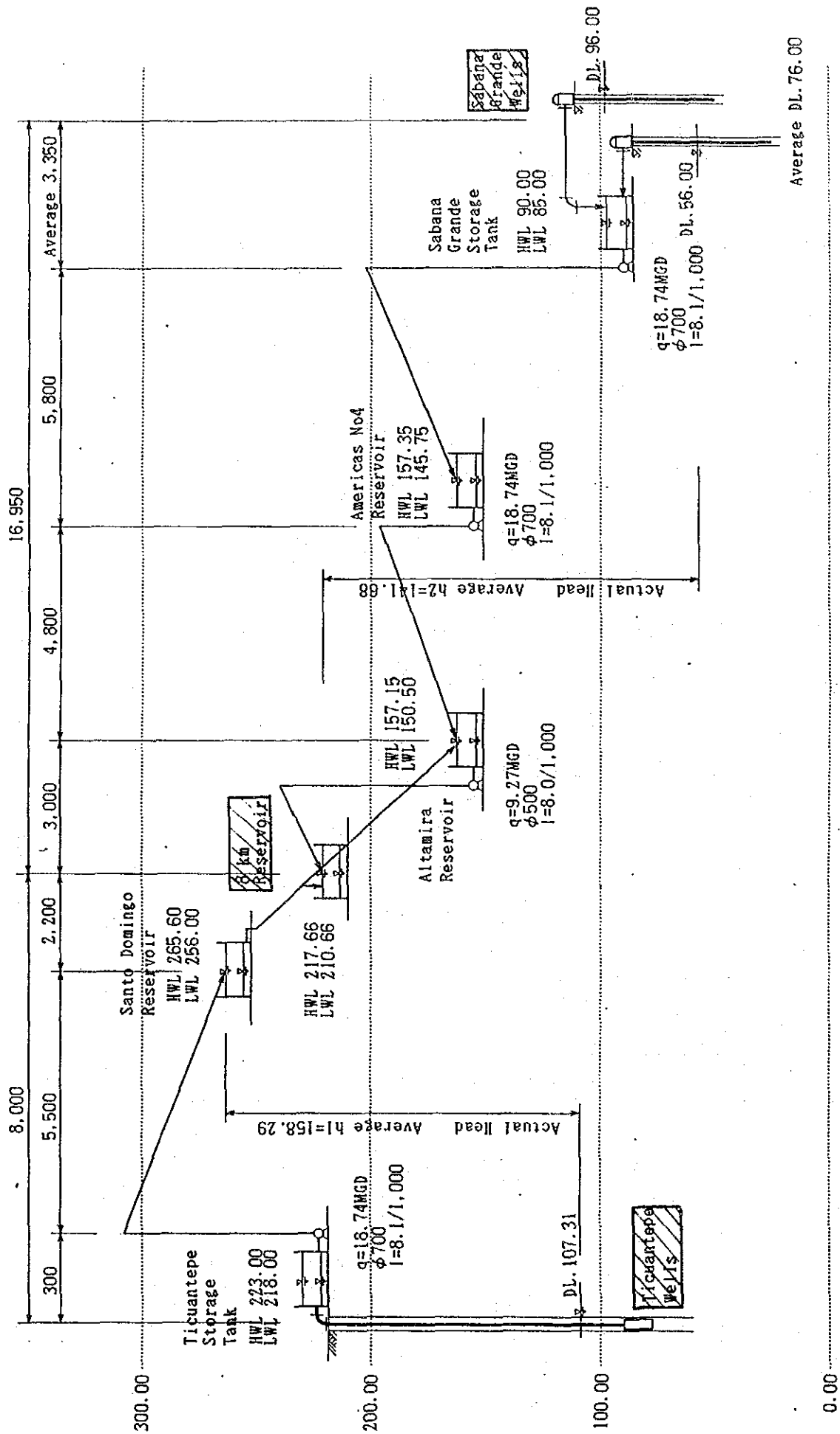


図-6.2 2地区(クワタラベ及ビハナガラワ)よりkm-8配水池へ送水する場合の動力費比較

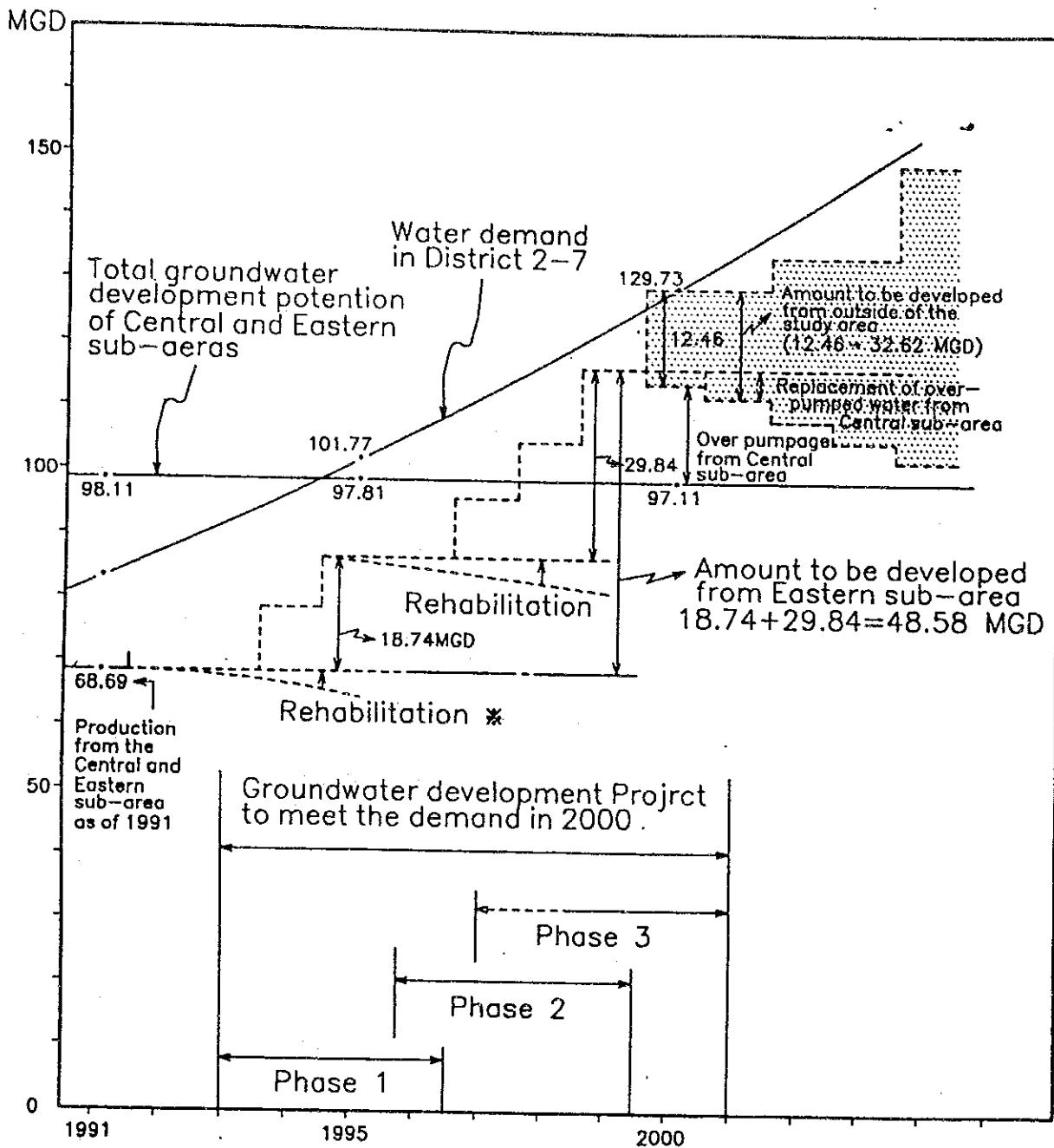
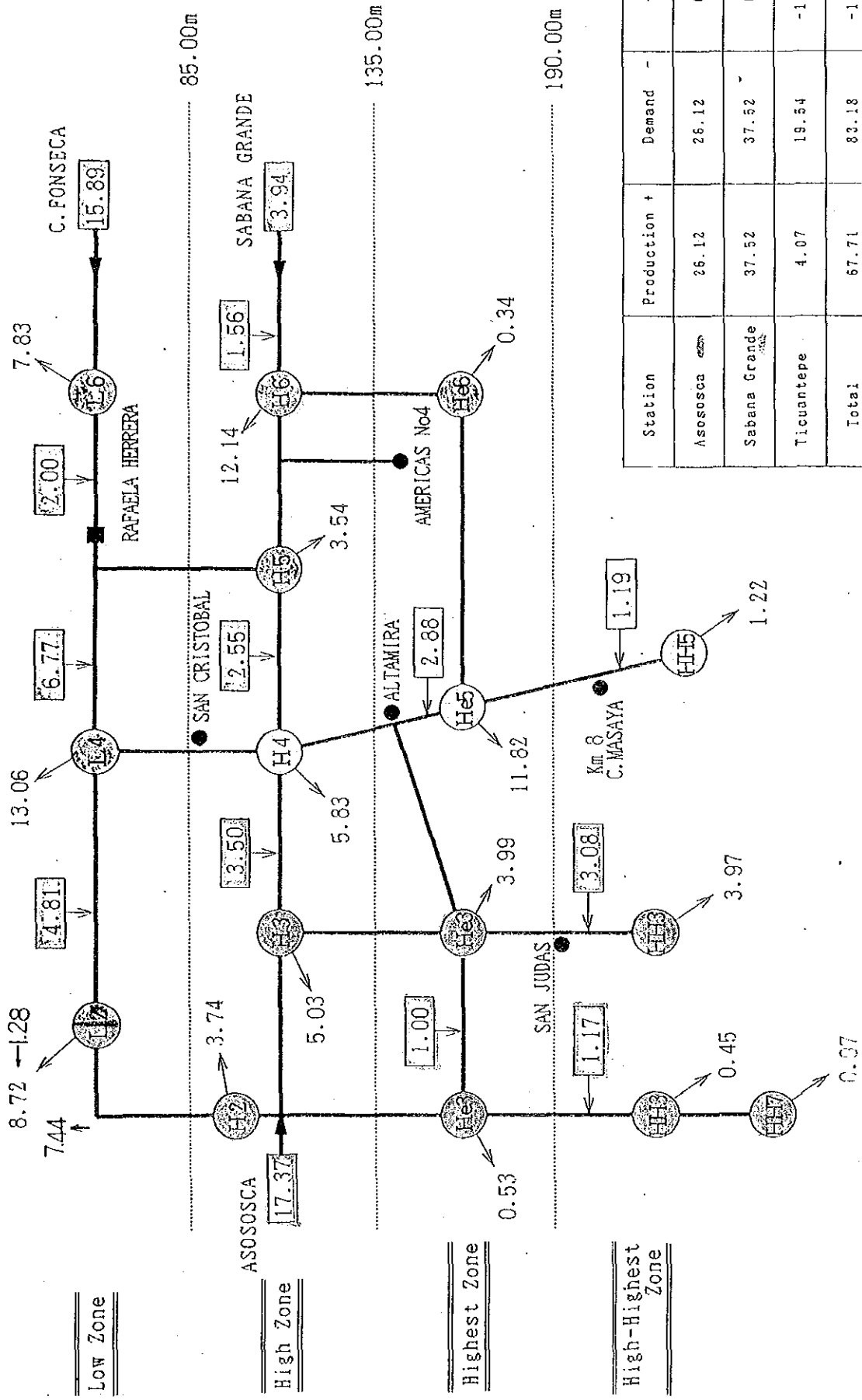


