

總發行所 東京 丸の内區 有樂町
丸の内區 有樂町 丸の内區 有樂町

(1916)

第 2 卷 第 1 号

東京 丸の内區 有樂町
丸の内區 有樂町 丸の内區 有樂町

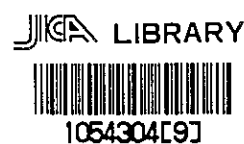
702
661
1171
LIBRARY

ボリヴィア共和国 グランチョカヤ地域
資源開発協力基礎調査報告書

(第2年次)

昭和56年5月

金属鉱業事業団
国際協力事業団



国際協力事業団	
受入 月日 '84. 8. 22	702
登録No. - 13584	66) MPN

は し が き

日本国政府はボリヴィア共和国政府の要請に応え、同国の南部に位置するグランチョカヤ地域の鉍物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等の鉍床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が地質及び鉍物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉍業事業団に委託することとした。

本調査は昭和55年度が第2年次にあたり、金属鉍業事業団は13名の調査団を編成して、昭和55年11月14日から昭和56年2月22日まで、調査団を現地に派遣した。

現地調査はボリヴィア共和国政府関係機関、特に鉍山冶金省、ボリヴィア鉍山公社の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第2年次の調査をとりまとめたもので、その他年次の調査結果とあわせて、最終報告書の一部となるものである。

おわりに本調査の実施にあたって御協力をいただいたボリヴィア共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在ボリヴィア日本大使館及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

昭和56年5月

国際協力事業団

総裁 有田圭輔

金属鉍業事業団

理事長 西家正起

総 合 目 次

は し が き

位 置 図

要 約 i

総 論 1

各 論

第Ⅰ部 坑内地質調査 Ⅰ-1

第Ⅱ部 物理探査（IP法） Ⅱ-1

第Ⅲ部 ボーリング工事 Ⅲ-1

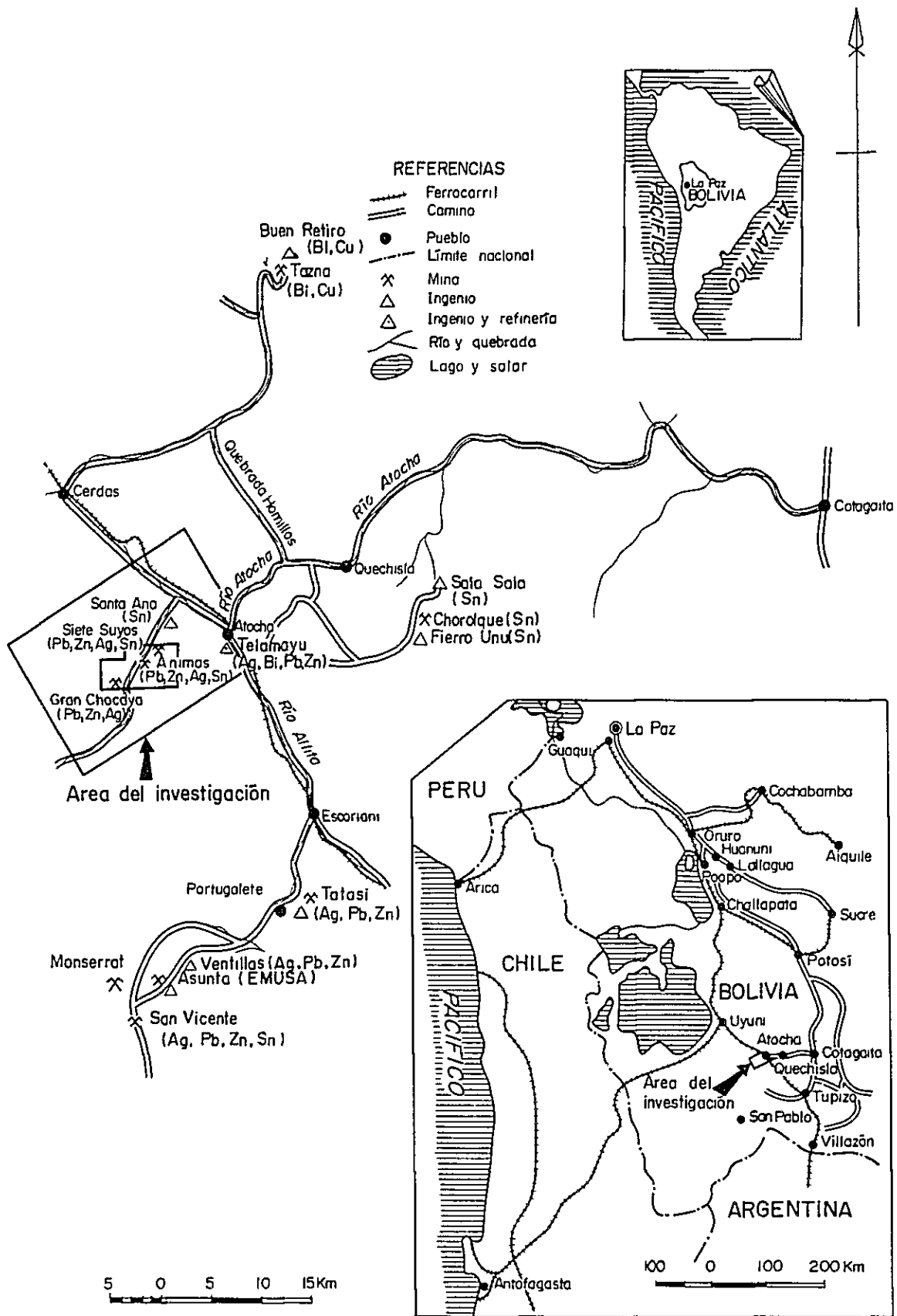
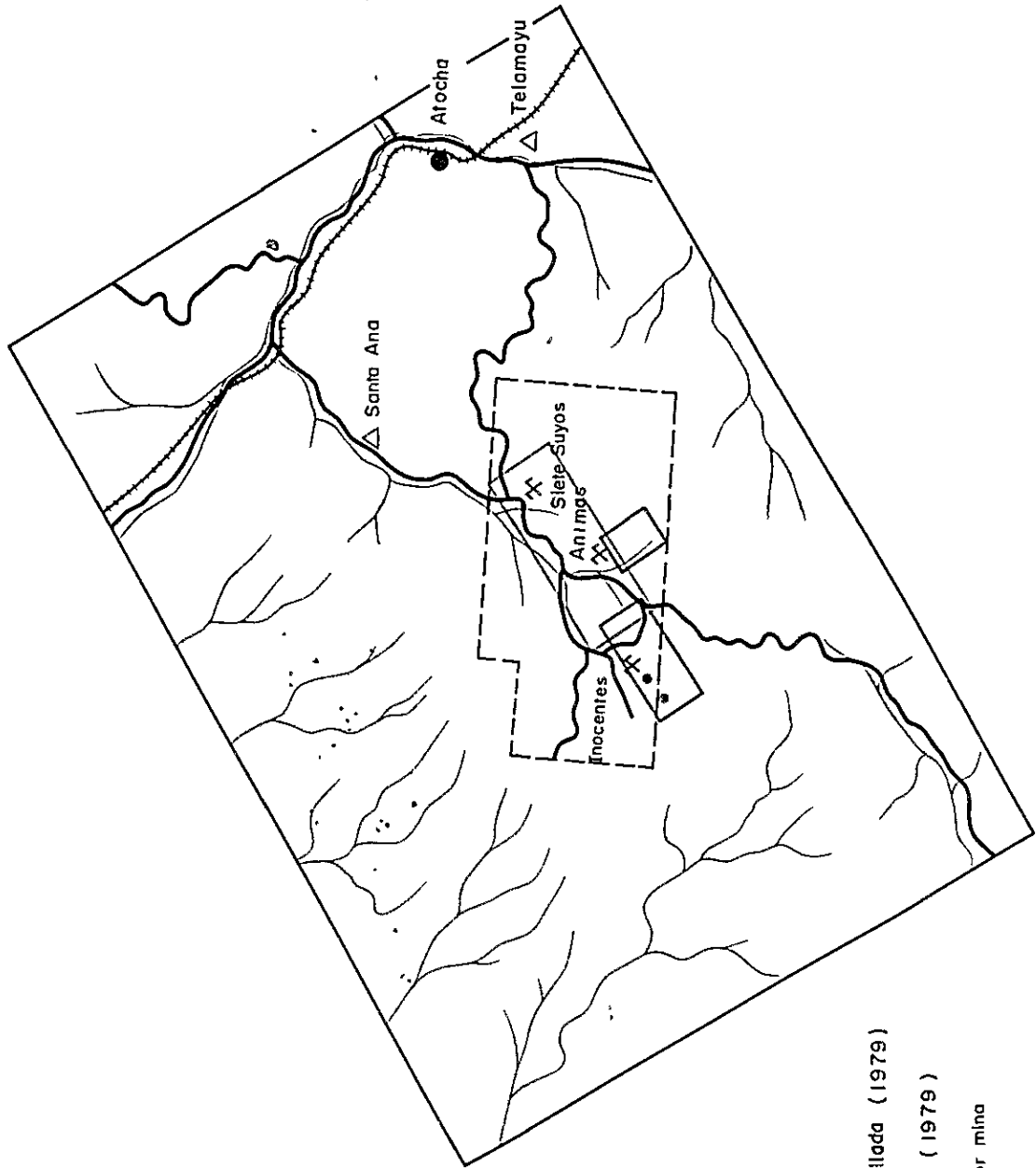
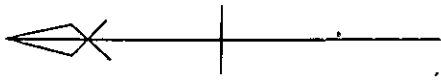


Fig.I-1 Plano general del área de investigación



REFERENCIAS

- Ferrocarril
- Río y quebrada
- Camino
- Pueblo
- Mina
- Ingenio
- Area de la investigación semi detallada (1979)
- Area de la investigación detallada (1979)
- Area de la investigación de interior mina
- Area de la prospección geofísica
- Ubicación de sondeo



Fig I-2 Plano de alcance del área de investigación

要 約

ボリビア共和国 Gran Chocaya (グランチョカヤ) 地域資源開発協力基礎調査の第2年次の調査を第1年次の調査結果に基き次の通り実施した。

坑内地質調査 Animas 鉱床他 調査坑道総延長 2.6 Km
物理探査 (IP法) Inocentes 鉱床の Nueva 脈他 測線総延長 17.2 Km
ボーリング工事 " " 総掘進長 802.25 m (2 孔)

調査地域は当国南部のアルティプラーノと称される高原の東縁部に位置し、多金属鉱脈鉱床地帯に属する。

本地域の地質はオルドビス系、白亜系及び第三系からなる。地質構造は、オルドビス系と白亜系は北西-南東方向の軸をもつ褶曲を受けており、第三系はほぼ水平である。断層はその数が少く、かつ規則的な方向性は認められない。

本地域の鉱床は、中新世最末期の石英安山岩の活動に関連して生成した北東-南西方向の多数の平行脈群からなっている。これら同一の鉱脈群は Fig.2 に示すように、北東側から Siete Suyos (シエテ スヨス)、Animas (アニマス) 及び Inocentes (イノセンテス) と呼ばれている。鉱脈の裂罅系は北東-南西方向の横圧力によって形成された張力-剪断裂罅である。

鉱石鉱物は黄銅鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、錫鉱物、銀鉱物を主とし、その他多数の複雑な鉱物を伴っている。脈石鉱物は主として石英である。鉱床の母岩はオルドビス系、第三紀の石英安山岩及びそれと同質の火砕岩であり、鉱脈は一般にオルドビス系中で優勢となる。

これらの鉱床は構成鉱物の共生関係、流体包有物の研究結果からゼノサーマル型鉱脈鉱床であると判断される。

Inocentes 鉱床は Animas 鉱床の走向延長上に位置しており、その主脈である Veta Nueva (ヌエバ) は目下探鉱中である。132 地並での約 500 m の錘押探鉱では脈幅は膨縮に富むが、高品位の含銀鉛・亜鉛鉱脈であり、本脈の下部及び走向延長の鉱況の確認が急務であった。

従って、今年次の物理探査の大半とボーリングの全作業量を Veta Nueva の探査に集中した。

坑内地質調査は Siete Suyos, Animas 及び Inocentes の各鉱脈群について、構成鉱物、品位、累帯配列及び鉱床生成温度などの解明を行い、本地域の探鉱指針を得ることを目的とした。

なお、物理探査作業の一部は Animas 鉱床地区の南方の変質帯の存在から期待される平行脈の探査にあてた。

以上の調査結果とそれから判断される本地区の鉱脈、鉱況の特性ならびに探鉱指針は以下に要約される。

(1) Inocentes 鉱床の Veta Nueva の北東及び南西の錘先延長探査のボーリング 2 孔はいずれ

總 論

総 論 目 次

第1章 序 論	3
1-1 調査の経緯及び、目的	3
1-2 調査作業の概要	3
1-3 調査団の編成	4
第2章 調査地域の一般概要	7
2-1 位置・交通	7
2-2 地形・気候	7
2-3 Animas, Siete Suyos 鉞山概要	7
第3章 地質概要	9
3-1 地 質	9
3-2 地質構造	10
3-3 鉞 床	10
第4章 調査の結論及び、将来への指針	13
4-1 結 論	13
4-1-1 坑内地質調査	13
4-1-2 物理探査（IP法）	13
4-1-3 ボーリング工事	14
4-2 今後の調査に対する意見	14

第 1 章 序 論

1-1 調査の経緯及び目的

ボリヴィア共和国グランチャョカヤ地域資源開発協力基礎調査の第 1 年次の調査結果に基き、日本国政府は第 2 年次として、Animas-Siete Suyos 鉱山の坑内地質調査と Inocentes 鉱山付近の物理探査及び、同地区のボーリング工事を実施することとなった。

調査の目的は坑内地質調査では鉱床形態の把握と富鉱部の傾向及び、裂隙系の解析などによる新鉱床発見の手掛りを得ることであり、又、物理探査は Inocentes 坑の Veta Nueva の北東ならびに西南延長部とその平行脈、更に Animas 坑の Veta Inca VI の南東部での平行脈の探査を目的とした。ボーリング工事は Inocentes 鉱床の延長方向の深部探査を目的とした。

以上の調査によって更に鉱床富鉱部賦存の可能性の高い地区を抽出し、次段階の探査活動の有益な指針を得ることである。

1-2 調査作業の概要

調査作業は坑内地質調査、物理探査及び、ボーリング工事の 3 グループに分けられる。対象地域は前年度の調査地域の精査範囲にあり、坑内地質調査はアニマス鉱山の 302、510、545、617、661、700、740、780 の各地並及び Inocentes 鉱山の 132 地並で調査延長は 26 km である。

物理探査は IP 法によるもので、対象地区は前年度の調査で把握された強変質帯の南東延長に A 地区 (4 km)、西南延長に B 地区 (13.2 km) の両地区で計 17.2 km の測線を設定した。

ボーリング工事は物理探査範囲の中にあり、Inocentes 坑の Veta Nueva の北東延長部と西南延長部にそれぞれ 1 孔、計 2 孔実施され、各孔 400 m 深度で合計 800 m の作業量である。

調査に当っては後述する日本人調査団員とボリヴィア鉱山公社より派遣されたボリヴィア人調査団員とによって実施された。現地踏査期間は Animas 鉱山到着翌日より同鉱山出発前日までで、地質班は 31 日間、物探班は 26 日間、ボーリング班は 84 日間である。又、調査中にボリヴィア鉱山公社より諸資料及び同社が実施した以前の調査報告などの提供を受け、それらの資料を十分に活用して調査を行った。特に坑内においては落盤、酸欠のため入坑不能箇所もあって調査ができず、当鉱山の持つ資料を活用し、かつ又、その部署に所属する地質技師より種々有力な意見を聴取して本報告の参考としたことを明記する。

1-3 調査団の編成

日本側調査計画及び折衝

TADOKORO KYUZOO 田 所 久 蔵	金 属 鉍 業 事 業 団
ISHIBASHI KEN 石 橋 健	"
NAKAMURA KENJI 中 村 研 治	"
OSAME ATSUSHI 納 篤	"

日本側調査団員

ITO TOSHIYA 伊 藤 俊 弥	団 長	同 和 工 営 株 式 会 社	
JANOME HIDEO 蛇 目 秀 雄	団 員	"	(地質)
KONO RYOICHI 高 野 良 一	"	"	(")
KINRYU YUKUO 金 龍 之 緒	"	"	(")
KAWAKAMI KYOICHI 川 上 恭 一	"	"	(")
ENDO YASUO 遠 藤 康 雄	"	"	(物探)
TANAKA EIJI 田 中 栄 治	"	"	(")
MATASAKA SHIGEO 又 坂 慈 雄	"	"	(")
MIURA KAZUNORI 三 浦 一 憲	"	"	(")
KAJIO MASANOBU 梶 尾 昌 延	"	"	(試錐)
KANO SHIGERU 狩 野 茂	"	"	(")
TANIKAWA IKUO 谷 川 育 夫	"	"	(")
KUSANO HIROMICHI 草 野 宏 通	"	"	(")

ボリヴィア側調査団員

Ing. Wilfredo Salinas	ボリヴィア鉍山公社オルロ地質局	(地質)
Ing. Dionicio Garzón	"	(")
Ing. Juan Carlos Segurola	"	(")
Ing. Hildelbrando Martínez	"	(")

Ing. Pilinio Velazco	ボリヴィア鉦山公社オルロ地質局	(地質)
Ing. Jorge Caballero	“ ケチスラ鉦業所	(地質)
Ing. Victor Choque	“ アニマス鉦山部	(“)
Ing. Carlos Angulo	ボリヴィア鉦山公社オルロ地質局	(物探)
Ing. Juan Larrea	“	(“)

第 2 章 調査地域の一般概要

2-1 位置・交通

調査位置は、首都 La Paz (ラパス) 市の南南東、直距約 520 km の付近に位置し、行政上は Potosí (ポトシ) 州 Nor Chichas (ノルチチャス) 郡に属する。

La Paz から調査地域への交通は鉄道と自動車による方法がある。鉄道の場合は La Paz よりアルゼンチンとの国境の町 Villazon (ビリアゾン) に達する La Paz - Villazon 線により調査地域に近い Atocha (アトチャ) まで約 15 時間、Atocha から自動車で約 30 分で調査地域中心部の Animas 鉱山に達する。

自動車による場合は多様なルートがあるが、乾期には La Paz - Potosí - Cotagaita - Animas 経路で約 860 km、2 日の行程が普通である。雨期には各所で道路が水没寸断し、調査地域への所要時間及び、ルートは一定せず、交通の途絶える場合も発生する。

2-2 地形・気候

調査地域はボリビア南部のアルティプラーノ高原地帯にあり、標高は海拔 3,600 m から地域中央部の Cerro Khumullani (セロクムリヤニ) の 4,703 m に達する。調査地域のほぼ中央部を Rio Chocaya (リオチャカヤ) が北東に流下し、その浸食作用が進み峻険な壮年期地形を呈する。Animas 鉱山を中心にして第三紀中新世に活動した石英安山岩よりなる標高 4,500 ~ 4,700 m に達する山頂が点在し、調査地域周辺部の堆積岩の分布する平坦な地域と対照的であり、地質と地形が密接な関係を示す。

調査地域は南緯約 21° に位置し、熱帯性気候に属すべき地域であるが、標高が大であるため特異な気候となっている。すなわち、年間平均気温は 5 ~ 6 °C であるが、冬期の夜間気温は零下 25 °C まで下がり、夏期でも氷点下に達する。日中の最高気温は冬期の 7 月で 15 °C 前後、夏期の 12 月で 25 °C 前後であるが、夜間に気温が下り、気温の日格差は 20 °C 以上に達する。乾期と雨期の区別が明瞭で、雨期は 12 月から 3 月までで、年間降雨量がこの時期に集中するため、各所の道路が寸断され、道路網は麻痺状態となる。乾期には殆んど降雨がなく乾燥が激しく、湿度は 0 ~ 30 % 位である。こうした本地域の厳しい気候条件は植生、住民生活に大きな影響を与えており、地域の大半は不毛の地となっている。

2-3 Animas, Siete Suyos 鉱山概要

Animas, Siete Suyos 鉱山は COMIBOL が所有しており、組織的には

Quechisla (ケチスラ) 鉱業所 — Chocaya 事業所 — [Animas 鉱山部
Siete Suyos 鉱山部

の機構となっている。

両鉱山ともスペイン時代に開発されたもので、その歴史も古く、極めて大規模な鉱床である。

当鉱床の北東部は Siete Suyos 坑に、南西部は Animas 坑によって探掘されている。

探掘深度は地表下 780 m までに達していて、深部での鉱況は依然として優勢を保っている。

特に Veta Burton は Animas 坑の主要脈であり、その出鉱量は全体の 90% を占める。

産出される粗鉱は、Animas 坑の場合は銀-鉛-亜鉛系の鉱石で Telamayu (テラマユ) 選鉱場で、一方 Siete Suyos 坑の鉱石は銀-錫-銅系で Santa Ana (サンタアナ) 選鉱場で各各処理されている。両坑からの月間産出粗鉱量は 12,000 ~ 13,000 t/mon で、その品位は Ag 31.3% / t, Pb 2.23%, Zn 3.54% 及び若干の錫を含有する。両坑の総従業員は 1,200 人前後で、その 65% は坑内従業員である。

Handwritten scribbles or marks, possibly initials or a signature, located in the center of the page.

要 約

ボリヴィア共和国 Gran Chocaya (グランチョカヤ) 地域資源開発協力基礎調査の第2年次の調査を第1年次の調査結果に基き次の通り実施した。

坑内地質調査 Animas 鉱床他 調査坑道総延長 2.6 Km

物理探査 (IP法) Inocentes 鉱床の Nueva脈他 測線総延長 17.2 Km

ボーリング工事 " " 総掘進長 802.25 m (2孔)

調査地域は当国南部のアルティプラーノと称される高原の東縁部に位置し、多金属鉱脈鉱床地帯に属する。

本地域の地質はオルドビス系、白亜系及び第三系からなる。地質構造は、オルドビス系と白亜系は北西-南東方向の軸をもつ褶曲を受けており、第三系はほぼ水平である。断層はその数が少く、かつ規則的な方向性は認められない。

本地域の鉱床は、中新世最末期の石英安山岩の活動に関連して生成した北東-南西方向の多数の平行脈群からなっている。これら同一の鉱脈群は Fig.2 に示すように、北東側から Siete Suyos (シエテ スヨス)、Animas (アニマス) 及び Inocentes (イノセンテス) と呼ばれている。鉱脈の裂罅系は北東-南西方向の横圧力によって形成された張力-剪断裂罅である。

鉱石鉱物は黄銅鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、錫鉱物、銀鉱物を主とし、その他多数の複雑な鉱物を伴っている。脈石鉱物は主として石英である。鉱床の母岩はオルドビス系、第三紀の石英安山岩及びそれと同質の火砕岩であり、鉱脈は一般にオルドビス系中で優勢となる。

これらの鉱床は構成鉱物の共生関係、流体包有物の研究結果からゼノサーマル型鉱脈鉱床であると判断される。

Inocentes 鉱床は Animas 鉱床の走向延長上に位置しており、その主脈である Veta Nueva (ヌエバ) は目下探鉱中である。132地並での約 500 m の錘押探鉱では脈幅は膨縮に富むが、高品位の含銀鉛・亜鉛鉱脈であり、本脈の下部及び走向延長の鉱況の確認が急務であった。

従って、今年次の物理探査の大半とボーリングの全作業量を Veta Nueva の探査に集中した。

坑内地質調査は Siete Suyos, Animas 及び Inocentes の各鉱脈群について、構成鉱物、品位、累帯配列及び鉱床生成温度などの説明を行い、本地域の探鉱指針を得ることを目的とした。

なお、物理探査作業の一部は Animas 鉱床地区の南方の変質帯の存在から期待される平行脈の探査にあてた。

以上の調査結果とそれから判断される本地区の鉱脈、鉱況の特性ならびに探鉱指針は以下に要約される。

- (1) Inocentes 鉱床の Veta Nueva の北東及び南西の錘先延長探査のボーリング 2 孔はいずれ

も優勢な鉱徴は得られなかったが、劣勢な個所に達した可能性も考えられる。

(2) Animas 鉱床の鉱脈群は平面的な鉱物組合せ、品位、生成温度から、次の5帯に区分される。

- I 帯 Cu-Sn-(Ag) 帯
- II # Cu-Sn-(Ag) 帯
- III # (Pb)-(Zn)-Sn-Ag 帯
- IV # Pb-Zn-Sn-Ag 帯
- V # Pb-Zn-(Sn)-Ag 帯

これらのうち、経済性の高い帯域はIV帯とV帯であり、Veta Burton(ブルトン)、Veta Inca(インカ)Ⅵを中心とした鉱脈群である。

なお、II帯はI、III帯の漸移帯である。

(3) Veta Burton, Veta Inca Ⅵの垂直的な品位の分布から、これらの富鉱体の落しはほぼ垂直であり、最下底の780地並でも鉱況はなお優勢である。

(4) 流体包有物の実験結果、並びに地質温度計の検討などから、鉱床生成温度は西部のVeta Rosarioが高温(349℃)であり、東部及び南東部に向って低下(195℃)したものと推定される。

(5) Animas 鉱床の鉱脈はその規模並びに富鉱部とも北西から南東に向って落す傾向がある。

(6) 以上のことから、坑道探鉱は経済性の高いVeta Burton、並びにVeta Inca Ⅵを中心とした鉱脈群の既知富鉱部の下部、尖滅した富鉱部の鍾先延長、並びにVeta Inca Ⅵ以南の平行脈の確認に重点をおくのが望ましい。

(7) 物理探査ではIP異常帯が6箇所確認された。これらのうちVeta Burtonの南西延長部のIP異常帯Ⅳと、Veta Nueva 南部のIP異常帯Ⅴについては試錐探鉱で確認する必要がある。

(8) (7)のうちIP異常帯Ⅰ及びⅣは、それぞれ測線の末端部に位置し、その全容が確認されていないので、今後、測線を延長してこれらを解析する必要がある。

(9) 今年次のIP調査結果は、既存の鉱床を明瞭に反映しており、今後、他の同種の鉱脈型鉱床の探鉱手段として有効であると判断される。

總論

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that this is crucial for ensuring transparency and accountability in the organization's operations. The records should be kept up-to-date and accessible to all relevant personnel.

2. The second part of the document outlines the various methods and tools used for data collection and analysis. It highlights the need for a systematic approach to gathering information and the importance of using reliable sources. The document also discusses the challenges associated with data collection and the strategies used to overcome them.

3. The third part of the document focuses on the analysis and interpretation of the collected data. It describes the various statistical and analytical techniques used to identify trends and patterns in the data. The document also discusses the importance of contextualizing the data and the need for a clear understanding of the underlying factors.

4. The fourth part of the document discusses the implications of the findings and the recommendations for future research. It highlights the need for a continuous and iterative process of data collection and analysis, and the importance of sharing the results with relevant stakeholders. The document also discusses the potential for using the findings to inform decision-making and improve organizational performance.

