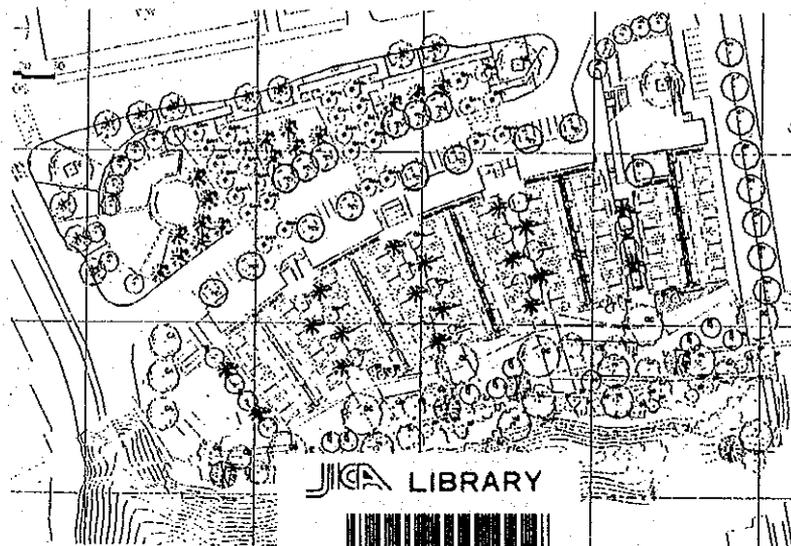


Japan International Cooperation Agency (JICA)  
Santa Fe de Bogotá,  
Republic of Colombia.

No. 2

コロンビア国  
低所得者のための職住近接・防災コミュニティ開発計画  
(在外開発調査)  
調査報告書と文要約



JICA LIBRARY

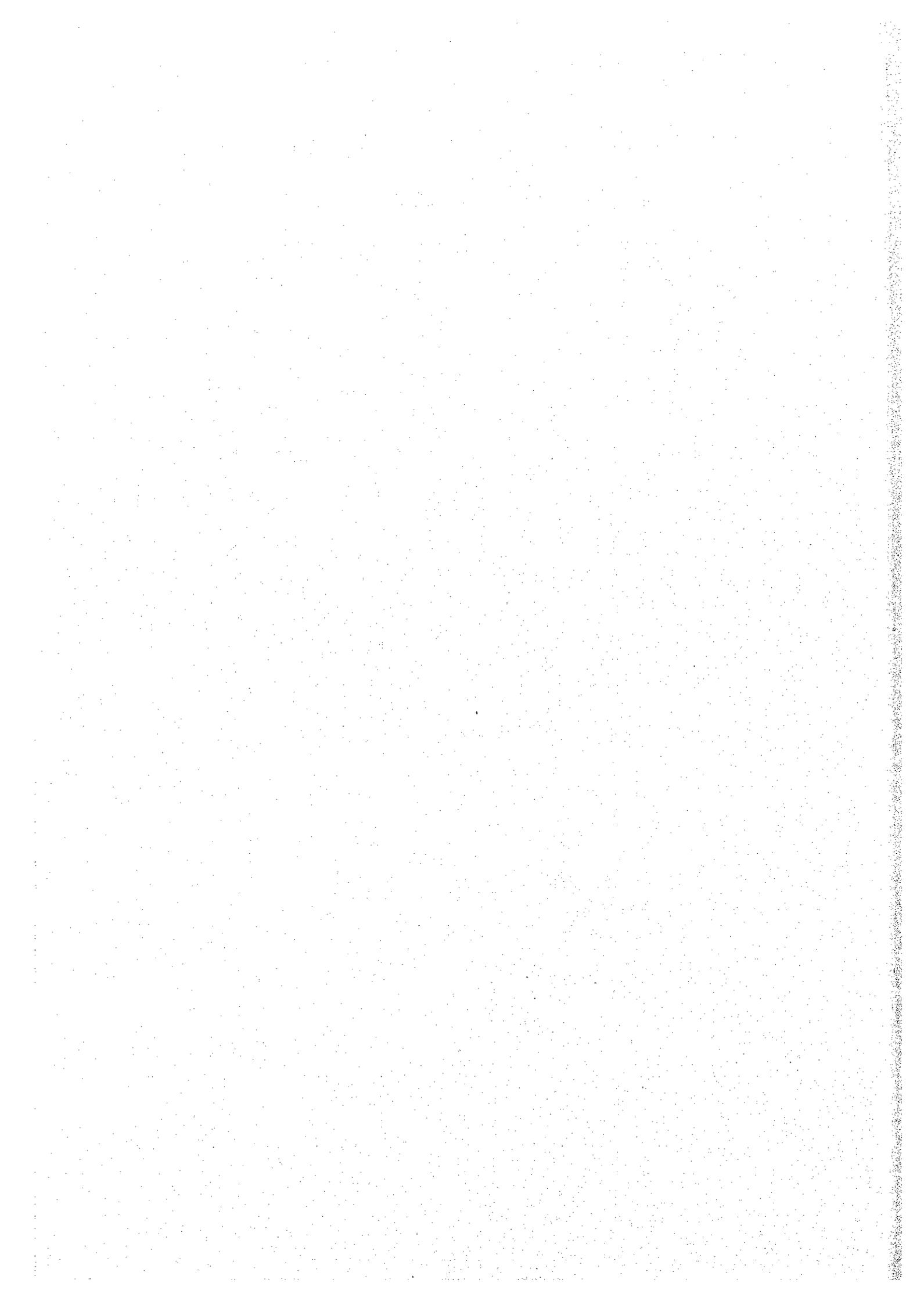


J1161281(9)

2000年8月

Mario Noriega & Asociados Ltda.  
Goebertus Estrada y Cía. S en C.,  
Temporary Partnership.

社調一
JR
00-179

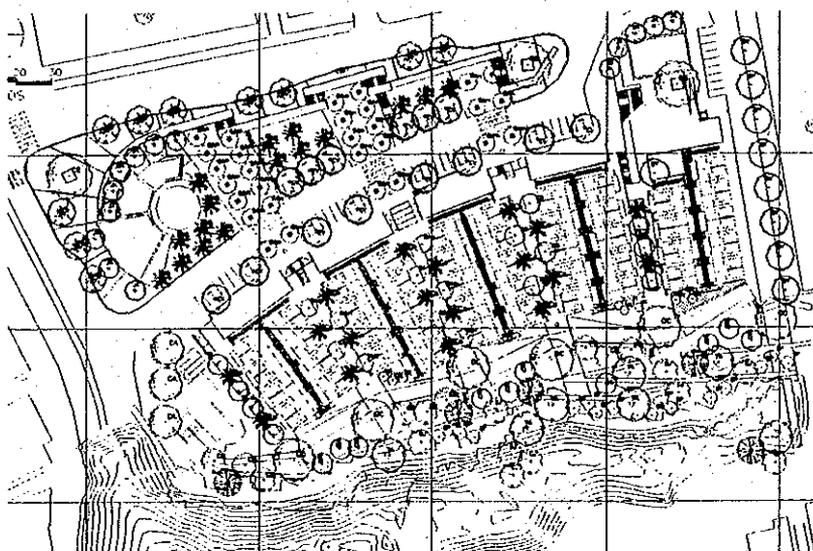


Japan International Cooperation Agency (JICA)

Santa Fe de Bogotá,  
Republic of Colombia.

No.

コロンビア国  
低所得者のための職住近接・防災コミュニティ開発計画  
(在外開発調査)  
調査報告書と文要約



2000年8月

Mario Noriega & Asociados Ltda.  
Goebertus Estrada y Cía. S en C.,  
Temporary Partnership.



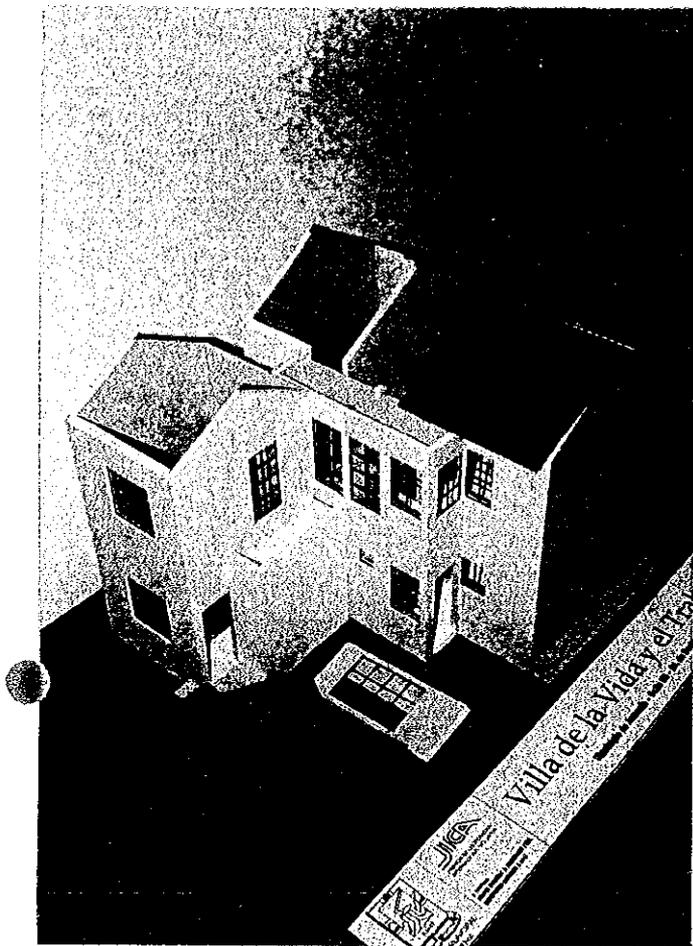

1161281 {9}



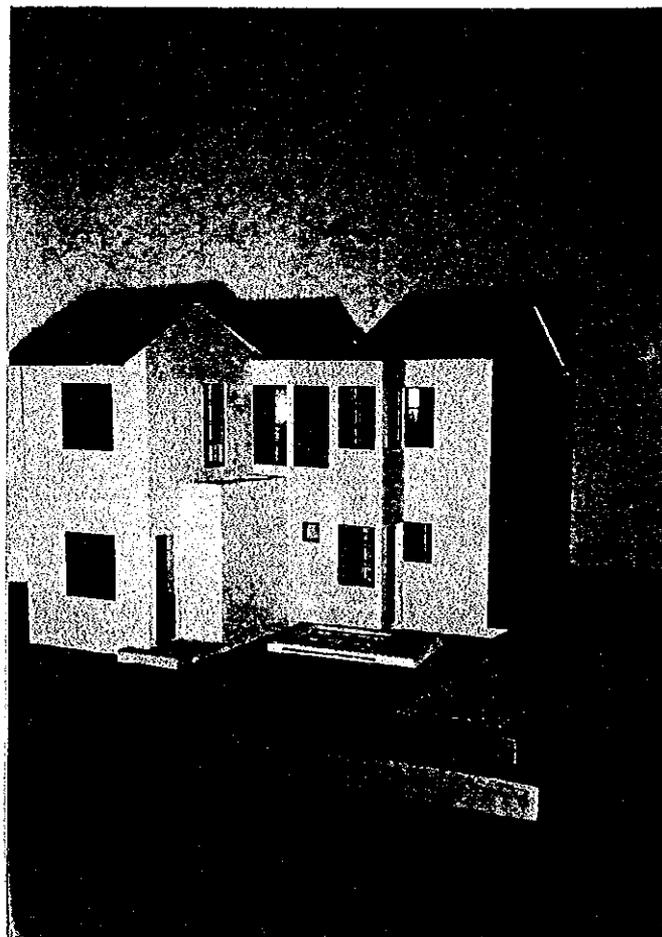
コミュニティ完成模型 (1 / 500) (A)



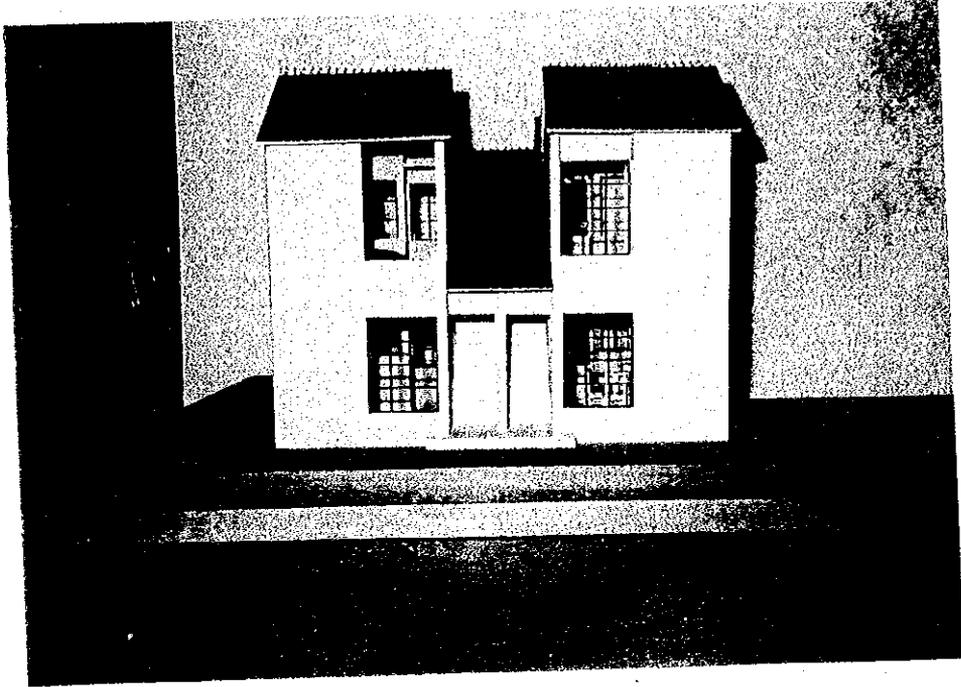
コミュニティ完成模型 (1 / 500) (B)



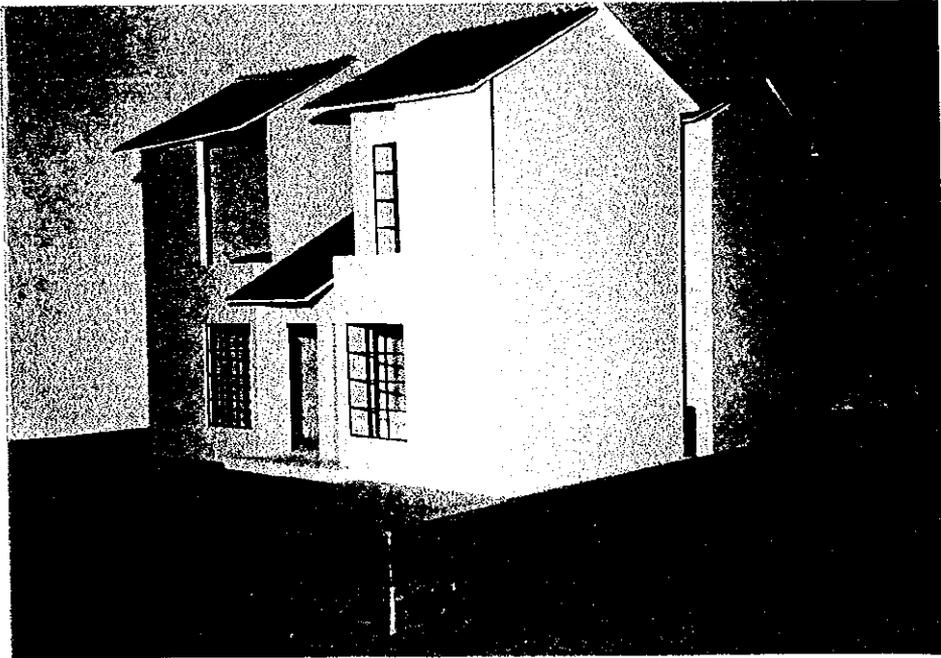
住宅完成模型 (1 / 25) (A)



