

チリ共和国

セロ・コロラド鉱山開発関連
都市、道路及び用水整備計画調査

報 告 書

昭和53年2月

国際協力事業団



チリ共和国

セロ・コロラド鉱山開発関連
都市、道路及び用水整備計画調査

報 告 書

JICA LIBRARY



1026079[2]

昭和53年 2月

国際協力事業団	
受入 月日 53. 3. 23	704
登録No. 6685	512
	L3

国際協力事業団

国際協力事業団

受入 月日 '84. 8. 28	704
登録No. 14278	66.2
	MPN

は し が き

日本政府は、チリ共和国のセロ・コロラド銅鉱山開発に必要な関連施設整備計画について調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、通商産業省工業技術院地質調査所の村下敏夫博士を団長とする8名の調査団を、昭和52年2月19日から3月20日まで、及び同年6月7日から10月20日まで2班に分け現地に派遣した。調査団は、帰国後現地調査結果及び収集資料を解析、検討した上、本報告書を作成し、ここに提出する運びとなった。

本調査は、セロ・コロラド銅山開発に必要な都市施設、道路施設及び用水施設の整備のための調査であり、各施設について施設計画の立案、技術的・経済的検討及び開発効果の検討等を行ったものである。

本報告書がセロ・コロラド銅山開発に寄与するとともに同国の経済発展並びに日本・チリ両国の友好親善の一助となりうれば幸いである。

終りに、調査にあたり多大の御協力をいただいたチリ共和国政府関係各位をはじめ、在チリ日本大使館、並びに調査団派遣について御支援をいただいた外務省、通商産業省その他関係団体の関係各位に対し、深甚なる謝意を表わすものである。

昭和53年2月

国際協力事業団
総裁 法眼晋作

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 法眼 晋作 殿

ここに提出する報告書は、チリ共和国セロ・コロラド鉱山の開発に関連する鉱山都市、道路ならびに用水施設の整備に関する調査報告書であります。

調査団は、昭和52年2月19日から3月20日まで（都市ならびに道路部門）及び昭和52年6月7日から10月20日まで（用水部門）、セロ・コロラド鉱山周辺の主要都市・集落、鉱山都市建設候補地、道路、河川及び地下水資源の現地踏査、ならびに経済発展の可能性に係りある産業及び社会・経済情勢に関する調査を実施すると共に、関連政府機関を通じて資料の収集を行いました。

調査の主題は

- (1) セロ・コロラド鉱山の開発に際して必要となる鉱山都市諸施設の技術的・経済的検討
- (2) セロ・コロラド鉱山からイキイケ港に至る道路の整備に関する技術的・経済的検討
- (3) 鉱山、鉱山都市その他開発に必要な用水（地表水又は地下水）の整備に関する技術的・経済的検討
- (4) 上記の諸施設整備による周辺地域に対する開発効果の検討

等についてであります。

セロ・コロラド鉱山の開発は、チリ共和国の経済開発推進のために大きく寄与することが期待されます。同鉱山開発のためには、鉱山都市、道路及び用水施設の整備は不可欠であります。また、ここに問題としているセロ・コロラド鉱山都市、道路ならびに用水施設の整備は、チリ共和国北部・タラバカ州の地域経済の発展に好ましい影響を与えうると期待されます。

本報告書の提出にあたり、諸般のご協力を賜ったチリ共和国公共事業省、鉱山省、生産開発公社、イキイケ州政府その他関係政府諸機関ならびに在チリ共和国日本大使館、外務省、通商産業省の方々に対し心から感謝の意を表します。

昭和53年2月

チリ共和国セロ・コロラド鉱山開発関連
都市、道路及び用水整備計画調査団
団長 村下敏夫

要 約

1. 本調査の目的は、チリ共和国北部タラパカ州に位置するセロ・コロラド銅鉱山の開発に関連して必要な都市、道路及び用水施設の整備について、技術的・経済的見地から代替案の検討を行い、開発又は整備すべき最良案の基本計画を策定し、その開発効果を検討することである。調査に当っては、鉱山開発自体のフィージビリティ・スタディーが鉱山開発企業体により別途行われる予定であり、その開発案が未だ明確化されていない状況にあるため、各整備計画の代替案の選択が鉱山開発の総合的フィージビリティ・スタディーの段階で変わる可能性もあることを考慮し、代替案を出来るだけ広く取りあげて検討を行うこととした。
2. セロ・コロラド銅鉱山は、チリの主要産銅地帯であるいわゆる銅ベルトの北部延長上に位置し、3,500万トン以上の鉱量を有すると推定されている。現在予想される開発規模は、銅精鉱生産量月5,000トン、鉱山従業員数は400～450人、鉱山操業のための所要水量は130リットル/秒である。本調査は、この予想される開発規模にみあった都市、道路及び用水施設の整備計画を立案するものである。なお、鉱山開発の決定から採鉱開始までを1979～1980年の2年間とし、鉱山運営期間を20年間と仮定して検討を行っている。

〔 鉱山都市計画 〕

3. 鉱山都市の候補地としては、イキケ市街（A地区）、ボソ・アルモンテ地区（B地区）、バルカ沢下流地区（C地区）、マミーニャの西約10キロメートルの地区（D地区）、マミーニャ地区（E地区）、鉱口地区（F地区）の6地区が考えられたが、自然条件、地域性、将来の有用性、経済性等の面からそれぞれの特性を比較検討した結果、B地区とD地区の2つが計画・比較対象地区として選定された。B地区とD地区は地理的条件が異なるため、ここに建設する都市の位置づけも次のように異なっている。

B地区： ボソ・アルモンテ地区は、イキケ県の副都市もしくはイキケ市の衛星都市といった政策的な都市建設が可能な地区であるため、ここでの鉱山都市計画は恒久的かつ拡大の可能性を持つ弾力的な都市を前提とする。

D地区： この地区は、鉱山閉鎖後における都市の流用が余り期待できない地区であるため、ここでの都市は鉱山開発に主眼を置いて、比較的短期的で固定的な都市を前提とする。

4. 鉾山都市計画における人口の算定は、鉾山直接関連人口と生活関連施設に係わる人口とに分けて行われ、B地区2,400人、D地区2,000人と見積られた。この人口に対応する住宅計画はチリ国内の鉾山開発事業のデータをもとに、2戸連続コートハウス(A, B, C, Dの4タイプ)及び独身寮を基本ユニットとして、下記の通り計画された。

B地区住宅施設

タイプ	床面積(m ²)	戸数(戸)	延床面積(m ²)
A	86.40	32	2,764.80
B	70.47	64	4,510.08
C	58.10	280	16,268.00
D	45.60	90	4,104.00
独身寮	186.56	1	186.56
	218.24	2	436.48
計		469	28,269.92

D地区住宅施設

タイプ	床面積(m ²)	戸数(戸)	延床面積(m ²)
A	86.40	8	691.20
B	70.47	40	2,818.80
C	58.10	140	8,134.00
D	45.60	180	8,208.00
独身寮 单身寮	218.24	6	1,309.44
計		374	21,161.44

5. 生活関連施設の計画は、チリ国営銅公社の都市計画指針を基礎とし、下記の通り行われた。(各施設規模については本文第6.5節参照)

生活関連施設

階層・機能	施設	施設規模 (m ²)	
		B地区	D地区
未成年	保育所、児童館、小・中学校	6,330	3,660
成年	職業訓練所、公園広場、多目的ホール、組合溜場	13,400	11,140
主婦・老人	福祉センター、主婦センター	260	140
都市施設	病院、警察、郵便・電報・電話局、公民館、図書館、教会、官公庁	3,680	2,920
商業施設	商店、銀行、ホテル、映画館	2,460	2,020

又、生活基盤施設としての電力(ピーク時)は、B地区288kw、D地区240kwの消費量、又、上水道は計画時間最大給水量は、B地区13.6リットル/秒、D地区11.0リットル/秒と見積られる。

6. 施設配置計画は、公園、小学校、中学校を中心部に、又公共施設、コミュニティー施設、商業施設を都市内の片側にまとめて配置し、各住戸からの歩行距離を少なくするよう計画している。又、住区内には2車線道路(14メートル幅)を配している。なお、B地区では東からの強風を遮るために、都市の南面、北面及び東面に高さ1.8メートルのブロック塀を建設する必要がある。

7. 鉾山都市の建設費は下記の様にB地区の場合には7,935千ドル、D地区の場合には6,040千ドルとなる。

鉾山都市建設費 (千ドル)

施設	B地点	D地点
住宅及び独身寮	4,814	3,526
生活関連施設	2,400	1,620
生活基盤施設	721	895
合計	7,935	6,041

なお、都市建設の施工期間は1年半の工程を見込んでいる。

8. 鉾山都市の位置、規模は鉾山開発自体のフィージビリティ・スタディーにより最終的に決定されるものであるが、今回の調査・比較検討の結果D地区に人口2,000人の鉾山都市建設を行うことが望ましいと判断される。この選定は主として以下の理由によるものである。

- 1) 鉾山都市の建設費はD地区の方が安く、鉾山開発の経済性からはD地区が望ましい。
- 2) 鉾山都市から鉾山までの時間距離が短いD地区が輸送費の経済性、通勤時間の点から好ましい。
- 3) ニュータウン建設の観点からはB地区が望ましいと云えるが、中央砂漠盆地にあるため地域産業経済開発のポテンシャルが低く、今のところイキケ市の衛星都市となる可能性も確たるものでない。
- 4) 鉾山運営期間が今のところ20年間とされており、鉾山開発に主眼を置いた短期的な固定した都市を計画せざるを得ない。

ただし、鉾山開発の総合的フィージビリティが高い場合、鉾山運営期間が長期化した場合、又イキケ市の衛星都市化が具体化した場合にはB地区での都市建設を再考すべきであると考えられる。

9. 鉾山都市の開発効果としてまず地域に対する社会福祉効果があげられる。保健所、児童館、小学校、中学校などの教育施設、多目的ホール、福祉センター、主婦センター等の成人施設、公園、運動広場、道路、交通広場、上下水道、汚水塵芥処理場、病院、診療所、警察、郵便・電報・電話局、公民館、図書館、教会、官公庁関連施設等の都市施設の建設は、本来公共公益施設として公共体が実施するものである。これらは鉾山従業員のみならず、生活関連施設に係わる人々及びその家族に便益を与える。更に、マミーニャ、バルカ、ノアサ等近くの部落住民に対しても就学の機会を与え、医療施設、警察、郵便・電報・電話及び官公庁施設、商店、銀行等のサービス施設、福祉施設、レクリエーション施設の利用を可能にする。

又、鉾山都市で生活関連施設に係わる商業、サービス業、公官庁などで100人近い雇用機会を生むことになり、都市部への人口集中及び失業率の高さを緩和するといった社会的効果を生む。

更に、鉾山都市の誕生により、近くの部落は農業生産物の安定した市場を得ることになり、農産物の増産又栽培品目の拡大をはかり、ひいては部落住民の生活水準が向上するといった効果を生むことになる。又、都市の建設業、製造業に大きなインパクトを与えるうえ、特に

住宅の規格品の製造が可能であることから、技術向上といった間接的な効果をも生む。建設費6,041千ドル(D地区)のうち、約95%に当る5,740千ドルは現地調達資機材、運搬費、労賃等として支払われることになり、波及効果を含めて計画地域に加わるインパクトは大きい。又、この約40%、2,300千ドルが労賃と見込まれ、これに相当する労働需要の発生により失業人口が吸収されることが期待される。

〔道路計画〕

10. セロ・コロラド銅鉱山から鉱石の積出港であるイキイケ港に至るルートは、山元から地方道A-65号線に出た後これを西走し、ボソ・アルモンテに出、ここから国道5号線(パン・アメリカン・ハイウェイ)を北上してウンベルストーンに至り、再び西に折れて国道16号線を通りイキイケに至るといふ延長約130キロメートルのルートである。このうち国道5号線及び16号線は、2車線のアスファルト・コンクリート舗装道路であり、又地方道A-65号線はボソ・アルモンテからサガスカ鉱山への道路との分岐点まではアスファルト表面処理されており、これらの区間は特に改良を加えずに、鉱石輸送ルートとして利用できる。したがって、今回の道路計画の調査対象としたのは、A-65号線のサガスカ鉱山への道路との分岐点から山元までの区間である。

11. 調査・検討の結果、比較検討のために最終的に選ばれたルートは次の2ルートである。

ルートⅠ： 現道を改良して使用するルートで、サガスカ鉱山への道路との分岐点からA-65号線をマミーニャへの道とバルカへの道との分岐点まで走り、そこからは尾根づたいに鉱山調査道路を通して鉱山に至る全長7.22キロメートルのルートである。現道は砂利道で平地部・丘陵地部では幅員4.5メートル、山地部では3.0～4.0メートルとなっている。

ルートⅡ： サガスカ鉱山への道との分岐点からマミーニャへの道とバルカへの道との分岐点の約6キロメートル手前まではルートⅠと同じで、ここから北に分岐する9キロメートルの道路を新設し、現道のショートカットによって道路延長の短縮をはかるもので全長6.10キロメートルのルートである。

12. 将来交通量の推計は、通常交通量と鉱山開発により発生する交通量とに分けて、将来20年間にわたって行われた。通常交通量はA-65号線の交通量測定データを用い、イキイケの自動車登録台数を参考にして推計された。この結果、1998年の交通量は、乗用車69台、普通トラック14台、大型トラック4台、バス6台、合計93台と、100台に満たない。

鉾山開発により発生する交通量は、鉾山都市の位置により交通の発生パターンが異なるため、鉾山都市計画で比較検討されたB地区とD地区、各々の場合について次の様に推計された。なお、この交通量は20年間にわたって変わらないものと仮定された。

鉾山開発により発生する交通量(台/日)

	乗用車	普通トラック	大型トラック	バス	合計
〔鉾山都市がB地区の場合〕					
イキイケ — 鉾山都市	25	40	50	4	119
鉾山都市 — 鉾山	14	35	50	20	119
〔鉾山都市がD地区の場合〕					
イキイケ — 鉾山都市	19	39	50	4	112
鉾山都市 — 鉾山	14	35	50	20	119

発生交通量及び転換交通量は、周辺に町を持たず、この道路につながる道路もないために見込まれない。以上の結果、1998年の全交通量はA-65号線で200台強、鉾山開発により発生する交通量しか通らない部分では100台強となっている。

13. 道路の設計基準は、チリ道路局の設計基準を参考に、交通量の推計結果からこれに規定されている道路等級“0”を基本的に採用したが、本道路の技術的・経済的特質及び現地事情を考慮して、必要な追加修正を行った。道路等級“0”は道路幅員6メートルの砂利道であるが、鉾石運搬用の8トントラックが走行することを考慮して、この上に更にベースコースを施工し、4.5メートル幅のアスファルト表面処理をする案をオプションとして取り上げた。

14. 提案された2ルートについて、現道を拡幅して砂利道を建設する場合と、更にベースコースを施工しアスファルト表面処理を行う場合の概略設計を行った結果、建設費は次の様に見積られた。

道路建設費(1,000ドル)

	ルート I	ルート II
砂利道	1,812.0	2,007.0
表面処理道	3,523.6	3,466.4

15. ルート及び舗装タイプの比較は“最小コスト”の考え方を基礎に、工事費、走行費、道路維持費の合計を20年間にわたり経済費用で算出し、これが最小となるものを最適案として選定することとした。この比較においては、走行費が鉱山都市の位置によっても異なるために、鉱山都市の位置別・ルート別・舗装タイプ別の8ケースについて算定を行った。この結果、道路はルートⅡの砂利道建設を行うことが勧告される。

16. 道路建設の工期は、セロ・コロラド鉱山開発の決定がされてから、採鉱が開始されるまでを2年間と考え、このうち採鉱設備の設置に半年かかるとして、準備工事を含めて18ヶ月の施工スケジュールが提案される。

17. 道路建設によってA-65号線上の区間では改良による走行費節約という経済便益を生む。これは全延長に渡って6メートル幅の道路が建設されることにより、現道のうち特に幅が狭く崖を切り込んで建設されているため、車のすれ違いのない場合でも徐行運転を余儀なくされていた山地部の区間が改良されること、又砂利道ではあっても粒度調整された骨材を締め固めてつくられるため、現道よりしっかりしたスムーズな路面が得られることによる。この節約額は1998年までに合計約145千ドルとなりこの区間の経済建設費用の20%以上をカバーすると試算される。この便益を受ける交通量は、鉱山輸送部分と公共輸送部分とに分けられるが、公共輸送部分は1980年に全交通量137台/日中45台/日、1998年には205台/日中115台/日を占め、この道路がかなりの公共性を持っていることを示している。

A-65号線から分岐する点から鉱山までの区間は、今のところ鉱山開発のための交通だけが利用する道路であるが、ショートカットによる新道建設のため奥地のノアサ、バルカ部落からA-65号線に出る距離が短縮されることにより、部落住民に便益を与えることが期待される。農業生産品の市場接近、商品化が促されて農産物生産が拡大されると、これを運搬する交通はこの道路を利用することになり、又、将来バルカの先に道路を延長してポリビアに抜けるルートの建設計画が具体化されることになれば、ポリビアからの物資輸送にも役立つことになる。

18. 道路建設の初期投資金額2007千ドルのうち現地材料費・運搬費及び労務費は、約20%、400千ドルと推定され、これが地域経済にインパクトとして加わる。又、このうちの約30%と考えられる労務費120千ドルに相当する労働需要が発生し、この地域の余剰労働力を吸収することが期待され、もしこれが生産性の低い部門の潜在失業者から得られると

すると、その部門の生産性も向上させると考えられる。

〔用水施設計画〕

19. 鉱山操業に必要な水量130リットル/秒(都市用水を含む)を確保するための水資源調査対象地域として、周辺地域の水系・水盆の中から、水資源としての安定性、導水距離、取水導水の技術的可能性、既存水利権の確保、周辺地域への貢献等基本的条件を検討することを目的として次の5地域を選定し調査を実施した。

- ① パルカ沢水系
- ② マミーニャ集落の温泉
- ③ コスカカーヤ沢水系
- ④ パンパ・リリーマ
- ⑤ パンパ・デル・タマルガルの地下水

20. パルカ沢は、セロ・コロラド鉱山の北、鉱山直下を西流する水系で、上流部のカンブリナ沢に位置する高度4,000メートル付近の裂カ湧水を安定水源とし、高度1,300メートルのデュブリサ地区で中央砂漠盆地に消滅する延長60キロメートルの尻無川である。上流部は、高地ステップ性気候で年間降水量が65～175ミリメートル程度(この90%近くはポリビア・ウインター期の12月～3月に集中する。)あるのに対し、下流部は乾燥砂漠性気候でほとんど降水が認められない。安定水源である上流部のカンブリナ沢、キルベナ沢に見られる岩盛裂カ湧水は年間を通じて35リットル/秒程度である。この他にカンブリナ沢の高度3,550メートル付近に点在する小規模な温泉群からの5リットル/秒程度の湧水が加わっている。又、高度3,600～4,000メートルに扇状地伏流水の湧水がみられるが、流量はごくわずかである。パルカ沢の流量は、ポリビア・ウインター期の降水量に支配されて著しく変動する。鉱山直下での取水可能水量は、上流部で農耕用水として水利権の登録されている20リットル/秒を差し引いて算出された。その結果、12～4月は操業用水として必要な130リットル/秒は十分得られるが、5～11月には不足すると判断される。この地表流水は、化学分析の結果によると、水質的には全く問題ない。

21. マミーニャ集落は、セロ・コロラド鉱山の南東5.2キロメートルに位置する。ポリビア・ウインター期に若干の降水があり、年間降水量が25～53.1ミリメートル程度あるが、この時期の突出地表流水は全く安定性を欠いている。安定した用水源は集落内に湧出する温泉に依存しており、全湧出量のほとんどを占めるタンボ泉源他、いくつかの泉源があり、全体

で20リットル/秒程度である。これらの湧水は、部落内で上水道及び農業用水として利用された後、マミーニャ沢を流下し、中央砂漠に至る以前に消滅する。集落下方での流量は、変動が少なく泉源以外に認められる若干の浸透水を含め、10リットル/秒程度である。水質は分析の結果、法定飲料水水質基準に合格する。しかし、取水可能水量が絶対的に少なく、鉾山操業用水としては期待できない。

22. コスカーヤ沢は、バルカ沢の北方、セロ・コロラド鉾山から21キロメートルの地点を流れる水系で、パンバ・リリーマの水盆から流れ出て、下流部でタラバカ水系と合流し、パンバ・デル・タマルガルの砂漠地帯で消滅する。イキイケ地方灌漑局によれば、安定流量として耕地に関連した水利権の認められているものが80リットル/秒、タラバカ水系と合わせると180リットル/秒あるが、この水量が得られる地点は鉾山との揚水ヘッドが1,100メートルもあり、導水距離も長いため、鉾山操業用としては問題外である。

23. パンバ・リリーマは、コスカーヤ沢の水源地帯を形成する高度4,000～4,200メートル、面積45平方キロメートルの西南方向に緩く傾斜した平坦地で、周囲を山岳に囲まれた水盆を形成している。パンバ・リリーマの水源地は、主として周辺山岳部の積雪が融解して発生する地表流水とポリビア・ウインター期の降水による地表流水である。この他に、パンバ低部で0.35リットル/秒程度の岩盤裂カ湧水がみられる。更に、温泉湧水が数ヶ所に分布し、全体で15.5リットル/秒程度湧出し、地表流水に合流しているが、砒素の含有がみられるため取水計画に当っては温泉水の除去を考慮する必要がある。パンバ・リリーマ下流のコスカーヤ水系で水利権の認められている80リットル/秒を差し引いた取水可能地表水量は、1～8月には操業用水として必要な水量130リットル/秒が十分得られるが、9～12月には地表水のみでは不足すると推定される。

又、電気探査、試錐調査及び揚水試験の結果によると、パンバ平坦部には厚さ20～30メートルの砂礫層が分布し、あまり透水性の良くない帯水層を形成している。したがって流水沿いに水井戸を掘削することによって、12リットル/秒(井戸径300ミリメートル)程度の揚水が可能なものと推定される。

24. パンバ・デル・タマルガルは豊富な地下水を有し、イキイケ、ボン・アルモンテ等の上水道、ピカ、ピンタドス等の農業用水、サガスカ鉾山の操業用水がこの地下水に水源を依存している。しかし、セロ・コロラド鉾山の操業用水をこの地下水に期待することは、揚水ヘッドが1,500メートルに及ぶことから経済的に問題外である。

25. 上記の調査の結果、用水計画案として次の2案が選定された。

1) バンパ・リリーマ用水案

バンパ・リリーマ西側開口部のサイトコ地峡部で取水した地表流水をパイプライン（ $\phi 400$ ミリメートル、延長35キロメートル）でバルカ沢上流部に導水放流し、セロ・コロラド鉱山直下のバルカ沢で取水するもので、自然流下による送水方式である。この計画ではバルカ沢水系の水とバンパ・リリーマの水を併せて利用できるが、乾季のうち9～11月の3ヶ月間は地表流水だけでは不足すると推定されるので、年間を通じて必要水量を確保するためにはバンパ・リリーマの地下水を揚水しなければならない。

2) バルカ沢用水案

セロ・コロラド鉱山直下バルカ沢南岸に貯水ダムを建設し、ここにボリビア・ウインター期にバルカ沢を流れる豊水期の水を貯水し、ここから取水して操業用水として必要な130リットル/秒を確保する。

26. 概算工事費は、バンパ・リリーマ用水案で5,000千ドル、バルカ沢用水案で3,200千ドルと見積られ、これに償却費、運転費、金利等を考慮すると、1立方メートル当りの用水単価はそれぞれ4.0セント、3.2セントと見込まれる。又、建設工期は両案とも1.5年と推定される。

27. 両用水案を比較検討した結果、現段階では下記の理由から鉱山の開発、操業に直接的な効果の大きいバルカ沢用水計画 — バルカ沢南岸にダムを建設して安定水量を確保する — の採用を提言する。

1) 工事費、用水単価が安い。

2) 用水系統が簡単である。

3) 所要施設が全て鉱山の近くに位置するため、工事及び維持が容易である。

なお、本年度は平年に比べて降水量がかなり多いため、水文気象に関する長期観測結果によっては将来バンパ・リリーマ用水計画との併用を検討する必要性が生じる可能性がある。したがって、鉱山操業用水の安定確保体制を確立するためにも、バンパ・リリーマ用水計画は継続検討を実施する価値を有するものと判断される。

28. 用水整備計画が地域社会におよぼす効果としては、余剰水を農業開発に向ける可能性が考えられる。バルカ沢流域のノアサ、バルカの集落では現在自給的な農業が行われており、未水利権可耕地に対し灌漑用水を供給することが考えられる。しかし、バルカ沢用水計画案はこ

れらに寄与する余地がない。但し、パンバ・リリーマの地表水が今後の継続的な観測によって十分な流量があるとされた場合及びパンバ・リリーマの地下水を揚水する用水計画が検討された場合には、ノアサ、パルカ両部落にある未水利権耕地約20ヘクタールに灌漑用水を供給する事が可能となる。この場合、鉾山都市をマーケットとする農業産品の拡大、生産性の向上は、この地域に大きなインパクトを与える。総額3,200千ドルの建設費のうち約95%に当る3,000千ドルは、現地調達資機材、運搬費、労務費として周辺地域に支払われることになり、このうち約35パーセント、1,500千ドルが労務費と考えられ、これに相当する労働需要が発生することは極めて大きいと言える。

チリ共和国
セロ・コロラド鉱山開発関連都市、道路及び用水整備計画
調査報告書

目 次

第1章 序	
1.1 調査の目的	1
1.2 調査の範囲	1
1.3 調査団の編成	3
第2章 チリ共和国の概要	
2.1 位置・面積及び地勢	5
2.2 人口構成	7
2.3 経済動向	8
2.4 鉱工業・農業生産	9
2.5 経済開発計画	11
第3章 計画地域の社会・経済状況	
3.1 地域人口	25
3.2 地域経済構造	26
3.3 地域インフラストラクチャー	27
第4章 計画地域の一般自然条件	
4.1 地 勢	35
4.2 地 質	36
4.3 気 象	38
4.4 水系及び水盆	39
4.5 植 生	40
第5章 セロ・コロラド鉱山開発の概要	
5.1 位 置	55
5.2 鉱床及び鉱床調査	55

5.3	予想される開発規模	56
第6章 鉾山都市計画		
6.1	鉾山都市計画の基本方針及び基本的方法	59
6.2	鉾山都市の位置選定	61
6.3	鉾山都市の計画条件の設定	67
6.4	住宅計画	70
6.5	生活関連施設	72
6.6	施設配置計画	79
6.7	事業費概算	80
6.8	施工計画	82
6.9	鉾山都市計画の評価	82
第7章 道路計画		
7.1	道路計画の背景	105
7.2	将来交通量の推計	108
7.3	道路施設の技術的検討	114
7.4	路線及び舗装タイプの比較	121
7.5	施工計画	126
7.6	道路建設の評価	127
第8章 用水計画		
8.1	用水計画の目的と前提条件	169
8.2	バルカ沢水系	170
8.3	マミーニャ集落	180
8.4	コスカーヤ沢水系	183
8.5	パンバ・リリーマ	187
8.6	パンバ・デル・タマルガルの地下水	201
8.7	農業開発の可能性	201
8.8	用水計画	205
添付資料 水利権及び関係官庁		210

図 表 リ ス ト

第 2 章

表 2-1	チリの人口	1 2
表 2-2	年令・性別人口	1 3
表 2-3	州別人口	1 4
表 2-4	産業別就業者数	1 5
表 2-5	主要経済指標の推移	1 6
表 2-6	国内総生産	1 7
表 2-7	輸 出	1 8
表 2-8	輸 入	1 9
表 2-9	鉱業生産	2 0
表 2-10	銅 価 格	2 1
表 2-11	銅 市 場	2 2
表 2-12	農業生産	2 3
表 2-13	工業生産指数	2 4

第 3 章

表 3-1	タラバカ州の経済部門別就業者数	2 9
表 3-2	タラバカ州の経済構造	3 0
図 3-1	人口構成図	3 1
図 3-2	タラバカ州道路網図	3 3

第 4 章

表 4-1	調査地域の地勢分布	4 2
表 4-2	広域地質層序	4 3
表 4-3	地勢と気候	4 4
表 4-4	気温及び湿度	4 5
表 4-5	降 水 量	4 7
表 4-6	主な地震記録	4 8
図 4-1	調査地域概要図	4 9

図 4 - 2	チリ北部等降水量線図	5 1
図 4 - 3	降水量と高度の関係	5 2
図 4 - 4	植生の高度分布	5 3

第 6 章

表 6 - 1	住宅地導入生活関連施設一覧表	8 7
表 6 - 2	住宅地導入生活関連施設規模一覧表	8 8
表 6 - 3	都市建設費（B地区）	8 9
表 6 - 4	都市建設費（D地区）	9 0
表 6 - 5	施設の事業費負担者別分類	9 1
図 6 - 1	鉦山都市計画フローチャート	9 2
図 6 - 2	鉦山都市対象地区選定位置図	9 3
図 6 - 3	住宅建築基本図（A及びDタイプ）	9 5
図 6 - 4	住宅建築基本図（B及びCタイプ）	9 7
図 6 - 5	住宅建築基本図（独身及び単身者寮）	9 9
図 6 - 6	施設配置計画（B地区）	1 0 1
図 6 - 7	施設配置計画（D地区）	1 0 3

第 7 章

表 7 - 1	A - 6 5 号線道路インベントリ	1 3 0
表 7 - 2	交通量測定データ	1 3 4
表 7 - 3	イキイケ県の車両登録台数	1 3 5
表 7 - 4	通常交通量の推計	1 3 6
表 7 - 5	将来交通量(1)	1 3 7
表 7 - 6	将来交通量(2)	1 3 8
表 7 - 7	ルート別延長	1 3 9
表 7 - 8	チリの道路設計基準	1 4 1
表 7 - 9	区間別建設数量	1 4 3
表 7 - 1 0	道路建設費	1 4 5
表 7 - 1 1	走行費（平地部）	1 4 7
表 7 - 1 2	走行費（丘陵地部）	1 4 8
表 7 - 1 3	走行費（山地部）	1 4 9

表7-14	必要建設機械台数	150
表7-15	A-65号線における公共輸送部分の交通量	151
図7-1	調査道路位置図	153
図7-2	調査道路の土質縦断図	155
図7-3	標準横断図(砂利道)	157
図7-4	標準横断図(表面処理道)	159
図7-5	平面縦断図(ルートI)	161
図7-6	平面縦断図(ルートII、e-g区間)	163
図7-7	ボックス、パイプ・カルバート標準図	165
図7-8	建設工程表	167

第8章

表8-1	地勢と植生(バルカ沢)	217
表8-2	地質層序と分布状況(バルカ沢)	218
表8-3	全溶存固型物測定結果(バルカ沢)	219
表8-4	水質分析結果(バルカ沢)	220
表8-5	流量測定結果(バルカ沢)	221
表8-6	推定平均流量(バルカ沢)	222
表8-7	推定月別流量及び取水可能水量(バルカ沢)	223
表8-8	バルカ沢の集落	224
表8-9	月別平均降水量及び最高最低気温(マミーニャ集落)	225
表8-10	主要泉源一覧(マミーニャ集落)	226
表8-11	タンボ泉源水質分析結果(マミーニャ集落)	227
表8-12	水質分析結果(トラバカ沢)	229
表8-13	コスカーヤ沢の集落	231
表8-14	地質層序(バンバ・リリーマ)	232
表8-15	気象状況(アルティブラーノ)	233
表8-16	温泉湧出状況(バンバ・リリーマ)	234
表8-17	水質分析結果(バンバ・リリーマ)	235
表8-18	流量測定結果(バンバ・リリーマ)	236
表8-19	推定月別流量及び取水可能水量(バンバ・リリーマ)	237

表 8-20	試錐作業諸元 (パンバ・リリーマ)	238
表 8-21	試錐結果一覧 (パンバ・リリーマ)	241
表 8-22	揚水試験結果 (パンバ・リリーマ)	243
表 8-23	水質水析結果 (パンバ・リリーマ)	245
表 8-24	白色粉末分析結果 (パンバ・リリーマ)	247
表 8-25	集落別農業概況	248
付表 8-1	水利権出願状況 (チリ北部山岳水系)	249
図 8-1	湧水地点概要図 (バルカ沢)	251
図 8-2	温泉概要図 (バルカ沢)	251
図 8-3	流量の日変化 (バルカ沢)	252
図 8-4	温泉及び水系図 (マミーニャ集落)	253
図 8-5	地表流水状況 (タラバカ沢)	254
図 8-6	地質及び水系図 (パンバ・リリーマ)	255
図 8-7	地質断面図 (パンバ・リリーマ)	257
図 8-8	水系概念図 (パンバ・リリーマ)	259
図 8-9	泉源分布図 (パンバ・リリーマ)	260
図 8-10	調査位置図 (パンバ・リリーマ)	261
図 8-11	流量の日変化 (パンバ・リリーマ、B、C点)	263
図 8-12	電気探査測線及び試錐位置図 (パンバ・リリーマ) ...	265
図 8-13	比抵抗柱状図 (パンバ・リリーマ、A-1~A-5、T-1及びD-1)	267
図 8-14	比抵抗柱状図 (パンバ・リリーマ、B-1~B-11)	268
図 8-15	比抵抗断面図 (パンバ・リリーマ)	269
図 8-16	比抵抗分布図 (パンバ・リリーマ)	270
図 8-17	総合柱状図 (Hole ㊦ 1, パンバ・リリーマ)	271
図 8-18	総合柱状図 (Hole ㊦ 2, パンバ・リリーマ)	273
図 8-19	総合柱状図 (Hole ㊦ 3, パンバ・リリーマ)	275
図 8-20	総合柱状図 (Hole ㊦ 4, パンバ・リリーマ)	277
図 8-21	透水係数の計算例 (パンバ・リリーマ)	279
図 8-22	地下水分布図 (パンバ・デル・タマルガル)	281
図 8-23	水質ダイアグラム (パンバ・デル・タマルガル)	283
図 8-24	導水ルート計画図	285
付図 8-1	水利権関係図 (チリ北部山岳水系)	287

第 1 章

序

第 1 章 序

1.1 調査の目的

チリ共和国 (the Republic of Chile) 政府は、同国の経済発展のために鉱工業部門の一層の開発を計り、そのために必要な外国資本の参加を歓迎する政策をとっている。これに応じて、日本企業が参加し同国北部のタラパカ (Tarapaca) 州に位置するセロ・コロラド (Cerro Colorado) 銅鉱山の開発の可能性が検討されてきている。一方、日本政府及び国際協力事業団は、セロ・コロラド銅鉱山の開発がその地域の経済発展に寄与するものと考え、鉱山開発に関連して必要なインフラストラクチャーの整備に対して融資等を検討する意向を持っている。

上記の背景のもとに、本調査はセロ・コロラド銅鉱山の開発に関連して必要であり、且つ将来国際協力事業団からの融資等の具体的可能性のある鉱山都市、道路及び用水施設の整備に関し、技術的・経済的見地から現地調査、資料収集及び検討を行い、開発もしくは整備すべき最良案の基本計画を策定することを目的としている。

本調査報告書は、このような経緯及び目的を持って行われた作業の結果を取りまとめたものである。

1.2 調査の範囲

本調査は、セロ・コロラド銅鉱山開発に関連して必要であり、且つ将来国際協力事業団からの融資対象として具体的可能性のある鉱山都市、道路及び用水施設の整備に関して実施されたものであり、以下の業務内容を含んでいる。

1) 現地調査

A 都市整備計画

- a) 自然条件及び社会・経済条件の調査及び関連資料の収集
- b) 開発適地の検討及び選定
- c) 都市開発基本条件の調査及び関連資料の収集

B 道路整備計画

- a) 自然条件の調査、地形測量及び材料調査
- b) 最適ルートの検討及び選定
- c) 道路、橋梁、排水施設等の構造的検討

d) 社会・経済条件の調査及び資料収集

C 用水整備計画

a) 水文・地質調査及び関連資料の収集

b) 電気探査（垂直法により深度150～500 mを対象とした18測点）

c) 試錐調査（4箇所、試錐総延長200.7 m）、揚水試験及び水質試験

d) 取水、送水関係予備調査

2) 国内作業

A 都市整備計画

a) 自然条件、社会・経済条件、その他関連資料の分析及び検討

b) 都市基本計画の策定及び代替案の検討

c) 代替案の比較及び開発効果の検討

B 道路整備計画

a) 地形、地質、その他関連資料の分析及び検討

b) 道路基本計画の策定及び代替案の検討

c) 代替案の比較評価

d) 道路及び構造物の予備設計

e) 開発効果の検討

C 用水整備計画

a) 地質、水文、その他関連資料の分析及び検討

b) 開発可能水量の検討

c) 水文調査、地質調査及び揚水試験結果の分析・評価

d) 水質試験結果の分析

e) 取水、導水方法の検討

f) 開発効果の検討

各々の調査・計画の前提条件については、本文各項に記載されているが、本調査の評価に当たって総合的に前提となる事項については以下に追記する。

i) 関連施設計画の評価に当たっては、本来鉱山開発自体の経済的・財務的フィージビリティに基づいて、総合的に分析・評価されるべきものと考えられる。しかし、その分析・評価は本調査事項とはされておらず、又鉱山開発の調査が別途進行中であるが、未だ鉱山開発の具体的な計画が明らかにされるに至っていない。

め、本調査においては鉱山開発自体の総合的フィージビリティの観点からの検討・評価は行われない。

ii) 又同じ事由により、各施設整備計画の経済的・財務的フィージビリティの検討も行われない。したがって、本調査における各施設計画での代替案の比較検討は主として技術的見地からの比較及び必要投資額の比較により行われる。

iii) 上記の通り、総合的フィージビリティ及び経済・財務分析を行わないため、それを行う段階で各施設計画の代替案の選択も変わる可能性があることを考慮し、各施設計画の代替案の検討は出来る限り広く代替案を取り上げて比較検討を進めることとする。

iv) 財務分析を行わないので、各施設計画において鉱山開発企業体が建設すべき施設と、本来公共事業体が建設すべき施設とに分けた財務コストの振分けは行わない。

1.3 調査団の編成

現地調査団は、工業技術院地質調査所の村下敏夫博士を団長とし、下記の2班に分けて派遣された。

団長 村下敏夫(総括) 工業技術院地質調査所
(第2班の現地調査に同行)

第1班

現地調査期間：昭和52年2月19日から3月20日迄

藤原信行(経済調査) 通商産業省
仙波如夫(都市調査) 日本工営株式会社
有坂信司(道路調査) 日本工営株式会社
守山 勲(道路調査) 日本工営株式会社

第2班

現地調査期間：昭和52年6月7日から7月6日迄

但しボーリング調査は10月20日迄継続

掛川周男(用水調査) 日鉱探開株式会社
土屋 徹(用水調査) 日鉱探開株式会社
角井勝利(業務調整) 国際協力事業団

現地調査に引続き、国内では他の専門家の参加も得て、資料の解析、都市、道路及び用水施設計画の立案・検討を行い、本報告書を取りまとめた。

第 2 章

チリ共和国の概要

第2章 チリ共和国の概要

2.1 位置、面積及び地勢

チリ共和国は南米大陸の南西部、太平洋岸沿いに南北に長く伸びた国で、南緯17度30分から55度59分、西経66度30分から75度40分に位置し、北をペルー(Peru)の国境に、東をボリビア(Bolivia)及びアルゼンチン(Argentine)の国境に接している。西は太平洋、南は南氷洋である。国土の長さが南北に4,270キロメートルあるのに対し、巾は平均175キロメートル、最も広い所で355キロメートルにすぎない。こうした独特の地形は、海上交通や海洋資源獲得の面でチリ国民に便宜を与えると同時に、国の中央部と南・北端の地域との連絡が困難であるという問題を呈している。

面積は、南極地域を除いて756,600平方キロメートルであり、南米大陸の中では7番目の大きさである。又海岸線は、北部では比較的出入りの少ない単調な海岸線が続いているが、チャカオ(Chacao)海峡を境にして南は、島、湾、半島、フィヨルド等が入り乱れて極めて複雑な海岸線を形成しているため、全体の海岸線の長さは1万キロメートルにも達する。

チリの地勢の最大の特徴は、細長い国土の両側にアンデス(Andes)山脈と海岸山脈という2つの山脈が南北に走り、その間に両山脈を分けるように中央平原があることである。アンデス山脈は南米大陸を南北に縦走してその背骨的存在となっている。その高度が最高となるのがチリ北部と中央部である。北部(南緯27度以北)の砂漠地帯のアンデス山脈は火山性であり、5,000~6,000メートル級の山岳がそびえている。中央部(南緯27度から35度まで)には、6,000メートル級の山岳が集中しており、チリ最高峰オホス・デル・サラド(Ojos del Salado)山(6,863メートル)もここに含まれている。これに対して南緯35度以南では、アンデスの主脈は急速に低くなり灌木地帯に代って森林地帯となる。又、アンデス山脈を東西に横切る谿谷が発達し、これらの谿谷で氷河の通ったあとには湖が多く形成されている。

海岸山脈の形態も南北では全く異なっている。北部では、海中から直接400~800メートル突き出た断崖で、そのところどころに1,500メートル以上の山岳がそびえている。中央部では、アンデス山脈の支脈が海岸近くまでのびているためこれと区別しにくい。アコンカグア(Aconcagua)谿谷の南で最高の高さになった後、再びあまり高くない不規則な山並みとして続く。アンデス山脈を離れるにしたがって、太平洋にむかってアン

デスから流出する川によって分断されることが多くなる。コンセプション (Concepcion) の南の海岸山脈は森林地帯となっている。

中央平原は、北部では砂漠、中央部では谿谷となっている。ペルーとの国境からコピアノ (Copiano) 川までの約1,000キロメートルに渡る中央平原は、平均して高さ900メートル、巾50キロメートルの盆地を形成する。この一帯は世界有数の乾燥地帯であり、アタカマ (Atacama) 砂漠と呼ばれている。アンデス山脈から海に向い河川は、水量が極めて乏しい上に、鉱業や農業用水として使われてしまうため、ほとんどが海岸山脈に到達する前に砂漠の中に消滅し、海まで流れ着くのはアрика (Arica) の南を流れるタナ (Tana) 沢とロア (Loa) 河のみである。この地域は地下資源が豊富で、硝石・硫黄・ヨード・銅等を産出する。コピアノ川からアコンカグア川までは、北チコ (Norte Chico) と呼ばれる横谷地帯で、何本かの河川がアンデス山脈の支脈と交互に東西に走っている。この地域は、北部の砂漠地帯と中央部の肥沃な地域との境目にあたる半砂漠地帯で、南下するにしたがって雨量を増す。中央部の谿谷地帯は、南下するにしたがって谿谷の巾を増して広い丘陵地となる。この谿谷地帯のうち、ビオービオ (Bio-Bio) 川以北では、土地は全体的に東から西に、同時に北から南へゆるやかに傾斜している。冬は雨が降り、夏はアンデスの雪融け水が流れ込むので、比較的大きな河川がアンデスから海岸まで流れている。これらの川は河口付近を除くと航行できないが、この地域全体の灌漑や発電に役立っている。又、この地域は地中海性気候に恵まれているため、首都サンチアゴ (Santiago) をはじめ大都市が集まり政治・経済・文化の中心地となっている。ビオービオ川の南では密林地帯となり、アンデス山脈には湖が見られるようになる。河川には澄んだ水が豊かに流れ、肥沃な土地では農業地帯を形成しており、自然の景観にも恵まれている。

チリの気候は、国土が南北に長いいため変化が著しい。北は亜熱帯に属し、南は南氷洋に接している。北の砂漠地帯は世界有数の乾燥地帯で、日中と夜間の気温の差が大きいのに対し、南のパタゴニア (Patagonia) 地方は寒冷・湿潤で年間雨量が5,000ミリメートルを越える所もある。又国土の巾が狭いため、全地域が海洋の影響を受けやすく、チリの海岸沿いに北上するフンボルト (Humboldt) 寒流の影響で、ヴァルディビア (Valdivia) 以北では同緯度の他国より気温が低い。又風は海から陸に向かって吹くことが多い。一般に気温は南へ下るにしたがって次第に低くなるが、急激に低くなるわけではなく、気温を決定するのは緯度よりはむしろ高度であると云えよう。一方雨量は南下するにつれて急激に増加するが、同じ緯度では一般的にアンデス山脈より海岸地帯の方が雨量は多い。

チリは火山帯に属しているうえ、高さ数千メートルのアンデス山脈が国土の東側を縦走

し、西側の太平洋には国土に沿って深いチリ海溝が走っているため、有数の地震国となっている。

2.2 人口構成

表2-1にチリの人口統計を示す。チリの総人口は、1976年に10,454千人であり、1970年の9,368千人と比較すると1.12倍、年率1.8%の増加率を示している。又1980年には11,260千人に達すると推定されている。国連統計によると、1972年の出生率は人口1,000人に対し27.0人、死亡率は人口1,000人に対し8.5人であるが、乳児死亡率は出生数1,000に対し78.8人と非常に高い。年齢別構成は、表2-2に見られるように完全なピラミッド型を示し、65才以上の老人が全人口の5%であるのに対し、19才以下の若年層は46%と全人口の半分近くを占めている。人種構成は、メスティン（白人とインディオの混血）が66%、スペイン人が25%、インディオが5%、その他のヨーロッパ系人種（ドイツ、イタリア、イギリス等）が4%となっている。インディオの居住地は、中央南部のカウティン（Cautin）、マジェコ（Malleco）、アラウコ（Arauco）、ピオービオ等の各州に比較的集中している。

チリは行政上25の州に分けられており、これがさらに13の地域に統合されている。州別の人口分布は表2-3に見られるように、全人口の約80%がアコンカグア州からカウティン州までの中央部に居住しており、中でもサンチアゴ首都圏には全人口の38%が集中している。このため人口密度は、全国平均では1平方キロメートル当たり13.5人であるのに対し、サンチアゴ首都圏では238.7人と高い値を示している。都市人口は1970年に全国平均で75.1%を示し、人口の都市集中の傾向は今後も続くものと見られている。都市人口の比率が高いのは、サンチアゴ州^①の他には、タラバカ州、アントファガスタ（Antofagasta）州、ヴァルパライソ（Valparaiso）州でいずれも90%以上を示している。

1975年の経済的活動人口は3,183.5千人、このうち就業人口は2,715.9千人である。表2-4に経済活動分野別の就業人口を示す。これによると、第3次産業が就業人口全体の53%を占め、次いで第1次産業25%、第2次産業22%となっており、さらに細別すると、農漁業に従事する人口が最も多く21.6%、次いで製造業16.8%、商業14.6%となっている。又地域別では、都市部の就業人口は全体の74%を占めておりこの中で製造業に従事する人口が20.5%と一番多いのに対し、地方部は全体の26%の中で70.8%が農漁業に従事している。

2.3 経済動向

チリの社会主義的な変革をめざしたアジェンデ (Allende) 政権の経済政策は、銅資源の国有化、主要産業・企業の国営化、農地改革の徹底化、所得の再分配等を内容としていたが、1973年崩壊するに至った。1973年9月のクーデター直前には、イ)チリ経済史上かつてない高率のインフレーションの発生、ロ)財・サービスの需給関係の不均衡、日常生活物資の不足、ハ)国営化された諸企業での経営の非効率と赤字の累積、ニ)労働者の実質賃金・給与水準の大幅な悪化、ホ)私的生産部門での生産水準の低下、特に農業生産の大幅な後退、ヘ)国際収支の悪化、対外債務の増加等に示される深刻な経済危機に陥った。

これらの経済危機を受け継いだ軍事政権は、経済の立て直しを国家再建の柱とした。この内容は、均衡財政主義、市場機構の自由な動きと貿易・資本の自由化を最大限保障するという徹底して開放的な自由主義経済体制の再建をはかることによって経済危機を克服し、同時にチリ経済の体質、特に対外的競争力を強化しようとするものであった。クーデターの直後、軍事政権は、アジェンデ政権が無償で国有化していた銅資源の補償を行い、又鉱工業への外国資本の参加を歓迎することを宣言すると共に、外国資本のチリへの自由な流入を計る措置を取った。又国有化されて累積赤字に悩まされていた主要産業・企業のうち、戦略的に重要なものを除いたものが元の所有者への返還、又は払い下げられることにより私営化された。更に、統制されていた物価を自由化して生産・流通を刺激し、又通貨価値を切り下げ、貿易・資本を自由化して国際収支の改善を計り、財務支出を削減して赤字財政の負担を減少させ、労働者の賃上げを押えて通貨の供給量を減らし、インフレーションの収束につとめた。

この結果、表2-5に見る通り、1974年には前年と比べると、マイナス3%に落ち込んでいた経済成長率は5%の上昇を示し、銅・硝石・鉄鋼・石炭など鉱業分野での生産は増加し、又マイナス24%と大きく後退していた農業部門は14.7%の生産増と大きく回復した。しかしながら、インフレーションは抑制出来ず、1973年9月から1974年9月の物価上昇率は611.1%に達し、失業率も急上昇した。又インフレーションのため生産活動(特に製造業)が低水準にとどまったこと、外国資本の流入が少なかったこと、対外債務の累積、そして1973年末の石油ショック以降の世界的不況等により、国際収支は改善に向うに至らなかった。このため軍事政権は、まずインフレーションの克服を最大の目標とし、1975年5月からの財政支出の15~25%の削減を手始めに、所得税の引上げ、国営企業の赤字の縮小計画、金融の引き締め等一連のきびしい緊縮・均衡財政政策を導入した。又資本・貿易の自由化をさらに進め、アンデス条約から脱退し、関税を

引き下げ、輸出の多角化を含めた輸出の振興拡大をはかった。

しかしながら、1975年には石油ショックを契機とした世界経済の停滞のなかで激しい不況に見舞われた。すなわち、経済成長率は13.1%下落し、鉄鋼・硝石の生産はわずかに上昇したが、銅・石炭の生産は下落した。農業生産は前年に引き続き7%上昇したが、製造業は23.5%、建設業は35%も下落した。又国際収支も、輸入の減少、輸出も非伝統的品目の増大はあったが、銅価格の下落による外貨損失のため、総合収支で2億7,000万ドルの赤字となった。又インフレーションも340.7%と抑制できず、失業率も18.7%に達した。

1976年に入ると、銅価格の好転に農産品の輸出拡大が加わり、国際収支は黒字に転じた。又、インフレーションも抑制策が効果を現わし174.3%にまで低下した。国際収支の好転、インフレーション収束のきざしをみると、政府はさらに減税、金利引き下げ、投融資増大など生産活動にも力を入れはじめ、その結果低迷していた工業生産も12%増と上向きはじめた。

更に1977年に入って、インフレーションは着実に下降を続け、年間の上昇率は60%台になることが予想されている。貿易も好調で、輸出は非伝統的品目が順調に伸び、輸出額に占める銅の比率は55%にまで低下した。生産活動も順調に回復し、農業生産では1976/77農業年度で、小麦の40%増をはじめ主要品目のほとんどが生産増となった。工業生産では、上半期は前年比11%増と、工業生産活動が活発であった1969年の水準にほぼ回復した。銅生産も上半期51万6,600トンと前年同期比5.6%増を示している。しかし銅価格の低迷は依然として続いており、輸入の増大も加わって、国際収支は赤字が見込まれる。

現在の経済政策の基本方向は効率の良い部門を伸ばすことにあり、国内工業は自由化促進による輸入品との競争のため業種による明暗がはっきりしており、産業の再編時期に入ったと見られる。全体的には、チリの経済回復は順調に進んでおり、1977年の経済成長率は前年比8%と大幅に伸びることが予測され、チリ経済の先行きは明るさを増していると言える。

2.4 鉱工業・農業生産

チリの国内総生産は、1976年に8,881百万ドルであり、1977年には9,591百万ドルに達すると推定されている。経済成長率は、1975年に前年比マイナス13.1%と大きく後退した後、1976年には4.7%を示し、1977年には8.0%と回復することが予想されている。表2-6に1975年の部門別の国内総生産の構成比率を示すが、

これによると製造業が全体の19.7%と最高の比率を示し、次いで商業18.5%、鉱業11.9%、農業が9.7%となっている。

一方、貿易規模も1975年に輸出1,535.3百万ドル、輸入1,775.6百万ドルであったものが、1977年には輸出2,171.0百万ドル、輸入2,221百万ドルと順調に伸びることが予想されている。輸出は、表2-7に示すように、1975年には鉱業産品が総輸出額の68.8%と非常に高い比率を占めていたが、輸出の多角化が計られた結果、1977年には伝統産品である鉱業産品の輸出が総輸出額の62.5%まで低下するとみられている。輸入は表2-8に示されるように中間財の輸入が総輸入額の半分以上を占めるが、関税の引き下げ・自由化により、消費財、家電・乗用車などの耐久消費財の輸入が増えている。一方農業生産の増加を反映して、食料輸入は減少の傾向にある。

鉱業部門の国内総生産の中に占める割合は、1975年には11.9%にすぎず、全就業人口の中に占める割合も3.1%と低い。しかし、総輸出額に占める割合は68.8%と非常に高く外貨獲得の柱となっている。表2-9に鉱工業生産量の推移を示す。中でも銅は、総輸出額の55.3%を占めており、銅鉱業の趨勢によってチリ経済は特徴づけられていると云えよう。表2-10に示すように、銅価格が安定していないため、このところ銅輸出が低迷を続けているが、依然として銅鉱業がチリ経済再建の軸であることに変わりはない。表2-11に銅の輸出先を示す。現政権は、戦略的に特に重要なものを除いて、鉱物資源の開発を民間部門又は海外部門にゆだねるという鉱業政策をとっており、特に海外からの投資を促進するために、海外投資家に国内投資家と同じ条件を与え、利潤の送金の自由をうたった外資法を定めている。又税制面でも鉱物資源の有効利用のための配慮がなされている。

農業は、中部地域が開発の中心となっている。可耕地面積は30,644千ヘクタールで、国土面積の40%を占めている。農業人口は、漁業人口と合せて、1975年に535.9千人と全就業人口の21.6%を占めているが、農業生産の国内総生産に占める割合は9.7%にすぎない。アジェンデ政権の急激な農地改革により農地の多くが国营農場となり、農民は単なる賃金労働者になったため、かえって勤労意欲が低下して農業生産は減退したが、現政権は柔軟な農地改革政策をとり、農産物の価格統制も撤廃したため、農民の生産意欲と農村の秩序が次第に回復し、作付面積・生産量ともに増加しつつある。主要農産物は、小麦・米・とうもろこし・からす麦・大麦・ライ麦・ジャガイモ・てんさい等で、ぶどうはワインとして内需・輸出用にまわされている。表2-12に主要農産物生産を示す。1974年の主要3品目の自給率は小麦45%、米46%、とうもろこし29%といずれも50%を割っており今後更に農業開発が促進されることが期待されている。

工業部門は、1975年に国内総生産の19.7%、就業人口の16.8%を占めている。アジェンデ政権下では、国有化政策をはじめ過度の統制（価格統制が替相場の固定化、労働者保護を理由とした所得政策等）、政治的・社会的不安定等のために、企業の経営能率が低下し、政府への依存度が増大して国家財政上大きな負担となった。現政権はこのような産業に対する政府の介入・統制を廃止し、企業の自立、あらゆる意味での自由化を推進している。表2-13に製造工業の業種別生産指数の推移を示す。現政権の自由化政策は、国際競争力を持つ工業を優先的に育てるというもので、業種による明暗が今後強く現われてくると考えられている。

2.5 経済開発計画

現在のところ具体的な開発計画はないが、1977年9月の大統領教書によると、経済及び社会に関する戦略的長期目標として次の3つがあげられている。

- i) 国民生産の効率的再配置
- ii) 政府の補助的な役割の再決定
- iii) 社会および経済活動の調和的發展

生産の再配置のカギは貿易の自由化と考え、関税の引き下げは貿易の多角化、雇用の促進、鉱業・農林業・漁業の発展のための基盤の強化、更に技術的進歩と効率的産業の育成を計ろうとするもので、外国為替レートの維持、輸出競争力のある産業の育成、消費物資の輸入増による消費者保護、独占的経済活動のコントロールなどを目的としている。

現在経済企画庁（ODEPLAN）は国民経済に関する中期的目標としての開発計画を作成中であり、近く発表する予定となっていると云われる。なお、2.2節で述べた行政地域の統合化（13地域に統合）の背景には、地域開発の均衡化・促進が意図されており、今後の経済開発の中期計画においては地域開発が一つの柱となるものと予想される。

表 2 - 1

POPULATION OF CHILE

(persons)

Year	Male	Female	Total
1970	4,628,783	4,739,775	9,368,558
1971	4,714,979	4,830,470	9,548,449
1972	4,801,176	4,921,165	9,722,341
1973	4,887,370	5,011,861	9,899,231
1974	4,973,566	5,102,557	10,076,123
1975	5,059,762	5,193,252	10,253,014
1976	5,158,694	5,295,693	10,454,387
1977 (projection)	5,257,624	5,398,133	10,655,757
1978 (projection)	5,356,554	5,550,574	10,857,128
1979 (projection)	5,455,484	5,603,014	11,058,498
1980 (projection)	5,554,416	5,705,455	11,259,871

Source: Indicadores Economicos y Financieros 1970-1976

POPULATION OF CHILE BY AGE AND SEX (1976)

(persons)

Age	Male	Female	Total
0-4	642,548	633,580	1,276,128
5-9	600,419	593,044	1,193,463
10-14	611,617	605,573	1,217,190
15-19	570,441	566,548	1,136,989
20-24	473,300	471,289	944,589
25-29	416,172	418,010	834,182
30-34	363,364	367,172	730,536
35-39	300,353	305,375	605,728
40-44	253,395	260,447	513,842
45-49	231,547	242,251	473,798
50-54	187,716	200,834	388,550
55-59	154,725	171,637	326,362
60-64	126,741	147,467	274,208
65-69	97,757	119,081	216,838
70-74	63,272	85,159	148,431
75-79	39,149	59,805	98,954
More than 80	26,178	48,421	74,599
Chile total	5,158,694	5,295,693	10,454,387

Source: Indicadores Economicos y Financieros,
1971-1976

表 2 - 3

POPULATION BY REGION AND PROVINCE (1975)

Region	Province	Population	(%)	Population density (Hab./km ²)
I	Tarapacá	209,889	(2.1)	3.6
II	Antofagasta	287,964	(2.8)	2.3
III	Atacama	179,173	(1.7)	2.3
IV	Coquimbo	385,226	(3.8)	9.9
V	Aconcagua	182,920		18.9
	Valparaíso	854,965		137.0
	TOTAL	1,037,885	(10.1)	67.2
M.A.	Santiago	3,892,609	(38.0)	238.7
VI	O'Higgins	345,934		48.1
	Colchagua	183,686		22.5
	TOTAL	529,620	(5.1)	34.3
VII	Curicó	125,681		24.1
	Talca	259,400		25.3
	Maule	89,024		16.1
	Linares	209,906		22.2
	TOTAL	684,011	(6.7)	22.4
VIII	Nuble	347,035		15.2
	Concepción	737,782		127.2
	Arauco	106,383		21.1
	Bfo-Bfo	214,773		19.5
	TOTAL	1,405,973	(13.7)	39.0
IX	Malleco	187,306		13.6
	Cautín	462,563		24.9
	TOTAL	649,869	(6.3)	20.0
X	Valdivia	304,222		16.7
	Osorno	179,031		19.2
	Llanquihue	228,974		12.2
	Chiloé	119,380		4.6
	TOTAL	831,607	(8.1)	11.4
XI	Aysén	57,337	(0.6)	0.6
XII	Magallanes	101,851	(1.0)	0.8
Chile total		10,253,014(100.0)		13.5

Remarks: M.A. = Metropolitan Area

Source: Indicados Economicos y Financieros, 1971 - 1976

EMPLOYMENT BY ECONOMIC ACTIVITY (1975)

ECONOMIC ACTIVITY	Total 1,000 persons	AREA		Total 1,000 persons	%	Rural 1,000 persons	%
		Urban 1,000 persons	Rural 1,000 persons				
Agriculture and fishery	535.9	83.2	4.1	502.7	70.8		
Mining and quarrying	33.3	68.1	3.4	15.2	2.1		
Manufacturing industries	456.7	410.2	20.5	46.5	6.6		
Electricity, gas, water and sanitary services	21.2	15.0	0.7	6.2	0.9		
Construction	121.4	103.5	5.2	17.9	2.5		
Wholesale and retail trade	397.4	364.5	18.2	32.9	4.6		
Transportation, storage and communication	175.4	142.0	8.1	13.4	1.9		
Financial services	71.2	70.0	3.5	1.2	0.2		
Public administration	193.3	178.4	8.9	14.9	2.1		
Education	166.7	148.4	7.4	18.3	2.6		
Health	92.4	88.5	4.4	3.9	0.5		
Other services	331.7	297.7	14.8	34.0	4.8		
Other activities	19.3	16.2	0.8	3.1	0.4		
Total	2,715.9	2,005.7	100.0	710.2	100.0		

Source: Indicadores Economicos y Financieros 1970-1976

MAJOR ECONOMIC FEATURES

	Unit	1973	1974	1975	1976	1977
Gross Domestic Product	Million US\$ (1976 price)	9,445	9,831	8,539	8,881	9,591 ^{1/1}
Economic Growth Rate	%	-3.6	4.0	-13.1	4.0	8.0 ^{1/1}
GDP per Capita	US\$	954	976	831	847	899 ^{1/1}
Industrial Production Index	1968 = 100	117.3	112.9	81.2	110.0	115.1 (-June)
Agricultural Production Increase	%	-24.2	14.7	7.0	-30.0	
Consumer Price Index	%	508.1	375.9	340.7	174.3	79.9 (Aug.)
Rate of Unemployment	%	7.0	9.7	18.7	13.6	13.0 (June)
Wage Index (real term)	1970 = 100	86	80	77.8	87.1	
Copper Production	1,000 ton	735.4	902.1	828.3	1,005.2	516.6 (-June)
Copper Price	US cent/lb.	80.7	93.3	55.9	63.6	52.6 (Aug.)
National Revenue	Million US\$	1,314.6	1,808.8	1,863.7	2,191.7 ^{1/1}	2,522.0 ^{1/1}
National Expenditure	Million US\$	2,928.2	2,687.0	2,136.0	2,429.2 ^{1/1}	2,820.8 ^{1/1}
Balance	Million US\$	-1,613.6	-878.2	-272.3	-237.5 ^{1/1}	-298.8 ^{1/1}
Export	Million US\$	1,310.5	2,238.9	1,535.3	2,068.8	2,171.0 ^{1/1}
Import	Million US\$	1,447.4	2,013.1	1,775.6	1,593.0	2,221.0 ^{1/1}
Trade Balance	Million US\$	-248.7	-139.7	-274.6	475.4	
Foreign Debt	Million US\$	4,048	4,774	5,263	5,195	5,259 ^{1/1}

Remarks: ^{1/1} Estimated Figures

Source: Banco Central de Chile

ORIGIN OF GROSS DOMESTIC PRODUCT (1975)

Economic Activity	Percent
Agriculture, Forestry and Hunting	9.7
Fishery	0.4
Mining and Quarrying	11.9
Manufacturing Industries	19.7
Construction	3.8
Electricity, Gas and Water	2.4
Transportation, Storage and Communication	4.2
Wholesale and Retail Trade	18.5
Banking, Insurance and Immovable Property	4.6
Property of Housing	9.2
Public Administration and Defense	5.6
Other Services	10.0
Total	100.0

Source: Indicadores Economicos y Financieros 1970-1976

EXPORT

(million US dollar)

	<u>1975</u> (%)	<u>1976</u> ¹ (%)	<u>1977</u> ¹ (%)
I. MINING			
Copper	1,056.0 (68.8)	1,420.1 (68.6)	1,357.0 (62.5)
Iron	849.6 (55.3)	1,238.4 (59.8)	1,159.0 (53.4)
Niter and Iodine	89.9 (5.9)	88.6 (4.3)	97.0 (4.4)
Molybdenum	49.9 (3.2)	37.3 (1.8)	37.0 (1.7)
Others	30.3 (2.0)	32.4 (1.6)	32.0 (1.5)
	36.3 (2.4)	23.4 (1.1)	32.0 (1.5)
II. AGRICULTURE AND FORESTRY			
Agricultural products	84.3 (5.5)	118.9 (5.8)	176.0 (8.1)
Stock farming products	58.4 (3.8)	86.2 (4.2)	137.0 (6.3)
Forest product	16.0 (1.0)	24.8 (1.2)	30.0 (1.4)
Others	4.0 (0.3)	1.0 (0.1)	1.0 (-)
	5.9 (0.4)	6.9 (0.3)	8.0 (0.4)
III. INDUSTRY			
Food	395.0 (25.7)	529.8 (25.6)	638.0 (29.4)
Beverage	102.1 (6.6)	110.0 (5.3)	157.0 (7.2)
Timber	4.5 (0.3)	7.0 (0.3)	8.0 (0.4)
Paper, Cellulose, Carton Printed matter and others	24.9 (1.6)	29.3 (1.4)	35.0 (1.6)
Chemical products	99.5 (6.5)	135.9 (6.6)	127.0 (5.8)
Base metals	41.8 (2.7)	64.6 (3.1)	75.0 (3.5)
Metal products	85.8 (5.6)	104.6 (5.1)	142.0 (6.5)
Transport material	19.7 (1.3)	52.6 (2.6)	63.0 (2.9)
Others	2.7 (0.2)	4.9 (0.2)	6.0 (0.3)
	14.0 (0.9)	20.9 (1.0)	25.0 (1.2)
Total	1,535.3 (100.0)	2,068.8 (100.0)	2,171.0 (100.0)
a) TRADITIONAL EXPORT ²	1,141.9 (74.4)	1,592.1 (77.0)	1,520.0 (70.0)
b) NON-TRADITIONAL EXPORT	393.4 (25.6)	476.7 (23.0)	651.0 (30.0)
Total	1,535.3 (100.0)	2,068.8 (100.0)	2,171.0 (100.0)

Remarks: ¹ Estimated figures

² Copper, Iron, Niter, Iodine, Molybdenum, Fish meal, Paper, Cellulose and Carton.