一 総 論 目 次

第1章 序 論	3
1-1 調査の経緯及び、目的	3
1-2 調査作業の概要	3
1-3 調査団の編成	4
第2章 調査地域の一般概要	7
2-1 位置・交通	7
2-2 地形・気候	7
2-3 Animas, Siete Suyos 鉱山概要	7
第3章 地 質 概 要	9
3-1 地 質	9
3-2 地 質 構 造	10
3-3 鉱 床	10
第4章 調査の結論及び、将来への指針	13
4-1 結 論	13
4-1-1 坑内地質調査	13
4-1-2 物理探査（IP法）	13
4-1-3 ボーリング工事	14
4-2 今後の調査に対する意見	14

第 1 章 序 論

1 - 1 調査の経緯及び目的

ボリヴィア共和国グランチャョカヤ地域資源開発協力基礎調査の第 1 年次の調査結果に基き、日本国政府は第 2 年次として、Animas-Siete Suyos 鉞山の坑内地質調査と Inocentes 鉞山付近の物理探査及び、同地区のボーリング工事を実施することとなった。

調査の目的は坑内地質調査では鉞床形態の把握と富鉞部の傾向及び、裂罅系の解析などによる新鉞床発見の手掛りを得ることであり、又、物理探査は Inocentes 坑の Veta Nueva の北東ならびに南西延長部とその平行脈、更に Animas 坑の Veta Inca M の南東部での平行脈の探査を目的とした。ボーリング工事は Inocentes 鉞床の延長方向の深部探査を目的とした。

以上の調査によって更に鉞床富鉞部賦存の可能性の高い地区を抽出し、次段階の探査活動の有益な指針を得ることである。

1 - 2 調査作業の概要

調査作業は坑内地質調査、物理探査及び、ボーリング工事の 3 グループに分けられる。対象地域は前年度の調査地域の精査範囲にあり、坑内地質調査は アニマス鉞山の 302, 510, 545, 617, 661, 700, 740, 780 の各地並及び Inocentes 鉞山の 132 地並で調査延長は 26 km である。

物理探査は IP 法によるもので、対象地区は前年度の調査で把握された強変質帯の南東延長に A 地区 (4 km)、西南延長に B 地区 (13.2 km) の両地区で計 17.2 km の測線を設定した。

ボーリング工事は物理探査範囲の中にあり、Inocentes 坑の Veta Nueva の北東延長部と西南延長部にそれぞれ 1 孔、計 2 孔実施され、各孔 400 m 深度で合計 800 m の作業量である。

調査に当っては後述する日本人調査団員とボリヴィア鉞山公社より派遣されたボリヴィア人調査団員とによって実施された。現地踏査期間は Animas 鉞山到着翌日より同鉞山出発前日までで、地質班は 31 日間、物探班は 26 日間、ボーリング班は 84 日間である。又、調査中にボリヴィア鉞山公社より諸資料及び同公社が実施した以前の調査報告などの提供を受け、それらの資料を十分に活用して調査を行った。特に坑内においては落盤、酸欠のため入坑不能箇所もあって調査ができず、当鉞山の持つ資料を活用し、かつ又、その部署に所属する地質技師より種々有力な意見を聴取して本報告の参考としたことを明記する。

1-3 調査団の編成

日本側調査計画及び折衝

TADOKORO KYUZOO 田 所 久 蔵	金 属 鉱 業 事 業 団
ISHIBASHI KEN 石 橋 健	〃
NAKAMURA KENJI 中 村 研 治	〃
OSAME ATSUSHI 納 篤	〃

日本側調査団員

ITO TOSHIYA 伊 藤 俊 弥	団 長	同 和 工 営 株 式 会 社	
JANOME HIDEO 蛇 目 秀 雄	団 員	〃	(地質)
KONO RYOICHI 高 野 良 一	〃	〃	(〃)
KINRYU YUKUO 金 龍 之 緒	〃	〃	(〃)
KAWAKAMI KYOICHI 川 上 恭 一	〃	〃	(〃)
ENDO YASUO 遠 藤 康 雄	〃	〃	(物探)
TANAKA EIJI 田 中 栄 治	〃	〃	(〃)
MATASAKA SHIGEO 又 坂 慈 雄	〃	〃	(〃)
MIURA KAZUNORI 三 浦 一 憲	〃	〃	(〃)
KAJIO MASANOBU 梶 尾 昌 延	〃	〃	(試錐)
KANO SHIGERU 狩 野 茂	〃	〃	(〃)
TANIKAWA IKUO 谷 川 育 夫	〃	〃	(〃)
KUSANO HIROMICHI 草 野 宏 通	〃	〃	(〃)

ボリヴィア側調査団員

Ing. Wilfredo Salinas	ボリヴィア鉱山公社オルロ地質局	(地質)
Ing. Dionicio Garzón	〃	(〃)
Ing. Juan Carlos Seguro	〃	(〃)
Ing. Hildelbrando Martínez	〃	(〃)

Ing. Pilinio Velazco	ボリヴィア鉱山公社オルロ地質局	(地質)
Ing. Jorge Caballero	” ケチスラ鉱業所	(地質)
Ing. Victor Choque	” アニマス鉱山部	(“)
Ing. Carlos Angulo	ボリヴィア鉱山公社オルロ地質局	(物探)
Ing. Juan Larrea	”	(“)

第 2 章 調査地域の一般概要

2-1 位置・交通

調査位置は、首都 La Paz (ラパス) 市の南南東、直距約 520 km の付近に位置し、行政上は Potosí (ポトシ) 州 Nor Chichas (ノルチチャス) 郡に属する。

La Paz から調査地域への交通は鉄道と自動車による方法がある。鉄道の場合は La Paz よりアルゼンチンとの国境の町 Villazon (ビリアゾン) に達する La Paz - Villazon 線により調査地域に近い Atocha (アトチャ) まで約 15 時間、Atocha から自動車で約 30 分で調査地域中心部の Animas 鉱山に達する。

自動車による場合は多様なルートがあるが、乾期には La Paz - Potosí - Cotagaita - Animas 経由で約 860 km、2 日の行程が普通である。雨期には各所で道路が水没寸断し、調査地域への所要時間及び、ルートは一定せず、交通の途絶える場合も発生する。

2-2 地形・気候

調査地域はボリヴィア南部のアルティプラーノ高原地帯にあり、標高は海拔 3,600 m から地域中央部の Cerro Khumullani (セロクムリャニ) の 4,703 m に達する。調査地域のほぼ中央部を Rio Chocaya (リオチャカヤ) が北東に流下し、その浸食作用が進み峻険な壮年期地形を呈する。Animas 鉱山を中心にして第三紀中新世に活動した石英安山岩よりなる標高 4,500 ~ 4,700 m に達する山頂が点在し、調査地域周辺部の堆積岩の分布する平坦な地域と対照的であり、地質と地形が密接な関係を示す。

調査地域は南緯約 21° に位置し、熱帯性気候に属すべき地域であるが、標高が大であるため特異な気候となっている。すなわち、年間平均気温は 5 ~ 6 °C であるが、冬期の夜間気温は零下 25 °C まで下がり、夏期でも氷点下に達する。日中の最高気温は冬期の 7 月で 15 °C 前後、夏期の 12 月で 25 °C 前後であるが、夜間に気温が下り、気温の日格差は 20 °C 以上に達する。乾期と雨期の区別が明瞭で、雨期は 12 月から 3 月までで、年間降雨量がこの時期に集中するため、各所の道路が寸断され、道路網は麻痺状態となる。乾期には殆んど降雨がなく乾燥が激しく、湿度は 0 ~ 30 % 位である。こうした本地域の厳しい気候条件は植生、住民生活に大きな影響を与えており、地域の大半は不毛の地となっている。

2-3 Animas, Siete Suyos 鉱山概要

Animas, Siete Suyos 鉱山は COMIBOL が所有しており、組織的には

Quechisla (ケチスラ) 鉱業所 — Chocaya 事業所 — [Animas 鉱山部
Siete Suyos 鉱山部

の機構となっている。

両鉱山ともスペイン時代に開発されたもので、その歴史も古く、極めて大規模な鉱床である。当鉱床の北東部は Siete Suyos 坑に、南西部は Animas 坑によって探掘されている。探掘深度は地表下 780 m までに達していて、深部での鉱況は依然として優勢を保っている。特に Veta Burton は Animas 坑の主要脈であり、その出鉱量は全体の 90% を占める。産出される粗鉱は、Animas 坑の場合は銀-鉛-亜鉛系の鉱石で Telamayu (テラマユ) 選鉱場で、一方 Siete Suyos 坑の鉱石は銀-錫-銅系で Santa Ana (サンタアナ) 選鉱場で各各処理されている。両坑からの月間産出粗鉱量は 12,000 ~ 13,000 t/mon で、その品位は Ag 31.3% / t, Pb 2.23%, Zn 3.54% 及び若干の錫を含有する。両坑の総従業員は 1,200 人前後で、その 65% は坑内従業員である。

20

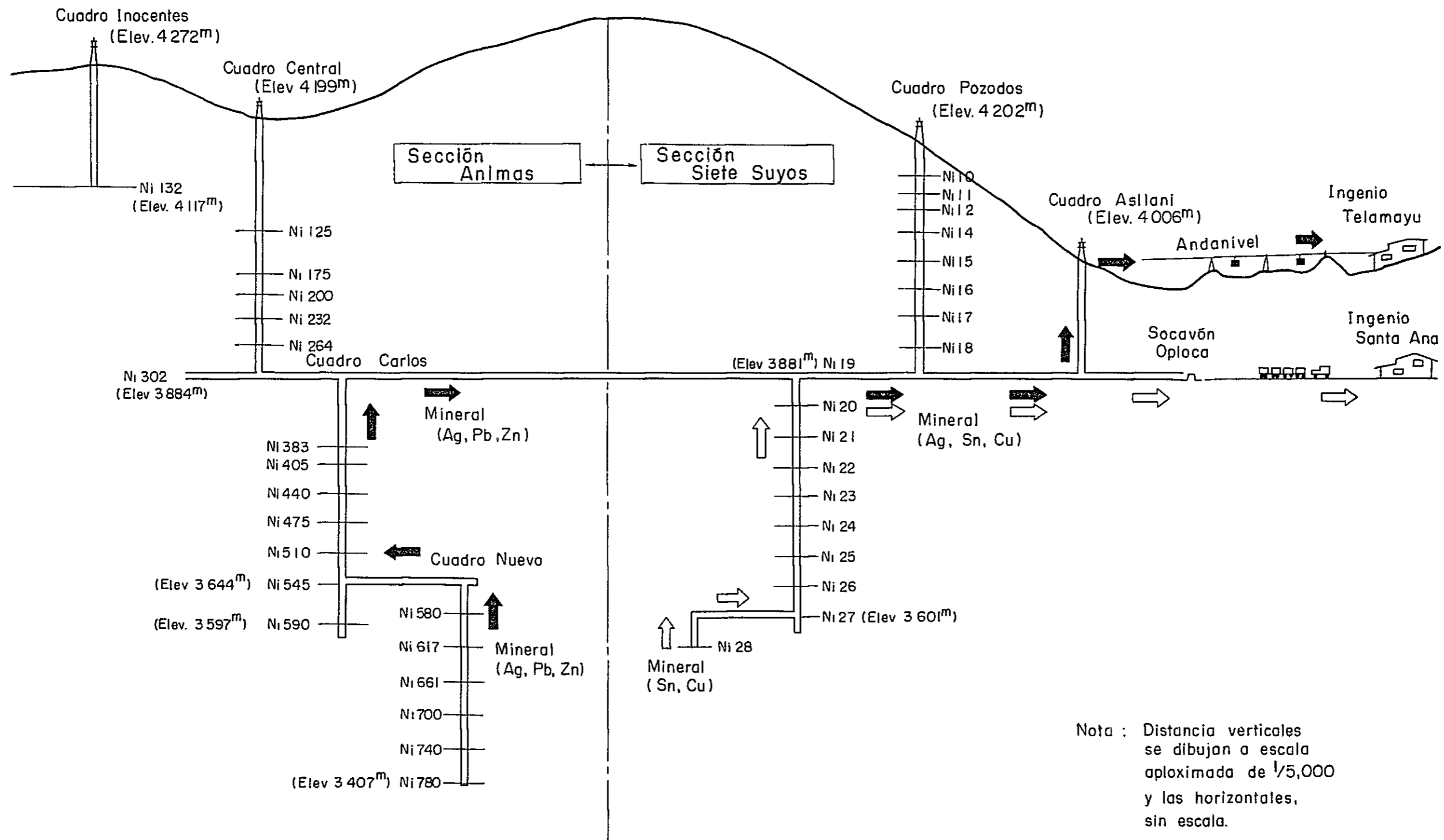
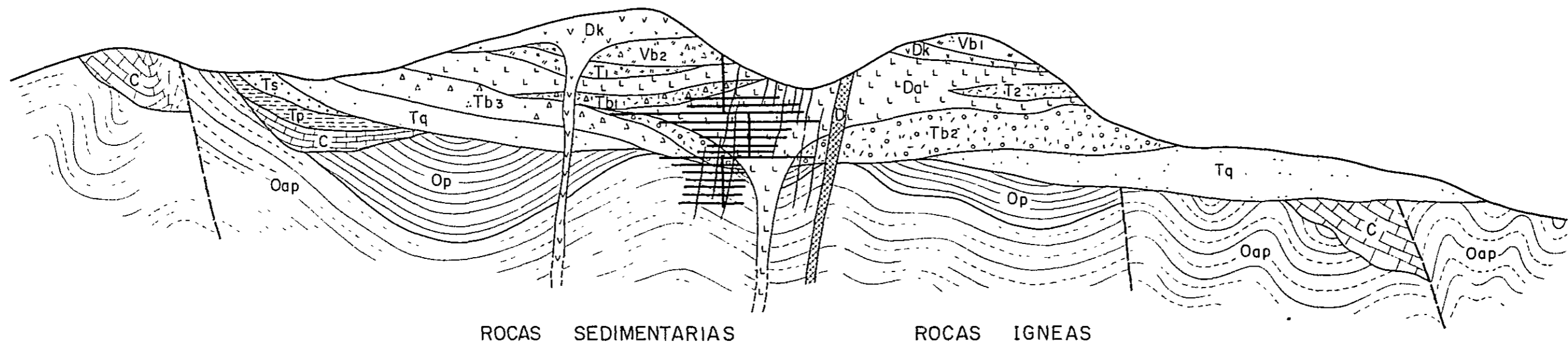


Fig.I-3 Sistema de transporte de minerales en secciones Animas y Siete Suyos

Edad		Parte Sur y Suroeste del área de estudio (Río Angosto ~ Est. Vila Vila ~ Gran Chocaya)					Parte central del área de estudio (Animas ~ Siete Suyos)					
		Unidades	Columna	Actividad ígnea	Mineralización y alteración	Descripción	Unidades	Columna	Actividad ígnea	Mineralización y alteración	Descripción	
CENOZOICO	CUATERNARIO	Aluviones, terrazas, etc									Brecha volcánica de Cerro Pabelón	
		TERCIARIO	Mioceno Superior	Dacita de Cerro Khumullani (Supyinf) (+150 ^m)			Mineralización del área de Gran Chocaya (Ag, Pb, Zn) Silicificación y alteración arcillosa Alteración fuerte (Blanqueamiento)	Rocas efusivas de dacita con color gris pardo, diaclasa bien desarrollada y con la parte autobrechada	Lavas y rocas piroclásticas	Brecha volcánica de Cerro Khumullani (50-100 ^m)		Mineralización del área de Siete Suyos ~ Animas Alteración arcillosa Alteración fuerte (Blanqueamiento)
	Toba de Cerro Negro Pozo (-200 ^m)				Toba esencialmente blanda y pumicea con color gris			Brecha volcánica de Belén Loma (200 ^m)			Duro y compacto con estratificación a. gris y gris verdoso y poros de gas	
	Dacita de Animas (+500 ^m)				Rocas efusivas de dacita con color gris y gris verdoso			Toba Cerro Negro Pozo (-200 ^m)			Toba esencialmente blanda y pumicea con color gris	
	Toba brecha de Gran Chocaya (-200 ^m)				Toba dura y compacta con la brecha con parte porfírica			Dacita de Animas (+250 ^m)			Rocas efusivas de dacita con color gris y gris verdoso	
	Toba brecha de Inocentes (+30 ^m)				Toba brecha con brechas accesorias de dacita y rocas sedimentarias ordovícicas			Toba brecha de Gran Chocaya (-200 ^m)			Toba brecha con brechas accidentales, poca estratificación y color blanco a gris	
	Formación Quehua (+100 ^m)				Toba brecha con brechas accidentales masizas sin estratificación y de color blanca a gris			Toba lapilli de Rancho Candelaria (400 ^m)			Tobas y areniscas rosadas con clara estratificación y bien clasificadas, y toba lapilli y tobas brechas	
	Formación San Vicente (+80 ^m)				Toba blanca y blanda areniscas tobáceas de grano mediano a grueso con cuarzo y biotita fresca			Formación Quehua (+300 ^m)			Areniscas tobáceas y arcillas gris	
	Eoceno ?	Formación Pataco (+120 ^m)		Areniscas rojizas de grano mediano a fino y limolitas	Formación El Molino (+650 ^m)		Areniscas rojizas oscuras de grano mediano a fino					
				Calizas limolitas blancas y areniscas rojas fosilíferas			Pizarra predominante con las partes filíticas					
				Disposición alternante de areniscas gris oscuras a gris duras y pizarras verdosas a oscura			Disposición alternante de areniscas gris oscuras a gris duras y pizarras verdosas a oscura					
	MESOZOICO	CRETACICO										
PALEOZOICO	ORDOVICICO											
		Miembro de pizarras de Peña Azul (+1000 ^m)		Ordovíctico no diferenciado		Disposición alternante de areniscas gris oscuras a gris duras y pizarras verdosas a oscura	Ordovíctico no diferenciado	Miembro de disposición alternante de areniscas y pizarras de Peña Blanca (+700 ^m)				
		Miembro de disposición alternante de areniscas y pizarras de Peña Blanca (+1500 ^m)										

Fig. I-4 Columna geológica



TERCIARIO		Brecha volcánica de Cerro Pabellón		Dique de dacita
		Brecha volcánica de Belén Loma		Dacita de Cerro Khumullani (Lavas)
		Toba de Cerro Negro Pozo		
		Toba de Rancho Lupjara		
		Toba brecha de Gran Chocaya		Dacita de Animas (Lavas)
		Toba Lapilli de Rancho Candelaria		
		Toba brecha de Inocentes		Vetas
		Formación Quechua		Falla
CRETACIO		Formación San Vicente		
		Formación Poloco		Socavón
ORDOVICICO		Formación El Molino (Calizas y areniscas rojas)		
		Miembro de pizarras de Peña Azul		
		Miembro de disposición alternante de areniscas y pizarras de Peña Blanca		

Fig.I-5 Perfil idealizado

第 3 章 地質概要

3-1 地 質

調査地域は東アンデス山系一帯を形成する古生界とアルティプラーノ高原に分布する第三系の境界付近に位置する。この境界付近には第三紀以降の活動とされている酸性の貫入岩及び噴出岩が点在する以外は、極めて単調な劣地向斜堆積物及び第三紀後期の凝灰岩が分布するのみである。これらの酸性火山活動はボリヴィア国内の主要な鉱床地帯に発達し、錫・銀・鉛・亜鉛・アンチモン・ビスマスなどの鉱床生成に密接に関与している。

本地域の地質はオールドビス系を基盤として白亜系及び第三系より構成されている。

オールドビス系：本地域のオールドビス系は調査地域内には発達せず、地域外の東・西及び南部に広範囲に分布する。岩相は成層した粘板岩・砂岩及び両者の互層からなり、粘板岩は主として本系の上部を占め、砂岩・粘板岩互層部は下部に発達し、前者を Peña Azul (ペニャアスル) 部層、後者を Peña Blanca (ペニャブランカ) 部層と呼称している。本系の層厚は 1,500 m 以上に及ぶが、火砕岩や礫岩などを全く挟在せず、単調な典型的劣地向斜型堆積物である。本系は上位の白亜系とは断層及び傾斜不整合で、更に上位の第三系とは坑内の一部を除き傾斜不整合で接する。

白亜系：ボリヴィア国内での白亜系は、古生界の分布する地域に細長い地向斜を形成して発達する。本地域の白亜系は調査地域内には発達しないが、地域外の東及び西方にオールドビス系と接して小規模に分布する。本系は陸成層の成層した赤色砂岩相で代表されるが、上部で石灰岩の薄層を挟在する。その岩相と産出する化石から、ボリヴィア国内の El Molino (エルモリノ) 累層に対比され、その層厚は 650 m 以上に及ぶ。上位の第三系とは平行不整合で接する。

第三系：本地域の第三系は下位より上位に向って Potoco (ポトコ) 累層・San Vicente (サンビセンテ) 累層・Quehua (ケウワ) 累層更に、火成岩と火砕岩類が累重する。これらの第三系はすべて陸成層で、各累層はいずれも不整合で接する。今年次の調査地域の大部分は火山岩類に被覆される。

Potoco 累層は調査地域の西方に近接して小規模に分布する成層した赤灰色砂岩及びシルト岩より構成される陸成層である。下位の El Molino 層の赤色砂岩より固結度が低く、両者の関係は平行不整合であると考えられている。

San Vicente 累層も調査地域の西方に近接して小規模に分布する弱い層理を示す凝灰質赤色砂岩と砂岩より構成され、基底礫岩を伴って、下位の Potoco 累層と不整合で接する。当層より産出する化石から、本層を岩相の全く異なる塊状無層理の San Vicente 累層に対比した。

Quehua 累層は調査地域をとりまいて広範囲に分布する岩相変化に富む火砕岩である。局部

的にレンズ状赤色砂岩薄層を挟在する以外は、すべて凝灰質で続成作用が進まず極めて軟質な岩石である。しかし、岩相は軽石礫凝灰岩、軽石質凝灰岩、火山礫凝灰岩及び、火山豆石凝灰岩と多様である。

火成岩及び火砕岩は Animas 鉞山を中心に広範囲に発達する一連の黒雲母一角閃石石英安山岩質岩石である。鉞化変質作用はすべて本岩の分布地域内に限られ、ボリヴィア国内の他の代表的な多金属鉞床地帯と同様に本酸性火成活動が鉞床生成と密接に関係することを示している。

火成岩は局部的に緻密堅硬で柱状節理を有する貫入岩相も観察されるが、大半は流理構造や自破砕構造を示す熔岩相からなり、前後2回の活動が認められる。前期の熔岩を Animas 石英安山岩熔岩、後期のものを Cerro Khumullani 石英安山岩熔岩と呼称する。これら前後2回の火山活動に伴ない各々の熔岩を中心にして、その周縁部に局部的に数ユニットの石英安山岩質火砕岩が発達する。これらの岩石は多量の黒雲母・角閃石・石英などの結晶、又は、結晶片を含有し、岩相・分布及び、層準の差などで Inocentes 凝灰岩・Rancho Candelaria (ランチョカンデラリア) 火山礫凝灰岩・Gran Chocaya 凝灰角礫岩・Cerro Negro Pozo (セロネグロポソ) 凝灰岩及び Rancho Lupijara (ランチョルピハラ) 凝灰岩と呼称されている。一連の火成活動の時期は石英安山岩熔岩の年代測定を K-Ar 法で実施した結果、 11.7 ± 0.6 m.y ~ 12.1 ± 0.6 m.y となり、地質年代としては中新世最末期に相当する。

3-2 地質構造

本地域の地質構造は、主に褶曲構造としてオールドビス系と白亜系に明瞭に反映されている。しかし、第三紀以降の各地層はおおむね水平であり、一部の火成岩分布地域内の小断層の存在以外は、構造運動を受けていない。

白亜紀以前の地層はバリスカン・ネバダ及びアルプスの各造山運動を受けた結果、激しい褶曲構造を示す。その褶曲軸の方向は断層によりブロック化された地域ごとに多様である。しかし、Animas 鉞山を中心にして東西 20 km 前後の範囲内では、褶曲軸の方向はほぼ北西-南東系と解釈され、特に鉞床地帯では、この構造が安定し波長、数 100 m 以下の等斜褶曲を示す。

断層としては、南北系と北東-南西系ないし東西系のもが調査地域外に近接して認められるが、これ等はすべて調査地域内では第三系に被覆され詳細は不明である。

しかし、広域的に断層運動を考察すると、本地域西方を東アンデス山系の骨格をなす第一級の San Vicente 断層が南北に縦断しており、当地域も基本的には南北系の断層に支配されているものと推定される。

3-3 鉞床

調査地域はボリヴィア共和国南西部の東アンデス山系の西端に位置する、略々南北に延びる

広大な多金属鉛脈鉛床地帯のほぼ中央部を形成し、付近には多数の既開発鉛山と鉛微地が知られている。これらの鉛床はいずれも成因的には第三紀の石英安山岩の火成活動に密接に関係するものと解釈されている。Chocaya 鉛山はスペイン時代から開発された歴史の古い鉛山で、Animas 坑を中心にその北東延長に Siete Suyos 坑、南西部に現在探鉛中の Inocentes 坑が位置し、鉛床帯の規模は北東-南西の走向方向に約 6 km、これと直交する方向に約 3 km に及び、地表下 780 m まで開発されて、なお鉛況は優勢である。鉛床は Veta Colorada・Veta Burton・Veta Rosario などの走向 1.0 km 以上に及ぶ主要脈を中心に大小無数の平行脈からなる銀・錫・鉛・亜鉛・銅などを稼行対象とする多金属鉛脈鉛床である。従って、産出する鉛石鉛物の種類・組合せ・組織なども極めて複雑かつ多様であり、これらを解明することが鉛石の経済性を高めることに直結する。

これらの鉛脈は第三紀の石英安山岩と同質火砕岩及びオルドビス系中に胚胎され、既知鉛脈はオルドビス系中で鉛況が優勢になる傾向を示す。

本鉛山はその規模も大きく、かつ経済性の高い銀、錫に富んでおり本鉛山の発展はケチスラ鉛業所及び本地域の発展に大きく貢献するものと期待される。

第4章 調査の結論及び将来への指針

4-1 結 論

4-1-1 坑内地質調査

今年次はAnimas 鉍床を中心とした坑内地質精査を実施し鉍床胚胎の地質的特性を明らかにした。又、調査に際し、多数の鉍石・岩石の試料を採取し、各種の室内実験を実施した。これらの結果を総合的に検討して解明された事実及び問題点は次の通りである。

- (1) 鉍床を胚胎する多数の裂罅系は、本地域に作用した北東-南西方向の構造的な横圧力により形成されたものであり、周囲の地質構造とも調和的である。
- (2) 当鉍床は各金属元素の品位・組合せ・相関関係の相違などから5帯に分帯された。これらのうち、鉍脈の規模及び、鉍石価値の最も高いものはVeta Burtonを含むIV帯である。
- (3) 各鉍脈の下限及び富鉍部は、北西から南東に向って深部に達する傾向を示す。
- (4) 共生鉍物・流体包有物などの検討からVeta BurtonとVeta Inca VIは780地並でも、鉍脈の下限を示す徴候は一切認められない。
- (5) Veta Burton及びVeta Inca VIは、各々1個所以上の富鉍部を有し、それらの落しはほぼ垂直である。
- (6) 従って、坑内探鉍は、経済性の高いVeta Burton及び、Veta Inca VIを中心とした鉍脈群の現富鉍部の直接下部と鍾先延長での富鉍部の探鉍に限定される。
- (7) 坑外試錐探鉍はVeta Burton及びVeta Inca VIの南西延長における富鉍体のくり返しの確認と、Veta Inca VI以南の平行脈の確認に絞られる。
- (8) 銀品位の極めて高い鉍石中に、分析品位に見合う頻度で銀鉍物が確認されない。従って今後、含銀硫塩鉍物の発見される可能性はかなり高く、これらの選鉍上の特性を解明し回収することは極めて重要である。
- (9) 今後、ポリグリア国内の鉍脈型鉍床の鉍床生成温度の推定や鉍液の移動方向などの鉍化作用の解析に、流体包有物の利用は可能である。

4-1-2 物理探査（IP法）

今年次の物理探査はAnimas 鉍床の南西延長部に賦存するInocentes 坑のVeta Nuevaの東・西延長部とその平行脈及びAnimas 鉍床のVeta Inca VIの南東部の平行脈の探鉍的を絞った。本調査地域では低抵抗-高F Eが鉍床賦存の条件であり、IP異常帯I~VIが認められ各々について次の結論に達した。

- (1) IP異常帯I：F E異常が浅部及び深部に分布するが、高抵抗帯中に存在する。従って、石英安山岩中に鉍化・変質帯を推定した。
- (2) IP異常帯II：浅部における小規模なIP異常であるが、(1)と同様に解釈した。

- (3) I P異常帯Ⅲ：比較的浅部のI P異常であり顕著な低抵抗帯を伴っている。従ってVeta Rosarioの鉍化・変質帯に起因するものと推定した。
- (4) I P異常帯Ⅳ：深部のI P異常で、断続的につらなる低抵抗帯を伴っている。Veta Burtonの走向延長上に位置し、F E異常の広がりから、変質帯も広範囲に分布しているものと推定され、鉍床及び鉍化帯の賦存が期待される。
- (5) I P異常帯Ⅴ：深部におけるI P異常で、Line G № 2～3からLine-L № 5～6まで細長く南西に延びる。Veta NuevaとVeta Inocentesの南側に位置し、鉍化・変質帯の賦存が推定される。
- (6) I P異常帯Ⅵ：Line-O № 7～8付近より南西側の深部の強異常であるが、測線南西端に位置しその全容は不明である。

4-1-3 ボーリング工事

第1年次の地質調査、特に、変質帯のX線回折による分帯の結果、Animas鉍床を中心とする強変質帯が確認された。本変質帯の南西延長部のInocentes坑では132地並で主脈のVeta Nuevaを坑道探鉍中であつた。当脈は膨縮性に富むが鉛-亜鉛-銀系の高品位脈であり、下部の鉍況の確認が急がれており、試錐探鉍の対象として計画され、実施された。

MJ-1（掘進長401.05m）・MJ-2（掘進長401.20m）の計2孔の総掘進長802.25mが実施された。各孔について岩芯鑑定・顕微鏡観察・X線回折などを実施し、それらの結果を総合検討して次の結論に達した。

- ① MJ-1・MJ-2とも当面の探鉍対象に値する優勢な鉍脈を確認し得なかつた。
- ② Veta Nuevaの鉍化作用並びに裂罅系はMJ-1の地点まで及んでいない。
- ③ MJ-2は微弱なVeta Nuevaの鉍徴を確認したが、付近の優勢な鉍況や物理探鉍の解析結果から、再検討の余地がある。
- ④ MJ-1の鉍化作用は菱鉄鉍を主体にし、副成分鉍物に黄銅鉍を普遍的に伴い、Veta Nuevaの鉍化作用とはかなり性質を異にする。
- ⑤ MJ-2の鉍物組合せはVeta Nuevaに類似しており、両者は同一の鉍化作用と判断される。
- ⑥ MJ-1・MJ-2とも産出する鉍石鉍物の種類・組合せ及び、鉍物組成などがAnimas鉍床に比較して極めて単純であり、両者の鉍化作用の性質はかなり異なる。
- ⑦ MJ-1・MJ-2ともその変質作用は、一部にカオリンを産出するものの、全体としては斜長石-方解石混合帯であり、変質帯の末端部を示すものと判断される。

4-2 今後の調査に対する意見

今年次の調査結果から考えられる具体的探鉍地区・方法及び問題点は

- (1) I P 異常帯Ⅳの Line F～Line I間の試錐探鉱
- (2) I P 異常帯Ⅴの Line G～Line L間の試錐探鉱
- (3) I P 異常帯Ⅰ及びⅣについては、それぞれ測線を延長して、その実体を解析する必要がある。
- (4) 第1年次の調査で確認されたGran Chocaya 部落付近の変質帯については、その実体を解明する試錐探鉱。
- (5) 銀の賦存実体とその選鉱上の特性を解明し、その実収率を向上させ、鉱石の経済性を高める研究。

各 論

第 I 部 坑內地質調查



第 I 部 坑内地質調査

目 次

第 1 章 坑内地質	I - 5
1 - 1 地 質	I - 5
1 - 2 地質構造	I - 6
第 2 章 鉍 床	I - 7
2 - 1 鉍床概要	I - 7
2 - 2 裂 罅 系	I - 8
2 - 3 鉍化作用	I - 9
2 - 4 品 位	I - 12
2 - 5 流体包有物	I - 17
第 3 章 結 論	I - 21
3 - 1 地 質	I - 21
3 - 2 裂罅系の解析	I - 21
3 - 3 果帯分布	I - 21
3 - 4 品 位	I - 22
3 - 5 鉍 物	I - 22
3 - 6 流体包有物	I - 23
3 - 7 鉍化作用	I - 23
参 考 文 献	I - 25

LISTA DE FIGURAS

Fig. I-1	Plano general del área de investigación
Fig. I-2	Plano de alcance del área de investigación
Fig. I-3	Sistema de transporte de minerales en sección Animas-Siete Suyos
Fig. I-4	Colmna geológica
Fig. I-5	Perfil idealizado
Fig. I-6	Modelo de vetas
Fig. I-7	Modelo de fisuras
Fig. I-8-1	Dibujo de vetas
Fig. I-8-2	Dibujo de vetas
Fig. I-9	Zona de elementos metalico principal
Fig. I-10	Secuencia de minerales principales idealizado
Fig. I-11	Mapa de distribución de ley de Ag de veta Burton y veta Inca VI
Fig. I-12	Mapa de distribución de ley de Cu, Pb, Zn, Sn de veta Burton
Fig. I-13	Mapa de distribución de ley de Cu, Pb, Zn, Sn de veta Inca VI
Fig. I-14	Alcance de temperatura de homogenización