住宅完成模型 (1 / 25) (B)



住宅完成模型 (1 / 2 5) (C)



住宅完成模型 (1 / 2 5) (D)

# 目次

1 序文	1
1-1 要請の背景	1
1-2 調査の目的	1
1-3 調査の範囲	1
1-4 調査の内容	2
1-5 調査関係諸機関	2
1-5-1 計画要素	
1-5-2 調査方法	
1-5-3 関係機関	
1-6 調査工程	4
2 計画・設計条件の調査・分析	6
2-1 社会経済環境	6
2-1-1 アルメニア市の概要	
2-1-2 コーヒー地帯の経済環境	
2-1-3 零細業者と手工芸	
2-1-4 コロンビアの住宅事情	
2-1-5 コロンビア西部地震による被害者（低所得者）の現状	
2-2 自然災害及び防災対策の現状	10
2-2-1 アルメニア市の災害に対する脆弱性	
2-2-2 コロンビア西部地震の影響	
2-2-3 土地利用規制及びサイズミック・マイクロゾーニング	
2-2-4 再建プロセス	
2-2-5 災害対策地域委員会	
2-3 建築物の被害状況および耐震建築計画の策定	12
2-3-1 建築物の被害状況	
2-3-2 耐震建築計画の策定	
3 敷地分析	17
3-1 敷地調査	17
3-1-1 地形及び斜面の現況	
3-1-2 環境分析	
3-1-3 公共サービスへの接続	
3-1-4 開発規制	

3-2 近隣セクター分析	18
3-2-1 道路システム	
3-2-2 環境システム	
3-2-3 公共空間システム	
3-2-4 住宅・土地利用システム	
3-2-5 コミュニティ施設システム	
3-2-6 都市設備システム	
3-3 ゾーン分析	20
3-3-1 ゾーン13の一般データ	
3-3-2 ゾーン13の居住現況	
3-4 アルメニア市における当該計画地の位置付け	21
3-5 広域圏における当該計画地の位置付け	21
3-6 地質学上の分析	21
3-6-1 敷地	
3-6-2 地質の分析	
3-6-3 提言	
3-7 災害危険度調査	27
3-7-1 耐震構造の策定	
3-7-2 敷地の災害危険度	
3-7-3 近隣セクターの災害危険度	
3-8 計画・設計条件（計画地の評価）	30
3-8-1 敷地レベル	
3-8-2 近隣セクター	
3-8-3 再建ゾーン	
3-8-4 市レベル	
3-8-5 広域レベル	
3-8-6 災害に対する脆弱性とその対策	
4 代替案の検討	39
4-1 プロジェクト遂行組織	39
4-1-1 関係機関	
4-1-2 基金／補助金	
4-2 受益者	39
4-2-1 受益者選定	
4-2-2 選定条件	
4-2-3 受益者の社会、経済面での状況および職業、収入、家族構成	

4-2-4	受益者の生産活動	
4-3	コミュニティ開発／自然災害対策プログラム	44
4-3-1	自然災害対策プログラム	
4-3-2	コミュニティ活動プログラム	
4-3-3	コミュニティの自立発展性を支える組織づくり	
4-4	住宅の計画コンセプトおよび手工芸者の活動	50
4-4-1	住宅	
4-4-2	工房	
4-4-3	コミュニティ施設およびコミュニティ・公共スペース	
4-5	計画代替案の決定	51
4-5-1	各代替案の内容	
4-5-2	評価と選定	
5	基本計画	54
5-1	計画要素と規模	54
5-1-1	敷地計画－オープンスペース	
5-1-2	施設計画	
5-2	土地利用計画	54
5-2-1	イベント広場と道路	
5-2-2	住宅ゾーン	
5-2-3	地形への配慮	
5-3	道路交通計画	55
5-3-1	街道 50	
5-3-2	環状道路	
5-3-3	敷地内道路	
5-3-4	歩行者道路	
5-3-5	サービス道路	
5-3-6	駐車場	
5-3-7	身障者への配慮	
5-4	公共スペース及び環境管理	56
5-4-1	公共スペースの配置及びゾーニング	
5-4-2	歩行者ネットワーク	
5-4-3	歩道及び広場	
5-4-4	緑のレクリエーションスペース	
5-4-5	植栽計画の方針	
5-4-6	地形の管理	

5-5	住宅および工房	59
5-5-1	住宅	
5-5-2	共同工房	
5-6	コミュニティ施設	60
5-6-1	コミュニティホール	
5-6-2	託児所	
5-7	設備計画	60
5-8	基本設計図	60
6	事業費	70
6-1	全体事業費	70
6-2	敷地	70
6-3	インフラ工事	70
6-4	住宅	70
6-5	工房	71
6-6	コミュニティ施設	71
7	実施プログラム	73
7-1	コミュニティ組織化プログラム	73
7-1-1	組織化のための要素	
7-1-2	組織化オプション	
7-1-3	コミュニティ組織化スケジュール	
7-2	実施工程	74
7-2-1	計画実施上のステップ	
7-2-2	建設業者の選定	
7-3	コミュニティの持続発展性	76
7-3-1	オプション1：生産活動のデザイン	
7-3-2	オプション2：生計のデザイン	
7-4	運営・メンテナンス計画	78
7-4-1	運営・メンテナンス	
7-4-2	資源	
8	ローカルコンサルタントへの指導・監督上の提言	82
8-1	ローカルコンサルタントへの指導・監督業務の概要	82
8-2	都市計画・防災計画	82
8-3	建築設計	85

「資料」 1. 現地調査日程

「資料」 2. 関係者リスト

「資料」 3. 地質学調査結果

## 田各言吾

PORTE	地域整備計画
FOREC	コーヒー地帯復興基金
FOCAFE	コーヒー生産者基金
IGAC	登記書
INURBE	低所得者住宅金融院
NSR-98	コロンビア国耐震基準
ICONTEC	コロンビア規格
EPC	アルメニア公共設備会社
EDAR	下水処理会社
CRQ	環境省キンディオ事務所
VIS	低所得者向け住宅
DPN	国家開発計画局
COLPAD	災害対策委員会
SISBEN	社会補助受給者特定システム
ICBF	コロンビア家族福祉協会
SENA	国家技術訓練センター

## 1 序文

### 1-1 要請の背景

1999年1月25日に発生したコロンビア西部地震(リヒタースケール6.2)は、死者1,230人、負傷者8,000人、被災者約40万人、被災建物9万戸という深刻な被害をもたらした。特にアルメニア市では低所得者の住宅等が壊滅的な被害を受けた。

コロンビア政府では同市を含む大きな被害を受けたコーヒー生産地帯復興対策としてコーヒー生産地帯復興基金(以下FORECと呼ぶ)を設立、アルメニア市も連携して被災地の復興にあたっている。

アルメニア市では、各地方自治体に策定が義務づけられた「地域整備計画(Plan de Ordenamiento Territorial-以下PORTEと呼ぶ)」に基づき、手工業(皮革、窯業、装飾品等)に従事する低所得者層を対象として、職住近接型の低コスト住宅群の建設を計画していた。今般の地震により、対象受益者が家屋や手工業品工房を失ったため、早急にこの計画を実施することが求められている。

このような状況の下でコロンビア政府は1999年4月、我国に対し在外開発調査の実施を要請してきた。

本計画の実施により、災害による緊急事態下のアルメニア市における低所得者の救済および雇用の創出等、社会経済面での復興に資するのみでなく、同市の防災システムの確立に向けたモデルプロジェクトとしての将来性が期待されている。

コロンビア政府の要請に対し国際協力事業団(JICA)は1999年末に本計画実施に係る合意書に署名、本邦コンサルタントを派遣して防災・都市計画、建築、社会、経済他の調査を実施するローカルコンサルタントと契約、コロンビア政府への協力を開始した。これに応じて実施機関は、建設予定地の提供を確約した。この購入資金の大部分はFORECからの拠出となる。

### 1-2 調査の目的

2国間で締結された合意書に基づいて本調査は以下の通り実施される。

- ・ 本計画の対象となる低所得者のコミュニティに関する情報収集
- ・ 上記の調査に基づいた本計画施設の設計
- ・ 実施機関負担作業の全体工程計画の策定

### 1-3 調査の範囲

実施機関であるアルメニア市能力・経済開発局が選定したキンディオ州アルメニアにおける敷地(リンダラハ2)の一般、防災・都市計画、建築、社会、経済他各事項の調査を実施する。

#### 1-4 調査の内容

2国間で締結された合意書に従い以下の調査を実施する。

- ・ アルメニア市土地利用に関する法令 (PORTE)の調査
- ・ 当該地区の都市インフラおよび都市環境の現状調査
- ・ 低所得者および手工芸者の社会・経済評価
- ・ 敷地調査
- ・ 建設資金に係る調査
- ・ アルメニア市インフラ整備に係る調査
- ・ 主として防災上のコミュニティ発展戦略
- ・ 耐震計画の策定と低所得者に対する住宅供給
- ・ 事業費積算
- ・ 実施計画

本調査では、本計画でのおよそ100世帯のアルメニア在住手工芸者コミュニティの形成のために防災上の啓発および訓練が一つの目的となっているが、設計条件としては災害時の人命の安全確保が第1目標として実施機関との間で合意されている。

#### 1-5 調査関係諸機関

##### 1-5-1 計画要素

本調査に関係する諸機関は以下の3つのグループに分けられる。

##### (a) 実施機関(能力・経済開発局および市関連機関)

本計画の実施主体である。その役割は敷地の取得、計画調整、入居者選定、資金調達を含む施設の建設、コミュニティ生産活動の支援などである。

##### (b) 受益者

本計画に彼らを取り込み、コミュニティ形成の支援を行うためには彼らの家族構成・ニーズ他社会面と生産面での位置付けを明確化する必要がある。これにより生産・販売の各段階における組織化のための方法を決定する事が可能である。

##### (c) 敷地計画および建築計画

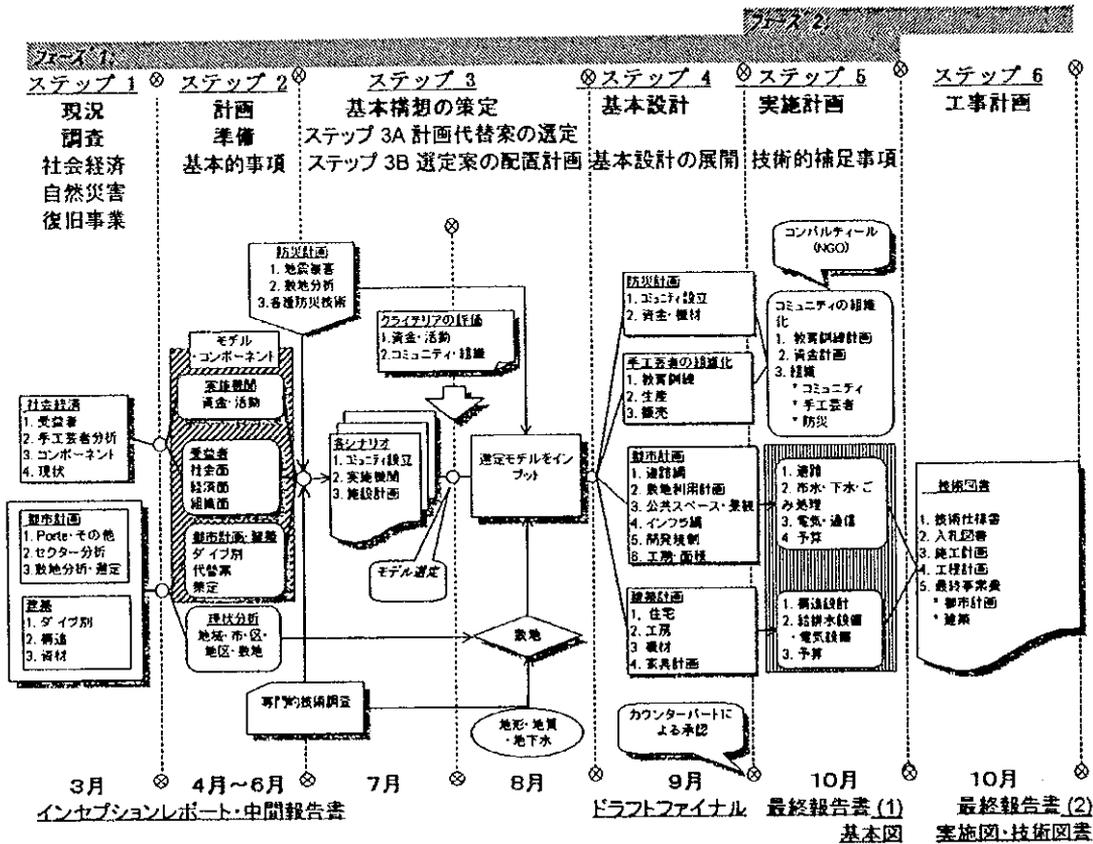
用地の利用方法・構成および建築施設のコンポーネントに関連する。

##### 1-5-2 調査方法

第1に敷地の地形上の利用性に基づいた調査方法が求められる。ただし予定地の取得は本調査開始後3ヶ月が経過してからであった。また受益者の選定も実施機関により行われているが、現時点では最終確定されていない。そのため調査方法はこれらの状況に柔軟に対応したものが要求された。一方実施機関が予定地の取得に専念する間に資金調達案、受益者選定、敷地・建築計画は進められた。

調査方法は6段階からなり、各段階で敷地状況および受益者選定プロセスに係る調査結果を検証する。

図 1-1 調査方法



1-5-3 関係機関

(a) 実施機関

本計画の責任実施機関で、計画予定地の取得、JICAによる調査の支援、受益者の選定、住宅および工房他の建設、計画実施後におけるコミュニティの生産活動に係る支援およびそれら資金の調達を行う。

アルメニア市長は実施機関の設立および各関係機関の統括の為、2000年8月21日に条例を發布して以下の関係機関代表者による「プロジェクト運営委員会」を組織した。

1. 基盤整備事務所
2. 都市計画・開発課
3. 計画・評価部部長
4. 市住宅資金部(Fondo de Vivienda)部長
5. 能力・経済開発局

6. 市ワークショップ代表者
7. COMFAMA(地区担当 NGO)代表者

以上7機関中7. COMFAMAはNGOであり、残りは市に所属する。COMFAMAは以前に選定された敷地が位置する地区の復興責任機関である。COMFAMAはFORECから本計画のインフラ整備および公共施設の建設資金として820億ペソを調達・確保している。

