

## 第3編 フィージビリティ・スタディ

### 第1章 優先事業

#### (1) 優先事業

本調査のフェーズIにおいて地下水活用による緊急給水事業 M/P が JICA 調査団から提案され「コ」国側に承認された。この事業の目的は、ボゴタ市周辺に水源井戸を多数設置し緊急時に給水することである。M/P の承認後、提案事業の中から、優先度の高い事業を択び、フィージビリティ・スタディを行なった。それに先立ち、フィージビリティ・スタディの対象となる事業を選定する目的で各事業の優先度を JICA 調査団と「コ」国側で協議した。その結果を表 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 M/P 提案事業に対する優先度

優先度と事業区分		事業名
1 位	先行事業	地下水活用先行事業
2 位	第 1 期事業	東部地区事業
3 位	第 2 期事業	南部地区事業
4 位	第 3 期事業	Yerbabuena 地区事業

(出典: JICA 調査団)

#### a) 先行事業

地下水活用先行事業が最優先事業として合意された。先行事業は提案事業に先立って実施される。本事業の実施により緊急給水施設建設上の技術的な問題点を把握・解決し、また、これをモデルケースとし、市内各所に緊急井戸施設を普及させるのが目的である。

#### b) 第 1 期事業

第 1 期事業として東部地区事業が合意された。東部山地はボゴタ市の中心部に隣接し、緊急時には東部山地に設置した井戸の水を市内各所に迅速に供給することが可能である。市の中心にアクセスしやすい地理的好条件が優先度の高い理由である。

#### c) 第 2 期事業

第 2 期事業として南部地区事業が合意された。この地域はボゴタ市の南部に位置し、想定される震源に近くまた丘陵斜面に住宅が密集している。地震時の被害が他の地区より大きく、水道管の危害も大きいことが予想される。

#### d) 第 3 期事業

第 3 期事業として Yerbabuena 地区事業が合意された。Yerbabuena 地区はボゴタ市北方の Chia 市と Sopo 市に位置する。緊急時には、Yerbabuena 地域の緊急井戸の水を、給水車やパイプラインによってボゴタ市や周辺自治体に供給可能である。その一方で Yerbabuena 地区は距離的にボゴタ市の中心から離れているため、優先度第 3 位とする。

**(2) フィージビリティ・スタディの対象事業**

「コ」国側は、優先事業の中で最も重要でありかつ緊急性の高い、先行事業と第1期事業をフィージビリティ・スタディの対象とすることを要請した。しかし、マスタープランで提案された事業の全体規模が小さいことや、全ての事業の緊急性が高いことを考慮し、第2期事業、第3期事業もフィージビリティ・スタディの対象とすることで「コ」国側と調査団が合意した。

## 第2章 アクションプラン

M/P で提案した緊急給水事業を実施に移すことを目的として、アクションプランを提案した。その内容を表 3.2-1 に示す。

表 3.2-1 アクションプラン

実施項目	2008年						2009年						2010年											
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	1月	
1) M/P で提案した緊急給水事業に対する関連機関との合意		■	■																					
2) 優先プロジェクトの選定			■																					
3) F/S 調査の実施		■	■	■	■	■	■	■	■															
4) F/S 結果の承認									■															
5) 地下水活用のための先行事業の実施												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6) 地下水開発のための技術開発・調査研究			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7) Acueducto の投資意思決定、資金調達																								

以下、各項目に関して記載する。

### 1) 緊急給水事業の実施に対する関連機関との合意

緊急給水事業 M/P を「コ」国側関係機関に説明し合意を得る。

### 2) 優先プロジェクトの選定

M/P で提案された緊急給水事業の優先度を Acueducto と協議する。その結果、地下水活用の先行事業を最優先とすることで合意した。次いで、第 1 期事業として東部地区事業、第 2 期事業として南部地区事業、第 3 期事業として Yerbabuena 地区事業が選定された。

### 3) F/S 調査の実施

上記各事業に対して F/S 調査を行い、実行可能性を評価する。

### 4) F/S 結果の承認

F/S で提案した緊急給水事業の内容を関係機関と合意する。

### 5) 地下水活用のための先行事業の実施

先行事業によって M/P や F/S で提案された緊急給水事業の技術的問題点を把握し解決策を具体的に検討する。先行事業の施設は既存井戸と浄水施設から成る。この事業実施による地下水給水に関する技術的問題点や事業コストを評価する。

**6) 地下水開発のための技術開発・調査研究(Acueducto と SDA・CAR との共同)**

緊急井戸を開発し適切に運用するためには、地下水に関する正しい知識・技術が必要となる。そのためには地下水流動や地下水賦存量の解析技術に係わる調査研究が不可欠である。この調査研究は Acueducto が SDA と共同で行い、JICA 調査団がこれを支援する。

**7) Acueducto の投資意思決定、資金調達**

本 JICA 調査による M/P と F/S の結果の検討結果に基づき、Acueducto は緊急給水事業の内容や実施方法に対する意思決定を行う。

## 第3章 優先事業計画

M/Pにおいては緊急給水事業の必要性和位置付けが評価され、全体事業の概要が示された。一方、本F/SではM/Pで提案された各事業に対して事業内容を見直し実行可能性を評価した。見直しの方針は以下のとおりである。

- 1) 技術的な最適化
- 2) Acueducto の長期戦略との整合
- 3) 事業関連の情勢変化への対応
- 4) 設計・積算精度の向上

以下、各提案事業に関して、優先順位に従ってF/S調査結果に関して説明する。

### 3.1 地下水活用先行事業

#### 3.1.1 地下水活用先行事業の目的

地下水活用先行事業は地下水利用による緊急給水事業の技術的問題点を把握し、解決策を具体的に検討するのが目的である。Acueducto は地下水を水源とした給水事業の実績がない。したがって、地下水を水源とする緊急給水事業の開始に先立ち、先行事業を実施することによって、設計・建設・運営・維持管理における問題点と解決策を事前に把握する。本F/S調査では、先行事業に関連し以下の項目について検討する。

- ① 施設の設計
- ② 施設の建設コスト
- ③ 施設の運営方法
- ④ 施設の運営・維持管理費

先行事業に関して、特に検討すべき技術的課題は以下のとおりである。

#### 用地

先行事業の候補地の多くはボゴタ市街地内に位置し、利用可能な用地の面積は限られている。敷地内に水源井戸は既に存在するが、浄水施設や給水装置、送・配水管は狭小な敷地内に今後建設しなければならない。各施設を如何にコンパクトにまとめるかが課題となる。

#### 水質

白亜紀層地下水は水質が優れているが、Fe と Mn の濃度が水質基準を超過するため水処理を行う必要がある。幾つかの水質処理方法があり、設計の段階で各方法を比較検討する。

#### 施設の運営方法

緊急給水施設の運営方法としては、以下の2案が提案される。

- ①緊急水源施設で直接給水する。

②既存の配水タンク・配水管に接続する

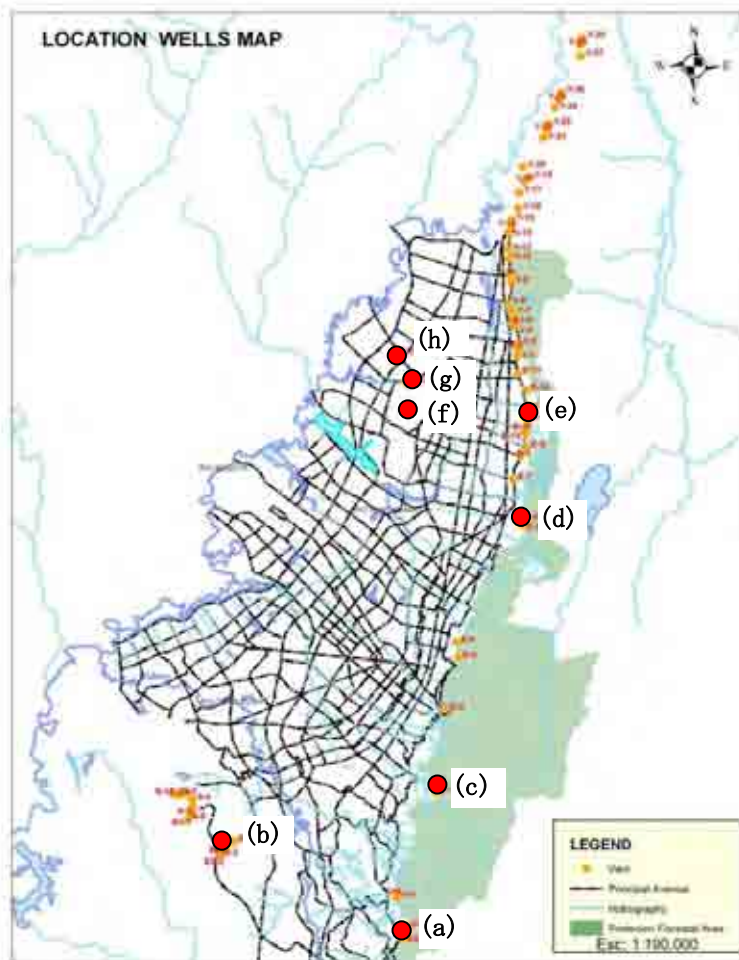
緊急時における有効活用を考えた場合上記①、②の両者が必要であるが、②の場合は長区間にわたる管路敷設工事が必要となり事業規模が先行パイロット事業としての規模を超える。したがって、本先行事業では主に①の方法に重点を置く。

**緊急時対応マニュアル**

緊急時対応マニュアルが本調査で策定された。このマニュアルは、緊急時に実施すべき活動内容を定めている(Appendix-1 参照)。

**3.1.2 先行事業地区**

先行事業は水源井戸、浄水施設、配水、給水施設で構成される。Acueducto はボゴタ市内に 9 本の既存井戸を所有しており、先行事業では 8 本の井戸を活用する。既存井戸の位置を図 3.3- 1 に示す。各井戸の概要は表 3.3- 1 に示す通りである。F/S では上記 8 サイトに対して先行事業を提案する。Acueducto は 8 サイトの中から最優先サイト 1-2 箇所を選定し 2009 年度に先行事業を実施する方針である。各既設井戸は十分な地下水生産能力を持つため、将来的には全ての既存井戸を先行事業として活用することを提案する。



注) 井戸番号は表と対応

図 3.3- 1 先行事業の実施サイト

表 3.3-1 先行事業用の既設井戸の概要

サイト名	座標		井戸の能力				
	EW	NS	井戸深さ (m)	自然水位 (m)	揚水量 (m <sup>3</sup> /日)	動水位 (m)	帯水層
(a) Usme	N4° 29'38.1"	W74° 04'51.5"	300	-20.70	100	-89.99	第三紀層
(b) Ciudad Bolivar	N4° 32'14.4"	W74° 09'51.7"	300	-18.20	900	-70.90	白亜紀層
(c) Vitelma	N4° 33'46.8"	W74° 03'55.2"	300	-6.84	1,296	-25.47	白亜紀層
(d) La Aguadora	N4° 41'32.1"	W74° 01'27.1"	300				白亜紀層
(e) La Salle	N 4°45'16.6"	W 74°01'22.3"	270	+1.75	1,944	-33.26	白亜紀層
(f) Suba tank	N 4°42' 43.6"	W 074°05' 03.6"	300				白亜紀層
(g) Suba	N 4°45'27.1"	W 74°04'41.9"	389	-23.92	1,987	-18.85	白亜紀層
(h) Mariscal Sucre	N 4°46'16.3"	W 74°05'04.5"	304	-20.09	4,320	-24.00	白亜紀層

先行事業に利用する井戸の特徴は以下のとおりである。

- 井戸はボゴタ市内の人口密集地に隣接し、緊急時において拠点給水のための水源として利用可能である。
- 緊急井戸の帯水層は白亜紀層砂岩であり、十分な水量を確保することができる。また、揚水による地盤沈下などの環境影響は発生しない。

### 3.1.3 先行事業の施設計画

#### (1) 緊急給水システムの施設計画

##### 1) 緊急給水ユニットの構成と接続先

先行事業における緊急給水ユニットの構成と接続先は、表 3.3-2 に示すとおりである。

表 3.3-2 緊急給水ユニットの構成と接続先（先行事業）

事業名	場所	給水ユニット名	井戸				井戸ポンプ			導水管		水質処理槽		送水管		接続先 (既存施設)	送配水形態 <sup>1)</sup>	
			No.	New/Exist.	口径 (in.)	深度 (m)	径 (in.)	揚程 (m)	出力 (kW)	径 (in.)	延長 (m)	容量 (m <sup>3</sup> /day)	施設概要	管径 (in.)	延長 (m)			
先行事業	Usme	Usme	PP-01	EX-3	Exist.	-	-	1.3	132	3.7	1.6	25	100	塩素+曝気+圧力フィルタ	-	-	-	1
	South erm hills	Ciudad Bolovar	PP-02	EX-2	Exist.	-	-	3.2	121	26	6	25	1,000	塩素+圧力 フィルタ	-	-	-	1
	San Cristoba	Vitelma	PP-03	E-1	Exist.	-	-	4	100	37	16	100	2,000	塩素+圧力 フィルタ	16	50	Tank Vitelma	2
	Usaque	La Aguadora	PP-04	E-5	Exist.	-	-	4	190	75	6	25	2,000	塩素+圧力 フィルタ	-	-	-	1
		La Salle	PP-05	E-14	Exist.	-	-	4	102	37	-	-	2,000	塩素	-	-	-	1
	Suba	Suba tank	PP-06	ST-2	New	8"+6"	300	4	100	55	6	25	2,500	塩素+圧力 フィルタ	-	-	-	1
		Suba	PP-07	E-16	Exist.	-	-	4	97	55	6	25	2,500	塩素+圧力 フィルタ	-	-	-	1
		Mariscal Sucre	PP-08	E-17	Exist.	-	-	4	85	45	-	-	2,500	塩素	-	-	-	1

注-1) 送配水形態は図 3.3-31 に示すタイプに準ずる。

##### 2) 緊急給水ユニット配置図

先行事業における緊急給水ユニットは、井戸 1 本に対し 1 基の浄水場のユニットを形成する。よって、各給水ユニットの配置図は、図 3.3-2～図 3.3-8 に示す通りである。また、先行事業にお

けるサイト名と給水ユニット名の対応は下表の通りである。

表 3.3-3 サイト名と給水ユニット名の対応表

サイト名	給水ユニット名
Usme	PP-01
Ciudad Bolivar	PP-02
Vitelma	PP-03
La Aguadora	PP-04
La Salle	PP-05
Suba tank	PP-06
Suba	PP-07
Mariscal Sucre	PP-08



図 3.3-2 ユニット配置図 PP-1

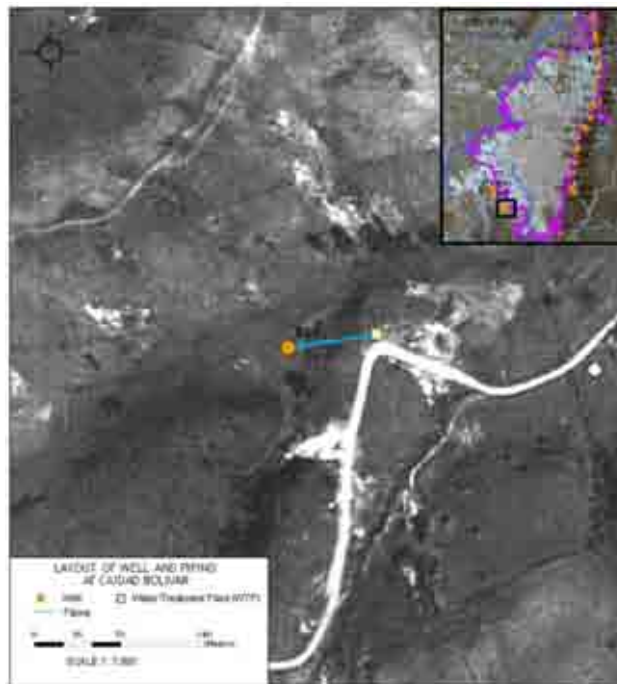


図 3.3-3 ユニット配置図 PP-2



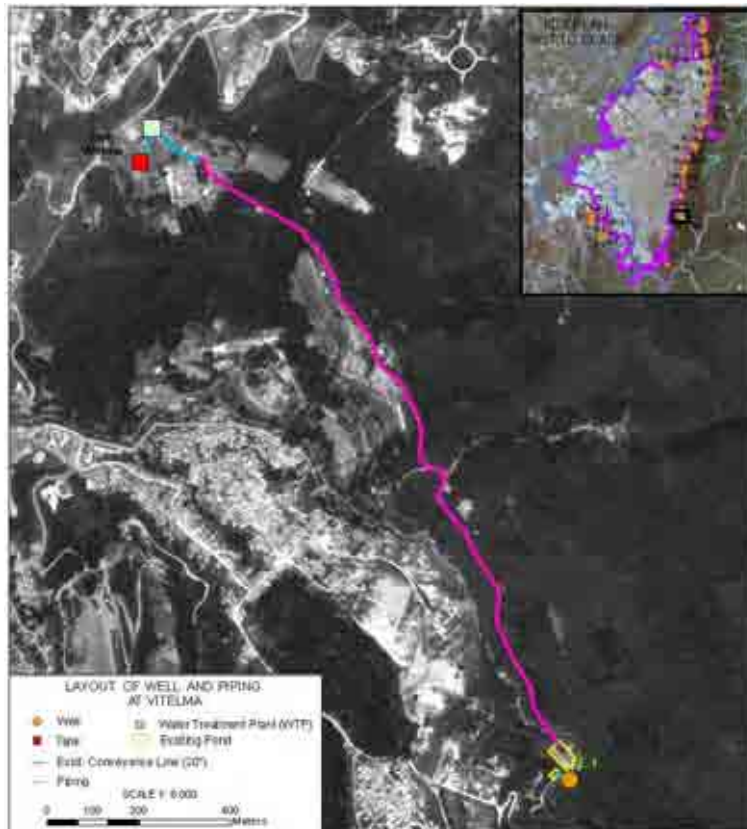


図 3.3-4 ユニット配置図 PP-3

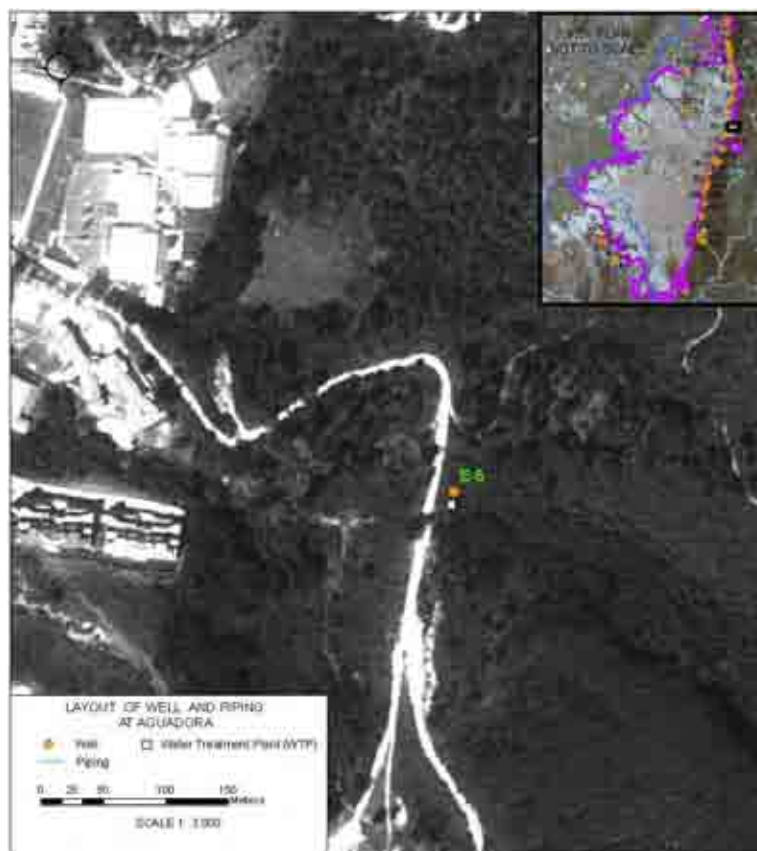


図 3.3-5 ユニット配置図 PP-4



図 3.3- 6 ユニット配置図 PP-5

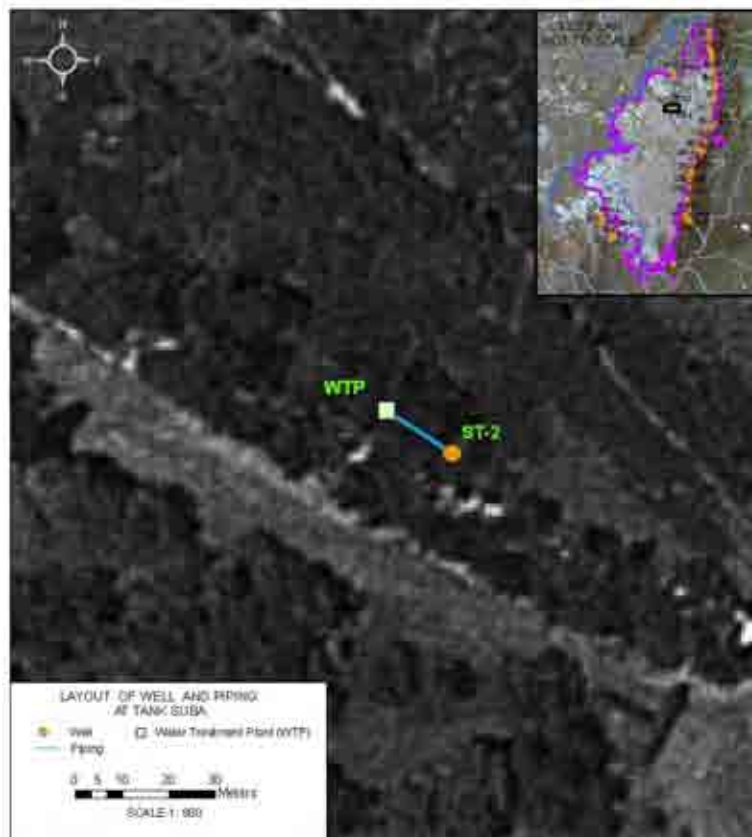


図 3.3- 7 ユニット配置図 PP-6

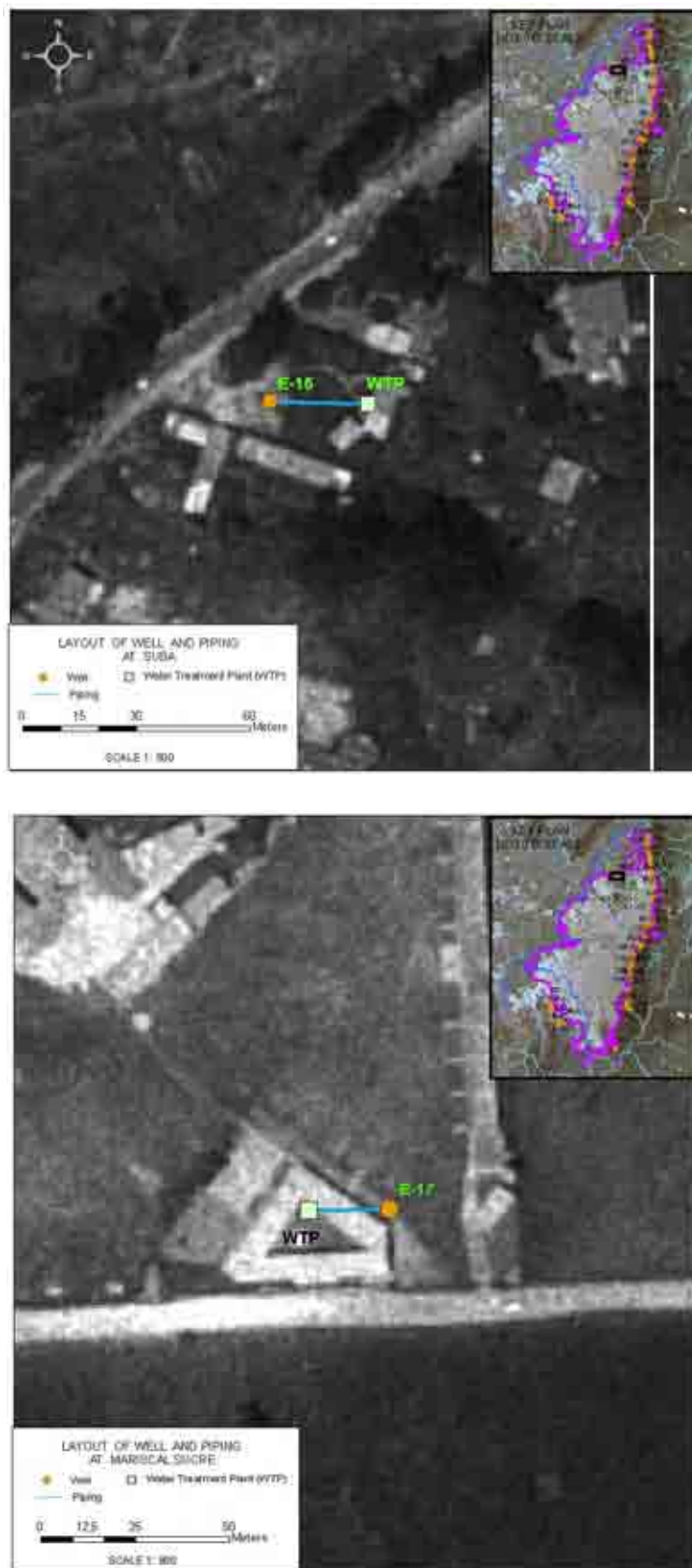
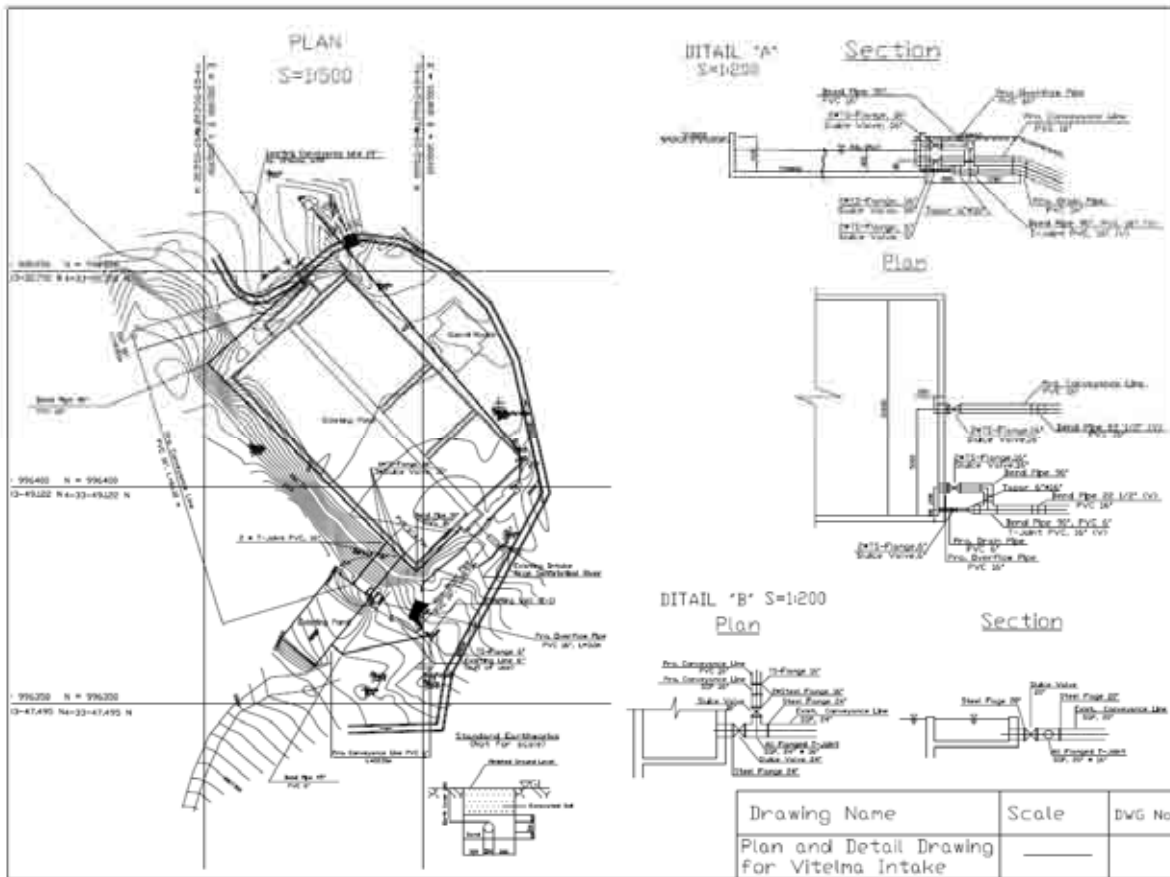
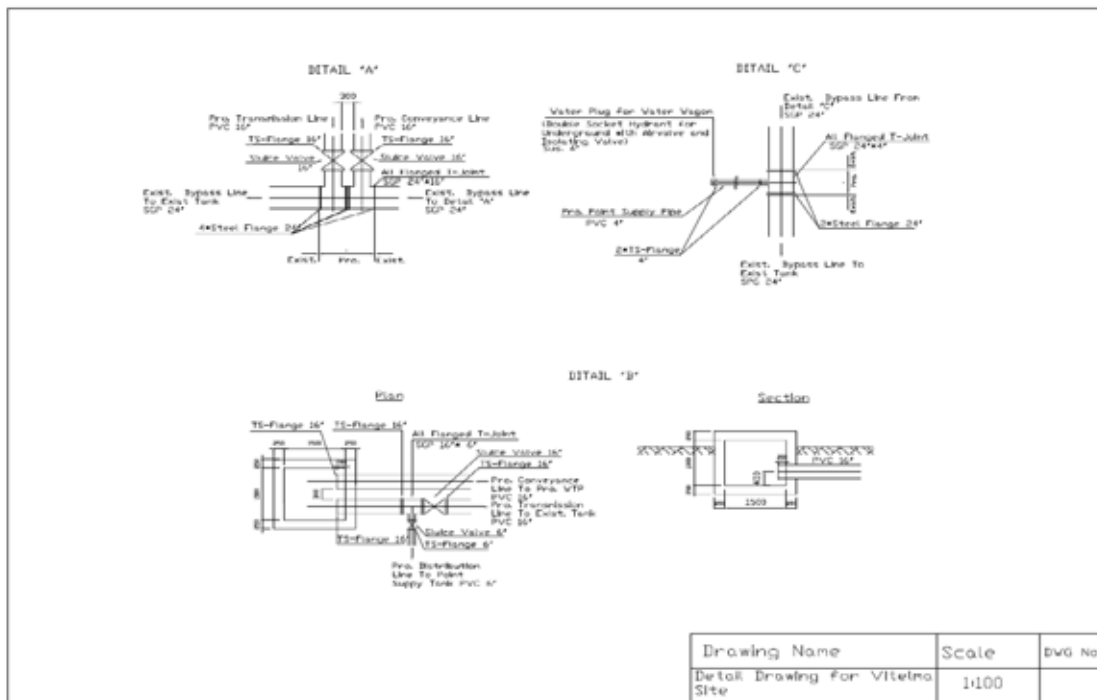


図 3.3- 8 ユニット配置図 PP-7, PP-8



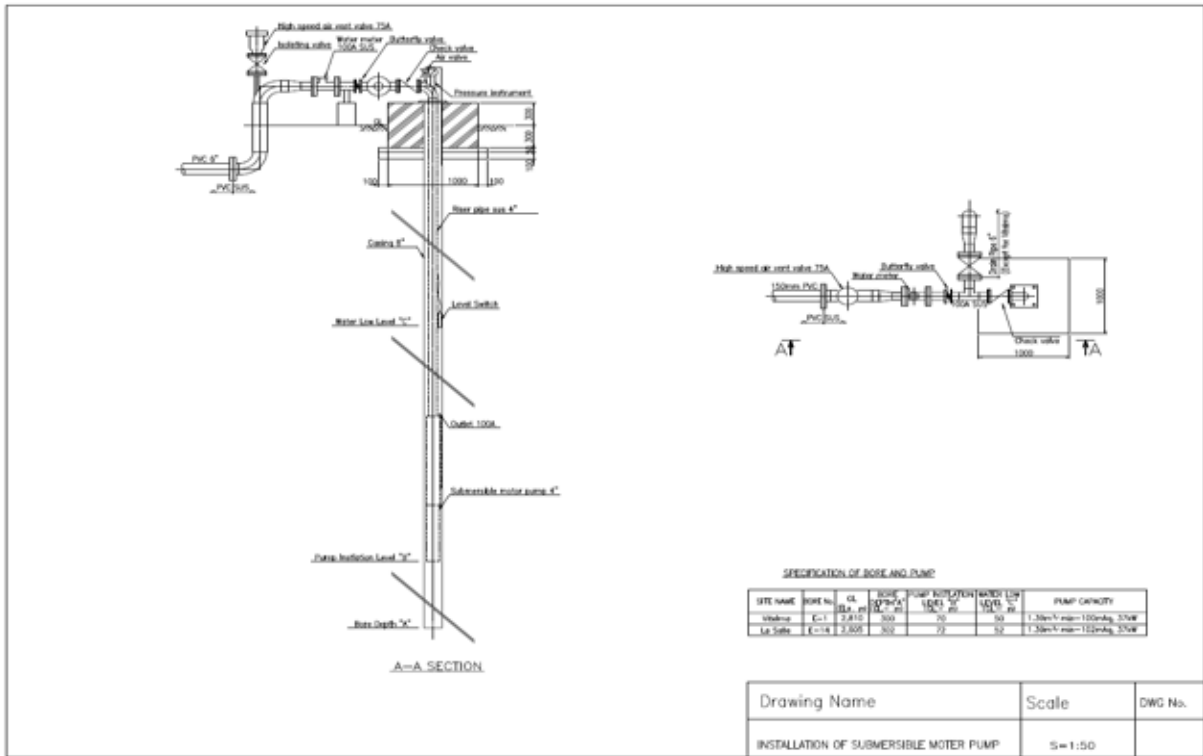
(出典: JICA 調査団)