LISTA DE TABLAS

Tabla I-1	Lista de las vetas de mina Animas-Siete Suyos
Tabla I-2	Lista de las minerales por observación microscopía de sección pulida
Tabla I-3	Salinity de incusión de muestra F-1 de veta Rosario
Tabla I-4	Ley de promedio de elementos metalicos principales
Tabla I-5	Correlaciones elementos metalicos principales
Table I-6	Comparación del parte concentrado de mineral de veta Inca VI Y Veta Burton

LISTA DE PLANOS

PL	I-1	Mapa geológico del interior mina Animas-Siete suyos (Ni 302)	1 : 5,000
PL	I-2	Mapa geológico del interior mina Animas-Siete Suyos (Ni 510,545,716,661)	1 : 5,000
PL	I-3	Mapa geológico del interior mina Animas-Inocentes (Ni 700,740,780, Ni 132)	1 : 5,000
PL	I-4	Perfiles geológicos del interior mina Animas-Siete Suyos	1 : 5,000
PL	I-5-1	Mapa geológico del interior mina Animas-Siete Suyos (Ni 302-1)	1 : 2,000
PL	I-5-2	Mapa geológico del interior mina Animas-Siete Suyos (Ni 302-2)	1 : 2,000
PL	I-6	Mapa geológico del interior mina Siete Suyos (Ni 510)	1 : 2,000
PL	I-7	Mapa geológico del interior mina Animas (Ni 545)	1 : 2,000
PL	I-8	Mapa geológico del interior mina Animas (Ni 617)	1 : 2,000
PL	I-9	Mapa geológico del interior mina Animas (Ni 661)	1 : 2,000
PL	I-10	Mapa geológico del interior mina Animas (Ni 700)	1 : 2,000
PL	I-11	Mapa geológico del interior mina Animas (Ni 740)	1 : 2,000
PL	I-12	Mapa geológico del interior mina Animas (Ni 780)	1 : 2,000
PL	I-13	Mapa geológico del interior mina Inocentes (Ni 132)	1 : 2,000
PL	I-14	Mapa de ubicación de muestereo	1 : 5,000

APENDICE

- A I-1 Lista de muestras
- A I-2 Lista de análisis de los minerales
- A I-3 Resultado de observación microscópica
de sección pulidas
- A I-4 Fotografía microscópicas de sección pulidas
y de EPMA
- A I-5 Resultado de observación microscópica de
sección delgadas
- A I-6 Fotografías microscópicas de sección delgadas
Fotografías

第 1 章 坑内地質

1-1 地 質

調査地域はすべて Animas 石英安山岩熔岩又は、その貫入岩相に被覆されている。坑内で鉍床の母岩を構成する岩石は、基盤をなすオルドビス系の粘板岩・砂岩及びその互層と、これの上に断層、一部、不整合で接する第三系の凝灰角礫岩・火山礫凝灰岩・凝灰岩及び、石英安山岩である。

オルドビス系は黒色粘板岩と灰色細粒砂岩が平均 10 cm 程度の厚さで互層し、縞状及び葉理構造が発達し顕著な剝離性を示す。又、砂岩部では美麗なスランプ構造が随所に観察される。本岩は続成作用が進み堅硬ではあるが、熱変成作用及び、動力変成作用は受けておらず、鉍脈に接する部分のみが珪化作用を被っている。

第三系の火砕岩類はすべて後述の Animas 石英安山岩の活動と一連のものであり、多量の石英結晶と、その破片を含み、又、黒雲母・角閃石のそれらをも普遍的に含有する石英安山岩質火砕岩である。これらの火砕岩は層準的には Rancho Candelaria 火山礫凝灰岩に対比される。激しい脱色及び、変質作用の結果、本岩類は灰白～白色を呈し、特に珪化作用を伴った凝灰岩部は、石英安山岩との識別が困難となる。しかし、詳細に観察すると凝灰岩中には径数 cm の白色化した基盤岩の砂岩又は、粘板岩の岩片が認められる。本岩類中の異質岩片はオルドビス系の粘板岩・灰色砂岩と、白亜紀以降の赤色砂岩の亜角礫が主体である。異質岩片の量及び大きさは変化に富み規則性を示さないが、一部に弱い垂直及び、水平方向の級化作用が認められる。本岩類は塊状無層理で、各岩相間の詳細な関係は不明であるが、各々漸移関係にあるものと推定される。

オルドビス系に断層で接する凝灰角礫岩は、特に 302 地並の Inocentes 向け立入では最大径 2 m に及ぶ大小多様な径の基盤の砂岩や粘板岩の礫ないし巨礫を含み、特異な岩相を示す。

Animas 石英安山岩は 302 地並で Rene (レネ) 立坑を中心に北西-南東方向に長軸を有する楕円状の分布を示し、緻密堅硬な貫入岩相を呈するが、貫入又は、噴出の中心部は不明である。岩相は、激しい脱色・変質作用の結果、微細な黄鉄鉍の鉍染を伴って灰白～白色を呈し、更に、鉍脈付近では激しい珪化作用を受けている。この結果、新鮮な 3 mm 以下の石英斑晶以外の有色鉍物は白色化し、石基部では絹雲母化・珪化が進行している。周囲の火砕岩との関係は北東部の凝灰角礫岩に対しては垂直の明瞭な境界を有する貫入現象を示すが、南西部の火山礫凝灰岩との関係は漸移的であり、本石英安山岩は、一部貫入、一部熔岩の熔岩円頂丘又は、熔岩噴出孔付近の岩体と推察される。

1-2 地質構造

坑内の地質構造は302地並以下のオルドビス系に反映されている。第三紀の火砕岩中に極く稀に観察される層理面はおおむね水平に近く、又、野外地質調査結果も同様であり、第三紀以降は、本地域がほとんど構造運動を受けていないことを示している。

褶曲構造はオルドビス系に普遍的であり、卓越する褶曲軸の方向は、北西-南東系で、波長、数100m以下で等斜褶曲を示し、軸面は垂直にちかい。この北西-南東系以外の褶曲構造が局所的に観察されるが、いずれも断層運動により小ブロック化された特異な場所に限定される(510地並Veta Colorado北東端、545地並Cuadro Calros付近など)。又、この主要褶曲軸と直交する方向にも極めて緩傾斜の褶曲構造が認められるが、その詳細は不明である。

断層は随所に観察されその規模も多様であるが、垂直断層以外はおおむね正断層であり、逆断層は認められない。これらの走向は北西-南東、北東-南西、東-西及び南-北系であるが、このうち南-北系は極めて稀で、他の3系統の断層が同程度の頻度で発達している。しかし、これらのうち断層破碎帯を伴う落差の大きい本格的断層はオルドビス系と第三系を画するものが主体であり、302地並の随所で観察される。それらの方向は北西-南東系・北東-南西系及び、東-西系であり卓越した特定の方向性は認められない。但し、302地並のオルドビス系内の北東向主要運搬坑道では北西-南東系の破碎帯を伴う断層が顕著であり、調査地域内では主要褶曲軸に平行な断層が優勢なのかもしれない。

断層落差についてはVeta Rafael北西のFalla Basofia(バソフィア断層)が、オルドビス系と第三系間で上下方向に約80m、又、700地並のVeta Inca VIで水平方向に約50mの転位が坑道により確認されているのみである。しかし、オルドビス系と第三系間に発達する断層以外は、その連続性及び、転位量も極めて小さく、小規模な断層であろうと推定している。

又、断層運動と鉍化時期の関係は、鉍脈に切られる断層や鉍化作用を伴う断層、及び鉍脈を切る断層と多様であり、前鉍化作用及び後鉍化作用期の断層が存在することを明瞭に示している。

第 2 章 鉍 床

2-1 鉍 床 概 要

本鉍床は Animas 石英安山岩の活動と成因的に密接に関連して形成されたゼノサーマル型鉍脈鉍床で、裂罅の形成は、本地域の基盤をなすオールドビス系中の主要褶曲軸に直交する北東-南西方向の横圧力によるものと解明された。稼行対象金属は銀・錫・鉛・亜鉛・銅などで、産出鉍物の種類とその組合が多様であり、更に、鉍物組成の複雑さが本鉍床の特性である。鉍床母岩は下部でオールドビス系、上部で第三系となっているが、鉍況はオールドビス系中で優勢になる傾向を示す。鉍床の走向はほぼ北東-南西系であるが、傾斜は北西と南東に落す 2 系が存在し、各々多数の平行脈から構成される。

鉍脈の規模は最大の Veta Colorado で走向方向に約 2,000 m に及び、傾斜方向には Veta Burton と Veta Inca W が地表下 780 m まで開発され鉍況は依然として優勢である。脈幅は鉍脈によって顕著な差異が認められ、同一鉍脈内でも膨縮が激しく変化に富み、最大幅は 2 m 以上にも達する。主要鉍脈の規模・構成鉍物などについては鉍脈一覧表に列記している。

Animas 鉍床の Veta Burton は全出鉍量の 90% 以上を占めており、かつ高品位で当鉍床の主要稼行鉍脈となっている。

地表では鉍脈賦存地帯を中心に北東-南西方向に大規模な脱色変質帯や無数の旧坑、トレンチ跡が散在するが、本格的な鉍脈の露頭は認められず、当鉍床は潜頭鉍床といえる。

Animas 鉍床の南西延長部の Inocentes 坑は 132 地並のみが坑道探鉍されており、1980 年 12 月現在、通気立坑の掘上り中で坑道探鉍は中断されている。

Animas 鉍床の探鉍作業は 302 地並における Inocentes 向立入坑道掘進のみで、30 m / 月の作業量である。

今年次の地質調査は坑内精査を主体にして鉍脈を胚胎する裂罅系の解析・鉍脈の形態・鉍石鉍物の種類及びその組成・組合せ、これらの下部への変化・鉍石品位の水平及び、垂直方向への変化と鉍化作用の特性を把握し、探鉍指針を得る目的で次の調査作業を実施し、各々について解析検討した。

坑内地質精査	坑道延長 26 km
鉍石分析	510 個 (分析成分 Cu, Pb, Zn, Sn, これに鉍業所資料の Ag 分析値を利用した)
鉍石研磨片作成	75 個
岩石薄片作成	20 個
流体包有物試験	7 個

2-2 裂 罅 系

本鉱床は北東-南西系の多数の平行脈から構成される。これらの鉱脈を胚胎する裂罅系の形成機構の解析を試み、その結果と地質構造の関係を検討した。

坑内地質精査の解析結果から、本鉱床の鉱脈を形成する主要な裂罅系は一次の剪断裂罅と張力裂罅の組合せからなることが明らかになった。

剪断裂罅の特性は、一般に両盤に水平的転位が認められ、裂罅自体の連続性は良好であるが、形態的にはレンズ状で膨縮性に富み、滑り面に粘土が存在する現象などである。一方、張力裂罅は、両盤に水平的転移が認められず、脈の規模は走向方向に小さいが、脈幅は比較的大で、滑り面や粘土・母岩の礫を伴わないなどの特性を有する。坑内調査の結果、剪断及び、張力裂罅に対比される各脈はおおむね前述の特性を有している。しかし、現実にはAnimasの坑内にも剪断裂罅と平行に連続性に乏しい張力裂罅が発達したり、剪断裂罅と張力裂罅が漸移して、両者の識別が困難な場合もあり、二次の剪断裂罅系と張力裂罅系の存在を示している。しかし、主要脈はすべて一次の剪断裂罅と張力裂罅に胚胎されており、二次のそれらは経済的に重要性に欠けるものと判断される。

裂罅系を統計的に処理し、その形成機構を解析するために、各裂罅をシュミットネットの南半球に投影し、その等密度曲線を作成した。Fig. I-6 で、これらの裂罅系は $N 50^{\circ} E / 80^{\circ} SE$ 系（以下SE傾斜系）と $N 50^{\circ} E / 75^{\circ} NW$ （以下NW傾斜系）からなることが明瞭となった。SE傾斜系の鉱脈はVeta Colorado・Veta Burton・Veta Inca I～VIIなどで代表され、大半の鉱脈はこの系に属する。これに対してNW傾斜系の主要脈は、Veta Rosario・Veta San Juanなどで代表され、比較的西部に偏在する傾向を示す。

裂罅系を形成せしめた主応力の方向は、共役な一組の剪断面又は、“ずれ”のセンスから推定し得る。Fig. I-7 に示されるようにVeta Burton・Veta Inca VI（略 $N 70^{\circ} E / 70^{\circ} SE$ ）とVeta Inca VIの支脈“A”・“B”（略 $N 20^{\circ} E / 70^{\circ} SE$ ）は“ずれ”のセンスから共役な剪断面と言える。これからFig. I-7 に示すように最大主応力軸 $\sigma_1 = N 45^{\circ} E / 1^{\circ} NE$ 、中間主応力軸 $\sigma_2 = N 44^{\circ} E / 68^{\circ} SE$ 及び、最小主応力軸 $\sigma_3 = N 45^{\circ} W / 22^{\circ} NW$ が求められる。又、同様に他の鉱脈についても検討した結果、その各主応力軸の方向が前述と同じ結果となり、当鉱床帯に作用した最大主応力の方向は $N 45^{\circ} E$ であると結論し得る。

一方、鉱床胚胎地域のオールドビス系の構造解析のためのステレオダイアグラムFig. I-6（1980年実施）は、同地域の褶曲軸が $N 45^{\circ} W / 10^{\circ} N$ であり、同系を褶曲させた最大主応力の方向が褶曲軸に直交する $N 45^{\circ} E$ であることを示している。この方向は裂罅形成の最大主応力軸と一致する。

以上の解析結果から、鉱床胚胎の場となった裂罅の形成過程は次のように推察される。

Tabla I-1 Lista de las vetas de mina Animas-Siete Suyos

Veta	Rumbo	Buzamiento	Longitud(m)	Plomedio de Ancho de Veta(cm)
Rosario	N50°E	80°N	1,450	21
San Juan	N55°E	80°N	550	31
Colorada	N45°E	75°S	2,000	17
Inca	N30°E	50°N	400	22
Inca I	N45°E	80°N	750	50
Judíos	N40°E	70°N	150	33
Rafael	N50°E	80°S	250	59
Animas	N40°E	80°S	250	37
Dejada	N50°E	85°S	100	25
Esperanza	N60°E	80°S	250	22
San Patricio	N60°E	70°S	400	11
Salvadora	N50°E	70°S	300	24
Arturo	N50°E	65°S	600	16
Nueva	N55°E	70°S	700	31
Chorro	N50°E	65°S	300	
Burton	N50°E	80°S	1,500	25
Inca II	N40°E	80°S	550	14
Inca III	N50°E	65°S	300	
Inca IV	N40°E	70°S	150	10
Inca V	N80°E	70°S	250	
Inca VI	N50°E	75°S	250	29
Inca VII	N45°E	65°S	100	10
A	N55°E	70°S	40	25
B	N45°E	70°S	150	15
C	N55°E	70°S	250	19
D	N60°E	75°S	150	17
E	N60°E	85°N	100	9
F	N45°E	80°N	150	12
G	N50°E	50°N	150	18
H	N40°E	80°N	350	50
I	N40°E	80°S	100	30
J	N35°E	70°N	150	35
K	N70°E	70°N	200	29
M	N50°E	70°S	100	19

Tabla I-2 Lista de las minerales por observación microscopica de sección pulida

veta	Minerales principales					Minerales accesorios								Otros Minerales
	py	qz	sp	cp	gn	stan	cas	fc	canf	Ag-Pb	Ag-Bi	asp	po	
Rosario	•	•	•	•	•	•	•		•	•		•		rt, wurt, bi, bmt, ferb, Ag-Pg
San Juan	•	•		•		•	•				•	•		
Rafael	•					•	•				•	•		
Animas	•		•			•					•	•		fre
Colorada	•	•	•			•	•							
Inca	•	•		•		•					•	•		cv, Bi-SS
Inca I	•	•	•	•		•	•					•	•	Pb-Fe, Pb-Zn
Esperanza	•	•	•	•	•	•	•		•	•				Pb-Sn, Pb-Zn
San Patricio	•	•	•			•		•				•		jm
Arturo	•	•	•	•		•	•					•		jm, td, Pb-Fe, Pb-Zn
Animas	•		•			•					•	•		fre
Burton	•	•	•				•					•	•	jm, wurt
Inca II	•	•	•	•	•					•		•		gud, Ag-SS, Pb-Zn
Inca IV		•	•		•							•		
Inca VI	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	jm, bo, mar, ang, td, pr, zk, bl, Ag-Pg, Pg
Inca VII	•		•										•	mar
B	•	•	•				•					•		Pb-Zn, Pb-Fe, Pb-SS
C	•	•	•									•		
D	•	•	•		•									Pb-SS
G	•	•			•	•	•					•		rt
J	•		•		•	•								Pb-Zn

Símbolos

py	: Pirita	Ag-Pb	: Ag-Pb Sulfosale	ferb	: ferberita	zk	: Cinquenita
qz	: Cuarzo	Ag-Bi	: Ag-Bi Sulfosale	cv	: covellina	bl	: Boulangerita
sp	: Esfalerita	asp	: Arsenopirita	jm	: Jamesonita	pg	: Plagionita
cp	: Calcopirita	po	: pirrotina	td	: Tetrahedrita	Ag-Pg	: Ag-Plagionita
gn	: Galena	rt	: Rutilo	fre	: Freibergita	Pb-Sn	: Pb-Sn Sulfosale
stan	: Estannina	wurt	: Wurtzita	gud	: Gudumndita	Pb-Zn	: Pb-Zn Sulfosale
cas	: Casiterita	bi	: Bismuto nativo	bo	: Bournonita	Pb-Fe	: Pb-Fe Sulfosale
fc	: Franckeita	bmt	: Bismutina	mar	: Marcasita	Pb-SS	: Pb Sulfosale
Canf	: Canfieldita			ang	: Anglesita	Ag-SS	: Ag Sulfosale
						Bi-SS	: Bi Sulfosale

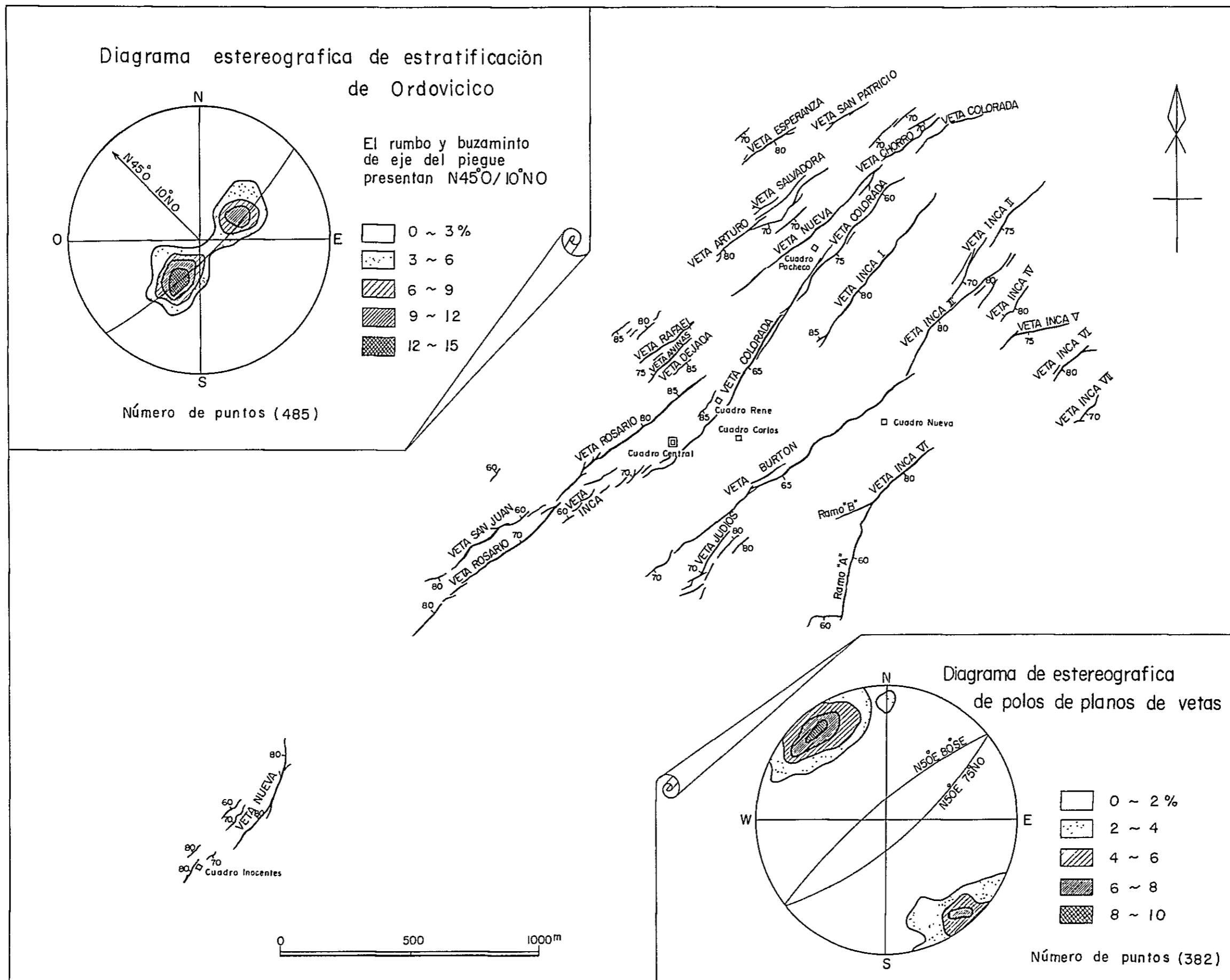


Fig I-6 Modelo de Vetas

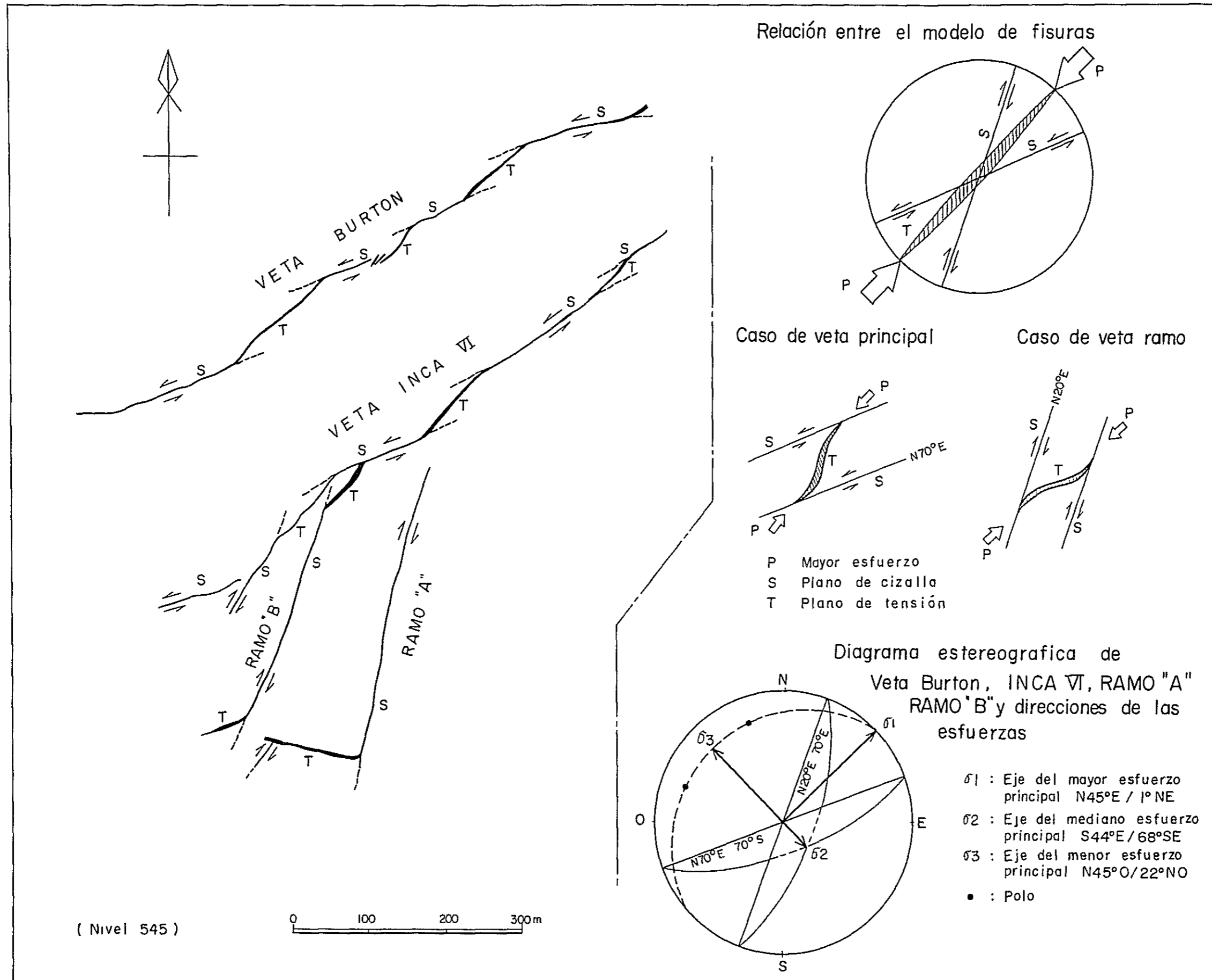


Fig. I-7 Modelo de Fisuras

Quehua 累層堆積後、オールドビス系の褶曲軸に直交する N 45° E 方向のほぼ水平な横圧力が鉍床地域に作用した。この結果、弱線部が形成され、その場所に Animas 石英安山岩の一連の火山活動が発生した。継続して作用する横圧力の結果、オールドビス系から Animas 石英安山岩中に及ぶ多数の平行裂罅が形成された。Animas 石英安山岩の活動に引き続く鉍化作用の結果、前述の裂罅系に鉍脈が形成され、その後、Cerro Khumullani 石英安山岩が活動した。一方、当鉍床の SE 傾斜系と NW 傾斜系の裂罅系を 1 組の共役な剪断裂罅系とみなす初年次の意見もある。この解釈では最大主応力の方向はほぼ垂直となり応力の原因を貫入岩体に求めなければならない。しかし、仮にほぼ円形の岩体が上昇貫入したとするならば、これに伴って形成される裂罅系は貫入岩体を中心にして放射状、ないし環状に発達し、貫入岩体中に裂罅は発達し得ない。これらは Animas 鉍床の裂罅現象とは全く異なるものであり、裂罅形成の原因を貫入岩に求める意見には無理があり否定され得る。又、SE 傾斜系脈と NW 傾斜系脈の存在は応力の場における、中間と最小主応力の方向が、局所的に多少異なる結果、生じたものと推定した。

2-3 鉍化作用

当鉍床は、銀・錫・鉛・亜鉛・銅などの鉍脈鉍床で、その特性はポリヴィア国内の他の多金属鉍床と同様である。すなわち、産出する元素・鉍物の種類が多く、その組合せが多様で、鉍物組成と鉍物組織が極めて複雑である。この特性は顕微鏡観察以外でも認められ、例えば異なる鉍脈間又は同一鉍脈内での各元素の品位の急激な変化などに、直接又は、間接的にあらわれている。鉍化作用に伴なり広範囲な母岩の脱色変質作用も当鉍床の特徴の一つと言えよう。

鉍石の肉眼的産状も多様であり粗粒結晶質・細粒粉状・縞状・塊状・多孔質・緻密などで、局部的に礫状鉍も産する。鉍脈も多様であり、鉍石のみから構成される脈・中石又は粘土を伴う脈、更に鉍染状又は網状脈もみられる。又早期生成の閃亜鉛鉍を主体にする縞状脈を、晩期生成の縞状黄鉄鉍脈が明瞭に切る現象も散見され、鉍化作用・鉍化時期の多様性を暗示している。

鉍脈に近接する母岩は激しい変質作用の結果、特に第三系の Animas 石英安山岩と同質火砕岩は灰白～白色化している。顕微鏡下では激しい珪化や粘土化が認められ、長石・角閃石と黒雲母などは絹雲母・緑泥石、更に炭酸塩鉍物などに变化している。第三系に比較してオールドビス系は脱色や変質が弱く、母岩の化学的・物理的性質の差による選択的変質作用の存在を示している。

本鉍床には多種・多様な鉍物を産するが、現在までに報告されている鉍物は黄銅鉍・四面銅鉍・銅藍・方鉛鉍・毛鉍・車骨鉍・硫酸塩鉍・閃亜鉛鉍・錫石・黄錫鉍・フランケアイト・濃紅銀鉍・カンフィルダイト・黄鉄鉍・硫砒鉄鉍・菱鉄鉍・白鉄鉍・磁鉄鉍・磁硫鉄鉍・ピクス

ビ鉱・輝蒼鉛鉱・銀-錫-鉛-アンチモニー-硫酸鉱物・石英及び絹雲母である。更に、今年次の調査で新たに確認された鉱物並びに、未同定硫酸鉱物は蒼鉛々鉱 ($Pb_5 Sb_8 S_{17}$)・蒼鉛-蒼鉛々鉱・銀-蒼鉛々鉱・自然蒼鉛・鉄重石 ($FeWO_4$)・マンガン重石 ($MnWO_4$)・鉄マンガン重石 ($(Fe \cdot Mn) WO_4$) 輝安鉛鉱 ($Pb_6 Sb_{14} S_{27}$)・閃安鉛鉱 ($P_5 Sb_4 S_{11}$)・グドムンダイト ($FeSbS$)、更に、蒼鉛-銀・鉛-亜鉛・鉛-錫・銀-錫・鉛-鉄の各組合せの硫酸鉱物、及び金紅石である。これらの鉱物は、75個の鉱石研磨片の観察結果から、数種の特定の鉱物を除いた他は、すべて時期的に晶出量の差は認められるものの鉱化作用としては、ほぼ同時期に相前後して晶出したものと判断される。Fig. I-10は顕微鏡観察、坑内地質調査及びTabla I-2を総合して作成した主要鉱物の晶出模式図である。各分帯は鉱石鉱物の種類と組合せ・分析値及び各元素間の相関関係などに各々特性を有し、その特性を定量的に表示したのがTabla I-4とTabla I-5である。