図-6.3 プロジェクトの期分け及び需要量、計画開発量、開発可能量の関係図





Station	Production +	Demand -	+ -
Asososca	26.12	26.12	0.00
Sabana Grande	37.52	37.52	0.00
Ticuntepe	4.07	19.54	-15.47
Total	67.71	83.18	-15.47

図-6.4.1 1991年に於ける給水ネットワークの模式図



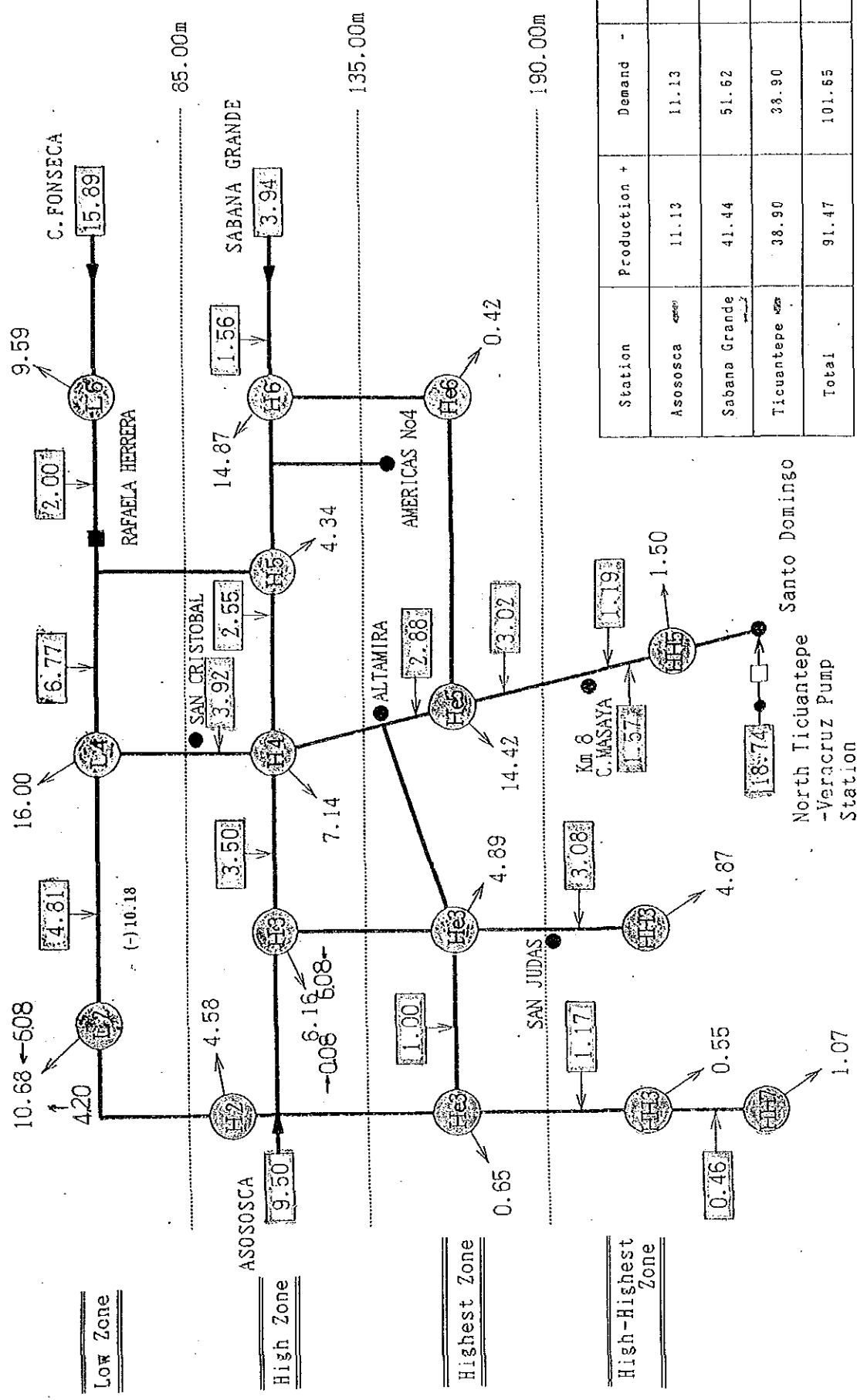
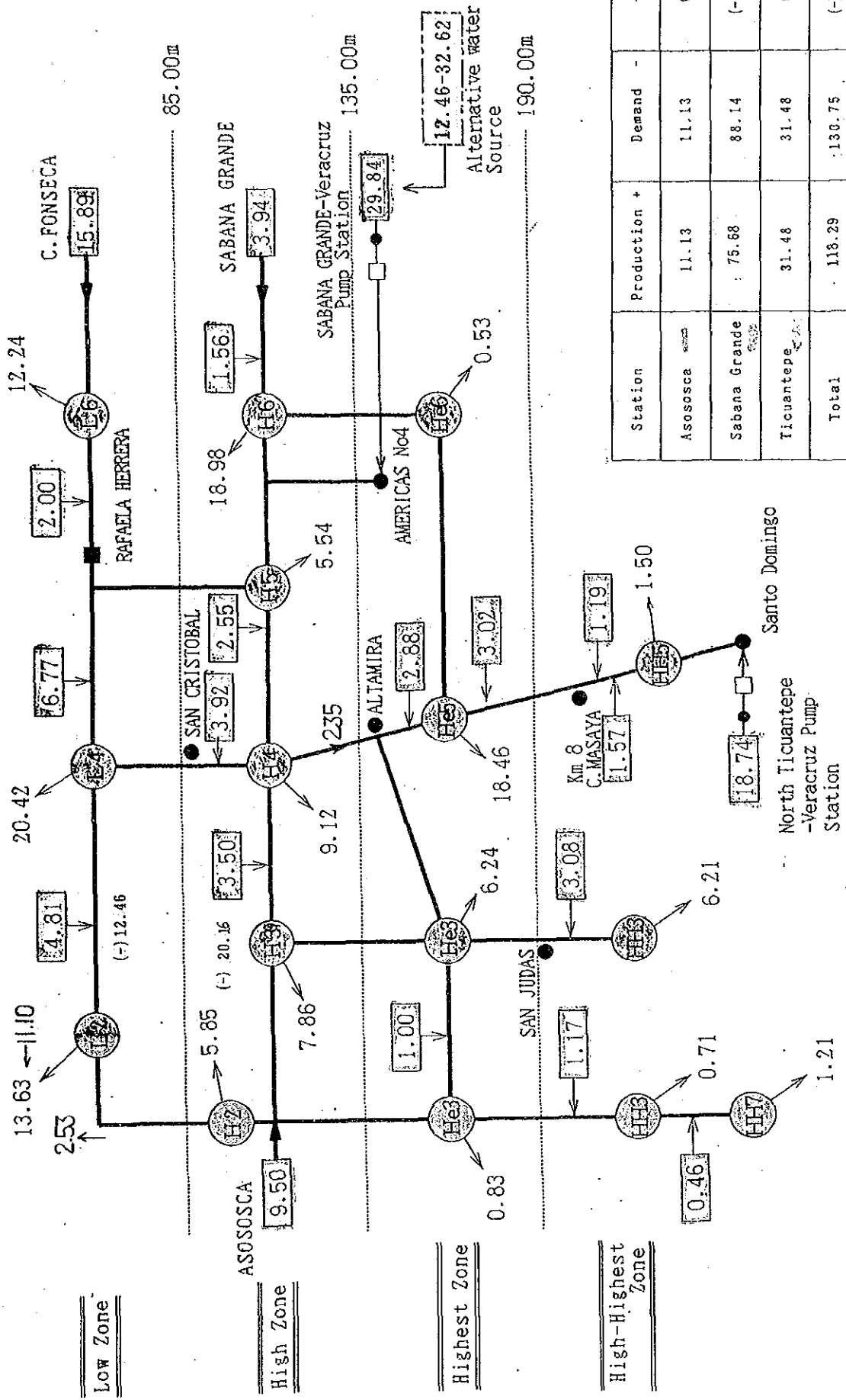