図 3.3- 9 Vitelma 先行事業の詳細設計(井戸サイト)



(出典: JICA 調査団)

図 3.3- 10 Vitelma 先行事業の詳細設計(導水管)



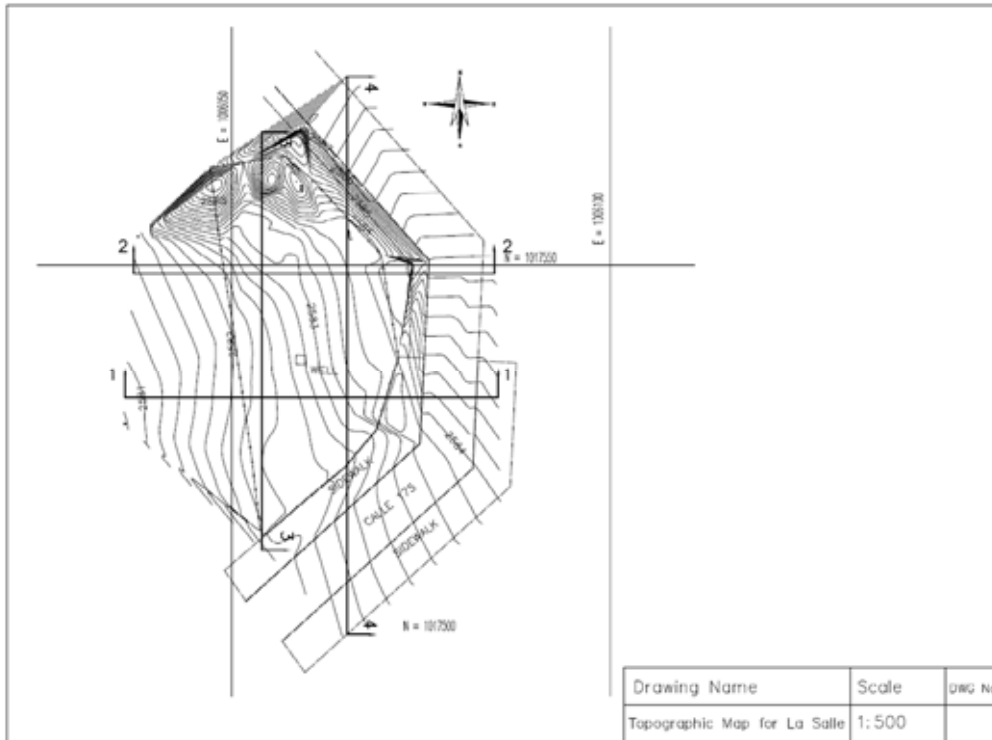
(出典: JICA 調査団)

図 3.3- 11 Vitelma 先行事業の詳細設計(井戸)



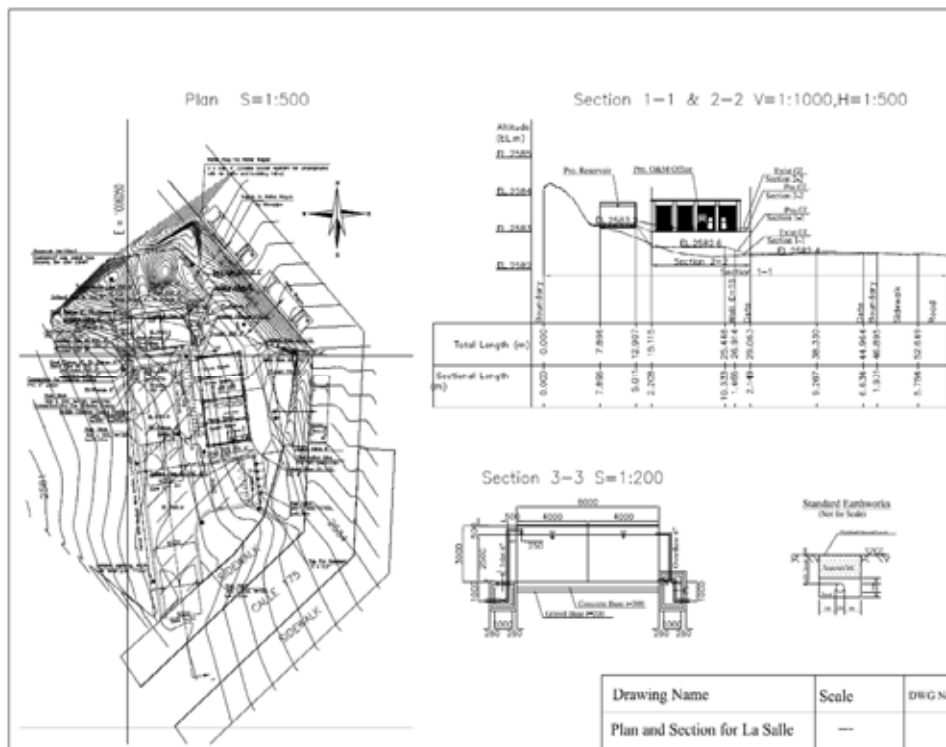
(出典: JICA 調査団)

図 3.3- 12 Vitelma 先行事業の水処理施設



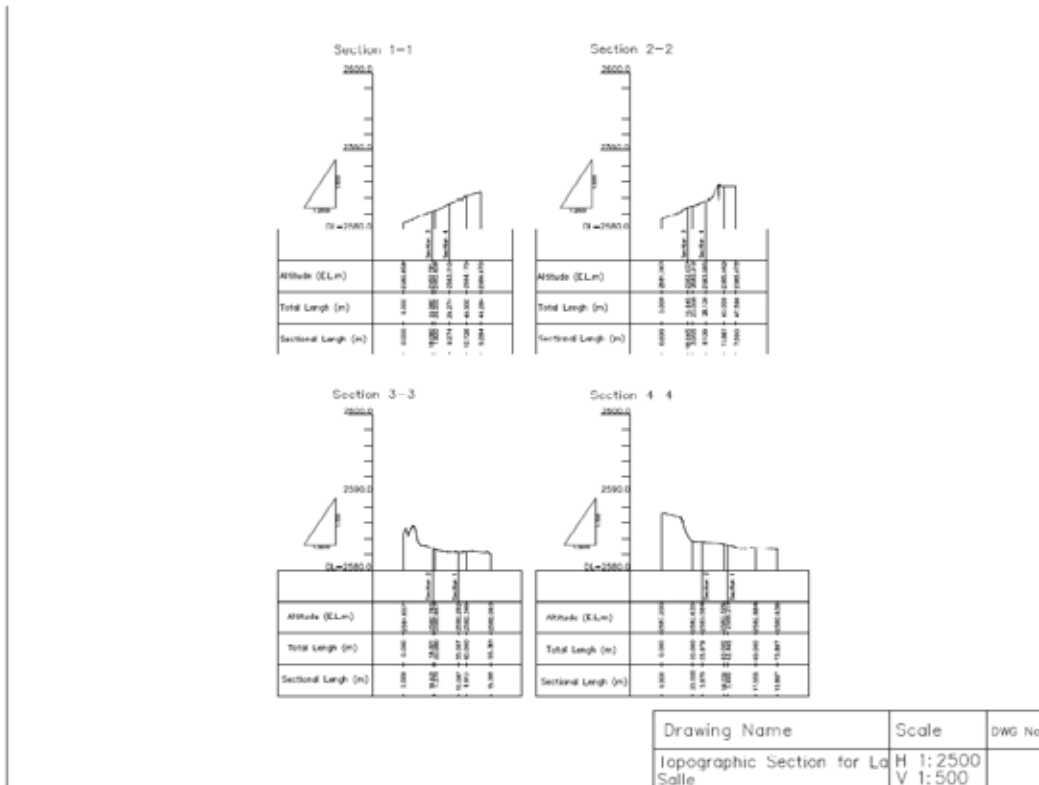
(出典: JICA 調査団)

図 3.3- 13 La Salle 先行事業の詳細設計 (地形図)



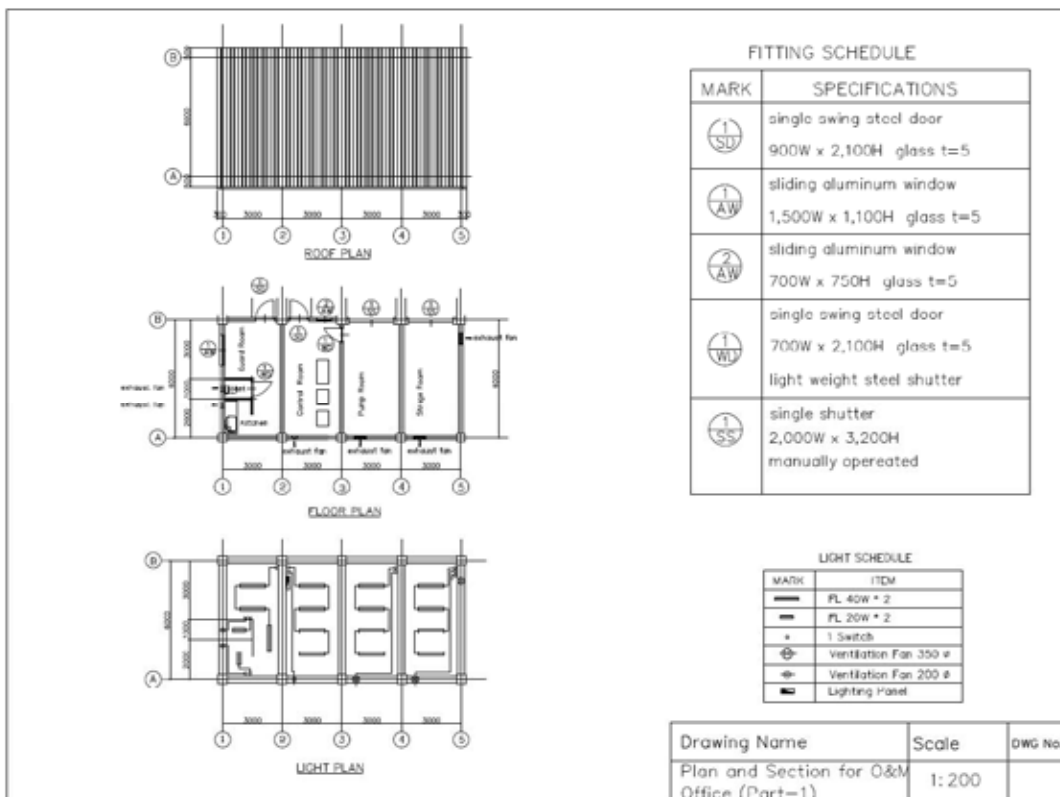
(出典: JICA 調査団)

図 3.3- 14 La Salle 先行事業の詳細設計(平面図と断面図)



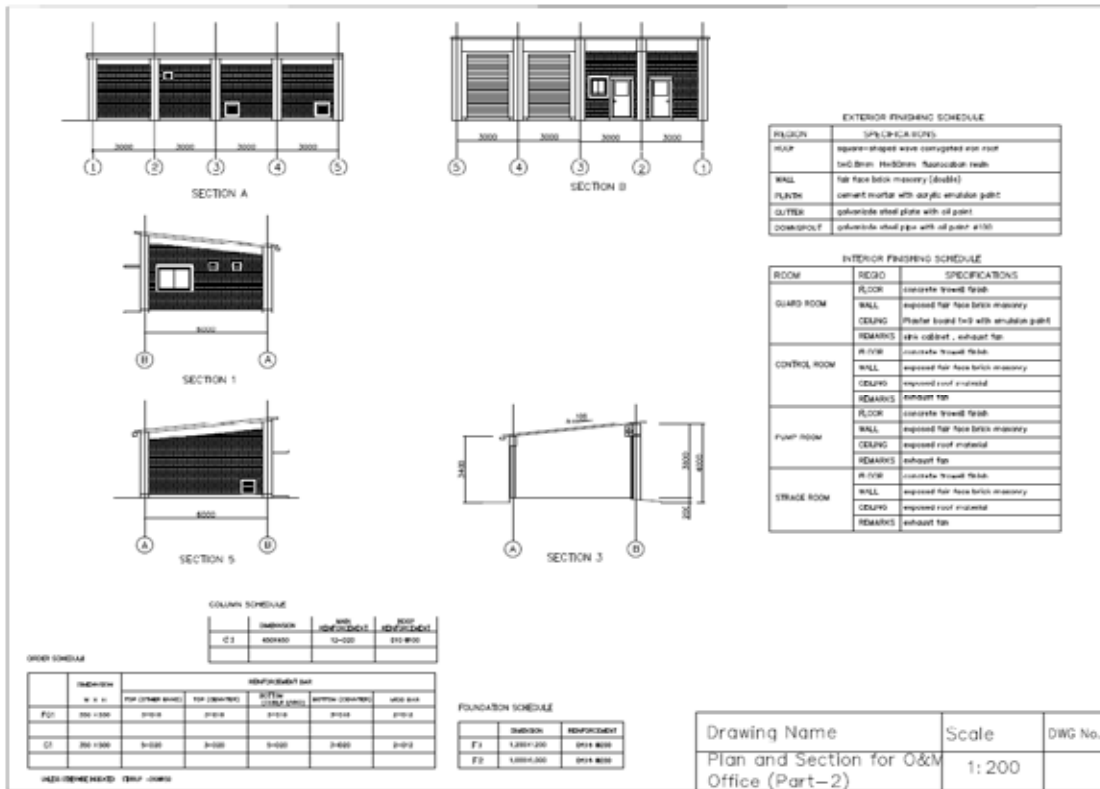
(出典: JICA 調査団)

図 3.3- 15 La Salle 先行事業の詳細設計 (地形断面)



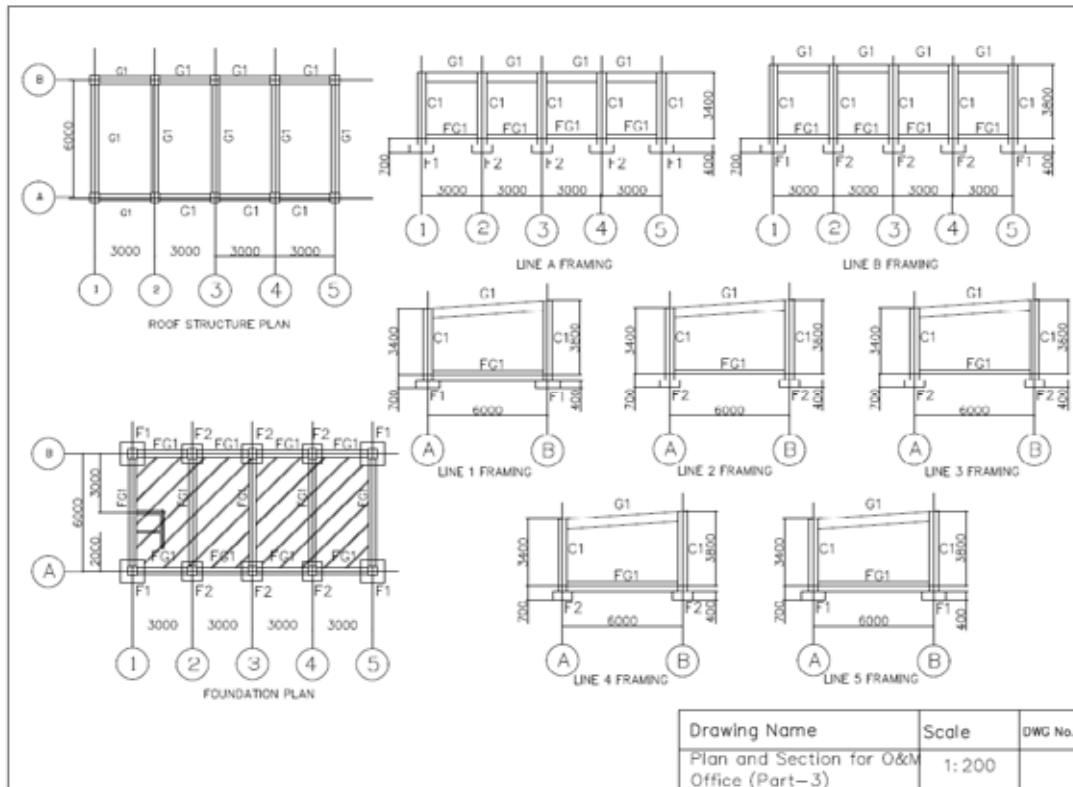
(出典: JICA 調査団)

図 3.3- 16 La Salle 先行事業の管理棟平面図・断面図(1)



(出典: JICA 調査団)

図 3.3- 17 La Salle 先行事業の管理棟平面図・断面図(2)



(出典: JICA 調査団)

図 3.3- 18 La Salle 先行事業の管理棟平面図・断面図(3)



### 3.2 第1期事業

第1期事業として東部地区事業を提案する。その理由は以下のとおりである。

- 東部山地は水消費地であるボゴタ市街地に隣接し、緊急時の水の運搬に適している。
- 東部山地の白亜紀層は帯水層として優れており、大量の地下水開発が可能である。

#### (1) 東部地区事業の概略

東部地区事業の概略は表 3.3-4 に示すとおりである。全部で 32 本の緊急井戸から 66,500m<sup>3</sup>/日の地下水を供給する。

表 3.3-4 東部地区事業概要

地区	水源井戸本数	給水量(m <sup>3</sup> /日)	給水対象区域	給水人口 <sup>注)</sup>
San Cristbal	1(1)	2,000	Bogota 市全域	133,000
Chapinero	1	2,000		133,000
Usaquen	14 (2)	28,000		1,866,000
Suba	5(3)	12,500		833,000
Bogota Rural	12	24,000		1,600,000
合計	33 (6)	68,500		4,565,000

注-1) ( )内は先行事業井戸

注-2) 緊急時の単位給水量を 150/人/日とした場合

東部山地に井戸を建設し緊急時にボゴタ市に給水する。給水方法は以下の方法である。

- ① 給水車による給水
- ② 既往管路による給水

#### 拠点給水

東部山地で開発した緊急井戸は井戸地点における給水を可能とし、緊急時には緊急井戸の水を給水車によってボゴタ市内に運搬する。

#### 既往管路による給水

緊急事態の長期化に対応し、緊急井戸を既往の給水施設（配水池や配水管）に接続して給水する。緊急井戸の近傍に既往給水施設が存在しない場合には、配水池・配水管の新設を計画する。

#### 3.2.1 井戸配置計画

##### (1) 井戸配置の基本的な留意事項

井戸配置を表 3.3-5 および図 3.3-20 に示す。井戸配置に当たっての基本的留意事項は以下のとおりである。

- 水理地質的に豊富な地下水が得られること。
- 井戸施設の建設用地が確保可能であること。
- ボゴタ市の中心に近く、水運搬が容易であること。

- 既存の給水システムへの接続が可能であること。

また、上記に加え、

- Acueducto の所有地であることが望ましい。

## (2) 井戸配置とボゴタ断層

図 3.3- 20 に示す井戸位置はボゴタ断層に沿って配置されている。ボゴタ断層の位置は井戸位置選定における重要な鍵となる。井戸位置選定に当たって、以下に示すボゴタ断層の特性に留意した。

- 図-3.12 に示す様に、ボゴタ断層は白亜紀層と第三紀層との地質境界となっており、井戸位置は断層の白亜紀層側(東側)に配置する。
- ボゴタ断層は南部地域では高標高地帯に位置し、北に向かって徐々にその高度を下げ、ボゴタ市中央部の Usaquen 地区で地中に没する。したがって井戸も南部地区では高標高に配置し、北部地区に向かって徐々に標高を下げ、ボゴタ市中部の Usaquen 地区から北側では井戸は山地を離れ平野部に配置する。
- ボゴタ断層は逆断層であるため、可能な限り断層から一定の距離を置いて井戸を掘削する。過去の実績から、断層と井戸の距離は 200m 程度あれば十分と考えられる。

一方、上に述べた地質的条件を考慮し、南部では井戸標高を高く、北部では井戸の標高を低くすべきである。その結果、南部では井戸の地下水位が深く、逆に北部で浅くなる。東部山地では、南部ほど地下水開発が不利、逆に、北部ほど有利となる。その理由は以下のとおりである。

- 東部山地は褶曲山地であり、帯水層となる砂岩層は山地の一定の深度に分布している。地下水位が低い場合は地下水面以下に分布する帯水層の体積が少なくなるため地下水供給能力が低くなる(図 3.3- 19 参照)。
- 地下水位が深くなった場合、揚水コストが高くなり、経済的な取水が不可能となる。
- 井戸の能力として、深度 300-400m 程度の井戸から 1,000-2,000m<sup>3</sup>/日の取水が可能であることを条件にしているが、南部地区においてはこの条件を満たすことが困難となる。

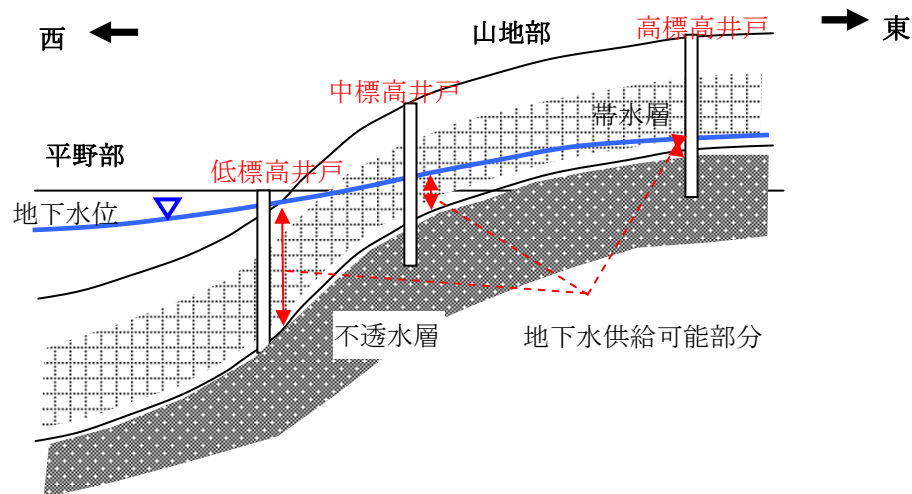


図 3.3- 19 東部山地における井戸標高と帯水層との関係

表 3.3- 5 東部地区事業の井戸一覧

サイト名	番号	座 標		標高(m)	地質記号	備 考	
		緯度	経度				
Vitelma	E-1	N 4°33'46.8"	W 74°03'55.2"	2,810	K2d	Acueducto 敷地、パイロット事業	
Praiso	E-3	N 4°37' 24.3"	W 74°03' 22.9"	2,768	K2d	Acueducto 敷地	
Usaquen	Tank Santa Ana	TA-1	N 4°40' 55.9"	W 74°02' 01.6"	2,674	K2t	Acueducto 敷地
		TA-2	N 4°41' 06.5"	W 74°01' 46.6"	2,688	K2t	Acueducto 敷地
	La Aguadora	E-5	N 4°41' 02.1"	W 74°01' 39.8"	2,643	K2t	Acueducto 敷地
		E-6	N 4°33'46.8"	W 74°03'55.2"	2,810	K2t	パイロット事業、Acueducto 敷地
	Bosque Medina	E-7	N 4°42'43.2"	W 74°01'44.3"	2,583	Q2c(K2t)	-
	Bosque de pinos	E-8	N 4°43'22.7"	W 74°01'32.9"	2,583	Q2c(K2t)	-
		E-9	N 4°43'38.4"	W 74°01'22.5"	2,597	K2t	-
	Cerro norte	E-10	N 4°44'01.6"	W 74°01'24.4"	2,587	K2t	-
		E-11	N 4°44'09.6"	W 74°01'26.4"	2,577	Q2c(K2t)	-
	Soratama	E-12	N 4°44'24.6"	W 74°01'20.9"	2,583	Q2c(K2t)	-
		E-13	N 4°44'42.8"	W 74°01'19.2"	2,592	Q2c(K2t)	-
	La Salle	E-14	N 4°45'16.6"	W 74°01'22.3"	2,605	Q2c(K2t)	Acueducto 敷地 パイロット事業
	Codito	E-15	N 4°45'45.5"	W 74°01'36.8"	2,578	Q2c(K2t)	Codito I タンク近傍
		CO-2	N 4°45' 53.4"	W 74°01' 26.6"	2,643	Q2c(K2t)	Codito II タンク近傍
Suba	Suba	E-16	N 4°45'27.1"	W 74°04'41.9"	2,581	Q2c(K2t)	パイロット事業
	Mariscal Sucre	E-17	N 4°46'16.3"	W 74°05'04.5"	2,575	Q2c(K2t)	パイロット事業
	Suba tank	ST-1	N 4°42' 42.2"	W 074°05' 00.2"	2,589	K2E1g(K2t)	Acueducto 敷地
		ST-2	N 4°42' 43.6"	W 074°05' 03.6"	2,588	K2E1g(K2t)	パイロット事業、Acueducto 敷地
	ST-3	N 4°42' 45.0"	W 074°05' 05.4"	2,589	K2E1g(K2t)	Acueducto 敷地	
Bogota Rural	Bogota Rural	Y-1	N 4°46'14.1"	W 74°01'38.4"	2,570	Q2c(K2t)	-
		Y-2	N 4°46'28.3"	W 74°01'36.9"	2,571	Q2c(K2t)	-
		Y-3	N 4°46'34.6"	W 74°01'35.8"	2,571	Q2c(K2t)	-
		Y-4	N 4°47'04.4"	W 74°01'42.3"	2,575	Q2c(K2p)	-
		Y-5	N 4°47'10.5"	W 74°01'40.4"	2,582	Q2c(K2p)	-
		Y-6	N 4°47'21.3"	W 74°01'42.9"	2,571	Q2c(K2p)	-
		Y-7	N 4°47'32.2"	W 74°01'45.9"	2,573	Q2c(K2p)	-
		Y-8	N 4°47'44.9"	W 74°01'53.8"	2,581	Q2c(K2t)	-
		Y-9	N 4°48'20.5"	W 74°01'48.5"	2,568	K2t	-
		Y-10	N 4°48'34.4"	W 74°01'50.3"	2,570	Q2c, Q2ch	-
		Y-11	N 4°49'02.2"	W 74°01'51.6"	2,569	Q2c, Q2ch	-
		Y-12	N 4°49'17.7"	W 74°01'53.4"	2,586	K2t	-

地質凡例	Q2c, Q2ch	第四紀層	K2t	Labor & Tierna 層 (白亜紀)
	E1b	Bogota 層 (始新世)	K2p	Plaeners 層 (白亜紀)
	K2E1g	Guaduas 層 (暁新世)	Ksd	Dura 層 (白亜紀)

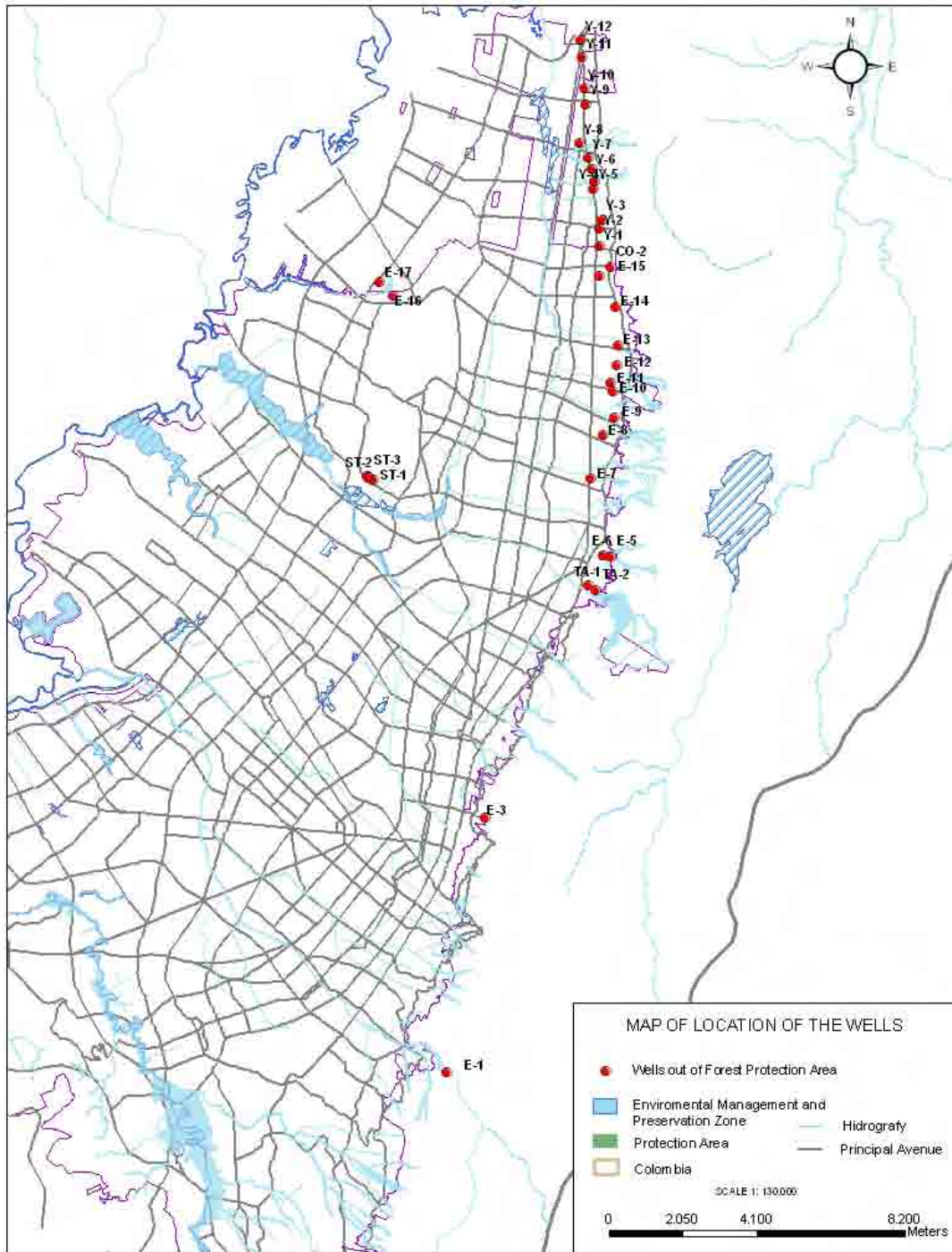


図 3.3- 20 東部事業井戸位置

(3) M/P と F/S の井戸本数の違い

東部事業において、M/P で 29 本の緊急井戸を計画した。F/S で見直しを行なった結果、新たに 6 本の井戸(TA-1、TA-2、CO-2、ST-1、St-2、ST-3)を候補に加え、逆に 2 本の井戸を候補から省いた(E-2、E-4)。その結果、F/S における井戸候補は 33 本となり、M/P から 4 本増となった。