Source: Banco Central de Chile

IMPORT

	(million US dollars)			
	1975 ^{/1} (%)	1976 ^{/1} (%)	1977 ^{/1} (%)	(%)
I. Consumer goods, excluding foods	93.0 (5.2)	95.0 (6.0)	347.0 (15.6)	
II. Foods	361.0 (20.3)	331.0 (20.8)	230.0 (10.4)	
III. Intermediate goods	1,040.6 (58.6)	823.0 (51.6)	1,162.0 (52.3)	
IV. Capital goods	281.0 (15.8)	344.0 (21.6)	482.0 (21.7)	
Total	1,775.6 (100.0)	1,593.0 (100.0)	2,221.0 (100.0)	

Remarks: ^{/1} Estimated figures
 Source: Banco Central de Chile

MINERAL PRODUCTS

	Unit	1973	1974	1975	1976	1977
Copper	1,000 ton	735.4	902.1	838.3	1,005.2	516.6 (Jan.-June)
Iron	1,000 ton	9,446.4	10,296.5	11,049.1	9,815.9	2,962.9 (Jan.-Apr.)
Niter	1,000 ton	696.5	738.8	713.2		
Iodine	1,000 kg	2,210.6	2,272.9	1,962.6		
Molybdenum	ton	4,940	9,757	9,092		
Manganese	ton	14,415	28,694	19,998		
Lead	ton	431	420	234		
Zinc	ton	2,324	3,349	2,841		
Mercury	ton	27,496.5	30,740.0	2,829.0		
Gold	kg	3,226.1	3,708.0	4,284.4		
Silver	kg	156,732.0	207,558.4	192,004.1		
Coal	1,000 ton	1,390.0	1,519.8	1,514.9		
Limestone	1,000 ton	2,122.8	2,659.5	1,101.3		
Petroleum	1,000 m ³	1,817.0	1,598.6	1,422.3	1,331.0	504.0 (Jan.-May)

Source: Indicadores Economicos y Financieros 1970-1976

PRICE OF COPPER

	(US cents per lb.)
1973	80.70
1974	93.27
1975	55.94
1976	63.61
1977 January	63.625
February	64.667
March	68.853
April	64.778
May	62.213
June	59.530
July	56.615
August	52.561

Source: Chilean Copper Commission

表 2 - 1 1

		(1,000 ton)			
Main countries consumers of Chilean copper	1976 (%)	First semester			
		1976 (%)	1977 (%)		
1. Germany	190.3 (19.4)	101.0 (20.5)	96.9 (19.9)		
2. Brazil	143.2 (14.6)	61.4 (12.5)	91.1 (18.7)		
3. United States	99.2 (10.1)	52.4 (10.4)	45.7 (9.4)		
4. Japan	99.1 (10.1)	51.1 (10.4)	53.8 (11.1)		
5. England	86.1 (8.8)	47.8 (9.7)	37.0 (7.6)		
6. Italy	72.9 (7.4)	31.2 (6.3)	31.7 (6.5)		
7. Spain	48.4 (4.9)	25.6 (5.2)	21.5 (4.4)		
8. France	43.7 (4.4)	18.3 (3.7)	17.8 (3.7)		
9. Belgium	37.3 (3.8)	18.9 (3.8)	21.6 (4.4)		
10. China	25.1 (2.6)	16.2 (3.3)	3.0 (0.6)		
11. Argentina	19.0 (1.9)	11.9 (2.4)	15.7 (3.2)		
12. Sweden	12.5 (1.3)	6.9 (1.4)	1.6 (0.3)		
13. Germany	11.0 (1.1)	5.0 (1.0)	— (—)		
14. Yugoslavia	10.8 (1.1)	5.8 (1.2)	8.6 (1.8)		
15. Bulgaria	10.2 (1.0)	1.9 (0.4)	7.4 (1.5)		
16. Turkey	9.9 (1.0)	— (—)	4.4 (0.9)		
17. South Korea	9.8 (1.0)	4.4 (0.9)	11.5 (2.4)		
18. Canada	8.9 (0.9)	7.6 (1.5)	0.8 (0.2)		
19. Formosa	8.3 (0.8)	5.0 (1.0)	9.3 (1.9)		
20. Greece	8.0 (0.8)	5.1 (1.0)	0.2 (0.0)		
Other countries	28.2 (2.7)	14.5 (3.6)	6.3 (1.3)		
Total exports	981.9(100.0)	492.0(100.0)	485.9(100.0)		

Source: Chilean Copper Commission

AGRICULTURAL PRODUCT

	(1,000 ton)			
	1972/1973	1973/1974	1974/1975	1975/1976
Wheat	746.7	939.1	1,002.4	701.6
Barley	107.5	149.6	120.6	78.3
Maize	294.0	366.3	329.0	273.2
Oats	109.1	150.0	131.1	76.8
Rye	8.5	14.6	11.1	11.4
Rice	55.0	34.4	76.4	-
String beans	65.0	74.8	74.1	70.5
Vetch	8.8	12.5	6.3	11.0
Chick pea	4.1	5.0	4.9	2.5
Lentil	9.8	12.8	12.1	15.9
Potato	623.6	1,012.0	737.9	726.1
Raps	40.0	34.8	61.4	64.4
Marigold	13.5	10.4	17.8	16.4
Beet-root	965.9	1,025.3	1,616.7	2,066.9

Source: Indicadores Economicos y Financieros 1970-1976

INDUSTRIAL PRODUCTION INDEX (1968 = 100)

	1968 (%)	1973	1974	1975	1976	1977 (Jan.-June)
Food	(15.10)	102.0	108.5	102.3		
Beverage	(4.16)	134.3	92.2	87.2		
Tabacco	(3.18)	131.3	139.4	120.8		
Textile products	(9.68)	101.5	98.3	62.4		
Footwear and cloths	(6.81)	117.7	105.1	68.8		
Timber	(4.37)	93.1	89.2	54.4		
Furnitures	(1.49)	120.8	113.7	61.8		
Cellulose, paper and paper products	(2.55)	104.5	114.9	101.0		
Printed matter	(3.30)	96.0	64.6	55.6		
Leather (excl. footwear)	(1.36)	85.8	74.5	70.6		
Rubber goods	(2.51)	127.5	124.7	35.8		
Chemical products	(9.62)	147.6	129.1	79.7		
Petroleum and coal products	(0.87)	129.6	128.3	110.9		
Nonmetal products	(3.86)	126.5	136.1	76.1		
Base metal industries	(9.59)	119.7	131.6	119.8		
Metal products (excl. machine and transport equipment)	(5.70)	121.4	111.0	59.7		
Machine industries (excl. electric machine)	(2.38)	189.3	112.5	77.4		
Electric machine and apparatus	(4.88)	89.1	105.2	75.8		
Transport material	(5.76)	130.8	129.2	50.0		
Other manufacturing industries	(2.83)	119.6	134.0	63.6		
General index	(100.00)	117.3	112.9	81.2	110.0	115.1

Source: Indicadores Economicos y Financieros 1970-1976

第 3 章

計画地域の社会・経済状勢

第3章 計画地域の社会・経済状勢

3.1 地域人口

セロ・コロラド銅鉱山は、第一行政地域タラバカ州内イキイケ(Iquique)県に位置している。タラバカ州の人口は、1975年現在国全体の約2パーセントに当る209,889人で、人口密度は1平方キロメートル当り3.6人となっており、国全体の1平方キロメートル当り13.5人と比較すると可成り低い。しかし、1970年の人口174,981人と比較すると、年平均4パーセントの増加を示しており、国全体の年平均増加率3.2パーセントを越えている。

タラバカ州の将来人口は、チリ経済企画庁の予測によれば、1980年に現在の13.6パーセント増、1985年に現在の28.9パーセント増となっている。すなわち1985年の人口は、約270,500人と予測されている。しかしながらこの人口増加は、州全体が平均して増加するのではなく、都市部に集中すると想定される。都市部への人口集中率は非常に高く、1975年の92.1パーセントが1985年には93.9パーセントになると予測されている。

タラバカ州はイキイケ県とアリカ(Arica)県の2県から成る。イキイケ県の人口は、1975年現在、州人口の39.6パーセントに当る83,123人となっており、1970年の79,079人と比べ約5パーセントの増加である。一方、アリカ県の人口は、1970年から1975年までの5年間で約32%の増加を示している。したがって、過去におけるタラバカ州の人口増加は、主としてアリカ県の人口増加によるところが多いと判断される。これは、アリカ市の自由港化による人口移入が一つの大きな要因となっているものとみられる。

後述の通り、1977年政府はイキイケ港を自由港とする事に決定し、その後イキイケ市近郊も自由港圏に組み込まれることになった。したがって上述のアリカ市と同様に自由港化によるイキイケ市への人口移入が起るものと予想される。ただし、イキイケ市の地形的制約(可住地面積の制約)、内陸部の気象等自然条件からすると、イキイケ県の人口増加は、衛星都市の発達がない限りあまり大きくは見込めない。なおタラバカ州における人口構成は、図3-1にみる通り安定したピラミット型の構成を示していると云える。

1970年から1975年にかけてのタラバカ州の就業者人口は、表3-1にみられるように、実数にして17,368人、率にして231.5パーセントの増加を示している。これは人口増加率よりはるかに高く、他州からの人口移入が顕著であった事を示している。

1975年現在の12才以上の就業者総数は、72,523人である。この5年間で就業者が最も増加した産業は、工業の62パーセント増で、1975年現在における産業別就業人口は、工業11,748人、サービス業9,029人、商業8,732人、農業・漁業8,594人となっている。

タラバカ州の世帯当りの平均家族数を5人と仮定すると、1世帯当りの平均就業者数は1.7人となり、同州における失業率は必ずしも高くない。チリ全国の失業率は高いが、就業者が主として中心地域の都市に集中しているため、タラバカ州等地方部での失業率は比較的低いとみられる。

3.2 地域経済構造

タラバカ州の経済が国全体に占める割合は、表3-2に見られるように、1975年に2.8パーセントで人口比率2.0パーセントより若干高い数値を示している。産業別に見ると、漁業が国全体の24.6パーセントを占め、次いで運輸が6.3パーセント、商業が5.1パーセントを占めている。チリの主要産業である鉱業は、これまでのところわずか1.1パーセントを占めているにすぎない。一方州全体の中で産業別に見ると、最も高い割合を示しているのが商業(37.5パーセント)、次いで工業(32.2パーセント)で、両者で70パーセント近くを占めている。したがって、タラバカ州の経済の中では、国全体の産業構造からみて重要な漁業は基盤産業ではなく、全国的には規模が小さいものの、工業と商業が中心になっていると云える。

州内のイキイケ及びアrika両県の総生産の比率は、アrika県が62.9パーセント、イキイケ県が37パーセントで人口比率とほぼ同じ割合となっている。産業別には、イキイケ県の比率が高いのは漁業と鉱業で、それぞれ70.0パーセント、78.9パーセントを示している。逆に工業は24.8パーセント、建設業は32.0パーセント、電気・ガス・水道業は33.3パーセントとイキイケ県が低い。

現政権の自由化政策に沿って、イキイケ港は1977年に自由港となった。その後、イキイケ市近郊も自由地域に組み込まれており、今後この地域に入る輸入品が増加することにより、商業部門が発展すると予想される。

イキイケ県の鉱業は、以前はポソ・アルモンテ(Pozo Almonte)近くで産出するチリ硝石が栄えていたが、空中窒素固定法が工業化されてからはすたれており、その他にめぼしいものは今のところサガスカ(Sagaseca)鉱山の銅にすぎない。サガスカ銅鉱山は、セロ・コロラド銅鉱山の南南西約20キロメートルに位置しており、現在の産出量は、銅が精鉱日産100トン、硫黄が日産6トンである。鉱石は毎日18トン積のトラッ

クによりイキイケまで運ばれている。

3.3 地域インフラストラクチャー

3.3.1 港 湾

タラバカ州の港湾はアリカとイキイケにある。セロ・コロラド鉱山の銅鉱石の積出しに用いられると考えられるイキイケ港は、チリ硝石搬出のために1928年に建設された。港は7つのバースを持っており、水深は約10メートルで、40,000トン級の船まで接岸可能である。1976年までは、チュキカマタ(Chuquicamata)の銅精鉱を15,000トンの船で積出していた実績がある。現在の港の利用状況は、チリ硝石が月8,000トン積出される他、日本・香港への貿易船が月2回位寄港するのが主なもので、あとは漁船が利用している。

港内施設は、レール移動式のクレーンが、4トン吊3台、5トン吊5台、又ベルトコンベアは、300トン/時移動式のもの、350トン/時固定式のもの各1台備えつけられている。倉庫は、硝石の貯蔵用に40×105メートルのものが2棟あり、粉体を貨車から直接ベルトコンベアにのせて倉庫に入れる設備と連結している。しかし現在港内は手狭になっており、銅精鉱の長期貯蔵はできず、サガスカ鉱山の精鉱は袋詰めされたものが港から3キロメートル離れた所に貯蔵され、船積前夜に貨車で港に運ばれている。なお船積費用は、貨車から袋詰めのを積み込むまでトン当たり5.20米ドルである。

3.3.2 道 路

図3-2にタラバカ州の道路網を示す。このうち南北にタラバカ州を縦断する5号線(パン・アメリカン・ハイウェイ, Pan American Highway)、州都イキイケと5号線とを結ぶ16号線、イキイケとアントファガスタを海岸線沿いに結ぶ1号線、さらに北部国境沿いにボリビア共和国に抜ける11号線が主要道路である。これらはすべて国道で比較的良好に維持補修されている。5号線、16号線と1号線の約半分はアスファルト・コンクリート舗装されているが、1号線の残り半分と11号線は未舗装である。その他の道路は地方道で、ほとんどが砂利道のままで、維持補修は壊れた箇所を補修する程度である。因みにタラバカ州に於ける国道の舗装率は78パーセント、地方道はほぼ0パーセントである。

セロ・コロラド銅鉱山は地方道A-65号線沿いに位置している。ボリビア共和国に抜けるルートとしては上記国道11号線の他に、A-65号線をバルカ(Parca)の先に延長し、ノアサ(Noasa)、パンバ・リリーマ(Pampa Lirima)を経て地方道A-

555号線のカンコサ(Cancosa)に至る道路がイキケ道路局により計画されているが、未だ具体的なものとなっていない。

図3-1に示されるように、タラパカ州の道路は、南北に州を縦断する国道5号線から主要都市を結ぶ道路が枝分れしており網状をなしていない。したがって、都市間の交通は5号線を媒介として行われる。これは、南北に細長く狭い国土の中にアンデス山脈と海岸山脈が縦走しており、両山脈の間に比較的広い中央平原、そして海岸山脈の西にわずかの海岸平野があるというチリ全体に共通する地勢の特徴に起因しており、南北に縦断する道路は中央平原以外では建設が困難なためである。

イキケ市は、首都サンチアゴの北方約1,600キロメートルに位置し、国内航空路を利用するとアントファガスタ又はアリカを経由してサンチアゴから約4時間を要する。今回の調査区域内へのアクセスは全て自動車によるもので、イキケから主要調査地域に至る概略の距離及び時間は次の通りである。

パンバ・リリーマ	190キロメートル	8時間
ボソ・アルモンテ	51キロメートル	45分
セロ・コロラド鉈山	130キロメートル	2時間30分
マミーニャ(Mamina)	130キロメートル	2時間30分
サガスカ鉈山	90キロメートル	1時間30分
ピカ(Pica)	100キロメートル	1時間45分

3.3.3 電気及び水道

電気は、イキケで火力発電され、パン・アメリカン・ハイウェイ沿いの町までは送電線が伸びており、一般家庭用220ボルト、工業用380ボルトが供給されている。しかし、パン・アメリカン・ハイウェイ以東の内陸部には電気が供給されておらず、エネルギーはプロパンガス等に頼っている。

一方、水道は、パンバ・デル・タマルガル(Pampa del Tamarugal)と呼ばれる砂漠性の中央平原にある地下水が揚水され、これがイキケ、ボソ・アルモンテに供給されている。しかし、内陸部では水道は完備しておらず、生活用水のほとんどを小河川の地表流水に依存している。

POPULATION OF TARAPACA PROVINCE BY ECONOMIC ACTIVITIES
(more than 12 years old)

	1970		1975		Growth rate (%)
	persons	(%)	persons	(%)	
Agriculture and fishery	6,497	(11.8)	8,594	(11.9)	32.3
Mining	2,404	(4.4)	3,206	(4.4)	33.4
Industry	7,250	(13.1)	11,748	(16.2)	62.0
Electricity gas and water	344	(0.6)	457	(0.6)	32.8
Construction	4,001	(7.3)	5,541	(7.6)	38.5
Commercial	6,585	(11.9)	8,732	(12.0)	32.6
Services	7,293	(13.2)	9,029	(12.5)	23.8
Others	20,781	(37.7)	25,216	(34.8)	21.3
Total	55,155	(100.0)	72,523	(100.0)	31.5

Source: ODEPLAN

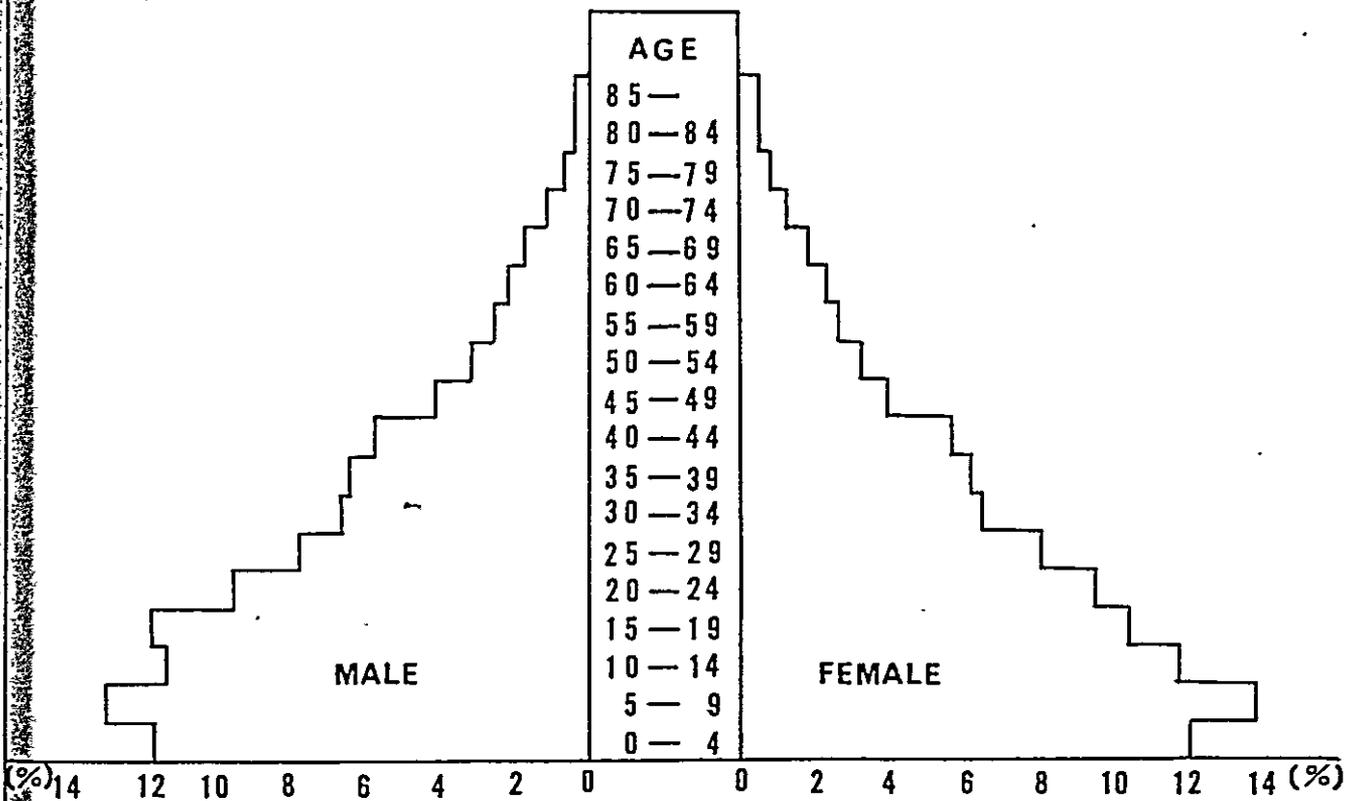
表 3 - 2

ECONOMIC STRUCTURE OF TARAPACA PROVINCE (1975)

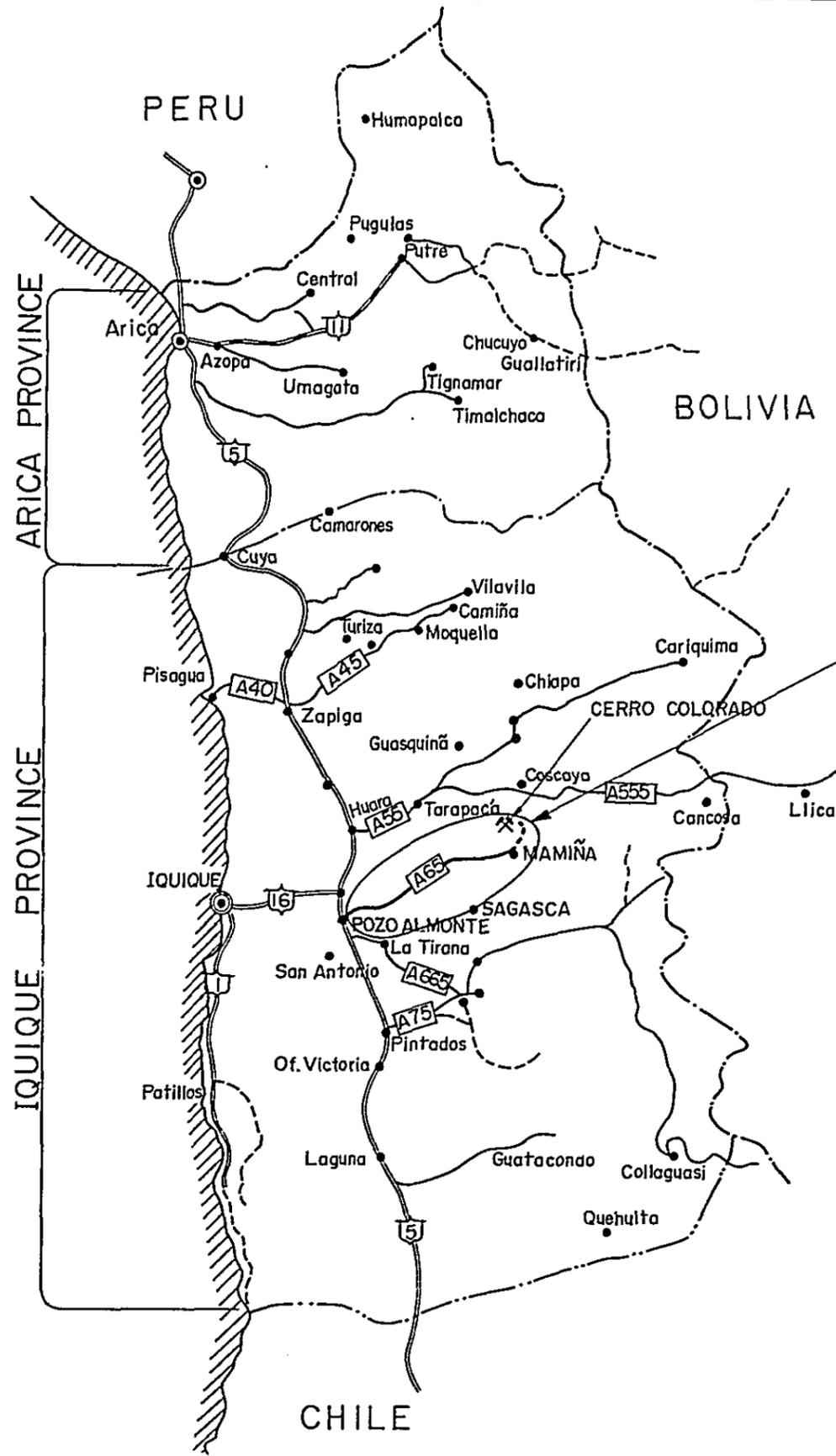
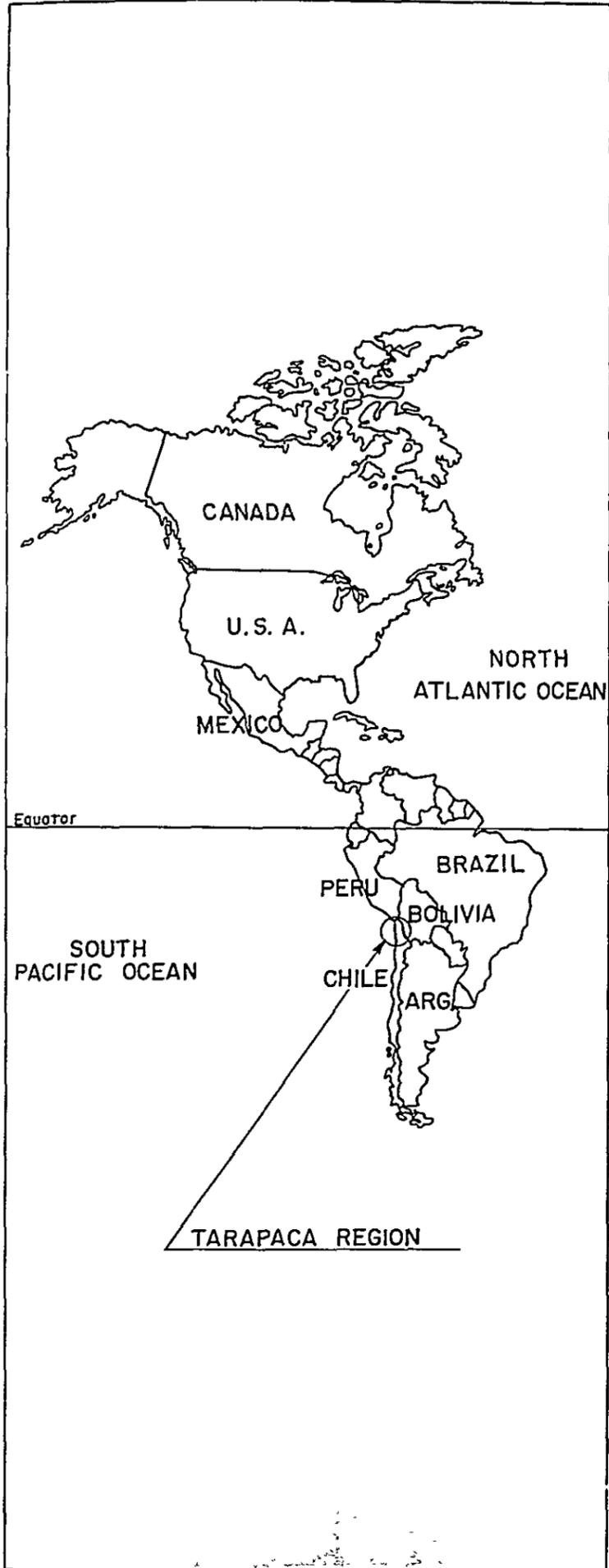
	Participa- tion in GDP of the Nation (%)	Sectorial participa- tion in the Province (%)	Participation between the departments	
			ARICA (%)	IQUIQUE (%)
Agriculture	0.4	1.2	54.2	45.8
Fishery	24.6	2.2	30.0	70.0
Mining	1.1	3.7	21.1	78.9
Industry	3.4	32.2	75.2	24.8
Construction	3.5	5.5	68.0	32.0
Electricity, gas and water	0.9	0.6	66.7	33.3
Transportation	6.3	9.7	59.5	40.5
Commercial	5.1	37.5	60.2	39.8
Other services	0.8	7.4	55.5	44.5
Total	2.8	100.0	62.9	37.1

Source: ODEPLAN

AGE STRUCTURE OF TARAPACA PROVINCE(1970)



ROAD NETWORK IN TARAPACA REGION



PROJECT ROAD

LEGEND

- National Road
- Paved Road & Route No.
- Unpaved Road & Route No.
- Regional Road
- Gravel Road & Route No.
- Footpath
- Regional Capital
- County Capital
- Other Town
- National Border
- Regional Border
- Provincial Border
- Mine

SCALE



第 4 章

計画地域の一般自然条件

第4章 調査地域の一般自然条件

4.1 地 勢

調査地域は、図4-1に示すように、アンデス山脈の西側斜面から太平洋岸に至る範囲にあり、南緯19度45分から20度30分及び西経68度50分から70度10分の緯経線に囲まれる地域である。セロ・コロラド銅鉞山は、この中央部の南緯20度00分、西経69度15分に位置している。

調査地域は、地勢的に表4-1のように区分される。これらの地勢区分は調査地域に普遍的なもので、太平洋岸線とアンデス山脈が平行しており南北方向への連続性が認められる。

1) 海岸地帯

太平洋岸を形成する海岸地帯は後背海岸山脈が直接海中に没する個所が大半を占め、平坦部がほとんど認められない。海岸の地形は海中から500～700メートルの高さで屹立する懸崖が顕著で、直接後背海岸山脈の壁面を形成している。イキイケ付近の地形は例外的で、東西2～3キロメートル、南北約12キロメートルにわたって海浜平坦部が開け、イキイケ市街地が発達している。

2) 海岸山脈地帯

海岸地帯から東側内陸部に向かって高度を急激に増し、標高1,300～1,600メートルの山頂が南北に連なる比較的低高度の山岳地帯が発達する。この海岸山脈地帯は約40キロメートルの巾を有し、西側斜面が急峻なのに対して東側斜面は比較的緩傾斜である。

3) 中央砂漠盆地帯

海岸山脈地帯の東側は内陸部に向って高度が緩やかに低下し、南北方向に延びる中央砂漠盆地帯に移向する。この盆地帯は西側の海岸山脈地帯と東側のアンデス前縁地帯に挟まれた巾40～50キロメートルの閉鎖盆地で、地勢的にはアタカマ砂漠の北部延長上に位置し、本地域付近ではパンパ・デル・タマルガルと名付けられている。盆地帯の低部は橋高約1,000メートルで、全体的に起伏に乏しい地形を呈しているが、東に向かって緩やかに高度を増し、高度1,300～1,500メートルで東側のアンデス前縁

地帯に移向する砂漠地帯である。この盆地帯の西部には南北にバン・アメリカン・ハイウェイが縦断し、これに沿ってウアラ (Huara)、ボソ・アルモンテ等の小集落が分布するほかに、アンデス前縁地帯に接してピカの集落が位置している。

4) アンデス前縁地帯

中央砂漠盆地帯の東側は、高度を急激に増して、やがてアンデス山脈に至るが、その中間部に位置する高度 3,000メートル以下の地域がアンデス前縁地帯である。この前縁地帯は一般にやや緩傾斜の氾濫原からなる準平原地形と、貫入火成岩体による突出山塊及びこれらを深く刻んで発達する主として東西系の溪谷等が織りなす複雑な地勢を呈している。溪谷のほとんどは常時地表流水を有しないが東西系のバルカ沢、コスカーヤ (Coscaya) 沢等には地表流水が認められ、これらの流水を利用するバルカ、ノアサ、コスカーヤ、パチーカ (Pachica) 等の小集落が点在する。なおセロ・コロラド鉞山はバルカ沢の南岸に位置している。

5) アンデス山脈地帯

南米大陸全体の脊梁山脈を形成するアンデス山脈は、本地域では太平洋岸からわずかに直距 150 キロメートルで分水嶺に達する。地形高度はアンデス前縁地帯からさらに急激に上昇しアンデス山脈の中心部に至るが、一般に高度 3,000メートル以上の山地をアンデス山脈地帯と称し、チリ、ボリビア両国との国境地帯に位置している。本地域のアンデス山脈は南北に走る 2 条の平行した山系よりなり、東側の山系がボリビアとの国境に位置することが多い。一般に西側の山系は東側に比べてやや低高度で 5,000メートルを越えることが少なく、5,000メートルを越える高峰のほとんどは東側の山系に集中している。この平行した 2 条の山系に挟まれて、高度 3,900～4,200メートルの平坦地形が発達する。この平坦地形はアンデス高地平原地帯と称され、巾 5～20 キロメートルの規模で南北に断続して連なっている。こうした地形は主として氷河侵蝕及び湖沼堆積によるものと推定され、調査地域に関する限りパンパ・リリーマを除いてはほとんど完全な閉鎖盆状地形を呈している。なおこれらのアンデス山脈地帯には遊牧民の住居が集落形態をなさず点在している。

4.2 地 質

4.2.1 地史概況

チリに於ける最古の岩石はプレ・カンブリアン (Pre-Cambrian) 系に属する片岩類、片麻岩類、緑色岩類等で、主としてチリ中央部から南部にかけての海岸山脈地帯に広く点

在している。このプレ・カンブリアン系を基盤として海成のオルドビス (Ordovician) 系、デボン (Devonian) 系、石灰～二畳系から成る古生層の堆積が認められ、これらはその後の変動や地向斜運動、花崗岩類の貫入などにより断片的に分布している。中生代ジュラ (Jurassic) 紀から古第三紀にかけては、いわゆるアンデス地向斜 (Andean Geosyncline) が発達し、チリの中心部を南北に細長く分布するが、全体的に厚い地向斜堆積物におおわれている。チリ北部では海岸山脈沿いにジュラ紀の海成層を挟む火山岩類が堆積分布し、本調査地域での地質的基盤をなしている。

チリ北部では白亜紀初期にアンデス地向斜位置が太平洋側に移動し、白亜紀末期～古第三紀 (特に始新世) の間にアンデス地向斜中に火山岩類及び陸成層の堆積があった。この期間いわゆるアンデス・バソリス (Andes Batholith) やポーフイリー (Porphyry) 類の活動とこれに伴うポーフイリー・カッパー (Porphyry Copper) 型鉱床の生成があり、セロ・コロラド鉱床もこれに関連したものと推定される。

新第三系は古第三系と不整合関係にあって主として陸成の砕屑岩と火山岩よりなり、チリ北部特に本調査地域ではイグニブレイト、砂岩、シルト等からなるアルトス・デ・ピカ (Altos de Pica) 層として著名である。

第四系は陸成、海成堆積層よりなり、下位層を広くおおむね外に新第三系とはほぼ重複し、チリ全土で大小1,000体を越える火山がボリビア、アルゼンチンとの国境沿いに連なり、高峰を形成している。またアンデス山脈から剝離した砂礫、粘土、氷河堆積物等が中央砂漠盆地帯や海岸山脈地帯の下位層をおおっている。

4.2.2 一般地質及び地質構造

本地域の広域地質は表4-2及び図4-1のとおりである。調査地域内で特筆すべき事項は、中央砂漠盆地帯における塩類の沈澱堆積物で、特に著名なものとしてピントロス (Pintados) 塩湖がある。この塩類は後背アンデス山脈から流出する地表水がもたらしたもので、盆地低部における地表水分の蒸発に伴って沈澱乾固し、盆地は通常の景観として完全に干上がった広大な水平地形を呈している。

塩類の化学成分は地区によって異なるが、主として塩化ナトリウム、硫酸ナトリウム、硫酸カルシウム、硝酸ナトリウム等である。特に硝酸ナトリウムはチリ硝石として著名で往時の世界的産地として一世を風靡し、ビクトリア (Victoria) 地区では現在も露天掘りで採掘が行われている。

チリ中部から北部にかけては西部断層構造線 (Falla Oeste) と称する著名な南北系の構造線が発達し、本地域内にも延びている。この構造線は基本的にはいわゆるチリ・カ

ッパーベルト(Chile Copper Belt)地帯の関連構造線としてセロ・コロラド鉱山やサガスカ鉱山の鉱床胚胎の場を規制している。またこれと平行あるいは分岐する南北断層の発達、アンデス山脈前縁地帯及び中央砂漠盆地帯の地形的変化を規制しているとも云われている。

4.3 気 象

調査地域は南緯20度を中心に、海岸地帯からアンデス山脈地帯に至る範囲に位置し表4-3に示す気象変化が認められる。表4-4にイキケ、ロス・コンドレス(Los Condores)、マミーニャ、ウアタコンド(Huatacondo)の気温、湿度を、又表4-5に調査地域の降水量を示す。チリ北部における気温の季節的変動は6月から8月が最低、12月から2月が最高である。降水量については、図4-2及び図4-3に示すように、地勢区分との相関が顕著である。

1) 海岸地帯～海岸山脈地帯

12月から3月にかけては気温が上昇し晴天が連続するが、6月から9月にかけては曇天が多い。これは太平洋岸に沿ってフンボルト寒流が北上発達する影響をうけて、高度500～800メートルの低層雲や霧が発生するためである。

2) 中央砂漠盆地帯

気温の季節的変動はチリ北部に共通しているが、年間を通じて晴天が続き降雨がほとんど認められない。この地域では昼夜の気温差が著しく、また年間を通して午後1時から4時の間に旋風を伴う強風が発生することが指摘される。

3) アンデス山脈前縁地帯

一般に中央砂漠盆地帯と類似しているが後述するボリビア・ウインター期の山岳部気象の影響を受け、12月から3月の間にわずかな降雨をみることがある。ただし植生の繁茂に足る降雨量ではない。また同期間には比較的曇天が多い。

4) アンデス高地平原～アンデス山脈地帯

チリ、ボリビア国境のアンデス山脈地帯では、気温の上昇する12月から3月にかけて年間降水量のほとんどが集中し、ボリビア・ウインターと地域呼称される。この季節の降水は4,900～5,000メートル以上の高地で降雪となり万年雪として積雪する。こうした降水や万年雪はアンデス山脈地帯の地表流水ひいては中央砂漠盆地帯地下水の水源となるものである。

チリは、火山帯に属しているうえ、高さ数千メートルのアンデス山脈が国土の東側を縦走し、西側の太平洋には国土に沿って深いチリ海溝が走っており、地震が多い。表4-6に、1908年以降タラパカ州で発生した主な地震の記録を示す。これらのうち、ボソ・アルモンテ地方に影響のあったものは3回あり、最新のものは1976年11月29日に起った、ボソ・アルモンテを震源地とする震度7.3の地震であった。

4.4 水系及び水盆

チリ北部地域に発達する河川は、北部の南緯19度30分に河口を有するタナ沢及び南部の南緯21度25分に河口を有するロア河のみで、いずれも調査地域外に位置している。これらの河川はアンデス山脈地帯に源を発し中央砂漠盆地帯、海岸山脈地帯を横断して太平洋に注ぐ常時流水河川である。しかし、こうした河川は例外的で、両河川間のイキケを中心とする約240キロメートルの海岸線全般にわたって、太平洋に注ぐ常時流水河川は存在しない。

本地域内ではアンデス山脈地帯及びアンデス前縁地帯に比較的、水系や溪谷の発達が見られるが、その下流部はいずれも閉鎖水盆に収斂するか、中央砂漠盆地帯に至って消滅している。しかし中央砂漠盆地帯には、これらの水系に関連して豊富な地下水を胚胎する水盆が形成されている。

1) アンデス山脈地帯の水系

本水系はアンデス山脈地帯の降水を背景に発達するもので、山腹斜面に規制され一般に東西系の水系として発達するが、2条の東西両山系に挟まれたアンデス高地平原地帯にいたると南北系の水系に集約される。これらの水系は例外的なものを除いて、いずれも高地平原内を南北方向に流下しつつ各閉鎖水盆中でラグニャ(Lagunilla)湖やウアスコ(Huasco)塩湖等に注ぎ消滅している。これに対して調査地域内の高地平原に位置するパンバ・リリーマ内を蛇行するコスカーヤ沢は、例外的に西側の開口部から流出してアンデス山脈前縁地帯を西走し中央砂漠盆地帯に達している。本水系の水源であるアンデス山脈地帯の降水は、万年雪あるいはボリビア・ウインター期の降水によるものである。

2) アンデス山脈前縁地帯の水系

アンデス山脈の西側斜面で発生した多数の水系は、東寄りの突出山塊地帯や西寄りの準平地帯の中を、深い溪谷を刻みながらほぼ平行に西走し、中央砂漠盆地帯に達して消滅している。しかし本地域は一般に極めて降水が少なく、ボリビア・ウインター

の降水期を除くと、通常ほとんどの水系が涸沢である。地表流水が認められるのは上流地域の降水期に限られることが多く、沢筋によっては短期間に多量の砂泥濁流が奔流し、中央砂漠盆地帯に達するが、蒸発または地下に浸透して消滅する。年によっては異常降水のため、特定の沢筋では砂泥濁流が中央砂漠盆地（パンパ・デル・タマルカル）内に氾濫し、道路を短期間遮断することもある。

本地域の主要な水系は、例外的にアンデス山脈地帯内部に源を発するコスカーヤ沢及びアンデス山脈西側斜面に水源を持つバルカ沢である。両水系ともに水源地帯の地形高度が高くポリビア・ウインター期の降水量が比較的多いため、本地域では例外的に年間を通して地表流水が流められる。この両水系は本調査における重要な調査対象である。

なおチリ側資料（チリ産業開発公団—CORFO—資料）によれば両水系の流域面積は、

コスカーヤ沢水系（本支流を含む）	1,630平方キロメートル
バルカ沢水系（本支流を含む）	850平方キロメートル

とされているが、現実の降水範囲を考慮した集水面積を意味するものではない。

（別資料によれば、コスカーヤ沢水系1,470平方キロメートル、バルカ沢水系1,070平方キロメートルである。）

3) 中央砂漠盆地帯の地下水

前述のコスカーヤ沢水系やバルカ沢水系に見られる地表流水をはじめ、ポリビア・ウインター期に短期間突出流下するその他の水系の地表流水は中央の砂漠盆地帯に達して通常急速に地下に浸透し、地表から消滅する。こうした浸透水は、中央砂漠盆地帯地下水の供給源となり、同盆地帯の地下には広範囲にわたって豊富な地下水を胚胎する地下水盆が形成されている。

4.5 植 生

本地域は気象及び高度の関係から、全般的に植生が極めて貧弱である。特に海岸地帯、海岸山脈地帯、中央砂漠盆地帯及びアンデス山脈前縁地帯に属する高度2,000メートル以下の地域では、極めて一部の流水河川河岸を除いて、植生が全く認められない砂漠景観を呈している。

1951年から1952年のポリビア・ウインター期にはアンデス地帯に異常降水があり、鉄砲水の氾濫によって中央砂漠盆地帯にも各所で草木類の繁茂がみられたが、局部的

かつ一時的なものであった。なお中央砂漠盆地帯の Fresco (Fresco) 地区において、チリ産業開発公団 (CORFO) が農事試験所を開設し、砂漠地帯の畑作植林の試験を実施中で約 2,000 ヘクタールにわたる耐寒樹林の試験林が造成されている。

また高度 2,500 メートル以上のアンデス山脈前縁地帯及びアンデス山脈地帯では、高度を増すにしたがって主としてボリビア・ウインター期の降水量が増加するが、反面、高度による気温、気圧の低下があって図 4-4 に示すような垂直植生分布が認められる。一般にこの地域では自然の灌木が少なく、低地では有刺多肉植物類、中低地では禾木科植物および小灌木類、高地では高山性禾木科植物類ないし地衣類の分布が比較的卓越するが、全般的に高山性かつ乾燥性の植生景観を呈している。

PHYSIOGRAPHY OF PROJECT AREA

	Width (km)	Altitude (m-S.L.)	Survey Area
Coastal Area	0 - 2	0 - 200	Iquique
Coastal Mountain Area	40	600 - 1,600	
Central Desert Basin Area	40 - 50	1,000 - 1,300	Pampa del Tamarugal, Pica
Pre-Andes Area	30 - 50	1,300 - 3,000	Cerro Colorado Mine, Mamiña, middle and lower streams of Coscaya and Parca River
Andes Mountain Area			
Andes Highland Plain	5 - 20	3,900 - 4,200	Pampa Lirima, upper stream of Coscaya River, Coyacagua River
Andes Mountain	50	3,000 - 5,500	Water source areas of Pampa Lirima and Parca River

GEOLOGICAL STRATIGRAPHY

Geological Age	Name of Formation	Sedimentary Rocks	Volcanic Rocks	Main Distribution	
Cenozoic					
Quaternary	Holocene	Alluvium	Gravel, Sand & Silt	Intermediate & Basic Volcanic Rocks	Pampa Lirima, Pampa del Tamarugal
	Pleistocene	Diluvium	-- do --	-- do --	Cerro Colorado, Pampa del Tamarugal
Tertiary (Neogene)	Pliocene	Altos de Pica Formation	Terrestrial & Marine Sedimentary Rocks, Pyroclastic Rocks	Acidic Volcanic Rocks	Pampa Lirima, Mamiña, Cerro Colorado
Tertiary (Palaeogene)	Eocene	Cerro Empera Formation	Terrestrial & Marine Sedimentary Rocks with Intercalation of Pyroclastic Rocks	Acidic & Basic Volcanic Rocks	Cerro Colorado, Parca River, Coscaya River
Mesozoic					
Cretaceous	Upper - Middle	-- do --	-- do --	Acidic & Basic Volcanic Rocks, Granitic Rocks	-- do --
Jurassic	Upper	Chacarilla Formation	Terrestrial Sedimentary Rocks	Volcanic Rocks, Granitic Rocks	Iquique - Coastal Mountains
	Middle	Duplisa Formation	Marine Sedimentary Rocks	---	Parca River

GEOGRAPHY AND CLIMATE

Geography	Height above Seal level (m)	Surveyed Area	Climate	Temperature (°C)		Precipitation (mm)
				Max.	Min.	
Coastal Area	0 - 200	Iquique				
Coastal Mountain Area	600 - 1,600		Dry Desert Climate	31.2	4.8 (Huara)	2.3
Central Desert Basin Area	1,000 - 1,300	Pumpa del Tamarugal				
Pre-Andes Area	1,300 - 3,000	Cerro Colorado Mine, Mamiña, middle and lower streams of Coscaya & Parca River	Dry Desert Climate	23.1	6.4 (Mamiña)	31.0
Andes Highland Plain Area	3,700 - 4,200	Pampa Lirima, upper stream of Coscaya River, Coyacagua River				
Andes Mountain Area	3,000 - 4,200	Upper stream of Parca River	Highland Steppe Climate	15.7	-8.0 (Cayacagua)	151.0
	More than 4,500	Watershed of Pampa Lirima	Highland Climate Arctic Zone			

TEMPERATURE AND HUMIDITY (1)

IQUIQUE LAT.: 20°13' S. LONG.: 70°09' W. ALT.: 8 meters DATA: 1967-1976

	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	ANNUAL
Temperature (°C)													
average	20.8	20.8	19.4	17.7	16.6	15.8	15.1	15.1	15.4	16.6	18.1	19.7	17.6
highest	28.9	28.6	27.0	24.8	24.0	21.6	20.0	20.4	20.8	22.4	24.2	28.0	28.9
lowest	10.2	10.4	11.0	9.2	9.2	7.3	8.8	7.4	9.6	10.0	11.0	10.2	7.3
Average Relative Humidity (%)													
08 h	79	80	82	82	79	78	77	78	77	75	74	75	78
14 h	64	65	66	67	68	69	69	69	68	66	65	64	67
20 h	72	72	76	77	79	78	78	78	78	77	76	73	76

LOS CONDORES LAT.: 20°15' S. LONG.: 70°07' W. ALT.: 517 meters DATA: 1949-1960

	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	ANNUAL
Temperature (°C)													
average	18.9	19.5	18.1	15.2	13.3	11.5	10.6	10.8	11.8	13.0	14.9	16.7	14.5
highest	30.0	29.0	29.0	27.0	25.0	25.0	27.0	27.3	22.6	22.6	25.3	27.0	30.0
lowest	9.0	9.0	7.0	6.8	4.0	2.4	2.0	1.0	3.5	4.4	6.0	8.0	1.0
Average Relative Humidity (%)													
08 h	72	72	78	82	87	88	89	87	86	84	80	72	81
14 h	60	61	64	69	73	74	74	72	71	79	70	64	68
20 h	68	73	81	86	86	86	86	86	86	83	79	74	80

表 4 - 4

TEMPERATURE AND HUMIDITY (2)

	LAT.: 20°05' S.		LONG.: 69°14' W.		ALT.: 2,730 meters								
	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	ANNUAL
Temperature (°C)													
average	16.4	17.0	16.5	16.5	17.4	18.0	18.3	17.4	17.5	17.6	16.5	16.4	17.1
highest daily variation	25.0	26.0	25.0	24.0	26.0	27.0	27.0	26.0	25.0	25.0	24.0	25.0	27.0
lowest daily variation	7.0	7.0	8.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.0	8.0	7.0
Average Relative Humidity (%)	75	75	65	55	50	45	35	40	40	45	50	65	53

	LAT.: 20°56' S.		LONG.: 69°05' W.		ALT.: 2,450 meters								
	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	ANNUAL
Temperature (°C)													
average	27.8	28.3	26.0	24.6	28.0	24.0	26.0	25.0	24.8	26.6	27.0	27.0	28.3
highest	4.2	5.2	6.2	3.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	5.0	5.2	6.0	0.1
lowest													

Source: Ministerio de Defensa Nacional, Direccion Meteorologico de Chile

PRECIPITATION IN TARAPACA REGION

Location	Altitude (m)	Observation Period	(mm)												
			JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	ANNUAL
CAMIÑA	2,380	1962 - 1975	4.8	8.4	7.1	-	-	4.5	-	-	3.6	-	0.2	0.6	29.2
MAMIÑA	2,730	1962 - 1969	5.6	7.5	0.2	-	0.3	0.0	0.7	6.8	-	-	-	-	21.1
MAMIÑA	2,730	1972 - 1975	35.4	15.7	4.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54.5
CHUCHUYO	4,200	1962 - 1975	97.8	94.0	50.3	3.6	0.4	6.6	7.3	0.2	1.9	1.7	7.6	25.8	297.2
IQUIQUE	8	1967 - 1976	0.7	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	0.7
LOS CONDORES	517	1949 - 1960	0.0	0.0	-	-	0.0	1.3	-	0.0	0.4	-	-	-	1.7
ARICA	58	1967 - 1976	0.2	0.0	0.0	-	0.0	0.3	0.7	0.3	0.1	0.0	-	-	1.6

Source: Ministerio de Defensa Nacional, Direccion Meteorologico de Chile

表 4 - 6

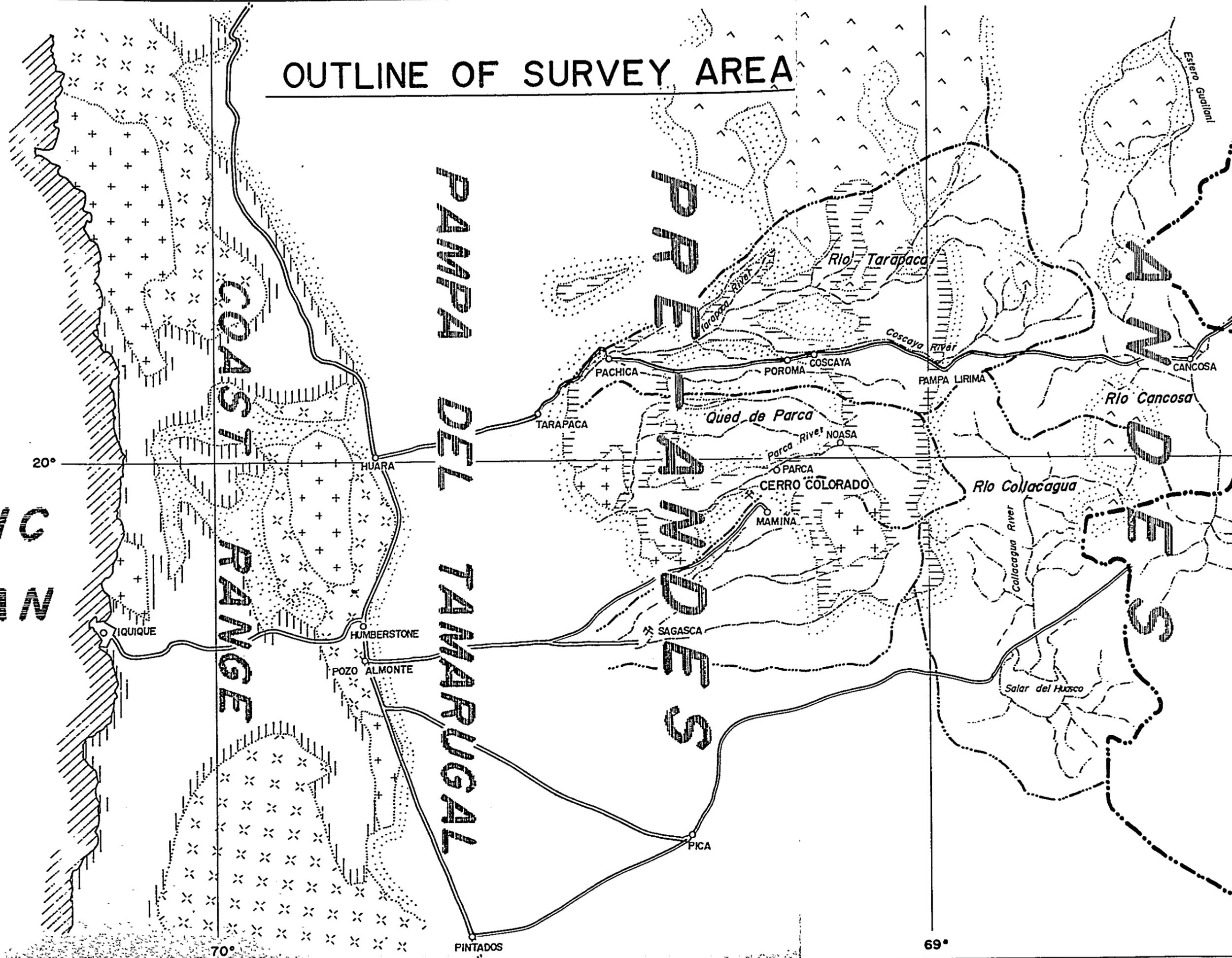
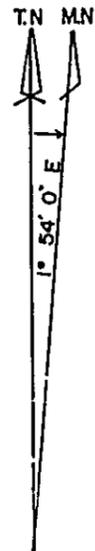
RECORD OF MAIN EARTHQUAKES IN TARAPACA REGION
(LATITUDE 18° - 22°S. 1908 - 1977)

Date of Occurrence	Epicenter	Affected Area	Magnitude
Feb. 23, 1908		Sierra Gorda	
Jun. 16, 1908		Tacna, Arica	
Sep. 15, 1911	lat.20°S., long.72°W.	Pozo Almonte, Iquique	7.3
Oct. 19, 1929	lat.23°S., long.69°W.	Antofagasta, Calama	7.5
Feb. 23, 1933	lat.20°S., long.71°W.	Iquique	7.6
May 11, 1934	lat.19.5°S., long.72°W.	Pisagua, Iquique	
Mar. 31, 1940	lat.19°S., long.70.5°W.	Arica	6
Oct. 6, 1940	lat.22°S., long.71°W.	Tocopilla	6.75
Jul. 26, 1946		Iquique	
May 11, 1948	lat.17.5°S., long.70.3°W.	Arica	7.3
Apr. 25, 1949	lat.19.8°S., long.69°W.	Arica, Iquique	7.3
Dec. 3, 1963	lat.22.40°S., long.69.30°W.	Calama	6.1
Jul. 30, 1965	30 km. north from Arica lat.21.80°S., long.70°W.	Arica	6.0
Aug. 20, 1965	Volcan Isluga lat.18.90°S., long.69°W.	Border area with Bolivia	6.2
May 11, 1967	Cerro Haila lat.20.30°S., long.68.5°W.	Border area with Bolivia	6.1
Dec. 21, 1967	Tocopilla lat.21.80°S., long.70°W.	Tocopilla, Calama	6.3
Dec. 27, 1967	Ollague lat.21.20°S., long.68.3°W.	Boarder area with Bolivia	6.4
Jun. 19, 1970	50 km. off Tocopilla lat.22.19°S., long.70.51°W.	Tocopilla	6.2
Nov. 28, 1970	80 km. south-east from Iquique, Salar Grande lat.20.92°S., long.69.83°W.	Iquique	6.0
Nov. 29, 1976	Salar de Pintados lat.20.6°S., long.68.9°W.	Iquique, Huara, Pozo Almonte	7.3

Source: Ministerio de Defensa Nacional, Direccion Meteorologico de Chile

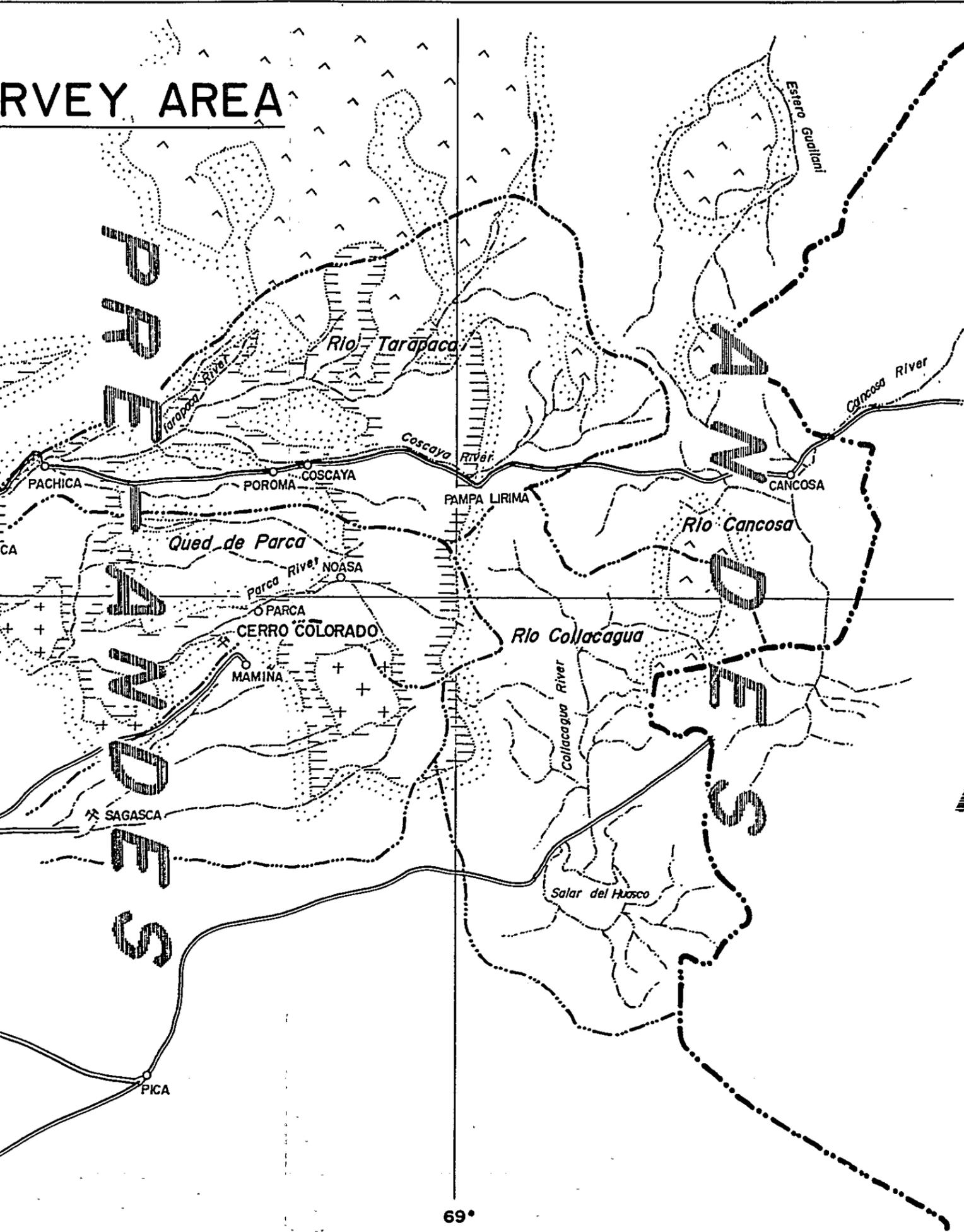
OUTLINE OF SURVEY AREA

PACIFIC OCEAN

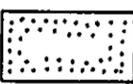
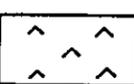
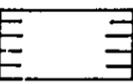
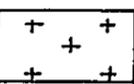
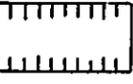


VEY AREA

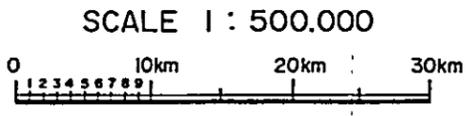
P
R
E
M
I
S
S
I
O
N
S



LEGEND

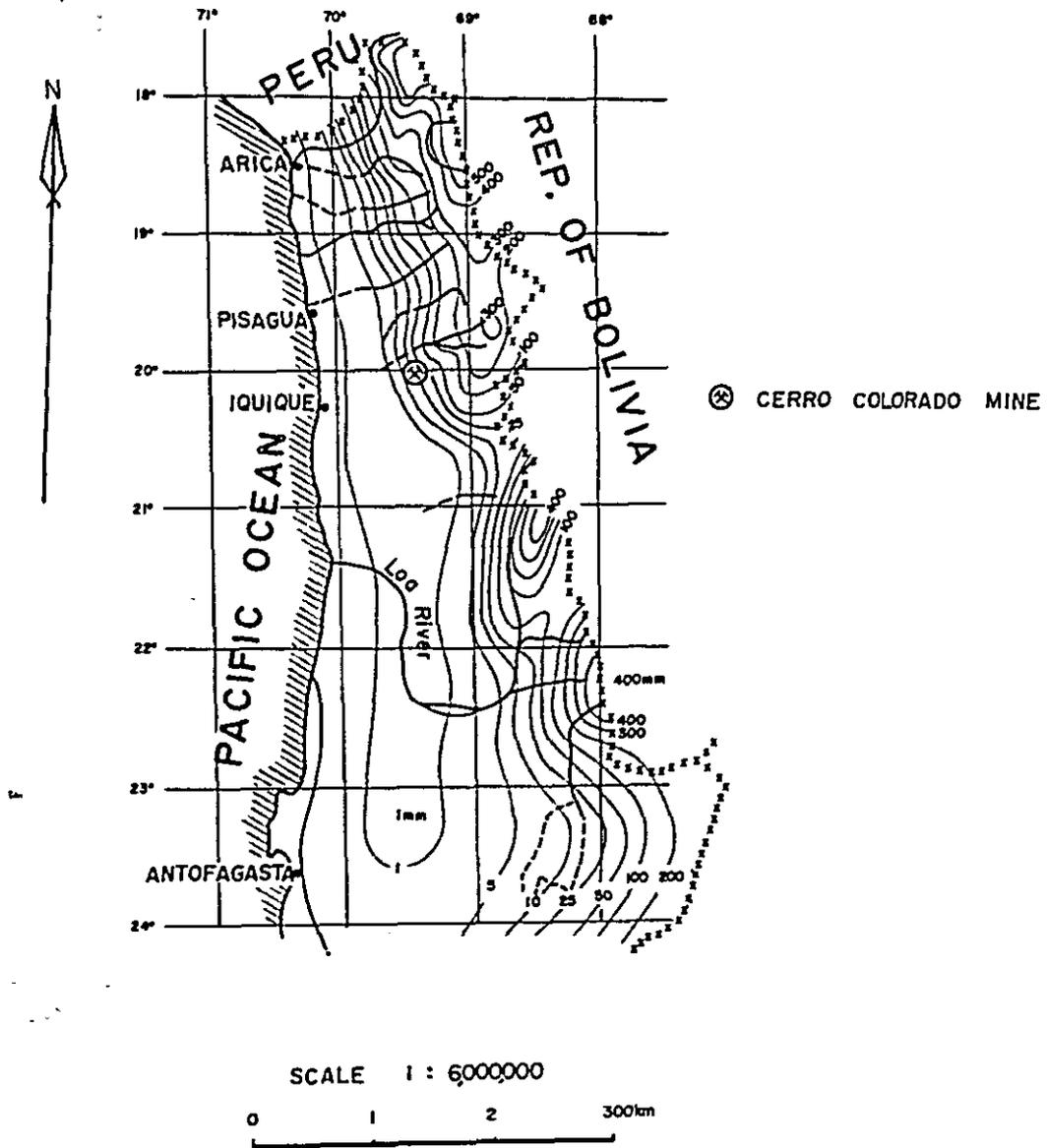
Sedimentary Rocks		Igneous Rocks	
	Quaternary and Tertiary System		Basalt, Andesite (Quaternary and Tertiary)
	Cretaceous System		Granite (Jurassic Cretaceous)
	Jurassic System		Volcanic Rocks (Jurassic)
	Boundary of the Country		
	Boundary of River Basin		
	River		
	Main Road		

REP. OF
BOLIVIA

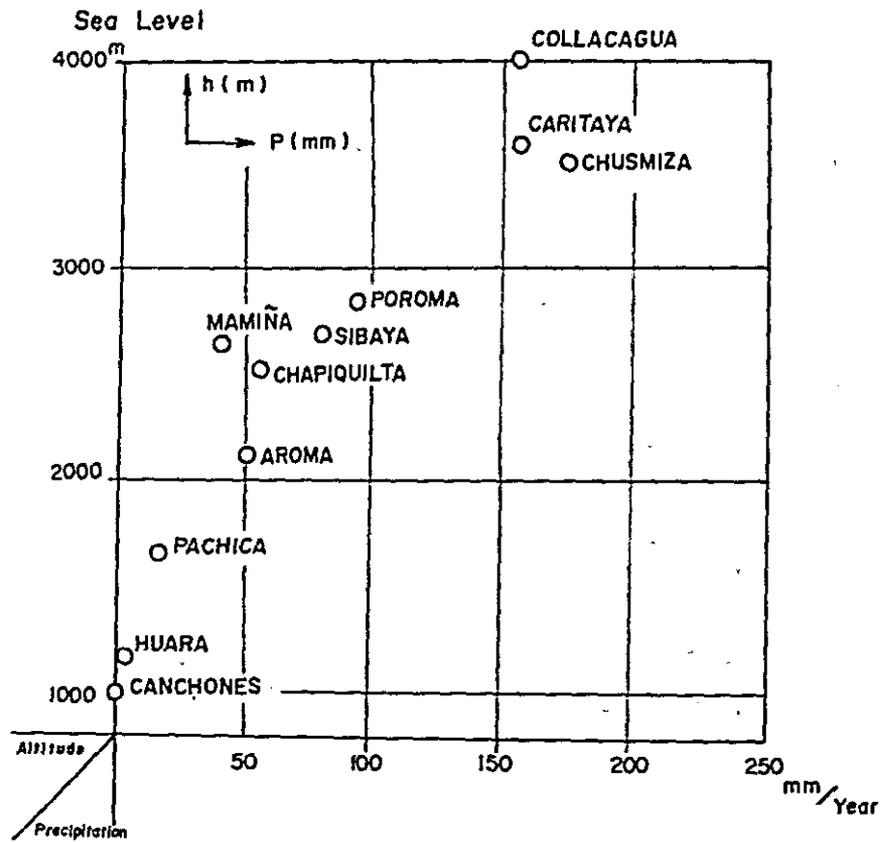


69°

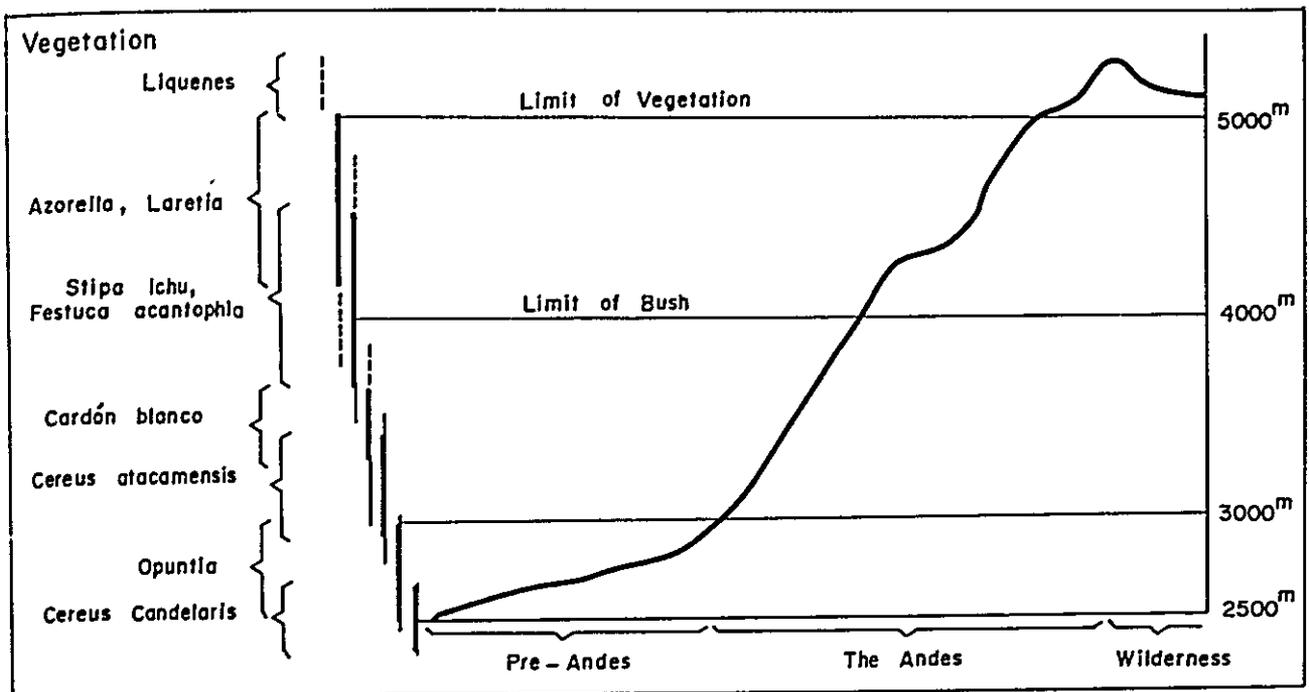
CONTOUR LINE OF PRECIPITATION
OF NORTHERN CHILE (mm/year)



ALTITUDE AND PRECIPITATION OF NORTHERN CHILE



VERTICAL DISTRIBUTION OF VEGETABLE FACIES IN NORTHERN CHILE



第 5 章

セロ・コロラド鉱山開発の概要

第5章 セロ・コロラド鉱山開発の概要

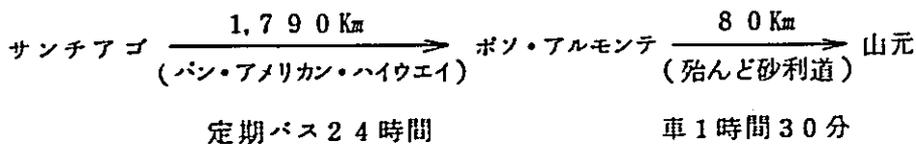
5.1 位 置

セロ・コロラド鉱山は、南緯20度03分、西経69度15分に位置し、行政区分としては第1行政地域、トラバカ州、イキイケ県、ボソ・アルモンテ郡に属している。鉱山の海拔高度は2,600メートルで、西北西直距100キロメートルのところに州都イキイケがある。

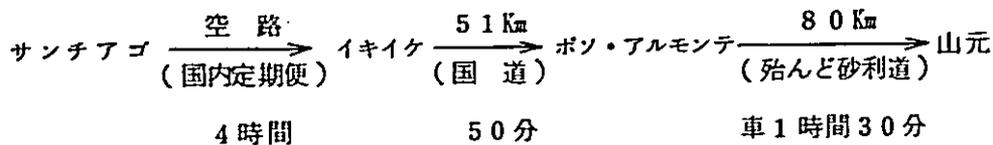
鉱山付近はアンデス山脈前縁地帯に属し、礫層に覆われた準平原状台地であるが、鉱山北側に位置する河床比高300メートルのバルカ沢をはじめ、西北西から西南西方向のV字型溪谷が平行して発達している。

気象的には、セロ・コロラド鉱山は、チリ北部、乾燥砂漠性気候帯に属し、気温日変化が著しいが、高地ステップ性気候帯に近いため、ポリビア・ウインター期には、若干の降雨をみる事がある。なお、首都サンチアゴからセロ・コロラド鉱山に達するには次のルートがある。

陸路方法



空路利用方法



5.2 鉱床及び鉱床調査

セロ・コロラド鉱山はチリの主要産銅地帯であるいわゆる銅ベルトの北部延長上に位置している。鉱床は白亜紀安山岩ないし安山岩質火山砕屑岩類とこれを貫く第三紀石英斑岩類に関連した、主として白亜系に胚胎する斑岩銅鉱型鉱床である。又対象金属鉱物は初成鉱化帯の二次富化作用による輝銅鉱を主にしており、この二次富化帯が地表下100～130メートルまでの溶脱帯の下にはほぼ層状をなして存在している。

セロ・コロラド鉱山の鉱床の存在は古くから知られており、附近のバルカ、マミーニャ集落の住民が地表露頭部の酸化銅鉱を小規模に採掘した記録があるほかに、米系・現地系資本で探鉱された実績もある。1974年セロ・コロラド鉱山の探鉱開発を目的として、日本において日本鉱業株式会社を中心とするセロ・コロラド鉱山開発株式会社が、一方チリにおいては現地法人のイキイケ銅山有限会社が設立され鉱業権を取得している。

1) セロ・コロラド鉱山開発株式会社

資本金： 4億円（内払込1億円）

構成： 日本鉱業株式会社
古河鉱業株式会社
日鉄鉱業株式会社
三井金属鉱業株式会社
三菱金属株式会社
住友金属鉱業株式会社
同和鉱業株式会社
三井物産株式会社

2) イキイケ銅山有限会社 (Sociedad Cabre Iquique Limitada)

資本金： 299,487米ドル

構成： セロ・コロラド鉱山開発株式会社
日本鉱業株式会社
エンリケ・エスカーラ (Enrique Escala)
フェルナンド・エスカーラ (Fernando Escala)

1974年以降上記の会社は、セロ・コロラド鉱山鉱区で地質調査、物理探査、試錐探鉱及び坑道探鉱を順次実施中で、1978年初めに一応の調査を完了する予定となっている。

5.3 予想される開発規模

セロ・コロラド鉱山開発株式会社及びイキイケ銅山有限会社は1974年以來の探鉱、調査結果に基づいて現在開発企業化計画の検討を行っているが、開発の規模及び開発のフィージビリティはまた明確にされていない。現在までに本調査団が提供を受けている資料によれば、セロ・コロラド銅山開発の規模はおよそ次の通りである。

鉍量： 35,000千トン（但し採鉍の終了している東部鉍床のみ）
採掘処理量： 粗鉍 5千トン/日，1,500千トン/年
銅精鉍生産量： 5,000トン/月
従業員数： 400～450人
所要水量： 130リットル/秒（繰返し用水を含まず）
鉍石運搬： 山元からイキイケ港まで約130キロメートルを8トントラック輸
送を行い、イキイケ港からは10,000トン級の船で日本に運ぶ。

したがって、鉍山関連施設整備計画（鉍山都市、道路、用水施設）の調査、検討は上記の開発規模を想定して行うことにする。なお、鉍山建設期間及び運営期間についてもまだ明らかにされていないが、鉍山開発の決定がされてから採鉍が開始されるまでを1979～80年の2年間とし、鉍山運営期間を20年間と仮定して、検討を行うこととする。

第 6 章

鉾山都市計画

第6章 鉾山都市計画

6.1 鉾山都市計画の基本方針及び基本的方法

鉾山都市の計画は、世界各国で行われているニュータウン(New Town)計画に属すが、一般的なニュータウン計画とは計画の目的や人口規模から比較してその内容が異なっている。すなわち一般的なニュータウンは、都市の拡大化や過密化といった都市問題を背景にしており、ニュータウンの位置や規模は中心都市の経済圏内の地点に人口数万人の規模をもって計画されている。これに対し鉾山都市は、鉾山開発の規模などによって都市の寿命、位置及び規模などが定まり、それにもとづいて計画される。因に鉾山都市の一般的な位置や規模は、鉾山に近い場所に人口1万人以下の例が最も多い。これは鉾山の規模が比較的小さいことによるもので、ニュータウンの内容が主に鉾山の経済性に支配されてしまうため居住環境上好ましいパターンとなっていない。

最近における都市及び地域計画は、社会的要求に対応した居住環境を重視しており、WHO(World Health Organization)の提案並びに勧告に沿いつつある。この傾向は、その度合いは異なるものの先進諸国のみならず発展途上国も含めた世界的な傾向である。

このようなことから鉾山都市の計画に当っては、過去の鉾山都市の在り方を基礎とし、より好ましい居住環境を有する事を目標にしなければならない。したがって、この計画立案の基本姿勢として計画の基本方針と基本的方法を次の如く設定することとする。

6.1.1 計画の基本方針

セロ・コロラド銅鉾山開発に伴う鉾山都市の計画は、都市の開発もしくは整備すべき最適案の基本計画を策定することを目的としている。この目的に対する都市計画の骨子は、都市の過大成長や過密化といった都市問題に対処した計画ではなく、特定の鉾山開発に伴う従業員住宅地計画(residential planning)である。しかし計画の基本理念は、一般的な都市計画と同様に、居住者の社会的要求に対応した安全で快適な居住環境※1を創造することにある。すなわち、鉾山で働く従業員並びにその家族が住み易い居住環境となることを計画の視点とする。