図-6.4.2 プロジェクト7I-X 1実施後の給水ネットワーク模式図



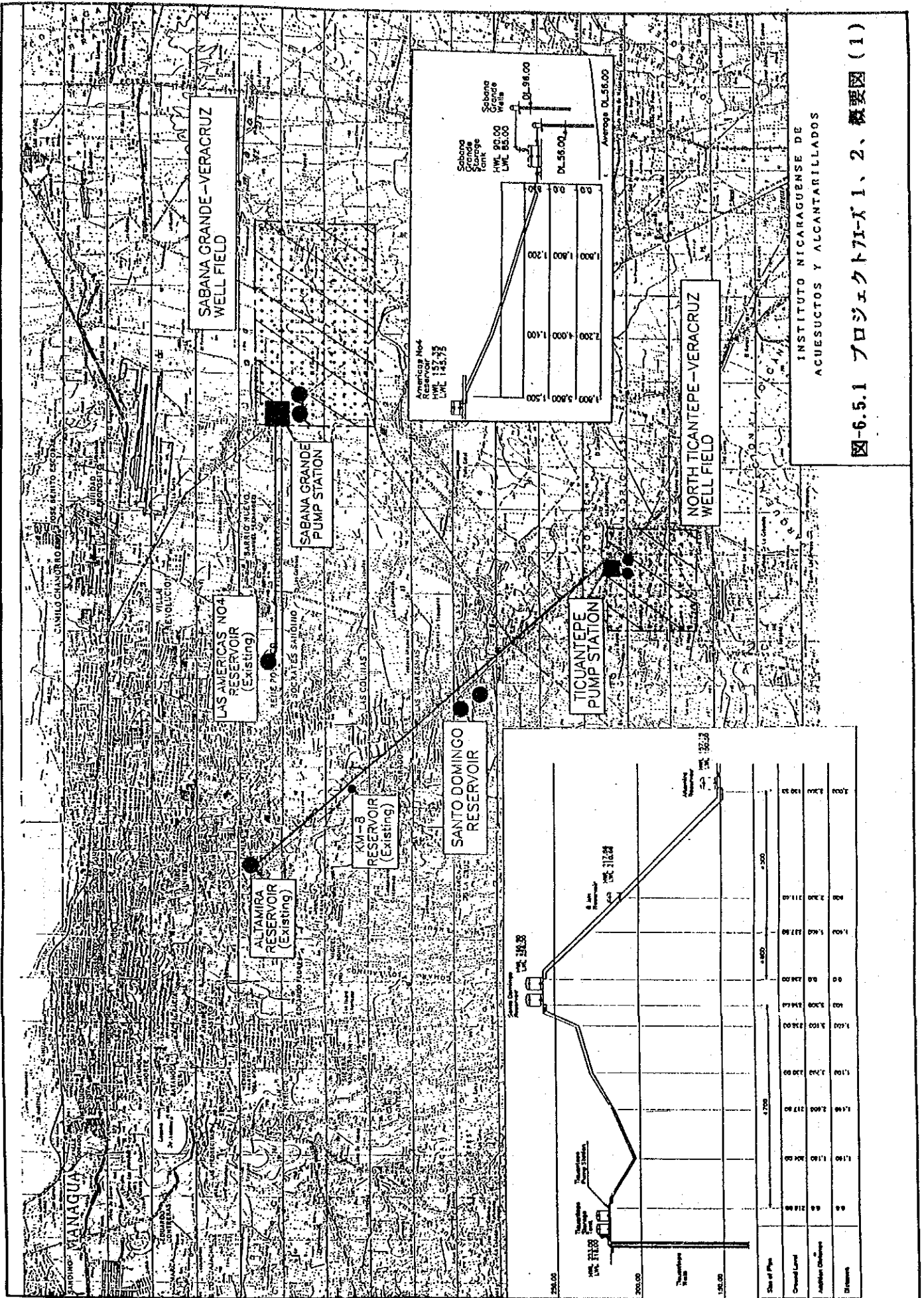


Station	Production +	Demand -	+ -
Asososca	11.13	11.13	0.00
Sabana Grande	75.68	88.14	(-)12.46
Tlucantepe	31.48	31.48	0.00
Total	118.29	130.75	(-)12.46

図-6.4.3 プロジェクト7I-X 2実施後の給水システム模式図







INSTITUTO NICARAGUENSE DE  
ACUESUCTOS Y ALCANTARILLADOS

図-6.5.1 プロジェクト7I-I-X 1、2、概要図 (1)

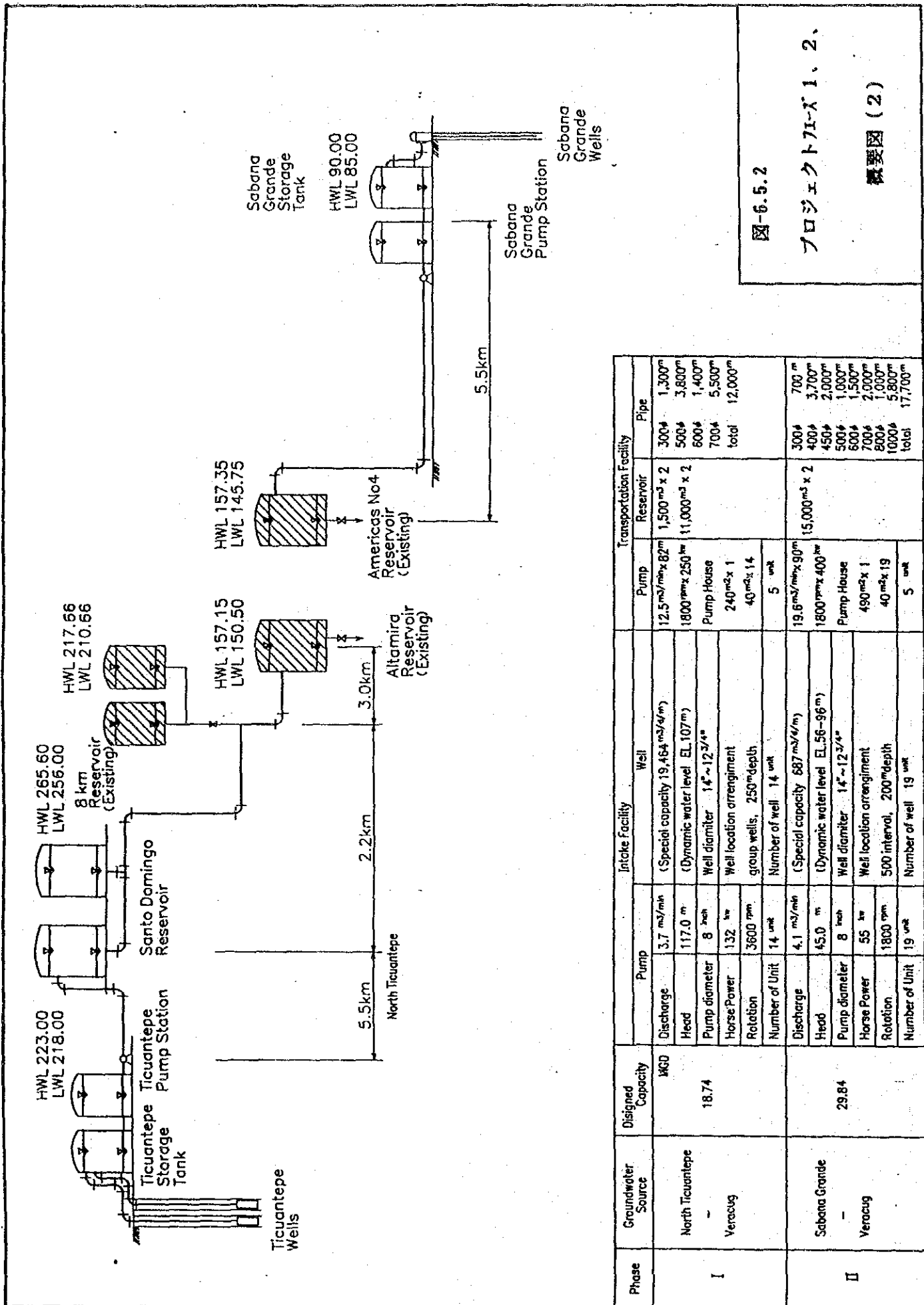
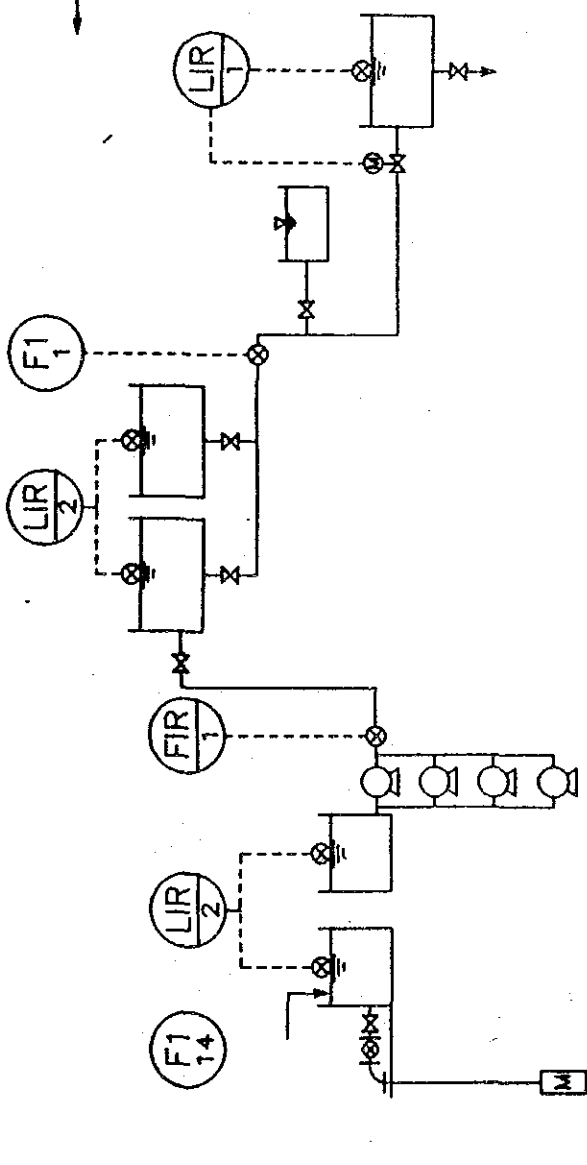


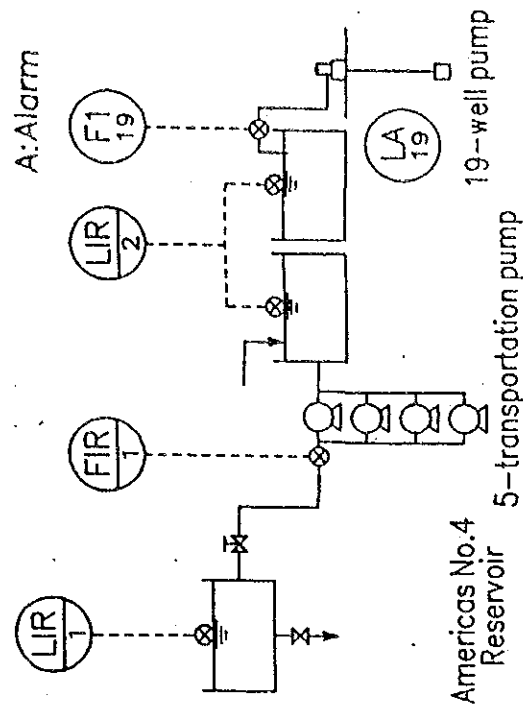
図-6.5.2  
プロジェクト7I-X 1. 2.  
概要図 (2)