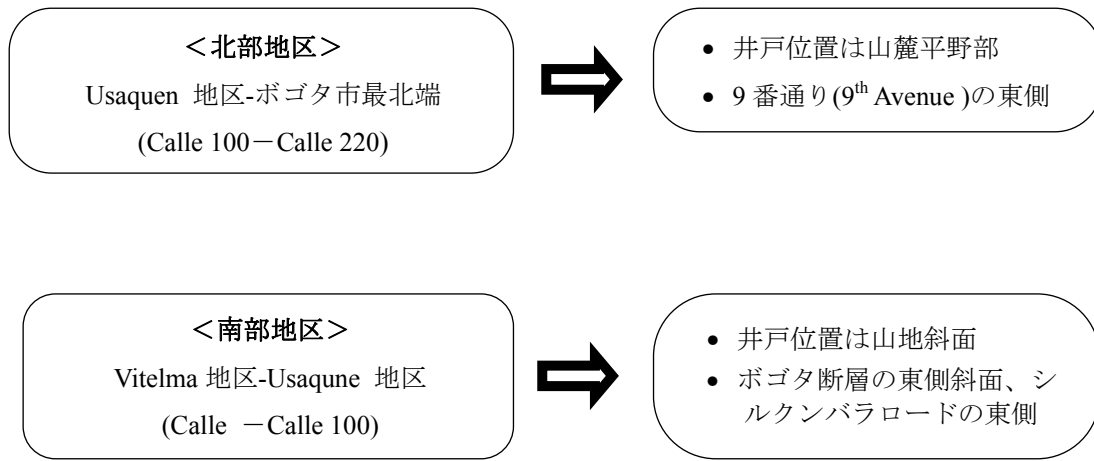


図 3.3- 21 最適な井戸位置

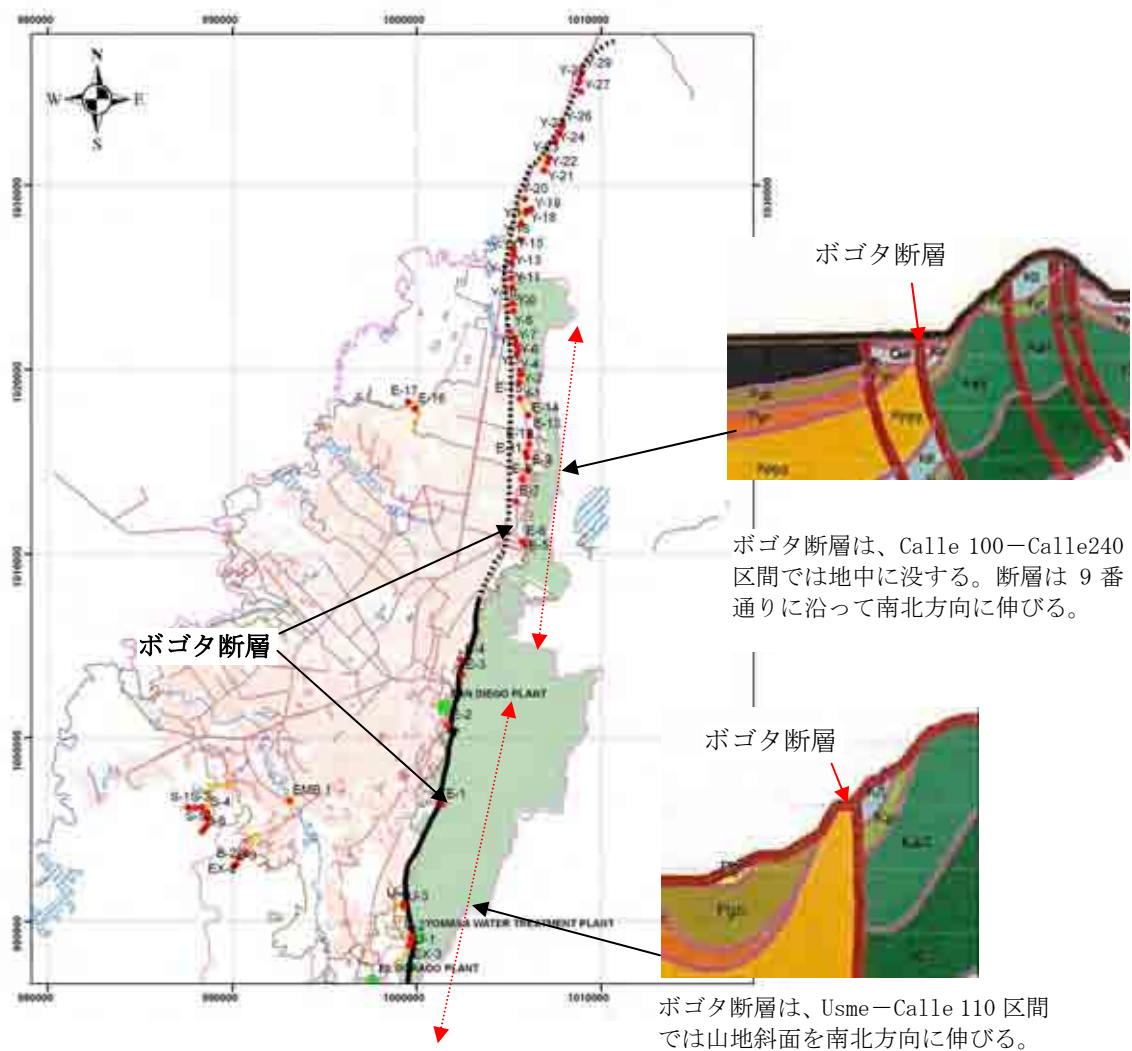


図 3.3- 22 ボゴタ断層と井戸位置

3.2.2 施設計画

(1) 緊急給水システムの施設計画

第1期事業における緊急給水ユニットの構成と接続先は、下表に示すとおりである。

表 3.3-6 緊急給水ユニットの構成と接続先 (第1期事業)

事業名	場所	給水ユニット名	井戸				井戸ポンプ				導水管		水質処理槽		送水管		接続先 (既存施設)	送配水形態 1)	
			No.	New/ Exist.	口径 (in.)	深度 (m)	径 (in.)	揚程 (m)	出力 (kW)	径 (in.)	延長 (m)	容量 (m3/day)	施設概要	管径 (in.)	延長 (m)				
第1期事業	Vitelma	-	(E-1)	Pilot	-	-	-	-	-	-	-	-	(2,000)	(塩素+圧力 フィルタ)	-	-	-	-	
	Praiso	1-01	E-3	New	8"+6"	300	4	190	75	6	25	2,000	塩素+圧力 フィルタ	6	25	Tank Paraiso 3	2		
	Usaquen	Tank Santa Ana	1-02	TA-1	New	8"+6"	300	4	190	75	6	25	4,000	塩素+圧力 フィルタ	-	-	-	-	1
				TA-2	New	8"+6"	300	4	190	75	6	587							
		La Aguadora	1-03	(E-5)	Pilot	-	-	-	-	-	-	-	(2,000)	(塩素+圧力 カフィルタ)	8	325	Tank Santa Ana	2	
				E-6	New	8"+6"	300	4	190	75	6	358	2,000	塩素+圧力 フィルタ					
		Bosque Medina	1-04	E-7	New	8"+6"	300	4	190	75	6	25	2,000	塩素+圧力 フィルタ	-	-	-	1	
		Bosque de pinos	1-05	E-8	New	8"+6"	300	4	190	75	6	25	2,000	塩素+圧力 フィルタ	-	-	-	1	
				E-9	New	8"+6"	300	4	190	75	6	25	2,000	塩素+圧力 フィルタ	-	-	-	1	
		Cerro norte	1-07	E-10	New	8"+6"	300	4	190	75	6	25	8,000	塩素+圧力 フィルタ	12	20	Tank Soratama 1	2	
				E-11	New	8"+6"	300	4	190	75	10	305							
				E-12	New	8"+6"	300	4	190	75	8	535							
	Soratama		E-13	New	8"+6"	300	4	190	75	6	605								
	Codito	1-08	(E-14)	Pilot	-	-	-	-	-	-	-	(2,000)	(塩素)	6	1,330	Tank Codito 1	2		
			E-15	New	8"+6"	300	4	190	75	6	25	2,000	塩素+圧力 フィルタ	6	55	Tank Codito 1	2		
			CO-2	New	8"+6"	300	4	190	75	6	25	2,000	塩素+圧力 フィルタ	6	134	Tank Codito 2	2		
	Suba tank	1-11	ST-1	New	8"+6"	300	4	100	55	6	137	5,000	塩素+圧力 フィルタ	12	537	Tank Suba Nuevo	2		
			ST-3	New	8"+6"	300	4	100	55	6	55								
			(ST-2)	Pilot	-	-	-	-	-	-	-	(2,500)	(塩素+圧力 カフィルタ)						
	Suba	-	(E-16)	Pilot	-	-	4	97	55	6	25	(2,500)	(塩素+圧力 カフィルタ)	-	-	-	-		
	Mariscal Sucre	-	(E-17)	Pilot	-	-	4	85	45	-	-	(2,500)	(塩素)	-	-	-	-		
	Bogota Rural	Bogota Rural	1-12	Y-1	New	8"+6"	300	4	190	75	6	70	6,000	塩素+圧力 フィルタ	24	12,535	Tank Santa Ana	2	
				Y-2	New	8"+6"	300	4	190	75	8	500							
Y-3				New	8"+6"	300	4	190	75	6	200								
Y-4				New	8"+6"	300	4	190	75	6	25	10,000	塩素+圧力 フィルタ	20	1,500	Tank Santa Ana	2		
Y-5				New	8"+6"	300	4	190	75	12	200								
Y-6				New	8"+6"	300	4	190	75	10	350								
Y-7				New	8"+6"	300	4	190	75	8	350								
Y-8				New	8"+6"	300	4	190	75	6	500	4,000	塩素+圧力 フィルタ	12	2,580	Tank Santa Ana	2		
Y-9				New	8"+6"	300	4	190	75	6	25								
Y-10				New	8"+6"	300	4	190	75	6	440	4,000	塩素+圧力 フィルタ	8	1,330	Tank Santa Ana	2		
Y-11				New	8"+6"	300	4	190	75	6	25								
Y-12				New	8"+6"	300	4	190	75	6	520								

注-1) 送配水形態は図 3.3-31 に示すタイプに準ずる。

(2) 緊急給水ユニット配置図

第1期事業における緊急給水ユニットは、井戸1~5本に対し1基の浄水場のユニットを形成する。各給水ユニットの配置図は、図 3.3-23~図 3.3-31 に示す通りである。

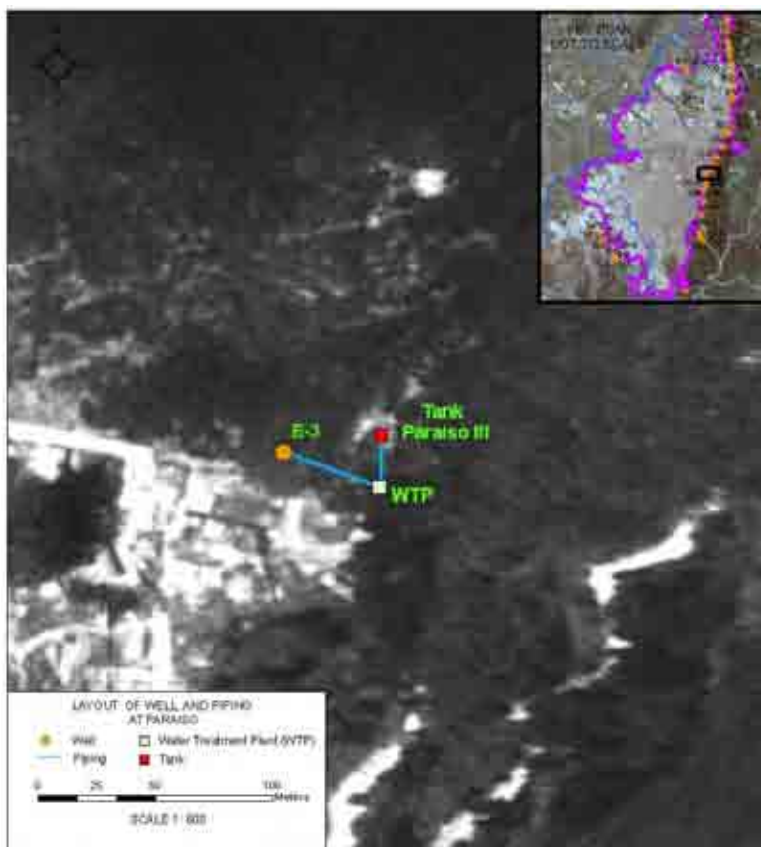


図 3.3- 23 第 1 期事業のユニット配置図 1-01

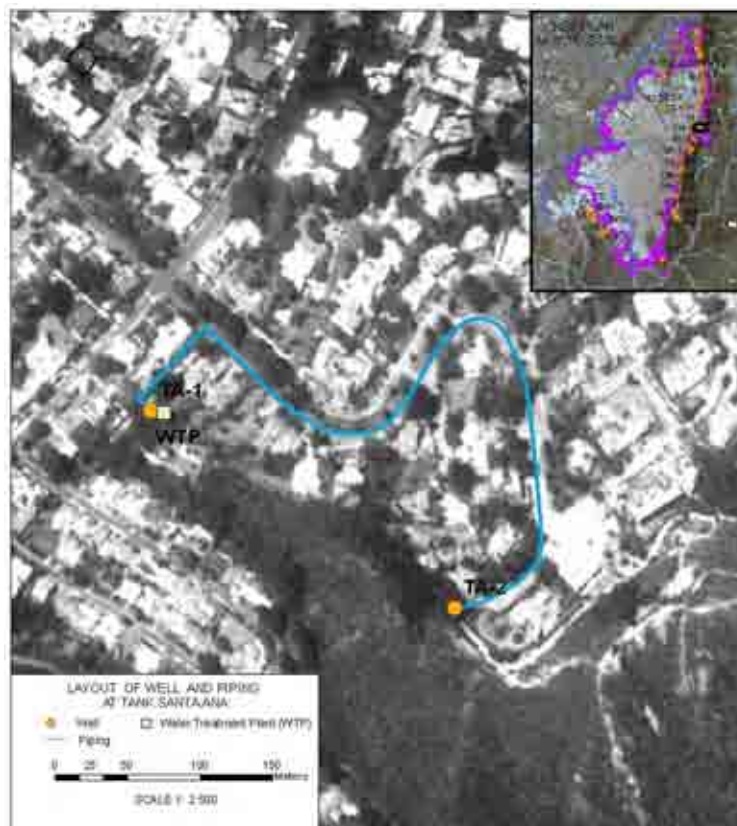


図 3.3- 24 第 1 期事業のユニット配置図 1-02

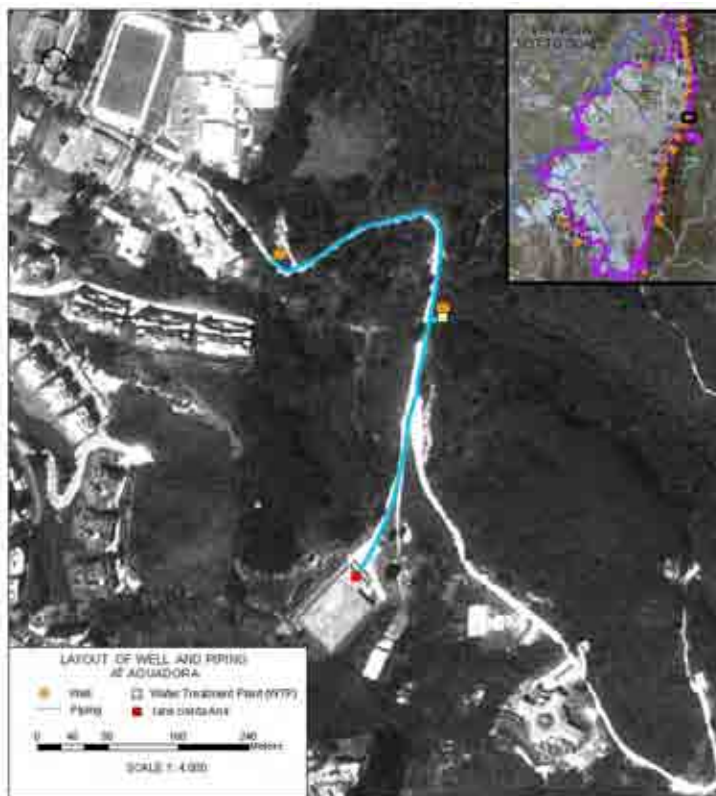


図 3.3- 25 第 1 期事業のユニット配置図 1-03



図 3.3- 26 第 1 期事業のユニット配置図 1-04



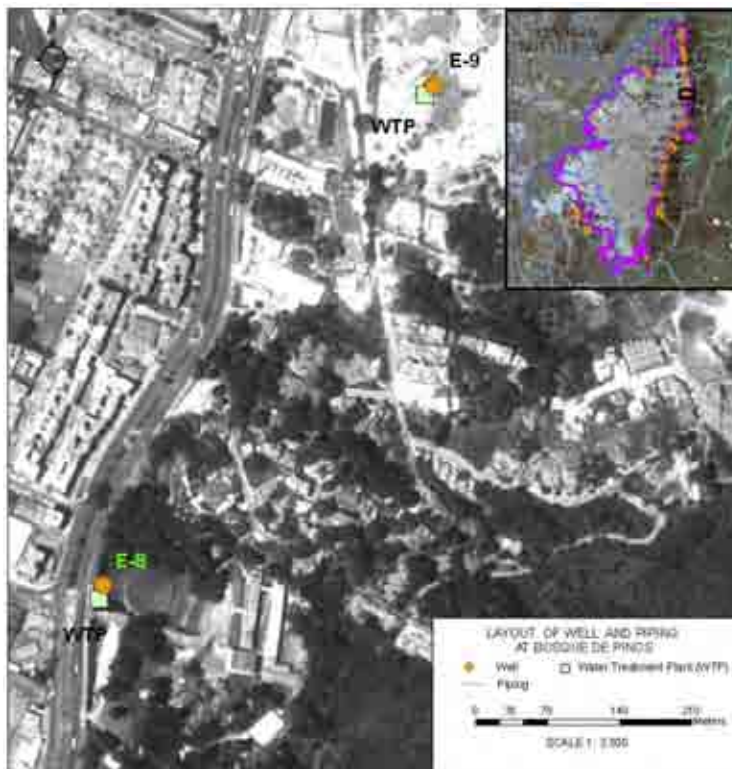


図 3.3- 27 第 1 期事業のユニット配置図 1-05,1-06

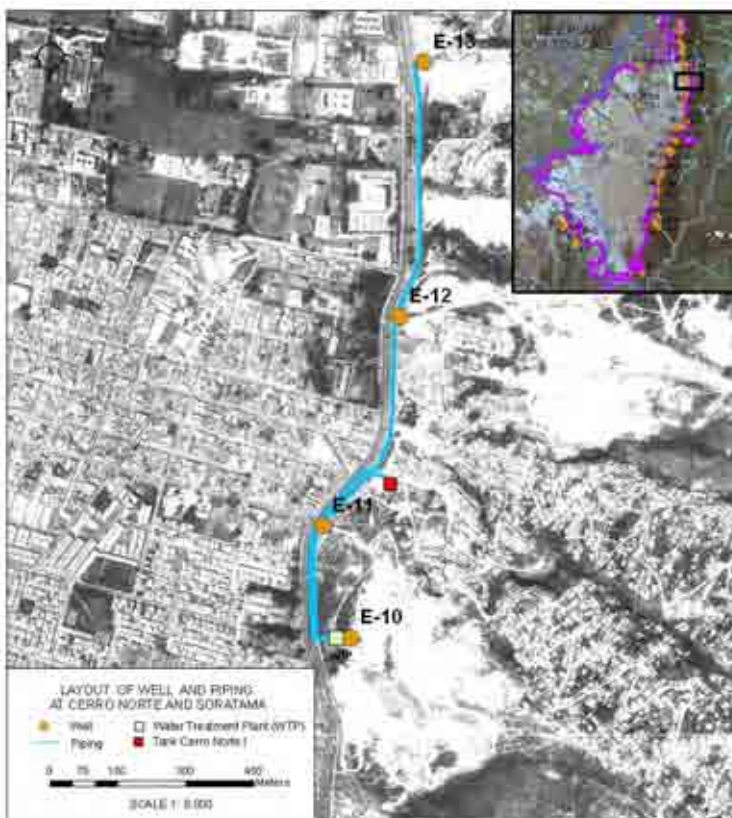


図 3.3- 28 第 1 期事業のユニット配置図 1-07

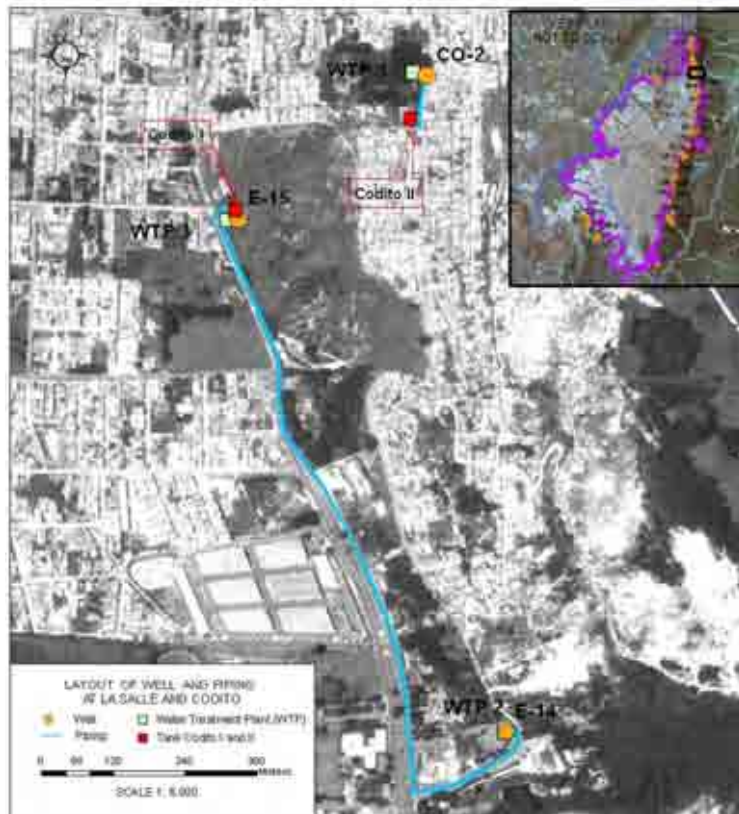


図 3.3- 29 第 1 期事業のユニット配置図 1-08,-09,-10

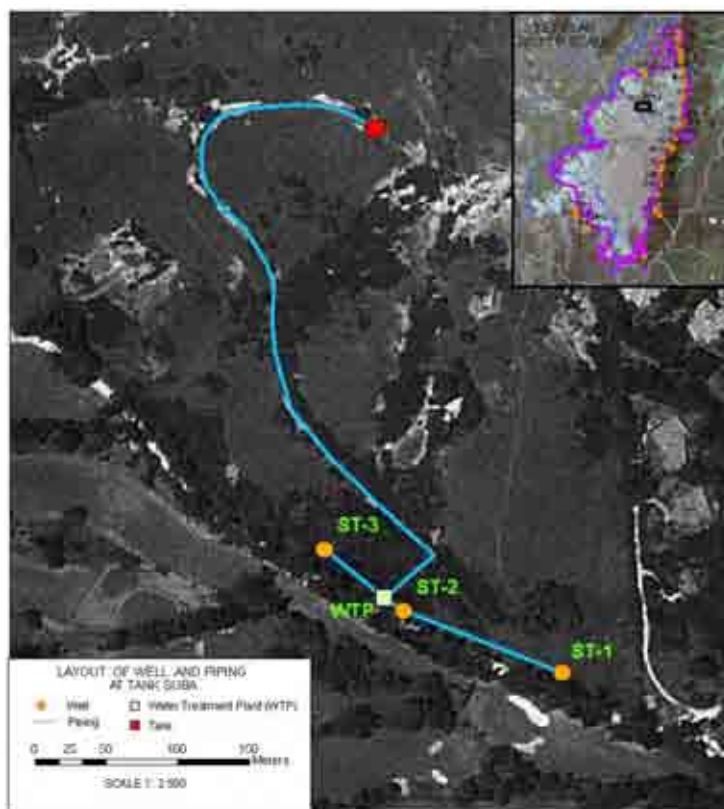


図 3.3- 30 第 1 期事業のユニット配置図 1-11[右]

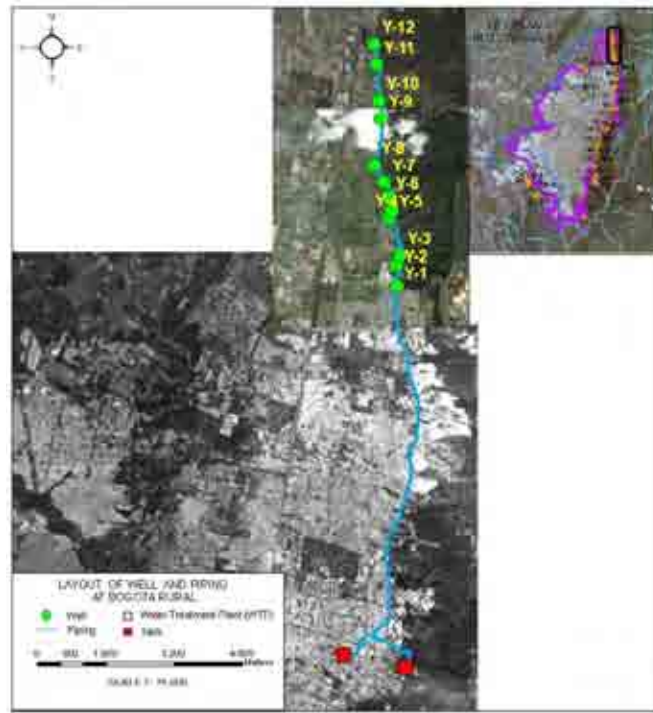


図 3.3- 31 第 1 期事業のユニット配置図 1-12

### 3.3 第 2 期事業

南部地区はボゴタ市の南部に位置し、Ciudad Bolivar 地区と Soacha 地区が含まれる。南部地区を震源とする直下型地震が発生した場合は大きな被害が想定される。

#### (1) 事業概要

南部丘陵地区に井戸を掘削し緊急時に給水する。14 本の緊急井戸から 13,100m<sup>3</sup>/日の地下水を供給する。井戸の水の給水方法は以下のとおりである。

- ① 井戸地点における拠点給水
- ② 既存施設への接続

表 3.3- 7 南部地区事業の概略

地区	水源井戸本数 <sup>注-1)</sup>	給水量(m <sup>3</sup> /日)	給水対象区域	給水人口 <sup>注-1)</sup>
Ciudad Bolivar	6(1)	6,000	Ciudad Bolivar	400,000
Soacha	7	7,000	Soacha	466,000
Usme	1(1)	100	Usme	6,000
合計	14(2)	13,100		872,000

注-1) ()内は先行事業井戸

注-2) 緊急時の単位給水量を 15ℓ/人/日とした場合

#### (2) Usme 地区の事業

当初、南部地区事業には Usme 地区の緊急給水施設計画が含まれていたが、M/P における試掘調査結果から Usme 地区においては地下水開発が困難であることが判明した。したがって、本 F/S

では Usme 地区の給水施設水計画を行なわない。

### 3.3.1 井戸配置計画

#### (1) 井戸配置

南部地区の井戸配置を図 3.3- 32 に示し、井戸の一覧を表 3.3- 8 に示す。井戸はすべて白亜紀層の帯水層から取水する。Ciudad Bolivar 地区および Soacha 地区の主要な帯水層は Guadalupe 層群の Dura 層の砂岩である。南部丘陵地区には広範囲にわたって白亜紀層が分布しており、東部山地の場合と異なり、主要な断層の両側で地質条件が急変することはない。したがって井戸位置選定における水理地質的な制約条件は少なく、アクセスや用地取得条件が井戸位置選定において重要となる。

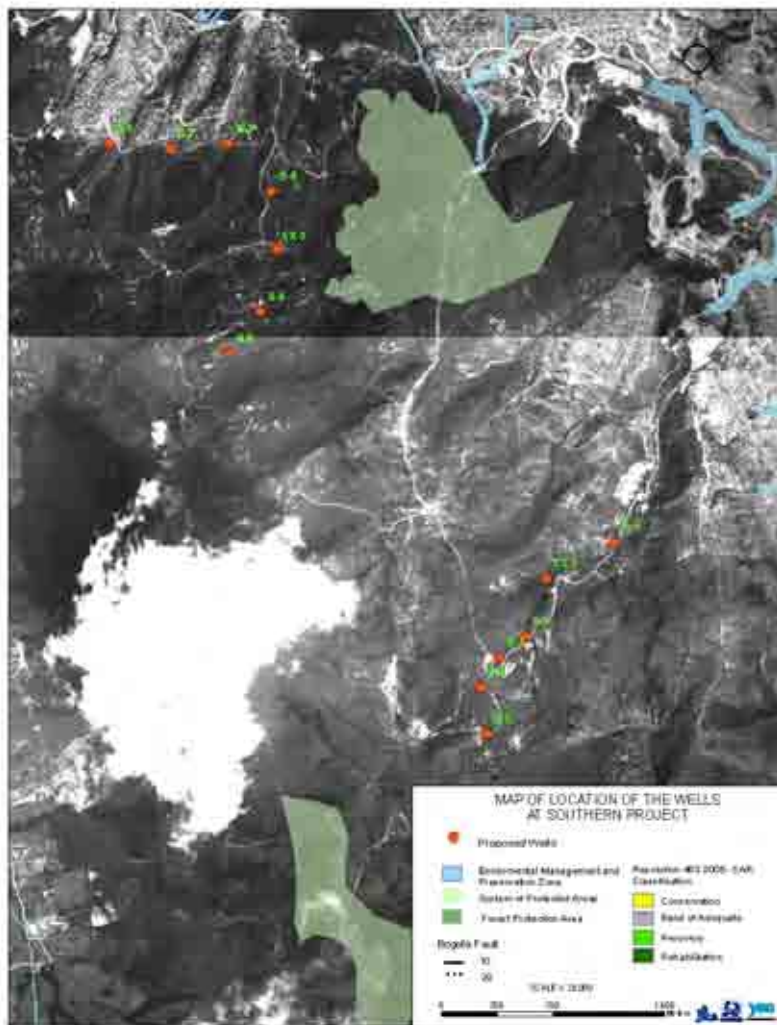


図 3.3- 32 南部地区事業井戸位置

表 3.3- 8 南部地区事業の井戸一覧

事業	地区	No.	座標		標高 (海拔)	表層地質
			緯度	経度		
南部地区	Ciudad Bolívar	B-1	4° 32'21.9"N	74° 09'37.7"W	2,835	K2p
		EX-2	4° 32'14.4"N	74° 09'51.7"W	2,867	K2p
		B-2	4° 32'02.7"N	74° 09'56.1"W	2,907	K2p
		B-3	4° 31'58.2"N	74° 10'01.4"W	2,918	K2p
		B-4	N 4°31' 52.3"	W 74°10' 05.0"	2,945	K2d
		B-5	N 4°31' 42.7"	W 74°10' 04.0"	2,987	K2d
	Soacha	S-1	4° 33'43.3"N	74° 11'20.8"W	2,746	K2d
		EX-1	4° 33'21.7"N	74° 10'46.4"W	2,786	K2d
		S-2	4° 33'42.2"N	74° 11'08.2"W	2,760	K2d
		S-3	4° 33'43.3"N	74° 10'56.4"W	2,748	K2d
		S-4	4° 33'33.6"N	74° 10'47.6"W	2,762	K2d
		S-5	4° 33'08.9"N	74° 10'49.9"W	2,809	K2d
		S-6	4° 33'00.4"N	74° 10'56.3"W	2,837	K2d
	Usme	EX-3	4° 29'38.1"N	74° 04'51.5"W	3,073	K2E1g

地質凡例	Q2c,Q2ch	第四紀層	K2t	Labor & Tierna 層 (白亜紀)
	E1b	Bogota 層 (始新世)	K2p	Plaeners 層 (白亜紀)
	K2E1g	Guaduas 層 (暁新世)	Ksd	Dura 層 (白亜紀)

(2) M/P と F/S における井戸本数の違い

南部地区事業において、M/P で 16 本の緊急井戸を計画した。F/S で見直しを行なった結果、Usme 地区の 4 本の井戸(U-1,2,3,4)を候補から省き、逆に 3 本の井戸を新たに候補加えた(B-4,5)。その結果、F/S における井戸候補は 14 本となり、M/P から 1 本減となった。Usme 地区では試掘調査を行いその結果に基づき当地区における井戸掘削を断念した。その理由は以下のとおりである。

Usme 地区の水理地質と井戸掘削

Usme 地区は東部山地の南端に位置し、東部山地の他の地区と同様にボゴタ断層の位置が井戸位置選定における重要なポイントとなる。Usme 地区におけるボゴタ断層は以下の特性を持っている(図 3.3- 33 参照)。

- ボゴタ断層は山地斜面上を山嶺方向と平行して伸びており、その標高は 3,000m 前後である。
- ボゴタ断層は地質の境界を形成する。ボゴタ断層の下側斜面には第三紀層が分布し、上側斜面には白亜紀層が分布する。すなわち、難透水性の第三紀層が標高 3,000m 程度まで分布している。
- 地質条件に対応し、ボゴタ断層の下側斜面は勾配が相対的に緩く、上側斜面は勾配が急である。