※1 居住環境：居住環境とは、人間の居住とそれを取り巻く物的条件(自然条件と人間がつくり出した土地利用、各種施設、空間等)及び非物的条件(経済的条件、社会的条件)のあらゆる条件を総合したものをいう。

この鉾山都市計画での居住環境計画は、住みやすい住宅計画とそれらの生活道路を含めた配置計画のみならず、日常生活に必要な教育、医療、購売、レクリエーション、教会といったサービス施設の他に警察派出所、郵便局、電報電話局、上水道、下水道、電力といった公共公益施設、また多目的ホール、コミュニティセンター、従業員クラブといったコミュニケーションのための施設等を含め、安全で快適な生活が過せることを基本とする。

しかしながら居住環境整備が多大な投資となり、鉾山開発全体のフィージビリティを左右するものとなる事は望ましくない。

一方、日常生活上最低限必要な附帯施設（上水、電力、商店等）の設置だけを取り上げた計画は、経済性からみた場合好ましいものの、従業員の雇用、労働意欲等に問題が生じることが懸念されるばかりか鉾山開発の可能性にまで影響を及ぼすことが考えられる。

したがって鉾山都市の計画は、住宅地内の計画はより望ましい居住環境を創造すること、又住宅地の位置としては、鉾山開発が推進しやすいことを重視すると共に、可能な限り廃抗後も他の目的に使用出来るものであることが望ましい。

以上の事項を基本方針として整理すれば次の様に要約される。

- 1) 計画立案に当っては、チリ共和国の国民性並びに地域性を重視して、でき得る限り同国の特性に合わせる。
- 2) 住宅地の位置選定に当っては、就業地との時間的距離、住宅地という基盤施設整備の地域に対する将来を含む有効性、人間の居住と自然的条件、そして経済性を考慮する。
- 3) 住宅地の計画には、生命の安全や健康が保たれることはもとより、生活の利便性や教育、宗教、レクリエーション、娯楽、コミュニティといった文化性や快適性に富んだ施設を充分取り入れる。
- 4) 住宅は、自然条件に対して取捨選択を行い、シェルターとしての機能を果たすことと、その内部に便利で十分に必要を満たす空間を確保し、生活にさまざまな利便を提供する機能を有することを基本とする。

6.1.2 計画の基本的な方法

鉾山都市の計画策定を行うに当っての基本的な方法は、前項の基本方針に則り図6-1のフロー・チャート（flowchart）に示した手順で行う。この流れに沿った個々の作業の基本姿勢は、鉾山開発の完遂を前提とした経済的で優れた居住環境を創造することにあ

り、可能な限り鉾山開発以外にも地域に開発効果をもたらすことをも含めている。

鉾山都市の位置選定に当っては、前項の基本方針で既に述べているように、就業地との時間的距離、生活物資の調達やレクリエーションに関連して地方中心都市との時間的距離、良好な居住環境が得られる自然的条件並びに将来的な鉾山都市の流用や近隣集落への効果を要素として選定する。この位置選定に当っての視点は、優れた住宅地建設と将来に渡っての投資効果との兼ね合いである。

鉾山都市の施設計画の立案に当っては、直接鉾山に係わる従業員及びその家族の日常生活を主体と考える。すなわち、鉾山で働く人々の住宅、道路、上水道、下水道及び電力といった施設の他に、『衣』『食』を中心とした商業施設、レクリエーション施設、教会、多目的ホール、コミュニティ・センターといったコミュニケーションの施設や警察派出所、郵便局、電報電話局、保育所、小・中学校、病院等の公共公益施設など種々の生活関連施設をチリ共和国における計画指針に基づいて適所に配置し、物的並びに非物的な面において生活の安全性、保健性、利便性及び快適性に富むよう計画する。また、将来における人口増加や近効集落（町）との関連などによる施設の増大化に耐え得るよう弾力性のある土地利用計画や施設配置計画を行う。

次に住宅については、チリ共和国の既往計画書を基本にし、職業上の地位や家族構成等により数種の建築計画を行う。この建築計画を行うに当っての基本姿勢は、前項の基本方針で述べているように生活に係わる種々の機能の確保に努めることにある。

6.2 鉾山都市の位置選定

鉾山都市の位置選定に当っての基本条件は、①通勤可能な地域内にあること、②住宅地として必要な面的空間と居住に適する気象条件を有していること、③道路、上水道、電力等公共、公益施設整備が経済的に建設しやすいこと、④鉾山閉鎖後の流用が可能であること、⑤鉾山都市の建設が周辺地域に対し社会的効果をもたらすこと等である。これらについて具体的に述べれば次の如くである。

1) 就業地との時間的距離

鉾山都市と鉾山との距離は、短かければ短かい程従業員の肉体的疲労は少なくなり、鉾山経営も通勤に要する費用が減るという効率的な面がある。しかし、外部住民（既存集落住民）や中心都市から離れすぎて立地するならば精神的な圧迫を受けたり鉾山廃抗後にゴーストタウン化する可能性が高く、結局労働意欲に支障をきたすと共に都市建設費のすべてが鉾石の価格にはねかえることとなる。すなわち、通勤の時間的距

離は、単に物理的な指標のみでは決定することができないことから、この計画ではサカスカ鉾山の実状をも参考にして把えることが好ましい。

2) 面的空間と気象条件

鉾山都市の面的空間は、鉾山従業員が450人程度と計画されていることから、従業員とその家族及び公共・公益施設やサービス施設等の間接的な人口を含めて概ね人口2,000～3,000人と仮定(具体的な鉾山都市の人口は、6.3.2～5で検討)し、計画人口密度を平均でヘクタール当り100人とすれば、20～30ヘクタール必要となる。したがって、30ヘクタール以上の面積を有し、かつ平坦な地区が居住環境と経済性からみて好ましい。

次に気象条件は、気温、湿度、雨量、風、地震といった条件が基本となって選定要因として検討されるものの、国民性や地域性によってその評価基準が異なる。したがって、既存の人口集積地区の気象条件は一応居住に適していると考え、それを規準にして位置選定を行う。

3) 公共・公益施設との関係

鉾山都市への道路、上水道、電力といった公共・公益施設は、都市建設の必須条件である。この施設整備は、技術的には特に問題がないが建設費や維持管理について十分な検討をしなければならない。なお、当然ながら電力や上水道の用量のチェックが必要であるが、これらについては人口3,000人位と想定すれば充分確保できる量と考えられるので、都市の位置選定に当たっては既存集落および鉾山が供給地点と考えられる。

したがって鉾山都市の位置は、既存の公共公益施設が整備されている附近がこの点においては経済的である。しかし、既存集落との社会的なトラブルの起る可能性は事前に検討を要する。

4) 鉾山閉鎖後の流用

鉾山都市の鉾山閉鎖後の流用は、都市建設に要した投資額のすべてを鉾石の価格に含めなくても済むといった鉾山開発に対する直接的な効果の他、地域開発の拠点となる可能性が考えられる。この流用の方法としては、別の地点における鉾山開発のための鉾山都市、地方中心都市の衛星都市、工業推進のための工業都市などの拠点となることと考えられ、今後の政策の在り方によって選択すればよい。

5) 周辺地域への社会的効果

鉾山都市の建設が周辺地域に対して与える社会的効果は、前記の鉾山閉鎖後における都市の流用による効果の他に、人口集積の小さい既存集落に対し、学校、病院、サービス施設といった施設の共用化による効果が生じよう。しかしこれらの施設の共用化は、鉾山都市と既存集落との距離（物理的及び時間的）によって異なる。また、地方中心都市の近郊に鉾山都市を建設するならば、都市の過密化の防止やスプロール化の対策として効果がある。したがって、地域社会に与える効果は、鉾山都市の位置選定の重要なファクターの1つと云えよう。

6) その他

以上の選定条件の他に欠けてはならない重要なファクターは、生命の安全が保たれる地形、地盤を有していることや風水害の危険性がないこと、保健性の問題としての下水処理並びに塵芥処理が経済的に有利に行える地区であることなどである。さらに、緑地の確保が容易であれば居住生活の快適性を保つうえで有利な条件を備えた地区であると云える。

6.2.1 鉾山都市対象地区の現地選定調査

鉾山開発に伴う都市計画並びに道路の基礎資料の収集及び現地調査によって選ばれた鉾山都市の対象地区は、図6-2に示す6地区である。これらの地区は、個々の地区が前述の基本条件をすべてにわたって満足しているものではなく、主として面的空間と公共道路との関連において選ばれた地区である。したがって、面的空間と公共道路を除いた個々の地区の長所と短所について基本条件に沿って整理することとする。

1) A地区（イキイケ市街）

この地区は、計画地域の中心都市であるイキイケの市街地に隣接するがゼロ・コロシアド鉾山から最も遠い（約120km）地区である。したがってこの地区の特徴は、長所も大きければ短所も大きい。すなわち、この地区の代表的な長所は、

- i) 学校、病院、買物、娯楽といった施設がイキイケ市街地に整っていることから、鉾山都市における住宅以外の施設建設費が少ない。
- ii) 市街地に隣接していることから、鉾山閉鎖後における鉾山都市の流用がスムーズに行えるし、その実現性は高い。
- iii) 公共、公益、サービスといった日常生活に必要とする施設が充分整備されて

いることから、家族の居住環境は優れている。

一方この地区の代表的な短所は、

- i) 就業地である鉾山までの距離が最も長く（約120km）、通勤に要する時間と通勤者に与える肉体的疲労は最も大きい。
- ii) 周辺地域に与える社会的効果は、都市への人口集中に拍車をかけるといったマイナス効果が危惧される。

なお、この地区は、サガスカ鉾山に勤める従業員の社宅（ボソ・アルモンテにある）に住む約半数の人がイキイケに移り住んでいる実状から選んだもので、距離の問題に対する案として、妻帯者従業員は週末に帰宅することを前提にその家族だけを住まわせることが考えられる。しかしこの案については、従業員の国民性を充分把握する必要があるし、また、子供の教育や家族のやすらぎ、二重生活による家計消費額の増大といった面からみて好ましくない。

2) B地区（ボソ・アルモンテ地区）

この地区は、鉾山から約70キロメートル、イキイケから約50キロメートルのボソ・アルモンテという現在人口約500人の集落に隣接する地区である。このボソ・アルモンテは、既に述べたようにサガスカ鉾山の社宅があるところで、都市の基盤施設（道路、上水道、電力等）の他小学校、診療所、警察派出所等もあるが、生活の環境上優れているとはいえない。そこでこの地区に鉾山都市を建設した場合の長所と短所は次の如くである。

代表的な長所

- i) 鉾山都市へのアプローチに要する道路、電力、上水道といった施設費が比較的少なくてすむ。
- ii) 鉾山都市における住宅以外の小・中学校、病院、商店といった施設のボソ・アルモンテに住む人々に対する社会的な効果は大きいし、中心都市までの距離がそれほど遠くないことからすべての都市施設を完備しなくても居住環境は保たれる。
- iii) イキイケへの人口集中化に対応した衛星都市としての流用が可能であると考えられるし、東側丘陵地帯の開発基地としての流用も可能といった地域開発への効果が期待できる。

一方代表的な短所は、

- i) 西から吹く風が強いことから、防風林や防風壁といった防風施設を設ける必

要がある。

ii) 鉾山までの時間的距離が約1時間半程要することから、通勤者に若干の疲労を与える。しかしサガスカ鉾山における従業員がイキイケから約2時間を要して通勤している実状からみれば、1時間半の通勤時間は決定的な短所ではないと思われる。

なお、ボソ・アルモンテにあるサガスカ鉾山の社宅の半数の人がイキイケに移り住んだ理由は必ずしも明確ではないが、教育施設(中学校)、買物、レクリエーションといった文化、利便施設が充分整っていないことが大きな要因と考えられる。したがって、この地区のみならず鉾山都市の計画には、それらの施設を含める必要があるとみられる。

3) C地区(バルカ沢下流地区)

この地区は、セロ・コロラド鉾山の北側を流れるバルカ沢の上流にダムを作り沢沿いの道路を計画する案を前提として選定された。しかしこの地区の長所は鉾山までの距離が可成り短い(約20Km)だけで短所が多い地区である。すなわち、

- i) 気温が高い。
- ii) 周辺地域への社会的効果がない。
- iii) 都市の流用は新規の鉾山開発以外は困難である。
- iv) 隔離された地区であるために、住民に精神的圧迫を与えると共に、上水道、電力の整備費が嵩むし、また都市内の住宅以外の施設投資が大きい。

なお、この地区は、鉾山都市の計画以前の問題としてダムの建設の可能性に問題がある。

4) D地区(マミーニャの西約10Km)

この地区は、既存の道路沿いにある平坦な空地である。この地区の長所は、鉾山までの距離が約10キロメートルという短かさと、マミーニャ集落に対する社会的効果が少し期待できるという点である。しかし短所は、前項のC地区におけるiii)及びiv)と同様である。

5) E地区(マミーニャ地区)

この地区は、鉾山から約1.5キロメートル離れた人口約50人のマミーニャ集落に隣接するゆるやかな傾斜地である。この地区に鉾山都市を建設する長所と短所は次の

如くである。

代表的な長所は、

- i) マミーニャ集落に与える社会的効果が期待できる。
- ii) 都市までの上水道、電力の施設費が比較的少ない。
- iii) 鉾山までの通勤距離が短い。

一方代表的な短所は、

- i) 傾斜地であるがために造成工事費が嵩む。
- ii) 小さな集落に隣接するがために、既存のコミュニティに影響を与える可能性が高い。
- iii) 都市における住宅以外の施設投資が大きい。

6) F地区（鉾口地区）

この地区は、鉾口に隣接する地区であるが、平坦な用地は少なく急傾斜の崖の下にある。したがってこの地区は、通勤時間が不要である以外短所が多く、特に生命の危険性があることから、鉾山都市の建設には不適格な地区である。

以上、現地調査で選んだ6ヶ所の都市建設の対象地の評価は、その分析が充分でないものの、マクロ的な視点における地区選定に対応できるものである。

この結果として、セロ・コロラド鉾山開発に伴う鉾山都市の建設場所は、地域への効果を重視した『B』地区と、鉾山経営を重視した『D』地区の2ヶ所を対象に鉾山都市の計画及び比較検討を進めることとする。

6.2.2 サガスカ鉾山の社宅街

ボソ・アルモンテにあるサガスカ鉾山の社宅街は、鉾山従業員の約半数が居住していたが、アメニティ（amenity）施設の不足や気象条件等により、その約半数がイキイケ市に転出している。したがって、社宅街は空屋が目立っている。

この社宅街は、121棟の建物から成り立っており、その内訳は下記の通りである。

診療所(200㎡)	1棟
小学校(320㎡)	1棟
管理職者住宅(110㎡)	5棟
労働者住宅・A(45㎡)	10棟

労働者住宅・B (54 m ²)	32 棟
労働者住宅・C (60 m ²)	28 棟
一般社員住宅・A (57 m ²)	18 棟
一般社員住宅・B (65 m ²)	8 棟
一般社員住宅・C (70 m ²)	10 棟
独 身 寮 (215 m ²)	8 棟

これらの建物は、コンクリートと練瓦でできており、1976年の地震でかなりの建物が被害を受けたが、構造体までは被害が及んでいない。

保健については、週一回巡回医（助産婦と医術員）がイキイク市の病院からきて、鉾山会社が建設した診療所で医療活動を行っている。また下水道については、水洗式となっているが、下水処理の方法は自然吸込方式が採用されており、社宅街から1キロメートル東に設置されている。

交通については、イキイク市とボソ・アルモンテとの間に数社のバスが運行しており、従業員はこの交通機関を利用して私用を果している。また従業員は、会社所有のバスや借上げバスを使用して、鉾山とボソ・アルモンテ及びイキイク市の間を通勤している。

6.3 鉾山都市の計画条件の設定

前節で選んだ『B地区』と『D地区』の2箇所の都市建設予定地は、同一鉾山開発に伴う都市を対象としているものの、選定した内容が異なることから、それぞれの計画条件を設定する必要がある。

6.3.1 都市の位置付け

『B地区』及び『D地区』における都市の位置付けは、両地区の地理的条件に差があることから、その地区それぞれの特性を踏まえて設定する必要がある。すなわち、『B地区』と『D地区』との距離は、概ね40キロメートル（時間距離：約45分）であるが、当該地域の中心都市イキイク市へ行く距離及び定期バスの便数、鉾山へ通勤する距離を考慮して肉体的及び精神的な面で捉えると、大きな違いがある。

以上のようなことを含めて、『B地区』と『D地区』における都市の位置付けは、基本的には次のように整理される。

〔B地区〕；この地区は、イキイク県の副都市もしくはイキイク市の衛星都市といった政策的な都市建設が可能な地区であるし、国土を縦断するパン・アメリカン・ハ

イウエイに面していることから、周辺地域の開発拠点ともなりうるものと考えられる。したがって、この地区での鉾山都市計画は、近効集落へ効果をもたらすことのみならず、永久性があり拡大の可能性を持った弾力的な都市を前提とする。

〔D地区〕；この地区は、鉾山閉鎖後における都市の流用が、余り期待できない地区である。したがって、当該鉾山開発に主眼を置いた短期的であり固定した都市を前提とする。

6.3.2 鉾山に直接係わる人口

鉾山都市における鉾山従業員及びその家族の人口は、鉾山開発を行う企業の計画と国営銅公社（チリ共和国）の計画指針を基本に、都市建設の予定地別に算出する。

基礎条件

鉾山予定従業員数	450人	（企業の計画）
平均家族構成	5人	（国営銅公社指針）
妻帯・独身者構成比	85：15	（同上）
妻帯者単身赴任者率		
B地区	0%	
D地区	20%	

1) B地区における鉾山直接関連人口

$$\begin{aligned} \text{妻帯者従業員数} &= 450 \text{人} \times 85\% = 383 \text{人} \\ \text{独身者従業員数} &= 450 \text{人} \times 15\% = 67 \text{人} \\ \text{人口} &= 383 \times 5 + 67 = 1,982 \div 2,000 \text{人} \end{aligned}$$

2) D地区における鉾山直接関連人口

$$\begin{aligned} \text{妻帯者従業員数} &= 383 \text{人} \quad (\text{含単身赴任者}) \\ \text{独身者従業員数} &= 67 \text{人} \\ \text{妻帯者単身赴任従業員数} &= 383 \text{人} \times 20\% = 77 \text{人} \\ \text{妻帯者従業員数} &= 383 \text{人} - 77 \text{人} = 306 \text{人} \\ \text{人口} &= 306 \times 5 + 77 + 67 = 1,674 \div 1,700 \text{人} \end{aligned}$$

6.3.3 住宅以外の生活関連施設の検討

生活関連施設は、人間の生活を営むうえでの必要施設であるが、ここでは教育、医療、購買、レクリエーション、教会といった日常の重要施設の他、警察派出所、郵便局、電報・電話局、上水道、下水道、電力といった公共公益施設、多目的ホール、コミュニティセンター、従業員クラブといったコミュニケーションのための施設をいう。

これらの施設がより多く適所に配置されればすべての人々の生活は便利であり快適な住環境といえようが、その施設の管理、運営上からすべて満足される訳ではない。そこで、どのような施設を導入したらよいかを検討する必要がある。

施設の選定に当っては、その必要度が国民性、地域性の違いによって異なるため、この計画においては国営銅公社の計画指針を基本において行うが、それ以外に多くの新都市（New Town）の事例をも参照することとする。

この施設の導入に当っては、都市の対象地区別に検討を行う。すなわち、都市の位置付け、人口規模によって当然ながら導入施設が違うためである。

検討の結果として施設の一覧表を表6-1に示す。

6.3.4 生活関連施設に係わる人口

生活関連施設に係わる人口は、タラバカ州における1970-75年の産業別人口比率を参考にして算出する。

タラバカ州における産業別人口比率のうち、生活関連施設に関連する産業別人口比率は、

商 業	約12.0%
サービス業	約12.5%
計	約24.5%

となっており、全体の約25%を占めている。

この構成率の中には、鉦山都市計画に含まれない生活関連施設に従事する人口が含まれているため、鉦山都市人口の中で生活関連施設に係わる人口の比率はこの数値より下廻る。また、都市部の人口が州全体の90%を越えている状況での資料であることから、人口規模が小さく都市の寿命がある程度限定されている鉦山都市に適用するためには、修正を加えねばならない。

このようなことから、本計画では、鉦山開発に直接係わる従業員の家族が、商業及びサービス業に従事すると仮定して、都市建設対象地区周辺地域からの生活関連施設に係わる人口を

商 業……………約6% (州平均の半数)

サービス業……………約6% (州平均の半数)

公 務 員……………約5% (含学校教師)

の合計約17%を基準に考える。但し『D地区』においては、中学校の施設がないことと、都市の転用が困難であることから、約15%と仮定する。

$$B地区 \quad X / (2,000 + X) \approx 17\% \quad X = 400$$

$$D地区 \quad Y / (1,700 + Y) \approx 15\% \quad Y = 300$$

6.3.5 鉾山都市計画の人口

鉾山都市計画を行うに当たっての人口は、6.3.2で算出した人口に6.3.4で算出した人口を加えたものとする。すなわち、鉾山都市建設対象地区周辺に住む住民を加えずに施設計画を行うが、現在の周辺に住む人口が非常に少ないことから、施設の共用化が可能であると考えられるため、冒頭に記述した方法を採用する。

〔B地区〕

$$2,000人 + 400人 = 2,400人$$

〔D地区〕

$$1,700人 + 300人 = 2,000人$$

6.4 住宅計画

6.4.1 住宅の計画

ゼロ・コロラド鉾山開発に伴う鉾山都市の住宅は、居住者の地位や家族数等によって異なることから、サガスカ鉾山の社宅やチリ国内の当該事業の関連資料を参考に、図6-3から図6-5に示す如く、4種の2戸連続コートハウス及び独身寮を設計し、これらを基本として計画する。

これらの建築基本図に示される各タイプの住宅を都市内に配分するための確たる数式はないので、6.3.1で記述した都市の位置付けをベースに適宜配分する。

〔B地区〕

この地区における住宅は、将来的な見地ではスペースの広いAタイプもしくはBタイプを主体にすることが望ましいが、当面の鉾山経営を考慮し、Cタイプを主体に配する。タイプ別の住宅戸数は、次表の如くである。

B 地区 の 住 宅

タイプ	床面積 (㎡)	戸数 (戸)	延床面積 (㎡)	内、関連施設関係者の住宅 (㎡)
A	86.40	32	2,764.80	10戸 864.00
B	70.47	64	4,510.08	12戸 845.64
C	58.10	280	16,268.00	60戸 3,486.00
D	45.60	90	4,104.00	
独身寮	186.56	1	186.56	(20人収容)
	218.24	2	436.48	(24人収容)
計	—	469	28,269.92	82戸 5,195.64

上表のうち、鉱山開発に直接係わる従業員の住宅は、一般住宅384戸、独身寮3棟の延床面積23,074.28平方メートルである。

〔D地区〕

この地区は、基本的には鉱山経営の視点からは、経済性に重点を置いて单身寮、独身寮およびDタイプ住宅でまとめることが望ましいと考えられるものの、家族数や業務上の地位を考慮し、下表の如くすべてのタイプにわたって配置する。

D 地区 の 住 宅

タイプ	床面積 (㎡)	戸数 (戸)	延床面積 (㎡)	内、関連施設関係者の住宅 (㎡)
A	86.40	8	691.20	
B	70.47	40	2,818.80	
C	58.10	140	8,134.00	40戸 2,324.0
D	45.60	180	8,208.00	20戸 912.0
独身寮 单身寮	218.24	6	1,309.44	
計	—	374	21,161.44	60戸 3,236.0

前表のうち、鉱山開発に直接係わる従業員の住宅は、一般住宅308戸、独身寮及び
単身寮6棟で、延床面積は17,925.44 m²である。

6.4.2 建築構造及び材料

住宅の建築構造及び材料は、イキケ市の建築家（サガスカ鉱山の住宅地設計者）の
アドバイスによって次の如く設定する。

1) 構造

－基礎（布基礎）、柱、梁については、鉄筋コンクリート（R.C.）構造とし、
壁はコンクリート・ブロックとする。

2) 材 料

－屋根は、断熱材を使用し、トタン板またはアスベスト板を使用する。
－天井は、石膏ボードを使用する。
－床は、モルタルの上にプラスチック・タイルを貼る。
－開口部には、スチール枠を使用する。
－給・排水管は、プラスチック・パイプを使用するがこれは輸入した方が安くな
る。

なお、ボソ・アルモンテやアリカに練瓦工場があるが、運搬や施工の手間が省けるし、
都市建設後のことも考慮して、現場近くにコンクリート・ブロック工場を建設した方が望
ましい。しかし、場合によっては、壁に練瓦を使うことも考えられる。

6.5 生活関連施設

都市の対象地区別の施設規模の算定は、6.3.3で検討した施設の中で導入が望ましい施
設を含めて、前項の人口計画を基礎にチリ国営銅公社の都市計画指針等によって行う。

なお、第3章で述べたタラパカ州の年齢別・性別の人口データを基準に、教育制度ラン
ク別人口、老人福祉センターを利用する60才以上の老人、主婦センターを利用する25才
以上60才未満の女性の全都市人口に対する割合を下記の様に仮定した。

保育所（0～4才）	11.7%
小学校（5～12才）	17.9%
中学校（13～16才）	9.0%
60才以上の老人	7.0%
25才以上60才未満の女性	17.5%

地区別の施設規模の算定順位は、表6-1の順序に従う。

6.5.1 B地区の施設別規模

1) 保育所

保育対象幼児数は、全幼児数の半数と仮定する。

$$2,400人 \times 11.7\% \times 1/2 \approx 140人$$

幼児1人当り延床面積を3㎡と仮定する。

$$140人 \times 3m^2/人 = 420m^2$$

2) 児童館

児童館の対象者は、小学校児童とし、そのうちの5%が同時に収容できると仮定する。

$$2,400人 \times 17.9\% \times 5\% \approx 22人$$

児童1人当り延床面積を5㎡と仮定する。

$$22 \times 5m^2/人 = 110m^2$$

3) 児童遊園

児童遊園の対象者は、小学校児童までとし、全児童が同時に使用できるものと仮定する。

$$2,400人 \times (11.7\% + 17.9\%) = 710人$$

児童1人当り遊園地面積を3㎡と仮定する。

$$710人 \times 3m^2 \approx 2,130m^2$$

但し、誘置距離に従って適所に配分する。

4) 小学校

小学児童数は、

$$2,400人 \times 17.9\% \approx 430人$$

児童1人当り延床面積を5㎡と仮定する。

$$430人 \times 5m^2/人 = 2,150m^2$$

5) 中学校

中学生徒数は、小学校と違って義務教育ではないが、100%進学するものと仮定する。

$$2,400人 \times 9.0\% = 216人$$

生徒1人当り延床面積を7㎡と仮定する。

$$216人 \times 7㎡/人 = 1,520㎡$$

6) 職業訓練所

職業訓練所を2年教育と仮定し、中学校卒業者の10%が訓練所に進むものと仮定すれば、その対象者数は、

$$2,400人 \times 9.0\% \div 4 \times 10\% \times 2 = 11人$$

訓練生1人当り延床面積を12㎡と仮定する。

$$11人 \times 12㎡/人 = 140㎡$$

7) 公園及び運動広場

公園及び運動広場の面積は、人口1人当り10㎡と考えられるが、このうち運動広場については小・中学校のグラウンドも使用できるものとして、1人当り5㎡と仮定する。

$$2,400 \times 5㎡ = 12,000㎡$$

8) 多目的ホール

多目的ホールの同時利用者数は、全人口の10%とする。

$$2,400人 \times 10\% = 240人$$

利用者1人当りの延床面積を3㎡と仮定する。

$$240人 \times 3㎡/人 = 720㎡$$

9) 労働組合溜場

この施設は、労働者間のコミュニケーションの場所として促え、全従業員の30%が同時収容できるものと仮定して

$$450人 \times 30\% = 135人$$

利用者1人当り延床面積4㎡と仮定する。

$$135人 \times 4㎡/人 = 540㎡$$

10) 老人福祉センター

この施設は、老人のコミュニケーションの場として促え、60才以上の老人の25%が同利用できると仮定して

$$2,400人 \times 7\% \times 25\% = 42人$$

利用者1人当り延床面積を2㎡と仮定する。

$$42人 \times 2m^2/人 = 90m^2$$

11) 主婦センター

この施設は、主婦のコミュニケーションの場として、婦人学級等を考え、25才以上60才未満の女性のうち、10%が同時利用できるると仮定して、

$$2,400人 \times 17.5\% \times 10\% = 42人$$

利用者1人当り延床面積を4㎡と仮定する。

$$42人 \times 4m^2/人 = 170m^2$$

12) 道路、交通広場、上水・下水道、汚水・塵芥処理場、ガス、電気の諸施設は、施設配置計画において行う。

13) 病院又は診療所

病院又は診療所の規模は、国営銅公社の計画指針によれば、全人口の5%が一時に収容できるようにとあるが、施設の内容や都市の性格等が指針のものと異なる。そこでここでは、国営銅公社の計画指針に従うものの、利用者1人当り3㎡と仮定して行う。

$$2,400人 \times 5\% \times 3m^2/人 = 360m^2$$

14) 警察署(派出所)

警察官2~3人で、1人当り延床面積を10㎡と仮定する。

$$3人 \times 10m^2/人 = 30m^2$$

15) 郵便局及び電報・電話局

郵便局及び電報・電話局の従業員を15人とし、1人当り延床面積を備品等のスペースを含めて20㎡と仮定する。

$$15人 \times 20m^2/人 = 300m^2$$

16) 官公庁関連施設

官公庁関連施設に勤める従業員数を10人とし、1人当り延床面積を10㎡と仮定する。

$$10人 \times 10m^2/人 = 100m^2$$

17) 公民館及び図書館

当施設利用者は、中学生徒以上を対象に、一時にその20%が利用できる と仮定する。

$$2,400人 \times 70.4\% \times 20\% = 338人$$

利用者1人当り延床面積を5m²と仮定する。

$$338人 \times 5m^2/人 = 1,690m^2$$

18) 商店

商店規模は、国営銅公社の指針通りとするが、既存施設分を除く。対象人口は、鉾山開発に伴う人口とし、サガスカ鉾山の従業員でボン・アルモンテに帰る人口は別扱いとする。

$$2,400人 \times 0.5m^2/人 = 1,200m^2$$

19) 銀行

銀行に勤める従業員数を8人とし、1人当り延床面積を備品スペースも含めて15m²と仮定する。

$$8人 \times 15m^2/人 = 120m^2$$

20) ホテル

ホテルは、コマーシャルホテルとし、一時に30人の収容が可能とする。また、1室当りの延床面積を30m²と仮定する。

$$30人 \times 30m^2/人 = 900m^2$$

21) 映画館

映画館は、人口の5%が同時に見られることを前提に、利用者1人当り延床面積を2m²と仮定する。

$$2,400人 \times 5\% \times 2m^2/人 = 240m^2$$

22) 教会

教会は全人口の50%を収容できるものと仮定して、1人当りの延床面積を1.0m²と仮定する。但し、対象人口は、セロ・コロラド鉾山に係わる人とする。

$$2,400人 \times 50\% \times 1.0m^2/人 = 1,200m^2$$

6.5.2 D地区の施設別規模

B地区の施設規模算定と同様の方法に従う。

1) 児童館

$$2,000人 \times 17.9\% \times 5\% \times 5m^2/人 = 90m^2$$

2) 児童遊園

$$2,000人 \times (11.7\% + 17.9\%) \times 3m^2/人 \div 1,780m^2$$

3) 小学校

$$2,000人 \times 17.9\% \times 5m^2/人 = 1,790m^2$$

4) 公園及び運動広場

$$2,000人 \times 5m^2/人 = 10,000m^2$$

5) 多目的ホール

$$2,000人 \times 10\% \times 3m^2/人 = 600m^2$$

6) 労働組合溜場

$$B地区と同じ \quad = 540m^2$$

7) 主婦センター

$$2,000人 \times 17.5\% \times 10\% \times 4m^2/人 \div 140m^2$$

8) 診療所

$$2,000 \times 5\% \times 3m^2/人 = 300m^2$$

9) 警察署(派出所)

$$B地区と同じ \quad = 30m^2$$

10) 郵便局

$$4人 \times 20m^2/人 = 80m^2$$

11) 官公庁関連施設

$$B地区と同じ \quad = 100m^2$$

12) 公民館及び図書館

$$2,000人 \times 70.4\% \times 20\% \times 5m/人 \div 1,410m^2$$

13) 商店

$$2,000人 \times 0.5 m^2 / 人 = 1,000 m^2$$

14) 銀行

$$B地区と同じ = 120 m^2$$

15) ホテル

$$B地区と同じ = 900 m^2$$

16) 教会

$$2,000人 \times 50\% \times 1.0 m^2 / 人 = 1,000 m^2$$

以上地区別に算出した施設別の規模を整理すると表6-2の様になる。

6.5.3 生活基盤施設の規模算定

生活基盤施設の算定は、道路は施設配置計画に、公園は前項で算定した数値を基準にして立案する施設配置計画に基づくが、ここでは消費電力と上水道について算出する。

〔電 力〕

現地調査で得たボソ・アルモンテの資料によると、1戸当りの1ヶ月の消費電力は、平均約160 KWHである。これを基準にしてピーク時間の1戸当り消費は、(負荷率を0.4と仮定する)

$$160 KWH / (720 H \times 0.4) = 500 \sim 600 W$$

これを人口1人当りにすると、100～120Wとなる。

B地区におけるピーク時間の電力消費量は、

$$2,400人 \times 120W / 人 = 288 KW$$

D地区におけるピーク時間の電力消費量は、

$$2,000人 \times 120W / 人 = 240 KW$$

なお、D地区においてジーゼル発電を行うに当っては、120 KWの発電機を3台設置することが望ましく、1カ月当りの燃料の必要量は、次の様になる。

$$240 \times 0.4 \times 720 \times 0.3 = 21,000 (L / 月)$$

〔上 水 道〕

1人1日当り平均使用水量をチリの計画指針に従った250 Lを使用し、ピーク日は平均の1.5倍、係数を1.3(住宅地)と仮定して算出する。

B地区における1秒当りの上水量

$$2,400人 \times 250 \text{ L/人} \cdot \text{日} = 600,000 \text{ L/日}$$

計画時間最大給水量

$$\frac{600,000 \text{ L/日} \times 1.5}{24} \times 1.3 = 48,800 \text{ L/時}$$

$$\frac{48,800 \text{ L/時}}{3,600 \text{ 秒}} = 13.6 \text{ L/秒}$$

D地区における1秒当りの上水量

$$2,000人 \times 250 \text{ L/人} \cdot \text{日} = 500,000 \text{ L/日}$$

計画時間最大給水量

$$\frac{500,000 \text{ L/日} \times 1.5}{24 \text{ 時}} \times 1.3 = 40,000 \text{ L/時}$$

$$\frac{40,000 \text{ L/時}}{3,600 \text{ 秒}} = 11 \text{ L/秒}$$

6.6 施設配置計画

この節では、6.3で選ばれた鉾山都市建設の対象地区に、6.4及び6.5で検討した各施設の配置を行う。

6.6.1 施設配置の基本的方針

施設配置を行うに当っては、一般的には近隣住区を1つの単位(neighbourhood unit)として都市の構成を考えるが、本計画においては全体的な規模(直接的には鉾山開発規模であり、間接的には近郊の開発や人口等)が小さいことから、1つの近隣住区計画を行うことになる。

この施設配置の基本的方針は、この章の最初(6.1節)に述べている通り、好ましい居住環境を目指すものである。すなわち、高齢者、主婦、子供等朝から夜まで当該地区で生活する人々を主体に、物理的にも精神的にも住みやすい環境となるよう心掛けるもので、生命の安全性、保健性、日常生活の利便性や快適性に富むことを基本とする。

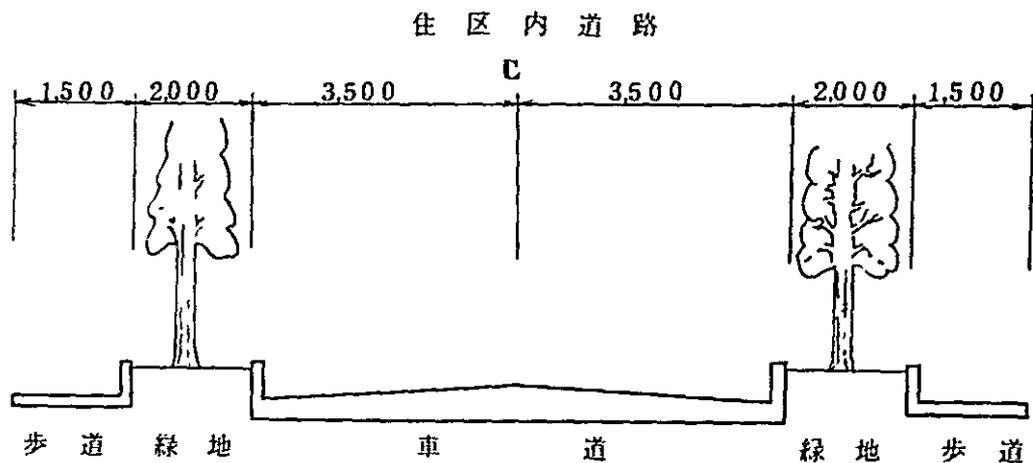
しかし好ましい居住環境を創造することは、その建設に膨大な費用を要することから、それを一企業でまかなうことはほとんど不可能に近く、公共機関が負担する事が望まれるものである。したがって、本計画においては、必要施設を主体に、安全性と保健性が保た

れることを最低条件とし、比較的建設費が少なくなることを前提に施設配置計画を行う。

6.6.2 B地区における施設配置計画

この地区における施設配置計画は、図6-6に示す如く、鉾山都市の南面、北面及び西面に高さ1.8mのブロック塀を建設し、西からの強風を遮る。そしてその中心部に公園、中学校、小学校を配し、パン・アメリカン・ハイウェイ道路側に公共施設、コミュニティ施設、商業施設を配置して、各住戸からの歩行距離を少なくした。

住区内における幅員14メートルの道路は、現在の社会状況下においては必ずしも必要とは思われないが、生活物資の輸送、消防等のためと将来の自動車保有などを考慮して、片道一車線、往復二車線の道路とした。



6.6.3 D地区における施設配置計画

この地区における施設配置計画は、図6-7に示す如く、その配置パターンは基本的にはB地区における計画と変わらない。

6.7 事業費概算

6.7.1 前提条件

鉾山都市における事業費は、建築工事費がほとんどで、特に住宅の建設費が主体をなす。したがって、この建築工事単価の取り扱いによって総事業費が大きく変化する。

そこで事業費の概算は、現地調査時におけるヒヤリングで得た原単位をもとに行う。

建設単価

(USドル)

	工 種	数量単位	単 価
建築工事	住宅 A及びBタイプ	m ²	200
"	住宅 C、D及び独身寮	m ²	160
"	住宅 その他生活関連施設	m ²	200
電気工事	発電機 (ジーゼル発電)	KWH	700
"	送電線	Km	8,000
水道工事	上水管工事 (鋳鉄管)	m	16
"	下水管工事 (ヒューム管)	m	40
"	汚水処理施設 (パッキ式)	人	45
道路工事	車道 (土砂道) (幅員7m)	m	7
	歩道 (処理道) (幅員3m)	m	35
	公園 (植樹、配水施設含)	m ²	10

6.7.2 建設費

前項 6.7.1 に示す建設単価を基に、B地区及びD地区を対象とした場合のそれぞれの都市建設費は下記の通り試算される。各建設費の内訳は表6-3及び表6-4に示す通りである。

都市建設費

	B地区	D地区
住宅及び独身寮	4,814	3,526
生活関連施設	2,400	1,620
生活基盤施設	721	895
合 計	7,935	6,041

以上の通り、B地区における都市建設は、D地区における都市建設に比べ、都市人口が多くなることのみならず、都市施設の恒久化を一つのねらいとし、上級タイプの住宅を多く、又より充実した生活関連施設を見込んでいるためもあり、より高いものとなる。

6.8 施工計画

都市を建設するに当たっての工事は、宅地造成工事、建築工事、給排水工事、電気工事、植栽工事といった工事を含む。これらの工事についての施工計画は、都市建設の目的、経済性、関連工事の施工計画に基づいて立案するのが一般的である。今回は、1年半の工期を考え、それぞれの工事に、下に示す建設工程を考える。

鉾山都市建設工程

工事名 \ 月	月			
	0	6	12	6
造成工事	[Gantt bar from 0 to 6 months]			
道路工事	[Gantt bar from 3 to 12 months]			
建築工事	[Gantt bar from 6 to 18 months]			
給排水工事	[Gantt bar from 9 to 15 months]			
電気工事	[Gantt bar from 9 to 15 months]			
植栽工事	[Gantt bar from 12 to 18 months]			

なお、上記の工程は、都市の建設位置によって若干異なるか、特に建築工事においては工程に基づいて施工人員を決めると要がある。

6.9 鉾山都市計画の評価

6.9.1 鉾山都市の選定

6.3節から6.7節において、鉾山都市の立地をB地区及びD地区の両方の代案につき、比較検討を試みた。最終的には、鉾山開発の総合的フューノビリティをも考慮して選定されるものであると考えられるか、関連施設計画としての都市計画を行うという観点から、調査団の一応の結論として、D地区に人口2,000人の鉾山都市を建設することを勧告する。この理由は下記の通りである。

- 1) D地区における都市建設費は、6.7.2項に算定された通り、6,040千トルであるのに対し、B地区では7,935千トルとなり、コスト的にD地区が経済的である。したがって、鉾山開発自体のフューノビリティ・スタディで総合的に評価されるべきではあるが鉾山開発の経済性かマージナルなものであるとすれば、都市建設計画に於い

ては経済性を先ず考慮せねばならぬ事になると考えられる。

2) B地区より鉾山迄の1時間半という時間的距離が、通勤者に若干の疲労を与える事は、6.2.1項で指摘したが、イキイケ市在住のサカスカ鉾山従業員の通勤時間と比べ、絶対的な支障とはならないと思われる。しかし、距離的問題を経済的に分析すれば、次章7.4.3項で比較検討する通り、D地区に都市を建設する方が、輸送の総経費用が安い。(道路の建設維持費は同じであるが、走行費がD地区の場合安くなる。)したがって、輸送費の経済性及び通勤時間からすると、D地区が望ましいこととなる。

3) ニュータウン建設の観点からは、B地区が望ましいと云えるが、ボソ・アルモンテ近郊をイキイケ市の衛星都市化する計画の実現性は、ボソ・アルモンテを中心とする中央砂漠盆地内での産業経済開発のポテンシャルが低い事からして、現時点で確たるものとする事が出来ない。したがって、都市計画的観点より住宅地計画(Residential Planning)的観点からD地区を選択することになる。

4) 鉾山運営期間が限定されており(5.3節に述べたとおり、本調査では運営期間を一応20年間としている。)当該鉾山開発に主眼を置いた短期的であり、固定した都市を計画せざるを得ないと考えられる。

ただし、鉾山開発の総合的フィージビリティの検討において、下記の諸条件が満たされることとなれば、地域社会へのインパクトがより大きいB地区(ボソ・アルモンテ)での都市建設を考えるべきであろう。

i) 銅鉾石埋蔵量・品位等の条件がより優れており、鉾山開発がより長期間にわたって継続されると判断された場合。

ii) 鉾山開発のフィージビリティの検討において、センシティブィティ・アナリシス(sensitivity analysis)で都市建設への追加投資及び輸送費の若干の増加を見込んでも採算性があると判断された場合。

iii) タラバカ州の都市計画において、ボソ・アルモンテ地区をイキイケ市の衛星都市とする案が政策的に推進されることになった場合。

6.9.2 公共施設の整備

6.1.1項で述べた如く、鉾山都市計画に当っては鉾山従業員に対する住宅計画のみならず、生活に必要な教育、医療、購売、レクリエーション、教育といった公的サービス施設、

並びに警察派出所、郵便局、電報・電話局、上・下水道、電力といった公共公益施設、更に、多目的ホール、コミュニティ・センターといったコミュニケーションの為の施設を含め検討がなされてきた。これは単に鉾山開発のみの利益に基づいて開発を行おうとするものではなく、広く関係者が快適な生活が過せるように、又生活水準の向上をも計れるように、社会的開発効果を考え鉾山都市を計画してきたことによる。

したがって、6.5項に述べた鉾山都市や生活関連施設計画を、鉾山開発企業体自身が開発すべき施設と、本来なら公共体が整備すべき施設、及び一般商業企業体が整備すべき施設とに分離する事ができよう。この内、本来なら公共体が整備すべき公共・公益施設のみを取り上げると下記の通りとなる。又、計画した諸生活関連施設各々の分類は表6-5に示す通りである。

公共公益施設

教育施設	=	保育所、児童館、小学校、中学校
成人施設	=	多目的ホール、福祉センター、主婦センター
都市施設	=	公園・運動広場、道路・交通広場、上・下水道、 汚水・塵芥処理場、病院又は診療所、警察、 郵便・電報・電話局、公民館・図書館、教会、 官公庁関連施設

以上の公共・公益施設は、鉾山従業員のみならず、生活関連施設に係わる人々及びその家族の生活水準の向上に寄与し、関係者が快適な生活を過し、ひいては鉾山開発のみならず地域の経済・社会的開発に間接的効果をもたらすものであると考えられる。この点、鉾山都市がB地区に位置された場合には、既存のボソ・アルモンテの復興が可能となり、既存住民及びサガスカ鉾山関係者への公共・公益施設の一部提供をはじめとする波及的効果をも期待することが可能となろう。

6.9.3 鉾山都市計画のインパクト

鉾山都市の建設に伴う効果は、鉾山開発そのものに対する効果ではなく、地域社会に及ぼす効果として捉える。都市建設の効果は、一般的には過密都市における種々の社会問題の解消や、建設地付近（一般的には低密度地区）における人口集積による種々の社会的効果といったものであるが、この計画における鉾山都市は規模が小さいことと、就業者が必ずしも過密都市から来るわけではないことから、その効果は限定される。

この計画においての鉾山都市の建設が、イキイケ県においては大規模な建築工事となるために、建設業に効果を与えることはいうまでもない。また、その効果には特に住宅においては規格品の製造が可能なることから、技術の向上といった間接的な効果が含まれる。

鉾山都市の建設において、建設費の約95パーセントに当る5,740千ドル相当が、現地調達資材費、運搬費、労賃その他サービス費となる。この現地貨分建設費が、建設期間2年間にわたって計画周辺地域で支払われることが見込まれ、これが地域経済にインパクトとして直接的に加わることになる。(波及効果を算定する経済連関指数に関する現地の資料はないが、一般的に直接投資の2倍以上の波及効果があるとみられるので、波及効果を含めた間接的インパクトはより大きなものとなる)。この現地貨分のうち、労賃は約40パーセントの2,300千ドルと見込まれ、これに相当する労働需要が発生する。チリの失業率が高いことから、この建設事業により、余剰労働力を吸収することが期待される。

又、前項6.9.2に述べた通り、公共・公益施設の整備により都市居住者が快適な生活を過ごし、生活水準の向上を計ることができることは鉾山都市開発の大きなインパクトと云える。生活水準の向上は、単に鉾山開発での雇用による所得の増加・安定のみによると云うより、より良い公共・公益施設の整備が伴って計れる事である。

D地区に鉾山都市を建設する場合、6.3.4項で検討した通り、生活関連施設に係わる商業、サービス業、公務員等で100人近い雇用機会を生むことになり、2.2節に述べた都市部への過度の人口集中及び失業率の高さからして社会的効果が大きいと云える。

又、距離的に若干離れてはいるが、マミーニャ(人口50人)、バルカ(人口40人)、ノアサ(人口10人)等の住民に対しても、公共・公益施設の整備が直接的な効果をもたらすことになる。つまり、より近くに就学(小学校)の機会、医療施設、警察、郵便、電話・電報及び官公庁施設、商店銀行等サービス施設、福祉施設、レクリエーション施設を持つことが出来ることとなる。更に、これ等の部落住民にとっては、鉾山都市の誕生により、部落での農業生産物の大きなマーケットを得ることになる。現在マミーニャ部落では、小麦(1976、1977年出荷量=8トン)、果実(同=5~8トン)、馬鈴薯(同=4~5トン)、トウモロコシ(同=3トン)等の生産を行い、イキイケ市等に販路を得ているが、より近い(輸送費の安い)又安定した鉾山都市というマーケットを持つことになり、市場性、販売価格が改善されるばかりでなく、更に農業生産インプットを加え、集約的生産を行うことによる増産及び生産品目の拡大を計ることができる。又、バルカ、ノアサ両部落においては、現在のアルファルファ栽培を中心とした農業生産の改善・拡大を計ることも可能となる。これにより、マミーニャ、バルカ、ノアサ等部落の住民の生活改善

が計れるものと予想される。

なお、B地区に鉾山都市を建設する場合の効果は、現在のポソ・アルモンテとウンベルストンの住民に対して、直接的にはアメニティ施設の共用、商業活動が活発になることによる日常的な効果があり、パン・アメリカン・ハイウェイを利用する人々に対しても直接的な効果をもたらすものである。そして、それらの直接的効果に対応して、若干ではあるが県レベルへの経済的な効果をもたらす。また、イキイケ県の副都市やイキイケ市の衛星都市、砂漠地帯等の開発拠点としても成立する可能性もある。そして、イキイケ市に住むサガスカ鉾山の従業員がポソ・アルモンテにある社宅に移転することも考えられる。(但し、これらの効果は、住宅以外の種々の生活関連施設の内容や規模によっても異なるであろう。)

LIST OF RELATED FACILITIES

Class or Function	Related Facilities	Town Location	
		B-site	D-site
Minors	Nursery school	*	-
	Children's hall, children's park	*	*
	Primary school	**	**
	Middle school	**	-
Adults	Vocational training center	*	-
	Park, athletic ground	**	**
	Multipurpose hall	**	*
	Workers' union club	**	**
Aged people and housewives	Welfare center	*	-
	Housewives' center	**	**
Urban facilities	Roads, open space for traffic	**	**
	Waterworks, sewerage system	**	**
	Sewage and garbage treatment plants	**	**
	Gas and electricity	**	**
	Hospital or clinic	**	**
	Police station	**	**
	Post office, telephone & telegraph office	**	**
	Facilities related to gov't and public offices	**	**
	Public hall, library	**	*
	Shops, banks, hotels	**	**
	Movie theater	*	-
	Ground	*	-
Church	**	**	

Remarks: ** Necessary
* Desirable
- Not particularly necessary

表 6 - 2

SCALE OF RELATED FACILITIES

Class or Function	Related Facilities	Town Location	
		B area	D area
Minors	Nursery school	420	*
	Children's hall	110	90
	Children's park	2,130	1,780
	Primary school	2,150	1,790
	Middle school	1,520	*
Adults	Vocational training center	140	*
	Park, athletic ground	12,000	10,000
	Multipurpose hall	720	600
	Workers' union club	540	540
Aged people and housewives	Welfare center	90	*
	Housewives' center	170	140
Urban Facilities	Roads, open space for traffic	-	-
	Waterworks, sewerage system	-	-
	Sewage & garbage treatment plants	-	-
	Gas & electricity supply	-	-
	Hospital or clinic	360	300
	Police station	30	30
	Post office, telephone & telegraph office	300	80
	Facilities related to gov't and public offices	100	100
	Public hall, library	1,690	1,410
	Shops	1,200	1,000
	Bank	120	120
	Hotel	900	900
Movie theater	240	*	
Church	1,200	1,000	

Remarks: * Not particularly necessary

CONSTRUCTION COST OF MINING TOWN AT B-SITE

				(10 ³ US\$)
Facility	Unit of Q'ty	Unit Rate (US\$)	Quantity	Amount
Residence, A and B types	m ²	200	7,274.88	1,455
Residence, C and D types, and dormitory for unmarried	m ²	160	20,955.04	3,359
Related facilities	m ²	200	12,000.00	2,400
Power-transmission line (inside & outside city)	m	8	6,500	52
Waterworks (inside & outside city)	m	16	3,500	56
Drainage	m	40	2,000	80
Sewage treatment plant	prs.	45	2,400	108
Roadway	m	7	6,000	42
Footway	m	3.5	6,000	21
Greens (green belt)	m	40	6,000	240
Greens (park)	m ²	10	12,240	122
Total				7,935

表 6 - 4

CONSTRUCTION COST OF MINING TOWN AT D-SITE

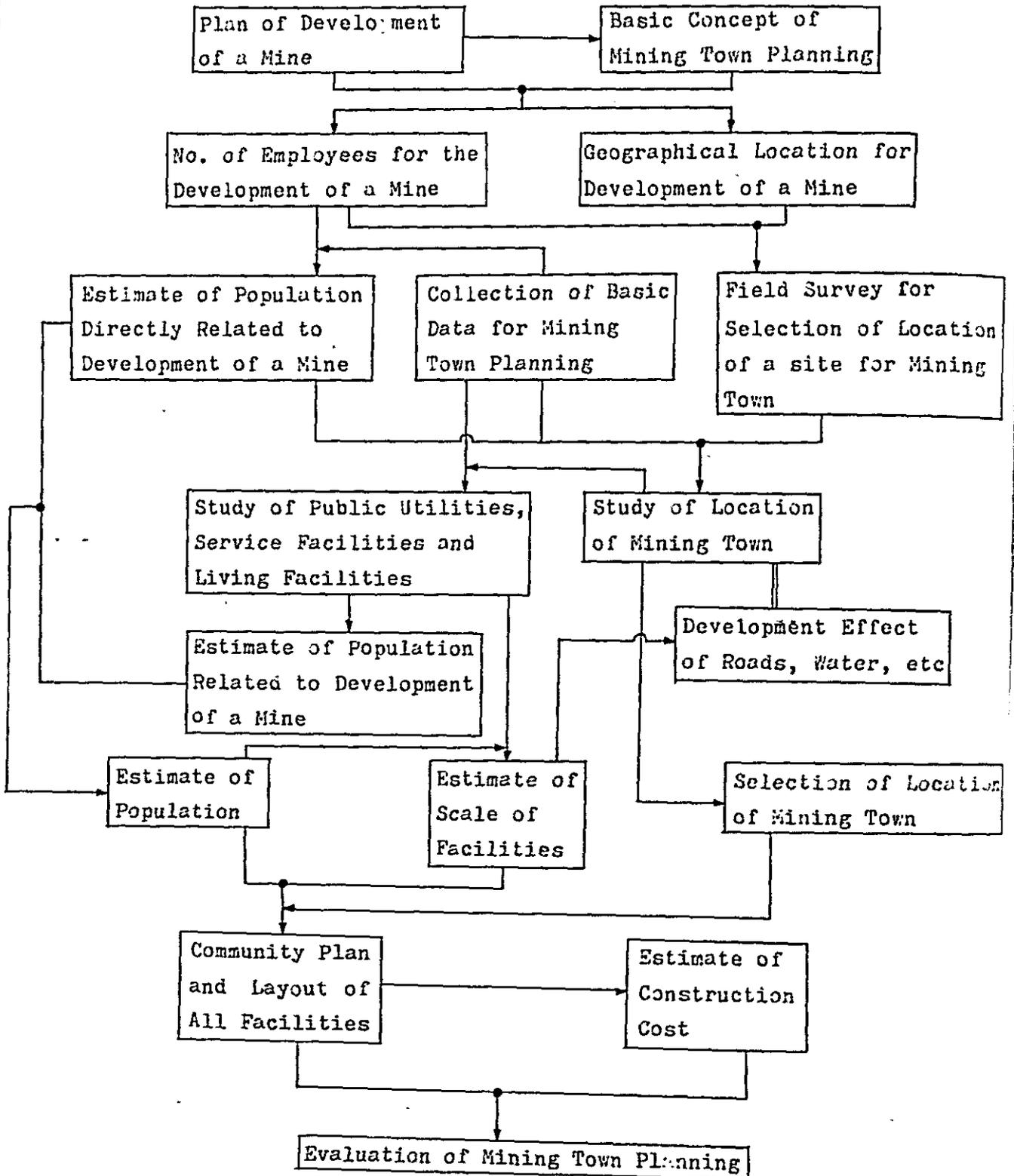
				(10 ³ US\$)
Facility	Unit of Q'ty	Unit Rate (US\$)	Quantity	Amount
Residence, A and B types	m ²	200	3,510.00	702
Residence, C and D types, and dormitory for unmarried	m ²	160	17,651.44	2,824
Related facilities	m ²	200	8,100.00	1,620
Power-transmission line (mine to city)	m	8	13,000	104
(Diesel engine generation)	kWH	(7,000)	(360)	(2,520)
Transmission line (inside city)	m	8	2,300	18
Waterworks (inside & outside city)	m	16	16,300	261
Drainage	m	40	1,800	72
Sewage treatment plant	prs.	45	2,000	90
Roadway	m	7	4,500	32
Footway	m	3.5	4,500	16
Greens (green belt)	m	40	4,500	180
Greens (park)	m ²	10	12,240	122
Total				6,041 (8,457)

Remarks: Figures in parentheses show the amount in case diesel generators are installed in the city.

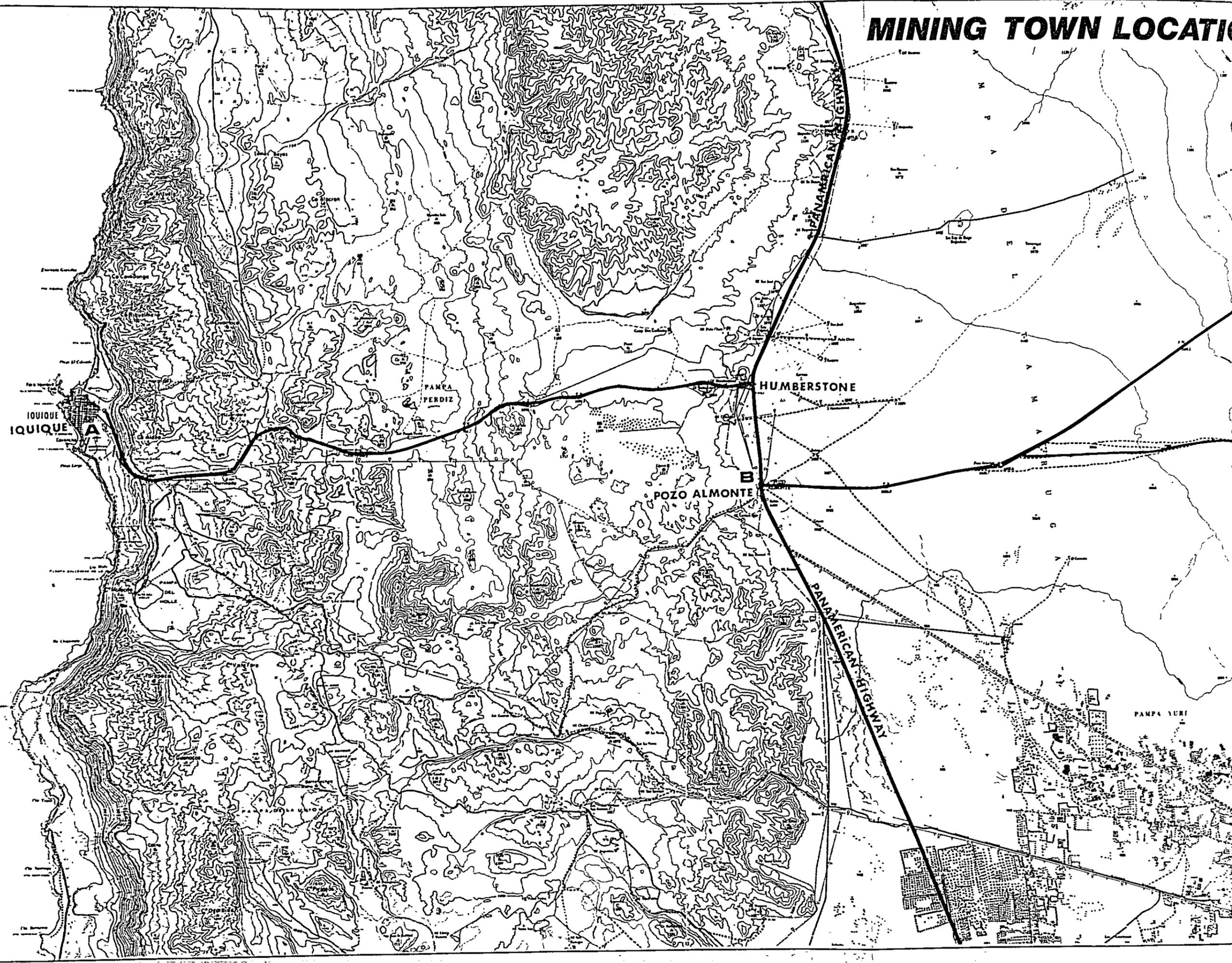
CLASSIFICATION OF FACILITIES
BY BEARING ORGANIZATION OF CONSTRUCTION COST

Class or Function	Related Facilities	Bearing Organization of Construction Cost
Minors	Nursery school	Public institution
	Children's hall	"
	Primary school	"
	Middle school	"
Adults	Vocational training center	Mining enterprise
	Park, athletic ground	Public institution and mining enterprise
	Multipurpose hall	Public institution
	Workers' union club	Mining enterprise
Aged people and housewives	Welfare center	Public institution
	Housewives' center	Public institution and mining enterprise
Urban facilities	Roads, open space for traffic	Public institution and mining enterprise
	Waterworks, sewerage system	"
	Sewage & garbage treatment plants	"
	Gas & electricity supply	"
	Hospital or clinic	Public institution
	Police station	"
	Post office, telephone & telegraph office	"
	Facilities related to gov't & public offices	"
	Public hall, library	"
	Shops, bank, hotel	Private enterprise
	Movie theater	"
	Church	Public institution

WORK FLOWCHART OF MINING TOWN PLANNING

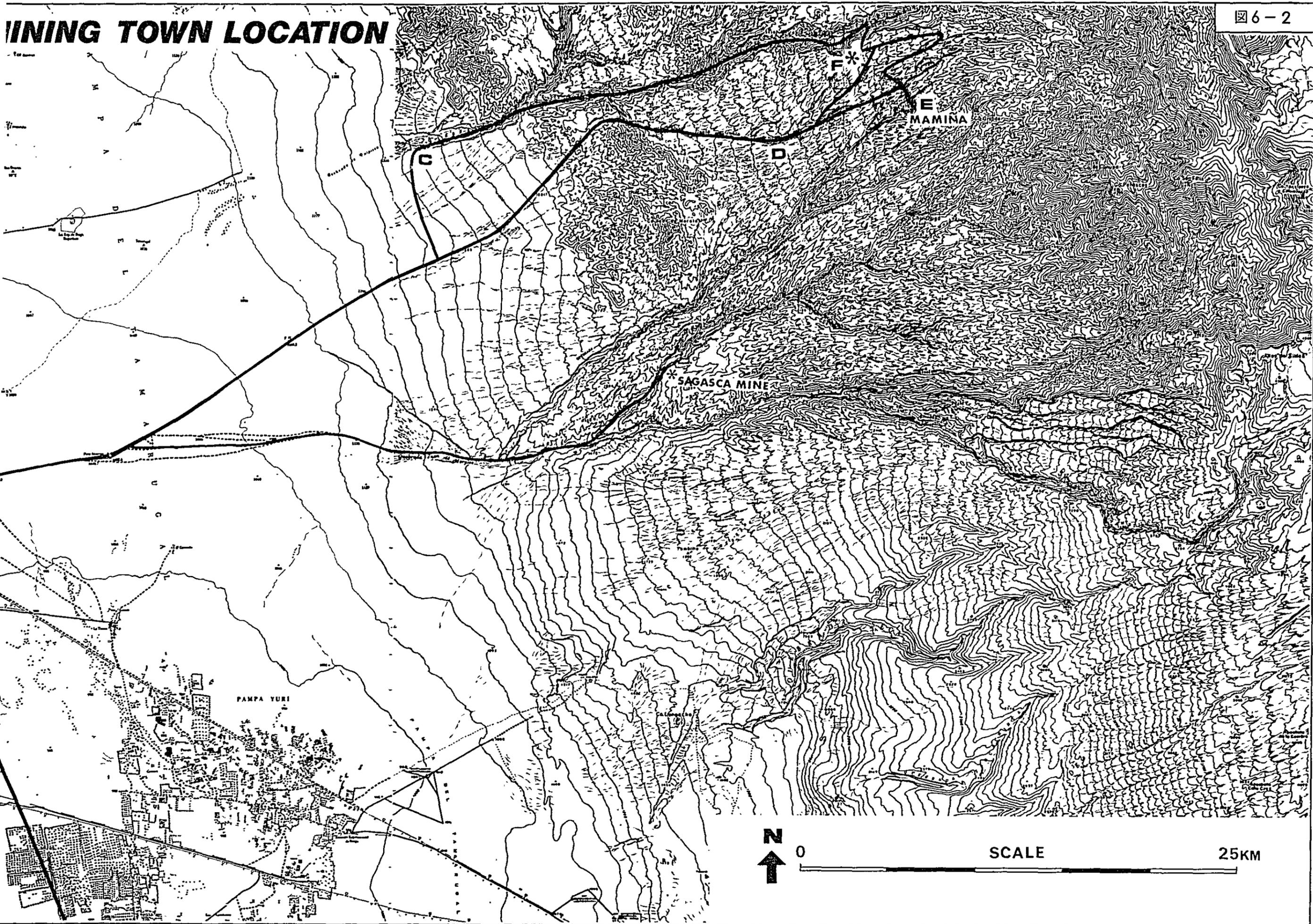


MINING TOWN LOCATIONS



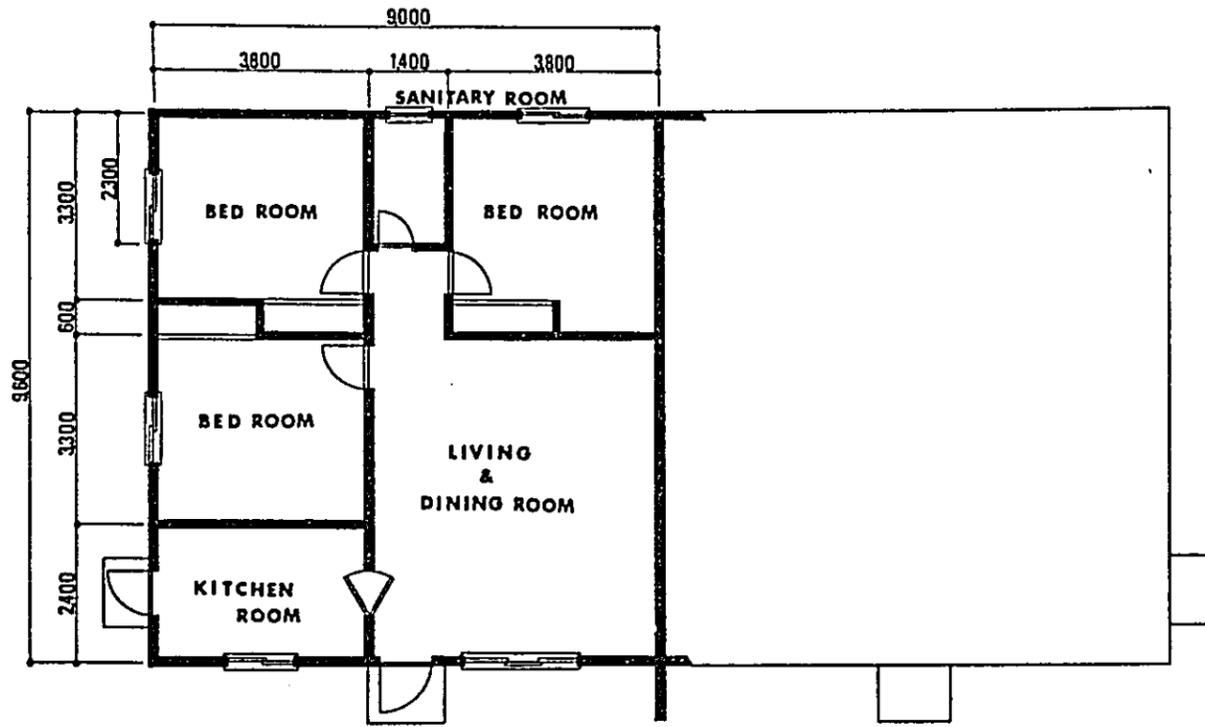
MINING TOWN LOCATION

图 6-2

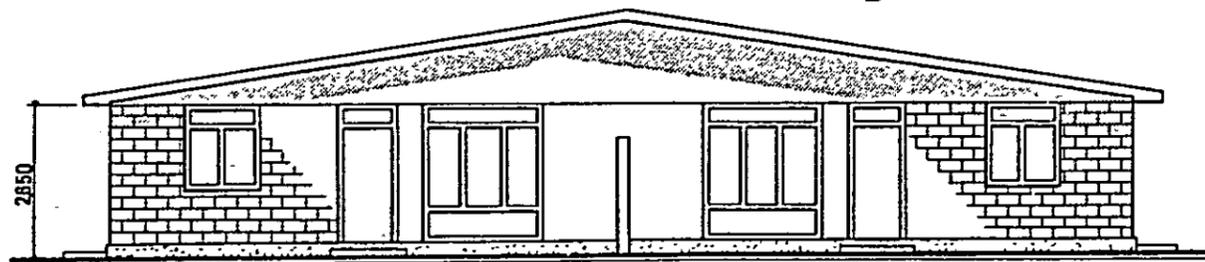


HOUSING PLAN (RESIDENCE TYPE-A AND TYPE-D)