Phase	Groundwater Source	Designed Capacity (MGD)	Intake Facility				Transportation Facility			
			Pump	Well	Pump	Reservoir	Pipe			
I	North Tiquantepe Veracruz	18.74	Discharge	3.7 m <sup>3</sup> /min	(Special capacity 19,464 m <sup>3</sup> /d/m) (Dynamic water level EL.107m)	12.5 m <sup>3</sup> /min x 62 <sup>m</sup>	1,500 m <sup>3</sup> x 2 11,000 m <sup>3</sup> x 2	300 $\phi$	1,300 <sup>m</sup> 3,800 <sup>m</sup> 1,400 <sup>m</sup> 5,500 <sup>m</sup> total 12,000 <sup>m</sup>	
			Head	117.0 m		1800 rpm x 250 <sup>hp</sup>		500 $\phi$		
			Pump diameter	8 inch		Pump House		600 $\phi$		
			Horse Power	132 hp		240 m <sup>2</sup> x 1		700 $\phi$		
			Rotation	3600 rpm		40 m <sup>2</sup> x 14		total		
			Number of Unit	14 unit		5 unit				
			Discharge	4.1 m <sup>3</sup> /min		19.6 m <sup>3</sup> /min x 90 <sup>m</sup>		300 $\phi$		700 <sup>m</sup>
			Head	45.0 m		1800 rpm x 400 <sup>hp</sup>		400 $\phi$		3,700 <sup>m</sup>
			Pump diameter	8 inch		Pump House		450 $\phi$		2,000 <sup>m</sup>
			Horse Power	55 hp		490 m <sup>2</sup> x 1		500 $\phi$		1,000 <sup>m</sup>
Rotation	1800 rpm	40 m <sup>2</sup> x 19	600 $\phi$	1,500 <sup>m</sup>						
Number of Unit	19 unit	5 unit	800 $\phi$	2,000 <sup>m</sup>						
			1000 $\phi$	5,800 <sup>m</sup>						
			total	17,700 <sup>m</sup>						
II	Sabana Grande Veracruz	29.84								

Remark ---- F:Quantity  
 L:Level  
 I:Indicate  
 R:Record  
 A:Alarm



14-well pump 5-transportation pump Santo Domingo Reservoir Alstamila Reservoir



Americas No.4 Reservoir 5-transportation pump 19-well pump

Sabana Grandesub-operation Center	
Americas No.4 Reservoir Station	Sabana Grande Pump Station
2-Operator	1-Chief Engineer
-	2-Operator
-	2-Worker
-	1-Driver
-	1-Secretary
-	2-Guardman

Ticuantepe Sub-Operation Center	
Ticuantepe Pump Station	Santo Domingo Reservoir Station
1-Chief Engineer	-
2-Operator	2-Operator
2-Worker	2-Worker
1-Driver	1-Driver
1-Secretary	1-Secretary
2-Guardman	2-Guardman

Wireless telephone

INNA Head Office

図-6.6 運転管理システム一般図







## 7. 地下水管理計画

マナグア市及びその周辺地域では、長期的にはニカラグア湖からの湖水利用の余地が残されてはいるものの、今後当分の間は生活用水のみならず農業用水・工業用水・商業用水の全てを限られた開発可能量の地下水に依存せざるを得ない実情にある。一方ニカラグア国では、深井戸による地下利用が盛んになったのは1970年に入ってからであり、この地下水利用の歴史の浅さの故もあって、利用の優先権とそれにもとづく開発規制や揚水規制を定めた「水法」・「水条例」等がなく、地下水の利用・開発権は原則としてその土地の所有者に付与されている現状にある。

今後2000年代にむけて増大が確実なマナグア市の水需要に対処するにあたっては、新規地下水源の開発と同時に、利用の優先権を基本とした「法規制」の面も取り入れた、限られた地下水の有効な利用と保全を目的とした地下水管理計画の策定が重要である。

### 7. 1 地下水管理の基本方針

一般に、地下水管理計画の基本として、地下水盆評価・利用の優先権（法規制）・節水の3項目があげられる。

#### 7. 1. 1 地下水盆の評価

地下水盆の評価は、地下水管理計画策定の最も基本となる事項であり、これには、“安全揚水量”という概念に対する認識が重要となる。現在この安全揚水量は、“地下水を有益な目的に仕様するために、好ましくない結果を生じさせない範囲で、持続的に地下水盆から揚水できる量”とされている。ここで“好ましくない結果”とは地下水位の低下による井戸がれ、揚水費用の増大・地盤沈下・地下水汚染・塩水化などの地下水障害をさす。また“持続的に”とは自然のかん養量の範囲内で地下水を揚水し、経年的な地下水位の低下を生じさせないことをさしている。

マナグア地下水盆の場合には、限られた開発可能量の地下水を最大限に有効利用する立場から、地下水管理計画策定のための地下水盆の評価要件として下記の事項があげられる。



- ① 自然のかん養量の範囲内で揚水する。
- ② 但し、2次的平衡状態としての地下位低下量の範囲はマナグア湖の水面標高より低下しないことを原則とする（地下水汚染の防止）。
- ③ 既存深井戸の揚水機能におよぼす悪影響を小規模な範囲にとどめる。
- ④ マナグア湖岸より2 km以内に位置する深井戸については動水位の範囲を規制する。

### 7. 1. 2 地下水利用の優先権

水収支解析の結果明らかとなったように、マナグア地下水盆の中部域では既に年間約19.6百万 $\text{m}^3$ の過剰揚水の状態にあり、またその東部及び西部域においても今後の地下水開発可能量は2000年のマナグア市の水需要を満たし得ないかぎられたものとなっている。

欧米諸国では、上水道利用を目的とした地下水資源の利用が多く進められており、また、アメリカでは水利用の優先順位が法定されている州もある。これは“水は合理的に利用しなければならない”という原則にたって水利用の優先権を法定したものであり、生活用水を第1優先とし、第2に灌漑用、第3に商工用としている。

ニカラグア国においてもこのような地下水利用の優先権を基本とした「水法」の制定が必要であり、特に、全国人工の約1/3をかかえてきびしい水資源の条件下にあるマナグア首都圏においてはそれが急務であると判断される。

上記のような観点から、地下水管理計画策定の要件に生活用水を第1優先とする考え方を取り入れ、下記事項を採用する。

- ① マナグア地下水盆内における農業用及び工業用の地下水利用は原則として現状の規模内にとどめる。  
但し、やむなく規模拡大の必要ある場合はその全量をINAAより買水する方向とする。
- ② 地下水盆東部域にあるリオ・モクアナの湧泉群は、その一部がリクエーション用及び農業用などに利用されているが、測定可能な水量のみでも  $\text{m}^3/\text{sec}$ がマナグア湖に放水されている状況である。  
従って、新規地下水開発（INAA）に伴うある程度の湧水量の減少は許容する方向とする。

### 7. 1. 3 節水

水の合理的有効利用の立場から、“節水”も地下水管理計画策定の重要要件の一つとしてとりあげられる。まずINAAは既存給水施設システムの改良整備を進めることによって、その機能をより向上させ、“むだな揚水量”を低下させるとともに、料金回収率を高めることなどによる、節水のための施策を講ずる必要がある。この一方で、適正な消費者価の検討、特に公共用及び大口利用の水道料金の適正化を図ることなどによっても、かなりの規模の水利用を合理化が期待できる。

### 7. 1. 4 涵養地域の保全と将来水源

地下水の場合、いったん汚染されると、飲料水としての利用は不可能であり、その回復には多大な時間と費用を要する。下記の地域はこのような観点から将来の利用を踏まえて何らかの対処が必要と考えられる。

- (1) サバナグランデーベラクルス地域はカルロスフォンセカ等井戸群の上流側にあたるが、農業用地として開発されており、農業用肥料、殺虫剤の影響について定期的な水質検査を行う。
- (2) マサヤ湖は、東部地下水質の水脈を形成する上で重要な役割を果たしていると考えられ、直接的な排水には何らかの規制が必要と考えられる。
- (3) ニカラグア湖は将来の代替水源が期待される場所であるが、すでに周辺の人家・工場からの排水が直接流入し始めており、早急なる対策が必要と考えられる。
- (4) 市中、ネハパ湖、ティスカパ湖についても、すでに市内からの生活用水等が流入し汚染が進んでいるところである。特にネハパ湖の場合、下流側のアソスカ湖との地下水の連関も考えられる為、現在の排水池としての役割を再考する必要がある。

## 7. 2 揚水規制

### (1) 規制地域の区分

揚水規制については、対象地域を3区分、即ち西部地下水盆、マナグア中央地下水盆、東部地下水盆について検討するものとする。

西部・東部地下水盆は今後の開発対象地区であり、開発にあたっては地下水その他を監視していく必要がある。マナグア中央地下水盆が、特にアソソスカ湖周辺、マナグア湖岸を中心として重点対象地域である。

### (2) 揚水規制のタイムスケジュール

揚水規制のスケジュールは次の3段階が考えられる。

1993-1995年

- ・モニタリング施設の整備。
- ・地下水（保全）管理組織の設置。
- ・（リハビリプロジェクトの実施）。
- ・モニター結果の再評価と目標値の設定。

1995-2000年

- ・Phase I, II 開発の実施。
- ・モニタリング結果のレビューと、目標値の設定。
- ・開発規模の再評価と決定。
- ・マナグア中央地下水盆における揚水量削減。

2000年-

- ・Phase III 調査及び開発の実施。
- ・マナグア中央地下水盆における削減の実施。

### (3) 揚水規制の目標値

当面の規制目標は1992年から削減されたアソスカ湖からの揚水55,000㎥/dayを乾季においても維持する事であり、マナグア湖岸からの揚水をも含めて、今後の水位モニタリング結果を評価しながら再検討するものとする。

2～3年のモニタリング後、つまり1995年に全体評価を行い、規制値を設定するものとする。

## 7.3 代替水源の検討

地下水資源の評価と需要の予想を検討した結果、西暦2000年以前に、今回調査実施を行った地域内でマナグア市の人口増加に対応する飲料水を供給する事は、むずかしい事が予想される。