「プロジェクト運営委員会」のコーディネーターは能力・経済開発局であり委員長として機能する。この委員会の目的は、実施機関による本計画の円滑な実施である。委員会は毎月末に開催され、決定は票決によりなされる。

(b) 日本人コンサルタントとローカルコンサルタント

2国間合意書によれば、これらコンサルタントグループは本計画のすべての技術的事項を担当し、同時に実施機関に対してもコミュニティ形成および生産活動の発展に係る支援を行う事となっている。日本人チームは(株)山下設計および(株)地域計画連合、ローカルチームはマリオ・ノリエガ・アソシアードス Ltda. およびゴベルタス・エストラーダ S. en C. の共同企業体により構成されている。

(c) その他の関係機関

「プロジェクト運営委員会」以外には、以下の機関が現在もしくは将来関与する事となっている。

- ・ FOREC—コーヒー生産地帯復興基金
- ・ INURBE—低所得者住宅金融院
- ・ コロンビア国立大学(計画地区復興担当 NGO)
- ・ アルメニア商工会議所
- ・ (株)ハンディクラフツ・オブ・コロンビア
- ・ 地域緊急委員会(Local Committee of Emergencies)
- ・ キンディオ州文化部(The office of the Governor of Quindio)
- ・ コロンビア建築学会(Colombian Institute of Architects)
- ・ 教育庁(National Learning Agency)

1-6 調査工程

プロジェクト運営委員会の発足に続き、3月13日にJICAはローカルコンサルタントとの契約締結し、この業務の完了日を9月6日とした。この目的は工事を遅くとも10月までに開始するためであった。

その後2国間で合意された調査期間は8カ月で設定されていたが、実施機関による建設予定地の取得の遅れから地形調査、地質調査および地区・敷地に関する分析作業等の実

施が大幅に遅れた。全体調査工程は見直しの結果約2カ月の遅れとなった。

図1-2 調査工程

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
当初計画	■									
成果品提出			20 ● IC/R		14 ● IT/R	14 ● DF/	14 ● FR/1	31 ● FR/2		
見直し後計画	■									
成果品提出			20 ● IC/R			20 ● IT/R			26 ● DF/	31 ● FR/1&2

凡例 IC/R : インセプションレポート IT/R : インテリムレポート DF/R : ドラフトファイナルレポート  
FR/1 : ファイナルレポート1 FR/2 : ファイナルレポート2

作業分担および期間

1. 日本人コンサルタント：基本設計 (IC/R, IT/R, DF/R) :  
2000年2月5日から2000年9月29日迄
2. ローカルコンサルタント：基本設計 (IC/R, IT/R, DF/R, FR/1) および実施設計 (FR/2) :  
2000年3月13日から2000年10月31日迄

## 2 計画・設計条件の調査・分析

### 2-1 社会経済環境

#### 2-1-1 アルメニア市の概要

アルメニア市は、1966年にキンディオ州が設立されると同時に州都になった。キンディオ州は、カルダス州、リサルダダ州の2州とともにコロンビア最大のコーヒー生産地帯を形成しており、これらの地域は、アンデス山脈の西側、4000フィートを超える高地に位置している。気温は年間を通じて18℃から25℃の間にある。

アルメニア市の市域面積は121.33km<sup>2</sup>であり、うち81.4%が田園地帯である。アルメニア市はキンディオ州の社会経済活動の中心として、周辺の市町村と舗装路により結ばれており、その延長は6kmから長いもので52kmにまで及んでいる。市域はこれまで四方に拡大してきており、1990年代の終わりまでに、既に220地区以上が開発されている。うち52地区に関しては、コロンビア西部地震以前から、開発が未完了または不適切であることが公式に確認されていた。

アルメニア市の人口は過去30年で約2倍になっており、1965年の137,000人から1995年には270,000人にまで増加している。1993年のセンサスに基づく予測では、1998年時点で274,401人が都市域に、残る8,748人が田園地域に居住していると推計されている。また、その場合の人口構成は、男性が48%、女性が52%である。さらに、2006年には、全人口が320,000人近くにまで達すると予測されている。

アルメニア市設立当初、市の経済基盤は、酪農、さとうきび、主食用バナナなどであった。しかし、その後、国内および海外市場向けのコーヒーとタバコの生産が急速に伸び、これに伴いアルメニア市は地域経済の中心へと成長していった。また、道路ネットワークの整備と1927年に完成された太平洋鉄道により、この地域へのサービスの集中が加速され、それがアルメニア市への人々の入植を促進していった。

#### 2-1-2 コーヒー地帯の経済環境

20世紀初頭から1980年代までは、外貨の獲得および都市型産業の国内基盤という2つの観点から、コーヒー地帯はコロンビア経済における重要な役割を担ってきた。

コロンビアでは、コーヒー地帯の主要都市における最新の統計データが整備されていないため、参考として1993年の各州ごとの域内総生産およびそれらの国内総生産に占める割合を表2-1に示した。国民一人当たりの生産額は州によって大きな違いがみられ、リサルダダ州が突出している。

表 2-1 コーヒー地帯 3 州の州内総生産(1993 年)

州 名	州内総生産 1993* (億ペソ)	各州内総生産の 3 州の合計に占 める割合	各州内総生産の GDP に占める割 合	一人当たりの州 内総生産 (千ペソ)
リサルダグ州	\$2,053	38.6%	2.50%	\$3,294
カルダス州	\$2,044	38.5%	2.49%	\$1,984
キンディオ州	\$1,217	22.9%	1.48%	\$2,458
合計	\$5,314	100.0%	6.47%	

出所：NP-DANE. 為替レート参考：1ドル=1,445ペソ（1999年2月24日）

表 2-2 は、州ごとに各産業種の総生産額に占める割合を示したものである。いずれの州においても農業および製造業が重要な産業となっていることが分かる。また、貿易、サービス、公共サービス、金融に関しては、いずれの州においても総生産額に占める割合が低くなっている。

表 2-2 産業種別生産額の割合

	カルダス州	キンディオ州	リサルダグ州	合計
農業	38.8%	29.5%	24.4%	31.1%
製造業	17.2%	27.3%	31.8%	25.2%
商業	8.4%	9.3%	9.4%	9.0%
運輸	5.7%	6.0%	4.3%	5.2%
金融・サービス	6.4%	6.6%	7.3%	6.8%
行政サービス	8.7%	7.9%	6.3%	7.6%
住宅賃貸	4.9%	4.6%	4.6%	4.7%
その他	9.9%	8.8%	11.9%	10.4%
合計	100%	100%	100%	100%

出所：DPN - DANE.

### 2-1-3 零細業者と手工芸

1994 年の統計によると、零細業者のコロンビア経済に対する貢献度は非常に大きいと言える。零細業者は、給与生活者の 26%、自営業者の 93%、従業者数の 33%を占めている。また、国内雇用の 46%を創出し、国内総生産の 18%を占めており、コロンビアの経済社会政策は零細業者の育成に向けられるべきことが示されている。

1989年から1990年の経済センサスによると、事業所のうち、個人事業者は全体の 50%、従業員（事業主を含む）2人から9人が 45%、10人から19人が 3%、20人から49人が 3%になっている。これらより、全体の 95%は従業員 10人以下の事業であることが分かる。

零細業者の育成は、アルメニア市の経済政策にとって特に重要である。1998 年末の時

点で、キンディオ州における商工会議所登録事業所数の 81%、11,000 社が零細事業である。また、それらの 70%はアルメニア市内に所在している。

コーヒー危機後、代替産業の育成政策により観光が地域および国内マーケットにおいて急速に成長し、コーヒー農園や国立コーヒー公園などがつくられ、新たな収入および雇用機会の確保に貢献した。その効果により、コーヒー危機にも係わらず 1998 年のアルメニアの失業率は 12%であり、全国平均の 16%を大きく下回る結果となった。

アルメニア商工会議所によると、現在市内には 15,000 企業があり、うち 1,300 が製造業、8,400 が小売業、5,300 がサービス業である。また、各業種に占める零細事業の割合は、製造業で 55.6%、商業で 71.2%、サービス業で 47.6%である。

1999 年には、小売業とサービス業に、震災後の再建に伴う成長が見られた。これらの業種では、74 の事業が新規に設立され、3,491,462,440 ペソの投資が発生した。新規 70 事業の合計で、資本総額は 2,547,910,900 ペソに上った。投資の観点では、金融部門 76 事業で同様な投資が 1,810,860,000 ペソ発生した。

アルメニア市（キンディオ州全体でもほぼ同様）では、零細事業は全産業の 57.2%の雇用を創出している。これを営業主体数で見ると、全営業数の 92%が零細事業である。中小事業について見ると、営業数で 5%、雇用で 22.8%を占めている。

手工芸は、これまで社会・経済調査の対象になっておらず、信頼できる情報は殆ど入手できない状況にある。限られた情報の中で、コロンビアにおける手工芸の現況を捉えるため、コロンビア手工芸協会による報告を以下に引用する。

「コロンビアの手工芸の現状はかなり厳しく、資金調達、高い原材料価格、低い製品レベル等の問題を抱えている。手工芸品市場は非常に大きな販売量をもっているが、一般に手工芸者にとって市場へアクセスする費用を負担することは困難な場合が多い。原材料、道具、機械設備等を購入するための資金の調達先がみつからないことにより、需要に応じた生産の拡大が困難であり、その結果収入の増加を図ることもできない状況にある。資本不足により、手工芸者には常に原材料や食料を購入する資金不足が生じており、結果として資金調達を仲介業者、民間貸し金業者、原材料供給業者に頼っている。また、これに加えて手工芸者の製品の質が低いことから、販売業者は製品購入に高いリスクを見込み、購入価格の値下げを要求することが起こる。また、より有利な市場を求めて手工芸者が次から次へと製品を変えていくようなことも生じている。」

社会学的な観点で言うと、手工芸の分野において家族グループと生産グループはほぼ

同一であり、以下のような特性を有している。

- ・ これらのグループは家族の全ての構成員を含んでいるわけではなく、血縁関係のない人間も含む場合がある。
- ・ 居住のためのコミュニティを形成している。
- ・ 家族所有の機器類をコミュニティで使用するが、この場合その利用に優先順位が付けられていることがある。
- ・ 家族の長は通常住宅および機器・装置の所有者である。
- ・ 予算は全てのメンバーの共有であり、各メンバーはその年齢に応じて資金を提供する。
- ・ 家族内の各仕事は年齢や性別に応じて分担する。

#### 2-1-4 コロンビアの住宅事情

都市部を中心に、住宅問題はコロンビアの貧困に関係する主要な課題の1つである。政府には、この種の問題の解決を図る迅速かつ効果的な手段が欠如しており、そのため政府以外の人々から解決策が提案され出している。

1980年代の始めから、国の住宅部門への関与のあり方に変更が起り、INURBEを通じた補助金政策がとられている。

補助金の支給に際しては、適法性、公共サービスへのアクセス、住宅の品質の各項目に関して支給基準が定められている。

INURBEにより定められているローコスト・ハウジングのタイプを以下に示す。

表 2-3 低所得者住宅のタイプ (VIS)

タイプ	市の規模 (人口)	規準住宅価格 (NMMS の倍数)	規準住宅価格 (ペソ)
1	10 万人未満	100	26,010,000
2	10 万人～50 万人	120	31,212,000
3	50 万人超	135	35,113,500

\*NMMS = National Minimum Monthly Salary (法定最低賃金)

出所: National Plan of Development 1998-2002.

補助金は、NMMS の 20 ヶ月分、約 5,202,000 ペソである。また、この補助プログラムは月収が NMMS の 3 倍以下の個人を主たる対象としている。

#### 2-1-5 コロンビア西部地震による被害者 (低所得者) の現状

2000 年 6 月の中央銀行のレポートによると、この地震の結果、キンディオ州における失業率は 39.2%まで上昇した。うち 33.4%は震災後に職を失った人々である。調査時

点での失業者数は、アルメニア市で56,918人、キンディオ州全体で80,440人であった。また、地震後、被災地全体で15,000家族、158,918人が仮設住宅で暮らすことになった。うち、7,700家族がアルメニア市民である。

コロンビア国立大学による2000年6月の調査の結果、計画地が含まれる再建ゾーン13において1,707家族が仮設住宅に住んでいることが分かっている。この調査では、被害を受けた低所得者のプロフィールが特定されており、これにより本プロジェクトの受益者の特性を概ね把握できる。

## 2-2 自然災害および防災対策の現状

### 2-2-1 アルメニア市の災害に対する脆弱性

アルメニア市は火山地帯に位置しており、埋め立て地の上に高密な住宅地を形成している。地質条件に加えて、このような人為的脆弱性により、市の郊外部にまで広がって1階から6階建ての建築物に大きな被害が発生した。また、これらの建築物は、余震によりその被害が拡大した。このような状況から、大きな被害が発生した原因が単に不適切な土地利用だけではなく、建物の耐震性能に関する無知あるいは耐震設計の失敗にあることが分かる。

アルメニアでは、土壌の浸潤や起伏に富んだ地形により、火山灰、埋め立て、地盤の液化化、地すべり等に起因する被害を受けやすい状況にある。また、強風や雷雨等の気象に係わる自然災害も受け易い。

アルメニアでは、他のコロンビアの都市と同様、多くの人々が都市的土地利用に適さない地域に住んでおり、これに対する有効な規制手段がないのが現状である。そのため、災害危険地区の居住者は依然として増加傾向にある。災害危険地区の居住者の移転方策は実施されてきているものの、対策より速い速度で危険地区への居住が進んでいるため、状況は一向に改善されていない。極端な貧困層の数の多さが、災害に対する脆弱性の主要な原因の1つと言える。また、これらの危険地区の居住者には、相当数の女性、子供、高齢者が含まれている。

### 2-2-2 コロンビア西部地震の影響

アルメニア市に登録されている49,163戸の住宅のうち、半壊が19,734戸、全壊が11,163戸であり、また10,380戸が居住できない状況で残されている。アルメニア市の死者数は、929人である。

建物被害の殆どは、老朽建物、鉄筋補強がないかまたは鉄筋コンクリート部材で補強したレンガ・モルタル造、最初の耐震建築基準ができる前の建物に集中している。1984

年に制定された耐震基準を適用した建物の殆どは、壁、間仕切壁、天井、仕上げ材等の非構造部材の被害に止まっている。この種の被害は、既に予想されていたことであり、コロンビア地震工学協会（AIS）による 1984 年基準を改定した法律が 1997 年に制定されている。

この新基準（NSR-98）では、仕上げ材の被害を抑制する水平変位や構造変位の抑制、非構造部材の設計、公共・公益施設の耐震性能の評価、補強等が考慮されている。

### 2-2-3 土地利用規制およびサイスミック・マイクロゾーニング

現在のアルメニア市の土地利用計画である PORTE は、法第 388/97 に基づいて、コロンビア西部地震の前日に市議会を通過したものである。この計画の策定に際しては、正常な都市の発展を阻害するという理由で反対意見が出され、計画内容の合意に長期間を要している。しかしながら、結果として規制の多くは地盤上の問題や都市の拡大に伴う水源の流域の保全等に関連する脆弱性の高い地域に適用されている。