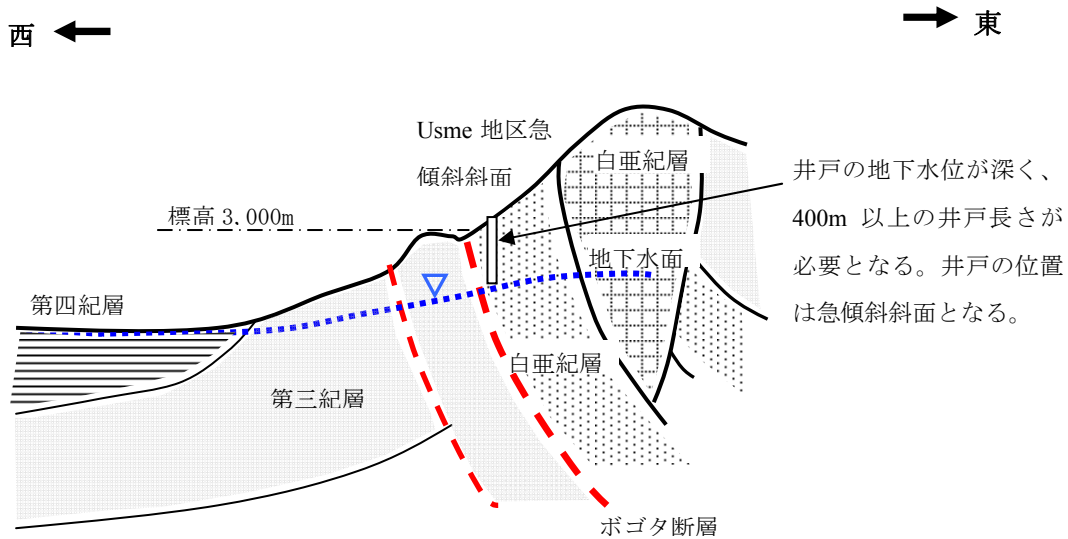


図 3.3-33 Usme 地区の水理地質構造と井戸掘削域

Usme 地区における井戸掘削適地はボゴタ断層の上側斜面、すなわち、標高 3,000m 以上の急斜面となる。また、Usme 地区はほぼ全域が急勾配の山腹斜面に位置している。かかる地区は地下水位が非常に深いことが予測され、また井戸掘削機のアクセスが困難である。M/P 調査では Usme 地区に試掘井戸を 1 本掘削したが、十分な揚水量を得ることはできなかった。以上の検討結果に基づき、Usme 地区での井戸開発は困難であると結論した。

**Usme 地区の将来的な水理地質調査方針**

本調査では Usme 地区は地下水開発の対象から除外した。しかし、将来「コ」国側機関が Usme 地区での地下水開発を再検討する場合、以下の方針で試掘調査することを提言する。

- ボゴタ断層から東側に 200m 程度離れた白亜紀層の斜面上で試掘井戸を計画する。
- 試掘井戸の深度は 400-500m 程度とする。
- 試掘予定地点で電気(電磁気)探査を行い、本 JICA 調査の TEM 探査結果と比較し、試掘の是非を判断する。

表 3.3-9 Usme 地区の試掘井戸候補地

事業	地区	No.	座 標		標高 (海拔)	表層地質
			緯度	経度		
Usme	Bogotá	U-101	4° 28'28.8"N	74° 04'48.6"W	3,210	K2d, hanging wall of Bogotá fault
		U-102	4° 29'57.7"N	74° 04'35.6"W	3,243	K2d, hanging wall of Bogotá fault
		U-103	4° 32'07.9"N	74° 04'47.2"W	3,022	K2d, beside Bogotá fault

**3.3.2 施設計画**

**(1) 緊急給水システムの施設計画**

第 2 期事業における緊急給水ユニットの構成と接続先は、下表に示すとおりである。

表 3.3-10 緊急給水ユニットの構成と接続先 (第2期事業)

事業名	場所	給水ユニット名	井戸					井戸ポンプ			導水管		水質処理槽		送水管		接続先 (既存施設)	送配水形態 (1)
			No.	New/ Exist.	口径 (in.)	深度 (m)	径 (in.)	揚程 (m)	出力 (kW)	径 (in.)	延長 (m)	容量 (m <sup>3</sup> /day)	施設概要	管径 (in.)	延長 (m)			
第2期事業	Southern hills Ciudad Bolovar	2-01	(EX-2)	Pilot	-	-	-	-	-	-	-	-	(1,000)	(塩素+圧力 カフィルタ)	-	-	-	-
			B-1	New	8"+6"	300	3.2	121	26	6	516	5,000	塩素+圧力 フィルタ	16	2,160	Tank Volador	2	
			B-2	New	8"+6"	300	3.2	121	26	12	487							
			B-3	New	8"+6"	300	3.2	121	26	10	280							
			B-4	New	8"+6"	300	3.2	121	26	8	261							
	B-5	New	8"+6"	300	3.2	121	26	6	427									
	Southern hills Soacha	2-02	S-1	New	8"+6"	300	4	190	75	6	25	3,000	塩素+圧力 フィルタ	10	632	Soacha P/S	2	
			S-2	New	8"+6"	300	4	190	75	6	515							
			S-3	New	8"+6"	300	4	190	75	6	920							
		2-03	S-4	New	8"+6"	300	4	190	75	6	25	4,000	塩素+圧力 フィルタ	12	2,545	Tank Santo Domingo	2	
			EX-1	New	8"+6"	300	4	190	75	6	546							
			S-5	New	8"+6"	300	4	190	75	6	956							
	Usme	Usme	-	(EX-3)	Pilot	-	-	-	-	-	-	-	(100)	(塩素+曝 気+圧力 フィルタ)	-	-	-	-

注-1) 送配水形態は図 3.3-31 に示すタイプに準ずる。

(2) 緊急給水ユニット配置図

第2期事業における緊急給水ユニットは、井戸1～5本に対し1基の浄水場のユニットを形成する。各給水ユニットの配置図は、図 3.3-34～図 3.3-35 に示す通りである。

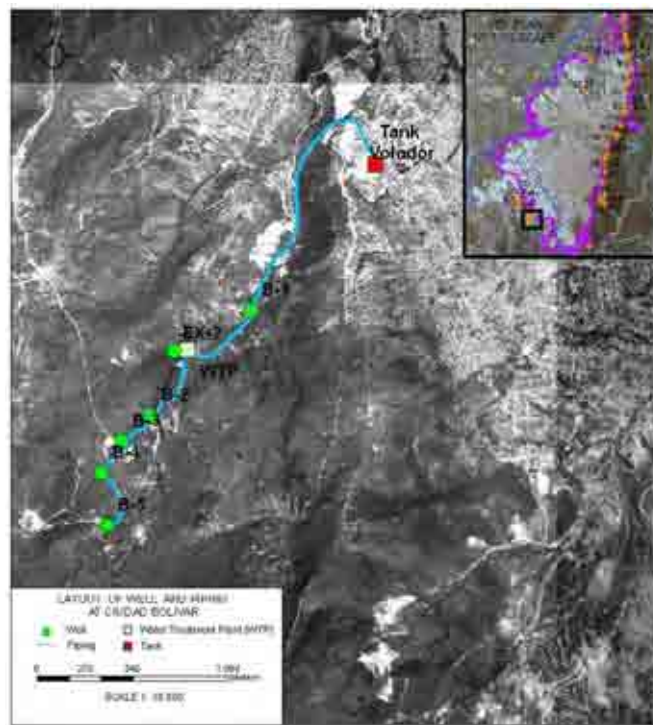


図 3.3-34 第2期事業のユニット配置図 2-01

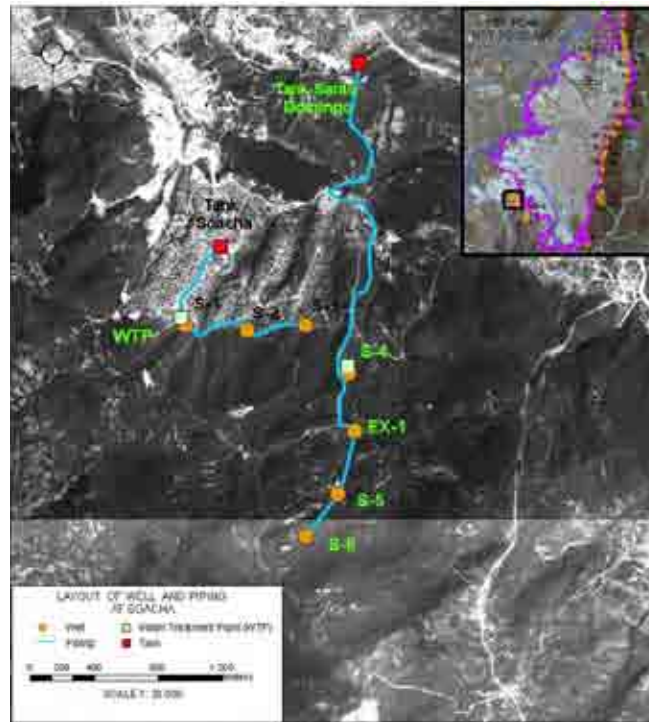


図 3.3- 35 第 2 期事業のユニット配置図 2-02,2-03

### 3.4 第 3 期事業

第 3 期事業として Yerbabuena 地区の事業を提案する。Yerbabuena 地区はボゴタ市から離れておりボゴタ市の緊急水源としての価値は他の事業より低い。また、Yerbabuena 地区は Bogota 市ではなく、Chia 市と Sopo 市に属しているため、Acueducto が給水事業を実施するに当たって行政面での障壁がある。以上により Yerbabuena 事業の優先度は他事業より低い。その一方で、水理地質的観点において、当地区は高い価値を有する。

#### (1) 事業概要

Yerbabuena 地区はボゴタ市の北部に隣接する Chia 市、Cajica 市、Sopo 市に属している。この 3 市は Acueducto からの用水給水を受けている。3 市とも人口の伸びが著しい地区であり、Acueducto が行なっている用水給水量全体の 66% を占める。Acueducto は緊急時においても 3 市に給水する義務があり、その場合 Yerbabuena 地区の緊急井戸が活用できる。

本 F/S では Yerbabuena 地区に 17 本の井戸を計画し、34,000 m<sup>3</sup>/日の地下水を供給する。Yerbabuena 丘陵の裾野に沿って白亜紀層の帯水層が分布しており井戸掘削に適している。また、丘陵の裾野に沿って主要地方道が走っており計画井戸は道路沿いに配置されている。したがって、井戸掘削機のアクセスも容易である。以上述べた状況を踏まえ、Yerbabuena 地区の井戸開発は以下の方針とする（図 3.3- 36 参照）。

- ① 拠点給水により、ボゴタ市北部、Chia 市、Cajica 市、Sopo 市に給水する。
- ② 既存配水管を利用して Chia 市、Cajica 市へ配水する。



表 3.3- 11 Yerbabuena 事業の概略

地区	水源井戸本数	給水量(m <sup>3</sup> /日)	給水対象区域	給水人口
Chia 市	9	18,000	ボゴタ市、Chia 市、Cajica 市、 Sopo 市	1,200,000
Sopo 市	8	16,000		1,066,000
合計	17	34,000		2,266,000

以下、上記の方針につき説明する。

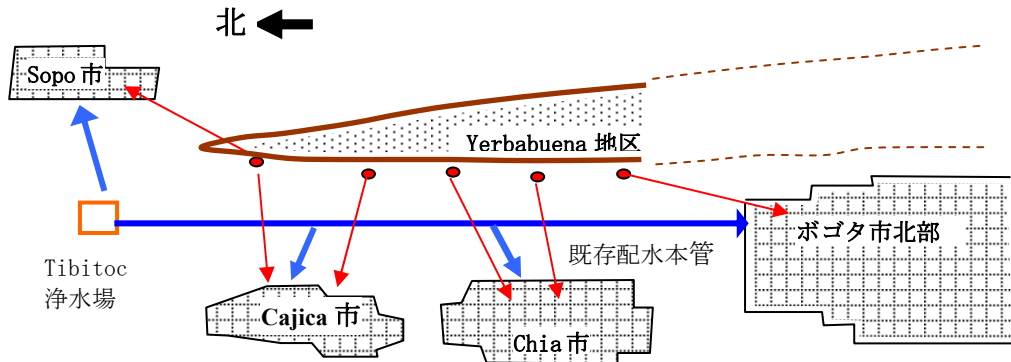


図 3.3- 36 Yerbabuena 地区緊急井戸の運搬

(2) 拠点給水

拠点給水は給水車によって行なう。給水対象は、ボゴタ市北部、Chia 市、Cajica 市、Sopo 市である。Yerbabuena 地区は Bogota 市の中心部からは離れているが、Bogota 市北部地区、Chia 市、Cajica 市、Sopa 市に隣接しており給水車による給水が十分可能である。

(3) 既往配水管による配水

緊急井戸からの水を配水する方法として、既設の Tibitoc-ボゴタ市間の送水幹線を利用する方法が考えられる。一方、同送水本管は老朽化が進み、緊急井戸との接続は管破損のリスクを伴うため避けるべきである。その場合、配水本管を新設する方策もあるが、建設費が膨大となり、緊急給水目的に見合わない可能性が高い。本調査では、Chia 及び Cajica 市へ送水することを前提として検討を行なう。

3.4.1 井戸配置計画

(1) 井戸配置計画

Yerbabuena 地区の井戸配置を図 3.3- 37 に示す。

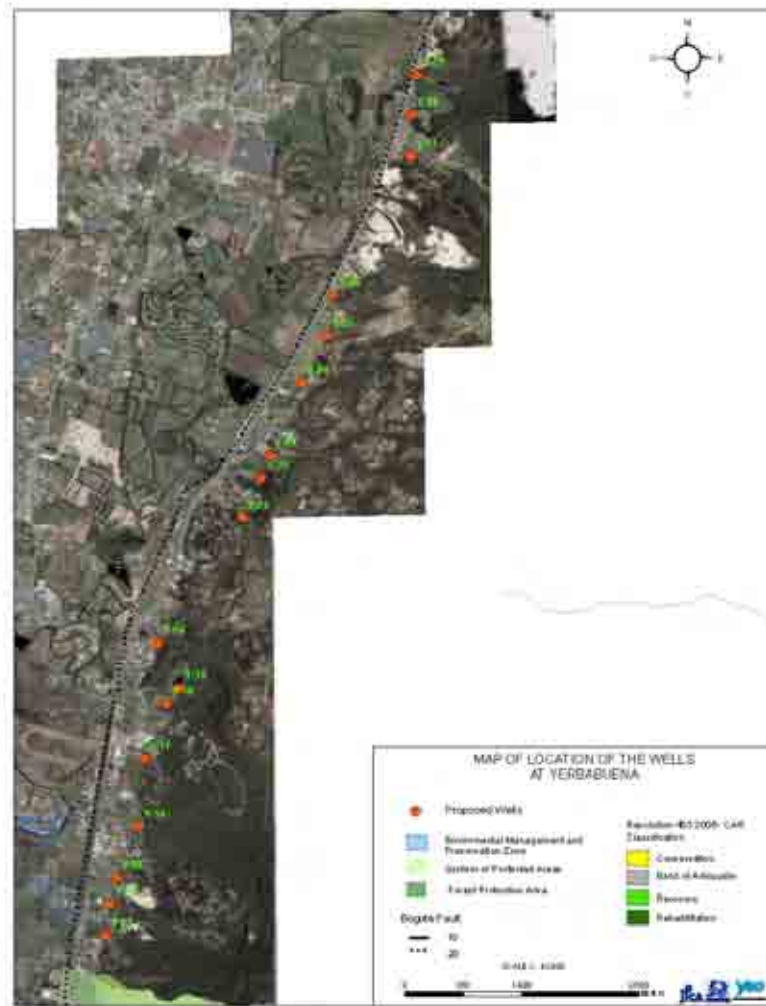


図 3.3- 37 Yerbabuena 事業の井戸配置

水理地質構造と緊急井戸の関係を図 3.3- 38 に示す。帯水層となる白亜紀層の砂岩は平野部の地下浅部に分布しているため、丘陵裾野の平野部に井戸を掘削すれば豊富な地下水が得られる。井戸位置の選定にあたって、Yerbabuena 地区ではボゴタ断層の影響は小さい。

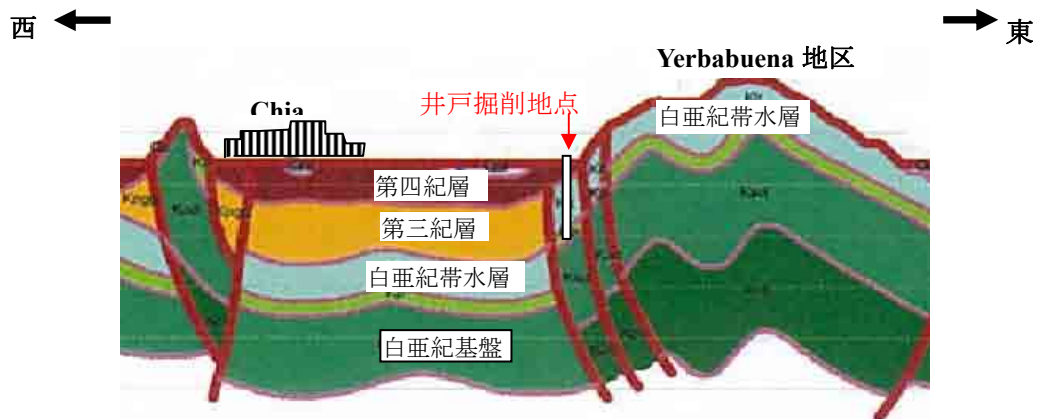


図 3.3- 38 Yerbabuena 地区の地質構造と最適井戸位置

表 3.3- 12 Yerbabuena 地区井戸

地区	No.	座 標		標高 (海拔)	表層地質
		緯度	経度		
Chia	Y-13	4° 49'45.4"N	74° 01'51.7"W	2,566	K2t, west limb of anticline
	Y-14	4° 49'57.4"N	74° 01'48.4"W	2,564	K2t, west limb of anticline
	Y-15	4° 50'07.1"N	74° 01'47.7"W	2,558	K2t, west limb of anticline, along the lineament
	Y-16	4° 50'27.2"N	74° 01'36.2"W	2,564	K2t, west limb of anticline
	Y-17	4° 50'55.6"N	74° 01'35.4"W	2,556	K2t, west limb of anticline, along the lineament
	Y-18	4° 51'15.1"N	74° 01'25.6"W	2,571	K2t, west limb of anticline, along the lineament
	Y-19	4° 51'21.4"N	74° 01'17.6"W	2,617	K2t, west limb of anticline
	Y-20	4° 51'38.8"N	74° 01'28.8"W	2,577	K2E1g
Sopo	Y-21	4° 52'29.5"N	74° 00'53.8"W	2,570	K2t, west limb of anticline, along the lineament
	Y-22	4° 52'43.5"N	74° 00'48.4"W	2,566	K2t, west limb of anticline, along the lineament
	Y-23	4° 52'52.3"N	74° 00'45.6"W	2,563	K2t, west limb of anticline, along the lineament
	Y-24	4° 53'21.3"N	74° 00'34.8"W	2,557	Q1sa(K2t)
	Y-25	4° 53'35.2"N	74° 00'26.9"W	2,559	Q1sa(K2t)
	Y-26	4° 53'46.8"N	74° 00'22.6"W	2,559	Q1sa(K2t)
	Y-27	4° 54'49.5"N	73° 59'50.3"W	2,558	Q1sa(K2d), west limb of anticline
	Y-28	4° 55'08.5"N	73° 59'51.1"W	2,554	Q1sa(K2d), west limb of anticline
	Y-29	4° 55'21.2"N	73° 59'47.8"W	2,561	K2d, west limb of anticline

地 質 凡 例	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Q2c,Q2ch</span>	第四紀層	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">K2t</span>	Labor & Tierna 層 (白亜紀)
	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">E1b</span>	Bogota 層 (始新世)	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">K2p</span>	Plaeners 層 (白亜紀)
	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">K2E1g</span>	Guaduas 層 (暁新世)	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Ksd</span>	Dura 層 (白亜紀)

(2) M/P と F/S における井戸本数の違い

Yerba Buena 地区事業では、M/P では 17 本の井戸を提案し、F/S でも 17 本の井戸を提案した。両者の井戸本数に違いはない。

3.4.2 施設計画

(1) 緊急給水システムの施設計画

第 3 期事業における緊急給水ユニットの構成と接続先は、下表に示すとおりである。

表 3.3- 13 緊急給水ユニットの構成と接続先 (第 3 期事業)

事業名	場所	給水ユニット名	井戸				井戸ポンプ			導水管		水質処理槽		送水管		接続先 (既存施設)	送配水形態 1)
			No.	New/ Exist.	口径 (in.)	深度 (m)	径 (in.)	揚程 (m)	出力 (kW)	径 (in.)	延長 (m)	容量 (m3/day)	施設概要	管径 (in.)	延長 (m)		
第3期事業	Chia	3-01	Y-13	New	8"+6"	300	4	190	75	6	450	8,000	塩素+圧力 フィルタ	12	2,340	Chia City Water Network	3
			Y-14	New	8"+6"	300	4	190	75	8	330						
			Y-15	New	8"+6"	300	4	190	75	10	670						
			Y-16	New	8"+6"	300	4	190	75	6	25						
			Y-17	New	8"+6"	300	4	190	75	6	825						
			Y-18	New	8"+6"	300	4	190	75	8	245						
			Y-19	New	8"+6"	300	4	190	75	10	655						
			Y-20	New	8"+6"	300	4	190	75	12	210						
	Sopo	3-02	Y-21	New	8"+6"	300	4	190	75	6	1,355	6,000	塩素+圧力 フィルタ	10	2,590	Sopo City Water Network	3
			Y-22	New	8"+6"	300	4	190	75	8	95						
			Y-23	New	8"+6"	300	4	190	75	6	600						
			Y-24	New	8"+6"	300	4	190	75	6	545						
			Y-25	New	8"+6"	300	4	190	75	8	520						
			Y-26	New	8"+6"	300	4	190	75	6	25						
Sopo	3-02	Y-27	New	8"+6"	300	4	190	75	6	775	6,000	塩素+圧力 フィルタ	10	485	Sopo City Water Network	3	
		Y-28	New	8"+6"	300	4	190	75	8	445							
		Y-29	New	8"+6"	300	4	190	75	6	60							

注-1) 送配水形態は図 3.3-31 に示すタイプに準ずる。

(2) 緊急給水ユニット配置図

第3期事業における緊急給水ユニットは、井戸3～5本に対し1基の浄水場のユニットを形成する。各給水ユニットの配置図は、図3.3-39～図3.3-40に示すとおりである。

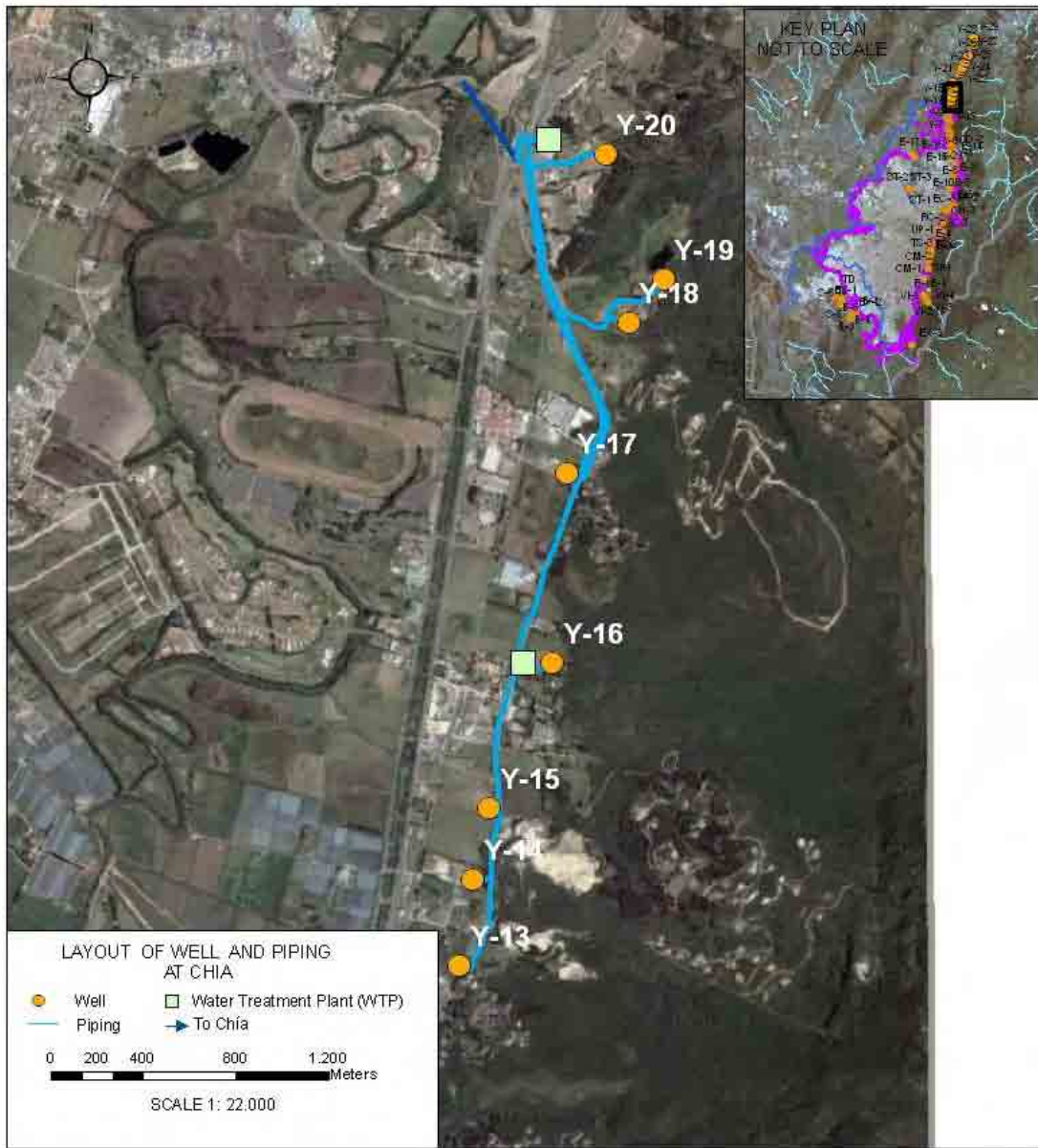


図3.3-39 第3期事業のユニット配置図 3-01

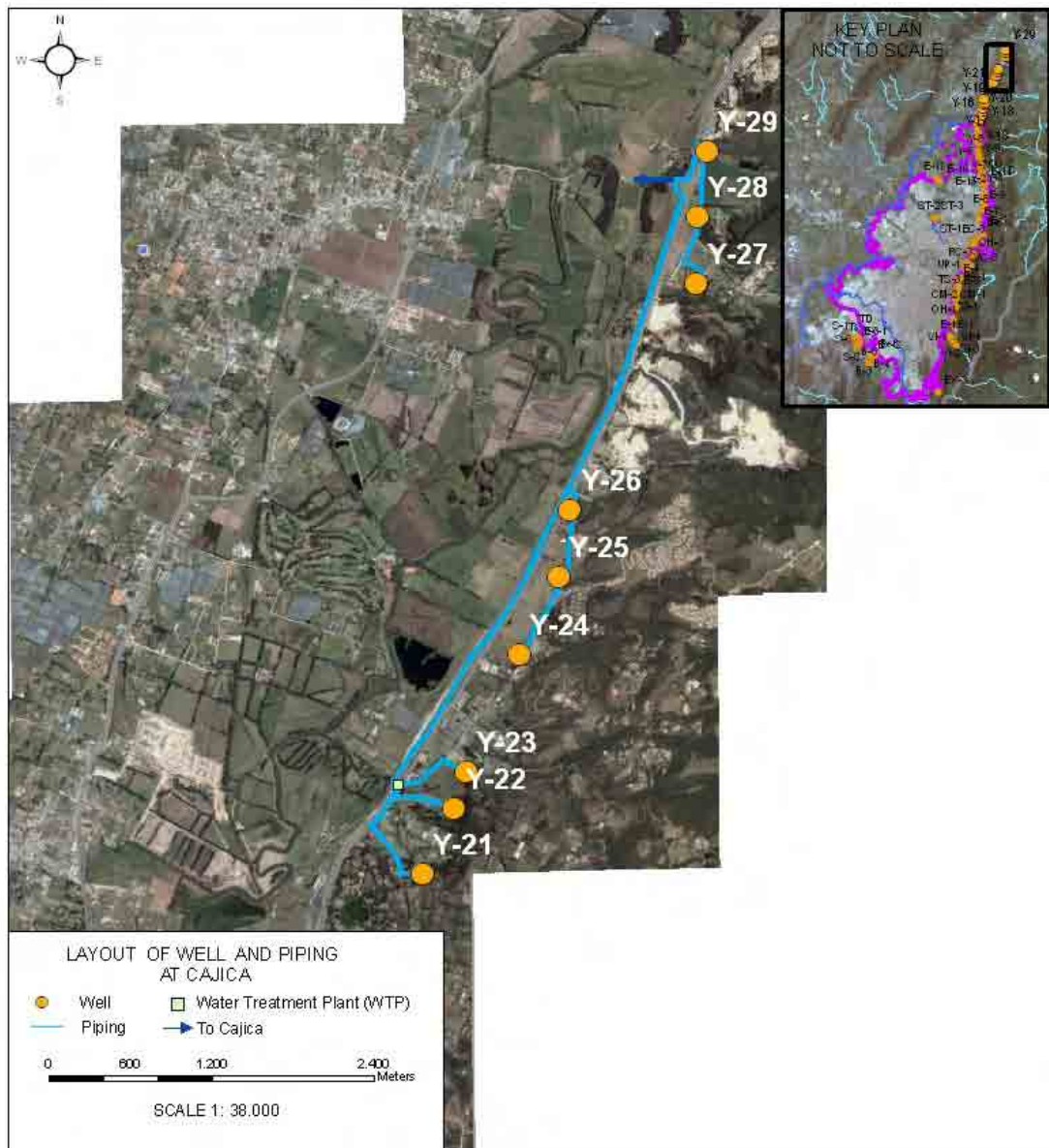


図 3.3- 40 第 3 期事業のユニット配置図 3-02

### 3.5 全体施設計画

#### (1) 井戸施設計画

##### 1) 井戸

- 新設井戸形状は深度 0m～150m 区間は井戸径 10 インチ、深度 150m～300m 区間は井戸径 8 インチを基本とし、井戸の標高が高く想定水位が GL-150mより深い場合のみ 0m～250m区間 10 インチ、250m～400m 区間を 8 インチとする。
- 井戸ケーシングの材質は圧力配管用炭素鋼鋼管 Sch-40 または同等品とする。ケーシング管にサンドイッチされるスクリーンの材質は圧力配管用ステンレス鋼鋼管または同等品をスリット加工するものとする。スクリーンの配置は井戸の優劣を大きく左右し、掘削井戸の土質により適正に配置されなければならない。スクリーン全長は概ねケーシング全長の 30%程度とする。

## 2) 水中ポンプ、モータ

当該計画には一般的に井戸ポンプに使用されかつ汎用性のある、深井戸用多段水中ポンプを採用する。水中モータの仕様はボゴタにおける市中電源仕様及び電圧降下を考慮し 400V, 60hz, 3phase とする。ポンプの容量は想定揚水量・想定全揚程及び、コロンビアにて調達可能な代表的ポンプメーカー数社のポンプ性能曲線から型式・容量を選定し、調達の競争性・経済性を保つものとする。その他、下記の付随設備が必要である。

- 現地制御盤 (3E リレー、ソフトスターター、ソフトストップ、自動起動付)
- 水中ケーブル (現地制御盤～水中モータ)
- 水位計 (2 接点、ポンプ空転保護、自動起動)
- 揚水管
- エルボブロック
- 連成ケージ (正圧、負圧、元弁ダンパー付)
- エアーベント
- チェッキ弁
- スライス弁
- 流量計