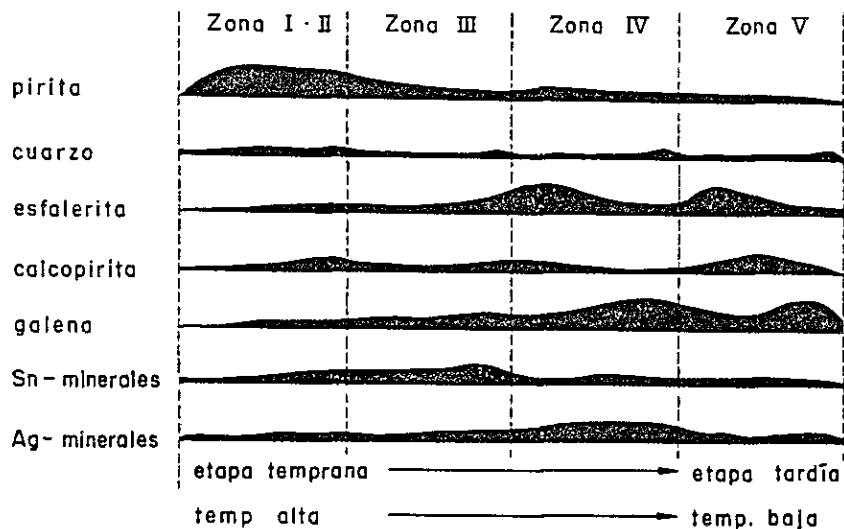


Fig. I-10 Secuencia de minerales principales Idealizados

分析値のみから各帯を比較するとⅠ帯は銅-錫-銀系、Ⅱ帯は銅-錫系、Ⅲ帯・Ⅳ帯は両者とも鉛-亜鉛-錫-銀系であるが、Ⅳ帯の鉛・亜鉛は、Ⅲ帯のそれらに比較して異常に高い。Ⅴ帯は分析値がⅣ帯に極めて類似しているため、鉛-亜鉛-(錫)-銀系と判断したが、両者の各元素間の相関関係は全く異なる。各帯の分析値の変動は、錫が最も小さく、ほぼ一定している反面、それ以外の元素の変動は極めて大きい。主成分鉱物の主体はⅠ帯・Ⅱ帯では黄鉄鉱と石英であり、Ⅳ帯・Ⅴ帯では方鉛鉱と閃亜鉛鉱である。そしてⅢ帯の場合は両者の中間的鉱物組成である。

Tabla I-5 は各帯内の元素間の相関関係を示しているが、同時に相接する分帯間の相関関係の共通性をも示している。すなわちⅠ帯・Ⅱ帯及びⅢ帯はともに錫-銅間に顕著な相関を示し、Ⅲ帯・Ⅳ帯及びⅤ帯では銀-鉛間に同様なことが言える。又、Ⅲ帯とⅣ帯は錫-鉛の相関に共通性が認められる。従って、Ⅲ帯はⅡ帯とⅣ帯の性格を備えているといえる。以上の各帯間の相関関係の考察から、鉍化作用の性質はⅠ帯からⅡ帯・Ⅲ帯及び、Ⅳ帯を経てⅤ帯へと漸移した形跡が推察される。又、分析値が極めて類似するⅣ帯とⅤ帯は相関関係の観点から比較すると、数学的には全く異質のグループと判断されるが、これは元素の濃集部の位置的な差異に起因する。

以上の如く、金属元素の分析値・組合せ・相関関係などの差により、本鉍床が平面的に分帯されたことは、鉍化作用による累帯配列を立証したことになる。

又、同一鉍脈内の鉍化作用及び各元素の品位分布の特性を検討する目的で、Veta Burton と Veta Inca M の垂直的な各元素の等品位曲線図を作成・検討した。詳細は後述するが、各元素とも1~2個所のほぼ垂直方向の濃集部を有し、その濃集部を中心に品位は脈の走向方向に規則的に減少する。又各元素の濃集部はほぼ同一場所に重複して存在し、複雑鉍の富鉍部を形成している。この事実は、同一鉍脈内では鉍化作用の中心部は移動せず、富鉍部の位置にほぼ一致すること、及び元素の累帯分布は、脈の走向方向には顕著に認められるが、垂直方向には存在しないことを示している。

次に構成鉍物の観点から鉍化作用を検討する。

鉍石鉍物は、前述の如くほぼ同時期に相前後して晶出しているが、鉍化作用の特性に直接関連する2~3の鉍物に限定して記載する。Ⅰ帯のVeta Rosarioにのみ、通常は、高温生成とされている鉄マンガン重石と金紅石が確認される。しかし、Ⅳ帯及びⅤ帯のVeta Inca M と Veta Burton には低温生成とされる繊維重鉛鉍と白鉄鉍が比較的普遍的であるが、高温性の鉍物は確認されない。黄鉄鉍以外の鉄硫化鉍物について考察すると、Ⅰ帯とⅡ帯では硫砒鉄鉍が、特にVeta Rosarioでは、極めて普遍的であるが、白鉄鉍と磁硫鉄鉍は認められない。Ⅲ帯とⅣ帯の硫砒鉄鉍の産出頻度はⅠ帯の約30%程度で、Ⅳ帯に1個所磁硫鉄鉍が確認される。Ⅴ帯で硫砒鉄鉍の産出は一段と減少する反面、磁硫鉄鉍の存在が増加し、更に白鉄鉍が確認される。ただし、同一研磨片内での磁硫鉄鉍と硫砒鉄鉍の共生は確認されない。以上の鉍石鉍物の産状から、鉍床生成温度は相対的にVeta Rosario付近が高温で東部のVeta Burton及び、Veta Inca M に向ってその温度が低下していったものと推察される。

この推察は流体包有物の実験結果にも一致する。実験の詳細は後述するが、結論として、鉍脈の生成温度は、Veta Rosarioで最高349℃、Veta Burtonで最低195℃と推定される。

以上、当鉍床の分析品位・各元素間の相関関係・顕微鏡観察、鉍石鉍物の種類とその組合せ・品位分布の形態と特性及び流体包有物の実験結果などを総合的に検討すると、本鉍床の鉍化作用は次の如く要約される。

鉍化作用の高温部は Veta Rosario 付近であり、周囲に向ってその温度を低下させ、その上限温度は 349℃ 前後と推定される。この推定は、I 帯の鉄マンガン重石・金紅石及び V 帯での繊維亜鉛鉍と白鉄鉍の確認で裏づけられ、十分に信頼し得るものと判断する。鉍液の組成は鉍脈と直交する南東方向に規則的かつ断続的に変化する。この結果、品位・元素の組合せ及び元素間の相関の差異に基く、鉍脈に平行な累帯分布が形成される反面、相接する累帯間の一部に共通性が生じた。

同一脈内での鉍化作用の中心は、移動せずほぼ一定であり、その場所は各元素の濃集部すなわち鉍脈の富鉍部に一致する。この結果、Veta Burton と Veta Inca VI にすべての元素に富む複雑多様な鉍物組合せ・組成の富鉍体が形成された。

しかし、本鉍床は鉍化作用を地質学的な時間尺度で考察すると、ほぼ同時期に相前後して生成した鉍脈群と考えられる。Veta Rosario での鉄マンガン重石・金紅石と繊維亜鉛鉍の共生は、この推定を端的に示している。従って本鉍床は、構成鉍物・鉍物組成・鉍石組織及びこれらの晶出時期などから、いわゆるゼノサーマル型鉍床と判断される。

2-4 品位

鉍床の特性のうちの、有価金属元素の品位の傾向並びにその相関関係を明らかにすることは、将来の操業や探鉍計画立案に、極めて重要な結果をもたらす。この目的のために、分析用鉍石試料 510 個を採取し、銅・鉛・亜鉛及び錫の 4 元素を分析した。銀に関しては各試料採取位置に対応する鉍山側の分析値を利用した。

又、510 個の試料から顕微鏡研磨片用に 75 個、流体包有物試験用に 7 個を共用した。当鉍床の賦存範囲は極めて広範囲であり、かつ 617 地並以上では採掘が進行し、垂直的に規則的間隔の試料採取が困難であるため、品位の検討を平面的と垂直的な両側面から実施した。

平面的には坑内地質調査結果から、肉眼的に類似する鉍脈群を Fig. 1-9 の如く 5 帯に分帯した。各帯の内容は、Table 1-4 に示す通りであり、全試料数は 209 個、各元素の品位は算術平均値ではあるが、各帯間の試料数に変動が少なく、試料数が多い、更に、試料採取間隔がほぼ一定であることなどから、この平均値は数学的にも正確に各帯を代表しているものと判断している。Table 1-5 は、前述の各帯内における各元素間の相関関係を検討した結果の一覧表であり、Table 1-4 と併せて考察すると、肉眼的分類がかなり合理的であったことが立証されている。

又、垂直的品位の検討は、上下方向に比較的規則的に試料採取のできた、Veta Burton の

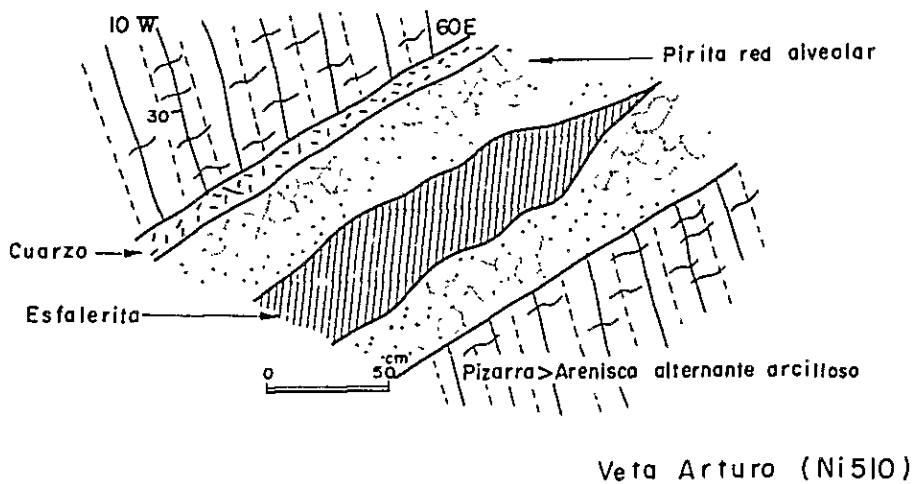
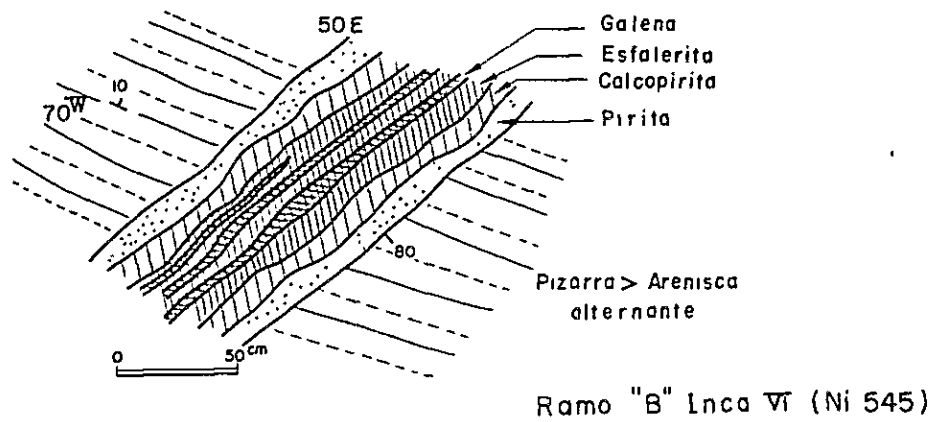
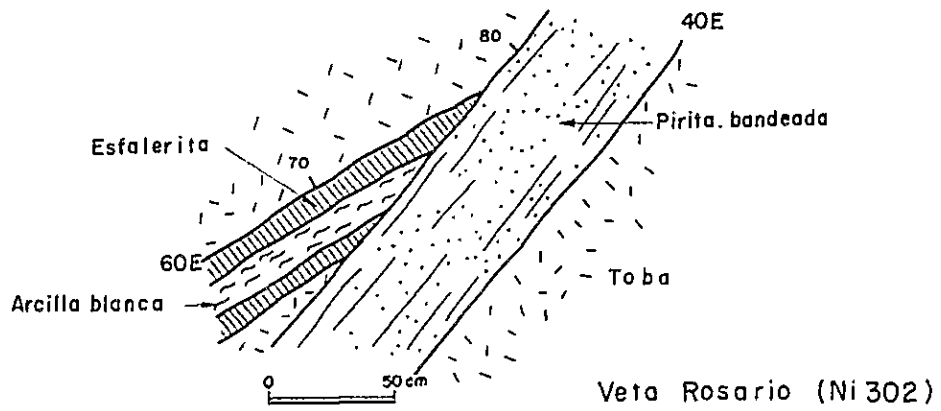


Fig I-8-1 Dibujo de Vetas



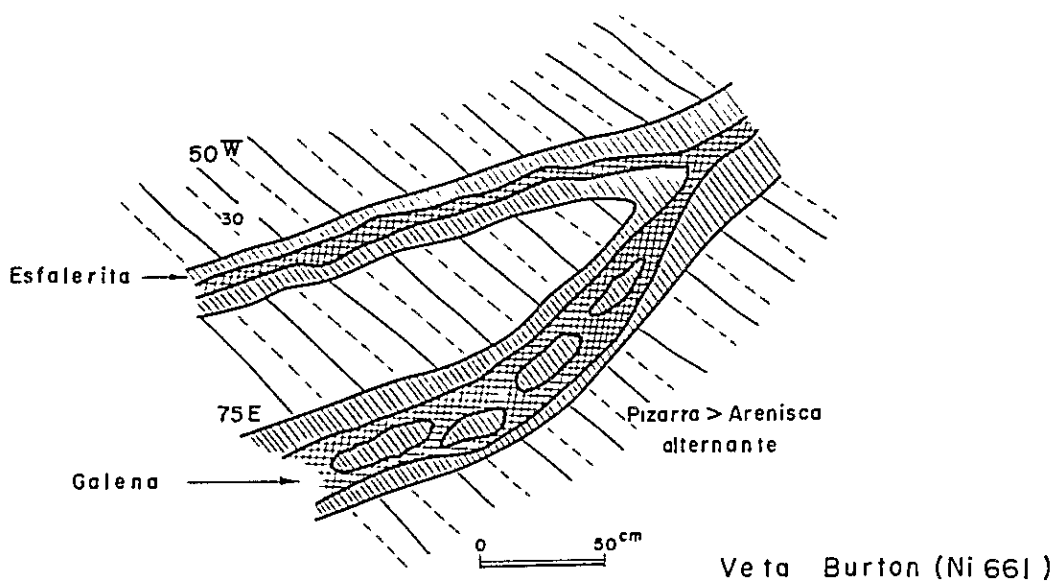
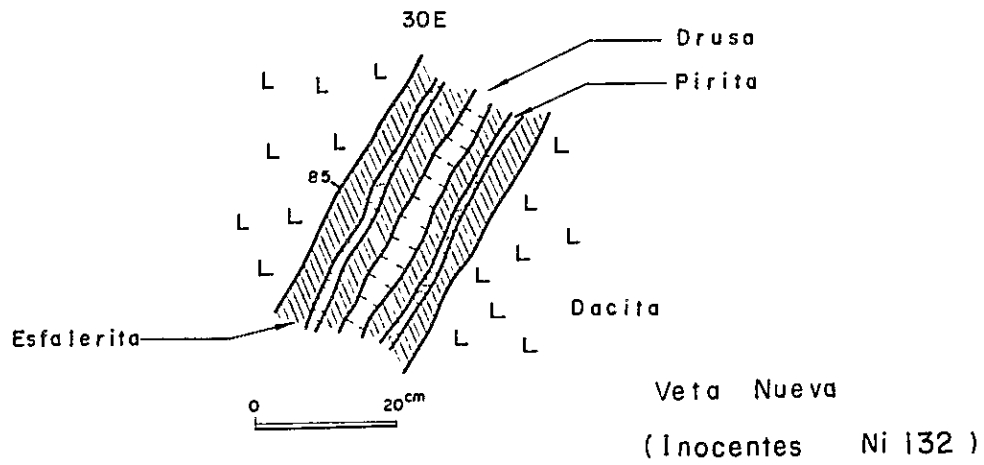
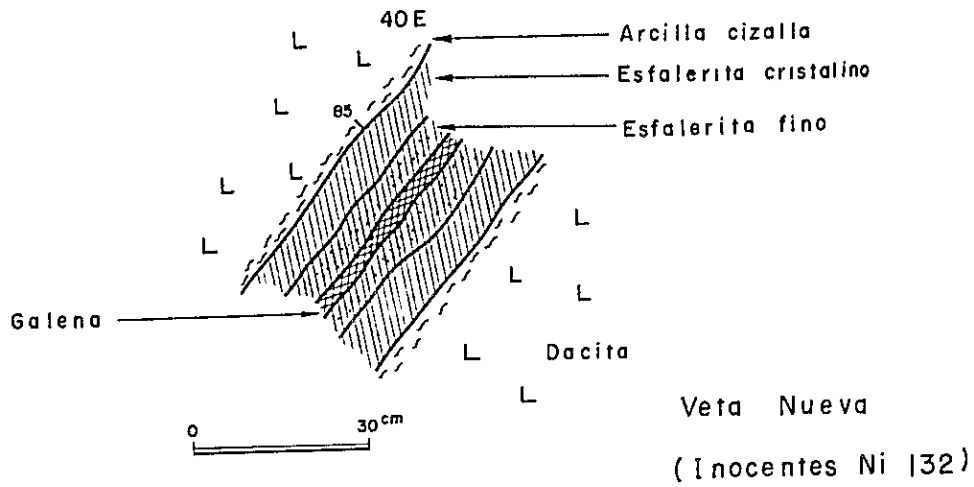


Fig I-8-2 Dibujo de Vetas

Tabla I-4 Ley de promedio de elementos metalicos principales

	Números de análisis	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Sn(%)	Ag(g/t)
Zona I	37	0.94	2.39	3.03	1.29	877
Zona II	14	1.05	0.36	2.00	1.07	331
Zona III	40	0.37	4.66	9.93	1.57	1271
Zona IV	48	0.06	22.14	14.04	0.95	2545
Zona V	70	0.31	22.91	17.04	0.61	1206
Total	209	0.41	13.80	11.42	1.01	1383

Tabla I-5 Correlaciones elementos metalicos principales

	Correlación positivo	Correlación negativo
Zona I	Sn-Cu Sn-Ag	
Zona II	Sn-Cu Pg-Zn	
Zona III	Sn-Cu Ag-Pb Sn-Pb Cu-Pb	
Zona IV	Sn-Cu Ag-Pb Sn-Pb Sn-Ag Cu-Zn	
zona V	Ag-Pb	Cu-Zn Pb-Zn

Confianza : más 95%

Grupos de vetas en cada zona

- Zona I : Veta Rosario, San Fuan.
- Zona II : Veta Rafael, Animas, Dejada.
- Zona III: Veta Esperanza, Salvadora, Arturo, Chorro.
- Zona IV : Veta Burton, Inca II, III, IV, Judios.
- Zona V : Veta Inca V,VI,VII.

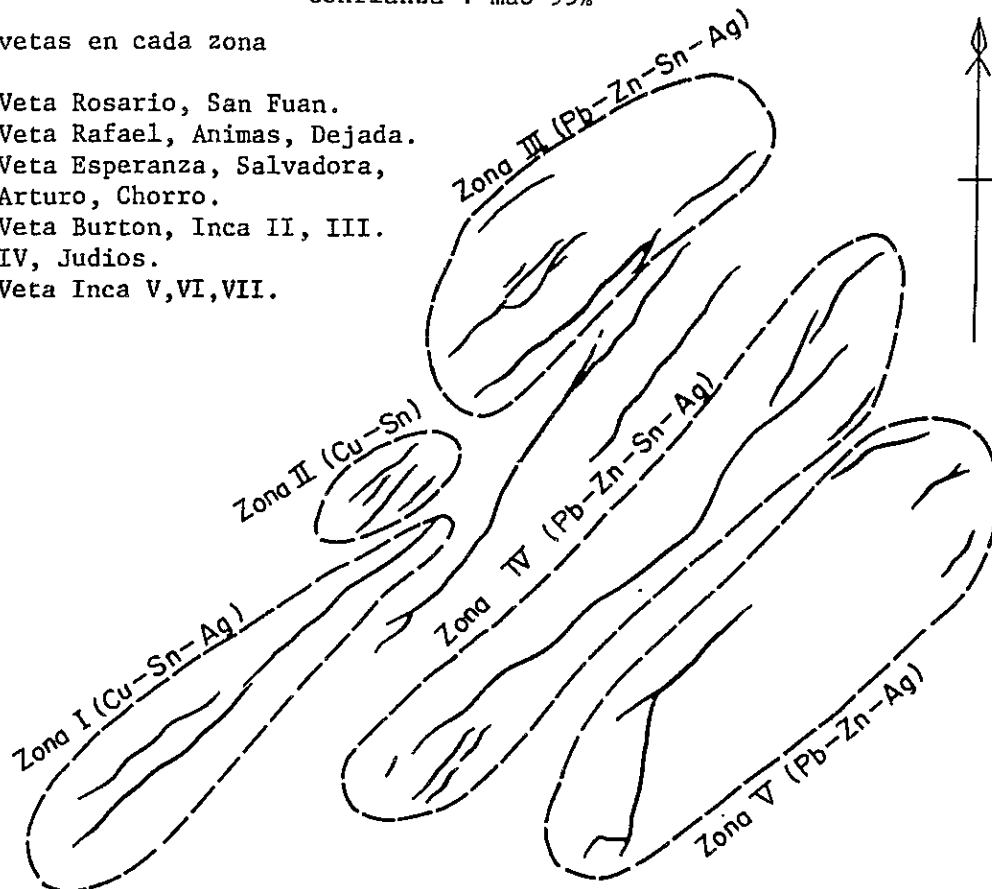
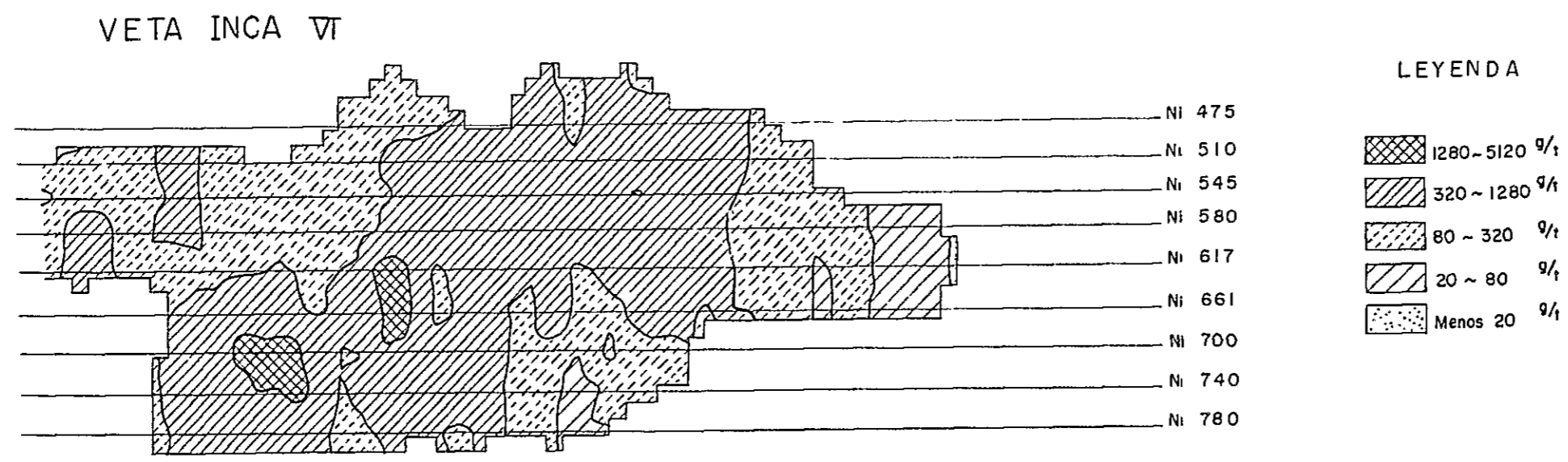
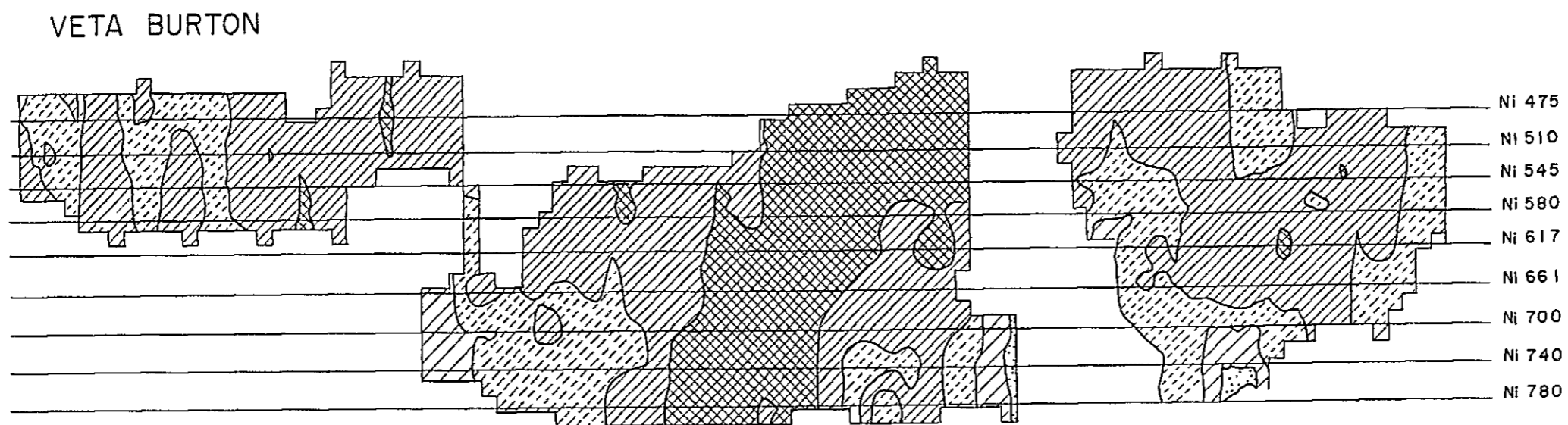


Fig. I-9 Zona de Elementos metalicos principales

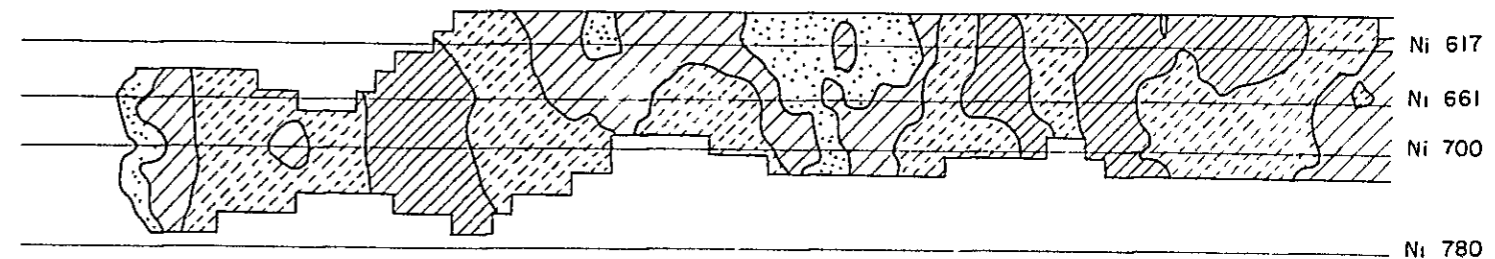
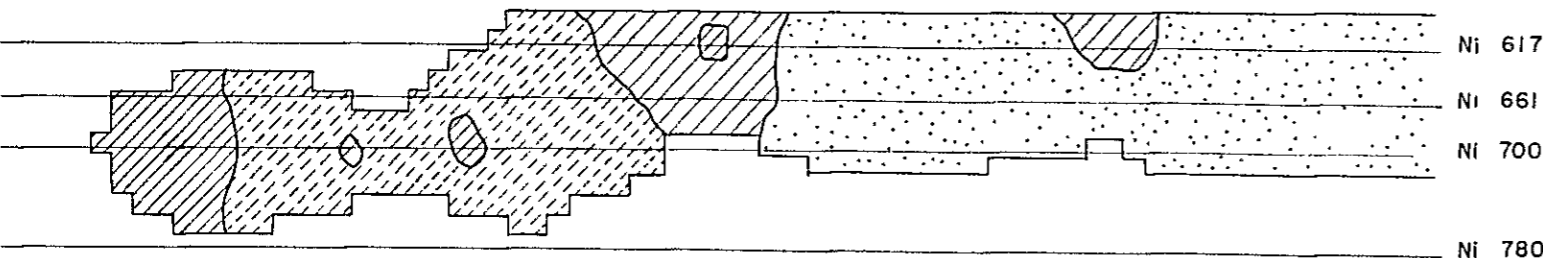


Nota : Por cálculo de computadora con datos de Mina Animas

Fig. I-II Mapa de distribución de ley de Ag de Veta Burton y Veta Inca VII

(Cu)

(Zn)



LEYENDA

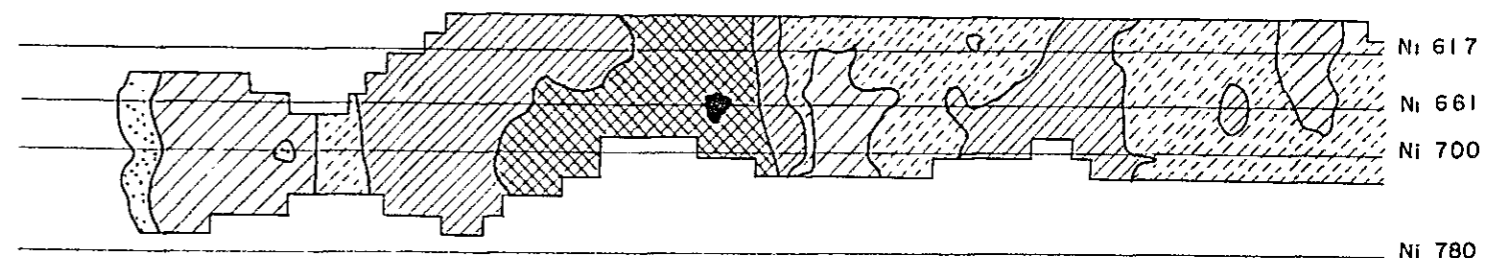
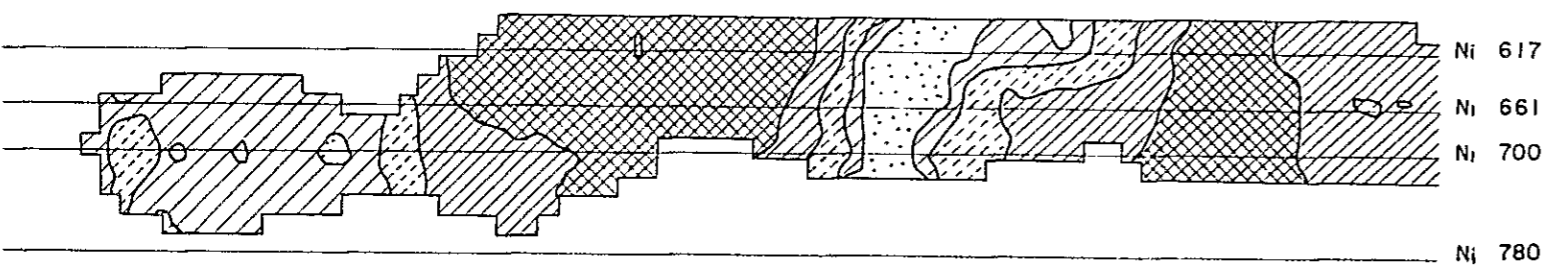
	0.17 ~ 0.40 %		0.03 ~ 0.07 %
	0.07 ~ 0.17 %		Menos 0.03 %