TYPE A

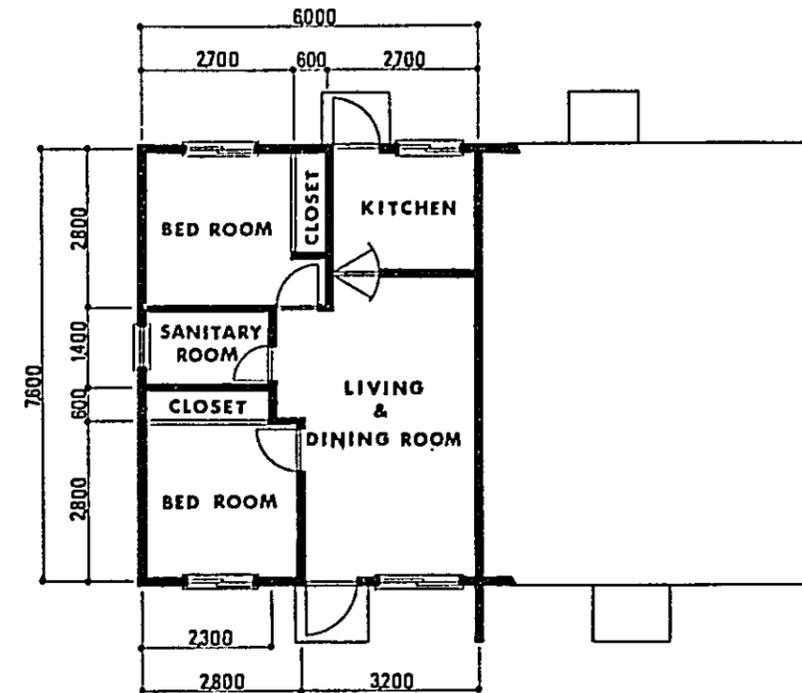


FLOOR PLAN

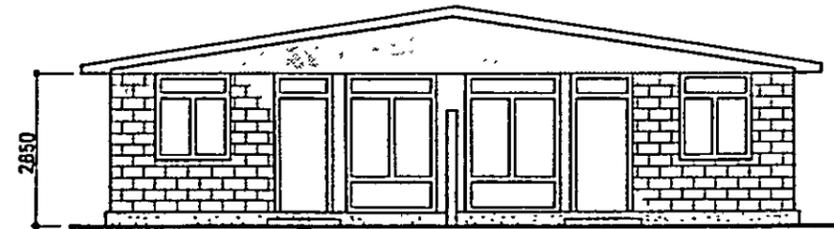


ELEVATION

TYPE D



FLOOR PLAN

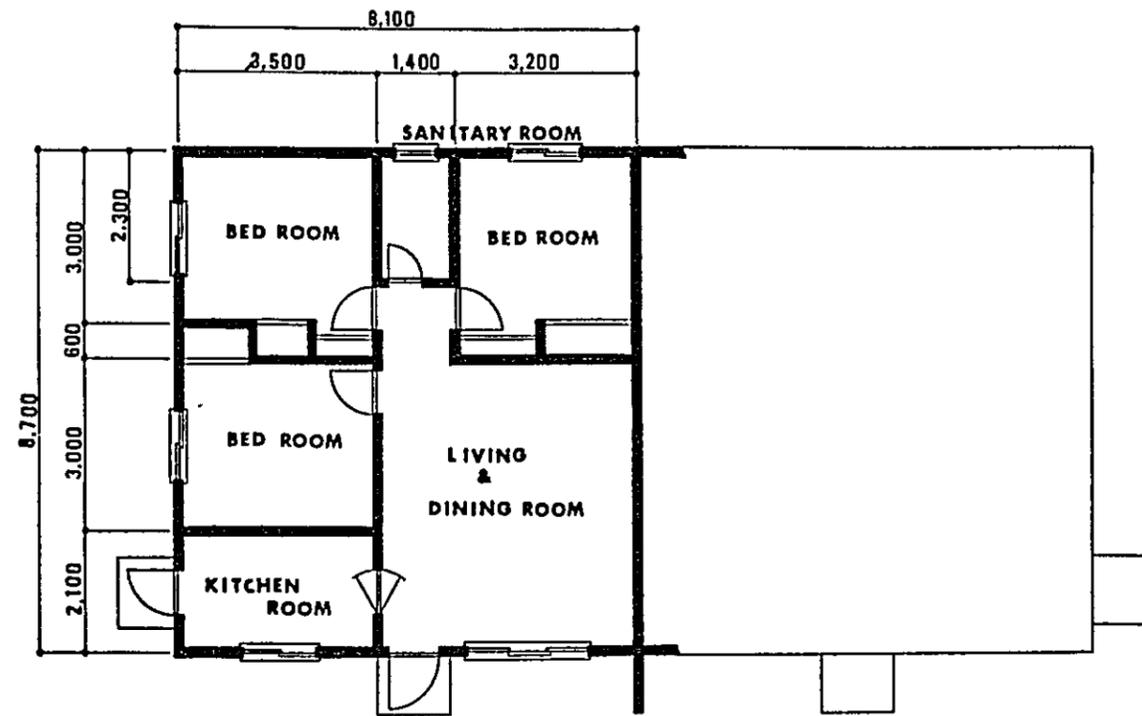


ELEVATION



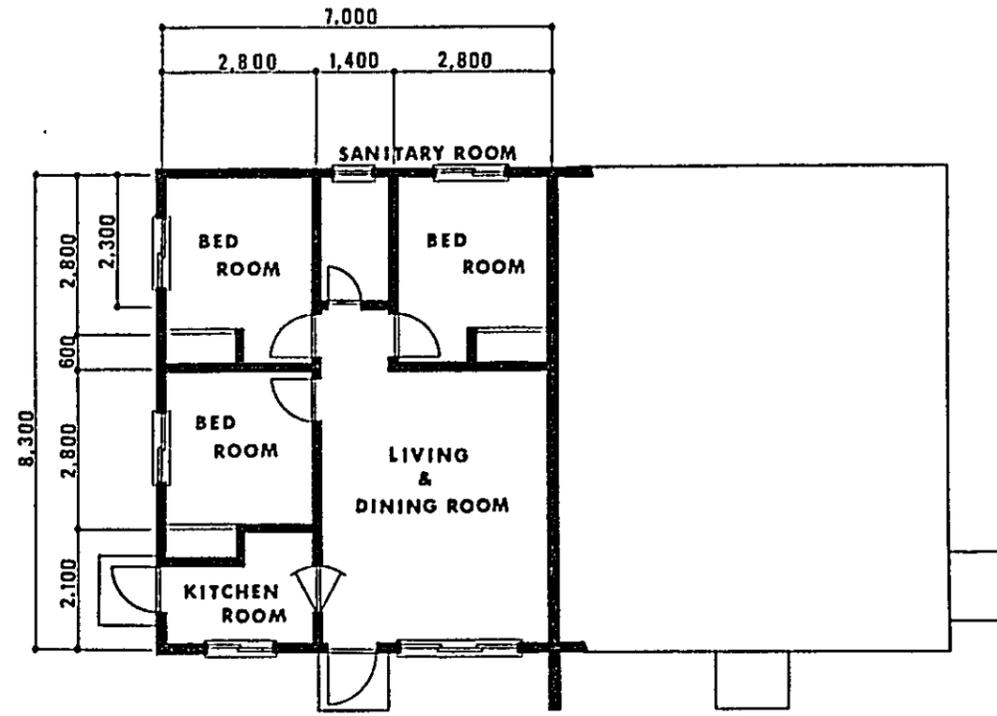
HOUSING PLAN (RESIDENCE TYPE-B AND TYPE-C)

TYPE B

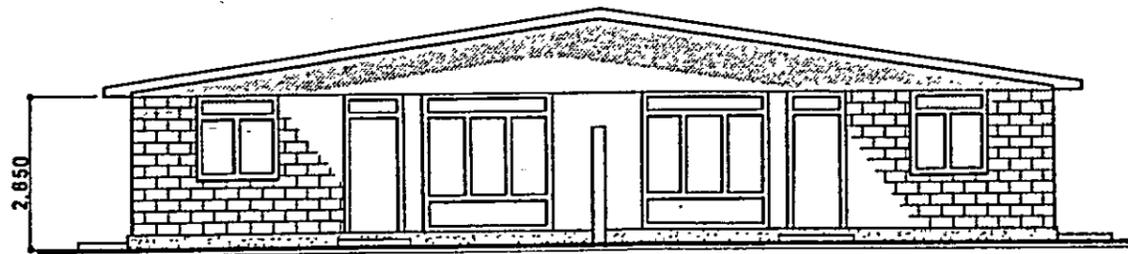


FLOOR PLAN

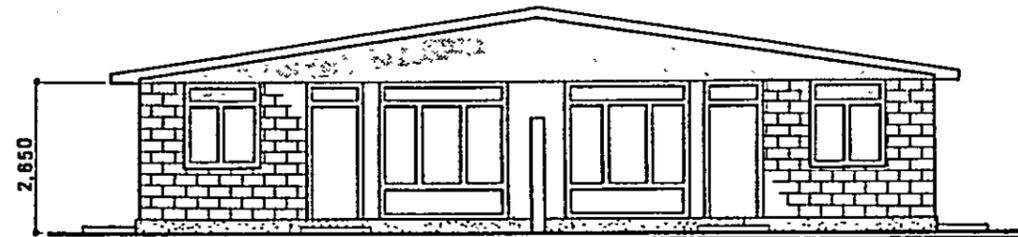
TYPE C



FLOOR PLAN



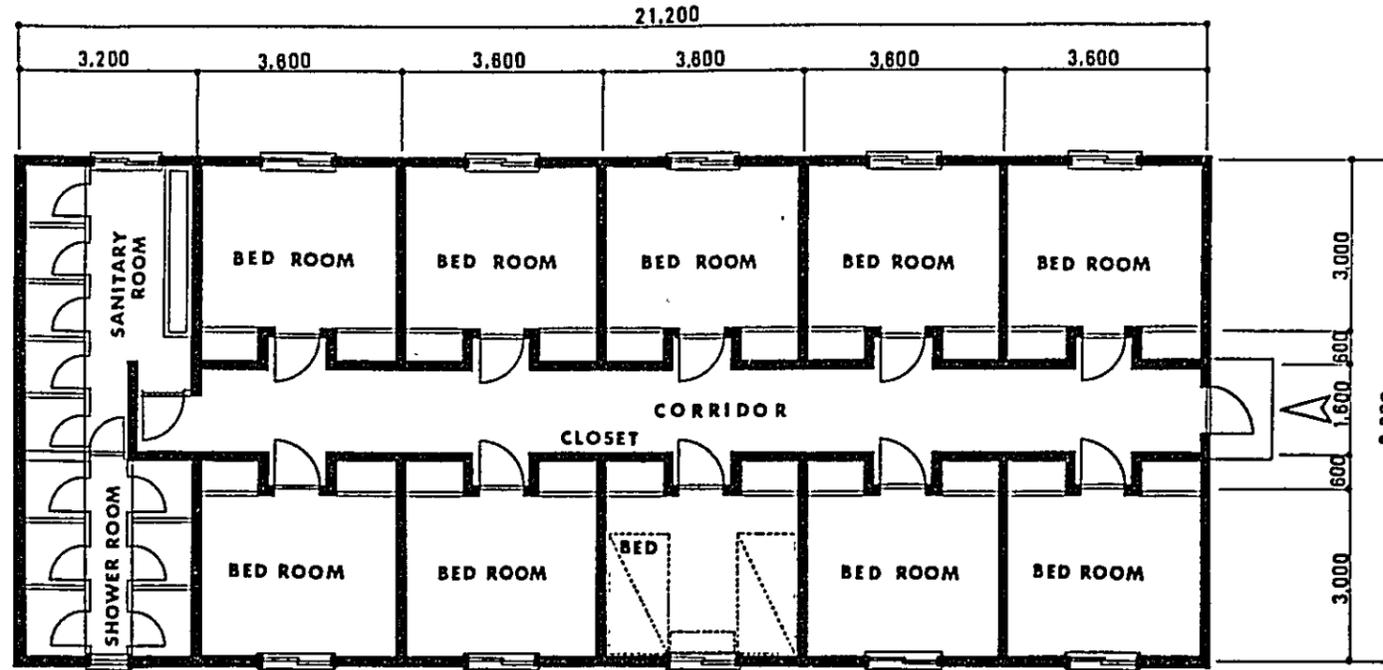
ELEVATION



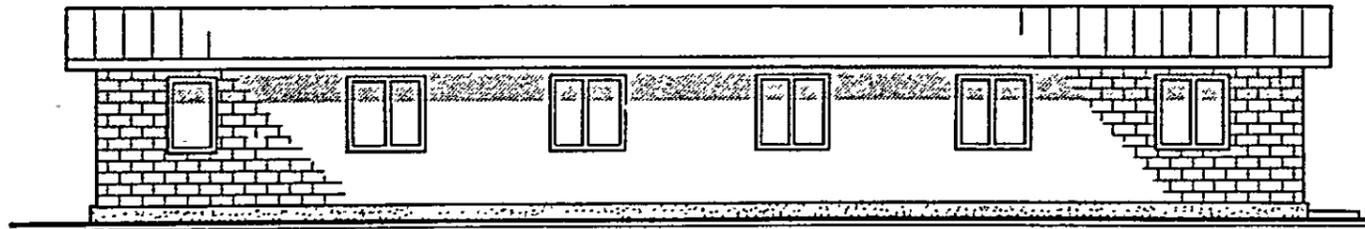
ELEVATION

0 SCALE 5,000^{MM}

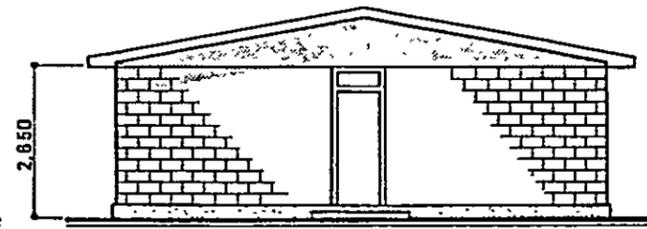
HOUSING PLAN (DORMITORY)



FLOOR PLAN



ELEVATION



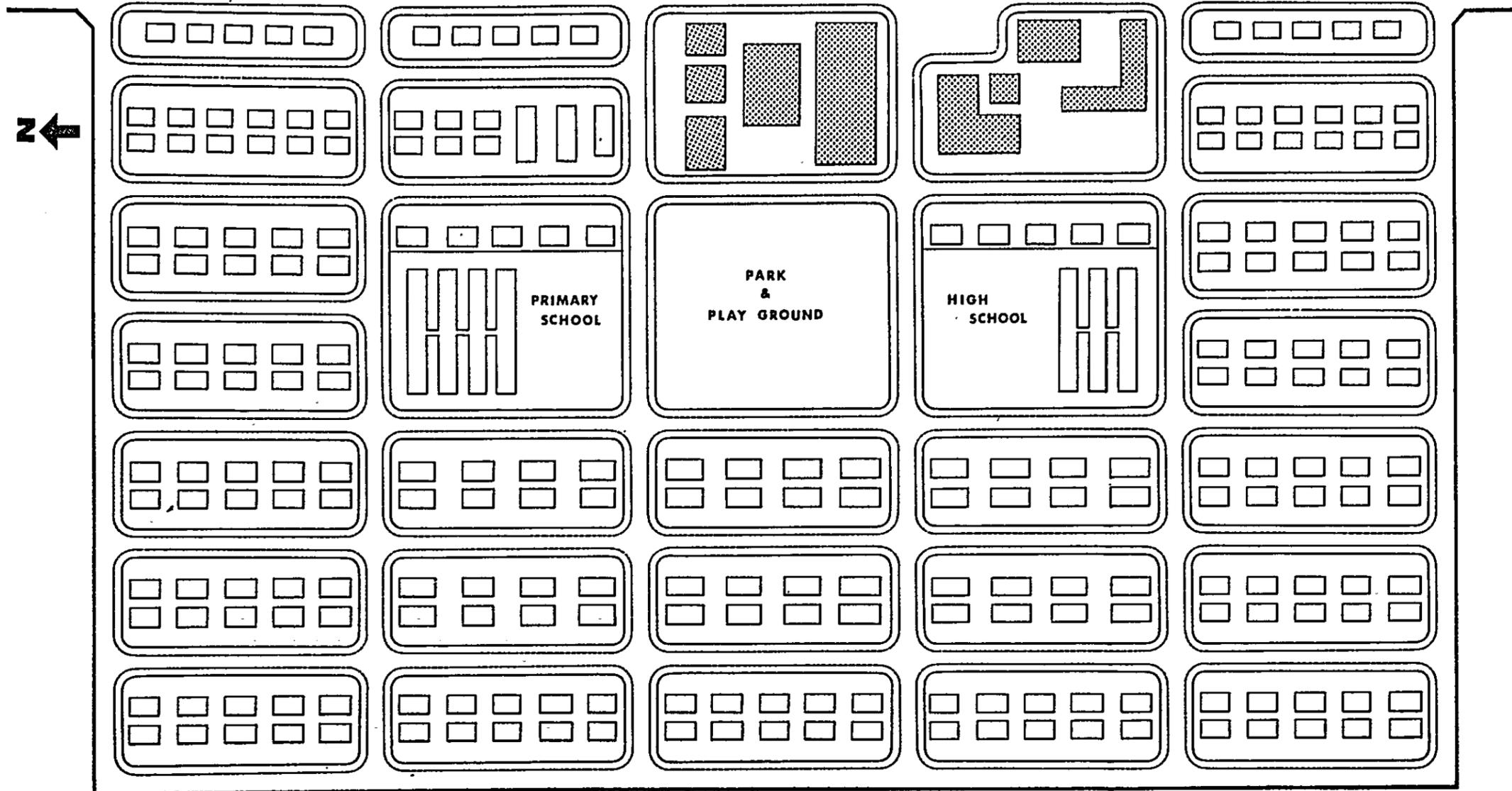
ELEVATION



LAYOUT PLAN (B-SITE)

◀ HUMBERSTONE

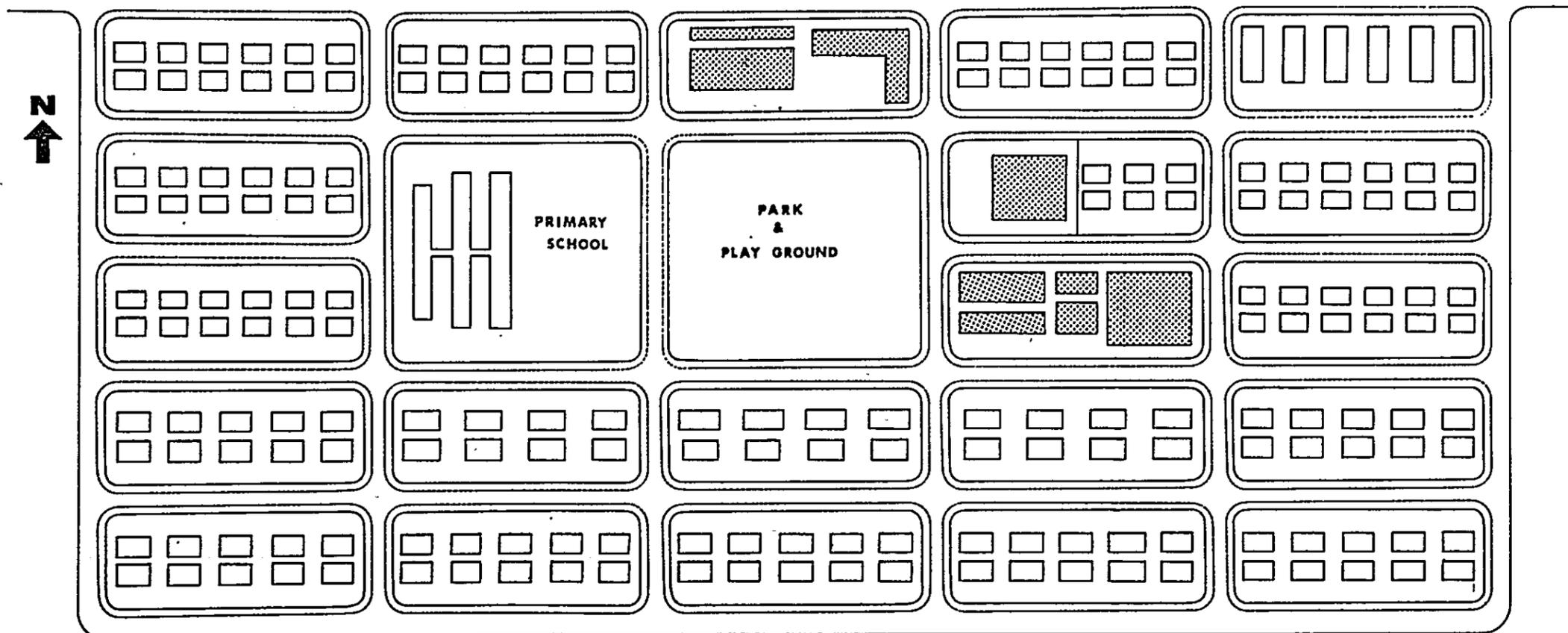
▶ POZO ALMONTE



LAYOUT PLAN (D-SITE)

POZO ALMONTE

MAMIÑA



 PUBLIC & COMMERCIAL FACILITIES

SCALE 0 500M

第 7 章

道路計画

第7章 道路計画

7.1 道路計画の背景

7.1.1 道路計画の目的

道路計画の目的は、セロ・コロラド銅鉱山開発に関連して、鉱石の輸送施設として最適な新道建設あるいは現道改良の基本計画を策定し、最適案に対する道路建設投資の評価を行うことである。道路計画の前提条件である鉱石輸送計画の概要は以下の通りである。

1) 鉱石輸送方法

鉱山からイキイクまでは、8トンダンプトラックで精鉱を運搬し、これをイキイクに貯蔵する。貯蔵された精鉱は10,000トン級の船で日本に運ばれる。

2) 鉱石輸送ルート

鉱石輸送ルートは、鉱山から地方道A-65号線に出た後、西に向ってボソ・アルモンテに至り、ここからは国道5号線(パン・アメリカン・ハイウェイ)をウンベルストーンまで北上し、ここで再び西に折れて、国道16号線に入りイキイクに至る約130キロメートルのルートである。

3) 鉱石量

月5,000トンの運搬量を予定する。(これは8トンダンプトラック1日25台分に相当する。)

この鉱石輸送計画は、3.3節で述べた現在の計画地域のインフラストラクチャー交通部門の整備状況から妥当と考えられる。すなわち、鉱山から一番近いイキイク港は、40,000トン級の船まで接岸可能であり、積込み用のベルトコンベアも整備されている。更に、輸送ルートのうち国道5号線(パン・アメリカン・ハイウェイ)及び国道16号線は、アスファルト・コンクリートで舗装されており、地方道A-65号線もサガスカ鉱山への道との分岐点まではアスファルト表面処理されていて、特別に改良を加えることなく鉱石輸送ルートとして使用出来る点である。

第6章で行われた鉱山都市計画では、鉱山都市の位置としてB地区(ボソ・アルモンテ地区)とD地区(マミーニャの西約10Km)が比較検討された。道路計画の基礎となる交通発生パターンは都市の位置により異なるため、道路計画も両者について比較を行うこととする。

7.1.2 計画道路の現状

セロ・コロラド鉱山に至るルートは、イキイケ市から国道16号線を通ってウンベルストーンに出、国道5号線をボソ・アルモンテまで南下し、ボソ・アルモンテから地方道A-65号線をマミーニャへの道とバルカへの道との分岐点まで走り、そこから尾根づたいに鉱山調査道路を通って鉱山に至る順路である(ルート-I)。図7-1に示すように、このルートの縦断は海より直接突き出た海岸山脈(標高1,000~1,500メートル)、中央平原(標高1,000メートル、巾50キロメートル)とこれに続いてゆるやかに登るアンデス山脈の支脈に特徴づけられる。セロ・コロラド山は、このゆるやかなスロープに突き出た“コブ”で標高2,660メートルに達している。上記の既存道路以外の鉱山へのアプローチは、A-65号線のバルカへの道との分岐点より約6キロメートル手前で北へ分岐し現道をショートカットするルートである(ルート-II)。

以下に計画道路の区間ごとの概要を記す。なお、A-65号線のインベントリーは表7-1に示されている。

1) イキイケ〜ウンベルストーン(46キロメートル、a'-b')

国道16号線であり、イキイケから海岸山脈を越えて、ウンベルストーンで国道5号線に連結する。初めの7キロメートルは連続するヘアピンカーブで急上昇し、標高600メートルに達し、その後は比較的ゆるやかな登りでイキイケから15キロメートルの地点で標高1,000メートルとなる。その後ゆるやかな上下を繰り返しながら中央平原に至る。車道巾員6メートル、路肩巾1~2メートルで、車道部分はアスファルト・コンクリートによる舗装がなされており、鉱石輸送道路として問題はない。

2) ウンベルストーン〜ボソ・アルモンテ(5キロメートル、b'-c')

標高1,000メートルの中央平原の西端を、海岸山脈に連なる高原沿いに南北に走る国道5号線(パン・アメリカン・ハイウェイ)の一部で、アスファルト・コンクリートによる舗装が施されており、車道巾員7メートル、路肩巾2~3メートルの極めて良好な道路である。

3) ボソ・アルモンテ〜サガスカ鉱山道路分岐点(13.5キロメートル、c'-a)

地方道A-65号線の始点よりサガスカ鉱山への道路との分岐点までの区間で、車道巾4~5メートル、路肩巾2メートルで、車道部はアスファルト表面処理が施されている。表層は剝離が著しいが、路盤は良好な状態を保っている。

しかし、調査団の滞在中にボリビアとの国境付近でボリビア・ウインター期に生じ

た流水がこの区間を通過して南に流れたため、道路が数箇所切断され、この復旧に約10日間を要していた。ポリビア・ウインターの季節には、アンデス山脈の支脈の水が集まり中央平原を南に流れる現象が毎年生じるが、普通の年では2、3日通行不可能になる程度で済んでおり、今回の洪水は20年ぶりとの事であった。又、流路は中央平原全市にわたって毎年変化し、道路の切断される箇所も毎年変化するので対策の立て様がないとの事であった。しかし切断箇所にパイプ(φ0.6-1.0メートル)を入れて補修するのは比較的容易と判断される。現在の交通量は比較的少なく、サガスカ鉱山への交通量が平均1日80台、マミーニャへの交通量が1日20台程度である。前記の切断箇所の修復はサガスカ鉱山の手により行われていた。

4) サガスカ鉱山道路分岐点～ドユブリサ(35.7キロメートル、a-b-c)

本区間は中央平原を横断し、アンデス山脈の支脈のなだらかなスロープを昇り、火山活動により支脈に隆起したドユブリサ山(標高2,220メートル)のふもと(標高1,850メートル)に至るもので、比較的良好的な砂利道である。

5) ドユブリサ(1.2キロメートル、c-d)

ドユブリサ山の北側を峡谷沿いに迂回するこの区間の道路は急な崖を切り込んで建設されている。道路は巾3メートルの砂利道で、線形はカーブが連続しており半径30メートル程度のカーブが数箇所ある。切土法面は亀裂の多い玄武岩質の硬岩が20～50メートルの高さに達しており、一方谷側は100メートルもの断崖となっているので、落石、路肩の崩壊等の危険が大きい。1976年11月末のボソ・アルモンテを震源とする地震(マグニチュード7.3)によってこの区間は崖くずれをおこし、このためほぼ全区間に渡って岩石が積み重なり、一時通行不能におちいった。

6) ドユブリサ～マミーニャとバルカの分岐点(15.6キロメートル、d-e-f)

ドユブリサよりなだらかな尾根づたいにマミーニャへの道とバルカへの道との分岐点(標高2,750メートル)に至るこの区間は、巾4.5メートルの良好的な砂利道である。この区間は平均勾配約4%の単純な登りとなっている。

7) マミーニャとバルカの分岐点～セロ・コロラド(14.7キロメートル、f-g)

この区間はバルカに向うルートの中から分岐してセロ・コロラドに至るもので、路線は尾根づたいに走っている。道路は尾根を巾約3メートル切り広げて平坦にしただけのものであるが、原地盤が礫質土なので十分に締固まっております安定している。途中にある3カ所の沢は半径30メートル程度のカーブで渡っている。

8) セロ・コロラド～バルカ沢(5キロメートル、g-h)

この道路は探鉱のためにセロ・コロラドからバルカ沢まで山腹を切り取って建設したもので、両地点間の高低差350メートルを縦断勾配約7%で下っている。道路はカーブの連続で、半径100メートル以下のカーブが10カ所あり、最小半径は40メートルである。巾員は3メートル、路面は切っただけで処理されていないが礫質土で比較的締固っている。

9) A-65号線よりショートカットしてセロ・コロラドに至る新設ルート(9キロメートル、e-g)

このルートは、A-65号線をマミーニャへの道とバルカへの道との分岐点の約6キロメートル手前で北へ分岐し、すぐ大きな沢をカルバートで渡り尾根づたいにセロ・コロラドに至る新設ルートで距離の短縮を計るものである。

7.2 将来交通量の推計

本節では道路計画の基礎となる将来交通量を推計する。交通量の推計は将来20年間にわたって行いものとする。これは、鉱山開発のプロジェクトライフを20年間と仮定することと、現在考慮している改良方法の1つであるアスファルト表面処理の耐用年数を10年間と考え、10年後に再建設を行って合計20年間のライフを考えることによっている。なお将来交通量の推計は、通常交通量と鉱山開発により発生する交通量とに分けて、乗用車、普通トラック、大型トラック、バスの車種別に算出するものとする。

7.2.1 通常交通量

通常交通量の推定は、改良の対象となるA-65号線のうち、サカスカへの道路との分岐点からマミーニャまでの区間についてのみ行いものとする。これは、現在の対象ルート上の自動車交通がマミーニャまでしかなく、A-65号線をバルカより先に延長して地方道A-555号線のカンコサに至り、ポリビアに抜ける道路計画がまだ具体的に検討されていないため、鉱山開発計画の期間内にはマミーニャ以东の自動車交通はないと仮定せざるを得ないことによる。

イキケよりマミーニャに至る現道の交通量測定データは、過去12年間のうち7年間について公共事業省から得られた。この区間の交通量測定データを表7-2に示す。表に見られるように1日当りの交通量は、主要道路の国道16号線及び5号線では約400台であるが、地方道であるA-65号線では極めて少なく、さらに台数が非常にば

らついている。このばらつきは、日変動、週変動によるものと考えられるので、今回の検討に当っては、1977年におけるサガスカへの道路との分岐点とマミーニャの間の交通量を1974～1977年のデータの平均値をとって次の様に定めた。

乗用車	8台/日
普通トラック	7台/日
大型トラック	2台/日
バス	3台/日
合計	20台/日

一方、交通量の将来の伸び率を推定するに当り、表7-2の交通量測定データからは過去の伸び率を見出すことが出来ず、これを用いて外挿することは不可能である。したがって、1973年から1976年までの4年間におけるイキケ県全体の車両登録台数を参考にして将来の交通量の伸び率を推定する。

表7-3に見られるように、イキケ県全体のモーターサイクルを除く車両登録台数は、1973年の2,775台から1976年の3,463台と年率9.5%の伸びを示している。このうち乗用車(含ステーションワゴン及びタクシー)は21.1%、バスが4.4%、トラックが2.6%の伸び率である。特に1975年から1976年にかけて、モーターサイクルを除く車両数は15.9%の伸び率を示し、このうち乗用車が47.1%と非常に高い数値を示す一方、バスはマイナス14.5%と減少し、トラックは2.3%の伸び率となっている。又、イキケ県の交通局は1977年には全車両台数が5,770台に達すると推定している。車両登録台数、特に乗用車の高い伸び率は、イキケ県の中で人口の90%以上を占め経済活動の中心となっている都市部、特に県内最大の都市でフリーゾーンであるイキケ市の傾向を強く反映しており、A-65号線のあるような地方部ではこれとは多少異った傾向—たとえば乗用車の伸び率は全県平均より低い数値—を示すと考えられる。車両登録台数の伸びそのものは必ずしも交通量の伸びとは一致しないが、明らかに強い相関を持っていることを考え、今回の検討では上記のデータを参考に将来20年間のA-65号線の交通量の伸び率を車種別に以下の様に仮定することとする。

乗用車	15% → 7%
普通トラック	4% → 2%
大型トラック	4% → 2%
バス	4% → 2%

表7-4に通常交通量の推定結果を示す。表に示されるように20年後の交通量は全体で1日当り100台程度と推定される。

7.2.2 鉾山開発により発生する交通量

鉾山開発が本格的に開始された後に、鉾山開発に関連して発生する交通は次のものである。

- i) 鉾山～鉾山都市 鉾山従業員の毎日の往復
- ii) 鉾山都市～イキイケ 生活関連物質の運搬
- iii) 鉾山～イキイケ 精鉾、資機材、発電用燃料の運搬

鉾山開発に係る人口は、第6章の鉾山都市計画で、鉾山都市の2つの候補地（B地区及びD地区）別に次の様に推定されている。

	B地区	D地区
A 鉾山に直接係る人口		
妻帯従業員	383人	306人
上記の家族	1,532人	1,224人
妻帯単身赴任従業員	—	77人
単身従業員	67人	67人
小計	1,982人 ≒2,000人	1,674人 ≒1,700人
B 生活関連施設に係る人口	400人	300人
合計	2,400人	2,000人

鉾山開発により発生する交通量を算定するために、上記の人口を次の様に再分類する。

	B地区	D地区
A 鉾山に直接係る人口		
単身スタッフ	10人	10人
妻帯単身赴任スタッフ	—	30人
妻帯スタッフ	80人	50人
上記の家族	320人	200人
単身労働者	60人	60人
妻帯単身赴任労働者	—	50人

妻帯労働者	300人	250人
上記の家族	1,200人	1,000人
小計	2,000人	1,700人
B 生活関連施設に係る人口	400人	300人
合計	2,400人	2,000人

この分類にしたがって、鉾山開発により発生する交通量は以下の様に推定される。

〔鉾山都市がB地区の場合〕

i) 鉾山～鉾山都市

- (1) スタッフと労働者の毎日の往復、ただしスタッフの5% (5人) は乗用車を利用するものとする。

$$\text{バス} \quad (10+80-5+60+300) \div 45 \times 2 = 20 \text{台/日}$$

$$\text{乗用車} \quad (10+80) \times 5\% \times 2 = 9 \text{台/日}$$

ii) 鉾山都市～イキイケ

- (2) 全人口が平均月1回イキイケに行くとする。

$$\text{バス} \quad 2,400 \div 30 \div 45 \times 2 = 4 \text{台/日}$$

- (3) 妻帯スタッフの10%が毎日イキイケに行くとする。

$$\text{乗用車} \quad 80 \times 0.1 \times 2 = 16 \text{台/日}$$

- (4) 食料品の運搬 (消費量4Kg/人・日)

$$\text{普通トラック} \quad 4 \times 2,400 \div 4,000 \times 2 = 5 \text{台/日}$$

- (5) 日常雑貨の運搬

$$\text{乗用車 (小型トラック)} \quad 2 \text{台} \times 2 = 4 \text{台/日}$$

iii) イキイケ～鉾山

- (6) 精鉾の運搬 (5,000トン/月、帰りに資機材運搬)

$$\text{大型トラック} \quad 5,000 \div 25 \div 8 \times 2 = 50 \text{台/日}$$

- (7) 業務用のトリップ

$$\text{乗用車} \quad 1) \text{の乗用車交通量の} 50\% = 5 \text{台/日}$$

- (8) 発電用ディーゼル油の運搬 (消費量1,300Kℓ/月)

$$\text{普通トラック} \quad (3,000 \text{ℓタンクローリー})$$

$$1,300 \div 25 \div 3 \times 2 = 35 \text{台/日}$$

〔 鉾山都市がD地区の場合 〕

i) 鉾山～鉾山都市

- (1) スタッフと労働者の毎日の往復、ただしスタッフの5% (5人) は乗用車を利用するものとする。

$$\text{バス} \quad (10+30+50-5+60+50+250) \div 45 \times 2 = 20 \text{台/日}$$

$$\text{乗用車} \quad (10+30+50) \times 5\% \times 2 = 9 \text{台/日}$$

ii) 鉾山都市～イキイケ

- (2) 全人口が平均月1回イキイケに行くとする。

$$\text{バス} \quad 2,000 \div 30 \div 45 \times 2 = 3 \text{台/日}$$

- (3) 妻帯単身赴任スタッフ及び労働者はイキイケに家族を置いていて、週1回イキイケに行くとする。

$$\text{バス} \quad (30+50) \div 7 \div 45 \times 2 = 1 \text{台/日}$$

- (4) 妻帯スタッフの10%が毎日イキイケに行くとする。

$$\text{乗用車} \quad 50 \times 0.1 \times 2 = 10 \text{台/日}$$

- (5) 食料品の運搬 (消費量4Kg/人・日)

$$\text{普通トラック} \quad 4 \times 2,000 \div 4,000 \times 2 = 4 \text{台/日}$$

- (6) 日常雑貨の運搬

$$\text{乗用車 (小型トラック)} \quad 2 \text{台} \times 2 = 4 \text{台/日}$$

iii) イキイケ～鉾山

- (7) 精鉾の運搬 (5,000トン/月、帰りに資機材運搬)

$$\text{大型トラック} \quad 5,000 \div 25 \div 8 \times 2 = 50 \text{台/日}$$

- (8) 業務用のトリップ

$$\text{乗用車} \quad 1) \text{の乗用車交通量の} 50\% = 5 \text{台/日}$$

- (9) 発電用ディーゼル油の運搬 (消費量1,300KL/月)

$$\text{普通トラック} \quad (3,000 \text{Lタンクローリー})$$

$$1,300 \div 25 \div 3 \times 2 = 35 \text{台/日}$$

以上をまとめると、鉾山開発により発生する1日当りの交通量は以下の様になる。

鉾山開発により発生する交通量(台/日)

	乗用車	普通トラック	大型トラック	バス	合計
〔鉾山都市がB地区の場合〕					
イキイケー鉾山都市	25	40	50	4	119
鉾山都市-鉾山	14	35	50	20	119
〔鉾山都市がD地区の場合〕					
イキイケー鉾山都市	19	39	50	4	112
鉾山都市-鉾山	14	35	50	20	119

但し、この交通量は20年間変化しないものと仮定する。

7.2.3 発生交通量及び転換交通量

対象道路は周辺地域に町を持たないため発生交通量一以前に全く存在しなかったが、輸送費が安くなったため新しく発生する交通量一はないと考える。

又、対象道路とつながる道路がないため、転換交通量一道路が改良されたために、他の輸送手段又は他のルートから転換してくる交通量一もないと考える。

7.2.4 将来交通量

将来交通量の推計は、今回の改良の対象となるサガスカ鉾山分岐点以东について行う。各ルート(I又はII)について、区間ごとの将来交通量は下記の様に集計される。なお、各ルートの区間は図7-1に示されている。

将来交通量の集計

ルート	区間	交通量
I	a-b-c-d-e-f	N+D
	f-g-h	D
II	a-b-c-d-e	N+D
	e-g-h	D

ここで、N：通常交通量

D：鉱山開発により発生する交通量

将来交通量の推計結果を表7-5と表7-6に示す。

7.3 道路施設の技術的検討

7.3.1 道路建設に対する自然条件

気 象

4.3項で述べた如くタラバカ州は世界有数の乾燥地帯であり、ほとんど雨が降らない。イキケでの年間降水量は2ミリメートルである。マミーニャでの年間降水量は20～100ミリメートル、平均30ミリメートル前後であるが、雨が降るのはポリビア・ウインターの影響を受ける12月から3月に限られる。マミーニャでの年間平均気温は17℃、月平均気温は16°～18℃、月最高気温は23°～27℃、月最低気温は6°～16℃で季節変化は少ないが、日変化が大きい。風は、中央平原の砂漠地帯では午後になると上昇気流が発生し竜巻が砂塵を巻き上げる。

以上のように道路建設上、気象条件は特に問題ないが、砂漠地帯の風による流砂に対しては建設後、維持・補修の対策が必要であろう。工事日数を算定する際、雨による不労日は特に考慮する必要はない。

土 質

A-65号線は、ボソ・アルモンテを始点とし、中央平原の砂漠地帯を横断した後、ホアン・デ・モラレス(Juan de Morales)山を迂回し、火山岩堆積物におおわれたなだらかな尾根づたいにマミーニャに達している。A-65号線沿いの地表面は、砂漠及びホアン・デ・モラレス山塊を除いて礫の多い礫まじり土砂でおおわれている。特に砂漠の端からホアン・デ・モラレス山に至る間はほとんど礫でおおわれている。これらの礫あるいは礫まじり土砂は、道路建設材料として利用出来る堅固なものである。現道はこれらの材料により構築されているが、現在のところ比較的良好な路面を維持している。

図7-2に、調査対象ルートの子質調査結果を示す。

水 文

雨量が極めて少ないので、バルカ沢以外に地表流水があるのは、ポリビア・ウインター期の12月から3月にかけての降雨時の短時間に限られる。流域はほとんど植生

がないので、雨水は短時間に土砂流となって流出する。バルカ沢も、水量が多いのは降雨後2～3日で、末端は砂漠の中に消えているが、先に述べた様に洪水時には流水が砂漠を流下しA-65号線を切断する。このような現象は普通の年では少ない箇所に限られ復旧は容易であるが、20～30年毎に大きな被害が出ている。しかし流路は毎年変化し、したがって被害箇所も変化するため対策のたてようのないのが現状である。

地 震

チリは地震の多い国で、ボソ・アルモンテ地域に影響のあった大きな地震は1900年以後3回起っている。最近のものは、1976年11月29日、ボソ・アルモンテを震源地とした震度7.3の地震で、このためA-65号線のデュブリサ区間では崖崩れがおこり、一時通行不能となった。したがってデュブリサ区間は約20年に1回は地震による崩壊が予想される。地域住民から得た情報によるとデュブリサ南方にクエスタ・ディアブロ(Questa Diabro)と呼ばれる山越えの旧道があり、上記の地震でA-65号線が通行不能になった時この旧道の利用が計画されたが、地形が極端に険しく、結局A-65号線の崩壊箇所を修復して現在に至っている。

7.3.2 概略設計

1) 路線選定

7.1.3項で述べたように、セロ・コロラド鉱山の鉱石輸送ルートは、イキイケよりボソ・アルモンテを經由し、現道を利用して鉱山に至るルートⅠと、マミーニャへの道とバルカへの道との分岐点の約6キロメートル手前より北へ分岐し、現道をショートカットして鉱山に至るルートⅡがある(図7-2参照)。このうち、イキイケよりサガスカ鉱山への道との分岐点までは、輸送道路として現道の改良は必要ない。以下に改良の対象となるサガスカ鉱山への道との分岐点以东について各ルートの概要を記す。なお、表7-7にルート別の延長を示す。

ルートⅠ (a - b - c - d - e - f - g - h , 7 2.2 Km)

現道を改修して使用するルートで延長72.2キロメートルである。このうち、平地部は中央平原の砂漠を通るa-c間35.7キロメートル、丘陵地部は鉱山g地点までc-g間のうちデュブリサを除く30.3キロメートル、山地部はデュブリサ区間と鉱山g地点からバルカ沢h地点までのg-h間合計6.2キロメートルである。現道は砂利道で、道路巾は平地部及び丘陵地部で4.5メートル、山地部で3.0～4.0メートル

である。現道の拡巾もデュブリサ区間を除いて土工はほとんど必要なく問題はない。

ルートⅡ (a - b - c - d - e - f - g - h , 6 1.0 Km)

現道から分岐する e 点までの a - e 間及び鉦山 g 地点からバルカ沢 h 地点までの g - h 間はルートⅠと共通で、e - g 間を道路新設により現道をショートカットし道路延長の短縮をはかるものである。ルート延長は、6 1.0 キロメートルでルートⅠより 1 1.2 キロメートル短くなる。ショートカットするルートは、現道に並行する深い沢を横断しなければならないが、渡河地点の e 点は広く開けた谷間であり、地形もゆるやかで、カルバートを 1 個所建設し渡ることが出来る。新設ルートは沢を横断する箇所でアプローチ部分にヘアピンカーブが必要となるが、あとはゆるやかな尾根づたいに鉦山に至る。

両者の比較は次節でなされている。

2) 道路の設計基準

表 7 - 8 にチリ道路局の設計基準を示す。この設計基準では、地形のタイプ (平地部、丘陵地部、山地部) と 1 日当りの交通量 (A D T) により道路の等級を分類している。7.2 節で行われた将来交通量の推計結果では、20 年後の 1998 年の計画目標年次における 1 日当りの交通量は、ルートⅠの a - b - c - d - e - f、ルートⅡの a - b - c - d - e では 200 台強、ルートⅠの f - g - h、ルートⅡの e - g - h では 120 台となっている。この交通量を上記の設計基準の分類に当てはめると、平地部及び丘陵地部では道路等級 " N "、山地部では道路等級 " O " に分類される。ここで、道路等級 " N " 及び " O " は、次の内容を持つ。

道路等級 " N " と " O " の比較

道路等級	道路巾 (m)	車道巾 (m)	道路の種類
" N "	1 0.0 ~ 1 1.0	7.0	表面処理道
" O "	6.0	6.0	砂利道

交通量の分類からは、計画道路延長の大部分にわたって道路等級 " N " が採用されるところであるが、今回の検討では下記の理由により、道路等級 " O " を全延長に対する基準として採用する。

- i) 20 年後の交通量は、通常交通量だけでは 1 日当り 100 台未滿、鉦山開発

に関連して発生する交通量をあわせても200台程度と非常に少なく、又その後の交通量の増加も予想されないので平地部及び丘陵地部で道路等級“N”に分類されるといっても道路等級“O”に近い部類に属している。

ii) 計画ルートは平地部、丘陵地部では道路の横が平らで構造物などもなく、十分側方余裕が確保されているため、道路巾員が6.0メートルであっても車のすれちがいに運転者に不安を与えることが少ない。

ただし、後で述べるように道路等級“O”に規定されている道路巾員6.0メートルの砂利道のオプションとして、6.0メートルのうち4.5メートル巾の表面処理を行う案を考え、比較検討を行うものとする。

設計基準として道路等級“O”に規定された基準を採用するが、以下に述べるように、本道路計画の技術的、経済的特質及び現地事情等を考慮して設計条件の追加あるいは修正を行った。

車両の種類及び大きさ

現在、A-65号線の走行車種構成は、ステーションワゴン及び小型トラック(750Kg)が40%、2軸普通トラックが35%、3軸大型トラックが10%、バス(約35人乗り)が15%を占めている。鉱山開発が開始されると、鉱石運搬用トラック、採鉱設備ボールミル運搬用セミトレーラーが走行するため、道路改良の設計条件としてこれらを考慮する必要がある。これらの大型車両の諸元は以下の通りである。

大型車両の諸元

	鉱石運搬用 8tトラック	採鉱設備ボールミル 運搬セミトレーラー
長さ(m)	6.85	10.54(5.00)
巾(m)	2.46	2.99(2.99)
高さ(m)	2.91	1.63(1.00)
自重(ton)	6.65	8.10
最大積載量(ton)	8.00	20.00
総重量(ton)	14.65	28.10

注：カッコ内は荷台の寸法を示す。

設計速度

設計速度は地形別に以下の様に大別される。

設計速度 (Km/h r)

地形	区 間	設計速度
平地	a-b, b-c	55
丘陵地	d-e, e-f, f-g, e-g	55
山地	c-d, g-h	35

上記のうち、丘陵地部で特に地形が険しい箇所では、部分的に設計速度を毎時35キロメートルに落とすこととする。

巾 員

設計基準にしたがって道路巾員は6メートルを採用する。一般的に対向車とのすれちがい、追越のために必要な余裕巾は走行速度や交通量によって変化するものである。余裕巾を含んだ全巾は、乗用車の走行速度毎時40キロメートルに対して6メートル程度とされている。本道路は、交通量が少ないうえ、鉱石運搬用ダンプトラック同士のすれちがいはまれにしか起きないので、6メートル巾で十分と考えられる。

線 形

平地部及び丘陵地部において、現道の線形は設計条件を満足する。山地部及びルートIIのe点の沢の横断箇所等で、部分的にヘアピンカーブが用いられる区間は、トレーラーの最小回転半径12メートルを最小曲線半径とする。

視 距

車両の安全走行に関連して、前方の見通し距離を視距という。平地部及び丘陵地部では前方に障害がなく視距は十分確保される。又デュブリサ等の山地部においても交通量が少ないので、一車線で6メートル巾を持つと考えると十分視距は確保出来る。したがって視距確保のための拡巾は行わないこととする。

3) 道路の構造及び材料

設計基準によると、舗装のタイプは砂利道となっている。即ち、現在の巾員3~4.5メートルの砂利道を6メートル巾まで拡巾すれば良い。しかし、鉱石運搬用8トンドンプトラックが走行することを考慮した場合、さらにベースコースを施工しアス

ファルトで表面処理をする上級の舗装構造が考えられる。したがって、砂利道と表面処理道の2案について比較検討を行うこととする。舗装構造2案の標準横断図を図7-3及び図7-4に示す。又比較検討は7.4節で行われる。

道路の構造及び材料について以下に述べる。

盛土及び切土

現道の拡巾は、山地部を除くと大部分が舗装の拡巾のみで良い。新設ルートも、沢を渡るe点付近を除くと、切土盛土はごくわずかで大部分が舗装工事である。

盛土： 主として新設ルートの沢を渡るe点付近に生じる。盛土法勾配は1：1.5とする。

切土（土砂）： 新設ルートの沢を渡るe点付近、デュブリサ区間及び鉾山よりバルカ沢までのg-h間に生じる。切土法勾配は1：1.0とする。

切土（岩）： デュブリサの大部分（安山岩）及びg-h間（安山岩質凝灰岩）の一部に生じる。切土法勾配は1：0.3とし、切土高が7メートル以上の箇所は1.5メートル巾の小段を設ける。

路床及び路盤

サガスカへの道との分岐点から砂漠の終端点までのa-b間13.5キロメートルは地形が平坦で、現道は水生堆積物であるシルトあるいは細砂の上に構築されている。このシルトあるいは細砂の層は、路床としては十分な支持力を持っているが路盤としては使えない。b点以降の地表面はデュブリサ区間を除いて、礫あるいは礫混りの土砂でおおわれており、その上または現地盤を固めた上に現道が構築されている。したがって現道周辺の礫混り土砂は下層路盤として十分使えると考えられる。又上層路盤材としては附近に数多くある沢の砂利を粒度調整して用いればよい。その他に、路盤材は現在パン・アメリカン・ハイウェイ沿線の数ヶ所で生産されている。路盤の厚さは、下層路盤20センチメートル、上層路盤15センチメートルとして設計することとする。

アスファルト表面処理

アスファルト表面処理は、交通量の少ない所で一般的に採用されるもので、上層路盤上にアスファルトと碎石を撒いて転圧し、路盤の安定、防塵及び走行時の快適性を得るものである。表面処理の巾は4.5メートルとする。1平方メートル当りの材料は次のとおりである。

アスファルト表面処理の1 m²当り材料

プライムコート	アスファルト (MC70)	0.5~1.1 ℓ/m ²
第一層	アスファルト (MC70)	0.8~1.1 ℓ/m ²
	碎石 (9.5 mm)	1.1 Kg/m ²
第二層	アスファルト (MC70)	1.1~1.3 ℓ/m ²
	碎石 (13 mm)	1.4 Kg/m ²

(注) 第二層は第一層施工後、数カ月間交通開放してから施工する。

排水構造物

排水施設としては、年間降水量が30~50ミリメートルときわめて少ないので路面排水は考慮しないが、深く浸蝕されている沢を横断する箇所では横断排水施設が必要となる。したがって、新道の沢を渡る地点(e点)ではコンクリート・ボックスカルバートを設けることとする。カルバートの断面決定にあたっては、時間雨量データがないため、沢の形状及び水流の痕跡等を考慮して設計条件を次の様に仮定する。

流出係数	$C = 0.9$
降雨強度	$i = 10 \text{ mm/hr}$
流域面積	$A = 31 \text{ Km}^2$
流量	$Q = 1 / 3.6 \times C \times i \times A$

その他、既存の小さい沢には、パイプカルバート ($\phi = 0.6 \sim 1.0 \text{ m}$) を設け安全を期す。

7.1.2項で述べたように、中央平原の砂漠の区間では、洪水により道路が切断される。この対策としては、道路のかさ上げ、横断排水施設の設置が望ましいが、膨大な費用がかかると考えられるので、砂漠地帯の排水に対しては当面考慮しないものとする。

4) 設計概要

ルートⅠ及びルートⅡの平面縦断図を図7-5、図7-6に示す。さらにボックスカルバート及びパイプカルバートの標準図を図7-7に示す。

又、区間ごとの建設数量を表7-9に示す。

7.3.3 建設費

提案された2ルートについて、現道を拡巾して砂利道を建設する場合と、更にベースコースを施工しアスファルト表面処理を行う場合の建設数量及び建設費の内訳を表7-10に示す。使用した建設単価は、現地で入手した単価を参考に各単価項目ごとに定めた。

各ルートの舗装タイプ別の建設費は、以下のように累計される。ただし、この中に用地費は含まれていない。

建設費 (千ドル)

	ルートⅠ	ルートⅡ
砂利道	1,812.0	2,007.0
表面処理道	3,523.6	3,466.4

7.4 路線及び舗装タイプの比較

7.4.1 比較の方法

ここで行う比較は、前節で提案されたルートⅠ、ルートⅡのうちどちらが良いか、又、舗装のタイプを砂利道とした場合と表面処理道とした場合のどちらが良いかを解析することを目的とする。

比較の方法は“最小コスト”の考え方を基礎に、工事費、走行費及び道路維持費の総計を各ルート、各舗装タイプについて経済費用で算出し、これが最小となるものを最良案と考える。走行費については、7.2節で述べたように、鉾山都市の位置によって交通量が異なるので、ここで行われる比較は次の8ケースの比較となる。

路線及び舗装タイプを比較するケース

ケース	鉾山都市 の位置	ルート	舗装のタイプ
1	B	I	砂利道
2	B	I	表面処理道
3	B	II	砂利道
4	B	II	表面処理道
5	D	I	砂利道
6	D	I	表面処理道
7	D	II	砂利道
8	D	II	表面処理道

なお、建設期間は1979～1980年の2年間とし、経済計算の期間は1998年までの20年間とする。

総費用は次式で計算される。

$$H = \sum_{i=1}^2 K_i \cdot C_i + \sum_{i=3}^{20} K_i \cdot 365 \cdot A_i \cdot L \cdot U + \sum_{i=3}^{20} K_i \cdot M_i$$

ここで

H : 総費用

C_i : i年の建設費

A_i : i年の平均日交通量(台/日)

L : 道路区間長(Km)

U : 台・キロメートル当りの走行費

M_i : i年の道路維持費

K_i : i年の費用を1979年現在価値にもどす係数

$$K_i = \frac{1}{(1+r)^{i-1}}$$

r : 割引率(8%及び12%について計算する。)

7.4.2 経済費用

1) 建設費

7.3.3で算出された建設費は、輸入資機材にかかる関税、物品販売税等の間接税の含まれた財政費用であるため、経済費用への調整を必要とする。財政費用の中に、どの位これらの税金分が含まれているかという明確なデータを入手することは出来なかったが、6トントラックにかかる税金は現地で入手したデータでは、関税が75%、付加価値税が40%合計115%であること、又1977年8月に最高の関税が車両類にかかる80~115%、これを除くと最高35%で平均は20%であることから次の様に考える。輸入資機材にかかる税金を70~80%と考え、更に建設費の中で輸入資機材の占める割合を25%程度と仮定して、建設費のうち約20%を税金分と考え、この20%を差し引いたものを経済費用とする。ルート別、舗装タイプ別の建設費(経済費用)は下記の様になる。

建設費(経済費用、千ドル)

	ルートⅠ	ルートⅡ
砂利道	1,449.6	1,605.6
表面処理道	2,818.9	2,773.1

この建設費は、建設期間を1979~1980年の2年間と仮定して、半分ずつを各年に振り分ける。

2) 走行費

走行費(経済費用)は、平地部、丘陵地部、山地部のそれぞれについてアスファルト・コンクリート舗装道と砂利道における台・キロメートル当りの走行費を車種別に算出した表7-11、表7-12及び表7-13を基礎とする。今回考慮するアスファルト表面処理道は、アスファルト・コンクリート舗装道と砂利道との中間の性質を持つものと考えて、走行費は両者の平均値をとる。

表面処理道と砂利道における車種別の台・キロメートル当りの走行費を次表に示す。

走行費（経済費量，セント/Km/台）

地 形	舗 装 の 種 類	乗 用 車	普 通	大 型	バ ス
			ト ラ ッ ク	ト ラ ッ ク	
平 地	表面処理	1 0.2 0	2 4.1 4	3 4.7 2	4 0.1 9
	砂 利	1 1.3 2	2 7.6 3	4 0.8 4	4 7.0 7
丘 陵 地	表面処理	1 2.1 6	2 8.9 9	4 9.2 5	5 3.6 2
	砂 利	1 3.0 4	3 2.5 1	5 6.4 6	6 1.1 0
山 地	表面処理	1 2.3 8	3 3.5 9	5 4.0 7	6 0.5 0
	砂 利	1 3.5 9	3 7.7 5	6 0.8 5	6 6.6 7

3) 道路維持費

計画地域の道路維持費に関するデータがないため、他国の類似道路における道路維持費のデータを参考に、表面処理道と砂利道の年間の定期道路維持費を下記のように仮定した。

年間定期道路維持費（ドル/Km/年）

交通量（ADT） 台/日	表面処理道	砂利道
～100	410	520
～150	460	520
～200	520	550
～250	560	620
～300	610	670

又、表面処理道はプロジェクトライフ20年間のうち建設後5年目に表層のオーバーレイを行って10年の耐用年数を持つものと考え、10年目には上層路盤、表層の再建設を行い、15年目に再びオーバーレイを行うものとする。キロメートル当りのオーバーレイ及び再建設の費用は下記のものとする。

オーバーレイ	6,800	ドル/Km
再 建 設	13,400	ドル/Km

一方、砂利道は3年毎に砂利撤布を行うものとし、キロメートル当りの費用を次のものとする。

砂 利 撤 布 1,800 ドル/Km

7.4.3 比較の結果

建設費、走行費、道路維持費の合計である総経済費用は、都市の位置（B地区又はD地区）、ルート（ルートⅠ又はルートⅡ）、舗装の種類（砂利道又は表面処理道）にしたがって8ケースについて計算された。計算結果の要約を下に示す。

総経済費用の比較（千ドル）

都市の位置	ルート	舗装の種類	建設費	走行費	道路維持費	総経済費用
B	Ⅰ	砂利道	1,395.9	12,699.4	581.7	14,677.0
			1,371.9	9,412.0	426.4	11,210.3
B	Ⅰ	表面処理道	2,714.5	11,097.9	1,131.2	14,943.6
			2,667.9	8,223.6	804.3	11,695.8
B	Ⅱ	砂利道	1,546.1	10,588.0	492.4	12,626.5
			1,519.6	7,844.3	360.7	9,724.6
B	Ⅱ	表面処理道	2,670.4	9,236.1	956.2	12,862.7
			2,624.5	6,841.6	679.5	10,145.6
D	Ⅰ	砂利道	1,395.9	11,754.3	581.7	13,731.9
			1,371.9	8,707.1	426.4	10,505.4
D	Ⅰ	表面処理道	2,714.5	10,290.5	1,131.2	14,136.2
			2,667.9	7,621.5	804.3	11,093.7
D	Ⅱ	砂利道	1,546.1	9,642.6	492.4	11,681.1
			1,519.6	7,139.7	360.7	9,020.0
D	Ⅱ	表面処理道	2,670.4	8,428.6	956.2	12,055.2
			2,624.5	6,239.4	679.5	9,543.4

注) 上段は割引率8%、下段は12%の場合を示す。

表にみられるように、鉾山都市の位置がB地区あるいはD地区いずれの場合もルートⅡの方がルートⅠよりも総経済費用は安く、e-g間をショートカットして道路を新設し、走行費の節減をはかることが経済的に正当化される。

舗装の種類は、砂利道の方が表面処理道より総経済費用が少なくなる。このことは、仮りに建設費が見積りより20%アップした場合、又仮りに交通量が推定より多く走行費が25%アップした場合を考えても変わらず、交通量が1日100~200台程度の道路では、走行の快適性、道路維持の安易さ等を犠牲にしても砂利道の方が経済的に正当化される。さらに砂利道の方が表面処理道より初期投資費用が少なく済む。

したがって、道路計画の最適案として、ルートⅡの砂利道建設を行うことが勧告される。

7.5 施工計画

7.5.1 工事数量

ルートⅡの砂利道建設の工事数量は下記の通りである。

土工事

切土(土砂)	56,490 m ³
切土(岩)	210,175 m ³
盛土	20,510 m ³

舗装工事

下層路盤(整地及び転圧)	226,500 m ²
下層路盤(20cm厚)	27,900 m ²

構造物工事

ボックスカルバート	217 m ² (コンクリート量)
パイプカルバート(φ600)	77 m
パイプカルバート(φ1,000)	56 m

7.5.2 施工条件

工期は、セロ・コロラド鉾山開発の決定がされてから採鉱が開始されるまで2年間と考え、このうち採鉱設備の設置に半年かかると仮定し、準備工事を含めて18カ月と考える。全線のうち、デュブリサ区間は、採鉱設備その他の運搬に支障をきたさないために最も早い時期に建設に着手することになる。この区間は、切り立った崖に切り込んでつくられている現道を拡張するため、岩の大切土が必要なうえ、現在の交通を安全に通しながら施工

せねばならない。その他の区間は、特に困難な工事は無い。工程表を図7-8に示す。

本地域は、雨量が非常に少ないため、日曜祭日のみを休日として稼働日数を考えれば良い。稼働日数を300日とすれば、稼働率は、82.2パーセントとなる。

7.5.3 建設機械

施工は全て機械施工とし、工種ごとの機械の組合せを次の様に考える。

切土（土砂）： ブルドーザー（19ton）

切土（岩）： ブルドーザー（19ton）、コンプレッサー（50PS）

ピックハンマー（ $1.1m^3/min$ ）、ハンドハンマー（ $2m^3/min$ ）

盛土： ブルドーザー（19ton）、モーターグレーダー（3.7m）、
タイヤローラー（15ton）

下層路盤（整地転圧）：

モーターグレーダー（3.7m）、マカダムローラー（12ton）、
ブルドーザー（19ton）、散水車（3,000ℓ）

下層路盤（ $t=20cm$ ）：

モーターグレーダー（3.7m）、タイヤローラー（15ton）、
マカダムローラー（12ton）、ダンプトラック（6ton）、
散水車（3,000ℓ）

骨材材料採取： パワーシャベル（ $0.6m^3$ ）、ダンプトラック（6ton）

骨材生産： ポータブルクラッシングプラント（40ton/hr）

ホイールローダー（ $1.3m^3$ ）

それぞれの機械の作業能力を検討し、工種ごとの作業量から必要機械台数を算出すると表7-14の通りとなる。

7.6 道路建設の評価

7.4節で行われた総経済費用の比較の結果、道路計画の最適案は、ルートⅡの砂利道建設となった。本節では、この砂利道建設により生じる便益と、道路建設自体が地域社会に与えるインパクトを検討する。

7.6.1 経済便益

今回の道路建設に対しては、通常のフィジビリティ・スタディで行われるような、

プロジェクトがある場合とない場合の費用と便益とを比較する経済評価は意味を持たない。なぜならば、本道路は、もしゼロ・コロラド銅鉱山の開発計画がなければ、現時点で改良又は新設が計画されることはないであろうと考えられるからである。

しかしながら、A-65号線上のa-b-c-d-e間では現道改良によって次の経済便益を生じる。つまり、全延長に渡って巾員6メートルの道路が建設されることにより生じる走行費の節約である。特に、巾員が狭く又斜面崩壊の危険性があり、車のすれちがいのない場合でも徐行運転を余儀なくされていたテュブリサ地点が改良され、安全走行が確保されることは大きな意味を持つ。又、砂利道ではあっても、粒度調整された骨材を締め固めてつくられるため、現道よりしっかりしたスムーズな路面が得られ、通行車両に走行費の節約と快適な走行といった便益を与える。

仮りに、この間の全走行費の2パーセントが節約されると考えて試算すると、1998年までの節約額の合計は、割引率8パーセントで、鉱山都市がD地区の場合は144.4千ドルとなる（B地区の場合は162.5千ドル）。これは、この区間の経済建設費642500USドルの22パーセントをカバーする。

これらの便益を受ける交通は、下記のように鉱山輸送部分と公共輸送部分に分けられる。

鉱山輸送部分と公共輸送部分

	鉱山-鉱山都市	鉱山都市 -イキイケ	イキイケ-鉱山
鉱山輸送	スタッフ、労務者の毎日の往復		鉱石運搬 業務用 発電用燃料運搬
公共輸送		全人口が月1回イキイケに行く。 妻帯単身赴任スタッフ及び労務者が週1回イキイケに行く。 妻帯スタッフの10%が毎日イキイケに行く。 食料品の運搬 日常雑貨運搬	
	通常交通	通常交通	通常交通

ここでは、鉾山開発により発生する交通のうち、鉾山都市住民の日常生活を維持するために必要な交通は、公共輸送部分に含まれると考えている。A-65号線上における公共輸送部分の交通量を、表7-15に示す。表に見られるように、公共輸送部分の交通量は、鉾山都市がD地区の場合には、1980年に全交通量137台/日中47台/日、1998年には205台/日中115台/日を占め（鉾山都市がB地区の場合は、1980年に全交通量144台/日中25台/日、1998年には212台/日中93台/日）この道路がかなりの公共性を持っていると云える。

e-g-h間は、今のところ鉾山開発のための交通だけが利用する道路であるが、e-g間をショートカットする道路が新設され、バルカに至るルートが約6キロメートル短縮されることによって、奥地のバルカ、ノアサ両部落の住民に対して便益を与えることが期待される。即ち、農業生産品の市場接近、商品化が促されるため、ノアサ、バルカでの農業生産が拡大する可能性を生み、農産物運搬の交通がこの道路を利用することになる。

更に、7.2.1項に述べた如く、イキケ道路局により考えられているA-65号線をバルカの先に延長し、パンバ・リリーマを経てポリビアに至る道路の建設が具体的に検討されることになれば、セロ・コロラド鉾山の関連施設として改良されるA-65号線～新道～鉾山地点間の道路改良・新設事業が、将来このポリビア・ルートの一部として利用され、ポリビアからの物資輸送に役立てられる事になるものと予想される。

7.6.2 道路建設のインパクト

本道路建設の初期投資金額は、1979～1980年の2年間に渡る2,007千ドルである。このうち、骨材、木材等の現地材料費、運搬費及び労務費は、周辺地域の中で支払われると考えられる。この金額は全体の約20%の400千ドルと推定され、これが地域経済にインパクトとして加わることになる。

このうちの労務費は約30%の120千ドルと推定され、これに相当する労働需要が発生する。これによって、この地域の余剰労働力を吸収することが期待される。又労働力が生産性の低い部門の潜在失業者から得られるとすると、その部門の生産性も向上させると考えられる。

ROAD INVENTORY OF ROUTE A-65

Accumulative Distance (km)	Distance (km)	Terrain	Gradient (%)	Pavement Condition	Road Width (m)		Remarks
					Carriage-way	Shoulder	
0.0							Iquique
2.7	2.7	Flat	Flat	Asphalt, Fair	6.0	1.0	
10.5	7.8	Mountainous	+5.8	Asphalt, Good	"	"	Customs Office
16.6	6.1	Rolling	+2.9	"	"	1.0-2.0	
18.6	2.0	Mountainous	+7.5	"	"	"	
20.0	1.4	Flat	flat	"	"	"	
21.6	1.6	Rolling	-3.1	"	"	"	
25.0	3.4	Flat	Flat	"	"	"	
26.9	1.9	"	"	"	"	"	
30.7	3.8	Rolling	+3.9	"	"	"	
32.8	2.1	"	+2.2	"	"	"	
46.9	14.1	"	-0.4	"	"	"	Humberstone
52.1	5.2	Flat	-0.1	"	7.0	2.0	Pozo Almonte
52.3	0.2	"	-0.1	"	"	"	Beginning point of Route A-65
56.1	3.8	"	flat	Asphalt, Bad	4.5	2.5	
56.2	0.1	"	"	Damaged	"	"	
60.7	4.5	"	"	Asphalt, Bad	"	"	
66.8	6.1	"	"	Damaged	"	"	
67.8	1.0	"	"	Asphalt, Bad	"	"	

ROAD INVENTORY OF ROUTE A-65 (continued)

Accumulative Distance (km)	Distance (km)	Terrain	Gradient (%)	Pavement Condition	Road Width (m)		Remarks
					Carriage-way	Shoulder	
67.9	0.1	Flat	flat	Damaged	4.5	2.5	
68.0	0.1	"	"	Asphalt, Bad	"	"	
68.1	0.1	"	"	Damaged	"	"	
71.7	3.6	"	"	Asphalt, Bad	"	"	Junction (Sagasca-Mamiña)
74.9	3.2	"	"	Gravel, Bad	"	-	
75.8	0.9	"	"	"	"	-	
80.2	4.4	"	"	"	"	-	
85.2	5.0	"	+1.0	"	"	-	
92.2	7.0	"	+2.9	Gravel, Fair	"	-	
95.0	2.8	"	+3.3	"	"	-	
97.1	2.1	"	"	"	"	-	
98.2	1.1	"	+3.3	"	"	-	
98.5	0.3	"	+5.0	"	"	-	
99.6	1.1	"	"	"	"	-	
101.0	1.4	"	"	"	"	-	
104.5	3.5	"	"	"	"	-	
104.8	0.3	"	"	"	"	-	
105.2	0.4	"	"	"	"	-	
107.4	2.2	"	"	"	"	-	Beginning point of Dupliza

表 7-1

ROAD INVENTORY OF ROUTE A-65 (continued)

Accumulative Distance (km)	Distance (km)	Terrain	Gradient (%)	Pavement Condition	Road Width (m)		Remarks
					Carriage-way	Shoulder	
108.6	1.2	Mountainous	+5.0	Gravel, Fair	3.0	-	Ending point of Dupliza
109.2	0.6	"	"	"	4.5	-	Quipisca
109.6	0.4	Rolling	"	"	"	-	
109.7	0.1	"	"	"	"	-	
110.1	0.4	"	+5.4	Asphalt, Bad	"	-	
111.1	1.0	Flat	"	"	"	-	
111.4	0.3	Rolling	"	"	"	-	
113.7	2.3	Flat	"	"	"	-	
114.2	0.5	"	+5.8	Gravel, Fair	"	-	
114.4	0.2	Rolling	"	"	"	-	
116.3	1.9	Flat	"	"	"	-	
116.4	0.1	"	"	"	"	-	
116.7	0.3	Rolling	"	"	"	-	
117.1	0.4	Flat	"	"	"	-	
117.7	0.6	"	"	"	"	-	
117.9	0.2	Rolling	"	"	"	-	
124.2	6.3	Flat	-3.0	"	"	-	Junction (Mamina-Parca)
124.8	0.6	"	"	"	3.0	-	
125.1	0.3	Mountainous	"	"	"	-	

ROAD INVENTORY OF ROUTE A-65 (continued)

Accumulative Distance (km)	Distance (km)	Terrain	Gradient (%)	Pavement Condition	Road Width (m)		Remarks
					Carriage-way	Shoulder	
125.6	0.5	Mountainous	-3.0	Gravel, Fair	3.0	-	
125.9	0.3	"	"	"	"	-	
126.2	0.3	Rolling	"	"	"	-	
131.0	4.8	Mountainous	+5.0	"	"	-	
131.1	0.1	Rolling	-5.0	"	"	-	
131.6	0.5	"	"	"	"	-	
134.9	3.3	"	"	"	"	-	
137.4	2.5	Flat	flat	"	"	-	
137.9	0.5	"	"	"	"	-	Cerro Colorado
142.9	5.0	Mountainous	-7.0	Gravel, Bad	"	-	Mining tunnel of Colorado Mine

表 7-1

TRAFFIC COUNT DATA

(vehicles per day)

Year	Route No. 16 Iquique-Humberstone (a' - b')			Route No. 5 Humberstone-Pozo Almonte (b' - c')			Route No. A-65 Pozo Almonte-Junction (Segasca) (c' - a)			Route No. A-65 Junction (Segasca)-Mamiña (a-b-c-d-e-f)			Total							
	P/C	O/T	H/T	Bus	Total	P/C	O/T	H/T	Bus	Total	P/C	O/T		H/T	Bus					
1966	121	138	2	21	282	102	232	5	19	358	7	17	0	1	25	7	5	0	1	13
1967	187	148	4	46	385	184	162	8	46	400	19	7	0	0	26	13	10	0	0	23
1968	139	148	3	30	320	114	184	6	23	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1970	224	191	11	50	476	203	222	15	56	496	49	31	1	6	87	4	2	0	0	5
1971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1974	168	180	9	52	409	194	177	20	56	447	35	42	16	21	114	14	15	7	8	44
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1976	166	136	30	42	374	116	118	37	38	309	21	13	14	11	59	6	2	0	1	9
1977	202	129	30	75	436	185	117	48	79	429	14	12	15	7	48	3	3	0	0	6

Remarks: P/C = Passenger Car, O/T = Ordinary Truck, H/T = Heavy Truck
 Source: Direccion de Vialidad, I Region Tarapaca, Oficina Administrativa

NUMBER OF REGISTERED VEHICLES IN IQUIQUE DEPARTMENT

Vehicle Type	Year					1977 (predicted)
	1973	1974	1975	1976	1976	
Passenger Car	750	838	1,033	1,584	2,100	
Station Wagon	99	90	90	94	200	
Taxi	204	208	148	192	350	
Bus	186	230	248	212	250	
Light Truck	813	836	792	951	1,300	
Truck	723	757	832	710	1,100	
sub-total	2,775	2,959	3,143	3,643	5,300	
Motor Cycle	423	417	508	416	470	
Total	3,198	3,376	3,651	4,059	5,770	

Source: Direccion del Transito, Iquique

表 7 - 4 .