震災の結果を踏まえて、現在の土地利用規制にはサイスミック・マイクロゾーニングが適用されている。サイスミック・マイクロゾーニングは、災害危険度を低減することを目的とした計画手法であり、市域内の許可される開発とそうでないものを明確にする。具体的には、可能な土地利用の形態、適用すべき技術基準等が定められている。この結果を震災後の復興のガイドラインとして活用するため、非常に短期間で土地利用規制の改訂が行われ、現在に至っている。

### 2-2-4 再建プロセス

1999 年 1 月 25 日のコロンビア西部地震後、コロンビア政府はこれを国家災害であると宣言し、大統領に直属する特別機関として FOREC を設立した。

FOREC は、コーヒー生産地帯復興プログラムを迅速に執行するため、国際復興銀行、米州開発銀行から拠出された基金を被災地の復興のために融資する機能をもつ。

このプログラムの枠組みは、地方分権化を基本に組み立てられており、関連機関の能力や責任に応じて各機関の機能が定義されている。このプログラムでは、地方政府により再建の実施単位となる地区が設定され、地区ごとに実施機関として NGO が任命されている。被災地全体では 30 の地区（以下「再建ゾーン」と呼ぶ）が設定されており、うち 15 地区がアルメニア市内に位置する。当初予定されていた計画地の属する地区では、当該 NGO として COMMFAMA が指定されていたが、計画地の変更に伴い最終的にコロンビア国立大学が当該 NGO となっている。

## 2-2-5 災害対策地域委員会

アルメニア市には、1992年に災害対策地域委員会によって作られた災害対策プログラムがある。災害対策地域委員会は、機関横断的な組織であり、地域緊急委員会と呼ばれている。この委員会では、市役所に属する災害対策局が各種組織間のコーディネーションを行っている。

現在、災害対策局は以下のプロジェクトを推進中である。

- ・ 災害対策ネットワークづくり
- ・ 災害対策に係わる地域委員会の組織力強化
- ・ 学校における災害対策計画の立案
- ・ 委員会の書類作成・普及センター機能の強化
- ・ 委員会の技術、運営、教育の各部会の機能強化

## 2-3 建築物の被害状況および耐震建築計画の策定

### 2-3-1 建築物の被害状況

アルメニア市は1999年1月発生地震によって最も大きな被害を受けた地域である。現在までの調査によって明らかなのは、建築物の被害の主たる原因は建築材料の品質不良、耐震設計上の配慮と施工上の品質管理不足等が耐震基準導入以前の建築物に多く見られる。構造部材断面の不足、柱と梁の帯筋不足がせん断破壊もしくは建物の部分破壊および倒壊を招いた。また、「地震スタイル」と呼ばれていた伝統的工法による建物(この場合は竹造)のいくつかは倒壊したか部分損壊した。

この地域の学校施設の80%が中損もしくは重損の被害を受けている。村のヘルスセンターのいくつかは大きな被害を受け、アルメニア市中央病院は非構造部が部分的に損壊して一部が閉鎖された。この病院は耐震補強工事の最中に地震に遭遇した。警察と消防署は崩壊し、災害時に重要な任務を遂行するはずであった多数の警官と消防士が死亡した。震央に近い村の大部分の教会が重損を受けた。

建築物被害の概要は下表の通り。

表 2-4 建築物被害の概要

地域別建築物被害の状況						
地域	合計	無被害	中損	重損	全壊	不明
アルメニア 市内	49,163	7,642	19,734	11,163	10,380	244
キンディオ 州内	74,068	9,671	31,735	16,458	15,774	430
全 域	90,474	10,466	43,476	17,552	18,420	560

場 所	合 計	持家	持家 (借入金有)	借家	その他	不明
アルメニア 市内	49,163	21,077	7,937	18,500	1,261	388
キンディオ 州内	74,068	33,951	9,294	27,555	2,597	671
全 域	90,474	44,870	10,440	30,609	3,599	956

場 所	合 計	無被害	中損	重損	全壊	不明
アルメニア 市内	29,996	4,845	13,547	5,264	5,234	124
キンディオ 州内	43,245	5,988	21,455	7,770	7,825	207
全 域	55,310	6,442	30,476	8,442	9,675	275

場 所	合 計	無被害	中損	重損	全壊	不明
アルメニア	185,000	2,586	5,562	5,486	4,807	59
キンディオ	21,039	3,331	8,916	7,956	724	112
全 域	23,157	3,607	10,735	828	7,847	140

場 所	合 計	無被害	中損	重損	全壊
アルメニア市内	13,116	3,112	4,724	5,264	16
キンディオ州内	19,280	4,441	7,053	7,770	16
全 域	31,688	5,021	8,550	8,442	9,675

場 所	合 計
キンディオ州	142,401
アルメニア市	94,386

出所: DANE. (1999年9月)

表 2-5 構造タイプ別被害状況

構造タイプ	無	小損	中損	重損	崩壊	合 計
RC フレーム	2,956	4,231	7,553	2,730	157	17,627
RC 壁	15	146	34	29	0	224
プレファブ構造	3	10	33	16	3	65

混構造	125	317	333	372	6	1,153
枠組組石造	584	1,279	1,970	1,896	77	5,806
補強組石造	155	364	558	511	4	1,592
非補強組石造	1,192	2,448	3,785	6,699	617	14,741
土壁	405	315	704	2,409	296	4,129
土とレンガ壁	298	403	985	2,379	365	4,430
鉄骨	2	2	2	2	0	8
合成構造	2	10	14	47	5	78
木造フレーム	52	34	51	117	13	267
木構造	11	5	10	14	0	40
その他	109	62	140	278	19	608
合計	5,909	9,626	16,172	17,499	1,562	50,768

出所: Omar Dario Cardona コロンビア地震工学協会

## 2-3-2 耐震建築計画の策定

### A. 「耐震基準」

コロンビア国耐震基準としての「NSR-98」は、1984年の法令第1400号による旧耐震基準を抜本的に改訂して1997年8月の法令第400号により新耐震基準として新たに施行された。その内容は以下の通りである。

- ・ ステップ 1 地震危険度と加速度係数  $A_a$  の設定
- ・ ステップ 2 以下の項目による設計地震力の決定
  - (a) 設計スペクトルー加速度係数
  - (b) 加速度記録ー地域係数
  - (c) サイズミック・マイクロゾーニングによる評価ー施設用途別重要度
- ・ ステップ 3 構造および構造部材の性能の定義
  - 1. 耐震構造システム
    - (a) 耐震壁
    - (b) 非構造フレーム+構造壁またはブレース付きフレーム
    - (c) フレーム
    - (d) フレーム+構造壁またはブレース付きフレーム(構造壁またはブレース付きフレームはベースシャーの75%以上を負担)
  - 2. 構造部材の性状の定義
    - (a) 鉄筋コンクリート
    - (b) 補強組石造または枠組組石造
    - (c) 鉄骨構造

(d) 木造

3. 非弾性領域でのエネルギー消費能力の定義

- (a) DES(大)
- (b) DMO(中)
- (c) DMI(小)

4. 構造タイプと構造部材の使用制限

- (a) DES—危険度が高いまたは中程度の地域
- (b) DMO—危険度が低いまたは中程度の地域
- (c) DMI—危険度が低い地域のみ

ステップ 4 構造形状と分析の方法

- (a) 平面形状: Op.
- (b) 断面形状: 0a.
- (c) 地質タイプ: S.
- (d) 施設用途: I, II, III or IV.
- (e) 地域地震危険度: 高、中、低

解析手法の決定

- (a) 等価横力法
- (b) 弾性応答解析法
- (c) 非弾性応答解析法

ステップ 5 設計地震力算定の指標

- (a) 重量: M
- (b) 固有周期: T
- (c) 加速度スペクトル: S A
- (d) ベースシャー

ステップ 6 構造解析

設計地震力の解析にあたってはステップ 3 の方式に従う。

ステップ 7 層間変位

- (a) 軸力
- (b) たわみ
- (c) せん断力

(d)ねじれ

・ ステップ 8 水平移動

水平移動にはねじれモーメントと P-デルタ効果(鉛直荷重による相乗効果)による影響が含まれる。

最大許容水平変位は各階高に対し 1%である。また組石構造の場合は 0.5%となる。

・ ステップ 9 構造部材の設計

各構造部材の非弾性域での地震力消費能力の評価

・ ステップ 10 基礎設計

地耐力の算定

・ ステップ 11 非構造部材の設計

施設用途別最小耐震性能の決定

(a) グループ IV: 高

(b) グループ III : 中

(c) グループ II: 中

(d) グループ I : 低

・ ステップ 12 工事と工事監理

工事と工事監理規定

### 3 敷地分析

敷地分析は、5つのスケール（敷地、近隣セクター、再建ゾーン、市、広域圏）において実施された。各々のスケールにおける分析結果は、本プロジェクトのデザイン・ガイドラインを示すとともに、分析や体系化されるべき課題に関する詳細な情報を提供した。

#### 3-1 敷地調査（図 3-1 参照）

当該計画地は、約 21,294m<sup>2</sup> の敷地面積を有し、市の南西、田園集落プエブロ・タバオに至る街道 50 に面している。また、PORTE による都市計画区域の境界から 300m ほど内側に位置している。

##### 3-1-1 地形および斜面の現況（図 3-2 参照）

計画地は全体的に起伏に富んだ地形であり、敷地南東隅の最も高い点と南西の最も低い点の高低差は 26m である。また、この敷地は街道 50 と 200m に渡って接しており、両者の間には 8m の高低差がある。さらに、街道 50 から 35m 敷地内側に入った最も低い地点は、街道 50 の敷地と接する範囲の最も高い地点より 13m 低い。表 3-1 に敷地内の斜面の現況を示す。

表 3-1 地形分析結果

斜面分析—建設と保全	面積	割合
敷地面積	21,228m <sup>2</sup>	100.0%
斜度 2.5° 以上の斜面環境的保全エリア	3,272m <sup>2</sup>	15.4%
保全エリア斜面の開始点から 12m のセットバック	2,364m <sup>2</sup>	11.1%
建設可能エリア	15,592m <sup>2</sup>	73.5%
斜面分析—斜度	面積	割合
0.5° の斜面	14,734m <sup>2</sup>	69.4%
1.5° - 2.5° の斜面	3,921m <sup>2</sup>	18.5%
2.5° - 4.0° の斜面(受動的レクリエーションゾーン)	2,532m <sup>2</sup>	11.9%
4.0° 以上の斜面(あらゆる利用を制限)	41m <sup>2</sup>	0.2%
合計	21,228m <sup>2</sup>	100.0%

##### 3-1-2 環境分析

計画地内の主要な環境要因は、植生、ヴィーナス沢、自然の雨水排水路の 3 つである。以下にその特性を列挙する。

- ・ 植生

建物の建設可能地も含めて多くの部分が緑に覆われている。

この緑は、背の高い雑草と芝によって構成されている。

ヴィーナス沢の斜面は竹の密に茂った林で覆われている。

敷地の南西側まで沢が連続してきており、その周囲にも竹の巨木が見られる。

- ・ ヴィーナス沢

廃棄物や近隣から流れ込んできた下水による汚染の痕跡が確認できる。現在、少なくとも沢の北側では、下水網の整備によりこのような状況が改善されている。沢の斜面の勾配は 25° を超えており、PORTE の規定に基づいて沢の斜面の始まる地点から 12m セットバックして土地利用が制限される。

- ・ 自然の雨水排水路

敷地の北側を街道 50 に沿って自然の雨水排水路が形成されている。この排水路は 1999 年に作成された災害危険地域地図の保護地区に指定されているが、その後 CRQ により保護地区から除外されている。

### 3-1-3 公共サービスへの接続

現在の公共サービスの整備状況を以下に列挙する。

- ・ 上水道：本管が街道 50 に沿って整備済みである。
- ・ 下水設備：延長 1,500m の下水管が計画地の東側と北側に建設中である。これにより集められた下水は、ヴィーナス沢の下水管を通して処理施設へ運ばれる。また、雨水排水は直接ヴィーナス沢へ放流される。
- ・ 電気：計画地の西側へ 150m の位置に変電所がある。
- ・ 電話：南央ネットワークが利用可能である。
- ・ ガス：利用可能な状況にあるが、敷地内への供給は供給側の事業性判断に依存する。
- ・ ごみ収集：市の回収が週に 3 度行われている。

### 3-1-4 開発規制

PORTE 等により、当該計画地は次の制限を受ける。

- ・ 主要用途：低所得者住宅
- ・ 付属用途：軽工業および標準的小売業
- ・ 建築物の高さ：1 階または 2 階建て、最高 3 階建てまで可
- ・ 駐車場：3 世帯に 1 台の居住者用、15 世帯に 1 台の来客用、工場 120m<sup>2</sup> ごとに 1 台、事務所 100m<sup>2</sup> ごとに 1 台設置する

### 3-2 近隣セクター分析 (図 3-3 参照)

近隣セクターの境界設定に際しては、当該計画地が近隣コミュニティの防災拠点になることを前提としており、その範囲は緊急時の歩行者の到達時間を考慮して決定している。

当該セクターの分析に際し、“Regulating Grids” と呼ばれる手法を用いている。この手法では、都市を特定の機能（自然環境、道路、住宅、公共スペース、公共サービス）に着目した多様なシステムの複合体として理解する。これらのシステムは互いに相補効果をもち、空間的な配列を明確にしつつ分析が進められる。これらのシステムの分析を通して、環境保全、災害リスクの低減、多様な都市活動に伴うコミュニティ形成、雇用・

サービス・住宅の供給等を検討することができる。

これら多様なシステムの相互作用を見ることで、特定のシステムが影響を受ける場合に、システム間にどのような関係性があり、そのシステムがどのような形で影響を受けるかを観察することが可能になる。この“regulating grids”という論理的フレームは“戦略的都市デザイン (DUE)”の一部を成すものであり、この分析的アプローチはマリオ・ノリエガ・アソシアードス Ltda. により提案されたものである。これらの手法は、都市構造の分析を通して、都市デザインや建築デザインに与件を与える。

### 3-2-1 道路システム

計画地周辺の主要幹線道路として、街道 50 が最も重要である。街道 50 は、街道 19 と接続しており、これによって市域内のあらゆる地区と結ばれている。

表 3-2 主要道路の概要

路線名	道路タイプ	仕様	現状
街道 50	2 次幹線道路	幅員 24m、車道 9m、緑地帯 1.5m、歩道 2m、地先 4m	2 車線道路、拡張計画、拡張部分の土地利用規制済み
環状道路 (建設中)	2 次幹線道路	幅員 48m、片側 2 車線 (105m)、中央分離帯 4m、緑地帯 2.5m、歩道 3m、地先 6m	長期プロジェクト、詳細設計未完成、拡張部分の土地利用規制済み
横断道路 48 B	敷地内道路、サンタリータ地区	幅員 7m 相互通行、歩道 1.5m	メンテナンス必要、近隣セクター内の最も古い地区にある
横断道路 50 A	敷地内道路、ラファチャータ近隣地区へのアクセス	相互通行	都市化の進捗に合わせて近年建設された

出所: PORTE - Taller de la Ciudad Field work by Temporary Partnership.