LEYENDA

	20.00 ~ 31.50 %		7.90 ~ 12.60 %
	12.60 ~ 20.00 %		Menos 7.90 %

(Pb)

(Sn)



LEYENDA

	26.50 ~ 60.00 %		5.15 ~ 11.70 %		Menos 2.27 %
	11.70 ~ 26.50 %		2.27 ~ 5.15 %		

LEYENDA

	Más 4.00 %		0.69 ~ 1.16 %		0.12 ~ 0.29 %
	1.16 ~ 4.00 %		0.29 ~ 0.69 %		Menos 0.12 %



Nota : Por cálculo de computadora

Fig. I-12 Mapa de distribución de ley de Cu, Pb, Zn, Sn de Veta Burton

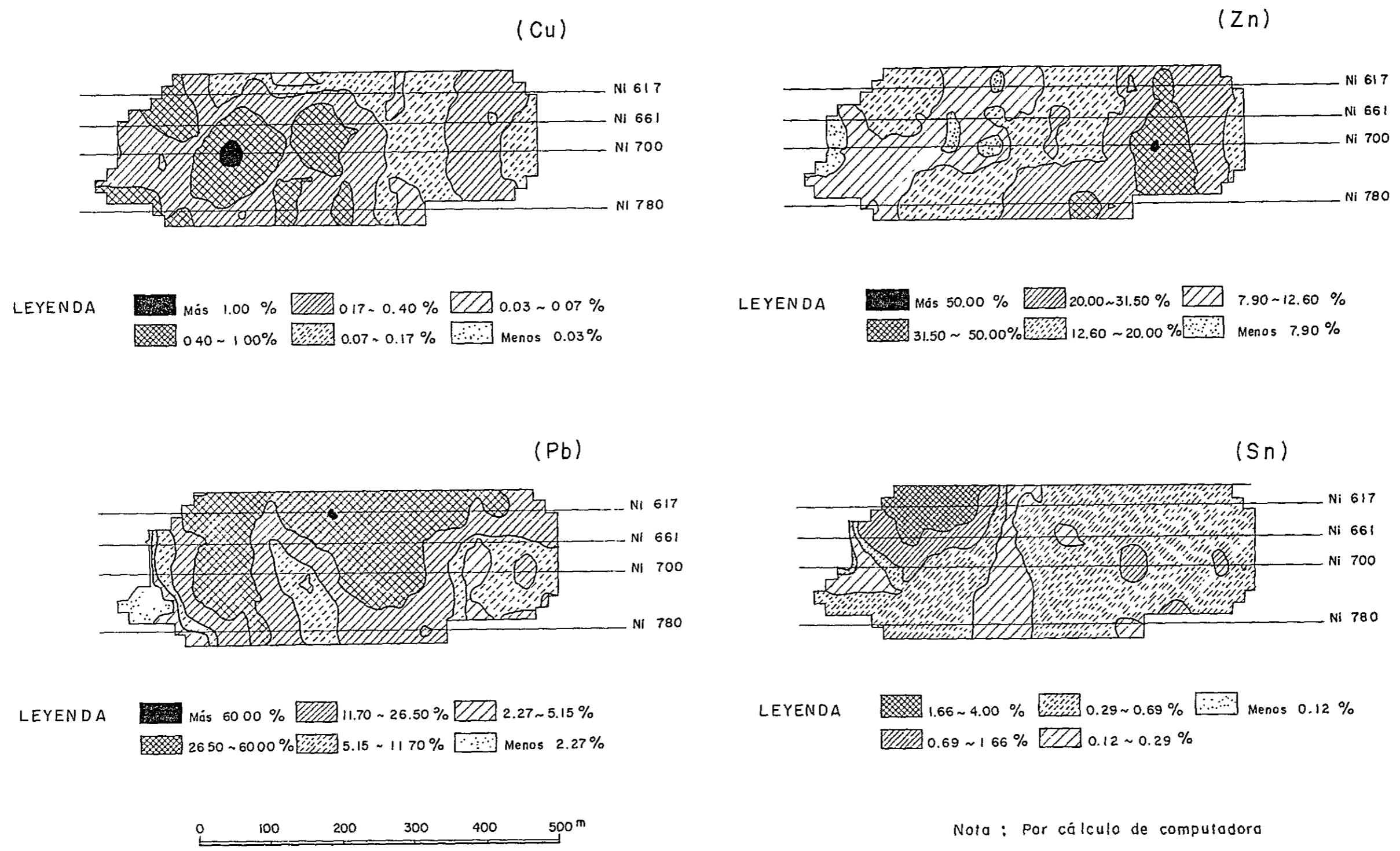


Fig. I-13 Mapa de distribución de ley de Cu, Pb, Zn, Sn de Veta Inca VI

617地並～700地並及びVeta Inca VIの617～780地並に限られ、両脈とも採取試料数は54個である。しかし、銀品位に関する分析資料は鉍山側の資料を利用したため、475地並から780地並の範囲で、Veta Inca VIは437個、Veta Burtonは624個の分析値をそれぞれ採用している。これらの資料を電子計算機で各元素ごとに、距離逆二乗法で処理し作成した品位分布図がFig. I-11・12・13である。Tabla I-4は各帯の主な金属元素を含有する主要鉍石鉍物の絶対量を反映し、Tabla I-5は鉍石鉍物の種類・組成、及びその組合せを反映するものであり、鉍石品位を多面的に検討するには不可欠な資料である。以下にこれらの数値と顕微鏡観察結果を組み合わせて考察する。ただし、鉍物の考察では、その分帯の品位と相関関係に明らかに関係する鉍物についてのみ述べる。

2-4-1 品位の平面的考察

I帯：本帯はVeta Rosarioで代表され、分析値から銅-錫-銀系の鉍脈群であり、各元素間では、錫-銀、錫-銅間に各々正の相関が顕著である。顕微鏡観察では、主成分鉍物の主体は黄鉄鉍と石英であり、これらにつくのが、錫石と黄錫鉍である。多種多様な副成分鉍物中で、錫石・黄錫鉍・黄銅鉍・四面銅鉍などが普遍的で、その他品位の解析上注目すべき鉍物はカンフィルダイト、蒼鉛鉛鉍である。この観察結果は、I帯が銅-錫-銀系の鉍脈群であることを立証している。相関関係について検討すると、錫-銀の関係は、錫鉍物と銀・錫を主成分とするカンフィルダイトが共生する、錫鉍物と共生する蒼鉛鉛鉍中に銀を伴うことがEPMAで確認されているなどの事実から立証される。銅-錫の相関については銅と錫鉍物が副成分鉍物として普遍的に産することで説明される。

II帯：本帯はVeta Rafaelで代表される鉍脈群で、分析値から銅-錫系の鉍脈群であり、各元素間では、錫-銅、鉛-亜鉛間にそれぞれ顕著な相関が認められる。本帯からの顕微鏡試料は2個のみであり、相関関係を論じられない。検鏡結果によると主成分鉍物としては黄鉄鉍と黄錫鉍が主体で、錫品位の高いことは裏付けられるが、銅鉍物が確認されていない。又、副成分鉍物も蒼鉛の硫酸鉍物が認められているが、同定されておらず、各元素間の相関について解析する資料に不足している。本帯はI帯とIII帯の中間的性質を有しているものと推察している。

III帯：本帯はVeta Esperanzaで代表される鉍脈群で、分析値から、鉛-亜鉛-錫-銀系の鉍脈群であり、各元素間の相関は銀-鉛・銅-鉛・銅-錫及び、錫-鉛間にそれぞれ顕著な正相関が認められる。

顕微鏡下では、主成分鉍物は、黄鉄鉍・石英を主体にするものと、相当量の錫石・黄錫鉍及び閃亜鉛鉍を含有する。副成分鉍物では閃亜鉛鉍と方鉛鉍が普遍的であり、更に毛鉍・鉛-錫・銀-錫・鉛-亜鉛などの組合せを主とする硫酸鉍物の存在が確認されているが、未同定である。

従って構成鉱物の組合せから鉛-亜鉛-錫系の鉱石であることは明瞭である。相関関係について検討すると、錫-鉛の関係は、方鉛鉱・錫石・黄錫鉱などの普遍的な共生及び、錫-鉛の硫酸鉱物の存在で立証される。鉛-銀の相関は、前述の多様な未同定硫酸鉱物のうち、鉛-錫・銀-錫系の鉱物は、いずれも成分的に鉛と錫に密接に関連しており、この事実によって間接的に説明されよう。銅-鉛及び錫-銅の相関関係を具体的に立証する顕微鏡観察事実を確認されなかった。錫-銅の相関についてはⅢ帯の南西延長のⅠ帯で錫鉱物に銅鉱物が密接に共生する事実から、本帯でも錫鉱物と、その絶対量は小さくても、銅鉱物が共生する傾向が継続した可能性が推定される。

Ⅳ帯：本帯は Veta Burton で代表され、分析結果からは鉛-亜鉛-錫-銀系の鉱脈群であり、各成分間の相関は、銀-鉛、銅-亜鉛、錫-鉛及び錫-銀間にそれぞれ正相関が顕著である。本帯からの顕微鏡研磨片は、結果的には、比較的方鉛鉱が少く閃亜鉛鉱に富む試料であった。従って、方鉛鉱に富む富鉱部も含めたⅣ帯の検討には、初年次に Veta Burton から採取された5個の顕微鏡観察結果も活用した。顕微鏡観察では、主成分鉱物は方鉛鉱・閃亜鉛鉱であるが、低品位部では閃亜鉛鉱・黄鉄鉱及び石英が増加する。副成分鉱物としては、錫石・黄錫鉱・カンフィールドイト・フランケアイト、毛鉱及び銀-錫-鉛の未同定硫酸鉱物を確認されており、富鉱部ではカンフィールドイトと特にフランケアイトが普遍的に観察される。従って、顕微鏡観察結果からⅣ帯の鉛・亜鉛・錫及び銀に富む原因が明らかにされた。

次に各金属元素間の相関について検討すると、銀-鉛は主成分鉱物の方鉛鉱にカンフィールドイト・銀-錫-鉛の硫酸鉱物、及び後述されるフランケアイトが密接に共生する事実で説明される。銀-錫の相関は、カンフィールドイトや銀-錫-鉛の硫酸鉱物の存在、普遍的に産出するフランケアイトにかなりの量の銀の含有が E P M A で確認されていること、更に毛鉱にもこの含銀現象が予想できることなどから明らかであろう。鉛-錫の相関は、主成分鉱物の方鉛鉱に対して副成分鉱物が錫石・黄錫鉱・フランケアイトなどであると同時に、フランケアイトが鉛と錫を主成分とする鉱物である事実から説明される。

銅-亜鉛の相関については分析品位も極端に低く、顕微鏡による情報も得られないが Fig. 1-11 から銅の濃集部が亜鉛のそれに包含される事実から推定し得る。

Ⅴ帯：本帯は Veta Inca VI で代表され、分析結果から鉛-亜鉛-(錫)-銀系の鉱脈群であり、銀-鉛の間に正相関、銅-亜鉛と鉛-亜鉛の間にそれぞれ負相関が認められる。主成分鉱物は方鉛鉱・閃亜鉛鉱であるが、品位が低下すると黄鉄鉱と石英が増加する。副成分鉱物は各帯中で最も多様であるが、錫石・黄錫鉱・濃紅銀鉱・カンフィールドイト・フランケアイト、更に各種の蒼鉛鉛鉱などが認められ、鉛・亜鉛・(錫)・銀の存在が明確である。相関関係は、銀-鉛については、方鉛鉱に濃紅銀鉱・カンフィールドイト更には各種の含銀蒼鉛鉛鉱などが共生するなどの事実から明らかである。銅-亜鉛及び鉛-亜鉛間の負相関については顕微鏡によ

る具体的な説明は不可能であるが、Veta Inca VI の銅・鉛・銀の品位分布図を比較検討すると明瞭である。すなわち、亜鉛の濃集部のみは他の元素の濃集部から孤立しており、更に鉛と銅の濃集部は、各々その約50%が重複し合っているのみである。

従って、水平的品位の検討により、鉱床を5帯に分帯でき、各帯はその構成元素の組合せ、品位及び構成元素間の相関関係に特性を示すことが判明した。しかし各分帯の鉱床帯内での位置関係や銅を除く鉛・亜鉛・錫・銀などの分析値、並びに相関関係を総合的に考慮すると、実操業上は、I帯とII帯を銅・錫（銀）帯、IV帯及びV帯を鉛・亜鉛・銀帯に、更に、III帯を両者の中間帯と解釈すべきであろう。この結果、平面的な各元素の規則的な品位変化は解析されず、地域別又は鉱脈群別による元素組合せの特徴が明瞭になり、本鉱床は有価金属の品位・組合せ上から2大別され、一部に両者の漸移部が存在すると解釈される。各分帯の特性は、ほぼ脈の走向方向に連続し、その境界は走向に平行であると判断した。各元素の品位の変動幅については、錫が小さく安定している反面、鉛・亜鉛及び銀のそれは極めて大きい。含銀品位の最も高いVeta Burtonでは、分析値に対応する頻度で銀鉱物が顕微鏡で観察されていない。この事実は未確認の含銀硫酸塩の存在を暗示するものであり、その実体及び選鉱上の挙動を確認し、回収することは、鉱石の経済性を高めることに直結し、極めて重要である。

Fig. I-11・12はVeta Burtonの617地並から700地並間、並びにVeta Inca VIの617地並から780地並間に於ける銅・鉛・亜鉛及び、錫の垂直的な品位分布図である。同様にFig. I-10は、475地並から780地並間の前述の2脈の銀に関する品位分布図であり、作成方法と試料数は前述の通りである。各元素の品位並びに元素間の相関関係と鉱物学的関係については前項で検討したので、本項では言及しない。

Fig. I-10・11・12とTable I-6を総合検討すると、Veta Inca VIでは、亜鉛以外の4元素の濃集部はほぼ中央部から西寄に集中かつ重複して発達し、亜鉛の濃集部のみが、東部に孤立する。各元素とも品位の変化は規則的で、特に鉛・亜鉛は濃集部を中心に走向方向に対称的变化を示す。Veta Burtonについては、銅を除く各元素は、各々東部と西部の2個所にほぼ集中し、重複した濃集部を有する。銅の濃集部のみは西部に限定されるが、その場所は他元素の濃集部とほぼ一致する。当脈でも、銅を除く各元素は、その濃集部を中心として、走向方向に明瞭な対称性を示して品位を低下させる。

Tabla I-6 Veta Inca VIとVeta Burtonの金属元素の濃集部の比較表

元脈名 元素名	Veta Inca VI	Veta Burton
銅	中央部以西に濃集部は分散し、その落しは不明。不鮮明ながら、富鉛部を中心に走向方向に品位の規則的変化あり。	西端に濃集部が賦存し、その落しは垂直。濃集部を中心に東方に品位の規則的変化明瞭。
鉛	濃集部は上部全体におよぶが、その落しは、ほぼ垂直。濃集部を中心に走向方向に対称な品位分布の变化明瞭。	中央部及び東部に濃集部が賦存し、その落しは垂直。濃集部を中心に対称な品位の規則的変化明瞭。
亜鉛	東部に濃集部が賦存し、その落しは垂直。濃集部を中心に走向方向に対称な品位の規則的変化明瞭。	東部及び西部に濃集部が賦存し、その落しは垂直。濃集部を中心に対称な品位の規則的変化明瞭。
錫	西部の上部に濃集部が賦存し、これを中心に同心円的品位の規則的変化明瞭。	中央南寄に大規模濃集部が賦存し、その落しは垂直。濃集部を中心に対称な品位の規則的変化明瞭。東部により低次の濃集部が賦存し、前者と同様な特徴あり。
銀	全体が濃集部といえるが、その落しは垂直方向に3箇所か、西に緩く落すか不明。濃集部を中心に品位の規則的変化あり。	中央部南寄に濃集部が賦存し、その落しは西に急傾斜。濃集部を中心に対称な品位の規則的変化明瞭。東部により低次の濃集部が賦存し、品位の規則的変化あり。

更に、各品位分布図は $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ の急傾斜を示し、品位の変化が脈の走向方向に明瞭に認められるが、上下方向には不明瞭である。

金属元素の平面的検討では元素の組合せ・品位、及び、それらの相関関係などの差異で鉛床帯を5帯に分帯したが、これは基本的には鉛脈群を地域区分けしたことであり、同一脈内又は異なる鉛脈にまたがる品位分布を把握するに至らなかった。しかし、従来漠然と銅-錫又は、鉛-銀地域といわれてきた鉛脈群に対して、具体的な鉛物学的及び統計学的裏付けができた。垂直的品位分布の検討では、各元素とも濃集部が数箇所存在し、各々が位置的に複雑に重複している。更にその落しはほぼ垂直的で、品位の変化は富鉛部を中心に走向方向に対称的であるが、上下方向の変化は認められないことが判明した。

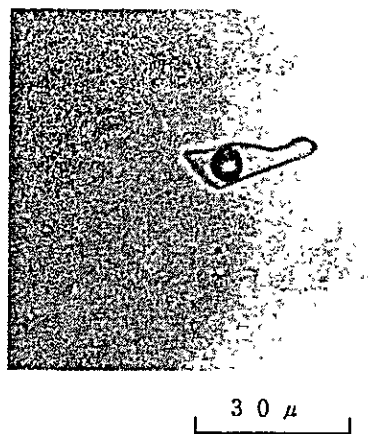
2-5 流体包有物

鉍化作用の中心部又は、その温度勾配などの鉍化作用の特性を解析する一手法として流体包有物の均質化温度と塩濃度の測定を実施した。均質化温度の測定にはユニオン光学株式会社製 MHS 型加熱台、塩濃度測定には同社製の FS 型冷却台を使用した。なお塩濃度は流体包有物の凍結温度に対応する NaCl 相当の重量パーセント濃度で表示した。

測定に使用した流体包有物は、石英中に包有された液相-気相の二相からなる流体包有物であり、成因的に一次及び擬二次包有物と判断される。写真に示す通り、その大きさは 5~50 μ で負結晶・粒状・板状・管状などの形態を示し、充填度は 0.85~0.75 である。

測定対象の流体包有物を含む石英結晶の摘出に際しては、脈中の主要な鉍石鉍物の生成と直接関連させるため、これらと密接に共生する試料を厳選し、晶洞中のものを避けた。

Fotografía de inclusión



Número de muestra	Nombre de veta	Nivel	Número de inclusión	Temperatura de homogenización		
				200°C	250	300
F - 4	Rosario	Ni 302	14		257°C	349°C
F - 1	"	"	11		270°C	314°C
F - 2	"	"	5		255°C	290°C
F - 3	"	"	6		235°C	253°C
F - 7	Esperanza	Ni 510	1	223°C		
F - 6	Burton	Ni 617	3	223°C	235°C	
F - 5	"	"	2	195°C	201°C	

Fig. 14 Alcance de Temperatura de Homogenización

Tabla I-3 Salinidad de inclusión de muestra
F-1 de veta Rosario ad aad dad de

Nº	Temperatura helada (°C)	Salinidad (wt. % NaCl eq.)	Temperatura de homogenización(°C)	Origin
1	-18.5	21.6	303	segunda seuda
2	-18.0	21.2	314	"
3	-17.6	20.9	264	segunda
4	-13.3	17.3	271	"
5	-8.4	12.2	290	primera
6	-6.2	9.5	299	"

測定された42個の均質化温度を Fig. I-14 に示すが、その値は195°C~349°C (±2°C) と幅広い温度範囲に分布すると同時に、同一脈内でも、例えばVeta Rosario のように、その値が多様である。

しかし、これらの測定値から平面的にはVeta Rosario を中心とするI帯が高温で、これから東部と南東部のIII帯・IV帯及びV帯に向って温度が低下する傾向が判読される。

次に液体包有物の塩濃度の測定結果をTabla I-3に表示する。測定された流体包有物はVeta Rosario から採取した石英中の6個で二次包有物も含まれている。これらの凍結温度は-6.2~-18.5°C (±1.0°C) の値を示し、流体包有物中の塩がすべてNaClであると仮定すると、その塩濃度は9.5~21.6W% (±1.0W%) となる。今回の実験試料はすべてVeta Rosario から採取され、更に測定された均質化温度は比較的高温であり、温度の低い試料が存在しなかった結果、異なる鉱脈間の塩濃度の差異、及び、塩濃度と均質化温度の相関関係については明らかにされなかった。しかし、Tabla I-3 から塩濃度の変化は、均質化温度のそれよりも激しいことが明瞭となった。

均質化温度から流体包有物の生成温度を推定するには圧力及び、塩濃度補正を必要とする。一般的に、流体包有物に沸騰現象が認められれば補正の必要がなく、均質化温度は生成温度に等しいとみなせる。Veta Rosario (302地並) からの試料F-1には、沸騰現象を示す気体及び、液体包有物の同時生成が認められ、これらの流体包有物の蒸気圧はJ.L.Hass, Jr. (1971) の実験資料から、45~85 bar と推定される。他方、地質調査及び地形の解析から、鉱床地帯をとりまく標高約4,700mのCerro KhumullaniやCerro Pabellón等の山頂はほとんど浸食されておらず、ほぼ当時の地形を保っているものと推定される。又Cerro Khumullani 石英安山岩とこれに伴う火砕岩には鉱化作用が認められず、鉱化作用はCerro Khumullani の火成活動の直前でほぼ終結したものと推定される。Cerro Khumullani

石英安山岩熔岩とその関連火砕岩ともほぼ水平の産状を示し、両者の層厚は約100mである。従って鉍化作用当時の地表面は、現在の海拔4,600m前後と予想される。今回の実験に供された試料の大半は302地並（海拔3,900m）から採取されたものであり、これ等流体包有物の生成深度は前述の推定から地表下700m前後（4,600m-3,900m=700m）と判断される。更に流体密度の0.82~0.97g/cm³から求められる全圧力は、それがすべて静水圧によると仮定して、56~66barとなり沸騰の生ずる現象と矛盾しない。同様の仮定で、現在稼行されている最下底の780地並の全圧力は94~110barと推定される。均質化温度と塩濃度が今回の実験で得られた範囲にあり、全圧力が56~110bar、すなわち302地並~780地並ならば、G.G.Lemmler and P.V.Klevtsov(1961)によると温度補正は10℃以下となり、均質化温度を流体包有物生成温度、すなわち鉍脈生成温度とみなし得ると判断した。

W.M.C.Kelly and F.S.Turneaure(1970)による中央~南部ポリウエアのAndean RangeのSn-W鉍床の流体包有物の研究によると、Sn-W鉍化期の生成温度と塩濃度はそれぞれ338~510℃及び18.5~46.0wt% NaCl eq.であり、Pb-Zn-Ag鉍化期では各々208~340℃、2.8~10.3wt% NaCl eq.とされている。

このAndean Rangeと今回の実験値を比較すると、Animas鉍床の生成温度はAndean RangeのPb-Zn-Ag鉍化期に、その塩濃度はSn-W鉍化期とPb-Zn-Ag鉍化期の中間に対応する。従って、この条件では、温度は比較的低温であり、鉍物組成はSn-W系からPb-Zn-Ag系を含む複雑多様なものが予測され、Animas鉍床の、鉍物組合せと鉍物組成の特徴に合致する。

従って今回の流体包有物の実験結果の検討から、Animas鉍床の鉍化温度は195℃~349℃の間であり、高温部のVeta Rosarioを中心として、東、及び南東のVeta Esperanza・Veta Burton・Veta Inca Wに向って低下すると同時に、鉍液の組成も変化したものと推定される。

第 3 章 結 論

今年次の坑内地質調査から、Animas 鉍床の正確な分布及び形態が明らかになり、これに基づき鉍脈を胚胎する裂罅系の形成機構を解析し得た。又、分析品位・顕微鏡観察に基く鉍石鉍物の種類と組成及び組合せや流体包有物の検討により、主要金属の累帯分布・鉍床生成温度の推定、ひいては本地域の鉍化作用の特性の一端を明らかにし得た。特に今回の調査では、当鉍床を金属元素の組合せと品位の差異により定量的に分帯し得たこと、及び同一鉍脈内での富鉍部の特性が明らかにされたことは、今後の探鉍上はもとより、操業上にも有益な指針となり得ると考えられる。

3-1 地 質

第1年次の調査によって得られた層序・分布及び地質構造の基本的な考え方については、今回の調査で特に変らなかつた。

Animas 石英安山岩は貫入岩相を有するが、周囲の火砕岩に対して一部貫入、一部漸移関係を示す溶岩円頂丘的産状を呈している。鉍床母岩の一部をなす Rancho Candelaria 火山礫凝灰岩は、岩相変化に富み、凝灰岩及び凝灰角礫岩に漸移することが判明した。

3-2 裂罅系の解析

今年次の坑内地質調査に基く裂罅系生成の解釈は、第1年次の結果と全く異なる結論に達した。すなわち第1年次は、既存の302地並の鉍脈図のみを利用して裂罅系生成の解析を試みた。その結果、走向略北東-南西系で北及び南に傾斜する共役の裂罅系が、ほぼ垂直方向の最大主応力により形成され、その最大主応力を Animas 石英安山岩活動の一部に求めた。従って、裂罅系と周囲の地質構造は無関係であった。

今年次の坑内地質調査結果から、前述の裂罅系は、一次の剪断裂罅系及び張力裂罅系から構成されており、これらを形成せしめた最大主応力の方向は北東-南西系で、その最大主応力は構造的なものと解釈される。この方向は、当地域の基本地質構造であるオールドビス系の主要褶曲軸と直交して地質構造と調和し、更に、裂罅系がオールドビス系から、Animas 石英安山岩中にまで連続して存在する事実にも矛盾しない。

3-3 累 帯 分 布

本鉍床は従来から銀-鉛系と銀-錫系鉍脈に大別され、前者には Veta Burton・Veta Judios・Veta Inca II・Veta Inca III・Veta Arturo・Veta Nueva などが、後者には Veta Colorada・Veta Inca I・Veta San Juan などが属するものとされているが、

これを定量的に示した例はない。今年次の調査から、当鉱床を金属元素の組合せ・品位・各元素の相関関係などの相違から定量的にⅠ帯からⅤ帯まで分帯した。又各帯の分析品位及び元素間の相関関係に対する顕微鏡観察による鉱物学的な裏付けもなされた。以下に各帯の特徴を略記する。

Ⅰ帯は Veta Rosario で代表される銅－錫－銀系の鉱脈群で主要鉱物の大半は、黄鉄鉱と石英である。錫－銀と錫－銅の間に顕著な正相関が認められる。

Ⅱ帯は Veta Animas で代表される銅－錫系の鉱脈群で、主要鉱物の大半は黄鉄鉱と石英である。錫－銅と鉛－亜鉛の間それぞれに顕著な正相関が認められる。

Ⅲ帯は Veta Esperanza で代表される鉛－亜鉛－錫－銀系の鉱脈群で、主要鉱物は黄鉄鉱・石英・方鉛鉱・閃亜鉛鉱などである。銀－鉛・銅－鉛及び錫－鉛の間にそれぞれ顕著な正相関が認められる。

Ⅳ帯は Veta Burton で代表され、鉛－亜鉛－錫－銀系の鉱脈群であり、主要鉱物は方鉛鉱と閃亜鉛鉱である。銀－鉛・銅－亜鉛・錫－鉛及び錫－銀の間にそれぞれ顕著な正相関が認められる。

Ⅴ帯は Veta Inca VI で代表される鉛－亜鉛－（錫）－銀系の鉱脈群で、主要鉱物は方鉛鉱と閃亜鉛鉱である。銀－鉛の間に正相関が、鉛－亜鉛と銅－亜鉛の間にそれぞれ負相関が顕著に認められる。

従って、本鉱床には、金属元素の組合せ・品位・各元素間の相関関係などの相違から、鉱脈の走向と平行な累帯分布の存在することが明らかにされた。

3-4 品 位

Veta Burton, 並びに、Veta Inca VI の垂直的品位分布の検討を実施した。その結果、Veta Burton では、東部と西部に各元素の濃集部が 1 箇所ずつ存在し、その濃集部を中心にして、品位は走向方向に規則的に低下する。Veta Inca VI には、1 箇所の濃集部が認められるのみであるが、その特性は、Veta Burton のそれとはほぼ同様である。

各元素の濃集部は、ほぼ同一場所に集中かつ重複して発達する結果、鉱脈の富鉱部は相成的に極めて複雑となる。更に、各元素の品位分布は富鉱部を中心にして走向方向に対称的に低下するが、垂直方向の変化は認められない。

3-5 鉱 物

本鉱床には多種・多様な鉱物を産するが、現在まで報告されている鉱物は黄銅鉱・四面銅鉱・銅藍・方鉛鉱・毛鉱・車骨鉱・硫酸塩鉱・閃亜鉛鉱・錫石・黄錫鉱・フランクアイト・濃紅