PROJECTION OF NORMAL TRAFFIC
(a-b-c-d-e-f)

	P/C	O/T	H/T	BUS	TOTAL
1977	8	7	2	3	20
1978	9	7	2	3	21
1979	11	8	2	3	24
1980	12	8	2	3	25
1981	14	8	2	4	28
1982	16	9	2	4	31
1983	18	9	3	4	34
1984	20	9	3	4	36
1985	23	10	3	4	40
1986	25	10	3	4	42
1987	28	10	3	4	45
1988	31	11	3	4	49
1989	34	11	3	5	53
1990	38	11	3	5	57
1991	41	12	3	5	61
1992	45	12	3	5	65
1993	48	12	4	5	69
1994	52	13	4	5	74
1995	56	13	4	5	78
1996	60	13	4	6	83
1997	64	14	4	6	88
1998	69	14	4	6	93

Remarks: P/C = Passenger Car
O/T = Ordinary Truck
H/T = Heavy Truck

TRAFFIC PROJECTION (Normal + Mine Development) (1)

(vehicles per day)

Year	Town Location "B"					Town Location "D"				
	a-b-c-d-e-f (Route I)					a-b-c-d-e (Route I)				
	a-b-c-d-e (Route II)					a-b-c-d-e (Route II)				
	P/C	O/T	H/T	Bus	Total	P/C	O/T	H/T	Bus	Total
1979	25	43	52	23	143	30	47	52	7	136
1980	26	43	52	23	144	31	47	52	7	137
1981	28	43	52	24	147	33	47	52	8	140
1982	30	44	52	24	150	35	48	52	8	143
1983	32	44	53	24	153	37	48	53	8	146
1984	34	44	53	24	155	39	48	53	8	148
1985	37	45	53	24	159	42	49	53	8	152
1986	39	45	53	24	161	44	49	53	8	154
1987	42	45	53	24	164	47	49	53	8	157
1988	45	46	53	24	168	50	50	53	8	161
1989	48	46	53	25	172	53	50	53	9	165
1990	52	46	53	25	176	57	50	53	9	169
1991	55	47	53	25	180	60	51	53	9	173
1992	59	47	53	25	184	64	51	53	9	177
1993	62	47	54	25	188	67	51	54	9	181
1994	66	48	54	25	193	71	52	54	9	186
1995	70	48	54	25	197	75	52	54	9	190
1996	74	48	54	26	202	79	52	54	10	195
1997	78	49	54	26	207	83	53	54	10	200
1998	83	49	54	26	212	88	53	54	10	205

Remarks: P/C = Passenger car, O/T = Ordinary truck,
H/T = Heavy truck

表 7-6

TRAFFIC PROJECTION (Normal + Mine Development) (2)

(vehicles per day)

Year	Town Location "D"					Town Location "B" or "D"				
	e-f (Route I)					f-g-h (Route I) e-g-h (Route II)				
	P/C	O/T	H/T	Bus	Total	P/C	O/T	H/T	Bus	Total
1979	25	43	52	23	143	14	35	50	20	119
1980	26	43	52	23	144	14	35	50	20	119
1981	28	43	52	24	147	14	35	50	20	119
1982	30	44	52	24	150	14	35	50	20	119
1983	32	44	53	24	153	14	35	50	20	119
1984	34	44	53	24	155	14	35	50	20	119
1985	37	45	53	24	159	14	35	50	20	119
1986	39	45	53	24	161	14	35	50	20	119
1987	42	45	53	24	164	14	35	50	20	119
1988	45	46	53	24	168	14	35	50	20	119
1989	48	46	53	25	172	14	35	50	20	119
1990	52	46	53	25	176	14	35	50	20	119
1991	55	47	53	25	180	14	35	50	20	119
1992	59	47	53	25	184	14	35	50	20	119
1993	62	47	54	25	188	14	35	50	20	119
1994	66	48	54	25	193	14	35	50	20	119
1995	70	48	54	25	197	14	35	50	20	119
1996	74	48	54	26	202	14	35	50	20	119
1997	78	49	54	26	207	14	35	50	20	119
1998	83	49	54	26	212	14	35	50	20	119

Remarks: P/C = Passenger car, O/T = Ordinary truck,
H/T = Heavy truck

COMPARISON OF ROUTE LENGTHRoute I total length 72.2 km

Segment	Terrain Condition			Type of Construction	
	Flat (km)	Rolling (km)	Mountainous (km)	Widening (km)	New Construction (km)
a - b	21.5	-	-	21.5	-
b - c	14.2	-	-	14.2	-
c - d	-	-	1.2	1.2	-
d - e	-	10.1	-	10.1	-
e - f	-	5.5	-	5.5	-
f - g	-	14.7	-	14.7	-
g - h	-	-	5.0	5.0	-
total	35.7	30.3	6.2	72.2	0.0

Route II total length 61.0 km

Segment	Terrain Condition			Type of Construction	
	Flat (km)	Rolling (km)	Mountainous (km)	Widening (km)	New Construction (km)
a - b	21.5	-	-	21.5	-
b - c	14.2	-	-	14.2	-
c - d	-	-	1.2	1.2	-
d - e	-	10.1	-	10.1	-
e - g	-	9.0	-	-	9.0
g - h	-	-	5.0	5.0	-
total	35.7	19.1	6.2	52.0	9.0

GEOMETRIC DESIGN STANDARD OF CHILE

Road Class Terrain Condition	"L"			"M"			"N"			"O"		"P"
	Flat	Rolling	Mount.	Flat	Rolling	Mount.	Flat	Rolling	Mount.	Rolling	Mount.	Mountainous
Average Daily Traffic (ADT)	more than 3,000			1,500 - 3,000			up to 1,500	100 - 1,500	500 - 1,500	up to 100	100 - 500	up to 100
Design Speed (km/h)	110	100	85	100	85	60	85	70	45	55	35	under 35
Minimum Radius of Curvature (m)	465	370	265	370	265	120	265	180	60	110	40	40
Normal Gradient (%)	4.0	4.0	4.5	4.0	5.0	6.0	5.0	6.0	7.0	7.0	8.0	8.0
Maximum Gradient (%)	4.0	5.0	6.0	5.0	6.0	7.0	7.0	8.0	9.0	9.0	10.0	10.0
Transition of Superelevation (m)	300 - 500			200 - 300			200 - 250			100 - 150		100
Braking Distance (m)	178	153	117	153	117	68	117	87	45	60	31	60
Stopping Sight Distance ^{/1} (m)	232	200	152	200	152	90	152	111	60	78	41	78
Passing Sight Distance (m)	880	600	430	600	430	270	430	350	150	210	130	-
Carriageway or Pavement Width (m)	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.0	6.0	4.0
Roadway Width (Embankment) (m)	14.0	14.0	14.0	13.0	12.0	12.0	11.0	11.0	10.0	6.0	6.0	4.0
Roadway Width (Cutting) (m)	13.0	13.0	13.0	12.0	11.0	11.0	10.0	10.0	9.0	6.0	6.0	4.0
Shoulder Width (Embankment) (m)	3.0	3.0	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	-	-	-
Shoulder Width (Cutting) (m)	3.5	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	1.5	-	-	-
Right-of-Way Width (m)	40 - 60			20 - 40			20 - 30			20		20
Pavement Type	Plant-mixed Asphalt Concrete			Asphalt Macadam			Bituminous Surface Treatment			Gravel		Earth
Cutting Slope	Varies according to terrain condition											

Remarks: ^{/1} Stopping sight distance = 1.3 x (Braking distance)
 Source: Direccion de Vialidad, Departamento de Estudios de Caminos

CONSTRUCTION QUANTITIES BY SECTION

Work Item	Unit	Section							
		a - b (21.5 km)	b - c (14.2 km)	c - d (1.2 km)	d - e (10.1 km)	e - f (5.5 km)	f - g (14.7 km)	g - h (5.0 km)	e - g (9.0 km)
Earth Work									
Embankment	m ³	240	840	0	990	0	960	1,800	16,640
Cut (earth)	m ³	8,100	0	0	3,000	1,650	6,120	31,580	13,810
Cut (rock)	m ³	0	0	110,055	4,800	0	1,800	79,830	15,490
Pavement									
Subbase course (1) (grading & compaction)	m ²	96,750	63,900	5,400	45,450	24,750	66,150	15,000	0
Subbase course (2) (aggregate hauling 5 km)	m ³	2,400	4,260	360	3,030	1,650	4,410	3,000	10,800
Subbase course (3) (aggregate hauling 15 km)	m ³	4,050	0	0	0	0	0	0	0
Base course (1) (aggregate hauling 5 km)	m ³	7,200	12,780	1,080	9,090	4,950	13,230	4,500	8,100
Base course (2) (aggregate hauling 15 km)	m ³	12,150	0	0	0	0	0	0	0
Surface course (bituminous surface treatment)	m ²	96,750	63,900	5,400	45,450	24,750	66,150	22,500	40,500
Drainage									
Box culvert	m ³ of concrete	0	0	0	0	0	0	0	217
Pipe culvert (φ600)	m	14	49	0	0	0	28	14	0
Pipe culvert (φ1,000)	m	0	0	0	14	0	0	0	42

Remarks: As for the gravel road construction, the work items of Base Course (1), Base Course (2) and Surface Course are excluded from the above table.

CONSTRUCTION COST OF ROADWAY

(Unit: US\$)

Item	Unit of Quantity	Unit Rate (US\$)	Gravel Road				Bituminous Surface Treatment Road			
			Route I		Route II		Route I		Route II	
			Quantity	Amount	Quantity	Amount	Quantity	Amount	Quantity	Amount
<u>DIRECT CONSTRUCTION COST</u>			<u>1,449,573</u>		<u>1,605,634</u>		<u>2,818,878</u>		<u>2,773,137</u>	
Earthwork										
Embankment	m ³	2.25	4,830	10,868	20,510	46,148	4,830	10,868	20,510	46,148
Cut (earth)	m ³	1.25	50,450	63,063	56,490	70,613	50,450	63,063	56,490	70,613
Cut (rock)	m ³	6.25	196,485	1,228,031	210,175	1,313,594	196,485	1,228,031	210,175	1,313,594
Pavement										
Subbase course (1) (grading & compaction)	m ²	0.14	317,400	44,436	226,500	31,710	317,400	44,436	226,500	31,710
Subbase course (2) (aggregate hauling 5 km)	m ³	3.75	19,110	71,663	23,850	89,438	19,110	71,663	23,850	89,438
Subbase course (3) (aggregate hauling 15 km)	m ³	6.87	4,050	27,824	4,050	27,824	4,050	27,824	4,050	27,824
Base course (1) (aggregate hauling 5 km)	m ³	10.62	-	-	-	-	52,830	561,055	42,750	454,005
Base course (2) (aggregate hauling 15 km)	m ³	16.25	-	-	-	-	12,150	197,438	12,150	197,438
Surface course (bituminous surface treatment)	m ²	1.88	-	-	-	-	324,900	610,812	274,500	516,060
Drainage										
Box culvert	m ³ of concrete	93.75	0	0	217	20,344	0	0	217	20,344
Pipe culvert (φ600)	m	25.62	105	2,690	77	1,973	105	2,690	77	1,973
Pipe culvert (φ1,000)	m	71.25	14	998	56	3,990	14	998	56	3,990
<u>CONTINGENCY (10%)</u>			<u>144,957</u>		<u>160,563</u>		<u>281,888</u>		<u>277,314</u>	
<u>ENGINEERING & ADMINISTRATION (15%)</u>			<u>217,436</u>		<u>240,845</u>		<u>422,832</u>		<u>415,971</u>	
<u>TOTAL</u>			<u>1,811,966</u>		<u>2,007,042</u>		<u>3,523,598</u>		<u>3,466,422</u>	

ECONOMIC VEHICLE OPERATING COST (FLAT TERRAIN)

	Vehicle Type		Passenger Car		Light Truck		Heavy Truck		Bus	
	Pavement Type		Asphalt	Gravel	Asphalt	Gravel	Asphalt	Gravel	Asphalt	Gravel
	Running Speed (km/hr.)		95	90	65	60	65	55	95	90
Vehicle Operating Cost (pesos/km)										
1) Fuel			0.3119	0.4924	0.6104	0.9424	0.7430	1.0228	0.9699	1.4301
2) Lubricant			0.0718	0.1071	0.0786	0.1179	0.0786	0.1179	0.0786	0.1179
3) Tire			0.0250	0.0779	0.1533	0.4600	0.3575	1.0717	0.4858	1.4583
4) Maintenance & repair			0.2157	0.2171	0.2508	0.3762	0.4339	0.6508	0.5005	0.7508
5) Depreciation			0.3800	0.4011	0.4243	0.4597	0.7370	0.8675	0.6998	0.7388
6) Time fixed cost			0.2210	0.2333	1.2711	1.3770	1.5123	1.7873	1.7652	1.8634
Total			1.2254	1.5289	2.7885	3.7332	3.8623	5.5180	4.4998	6.3593
(Cent equivalent)	$\frac{1}{1}$	(cent/km)	(9.07)	(11.32)	(20.64)	(27.63)	(28.59)	(40.84)	(33.31)	(47.07)

Remark: $\frac{1}{1}$ US\$ = 13.51 pesos
Source: Chilean consultant

ECONOMIC VEHICLE OPERATING COST (ROLLING TERRAIN)

Vehicle Type	Passenger Car		Light Truck		Heavy Truck		Bus	
	Asphalt	Gravel	Asphalt	Gravel	Asphalt	Gravel	Asphalt	Gravel
Running Speed (km/hr.)	70	65	35	31	25	22	45	40
Vehicle Operating Cost (pesos/km)								
1) Fuel	0.5394	0.6586	0.8777	1.1091	1.8291	2.2946	2.0133	2.5823
2) Lubricant	0.0664	0.0979	0.0779	0.1171	0.0779	0.1171	0.0779	0.1171
3) Tire	0.0310	0.0748	0.1533	0.4600	0.3575	1.0717	0.4858	1.4583
4) Maintenance & repair	0.2157	0.2171	0.2508	0.3762	0.4339	0.6508	0.5005	0.7508
5) Depreciation	0.4247	0.4512	0.5204	0.5698	0.9737	1.1414	0.8865	0.9499
6) Time fixed cost	0.2470	0.2625	1.5589	1.7600	2.0061	2.3517	2.2696	2.3958
Total	1.5242	1.7621	3.4390	4.3922	5.6782	7.6273	6.2336	8.2542
(Cent equivalent) $\frac{1}{100}$ (cent/km)	(11.28)	(13.04)	(25.46)	(32.51)	(42.03)	(56.46)	(46.14)	(61.10)

Remark: $\frac{1}{100}$ US\$ = 13.51 pesos
 Source: Chilean consultant

8

ECONOMIC VEHICLE OPERATING COST (MOUNTAINOUS TERRAIN).

Vehicle Type	Passenger Car		Light Truck		Heavy Truck		Bus	
	Asphalt	Gravel	Asphalt	Gravel	Asphalt	Gravel	Asphalt	Gravel
Running Speed (km/hr.)	50	45	28	24	20	17	35	31
Vehicle Operating Cost (pesos/km)								
1) Fuel	0.4606	0.5777	1.2988	1.6224	2.4125	2.7128	2.8552	3.1536
2) Lubricant	0.0629	0.0943	0.0779	0.1171	0.0779	0.1171	0.0779	0.1171
3) Tire	0.0279	0.1368	0.1533	0.4600	0.3575	1.0717	0.4858	1.4583
4) Maintenance & repair	0.2157	0.2171	0.2508	0.3762	0.4339	0.6508	0.5005	0.7508
5) Depreciation	0.4688	0.5014	0.5494	0.6048	1.0151	1.1988	0.9364	1.0014
6) Time fixed cost	0.2727	0.3081	1.6458	1.9201	2.0915	2.4699	2.3619	2.5257
Total	1.5086	1.8354	3.9760	5.1006	6.3884	8.2211	7.2177	9.0069
(Cent equivalent) $\frac{1}{100}$ (cent/km)	(11.17)	(13.59)	(29.43)	(37.75)	(47.29)	(60.85)	(53.42)	(66.67)

Remark: $\frac{1}{100}$ US\$ = 13.51 pesos
Source: Chilean consultant

表 7 - 1 4

REQUIRED NUMBER OF CONSTRUCTION EQUIPMENT

Item	Capacity	Number
Bulldozer	19 ton	7
Compressor	50 PS	5
Pick hammer	1.1 m ³ /min.	15
Hand hammer	2 m ³ /min.	10
Motor grader	3.7 m	2
Tire roller	15 ton	2
Macadam roller	12 ton	2
Water tanker	3,000 ℓ	2
Dump truck	6 ton	6
Power shovel	0.6 m ³	1
Crushing plant	40 ton/hr.	1
Wheel loader	1.3 m ³	1
Concrete mixer	0.3 m ³	1

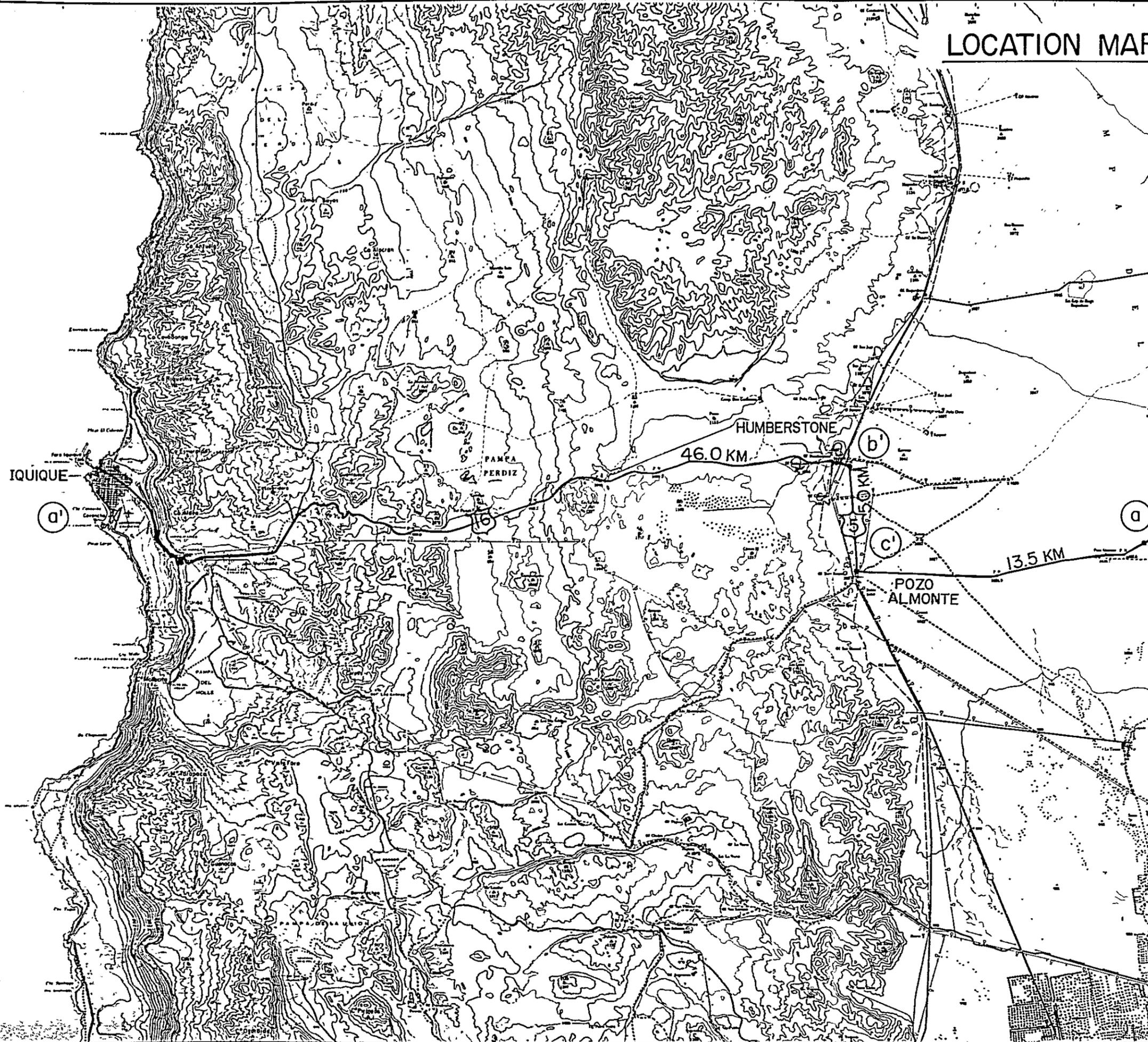
TRAFFIC VOLUME OF PUBLIC TRANSPORT PART ON ROUTE A-65

Year	Passenger Car	Ordinary Truck	Heavy Truck	Bus	Total
<u>In case the location of the mining town is B-site</u>					
1980	12 (26)	8 (43)	2 (52)	3 (23)	25 (144)
1990	38 (52)	11 (46)	3 (53)	5 (25)	57 (176)
1998	69 (83)	14 (49)	4 (54)	6 (26)	93 (212)
<u>In case the location of the mining town is D-site</u>					
1980	26 (31)	12 (47)	2 (52)	7 (7)	47 (137)
1990	52 (57)	15 (50)	3 (53)	9 (9)	79 (169)
1998	83 (88)	18 (53)	4 (54)	10 (10)	115 (205)

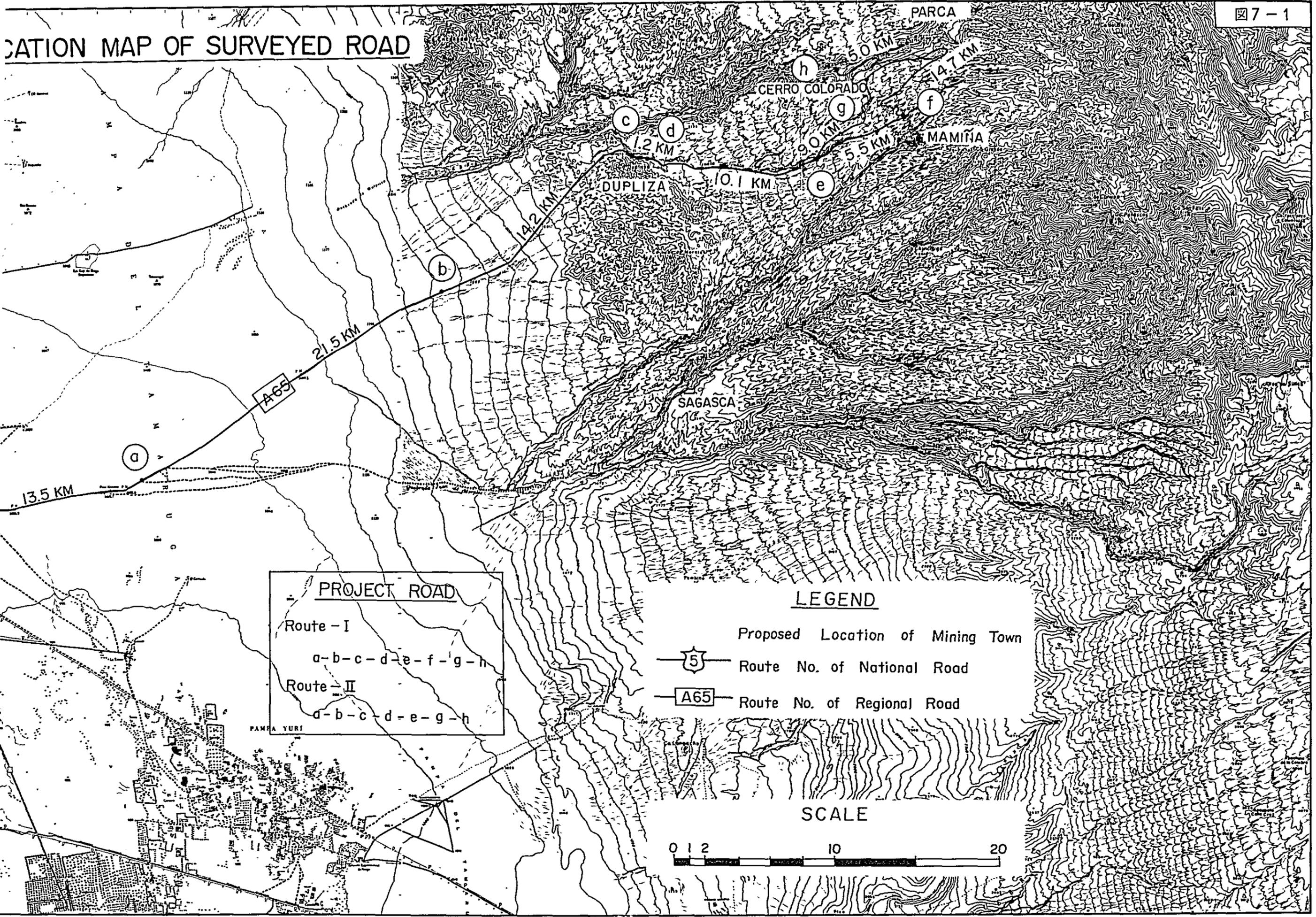
Remarks: Figures in parentheses indicate the total traffic volume.

LOCATION MAP

O C E A N O
P A C I F I C O



LOCATION MAP OF SURVEYED ROAD



PROJECT ROAD

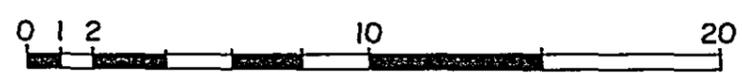
Route - I
a-b-c-d-e-f-g-h

Route - II
a-b-c-d-e-g-h

LEGEND

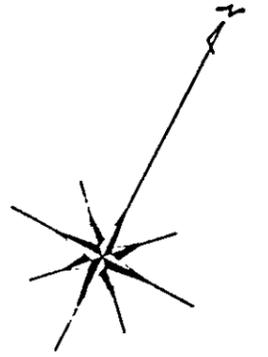
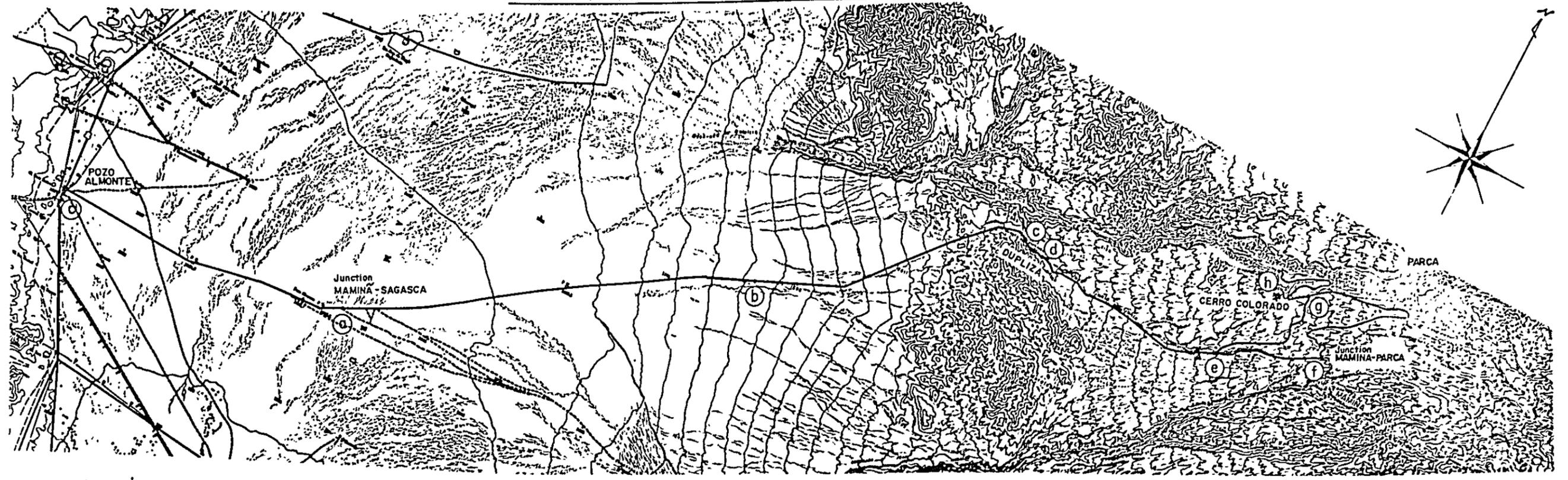
- Proposed Location of Mining Town
- Route No. of National Road
- Route No. of Regional Road

SCALE



SOIL PROFILE ALONG THE SURVEYED ROUTE

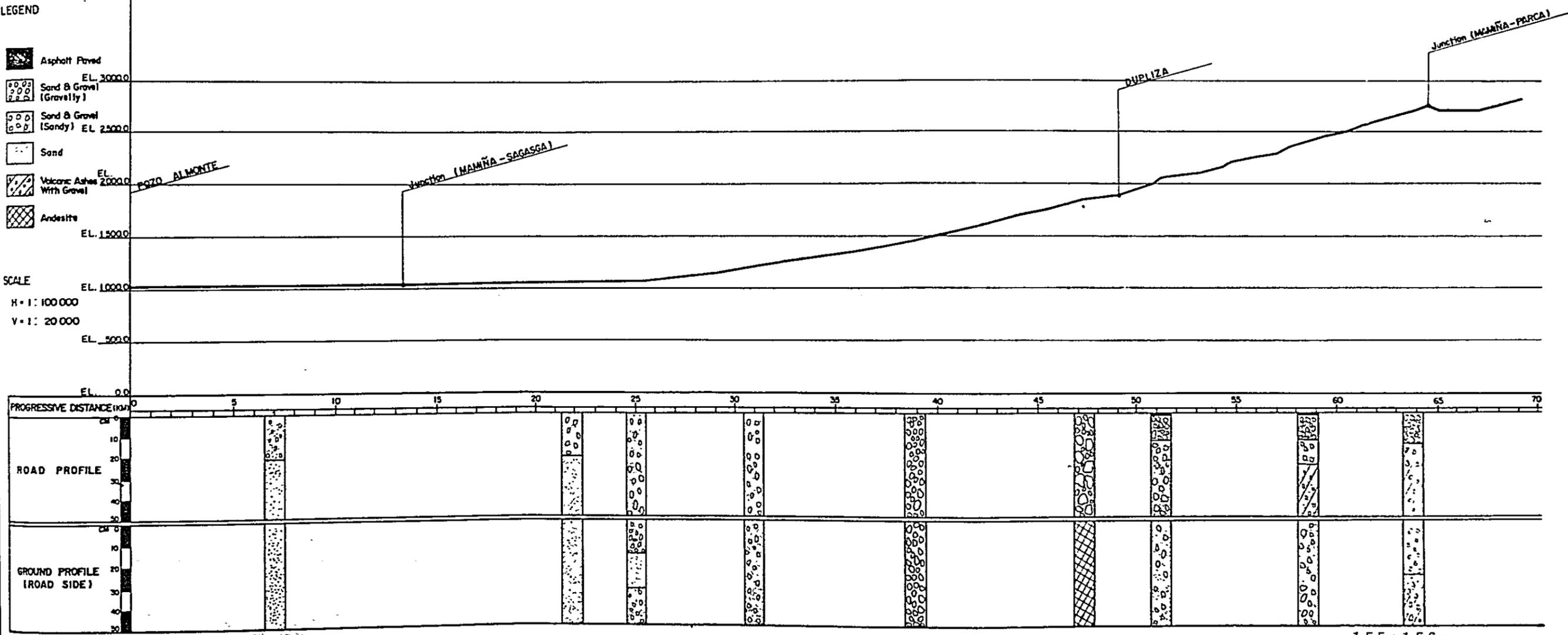
7-2



LEGEND

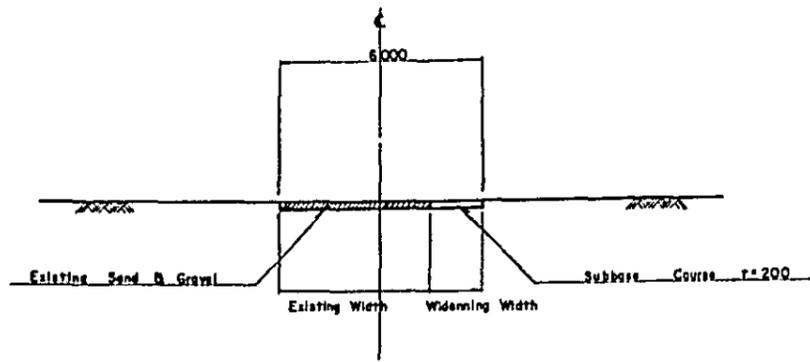
- Asphalt Paved
- Sand & Gravel (Gravelly) EL. 3000.0
- Sand & Gravel (Sandy) EL. 2500.0
- Sand
- Volcanic Ashes With Gravel EL. 2000.0
- Andesite EL. 1500.0

SCALE
 H = 1 : 100 000
 V = 1 : 20 000

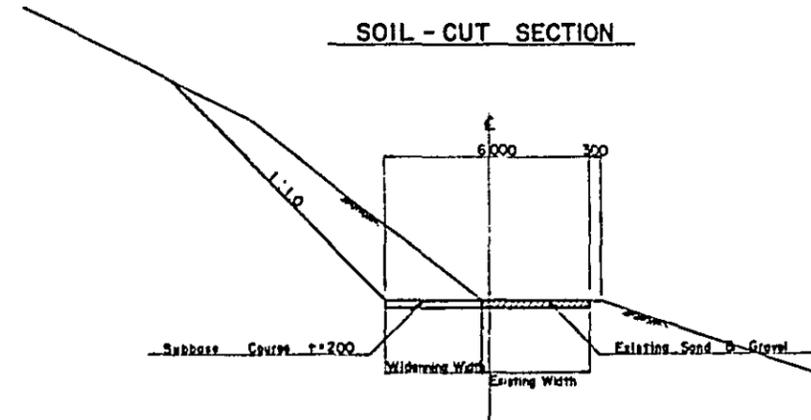


TYPICAL CROSS SECTION
GRAVEL ROAD

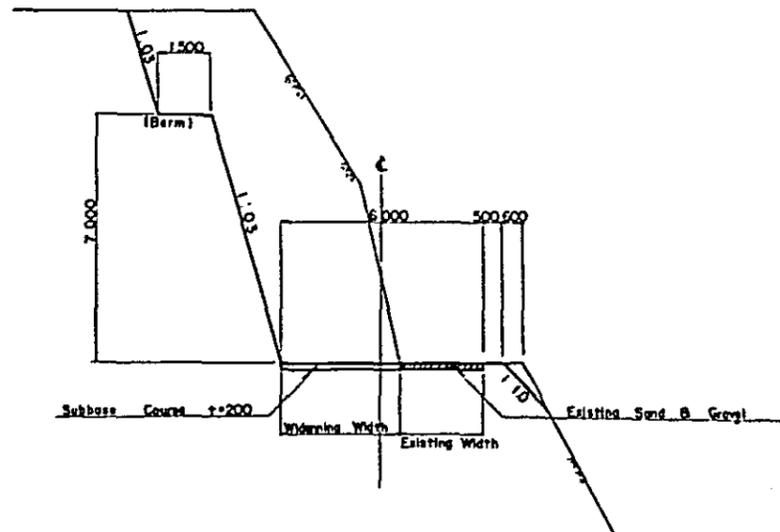
WIDENING SECTION



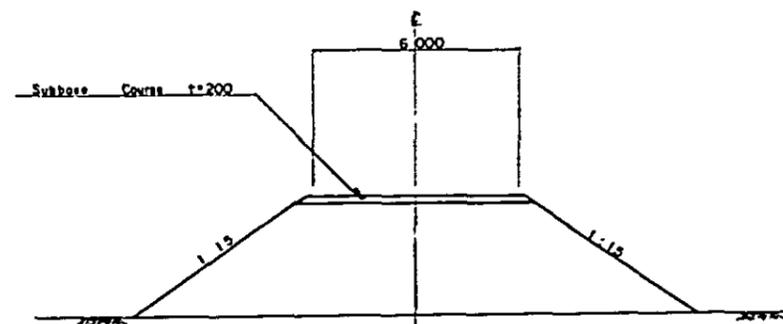
SOIL - CUT SECTION



ROCK-CUT SECTION

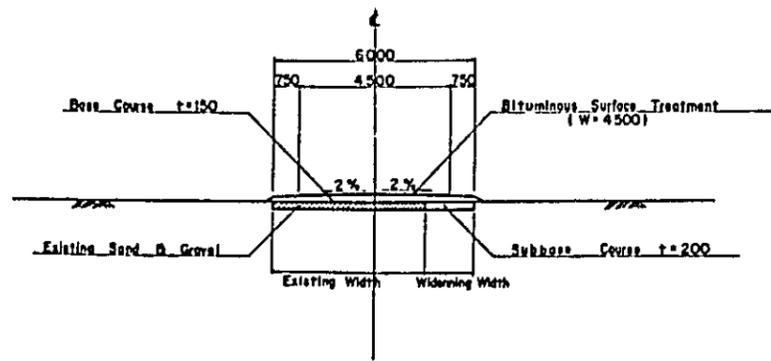


EMBANKMENT SECTION

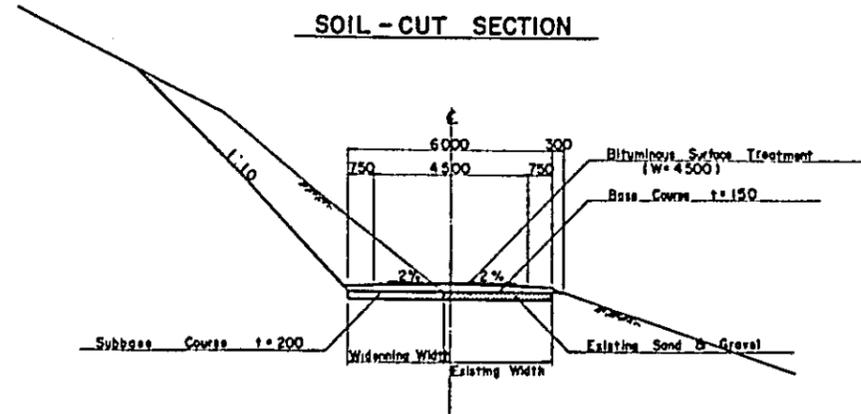


TYPICAL CROSS SECTION
BITUMINOUS SURFACE TREATMENT ROAD

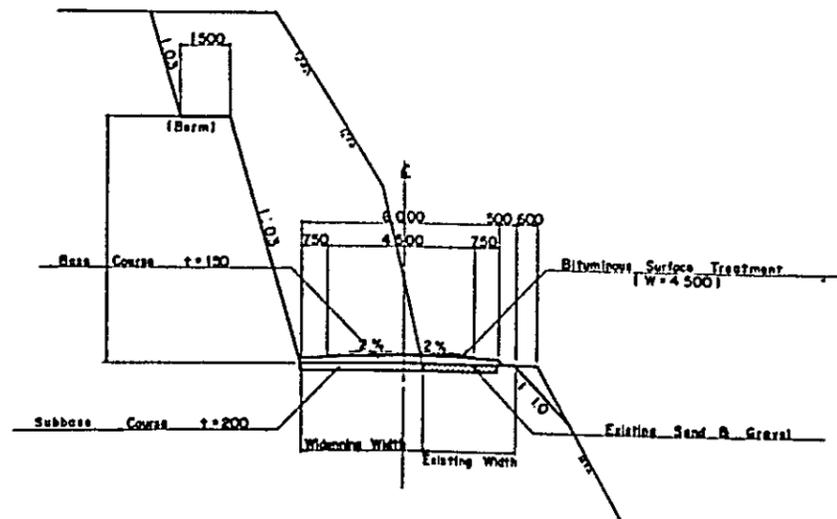
WIDENING SECTION



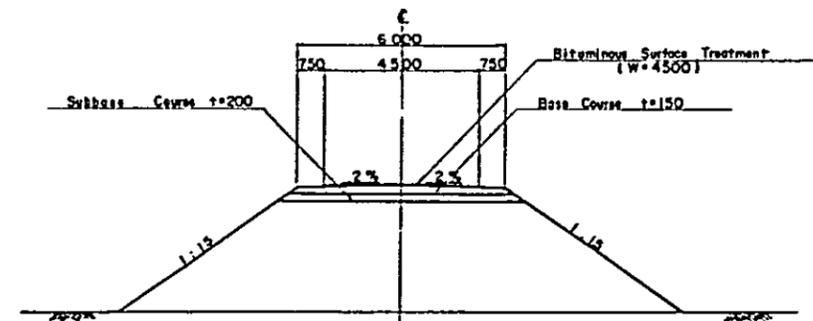
SOIL-CUT SECTION



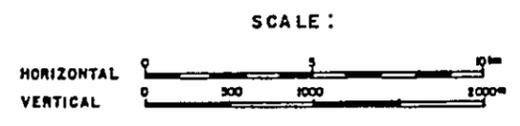
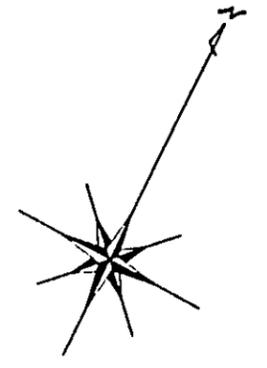
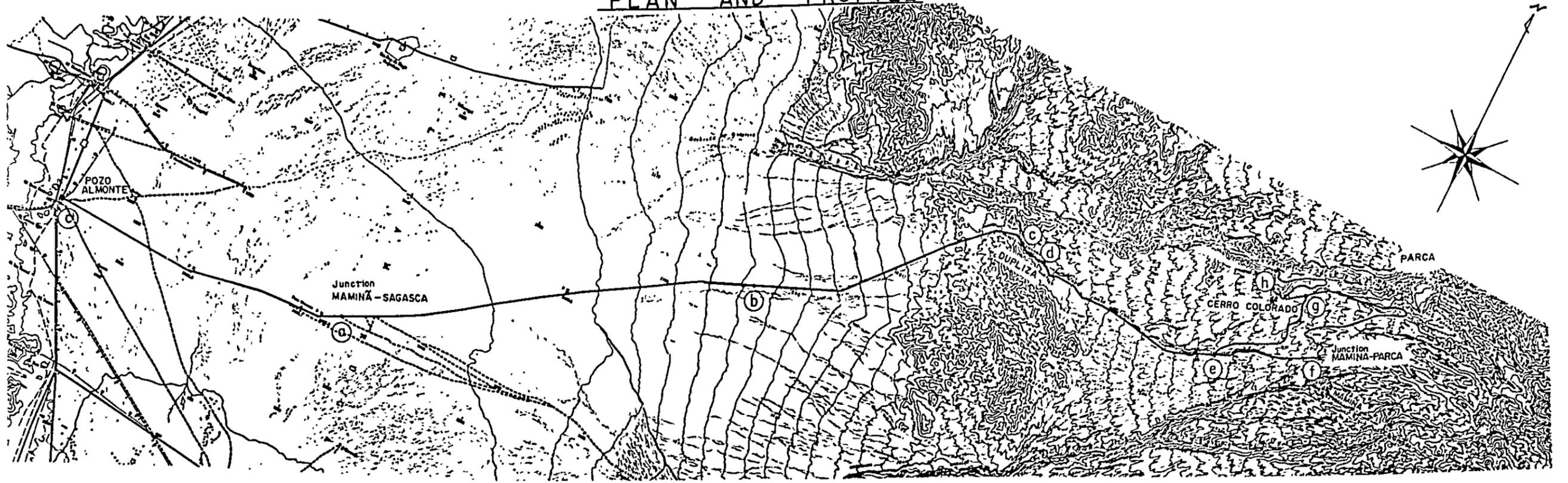
ROCK-CUT SECTION



EMBANKMENT SECTION

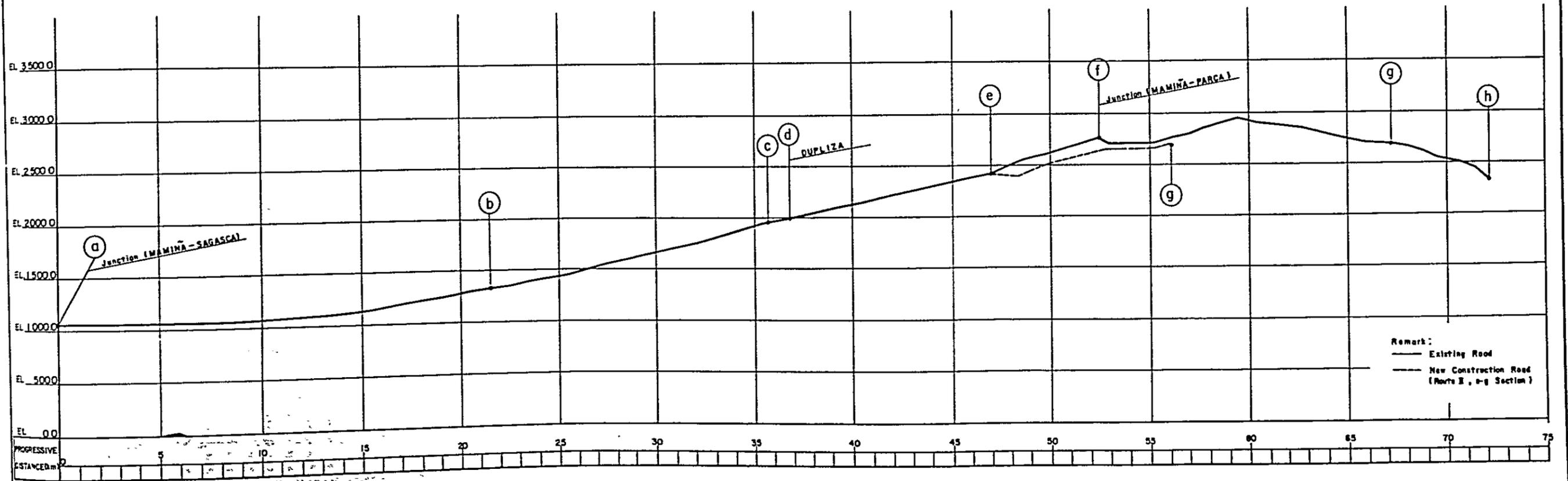


PLAN AND PROFILE



ROUTE I (a)-(b)-(c)-(d)-(e)-(f)-(g)-(h)

ROUTE II (a)-(b)-(c)-(d)-(e)-(g)-(h)



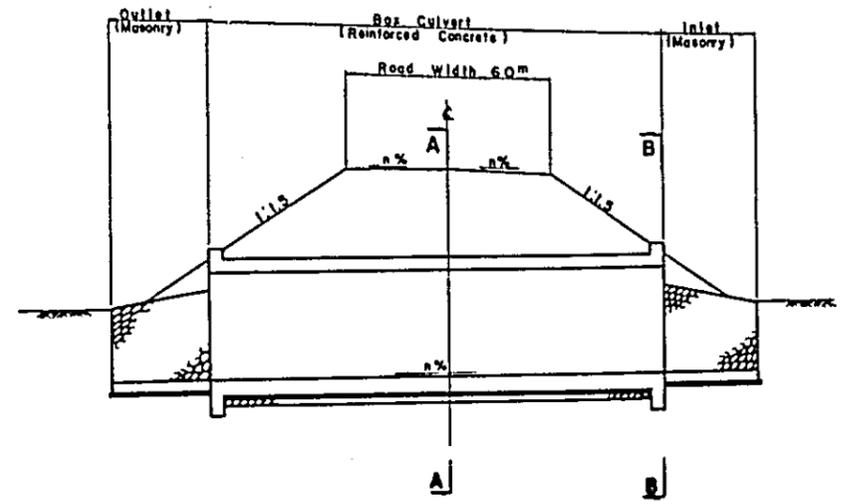
Remark:

— Existing Road

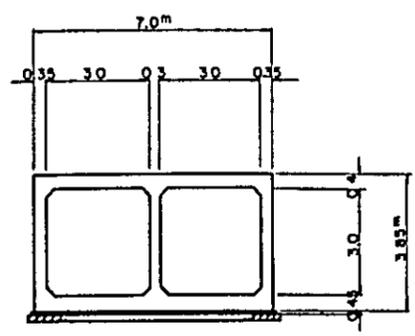
- - - New Construction Road (Parts II, e-g Section)

STANDARD BOX CULVERT AND PIPE CULVERT

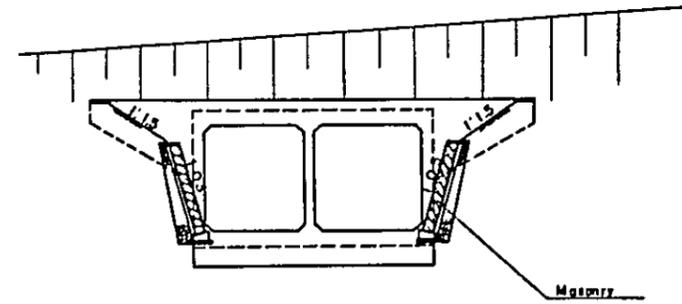
BOX CULVERT



CROSS SECTION

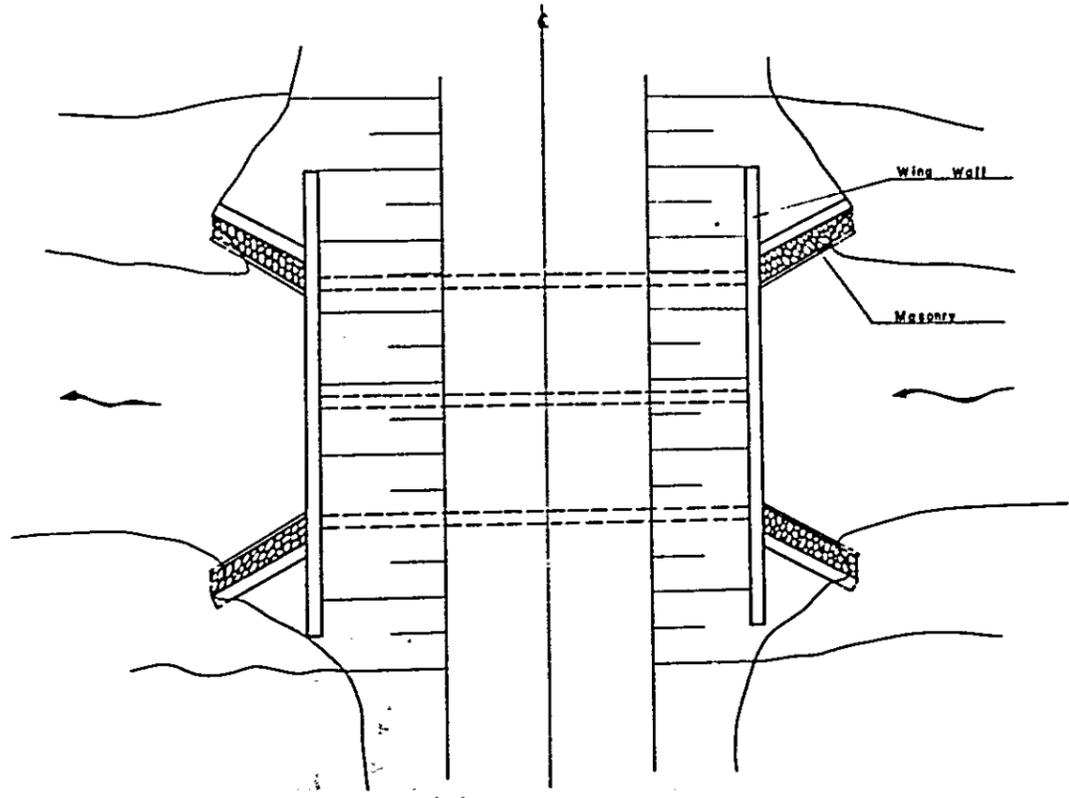


SECTION A - A

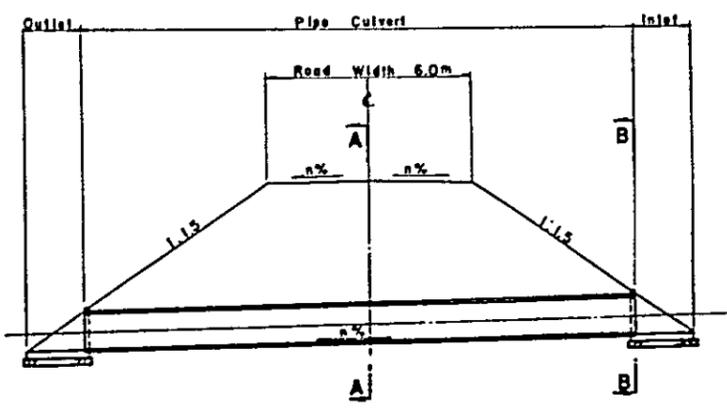


SECTION B - B

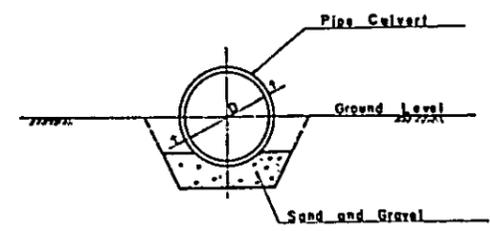
PIPE CULVERT



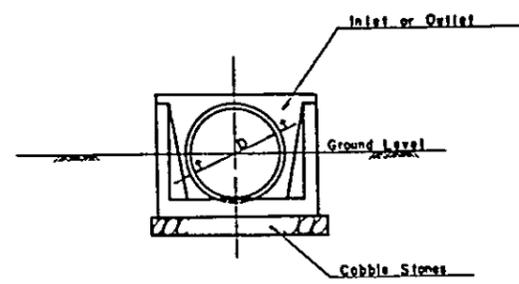
PLAN



CROSS SECTION



SECTION A - A



SECTION B - B

CONSTRUCTION SCHEDULE

Item	Unit of Qty	Construction Quantities	Month																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Preparatory Work	L.S.	1	█																	
Cut (earth)	m ³	56,490		█																
Cut (rock)	m ³	210,175		█																
Embankment	m ³	20,510			█															
Subbase course						█														
grading & compaction t = 20	m ² m ³	226,500 27,900					█													
Structure												█								
Box culvert	concrete m ³	217																		
Pipe culvert	m	133																		

第 8 章

用水計画

本文 正 誤 表

ページ	行	誤	正
35	下5	移 向	移 行
36	上1	"	"
37	下3	掘 掘	掘 掘
59	下9	掘 掘	掘 掘
61	下2	掘 掘	掘 掘
65	下7	掘 掘	掘 掘
67	上7	掘 掘	掘 掘
"	上14	掘 掘	掘 掘
72	下14下12	掘 掘	掘 掘
76	下7	掘 掘	掘 掘
80	上1下4	"	"
119	下14	掘 掘	掘 掘
"	下3	掘 掘	掘 掘
125	上1	掘 掘	掘 掘
199	上2上5	掘 掘	掘 掘
201	上7	掘 掘	掘 掘
207	下5	掘 掘	掘 掘
208	上5	"	"
215	下2	P. H.	p H

図 表

ページ		誤	正
219	表8-3	Total Mass of Solid Body	Total Dissolved solid
220	表8-4	Total solid body PH	Total dissolved solid pH
226	表8-10	Solid Body	Total Dissolved Solid
227	表8-11	Total solid body	Total dissolved solid
229-230	表8-12	PH	pH
245-246	表8-23	Total solid body	Total dissolved solid
247	表8-24	NaCl CaCO ₃	NaCl CaCO ₃
251	図8-1	many water Spaltenquellen	much water Spring from fissure
253	図8-4	Eruption of Main Hot Spring	Main Hot Spring
279	図8-21	Time after pumping ΔS	Time <u>a</u> fter pumping ΔS

第 8 章 用水計画

8.1 用水計画の目的と前提条件

8.1.1 調査の目的

現在セロ・コロラド鉱山の探鉱調査が行われ、具体的な開発計画が検討されているが、鉱山操業のための水資源に関する調査は技術的経済的に重要なファクターとなる。本地域は気象的、地理的条件から、鉱山操業用水の確保すなわち安定した水資源の把握とその導水、更にはそれらが周辺地域に及ぼす影響及び効果等を調査検討することが必要不可欠である。

本調査は現地調査及び国内解析を通じて、セロ・コロラド鉱山開発に関連する水資源ポテンシャル、水質等の調査、取水位置の選択、導水計画の策案及び費用の試算、更に、社会的効果の予測等を行うことを目的として実施されたものである。

8.1.2 調査対象地域の選定

セロ・コロラド鉱山は、地理的、気象的な環境から鉱山付近で水資源を確保することが困難なものと予想された。したがって、現地調査に先立って、セロ・コロラド鉱山開発株式会社より提供を受けた現地資料の検討を行い、後述の調査対象地域を選定した。この選定のための基本条件として考慮したのは次のものである。

- 1) 水資源として安定性を有する地域であること。
- 2) 鉱山への導水距離が経済的検討に耐えうる範囲にあること。
- 3) 取水または導水に関して技術的な検討に耐えうる地域であること。
- 4) 既存水利権あるいは周辺地域住民の用水に影響をおよぼさないか、又は解決可能な地域であること。

以上の基本条件にしたがって検討した結果、4.4 節で述べた調査地域の水系及び地下水盆から下記の対象地域を選定し調査を実施した。

- A. セロ・コロラド鉱山東方後背山岳地帯の水資源
バンパ・リリーマ及びコスカーヤ水系
バルカ水系
- B. セロ・コロラド鉱山付近の水資源
マミーニャ部落の温泉
- C. セロ・コロラド鉱山西方、砂漠地帯の水資源
バンパ・デル・タマルガルの地下水

D. その他の参考調査地域

イキイケ市、ボソ・アルモンテ、ウアラ、ピカ等周辺都市の既存都市用水状況。現在操業中のサガスカ鉱山における用水状況、東方後背山岳地帯に隣接または関連する コジャカグア(Collacagua)水系、サラール・デ・ウワスコ(Salar de Huasco)塩湖周辺地域

以下、各水系ごとに水源の状況につき調査、検討の結果を取りまとめることにする。

8.2 パルカ沢水系

8.2.1 位 置

パルカ沢は南緯20度00分～20度05分を西流する東西系の水系で、西経69度00分に位置する高度5,180メートルのセロ・ヤルビコヤ(Cerro Yarvicoya)を最高峰とし、4,500～4,700メートル級の諸峰が連なるアンデス山脈の西側山塊に源を発している。水源は上流部カンブリナ(Cambrina)沢の高度4,000メートル付近に位置する裂カ湧水で、西経69度30分、高度1,300メートルのデュブリサ地区に至り中央砂漠盆地帯内に消滅する尻無川である。

この水系は直距46キロメートル、実延長60キロメートル、高低差2,700メートルの規模を有するが、デュブリサ地区の消滅地点は、年ごとに変動する流量に影響されて移動することがある。セロ・コロラド鉱山は本水系の中流部南岸に位置している。

同地区へのアクセスは、イキイケからボソ・アルモンテを経由して中流部のパルカ集落に至る道路があり、これが現在車両でパルカ沢河床に到達できる唯一の道路である。パルカ沢より上流にはノアサ集落に至る自然発生的な徒歩道が存在するにすぎない。しかしこうした徒歩道もノアサ集落までで、更に上流部に向っては明確な道筋もなく沢沿いに歩くのみである。

将来、用水整備計画に関連してパルカ集落上流に道路を建設する場合には、現在の徒歩道に沿った経路が最も妥当であろう。道路建設に当たっての難所は、パルカ集落及びノアサ集落の上流部に位置する狭窄部である。なお前アジェンデ政権当時(1970年～1973年)パルカ集落からノアサ集落に至る道路改良工事が起工され、パルカ集落より2.5キロメートル手前の地点まで進行したが現政権になってからは中止されている。

8.2.2 地形及び植生

バルカ沢周辺部の地形は高度によって著しく変化する。即ち、河床高度2,700メートルまでが洪積礫層に広くおおわれた比較的緩斜面の広がるアンデス山脈前縁地帯の準平原で、セロ・コロラド鉦山付近の景観に代表されるものである。これに対し上流部はアンデス山脈地帯に位置し急峻な地形を呈している。

兩岸の地形は全体的に極めて急傾斜で、岩盤露出による狭窄部や崖錐崩壊堆積地形を形成している。特に下記の3箇所に顕著な狭窄部が認められる。

バルカ沢の狭窄部

地 点	河 床 高 度 (m)	延長 (m)	状 況
セロ・コロラド鉦山と バルカ集落の中間部	2,450	500	安山岩質貫入岩体が兩岸河床に迫って露出、 河床巾10~15m、兩岸傾斜50°
バルカ集落上流部、パ ナヤ沢合流点の上部	2,680	2,000	安山岩質貫入岩体及び溶岩岩体が兩岸河 床に迫って露出、河床巾5~10m、兩岸傾斜60°
ノアサ集落上流、 パチェタ・デ・ノアサ	3,400	2,000	安山岩質貫入岩体が兩岸河床に迫って露出、 河床巾5~10m、兩岸傾斜60°~70°

しかしセロ・コロラド鉦山付近の南岸では、熱水鉦化変質帯が広範囲に発達するため侵蝕が進み、例外的にやや緩傾斜地形を呈している。

植生については河床高度3,600メートルまでは兩岸ともほとんど裸地なのに対して、それより高度を増すにしたがって次第に植生が発達し、兩岸の地形にも周囲の山塊から運ばれる扇状堆積層及び河岸段丘の発達が認められ若干開けてくる。こうした地勢と植生の関係を表8-1にまとめて記載する。

8.2.3 地 質

バルカ沢は河床が300~400メートルの深さに刻み込まれているため、河床と兩岸高地の地質分布にかなりの差異が認められる。アンデス山脈前縁地帯を広範囲におおう第四系洪積礫層や第三系凝灰岩類は兩岸高地のみに分布し、河床、兩岸の低地部及び上流地帯には第三系下部層以下の岩石が露出している。

構造的な地質の分布方向は、全般的にバルカ沢を横断するほぼN-S系の傾向を示すが、

大きな地質構造は認められず、バルカ沢自体の成因も断層谷ではなく、通常の侵蝕谷と考えられる。バルカ沢の上流高度4,000メートル付近では、安山岩溶岩の亀裂から裂カ湧水が常時湧出しバルカ沢の主要な水源になっているが、この付近にはN-S系の小断層構造が比較的多く認められ、裂カ湧水もこれらの構造に関係するものと推定される。バルカ沢流域にみられる地質層序および分布状況は表8-2の通りである。なお主要な貫入岩類としては白亜紀の活動と推定される花崗岩～閃緑岩類が、バルカ沢中流～上流にかけて比較的広範囲に分布している。

8.2.4 気 象

バルカ沢はアンデス山脈地帯に源を發し中央砂漠盆地帯に至って消滅するが、流域の地勢的变化に対応して気象状況が著しく変化している。こうした変化は主としてボリビア・ウイスター期の降水量が高度によって異なるためで、若干の地域の変動はあるが概略次のように区分される。

気 候 分 類

高 度 (m)	地 勢 区 分	気 候 区 分
1,300～2,600	中央砂漠盆地～アンデス山脈前縁地帯低部	乾燥砂漠性気候
2,600～4,300	アンデス山脈前縁地帯中上部～アンデス山脈地帯	高地ステップ性気候
4,300以上	アンデス山脈地帯	寒帯高山性気候

バルカ沢下流地域は乾燥砂漠性気候帯に属し降水がほとんど認められない。これに対して高度2,600メートルのセロ・コロラド釜山付近から上流にかけては、高度を増すにしたがって高地ステップ性気候帯に移行し降水量が増加する。

バルカ沢水系付近には気象観測点がないが、地域周辺のコジャカグア、マミーニャ、カミーニャについては、チリ水利総局が1962年から1975年に降水量観測を実施している。

降水量観測記録

地域名および高度	年間降水量 (mm)		
	最 高	最 低	平 均
コジャカグア 4,000m アンデス山脈地帯	290 (1974年)	27 (1966年)	151.8
マミーニャ 2,700m カミーニャ 2,400m アンデス山脈前縁地帯	60 (1963年)	2.5 (1969年)	35.8

これらの資料から、バルカ沢水系付近の降水量は次のように年平均降水量65~175ミリメートル程度と推定される。

推定年間降水量

高 度 (m)	集水面積 (Km ²)	年間降水量 (mm)		部落の分布
		変 動 中	平 均	
2,600~3,500	50	30~100	65	バルカ、ノアサ
3,500~4,000	92	100~150	125	ハボ
4,000以上	120	150~200	175	なし
	262 (合計)		136 (平均)	

この年間降水量の80~90パーセントは12月~3月のボリビア・ウインター期に集中する。しかし降水の範囲は必ずしも毎回全地域におよぶものではなく、局地的に毎回2~4時間程度降水が続く。

なお本年度(1976年12月~1977年3月)のボリビア・ウインター期は特に降水量が多く、現地の聞き取り調査によると例年の2~3倍とのことであった。水利総局資料によると、高度4,000メートルのコジャカグア地区で1974年に平年の2倍に相当する年間290ミリメートルの降水量を記録しているが、本年度はこれより更に多量の降水があったとされている。したがって調査時期を乾期に選定したとはいえ、本調査で測定された地表流量は平年に比べて若干増大しているものと推定される。

8.2.5 水 源

既述のように本年度はポリビア・ウインター期の降水量が比較的多量であったため、例年ならば地表流水が減少する7月～10月にもセロ・コロラド鉾山直下部のバルカ沢に相当量の流水が認められた。こうしたバルカ沢の水源について遡行調査を実施した結果、次の事項を確認している。

1) 岩盤裂カ湧水

バルカ沢源流部でこの種の湧水が認められるのはカンブリナ(Cambrina)沢、キルペナ(Quirpena)沢の2水系のみであるが、これらは年間を通じて安定した湧出を示している。両水系における安定湧水量は、毎秒35リットルと推定され、バルカ沢の主要水源となっている。

図8-1は湧水地点付近の概要図である。

2) 扇状地伏流水

バルカ沢の高度3,600～4,000メートルでは、下流に比べて兩岸の地形が緩やかで、山裾崩壊堆積層、扇状堆積層、河岸段丘等が発達し、パハ・ブラバ(Pajabraba)、トラ(Tola)等の高地性植物が群生している。扇状地伏流水はこうした扇状堆積層と河岸段丘の境界から湧出するもので、数箇所の湧出地点が認められた。

現地の開込み調査によるとこの伏流水は乾期に減少するといわれているが、ほとんどはポリビア・ウインター期の降水の一部分が扇状堆積層中に浸透貯留したものと推定される。またこれらの低速伏流水は冬期(6月～9月)には夜間凍結することがあり、保水の効果を果している。

3) 温泉の湧出

カンブリナ沢の高度3,550メートル付近には、兩岸500メートルにわたって小規模な温泉が点在している。代表的な2箇所の湧出点によると湧出温度33～36度C、各湧出点における湧出量は毎秒2～4リットルで、温泉の湧出量全体として毎秒5リットル程度と推定される。付近には硫化水素臭がただよい、湧出口あるいは流路には淡黄白色の湯の華(乾燥させて点火するとSO₂を発生しながら燃焼する)が沈澱生成され、またCaCO₃、CaSO₄、SiO₂等と推定される温泉沈澱物がかなり分布している。図8-2が温泉湧出地点の見取図である。

8.2.6 水 質

水質調査の手法としては、調査時に採取した水試料に対して導電率測定器を使用した簡易法とチリ法定基準による化学分析法とを併用した。導電率測定器による簡易法は、25度Cにおける導電率から全溶存固形物量をppm単位で求めるもので、すべて現地測定によっている。又、化学分析はチリ水利総局分析所に依頼した。表8-3に導電率測定器による測定結果を、又表8-4に化学分析結果を示す。

全溶存固形物についてはカンブリナ沢上流の温泉水が1,400ppmを示し、無色透明ながら酸性で強い硫化水素臭が認められた。しかしこの温泉水は絶対的な湧出量が少ないため、バルカ沢水系全体の水質に与える影響は極めて少ないと考えられる。こうした温泉水を除く水試料は69~510ppmの範囲にあって、とくにセロ・コロラド鉱山直下でも310ppmにすぎなかった。

又、表8-4に示す化学分析結果によると、鉄イオンを除くすべての成分がチリ飲料水法定水質基準内にある。したがってバルカ沢水系の地表流水は飲料を含む鉱山操業用水として水質的に問題ないものと判断される。

なお濁度については調査時点に閉するかぎり澄清であったが、ポリビア・ウインター期の濁流に対しては何らかの方策が必要であろう。

8.2.7 水 文

バルカ沢は上流に向って樹枝状に支流が分岐発達し、主流水系も上流と下流で沢の地域呼称が異なっている。主な呼称および流入支流は、次のとおりである。

バルカ沢主要水系

	主 流 系	支 流 系 (合流点高度 2,600m以上のもの)
上流	カンブリナ(Cambrina)沢、 ハポ(Japo)沢 ノアサ(Noasa)沢	キルペナ(Quirpena)沢 ガルチャグア(Gualchagua)沢
↓	バルカ(Parca)沢	カウクイマ(Caucuima)沢
下流	キピスカ(Quipisca)沢	パナヤ(Panaya)沢

1) 流量測定

バルカ沢水系の各地点について地表流水の流量測定を実施した。主要地点における

主流系の測定結果は表8-5のとおりである。測定は浮子流速測定による簡易法によったが、後述するように日変化が激しいので測定点の間隔、流速及び測定時刻等を考慮して補正する必要がある。

2) 流量の日変化

本調査期間は冬期に当るためバルカ沢上流地域では気温の日変化が激しい。特に夜間から早朝にかけては小湧水や低速流水が凍結し、地表流水量が減少する。こうした影響を受けて下流地域の地表流水には著しい日変化が認められる。

水系の定常的な流量を推定するためには日変化を把握する必要があるので、セロ・コロラド鉱山直下に測定点を設定して日変化の測定を実施した。測定に当っては木製の四角堰を構築して、2時間ごとに流量、気温、水温を計測している。図8-3にその測定結果を示す。

3) 平均流量

流量測定結果を日変化、状況観察および現地の聞き取り調査のデータ等を考慮して補正したバルカ沢水系の推定平均流量を表8-6に示す。またこれらを基礎にした本年度調査期間中及び平年度当該期間中の月別平均流量は、次の様に推定される。

推定月別平均流量（セロ・コロラド鉱山直下における）

（ℓ/秒）

	6月	7月	8月	9月	10月
本年度 (1977年)	200	175	130	80	55
平年度	90	80	65	50	40

なお、平年度月別流量の推定に当っては、

- i) 本年度の降水量が平年度の3倍であったこと。
- ii) 裂カ湧水量（毎秒35リットル）と温泉湧水量（毎秒5リットル）は安定湧水であること。

を条件として下記の計算式により算出した。

$$X = [A - (B + C)] \times 1/3 + (A + B)$$

ただし、 X：平年度の推定月別流量

A：本年度の推定月別流量

B：裂カ湧水量

C：温泉湧水量

4) ポリビア・ウインター期の鉄砲水

バルカ沢上流地域を含むアンデス山脈地帯では、既述のようにポリビア・ウインター期（12月～3月）に降水が集中する。バルカ沢の中下流域では、この時期になると、上流地域の降水に対応して、大きな礫を伴った砂泥濁流が山津波状に奔流するいわゆる鉄砲水が毎年発生する。1回の鉄砲水は、3日間程度継続するが、特に高度3,600メートル以下では殆んど植生のない裸地を流出するため、砂泥流の発生が著しく、ほとんど河床一杯に流れることが多い。したがってポリビア・ウインター期における降水は、その殆んどが直ちに鉄砲水として地表を流下するが、上流の植生を持つ崖錐堆積層や扇状堆積層では、一部が地下に浸透し潜在保水されたのちに継続的に湧水流下する。