### 3-2-2 環境システム

当該セクター内の環境システムは、斜面保護と水循環のシステムで構成される。環境に起因して災害危険性のある地域は、PORTE に規定されている。

### 3-2-3 公共空間システム

公共空間システムは、主としてレクリエーションスペースにより構成される。これらのいくつかは施設が整備されており、他は市民が非公式に利用している空き地である。

### 3-2-4 住宅・土地利用システム

当該セクター内では、1 階戸建ての中・低所得者向け住宅が最も一般的である。また、

このセクターは主として社会層 3 の市民が居住する地区である。

表 3-3 住宅・居住人口・人口密度

地区名	地所数	人口	住宅数 (/ha)
リンダラハ1 および2	643	1,575	リンダラハ1= 49 リンダラハ2=89
ラ・ファチャータ	1,439	2,471	94
プエルト・エスペホ	728	2,048	101
エル・ポブラード	211	613	110
サンタリータ	287	1,553	41
ラ・バージニア	707	2,439	82
合計	4,015	10,699	

出所：PAZ Universidad Nacional. Plan IGAC 1/2000 Aerial Photographs  
Temporary Union fieldwork

### 3-2-5 コミュニティ施設システム

当該セクターには、2つの教会、診療所、警察署、コミュニティセンター、および6つの学校が立地している。

### 3-2-6 都市設備システム

当該セクターには、上水道、下水道、電気、電話、ガスのインフラが整備済みである。

### 3-3 ゾーン分析 (図 3-4 参照)

当該計画地は、FOREC の復興プログラムにより設定された再建ゾーンのうち 13 ゾーンに属する。この地区の復興計画は FOREC により指名されたコロンビア国立大学によりめられている。

#### 3-3-1 ゾーン 13 の一般データ

- ・ ゾーン面積 : 355.9ha
- ・ 開発済面積 : 201.3ha
- ・ 環境保存地区面積 : 73.5ha
- ・ 開発可能面積 : 81.1ha
- ・ 人口 : 52,465
- ・ 地所数 : 10,120

#### 3-3-2 ゾーン 13 の居住現況

震災後の当該ゾーン居住現況は以下のとおりである。

- ・ 被害住宅数 : 38,009
- ・ 被災者数 : 18,019

- ・ 仮設住宅数：2,780
- ・ 災害危険地域居住者数：97
- ・ コミュニティ形成：ゾーン内人口の80%が法的に認定されたコミュニティに所属している。
- ・ 雇用：相当程度の人口が不安定な職業に従事しており、専門職の割合は低い。
- ・ 災害対策：ゾーン内の居住者は、災害に対する訓練を全く受けていない。

### 3-4 アルメニア市における当該計画地の位置付け（図3-5参照）

当該計画地の市レベルの位置付けを検討する上で、以下の事項が重要である。

- ・ 主要道路システム（既存および計画中之ものを含む）
- ・ 市内防災関連施設への到達距離およびその利用の可能性
- ・ 現在策定中の市防災計画へ本プロジェクトの防災計画を組み入れる。

### 3-5 広域圏における当該計画地の位置付け（図3-6参照）

当該計画地は、アルメニア市周辺の地域観光エリアの一部になる可能性を秘めている。計画地が隣接する街道50は観光道路として拡張が予定されており、計画地の生産活動を刺激する事業ネットワークが構築される可能性がある。また、当該再建ゾーンが既に開発段階に入っていることから、本プロジェクトは地域の再建に貢献するものである。

## 3-6 地質学上の分析

### 3-6-1 敷地

#### (a) 地質

アルメニア市他、大部分のコーヒー生産地帯は火山活動が活発な結晶質岩に構成される中央山脈に位置しており、火成岩床と火山灰の表層との間には粗礫層がある。

表層からの地質構成は以下の通り。

- ・ 火山灰
- ・ 沖積世層- 沢および谷はしばしば沖積世層で占められている。
- ・ 粗礫層
- ・ 火成岩

「資料」(3.地質学調査結果)図-1 ポーリング位置図、図-2 敷地地層図1、図-3 敷地地層図2参照

#### (b) 岩床

岩床は輝緑岩質の火成岩で、このせん断波速度( $V_s$ )は2,500m/s近くかそれ以上である。深度は場所によるが50m程度で表層の火山灰程度の厚さを持つ。一方粗礫層はしばしば地震波を十分に反射すると考えられる。この場合のせん断波速度( $V_s$ )は1,300m/s程度に設定される。

すなわち、岩床はケースによって深度 20 から 25m までの粗礫層の場合と深度 50m の輝緑岩質の火成岩とする事が出来る。

#### (c) 地下水

深度 6 および 8m の 16 カ所のボーリング調査では地下水脈は確認されなかったが、深度 20m の 2 カ所のボーリング調査では共に 14.2 および 12.5m 地点で地下水脈が確認された。これはサイスミック・マイクロゾーニング調査結果と一致している。

結果として表層における砂質土液状化の心配は無く、基礎への影響が無いので設計上の制約は無い。

#### (d) 耐震設計上の考察

この地域の北北東の方向に大きなロメラル断層が横断している。これは南方向はエクアドルのグァヤキル湾からコロンビアのカルタヘナ近くに約 600km の延長で達する。

この場合の断層帯は、小規模のいくつかの断層が集まって構成されており航空写真で確認が出来る。これら先端のいくつかはアルメニア付近に存在する。

- ・ カウカーアルマゲル断層
- ・ ケブラダ・ヌエバ断層
- ・ アルメニア断層
- ・ カンバナリオ・マニサレス断層
- ・ パレスティナ断層
- ・ リオ・ベルデ断層
- ・ サレント断層

大きな地震源は以下の 3 つが確認されている。

- ・ 表層付近：上述の断層でアルメニア市の近くに存在している。
- ・ 深層部：ワダッティーベニオフ地帯
- ・ 沈み込み地帯：太平洋側に存在する。発生周期は比較的長いが非常に活発である。

「資料」(3.地質学調査結果)表-1 カルダス地方地震記録 参照

#### (e) 地盤の概要

##### 表土

火山灰—シルト質粘土、砂質粘土およびそれらの固結したもの。せん断波速度( $V_s$ )は 150-200m/s 程度。

残留土壌—上層よりはるかに強度が高い固結した地山。せん断波速度( $V_s$ )は 400m/s 程度。

礫層—火山泥流による厚い礫層とみられる。しばしば岩盤と判断される。せん断波速度( $V_s$ )は 500m/s 程度。

輝緑岩—中央山脈火山帯の一部を構成する。非常に強固な火成岩でしばしば碎石として利用される。せん断波速度( $V_s$ )は1,500m/s程度。

「資料」(3.地質学調査結果)表-2 敷地地勢表、表-3 敷地地質層表、に地盤の概要を示す。

### 3-6-2 地質の分析

#### (a) 概要

埋め立て部—敷地の南側角部は雑多な材料によって盛土されている。これらは昨年の地震被害に遭った建物の残骸とみられる。そして敷地北側角部ボーリング地点 B-7 では厚さ 70cm 程度の盛土が確認された。細い根が混じる茶色の砂質シルトであり、せん断強度は非常に低い。

表土—砂質シルトと灰の薄い層からなる。色は茶から黒、せん断強度は下層土より低い。平均厚さは 40cm 程度である。

火山灰—比較的厚い雨成火山灰による層である。第四期における中央山脈の火山活動によるもので、地質学上はしばしば粘土質・砂質シルトに分類される。砂程度の荒い粒度の層は一般に下層の古代土と共に発見される。

可塑性については、シルト質および粘土質が高い層の液性限界が 50 以上と高く、砂質が高い層では液性限界は低い。塑性限界については塑性指数が深度に比例する傾向が液性限界に示される。砂質層における単位重量は 1.8ton/m<sup>3</sup> とやや低い。

#### (b) 土質の詳細

比重—雨成火山灰の比重は 2.38 から 2.56 で、深度にほぼ比例している。結果はおおよそその堆積物の性状を良く反映している。

含水率—例外はあるが深度に応じて減少の傾向がある。概して地表付近では約 70%、深度に従い 35%まで減少する。ある表層部では 25%の低い値を示した。

液性限界—111%から 60.5%までの範囲で計測された。表層で若干低く、深度に従ってやや増加し再び減少する。

塑性限界—全体で一定して 32%から 67%を示した。

塑性指数—深度の影響は非常に少ない。表層で 36、深度 3m で 48、6m で 27 を示した。

液性指数—火山灰堆積物の性質を良く示し約 0.8 であった。砂質層ではこれが反映され

ない。

平衡含水率—32%から 51%を示し自然含水率より低い。これは粘土質鉱物内での膨張傾向が抑制されていると考えられる。

自由膨張—いくつか粘土質試料の膨張傾向に関する試験を実施したが、30%から 40%の結果に止まり膨張の可能性は低い事を示した。

粒径—砂層での検査では 8.55%から 32.5%とを示し、この中間サイズは雨成の火山灰の特徴を良く示した。

pH—6.2 から 7.7 であった。この火山灰は表層では弱酸性、中層では若干酸性度が上昇する。

一体化土の分類—アルメニアの土は一般に一体性が高めとして分類されるが検体は低めであった。これは一般的に土質塑性図(図-4 土質性状図)におけるカサグランデ線下の土質を示している。

「資料」(3.地質学調査結果)図-4 土質性状図参照

### 3-6-3 提言

#### (a) 一般考察

基礎設計上の提言の前に、本調査で明らかになった地質工学的事項を以下に述べる。

- ・ 表土は堅い火山灰で若干凝結している。期待される性状は固結した粘土に類似するものである。
- ・ 計算された建物重量は比較的軽く、いかなる場合でも地盤の許容耐力以内である。
- ・ 地震被害地および構造タイプが未決定であるが、基礎形式は梁で囲まれたワッフルスラブを提案する。

#### (b) 基礎形式の提案

基礎形式は梁で囲まれたワッフルスラブを提案する。詳細は以下の通り。

1. 住宅および工房は自然土で埋め戻されたワッフルスラブで支持する。
2. スラブの寸法は地耐力に対応したものとする。地耐力は以下の通り算定される。  
 $qa \leq 0.6 \text{ kg/cm}^2 = 6.0 \text{ ton/m}^2$
3. 地中梁を含むスラブ高さ  $\geq 30 \text{ cm}$
4. 荷重は耐圧スラブ断面に合せたものとする。
5. 小階層反発係数:  $ks = 4500/B \text{ ton/m}^3$

ここで

$$k_s = E_s / [B(1 - \mu^2)] \quad (\text{A. Vesic, 1961 による})$$

$E_s$  = 塑性係数

$B$  = 梁巾

$\mu$  = ポアソン比

#### (c) 敷地造成

- ・ 建設計画部分のすべての廃棄物・軟弱埋立土・樹木他は場外に搬出・処分されなければならない。
- ・ 上記作業の後に、盛土については適切な砂質土を埋め戻し転圧する。この層の厚さは 30cm 以上、範囲は建物高さ分を建物周囲に見込むものとする。
- ・ 仮設工事掘削法面の角度(垂直/水平比)は 1/1 以下とする。
- ・ 本設工事掘削法面の角度(垂直/水平比)は 2.5/1 以下とし、芝等により保護する。

#### (d) 敷地排水

- ・ 排水は雨水・雑排水に関わらず敷地内には放流しない。
- ・ 敷地の自然勾配に合わせた排水方式をとり、近接の沢に排水経路をとる。
- ・ 沢・谷の斜面は芝等により保護する。

#### (e) 地震関連事項

##### (e.1) 序文

NSR-98(コロンビア耐震基準)によると、アルメニア市周辺の地震危険度は高い。そのため耐震上の構造および土質性状の評価は、本基準の特別な指針によって行われる。当該地域における指標は以下の通り。

- ・ 土質性状 : S3
- ・ 地域係数 :  $S=1.5$
- ・ 施設用途 : グループ 1
- ・ 施設重要度 :  $I=1.0$
- ・ 最大地盤面水平加速度 :  $A_a=0.25$
- ・ 最大地盤面水平加速度被害限界値 :  $A_d=0.04$

##### (e.2) 最近の地震

アルメニアおよび周辺都市は 1999 年 1 月 25 日のコロンビア西部地震で大きな被害を受けた。この地震のデータは以下の通り。

発生時間 : 現地時間午後 1 時 19 分

- ・ 北緯 : 4.41 度
- ・ 東経 : -75.72 度
- ・ 震度 : 30km 以内

- ・ マグニチュード：6.2 リヒタースケール
- ・ 震央：キンディオ州、コルドバ

「資料」(3.地質学調査結果)図-5 コロンビア西部地震加速度スペクトル図参照

震央はアルメニア南部 15km とされ、余震はただちに発生した。この内マグニチュード 5.8 の余震は本震発生後 3 時間で発生している。これらの余震が被害を増大させた。

「資料」(3.地質学調査結果)図-6：アルメニアの 15-20m 厚の火山灰層上に建つキンディオ大学で観測された加速度図である。この応答は現地の地形条件がよく反映されている。

「資料」(3.地質学調査結果)図-7：震源を示している。少なくとも 15 の市が大きな被害を受け、復興を必要としている。

「資料」(3.地質学調査結果)図-8：現地の断層および地震の発生地を示す。断層地帯の巾と小規模の断層群が東西 20km に渡っており、これに沿って余震が発生している。

「資料」(3.地質学調査結果)図-9：余震の規模と発生時間の関係を示す。

「資料」(3.地質学調査結果)図-10：震央から放出されたエネルギー量と地域的な広がりを示す。

「資料」(3.地質学調査結果)図-11：INGEOMINAS(エネルギー省コロンビア地質鉱山研究所)による各種地震観測器の配置図である。

「資料」(3.地質学調査結果)図-12：余震の震度と本震発生からの発生時間を示す。

#### (f) 災害と防災対策

本計画は、コロンビア耐震基準に準拠して実施される。設備施設・機材等も緊急事を想定した上での計画とする。これらの対策によって、計画地内の利用者による避難がすみやかに行われることが必要である。同時にこの施設が同地区の住民の避難場所として機能することも求められている。施設およびオープンスペースはそれらの目的に応じた規模を設定するものとする。

上記に係るアルメニア市防災課との協議において、同防災課の市防災計画に本計画施設を取り込んだ上で、本計画施設をその地区(リンダラハ周辺)の緊急時における防災拠点として位置付け、必要最小限の施設および機材を装備して初動体制に備えることで合意

している。

### 3-7 災害危険度調査

#### 3-7-1 耐震構造の策定

特定の用途・構造に限って NSR-98 では特別に基準を設定している。アルメニアは高地震危険地域として最大地盤面水平加速度は  $A_a=0.25$  に設定されている。

構造タイプは非弾性領域でのそのエネルギー消費量に応じて DES (高)、DMO (中) および DMI (低) の 3 段階に分けられており、危険度が高い地域の場合は通常 DES、用途によっては DMO が認められている。

住宅の場合の用途としては「グループ I(一般構造)」と分類され、重要度係数  $I=1.0$  が指定される。これは設計スペクトルの数値を左右する。

この係数は建設される地域の卓越周期によって左右される。このために各指標は専門家による地質学的調査やサイズミック・マイクロゾーニングによるデータ他によって求められる。

本耐震基準は 1984 年の耐震法第 1400 に準じて  $A_a=0.05$  以下の地震危険度が低い地域に限定して単純組石造構造を認めている。従ってアルメニアでは単純組石造構造での設計は出来ない。