銀鉍・カンフィルダイト・黄鉄鉍・硫砒鉄鉍・菱鉄鉍・磁鉄鉍・磁硫鉄鉍・ピクスビ鉍・輝蒼鉛鉍・銀-錫-鉛-アンチモン-硫塩鉍物・石英・絹雲母などである。更に、第2年次の調査で新たに確認された鉍物及び、未同定硫塩鉍物は蒼鉛々鉍 ($Pb_5 Sb_8 S_{17}$)・蒼鉛-蒼鉛々鉍・銀-蒼鉛々鉍・自然蒼鉛・鉄重石 ($FeWO_4$)・マンガン重石 ($MnWO_4$)・鉄マンガン重石 ($(Fe \cdot Mn)WO_4$)・輝安鉛鉍 ($Pb_6 Sb_{14} S_{27}$)・閃安鉛鉍 ($P_5 Sb_4 S_{11}$)・グドムンダイト ($FeSbS$)、更に、蒼鉛-銀・鉛-亜鉛・鉛-錫・銀-錫・鉛-鉄などの組合せの硫塩鉍物及び金紅石である。

このうち鉄マンガン重石・金紅石・繊維亜鉛鉍などの確認は、地質温度計として鉍床生成温度の推定並びに、後述の流体包有物の実験結果の検討にも有益である。黄鉄鉍以外の鉄硫化鉍物については、硫砒鉄鉍はⅠ帯で極めて普遍的に産するが、Ⅱ帯・Ⅲ帯・Ⅳ帯と、次第にその存在量を減じ、Ⅴ帯ではⅠ帯の約30%程度の存在頻度となる。しかし磁硫鉄鉍はⅠ帯・Ⅱ帯及びⅢ帯には全く確認されず、Ⅳ帯で1個所認められるが、Ⅴ帯ではかなり普遍的に観察される。白鉄鉍はⅠ帯からⅣ帯までの各帯には全く確認されないが、Ⅴ帯では2個所で、その存在が確認されている。又、複雑な硫塩鉍物の種類・産出頻度はⅠ帯よりⅣ帯及びⅤ帯中に圧倒的に大きい。今後、これら事実の検討は、鉍化作用の物理化学的性質の解明に有効であると考えられる。

3-6 流体包有物

第2年次は、Veta Rosario・Veta Esperanza・Veta Burtonなどから、流体包有物の試料を採取して、その均質化温度を測定し、又、その一部については塩濃度も測定して鉍床生成温度の推定を試みた。その結果、鉍床生成温度は195℃~349℃で、西部のVeta Rosario付近が最も高温となり、東及び南東に向って低下する傾向を示す。この実験結果は、前述の数種の鉍物を利用した地質温度計の結果と一致しており、今後、鉍化作用の中心及び鉍液の流動方向の追跡などの探鉍手段として利用されよう。

3-7 鉍化作用

当鉍床は多種多様な鉍物が、ほぼ同時期に相前後して晶出し形成された複雑な鉍脈鉍床である。しかし分析品位・品位分布の形態・鉍物組成と鉍物組合せ及び、流体包有物の実験結果などを総合的に検討すると、鉍化作用は次の如く要約される。

- ① 鉍床生成温度は、Ⅰ帯付近の高温部を中心に周囲に向って低下した。この推定は、流体包有物実験及び、地質温度計で立証される。
- ② 鉍床の累帯構造は脈に平行に発達する。この現象は元素の組合せ・品位・各元素間の相関関係などの差異から、鉍床が5帯に分帯され得ることで、明らかにされた。

- ③ 同一鉍脈内での鉍化作用の中心は1個所以上存在し、その場所は移動しなかった。又、その鉍化中心は、一部の例外を除き各元素の濃集部と一致する。この現象はVeta Burtonに銅・鉛・亜鉛・錫・銀などに富む富鉍部が2個所存在し、かつ各元素の品位が、この富鉍部を中心として走向方向に対称的に減少する事実から推定される。
- ④ 多種・多様な鉍石鉍物は、時期的な晶出量の差は認められるが、ほぼ同時期に相前後して晶出したものである。このことは鉍石の肉眼的及び、顕微鏡的観察と鉍物の共生関係から明らかである。

BIBLIOGRAFIA

1. Billings, M.P. (1973) : Structural Geology, Charles E. Tuttle Company, Tokyo, 514P.
2. CMW PHOB, B.M. (1968) : Economic Geology, Lattice Co., Ltd., Tokyo, 859P. (translated in Japanese)
3. Hass, J.L., Jr., (1971) : The Effect of Salinity on the Maximum Thermal Gradient of a Hydrothermal System at Hydrostatic Pressure ; Economic Geology, Vol. 66, P940 - 946.
4. Heinrich, E. Wm. (1965) : Microscopic Identification of Minerals, McGraw - Hill Book Company, New York, 414P.
5. Kelly, Wm. C., and Turneure, F.S. (1970) : Mineralogy, Paragenesis and Geothermometry of the Tin and Tungsten Deposits of the Eastern Andes, Bolivia ; Economic Geology, Vol. 65, P609 - 680.
6. Lemlein, G.G., and Klevtsov, P.V. (1961) : Relations among the Principal Thermodynamic Parameters in a Part of the System H₂O - NaCl ; Geochemistry, No.2, P148 - 158.
7. McKinstry, H.E. (1953) : Shears of the Second Order ; American Journal of Science, Vol. 251, P401 - 414.
8. MMAJ/JICA (1980) : Informe de Investigación Geológica en Area Gran Chocaya, Republica de Bolivia, Vol. 1.
9. Potter, R.W., II, Clynne, M.A., and Brown, D.L. (1978) : Freezing Point Depression of Aqueous Sodium Chloride Solutions ; Economic Geology, Vol. 73, P284 - 285.
10. Roeder, E. (1967) : Fluid Inclusions as Samples of Ore Fluids ; Barnes, H.L., ed., Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, Holt, Rinehart, and Winston, Inc., New York, P515 - 574.
11. Saigusa, M (1958) : Geology and Mineralization of the Akenobe Mine, Hyogo Prefecture, Japan ; Mining Geology, Vol. 8, P218 - 238. (in Japanese)
12. Takenouchi, S (1975) : Basic Knowledge on Studies of Fluid Inclusions in Minerals - 2 - ; Gem News, Vol. 2, P66 - 73. (in Japanese)

13. Takenouchi, S (1975) : Basic Knowledge on Studies of Fluid Inclusions in Minerals - 3 - ; Gem News, Vol. 2, P110 - 121. (in Japanese)
14. Tatsumi, T. (1977) : Fundamental of Contemporary Economic Geology, University of Tokyo Press, 257P.
15. Uemura, T., and Iwamatsu, A. (1979) : Joint, Fault, and Stress Field ; Earth Science, Iwanami Shoten Co., Ltd. Tokyo, P137 - 160. (in Japanese)

第Ⅱ部 物理探査(IP法)

THE
MOUNTAIN
VIEW
SCHOOL
DISTRICT

MEMORANDUM

TO: THE BOARD OF DIRECTORS

FROM: THE SUPERINTENDENT

SUBJECT: [Illegible]

[The remainder of the memorandum text is illegible due to extreme blurriness.]

第Ⅱ部 物理探査（IP法）

第1章	調査の概要	Ⅱ-7
第2章	調査地域の地質及び鉱床	Ⅱ-7
第3章	調査方法	Ⅱ-9
3-1	測線設定と測量	Ⅱ-9
3-2	測定装置	Ⅱ-10
3-3	IP調査作業	Ⅱ-10
3-4	岩石物性測定作業	Ⅱ-11
第4章	解析方法	Ⅱ-13
4-1	IP測定結果の表現方法	Ⅱ-13
4-2	地形補正	Ⅱ-13
4-3	有限要素法によるシミュレーション解析法	Ⅱ-13
第5章	調査結果及び考察	Ⅱ-17
5-1	岩石物性測定結果と考察	Ⅱ-17
5-2	測線断面図と考察	Ⅱ-18
5-3	見掛比抵抗分布図と考察	Ⅱ-22
5-4	FE分布図と考察	Ⅱ-23
5-5	MF分布図と考察	Ⅱ-24
5-6	シミュレーション解析結果と考察	Ⅱ-25
5-7	総合結果図について	Ⅱ-26
第6章	結論と今後の調査	Ⅱ-27
	参考文献	Ⅱ-29

LISTA DE FIGURAS

- Fig. II-3-1 Disposición por medio de Polo-Dipolo
- Fig. II-3-2 Disposición Dipolo-Dipolo
- Fig. II-3-3 Mapa de resumen del sistema de la medición de las muestras de rocas
- Fig. II-4-1 Método de elemento finito para la interpretación IP red de base
- Fig. II-4-2 Método de elemento finito para la interpretación IP red topográfica
- Fig. II-5-1 Mapa de ubicación de extracción de las muestras de rocas
- Fig. II-5-2 Correlación entre resistividades y FE por medición en laboratorio
- Fig. II-5-3 Simulación por computadora (línea "B")
- Fig. II-5-4 Simulación por computadora (línea "F")
- Fig. II-5-5 Simulación por computadora (línea "I")
- Fig. II-5-6 Mapa explicativo de la polarización inducida y estructura geológica

LISTA DE TABLAS

Tabla II-3-1	Lista de método IP
Tabla II-5-1	Resultados de medición del método IP de las muestras de rocas
Tabla II-5-2	Resultados de medición por disposición por medio de Polo-Dipolo

LISTA DE PLANOS

Pl.	II-1-1	Mapa de ubicacion de líneas y puntos del estudio geofísico de Area	1 : 5,000
Pl.	II-2-1	Perfiles de la línea "A"	1 : 5,000
Pl.	II-2-2	Perfiles de la línea "B"	1 : 5,000
Pl.	II-2-3	Perfiles de la línea "C"	1 : 5,000
Pl.	II-2-4	Perfiles de la línea "D"	1 : 5,000
Pl.	II-2-5	Perfiles de la línea "E"	1 : 5,000
Pl.	II-2-6	Perfiles de la línea "F"	1 : 5,000
Pl.	II-2-7	Perfiles de la línea "G"	1 : 5,000
Pl.	II-2-8	Perfiles de la línea "H"	1 : 5,000
Pl.	II-2-9	Perfiles de la línea "I"	1 : 5,000
Pl.	II-2-10	Perfiles de la línea "J"	1 : 5,000
Pl.	II-2-11	Perfiles de la línea "K"	1 : 5,000
Pl.	II-2-12	Perfiles de la línea "L"	1 : 5,000
Pl.	II-2-13	Perfiles de la línea "M"	1 : 5,000
Pl.	II-2-14	Perfiles de la línea "N"	1 : 5,000
Pl.	II-2-15	Perfiles de la línea "O"	1 : 5,000
Pl.	II-3-1	Mapa de las resistividades aparentes (n : 1, profundidad = 100m)	1 : 5,000
Pl.	II-3-2	Mapa de las resistividades aparentes (n : 3, profundidad = 200m)	1 : 5,000
Pl.	II-3-3	Mapa de las resistividades aparentes (n : 5, profundidad = 300m)	1 : 5,000
Pl.	II-3-4	Mapa de los efectos de frecuencia (n : 1, profundidad = 100m)	1 : 5,000
Pl.	II-3-5	Mapa de los efectos de frecuencia (n : 3, profundidad = 200m)	1 : 5,000
Pl.	II-3-6	Mapa de los efectos de frecuencia (n : 5, profundidad = 300m)	1 : 5,000

Pl.	II-3-7	Mapa de los factores de conducción metálica (n : 1, profundidad = 100m)	1 : 5,000
Pl.	II-3-8	Mapa de los factores de conducción metálica (n : 3, profundidad = 200m)	1 : 5,000
Pl.	II-3-9	Mapa de los factores de conducción metálica (n : 5, profundidad = 300m)	1 : 5,000
Pl.	II-4-1	Simulación por computadora (línea "B")	1 : 5,000
Pl.	II-4-2	Simulación por computadora (línea "F")	1 : 5,000
Pl.	II-4-3	Simulación por computadora (línea "I")	1 : 5,000
Pl.	II-5-1	Mapa explicativo de la polarización inducida y estructura geológica	1 : 5,000

第 1 章 調査の概要

本調査は、Gran Chocaya 地域における第 1 年度地質調査の結果指摘された鉛床賦存の可能性の大きな Inocentes 鉛床周辺地域に対して物理探査（IP 法）を実施した。

調査地域は、Animas 鉛山主要脈（Veta Burton, Veta Rosario）の南西延長方向に当り、地域内には、既に Inocentes 鉛床（Veta Nueva）等が稼行中である。これらの鉛床群は、今後その延長方向及び下部方向に向って更に発展する可能性があり、又、未知の平行脈の存在も期待し得る地域である。

今回の物理探査は、Dipole - Dipole 電極配置による強制分極法を総延長 17.2 km の測線について実施した。

第 2 章 調査地域の地質及び鉛床

本調査地域の地質は、基盤はオルドビス紀の粘板岩及び砂岩の互層帯で、その上位に不整合に第三紀の凝灰岩礫岩、火山礫凝灰岩及び砂質凝灰岩が広く分布する。更にその上位を石英安山岩の熔岩がおろっている。

鉛床はオルドビス系から第三系にわたって胚胎される鉛脈鉛床群で、閃亜鉛鉛・方鉛鉛・黄鉄鉛などを主体に錫鉛物、銀鉛物その他の複雑な鉛物を随伴する。

調査地の西側には、Inocentes 鉛床が新しく開発され、石英安山岩中の鉛脈を探鉛中であるが、その中で最も優勢な脈は Nueva 脈で幅最大 1.0 m もあり、その延長数 100 m にも及ぶ。

品位は、最大 Zn. 38.16%、Pb. 37.64% で S 及び少量の Sn も含む。

第 3 章 調査方法

3-1 測線の設定と測量 (Fig II-5-1 参照)

本調査地域は、測量作業の便宜上、A地区（仮称）とB地区（仮称）に分け、A地区は $1.0\text{ km} \times 4\text{ 本} = 4\text{ km}$ 、B地区は $1.2\text{ km} \times 11\text{ 本} = 13.2\text{ km}$ 、A・B両地区で計 17.2 km の測線を設定した。

A地区における測線設定の基準点は、測線計画図上に示す通り、C測線北西の沢の分岐点（標高 $4,225\text{ m}$ から 226° 方向に 30 m の地点を基点とし、測点C-1と定めた。更に、この測点から 315° 方向に 100 m の地点をC-0、又、 135° 方向にC-2～C-10まで 100 m 間隔に測点を設定した。

C-0から 225° 方向に 200 m の地点をD-0とし、又、 45° 方向にも 200 m 間隔にB-0、A-0を設けて基点とした。D-0、B-0、A-0より、それぞれ 135° 方向に 100 m 間隔で1～10までの測点を設定した。

B地区は、Inocentes立坑プラット（標高 $4,257\text{ m}$ ）の中央を基準点として、 225° 方向に 30 m 、更にこれより 315° 方向に 286 m の地点をL-0とした。次に基点L-0から、 315° 方向に 200 m 間隔でM-0～O-0まで、又、 45° 方向に 200 m 間隔で、K-0～E-0まで各測線の基点を設定した。測点は各基点Na0より、 135° 方向に 100 m 間隔でそれぞれ1～12まで設定した。

測量には、ポケットコンパス及び間縄を使用した。

3-2 測定装置

本調査で用いた測定機と主な器材は次の通りである。

- a) IP送信機 千葉電子研究所製 Model CH-8003T (周波数法用)
- | | | |
|----|----|---------------------|
| 出力 | 最大 | 3.5 kW |
| 電圧 | 最大 | 1000 V |
| 電流 | | 0.1 A ~ 3.5 A 10段可変 |
- b) IP受信機 千葉電子研究所製 Model CH-8003R (周波数法用)
- | | | |
|-----------|-----------------------|-----|
| 入力インピーダンス | 300 K Ω | 不平衡 |
| 測定範囲 | 0.1 mV ~ 10 V | |
| 使用周波数 | 0.1, 0.3, 1.0, 3.0 Hz | |
| 精度 | $\pm 0.2\%$ | |
- c) エンジン発電機 Geotronics 社製 Model 421
- | | | |
|--------|----------------------|----|
| 出力電圧 | 115 V | AC |
| 周波数 | 400 Hz | |
| 出力 | 2.0 kW | |
| エンジン型式 | 単気筒 4 cycle ガソリンエンジン | |
- d) 電極その他
- | | | |
|---------|---------------------------------|--|
| 地表電流電極 | 銅網 16メッシュ 一辺約 30 cm 正方形 | |
| 地表電位電極 | 銅-硫酸銅電極 | |
| 電線 | VSF 1.25 mm ² ビニール電線 | |
| 測量器材 | 牛方ポケノトコンパス | |
| | 100 m エスコン間縄 | |
| トランシーバー | ナショナル RJ-360 A | |

3-3 IP調査作業

本調査では、Frequency Domain (周波数法) を採用した。この方法による現場測定には種々の電極配置があるが、本調査では電線間の電磁カップリングが少く、かつ一般に広く用いられている Dipole-Dipole 法を採用した。

また一部では、平均三極法も用いた。

a) 平均三極法

電極配置は、Fig. II-3-1 に示す。測定は、移動電極系 $C_1-P_1-P_2$ とその逆の $P_1-P_2-C_1$ の二種を採用し、平均値を求めた。

移動電極系の間隔は 1.5 m である。遠電極 C_∞ は 50 m 以上離れた。

Tabla II-3-1 Lista de método IP

Nombre de línea	Longitud de línea (Km)	Intervalo de electrode (m)	Profundidad (n)	Número de puntos medidos
A	1.0	100	1 ~ 5	0 ~ 10
B	1.0	100	1 ~ 5	0 ~ 10
C	1.0	100	1 ~ 5	0 ~ 10
D	1.0	100	1 ~ 5	0 ~ 10
E	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
F	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
G	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
H	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
I	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
J	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
K	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
L	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
M	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
N	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
O	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12

Fig. II - 3 - 1 Disposición promedio de Polo - Dipolo

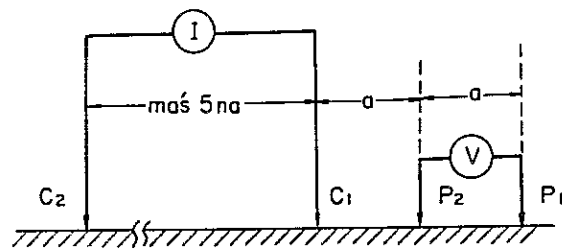
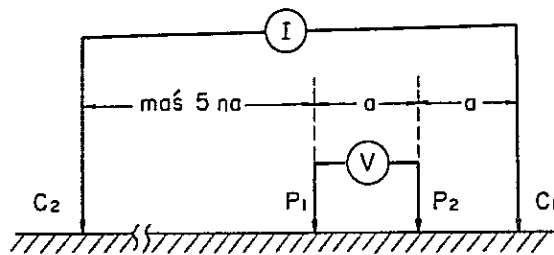
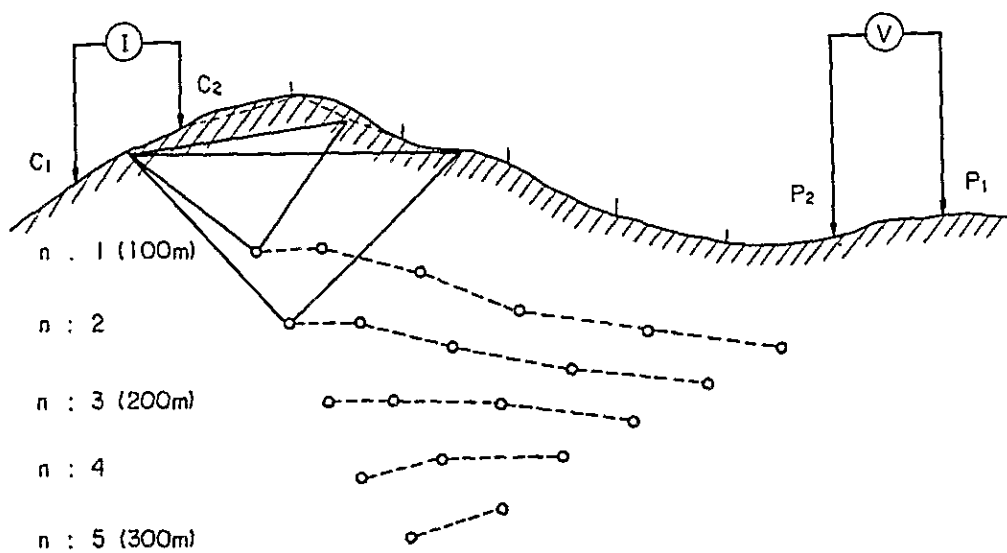
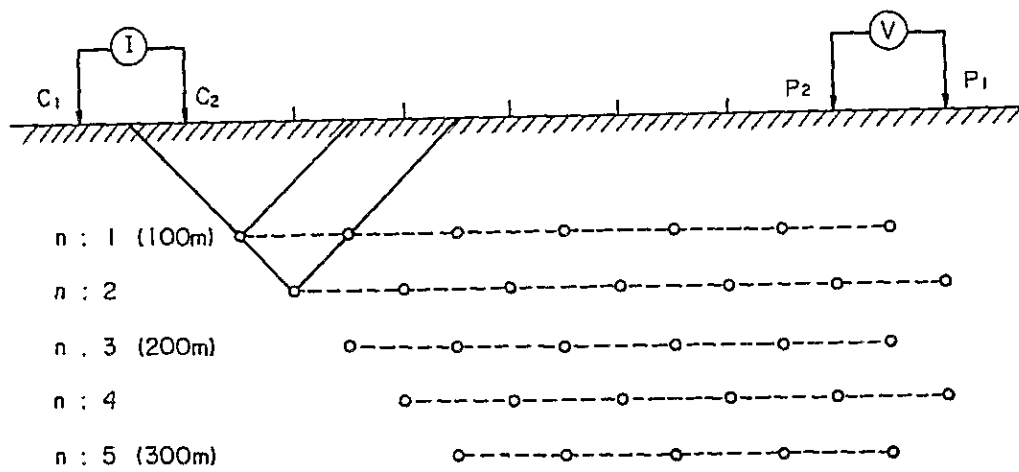
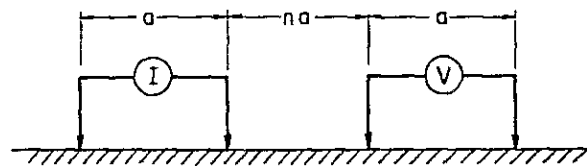


Fig. II-3-2 Disposición Dipolo - Dipolo



(b) Dipole - Dipole 法

電極配置は、Fig. II - 3 - 2 に示す。Dipole の長さ a は 100 m 、隔離係数 n は測線の両端で $2 \sim 5$ 、その他では $1 \sim 5$ まで展開した。この場合の探査深度は直角二等辺三角形の頂点プロットのため約 $100 \sim 300\text{ m}$ の範囲に相当する。

3 - 4 岩石物性測定作業

データの解釈とシミュレーション解析の基礎資料を得るため、調査地域内とその周辺で岩石及び鉍石資料を 35 個採取し、室内において IP 測定を行なった。

a) 測定方法

測定は Frequency Domain (周波数法) を採用した。この表示方法は地表 IP 測定と同一である。

岩石及び鉍石試料は、採取後数ヶ月以上経過しており、試料の含水状態は相当変化していると思われるため、 $70\ \Omega\text{-m}$ に調製した (水道水 + KCl) 溶液に一昼夜浸した後に測定を行なった。測定系は Fig. II - 3 - 3 に示す。

試料はダイヤモンドカッターで両端を切り、ほぼ長方形に整形したものをホルダー内に直立させて測定した。電位電極は試料の両端に螺旋形の白金線を数枚の口紙を隔てて密着させ、また電流電極はその外側に 2.5 cm 厚の口紙を隔てて同じ形状の白金線を密着させ設置した。電流電極の上部には錘を載せた塩化ビニール製の板を重ね、試料の保持を図った。測定にあたっては、初めに純抵抗による電流波形のチェック、及び測定系のブランクテストとして、直径 50 mm 、長さ 45 mm の塩ビパイプに口紙をつめたものを擬似の岩石試料とみなして IP 測定を行なった。

その結果は、測定野帳に示すように $FE = 0.00 \sim -0.01$ で充分小さい値であった。尚、電流密度は平均して $0.3 \sim 0.6\ \mu\text{ A/cm}^2$ であった。又、試料の比抵抗算出は次式によった。

$$\rho = (V/I) \cdot (S/l) \quad : \Omega\text{-m}$$

但し、 V ; 電位差 (V)

I ; 電流値 (A)

S ; コア断面積 (m^2)

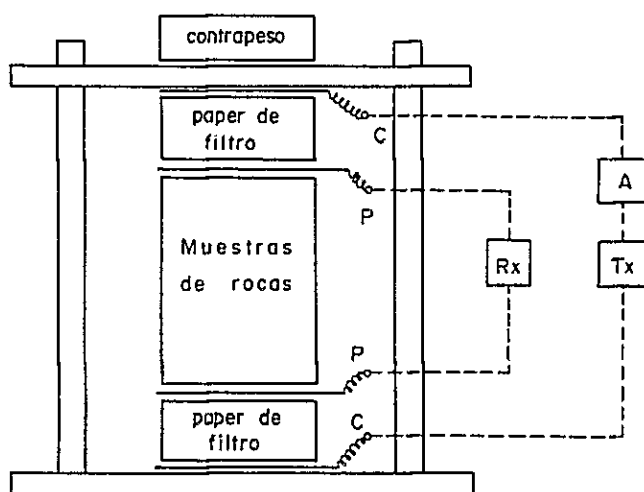
l ; コア長 (m)

b) 測定装置

IP 送信機	横浜電子研究所製 Model TSS-22-20
電流	$1\ \mu\text{ A} \sim 10\text{ mA}$
波形	矩形波 0.3 Hz , 3 Hz

I P 受信機 横浜電子研究所製 Model 7505 Z
 測定範囲 1次電位差 1 mV ~ 10 V
 電極 白金線 直径 0.3 mm

Fig. II-3-3 Mapa de resumen del sistema de la medición de las muestras de rocas



- Tx Transmisor
- Rx Receptor
- A Amperímetro

第 4 章 解析方法

4-1 IP 測定結果の表現方法

送信機の電流値 I (AmP) と受信機の電位表示 V_p (mV) 及び「レンジ」の数値から次式によって見掛比抵抗 ρ_a ($\Omega\text{-m}$) を算出した。

$$\rho_a (\Omega\text{-m}) = K \cdot V_p \cdot \text{「レンジ」} / I$$

但し、 K は幾何係数である。

FE は、周波数を 3.0 Hz 及び 0.3 Hz として測定した。

比抵抗を $\rho(3.0)$ 及び $\rho(0.3)$ として、

$$FE (\%) = \{ \rho(0.3) - \rho(3.0) \} \times 100\% / \rho(3.0)$$

で表わされるが、受信機で直読出来る。

金属硫化物は低比抵抗でかつ高 FE を示すことが多いことから、金属鉱物による効果の指標として FE と見掛比抵抗との比が用いられる。この比は金属電導度係数 (Metal Conduction Factor - MF) と呼ばれており、ここでは次のように定義する。

$$MF = FE / \rho_a \times 10^3$$

見掛比抵抗、 FE それに MF の得られた値は、断面図において、電流電極 C_1 、 C_2 と電位電極 P_1 、 P_2 の各中点を結ぶ線を底辺とする直角二等辺三角形の頂点に表示した。(Fig. II-3-2)

4-2 地形補正

各種電極配置により見掛比抵抗を測定すると、地下が電氣的に等方均質であっても、地表地形が平坦でない場合、見掛比抵抗は均一でなくなる。Dipole - Dipole 電極配置の場合、一般に、地形の凸部の所で見掛比抵抗が高くなり、凹部では逆に低くなる。

調査地域内の地形の起伏の著しい個所を通る測線については、2次元の地形補正を施し、解析にあたっては十分、考慮した。

4-3 有限要素法によるシミュレーション解析法

今回の IP 調査結果の定量的解析法として、2次元の有限要素法を採用した。この方法は、これまで IP 解析に多く用いられた正方形 net の方法に比べて、地形の影響をよりよい精度で計算することができる。

有限要素法は物理量の問題の解法として、近年広く用いられるようになった。この方法の基礎は、物理量の問題の全エネルギーが最少になるように空間分布するという原理である。有限要素法は構造物の応用解析や熱伝導の研究に広く応用されており (参考文献 1) 最近では種類の電気探査法の結果解析にも適用され始めた (参考文献 2)。

比抵抗法やIP法の問題の場合にも、地表または地中の点電流源が作る大地内の電場は、その全エネルギーが最少になるように分布する。この場合、電場エネルギー最少の条件は、変分方程式

$$\Delta \int_V f(\phi) dV = 0 \quad (1) \text{ 式}$$

で表わされる。 $f(\phi)$ はMaxwell の電磁方程式から導かれる電位 ϕ の関数で、定常電場の場合には電導度 σ と電流密度 J_s を用いて次式で表わされる。

$$f(\phi) = \sigma (\nabla \phi)^2 - 2 J_s \cdot \nabla \phi \quad (2) \text{ 式}$$

(1)式は点電源からの電流が通る大地全体の体積についての積分であるが、有限要素法では十分な大きさの有限な体積をとって近似する。今回の結果解析は2次元問題として取扱い、体積の代わりに十分な広さの断面積（水平17.1km，垂直7.1km）を採用した。

この断面積を多数（N個）の三角形（要素）に分割し、各要素の記号を V_1, V_2, \dots, V_N とすると、積分は次のように置き換えられる。

$$\int_V f(\phi) dV = \sum_{V_i} \left\{ \int_{V_i} f(\phi) dV \right\} \quad (3) \text{ 式}$$

個々の要素の中では電流ベクトルは一定であると仮定しても十分な精度が得られるように要素の面積を小さくとる。このような近似法によって(3)式の{ }内の積分は三角形の頂点（ノード）の電位値（ ϕ_1, ϕ_m, ϕ_n ）の簡単な関数になる。従って全体積分の近似式が次式で表わされる。

$$\int_V f(\phi) dV = G(\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_M) \quad (4) \text{ 式}$$

Mはノードの個数である。

エネルギー最小の条件は次のM個の式で表わされる。

$$\partial G / \partial \phi_1 = 0 \quad (5) \text{ 式}$$

⋮

$$\partial G / \partial \phi_M = 0$$

これらの方程式は ϕ_1, \dots, ϕ_M の連立1次方程式になっていて、次の行列方程式（正規方程式）で表わされる。

$$[T] \cdot (\phi) = (S) \quad (6) \text{ 式}$$

[T]はM行M列の行列、 (ϕ) は電位値のマトリックスであり、マトリックス(S)の中には電流値のみが含まれている。

今回の解析には、要素の「net」としてFig. II-4-1の「base net」およびFig. II-4-2に1例を示すような「地形net」を用いたので、Mは846個、Nは1603個となった。なお最も小さい要素の形はモデル近似の精度をよくするため「base net」においては一辺100

m の直角三角形とし「地形 net」においては測点付近を細かくとって一辺 50 m 以下の三角形とした。各要素に種々の比抵抗値及び分極率を与えると、行列 [T] が決まり、さらに電流源の位置と電流値を与えると、ベクトル (S) が決まるので、(6)式を解いてすべてのノードの電位 $\phi_1 \dots \phi_M$ が算出できる。この計算には ACOS-300, 又は TOSBAC-5600 を用いた。これらの ϕ の値のうち、シミュレーションに必要な地表のノード群の電位値を用いて通常の計算式により 2次元の見掛比抵抗値を算出した。