上記機器類は全体としてシステムを構成するものであり、ポンプ各メーカーは独自のノウハウを持っているので、システム全体を同一メーカーから供給されるべきである。

## 3) ポンプへの電源供給

- 各ポンプへの電源供給は、運転・維持管理を容易にする為に、浄水施設に電源供給設備を設置し、埋設送水配管に沿って電源ケーブルを敷設する。これにより初期設備投資も経済的設計となる。
- 電源ケーブルの仕様は低圧電源ケーブル 4 芯とし、ケーブルサイズはソフトスターターによるポンプ起動時に電源供給盤から現地制御盤までの電圧降下が 6%以内になるように選定する。また、ケーブルは埋設となるので直接埋設用のアーマード処理されたケーブルとし、さらに、埋設工事時に地中埋設ケーブル表示テープ (コーションテープ) を埋設ケーブルの上に設置すべきである。
- 浄水施設内に設置されるポンプ制御盤にて所轄内のポンプ類の制御をできるものとし、制御ケーブルを、送水管、電力ケーブルに沿い敷設する。制御ケーブルの仕様は 10 芯 x 2.0mm<sup>2</sup>、シールド、アーマード付とする。

## 4) 送水配管

送水配管用の埋設管はボゴタにて容易に調達可能である PVC 管 (耐圧 1.6Mp) を採用する。埋設管の周り 20cm は砂で埋め戻しを行い、管の保護とする。PVC 配管は紫外線に当たると劣化し脆くなるので、地上配管に関しては一般用炭素鋼鋼管を採用し、外面塗装を施す。

## 5) 付帯設備

- 井戸施設には安全と警備を考慮した外周フェンスを設置する、フェンスの仕様は高さ 2.0m、

亜鉛メッキ・網フェンスとし、フェンス先端に有刺鉄線 3 段の乗り越え防止柵を設ける。さらに、幅 1.0m の片開きドアを設ける。

- 夜間の防犯対策として、外灯を設置する。自立鋼製ポール（H=6m）蛍光灯 20W 1 灯、1 基とし、電源は現地制御盤から供給する。
- 必要に応じて、アクセス道路を整備する。簡易舗装、道路幅 5m とする。

## (2) 浄水・送配水施設計画

### 1) 浄水施設計画

#### 緊急時の水質基準と浄水施設について

旧水質基準において、常時給水の水質基準と緊急時給水の水質基準は区別されていた(Decreto 475, 1998 年)。この基準によると緊急時の水質は常時の水質より許容濃度が高く設定されていた。例えば、Fe 濃度は、常時 0.3mg/l に対して緊急時 0.5 mg/l、Mn 濃度は常時 0.10 mg/l に対して緊急時 0.15 mg/l である。しかし、新しい水質基準(Decreto 1575、2007 年および Resolución 2115、2007 年)では緊急時水質基準が削除された。これは、緊急時の水質は常時の水質と同じであることを意味する。本計画では、緊急時の水源として白亜紀層を帯水層とする地下水の利用が計画されており、新水質基準と照らし合わせ Fe と Mn 以外に問題となる水質成分はない。この 2 成分は圧力フィルターで容易に除去可能であるため、水質基準を満たすべく水処理施設を計画した。

#### 浄水施設の必要性

対象地域の白亜紀層の地下水のうち、6 既存井戸に関し水質分析結果がある。このうち Fe と Mn の処理が必需なのは 4 井であり、他の 2 井は不要である。すなわち、白亜紀層の井戸のうち、2/3 の井戸は水処理が必需で、1/3 の井戸は水処理が不要である予測される。将来、本事業を実施する段階で、井戸ごとの水質試験を行い、水処理施設の有無を決定すべきである。したがって、計画段階では全ての井戸に水処理施設が計画するが、実施の段階では必要に応じて水処理施設を設置することになる。

#### a) 電源設備計画

ボゴタ市中は電力会社による 11.4kV, 60Hz, 3 相の電源供給用の架空線が網羅されている。電源供給は電力会社から受電できるものとし、取り合いは浄水施設敷地内の第 1 電柱とする。第 1 電柱までは電力会社により架空線を施工し電力を供給できるものとする。ただし、この予算は本計画に含むものとする。受電設備の機器・仕様は電力会社の既設仕様に合わせ下記のように選定する。

##### 第 1 電柱

コンクリート製電柱（13m）、11.4 k V, 3 相、アーム、碍子類、カットアウトスイッチ（ヒューズ付 3 相分 3 基）、避雷器（3 相分 3 基）、機器接続架空線、接地線等を含む。

##### 降圧変圧器

高圧側 11.4kV, 60Hz, 3 相 3 線、低圧側 440V, 60Hz, 3 相 4 線とする。変圧器の容量は 150～500KVA となり、重量が大きくなり電柱マウントでは無理がある、従って、変圧器はコンクリート基礎の上に地上設置とし、周りを安全フェンスで囲うものとする。

過大設計を避ける為に、井戸ポンプ等の全ての機器が稼動し、そのうちの最大容量の機器 1 台がソフトスターター起動時を最大電流とし、変圧器容量を選定する。

### 高圧ケーブル

第 1 電柱から変圧器までの電力ケーブルは地下埋設構造とし、埋設部は電線管にて保護するものとする。高圧ケーブルの仕様は 11kV クラスの高圧 3 芯ケーブルとし、サイズは機械的強度から 60mm<sup>2</sup> 以上とする。

### 受電・配電盤

ボゴタにおける電力会社の電力供給規格、及び使用電力量における適正電圧から 440V, 60Hz, 3 相 4 線とし、電力会社への電力料金支払いの為に電力量計を設置する。また、非常用発電機からの受電端子を設け、受電 CB はお互いに同時投入できない保護装置を設ける。

### モータ制御盤

井戸ポンプ類の自動・手動運転、井戸ポンプ類の同時起動禁止する保護装置

### 非常用発電機

緊急事態の場合、電力供給が出来ない場合が想定されるが、機動性、経済性、定期的保守点検の必要性から、ボゴタ市内の交通要所に非常用発電機を保管・維持管理し、緊急時に備えるべきである。非常用発電機の仕様は、運搬に適した燃料タンク搭載一体型とし、ディーゼルエンジン駆動発電機、1800rpm、440V、3 相 4 線とする。

## b) 浄水施設計画

計画地域の地下水の水質は良好であり、試験井戸の水質検査結果からも Fe、Mn の濃度がボゴタにおける飲料水水質基準を僅かに超える程度である。Fe と Mn 除去の浄水装置として、重量濾過方式、圧力濾過方式、圧力浸透膜方式などが考えられる。本計画では圧力式濾過浄水装置を採用する。その理由は、井戸ポンプの残圧を送水圧力として有効利用し反応時間を短くするためである。浄水処理方式は、水質に応じて表 3.3- 14 に示す 3 つの方式が考えられる。

表 3.3- 14 浄水処理方式

浄水処理方式	処理対象物質		サイト名
	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	
(1)塩素	0.3 以下	0.1 以下	La Salle, Marical Sucre
(2)塩素+圧力フィルタ	0.3 ~ 3.0	0.1 ~ 3.0	(1)と(3)以外の全て
(3)塩素+曝気+圧力フィルタ	3.0 以上	3.0 以上	Usme

(出典：JICA 調査団)

配水槽は、井戸揚水量の 30 分相当分の容量を基本とする。配水槽から給水車に送水ポンプなしで給水可能とするために、傾斜地を利用し高低差を設ける等、配水槽を道路から 3.0m 程度高く設置する。平坦地の場合は架台にて高低差を作る。

## c) 付帯設備計画

- 受電・配電盤及びモータ制御盤等の電気関連機器は長期間使用に耐える為に屋内設置が必要である。従って、浄水施設には最小限の電気建屋が必要である。また、運転員の衛生管理の



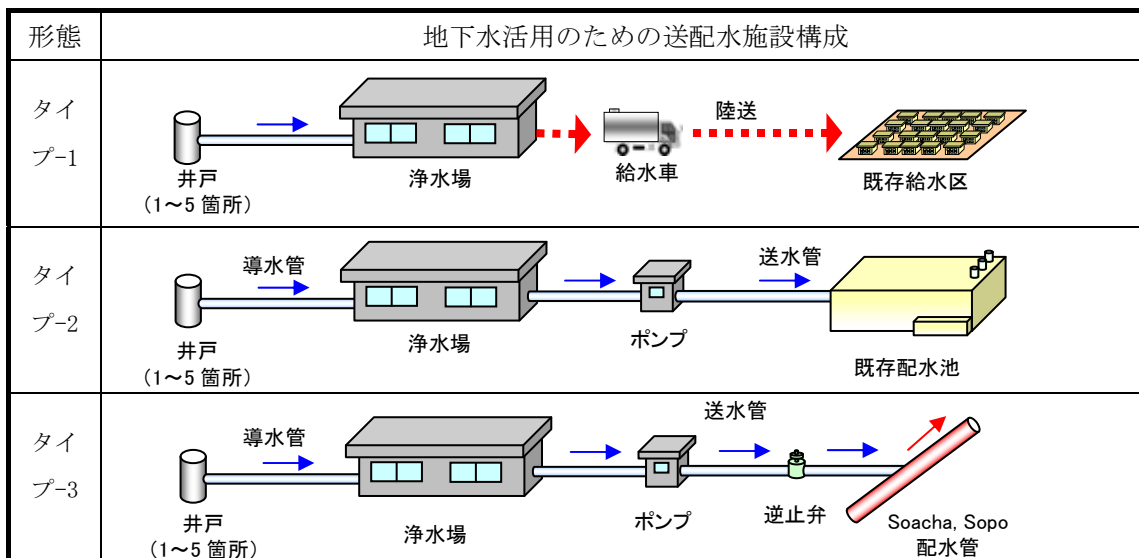
観点から最小限のトイレ及び浄化槽が必要となる。

- 浄水施設には安全と警備を考慮した外周フェンスを設置する、フェンスの仕様は高さ 2.0m、亜鉛メッキ・網フェンスとし、フェンス先端に有刺鉄線 3 段の乗り越え防止柵を設ける。さらに、幅 2.5m の両開きドアを設ける。
- 夜間の防犯対策として、外灯を設置する。自立鋼製ポール (H=6m) 蛍光灯 20W2 灯、4 基とする。
- 必要に応じて、構内道路、アクセス道路を整備する。簡易舗装、道路幅 5m とする。

## 2) 送配水施設計画

### a) 送配水施設計画

送配水施設の施設構成としては、既存送配水システムの状況によって、図 3.3- 41 に示す 3 つの形態 (タイプ) が考えられる。タイプ-1 だけでなく、タイプ-2、3 の場合でも、緊急初期時の対応として給水車による拠点給水が可能な施設とする。



(出典：JICA 調査団)

図 3.3- 41 地下水活用における送配水施設構成

### b) 送水管

送水配管用の埋設管はボコタにて容易に調達可能である PVC 管 (耐圧 1.6Mp) を採用する。埋設には管の周り 20cm は砂で埋め戻しを行い、管の保護とする。PVC 配管は紫外線に当たると劣化し脆くなるので、地上配管に関しては一般用炭素鋼鋼管を採用し、外面塗装を施す。

### c) 既設配水池

既設配水池への過給水を避けるために、既設タンクの水位高の信号を浄水施設のモータ制御盤に送る必要がある。従って、地中埋設送水管に沿って制御ケーブルを埋設するものとする。ケーブルの仕様は 5 芯、2.0mm<sup>2</sup>、シールド・アーマード付とする。

### 3.6 最適揚水量

#### 3.6.1 最適揚水量

##### (1) 計画井戸サイト

緊急時給水計画は3期の事業によって構成され、東部地区で井戸34本、南部地区で井戸13本、Yerbabuena地区で井戸17本が掘削される。計画された井戸はボゴタ平原の東部山地に沿って、ボゴタ流域の4つの支流域 Bogota(L)、Fucha、Tunjuelo および Soacha に分布している。図 3.3- 42 は計画された井戸位置および井戸の分布流域を示す。

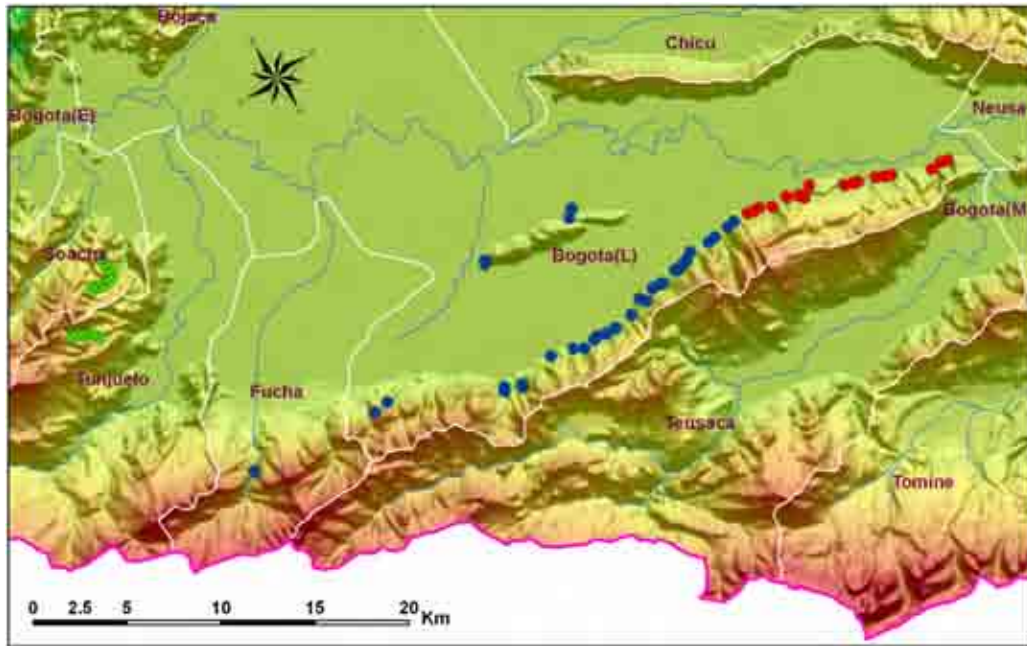


図 3.3- 42 東部プロジェクトの井戸位置

##### (2) 揚水による地下水位低下

地下水の汲上げは揚水井を中心とした地域での地下水位の低下を引き起こす。継続的な揚水によって、周辺地域あるいは揚水井の涵養域から地下水が揚水井に集められる。しかし、揚水量が過剰になった場合、周辺地域からの地下水流入あるいは供給が揚水に追いつかず、地下水位低下が過剰となり許容限度を超える恐れがある。地下水位が過剰に低下した場合、次のような環境及び地下水利用上の障害が懸念される。

- 井戸からの計画揚水量が達成できなくなり、計画供給量と需要のバランスが崩れる。
- 他の既存井における揚水量が低減する、あるいは揚水不能になる。
- 他の水質の悪い帯水層からの地下水が帯水層に混入し、水質が悪化する。
- 粘土等の軟弱層がある場合、地盤沈下が発生する。

従って、本事業計画の実施による地下水位の低下量、また、揚水停止後の地下水位の回復状況に関し、詳細に検討する必要がある。そのため、地下水モデルを利用し揚水計画の実施による地下水位変動の将来予測を行った。地下水位変動を明らかにするために MODFLOW の観測井設置の機能を利用して、モデル内の各事業サイトに観測井を3本ずつ設置した。図 3.3- 43 は観測井の位

置を示す。代表的なモデル断面を図 3.3-44 に示す。

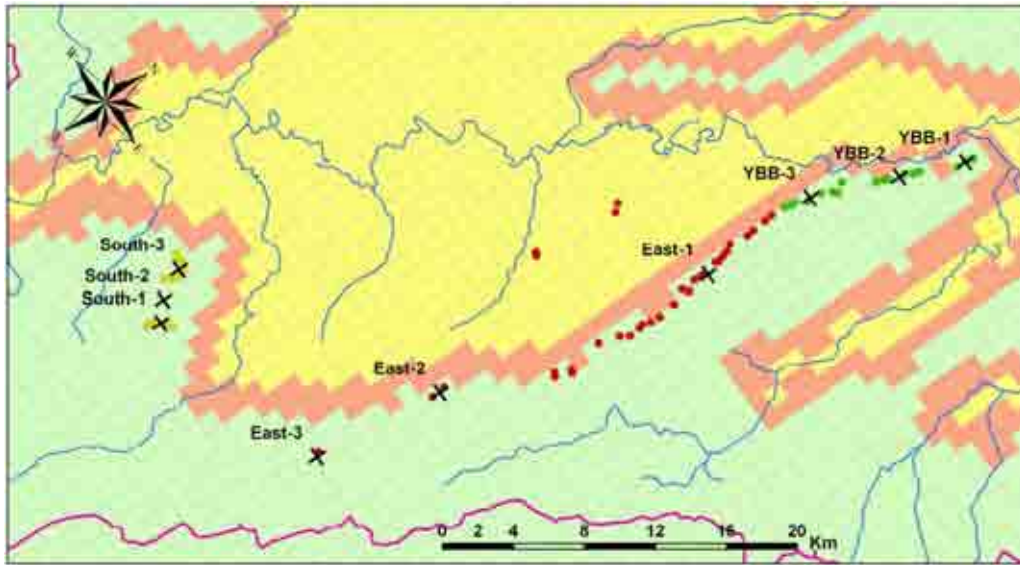


図 3.3-43 東部事業モデル内に設置した観測井戸の位置

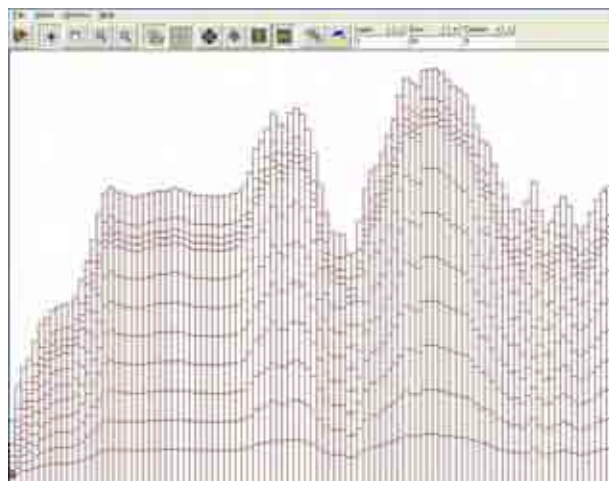


図 3.3-44 モデル断面

なお、シミュレーションの実施に際して、事業の揚水計画に従って、図 3.3-45 に示すとおり、Flow Type は非定常流 (Transient)、計算期間は 5 段階 (Period) を設定した。

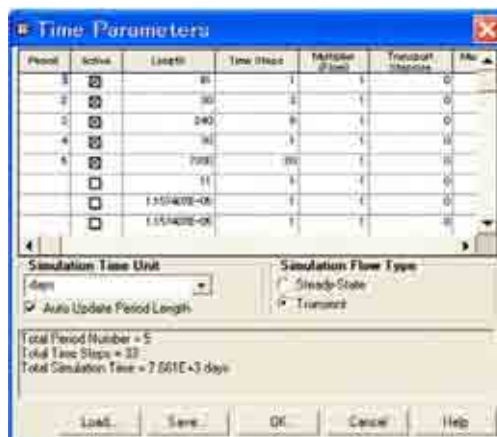


図 3.3-45 シミュレーションの段階設置

- 第1段：揚水開始前—61日（2ヶ月間）
- 第2段：揚水開始から30日間（1ヶ月）
- 第3段：240日間（8ヶ月）揚水が継続する
- 第4段：揚水が停止してから30日（1ヶ月間）
- 第5段：第4段から7300日（20年間）

以上の設定条件によるシミュレーション結果を図 3.3- 46 に示す。各事業モデル内に設置した仮想観測井での地下水位の変動を図 3.3- 47 に示した。

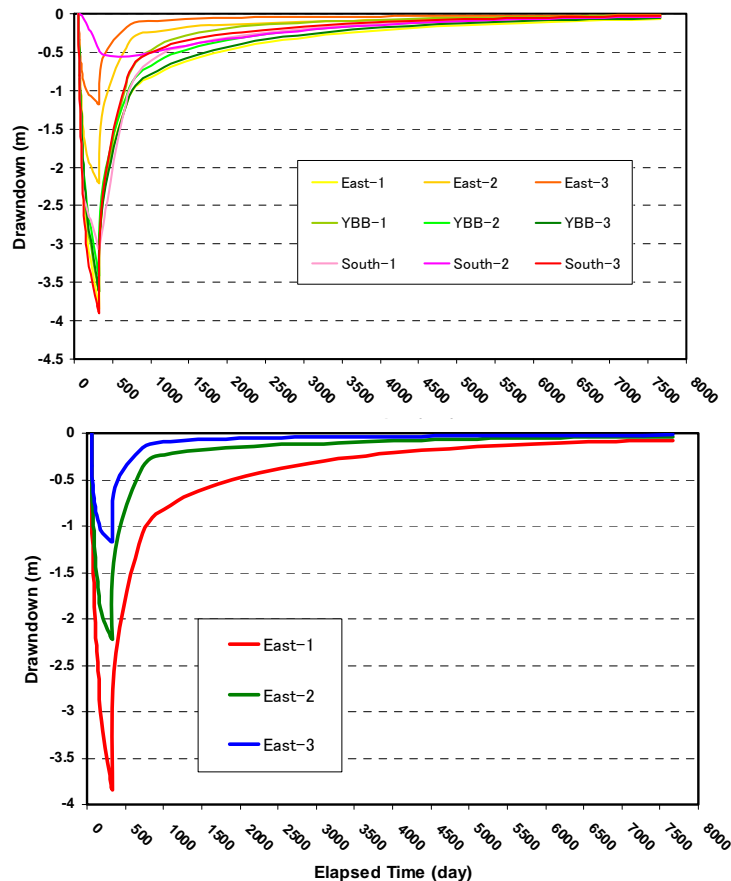


図 3.3- 46 仮想観測井での地下水位変化

図 3.3-46 と図 3.3-47 から次のことが明らかになった。

- 緊急給水事業の実施により各サイトで地下水位の低下が発生する。また、各事業地区に設置した仮想観測井の最大水位低下は 3.5m～4m の間にある。
- 揚水の継続期間中、全ての観測井において地下水位の低下が継続し、平衡状態には至らない。
- 揚水停止後は地下水位が迅速に回復し、ほとんどの仮想観測井で 1 年以内に水位低下が 1m 以内まで回復する。

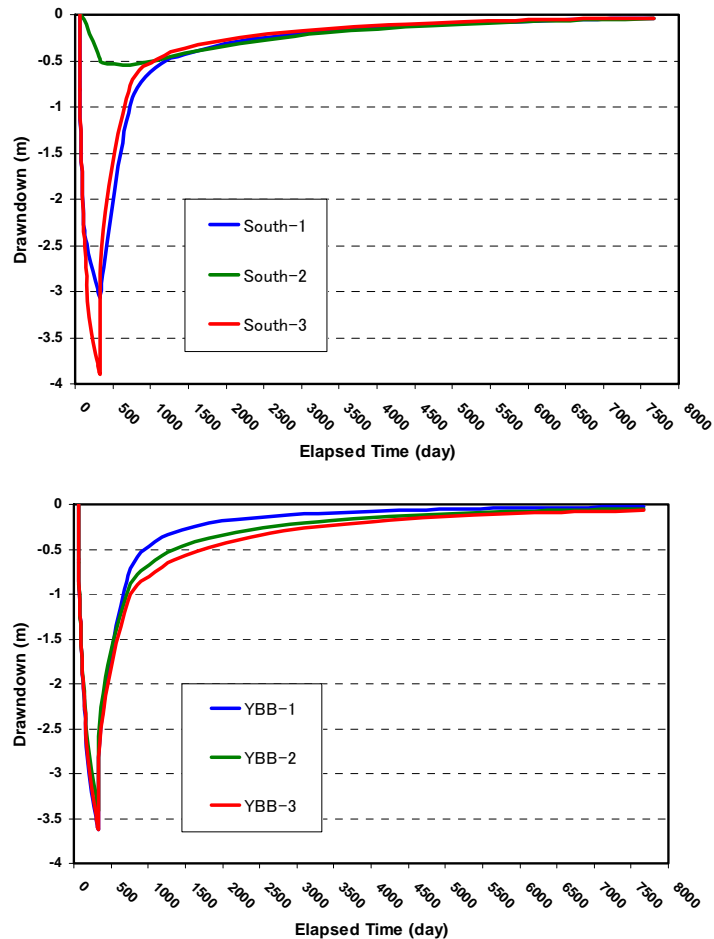


図 3.3-47 プロジェクト別の仮想観測井戸での地下水位変化

一般に、地下水位低下は地下水利用障害あるいは他の環境問題と関連するため、地下水利用事業では最も懸念されている。一方、地下水位低下の影響は帯水層の性質にも関連している。本提案事業では全ての井戸が白亜紀層基盤岩に設置されているため、地下水障害を起こす可能性は低い。基盤岩地域において、4m程度の地下水位低下による環境及び地下水利用障害が報告された例は無い。

基盤岩地域においては4m程度の地下水位低下は問題にならないが、揚水地域の下流側は第四紀層地域であり軟弱粘土も分布している。第四紀層内の水位低下量が大きければ、地盤沈下の問題が発生することが懸念される。従って地下水位低下と回復の過程だけでなく、揚水計画終了時、すなわち、水位低下が最大に達した場合の影響範囲をも検討する必要がある。

図 3.3- 48 は揚水停止時の地下水位低下量の分布を示している。図中のグリッドはシミュレーションモデルにおけるグリッド区分を示す。揚水井は白亜紀層(浅緑色)に計画されており、その下流側には第三紀(褐色)の難透水層、さらに下流側には第四紀層(浅黄色)が分布する。

揚水井周辺の白亜紀層では地下水位低下量が比較的大きく、5mを越えるサイトもある。かかる水位低下は周辺涵養域から十分な地下水を集めるために必要な水位低下であり、且つ、前述した地下水障害を引き起こす程の低下量とは考えられず、許容範囲にあると認められる。

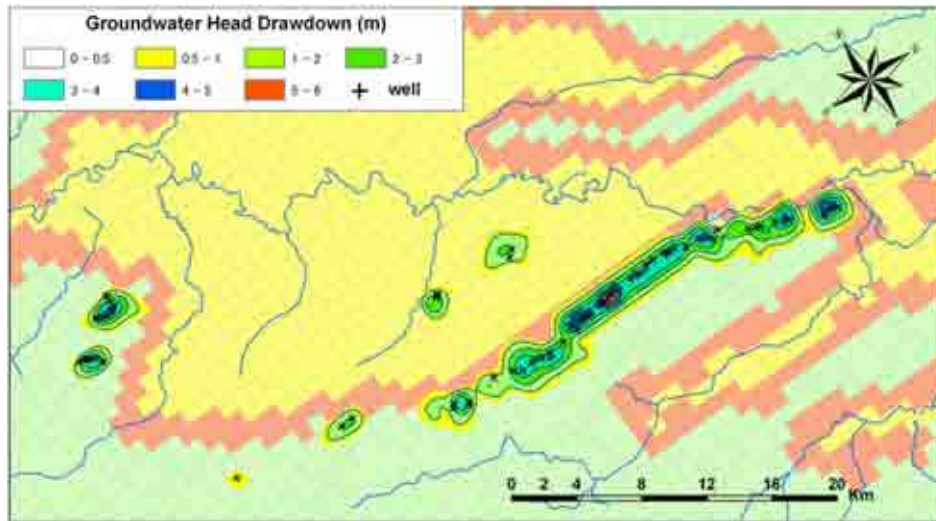


図 3.3-48 プロジェクトの影響範囲

(3) 地下水涵養量とのバランス

水収支バランスの視点から揚水サイトにおける地下水涵養量を計算した。地下水涵養量は涵養域と涵養率の2つの要素によって決定されるため、涵養量を計算するために先ず涵養域の同定を行なった。計画井戸の上流側にある涵養域は河川の集水域の同定と同様の方法を利用できる。しかし、井戸の下流側については涵養域の広がりを示す明確な境界はない。そこで、図 3.3-48 に示す事業サイトの下流側にある水位低下量大きい地域は井戸による揚水との関連が密接であると考え、水位低下量が 1m 以上の地域を揚水井の涵養域と設定した。その結果を図 3.3-49 に示す。計画井戸の地下水涵養域は図 3.3-49 に示すように 4 つの河川流域にまたがる。各流域での涵養域面積と年間地下水涵養量を表 3.3-15 に示す。

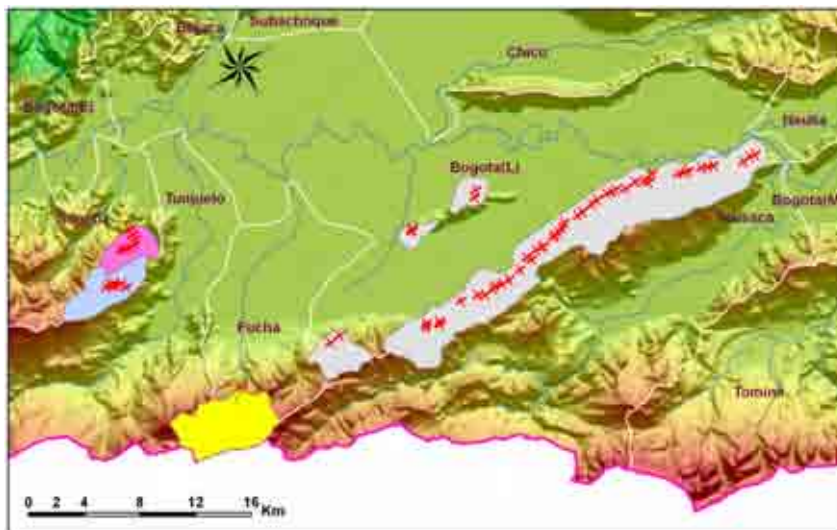


図 3.3-49 事業における揚水井の涵養域

表 3.3-15 計画井戸の涵養量

流域	面積 (m <sup>2</sup> )	R_Rate (mm/年)	年間涵養量 (m <sup>3</sup> )
Soacha	8,471,446	53	448,987
Tunjuelo	13,583,232	129	1,752,237
Bogota(L)	110,436,866	118	13,031,550
Fucha	24,910,090	194	4,832,557
Total	157,401,634	--	20,065,331

注：R\_Rate：水文解析の結果による流域別地下水年間涵養量。

一方、事業計画によると、全ての井戸から同時に揚水する場合、計画揚水量は 117,500m<sup>3</sup>/日である。したがって、計画揚水期間である 9 カ月間連続稼動した場合の揚水量合計は以下のとおりである。

$$117,500 \text{ (m}^3\text{/日)} \times 275 \text{ (日)} = 32,312,500 \text{ (m}^3\text{)}$$

地下水の年間涵養量と上記最大計画揚水量とを比較すると、涵養量が揚水量を下回り、最大揚水量の 62.1%との結果になる。揚水継続の 9 ヶ月間に仮想観測井の地下水位低下が続き平衡状態にならない原因はこの涵養量と揚水量の不均衡であると推定できる。本事業は最大 9 ヶ月間の緊急給水を目的として計画されたものである。緊急事態の終了とともに緊急井戸からの揚水は停止される。その後、地下水位が速やかに回復し平衡状態に達することが仮想観測井戸の水位変化に示されている。水収支計算上で、緊急時給水により汲み上げられた地下水量を完全に涵養するのに必要な期間は以下のとおりである。

$$1 / 62.1\% = 1.61 \text{ (年)}$$

すなわち、緊急時揚水を 2 年以上の間隔で実施する場合、全ての揚水井が稼動としても長期の水収支の観点から見ればバランスが取れることになる。なお、計画井戸の稼動によって地下水位が低下した場合、地下水涵養量は事業を実施しない場合よりも多くなり、以下の効果が考えられる。

- 水頭変動の小さい河川からの帯水層への涵養量が増えること、あるいは帯水層から河川への流出が減少すること
- 地下水位の低下により降雨の地下水浸透量が増え、河川への直接流出が減少すること
- 地下水位の低下により蒸発散量が減少すること

地下水涵養量の増加は地下水位の早期回復に貢献する。以上の結果から、提案された緊急時給水事業は、揚水期間を最大 9 ヶ月間とし、かつ実施間隔が 2 年間以上であるという条件を満足する場合、地下水収支および地下水環境への影響の観点から実施可能である。

### 3.6.2 地盤沈下

地盤沈下は主に第四紀層の地表近傍の軟弱地盤で発生する。F/S では地下水シミュレーションによる解析によって計画井戸からの揚水による水位低下が予測された。この結果を用いて、以下の手順によって、地盤沈下を評価した。