平年におけるバルカ沢の流出水量は概略次表のように推定される。

バルカ沢推定流出水量

高度 (m)	集水面積 (km ²)	年間 降水量 (mm)	ポリビア・ウインター期の降水量 ($\times 10^8 m^3$)			
			降水量 (mm)	全降水量	鉄砲水となる水量	保水される水量
4,000	120	175	160	19,200	80% 15,360	20% 3,840
3,500 ～4,000	92	125	100	9,200	80% 7,360	20% 1,840
2,600 ～3,500	50	65	50	2,500	95% 2,375	5% 125
合計	262			30,900	25,095	5,805

なおこの表では鉄砲水を1回の降水後3～4日間で流出するものとし、保水されるものは降水後地下に浸透して再び湧出するものとしている。

ポリビア・ウインター期の年間の降水回数を5回、1回の降水後に発生する鉄砲水継続日数を3日間と仮定すると、毎回 $5,000 \times 10^8$ 立方メートルが鉄砲水となって流出し、降水後3日間にわたって毎秒19.2立方メートルの鉄砲水がセロ・コロラド鉦山直下のバルカ沢を流下すると推定される。なおこうした上流地域の降水は必ずしも全集水域にわたって同時に発生するものではなく、局部的に変動しかつ地域的に移

動することが多い。しかし現地の開込み調査によると、全集水域で同時に降水があった例も記録されている。

バルカ沢沿いではポリビア・ウインターによって例年灌漑用水取入口の流失埋没や道路、畑地の決壊等の被害が発生し、セロ・コロラド鉱山直下の河床（巾45メートル）における観察によると、増水時の水面痕跡が乾期の水面より4メートルも高く鉄砲水の威力をうかがい知ることができる。さらに隣接するサガスカ鉱山は通常全くの涸沢であるサガスカ沢の河床部に鉱山諸施設を有しているが、すでに1970年、1975年、1977年の3回にわたって水につきり大被害を受けている。したがってセロ・コロラド鉱山諸施設の配置を検討する場合には、ポリビア・ウインター期の鉄砲水に対する充分な配慮が必要である。

5) 流量の月別変化及び取水可能水量

既述のようにバルカ沢の流量はポリビア・ウインター期の降水量に支配されて著しく変動する。しかしバルカ沢の水源のうち裂カ湧水と温泉湧水は少量ながら年間変動のない固定した流量と考えられるので、それを降水による流量に上乘せると次に示す年間総流量が推定される。

バルカ沢推定年間総流量 (10 m³/年)

ポリビア・ウインター 期の降水量	鉄砲水による水量	25,095
	保水されて流出する水量	5,805
固定した流量	裂カ湧水(35 l/sec)	1,100
	温泉湧水(5 l/sec)	158
合 計		32,158

またポリビア・ウインター期以外の降水量は極めてわずかなので、年間蒸発量その他の自然減耗と相殺すると見積られる。なお気象資料（年間蒸発量、コジャカグア2,000ミリメートル、ピンダドス1,500ミリメートル）からバルカ沢流量の年間平均蒸発量を1,500ミリメートル程度と推定している。

これらの年間総流量に日変化、年変化及び現地開込み調査資料等を含めて検討し、

表 8 - 7 に示すようにバルカ沢水系の平年度月別流量変化及びセロ・コロラド鉦山直下での取水可能水量を推定した。この表の取水可能水量は平年度月別流量に 80 % の安全率を掛け、更に上流農耕用水として水利局に登録されている水量毎秒 20 リットルを差引いたものである。即ち、セロ・コロラド鉦山地点における取水可能水量は下記の通りと推定される。

バルカ沢取水可能水量 (セロ・コロラド鉦山直下)

(リットル/秒)

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
3212	3212	1532	172	121	52	44	32	20	12	12	881

8.2.8 集落及び農業

セロ・コロラド鉦山周辺ではバルカ沢とタラバカ沢が例外的に年間を通じて地表流水の認められる水系で、深く刻み込まれた溪谷底部の局所的な河岸段丘地形を利用した農耕集落が点在している。バルカ沢流域のこうした集落での農耕は経験的に認知されてきた安定流量毎秒 20 リットルを基準に水利権が確立されている水を利用して行っているものと、増水期の余剰水のみ依存して行っているものがある。現有耕地拡大の余地は殆んど認められない。

農耕は高度 3,200 メートルのノアサ集落が上限で、それより上流では放牧のみが行われている。耕作物はアルファルファ (牧草、むらさきりまごやし) が主で、他に自家消費用としてのじゃがいもやとうもろこしがわずかに栽培されている。表 8 - 8 に点在する集落の状況を示す。

8.2.9 取水方法

バルカ沢は既述のように流量の月間変動が著しいため、鉦山の操業に必要な用水量を年間を通じて安定取水することが不可能である。この問題を解決するためには、貯水ダムを構築して増水期の流水を貯水する方法及び他に主または補助水源を求めバルカ沢の流水とあわせて使用する方法が考えられる。

このうちバルカ沢を直接締切る貯水ダムについては構築地点の調査を行い、(a)セロ・コロラド鉦山とバルカ部落の中間部、(b)バルカ部落上流部、(c)パチェタ・デ・ノアサ (Pacheta de Noasa) の 3 箇所に地形的な狭窄部を確認した。しかし(a)(b)はいずれも河床勾配が 5 度以上であり上流部の貯水容積が小さいうえ、裸地が多いためボリビア・

ウインター期の鉄砲水による土砂の堆積が激しいと推定された。これに対して(c)は河床高度が3,400メートルで、上流部には比較的植生の発達する扇状地や河岸段丘堆積地が緩傾斜をもって開けていることから、貯水容積や土砂の堆積に関しては(a)(b)より有利なものと判断される。

しかしこうした貯水ダムはあくまで流量調節に利用し、直接的な取水はセロ・コロラド鉦山直下で行うことが得策と考えられる。(この方法については後述する。)また他に主または補助水源を求める方法に関してはパンバ・リリーマの項で詳述する。

8.3 マミーニャ集落

8.3.1 位置

マミーニャ集落は南緯20度05分、西経69度13分に位置し、セロ・コロラド鉦山の南東直距5.2キロメートルに所在する。イキイケからの距離は121キロメートル、自動車では約2時間を要する。

8.3.2 地形、地質及び植生

マミーニャ集落は太平洋岸から直距100キロメートル、高度2,700メートルのアンデス山脈前縁地帯に位置している。集落周辺の地質は新第三系の酸性火山岩、凝灰岩とこれをおおう第四系の洪積礫層が分布し、地形的にはこれらの地層を深く侵蝕する、主として南西方向の樹枝状に分岐する溪谷が発達する。集落自体はこうした溪谷の一つであるマミーニャ沢に沿った山腹に位置し、河床兩岸の低い河岸段丘上に耕作地が点在している。集落西方は緩く西に向って傾斜する礫層が準平原地形をなして広がるが東方後背地域は急傾斜の山岳地帯に移行する。

植生は集落内の耕地及び用水路沿い以外にはほとんど発達していない。ポリビア・ウインター期には乾燥性草木類や有刺多肉植物類がわずかに群生するが、乾期になるといずれも枯死し砂漠景観を呈する。なおマミーニャ集落から東方後背山岳地帯にかけては、高度を増すにしたがって高地性ステップ地帯に移行する。

8.3.3 気象及び水文

マミーニャ集落は乾燥砂漠性気候帯と高地性ステップ帯の接点に位置し、乾燥性気候を示しながらもポリビア・ウインター期の影響を受ける。表8-9に降水量及び気温を示す。この表のうち降水量は水利総局資料による1962年～1974年の平均で、気温については公式資料が無くセロ・コロラド鉦山開発株式会社の資料から推定したものである。また年間降水

量の最多年度は1974年の53.1ミリメートル、最少年度は1966年の2.5ミリメートルで、産業開発公団(CORFO)の資料によると、1964~1966年の平均年間降水量は20ミリメートルとされている。なお、7月から8月にかけて早朝には気温の低下が著しく、薄氷が張ることがある。

マミーニャ集落付近にはボリビア・ウィンター期に若干の降水があり、またその期間に上流地域の降水に影響された鉄砲水が、集落内の水系を短時日おそうことがある。しかしこうした水系の水源はいずれも後背アンデス山脈地帯西側の比較的低高度に位置するため、地表流水に関しては全く安定性に欠けている。

こうした理由からマミーニャ集落は、安定した用水源として集落内に湧出する温泉にすべてを依存している。この温泉は新規火山活動に起因するものといわれ、集落内の比較的高地に発達し、第三紀鮮新世に分類される酸性溶結凝灰岩の下にある角礫凝灰岩中の亀裂から湧出している。

温泉は集落内の各所から湧出しているが、地形的な高地に位置するタンボ(Tambo)泉源が最大で、温度も高く全湧出量のほとんどを占めている。集落全体では14泉源が知られているが、消長もあって現在利用されている主要泉源は表8-10に示す5泉源である。なお、チリ地質調査所(I.I.G.)の資料によれば集落内温泉湧出量は毎秒20リットルとされている。

これらの温泉はマミーニャ集落内で上水道及び農業用水として利用されたのち、最終的には集落下方に集約されマミーニャ沢を流下する。しかしこの地表流水は西方に位置する中央砂漠に到達する以前に浸透、蒸発により消滅する。

集落下方の排水集約地点における流量は年間変動が少なく、温泉水以外に認められる若干の浸透水を含めて毎秒10リットル程度である。過去において、この地点からセロ・コロラド鉱山の試錐用水を取水し運搬使用したことがあったが、衛生上問題であった。

図8-4に主要泉源と水系を示す。

マミーニャ集落の温泉は一般に無味無色で、若干の硫化水素臭を伴うが、集落内の飲料水として使用され、また温泉湯治の薬用飲料として胃腸病に効果があるとされている。表8-10に示すように全溶存固型物量は主要泉源が440~520ppmの範囲にあるのに対して、ハマフガ(Jamajuga)泉源のみは1,840ppmであった。しかし同泉源は湧出量が少なく、湧出孔付近の地表沈着物に影響された結果とも考えられ、これが全体を代表するものではない。タンボ泉源の湧出温泉水を化学分析した結果は表8-11に示すとおりで、いずれの成分もチリにおける法定飲料水水質基準内にある。

8.3.4 住民及び水利権

マミーニャ集落は戸数200戸、人口320人が部落住民として登録されているが、最近のイキケ地区の自由港化に影響され若年層の流出・移動が著しく、典型的な過疎化現象を呈している。現在の経済的基盤はほとんどが温泉宿の経営に依存し、わずかに農業及び後背山地での放牧が行われているにすぎない。なお集落付近には旧時代（植民地化以前）からインディオ系住民が住んでいた旧跡があるといわれ、現在の住民もほとんどがインディオ系の混血である。したがって植民地化後も極めて早くから集落が発達し、集落内の教会は400年以上の歴史を有するといわれている。

部落の用水は唯一の安定水源である温泉に依存し上水道、温泉旅館や別荘の浴用、農業用水のすべてに利用されている。用水はパイプ及び開渠によって集落内各戸や耕地に導水されているが、有限の用水を効率的に利用するために集落内の排水や泉源余剰水を数箇所の溜池に貯水し、農業用水の需要変動に備えている。しかし耕地への配水は25パーセントが組織化されているのみで、他は自然流水に依存しているため必ずしも効率は良くない。

集落内の耕地はマミーニャ沢兩岸の河岸段丘に集中し、作物はアルファルファを主とするが、自家用としてジャガイモ、とうもろこし、にんにく、小麦及び果物等が若干栽培されている。耕地面積は合計60ヘクタールで、温泉水源による安定耕地38ヘクタールと天水に依存する不安定耕地22ヘクタールに分類される。このうち前者は水利権が確立しているが、後者については特に水利権が無く地表流水増水期あるいは降雨期のみ耕作が可能である。ただし後者は労働人口の不足と効率が低いことから近年ほとんど放棄されている。

水利権については水源が水量の固定した温泉に依存していることから、利用に関する集落内の慣習は極めて厳格で、水利組合が水源、貯水、配水の全てを管理している。イキケ地方水利灌溉局にはマミーニャ集落内の温泉について14泉源、毎秒13リットル、耕地面積38ヘクタール、耕作人員80人、家族200人が登録され、水利組合はこれを基進にしている。

泉源と耕地は直結して登記され、水利権と耕地地上権を切り離すことができない。（最も大きいのはタンゴ泉源に属する33ヘクタール）したがって原則として登記外の耕地や新規開拓耕地に給水することは不可能である。また用水を農業以外の用途に使用する場合には、集落内の水系に排水することが前提とされ、原則的に集落外への水の持出しは難しい。

マミーニャ集落の温泉水を集落外に導水する方法としては(a)水利権が確定している耕地を買収して耕作せず、付属する用水を使用する方法と(b)集落排水集約地点で取水する方法

が考えられるが、(a)については住民感情に問題があり、(b)は衛生上の問題がある。特に温泉水の集落外使用については、住民の意向が極めて否定的であること及び絶対量が少ないことが指摘される。したがってこの温泉水をセロ・コロラド鉱山の操業用水に期待することは、たとえ量的に若干であっても避けるべきである。

8.4 コスカーヤ沢水系

8.4.1 位 置

コスカーヤ沢はアンデス山脈地帯の氷雪及び降水を水源として西流する東西系の水系で、中央砂漠盆地帯のパンバ・デル・タマルガルに達して消滅する尻無川である。水源の主要部は南緯19度48分、西経68度50分に位置するパンバ・リリーマで、下流の南緯19度50分、西経69度18分で主流のタラバカ沢と合流する。上流部は直距54.5キロメートル、下流は直距30キロメートル、合計直距84.5キロメートルの規模を有するが、パンバ・デル・タマルガルの消滅地点は地表流量の季節的消長によって著しく変動する。またセロ・コロラド鉱山との位置関係はパンバ・リリーマまでが直距43キロメートル、コスカーヤ沢までの最短距離が21キロメートルである。

アクセスはコスカーヤ沢を経てパンバ・リリーマに至る自動車道路があり、比較的便利である。道路はパンバ・デル・タマルガルの中央部を走るパン・アメリカン・ハイウェイ沿いのウアラからタラバカ沢沿いに遡行し、コスカーヤ沢との分岐点付近のパチーカ(Pachica)に達する。タラバカ沢沿いの道路は更に良好な自動車道路で、現在産業開発公団が地熱開発中のプチュリディサ(Puchuridiza)を経てボリビアのオルロ(Oruro)に至る国際道路となっている。アリカやイキケで陸揚げされるボリビア向貨物の大部分がこの道路を利用してトラック輸送されている。

一方、パチーカからコスカーヤ沢沿いに遡行し、パンバ・リリーマ及び国境の集落カンコサを経てボリビアに至るもう1本の自動車道路が走っており、これがパンバ・リリーマ調査の交通路であった。この道路は前述したタラバカ沢沿いの道路より古くから開通しているが、交通量が極めて少なく道路巾もトラック1台が通れる程度の狭いものである。これは道路沿いに集落が少ないこと、ボリビア内でオルロに至る距離が長いことなどの理由によるもので、現在ではコスカーヤ沢沿いの小集落やカンコサとパン・アメリカン・ハイウェイとを結ぶ日常生活物質の小運搬や国境警備上の連絡に利用されているにすぎない。したがって道路の補修状況は極めて悪く、ボリビア・ウインター期の降雨によって決壊流失することが多い。本調査に際しても数箇所を補修を必要とした。調査に利用したこの道路の距離関係は次表のとおりで、イキケからパンバ・リリーマまで187キロメートル、5～

6時間を要する。

パンパ・リリーマ調査交通路

地名	距離(Km)	所要時間	道路状況
イキイケ			
ウアラ	71	1°00	アスファルト・コンクリート舗装道路
パチーカ	40	1°00	砂利舗装道路
ポロマ	31	1°30	山道悪路
パンパ・リリーマ	45	2°00	#
カンコサ	51	2°00	アンデス山脈越え悪路

8.4.2 地形及び植生

コスカーヤ沢の地勢はバルカ沢とほぼ同様で高度によって著しく変化するが、水源がアンデス山脈東側山塊に位置するため上流地帯の地勢が若干異なっている。

すなわち高度4,800メートル以上の雪線付近を源とする本水系に沿った地形は、局部的に崖錐崩壊堆積地形を呈しながら4,200~4,100メートル付近で緩傾斜の扇状堆積地形を形成し、さらに4,100~4,000メートルで広大かつ平坦な湖沼堆積地形となる。高度4,200~4,000メートルにかけて発達する扇状堆積層及び湖沼堆積層には比較的植生が多く、一般に高地平原に属している。本水系ではアンデス山脈地帯の東側と西側の山塊に囲まれた部分が盆地状地形を呈し、パンパ・リリーマと地域呼称されている。

本水系の河床はこうした地勢環境に影響され一般的に狹窄部が多く、兩岸部の地形も概して急峻である。したがって河岸段丘の発達も貧弱で、河岸段丘上に点在する小集落はいずれも下流部に偏在している。

植生についてはバルカ沢水系と同様の分布が認められる。

8.4.3 地質

コスカーヤ沢流域のうちアンデス山脈前縁地帯については、深く刻み込まれた侵蝕谷が発達するため、バルカ沢と同様に河床低部と兩岸高地の地質分布にかなり差異が認められる。

一般に準平原地形を呈する兩岸高地では、第四系洪積層及び第三系凝灰岩~火山砕屑岩

類が広く分布し、河床ないし両岸低地及び上流山岳地帯には第三系下部層以下の岩石が露出している。またアンデス山脈地帯の東側山塊には、火山が集中配列し新規火山岩類の分布が卓越する。

8.4.4 気 象

コスカーヤ沢水系の流域は、アンデス山脈地帯の中心から中央砂漠盆地帯にいたる広大な範囲に及ぶため、その間に著しい気象変化が認められる。こうした地勢に対応した変化は本地域に関する普遍的な現象で若干の地域的な変動があるが、コスカーヤ沢の気象状況も既述の気候分類にしたがうとバルカ沢水系の場合と同様に区分される。なお本地域内には気象観測点がなく、したがって定常的な気象観測資料が得られないので本地域の気象状況は周辺地区の観測資料を参考に推定している。

コスカーヤ沢水系の下流部は乾燥砂漠性気候帯に属し、ほとんど降水が認められない。これに対して高度2,800~3,000メートルのポロマ(Poroma)、コスカーヤの付近から上流にかけては高度を増すにしたがって高地ステップ性気候に移行し降水量が増加する。

8.4.5 水源及び水文

本年度(1977年度)はコスカーヤ沢及び本流のタラバカ沢の水源地帯にボリビア・ウインター期の降水量が比較的多かったため、平年に比べて多量の地表流水が認められた。コスカーヤ沢水系の水源はアンデス山脈地帯の降雨、降雪に依存しているが、これらについてはパンバ・リリーマの項で詳述する。

コスカーヤ沢を含むタラバカ沢水系全体の集水面積は

1,630平方キロメートル(CORFO資料)

1,810平方キロメートル(IIIG資料)

であるが定常的な現地測水資料はない。産業開発公団(CORFO)の資料によればタラバカ沢の中央砂漠盆地帯に対する供給水量は年 14.250×10^3 立方メートル(平均毎秒452リットル)とされているがボリビア・ウインター期の鉄砲水によるものが殆んどで安定流量はこれよりはるかに少ない。コスカーヤ沢及びタラバカ沢沿いには河岸段丘で耕作を行っている小集落が点在するが、タラバカ沢下流の中央砂漠盆地帯近くのタラバカ集落では年によっては地表流水が充分でないことがある。

イキイケ地方灌漑局によれば安定流量として耕地に関連した水利権の認知されている流量は、

タラバカ沢主流水系 200リットル/秒

コスカーヤ沢水系 80リットル/秒

である。これらの水系ではポリビア・ウインター期に年間数回の鉄砲水が発生する。産業開発公団の資料による1933年度ポリビア・ウインター期のタラバカ沢の地表流水状況を図8-5に示す。なおコスカーヤ沢についてはバンバ・リリーマの項で詳述する。

8.4.6 水 質

コスカーヤ沢水系は上流部でバンバ・リリーマを通過し、下流部で主流のタラバカ沢に合流する。バンバ・リリーマ及びコスカーヤ沢の水質についてはバンバ・リリーマの項で詳述する。

主流のタラバカ沢についてはコスカーヤ沢との合流点の上流、下流を含めて表8-12に示す水利総局の水質分析資料が公表されている。この分析結果によるとチリ水質基準を若干上廻る鉄と砒素が検出されており、飲料水としては砒素の含有量に注意が必要である。

しかし、砒素については合流点上流のコスカーヤ沢で採取した試料4のみが水質基準を上廻っていることから、砒素の混入は明らかにコスカーヤ沢の流水に起因すると判断される。こうした理由から後述するバンバ・リリーマの項では水質分析に重点を置いている。なお、水質は流量の日変化や季節変動に左右される傾向が認められる。またコスカーヤ沢沿いに分布するコスカーヤ、ボロマ等の小集落では飲料水に沢水を使用している。

8.4.7 集落及び農業

コスカーヤ沢及びタラバカ沢両水系はバルカ沢水系と並んで例外的に年間を通じて地表流水が認められる。又深く刻み込まれた侵蝕谷の底部に発達する河岸段丘には農耕集落が点在している。タラバカ沢上流およびコスカーヤ沢合流点の下流には比較的集落が多く耕地面積も広いが、合流点上流にはボロマ及びコスカーヤの2集落があるのみで、耕地面積も狭い。

これらの耕地には経験的に認知された安定流量に基づく水利権の確立されたものと、増水期の余剰水に依存する耕地があるが、地形環境の面から耕地面積の新規拡大は難しい。イキケ地方灌漑局の資料によると水利権確定耕地は次のとおりである。(いずれも合流点より上流)

コスカーヤ沢水系	80リットル/秒	70ヘクタール
タラバカ沢水系	200リットル/秒	資料なし

コスカーヤ沢及びタラバカ沢の両水系に分布する集落の状況は表8-13のとおりである。なお人口は現在の居住人口を示すもので、登録人口はこれより多いが過疎化が進行

している。

(コスカーヤ沢水系から取水してセロ・コロラド鉞山へ導水する方法についてはパンバ・リリーマの項で詳述する。)

8.5 パンバ・リリーマ

8.5.1 地形及び植生

パンバ・リリーマの位置については、コスカーヤ沢水系の項に詳述したのでここでは省略する。

コスカーヤ沢の水源地帯を形成するパンバ・リリーマは、巨視的には氷河、河川侵蝕及び湖沼堆積に起因する平坦部と周辺を取り巻く山岳部より成り、前者が典型的なアンデス高地平原、後者がアンデス脊梁山脈地形を呈している。これらのうちパンバ・リリーマと地域呼称されているのは平坦部で、本調査の主要対象地域である。

パンバ・リリーマは高度4,000~4,200メートル、長径(NE-SW)8.5キロメートル、短径(NW-SE)6.0キロメートル、面積45平方キロメートルの規模を有し、S50°W方向に極めて緩く傾斜した平坦地で周囲を山岳に取り囲まれて水盆を形成している。一般に本地域の高地平原はアンデス脊梁山脈内の東西両山系に挟まれた開口部の無い閉鎖水盆を形成することが多いが、パンバ・リリーマは例外的に西側に狭い開口部を有しコスカーヤ沢水系が流出している。周囲を取り囲む山岳部のうち北側~北東側には、東側山系のキムサチャタ(Quimusachata)連峰に属する高度4,800~5,700メートル級の高峰が氷冠を頂いて連続し、大きくは南米大陸の分水嶺を形成している。これに対して西側~南西側には高度4,300~4,700メートル級の峰がやや緩やかな傾斜をもって連続している。また南東側には比高差30メートルのチャルビント(Charvint)丘陵を隔てて、この地域の南方に展開するパンバ・ペンハーモ(Pampa Penjamo)、パンバ・ラグニージャ(Pampa Lagunilla)、パンバ・プロケサ(Pampa Proquesa)及びコジャカグア沢~ウワスコ塩湖等の閉鎖水盆群が認められ高地平原を形成している。

パンバ・リリーマは高地性ステップ帯に属し、周辺の植生はパンバ(Pampa)低部にバルガス(Valgas)、バハ・ブラーバ等の禾本科草木類、パンバ周辺部にトラ、バルガス等の小灌木類が群生し、ボリビア・ウインター期になると一斉に繁茂する。また周辺の山岳部では雪線以下のレベルにわずかながら地衣類及び高地性有刺多肉植物類が認められる。

8.5.2 地 質

パンバ・リリーマ周辺の地質は主として第三系安山岩質火山砕屑岩類、第四系火山岩類及びこれらをおおう堆積層より成る。これらの岩石はパンバ西端部の開口部付近に露出し白亜系～第三系の活動の結果と推定される花崗閃緑岩の岩株をおおい、特に周辺の山岳部に広く分布している。これに対してパンバ低部は周辺山岳部からの山裾崖堆積物、扇状堆積物や蛇行水系兩岸の河岸段丘、沖積層等で完全におおわれている平坦地形である。

第三系安山岩質火山砕屑岩類は3層に区分され、それぞれは整合的にSW方向に緩やかな傾斜をなして累重している。また第四系火山岩類は火山錐を伴う脊梁山脈東側山系の高峰を形成している。図8-6、図8-7がパンバ・リリーマ付近の地質平断面図、表8-14がその地質層序である。又、パンバ・リリーマ集水域の地種別面積は下記の様に区分される。

パンバ・リリーマ集水域地種別面積

地 種 別		面 積 (㎡)
岩 盤 部		1 4 2.1
堆 積 層 部	山裾崖錐堆積層	1 2.4
	扇状地河岸段丘堆積層	2 6.0
	沖 積 層	1 0.2 (温泉質帯 0.8 ㎡を含む)
	小 計	4 8.6
合 計		1 9 0.7

なおパンバ・リリーマは温泉地帯に属し、パンバ内には温泉が湧出すると共にそれに付随した変質帯及び温泉沈殿物が認められる。

8.5.3 気 象

パンバ・リリーマの主要部は高度4,000～4,200メートルに位置するが、過去に気象観測が実施された例が無く、本調査の結果が唯一の気象資料である。しかし南方の直距20キロメートルに位置するコジャカグア集落には水利総局の気象観測施設があって、地元住民

による委託観測が断続的に実施されている。表8-15がその資料を整理した気象観測結果で、観測記録がコジャカグア沢水系の高地平原閉鎖水盆中において高度4,000メートルに位置するところから、パンバ・リリーマと類似した気象環境にあると推定される。パンバ・リリーマは高地ステップ性気候帯に属し、周囲を取り巻く山岳部の寒帯高山性気候帯と共にポリビア・ウインターの影響を強く受ける。ポリビア・ウインター期に相当する12月～3月には比較的気温が上昇し、年間降水量の90パーセント以上が集中する。これに対して6月～8月を中心とする季節は降水量が極めて少ないが、気温が低下し降雪をみることがある。本調査期間中にも6月中の最低気温摂氏マイナス2.1度、9月中の最低気温摂氏マイナス17.5度を記録している。

パンバ・リリーマ周辺の降積雪に関しては現地観測資料が無く、降積雪地帯が主として高度4,800メートル以上に位置し、現地調査が困難であるため聞込み調査を行った。

1) 夏期(12月～3月)ポリビア・ウインター期

一般に高度2,500メートル以上で降水が認められるが、特に3,900メートル以上に比較的多く5,000メートル以上になると降雪になる。この期間にパンバ・リリーマでは8回から10回の降雨があり、1回当たり3～4時間連続する。

2) 冬期(6月～9月)

一般に降水量は極めて少ないが、高度3,900メートル以上になると時折り降雪が認められる。4,800メートル以下では根雪にならず日中ないしは冬期中に融解するが、4,800～5,000メートルになると冬期根雪として残り夏期に融解する。しかし5,000メートル以上では夏期の積雪と併せて万年雪となり、脊梁山脈頂部に氷冠を形成する。

試錐調査期間中の観察によると西側山系(最高高度4,732メートル)には全く積雪が認められなかったが、東側山系の4,800～5,000メートルには積雪が認められ、時折の降雪や日中の融解によって雪線が消長移動した。また東側山系の5,000メートル以上では急峻な山陵が氷雪に厚くおおわれている。

調査期間中パンバ・リリーマでは8月に2回の降雪があり各回10～15センチメートルの積雪が認められたが、いずれも日中に融解し根雪にはならなかった。これは例年より少なく、年によっては1回の降雪によって30～40センチメートル積雪することもある。

下表はこうした降雪状況を要約したもので、図8-6にその平面分布を示す。

パンパ・リリーマ集水域内降雪状況

海拔高度 (m)	降水状況		積雪状況	積雪厚 (m)	積雪面積 (Km ²)
	夏期(12月~3月)	冬期(6月~9月)			
4,800 ~5,000	雪	雪(少)	万年雪	3~10	10.2
3,900 ~4,800	雨	雪(少)	冬期のみ根雪 夏期は融解	0.5~1.5 (主として冬期)	9.5 (主として冬期)
3,500 ~3,900	雨	雪(僅少)	冬期日中融解	—	—
~3,500	雨(少)	降水なし	—	—	—

8.5.4 水系及び水源

パンパ・リリーマを取り囲む山岳部のうち北側~北東側の雪線付近を源にする地表流水は、急流をなして山腹を流下しながら合流し、パンパ外縁部の扇状堆積地緩傾斜部を経てパンパ平坦部に達する。平坦部では更に地表流水を集めながら蛇行し、西側山系の開口部サイトコ(Saitoco)地狭部に集約されコスカーヤ沢水系となる。またボリビア・ウインター期及びそれに続く増水期には周辺全域から地表流水が集中し、パンパ中央部は湿潤原状を呈する。

こうした水源付近の小水系は極めて複雑な分布を示し、その消長や季節的変動も著しい。図8-8に主要な小水系とその地域的呼称を示す。

パンパ・リリーマに関する水系は次の3水源に区分される。

1) 降水によるもの

周辺山岳部の高度5,000メートル以上に分布する万年雪や4,800~5,000メートルの冬期積雪が融解して発生する地表流水及びボリビア・ウインター期の降雨に起因する地表流水がこれに相当し、同時に扇状堆積層、河岸段丘堆積層及び沖積層の地下水の涵養源となっている。

地質、地形、植生等の状況によるとパンパ外周部では土地の保水力が貧弱で、ボリビア・ウインター期には降水のほとんどが鉄砲水のようにパンパ中央部に集中する。

したがって地表流水は増水しパンパ中央部には湿潤原が出現する。一方、冬期には高地に認められる若干の降雪を除くとほとんど降水が無く、万年雪の融解が水源の主力になる。したがって地表流水が減少し、パンパ地表は乾燥状態を呈する。こうした関係から水系には増水期のみ地表流水が認められる半涸沢と、年間を通じて常時地表流水の認められるものが各水系の水源高度によって区分される。

2) 岩盤裂カ湧水

パンパ低部の外周岩盤露出部のうち安山岩岩体の亀裂から湧出する清澄な裂カ水は、年間を通じて湧出量が安定している。本調査では地域住民が飲料水にしている湧出地点をベースキャンプ付近に1箇所確認した。導電率測定器による水質は全溶存固型物量270ppmを示しているが、湧出量が毎秒0.35リットル(水温摂氏10.8度)にすぎないためパンパ・リリーマの水文考察に関しては無視されるべきものとする。

3) 温泉湧水

パンパ・リリーマはアンデス山脈火山帯に位置し、後背東側山系に休活火山が配列している。本地域はこれに連なるもので、パンパ平坦部及びアンドレス・デ・キグイタ(Andres de Quiguata)に温泉が湧出し地表流水に合流している。パンパ・リリーマの水文調査にとって重要なのは平坦部に位置する温泉でバーニョス・デ・リリーマ(Baños de Lirima)と地域呼称されている。

この温泉は高度4,000メートルに位置し長径1キロメートル、短径0.5キロメートルの範囲に分布するが、分布範囲が広いのに対して単位泉源当りの湧出量は比較的少なく、温泉ガスの噴出のみが認められるところもある。湧出水は局部的に小水系あるいは小溜池を形成しながら地表流水に混入している。

泉源の付近には0.3平方キロメートルにわたって温泉沈殿物の堆積による比高1~2メートルの低台地が形成されている。この低台地は主として炭酸塩及び珪酸塩からなり灰色、粗しょうで層状をなし、かつ石英岩脈に切られている。湧出点の分布は大体2群に区分されるが、それぞれがNW-SE系の配列を示すところから、浅部地下構造を反映するものと推定される。図8-9が湧出点の分布状況、表8-16はその湧出状況である。

泉源は一般に清澄な中性泉で硫化水素臭及び湯の華が認められ、小溜池には緑色、コーヒー色、赤色等の藻類が生育している。水質は表8-17に示すとおりで砒素及びアンモニア基の含有量が注目される。一般にパンパ・リリーマ及びコスカーヤ沢水系の水の中には砒素の含有量が指摘されるが、こうした温泉水の混入に起因する可

能性が高い。したがってパンバ・リリーマの取水計画に際しては、温泉水の除去を考慮する必要がある。

8.5.5 水 文

パンバ・リリーマは万年雪を頂く山岳に取り囲まれ、またパンバ自体に降水を有する水盆である。したがって地表にはこれらを主水源にする小水系が発達しパンバ内を蛇行、合流しながら西側開口部に位置するサイトコ地狭部で集約され、コスカーヤ沢水系に流下する。他方、これらの地表水はパンバ低地平坦部の扇状地、河岸段丘、沖積層等に浸透し、これらの堆積層中に地下水となって貯蔵される。

本調査ではこうした地表流水及び地下水の賦存状況、動行等を対象に各種の測定、観測を実施した。

1) 地表流水

i) 流量測定

パンバ内の図8-10に示す主要地点において地表流水の流量測定を実施した。測定は浮子法によるもので、表8-18が測定結果である。測定結果については日変化、季節変動等が著しいので測定点間隔、流速及び測定時刻、時期等を考慮して補正する必要が認められる。

ii) 流量の日変化

本調査期間は冬期に当たるため気温の日変化が著しく、夜間や早朝には地表流水が凍結し、日中の気温上昇時のみに万年雪や降積雪が融解するという現象が顕著に認められた。こうした気象の影響を受けて、地表流水の流量は極めて激しい日変化を示している。図8-11は流量測定点のうちB、C点を対象に実施した日変化測定結果で、この結果によると両測定点ともに次表に示すように著しい流量の日変化が認められた。

パンパ・リリーマB、C地点の流量

(リットル/秒)

測定点	測定期日	平均流量	最 多		最 少	
			測定時刻	流 量	測定時刻	流 量
B	9/16~9/17 平 均	247	14:00	331	8:00	166
	10/2~10/3 平 均	249	12:00	322	10:00	184
C	10/4~10/5 平 均	289	18:00	380	12:00	225

注) B点の水量はパンパ・リリーマの地表水全量ではない。

流量の変化は気温の変化と密接に関係するが、雪の融解及び地表水の凍結が高度と気象の変化にからんで複雑に相関するため、最大流量を示す時間が測定点の位置や季節によって著しく変動する。したがって本測定結果からは普遍的な傾向が把握できなかつたが、一般的にパンパ・リリーマにおける地表流水の流量は早朝から午前中に最低値を示し、午後から夕刻にかけて最高値を示すと判断される。

また測定点による流量の差異は測定点間の距離と流速にも関係する。これらを実測して下表に示すように地表流水の流走所要時間を推定した。

パンパ・リリーマ地表水の平均流速と所要時間

地区別	高度範囲 (m)	距離 (Km)	流 速		流走所要時間
			実測平均 (m/sec)	× 0.8 (m/sec)	
外縁山岳部	4,800 ~4,200	8.5	1.20	0.96	2時間30分
パンパ中心部	4,200 ~4,000	16.0	0.80	0.64	6時間50分
パンパ出口	4,000 ~3,950	6.5	0.48	0.38	4時間30分
計		31.0			13時間50分

測定結果によると高度4,800メートルの融雪線を水源とする地表流水が、パンバ中心部を経てパンバ出口に相当するサイトコ地狭部に達するのに14時間を要することになる。したがってその間に地表流水は気温の日変化の影響を受け凍結、融解が繰り返されるものと推定される。

iii) 平均流量及び取水可能水量の推定

現地の聞き取り調査によると本年度のパンバ・リリーマは、夏期（ポリビア・ウインター期）の降水量が多かったのに対して冬期の降雪量が少なかったといわれている。しかし周辺山岳部高地の万年雪を主とする積雪状況は平年度にくらべて特に大きな差異がなく、他方現地調査期間中（6月～10月）の地表流水は平年度より約30パーセント増加しているとする地元情報もある。

本調査は期間が短いため年間を通じた流量の明確な資料が得られなかったが、期間中の観測結果及び関連気象資料等を参考に、乾季の月別流量及び取水可能水量を表8-19に示すように推定した。即ち、パンバ・リリーマの乾季の取水可能水量は下記のようになる。

パンバ・リリーマ取水可能水量

(ℓ/秒)

6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月(前半)
340	235	160	120	60	25	5

なお上表で推定値が記入されていない1月～5月及び12月の後半は、ポリビア・ウインター期に関連した増水期に当る。流量推定地点はサイトコ地狭部（高度3,950m）に位置するC点で、B地点の流量に比べて20%多い。平年度推定流量は本年の流量の70%とし、下流のコスカーヤ沢水系の既得水利権毎秒80リットルを除外して推定取水可能水量としている。

2) 地下水

パンバ・リリーマでは前述したように全集水域190平方キロメートルのうち36平方キロメートルがパンバ低地を形成し、緩く傾斜した平坦な扇状地、河岸段丘、沖積層等の堆積砂礫層よりなり、地表に水系網が発達している。周辺の山岳部に源を発する地表流水は、こうした堆積砂礫層に達して一部が浸透し、地下水層を形成すると

考えられる。とくにパンパ低地の地表傾斜が極めて緩やかなこと及び西側開口部に相当するサイトコ地区に花崗閃緑岩の岩盤が露出する地峽部が発達することから、地下水盆が形成され豊富な地下水が存在するものと推定される。本調査では地表水の調査に併せてこうした地下水盆に関する情報を得る目的から電気探査、試錐調査及び揚水試験等を実施した。

i) 電気探査

本調査ではシュランベルジャー (Schlumberger) の電極系による垂直法電気探査を実施した。この方式は中心点を設定してその直下の比抵抗分布を測定するもので、測定結果は深度を縦軸とした比抵抗断面として表現される。こうした比抵抗断面から地下構造を推定し解明することが電気探査の目的である。

測定に当っては現地の地表条件及び推定される地下構造を考慮して、浅部電気探査及び深部電気探査を実施した。このうち浅部電気探査は深度200メートルまでを対象にしたもので、中心点17点について測定している。なお浅部電気探査の中心点のうち1点は温泉湧出地点に位置しているが、他の16点については測線を設定しA測線に5点、B測線に11点をいずれも200メートル間隔で設定した。これに対して深部電気探査は深度700メートルまでを対象にしたもので、比較的基盤深度が深いと推定される位置に中心点1点を設定している。測線および中心点の位置は図8-12に示すとおりである。

測定結果から解析された比抵抗断面を図8-13及び図8-14に示す。比抵抗断面によると浅部構造には明瞭な3層構造が発達し、一般的な沖積層にみられる比抵抗分布と同様の傾向を呈している。これら3層を地表から ρ_1 (第1層) ρ_2 (第2層)、 ρ_3 (第3層) とすると、各層の境界面深度は特徴的な変化を示し、それぞれの比抵抗にも明瞭な有意差が認められる。

A測線では図8-13に点線で表示するような比抵抗の境界面が認められ、それぞれの比抵抗層を地表から ρ_1 、 ρ_2 、 ρ_3 とすると中心点A-3に ρ_1 を欠くが全体的に $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$ の関係を示している。また比抵抗層の構造については、 ρ_1 が中心点A-2からA-1及びA-4からA-5にかけて深度を増しているのに対して、 ρ_2 の深度はA-2からA-5で浅くA-1で深い傾向が認められる。B測線ではそれぞれの比抵抗層を ρ_1 、 ρ_2 、 ρ_3 とした場合、すべての中心点について $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$ の関係が認められ、 ρ_3 の比抵抗が最も低い。 ρ_1 の深度は中心点B-4からB-10までが浅く、B-1からB-3及びB-11

が深く、最も深い中心点はB-3である。 ρ_2 の深度はほぼ ρ_1 に相関し中心点B-4からB-9までが浅くB-1からB-3及びB-10、B-12が深い
が、最も深い中心点は ρ_1 と異なりB-2に位置している。

A測線とB測線とを対比すると深度については ρ_1 、 ρ_2 ともに全体的にB測線が深くそれぞれの最大深度もB測線が卓越している。また比抵抗については、B測線ともに ρ_3 が低比抵抗層を形成するのに対して、 ρ_2 はいずれも ρ_3 より高い比抵抗層を形成している。しかし ρ_1 についてはA測線で ρ_2 より高い比抵抗層を形成するのに対して、B測線では ρ_2 より低い比抵抗層を形成している。

中心点T-1は温泉湧出地点に位置するもので、3層構造を呈しているが ρ_2 (第2層)にA及びB測線の ρ_2 と著しく異なる特異な高比抵抗層が検出された。これに対して最下位の ρ_3 にはA及びB測線と同様の低比抵抗層が認められる。

深部電気探査の結果は図8-13の中心点D-1に示すもので、浅部構造については全体的にA及びB測線の比抵抗断面とよく対応している。特に比抵抗分布に $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$ の関係が認められ、 ρ_3 の比抵抗が最も低いことはA測線、B測線と一致した傾向である。なおこの中心点では深度500メートル以深に顕著な深部高比抵抗層 ρ_4 が検出されている。

図8-15はA及びB測線で検出された浅部の比抵抗分布を示した比抵抗断面図である。この図は前述した ρ_2 の深度を表現しているが、全体的に ρ_2 下限の起伏が緩やかなことが指摘される。

図8-16は ρ_2 下限の深度を表現した等深線図で、 ρ_1 の層厚を無視するとほぼ ρ_2 の層厚に相当する。この等深線図によると ρ_2 の層厚は中心点A-3からB-8にかけて薄く、A-4からB-10、B-11及びB-2付近で厚いことが指摘される。

こうした電気探査の結果から、本地域では低比抵抗層を形成する ρ_3 がゆるやかな起伏をもって分布し、その上位に中間的な高比抵抗層を形成する ρ_2 が発達することが明らかになった。また最上位層に相当する ρ_1 は部分的に欠除するが、全体的には ρ_2 の深度に相関して分布する傾向が認められる。後述する試錐調査の結果によると、この第2層に相当する ρ_2 が帯水層を形成する砂礫層を表現するものと推定される。

なお深部電気探査の中心点D-1で検出された深度500メートル以深の深部高比抵抗層 ρ_4 は、浅部電気探査の結果に全く表現されていない。これは探査深度によるもので、こうした深部高比抵抗層は浅部電気探査の能力限界以深に位置

すると判断される。しかし少なくとも深度200メートルより浅部に ρ_4 に対比される高比抵抗層が分布しないことは、浅部電気探査の解析曲線に ρ_4 に相当する高比抵抗成分が全く認められないことから、容易に指摘することができる。

本調査では測定装置に高出力I・P送信機モデルCH505A・B千葉電子研究所(日本)、エンジン発電機モデルマークII-400マッカラー(McCulloch, U.S.A.)を使用した。これらの測定装置は本来、強制分極法(I・P法)のために設計されているが、送信機に高性能の定電流回路をそなえ受信機の測定精度も高く本調査の目的に充分の性能を有している。

ii) 試錐調査

試錐調査は地下地質、特に帯水層の性状及び層厚、基盤岩の深度等を知るとともに、掘削孔を使用して帯水層の水理定数を測定することを目的としている。試錐地点は水文地質調査及び電気探査の結果に基づいて決定された4か所で、掘削総延長200.7メートルである。

調査に当っては作業期間が冬期であること、アンデス山脈高地の特殊環境下にあること、運搬道路条件が劣悪なこと等から、試錐に関連した各種調査を除くキャンプ設営、機材運搬、掘進作業等を現地専門業者に委託した。試錐作業に関する諸元は表8-20のとおりで、図8-12に試錐位置を表示している。また試錐工法、使用機械等は次のとおりである。

使用機械 : FRANKS KC-45型 トラックマウント

回転式試錐機

使用ビット : 径170 mm、トリコンビット

使用泥水 : ベントナイト

使用ケーシングパイプ : 口径150 mm鉄管

ストレーナー : 口径150 mm

試錐調査の結果は表8-21に、地質柱状図は図8-17～図8-20に示すとおりである。この結果に基づいて、パンパ・リリーマにおける帯水層の性状を判断すると、次のように要約される。

試錐孔 $\#1$:

難帯水層は深度2.30メートルまでの腐植土層、非帯水層は、2.200 m 以深の安山岩基盤である。帯水層は深度2.30～2.200メートルの砂礫層で、この間を井戸仕上

げた結果によると、静水位が地表面上にあり（+5.4 cm）自噴量が毎秒1リットルあるので、この帯水層は自噴性被圧状態にあると判断される。

試錐孔 №2 :

難帯水層は厚さ0.2メートルの表土層（腐植土）と深度9.0～11.0メートル及び22.0～24.5メートルの粘土層、又非帯水層は24.5メートル以深の安山岩基盤である。帯水層は深度0.2～2.5メートルの砂礫層を除いては粘土混り砂礫層で、掘削業者の報告によると、7.5メートル以深は粘土の含有量が多いので基盤岩と同様の取扱いをしている。したがって、本孔の場合には7.5メートル以浅の砂礫層を帯水層とするのが妥当であろう。又、井戸仕上げ後の静水位が地表面上にあり、自噴量がごく少量（毎秒0.03リットル）あるので、この帯水層も自噴性被圧状態にあるといえる。

試錐孔 №3 :

ここでは、前記2孔にみられるような腐植土層がなく、地表面から砂礫層で、4.0メートル以深では粘土の含有量が多くなり、20.0メートルで安山岩基盤に達する。業者の報告によると18.0メートル以深を実質上非帯水層としている。井戸仕上げ後の静水位は地表面下0.65メートルであるので、この帯水層は自由面状態にある。

試錐孔 №4 :

難帯水層は0.15メートル以浅の表土層（腐植土、細砂層）と38.0～51.0メートル間の粘土層、非帯水層は51.0メートル以深の安山岩基盤である。帯水層は深度0.15～38.0メートルの砂礫層で、井戸仕上げ後の静水位が地表面上にあり、自噴量が毎秒0.12リットルあることから、自噴性被圧状態にある。

iii) 揚水試験

帯水層の水理定数の一つである透水係数を測定する目的で、試錐孔を使用した揚水試験を行った。井戸ケーシングとストレーナの口径は150ミリメートルで、その外周には砂利を充填し、表土層が腐植土層の場合（試錐孔 №1、 №2 及び №4）にはその部分に粘性土を充填した。揚水は内径50ミリメートルのサクション・ホースを使用し、揚水量は升に受けて計量した。

揚水の方法は、まずある一定量で揚水して井戸内の水位の降下を刻々測定し、次に揚水を停止して水位の上昇を刻々測定する方法、すなわち水位降下法と水位上昇法の2通りである。

帯水層の透水係数は非平衡式に基づく直線解析法によって行い、水位上昇の測

定値を用いて次の式で計算した。その一例を図8-21に表示する。

$$T = 0.183 Q / \Delta S \quad , \quad k = T / b$$

T：透水量係数

Q：揚水量

ΔS ：対数の1サイクル当りの水位上昇（井戸内）

k：透水係数

b：帯水層の厚さ

計算の結果は表8-22に示すとおり、帯水層の透水係数は概略 10^{-8} センチメートル/秒台である。この値は帯水層として評価できる範ちゅうに入るが、優劣で示すと透水性のよくない帯水層といえよう。

揚水試験の結果に基づいて、パンパ・リリーマにおいて地下水汲上げの計画をたてる場合、基本的な考え方として、次の各項が指摘される。

(1) 帯水層の透水性が劣るので、1井当りの揚水量は多く得られない。試錐孔No.1の例で、ケーシング口径を試錐孔の径の2倍の300ミリメートルとした場合の揚水可能量は毎秒12リットル程度と推定される。

(2) 大量の地下水を得るには数多くの井戸を必要とし、それらの井戸は流水沿いに配置する。この理由は、揚水試験の結果をみると揚水中に流水からの補給が活発に行われていることが確認できるからである。

(3) 井戸の深度は20メートルが限度と判断される。掘削記録によると、砂礫層は深くなるほど粘土の含有量が多くなり、帯水層としての価値がうすれるからである。

したがって、パンパ・リリーマにおける地下水汲上げは、相当大規模な揚水施設を必要とすると判断される。

8.5.6 水 質

本調査で採取した水試料の分析結果及び水利総局が分析を実施した結果を表8-23に記載する。試料採取位置は図8-10に示すとおりである。

コスカーヤ沢水系の項で述べたようにパンパ・リリーマやコスカーヤ沢水系では砒素の含有量が若干多く、一部水試料ではチリー水質基準の許容量を上廻る砒素が認められる。とくにパンパ内の湧出温泉水については0.41 ppmの砒素が検出され、パンパ・リリーマやコスカーヤ沢水系の水質汚染の要因をなすものと判断される。したがってパンパ・リ

リリーマからの取水を計画するに当っては、温泉湧水を分離除去することが必要である。

また乾期のパンバ低部には白色粉末物質が地表を広くおおって分布している。こうした物質についても水質に関連すると考えられるので、分析を実施した。表8-24がその分析結果で、水溶性物質としてNaCl及びNa₂SO₄、不溶性物質としてCaCO₃及びCaSO₄・2H₂Oが卓越することが判明した。こうした物質の存在は導水管等にスケールが付着しやすいこと、又腐蝕が進みやすいことを示唆している。

8.5.7 集落及び農業

パンバ・リリーマは高度の関係から農耕がほとんど不可能で、リヤマ、羊等の放牧が6家族によって営まれているにすぎない。しかし下流のコスカヤ沢沿いにはコスカヤ、ポロマの両集落がいずれも河床低部の河岸段丘を利用して農業を営み、次表に示すように100ヘクタールの耕地に対し毎秒80リットルの水利権が認知されている。

コスカヤ、ポロマの農業

集落名	海 抜 (m)	人 口 (人)	戸 数 (戸)	耕 地 (ha)			作 物
				水利権あり	水利権なし	計	
コスカヤ	2950	30	40	60	—	60	80ℓ/sec水利 権認知 アルファルファ 及びとうもろこし
ポ ロ マ	2850	20	15	40	—	40	
合 計		50	55	100		100	

したがってパンバ・リリーマからの取水を計画するに当ってはこの水量毎秒80リットルを考慮する必要がある。

8.5.8 取水方法

パンバ・リリーマからの取水については、西側開口部に位置するサイトコ地峽部に堰堤を建設する方式が最も効果的である。しかしパンバ・リリーマにはポリビア・ウインター期においても突出砂泥流が認められないので、沈砂池を設け取水ストレーナーを地下浅部に設置する方式も可能である。

8.6 パンパ・デル・タマルガルの地下水

パンパ・デル・タマルガルは地球上の乾極に当り極度に乾燥した砂漠性盆地帯を形成しているが、東方のアンデス山脈地帯に源を発する流水に涵養される地下水が賦存している。この地下水は、図8-22に示すように極めて広範囲に分布し、多数の揚水井戸が認められる。現在ではイキイケヤボン・アルモンテ等の都市用水、ピカヤビンタドス等の農業用水、サガスカ鉱山の操業用水が、この地下水を水源としている。

水質組成の一例は図8-23に見られるように硫酸ナトリウム型の水質を示すのが特長である。また、チリ水利総局の水質分析結果によると、この地域の地下水は全溶存固型物が1,000 ppm を超えているので淡水ではなくかん水(Saline Water)に相当し、日本の飲料水水質基準(全溶存固型物の許容限界500 ppm)をはるかに超えている。

なお、セロ・コロラド鉱山の操業用水をこの地下水に依存する件については、揚水ヘッドが1,500 mにおよぶことから経費的に問題外である。

8.7 農業開発の可能性

水質調査に関連して、鉱山操業用水が充分調達可能となった場合に、余剰水を農業用水へ活用する可能性について予備的検討を追加的に行った。農業開発の自然条件、現状及び開発の可能性は以下の通りである。

8.7.1 自然条件

自然条件については、第4章「計画地域の自然条件」に取りまとめた通りであるが、特に農業開発の観点から地域の気象特性を以下に要約する。

気 温：

亜熱帯圏に属しているため、年間の気温変化は大きくないが日変化が大きい。最高気温25～28度C、最低気温4～6度Cである。この地方に栽培されている作物の大部分は5～6度Cで生育が停滞するものとみられ、比較的気温の高い9～4月が望ましい耕作期間とみられる。気温的に栽培可能な作物は、麦類、トウモロコシ、馬鈴薯、アルファルファ、温帯果樹、野菜等とみられるが、夜間の気温低下が著しいので単位面積当たりの収量をあまり高くは期待できないと考えられる。

降 水：

年間降雨量は極めて少なく、有効雨量は零に等しい。

風 速：

年間を通して風が強く、旋風も発生するため草丈の高い作物の栽培は問題がある。ただし、溪谷内部では差程問題とならない。

地 温：

砂漠地帯では、夜間の気温低下につれ地温が5度C以下になる所があり作物栽培に問題となる。

水 温：

温泉水利用の灌漑では、水温的には問題ないが、アンデス山脈地帯からの導水による灌漑に当っては、水温上昇を計る必要があるとみられる。

土 壤：

マミーニャ及び鉸山都市建設候補地D地区での土質調査結果から判断すると、作物栽培に重要な地下1メートルまでに土層がなく、微砂や火山灰土からなっている。これは、耕作作業が楽で通気性に富むが、水の吸収力が大きく保存力に欠ける。十分な灌漑と施肥が必要となる。マミーニャ及びD地区での土壌条件は下表の通りである。

マミーニャ及びD地区の土壌条件

マミーニャ集落		D 地 区	
深度 (m)	土 性	深度 (m)	土 性
0～ 0.2	微砂と細砂からなる砂質土で、腐植質土と粘土の含量は極小。	0～ 0.2	細砂を含む火山灰土で、径10～20mmの角礫20%内外を含む。
0.2～ 0.45	大体上と同じであるが、径10～15mmの角礫30%内外を含む。	0.2～ 0.6	大体上と同じ火山灰土であるが、径10～100mmの角礫30%内外を含む。
0.45～ 0.7	大体上と同じ砂質土であるが、最大径5mmの角礫5%内外を含む。	0.6～ 0.8	大体上と同じ火山灰土であるが、最大径200mm内外の角礫80%内外を含む。
0.7～ 1.0	細砂と中粒砂からなる砂質土で最大径30mm内外の角礫15%内外を含む。	0.8～ 1.0	細砂を含む火山灰土で、最大径200mm内外の角礫10%内外を含む。

8.7.2 農業の現状

地域の土地利用は農業用水や生活用水の得られる溪谷や地下水に恵まれた地区に限られている。耕作の現状は、表8-25の通りである。又バルカ沢、マミーニャ部落、コスカーヤ沢溪谷における状況については、8.2.8、8.3.4及び8.4.7項に述べた通りである。即ち、タルバカ及びマミーニャ両集落を除くと、いずれも耕作面積、人口とも小さく零細なものが多く、主要作物もアルファルファ、トウモロコシを中心としている。又、水不足のため遊休耕作地も多く、水利権のない耕地は水源不安定地として豊水年のみに耕作されていると云われる。更に、若年者の転出、過疎化現象が現われている。

栽培作物は前述の通り、大部分がアルファルファ、トウモロコシ、野菜（トマト、キャベツ、カボチャ、スイカ、トウガラシ等）であるが、ピカ集落では地下水を利用して、果実が栽培されている。しかし、労働力の不足や経済力の低さ、労働粗放的管理と肥料の不足及び夜間気温の低化や生産性の低い土壌条件等のため、単位面積当りの収量はかなり低い。又、大部分の農産物が自給食糧に充てられている。ただし、マミーニャとピカの両集落からは、1976年7月～1977年6月の1年間に下記の農産物出荷が行われている。

農産物の出荷量

マミーニャ集落		ピカ集落	
種類	数量(トン)	種類	数量(トン)
馬鈴薯	4～5	野菜	不詳
トウモロコシ	3	花卉	不詳
にんにく	1.5	オレンジ	280
小麦	8	マンゴ	140
アルファルファ	6～10	レモン	260
果実	5～8	グアバヤ	140

8.7.3 農業開発の可能性

セロ・コロラド鉱山用水施設整備に関連した鉱山操業用水源を利用した農業開発の可能性は主として下記の2項となろう。

- 1) 8.5節で述べたバンバ・リリーマの水をバルカ沢に導入した場合、バルカ沢溪谷に既存のバルカ及びノアサ両集落の未水利権耕地（豊水年以外水手当がなされている）

ない)である27ヘクタール(バルカ集落13ヘクタール、ノアサ集落14ヘクタール、表8-8参照)を対象として、灌漑用水を供給する。

2) 鉾山閉鎖後、バルカ沢下流扇状地に新たに灌漑農場を開拓し、鉾山操業用水を流用する。

以上の2案の内、第2案の鉾山閉鎖後(本調査として鉾山運営を一応20年間としている)の開発については、本計画調査の直接的便益とならない。又、別途フィージビリティ調査を行わねば、その開発可能性につき明確化出来ないため本調査においては、その可能性を指摘するにとどめざるを得ない。したがって、第1案のバルカ沢溪谷遊休可耕地を対象とした農業開発の可能性についてのみ検討を行うものである。

バルカ、ノアサ両集落の未水利権耕地27ヘクタールの内、純灌漑面積は約20ヘクタールと想定される。又、農業開発規模が限定されていること、溪谷の自然条件及び営農の現状からして、栽培作物としては既栽培主要作物であるアルファルファ、トウモロコシ及び鉾山都市を新マーケットとする野菜・果実類を計画する事になる。作付面積20ヘクタールの生産量は概そ下記の通りである。

作物別 ha当り収量と生産量

	アルファルファ	トウモロコシ	野菜	果実	計
作付増加面積(ha)	13.0	2.0	3.0	2.0	20.0
ha当り収量(トン)	30.0	1.5	10.0	5.0	
増加総生産量(トン)	390.0	3.0	30.0	10.0	

上記作付に対する必要水量は、マミーニャ集落の灌漑水量の例から判断し、毎秒約5リットル(1日の降水量に換算して約13ミリメートル)と推定される。したがって、上記灌漑可能地に対する必要水量は毎秒30リットル、供給時の水損耗を入れると毎秒33リットルとなる。

更に、両集落の農業開発に当っては養畜を計画し、農業生産の向上と、鉾山都市への肉類、鶏卵の供給を計るべきである。リヤマ、肉羊、兎、鶏の飼養頭羽数を増やす事が計画され、その飼料としては、アルファルファ、作物菜稈類、魚粕等が考えられる。

以上の耕作面積の増加及び畜産の振興により試算される農業所得の増加は年間約6万ド

ル程度となると見込まれる。(但し、水代は含まずに試算)しかし、同農業開発に当っては下記の問題点に対し対処する必要がある。

- i) 必要水量の確保
- ii) パンパ・リリーマから導水した場合、灌漑水の温度を上げる対策(水源地標高4,000メートルでの水温が0.8度Cと云われ、7~8度Cに高めることが必要となる。)
- iii) 労力の導入及び栽培、営農技術の指導
- iv) 農業金融、マーケット・システム

8.8 用水計画

これまでにバルカ沢水系、マミーニャ集落と水系、コスカーヤ沢水系、パンパ・リリーマ及びパンパ・デル・タマルガルの地下水について検討を行った。その結果は次のように要約され、セロ・コロラド鉱山操業用水毎秒130リットルを対象にする水系としての優劣が明らかになった。

1) バルカ沢水系

本水系はセロ・コロラド鉱山直下を西流し、調査対象水系のなかでは最も鉱山の近くに位置している。したがって鉱山直下で取水することが可能であれば最も経済的で施工も容易である。

本水系の鉱山直下における取水可能水量は12月~4月が必要水量を満足し、5月~11月に不足すると推定される。これについては、貯水ダム等による不足水量の確保が必要で、またボリビア・ウインター期の鉄砲水に対処するための洪水調節ダムや取水設備も考慮しなければならない。なお水質的には全く問題なく、乾期における取水可能水量の不足さえ解決できれば、有力な水源と判断される。

2) マミーニャ集落と水系

本水系はバルカ水系に次いでセロ・コロラド鉱山に近いが、安定した水源としては総計毎秒20リットルの温泉湧水のみである。しかしこの温泉湧水については絶対量が少ないこと及び既存住民が部落外使用に否定的なことから、たとえ量的に若干でも鉱山の操業用水に期待することは避けるべきと判断される。なお水質については分析結果によると問題ないとされているが、温泉湧水のため若干の硫化水素臭を伴っている。

3) コスカーヤ沢水系

本水系はセロ・コロラド鉱山の北部に位置し、下流部には毎秒280リットルにおよぶ流量が認められる。しかしこうした流量が得られる地点と鉱山所在位置の間に1,100メートルの揚水ヘッドが認められること及び距離的に遠いことから、鉱山操業用水としては経済的に不適当なものと判断される。なお水質についても水質基準を若干上回る砒素が検出されている。

4) パンバ・リリーマ

パンバ・リリーマはセロ・コロラド鉱山の北東部、コスカーヤ水系の最上流部に位置し、常時流水の認められる水盆を形成している。水盆内部の地表流水取水可能水量は1月～8月が必要水量を満足し、9月～12月に不足すると推定される。しかし電気探査及び試錐調査によると約20メートルの帯水層とそれに伴う地下水が賦存することから、揚水設備をほどこすことによって不足水量を確保することができる。また本水盆は高度4,000メートルに位置しセロ・コロラド鉱山より1,700メートル高いため、自然流下による送水が可能である。

水質については飲料水の水質基準を上回る砒素が検出されているが、これは湧出温泉に起因するもので取水方法を考慮することによって処理できると判断される。したがって本水盆は遠隔地に位置すること及び地表流水が不足する時期があることを除くと、鉱山操業用水の有力な対象水源である。

5) パンバ・デル・タマルガルの地下水

パンバ・デル・タマルガルに豊富な地下水が賦存することは以前から知られていた。この地下水は現在イキイケヤボソ・アルモンテ等の用水源として利用され、セロ・コロラド鉱山の操業用水としても量的には充分利用が可能である。しかし鉱山に対して遠距離に位置すること及び揚水ヘッドが1,500メートルに及ぶことから、鉱山操業用水としては経済的に不適当なものと判断される。

こうした検討の結果、セロ・コロラド鉱山の操業用水を対象にする水系としてはパンバ・リリーマおよびバルカ水系に限定されることが明らかになった。

8.8.1 パンバ・リリーマ用水計画

パンバ・リリーマ西側開口部に位置するサイトコ地峽部で取水した地表流水を、パイプラインによりバルカ沢上流部に導水して放流しセロ・コロラド鉱山直下のバルカ沢から再

び取水する計画である。本計画の導水ルートは、図8-24に示すように高度3,950メートルのサイトコ地峡部の取水点から高度3,750メートルのバルカ沢上流部放流点までの35キロメートルを口径400ミリメートル鋼管によるパイプラインで導水し、放流点から高度2,300メートルに位置するセロ・コロラド鉱山直下の取水点までの導水にバルカ沢を利用してパイプライン関係費用の軽減を計っている。さらに高度差を利用してすべて自然流下による送水方式を採用していることも本計画の特長で、送水ポンプや中間ステーション等が不要なことは極めて有利な条件である。しかし一部にバルカ沢を利用して送水するとはいえ、長大なパイプラインの建設を必要とするため、本計画による用水関係工事費として後述するように5,000千ドルが見込まれる。またパイプラインのルート選定及び関係道路の建設等についても詳細な調査が実施されていないため不確定要素が多い。さらに本計画の重要な問題点として乾期における地表水流量の不足が指摘される。本計画によるとバルカ沢上流部に放流する方式を採用するため豊水期には両水系の流量を併せて利用できるが、少なくとも乾期のうち9月～11月の3ヶ月間は両水系の地表水流量を併せてもセロ・コロラド鉱山の操業用水として必要な毎秒130リットルの流量が確保できないと推定される。したがって、年間を通じて所要水量を確保するためにはバンバ・リリーマの地下水を短期間揚水する必要があるが、揚水設備やその運転、保守等に関する新たな問題が発生する。バンバ・リリーマの地表流水については長期観測資料がないので、こうした流量の不足も推定の範囲を出ないが今後の気象観測資料の充実に待ちたい問題である。

なお本計画によるとバンバ・リリーマの地表流水をバルカ沢に放流するので、豊水期にはバルカ集落の耕作地に余剰水を供給することが可能である。しかし前述したように乾期に操業用水自体の確保が地表水のみでは困難と推定されることから、安定した灌漑用水供給源にはなり難い。

8.8.2 バルカ用水計画

ボリビア・ウインター期に発生するバルカ沢水系の突出地表流水に着目し、この流水を貯水することによって鉱山操業用水毎秒130リットルを確保する計画である。本計画には貯水ダムが必要で、バルカ沢本流を直接締切るダム案と平流をさけて鉱山側に貯水ダムを構築する案について検討を行った。しかし前者は突出地表流水の長期的な見積りが困難なこと及び乾期の間に工事を完成させることが不可能なことから、後者を採用することに決定した。

こうした貯水ダムについては鉱山直下のバルカ沢南岸に適地が認められ、比較的容易にダムを構築することが可能である。ダムの規模は堰堤最大高さ65メートル、貯水量207

万立方メートルのグラベルアースダムで、これによって取水可能水量の不足する5月～11月の期間を含めた操業用水を確保できると試算される。したがって本計画によると必要水量はバルカ沢水系の地表流水のみで確保できることになり、用水系統が単純化できる。また所要設備がすべて鉦山近傍に位置するため工事が容易となり、維持費が低くなるなどの利点も見逃せない。なお、ポリビア・ウインター期の突出地表流水による取水設備の流失等に関する対策も問題になるが、バルカ沢を直接縮切るダムを構築しないため、その解決は可能である。但し、本案によると周辺集落の農業用水に寄与することが難しい。

なお、バルカ沢水系の地表流水についてはパンバ・リリーマと同様に長期観測資料がないので流量の不足も推定の域を出ない。したがって今後の気象観測資料の充実を待つて再検討する余地が残されている。

8.8.3 工事費の概算

用水計画に関する工事費については次のように概算される。

A. パンバ・リリーマ用水計画

配管材料費	3,200千USドル
直径400mm鋼管及び耐圧鋼管	
敷設延長距離 35 Km	
配管工事費	1,000千USドル
敷設費及び付帯道路工事費	
取水設備費	800千USドル
取水ダム	
沈砂池	
取水暗渠	
合 計	5,000千USドル

B. バルカ用水計画

貯水ダム工事費	2,200千USドル
取水設備費	1,000千USドル
取水暗渠	
取水開渠	
沈砂池	
合 計	3,200千USドル

こうした概算工事費に償却費、運転費、金利等を考慮するとパンパ・リリーマ用水計画で1立方メートル当り4.0セント、バルカ用水計画で1立方メートル当り3.2セントの用水単価が推定される。また工事期間は両計画ともに1年を予定し、付帯設備を含めて1.5年と見込まれている。

したがって本調査の結論として現段階では鉱山の開発、操業に直接的な効果の大きいバルカ用水計画の採用を提言する。これは工事が容易なこと及び工事費、用水単価がいずれも低いことなどの理由によるもので降水量や地表流水等の水文気象に関する長期観測結果によっては、パンパ・リリーマ用水計画との併用を検討する必要性が生じる可能性もある。したがってパンパ・リリーマ用水計画については地表流水の長期観測を実施する必要がある、安定した鉱山操業用水を確保する体制を確立するためにもパンパ・リリーマ用水計画は継続的に検討する価値を有するものと判断される。

8.8.4 地域社会に及ぼす効果

本地域に関して用水整備計画が地域社会に及ぼす効果としては農業開発の振興が考えられる。とくにバルカ沢流域のバルカ及びノアサ集落には、8.7項に記述の通り未水利権可耕地が認められ、用水の確保ができれば、その有効利用が可能である。したがって用水整備計画に関しても農業用水の確保について検討を行ったが、バルカ用水計画によると農業用水に寄与する余地がなく、パンパ・リリーマ用水計画でも地表水のみでは定常的な農業用水を計上することが困難な状況にある。

しかしパンパ・リリーマの地表流水調査は極めて短期的に実施されたもので、さらに長期的な観測が必要である。もし長期観測の結果、パンパ・リリーマに充分の地表流水が確認された場合にはパンパ・リリーマ用水計画の採用が可能となり、農業用水に寄与することができるものと考えている。また鉱山閉鎖後については用水関係設備が維持できるならば、かなり本格的な農業開発が可能になるものと判断される。

バルカ沢用水計画の建設費は1年半の施工期間にわたる3,200千ドルである。このうち、現地調達資機材費、運搬費および労務費として全体の約95パーセント、3,000千ドルが周辺地域に支払われ、地域経済にインパクトを与える。又、このうち約35パーセント、1,000千ドルは労務費と考えられ、これに相当する労働需要が発生する。これらのインパクトはこの地域にとっては非常に大きいものと判断される。

添付資料 水利権及び関係官庁

1. 水利権

本地域の山岳部諸水系に関する水利権は、付図8-1及び付表8-1に示すように多数の出願がなされている。これらのうち本調査に関係するものとしてはコヤカグア沢水系北部がチリー銅公社(CODELCO)と重複しているが、調査地域の主体をなすパンパ・リリーマ、コスカーヤ沢、バルカ沢等の水系に関しては全く問題はない。

2. 水利法

チリで現在基本的に適用されている水に関する法律は、1969年1月15日公布、1969年3月12日施行の水利法(CODIGO DE AGUAS)とその後の若干の追加規則である。同法の主要項目は次の通りである。

水利法(CODIGO DE AGUAS)

第1巻

第1条 一般規定

第2条 水利権、水の所有権

第3条 水利権の取得

第1項 一般規定

第2項 住民の飲料、家庭内使用及び集落排水についての水利権

第3項 灌漑用水の水利権

第4項 発電用水の水利権

第5項 工業用、原動力用等の用水の水利権

第6項 地下水の水利権

第7項 医薬用用水の水利権

第8項 タラパカ、アントファガスタ州における地下用水の水利権

第4条 河川流水

第1項 自然河川

第2項 小河川

第3項 人工河川

第4項 公共河川からの私的分水の許可

第5項 特別規定

第5条 使用目的後の用水

第6条 導水路協会及び水利共同体

第7条 水利監視組織

第8条 水資源の使用権

第1項 一般規定

第2項 自然湧水の使用権

第3項 地表流水の使用権

第4項 ダム、用水取入口、分水堰の使用権

第5項 略

第6項 家畜用水飲場の使用権

第7項 原動力用水の使用権

第8項 臨時使用権

第9項 使用権の消滅

第9条 水利権の登記

第10条 水の使用に関する私的行為

第2巻

第1条 水利権の許可

第2条 国有地における地下水調査

第3条 水全般に関する問題の審理

第4条 罰則（罰金）

第5条 水利局（水利総局）

第6条 国立灌漑会社

その他 特別及び臨時規定

この法律の基本的姿勢として、地域住民の生活用水の既得権保護が重視されており、又特に北部のタラバカ、アントファガスタ州については、特別規定されている。又、本法律により水利局は水資源に関して、調査、研究、水利権申請の受理、審査、認可、登記等全てを受持っている。本調査団との折衝過程では、セロ・コロラド鉱山用水の水利権は、基本的には本法律によるが、地域開発重視の建前から、比較的柔軟な解釈運用を意図している旨発言している。