この為、将来の代替水源の維持に向け早急に開発調査の実施を行う必要がある。現在、マナグア市周辺で期待される代替水源は以下の2点と考えられる。

- (a) ティスマーグラナダ地域の地下水開発。
- (b) ニカラグア湖からの送水。

しかし、それぞれの地域に対して、ティスマーグラナダ地域では、すでに農業用として開発が進行中であつたり、ニカラグア湖周辺では施設工場等からの直接排水が流れ込む等の問題を持っており、本格的な調査の前に、将来水源を守り、必要なモニタリングを実施することが望まれる。

## 7.4 モニタリング計画

### 7.4.1 モニタリングシステム

すでに地下水資源評価の項でも指摘したように、今後の地下水保全を考える場合、モニタリング体制の確立と充実は欠かすことができない。ここでは、本調査で設置した観測調査をベースに今後の体制を考えた当面のモニタリング位置(案)は、図一に示すとおりである。

### (1) 降雨

降雨量については、INETER気象部の観測所から継続して日雨量データを入手する事を前提に、今回設置したラ・コンセプションの継続観測、更にサバナグランデ・ベラクルス地域で新たに観測を開始する。

### (2) 地下水位

アソソスカ湖の日水位観測と本調査で設置した、サバナ・グランデ、ベラクルス、マサヤ、クリスチャンペレスでの観測を継続するとともに、以下の地点に対して水位観測所を設置する。

- (a) マナグア湖岸とINAA生産井の中間地点。
- (b) アソソスカ湖、工業地域周辺。
- (c) その他の水理地質的重要地点で、観測空白地帯。

- ・ シウダード・デ・サンディーノ
- ・ テイクアンテペ
- ・ コフラディア
- ・ サバナグランデ東部
- ・ 市内井戸、数カ所

ただし、マナグア湖水位については、現在INETERで実施中のものを継続的に入手する。

### (3) 水質

水質試験については、限定項目についてINAA生産部の担当課で実施中である。ただし、特にアソソスカ湖、サバナグランデ農業地帯について定期的な観測を実施する。

### (4) 揚水量

INAAの全生産井及び必要な地点にメータを設けて、総ての生産量を日常的に把握・管理する。これ等の資料はデータベースを通じて必要な機関・機会に報告される。

農業・工学を含めた民間井については、その揚水量もしくはポンプ容量、井戸口径により基準を設け、必要な地点についてはメーターの設置及び揚水量の定期報告を条例化する。

#### 7. 4. 2 モニタリング再評価にかかる調査

モニタリングの再評価に関わり、水理地質考察が必要な検討事項は以下のとおりである。

- (1) 工場地帯とアソソスカ湖の地下水汚染調査、及びマナグア湖からの地下水侵入調査。
- (2) シミュレーションモデルの再評価  
地下水位2～3年の観測結果に基づき、境界条件、各種水理定数も含めて見直す。
- (3) 上記対象地域全体モデル以外に、水位変動を更に詳細に検討する為、各地下水盆地域を分別してモデル化する。このモデル化も2～3年の観測結果に基づく。
- (4) 涵養モデルの検討  
観測地下水位を用いて、日降雨量との関係により涵養条件を検討する。

## 7.5 管理組織

地下水保全を実施するにあたり、何らかの保全組織、地下水保全委員会（仮称）を法的背景を基に設置することが提案される。

設置にあたっては、地下水揚水の大半を実施するINAAがマナグア市、INETER、IRENA等、各行政その委員会の中心的役割を果たすものとする。

この機関は、ニカラグア、マナグア市等、必要な単位による地下水保全に関わる行政条例に正式に基づくものとする。

法的根拠 : 地下水保全条例／国、管区、マナグア市等

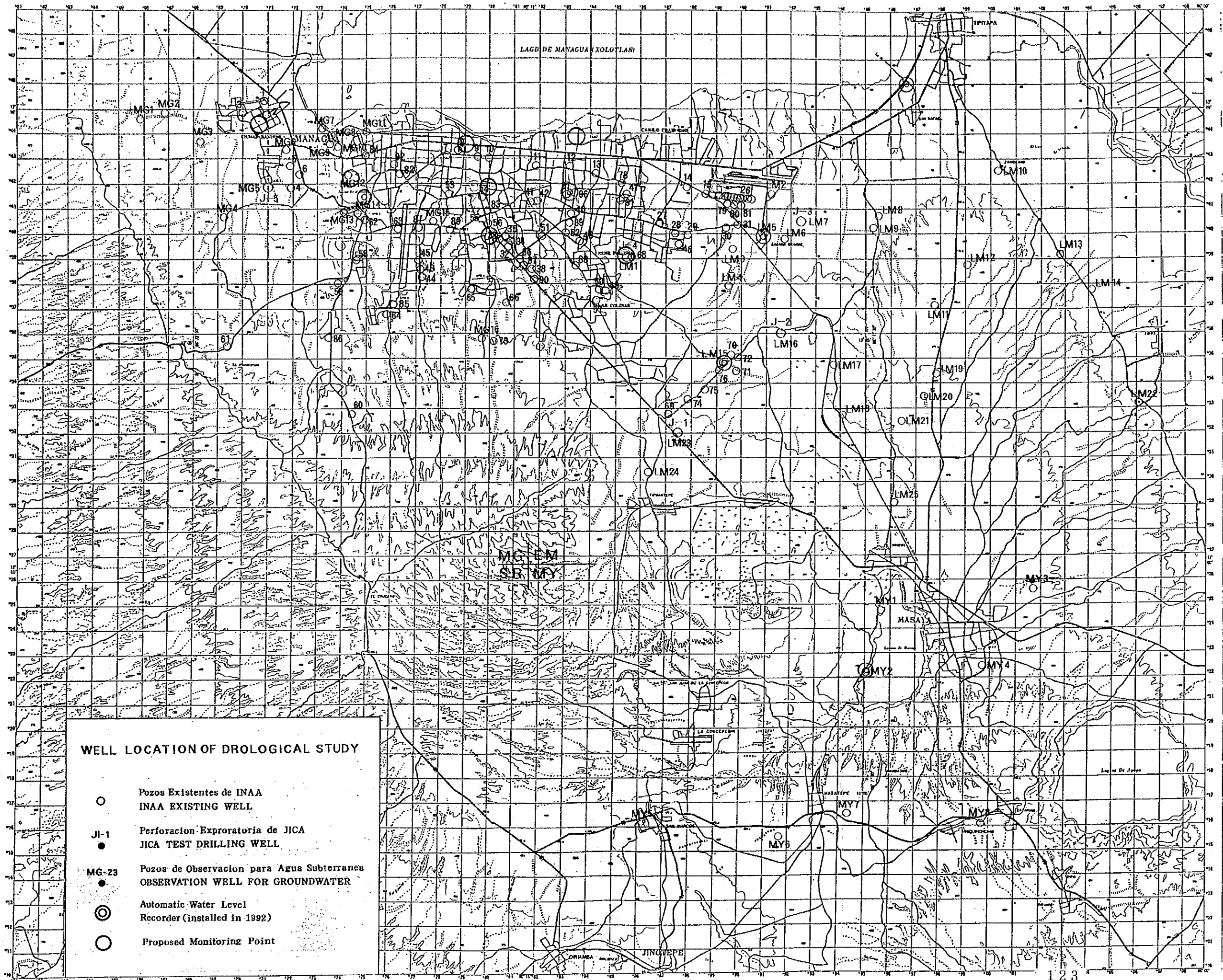


地下水保全管理委員会、INAA, INETER, IRZNA等関係機関  
(INAA内：地下水保全管理事務所)



### 主な役割

- 地下水開発調査
- 生産井の登録
- モニタリングの実施
- 揚水規制
- 涵養地域の保全
- 水質規制（地下水に関わる）











## 第8章 結論と提言

### 8.1 結論

#### 8.1.1 調査対象地域の水文地質

マナグア湖南集水域である本件調査区域（面積880K $m^2$ ）は、地下水の流動機構上下記3つの水文地質区に分割される。

- 西部水理区（調査地内は約65K $m^2$ であるが、さらに北へのひろがりがある。）
- 中央水理区（約245K $m^2$ ）
- 東部水理区（約570K $m^2$ ）

いずれの水理区も、ニカラグア地溝帯の南西縁部に位置して、厚い火山性堆積物に覆われていることから、地形、地質的に地下水胚胎には好条件下にあるといえる。また、年間雨量も1100～1500mmと少なくなく、全体に地下水賦存量は多い。ことに東部水理区は地下水の流動経路が集合型の形態をもつため、地下水開発には極めて好条件下にある。

#### 8.1.2 地下水開発可能量

調査対象地域内での、安全揚水\*の範囲内での地下水開発可能量は、年間158.5百万立方メートルである。（日換算約434,000 $m^3$ /日）。上記の3水理区毎の開発可能量は下記の通りである。

- 西部水理区      8.9百万 $m^3$ /年（約24,400 $m^3$ /日）  
（但し、この水理区は全集水区をカバーしていないため、全集水区で見ると2～4割多い開発可能量がみこまれる。）
- 中央水理区      41.6百万 $m^3$ /年（約114,000 $m^3$ /日）
- 東部水理区      108.0百万 $m^3$ /年（約296,000 $m^3$ /日）

\*安全揚水： 地下水開発を行うことによって水質低下、地盤沈下周辺地区の井戸涸れ等々の悪影響がでることがあるが、それらの影響の許容範囲内での揚水のことをいう。

### 8. 1. 3 地下水の生産状況と開発可能量の関係

当該調査域内には、通年河川が殆どなく（マナグア市北東端の、地下水湧出地点を源流とする2～3km長の小河川に限られる）、マナグア湖の水は、汚染が進んでいて水道用水源に適さないため、水源は100%地下水に依存している。（水道源はアソソスカ火口湖からほぼ1/4をまかなっているが、このアソソスカ湖水は、その涵養源が地下水であるため、一つの巨大な井戸とみなすことができる。）1991年時点での、当該調査地域内の用途別生産量は下記の通りである。

- マナグア市上水道用水源として 268,700m<sup>3</sup>/日（西部・中央・東部水理区より）
- 地域内の地方給水用水源として 18,200m<sup>3</sup>/日（東部水理区より）
- 工業用水源として 16,100m<sup>3</sup>/日（中央水理区より）
- 農業用水源として 3,400m<sup>3</sup>/日（東部水理区より）