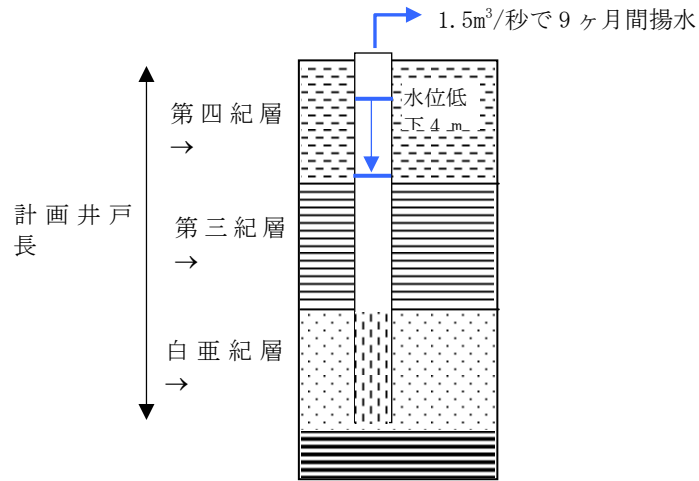


図 3.3-50 地盤沈下モデル

- 地盤沈下モデルは、M/P で作成されたモデルを使用する。このモデルは第四紀層、第三紀層および白亜紀層で構成される。
- 第四紀層の層厚は 105m、第三紀層は 95m、白亜紀層は 100m とする（図 3.3-50 参照）。各層の地盤沈下に係わる力学パラメーターは M/P で使用したものをを用いる。
- F/S における地下水シミュレーションで各帯水層の水位低下量が推定された。この結果から第四紀層、第三紀層、白亜紀層の沈下量をそれぞれ算出し、これを合算して地盤沈下量を算出する。

地盤沈下量の算出に当たっては、以下の点に留意する。

- 揚水による地下水位低下によって第四紀層は圧密沈下する。揚水期間は 9 ヶ月間である。したがって、第四紀層の沈下量は次の 2 ステップに分けて行なう。
  - ① 揚水が無限に続く場合の最終沈下量を求める。
  - ② 揚水停止後の地下水位回復を考慮し、上記で求めた沈下量を補正して最終沈下量を求める。
- 第三紀層と白亜紀層は地下水位低下によって弾性的な圧縮を起こす。弾性的な圧縮は荷重を取り除くことによって回復する。揚水停止後に第三紀層と白亜紀層の地盤沈下は完全に回復する。したがって、揚水停止後は、第四紀層の圧密による地盤沈下のみとなる。

#### (1) 揚水による水位低下

地下水シミュレーション結果による地下水位は図 3.3-51 に示すとおりである。この結果を、図 3.3-52 に示すように近似する。これを更に図 3.3-53 に示す近似を行ない単純化し、これを第四紀層の地下水位低下と仮定する。

#### (2) 第四紀層の地盤沈下量

図 3.3-53 の近似によって、第四紀層の地下水位低下を以下の二つの部分に分ける。

- ① 前半部分： 第四紀層下底の水位低下 4m が 750 日間続く
- ② 後半部分： 第四紀層下底の水位低下 1m が 4,500 日間続く

それぞれの地盤沈下量を独立に求めそれを合算して第四紀層の地盤沈下量を求める。



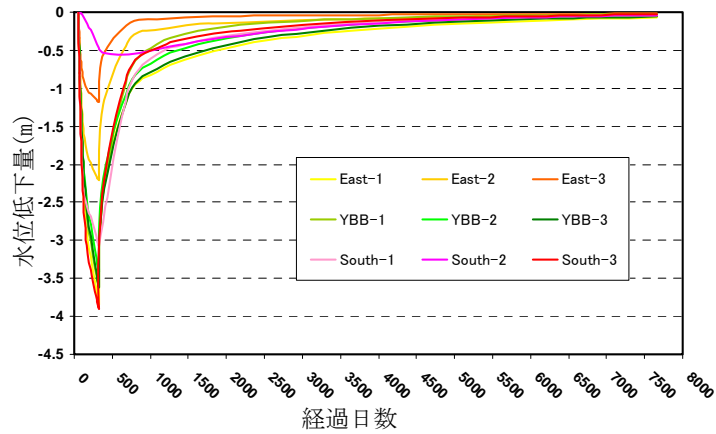


図 3.3-51 地下水シミュレーション結果の地下水位低下量

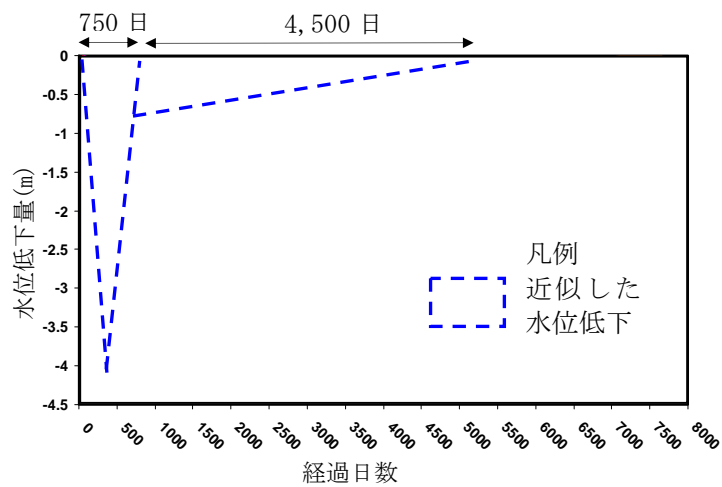


図 3.3-52 地下水位低下量の近似(1)

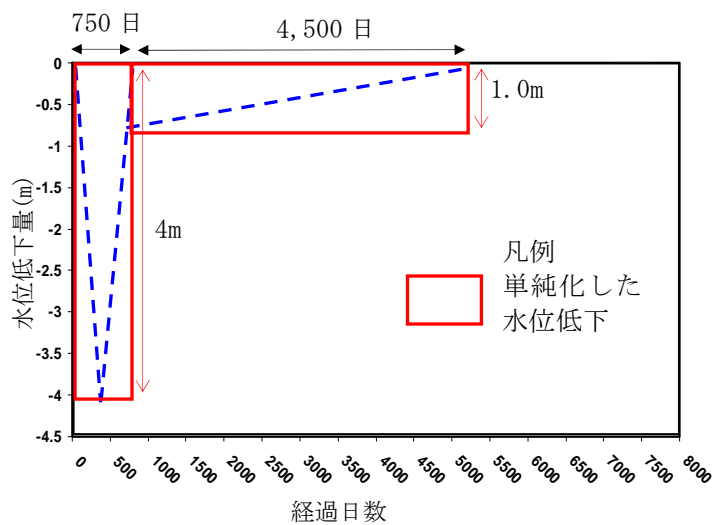


図 3.3-53 地下水位低下量の近似(2)

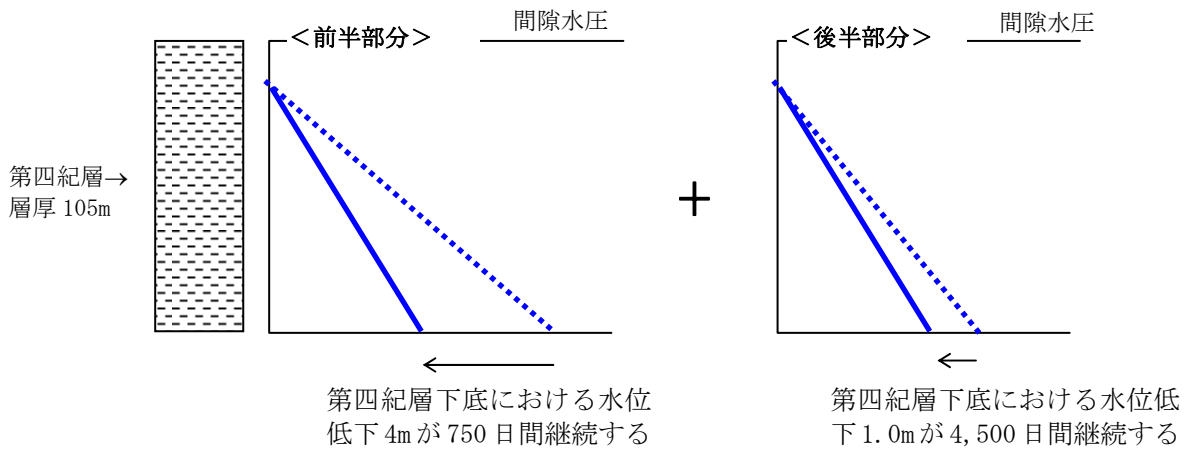


図 3.3-54 第四紀層の地下水位低下

第四紀層の地盤沈下モデルは M/P で作成したものを使う。そのモデルに対して、上記の地下水低下を適用した場合の沈下計算結果を表 3.3-16 に示す。

表 3.3-16 第四紀層の地盤沈下量

ケース	水位低下量 (m)	最終沈下量 (m)	揚水期間限定による地盤沈下量の補正			
			水位低下継続期間 (日)	時間係数(Tv)	圧密度 (U)	補正沈下量 (m)
ケース-1	4.0	0.31	750	$1.88 \times 10^{-5}$	0.0049	0.0015
ケース-2	1.0	0.08	4,500	0.00011	0.0120	0.0037
合計						0.0052

表 3.3-15 における時間係数(Tv)と圧密係数(U)の関係は、以下の近似式から計算した。この関係式は  $Tv < 0.3$  で高精度の近似式である。

$$U = 2 * \sqrt{(Tv/\pi)}$$

(3) 基盤岩の地盤沈下

第三紀層と白亜紀層は地下水低下による弾性的な圧縮により地盤沈下する。この地盤沈下は下水位の回復とともに完全に回復する。したがって、第三紀層と白亜紀層の地盤沈下は揚水停止時において最大でありその後速やかに回復する。

表 3.3-17 第三紀層と白亜紀層の地盤沈下

地層	層厚(m)	間隙水圧の低下(m)	mv(t/m <sup>2</sup> )	沈下量(m)
第三紀層	95	4	0.000001	0.00038
白亜紀層	100	4	0.0000003	0.00012

(4) 全体沈下量

全体地盤沈下量は表 3.3-18 示すとおりである。

表 3.3-18 全体地盤沈下量

地 層	層厚(m)	間隙水圧の低下(m)	沈下量(m)
第四紀層	105	4	0.00520
第三紀層	95	4	0.00038
白亜紀層	100	4	0.00012
合計			0.00570

表 3.3-18 に示すように、計画井戸による地盤沈下量は 0.0057m と予測された。第三紀層と白亜紀層の地盤沈下は揚水停止後に水位の回復とともに完全に回復する。また、第四紀層の地盤沈下も水位の回復とともに一部分は回復する。したがって、最終的な地盤沈下量は表 3.3-17 に示した値より小さく、地盤沈下による影響は無いと判断する。

(5) ボゴタ市内における地盤沈下

近年ボゴタ市内では地盤沈下が発生していると指摘されている。その原因と提案事業との関連は以下のとおりである。

a) 地盤沈下の原因

ボゴタ市内では建築工事に原因した地盤地下が発生している。ビルの建設工事では基礎設置のための根切り工事を実施する。その時、大量の地下水が掘削底に湧出するため水中ポンプで排水している。その結果、周辺地下水位が低下し地盤沈下が発生している。この地盤沈下のメカニズムは図 3.3-55 に示すとおりである。かかる地盤沈下は地表付近で発生し、掘削場の周辺でのみ顕著である。

建築工事のために地盤を掘削する  
 ↓  
 掘削場の中に地下水が流入する。ポンプによって地下水を排水する。  
 ↓  
 大量の地下水が排水された場合、掘削場周辺の地下水位が低下する。  
 ↓  
 掘削場の周辺の地下水位低下によって、軟弱な沖積粘土層が圧密沈下する。

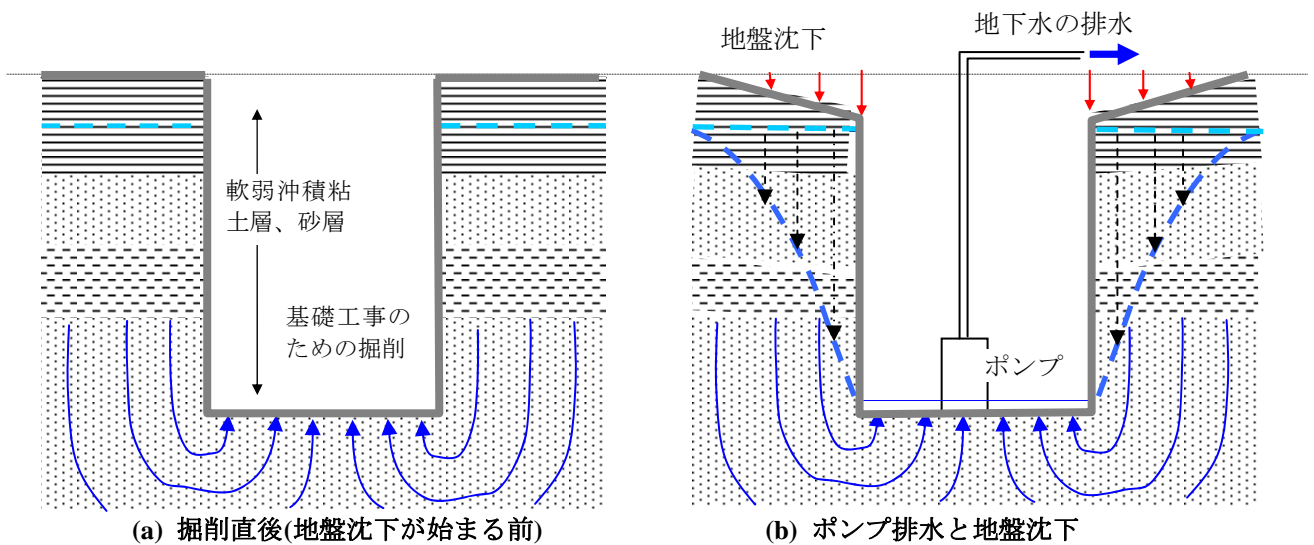


図 3.3-55 掘削による地下水の湧出と地盤沈下

## b) 地盤沈下と提案事業との関係

建築工事に関連した地盤沈下はボゴタ市内の各所で観測できる。このタイプの地盤沈下の特徴は以下の示すとおりである。

- 地盤沈下は掘削場の周辺に限定されている。
- 掘削場の近傍で地盤沈下量が大きく、離れるに従って沈下量は小さくなる。かかる地盤沈下は不同沈下と呼ばれ、埋設管や建築基礎に悪い影響を与える。
- 地下水位低下は地表付近の軟弱な沖積粘土層で起きるため、水位低下量が小さい場合でも地盤沈下量は大きい。場所によっては 1m 程度の沈下が認められる。

一方、本 F/S で提案した事業は深部の白亜紀層から地下水を揚水するものであり、地盤沈下に関して以下の特徴を持っている。

- 地下水位低下が発生するのは深部の硬質な岩盤であり、圧縮量は小さい(5mm 以下)。
- 深部における局所的な沈下は、地表においては均等な沈下となって現れる。すなわち不同沈下ではないため、埋設管や建築物への影響は小さい。

提案事業の実施による地盤沈下への影響は、既往の地盤沈下と比べ、規模・影響は小さいと予測される。

## 3.7 運営管理と組織制度

### 3.7.1 緊急給水の運営管理

#### (1) 地下水による緊急給水の運営管理

地下水による給水活動の詳細を表 3.3-19 に示す。送配水管網が復旧した地域の消火栓を利用して拠点給水を行うことも可能である。管路網給水への移行するためには、制御システムのチェックを行う移行期間が必要である。管路網給水は自動制御システムにより行われる。

#### (2) 地下水による緊急給水のための要員計画

緊急給水の実施に当たっては、Aceucto の既存要員で対応し、新規に常用労働者を雇用することは薦められない。Acueducto は、Chingaza 危機の経験に基づき、給水車もしくは類似の車両により緊急給水をするための車両・運転手を徴用する契約を既に準備している。

しかしながら、地下水による緊急給水を運営し、通常時においても施設・機器の状況をチェックし、地下水資源の定期的なモニタリングを行うために最小限（約 30 程度の井戸に対してシニア技術員・ジュニア技術員各 1 名）の要員を雇用することが推奨される。

表 3.3-19 地下水による緊急給水のための作業

緊急給水	施設	給水作業	要員
拠点給水	ポンプ、 発電機	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 制御システムからの切り離し</li> <li>* 発電機の起動(電力が利用できない場合)</li> </ul> <u>施設点検(1回/日)</u> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 発電機の点検(外観, 振動, 周波数, 温度, 変色/変形, ゆるみ, 圧力, 回転数, 液漏れ, 管路, 計測機器)</li> <li>2) ポンプの電流・電圧点検</li> <li>3) 水位計の目測による動的井戸水位のチェック</li> <li>3) 簡易水質計による水質チェック(濁度、電導度)、井戸回りのゴミの散乱</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 井戸1ヶ所につき1名の運転要員および給水車もしくは給水タンク搭載のトラックへの給水のための作業員(2シフト/日)</li> <li>- 給水車もしくは給水タンク搭載のトラックによる配水のための外部委託(車両・運転手)</li> <li>- 給水車・トラックによる配水チェックのため各車に1名</li> </ul>
	浄水施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 送水管からの切り離し(バルブ閉鎖)</li> <li>* 制御システムからの切り離し</li> </ul> <u>施設点検(1回/日)</u> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 薬品ストック、施設、バルブ、薬品注入システムのチェック</li> <li>2) 簡易水質計による水質チェック(濁度、電導度)</li> </ol>	
	配水	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 給水車への給水</li> <li>* 簡易水質計による水質チェック(濁度、電導度)</li> </ul>	
	建物・敷地	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 保安、建物・敷地維持のための日常業務の継続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 保安・維持管理のための外部委託</li> </ul>
移行作業	ポンプ、 送水施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <u>遠隔制御システムのチェック</u></li> <li>* 遠隔制御システムへの接続</li> <li>* 送水管網への接続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 本部の技術者による監督に従って作業をする要員：各井戸1名</li> </ul>
管路網給水	ポンプ	<u>施設点検(1回/月)</u> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ポンプ稼働状況のチェック。異常発生時は修理</li> <li>2) 静的・動的井戸水位のチェック(分析のための自記水位計の記録収集)</li> <li>3) ラボ・簡易水質計による水質分析</li> <li>4) 自記水位計のチェック</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- シニア技術員1名・ジュニア技術員1名からなるチームが約30の井戸に対して1チーム</li> <li>- 施設・井戸の定期点検サービスの外部委託</li> </ul>
	浄水施設	<u>施設点検(1回/月)</u> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 薬品ストック、施設、バルブ、薬品注入システムのチェック</li> <li>2) 水質分析室・簡易水質計による水質分析</li> </ol>	
	導水・送水施設	<u>施設点検(1回/月)</u> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 管路のチェック(外観, 埋設道路表面のひび割れ, 管路付近の建設工事)</li> <li>2) ポンプ稼働状況のチェック。異常発生時は修理</li> </ol>	
	建物・敷地	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 保安、建物・敷地維持のための日常業務の継続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 保安・維持管理のための外部委託</li> </ul>

(出典: JICA 調査団)

表 3.3-20 地下水による緊急給水のための要員計画

緊急給水タイプ	必要要員
拠点給水	<p><u>揚水、浄水、給水車への給水</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 揚水、浄水、給水車への給水のための作業には1つの井戸について1名の技術員・1名の作業員が必要である。</li> <li>* 必要総要員数は緊急給水に使用される井戸数、利用可能な管路網の状況による。</li> <li>* マスターシステム局の給水部・送配水部および顧客サービス局ゾーン事務所技術支援部の技術員を派遣することが推奨される。</li> </ul> <p><u>配水</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 給水車もしくはトラック/給水タンクを保有する会社との契約（運転手・車両）</li> <li>* 給水車もしくはトラック1台について Acueducto 職員1名が、契約した会社による給水をチェックするために同乗する必要がある。</li> <li>* 顧客サービス局ゾーン事務所および他部職員を派遣することが推奨される。</li> </ul> <p><u>建物・敷地維持管理</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 保安、建物・敷地維持管理は外部委託をすることが推奨できる。</li> </ul>
管路網給水	<p><u>揚水、導水、浄水、送水</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 管路網給水は自動制御システムにより行われる。</li> <li>* 管路網給水の運転および通常時の施設・機器チェック・地下水資源の定期的なモニタリングを行うため約30の井戸に対してシニア技術員・ジュニア技術員各1名の雇用が推奨される。</li> <li>* 施設・井戸の定期点検サービス・モニタリングは外部に委託することが推奨される。</li> </ul> <p><u>建物・敷地維持管理</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 保安、建物・敷地維持管理は外部委託をすることが推奨できる。</li> </ul>

(出典: JICA 調査団)

### (3) 災害対策委員会の強化

表 3.3-20 に示される作業を含む緊急サービスを的確・迅速に行うために災害対策委員会を以下のように強化することを提案する。委員会は指令委員会と実行委員会からなる。実行委員会はさらに、①通信グループ、②復旧グループ、③給水グループ、④支援（ロジステック）グループ、⑤ゾーングループ（各ゾーンに設置）から構成される。各ゾーングループはさらに、①通信チーム、②復旧チーム、③給水チーム、④支援（ロジステック）チームからなる。

同委員会および各ゾーングループは通常時にも年に4回は会議を開催し、緊急時に対する備えの強化を図ることが推奨される。

### (4) リスク統合管理局リスク部（仮称）の設立

同部の業務は、常時・緊急時における組織縦断的な調整が主体であり、専任者としては、以下のメンバー等数名で良いと考えられる。なお、組織の長は2)もしくは3)の者が兼務することも可能である。

- 1) 組織の長
- 2) 給水システム全体を理解する技術者
- 3) ボゴタ市の社会・経済、都市計画・土地利用、コミュニティー全般に通じた者
- 4) 通信・情報処理の専門家
- 5) 秘書・アシスタント

なお、同部に配属される者に対してあらかじめ、もしくは配属直後に防災に関連する事項（関

連法規・規則、Acueducto や DPAE ならびに関連組織の災害対策に関する方針・計画、緊急時における関連組織の機能、緊急時における群衆の心理・対応等) についての教育訓練を行う必要がある。

**(5) 地下水管理課の設立**

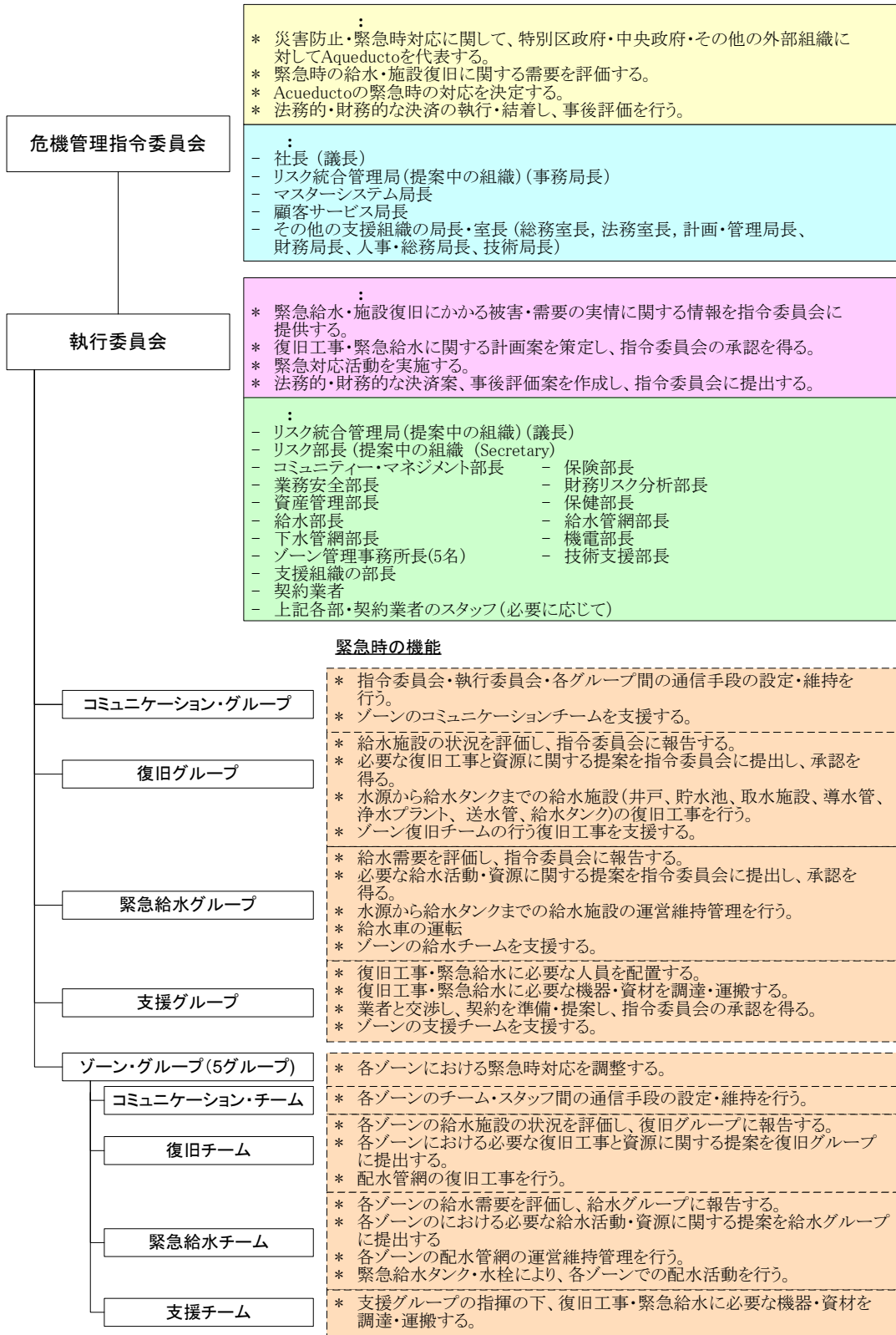
提案されるマスターシステム局給水部地下水管理課の組織概要を表 3.3-21 に示す。同課は、地下水開発・保全、ならびに、マスタープラン局の他の課と協力して地下水による給配水を行う。

拠点給水時を除き地下水給水のためのポンプ・バルブ・浄水施設等は遠隔制御システムで操作されるため、地下水送配水等のための専任要員は必要ない。通常時に行われる施設の点検、定期的な井戸モニタリングのための作業は可能な限り外注することを推奨する。地下水開発・保全プロジェクトもコンサルタント、建設会社等外部のリソースを活用して実施することが勧められる。したがって、表 3.3-20 に示すように最小限の陣容を提案する。

**表 3.3-21 地下水による給水のための組織**

スタッフ	業務
課長	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 給水部長の管理の下、地下水開発プロジェクトを管理する。</li> <li>* 送配水部の中央制御室と共同で地下水による給水を管理する。</li> <li>* 井戸モニタリングデータを解析し、解析結果を SDA や CAR 等に連絡するとともに、解析結果に基づき必要な対策を実施する。</li> </ul>
技術員チーム ① 1 チームはシニア技術員 1 名、ジュニア技術員 1 名から構成される。 ② 1 チームで 30 程度の井戸を管理する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>* サービス委託先の監督を行い、施設を点検する。</li> <li>* 施設に故障が発生した場合は、課長の監督の下に必要な対策を実施する。</li> <li>* サービス委託先の監督を行い、井戸モニタリングを行う。</li> <li>* 井戸モニタリングデータをユニットの長に提出する。</li> <li>* 課長の命令によるその他の業務。</li> </ul>
事務アシスタント	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 管理事務の補助</li> </ul>

(出典: JICA 調査団)



(出典: JICA 調査団)

図 3.3-56 緊急時における災害対策委員会の構成・機能



### 3.7.2 神戸震災の教訓

#### (1) 神戸地震の概要

1995年1月17日に日本の神戸市においてM7.3の地震が発生した。震源深度16kmの直下型地震であり、地表における最大加速度は818galであった。この地震による被害は、死者6,434名、負傷者43,792名、全壊105,000棟、半壊144,000棟であった。神戸市は臨海都市であり、急峻な山地の前面に広がる平野部に市街地が密集している。一方、ボゴタ市は山岳盆地に位置するが、東部山地の前面に広がる平野部に市街地が形成されている。山地の前面の平野に市街地が展開している点において両者に共通点がある。

#### (2) 水道施設への被害

水道施設における被害は以下のとおりである。

- 水道被害：水道で約123万戸の断水、被害額：560億円
- 配水管の被害：1,757箇所、被害率は0.44箇所/km

#### (3) 緊急給水

##### 緊急給水の障害

地震発生直後に火災が多数発生したが、消火栓の大半が使用不可となり、消化活動は困難を極め、水タンク車が活用された。また、緊急給水活動における問題点や施設復旧を遅らせた原因は以下のとおりであった。

- 道路の損壊や道路上への家屋倒壊によって交通渋滞が発生し、給水車両・復旧工事車両が目的地に入れない。
- 漏水箇所の特定に時間を要した。パイプの破断箇所が多すぎて、破断箇所における漏水圧が弱く発見が困難であった。

##### 緊急給水活動の時間的経過

地震発生直後から給水車による緊急給水活動が開始された。その時間的経過は次のとおりである。

- 緊急給水活動は、地震発生日後から避難所を中心に始められた。
- 配水池の緊急遮断弁によって確保された水を給水車によって運搬した。神戸市が所有する給水車の台数は50台程度であった。地震発生の翌日から他都市や自衛隊から給水車の応援が開始された。
- 配水管の復旧に伴い、消火栓などに仮設給水栓を設置し緊急給水が行われた。
- 給水車台数の推移をみると、地震発生後1週間目がピークで432台/日、その後300～400台/日で推移した。1.5ヵ月後の水道がほぼ復旧した段階で急牛車の台数は大幅に減少し、2ヵ月後の水道全面復旧とともに給水活動を終了した（図-3.3-57および図-3.3-58参照）。
- 家屋の倒壊により道路が寸断され交通渋滞が発生し、給水車の移動が妨げられ、目的地への往復に多大の時間を費やすという非効率が生じた。

このように、給水車による給水活動は、確保された水をいかに速く運搬するかという点において課題を残した。

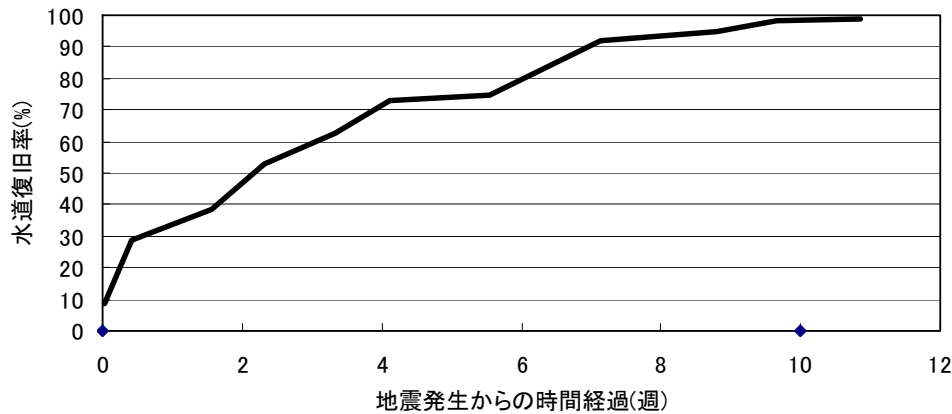


図3.3-57 給水施設の復旧

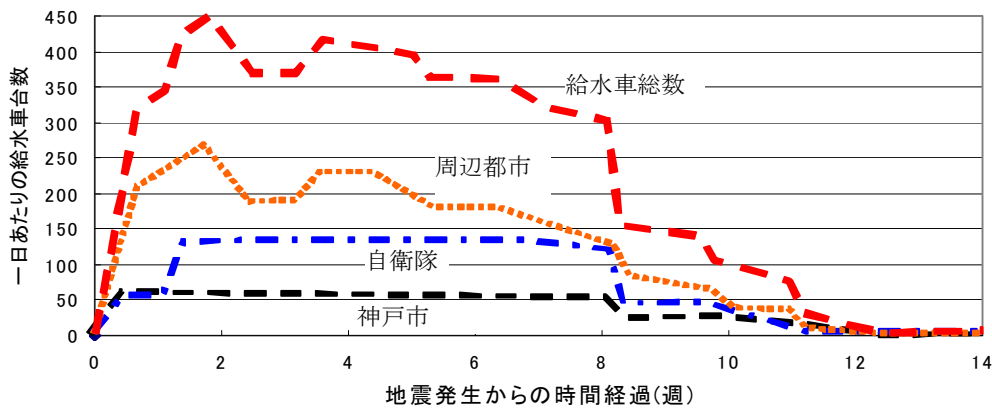


図3.3-58 給水車台数の推移

#### (4) 被災市民の水の確保

家庭用水の確保は極めて困難であった。被災後の生活の中心は水の確保であったと言っても過言ではない。水を確保するための水源は以下のとおりであった。

- 給水車による給水
- 市販のボトルウォーター、
- 井戸、水道の漏水、河川水、
- 避難所においてはプールの水、
- 家庭においては風呂の残り湯

飲料水は衛生上水質が問題となるので水源は給水車や市販水などに限定された。震災直後は、市販水への依存が高かったが、道路の復旧に伴い、給水車の水への依存度が高くなった。水の運搬は深刻な問題であった。給水拠点からの運搬は徒歩により行なった。徒歩によって運搬できる量や距離に限界があった。