地震危険度が高い地域における 1 層または 2 層の住宅の場合、以下の構造が適用される。

- ・ 耐震壁－鉄筋コンクリート壁 (DES)、すべての縦シェルを充填した補強レンガブロック壁 (DES)、縦方向を拘束した補強レンガ壁 (DMO)、部分補強レンガブロック壁 (DMI) および枠組みレンガ壁 (DMO)
- ・ 鉄筋コンクリートフレーム (DES)

上記の構造が 1 層または 2 層の住宅では一般的であるが、本耐震基準では当該地域でのその他のタイプについても細かく規定している。

#### 「C 章－コンクリート構造」

C 章、第 21 条には、非弾性領域におけるエネルギー消費能力を 3 段階に分けた上で、耐震設計の方法が規定されている。

#### 「D 章－構造レンガ造」

過去の地震被害の経験により、1984 年の耐震法から全面的に改定された。枠組み組石

構造についての実験結果から、地震帯に位置する諸外国で採用されているシェル付きレンガブロック構造が追加された。工事の工法・品質管理方法が改訂された。設計基準については、許容応力度による計算が認められているのと同時に、終局応力度による計算法が確立された。

レンガ造の資材については、コロンビア規格(ICONTEC)により新たな規格が採用され、工事段階での検査に加えて設計時でのレンガ造の耐力算定方法が明確化された。加えて1984年からの研究結果によって「耐震壁に係るコロンビア研究情報」が適用された。

#### 「D章－施工指針」

新たに改訂された。ここでは枠組み組石造タイプにおけるせん断力および対角線上の引張り力に対抗する横方向の補強筋が指定されている。せん断力に対抗するジョイント補強は禁止されている。

これらの設計指針は UBC-97 および ACI-530 の「縦枠組み組石造工事」に準拠している。設計手法は直交する壁と平行する壁とに分けられている。

#### 「D章第10条－レンガ枠組み組石造」

レンガ枠組み組石造の指針はロス・アンデス大学他多くの関係機関による協力により、新規に策定された。

#### 「E章－1層または2層の住宅用耐震基準」

1984年の耐震法第1400の流れをくむもので、標記の用途および構造の建築物に限って適用が許される。これと別に前述「D章第10条－レンガ枠組み組石造」に従うことも可能である。要求される条件は以下の通り。

- ・ 施設用途「I」（小さい規模の特殊用途以外の建物－施設重要度は最も低い）のみかつ1層または2層のレンガ壁構造および連棟住宅の戸数は15以下かつ延べ床面積は3,000m<sup>2</sup>以下。ただしAおよびD章の規制もクリアする必要がある。
- ・ レンガ壁構造以外の住宅または施設用途「I」以外の施設、倉庫またはこれに類するものはA章第1条およびA章第12条に従う。
- ・ 1層または2層の住宅の場合で地盤が不安定または擁壁あるいは30%以上の斜面に建設される場合は、A章に従う事になる。加えて地質および構造の専門家による設計・監理が必要である。これは連棟の戸数が15以下かつ延べ床面積が3,000m<sup>2</sup>以下の場合においても適用される。

最後にA章第9条では、新たに非構造部すなわちカーテンウォール・間仕切壁・仕上・内部機器等の被害対策に関する条項が加えられた。住宅を含む施設用途「I」について

は最低限度の耐震性能が求められるため、非構造部の被害はかなりのレベルになる。この被害を最小限に抑えて、これによる人的・物的被害を防止しようとの目的による。新耐震法 NSR-98 では、地震による被害建物の状況を用途別にごく大まかに 3 段階に設定している。概要は、1. 少ない混乱・無被害・使用継続 2. 中程度の混乱・構造被害無し・非構造部の被害 3. 大混乱・構造部と非構造部の被害ただし倒壊無し となっている。

#### 「結論」

本計画では以下の用途による建物の建設が予定されており、耐震基準に従って設計が行われる。施設の構造タイプは以下の通り。

- ・ 補強構造レンガによる 2 層の住宅。2 層とする理由は建物引き渡し後の無計画な 2 階部の建設防止である。
- ・ フレーム構造による共同工房、屋根は瓦葺、構造レンガによる間仕切壁により水平力に対抗する。
- ・ フレーム構造によるコミュニティホール、木造トラスに瓦葺、構造レンガによる間仕切壁により水平力に対抗する。
- ・ フレーム構造による託児所、木造トラスに瓦葺、構造レンガによる間仕切壁により水平力に対抗する。

#### 「耐震構造と資材の提案」

- ・ 補強組石造—上下を固定した鉄筋およびワイヤーにより壁内部が補強されたもの
- ・ 部分補強組石造—上下を固定した鉄筋およびワイヤーにより部分的に内部が補強されたもの
- ・ 枠組み組石造—壁周囲を鉄筋コンクリート製柱・梁などに囲まれた組石壁
- ・ 各接合部が剛接された柱・梁・基礎に囲まれたフレームで窓枠としても利用
- ・ 補強 2 重組石壁—鉄筋コンクリート壁を組石壁で両側より 2 重にはさんだもの
- ・ 鉄筋コンクリートおよび鉄骨によるフレーム構造も認められてはいるが、本計画の住宅に対してはコスト面で不利である

#### 3-7-2 敷地の災害危険度

当該計画地の砂質表土部分には、液状化を引き起こす自由水は存在しない。そのため、フーチングは地下水の影響を受ける可能性がなく、設計上特に制約を受けない。一方で、以下の 3 つの災害原因がこの地域において特定されている。

##### (a) 表層部の災害原因

アルメニア市に近接して、表面断層が確認されている。距離は 25km 以下であり、深さは 10 から 20km である。

#### (b) 深層部の災害原因

ワグッティ・ベニオフ地帯が 80 から 100km の長さ、深さ 100km にある。

#### (c) サブダクション帯

太平洋岸に沿って、活動が活発なサブダクション帯がある。長さは 200km、深さは 10 から 30km である。

この地域では、高頻度というよりむしろ高強度の地震が予想される。一方で、土質の強度やセメンテーション、比較的深い地下水位から、液状化の起こる可能性は低いと言える。特に、地下水位については、細砂に対する地震の影響を和らげるのに十分深いと判断できる。

計画地は、火山灰の上に位置している。一般に、火山灰は地震や地下水位の上昇によって非常に不安定になる。地下水位の上昇は、計画地が豪雨に繰り返し曝された場合に起こりうる。しかし、計画地に近接するプエルト・エスベホ地区においてアンデス大学が実施したボーリング調査によると、地下水位は地表面から 12m の深さにある。以上から、敷地内の災害原因としては、地震のみを考慮することでよいと考えられる。

#### 3-7-3 近隣セクターの災害危険度

この地域において災害を引き起こす可能性のある自然現象として、地滑り、大規模な地盤の変位等、地盤の力学的な変化によるものと強い地震動によって引き起こされる河川土手の不安定が挙げられる。

当該セクターには、災害危険地区に立地する住宅や、生活改善が必要な住宅が含まれており、住宅の移転、地盤改良などの対策も必要とされている。当該セクターでは、強い地震の発生により住宅やインフラに深刻な被害をもたらされる可能性がある。また、地盤が不安定な地区があり、地滑りの発生する可能性がある。

計画地の周辺には、不適切な工事に加えて地盤の変位が生じやすい危険地区に立地している脆弱な住宅が見られる。特に、サンタリータおよびヴァージニア近隣地区を含むサンタリータ川流域は、地滑りの危険に曝されている。これらの災害危険地区の住宅は、中規模地震により深刻な被害を受けることが予想される。このような危険地区の居住者は 4,000 人程度であり、当該近隣セクターの居住者 10,700 人の 37% を占める。

#### 3-8 計画・設計条件（計画地の評価）

敷地分析の結果から得られた都市および建築計画のガイドラインは以下のとおりであ

る。

### 3-8-1 敷地レベル

敷地レベルにおける最も重要な与件は、地形および環境保全に関連する事項である。地形に関連して、斜面の形状に適合する建築設計と土地造成を極力減少させる配置計画が重要である。環境保全の観点では、土壌浸食や地滑りを避ける斜面の保護とそのため適切な植栽計画が必要である。また、PORTEにより規定されている基準に基づいて、適切な土地利用、密度計画、地表面の利用を図っていく必要がある。都市設備への接続については、最新の技術基準を適用することが要求される。

### 3-8-2 近隣セクター

道路システムの一貫性を確保するため、PORTEにより定められている計画基準に基づき道路計画を行う。また、街道 50 と計画環状道路の交差点において、通過交通とプロジェクトの諸活動による発生交通との調整を適切に図る。そのため、通過交通の流動を妨げないよう幹線道路における路上駐車を避けるとともに、公共バスの停留場を計画地内に確保することも重要である。また、沢や自然排水路などは環境システムとして適切に保存されることが重要であり、同時に保存地区への居住を防止する方策も必要である。これらのためには、公共スペースの計画に特別に配慮することが必要であり、戦略的な配置計画やこのための特定のプログラムを計画する。また、近隣セクターに居住する 10,700 人に対して、視覚的な分かりやすさやアクセスの容易さを確保することは、計画地内に防災拠点を設置する上で決定的に重要である。このようにプロジェクトは、近隣セクターの土地利用、地形、密度等と適切に連携を図る。

### 3-8-3 再建ゾーン

本プロジェクトは、当該ゾーン人口の 1%弱を占めることになる。従って、教育、健康、レクリエーション等の主要な都市機能をゾーン内の既存施設に依存することが妥当である。ゾーン内の学校には、教室に約 8,000 人分の余力があり、スポーツグラウンド、レクリエーションセンター、健康施設も整備されている。そのため、プロジェクト内のコミュニティ施設および各種のコミュニティサービスは、プロジェクト内部のニーズに限定することができる。しかしながら、ゾーン内の現状から、防災に関しては本プロジェクトによる施設・システムが市の対策をサポートするよう計画する。

### 3-8-4 市レベル

観光や商業活動のポテンシャルを高めるため、当該計画地には市内各所との連携が重要である。本プロジェクトは、短期的には街道 50 をメインアクセスとするが、中長期的には現在建設が進行中の環状道路へとシフトするが予想され、このような変化を考慮した配置計画とすることが重要である。

### 3-8-5 広域レベル

当該計画地は、広域観光ネットワークの一部となりうる非常に戦略的な立地条件にあり、商取引、販売活動、観光客への各種サービス等に関する立地優位性を有している。この条件を活かすため、街道 50 および計画環状道路との視覚的調和に配慮するとともに、両道路ネットワークによるアクセスを促進するような計画が重要である。

### 3-8-6 災害に対する脆弱性とその対策

本プロジェクトの建築および都市デザインは、コロンビアの耐震規準を完全に満たすものとする。また、本プロジェクトは近隣セクター内の住民を救済する拠点になるため、災害時にゾーン内の住民が計画地へ容易にアクセスできるよう配慮するとともに、被災者を救済するためのスペースや施設を計画地内に適切に確保することが必要になる。

本プロジェクト内にアルメニア市防災センターのサテライトを整備することが決定している。そのサテライト内には、当該セクターの拠点機能として必要な最低限の施設および機器を設置する。また、これらの計画内容は、市防災計画にモデルケースとして盛り込まれる予定である。