現在イキケ銅山有限会社は、水利局に対して、水利法に基き、

バルカ沢水系地表水取水

パンバ・リリーマ地表水取水 — パンバ・ラグニージャ、コヤカグア沢を含む

パンバ・リリーマ地下水調査

を1977年1月～3月にかけて出願しており、今回の調査も、この出願範囲で行われた。

3. 関係官庁

1) 地方水利灌漑局 (Dirección de Riego)

主として砂漠地帯でのさく井、山間農耕地への灌漑工事等の施工及びその監督を行う他、水利総局の出先がないので、水利権の受付、登記等をも代行している。

2) 地方衛生事業局 (Dirección de Obras Sanitarias)

主としてイキイケ管区内の上水道の管理、補修、料金の徴収を行う直接官庁である。

3) 州庁企画室 (Oficina de Planificación)

第一州内全般の民生、産業上の諸計画を企画立案するところで、水関係についてもタッチしている。

4) 水利総局 (Dirección General de Agua)

サンチアゴに本局があり、イキイケにはまだ出先機関がない。水関係の全般的な水利権、調査研究、計画を行なう官庁で、最近北部チリでの用水権問題(工鉱業関係)が活発化して来たので、イキイケに出先機関を設置すべく動いている。

水利総局 (Dirección General de Agua) 組織

公共事業局 (Ministerio de Obras Públicas)

事業総局 (Dirección General de Obras)

細部は略

水利総局 (Dirección General de Agua)

(1) 水利権部 (Dept. Derecho de Agua)

水利権関係の受付許可、調整等を行う

(2) 研究・調整部 (Dept. Estudio y Racionalización)

一般的な研究を行う

(3) 水資源部 (Dept. Hidragia)

本ミッションの現地作業に関して最も関連あった部で、下記の取制で調査観測等を行っている。

- (a) 地下水担当課 (Sec. Hidrogeologia)
- (b) 地表水担当課 (Sec. Hidrologia)
- (c) 水文気象課 (Sec. Hidrometrologia)
- (d) 分析所 (Laboratorio)
- (e) 計測担当課 (Sec. Hidrometrica)
- (4) 総務経理担当部

4. チリー共和国法定水質基準 (抜粋)

(Norma Chilena Oficialより)

飲料水の質的条件 NCh 409. Of 170

1. 適用範囲

- 1.1 当該基準は飲料水として守られるべき物理的、化学的、細菌学的必要条件である。
- 1.2 当該基準は全ての種類の供給に由来する飲料水に適用される。

2. 関連法令

- a. NCh 410 Of 64 工業用水術語編
- b. NCh 411 Of 63 " 試料編
- c. NCh 412 Of 63 " 分析試験編

3. 術語関係

略

4. 一般条件

- 4.1 飲料水の基準は物理、化学、細菌学的数値のそれぞれが基準を満足しなければならない。
- 4.2 物理、化学的基準は、限界の上限値を次の様に分類する。
 - a) 承認最大値 (Maximo Aceptable)
 - b) 許容最大値 (Maximo Tolerable)

5. 物理的一般条件

5.1 浸透水の濁度、色調

5.1.1 浸透水の出口での濁度は、最大 Jackson 値 5

5.1.2 色調の許容最大値は、プラチナーコバルトスケール値で 2.0

5.2 非浸透水の濁度、色調

5.2.1 通常は 5.5.1、5.5.2 によるが、地域的事情によっては、人口 1,000 人以下の場合

濁度最大値 Jackson 値 10

色調最大値 プラチナーコバルトスケール値 2.0

5.2.2 略

5.3 匂い、味

5.3.1 通常は、使用者が不快を覚えない、かつ健康に影響のないもの

5.3.2 略

6. 化学的一般条件

6.1 飲料水は、人体に有用と知られている金属成分を溶解していなければならない。

6.2 飲料水は、人体に有害な不純物の溶解や、汚染を受けてはならない。

6.3 飲料水は、供給に際して、過度の腐蝕や、水垢の付着を伴ってはならない。

6.4 飲料水は、供給に際して、未知の生理学的有害成分を混入してはならない。

6.5 含有限界

6.5.1 人体に有害な成分の溶解の限界

成 分	記 号	最大含有限界 (mg/L)
砒 素	As	0.12
バ リ ウ ム	Ba	1.0
カ ド ミ ウ ム	Cd	0.01
シ ア ン 化 物	Cn	0.2
6 価 ク ロ ー ム	Cr	0.05
銀	Ag	0.05
鉛	Pb	0.1
セ レ ニ ウ ム	Se	0.01

6.5.2 弗素、窒素の溶解限界

成 分	記 号	最大含有限界 (mg/L)
弗 素	F L	1.2
硝酸塩の窒素	N	10.0 (※)

※地下水の場合は15.0まで可

6.5.3 略

6.5.4 略

6.6 略

6.7 飲料水の化学的性質

6.7.1 飲料水の化学成分の限界

成 分	記 号	承認限界値 (mg/L)	許容限界値 (mg/L)
アルキ・ベンゼン・サルフォネート	ABS	0.5	0.5
塩 化 物	Cl ⁻	200	350
銅	Cu	1	1.5
炭素クロロフォルム抽出物	ECC	0.2	0.2 (※)
溶 解 鉄	Fe	0.3	0.5 (※※)
マンガン	Mn	0.1	0.2
マグネシウム	Mg	30	125 (※※※)
アンモニア塩中の窒素	N	0.25	
蛋白質中の窒素	N	0.1	
亜硝酸塩中の窒素	N	0.004	0.004
酸化物中の酸素	O	2.5	
溶解物の総量	—	500	1500
硝 酸 塩	SO ₄ ²⁻	250	400
亜 鉛	Zn	5	5

※ 超過する場合は事情により調査検討

※※ 1,000人以下の人口の場合は特別許可あり

※※※ 硫酸塩の含有が200mg/L以下の時に限る。

6.7.2 略

6.7.3 飲料水のP.H.は6.5~9.2

6.7.4 飲料水には1mg/Lまでの弗素化合物の添加が認められる。

6.7.4.1 弗炭の含有は夏期 0.9 m^g/ℓ、冬期 1.1 m^g/ℓ以下

6.7.5 放射性成分の含有限界

成 分	承認限界 (Pc/ℓ)(※)
ストロンチウム90	10
β線	1,000
放射能 226	3

※ 1 Pc/ℓ = Pico Curie = 10^{-12} C = 0.037 崩壊/sec

6.8 分 析

略

7. 細 菌

7.3.2. コロニー数

3ヶ/50 mL以下

4ヶ/100 mL以下

7ヶ/200 mL以下

13ヶ/500 mL以下

8. 微生物の顕鏡分析

略

9. 試料の抽出 (バクテリア検査)

人 口	サンプル数
2,000以下	2
2,000~ 5,000	5
5,000~ 10,000	10
10,000~ 25,000	25
25,000~ 100,000	100
100,000~1,000,000	300
1,000,000以上	390

GEOGRAPHY AND VEGETATION
(Parca River)

Elevation of River Bed (m)	Geography	Topography of Both Banks	Gradient of River Bed	River Bed Condition	Vegetation
2,300-2,700	Plateau in Pre-Andes	- Steep slope (30°-40°) - Partly talus cone deposits	3° - 5°	- 20-50m in width - Some narrow parts - Many outcrops of rock	- Some thorny fleshy plants and small plants in desert
2,700-3,600	Hillside area of Andes mountains	- Steep slope (30°) - Partly talus cone deposits	5°	- 10-20m in width - Some narrow parts - Many outcrops of rock	Same as the above
3,600-4,000	Same as the above	- Slope (15-20°) - Comparatively open area	3° - 5°	- 5-10m in width - River terrace and fan deposits are developed	- Gregarious alpine plants such as Paja braba, Tola
More than 4,000	Crest area of Andes mountains	- Steep slope (30°-45°) - Craggy range	5° - 10°	- Small surface flow and underflow waters	- Alpine plants such as Paja braba, Tola up to 4,200 m - Lichens

表 8 - 1

SUCCESSION OF GEOLOGICAL STRATA AND THEIR DISTRIBUTION
(Parca River)

Geological Age	Stratum	Lithology	Main Area of Distribution
Quaternary	Diluvium	Gravel	Middle stream of Parca River, surroundings of Cerro Colorado Mine
Tertiary	Upper stratum	Acidic welded tuff and pyroclastics	Highlands on both banks in middle stream of Parca River
	Lower stratum	Acidic & basic volcanics and pyroclastics	River bed in whole length of Parca River
Cretaceous	Upper stratum	- do -	- do -
	Lower stratum	Marine deposit of mudstone and sandstone, partly conglomerate including andesitic pyroclastics layers	Lower part of river bed in upper and middle stream of Parca River
Jurassic	Middle to lower stratum	Marine deposits of limestone and sandstone, including pyroclastics layers	Lower part of river bed in upper stream of Parca River

SOLID BODY MEASUREMENTS
(Parca River)

Measurement Point	Altitude (m)	Date	Water Temperature (°C)	Total Mass of Solid Body (ppm)	Remarks
Cambrina River, near the gushing point of fissure water	3,950	July 28, 1977	8.0	69	Fissure water
Cambrina River upper stream, near the gushing point of hot spring	3,500	July 28, 1977	34.5	1,400	Hot spring
Confluence of Cambrina River and Quirpena River	3,480	July 28, 1977	4.3	510	Surface water
Parca River, upper stream of Parca Village	2,680	June 15, 1977	3.9	290	Surface water
Parca River, at the crossing with roadway	2,600	Aug. 19, 1977	11.2	305	Surface water
Parca River, near Cerro Colorado Mine	2,300	Aug. 19, 1977	11.5	310	Surface water

8 - 3

表 8 - 4

RESULTS OF WATER ANALYSIS
(Parca River)

Description	Unit	Fissure water in upper stream of Cambrina River	Near the Cerro Colorado Mine	Chilean standard of drinking water quality
Sampling date		July 28, 1977	July 29, 1977	
Water temperature	°C	8	12	
Total solid body	ppm	69	310	
PH		6.97	8.10	6.5 - 9.2
USSLS classi- fication		33	39	
Color tone		20	25	20
Muddiness		5	5	10
CO ₃	ppm	0.00	0.00	
HCO ₃	"	21.36	140.35	
Cl	"	5.32	26.23	
SO ₄	"	4.32	59.56	
A	"	23.57	170.94	
C	"	6.13	50.32	
Ca	"	3.61	32.06	
Mg	"	1.82	9.73	
K	"	0.39	3.13	
Na	"	3.91	37.93	
As	"	0.000	0.000	0.12
B	"	1.88	2.20	
Cu	"	0.00	0.05	1.5
Fe	"	0.00	0.64	0.30
NO ₃	"	2.64	0.00	45.0
NO ₂	"	0.000	0.003	0.013
NH ₃	"	0.00	0.01	0.30
Mn	"	0.00	0.02	0.10
SiO ₂	"	22.0	25.0	

Remarks: Color tone is expressed in Platina-Cobalt Scale
and muddiness in Jackson Value.

RESULTS OF DISCHARGE MEASUREMENT
(Parca River)

Measurement Point	Altitude (m)	Date	Time	Water Temperature (°C)	Discharge ($\text{m}^3/\text{sec.}$)
Cambrina River, near the gushing point of fissure water	3,950	July 28, 1977	15:00	8.0	21
Cambrina River, near Japo Village	3,750	July 28, 1977	14:00	5.6	90
Confluence of Cambrina River, and Quirpena River	3,480	July 28, 1977	10:00	4.3	177
Parca River, near Noasa Village	3,140	July 27, 1977	13:30	7.0	188
		July 29, 1977	10:30	6.5	150
Parca River, upper stream of Parca Village	2,680	June 15 1977	10:00	3.9	237
Parca River, at the crossing with roadway	2,600	July 29, 1977	15:00	12.0	277
		Aug. 19, 1977	15:00	11.2	146
Parca River, near Cerro Colorado Mine	2,300	Aug. 19, 1977	9:30	11.0	217
		Sep. 8, 1977	10:30	11.5	114
		Sep. 23, 1977	8:00	10.0	77

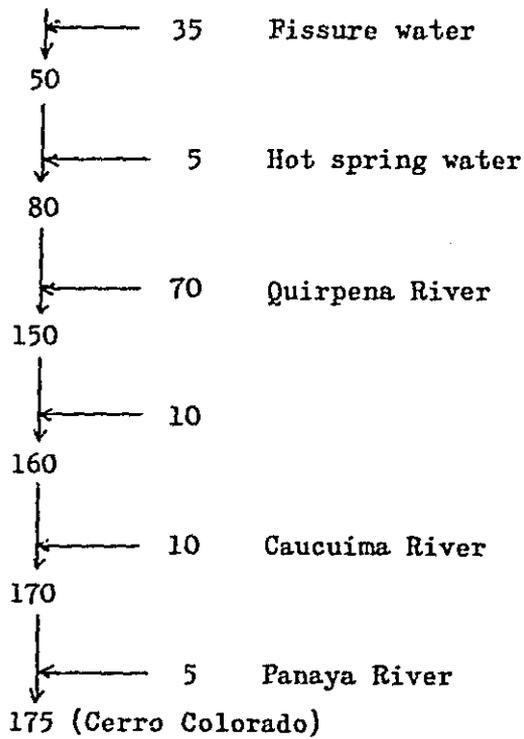
表 8 - 5

ESTIMATION OF AVERAGE DISCHARGE
(Parca River)

Average Discharge near Cerro Colorado Mine

<u>Measurement date</u>	<u>Average Discharge (ℓ/sec.)</u>
July 28, 1977	175
Aug. 19, 1977	130
Sep. 7, 1977	80

Average Discharge in the Upper Stream on July 28 (ℓ/sec.)



MONTHLY DISCHARGE AND AVAILABLE DISCHARGE FOR THE MINE
(Parca River)

	Discharge by Bolivian Winter			Constant Outflow		Total	Available Discharge for the Mine
	Flood Flow	Retained Water	Fissure Water	Hot-spring Water			
Jan.	3,500	500	35	5	4,040	3,212	
Feb.	3,500	500	35	5	4,040	3,212	
Mar.	1,600	300	35	5	1,940	1,532	
Apr.	-	200	35	5	240	172	
May	-	100	35	5	140	121	
June	-	50	35	5	90	52	
July	-	40	35	5	80	44	
Aug.	-	25	35	5	65	32	
Sep.	-	10	35	5	50	20	
Oct.	-	-	35	5	40	12	
Nov.	-	-	35	5	40	12	
Dec.	1,000	75	35	5	1,115	881	

VILLAGES ALONG PARCA RIVER

From the Mine	Name of Village	Altitude (m)	Nos. of Houses	Population	Cultivated Area (ha.)			Main Crops Livestocks	Remarks
					Water Right	Others	Total		
Lower stream	Quipisca	1,850	5	6	2	2	4	Fruit, wheat, maize	Water right 1 l/sec. of spring water
Upper stream	Yquiquica	2,550	3	-	-	2	2	Fruit, maize, alfalfa	Cultivation only in rainy season
	Parca	2,600	40	40	17	13	30	Fruit, maize, vegetables, alfalfa	Water right 20 l/sec. for 55 ha.
	Llanigñá	2,900	6	8	12	-	12	Fruit, alfalfa	
	Nonsa	3,200	6	10	26	14	40	Alfalfa, maize, potato	
	Japo	3,750	3	2	-	-	-	Pasturage of llama and sheep in highland	
	Total		63	66	57	31	88		

AVERAGE PRECIPITATION AND TEMPERATURE (Mamiña Village)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Precipitation (mm)	15.0	10.6	0.2	-	-	0.3	-	0.6	4.7	-	-	-	31.4 (Annual total)
Temperature (°C)													
Max.	26	25	24	23	23	22	20	20	22	23	24	25	23.1 (Annual average)
Min.	12	10	8	7	5	4	2	2	4	5	8	10	6.4 (Annual average)

Remarks: Data 1962 - 1974

MAIN HOT SPRINGS (Mamiña Village)

Name	Outflow (ℓ/sec.)	Water Temperature (°C)	Solid Body (ppm)	Description
Tambo	9.0	54	520	- main water source of the village - spout from fissures in tuff breccia of pool bottom (pool 15 x 7 m) - used for water supply to the village and also by hot spring inns
Agua de Radio	0.3	37	440	- spout from the river terrace slope of Mamiña River near the public bathhouse - radioactive
Llipa	2.0	42	480	- spout from the river terrace slope of Mamiña River - water source of the public bathhouse
Baño de Chinoo	2.0	36	480	- spout everywhere in a swamp (200 m ²) along Mamiña River - mud bath
Jamajuga	0.1	12	1,840	- ooze on the banks of Mamiña River - a large quantity of dry sinter of white salt
Total	13.4			

RESULTS OF WATER ANALYSIS OF TAMBO HOT SPRING
(Mamiña Village)

Description	Unit	Water sample of Tambo spring	Chilean standard of drinking water quality
Sampling date		Aug. 1, 1977	
Water temperature	°C	54	
Total solid body	ppm	450	
PH		9.13	6.5 - 9.2
USSLS classification		77	
Color tone		20	20
Muddiness		10	10
<hr/>			
CO ₃	ppm	12.00	
HCO ₃	"	18.306	
Cl	"	45.376	
SO ₄	"	231.985	
A	"	271.991	
C	"	79.746	
Ca	"	23.848	
Mg	"	3.648	
K	"	1.955	
Na	"	117.249	
As	"	0.000	0.12
B	"	1.88	
Cu	"	0.00	1.5
Fe	"	0.06	0.30
NO ₃	"	0.00	45.0
NO ₂	"	0.000	0.013
NH ₃	"	0.00	0.30
Mn	"	0.03	0.10
SiO ₂	"	24.0	

Remarks: Color tone is expressed in Platina-Cobalt Scale and muddiness in Jackson Value.

Source: Institute of Analysis, General Bureau of Water Resources

RESULTS OF WATER ANALYSIS (Tarapaca River)

Description	Unit	Sampling Location				Chilean Standard of Drinking Water Quality
		1	2	3	4	
Sampling date		1976	1976	1976	1975	
PH		8.37	7.50	8.32	7.61	6.5 - 9.2
USSLS Classification						
Color tone						
Muddiness						
CO ₃	ppm	18.3	14.4	24.6	0.0	
HCO ₃	"	198.93	159.26	192.82	98.85	
Cl	"	142.86	187.18	169.81	39.00	
SO ₄	"	273.77	393.85	355.42	232.47	
A	"					
C	"					
Ca	"	75.15	87.37	75.15	62.32	
Mg	"	30.64	34.53	41.71	15.32	
K	"	18.38	20.33	19.16	11.34	
Na	"	204.61	218.41	264.39	72.65	
As	"	0.078	0.075	0.117	0.254	0.12
B	"	5.65	7.40	6.50	0.61	
Cu	"	0.05	0.42	0.00	0.00	1.5
Fe	"	1.12	0.29	0.54	0.16	0.30
NO ₃	"	0.78	0.42	0.98	0.09	45.0
NO ₂	"					
NH ₃	"					
Mn	"					
SiO ₂	"					

Note :

Sampling location

- No. 1 Tarapaca River, upper stream (Mocha village)
- No. 2 Tarapaca River, down from the confluence with Coscaya River (Mulli Mulli village)
- No. 3 Tarapaca River, down from the confluence with Coscaya River (Pachica village)
- No. 4 Coscaya River, up from the confluence with Tarapaca River

Source : Institute of Analysis, General Bureau of Water Sources

VILLAGES ALONG COSCAYA RIVER

Location	Name of Village	Altitude (m)	Nos. of Houses	Popula- tion	Cultivated Area (ha.)			Main Crops	Remarks
					With Water Right	Others	Total		
Central Desert	Huara	1,090	(387)	(402)	-	-	-	Use of ground water	
Down from the confluence with Tarapaca River	Tarapaca	1,500	60	100	20	80	100	Wheat, maize, alfalfa	
	Pachica	1,650	20	20	35	45	80	"	
	Laonsana	1,800	60	40	40	-	40	"	
Up from the confluence with Tarapaca River	Poroma	2,850	20	15	25	15	40	Alfalfa, potato	
	Coscaya	2,900	30	40	45	25	70	"	
	Pampa Lirima	4,050	12	6	-	-	-	(Pastorage)	

SUCCESSION OF GEOLOGICAL STRATA (Pampa Lirima)

Geological Age	Rock Classification	Lithology	Main Area of Distribution
Quaternary	Sedimentary Formation	Alluvium (Sand, silt, gravel)	Lowland of Pampa
		Terrace and fan deposits (gravel)	Highland in Pampa
		Talus deposits (gravel)	Boundary between Pampa and surrounding mountains
Tertiary	Volcanics	Andesites	Mountains and volcanic cones to the north and northeast of Pampa
		Dacites	Base of mountains to the north of Pampa
Tertiary - Cretaceous	Pyroclastics	Porphyritic andesites	Mountains to the northwest and southeast of Pampa
		Andesitic tuffs - welded tuffs	Lower parts of the above mountains
		Andesites - tuff breccias	Lowland of Pampa at the edge
	Granite Stock	Granodiorite	Near the draining outlet of Pampa

TEMPERATURE, PRECIPITATION AND EVAPORATION (Altiplano)

(Coyacagua, LAT. 20°03' S., LONG. 68°50' W., ALT. 4,000 m)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Average Temperature (°C)													
Max.	18.2	17.2	18.0	16.9	14.3	12.3	12.0	13.0	14.0	16.1	17.5	18.7	15.7 (Annual average)
Min.	-2.8	-0.1	-0.5	-7.4	-9.4	-11.0	-11.6	-11.7	-9.3	-8.8	-8.3	-5.5	-7.2 (Annual average)
Average Precipitation (mm)	53.0	59.2	18.1	2.6	0.9	1.4	0.1	0.6	2.5	0.1	1.4	11.9	151.8 (Annual total)
Average Evaporation (mm/day)	6.4	5.1	6.0	6.6	5.0	4.4	4.4	5.1	6.2	6.7	8.1	7.5	6° (Annual average)
													2.190 (Annual total)

Remarks: Max. monthly average temperature 20.3°C (Dec., 1963)
 Min. monthly average temperature -15.0°C (Jul., 1966)
 Max. annual precipitation 290.5 mm (1974)
 Min. annual precipitation 27.0 mm (1966)
 Max. daily precipitation 25.0 mm (Jan. 6, 1972)
 Max. monthly average evaporation 9.0 mm/day (Jan., 1966)
 Min. monthly average evaporation 3.0 mm/day (Aug., 1968)
 Data : Temperature and precipitation 1962-1975
 period : Evaporation 1964-1975

Source: General Bureau of Water Resources

表 8 - 1 6

OUTFLOW STATUS OF HOT SPRINGS (Pampa Lirima)

No.	Outflow Condition	Color Tone	Water Temperature (°C)	Outflow (ℓ/sec.)
1	Pool	Clear	47	0.1
2	Gushing hole	Clear	25	0.1
3	Pool	Clear	32	1.5
4	Pool	Clear	49	0.3
5	Gushing hole	Clear	40	0.1
6	Gushing hole	Clear	54	3.0
7	Gushing hole	Clear	52	4.0
8	Pool	Clear	30	-
9	Fumarole	-	-	-
10	Pool	Clear	70	0.1
11	Pool	Clear	76	-
12	Gushing hole	Clear	67	0.3
13	Pool	Clear	74	5.0
14	Fumarole	-	-	-
15	Gushing hole	Clear	35	0.5
16	Gushing hole	Clear	35	0.2
17	Pool	Clear	38	0.3
18	Fumarole	-	-	-
			56.5 (average)	15.5 (total)

RESULTS OF WATER ANALYSIS OF HOT SPRING WATER
(Pampa Lirima)

Description	Unit	Water sample of Pampa Lirima Hot Spring	Chilean Standard of Drinking Water Quality
Sampling date		Oct. 2, 1977	
Water temperature	°C	72	
Total solid body	ppm	1,100	
PH		7.41	6.5 - 9.2
USSLC classification		C ₃ - S ₃	
Color tone		5	20
Muddiness		1,676	10
CO ₃	ppm	0.0	
HCO ₃	"	134.24	
Cl	"	291.40	
SO ₄	"	268.97	
A	"	639.84	
C	"	189.40	
Ca	"	19.04	
Mg	"	17.51	
K	"	30.50	
Na	"	289.67	
As	"	0.410	0.12
B	"	8.84	
Cu	"	0.05	1.5
Fe	"	0.08	0.30
NO ₃	"	0.00	45.0
NO ₂	"	0.01	0.013
NH ₃	"	0.744	0.30
Mn	"		0.10
SiO ₂	"	118.0	
PO ₄	"	0.30	

Remarks: Color tone is expressed in Platina-Cobalt Scale and muddiness in Jackson Value.

RESULTS OF DISCHARGE MEASUREMENT (Pampa Lirima)

Measurement Point	Altitude (m)	Date	Hour	Temperature (°C)	Water Temperature (°C)	Discharge (ℓ/sec.)
A. Upstream of Charvinto River	4,090	Sep. 15, 1977	14:30	13.4	14.4	221
		Sep. 16, 1977	9:30	9.4	0.3	223
		Oct. 2, 1977	11:00	15.5	4.6	214
B. Chancacollo River (near the base camp)	4,000	June 21, 1977	10:00	7.0	3.7	200
		Sep. 16, 1977	8:00	-9.0	1.5	166
		Sep. 16, 1977	18:00	9.0	8.3	258
		Oct. 2, 1977	8:00	-9.0	0.3	257
		Oct. 2, 1977	16:00	16.0	13.0	258
		June 10, 1977	10:00	7.0	0.2	460
C. Saitoco Narrow (outlet to Coscaya River)	3,950	June 10, 1977	16:00	16.0	12.0	1,020
		Sep. 15, 1977	12:00	13.0	9.3	253
		Sep. 15, 1977	16:20	16.5	14.5	378
		Oct. 2, 1977	9:30	13.0	0.8	279
		Oct. 4, 1977	8:00	-6.0	0.5	270
		Oct. 4, 1977	18:00	10.0	12.0	380

Remarks: The discharges at A and B is not the total surface flow in Pampa Lirima. The discharge at C can be considered as the total.

MONTHLY DISCHARGE AND AVAILABLE DISCHARGE FOR THE MINE
(Pampa Lirima, Dry Season)

	Discharge Estimation (ℓ/sec.)		Available Discharge for the Mine	Remarks
	1977	Normal Year		
June	600	420	340	JICA survey team
July	450	315	235	"
Aug.	340	240	160	"
Sep.	280	200	120	"
Oct.	210	140	60	"
Nov.	150	105	25	(Nikko F/R mission)
Dec. (first half)	120	85	5	

- Note:
1. The period from the middle of December to May is a rainy season of Bolivian Winter.
 2. The discharge is estimated at Saitoco Narrow (Alt. 3,950 m, point C).
 3. The discharge at point C is 20 percent larger than that at point B.
 4. The discharge in normal year is estimated at 70 percent of that in 1977.
 5. The available discharge is calculated by deducting the amount of present water right of Coscaya River (80 liters/sec.) from the estimated discharge in normal year.

MAIN FEATURES OF DRILLING TEST (1)
(Pampa Lirima)

1) Drilling Operation

Work Item	Operator
Drilling	CAPTAGUA Co.
Conveyance of drilling machine and construction of camp	Olegario Capetillo
Electric Sounding	JICA Survey Team
Pumping Test	JICA Survey Team

2) Drilling Depth

Hole No.	Drilling Depth (m)	Insertion of Casing Pipes or Strainers (m)
1	45.20	25.10
2	42.00	26.50
3	46.00	20.70
4	67.50	35.20
Total	200.70	107.50

MAIN FEATURES OF DRILLING TEST (2)
(Pampa Lirima)

3) Drilling Period

Work Item	Period	Remarks
Preparation work for drilling machine conveyance	Aug. 21-23, Sep. 1-6, 1977	
Preparation and construction of camp	Aug. 21-23, Sep. 1-3, 1977	
Conveyance of drilling machine	Sep. 3 - 9, 1977	Santiago to Pampa Lirima
Drilling		
Hole No. 1	Sep. 10 - 22, 1977	
2	Sep. 22 - 29, 1977	
3	Sep. 29 - Oct. 3, 1977	
4	Oct. 4 - 8, 1977	
Electric sounding and pumping test		
Hole No. 1	Sep. 20 - 21, 1977	
2	Sep. 28 - 29, 1977	
3	Oct. 2 - 3, 1977	
4	Oct. 8 - 9, 1977	
Conveyance of drilling machine	Oct. 10 - 16, 1977	Pampa Lirima to Santiago

RESULTS OF DRILLING TEST (Pampa Lirima)

Hole No.	Condition of Drilling Point	Altitude (m)	Drilling Depth(m)	Geological Condition				Remarks
				Surface Soil	Gravel Bed	Clay Bed	Base Rock	
1	- Swampy area where main surface water systems gather - Alluvium - From the surface of Chancacolla River relative height 1 m distance 20 m	4,010	45.20	0 - 2.30 m Humic soil layer, loamy clayey soil layer	2.30 - 23.00 Gravel bed partly containing coarse sand layer 23.00 - 32.00 m Gravel bed with andesite basal boulders from base rock	No exist	32.00 m - bottom Dark gray rhyolitic andesite	- Static water level during drilling 1.00 m - Artesian water during drilling 1 l/sec. (8.5°C)
2	- Near hot spring zone - Alluvium - From the surface of Chancacolla River relative height 0.6 m distance 10 m - From the gushing point of hot spring 200 m	4,000	42.00	0 - 0.20 m Humic soil layer	0.20 - 4.00 m Gravel bed 9.00 - 11.00 m 22.00 - 24.50 m Pale bluish gray clay bed contain- ing pebbles	4.00 - 9.00 m 11.00 - 22.00 m Clay gravel bed	24.50 - 26.00 m Black andesite, and fissures with clay are developed 26.00 m - bottom Black andesite with less fissure	- Static water level during drilling 0.60 m - Artesian water during drilling 0.03 l/sec. (10.5°C)
3	- Swampy area where all water systems in Pampa gather - Alluvium - From the surface of Chancacolla River relative height 0.4 m distance 8 m	3,995	46.00	No exist	0 - 5.00 m Gravel bed 5.00 - 20.00 m Slightly clayey gravel bed	No exist	20.00 - 35.20 m White rhyolitic andesite (decolorized) 35.20 m - bottom Gray black andesite	- Static water level during drilling 0.55 m - No artesian water
4	- Tip of fan deposites - From the surface of Chancacollar River relative height 2.3 m distance 13 m	4,035	67.50	0 - 0.15 m Mixed layer of humic soil and fine sand	0.15 - 38.00 m Gravel bed partly containing thin layers of sand and clayey sand	38.00 - 39.60 m Yellowish brown pumiceous loamy clay bed 39.60 - 51.00 m Dark gray compact clay bed	51.00 m - bottom Dark gray dacitic andesite	- Static water level during drilling 2.40 m - Artesian water during drilling 0.12 l/sec. (8.3°C)

RESULTS OF AGUIFER TESTS
(Pampa Lirima)

Bore Hole Number	1	2	3	4
Thickness of Permeable Bed (m)	20	7	17.5	38
Drawdown Method				
Discharge (ℓ/sec.)	2.1	0.58	0.48	0.02
Discharge Time (min.)	60	9	360	30
Number of Measurement	3	3	1	1
Recovery Method				
Measurement Time (min.)	35	60	30	360
Number of Measurement	3	1	1	1
Hydrologic Properties				
Coefficient of Permeability (10 ⁻³ cm/sec.)	4.8	1.3	3.0	0.8
Specific Capacity (ℓ/sec./m)	7.5	-	0.48	0.61
				0.57
				0.63

表 8 - 2 2

RESULTS OF WATER ANALYSIS (Pampa Lirima)

Description	Unit	Water Sample No.							Chilean Standard of Drinking Water Quality
		1	2	3	4	5	6	7	
Sampling date		Oct. 2, 1977	Oct. 2, 1977	Oct. 2, 1977	Oct. 2, 1977	1975	1975	1976	
Water temperature	°C	4.6	0.8	8.5 72	72				
Total solid body	ppm								
PH		7.42	7.74	7.26	7.41	7.57	7.75	7.72	6.5 - 9.2
USSLS classification		C ₂ -S ₁	C ₃ -S ₁	C ₃ -S ₁	C ₃ -S ₃	C ₂ -S ₁	C ₃ -S ₁	C ₂ -S ₁	
Color tone									20
Muddiness		482	881	792	1,676	316	794	510	10
CO ₃	ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
HCO ₃	"	67.12	122.04	85.43	134.24	56.14	92.14	99.46	
Cl	"	26.23	80.47	73.38	291.40	12.05	49.28	30.84	
SO ₄	"	159.46	232.47	205.57	268.97	76.37	214.21	120.08	
A	"	206.09	363.85	309.54	639.84				
C	"	59.45	105.57	98.96	189.40				
Ca	"	35.87	54.91	42.89	19.04	20.04	60.12	28.86	
Mg	"	12.16	18.97	20.31	17.51	9.85	13.50	17.15	
K	"	7.04	15.25	16.81	30.50	4.30	12.51	9.38	
Na	"	45.52	94.26	91.96	289.67	27.59	79.55	49.43	
As	"	0.05	0.10	0.14	0.41	0.05	0.26	0.17	0.12
B	"	1.04	2.68	2.40	8.84	0.00	1.13	2.10	
Cu	"	0.00	0.03	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	1.5
Fe	"	0.54	0.36	0.54	0.08	0.92	0.33	0.54	0.30
NO ₃	"	0.08	0.00	0.46	0.00	0.19	0.00	0.53	45.0
NO ₂	"	0.02	0.02	0.02	0.01				0.013
NH ₃	"	0.15	0.12	0.07	0.74				0.30
Mn	"								0.10
SiO ₂	"								

Note :

1) Sampling location

- No.1 Surface water in upper area of Pampa (Alt. 4,100 m)
- No.2 Surface water at the narrow outlet of Pampa (Alt. 3,960 m)
- No.3 Spouting water from drilling hole No.1 (Alt. 4,010 m)
- No.4 Hot spring water (Alt. 4,000 m)
- No.5 Almost the same as No.1
- No.6 Surface water near the base camp
- No.7 Surface water in upper stream of Coscaya River

2) Sample No.1 to No.4 :

Collected by JICA survey team and analyzed by the General Bureau of Water Resources

Sample No.5 to No.7 :

Data from the General Bureau of Water Resources

3) Color tone is expressed in Platina-Cobalt Scale and muddiness in Jackson Value.

RESULTS OF ANALYSIS ON SALT DEPOSITS (Pampa Lirima)

1) Spectroscopic Analysis (qualitative and quantitative) and Quantitative Analysis

	Mg	K	Ca	Li	Si	B	Na	Sr	Cu	Al	Fe	Cl	SO ₄
Qualitative Analysis (Intensity)	4	>5	>5	5	3	4	>5	4	2	1	2		
Semi-quantitative (Percent)	0.1	7	0.3	0.3	<0.05	1	>10						
Quantitative Analysis (Percent)												29.0	32.7

2) X-ray Diffraction Analysis

- Principal ingredients in water soluble matters NaCl, Na₂SO₄
- Principal ingredients in non water soluble matters CaCO₃, CaSO₄·2H₂O

Followings are inferred from the above result.

- (1) The potassium salt forms crystal in solid solution with Na₂SO₄.
- (2) The total amount of K₂SO₄, Na₂SO₄ and NaCl converted on the basis of the contents of K (7%), Cl (29%) and SO₄ (32.7%) is calculated at 99 percent of total components. Therefore, other compounds than the above three are negligible. But, an attention should be drawn to the existence of Ca which forms non-soluble compounds.

AGRICULTURE BY VILLAGE (1977)

Name of Village	Nos. of Houses	Popula- tion	Arabic Area (ha.)	Cultivated Area (ha.)	Main Crops	Main Livestocks	Water Supply
Non Farm Village							
Huara	150	300	-	-	-	-	-
Pozo Almonte	200	320	5	-	Vegetables, Flower	-	-
Farm Village							
Tarapaca	100		100	20	Alfalfa	-	Always short
Pachica	20	20	80	30	Alfalfa	-	Always short
Laonsana	40	60	40	40	Fruit, Vegetables	Domestic fowl	Almost enough
Poroma	15	20	40	40	Alfalfa, Maize	-	Almost enough
Coscaya	40	30	60	60	Alfalfa, Maize	-	Almost enough
Pampa Lirima	6	12	0	0	-	Pasturage of llama and sheep	Almost enough
Cancosa	40	70	0	0	-	Pasturage of llama and sheep	Almost enough
Mamiña	200	320	70	40	Alfalfa, Maize, Vegetables	Domestic fowl	Always short
Quipisca	5	6	4	2	Fruit	Domestic fowl	Always short
Yquiquica	3		2	1	Maize, Fruit	Domestic fowl	Always short
Parca	40	40	30	20	Maize, Fruit, Alfalfa	-	Always short
Llanighña	6	8	12	12	Alfalfa, Fruit	-	Almost enough
Noasa	6	10	40	40	Alfalfa	-	Almost enough

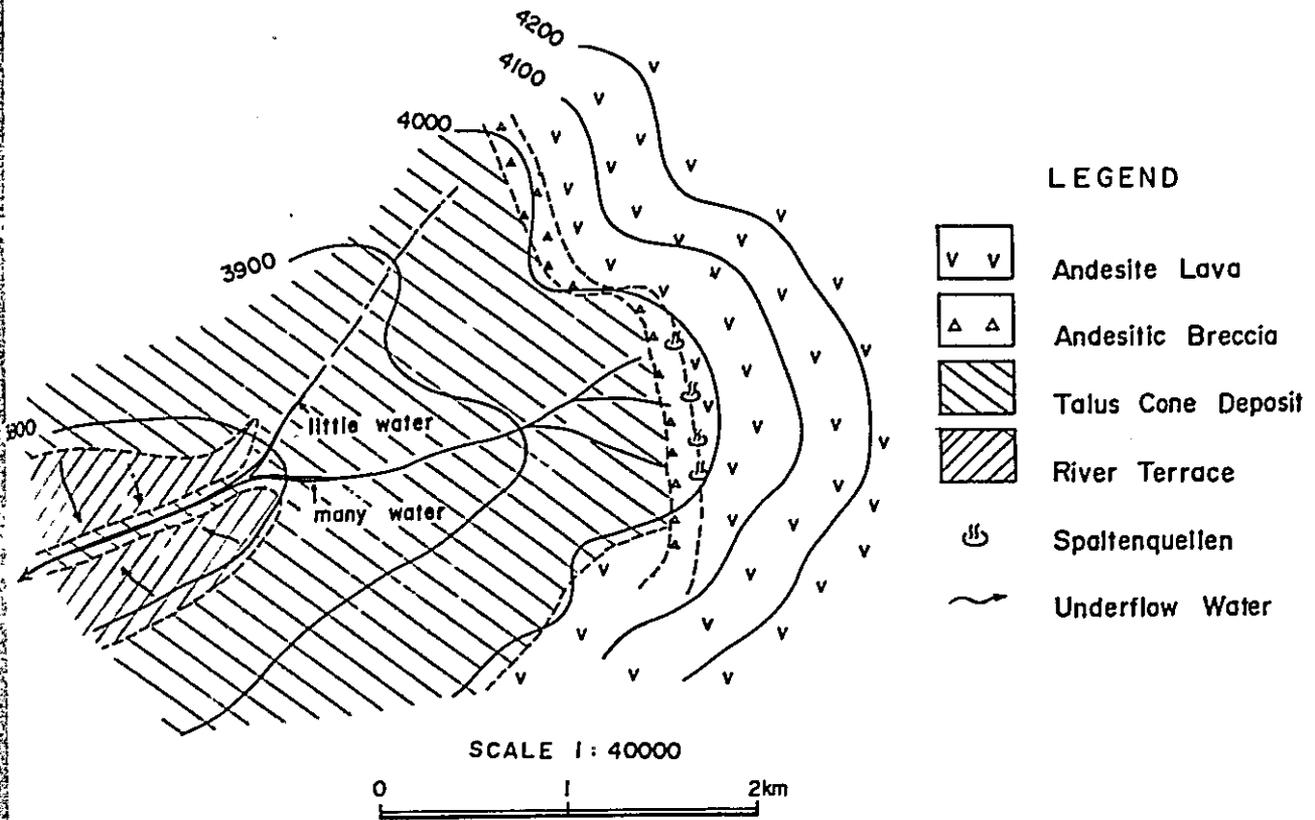
WATER RIGHT APPLICATION STATUS
(Mountain area in northern Chile)

No.	Applicant	Related Water System	Date of Applicant	Intake Point	Application for Groundwater Investigation
1	Cobre Iquique Co.	Parca, Noasa River	Mar. 1, 1977	- Near Parca Village 150 ℓ/sec.	
2	Cobre Iquique Co.	Pampa Lirima, Pampa Lagunilla, Pampa Chaquina (Rio Coyacagua)	Jan. 28, 1977 (Amendment Feb. 8, 1977)	- Pampa Lirima - Rio Coyacagua	Apr. 4, 1977 Pampa Lirima 50 km ²
3	CODELCO	Salar de Huasco including Ojo de Piga and Rio Coyacagua	Dec. 9, 1976	- Rio Coyacagua 80 ℓ/sec. - Near Huasco 30 ℓ/sec. (gushing water)	Pampa Chaquina 60 km ² Salar de Huasco 60 km ²
4	CODELCO	Salar de Coposa, Salar de Michincha	Dec. 9, 1976	- Jachincha 120 ℓ/sec. (gushing water) - Ujina 35 ℓ/sec. (gushing water) - Michincha 15 ℓ/sec. - Alconcha 10 ℓ/sec. (gushing water)	Salar de Coposa (west) 47 km ² Salar de Coposa (east) 50 km ² Salar de Michincha 45 km ²
5	CODELCO	Guatacondo River including Alona River	Dec. 9, 1976	- Huinquintipi River 50 ℓ/sec. - Alona River 35 ℓ/sec.	
6	Placer Metal Co.	Guatacondo River	Mar. 10, 1977	- Copaquiri River 5 ℓ/sec. - Copaquiri River (lower stream)	

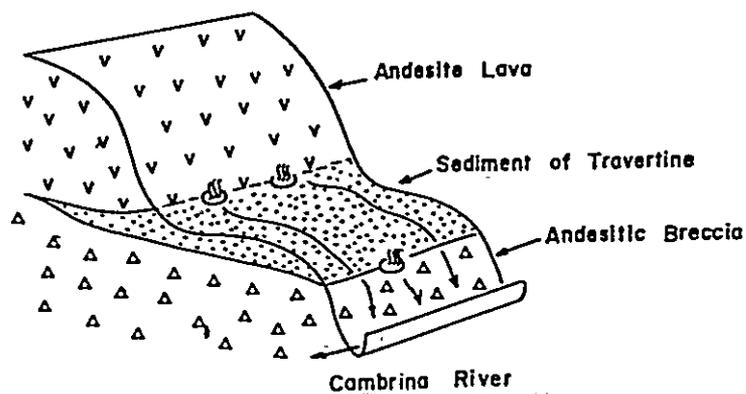
Note : - The Applications No. 2 and No. 3 are partly overlapped.
- The Applications No. 5 and No. 6 are partly overlapped.

Source : The General Bureau of Water Resources

**SCHEMATIC LAYOUT OF WATER SOURCES
IN WATERSHED OF PARCA RIVER**

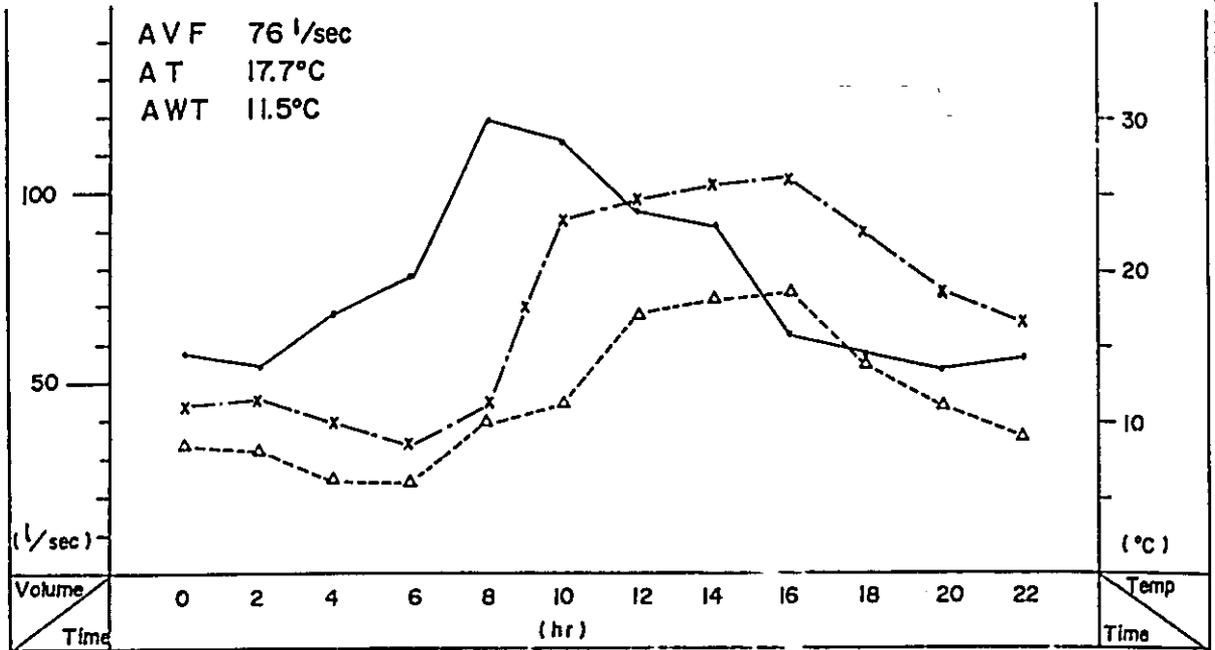


**SCHEMATIC LAYOUT OF HOT SPRINGS IN
UPPER PARCA RIVER**

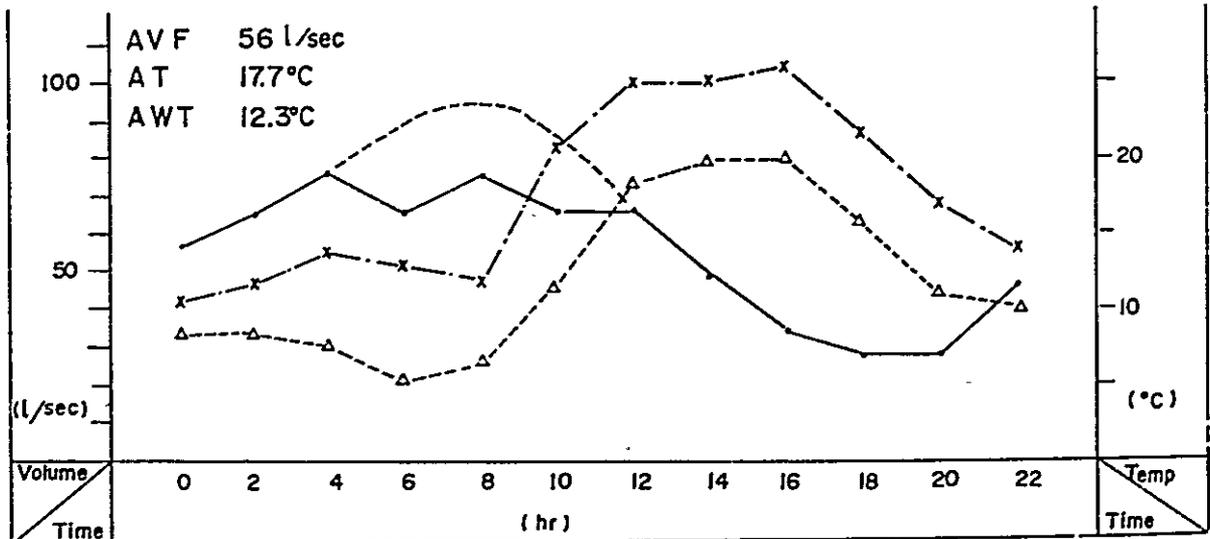


DAILY FLUCTUATION OF DISCHARGE (PARCA RIVER)

Date of Measurement : Sep.7 Sep.8, 1977



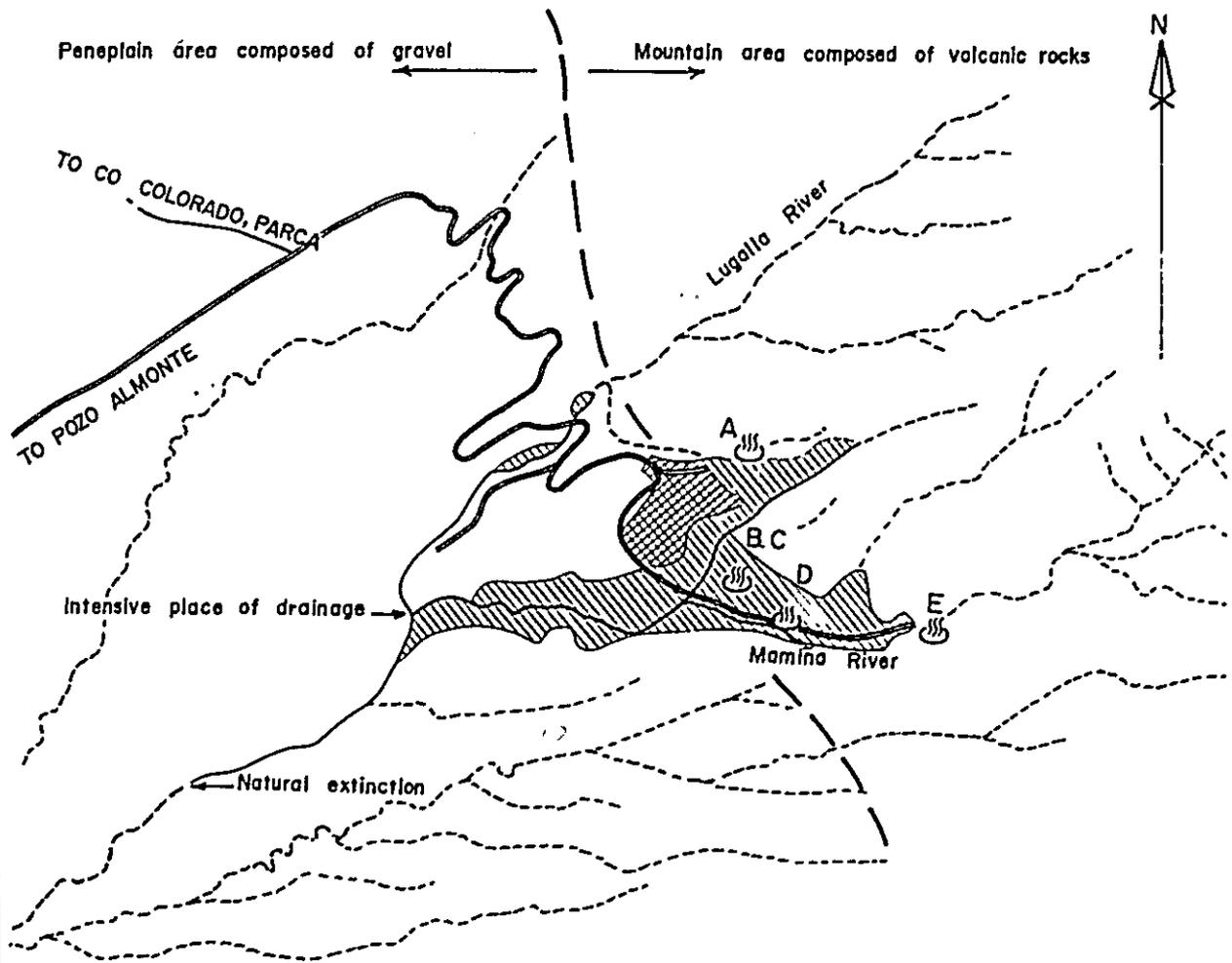
Date of Measurement : Sep.22 Sep.23, 1977



LEGEND

- Discharge
- x---x Air Temperature
- Δ---Δ Water Temperature
- AVF Average Discharge
- AT Average Temperature
- AWT Average Water Temperature

SCHEMATIC LAYOUT OF HOT SPRINGS IN MAMIÑA VILLAGE



LEGEND

-  Dry River
-  Water System by The Hot Spring
-  Village
-  Cultivated Land
-  Eruption of Main Hot Spring

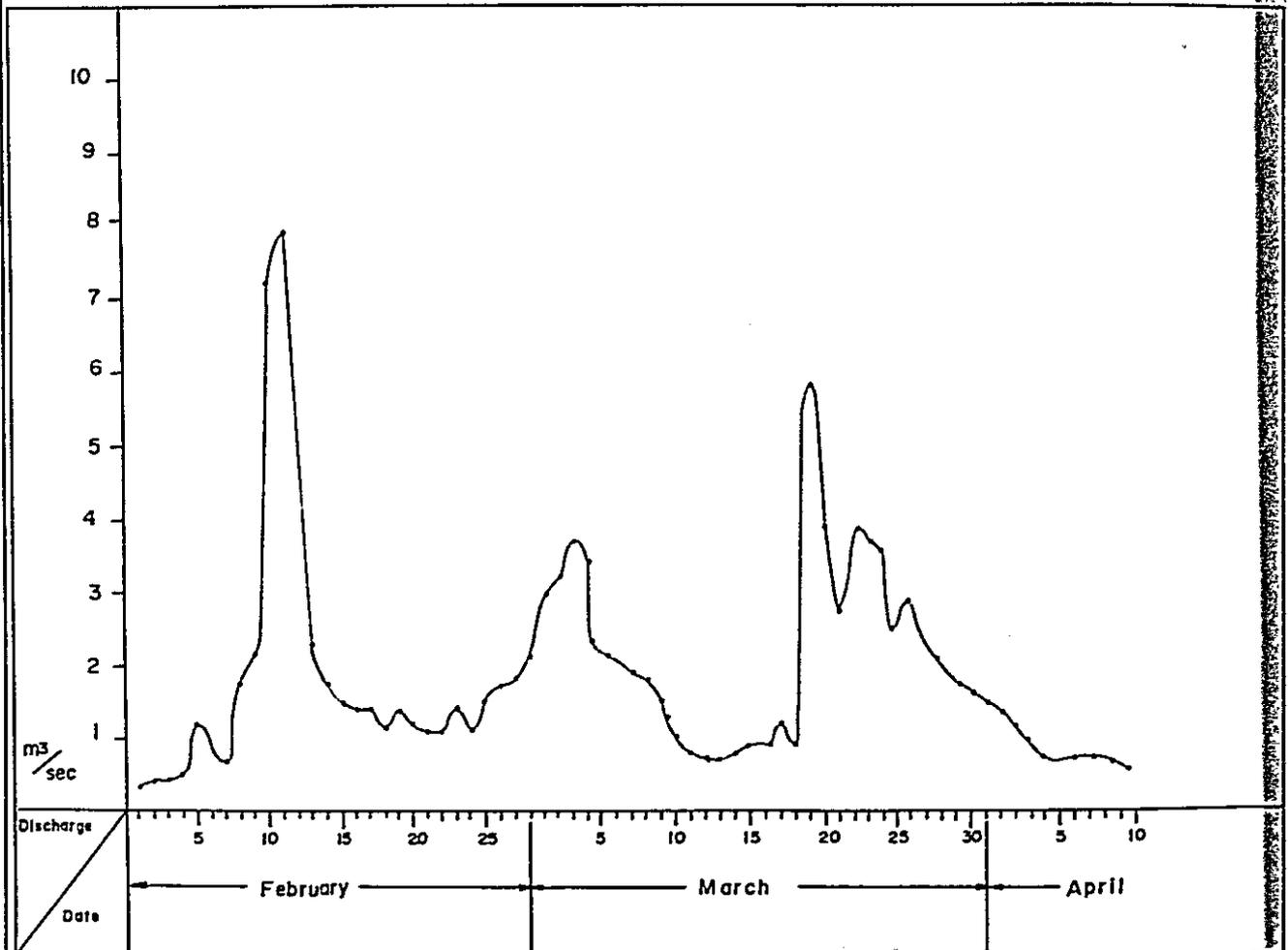
- A Tambo
- B Agua de Radio
- C Llipra
- D Baños de China
- E Jamajuga

SCALE 1: 27500



DISCHARGE OF TARAPACA RIVER AT PACHICA

February ~ April / 1933 (By CORFO)



GEOGRAPHICAL & GEOLOGICAL MAP OF PAMPA LIRIMA AREA

LEGEND

Secondary Sedimented Zone

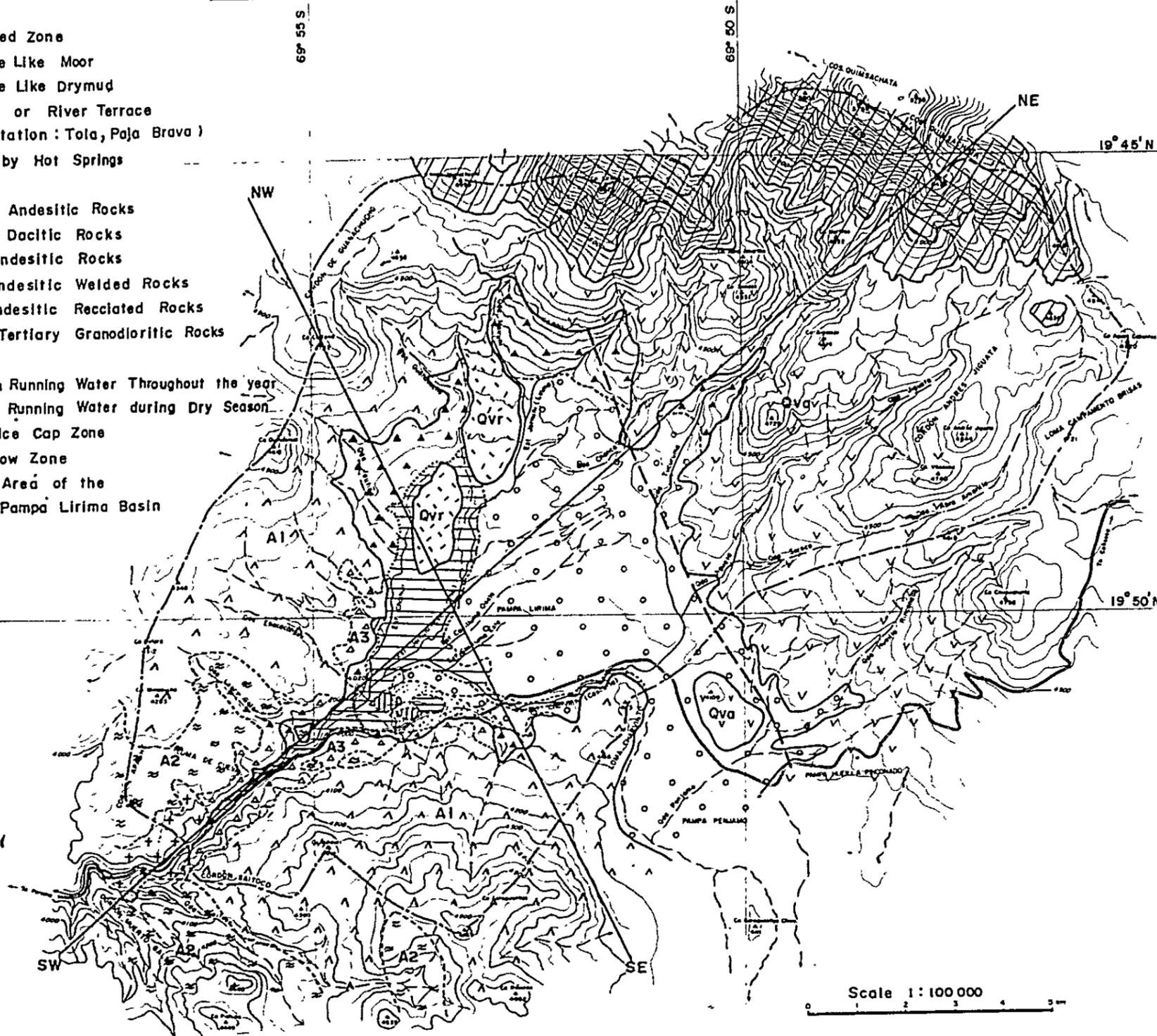
- Alluvial Zone Like Moor
- Alluvial Zone Like Drymud
- Alluvial Fan or River Terrace
- Talus (Vegetation : Tola, Paja Brava)
- Travertine by Hot Springs

Rock Parts

- Quaternary Andesitic Rocks
- Quaternary Dacitic Rocks
- Tertiary Andesitic Rocks
- Tertiary Andesitic Welded Rocks
- Tertiary Andesitic Recclated Rocks
- Cretaceous Tertiary Granodioritic Rocks

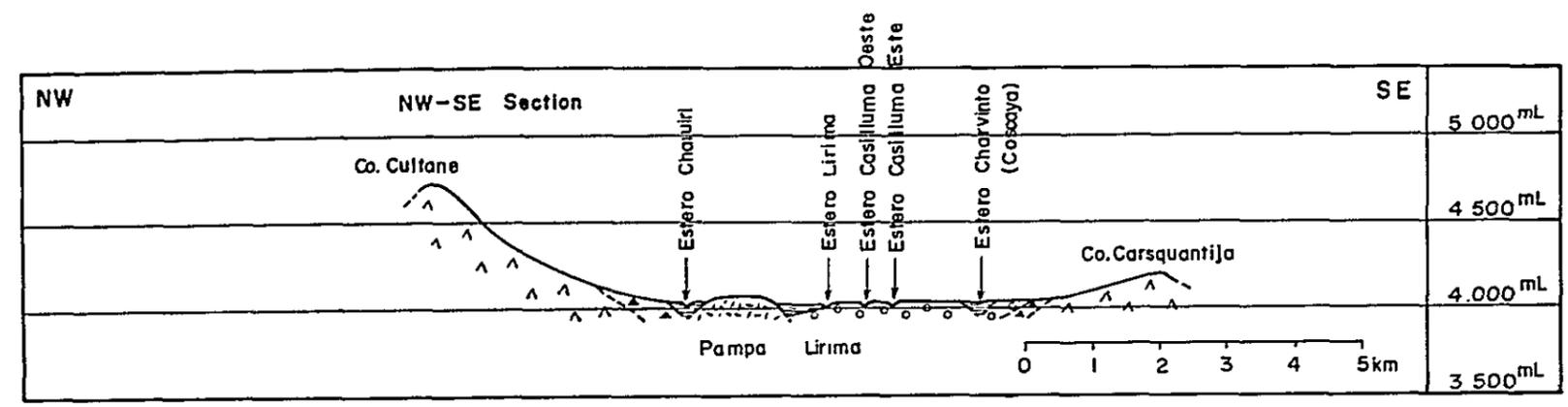
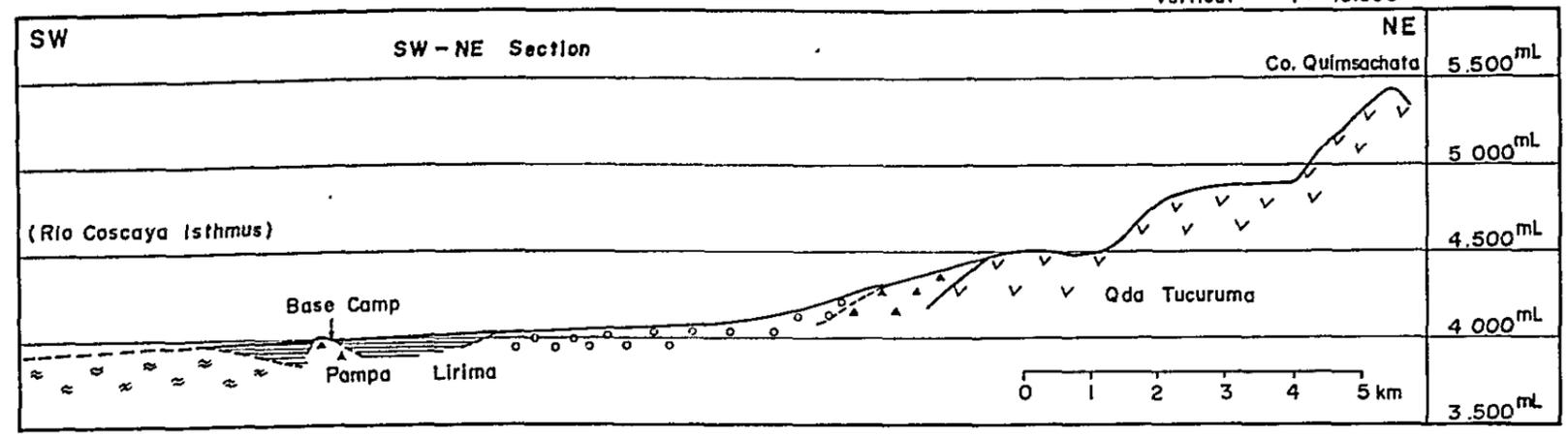
Drainages etc,

- Rivers with Running Water Throughout the year
- Rivers with Running Water during Dry Season
- Perpetual Ice Cap Zone
- Climatic Snow Zone
- Catchment Area of the Pampa Lirima Basin



GEOLOGICAL SECTION OF PAMPA LIRIMA AREA

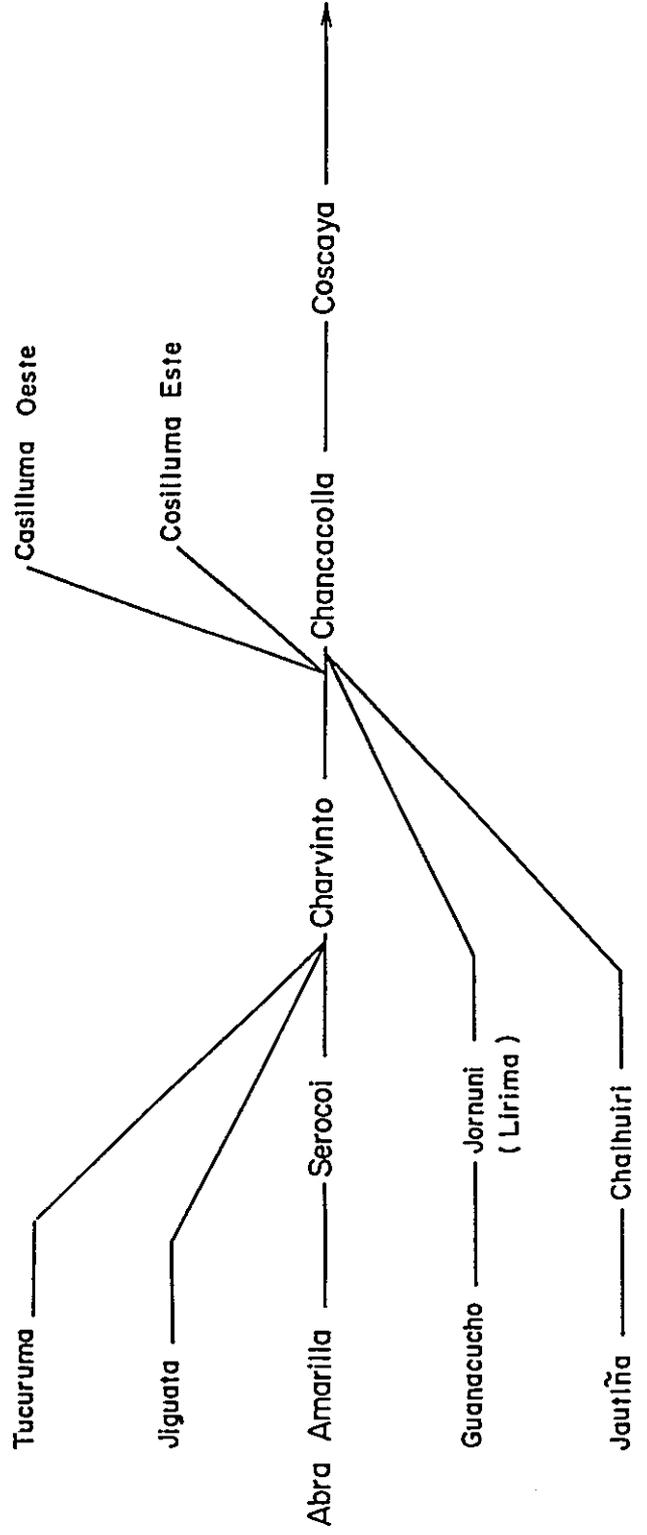
SCALE Horizontal 1:100,000
Vertical 1:40,000



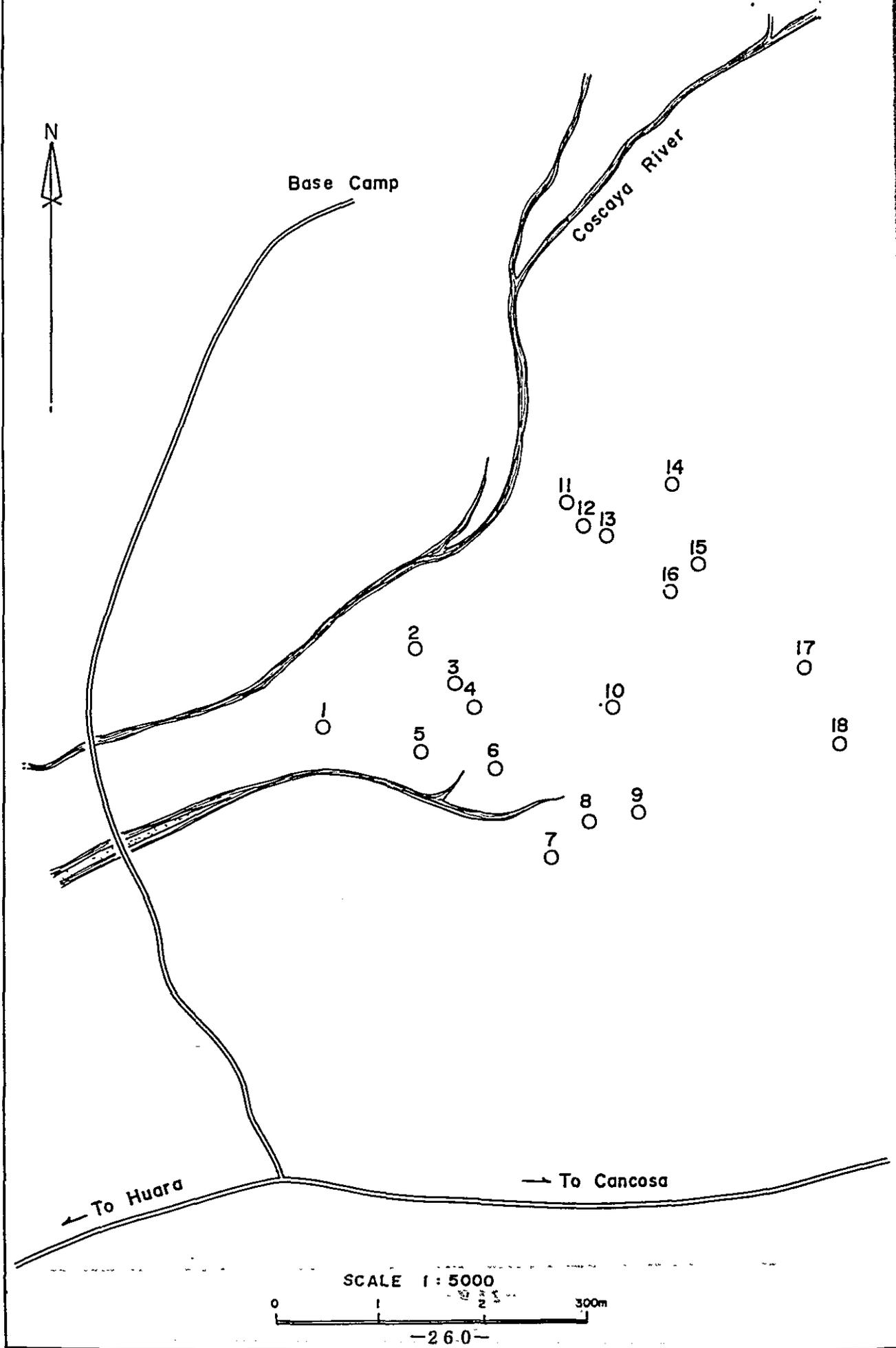
LEGEND

- Secondary Sedimented Zone
- Alluvial Zone Like Moon
 - Alluvial Fan or River Terrace
 - Talus (Vegetation : Tola, Paja Brava)
- Rock Parts
- Quaternary, Andesitic Rocks
 - Quaternary, Dacitic Rocks
 - Tertiary, Andesitic Rocks
 - Tertiary, Andesitic Welded Rocks
 - Tertiary, Andesitic Brecciated Rocks