#### (5) 緊急時の給水量

避難所における給水車による1人1日当りの給水量は次のとおりであった。

表3.3-22 緊急時の給水量

期間	給水量 (l/人/日)		
	給水車	その他	合計
地震後2週間	9.0	9.0	18
2週間～6週	9.3	9.3	18.6

注) 給水車以外の給水量は、給水車による給水量と同量と仮定した。

## (6) 神戸地震の教訓

神戸震災における緊急給水の事例は、ボゴタ市の緊急給水を計画するに当って多くの教訓を与える。以下にそれを記す。

### a) 耐震化

管路や浄水場などの水道施設の耐震化が必要である。また、大規模な地震が起こった場合、配水池の緊急遮断弁が自動的に作動し緊急貯水槽として水を確保するシステムも有効である。

### b) 給水車

神戸震災のとき、緊急給水の中心となったのは、給水車であった。緊急時に備えて給水車を準備・備蓄することが望ましい。しかし、高価な給水車をいつ起こるかかわからない緊急事態のために大量に購入し備蓄するのは現実的ではない。そこで、給水車ではなく、車載式のプラスチックタンクを通常の小型トラックやピックアップに搭載し給水車として利用する方式が推薦される(図 3.3-59 参照)。車載式給水タンクは、1t と 2t の容量を標準とする。かかるタンクはボゴタで容易に入手可能である。給水タンクを搭載する車両は、Acueducto の維持管理用ピックアップ車や、4tトラックをリースで使用する。小型トラックの方が緊急時の機動性に富む。



図3.3-59 車載用給水タンクの例

### c) 水の蓄え

水源から被災地までの距離が長いと交通渋滞などによって給水車による水運搬に問題が生じる。人間が徒歩で運搬できる量には限界があるため、平時から避難所に水を蓄えておくべきである。備蓄された水は水道が復旧するまでの重要な給水源となる。また、阪神・淡路大震災の場合は、必要水量の大部分はトイレ用水であった。雑用水としてプールや池などを整備していくことが望まれる。

### d) 周辺地域との応援・連絡体制

神戸地震では、近隣自治体や自衛隊から多数の給水車の応援があった。神戸市保有の給水車が 50 台に対して、応援の給水車は最大で 400 台程度であった。近隣自治体などとの広域的な応援・連絡体制や震災時の応急対策の体制を整備しておくことが重要である。

e) 代替水源

本調査では緊急井戸を提案しているが、ボゴタ市内の既設民間井戸も緊急水源として活用すべきである。ボゴタ市内の井戸は SDA が管理しており、緊急時に活用可能な井戸をリストアップし、緊急時の井戸使用に関する協力体制を整備しておくべきである。

f) 情報伝播

神戸地震の緊急給水活動では、給水車による給水の場所や時間を事前に住民に伝えた。しかし、この情報が伝わらず混乱したこともあった。これらの情報は生活を安定させる上で不可欠なものであるため、情報を迅速かつ確実に伝達できる方法を考慮しておく必要がある。

(7) 避難所におけるトイレの問題

神戸地震では多くの人が避難所での生活を強いられた。避難生活における大きな問題はトイレであった。

避難者

地震発生から 8 日後に避難者の数が最高となり 235,000 人に達した。避難者数の推移を図 3.3-60 に示す。指定された避難所だけでは足りず、指定外の小中学校・高校・大学・社会教育施設・福祉施設・自治会館・神社・仏閣・教会・企業の建物に多くの人が避難した。また、公園や空き地にテントを張ったり、自宅前に自家用車を駐車しその中で生活する人もいた。

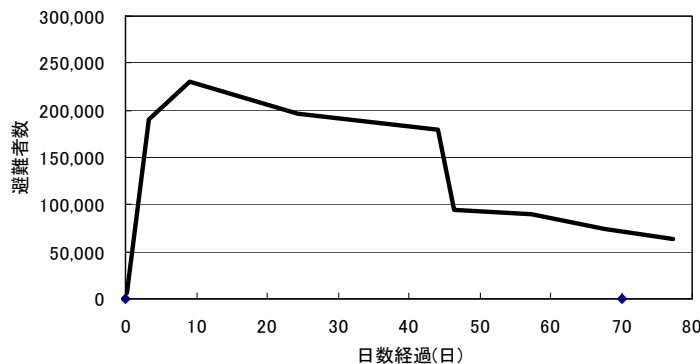


図 3.3-60 避難者数の推移

避難所の数

防災計画で指定された避難所は 364 箇所あった。うち 318 箇所は公立学校や公的な施設であり、他の 46 箇所は私立学校であった。また防災計画で指定されていない避難所も 250 箇所程度利用された。避難所の数は地震発生直後には 500 箇所程度であった。復旧とともに避難者数が減っても避難所の数はあまり減らず、500 箇所→400 箇所程度で推移した。神戸市の公立学校（小中学校、高校、大学）は長期間にわたって避難者が滞在した。

避難所におけるトイレ

避難所には仮設トイレが配置された。仮設トイレの数は、地震発生後 4 日目に 524 基、2 週間後にその数は最大となり約 3,000 基となった。仮設トイレの配備率は、1 基/80 人となる。仮設トイレは水洗が使えなかったため、バキューム車が避難所を巡回した。避難所においてトイレの問題は極めて深刻であった。

ボゴタ市における緊急事態に備え、多数の架設トイレを備蓄し、緊急時に避難所に迅速に配置する準備が必要である。また、架設トイレは水が使えないため、バキュームカーによる巡回回収を計画する必要がある。

### 3.8 環境社会配慮

マスタープランで提案された給水事業に対し、Acueducto との協議により、以下の優先度にしたがった各事業が合意された。マスタープランでは JICA 環境社会配慮ガイドライン（以下 JICA ガイドライン）に基づき、初期環境調査（IEE）を実施したが、F/S では、各優先事業がもたらす環境社会影響及び相手国側の環境制度に基づく要件を考慮して、再度 IEE レベルでのスコーピングを行う。さらに負の環境影響が想定される項目については、影響緩和策を検討する。

表 3.3-23 M/P 提案事業に対する優先度

優先度と事業区分		事業名
1位	先行事業	地下水活用先行事業
2位	第1期事業	東部地区事業
3位	第2期事業	南部地区事業
4位	第3期事業	Yerbabuena 地区事業

(出典: JICA 調査団)

#### 3.8.1 事業計画地周辺の環境社会現況

各事業計画地の環境社会現況は以下のとおりであり、その一覧を表 3.3-24 に示す。また各計画位置を図 3.3-61 及び図 3.3-62 に示す。またすべての井戸計画地点の立地条件および環境社会要件についてはサポーティングレポート Part-13 に記載する。

#### 3.8.2 想定される環境社会影響

##### (1) パイロット事業

計画地は Suba、Mariscal Sucre を除いて Acueducto の所有地である。Suba は個人所有地のレストラン敷地、Mariscal Sucre は軍隊附属学校の敷地内であり、既に両地区とも Acueducto の既設井戸が建設されており所有者の合意も得ている。しかしながら、事業実施時には新たに借地契約を結ぶ必要がある。すべての計画地において住民移転はない。Viterma サイトは Acueducto の沈砂池場であり現在休止中である。La Aguadora では、ボゴタ市環境局（SDA）の掘削許可を既に取得し、現在掘削中である。パイロット事業のすべての計画地において住民移転を含め、その他の環境社会影響にかかる問題はない。

##### (2) 第1期事業（東部地区事業）

計画サイトは東部山地の山麓に位置し住宅地に近接しているが、空地を選定しているために住民移転はない。しかし大部分が個人所有地であるために用地取得の必要がある。現在、建設予定は無いとのことであるが、近い将来には、住宅地、商業地として発展する地区である。一方、計画地点は主要幹線道路である 7 番通りに面しており、緊急時における給水車のアクセスなど拠点給水における有利性がある。一方、市街地であるため工事時の掘削機械の搬入による、騒音や周辺交通への影響が想定される。また、掘削時に発生する掘削汚泥（ベントナイト汚泥）処理は

IDEAM の処理基準を順守しなければならない。

表 3.3-24 事業計画地周辺の環境社会現況

事業名	事業計画地	社会環境	自然環境	公害
先行	地下水活用先行事業地区	計画地 8 サイトの内、既設井戸が 6 サイト、掘削中が 1 サイト、計画中が 2 サイトである。既設井戸のうち 2 サイトは個人所有地（レストラン敷地、学校敷地）であり、残りは Acueducto 所有地である。土地所有者とは先行事業実施の合意ができており、用地収容及び住民移転問題はない。新規 2 箇所は Acueducto 所有地内である。計画地のうち 6 箇所は市街地であり交通量は多い。各計画地は十分なスペースが確保されており周辺住民への影響は少ない。	計画地 8 サイトの内、市街地内が 5 サイトであり、自然林は存在しない。したがって貴重な動植物も存在しない。市街地外 3 サイトのうち、Ciudad Bolivar サイトには既設井戸があり、周辺は牧草地内であり自然林は存在しない。Usme サイトには既設井戸があり自然林はない。Viterma サイトは、Acueducto 沈砂池サイト内に計画されており新たな森林（2 次林）伐採及び治山造成は最小規模である。住民移転は 8 サイトとも無い。	なし
第 1 期	東部事業地区	計画地は東部山地の市街地化された山麓と道路脇に設定されている。東部山地の南部域は低所得層住居が山麓に密集している。東部山地の北側域は中・高級住宅地や商業地として市街地化が進んでいる。今後さらに商業地域として発展する傾向にある。市街地内の計画地は住民移転を不要とするために空地を選択している。用地は個人所有である。	計画地のうち市街化された地区には自然林は存在しない。したがって貴重な動植物も存在しない。東部山地は流域面積が小さく大きな河川は存在しない。一部の沢から飲料水のための取水を行っているが 1% 程度である。 森林保護区内は新たな施設の建設、鉱山開発、採石などに対する規制が行われている。森林の伐採はできない。森林に関して、自然林は僅かであり大部分が 2 次林である。	なし
第 2 期	南部事業地区	南部丘陵の市街地地区はほとんどが低所得層の住宅・商業地域である。Soacha 地区は Acueducto の給水地区であるが非合法住居地を含んでいる。治安は悪い。計画地は市街地よりも高標高の牧草地に配置しており、住民移転はない。計画地は一個人の所有地である。	南部丘陵は 2,700m から 3,000m の緩やかな丘陵であり、丘陵全体に白亜紀層が分布している。南部丘陵の市街地は住居が密集し自然林は存在しない。また計画地である牧草地には自然林はまったく存在しない。貴重な動植物も存在しない。	なし
第 3 期	Yerbabuena 地区	計画地には、ボゴタ市郊外の牧草地や花卉栽培地が広がり、住居は少ない。計画地は 7 番通りの道路脇に設定し、アクセスは良好である。計画地はすべて個人の所有地である。住民移転はない。計画地はボゴタ市ではなく Sopo 市、Chia 市である。計画地がボゴタ市から遠く、緊急給水の観点から不利である。また Acueducto の給水区域でないため市間の協定が必要。井戸掘削許可は CAR が管轄する。	ボゴタ平原は元来が湿原であるが、計画地では湖沼や湿原は既に消失した。森林保護区は入っていない。自然林はまったく存在せず広い牧草地が広がっている。環境影響にかかる問題は無い。	なし

サイト名	計画井戸 No.
(a) Usme	JICA 調査 掘削完了
(b) Ciudad Bolivar	EX-2 掘削完了
(c) Vitelma	E-1 既設井戸
(d) La Aguadora	E-5 掘削中
(e) La Salle	E-14 既設井戸
(f) Suba tank	ST-2 計画中
(g) Suba	E-16 既設井戸
(h) Mariscal Sucre	E-17 既設井戸

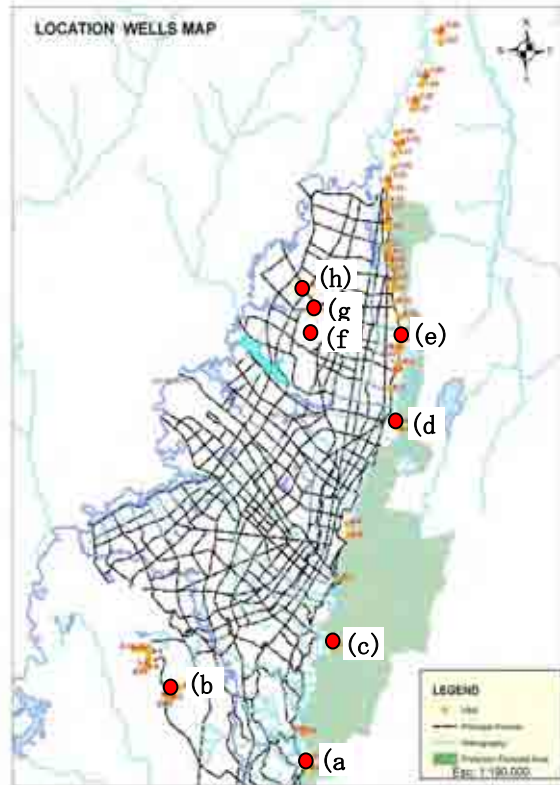


図 3.3-61 パイロット事業計画地位置図

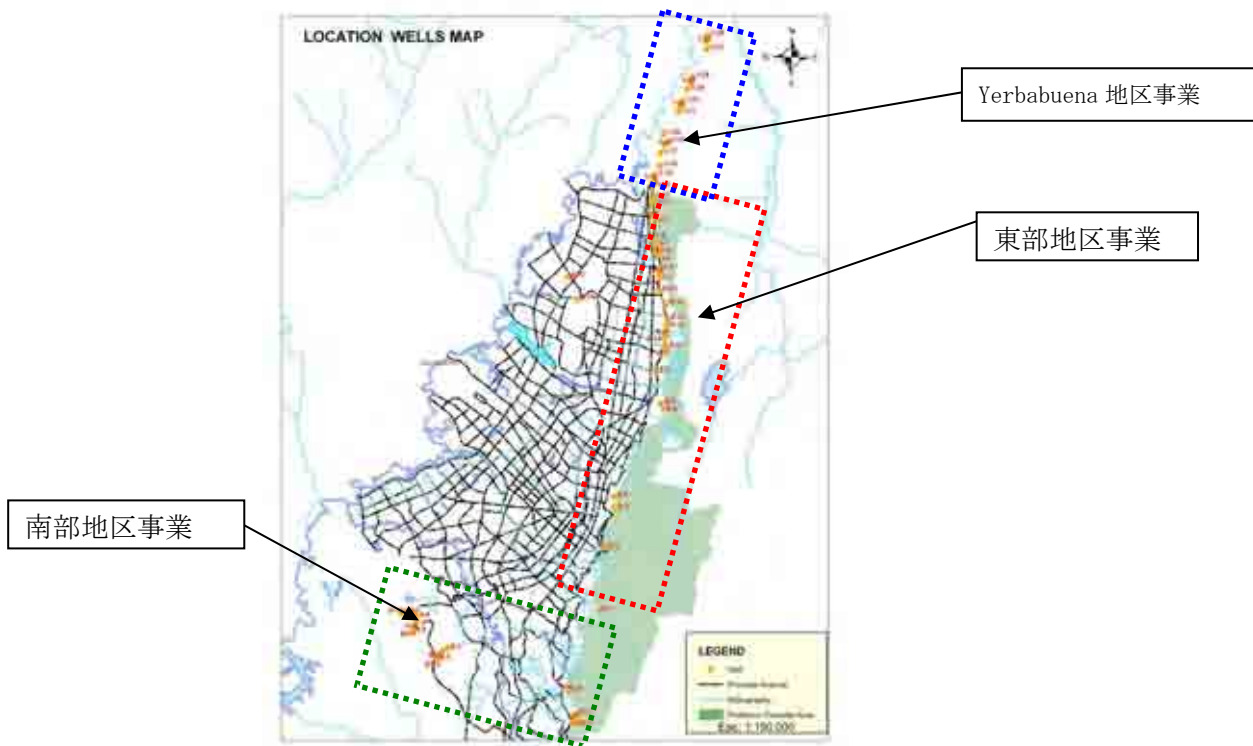


図 3.3-62 第1期～第3期事業計画地位置図



写真 3-6-1 パイロット事業地(JICA 掘削井戸)



写真 3-6-2 パイロット事業地(既設井戸)



写真 3-6-3 東部地区事業(市街地内、道路脇)



写真 3-6-4 南部地区事業



写真 3-6-5 Yerbabuena 地区事業

図 3.3-63 計画地写真



(3) 第2期事業（南部地区事業）

計画サイトは、低所得者層の密集住宅地であるが、住民移転がない土地を選定している。森林保護区ではない。しかしながら、Soach 地区は計画地全てを一人の地主が所有しており、用地借地交渉の問題がある。計画地は牧草地であり、水理地質的に十分な水量が期待できる理想的な位置である。環境社会影響は全く無い。

Ciudad Bolivar 地区も個人所有地である。計画地は Soacha 地区と同様の牧草地であり、工事中も完了後も環境社会影響に係る問題はまったく生じない。

Usme 地区は JICA 試掘井を完了した。環境社会影響は全く生じなかったものの期待した水量を確保できなかったため当地区では事業を行なわない。

(4) 第3期事業（Yerbabuena 地区事業）

Yerbabuena 地区では 17 本の井戸を計画している。計画地は、ボゴタ市ではなく、Chia 市と Sopo 市に属する。このため事業実施には各市間の行政面での協定が必要となる。用地はそれぞれの計画地点が個人所有地であるために用地収容もしくは借地の必要がある。計画地は牧草地、草地であり、住民移転はない。また森林保護区はない。道路脇に配置していることより、アクセスの問題もない。建設スペースも十分に確保でき、環境社会影響にかかる問題はない。ただし計画地点は給水対象地区のボゴタ市から距離が離れている。

3.8.3 スコーピング

マスタープランで実施した IEE の調査結果を踏まえて再度スコーピングを行った。結果を表 3.3-24 に示す。さらに、「コ」国における環境制度の要件と整合させた結果を表 3.3-25 に示す。

(1) 第2回目のスコーピング結果

表 3.3-25 スコーピング結果

番号	環境項目	事業計画地			
		パイロット地区事業	東部地区事業	南部地区事業	Yerbabuena 地区事業
1	住民移転／土地問題	住民移転はない。計画サイトは Acueducto 所有地または個人所有地であり既設井戸がある。個人所有地の所有者も施設建設に合意している。評定：B	計画サイトは住民移転のない用地を選定している。計画地の約半数は個人所有地であり、用地収容または借地交渉が必要。残り半数は Acueducto 所有地。評定：B	計画地は住民移転のない用地を選定している。Soacha 地区は 1 個人の所有地であり、用地収容または借地交渉が必要。評定：B	計画地は個人所有地。住民移転はない。評定：B
2	経済活動	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D
3	交通／生活施設	工所用機材搬入時の交通への影響が想定される。計画サイトは十分なスペースがあり、生活施設の影響はない。評定：B	市街地は交通量が多く掘削機材の搬入及び建設時の交通への影響が想定される。評定：B	計画サイトに到達する前に密集した市街地を通過する。評定：B	計画地サイトは道路脇であり、交通量も少ない。住居もない。評定：B
4	地域分断	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D
5	遺跡・文化	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D

番号	環境項目	事業計画地			
		パイロット地区事業	東部地区事業	南部地区事業	Yerbabuena 地区事業
6	財				
	水利権・入会権	計画7サイトには既設井戸がある。残り1サイトは掘削許可取得の必要がある。 評定：B	ボゴタ市街地内であるためにSDAの井戸掘削許可が必要。 評定：B	ボゴタ市街地外であるためにCARの井戸掘削許可が必要。 評定：B	本事業による既往水利権の侵害はない。 評定：B
	保健衛生	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D
	廃棄物	IDEAMの井戸掘削残土処理基準に従った処理が必要。 評定：B	IDEAMの井戸掘削残土処理基準に従った処理が必要。 評定：B	IDEAMの井戸掘削残土処理基準に従った処理が必要。 評定：B	IDEAMの井戸掘削残土処理基準に従った処理が必要。 評定：B
	災害(リスク)	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D
10	地形・地質	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D
11	土壌浸食	なし。 評定：D	計画サイトは市街地であり、影響はない。 評定：D	計画サイトは既に牧草地であり、影響はない。 評定：D	計画サイトは既に牧草地であり、影響はない。 評定：D
12	地下水	地下水位低下の影響が想定される。 評定：B	地下水位低下の影響が想定される。 評定：B	地下水位低下の影響が想定される。 評定：B	地下水位低下の影響が想定される。 評定：B
13	湖沼・河川流況	Viterma 計画地のみ河川沿いであるが影響はないと判断する。評定：D	計画地は市街地であり森林伐採はなく、影響はない。 評定：D	計画地は牧草地であり森林伐採はなく、影響はない。 評定：D	計画地は牧草地であり森林伐採はなく、影響はない。 評定：D
14	動植物	Viterma サイトは少量の森林(2次林)の伐採を伴うが動植物への影響はない。 評定：D	計画サイトは市街地として整備されており、動植物への影響はない。 評定：D	計画サイトは牧草地として整備されており、動植物への影響はない。 評定：D	計画サイトは牧草地として整備されており、動植物への影響はない。 評定：D
15	景観	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D
16	大気汚染	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D
17	水質汚濁	工事中の掘削汚泥処理が必要。 評定：B	工事中の掘削汚泥処理が必要。 評定：B	工事中の掘削汚泥処理が必要。 評定：B	工事中の掘削汚泥処理が必要。 評定：B
18	土壌汚染	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D
19	騒音・振動	工事中の騒音・振動による周辺地域への影響が想定される。 評定：B	市街地内の工事では騒音・振動による周辺地域への影響が想定される。 評定：B	計画サイトは広大な牧草地内であり周辺地域への影響はほとんどない。 評定：D	計画サイトは広大な牧草地内であり周辺地域への影響はほとんどない。 評定：D
20	地盤沈下	地下水低下に伴う地盤沈下はない。しかし、継続的観測が必要。 評定：B	地下水低下に伴う地盤沈下はない。しかし、継続的観測が必要。 評定：B	地下水低下に伴う地盤沈下はない。しかし、継続的観測が必要。 評定：B	地下水低下に伴う地盤沈下はない。しかし、継続的観測が必要。 評定：B
21	悪臭	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D	なし。評定：D
総合評定		B	B	B	B

備考：

- A : 重要なインパクトが見込まれる
- B : 多少のインパクトが見込まれる
- C : インパクトの程度は不明である
- D : インパクトはほとんど見込まれない

(出典: JICA 調査団)

(2) 「コ」国における環境制度との整合性

地下水開発においては、連邦政府環境省（MAVDAT）が制定した環境認可（政令 2005 年政令 1220）取得の必要はない。また環境影響評価書（EIA）の作成も必要ない。

地下水開発に必要とされる許可は以下のとおりである。

- ボゴタ市街地内（POT で規定）では SDA が認可する井戸掘削許可（認可 1207 号）。
- ボゴタ市街地外では、CAR の井戸掘削許可。
- 井戸を常時使用する場合には CAR が認可する水利権。ただし、本事業は緊急給水であり必要としない。
- 環境保護区条例（Zona de Manejo y Proteccion Ambiental）より河川中心線から 30m 両岸には施設は建設できない。井戸掘削もこの条項に該当する。

表 3.3-26 「コ」国における環境制度の要件との整合性を行った結果

計画事業	スコーピング結果	「コ」国政府による環境制度上の要件	最終スコーピング
パイロット地区事業	B	現在掘削中の La Aguadora サイトおよび計画中の Suba tank サイトは本調査において掘削許可を取得した。他のサイトには既に在する。	B
東部地区事業	B	Bogota 市街地の井戸は SDA から掘削許可取得が必要である。	B
南部地区事業	B	Ciudad Bolivar 地区はボゴタ市街地外に位置するため CAR の掘削許可が必要。 Soacha 地区もボゴタ市街地外に位置するため CAR の掘削許可が必要。	B
Yerba Buena 地区事業	B	計画サイトは、ボゴタ市ではなく、Sopo 市、Chia 市に属する。市間での協定が必要。井戸掘削については CAR の掘削許可が必要となる。	B

(3) 最終スコーピング結果

F/S で提案される各事業について、相手国環境制度の要件を加味した JICA ガイドラインに基づくスコーピングを行った結果、各事業は環境社会に対して重大な影響を与えるとは想定されず、すべて、JICA カテゴリーB と想定する。

3.8.4 提言される環境影響低減策

各事業の実施において想定される環境社会影響に対しては、以下に示される事業実施者による適切な影響低減策の策定及び実施が必要である。なお、対象事業は EIA（環境影響評価書）が必要でなく、また緊急時使用ということでモニタリングも制度上要件とはなっていないが、井戸水源の水質については、適切なモニタリングを実施することが必要と考える。また地下水の揚水に起因する地盤沈下及び地下水位の低下については特に留意しなければならない。

(1) 土地問題

南部地区事業計画地は、水理地質的にも、環境社会影響においても理想的な位置である。計画サイトは個人所有であり、早急に土地取得手続きを実施し事業の促進に努める。本プロジェクトにおける用地取得については、ACUEDUCTO が、直接、土地所有者と、必要な土地の収用あるいは借地交渉を行う。取得手続きは、一般の不動産取得手続きに基づく。また、他の公共工事の場

合と同様に、水道事業実施のための用地強制収用が可能であり、Act 56 of 1981 “Rules on Public Works of electricity generation and aqueducts regulating expropriations and rights of property affected by such construction”及び Act 142 of 1994 “Law on Public Services”に従って、裁判所を介して交渉が行われる。また用地の補償として Acueducto は用地購入費あるいはリース代を地主に支払う。

## (2) 井戸掘削許可の取得

3-8-4(2) 「コ」国における環境制度に記述したとおり、本事業の実施には、井戸掘削許可、森林保護区内の掘削認可などの取得が必要となる。事業実施者は、各許可取得に必要な計画及び書類の作成に着手する。

## (3) 交通／生活施設

市街地に隣接した地点の計画地では周辺交通への影響が大きい。事業実施者は関係機関（市交通局、交通警察等）へ事前連絡し、道路の使用許可を得る必要がある。また工事中の交通安全のために、安全管理者及び交通整理員を配置し周辺交通に支障をきたさないようにする。また工事中には安全マニュアルに基づく安全対策に努める。

## (4) 水質汚濁（掘削汚水処理）

井戸掘削に伴って発生する汚泥（ベントナイト）の処理については、マッドピット、コンクリートピット、タンクを設置するなどして、道路や河川に排水しないようにする。汚泥処理に関しては、IDEAM の基準を順守して行う。

## (5) 騒音・振動

市街地近隣における工事時の井戸掘削機械による騒音・振動の影響については、施設計画／設計において騒音低減のための対策を立案する。騒音・振動はほとんどの事業の工事中に想定される影響項目であり、本事業においても通常の方法で対応できる。Ciudad Bolivar 及び La Aguadora において本調査中に JICA 試掘井戸を掘削したが、住民からの苦情は生じていない。

## (6) 地下水位の低下

提案事業の実施による地下水位低下に関する将来予測が本 F/S で行なわれた。その結果によると、第四紀層の地下水低下は 4m 程度である。本事業は Acueducto の給水が停止した場合における公共的な緊急的給水を目的とする。また、緊急井戸からの揚水期間は 9 ヶ月間以内を想定している。したがって、本事業による地下水利用は他の民間地下水利用に優先し、また、地下水位への影響期間は限定されている。したがって、緊急井戸からの揚水による地下水位低下の影響は受容される程度と考えられる。

## (7) 地盤沈下

提案事業の実施による地盤沈下が将来予測された。その結果によると、地盤沈下量は 5mm 以下である。地盤沈下は第四紀層で発生するが、本事業では白亜紀層の岩盤から地下水を揚水する。また揚水期間は 9 ヶ月以内である。以上の理由から地盤沈下は無視できる程度である。

### 3.9 設計・積算

#### 3.9.1 設計

本フィージビリティ・スタディにおける設計手法・レベルは、Acueducto が実際に採用している手法・技術レベルから逸脱しないことを基本方針とした。また、初期投資、運転・維持管理コストの経済性を考慮した設計とすした。さらに、資機材は「コ」国にて調達可能なものを念頭に、設備の長期的持続的な運転・維持管理、及びアフターサービスを可能にするものとした。

##### (1) 井戸の設計

「コ」国の井戸建設の多くは米国基格を採用している。従って、当該計画においても以下の「コ」国規格及び米国規格を適用する。

##### a) 土木工事

道路建設： Normas Invias

管路敷設： Reglamento Tecnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Basco (RAS-2000)

コンクリート構造物： Normas Colombianas de Diseno y Construccion Sismoresistente (NSR-98)

##### b) 電気工事

Codigo Electrico Nacional Colombiano (CEC)

Resolucion Numero 18 0466 de (2-Abril 2007)

井戸ポンプ・水中モータ・付帯設備はボコタ市に代理店のある国際的深井戸ポンプメーカー3社（エバラ、グルンドフォス、ゴールズ）の仕様・容量を比較・検討し、国際的競争力・品質を確保した設計とした。

##### (2) 受電設備の設計

- 井戸ポンプ、浄水施設等への電源供給はボコタ電力公社から供給されるものとし、Acueducto 既設ポンプステーション等への電源供給設備と同様な設備とした。
- 受電設備の構成はカットアウトスイッチ（フェーズ付）、避雷器、降圧変圧器、とし、製作規格はそれぞれ IEC265、IEC099、IEC076 を採用した。
- 非常用発電機はボコタ市に代理店のある国際的発電機メーカー2社（デンヨー、カミンズ）の仕様・容量を比較・検討し、国際的競争力・品質を確保した設計とした。

##### (3) 配電設備の設計

- 受電盤、配電盤、モータ制御盤の製作規格は IEC60439 とした。
- 低圧電力ケーブルは XLPE (IEC60502) アーマード付とし、ケーブルのコアサイズはモータ起動時の電圧降下を 6%以内に抑えるものとする。
- 制御ケーブルは PVC-PVC (IEC60502) 2.0mm<sup>2</sup>アーマード付とした。
- 各モータの現場操作盤にソフトスタータ、ソフトストップ回路を設置する。これはモータの

起動電流を抑え電力ケーブルのコアサイズを小さくできるだけでなく、ポンプ起動、停止時の配管内のウォータハンマーを防止する効果も見込める。

- 井戸ポンプの制御は自動起動、自動停止とする。

#### (4) 導水・送水管の設計

地下埋設の導水・送水管は Acueducto において広く採用されている「コ」国製の PVC 管 (1.3Mp 圧力仕様) を採用する。地上配管については、PVC 配管は紫外線による劣化が懸念されるので、一般配管用炭素鋼鋼管 SGP (ASTM A53(F)) とする。

#### (5) 浄水施設の設計

- 試掘井戸の水質分析結果が示す様に、井戸の水質は良好であり、唯一 Fe、Mn 濃度がコロンビア国の飲料水質基準を僅かに超えている。従って、本計画では簡易濾過装置の採用が妥当である。
- 「コ」国内で採用されている簡易浄水施設の型式は圧力濾過と重力濾過に大別される。本計画では、①残圧を浄水後の送水に利用できること、②処理時間が短くなること、③設備がコンパクトの収まること、④受水タンクが不要になることによって、初期設備・運転維持管理コストが全体として安価となる圧力濾過方式を採用する。
- 浄化施設の構成は、前塩素注入、圧力濾過装置、後塩素注入となる。

#### (6) 建築・構内設備

- 浄水施設内に設置される配電盤類は屋内仕様であるため、最小限度の電気室建屋が必要となる。建屋の仕様は Acueducto の既設ポンプ場等に倣い鉄筋コンクリート柱、ブロック積み壁構造とする。さらに、建屋には運転員・警備員の衛生管理を考慮した最低限のトイレを設置する。
- 井戸施設・浄水施設の周りには施設の安全管理のためにセキュリティフェンスを設け、さらに、構内には外灯を設ける。
- 各施設へのアクセス道路及び構内道路を整備し給水車・大型トラック等が容易に通行できるようにする。道路の仕様は、道路幅 4m の簡易舗装道路とする。

### 3.9.2 積算

概算事業費の積算は国際競争入札を前提に策定するものとし、2008 年 10 月時点での概算事業費である。為替レートは 2008 年 10 月末日から 6 ヶ月遡った平均値を採用し、1 米ドル=1,912.15 Co1\$, 1 日本円=18.10 Co1\$ とした。(出所：コロンビア国銀行、東京三菱 UFJ 銀行)