図 3-1 敷地分析プロセス

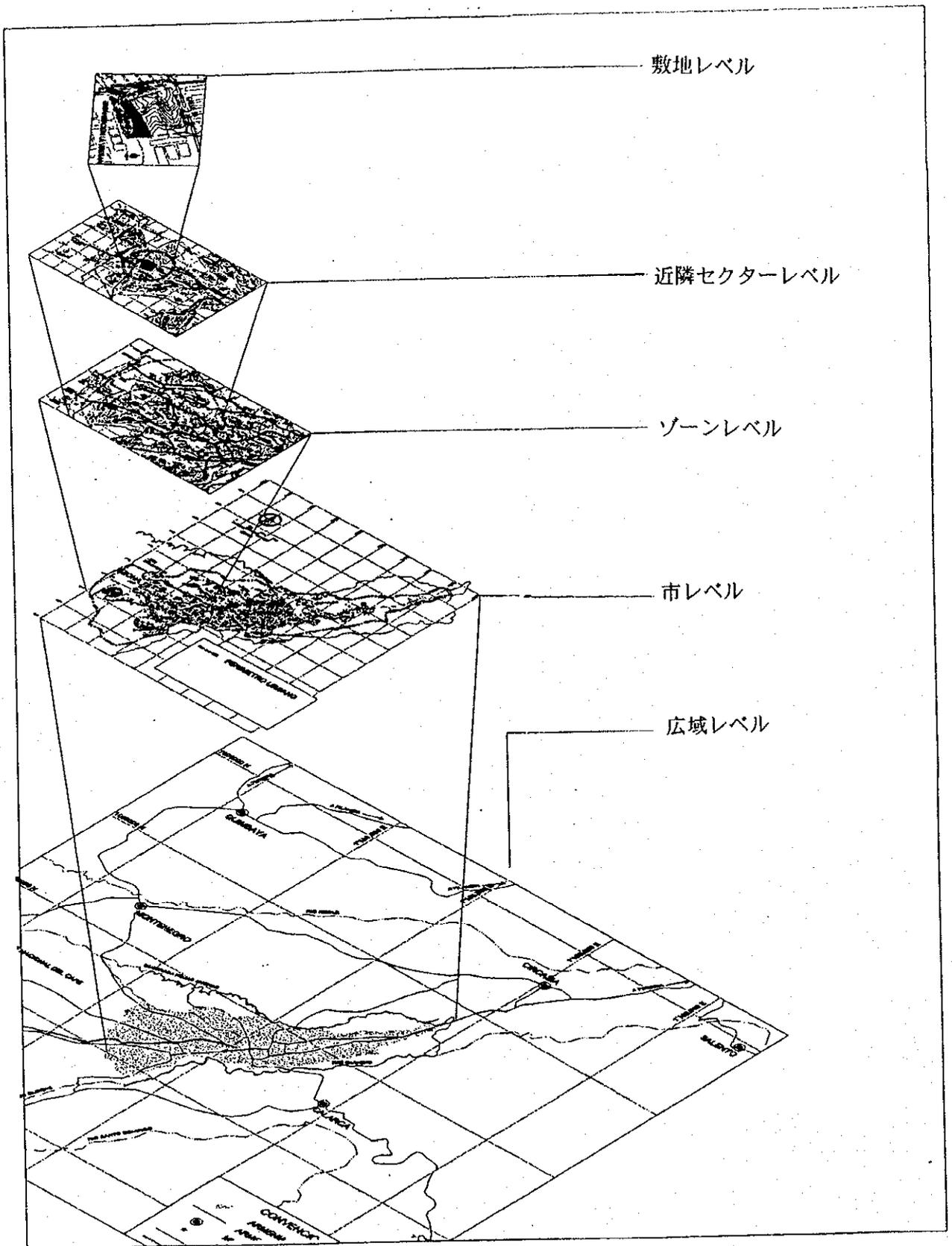


图 3-2 地形图

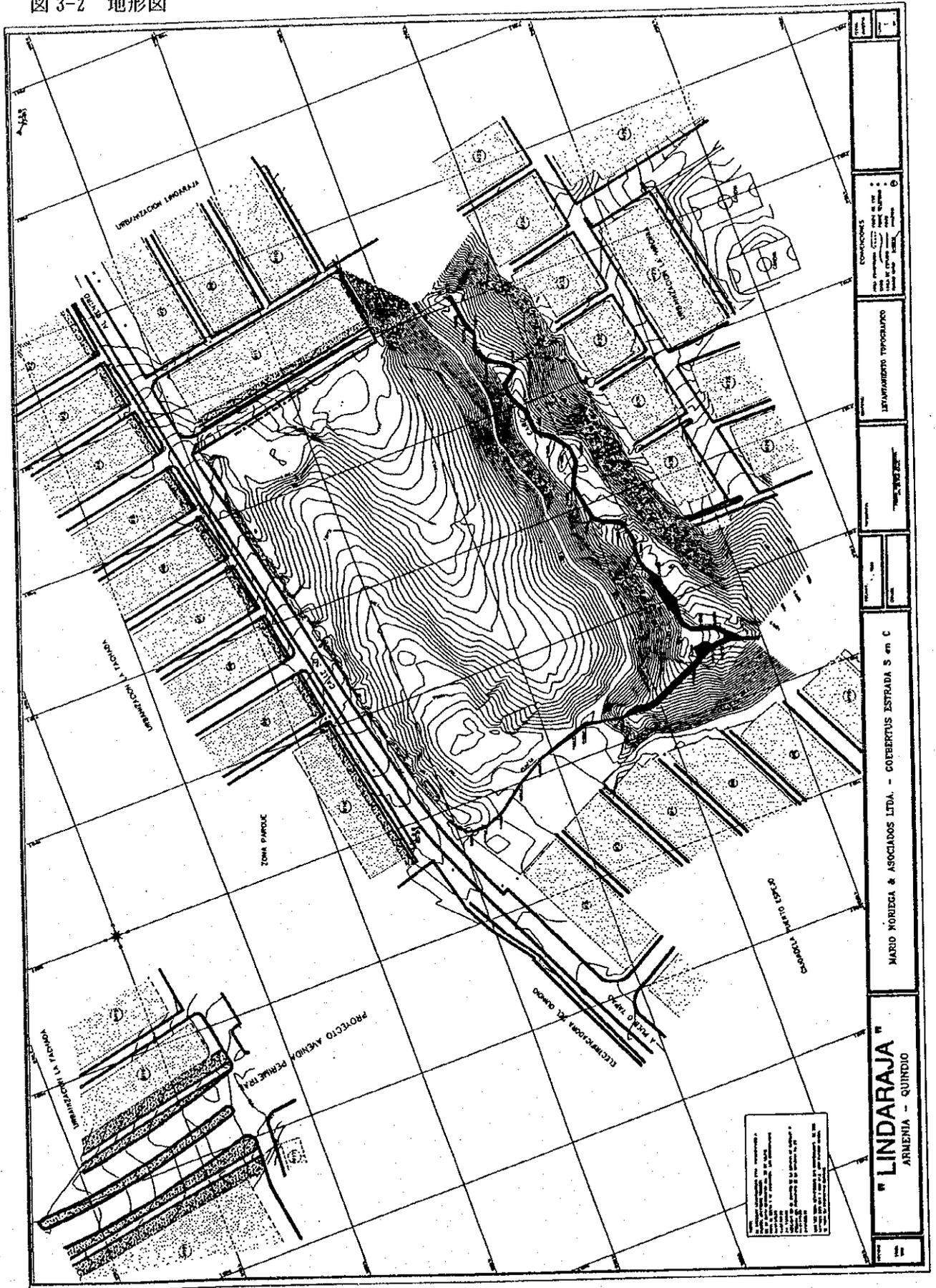


図 3-3 近隣セクター分析

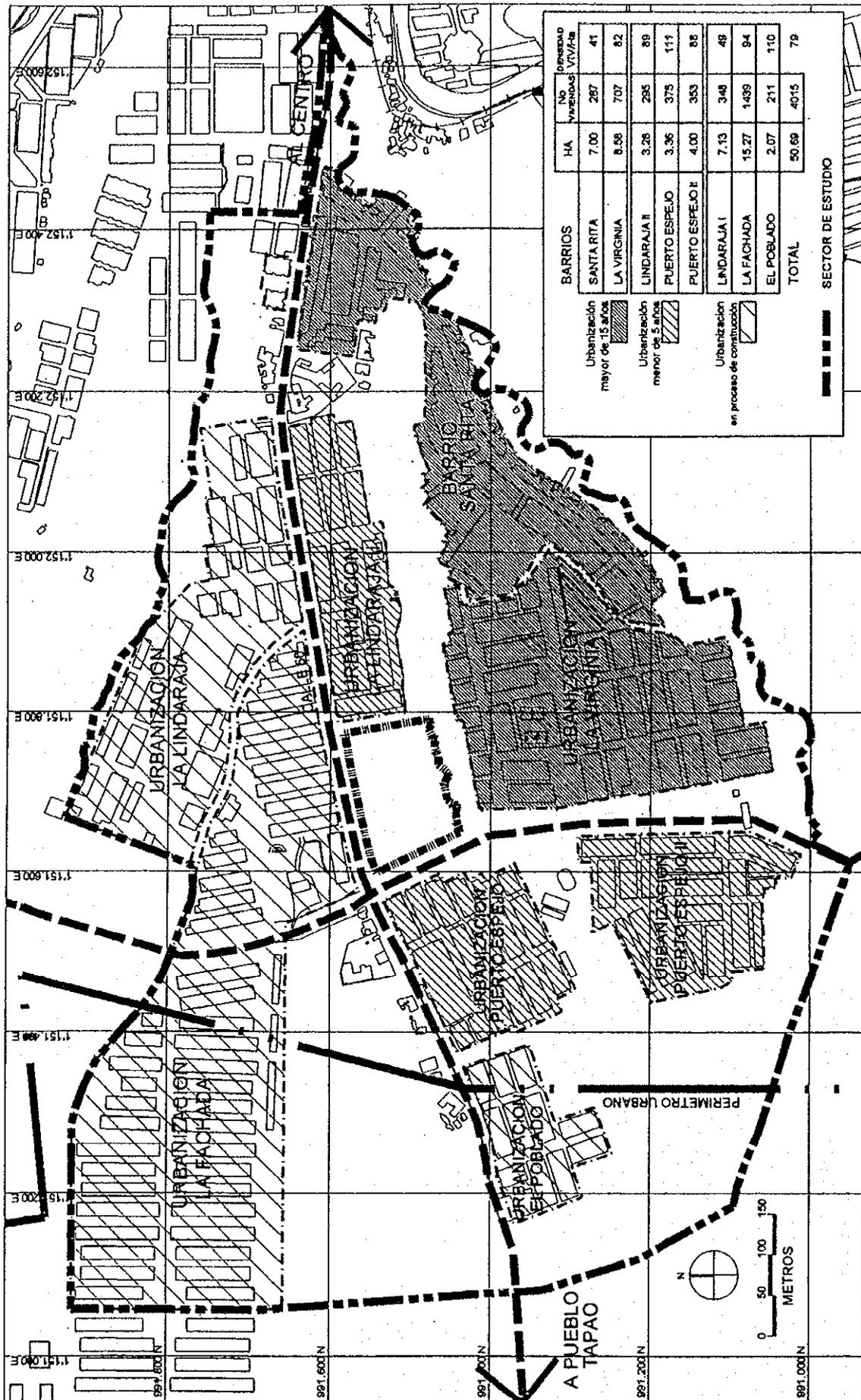


図 3-3 近隣セクター分析

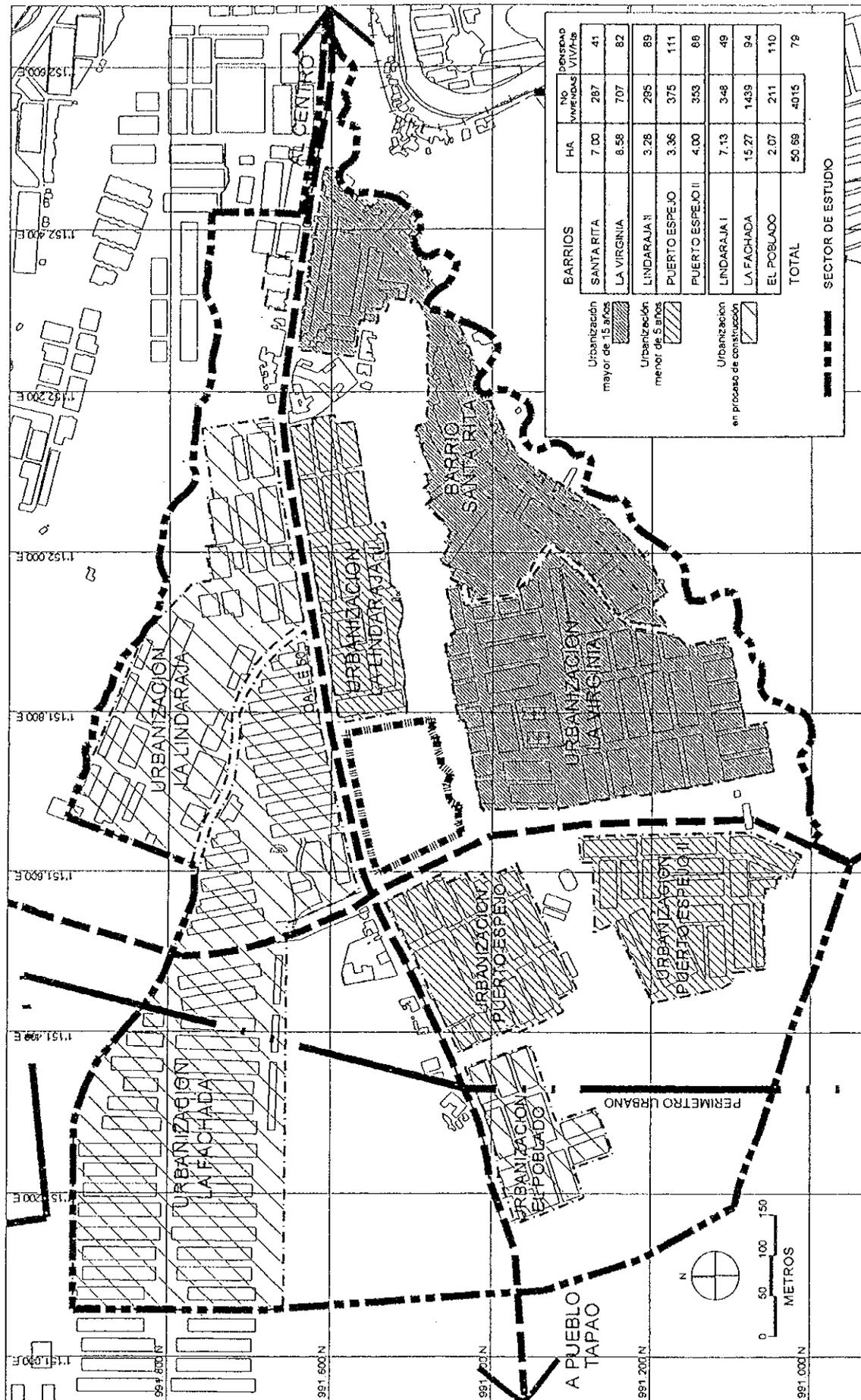


図 3-4 ゾーン分析

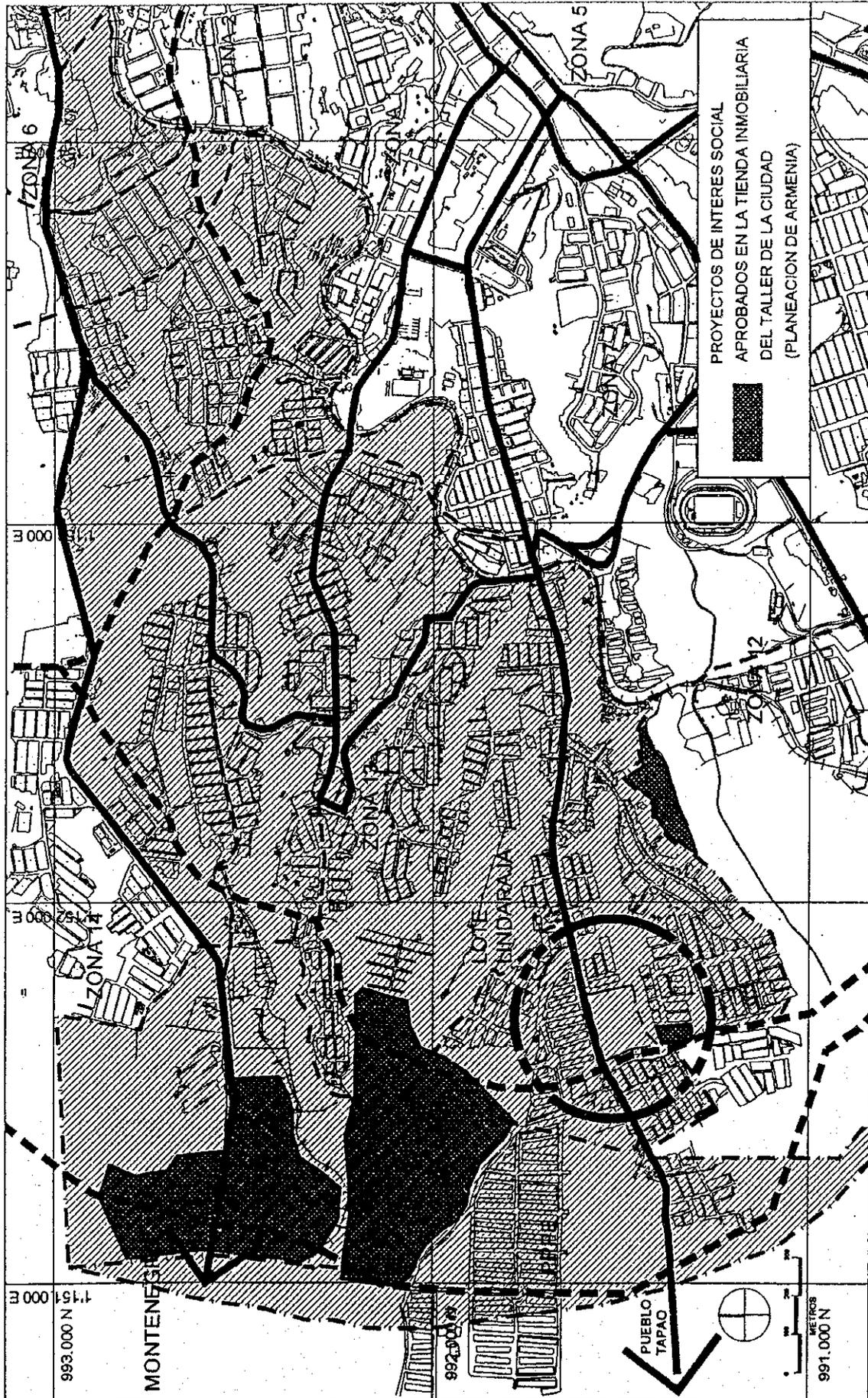