---

合 計 306,400m<sup>3</sup>/日

従って、8. 1. 2に記した、当該地域内の開発可能量434,000m<sup>3</sup>/日と比較すると、今後さらに127,600m<sup>3</sup>/日の揚水が可能ということになる。しかし、前記3水理区別に揚水量と開発可能量のバランスを見ると、西部水理区と東部水理区では、それぞれ15,900m<sup>3</sup>/日と188,400m<sup>3</sup>/日の揚水能力が残されているものの、中央水理区に於いては76,300m<sup>3</sup>/日の過剰揚水となっていることが判明した。

### 8. 1. 4 西暦2000年における水需要予測と開発可能量の関係

西暦2000年における水需要総量は568,000m<sup>3</sup>/日と予測され、その内訳は下記の通りである。

- マナグア市上水道用 525,700m<sup>3</sup>/日  
水源として

（給水人口179万に対して、1人頭の計画給水量は6.3項に示したように、都市型給水区で312ℓ/人/日、地域型給水区で38ℓ/人/日を見込む。）

— その他の水源として 42,800m<sup>3</sup>/日

〔工業・農業用は増量を見込まず現状維持・地方給水用水源は年  
2.5%の増化を見込む〕

当該調査対象地域の地下水開発ポテンシャルが如何に高いといえども、平均5%もの増加率で増え続ける都市人口に対応しなければならないために、西暦2000年には、当該地域内では需要量が開発可能量を134,000m<sup>3</sup>/日を上回ることになる。

従って、後述のように、当該調査域の東に隣接する地域からの地下水開発や、ニカラグア湖からの導水等、新たな水源開発が必要となる。

#### 8. 1. 5 地下水開発計画の策定

地下水開発のポテンシャルの大きい東部水理区から2段階に分けて開発し、マナグア市水道水源とする。西暦2000年の需要を満たすためには、調査地の東側の地区からの補給がなければならない。すなわち目標達成には、3段階をふむことになる。計画段階毎の概要は次の通りである。

- フェーズ1： 現状の困窮した給水事情解消を目的として、東部水理区内のティクアンテペ北地区より71,000m<sup>3</sup>/日の水を開発し、既設のアルタミラ配水池へ送水する。施設建設費は213百万コルドバ（約40億円）。
- フェーズ2： 東部水理区内の開発残金ポテンシャルのほぼ全量の113,000m<sup>3</sup>/日を開発し、既設のラス・アメリカスNo. 4の配水池へ送水する。これにより、2000年の計画給水量の約90%が達成され、1人1日あたり水使用量は現状の170ℓ/人/日から200ℓ/人/日に引きあげられる。施設建設費は349百万コルドバ（約61億円）。
- フェーズ3： 今回の調査対象の東側に隣接する地区より47,000m<sup>3</sup>/日～123,000m<sup>3</sup>/日を開発し、マナグア市内へ送水する。47,000m<sup>3</sup>/日が2000年の計画給水量を達成するための水量で、残量は、中央水理区内の過剰揚水状態解消のためにふりむけられる。  
施設建設費は189～404百万コルドバと概算された。

## 8. 1. 6 プロジェクト評価

フェーズ1とフェーズ2について財務評価を行ったところ、FIRRは3～4%程度という低い値であった。しかし、全国の人口の3分の1近くを占める首都の水道事情改善は社会的インパクトがはかりしれぬほど大きいことを考慮し、特別基金の利用が可能ならば、早急に実施することが望ましいと判断される。

## 8-2 勧告

### 8. 2. 1 一般論

マナグア市の給水事情は全給水区にわたり週2日の断水を余儀なくされるという困窮状態にあるが、全国の人口の3分の1を占める首都の給水現状打開は、一つの国家事業としてとらえるべきものであり、水源である地下水の開発に関しては、上水道水源を優先される法律又は規則の制定を考慮する必要がある。

市内の中心部においては、許容揚水限度を越えた地下水開発が行われた結果、地下水位の著しい低下が見られ、マナグア湖の汚染された湖水侵入による水質劣化が懸念されている。この過剰揚水分は出来るだけ早い時期に他地域からの水源補給で置き換え、地下水位の回復をはからなければならない。この水位回復にはアソスカ湖からの揚水の減量だけでなく中央水理区内の井戸からの揚水制限もおこなわれなければならない。

### 8. 2. 2 上水道水源に関する勧告

今後の課題として下記事項の実践が望まれる

- (1) 過剰揚水状態の解消の方針と時期を確定するために現在実施中の地下水モニタリングを継続し、かつ体制強化をはかるべきこと
- (2) 独立給水区であるディストリクト1に於いても、今回調査した範囲内では2000年の需要にみあう開発がむづかしい。北方に範囲を拡大して、西部水理区全体の開発可能量を確認すべきである。
- (3) 2000年の計画給水量を開発するためには、開発地域を今回調査を実施した地域の外にも求められなければならない。東側の地区が有力候補地として挙げ

られるが、開発可能量に関する調査を実施する必要がある。

- (4) (3)で挙げた東側の地区の地下水開発ポテンシャルは、調査地内の東部水理区ほど条件が良くなく、中央水理区での過剰揚水を補うだけの水量が得られるかどうかおぼつかないばかりか、2000年以降の需要量には対処しきれないことが予測される。したがって、ニカラグア湖の湖水利用についてのフィージビリティスタディを(3)と並行して実施することが望ましい。

### 8. 2. 3 既存給水施設改善にかかる勧告

マナグア市の給水施設は、人口爆発に対応するために応急的な拡張が重ねられてきた結果、さまざまな不備を包含している。今後の施設改善計画においては、以下の点に特に留意することが望まれる。

- (1) 井戸の揚水管を給・配水管に直結せず、いったん井戸脇の貯水槽に入れることにより、井戸揚水ポンプの効率向上をはかる。
- (2) 配水池の容量の総量が7.5時間分の貯水能力しか無く絶対量が不足しており、かつ低標高部に集中してるため、停電時に断水となることが多い。高標高部での配水池を増設し、全体の貯留能力を8時間以上とすることが望ましい。
- (3) ラファエラ・エレラのポンプ場はとくに過負荷の状態では効率的な送水が行われていない。ポンプ場脇に貯留槽新設によって負荷の軽減をはかる。
- (4) 給配水管からの漏水量削減に鋭意努力を重ねる。





**MAPA HIDROGEOLOGICO DE MANAGUA  
HYDROGEOLOGICAL MAP OF MANAGUA**

**PROYECTO DE ABASTECIMIENTO  
DE  
AGUA EN MANAGUA**

**THE STUDY ON WATER SUPPLY PROJECT  
IN  
MANAGUA**

**1993**

**INSTITUTO NICARAGUENSE  
DE  
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**

**AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY**

MAPA HIDROGEOLOGICO DE MANAGUA  
HYDROGEOLOGICAL MAP OF MANAGUA

B. Estructura Geologica  
GEOLOGICAL STRUCTURE

- Ruptura o Desplazamiento  
— STRIKE AND DIP
- Sistema de Falla  
— FAULT SYSTEM
- Eje de Plegamiento  
— FOLDING AXIS
- Conos y Calderas Volcánicas  
— VOLCANIC CONES AND CRATERS
- Paredes de Calderas y Cráteres  
— CALDERA AND CRATER WALLS

C. Ocurrencia de Agua Superficial  
OCCURRENCE OF SURFACE WATER

- Corriente Perenne  
— PERENNIAL STREAM
- Corriente Estacional  
— SEASONAL STREAM
- Lago Perenne  
— PERENNIAL LAKE
- Área Húmeda o pantanosa  
— MARSH OR SWAMPY AREA

D. Ocurrencia / Potencialidad de Agua Subterránea  
OCCURRENCE / POTENTIALITY OF GROUNDWATER

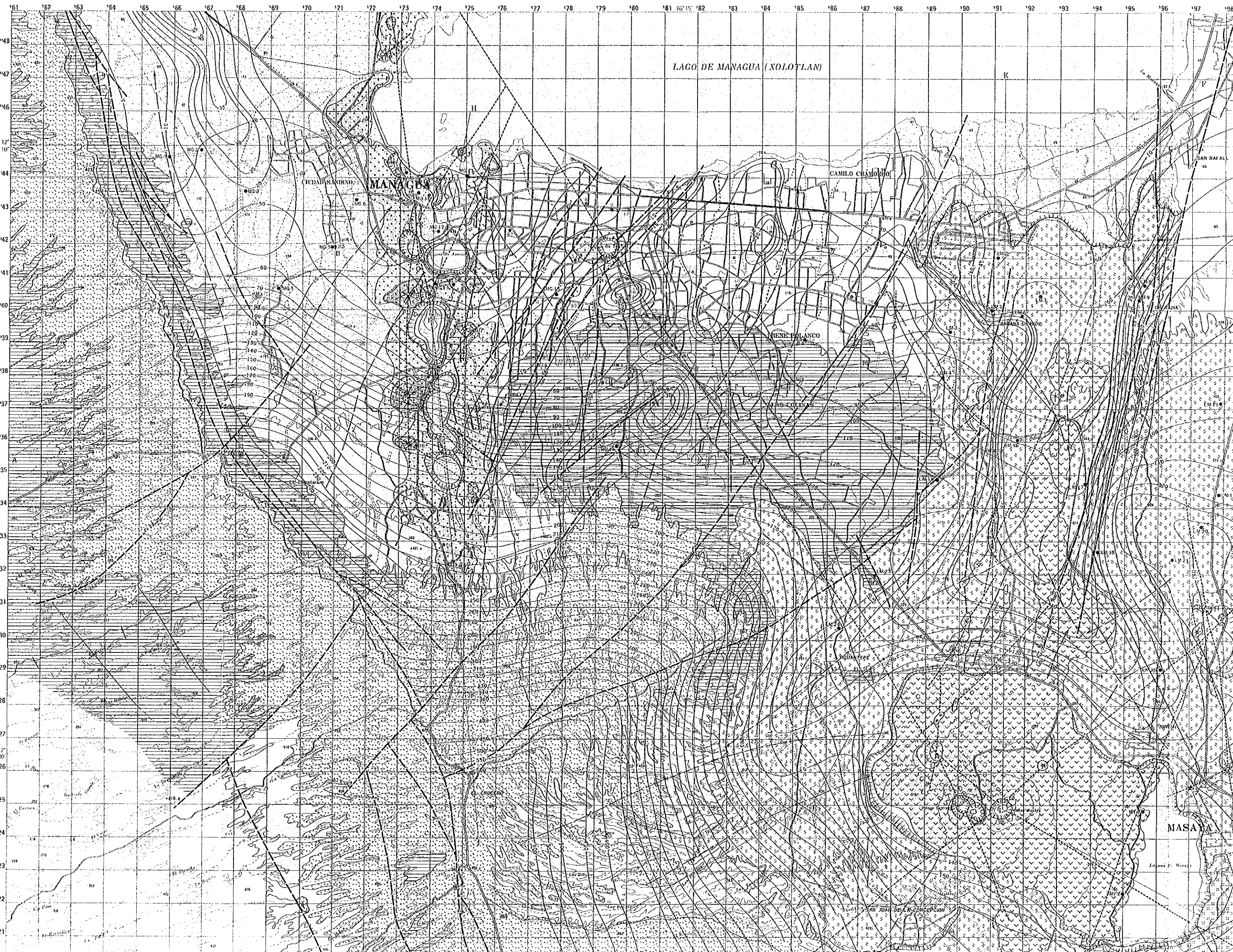
- Manantial  
— SPRING
- Línea de contorno de nivel freático  
— CONTOUR LINE OF PHREATIC LEVEL
- Dirección de flujo del agua subterránea  
— DIRECTION OF GROUNDWATER FLOW
- Línea de igual valor de capacidad específica  
— ISOVOLUME LINE OF SPECIFIC CAPACITY
- Secciones Transversales Hidrogeológicas  
— HYDROGEOLOGICAL CROSS SECTION