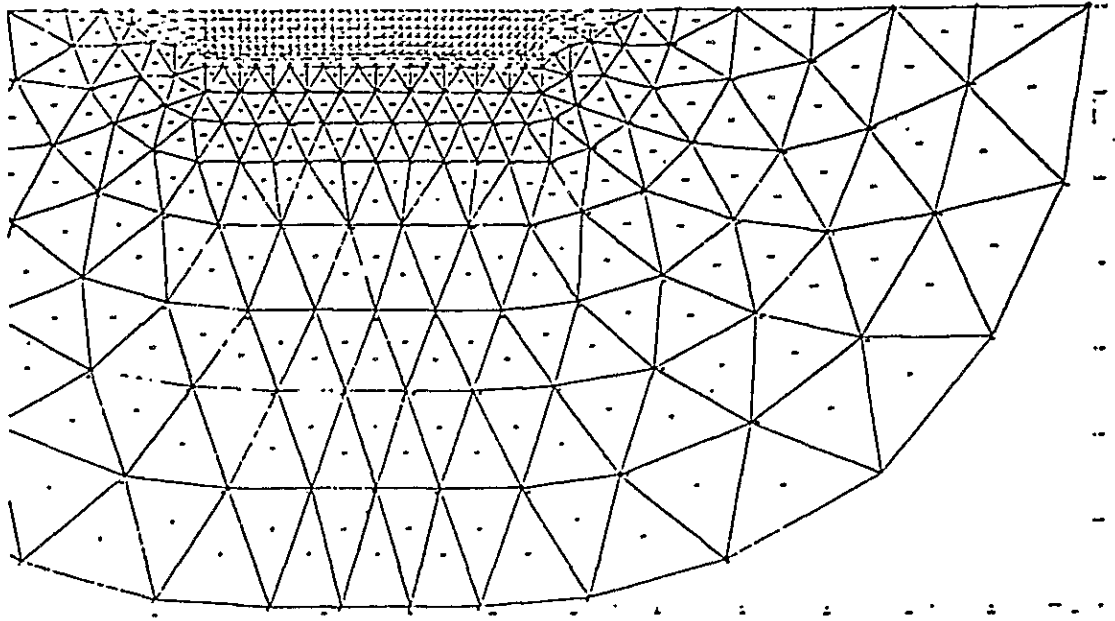
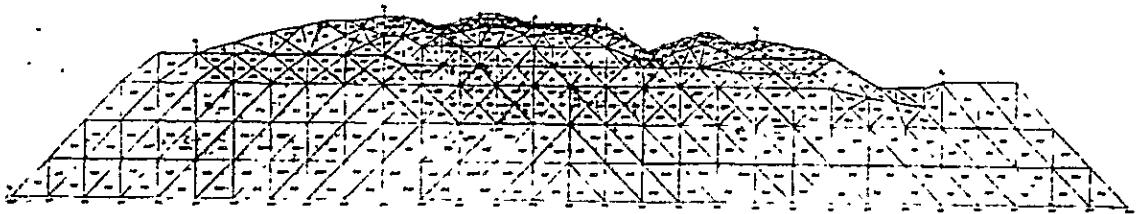


Fig. II-4-1 Método de elemento finito para la interpretación IP
「red de base」



Línea C

Fig. II-4-2 Método de elemento finito para la interpretación IP
「red topográfica」

第 5 章 調査結果及び考察

5-1 岩石物性測定結果と考察

調査地域に分布する岩石固有の電気的特性を知ることは、地表 I P の結果を考察するうえでの最も重要な根拠を与えるものである。

本調査では、調査地域内から地表岩石を 31 個、坑内より鉍石を 4 個、計 35 個の試料を採取して、それぞれの見掛比抵抗と F E を測定した。

これらの岩石試料の採取位置は、Fig. II-5-1 に、物理測定結果は Table II-5-1 に示した。見掛比抵抗と F E の関係は、Fig. II-5-2 に示した。

又、現場における地層の電気的特性を得るために、 $a = 1 m$ 、 $5 m$ の電極間隔で平均三極法により岩石の見掛比抵抗と F E を測定した。測定位置は Fig. II-5-1 に、測定結果は Table II-5-2 に示した。

これらの結果から次の点が指摘される。

- (1) 調査地域では、石英安山岩が広く分布しているため、採取した 31 個の岩石試料の内 29 個が石英安山岩で占められ、解析に当っては、この岩石の物性測定結果を十分参考にする必要がある。
- (2) 岩石試料の物性測定結果 (Table II-5-1) から見掛比抵抗は $3.6 \sim 45.96 \Omega \cdot m$ の巾広い範囲に亘っており、F E は $0.6 \sim 6.0 \%$ の範囲を示している。又、地表の平均三極法 (Table II-5-2) では、見掛比抵抗 $2.8 \sim 11.9 \Omega \cdot m$ 、F E $2.6 \sim 4.0 \%$ を示しており、全体的に自然状態の見掛比抵抗が岩石試料の物性測定結果より低い値となっている。
- (3) 見掛比抵抗は、低抵抗から高抵抗まで広い範囲に亘っているが、おむね、新鮮で、堅硬緻密な岩石は、高抵抗—低 F E の傾向を示し、強変質を受け、脱色されてやぶポーラスな岩石は、低抵抗—高 F E の傾向となっている。又、同じ変質作用でも強い珪化作用を受けた岩石は極めて高い抵抗を示すが、F E はさほど大きな値を示していない。
- (4) 坑内より採取した 4 個の岩石の見掛比抵抗は、黄鉄鉍に富む鉍石の場合は、 $6 \sim 13 \Omega \cdot m$ と極めて低抵抗であり、閃亜鉛鉍及び方鉛鉍に富む岩石の場合は $70 \sim 140 \Omega \cdot m$ とやぶ高抵抗となっている。又、F E はいずれも $1.5 \sim 3.7 \%$ と高い値を示し、F E $0 \sim 4 \%$ で、見掛比抵抗 $100 \sim 2000 \Omega \cdot m$ の値を示し、周辺の岩石とは明瞭な相異が認められる。

5-2 測線断面図と考察

Pl. II-2-1~Pl. II-2-15には、4-1「IP測定結果の表現方法」に述べた要領で測線毎の見掛比抵抗、FE、MF、地質を対比しやすいように断面図に表わした。

(1) A測線 (Pl. II-2-1 参照)

見掛比抵抗は、 $100\Omega\text{-}m$ 前後の値が大勢を占め、No.6~9にかけて $150\Omega\text{-}m$ 以上、最大 $277\Omega\text{-}m$ の高抵抗を示す。

FEは、No.5~9にかけて、浅部から深部まで続く、5%以上、最大7%の異常が認められ、測線端から南東側に連続する可能性がある。MFは、FEとほぼ同位置に異常が認められる。

地質図との対比では、No.5~9の異常帯には、石英安山岩中の鉍化、変質帯の存在が推察される。

(2) B測線 (Pl. II-2-2 参照)

見掛比抵抗は、No.3~6に $100\Omega\text{-}m$ 以下の低抵抗帯がある。

No.2~4, No.8~9に $150\Omega\text{-}m$ 以上、最大 $248\Omega\text{-}m$ の高抵抗帯がある。

FEは、No.5~9にかけて5%以上、最高8%の異常が認められる。

A測線から連続するもので、南東側に発展する可能性がある。

MFでは、No.5~6に異常がある。

地質図との対比では、No.5~9の異常帯には、A測線と同様、石英安山岩中の鉍化、変質帯の存在が推察される。

(3) C測線 (Pl. II-2-3 参照)

見掛比抵抗は、No.2~3の浅部に $100\Omega\text{-}m$ 以下、最低 $36\Omega\text{-}m$ を示す小規模な低抵抗帯がある。No.3~5, No.7~10に $150\Omega\text{-}m$ 以上、最大 $298\Omega\text{-}m$ の高抵抗帯がある。

FEは、No.1~8で広範囲に4%以上の異常帯があり、No.1の測線端及びNo.2~7の深部に5~6%の異常がある。

MFは、No.2~3の地表付近に異常がある。

地質図との対比では、No.1~3の異常帯では、浅部~深部にかけて、又、No.4~7の異常帯では深部で石英安山岩中の鉍化、変質帯の存在が推察される。

(4) D測線 (Pl. II-2-4 参照)

見掛比抵抗は、 $100\Omega\text{-}m\sim 300\Omega\text{-}m$ で全般的に高い。

FEは、No.1~3, No.4~8の深部に4~5%の異常帯がある。

MFは変化に乏しい。

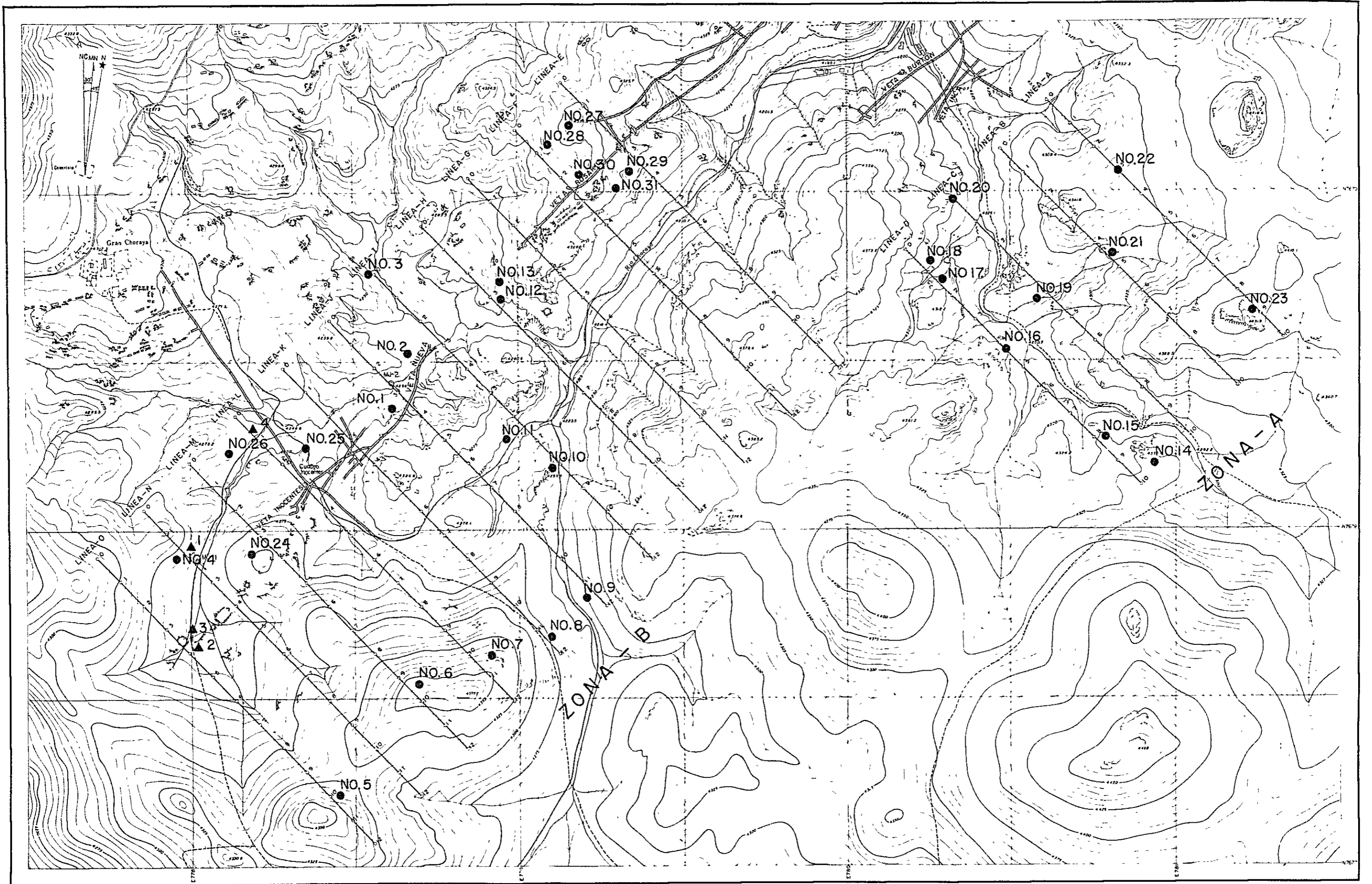
地質図との対比では、No.1~3, No.4~8の異常帯は深部で石英安山岩中の鉍化、変質帯

Tabla II-5-1 Resultados de medición del método IP de las muestras de rocas

Núm. de muestra	Nombre de rocas o minerales	AR(Ω -m)	FE(%)	Nota
1	Dacita	321	1.7	fresca pl. mucho
2	"	100	1.6	altarado débil
3	"	185	2.4	fresca pl. mucho
4	"	236	1.5	alterado b́ebil
5	"	134	2.2	" " con bio.
6	"	4596	2.5	fresca con qz. pl.
7	"	768	0.5	" con pl.
8	"	197	2.9	" con pl. qz.
9	Andesita	1225	-0.6	" (dique)
10	Dacita	226	1.4	alterado débil
11	"	246	2.4	"
12	"	1063	0.6	fresca pl. mucho
13	Toba	3445	1.9	siliceo
14	Dacita	396	2.3	alterado b́ebil
15	"	526	0.5	fresca pl. much
16	"	95	5.8	alterado débil
17	"	439	1.3	fresca pl. qz, mucho
18	"	68	6.0	altarado fverte
19	"	1869	1.2	fresca pl. rich
20	"	76	2.8	alterado fuerte
21	"	1163	0.9	fresca
22	"	857	3.1	alterad fuerte
23	"	1127	0.9	" débil
24	"	104	3.8	" "
25	"	139	1.9	" "
26	"	305	0	" "
27	"	1200	0.6	" "
28	"	1677	0.4	fresca
29	"	36	2.2	alterad
30	"	208	2.6	" fuerte con qz.
31	"	4407	2.5	siliceo
32	Esfalerita	70	26.0	con galena Zn : 45% pb : 50%
33	Pirita	6	37.0	con esphalerita Q S : 30 Fe : 38
34	Esfalerita	140	24.0	con galena Zn : 50% Pb : 60%
35	Pirita	13	11.5	red alveolar S : 8% Fe : 10%

**Tabla II-5-2 Resultados de medición por disposición
promedio de de medi Polo-Dipolo**

Numero de puntos medidos	a (m)	Range	(mv) Fine	I (mA)	FE(%)	ρ (Ω -m)	$\frac{(\%)}{FE+FE}$ 2	$\frac{(\Omega-m)}{\rho+\rho}$ 2	Nota
1	1	1,000	1268	250	2.7	64	2.6	56	Cercanías de línea-N-2
			963		2.5	48			
2	1	1,000	700	250	2.5	35	2.5	29	Encima de desmonte de cercanías de línea-0-4
			465		2.5	23			
3	1	1,000	2255	250	2.8	113	3.0	119	Cercanías de línea-0-4
			2465		3.2	124			
"	5	100	1296	250	4.0	33	4.0	28	"
			900		4.0	23			
4	1	100	5070	250	3.0	26	3.3	34	Ceranías de línea-L-0.5
			8322		3.5	42			



FI
MA
EX
MU

500 m

LE

NO. 1

NO. 2

NO. 3

NO. 4

NO. 5

NO. 6

NO. 7

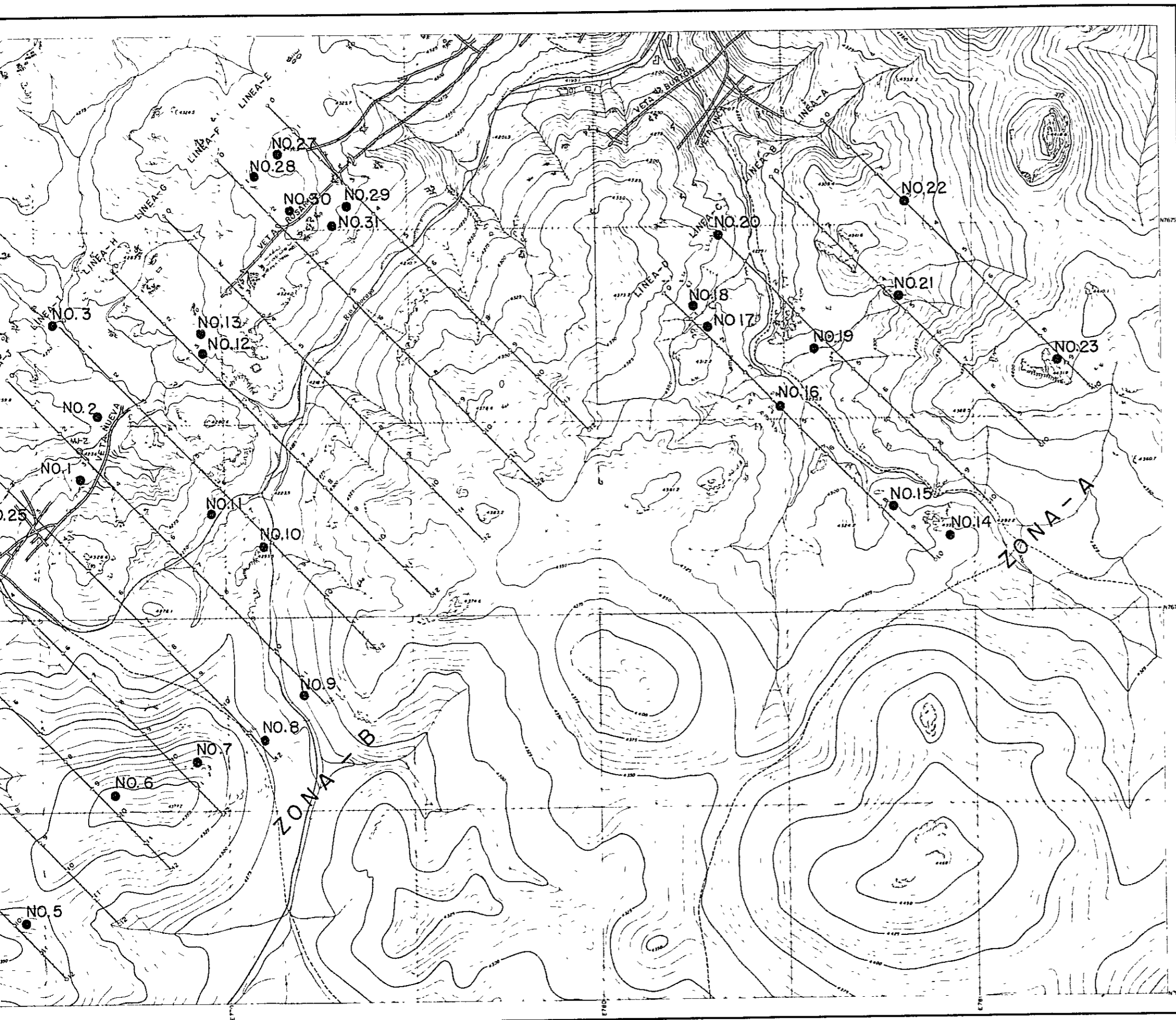
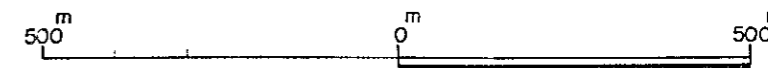


Fig II-5-1

MAPA DE UBICACION DE EXTRACCION DE LAS MUESTRAS DE ROCAS

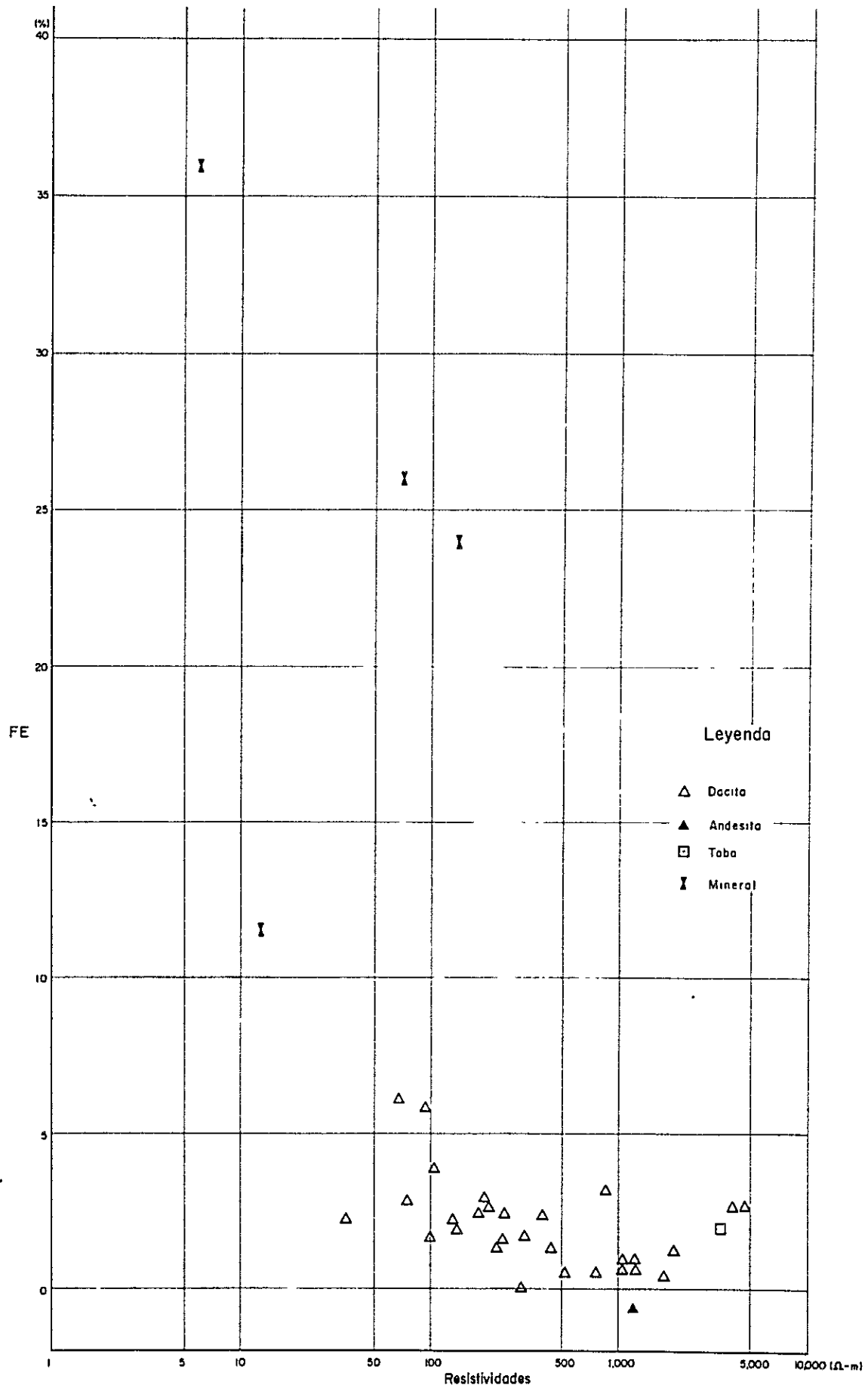
ESCALA 1:10.000



LEYENDA

- NO.4 ● Ubicación de extracción de las muestras de rocas
- 4 ▲ Ubicación de disposición promedio de Polo-Dipolo

Fig II-5-2 Correlación entre resistividades y FE por medición en laboratorio



の存在を推察させる。F E異常は他の測線に比較して小さくなっていることから、鉍化、変質帯も弱いものとする。

(5) E測線 (Pl. II - 2 - 5 参照)

見掛比抵抗は、Na 1 ~ 8 に $65 \Omega - m$ 以下、最低 $5 \Omega - m$ を示す顕著な低抵抗帯があり、測線端から北西側に向って連続する可能性がある。Na 10 ~ 12 では、 $150 \Omega - m$ 以上の高抵抗帯がみられる。

F E は、Na 1 の浅部から Na 9 の深部にかけて 6 % 以上、最大 12 % の顕著な異常帯があり、Na 5 を中心とする「ハ」の字型異常に近似している。

上記の低抵抗帯と同様、測線端から北西側へ連続する可能性がある。

M F は、上記の低抵抗帯と F E 異常帯の分布と同じく、Na 1 ~ 8 に異常が認められる。

地質図との対比では、上記の異常帯は、Veta Rosario 及び Veta Burton の走向延長の鉍化、変質帯に明瞭に対応している。推定された Veta Inca の走向延長の鉍化、変質帯は、F E で 4 % 以上とやや弱い異常に含まれているものと推定されるが、見掛比抵抗では、 $100 \Omega - m$ 前後であり、この測線では、その反映が弱いものと考えられる。

(6) F測線 (Pl. II - 2 - 6 参照)

見掛比抵抗は、Na 1 ~ 6, Na 7 ~ 8 の深部に $65 \Omega - m$ 以下、最低 $7 \Omega - m$ を示す顕著な二つの低抵抗帯がある。Na 8 から測線端の南東側では、 $150 \Omega - m$ 以上、最大 $258 \Omega - m$ の高抵抗帯が認められる。

F E は、Na 1 ~ 9 に 5 % 以上、最大 9.6 % の顕著な異常帯がある。北西側の測線端では、10 % 近くの高 F E を示し、更に外に発展する可能性がある。

M F は、上記の低抵抗帯及び F E 異常帯とほぼ同じ形状で Na 1 ~ 9 に異常が認められる。

地質図との対比では、上記の異常帯は、E 測線から連続している Veta Rosario 及び Veta Burton の走向延長の鉍化、変質帯を反映しているものと考えられる。Na 9 付近の 4 % 以上の F E 異常帯は、Veta Inca の走向延長に対応しているが、その反映は弱い。

(7) G測線 (Pl. II - 2 - 7 参照)

見掛比抵抗は、Na 1 ~ 8 の北西側の浅部より南東側の深部に続く $65 \Omega - m$ 以下、最低 $22 \Omega - m$ を示す顕著な低抵抗帯があり、深部では、Na 3 付近と Na 7 付近を中心とする二つのブロックとなる。Na 5 ~ 6 の浅部においては $100 \Omega - m$ 以下を示す。

F E は、4 % 以上の異常帯の分布が比抵抗とほぼ同じ形体で Na 1 ~ 9 に認められ、Na 3, Na 5 ~ 7 の二箇所では 6 % 以上の高 F E を示す。測線端の北西側では、更に外に発展する可能性がある。

M F は、比抵抗、F E とほぼ同位置に異常が認められるが、なかでも Na 2 ~ 3 では浅部から深部までの異常帯となっている。

地質図との対比では、上記の異常帯が Veta Rosario 及び Veta Nueva 及び Veta Burton の走向延長の鉍化、変質帯によく対応している。Veta Inca は、走向延長では、鉍化が弱いためか、この測線でも反映が弱い。

(8) H 測線 (Pl. II - 2 - 8 参照)

見掛比抵抗は、Na 1 ~ 8 の深部に $65 \Omega\text{-m}$ 以下、最低 $26 \Omega\text{-m}$ を示す低抵抗帯がある。Na 8 ~ 10 には、 $150 \Omega\text{-m}$ 以上の高抵抗帯がある。

FE は、Na 1 ~ 4, Na 7 の浅部に 4 % 以上の異常帯があり、Na 1 ~ 11 の深部では 4 ~ 9 % の異常帯が認められる。

MF は、比抵抗、FE とほぼ同位置に異常が認められる。

地質図との対比では、上記の異常帯は、Veta Rosario, Veta Nueva 及び Veta Burton の走向延長の鉍化、変質帯によく対応している。

(9) I 測線 (Pl. II - 2 - 9 参照)

見掛比抵抗は、Na 1 ~ 2, Na 2 ~ 4, Na 4 ~ 6, Na 7 ~ 10 に $65 \Omega\text{-m}$ 以下、最低 $40 \Omega\text{-m}$ の低抵抗帯があり、なかでも Na 2 ~ 4, Na 7 ~ 10 は顕著である。Na 4 ~ 6 及び Na 10 ~ 12 の浅部に $150 \Omega\text{-m}$ の高抵抗帯が認められる。

FE は、Na 1 ~ 4, Na 6 ~ 10 に 4 % 以上、最大 8 % の二つの異常帯があり、とくに Na 6 ~ 10 は「ハ」の字型異常に近似している。

MF は、Na 1 ~ 4, Na 6 ~ 10 に異常が認められる。

地質図との対比では、Na 1 ~ 4, Na 6 ~ 10 の二つの異常帯は、Veta Nueva, Veta Burton の走向延長の鉍化、変質帯に対応している。

(10) J 測線 (Pl. II - 2 - 10 参照)

見掛比抵抗は、Na 1 ~ 3 の浅部に Na 5, Na 8 の深部に $65 \Omega\text{-m}$ 以下、最低 $49 \Omega\text{-m}$ の低抵抗帯がある。Na 3 ~ 6 の浅部に $150 \Omega\text{-m}$ 以上の高抵抗帯がある。

FE は、Na 2 ~ 3 の浅部から Na 6 の深部まで続く、4 % 以上、最大 6.2 % の異常帯があり、Na 7 ~ 10 には、地表から深部まで続く、4 % 以上の異常帯がある。

MF は、Na 3, Na 4 ~ 5, Na 8 に小規模な異常が認められる。

地質図との対比では、Na 2 ~ 6 の異常帯は、Veta Nueva に対応して見られる。Na 7 ~ 10 の異常帯から、Veta Burton の走向延長の鉍化、変質帯が推定される。

FE 異常帯は、他の測線に比較して反映が弱く、全体に鉍化が弱いものと考えられる。Veta Nueva の下部を探鉍した MJ - 2 の試錐結果では、鉍脈は劣化しており、この測線での FE 異常が弱くなっていることと良く一致している。

(11) K 測線 (Pl. II - 2 - 11 参照)