図 3-4 ゾーン分析

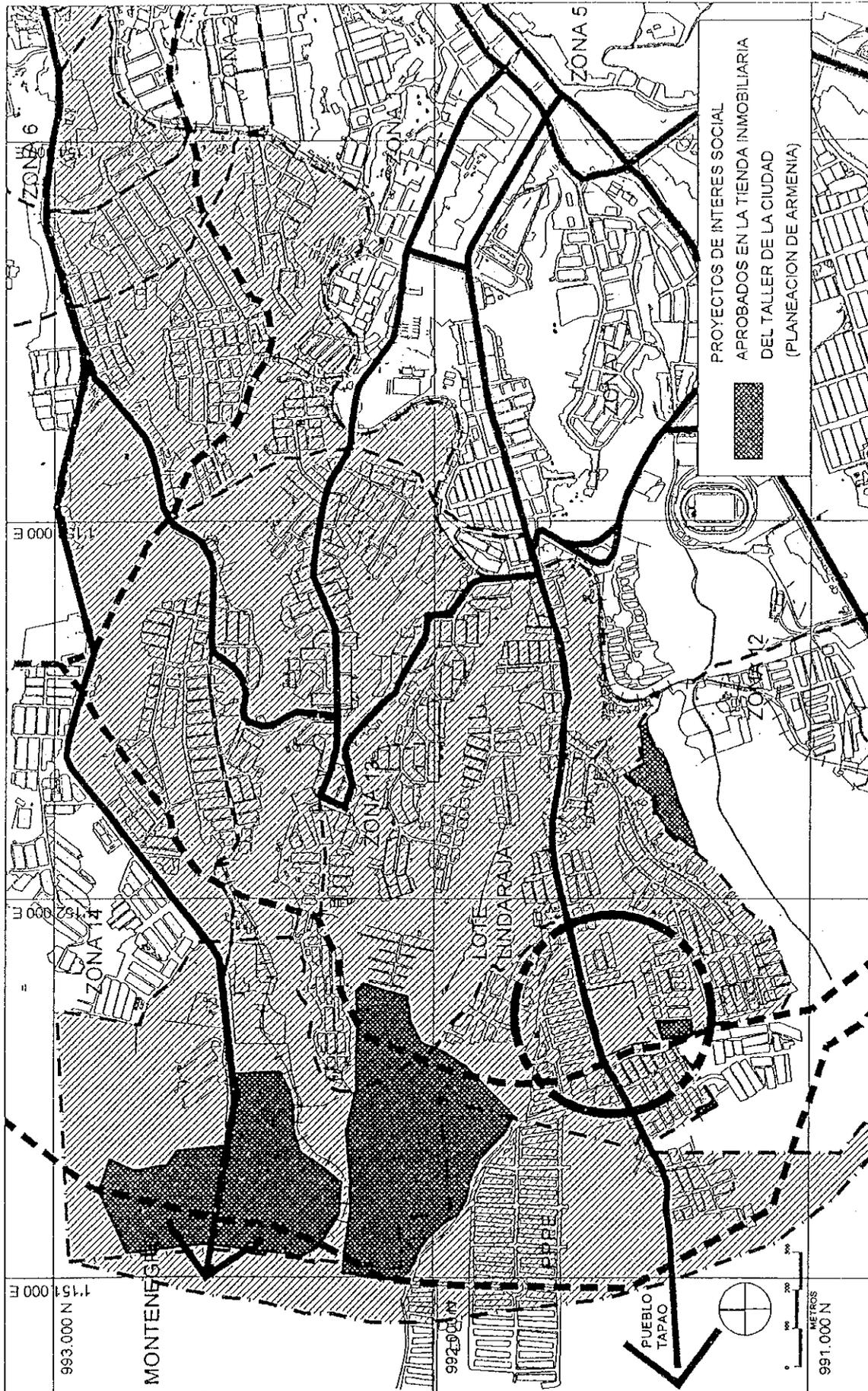


図 3-5 アルメニア市における当該計画地の位置付け

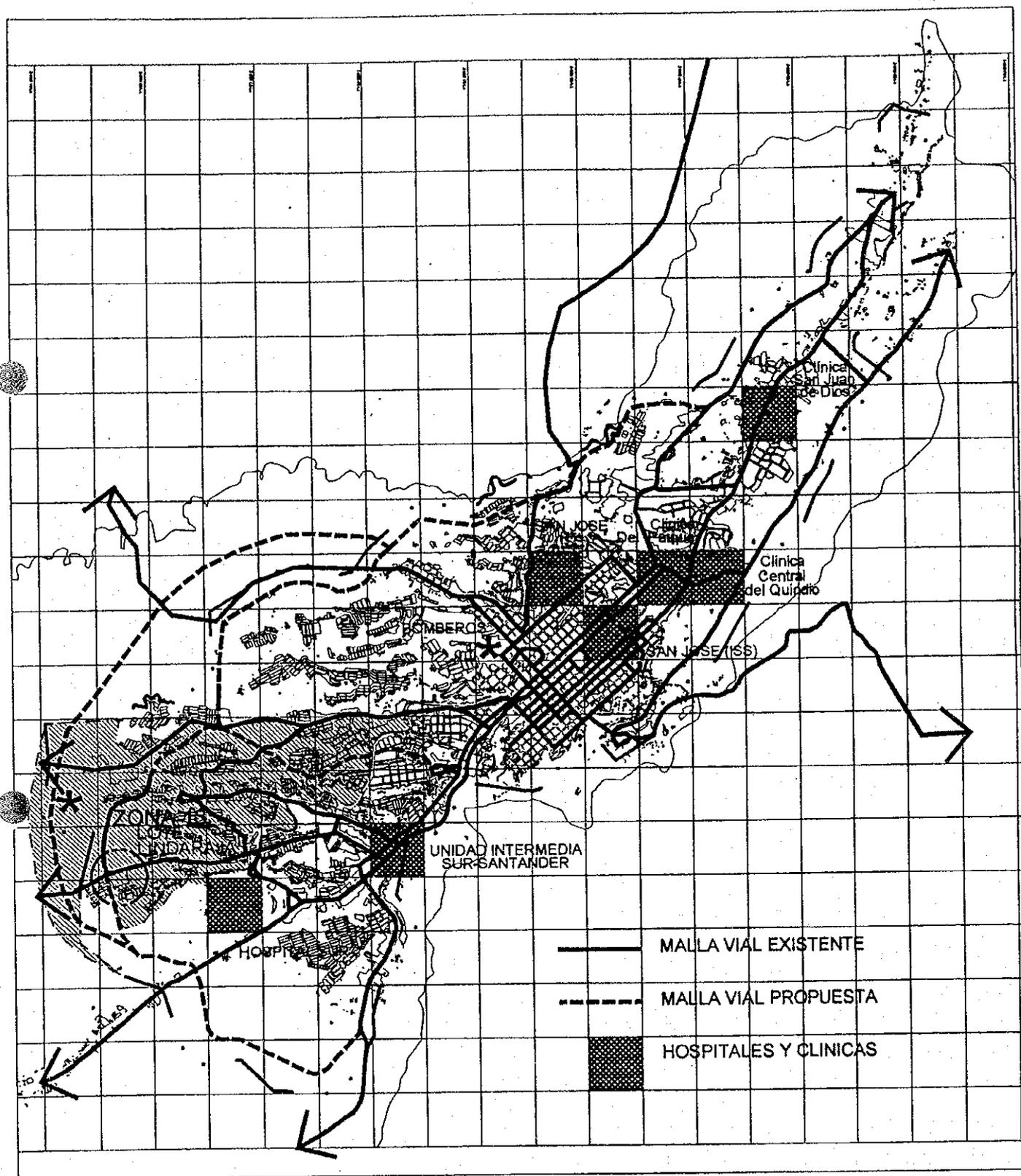


図 3-5 アルメニア市における当該計画地の位置付け

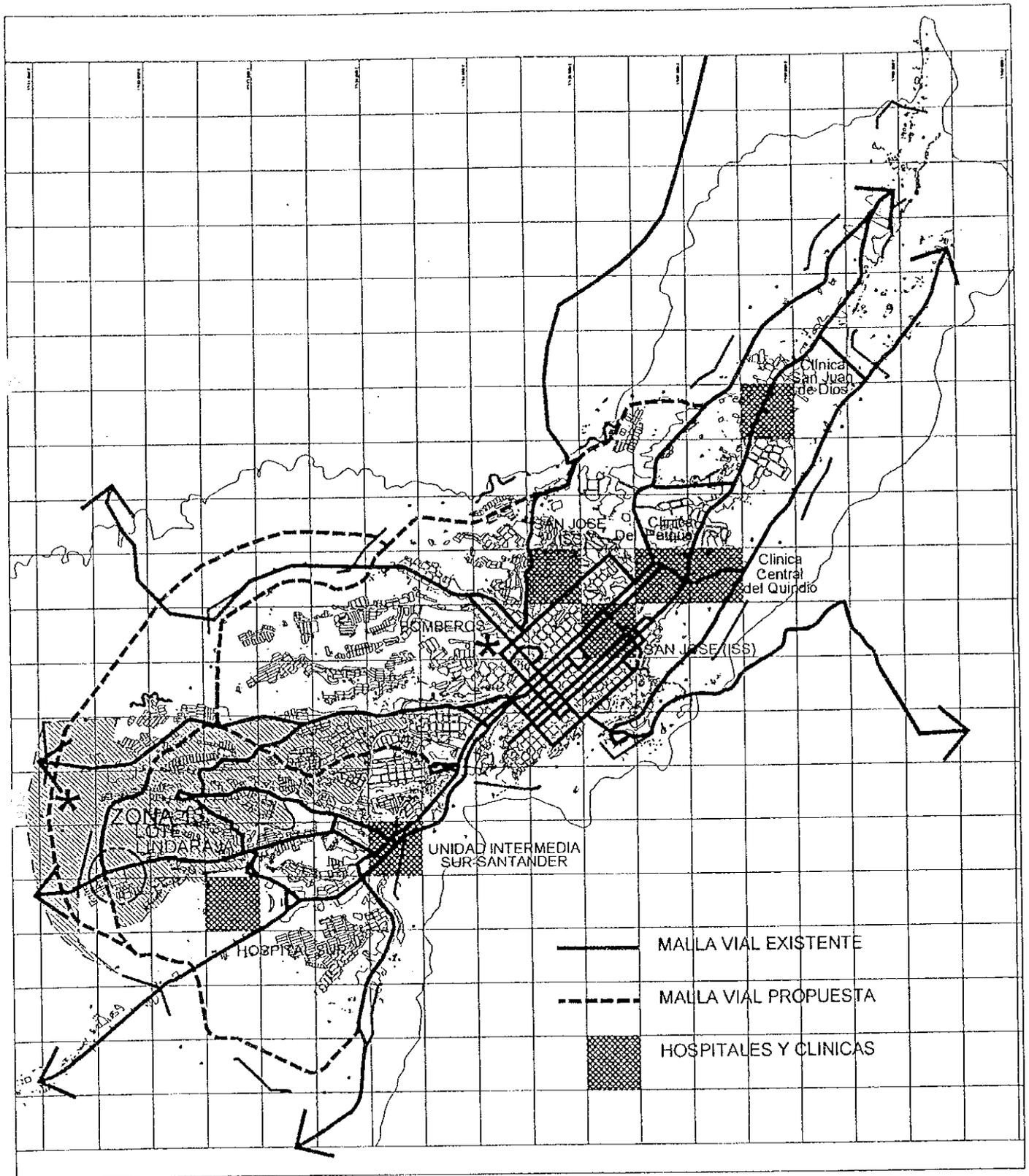


図 3-6 広域圏における当該計画地の位置付け

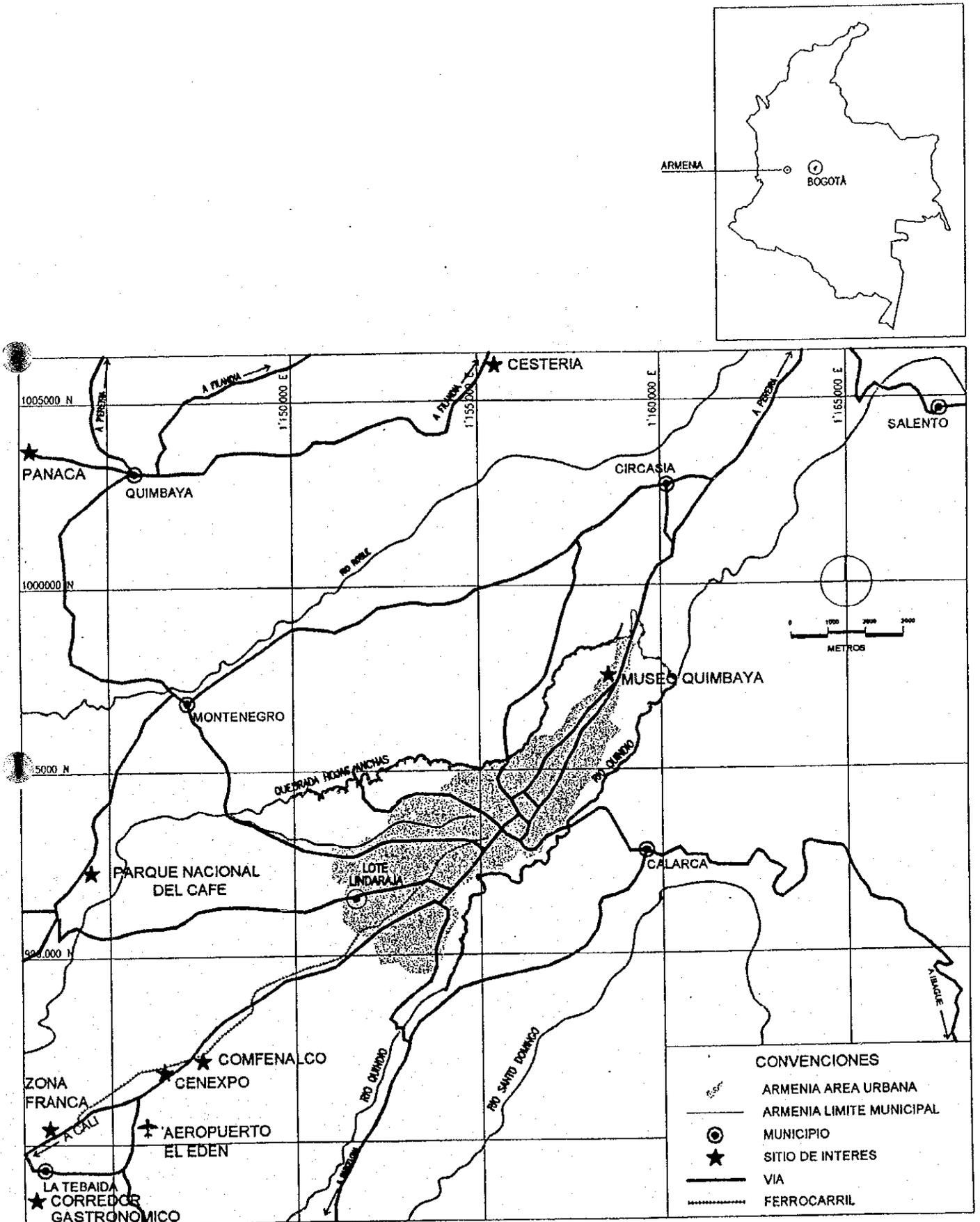


図 3-6 広域圏における当該計画地の位置付け