E. Pozo Existente  
EXISTING WELL

- Pozo Existente de INAA  
— INAA EXISTING WELL
- Perforación Experimental de JICA  
— JICA TEST DRILLING WELL
- Pozos de Observación para Agua Subterránea  
— OBSERVATION WELL FOR GROUNDWATER

F. Otros  
OTHERS

- Curvas de Nivel  
— CONTOUR LINE
- Estación de la Red Geodésica  
— TRIANGULATION POINT
- Estación de Nivelación  
— SUBORDINATE TRIANGULATION POINT
- Carretera de Rescate Sítido (Carretera Nacional)  
— NATIONAL ROAD
- Carretera de Rescate Lago (Carretera Local)  
— MAIN ROAD
- Caminos Transcristales en Tiempo Seco (Carreteras Locales)  
— LOCAL ROAD
- Ferrocarril  
— RAILWAY



1 : 50,000



66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00 01 02 03 04 05 06 07 08 00'

LAGO DE MANAGUA (XOLOTLAN)

MANAGUA

CAMILO CHAMORRO

TIPITAPA

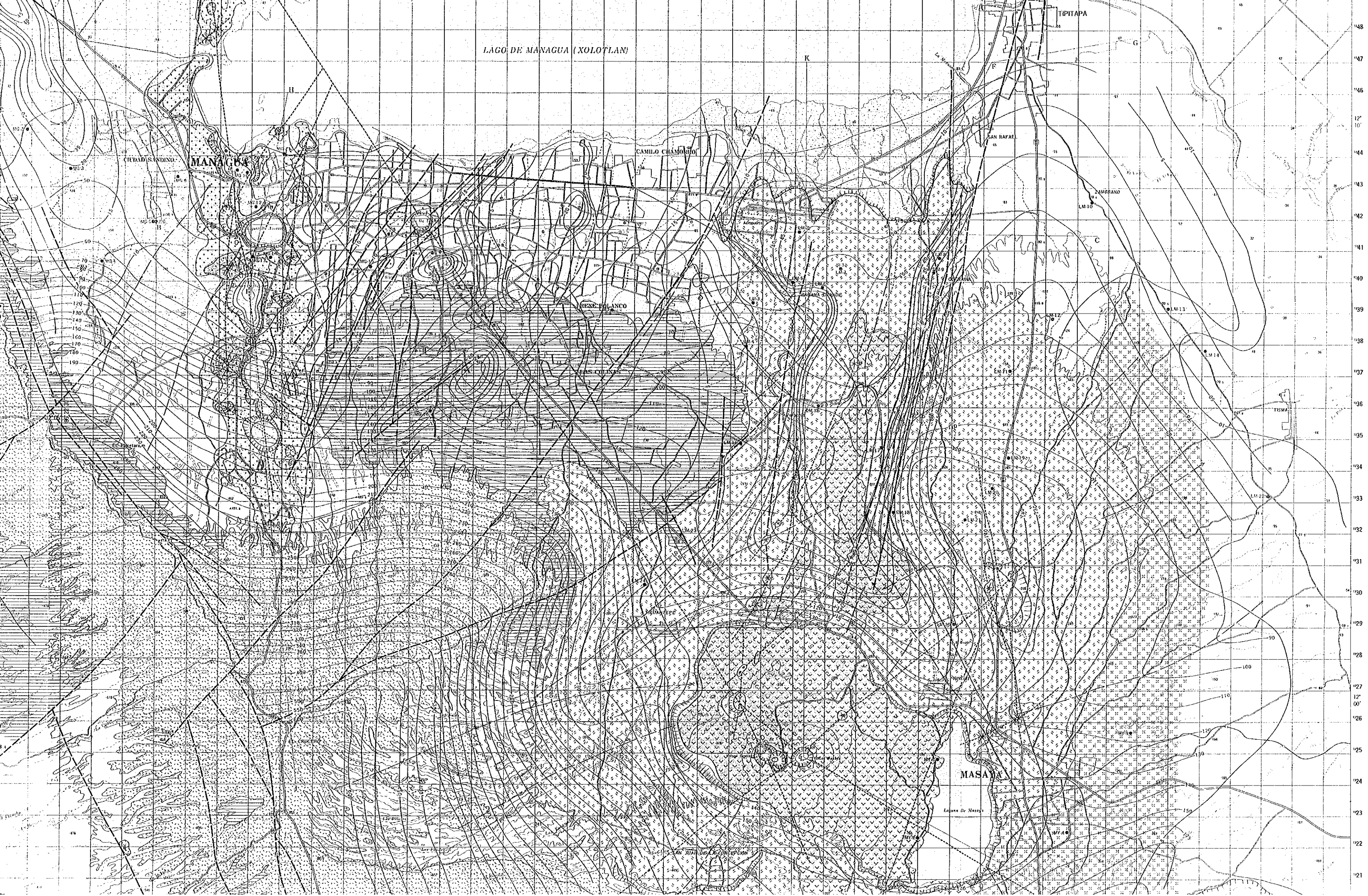
SAN RAFAEL

SAMBRANO

MESE BLANCO

TISMA

MASAYA





D. Ocurrencia / Potencialidad de Agua Subterránea.  
 OCCURRENCE / POTENTIALITY OF GROUNDWATER

- Manantial SPRING
- Línea de contorno de nivel freático CONTOUR LINE OF PHREATIC LEVEL
- Dirección de flujo del agua subterránea DIRECTION OF GROUNDWATER FLOW
- Línea de igual valor de capacidad específica ISOVOLUME LINE OF SPECIFIC CAPACITY (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)
- Secciones Transversales Hidrogeológicas HYDROGEOLOGIC CROSS SECTION

E. Pozo Existente  
 EXISTING WELL

- Pozos Existentes de INAA ISAA EXISTING WELL
- Pesboración Esploratoria de JICA JICA TEST DRILLING WELL
- Pozos de Observación para Agua Subterránea OBSERVATION WELL FOR GROUNDWATER

F. Otros  
 OTHERS

- Curvas de Nivel CONTOUR LINE
- Estación de la Red Geodésica TRIANGULATION POINT
- Estación de Nivelación SUBMERSATE TRIANGULATION POINT
- Carretera de Revestimiento Sólido (Carretera Nacional) NATIONAL ROAD
- Carretera de Revestimiento Ligero (Carretera Local) LOCAL ROAD
- Camios Transversales en Tiempo Seco (Carretera Local) LOCAL ROAD
- Ferrocarril RAILWAY

1 : 50,000



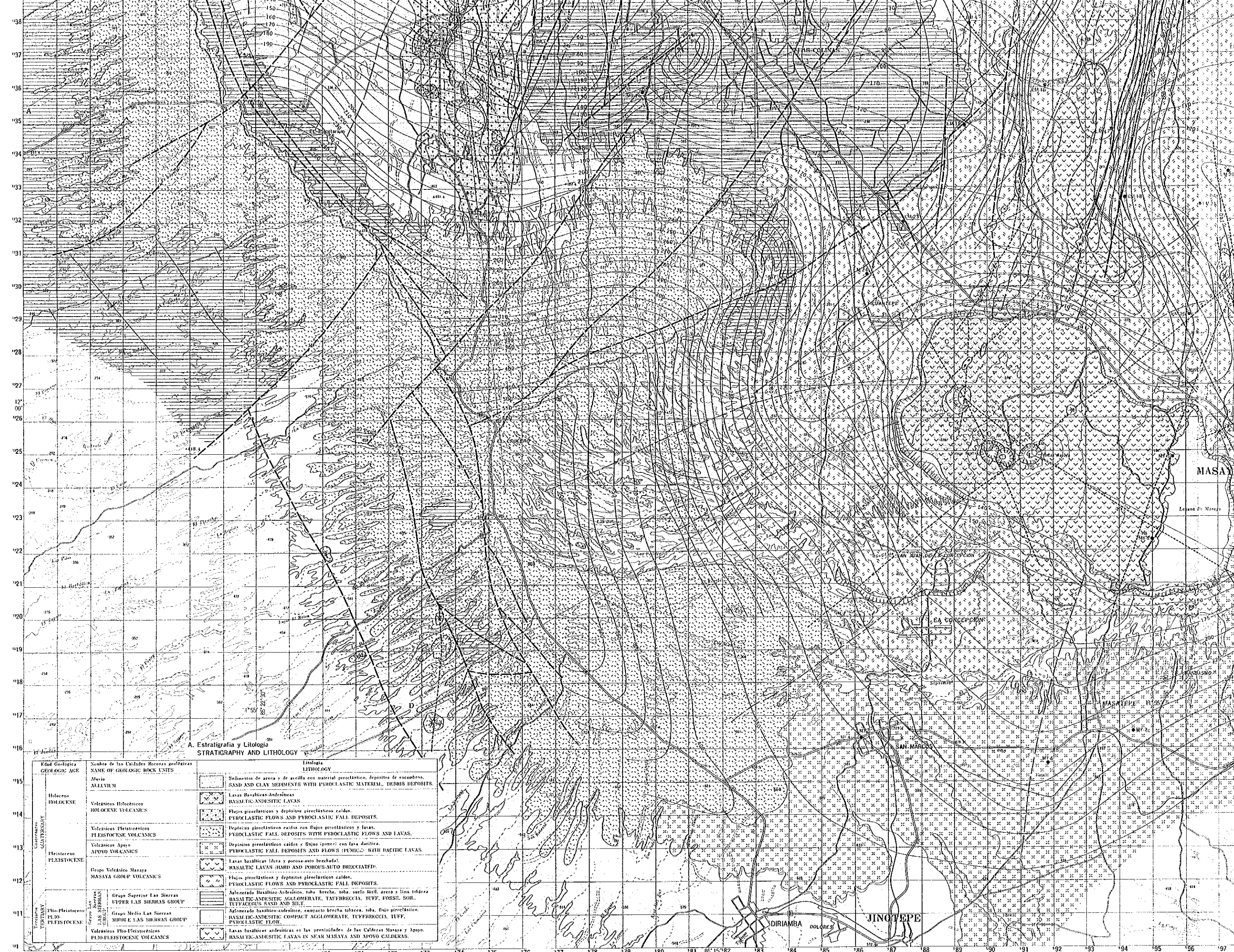
PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN MANAGUA