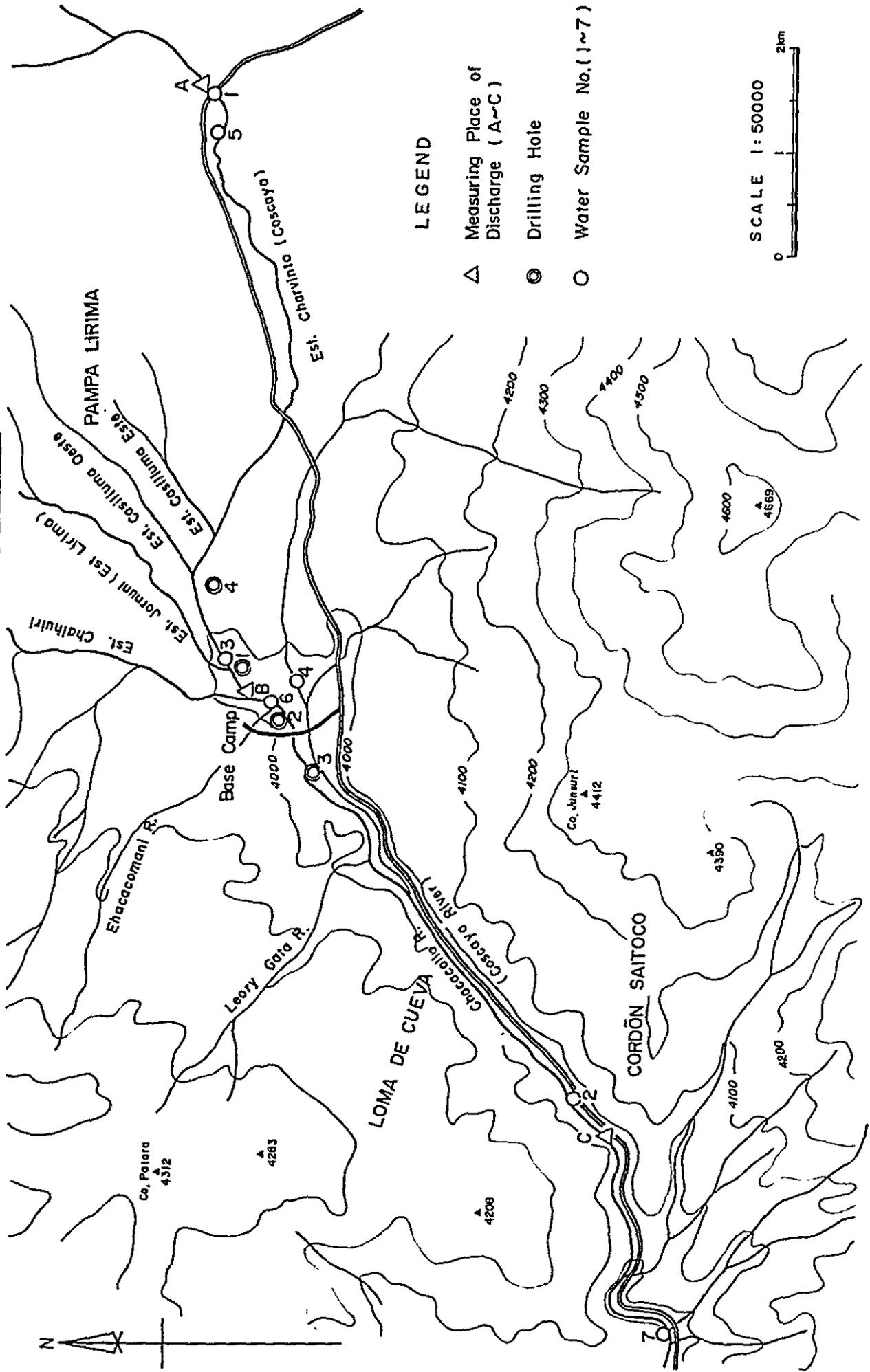
WATER SYSTEM IN PAMPA LIRIMA



LOCATION OF HOT SPRINGS IN PAMPA LIRIMA AREA

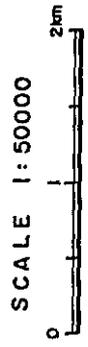


LOCATION OF SURVEYED POINTS IN PAMPA LIRIMA



LEGEND

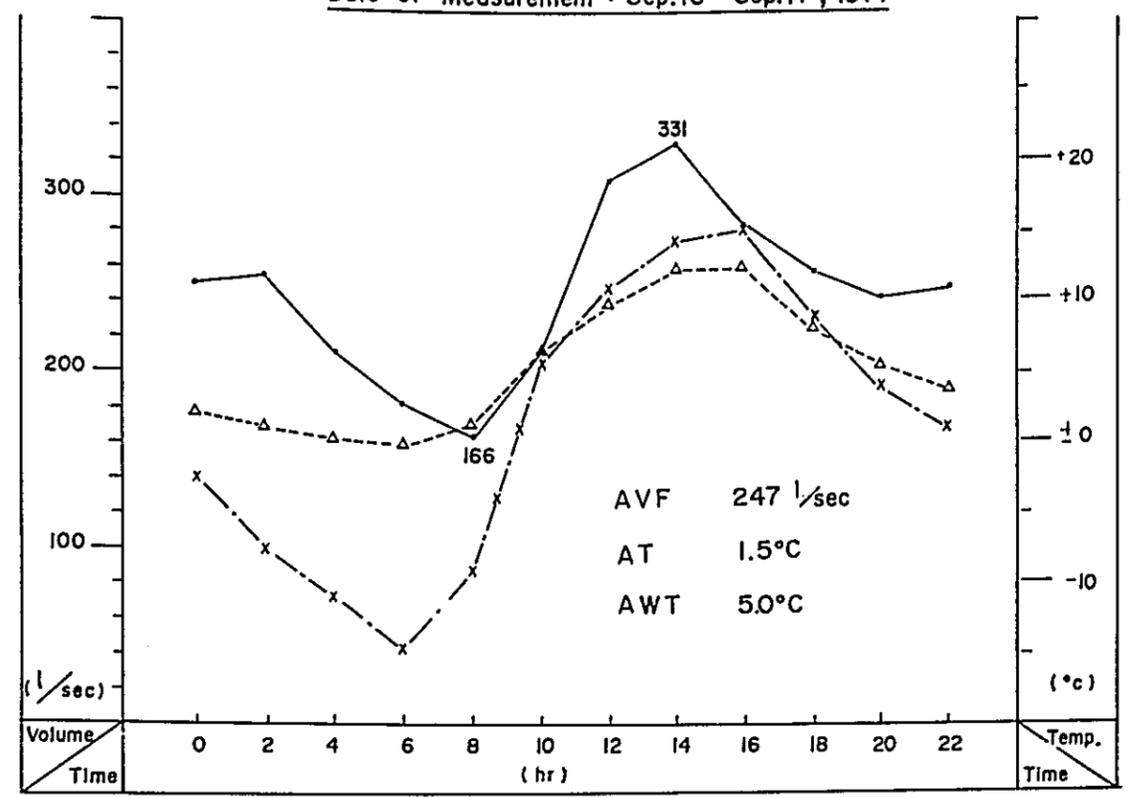
- △ Measuring Place of Discharge (A~C)
- Drilling Hole
- Water Sample No.(1~7)



DAILY FLUCTUATION OF DISCHARGE IN PAMPA LIRIMA

LOCATION - B

Date of Measurement : Sep.16 Sep.17, 1977

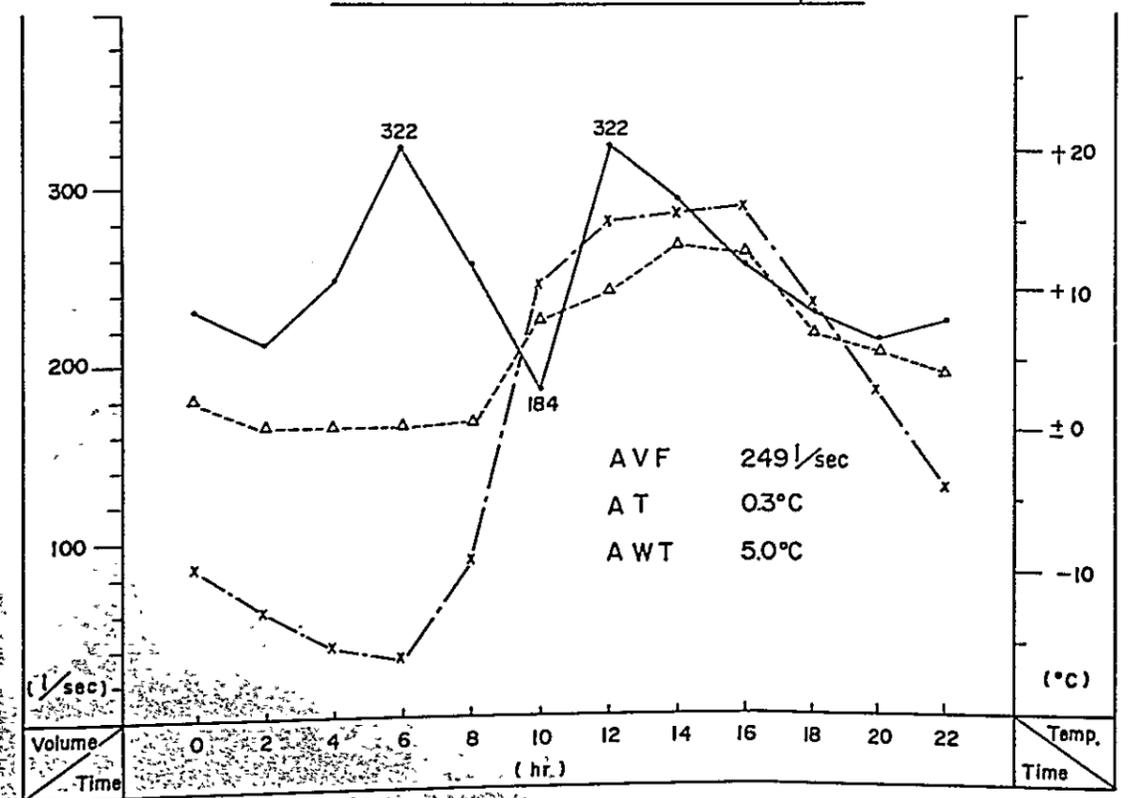


LEGEND

- Discharge
 - x---x Air Temperature
 - Δ---Δ Water Temperature
- AVF Average Discharge
AT Average Temperature
AWT Average Water Temperature

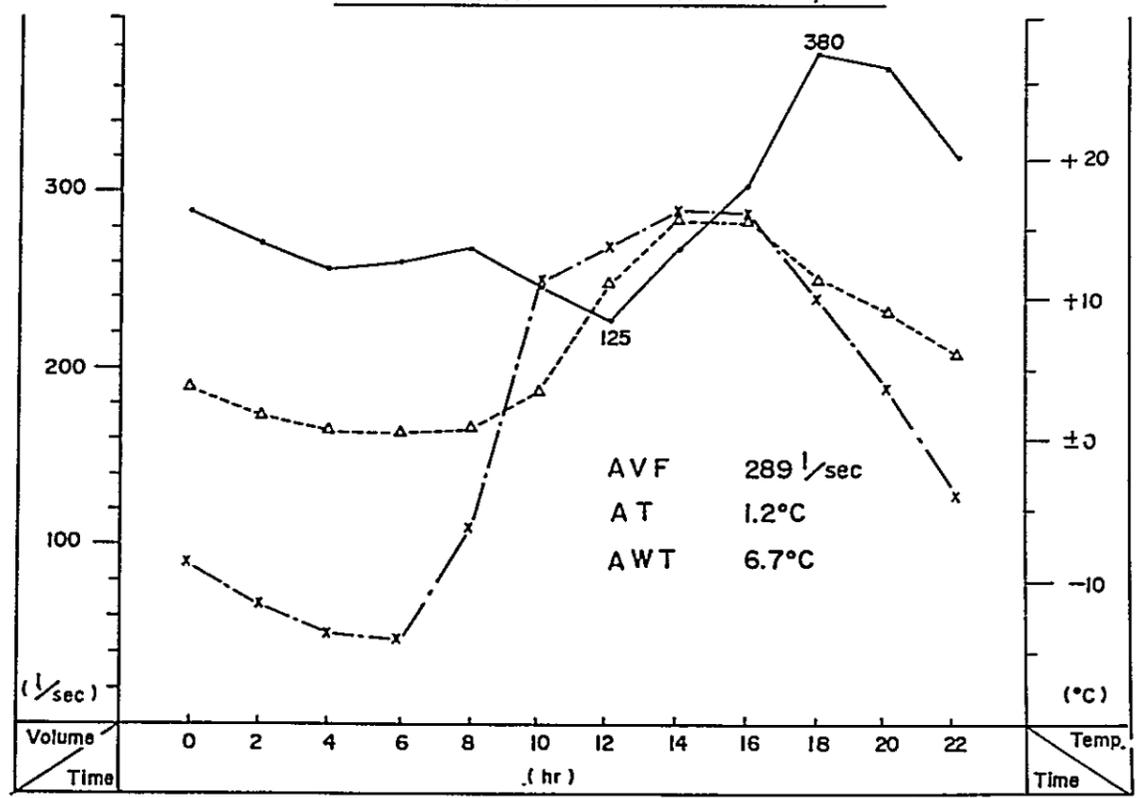
LOCATION - B

Date of Measurement : Oct.2 Oct.3, 1977

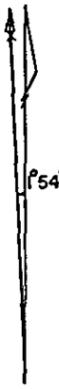
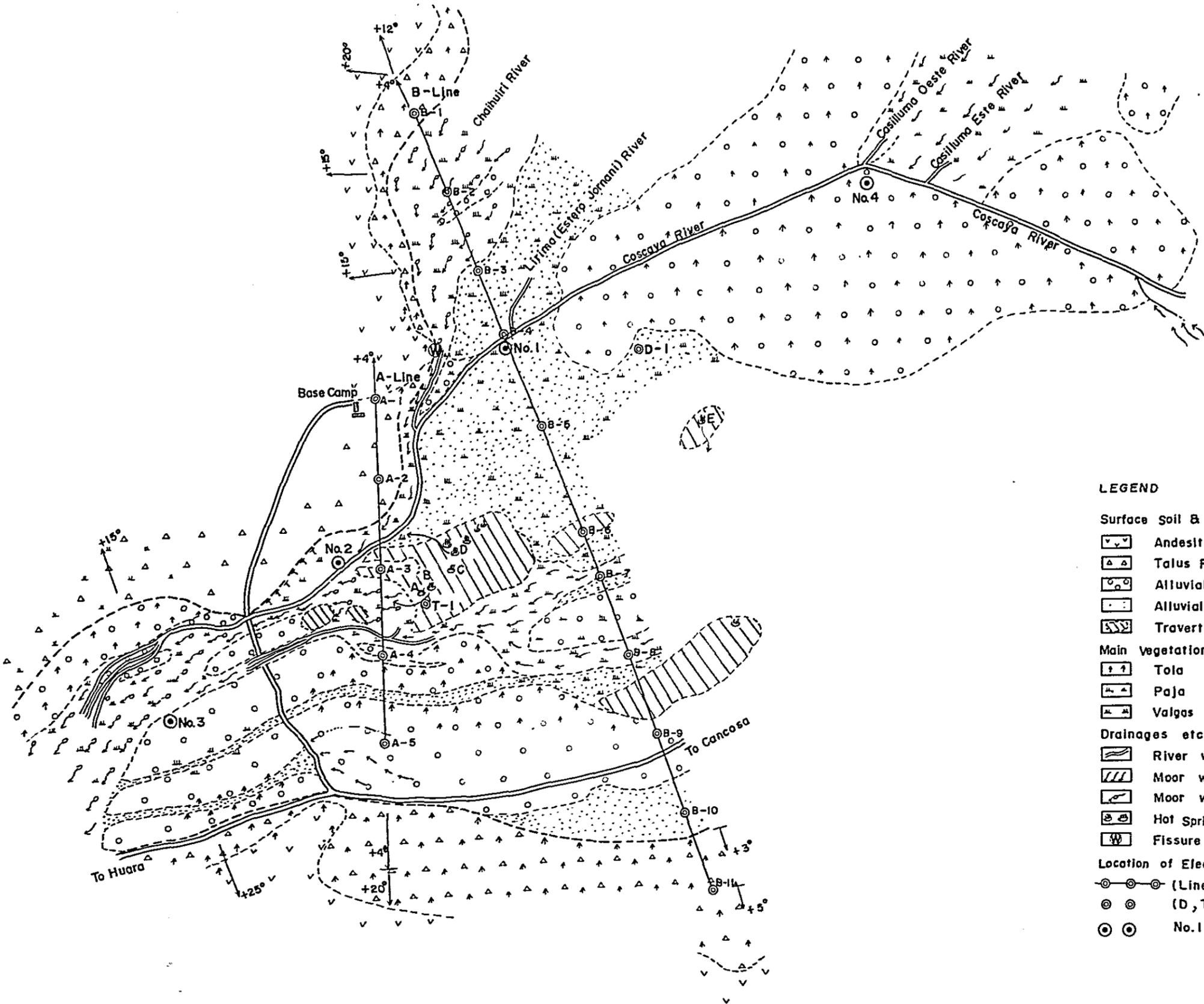


LOCATION - C

Date of Measurement : Oct. 4 Oct. 5, 1977



LOCATION OF ELECTRIC SOUNDING LINE & DRILLING HOLES



LEGEND

Surface Soil & Rock

- Andesitic Rocks Crop Out Zone
- Talus Freccia Zone with Andesitic Breccia
- Alluvial Zone with Pebble Gravel ~ Medium Sand
- Alluvial Zone with Fine Sand ~ Silt
- Travertine Zone

Main Vegetation

- Tola
- Paja
- Valgas

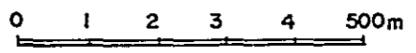
Drainages etc

- River with Running Water
- Moor with Small Running Water
- Moor with Puddles
- Hot Spring & Fumarole
- Fissure Water

Location of Electric Survey & Drilling Holes

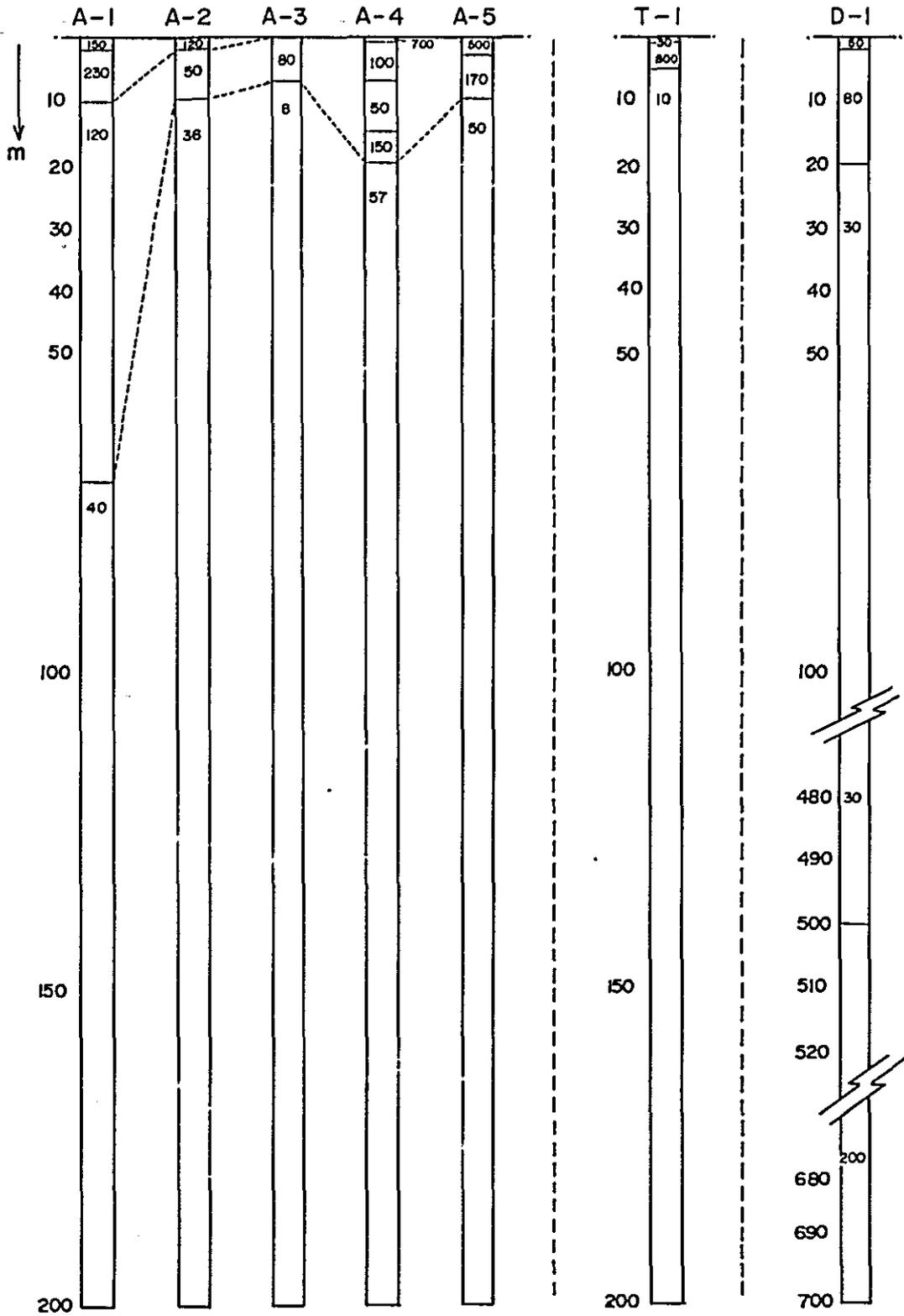
- (Line A, B) Traverse Line & Station of Shallow Electrical Resistivity Surveys
- (D, T) Station of Deep Electrical Resistivity Surveys
- No. 1 ~ No. 4 Test Hole by Drilling

SCALE 1:10000



RESISTIVITY AT POINT A-1~A-5, T-1 AND D-1

(in Ω -m)

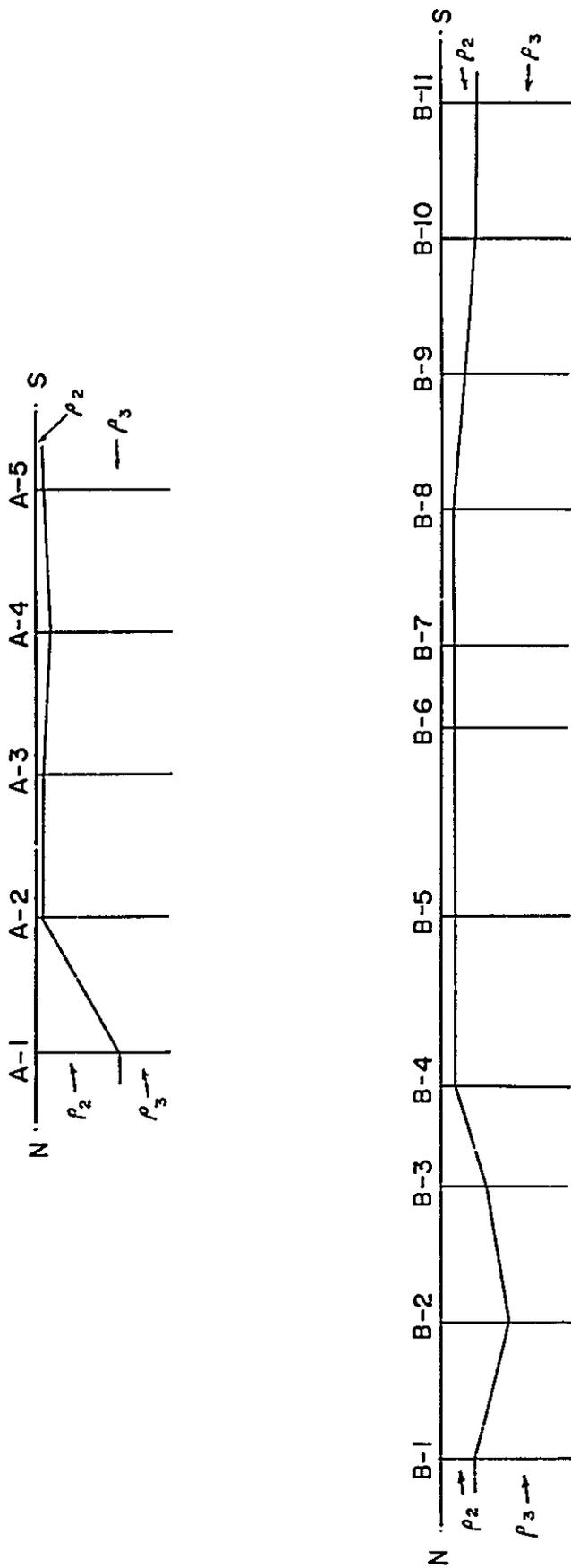


RESISTIVITY AT POINT B-1~B-11

(In $\Omega\text{-m}$)



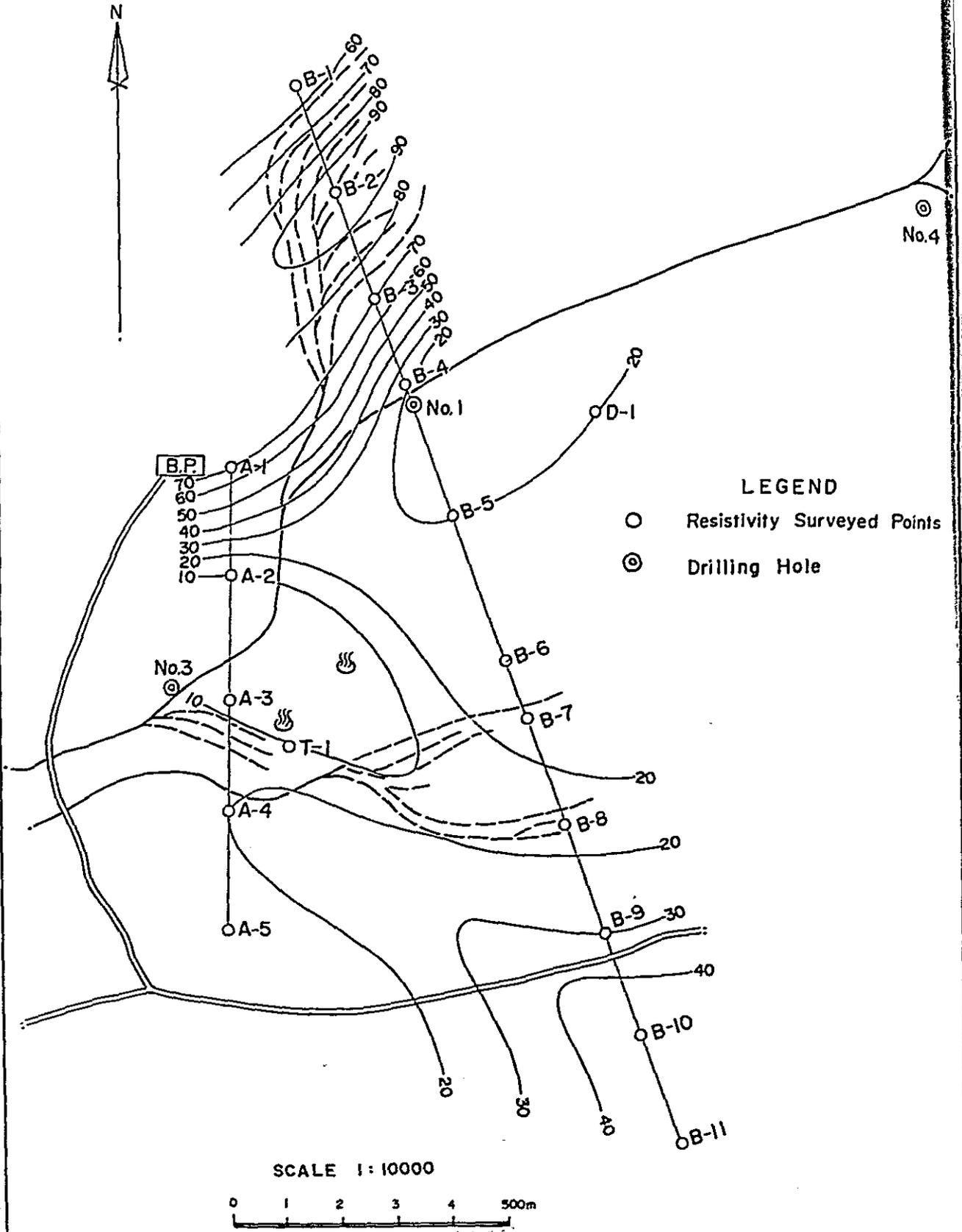
PROFILE OF RESISTIVITY



SCALE 1 : 10000
0 500m

CONTOUR MAP OF UNDERGROUND RESISTIVITY STRUCTURE

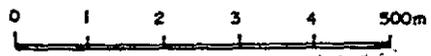
(Contour of ρ_2 Layer, Depth in Meters)



LEGEND

- Resistivity Surveyed Points
- ⊙ Drilling Hole

SCALE 1:10000



DRILLING LOG

Location Pampa Lirima
 Hole No: 1

Elevation 4.000 m
 Total length 45.20 m

Direction & Inclination -90°
 Date of Drilling. From Sep.29 to Sep.19

Depth m	Columnar Section	Thickness m	Core Study		Diameter		Electric Well Logging				Remarks				
			Particulars	Observation & Sample No.	Drill	Casing pipe or Strainer	Spontaneous Polarization (mV)					Resistivity (Ω-m)			
							Soil or Rock		-25	0		25	50	75	100 ^m
1.0		0~0.2	Humus soil, light brown-black Freezing humus soil	Sub-breccia (Volume %)	1	casing pipe	-				-				
2.3		0.2~0.5		2~4 ^m /m #	2		2.30 ^m	-				-			
		0.5~1.0	Fine grained humus soil	2~4 ^m /m # (10%)			-				-				
		1.0~1.5	Humus soil with sub-breccia				-				-				
		1.5~2.3	Alternation humus soil and silty loam				-				-				
		2.3~7.0	Detrital bed	2~6 ^m /m # (60%)	3		-				-				
		7.0~8.0	Detrital bed	~8 ^m /m # (60%)	4		-				-				
		8.0~9.0	.	~15 ^m /m # (60%)	5		-				-				
10		9.0~11.0	.	2~4 ^m /m # (60%)	6		-				-				
		11.0~14.0	.	~8 ^m /m # (60%)	7		-				-				
		14.0~15.0	" (fine-coarse sand)	2~4 ^m /m # (60%)	8		-				-				
		15.0~16.0	.	~4 ^m /m # (50%)	9	6" strainer	-				-				
		16.0~17.0	.	~4 ^m /m # (50%)	10		-				-				
20		17.0~22.0	.	~4 ^m /m # (50%) 15~30 ^m /m # (10%)	11		-				-				
		22.0~23.0	Coarse grained sand		12	6 3/4"	-				-				
		23.0		Fragments: 5~10 ^{cm} #			-				-				
		23.0~32.3	Weathered fragments of bedrock	Sub-breccia < 6 ^m /m Matrix coarse-medium grained			-				-				
30		32.0				32.0 ^m	-				-				
		32.3~45.2	Rhyolitic Andesite fractured				-				-				
40		45.2					-				-				
		END				45.20 ^m	-				-				
50							-				-				
60							-				-				
70							-				-				

DRILLING LOG

Location Pampa Lirima
 Hole No. 2

Elevation 3.993 m
 Total length 42 m

Direction & Inclination -90°
 Date of Drilling. From Sep.23 to Sep.27

Core Study					Electric Well Logging					Remarks										
Depth m	Columnar Section	Thickness m	Particulars		Diameter		Spontaneous Polarization (mV)					Resistivity (Ω - m)								
			Soil or Rock	Observation & Sample No.	Drill	Casing pipe or Strainer	-25	0	25		50	75	100	0	25	50	75	100		
0		0-0.2	Home soil	Sub-breccia (Volume %)																
2.8		0.2-0.3	Fine grained soil																	
		0.3-2.9	Detrital bed	1.5 m/m # (80%)	11															
4.0		2.9-4.0		2.0 m/m # (20%)	12															
7.5		4.0-7.5	Clayey detrital bed	2.0 m/m # (80%)	12															
9.0		7.5-9.0		1.0 m/m # (30%)	13															
11.0		9.0-11.0	Clay bed, with sub-breccia	small sub-breccia (5%)	13															
			Sandy clay detrital bed	1.5 m/m # (40%)	14															
19.0		11.0-19.0		1.5-6.0 m # (5%)	14															
22.0		19.0-22.0	Clayey detrital bed	1.5 m/m # (10%) 6.0 m/m # (80%)	15	6 3/4"														
24.5		22.0-24.5	Clay bed		16															
26.5		24.5-26.5	Andesite, with fissure		17															
30																				
40																				
42.0		26.5-42.0	Andesite																	
		END																		

DRILLING LOG

Location Pampa Lirima
 Hole No. 3

Elevation 3.990 m
 Total length 46.00 m

Direction & Inclination -90°
 Date of Drilling. From Sep.29 to Oct. 2

Depth m	Core Study				Electric Well Logging						Remarks				
	Columnar Section	Thickness m	Particulars		Diameter		Spontaneous Polarization (mV)					Resistivity (Ω -m)			
			Soil or Rock	Observation & Sample No.	Drill	Casing pipe or Strainer	-25	0	25	50			75	100	
1.0	0-1.0	0-0.4	Detrital bed	Sub-irradiate (Volume %) 10 μ m (80%) 6 μ m (8%) 10 μ m (80%)	19	coating pipe 2.00"									
3.0	1.0-3.0		"	10 μ m (80%) 6 μ m (8%) 10 μ m (80%)	20										
4.0	3.0-4.0		"	13 μ m (80%) (silt: (80%) clay(20%))	21										
5.0	4.0-5.0		(with clay)												
8.80	5.0-8.80		Clayey Detrital bed	10 μ m (90%) (fine silt (70%) clay(80%))	21										
13.80	8.80-13.80		Clayey Detrital bed	8 μ m (60%) (silt (60%), clay (40%))	22	8" strainer									
14.0	13.80-14.0		"	8 μ m (80%) 30-50 μ m Andesite (10%)	22										
18.80	14.0-18.80		"	8 μ m (80%) (silt (80%), clay (40%))											
20.0	18.80-20.0		"	8 μ m (80%) 50-100 μ m Rhyolitic andesite (10%) (silt (80%), clay (80%))		2.00"									
36.80	20.0-36.80		Rhyolite andesite fractured		23										
37.80	36.80-37.80		Andesite		24										
44.0	44.0-46.0		Andesite												
46.0	46.0		END												

DRILLING LOG

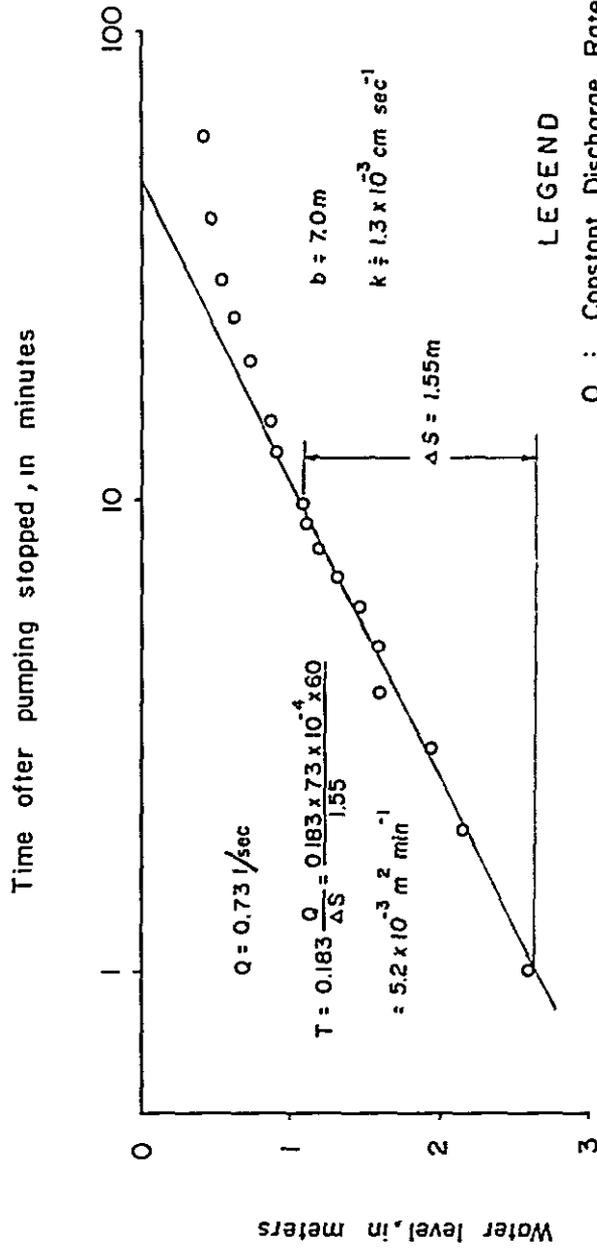
Location Pampa Lirima
 Hole No. 4

Elevation 40.31 m
 Total length 67.50 m

Direction & Inclination - 90°
 Date of Drilling. From Oct.4 to Oct.7.

Depth m	Columnar Section	Thickness m	Core Study		Diameter		Electric Well Logging				Remarks												
			Soil or Rock	Observation & Sample No.	Drill	Casing pipe or Strainer	Spontaneous Polarization (mV)					Resistivity (Ω - m)											
							-25	0	25	50		75 ^{mV}	0	25	50	75	100 ^{mV}						
3.0		0.00-0.05 0.05-3.0 3.0-4.0 4.0-5.0	Humus soil Detrital bed	Sub-irregular (Volume %) 6 ^m /m (5%) 8 ^m /m (30%), soil: fine. soil: fine-grained, compact 15 ^m /m (60%), soil: fine-medium grained 10 ^m /m (60%), soil: coarse grained Contamination iron oxide		casing pipe 2.70																	
7.0		5.0-7.0	Detrital bed	80 ^m /m (60%), soil: medium-coarse grained 10-12 ^m weak iron oxide	25																		
16.0		7.0-16.0	Clayey Detrital bed	6 ^m /m (60%) (soil (80%), clay (20%))	26																		
18.0		16.0-18.0	Detrital bed	6 ^m /m (60%) soil: medium-coarse grained	27	6 3/4"	8" strainer																
25.0		18.0-25.0	Detrital bed		28																		
35.0		25.0-35.0	Clayey Detrital bed	6 ^m /m (40%) soil: fine-medium (80%), clay (20%)	29																		
38.0		35.0-38.0	Detrital bed	4-5 ^m /m (70%), soil m-c grained	30																		
38.60		38.0-38.60	Clay bed	Yellowish brown colored	30																		
51.0		38.60-51.0	Clay bed	Clay: Darkgray-gray colored compact have a viscosity	31		Non casing hole																
51.0		51.0-53.40	Detritic andesite		32																		
67.50		67.50 END	Detritic andesite																				

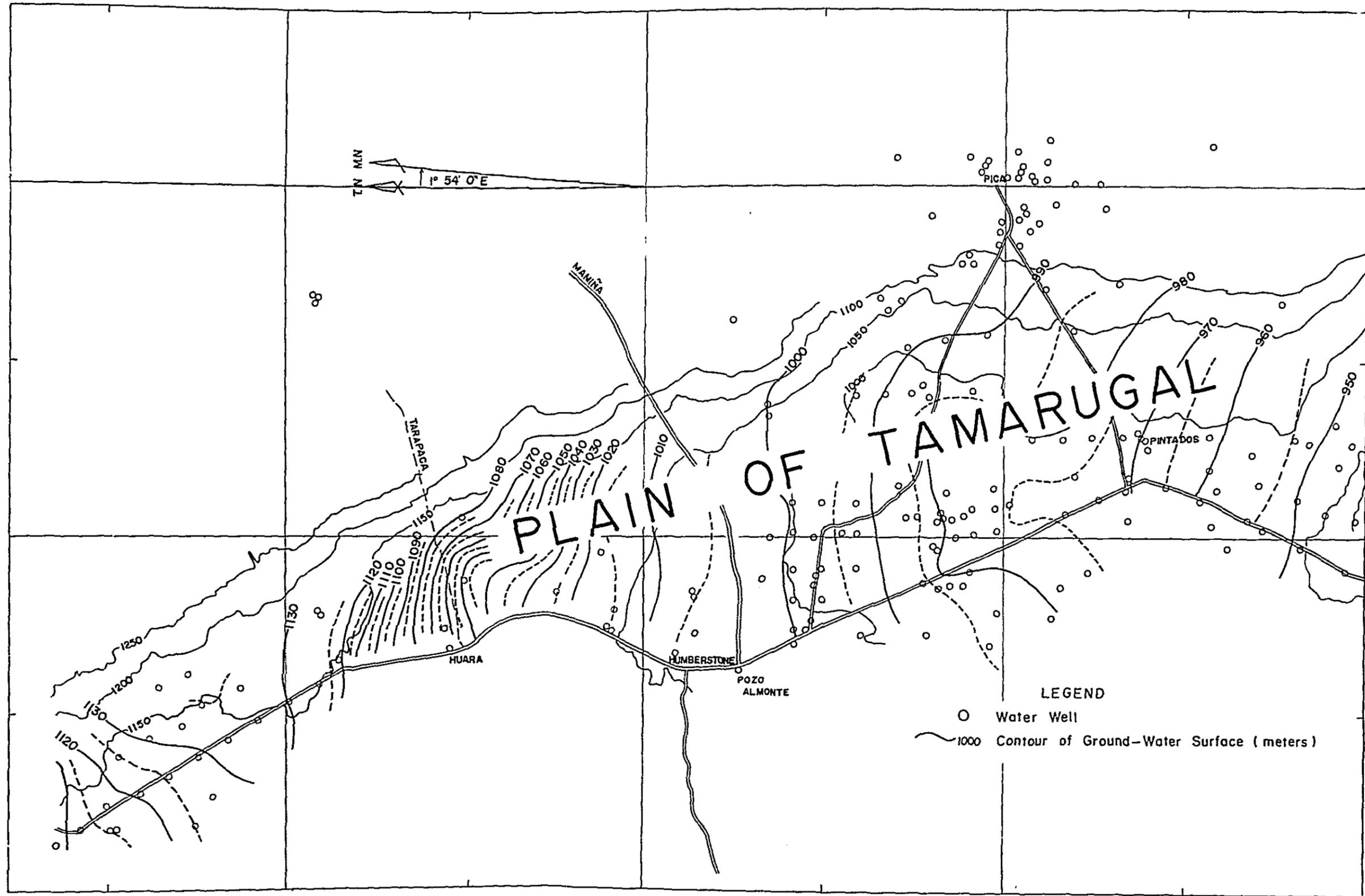
GRAPHICAL SOLUTION (JACOB METHOD) FOR RECOVERY TEST



LEGEND

- Q : Constant Discharge Rate from Well
- T : Transmissivity
- ΔS : Recovery Difference Per Log Cycle of Time
- b : Thickness of Permeable Bed
- k : Hydraulic Conductivity

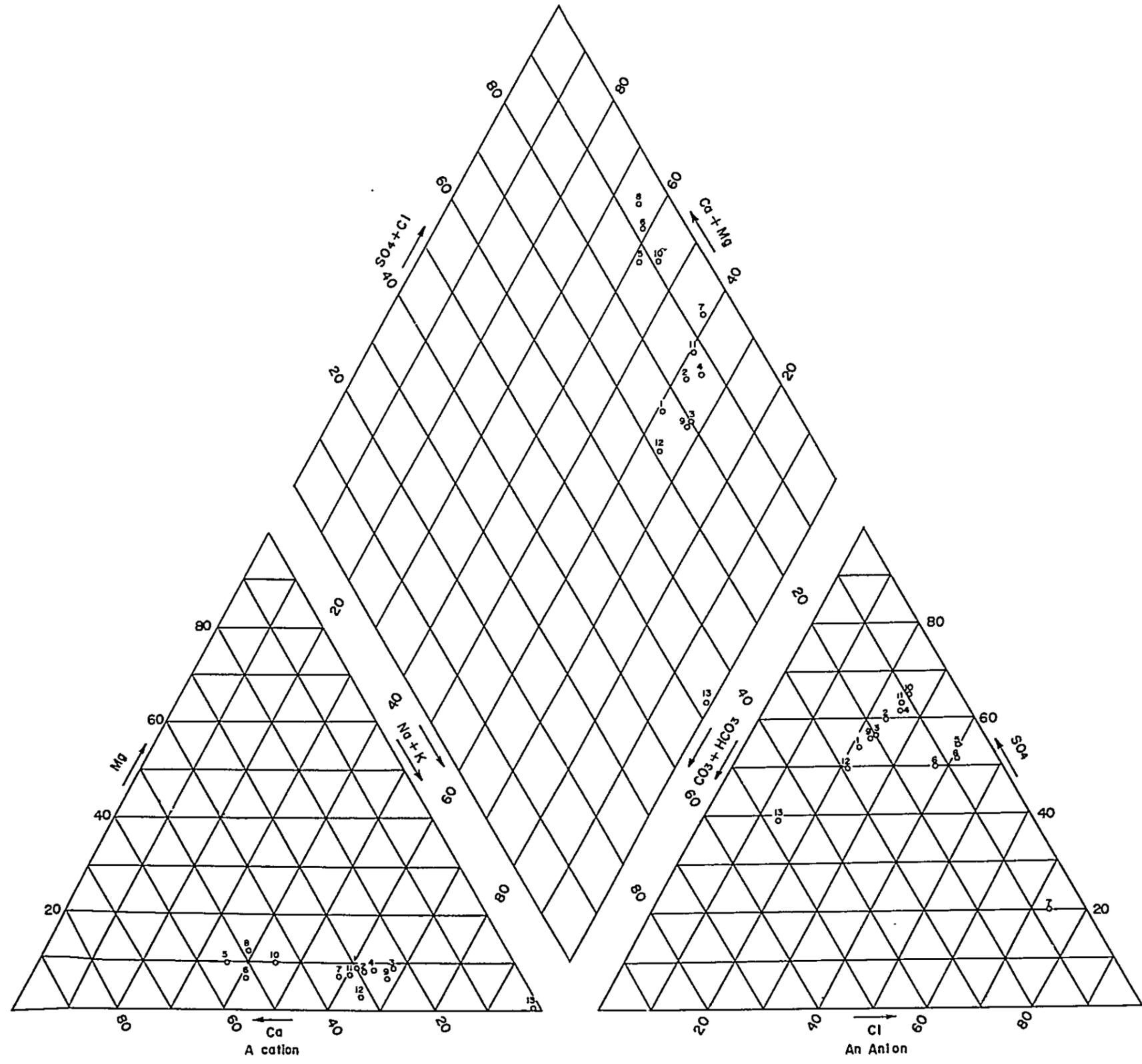
ISOPLETH OF GROUND-WATER

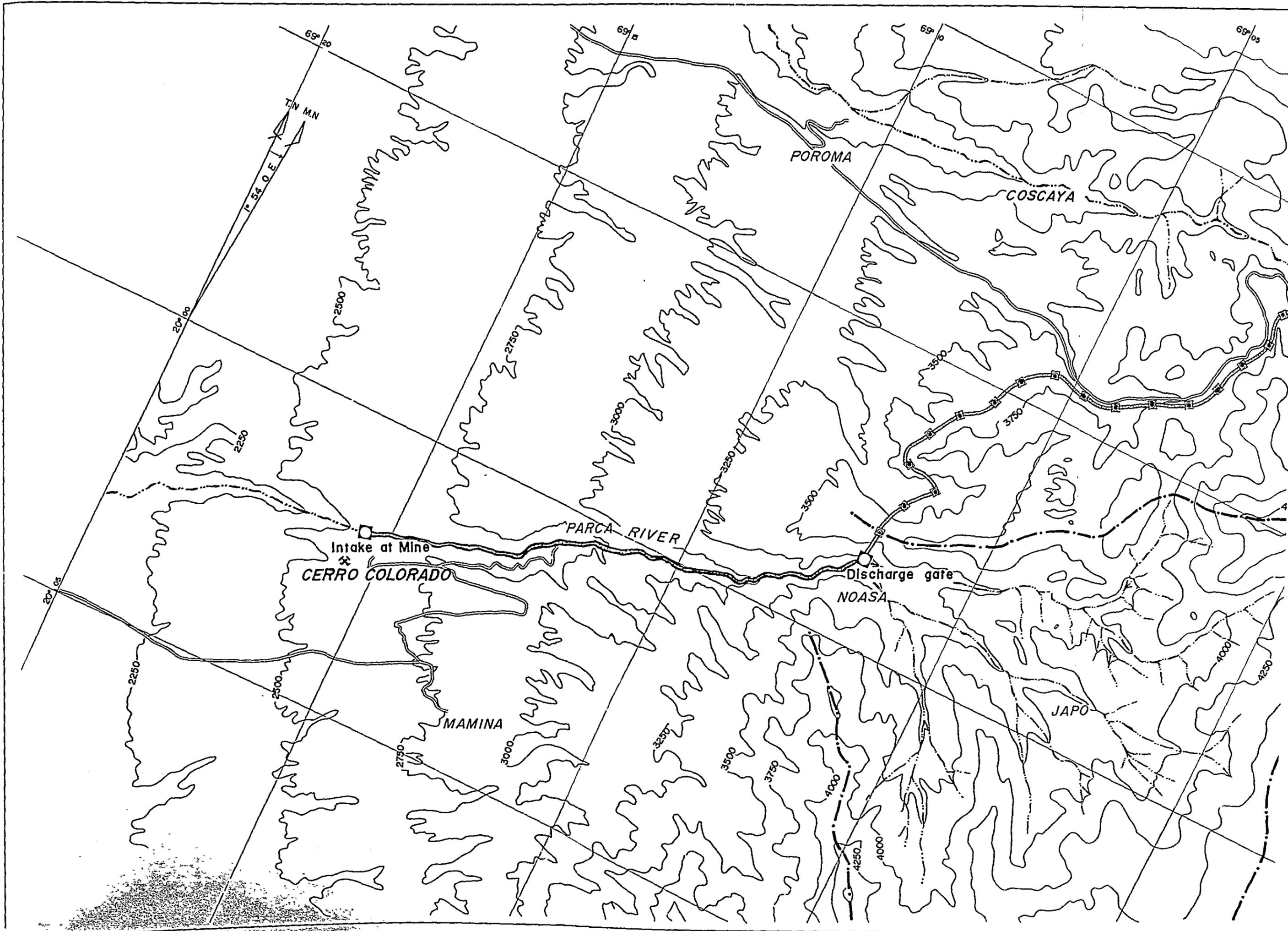


LEGEND
○ Water Well
— 1000 Contour of Ground-Water Surface (meters)

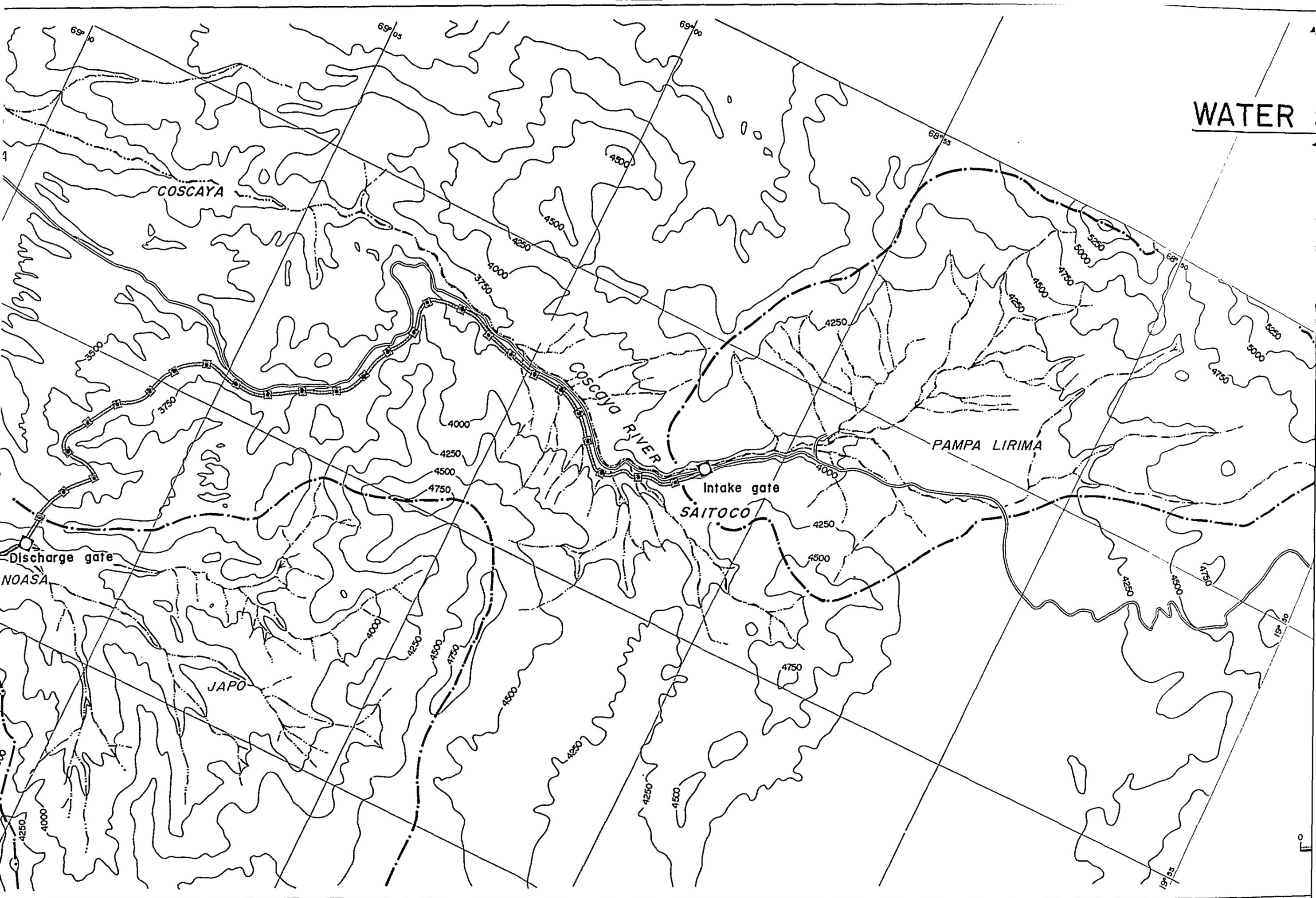
SCALE 1 : 500,000
0 5 10km 20km 30km

PIPER DIAGRAM

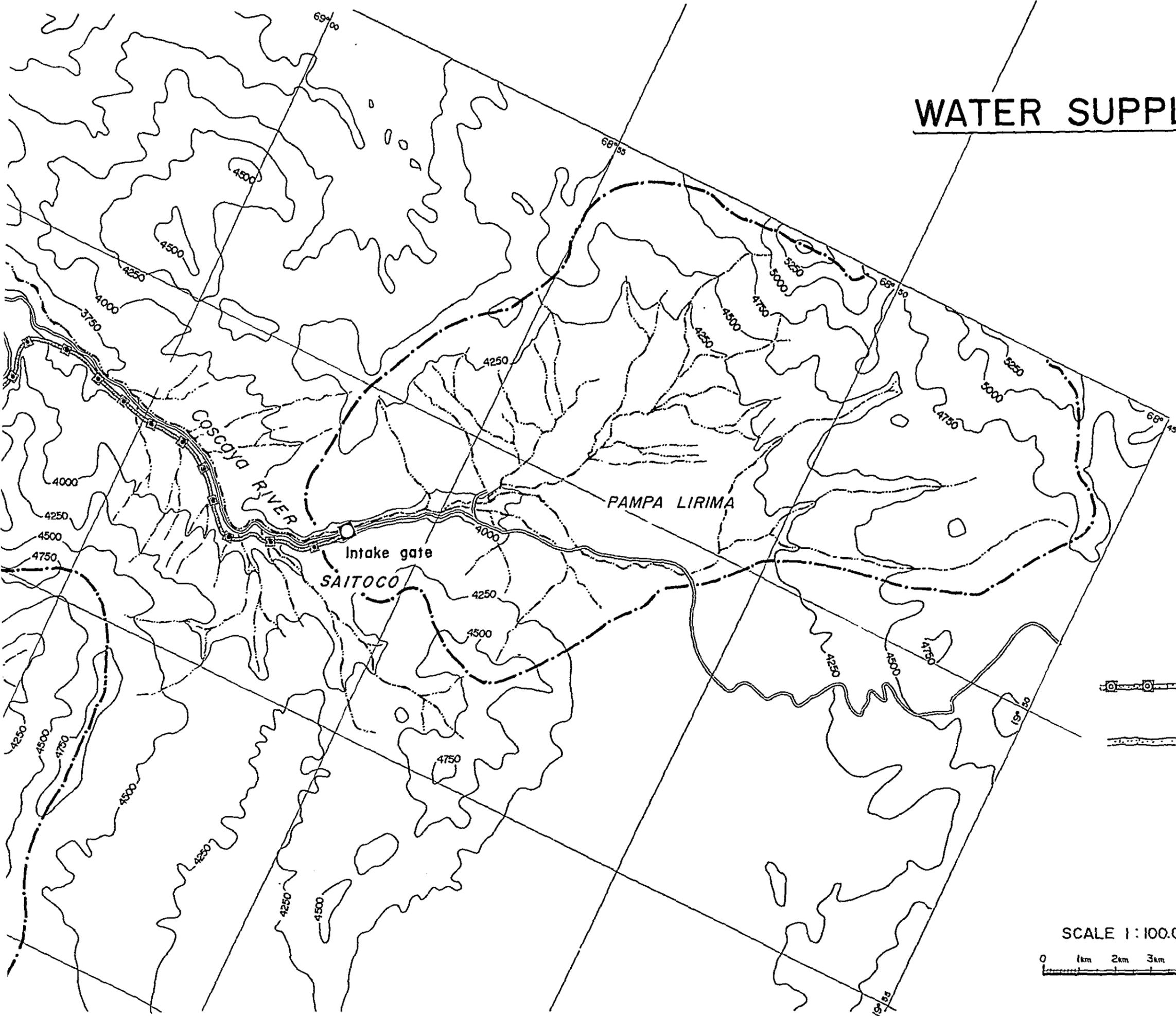




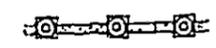
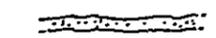
WATER



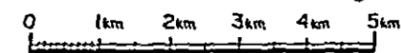
WATER SUPPLY SYSTEM



LEGEND

-  Proposed Pipe Line
-  Proposed Channel

SCALE 1:100,000



WATER SYSTEM, WATER RIGHT & STATUS OF APPLICATIONS IN NORTHERN CHILE

T.N. M.N. 1° 54' 0" E

BOLIVIA

3

4

Qda, Blance mining area

5

CHILE

6

CERRO COLORADO mining area

GOSCAYA RIVER

PARCA RIVER

COLLACAGUA RIVER

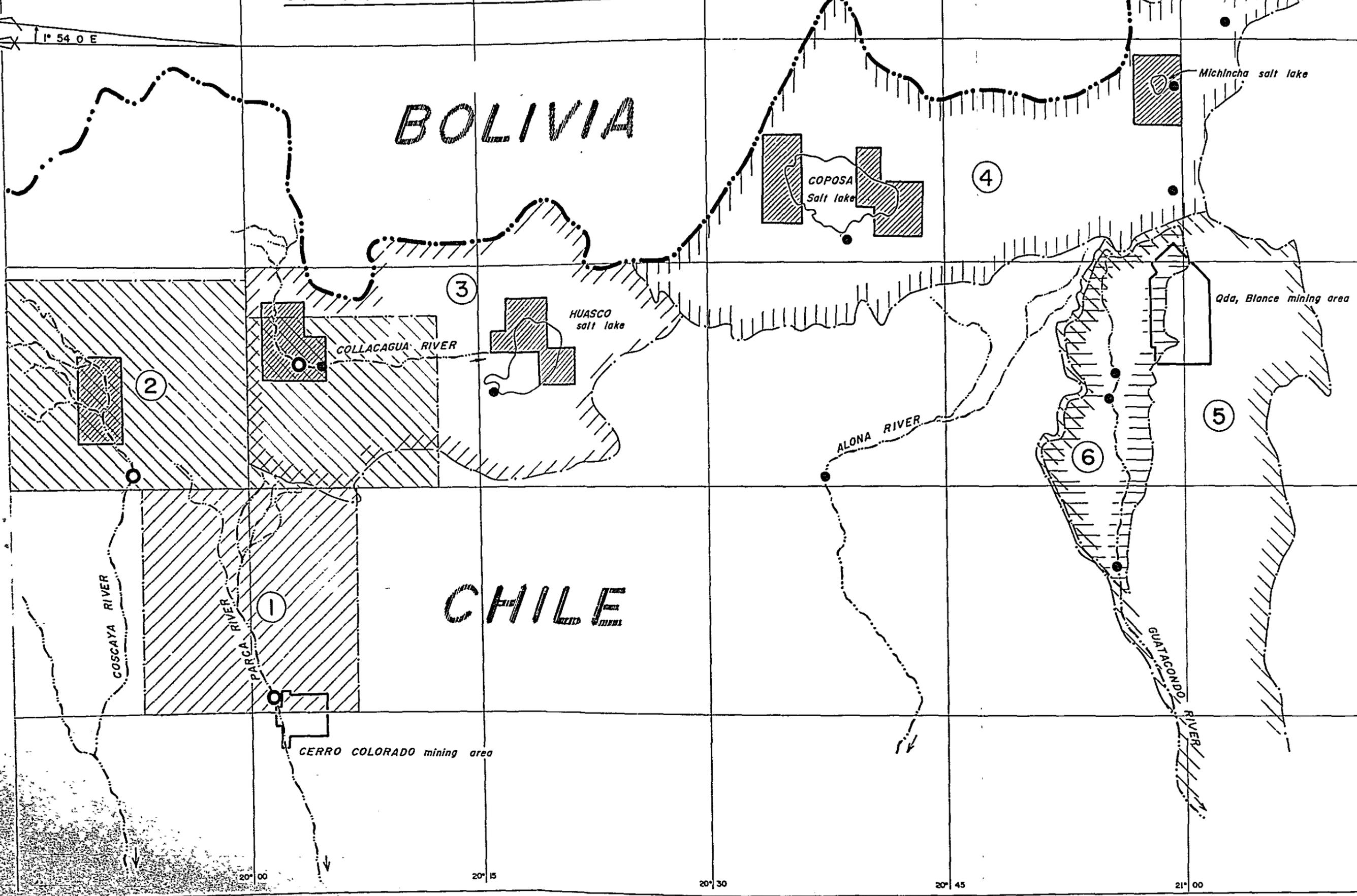
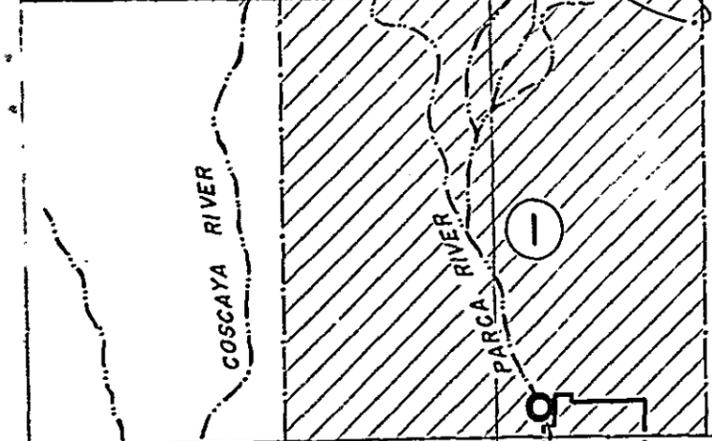
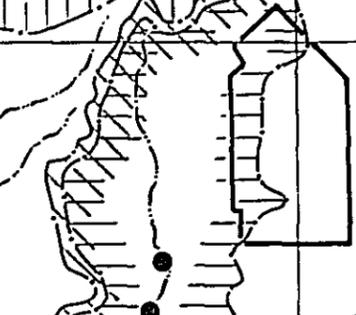
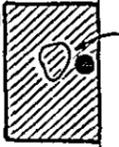
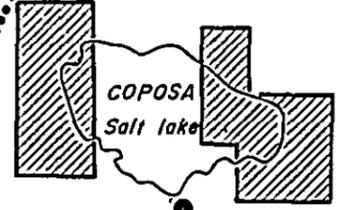
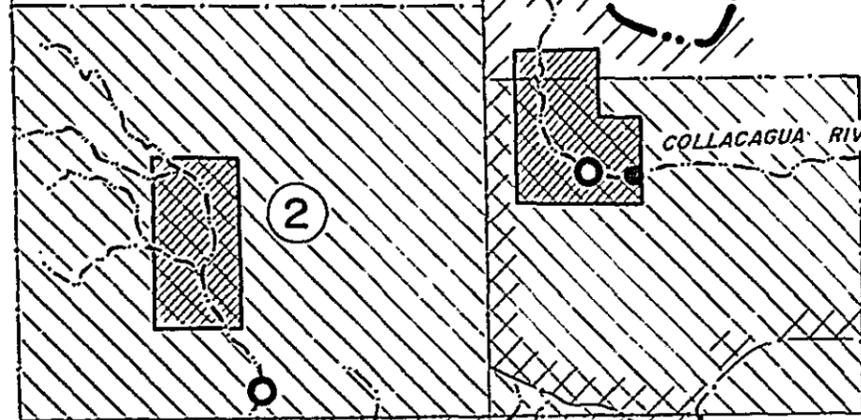
ALONA RIVER

GUATACONDO RIVER

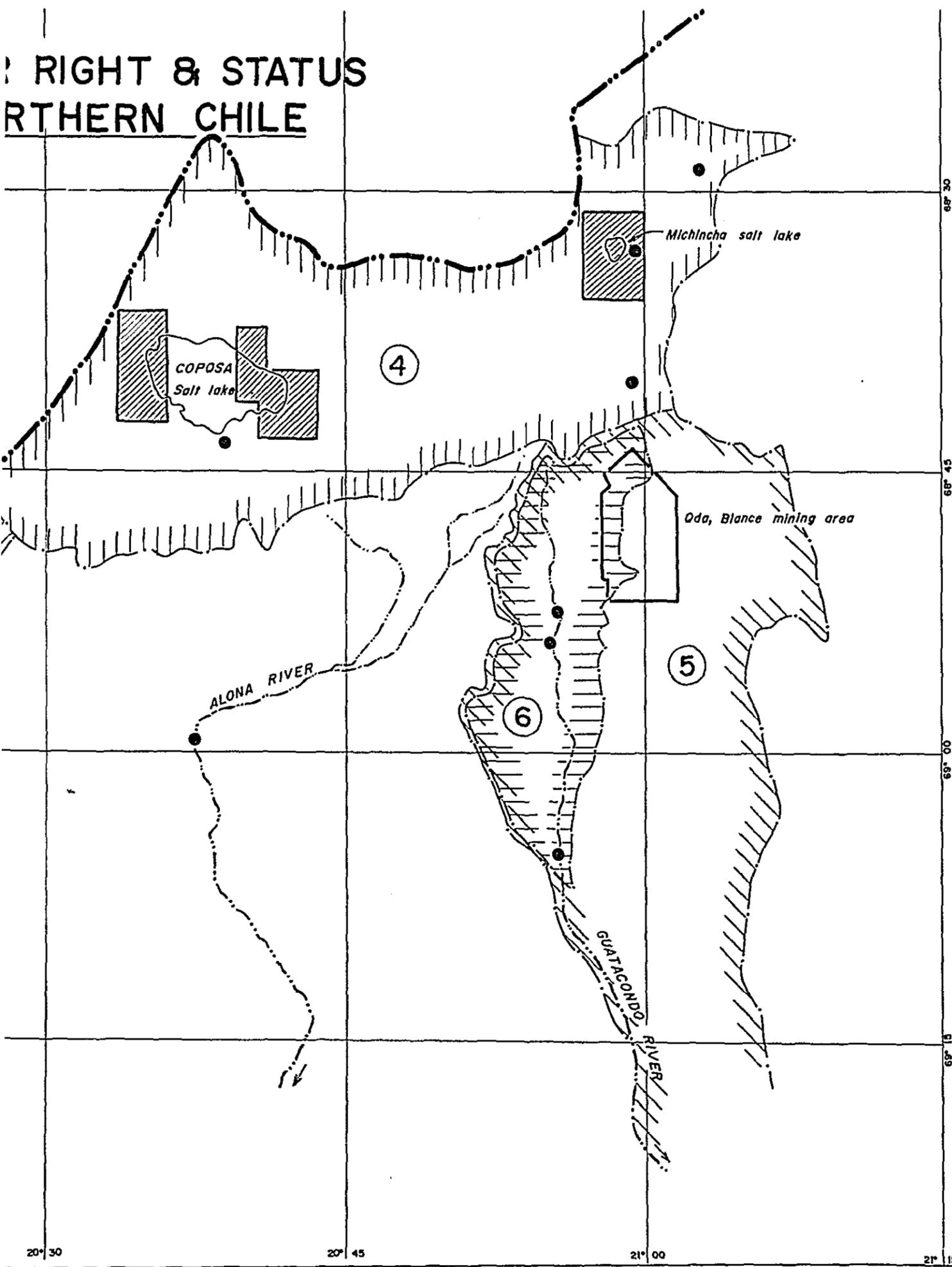
Michincha salt lake

COPOSA Salt lake

HUASCO salt lake



RIGHT & STATUS
NORTHERN CHILE



LEGEND

AREA COVERED IN APPLICATION FOR WATER RIGHT

- ① Area of Parca River (COBRE IQUIQUE)
- ② Area of Pampa Lirima, Pampa Lagunilla and Pampa Chaquina (COBRE IQUIQUE)
- ③ Area of Huasco salt lake and Collagagua River (CODELCO)
- ④ Area of Coposa and Michincha Salt Lake (CODELCO)
- ⑤ Area of Guatacondo River (CODELCO)
- ⑥ Area of Guatacondo River (PLACER METAL)

Area Covered by Application for Ground-Water Surveys

APPLICATION FOR WATER USE

- COBRE IQUIQUE
- Others Co.

SCALE 1 : 250.000