#### (1) 建設コスト

- 井戸建設工事は 2007 年度 JICA 試掘井戸の発注価格、及び、本年度 Acueducto が実施している試掘井戸の入札価格から適正単価を算出した。
- 井戸ポンプ、受電設備、浄水設備等の資機材の積算単価はボゴタ市内の代理店・販売店等から見積りを徴収し最低価格を採用した。
- 配管工事、建築・土木工事等は Acueducto が独自に所有している 2008 年度の積算単価を採

用した。

**(2) 土地収用費**

井戸施設、浄水施設の土地収用面積は各施設に必要な最小限度の面積とする。土地の収用単価は Acueducto の土地収用部門が有する各地域の最新の土地売買単価を用いて収用価格を算出した。

**(3) 設計費**

本計画は規模が大きく計画実施にあたりコンサルタントを雇用する必要がある。実施設計・施工監理を行うコンサルタント費用として建設コストの 10%を計上した。

**(4) 管理費**

Acueducto が実施するコンサルタント採用に係わる管理費用、土地収用に係わる諸経費・管理費用、建設工事中の管理費等がこの管理費である。(建設コスト+土地収用費+設計費) x1%をこの管理費として計上した。

**(5) 予備費**

当該計画は 2012 年から 2018 年まで施工が行われると想定されている。一方、積算は現時点でのものであり、予算上多くの将来的不確定要素を含んでいる。従って、予備費はその不確定要素をカバーする為の予算である。(建設コスト+土地収用価格+設計費+管理費) x10%を予備費として計上した。

**(6) 概算事業費**

本計画の概算事業費を表 3.3-27 に示す。また、各事業費の内訳を表 3.3-28～表 3.3-30 に示す。

**表 3.3-27 概算事業費** (単位：十億 Col\$)

項目	1 期	2 期	3 期	全期		
				百万米ドル	百万円	
1. 建設コスト	54.35	18.73	26.53	99.61	百万米ドル 54.09	百万円 5,503
2. 用地収用費	1.00	0.10	0.19	1.29	百万米ドル 0.67	百万円 71
3. 設計費	5.44	1.87	2.65	9.96	百万米ドル 5.21	百万円 550
4. 管理費	0.61	0.21	0.29	1.11	百万米ドル 0.58	百万円 61
5. 予備費	6.14	2.09	2.97	11.20	百万米ドル 5.86	百万円 619
合計	67.54	23.00	32.63	123.17		
	百万米ドル 35.32	百万米ドル 12.03	百万米ドル 17.06		百万米ドル 64.41	
	百万円 3,732	百万円 1,271	百万円 1,803			百万円 6,804

為替レート：1 US\$= 1,912.15 Col\$, 1 日本円= 18.10 Col\$









### 3.9.3 運転維持管理費

本プロジェクトでは、64本の井戸施設の開発を提案している。この64本の井戸施設は、6通りの方法で運転される（表 3.3-31）。

表 3.3-31 井戸施設の運転システム

システム	浄水施設		総施設数	
	処理方法	接続井戸数	浄水	井戸
A	滅菌のみ	1つの井戸	2	2*
B	滅菌+圧力フィルター	1つの井戸	13	7+6*
C		2つの井戸	4	8
D		3つの井戸	5	15
E		4つの井戸	4	16
F		5つの井戸	2	10
合計			30施設	64本

注：\* パイロットプロジェクト実施井戸

出典：JICA 調査団

表 3.3-32 に 6 システム各々の運転維持管理費を示す。運転維持管理費は、井戸および浄水施設の立地毎に異なるので、ここでは標準値で表している。運転維持管理費は、消費原単位および消費材単価から算出しているが、消費原単位は調査団が推定、又消費材単価は Mosquera 市の実績値を用いている。

表 3.3-32 運転維持管理費（標準値）

システム	A			B			C	D	E	F	
処理方法	滅菌のみ			滅菌+圧力フィルター							
浄水施設への接続井戸数	1			1			2	3	4	5	
生産量 (m <sup>3</sup> /日)	2000			2000			4000	6000	8000	10000	
運転維持管理費	原単位	単価	コスト	原単位	単価	コスト	コスト	コスト	コスト	コスト	
変動費	1. 電気	kWh /m <sup>3</sup>	ペソ /kWh	ペソ /m <sup>3</sup>	kWh /m <sup>3</sup>	ペソ /kWh	ペソ /m <sup>3</sup>	ペソ /m <sup>3</sup>	ペソ /m <sup>3</sup>	ペソ /m <sup>3</sup>	ペソ /m <sup>3</sup>
	1) 井戸施設	0.54	234.64	126.71	0.54	234.64	126.71	126.71	126.71	126.71	126.71
	2) 浄水施設	0.12 <sup>1)</sup>	254.36	30.52	0.36 <sup>4)</sup>	254.36	91.57	91.62	91.62	91.62	91.62
	合計			157.23		218.28	218.28	218.28	218.28	218.28	157.23
	2. 浄化用薬品	kg /m <sup>3</sup>	ペソ /kg	ペソ /m <sup>3</sup>	kg /m <sup>3</sup>	ペソ /kg	ペソ /m <sup>3</sup>	ペソ /m <sup>3</sup>	ペソ /m <sup>3</sup>	ペソ /m <sup>3</sup>	ペソ /m <sup>3</sup>
1) 塩素	0.001	2,290	2.29	0.002	2,290	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	
合計			159.52			222.86	222.86	222.86	222.86	222.86	
固定費	人員	賃金/月 <sup>3)</sup>	ペソ /m <sup>3</sup>	人員	賃金/月 <sup>3)</sup>	ペソ /m <sup>3</sup>	ペソ /m <sup>3</sup>	ペソ /m <sup>3</sup>	ペソ /m <sup>3</sup>	ペソ /m <sup>3</sup>	
3. 人件費 <sup>4)</sup>	0	2,220,000	0	1	2,220,000	37.00	18.50	12.33	9.25	7.40	
合計			159.52			259.86	241.36	235.19	232.11	230.26	

注：1) 薬品注入1回、2) 薬品注入2回+ブースターポンプ、3) Acueducto 北部水供給部・南部水供給部の2008年10月の平均値、4) B, C, D, E, F システムで各々1名を標準配置

出典：消費原単位-JICA 調査団、単価- Mosquera 市の2008年1~8月実績値

参考として、Mosquera 市の運転維持管理費を表 3.3-33 に示す。同市は、水需要の30%を地下水で賄っている。同市のコストは、上記標準コストより高いが、配水費用が含まれることおよび運転人員が多いためである。尚、井戸の深さは586mであるが、第四紀層からの揚水のため浄化用薬品コストも高い。

表 3.3-33 Mosquera 市の運転維持管理費（実績値）

生産量		2007 年			2008 年 (8 月まで)		
		2500 m <sup>3</sup> /日			2900 m <sup>3</sup> /日		
運転維持管理費		原単位	単価	コスト	原単位	単価	コスト
変動費	1. 電気 (生産)	kWh/m <sup>3</sup>	Col\$/kWh	Col\$/m <sup>3</sup>	kWh/m <sup>3</sup>	Col\$/kWh	Col\$/m <sup>3</sup>
	1) 井戸施設	0.76	214.26	162.26	0.75	234.64	176.02
	2) 浄化施設	0.09	233.44	21.96	0.10	254.36	26.42
	小計			184.22			202.44
	2. 電気 (配水)	0.34	233.55	79.05	0.36	254.36	92.47
	電気合計			263.27			294.91
	3. 浄水用薬品	kg/m <sup>3</sup>	Col\$/kg	Col\$/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	Col\$/kg	Col\$/m <sup>3</sup>
	1) 硫酸アルミニウム	0.076	603	45.85	0.091	479	43.66
	2) 塩化第 2 鉄	0.034	912	30.76	0.040	911	36.33
	3) 過酸化水素	0.004	2,320	9.92			
	4) 塩素	0.005	3,712	17.78	0.008	3,712	29.07
薬品合計			104.31			109.06	
変動費合計			367.58			403.97	
固定費	人員	賃金/月	Col\$/m <sup>3</sup>	人員	賃金/月	Col\$/m <sup>3</sup>	
4. 人件費	4	2,063,000	110.73	4	2,416,000	110.91	
合計			<b>478.31</b>			<b>514.88</b>	

出典：“Informe de Explotacion of Acueducto” Hydros Mosquera 社

### 維持管理費

井戸は、水中ポンプ及び水処理施設が正常に運転するか否かを確認するため、給水部の 2 人の職員が毎月 1 回 2 時間の定期点検を行う。この費用は、下記により年間 33.4 百万ペソと見積もられるが少額であり Acueducto の収益に多大な影響を及ぼすことはない。

- 電気費: 5.0 百万ペソ  
6,550 ペソ/井戸/月 x 64 本井戸 x 12 ヶ月：水中ポンプ及び水処理施設の試運転 30 分
- 人件費：28.4 百万ペソ  
2,220,000 ペソ/人/月 ÷ 30 日 ÷ 8 時間/日 x 2 時間 x 2 人 x 64 本井戸 x 12 ヶ月

### 既存浄水場との運営費の比較

表 3.3-34 に示す様に、地下水活用による緊急給水の水単価は、Weisner 浄水場、EL Dorado 浄水場、Vitelma 浄水場の水単価より高いが、Tibitoc 浄水場の水単価よりは安い。Weisner、El Dorad 及び Tibitoc 浄水場の水単価は 2008 年 12 月の情報であるが、Vitelma 浄水場の情報は 2003 年 4 月の情報であり、Vitelma 浄水場は現在休止中である。

表 3.3-34 地下水活用緊急給水の水単価と他の水源の水単価の比較 (Col\$/m<sup>3</sup>)

地下水活用による 緊急給水	既設浄水場			
	Weisner*	Tibitoc	El Dorado*	Vitelma*
230	40	350	155	70

(出展) Acueducto

### 3.10 事業実施計画

F/S 提案事業の実施計画を以下に示す。事業実施計画において以下の内容を念頭に置き計画した。

- ① 事業は 2020 年を目標年として、段階的に井戸施設を建設する。
- ② 井戸掘削の許可取得期間と土地収用に要する期間を考慮する。
- ③ 井戸掘削業者の施工能力を考慮する。
- ④ 各年度の井戸建設の予算は前年度に確保することを前提とする。

#### (1) 先行事業

先行事業は、他の事業に先行して実施する。先行事業の実施工程を図 3.3-64 の様に提案する。

事業内容	年 度					備考
	2007	2008	2009	2010	2011	
基本計画	■	■				JICA 調査
F/S		■				JICA 調査
事業の採択、資金調達			■	■		Acueducto の意思決定
実施設計			■	■		物理探査、水質調査
事業実施、施設建設			■	■	■	施設建設 8 箇所
施設維持管理			■	■	■	

図 3.3-64 先行事業の実施計画

年度別の井戸施設の建設計画は以下のとおりである。

表 3.3-35 年度ごとの建設計画

建設年度	サイト名	緊急井戸	水処理施設	建設年度	サイト名	緊急井戸	水処理施設
2009	E-1	○	○	2011	CM-1	○	○
	E-14	○	○		EX-2	○	○
	小計	2	2		EX-3	○	○
2010	E-5	○	○		小計	3	3
	E-16	○	○				
	E-17	○	○				
	ST-2	○	○				
	小計	4	4				

先行事業は既設井戸を使用するため、井戸掘削は不要であり、水処理施設と給水施設の建設のみとなる。

#### (2) 第 1 期事業

第 1 期事業は東部地区事業であり、その実施計画を図 3.3-55 に示す。東部地区事業は、緊急給水事業の中心的な事業である。

事業内容	年 度																備考
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020			
基本計画	■	■														JICA 調査	
F/S		■														JICA 調査	
事業の採択、資金調達						■	■	■								Acueducto の意思決定	
実施設計						■	■	■								物理探査、水質調査	
事業実施、施設建設							■	■	■							井戸建設 28 本	
施設維持管理							■	■	■	■	■	■	■	■	■		

(出展: JICA 調査団)

図 3.3-65 東部地区事業の実施計画

年度別の井戸施設の建設計画は以下の通りである。計画の立案に当っては、Acueducto の所有地における施設建設を優先している。Acueducto の所有地は東部山地に分散しているため、施設建設時期も東部山地に均等に配置された結果となっている。

表 3.3-36 年度ごとの建設計画

建設年度	サイト名	緊急井戸	水処理	建設年度	サイト名	緊急井戸	水処理	建設年度	サイト名	緊急井戸	水処理
2012	E-6	○	○	2013	E-3	○	○	2014	Y-1	○	○
	ST-1	○	○		E-4	○	○		Y-2	○	
	ST-3	○	○		E-10	○	○		Y-3	○	
	SA-1	○	○		E-11	○			Y-4	○	○
	SA-2	○	○		E-12	○			Y-5	○	
	E-15	○	○		E-13	○			Y-6	○	
	CO-2	○	○		E-7	○	○		Y-7	○	
	小計	7	5		E-8	○	○		Y-8	○	
			E-9	○	○	Y-9	○		○		
			小計	9	6	Y-10	○				
							Y-11		○	○	
							Y-12		○	○	
							小計	12	4		

(3) 第 2 期事業

第 2 期事業は南部地区事業であり、その事業実施工程を図 3.3-66 に示す。

事業内容	年 度																備考
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020			
基本計画	■	■														JICA 調査	
F/S		■														JICA 調査	
事業の採択、資金調達								■	■							Acueducto の意思決定	
実施設計								■	■							物理探査、水質調査	
事業実施、施設建設									■	■						井戸建設 12 本	
施設維持管理									■	■	■	■	■	■	■		

(出展: JICA 調査団)

図 3.3-66 南部地区事業の実施計画

年度別の井戸施設の建設計画は以下の通りである。

表 3.3-37 年度ごとの建設計画

建設年度	サイト名	緊急井戸	水処理施設	建設年度	サイト名	緊急井戸	水処理施設
2015	B-1	○	○	2016	S-1	○	○
	B-2	○			S-2	○	
	B-3	○			S-3	○	
	B-4	○			S-4	○	
	B-5	○			EX-1	○	
	小計	5			1	S-5	
			S-6		○		
			小計		7	2	

(4) 3期事業

第3期事業は Yerbabuena 地区事業であり、その実施計画を図 3.3-57 に示す。

事業内容	年 度																備考
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020			
基本計画	■	■														JICA 調査	
FS		■														JICA 調査	
事業の採択、資金調達										■	■					Acueducto の意思決定	
実施設計										■	■					物理探査、水質調査	
施設建設											■	■				井戸建設 17 本	
施設維持管理											■	■	■	■	■		

(出展: JICA 調査団)

図 3.3-67 Yerbabuena 地区事業の実実施計画

年度別の井戸施設の建設計画は以下のとおりである。

表 3.3-37 年度ごとの建設計画

建設年度	サイト名	緊急井戸	水処理施設	建設年度	サイト名	緊急井戸	水処理施設
2017	Y-13	○	○	2018	Y-21	○	○
	Y-14	○			Y-22	○	
	Y-15	○			Y-23	○	
	Y-16	○			Y-24	○	
	Y-17	○			Y-25	○	
	Y-18	○			Y-26	○	
	Y-19	○			Y-27	○	
	Y-20	○			Y-28	○	
	小計	8			2	Y-29	○
			小計		9	3	

3.11 財務計画

3.11.1 年度別の事業費

年別事業費は、表 3.3-39 に示すとおりである。

地下水施設の建設期間は、2012年から2018年の7年間で、事業費は総額1,223億ペソ（3.7章参照）と見積もられる。年平均事業費は、154億ペソとなる。

表 3.3-39 年度別事業費 (百万ペソ)

開発地域	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	合計
1. 東部丘陵地	16,400	18,400	32,700	-	-	-	-	67,500
2. 南部丘陵地	-	-	-	9,500	13,500	-	-	23,000
3. 北部	-	-	-	-	-	14,000	18,700	32,800
合計	16,400	18,400	32,700	9,500	13,500	14,000	18,700	123,300

出典: JICA 調査団

< 参考: Acueducto の投資計画 >

2008年10月に改訂された Acueducto の“Plan Financiero Plurianual 2008–2020”によると、13年間の投資額は10.4兆ペソ、年平均8,000億ペソと計画されている。因みに、地下水開発の年平均投資額154億ペソは、Acueducto 全体の1.9%で高い数値には至っていない。

### 3.11.2 事業費の調達

事業費の調達先は、次の3通りが見込まれる。

- Acueducto の自己資金
- 国内銀行からの借入れ
- 国際援助機関からの借入れ

#### 1) Acueducto の自己資金

“Plan Financiero Plurianual 2008–2020”によると、毎年豊富なキャッシュ・フローが計画されており、従って余裕資金の一部を本事業へ投入することが可能と見込まれる。

#### 2) 国内銀行からの借入れ

国内銀行からの借入れ条件は、次のように見込まれる。尚、財務部は、この借り入れ条件は、現状の財務状況から判断するとコンサーヴァティブと見ている。

- 期間: 12年
- 据置期間: 3年
- 金利: 13.5%

#### 3) 国際援助機関からの借入れ

国際援助機関からの借入れは好条件である（例: 日本の ODA 融資 - 期間 25年、金利 1.4%）。事業資金の80%を日本 ODA 融資、残り 20%を国内銀行借入れとした場合、加重平均金は3.9%と低くなり、ODA 資金の導入が望まれる。

#### 4) Acueducto の方針

Acueducto は、2005年 M/P の見直しを行い 2009年に新 M/P の策定を計画しており、JICA の M/P 及び F/S、並びに Acueducto 独自の試掘井戸による先行事業の結果を新 M/P に反映する意向である。財務部としては、投資決定時に、自己資金投入も含め最適な資金調達方法を検討するとし



ている。

### 3.12 事業評価

#### 3.12.1 経済評価

地下水開発の目的は自然災害、特に Chingaza 地域からの導水停止による緊急時の給水確保である。しかし、緊急時給水の場合、貨幣価値による経済評価は困難なので、ここでは地下水開発の持つ次のような優位性の観点から評価する。

- リスク分散
- 低い開発コスト
- 需要地に近接

#### (1) リスク分散

本 F/S は、64 本の井戸の開発を提案している。64 本の井戸による総生産量は  $115,600\text{m}^3/\text{日}$  ( $1.338\text{m}^3/\text{秒}$ )となる。Acueducto は Chingaza 水源への依存度が高いので、自然災害に対する水源からの導水停止リスク分散として地下水開発は有効である。現在、Chigaza 系統の Weisner 浄水場の生産能力は  $13.5\text{m}^3/\text{秒}$ であるので、地下水の開発により 10%のリスクが軽減出来ることになる ( $=1.338/13.5$ )。

#### (2) 低い開発コスト

地下水開発コストは、3.7 章の積算結果、総額 1,233 億ペソ、64.4 百万米ドル、単位当たり 47.3 百万米ドル/ $\text{m}^3/\text{秒}$ と見積られる。

一方、Acueducto は、2005 年 M/P で  $32.23\text{m}^3/\text{秒}$ の表流水拡張計画として 8 プロジェクト総額 2,277 百万米ドルを計画している (表 3.3-40)。同計画の単位当たり投資額は 70.6 百万米ドル/ $\text{m}^3/\text{秒}$ になる。

表 3.3-40 給水拡張計画

プロジェクト	投資額	開発流量
	百万米ドル	$\text{m}^3/\text{秒}$
1. Chuza ダム越流利用	5.30	0.10
2. Chuza 北部分水路：1 及び 2 期	96.46	2.33
3. Chuza 北部分水路：3 期	61.77	1.57
4. Playa ダム	59.11	1.05
5. 南東部 Chingaza 分水路	65.19	1.08
6. Regadera ダム II	123.60	0.70
7. Sumapaz 上流域分水路	756.45	7.58
8. Sumapaz 中流域分水路	1,109.26	17.82
合計	2,277.14	32.23
平均投資額	70.6 百万米ドル/ $\text{m}^3/\text{秒}$	

出典：JICA 調査団 (Acueducto 2005 年マスタープランに基づき作成)

この単位当たり開発コストを比較した場合、地下水が表流水より開発コストが 23.3 百万米ドル/ $\text{m}^3/\text{秒}$ 低い ( $=70.6$  百万米ドル -  $47.3$  百万米ドル)。

#### (3) 需要地と近接した井戸設置計画

災害直後の人命維持には拠点給水が有効となる。64 本の井戸は、居住地区の近くに設置計画さ

れており、災害時の迅速な給水により、給水時間及び運送コストが軽減可能となる。

### 3.12.2 財務分析

#### (1) Acueducto の財務状況

##### 1) 収益性

表 3.3-36 は Acueducto の損益計算書（2004 年—2008 年）である。それによると、Acueducto は毎年好調な業績をあげている。

- 純利益は、営業収入の伸びに沿って毎年増加している。2007 年の純利益対営業収入比率は 14% と非常に高い。(表 3.3-41、VI-2)。
- インレスト・カレージ・レオは、5.5 倍（2004 年から 2007 年平均）と高く、特に 2007 年は 11 倍に達し、金利は営業収益で充分支払い可能である。

表 3.3-41 損益計算書（百万ペソ）

損益項目		2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	参考 9 月/2008 年
I. 営業	1. 収入	892,875	969,885	987,449	1,103,731	855,121
	2. 費用	766,317	843,618	728,448	831,518	667,064
	3. 営業収益	126,558	126,267	259,001	272,213	188,057
II. 営業外	1. 収入	198,856	259,864	190,238	138,893	124,504
	2. 費用	151,182	158,262	172,616	221,572	98,825
	3. (支払金利)	(71,747)	(80,168)	(73,445)	(33,048)	(43,140)
	4. 営業外収益	47,674	101,602	17,622	-82,679	25,679
III. 税引き前利益		174,232	227,869	276,623	189,534	213,736
IV. 法人税 <sup>1)</sup>		53,802	73,303	92,035	34,466	28,154
V. 純利益		120,430	154,566	184,588	155,068	185,582
VI. 財務指標						
1. 営業収益・営業収入比率 (=I.3÷I.1)		14.2%	13.0%	26.2%	24.7%	22.0%
2. 純利益・営業収入比率(=V÷I.1)		13.5%	15.9%	18.7%	14.0%	21.7%
3. インレスト・カレージ・レオ <sup>2)</sup>		3.0	3.1	4.7	11.0	6.3

注意: 1) Acueducto の損益計算書では、法人税は営業費用に含まれるが調査団は国際基準に基づき表内 IV に表示した。2) インレスト・カレージ・レオ=(営業収益+受取利息)÷支払い利息。出典: Acueducto (財務部)

##### 2) 財務の安全性及び健全性

表 3.3-41 は Acueducto の貸借対照表（2004 年-2008 年）である。それによると、Acueducto の財務状況は安全かつ健全である。

- 流動比率は短期支払い能力を意味し、通常 120 - 140% が必要とされる。Acueducto の流動比率は、366% - 522% と高く、短期の支払い能力は充分と判断される。
- 事業用固定資産（土地、機械器具、車両、建物等）は、長期にわたって事業に資するものである。従って、固定資産取得には、通常、長期資金を充てることが健全とされる。これを判断する Acueducto の固定適合比率は 84% - 87% を示し、Acueducto の事業用固定資産は、長期資金でまかなわれていることがわかる。
- 自己資本比率は 55% - 58% と高い。

表 3.3-42 貸借対照表 (10 億ペソ)

資産						負債及び資本						
項目	04 年	05 年	06 年	07 年	08 年	項目	04 年	05 年	06 年	07 年	08 年	
流動資産	899	1,097	1,211	1,157	1,320	流動負債	205	229	232	262	361	
固定資産	土地	163	187	200	228	235	固定負債	2,360	2,508	2,502	2,689	2,780
	償却資産	2,931	3,062	3,178	3,521	3,698	負債合計	2,565	2,737	2,734	2,951	3,141
	その他	1,766	1,744	1,844	2,031	2,125	資本	3,194	3,353	3,699	3,986	4,237
	合計	4,860	4,993	5,222	5,780	6,058						
合計	5,759	6,090	6,433	6,937	7,378	合計	5,759	6,090	6,433	6,937	7,378	
財務指標												
1. 自己資本比率	55%	55%	58%	57%	57%							
2. 固定適合比率 <sup>1)</sup>	88%	85%	84%	87%	86%							
3. 流動比率 <sup>2)</sup>	439%	479%	522%	442%	366%							

注意: 1) 固定適合比率=固定資産(土地+償却資産)÷(固定負債+資本)、 2) 流動比率=流動資産÷流動負債

出典: Acueducto (財務部)

### 3) キャッシュ・フロー

表 3.3-43 は、Acueducto のキャッシュ・フロー計画である。それによると、営業活動による純キャッシュ・フローは毎年プラスであり、この貢献により最終キャッシュ・フローは潤沢となっている。

表 3.3-43 キャッシュ・フロー計画 (10 億ペソ)

項目	資金源	実績	予想	計画				
		2007 年	2008 年	2010 年	2013 年	2015 年	2017 年	2020 年
ネット・キャッシュ・フロー	1. 営業活動	395	444	646	735	845	935	1,047
	2. 投資活動	489	552	713	564	804	904	1,132
	3. 差し引き=1-2	-94	-108	-67	171	41	31	-85
	4. 財務活動	166	-63	-82	-193	-27	6	106
	5. 当年度キャッシュ・フロー	72	-171	-149	-22	14	37	21
前年度繰越		549	621	208	50	63	63	71
最終バランス		621	450	59	28	77	100	92

出典: Acueducto の“Plan Financiero Plurianual 2008 – 2020”

## (2) プロジェクトの財務評価

### 1) 事業費の調達

F/S の事業費 1,233 億ペソは、下記条件 (3.9 章での提示条件と同じ) で国内銀行から調達するものと仮定する。

・借入期間: 12 年、 ・据置期間: 3 年、 ・金利: 13.5 %

### 2) 元利金の返済能力

上記 1) の借入れ条件での元金払いは、最大で年 239 億ペソ (2024 年)、平均で年間 128 億ペソとなる。これは、Acueducto の 2007 年の元金払い実績 1,290 億ペソに比べ 10% と高くない (表 3.3-44)。

表 3.3-44 元利払い (百万ペソ)

項目	借入額	借入れ条件			年元利払い額	
		金利	償還期間	据置期間	最大	平均
国内銀行借入	123,300	13.5%	12 年	3 年	23,900 (2024年)	12,800
参考 *: 2007 年末借入残高 = 568,000		元本支払い : 83,000		金利支払い:46,000	-	129,000

出典: JICA 調査団及び Acueducto 財務データ(\*)

Acueducto は、キャッシュフロー水準 (表 3.3-45) から判断し支払い能力は高く、同元利金払いは充分負担可能としている。

表 3.3-45 元利金返済能力 (百万ペソ)

項目	実績	予想	計画				
	2007 年	2008 年	2010 年	2013 年	2015 年	2017 年	2020 年
a. 最終キャッシュ・フロー (参照: 表 3.3-38)	621,000	450,000	59,000	28,000	77,000	100,000	92,000
b. 元利払い	-	-	-	1,015	3,695	10,831	20,319
c. 支払い能力 = a/b	-	-	-	28 倍	21 倍	9 倍	5 倍

出典: JICA 調査団

### 3) 収益性分析

表 3.3-46 は Acueducto の 2020 年までの損益計画である。それによると、営業収入は毎年増加し、純利益も好調な数値が予想されている。地下水開発による増分費用 (金利及び減価償却費) は、2013 年 31 億ペソ、2020 年 191 億ペソと見積もられるが、Acueducto の損益計画に与える影響は小さい。

表 3.3-46 損益計画 (10 億ペソ)

項目		実績	予想	計画				
		2007	2008	2010	2013	2015	2017	2020
営業	収入	1,104	1,171	1,395	1,633	1,811	1,989	2,246
	収益	272	232	310	423	488	632	836
営業外	収益	-83	2	-62	-19	15	54	124
税引き前利益		190	235	248	404	503	686	961
法人税		34	0	0	89	85	139	230
純利益		155	235	248	315	418	547	731
EBITDA		537	544	675	843	953	1,189	1,547
地下水開発による増分費用								
1. 支払い金利		-	-	-	2.2	9.1	12.0	13.3
2. 減価償却費		-	-	-	0.9	3.6	4.9	5.7
3. 合計		-	-	-	3.1	12.8	16.9	19.1

注意: EBITDA とは、金利・法人税・減価償却費控除前の利益。

出典: Acueducto の“Plan Financiero Plurianual 2008 – 2020”

### 4) 事業費の回収

本地下水開発の目的は緊急時給水であるので、顧客拡大に伴う水売り上げ増による事業費の回収は期待できない。一方、Acueducto 規定の料金算定方式に沿い、投資コストが料金に上乗せになれば回収が可能となるが、料金の最終決定はトップマネジメントの権限となっている。

料金算定方式

料金 = 固定料金 + 従量料金

- 1) 固定料金: CMA (管理費)
- 2) 従量料金: CMO (運転費) + CMI (投資) + CMT (環境費)

### 3.12.3 社会評価

本事業から期待される社会便益は次のとおりである。

#### (1) 緊急時給水裨益人口の増大

本 M/P では、緊急時給水方式として、拠点給水と管網給水の 2 つを想定している。64 本の井戸の内、11 本は拠点給水専用、53 本は拠点給水と管網給水両用として計画している。この 2 方式によって可能となる裨益人口は次の通りである。

- 拠点給水：裨益人口 7.7 百万人（2007 年の予想人口に匹敵）
- 管網給水：裨益人口 0.6 百万人（2007 年人口の 8%、2020 年人口の 6%に相当）

表 3.3-47 裨益人口

給水方式	生産量 (m <sup>3</sup> /日)	給水ロス 率 <sup>1)</sup>	消費量 (m <sup>3</sup> /日)	単位消費量 (ℓ/日/人)	裨益人口
拠点給水	115,600	-	115,600	15 <sup>2)</sup>	7,700,000
管網給水	95,000	37%	59,850	100 <sup>3)</sup>	600,000

注意: 1) 給水ロス率: 2006 年前半 6 ヶ月の平均値, 2) 15 ℓ/日/人: Acueducto の目標値, 3) 100 ℓ/日/人: 2007 年平均消費推定値

出典: JICA 調査団

#### (2) 森林火災用水

森林火災は 1 月・2 月の乾期に東部・南部丘陵地区で毎年発生している。火災消化はボゴタ市消防局があたっている。当プロジェクトで計画されるタンクを利用することにより、消火活動が可能となる。

#### (3) 雇用機会の増大

当事業の建設工事が具体化すれば、失業者及び半失業者の雇用機会が増える。又、この建設従事者の消費が地域経済を活性化し、かつ地域全体への経済波及効果を生むことが期待出来る。

## 第4章 提言

### (1) 緊急給水事業の早期着手

Acueducto は、Chingaza 水系の水源拡張を柱とする長期給水計画を持っている。この計画は、将来的に Chingaza 水系への依存度を高める内容であり、経済的効率が高い。その一方で、Chingaza 水系からの導水は長距離の山岳トンネルを通じて行なわれており、自然災害の発生に対して脆弱であることが指摘される。この弱点を克服する手段として、本調査において、緊急時給水のための代替案を検討し、ボゴタ市近郊の地下水を活用した緊急給水 M/P を提案した。Acueducto は 2009 年に長期計画の見直しを行なう予定であり、緊急事業の位置付けを再確認し、提案事業に早期に着手すべきである。

### (2) 先行事業の早期実施

M/P で提案した緊急給水事業に関して各事業に優先順位を与え F/S を行なった。優先順位は、①先行事業、②東部地区事業、③南部地区事業、④Yerba Buena 地区事業である。先行事業は既設井戸を活用して実施する事業であり他の事業に先立ち実施されるべきである。Acueducto は早急に先行事業に着手し、後続事業の早期開始を図るべきである。

### (3) 森林保護区における緊急井戸掘削

東部山地はボゴタ市の中心に隣接し、緊急時には東部山地に設置した井戸水から緊急用水を供給することが求められる。その一方で、東部山地には森林保護区が設定されており、保護区内に緊急井戸の設置が許可されない。Acueducto は緊急時給水における水源確保の観点から森林保護区における井戸掘削を強く要望しており、今後、森林保護区内の井戸掘削の是非に関し、法改正を視野に入れ「コ」国側で検討すべきである。

### (4) 「コ」国側による調査結果の更新

緊急給水の水源として、ボゴタ市近郊に位置する東部山地および南部丘陵地区の地下水開発をすることを提案した。この開発計画は、水理地質調査、物理探査、試掘調査、水収支解析、地下水シミュレーションの結果に基づく提案である。「コ」国は、調査団が構築した地下水モデルなどの調査成果をベースとし、これに新たに得られた水理地質データを加え、独自に調査成果を改良していくべきである。

### (5) 総合的な緊急給水対策

緊急時給水の対策は一つの方法だけに頼るのではなく、いくつかの代替策を準備すべきである。地下水活用による緊急給水事業はその一つであり、他の代替策には無い長所を持っている。緊急時には全ての代替策をその特性に応じて活用し、緊急時の給水被害を最小限にすべきである。