THE STUDY ON WATER SUPPLY PROJECT IN MANAGUA

1993

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

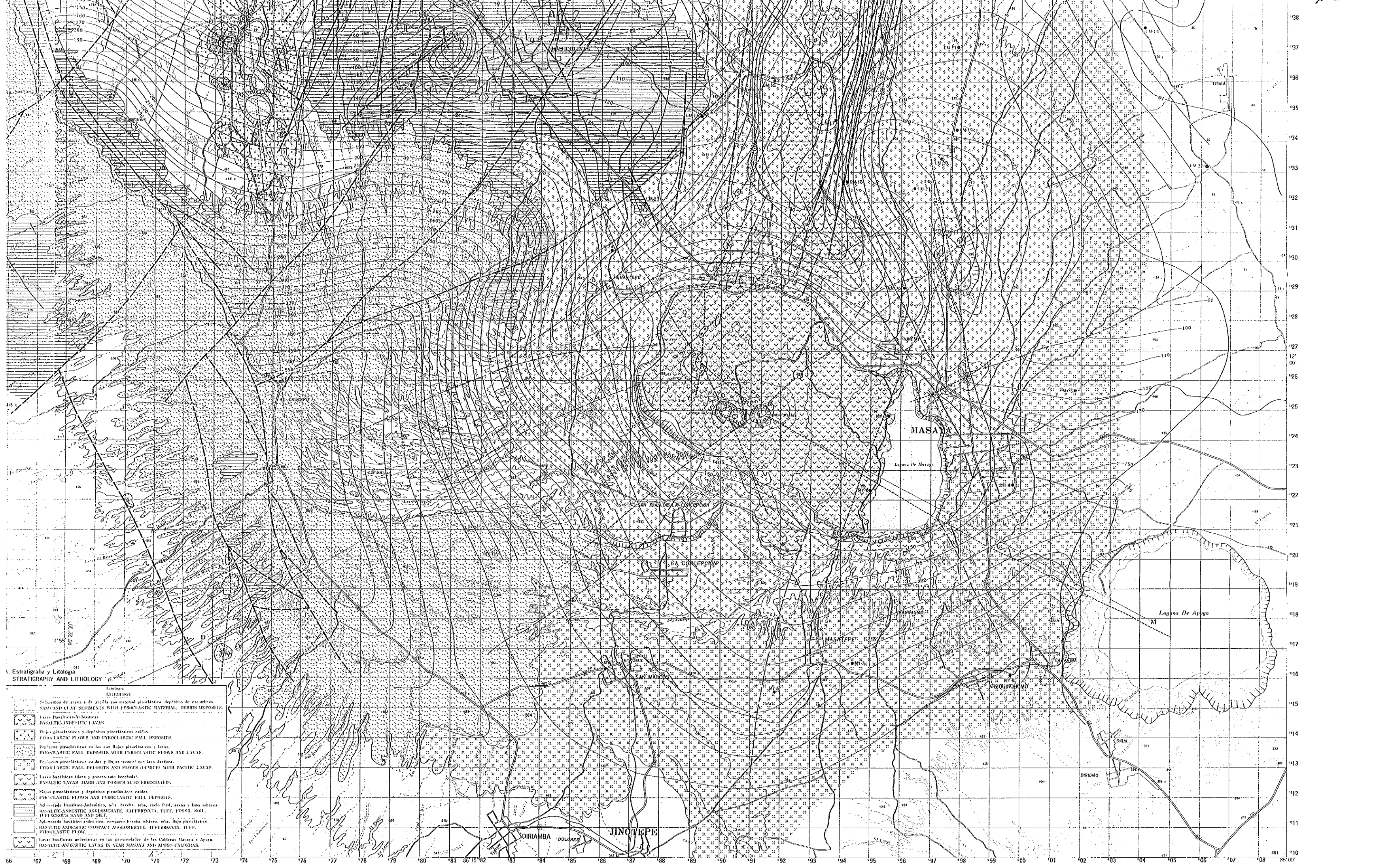
AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



A. Estratigrafía y Litología  
 STRATIGRAPHY AND LITHOLOGY

Edad Geológica GEOLOGIC AGE	Nombre de las Unidades Rocosas geológicas NAME OF GEOLOGIC ROCK UNITS	Litología LITHOLOGY
Holoceno HOLOCENE	Aluvia ALLUVIUM	Sedimentos de arena y de arcilla con material piroclástico, depósitos de escambros. SAND AND CLAY SEDIMENTS WITH PYROCLASTIC MATERIAL, DEBRIS DEPOSITS.
	Volcánicos Holocénicos HOLOCENE VOLCANIC	Lavas Basálticas-Andesíticas BASALTIC-ANDESITIC LAVAS
Pleistoceno PLEISTOCENE	Volcánicos Pleistocénicos PLEISTOCENE VOLCANIC	Flujos piroclásticos y depósitos piroclásticos caídos. PYROCLASTIC FLOWS AND PYROCLASTIC FALL DEPOSITS.
	Volcánicos Apoyo APOYO VOLCANIC	Depósitos piroclásticos caídos con flujos piroclásticos y lavas. PYROCLASTIC FALL DEPOSITS WITH PYROCLASTIC FLOWS AND LAVAS.
Pleistoceno Superior SUPERIOR PLEISTOCENE	Grupo Volcánico Masaya MASAYA GROUP VOLCANIC	Depósitos piroclásticos caídos y flujos (pómez) con lava dacítica. PYROCLASTIC FALL DEPOSITS AND FLOWS (PUMICE) WITH DACITIC LAVAS.
	Grupo Volcánico Masaya MASAYA GROUP VOLCANIC	Lavas basálticas (dura y porosa/autó brechada). BASALTIC LAVAS (HARD AND POROUS/AUTO BRECCIATED).
	Grupo Volcánico Masaya MASAYA GROUP VOLCANIC	Flujos piroclásticos y depósitos piroclásticos caídos. PYROCLASTIC FLOWS AND PYROCLASTIC FALL DEPOSITS.
Pleistoceno Inferior INFERIOR PLEISTOCENE	Grupo Superior Las Sierras UPPER LAS SIERRAS GROUP	Volcanada Basáltico-Andesítica, toba brecha, toba, suelo fosil, arena y limo tobacera. BASALTIC-ANDESITIC AGGLOMERATE, TUFFBRECCIA, TUFF, FOSSIL SOIL, TUFFACEOUS SAND AND SILT.
	Grupo Medio Las Sierras MIDDLE LAS SIERRAS GROUP	Agglomerado basáltico-andesítico, compacto brecha tobacera, toba, flujo piroclástico. BASALTIC-ANDESITIC COMPACT AGGLOMERATE, TUFFBRECCIA, TUFF, PYROCLASTIC FLOW.
	Volcánicos Plio-Pleistocénicos PLIO-PLEISTOCENE VOLCANIC	Lavas basálticas andesíticas en las proximidades de las Calderas Masaya y Apoyo. BASALTIC-ANDESITIC LAVAS IN NEAR MASAYA AND AYOPO CALDERAS.





**Estratigrafía y Litología**  
**STRATIGRAPHY AND LITHOLOGY**

**Lindero**  
**LITHOLOGY**

- Sedimentos de arena y de arcilla con material piroclástico, depósitos de escombros.  
 SAND AND CLAY SEDIMENTS WITH PYROCLASTIC MATERIAL, DEBRIS DEPOSITS.
- Lavas Basálticas-Andesíticas.  
 BASALTIC-ANDESITIC LAVAS.
- Flujos piroclásticos y depósitos piroclásticos caídos.  
 PYROCLASTIC FLOWS AND PYROCLASTIC FALL DEPOSITS.
- Depósitos piroclásticos caídos con flujos piroclásticos y lavas.  
 PYROCLASTIC FALL DEPOSITS WITH PYROCLASTIC FLOWS AND LAVAS.
- Depósitos piroclásticos caídos y flujos (conoz) con lava delgada.  
 PYROCLASTIC FALL DEPOSITS AND FLOWS (CONOZ) WITH DACTIC LAVAS.
- Lavas basálticas (dura y porosa) auto breccada.  
 BASALTIC LAVAS (HARD AND POROUS) AUTO BRECCIATED.
- Flujos piroclásticos y depósitos piroclásticos caídos.  
 PYROCLASTIC FLOWS AND PYROCLASTIC FALL DEPOSITS.
- Aglomerado basáltico-Andesítico, toba brecha, toba, suelo fofo, arena y lina tobera.  
 BASALTIC-ANDESITIC AGGLOMERATE, TAFFRECCIA, TUFF, FOSSIL SOIL, TUFFICIOUS SAND AND SILT.
- Aglomerado basáltico andesítico, cono de brecha tobera, toba, flujo piroclástico.  
 BASALTIC-ANDESITIC CONTACT AGGLOMERATE, TUFFBRECCIA, TUFF, PYROCLASTIC FLOW.
- Lavas basálticas andesíticas en las proximidades de las Calderas Masaya y Apoyo.  
 BASALTIC-ANDESITIC LAVAS IN NEAR MASAYA AND AYOJO CALDERAS.

66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10

11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38

JICA