見掛比抵抗は、Na 1 ~ 4, Na 7 ~ 8 に $65 \Omega\text{-m}$ 以下、最低 $47 \Omega\text{-m}$ の低抵抗帯があり、

Na 1 ~ 4 の低抵抗帯は浅部から深部に続き、北西側に連続する可能性がある。Na 4 ~ 5, Na 9 ~ 12 の浅部に $150 \Omega - m$ 以上の高抵抗帯が見られる。

FE は、Na 1 ~ 7 の浅部から深部に続き、4 % 以上、最大 5.8 % の異常帯が認められ、Na 7 ~ 10 の深部には、3 % 以上のやゝ弱い異常帯がある。

MF は、比抵抗、FE とほぼ同位置に異常がある。

地質図との対比では、Na 1 ~ 7 の異常帯は、Veta Inocentes, Veta Nueva の富鉍部によく対応している。

(2) L 測線 (Pl. II - 2 - 1 2 参照)

見掛比抵抗は、Na 2 ~ 4 に浅部から深部まで、Na 4 ~ 6 の深部に $65 \Omega - m$ 、最低 $37 \Omega - m$ の低抵抗帯がある。Na 10 の浅部に $150 \Omega - m$ 以上を示す高抵抗帯が、一点見られ南東方向に連続する傾向がある。

FE は、Na 1 ~ 7 に 4 % 以上、最大 7 % の顕著な異常帯が認められる。この異常帯に対しては、Na 4 付近を中心にして北西側へ傾斜した異常体モデルを置けば、よく一致する。Na 8 ~ 9 には、地表直下から深部に 3 % 以上のやゝ弱い異常帯が認められる。

MF は、Na 2 ~ 4 の浅部、Na 4 ~ 6 の深部に異常が認められる。

地質図との対比では、Na 1 ~ 7 の異常帯は Veta Inocentes, Veta Nueva の富鉍部によく対応している。

(3) M 測線 (Pl. II - 2 - 1 3 参照)

見掛比抵抗は、全般的に低い。 $65 \Omega - m$ 以下の低抵抗帯が Na 1 ~ 2, Na 3 ~ 10, Na 10 ~ 11 にみられる。

FE は、Na 2 ~ 3, Na 4 ~ 6 の深部に 4 % 以上、最大 5 % の異常帯がある。

MF は、Na 5 ~ 8 の深部に異常がある。

地質図との対比では、Na 2 ~ 3, Na 4 ~ 6 の異常帯が Inocentes 鉍脈群及び鉍化、変質帯の南西側走向延長の推定位置とよく一致している。

(4) N 測線 (Pl. II - 2 - 1 4 参照)

見掛比抵抗は、全般的に $100 \Omega - m$ 以下と低い。 $40 \Omega - m$ 以下の低抵抗帯は、Na 1 ~ 2 の浅部、Na 3 の深部、Na 7 ~ 8 及び Na 10 の浅部にある。

FE は、Na 4 ~ 7 に浅部から深部にかけて、4 % 以上の異常帯があり、Na 5 ~ 6 では、地表直下に 6 % の異常が認められる。

MF は、Na 3 ~ 5 の深部、Na 5 ~ 8 及び Na 9 ~ 11 の浅部に異常がある。

地質図との対比では、Na 4 ~ 7 の異常は、Inocentes 鉍床の南西延長の鉍化帯及び変質帯に対応している。今回実施した MJ - 1 試錐では、鉍脈の走向延長で、細脈が確認され

た。

№ 5 ~ 6 を中心とする浅部の異常帯は新たな平行脈の存在も考えられるが、試錐結果や F E 異常から下部への発展の可能性は薄い。

45) O 測線 (Pl. II - 2 - 15 参照)

見掛比抵抗は、全般的に $100\ \Omega\text{-}m$ 以下と低い。 $25\ \Omega\text{-}m$ 以下の低抵抗帯が № 4 ~ 6 の深部に、 № 7 ~ 8 の浅部から深部にある。 № 1 の測線端では $150\ \Omega\text{-}m$ の高い値が一点認められ、北西方向に連続する傾向が見られる。

F E は、 № 4 ~ 5 の地表直下と、 № 8 ~ 10 の深部及び № 10 の測線端の地表直下に 4 % 以上の異常帯がある。

M F は、 № 4 ~ 5 では深部に、 № 8 ~ 10 では浅部~深部にかけて異常帯が認められる。

地質図との対比では、 № 4 ~ 5 の異常帯は Inocentes 鉱床の南西側延長の鉱化、変質帯に対応して見られるが、 F E 異常としては小さくその反映は弱い。 № 8 ~ 10 にかけての異常帯は明らかな低抵抗-高 F E の関係を呈する異常で新たな平行脈の存在が推定出来る。しかしこの異常は、調査区域の南西端にあって、その全容は明らかでない。

5-3 見掛比抵抗分布図と考察

調査地域の見掛比抵抗 (A R) の平面的分布を、電極隔離係数 $n : 1$ (深度約 $100\ m$)、 $n : 3$ (深度約 $200\ m$) 及び $n : 5$ (深度約 $300\ m$) について Pl. II - 3 - 1 ~ Pl. II - 3 - 3 に図示した。

A R は、 $5 \sim 348\ \Omega\text{-}m$ の範囲で変化する。全体的な A R の分布から $100\ \Omega\text{-}m$ 前後がバックグラウンド値と考えられ、本調査地域の A R を次のように区分した。

- a) 低抵抗帯 (L. A R) : $65\ \Omega\text{-}m$ 以下
- b) 中間抵抗帯 (M. A R) : $65 \sim 150\ \Omega\text{-}m$
- c) 高抵抗帯 (H. A R) : $150\ \Omega\text{-}m$ 以上

a) L. A R の分布

Line - C, № 2 ~ 3 付近の浅部に小規模な分布がある。 Line - E の № 2 ~ 4 付近に始まり、深部ではその分布範囲が大きくなり、 Line - E, № 2 ~ 7 から南西方向に Line - K, № 2 ~ 3 に連なり、又、 $n : 5$ では Line - J, № 4 ~ 5 まで続く顕著な低抵抗帯がある。この低抵抗帯は、 F E 異常帯を伴うことから Veta Rosario の鉱脈及び鉱化、変質帯の示徴と考えられる。

$n : 3$ では、 Line - F の № 7 付近で $25\ \Omega\text{-}m$ 以下を示し、又、 Line - I の № 7 ~ 9, Line - K の № 8 に、 $n : 5$ では、 Line - I の № 7 ~ 9 に断続的に続く、低抵抗帯がある。これらは地質で予想された Veta Burton の走向延長上にあり、かなりの膨縮があると思われるが、

鉍化、変質帯の存在が推定される。

Line-IのNo.1～2から南西方向にLine-OのNo.2～6まで続き、又、 $n:3$ ではLine-MのNo.2～3から、Line-OのNo.2～6に連なる低抵抗帯がある。この低抵抗帯は、FE異常帯を伴うことから、Veta Inocentesの鉍脈及び鉍化、変質帯によるものと考えられ、新たな平行脈及び鉍化、変質帯の存在も推定される。

Line-MのNo.7～9から東西方向にLine-OのNo.6～8に続く低抵抗帯があり、深部になるほど低くなる傾向がある。又、南西側に外に向って発展する可能性がある。

Line-MのNo.10～11から東西方向にLine-OのNo.9～11に続く低抵抗帯がある。調査区域の南西端にあつて、全容は明らかでない。

この二つの低抵抗帯には、FE異常帯を伴うことから、新たな平行脈の存在が推定される。

b) M. ARの分布

全般的に広く分布していることから、調査地域のバックグラウンドと考えられる。

c) H. ARの分布

Line-AのNo.8～9から、Line-DのNo.7～9に、Line-CのNo.3～5からLine-DのNo.1～6に広がる高抵抗帯があり、深部では、一つになり広く分布している。

Line-FのNo.8～11からLine-IのNo.10～11に、又、Line-JのNo.4～6を中心とし、南西に細長く分布する高抵抗帯がある。

これらの高抵抗帯は、大半が急峻な尾根に当り、地形の影響を除外しても、比抵抗が高い。地質図及び岩石物性測定結果から、新鮮で堅硬、緻密な石英安山岩の分布とよく一致している。

5-4 FE分布図と考察

調査地域のFEの平面的分布を、電極隔離係数 $n:1$ （深度約100m）、 $n:3$ （深度約200m）、 $n:5$ （深度約300m）についてPl. II-3-4～Pl. II-3-6に図示した。

FEは、1.0～120%の範囲で変化する。分布する値の大半は、4.0%以下であり、4%以上の値は各所に比較的まとまって分布している。FEの分布状況から、4.0%以上が本調査地域でのFE異常と考えられる。

浅部において、異常帯を東側から挙げると下記のようになる。

- a) Line-AのNo.7～8からLine-BのNo.6～8に中心がある異常帯
- b) Line-CのNo.1～2を中心とする異常帯
- c) Line-E, FのNo.1～4を中心として東西に広く分布する異常帯
- d) Line-IのNo.7～8を中心とする異常帯

- e) Line-Kの№2～3を中心に南西に細長い異常帯
 - f) Line-Nの№5～6を中心に東西に延びる異常帯
 - g) Line-Oの№10～11の測線端にある異常帯
- a) 異常帯は、浅部でLine-Aの№7～8で6%以上を示し、東西方向にLine-Oの№4～5まで延びている。深部では異常値が大きくなり、b)の異常帯と連続している。見掛比抵抗では、 $150\Omega\text{-m}$ 以上の高抵抗帯中にある。
- b) 異常帯は、浅部では、比較的小規模であるが、深部で大きくなっている。
- a), b) 異常帯は、石英安山岩中の鉍化、変質帯の存在が推定される。
- c) 異常帯は、浅部でLine-Eの№1～8からLine-Iの№3～4に分布し、深部では、西端がLine-Mまで、南端がLine-Jの№7～10までに延ぶ広範囲な異常となっているが、5%以上は南西方向によくまとまっている。
- これは、低抵抗帯を伴っていることからVeta Rosarioの鉍脈及び鉍化、変質帯の示徴と考えられる。
- d) 異常帯は、小規模な低抵抗帯を伴い、深部にも続いている。Veta Burtonの走向延長上にあり、鉍化、変質帯の存在が推定される。
- e) 異常帯は、浅部で低抵抗帯中にあり、浅部のVeta Inocentes鉍脈及び鉍化、変質帯に対応される。深部では、FEがより高くなり、富鉍部の存在も推定される。
- f) 異常帯は、浅部で東西方向にLine-Oの№4～5まで延び、深部ではやや弱い。低抵抗帯も伴い、Veta Inocentesの鉍脈及び鉍化、変質帯、あるいは新たな平行脈及び鉍化、変質帯の存在も推定される。しかし、調査区域の南西端であり、全容は明らかでない。
- g) 異常帯は、顕著な低抵抗帯を伴い、新たな平行脈の存在が推定される。しかし、調査区域の南西端であり、全容は明らかでない。

5-5 MF分布図と考察

調査地域のMFの平面的分布を、電極隔離係数 $n:1$ (深度約 $100m$)、 $n:3$ (深度約 $200m$)、 $n:5$ (深度約 $500m$) についてPl. II-3-7～Pl. II-3-9に図示した。

MFは、 $6\sim 1,670$ の範囲で変化する。MF異常及び低抵抗値から、一応65以上の値が相当すると考えられる。

MF異常は、大略、FE異常の分布範囲に一致している

前記のFE異常帯b)～g)は、低抵抗帯の分布とよい一致を示すことから、当然MF異常として表われている。FE異常帯a)は高抵抗帯中にあるため、顕著な異常となっていない。

5-6 シミュレーション解析結果と考察

本調査地域の Line-B, F, I の測定結果に対して、有限要素法を用いて2次元断面のシミュレーション解析を行なった。

シミュレーションモデルは、比抵抗モデルについて6~8回、FEモデルについては2~3回変更して、その都度計算を実施し、実測値に十分合致させた。

Fig. II-5-3~II-5-5にその結果を示した。

シミュレーションの最終モデルの各ブロックのコード番号と比抵抗値はモデル図の横に記入してある。

比抵抗モデルの解析に当っては、ベースネットの見掛比抵抗値として各測線の見掛比抵抗の平均値に近い $120\Omega\text{-}m$ (Line-B), $150\Omega\text{-}m$ (Line-F), 及び $100\Omega\text{-}m$ (Line-I)を採用し、適正な地下構造が得られるよう、実測値に十分シミュレートさせた。

Line-B

石英安山岩中の高抵抗帯に相当する測点No.7~10の浅部に $200\Omega\text{-}m$, No.3~4の浅部に $150\Omega\text{-}m$ の高抵抗値を、又、No.2~3のやゝ深部に $80\Omega\text{-}m$ の低抵抗値を与えた。その他には、 $120\Omega\text{-}m$ の値を与えた。又、鉱床としては、50%のFE値を持つ柱状モデルをNo.6~7の浅部から深部に置いてシミュレートさせた。

石英安山岩中に鉱化、変質帯の存在が推定される。

Line-F

本測線No.8からNo.0にかけ低抵抗帯が広く分布するので、それに相当するモデルとして図の様なト形変質帯 $20\Omega\text{-}m$ を与え、また、その周辺は比較的変質の弱い石英安山岩に覆われているものとして、全て $150\Omega\text{-}m$ を与えてシミュレートさせた。

鉱床モデルは、変質帯の中央部と北西部に2つの直立した柱状モデルとし、5~30%のFE値を与えることにより、FE断面パターンに十分シミュレートすることが出来た。このことから、断面中の鉱床推定はほぼ正しいものと判断する。

Line-I

測点No.1~4の浅部から深部にかけて $60\Omega\text{-}m$, No.6~9の深部に $40\Omega\text{-}m$ の低抵抗値を与えた。No.4~6の浅部から深部にかけて $200\Omega\text{-}m$, No.8~12に $150\Omega\text{-}m$ の高抵抗値を与えた。その他には $100\Omega\text{-}m$ を与えた。

鉱床としては、10%のFE値を持つ柱状モデルをNo.4付近を中心の浅部から深部、No.6~7の深部、No.8付近を中心の浅部にそれぞれ置いてシミュレートさせた。

Veta Rosario, Veta Nueva 及び Veta Burton の走向延長の鉱化、変質帯の賦存を推定した。

5-7 総合結果図について (Fig II - 5 - 6 参照)

IP 調査結果及び地質調査結果を総合して定性的解析図を作成し、Fig. II - 5 - 6 に示した。FE は、3 ~ 4 % 以上の範囲を IP 異常帯とし、FE 5 ~ 6 % 以上を強 IP 異常帯とし、浅部と深部に分け、分布を示した。

見掛比抵抗は、25 Ω -m 以下及び 65 Ω -m 以下を低抵抗帯とし、150 Ω -m 以上を高抵抗帯とした。

総合検討に際しては、地表地質、既存の鉱床、鉱化帯等の外、地形およびカップリングの影響も十分考慮した。

本調査では、測定結果から得た低抵抗域に一致する FE 異常を探索上の重要な指針と考え、これに該当する異常の抽出と考察を行った。

- (I)異常 A 測線 No 7 ~ 8 および No 5, B 測線 No 7 ~ 8 および No 4 ~ 5, C 測線 No 6 ~ 7, D 測線 No 6 ~ 7 には略 NE 系に連続する 2 つの鉱化帯が予想されるが、いずれも石英安山岩中のもので優勢なものではないと考える。更にこれら鉱化帯は、南西に向って次第に劣化するものと思われる。この地域の IP バックグラウンドは、全般に高い値を示すことから、石英安山岩は、黄鉄鉱などの鉱染を広く受けている可能性がある。
- (II)異常 C 測線 No 2 ~ 3 に局所的な鉱化変質帯が予想されるが、鉱化の程度は微弱であると考えられる。この地域も (I) 異常同様、全般に IP バックグラウンドが高く、また、本異常の下部は、カップリングレベルに等しくなり不明瞭である。
- (III)異常 E 測線 No 2 ~ 4 から G 測線 No 2 ~ 4 には、既存鉱床の影響が明瞭に現われている。特に A, B 測線付近では、地表浅部に優勢な鉱化帯が予想され、深部発達の可能性も考えられる。しかし、この地域は低抵抗に伴うカップリングの影響が深部程著しく鉱床示徴との分離は困難である。
- (IV)異常 E 測線 No 6 ~ 7 から I 測線 No 6 ~ 8 では既存鉱床の影響が明瞭で、特に G, I 測線付近では、深部発達の徴候が認められる。しかし深部パターンは、カップリングの影響により全般的に不明瞭になっている。また、各測線 No 9 ~ 10 に予想される Veta Inca の延長部は、今回の調査では検出出来なかった。
- (V)異常 (III) 異常に一連のもので、測線 H No 3 ~ 4 から測線 L No 2 ~ 4 には、既存鉱床の影響が顕著に現われているが、深部についてはパターンが幅広くかつ、不明瞭で異常の検出が困難である。この原因としては、接近した複数の鉱化帯による幅広い異常帯の重複が考えられる。
- また、測線 N No 5 ~ 6 から測線 O No 4 ~ 5 の残部に局所的な鉱化帯の存在が予想される。
- (VI)異常 測線 O No 8 ~ 10 に異常が確認された。この異常は、浅部鉱化帯に起因するものと推察するが、パターンの形態から、やゝ深部への発達も期待し得る。
- なお本異常は測線の南端にあるため、その全容は明らかでない。

11

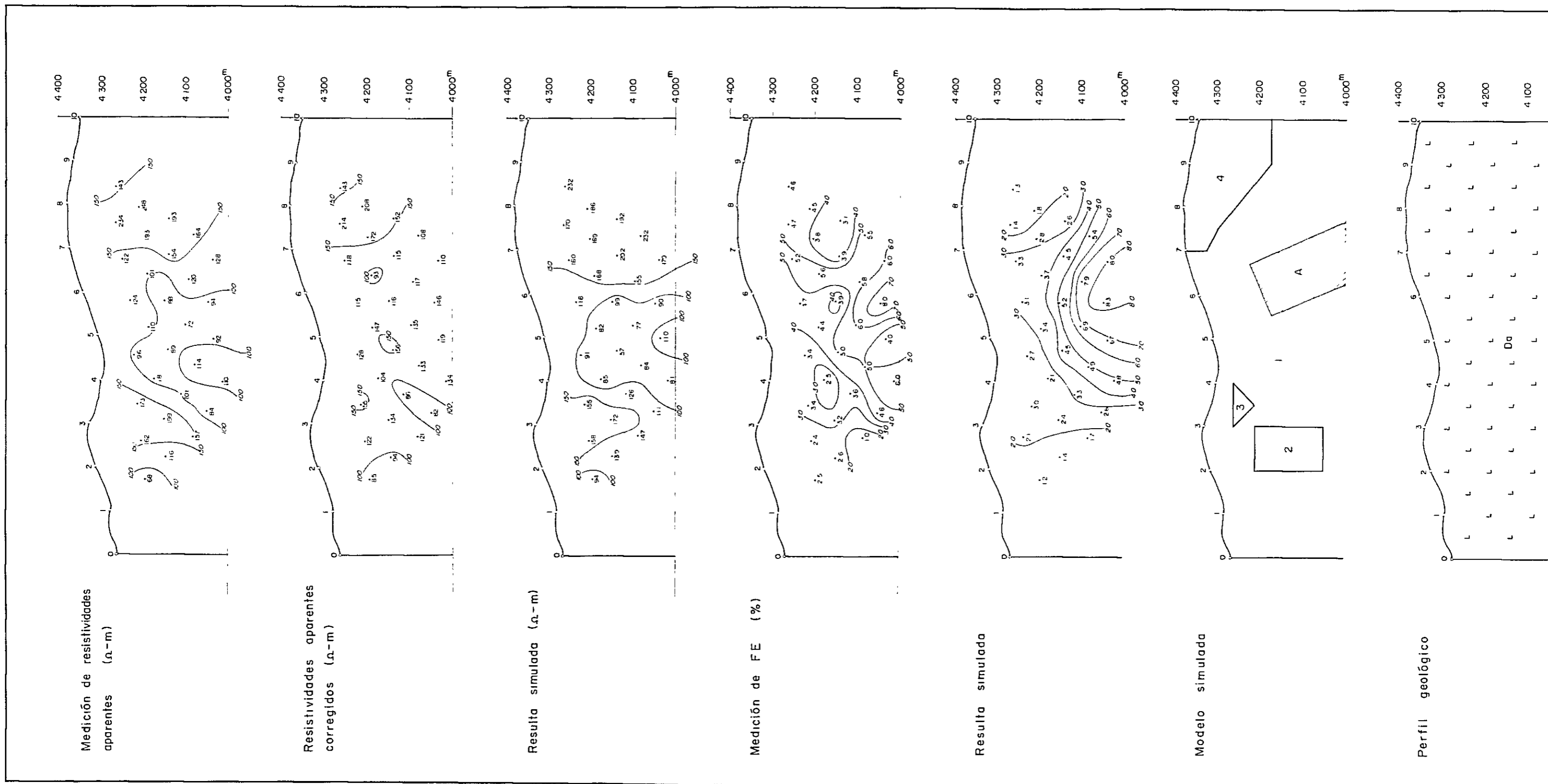
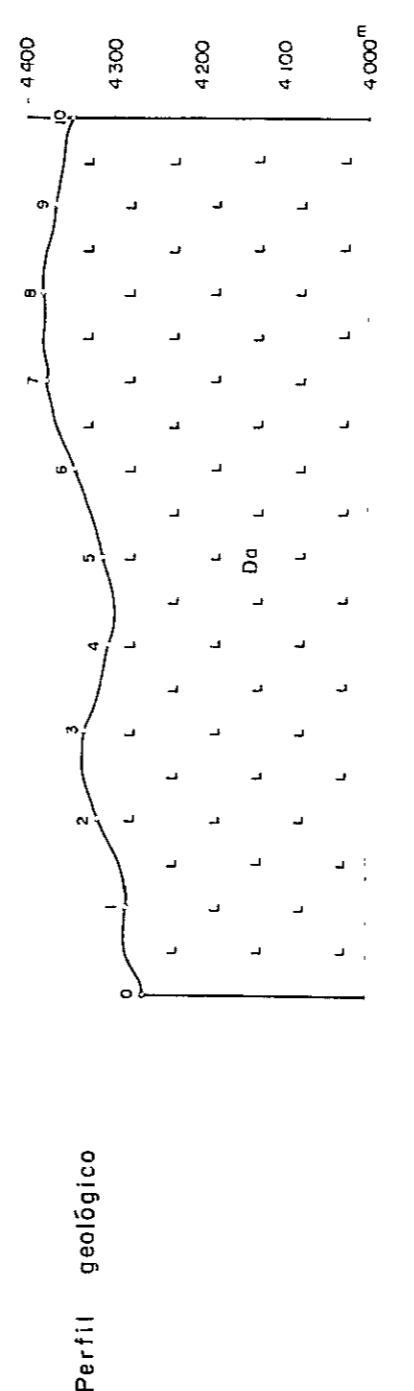
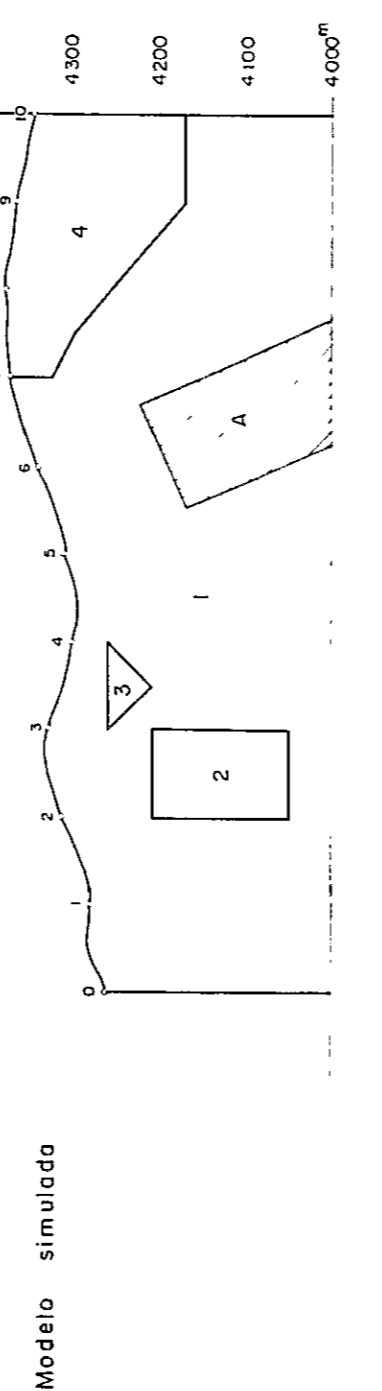
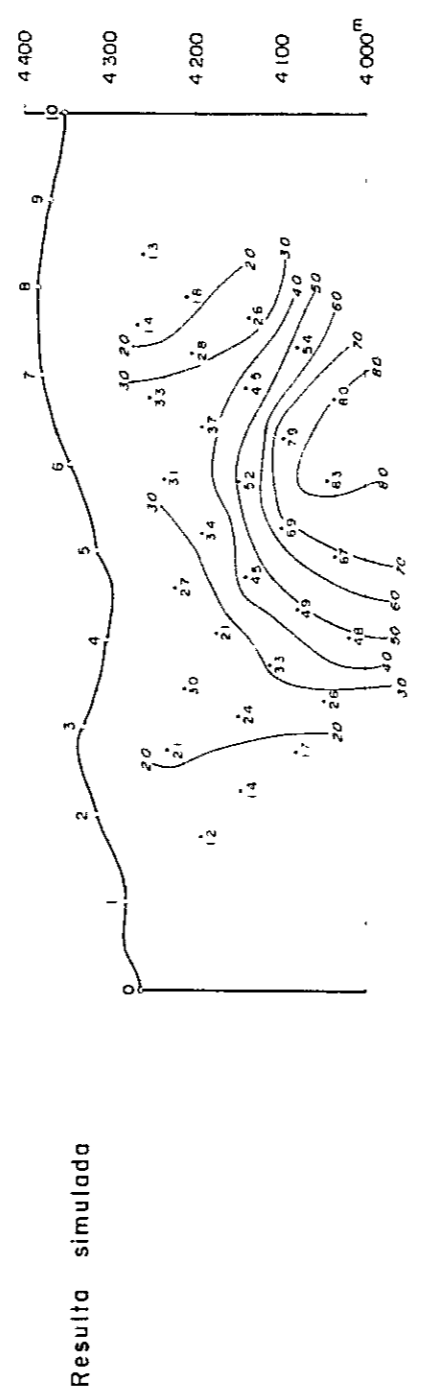
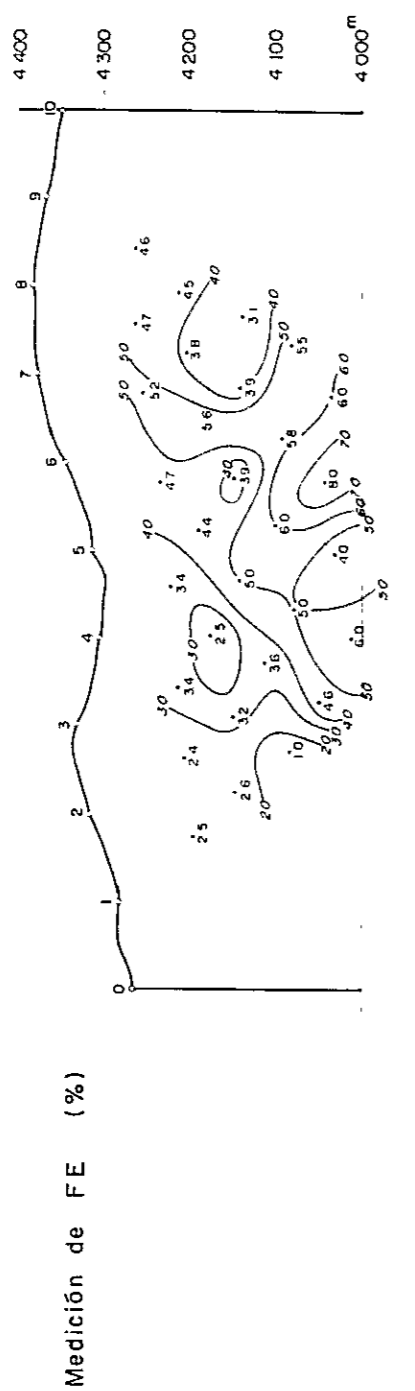
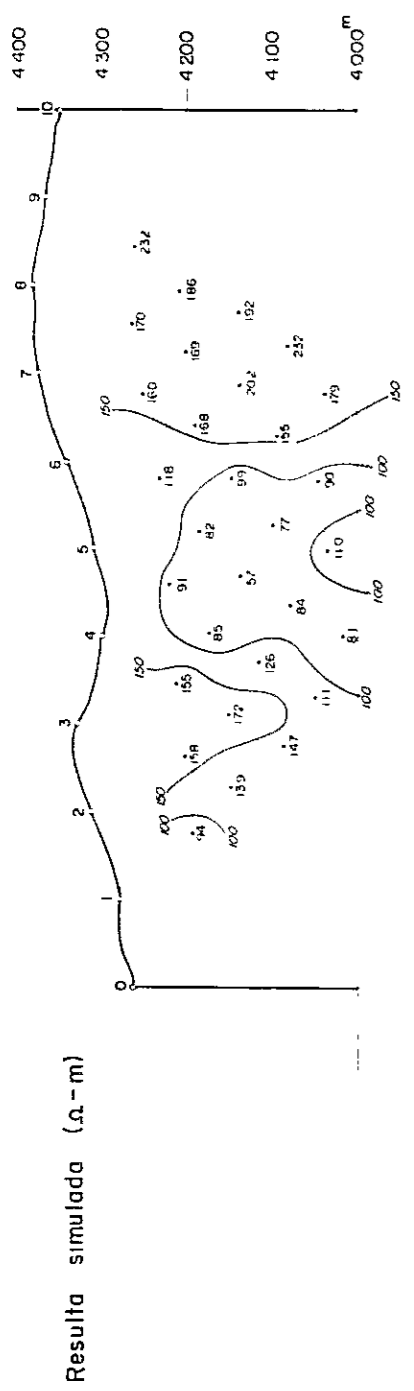


Fig. II-5-3 Simulación por computadora (línea "B")



LEYENDA

	Toba brecha		Resistividades aparentes (Ω-m)
	Toba lapilli	1	120
	Toba	2	80
	Ordovícico	3	150
	Socabón	4	200
	Falla		
	Veta	A	50

Fig. II-5-3 Simulación por computadora (línea "B")

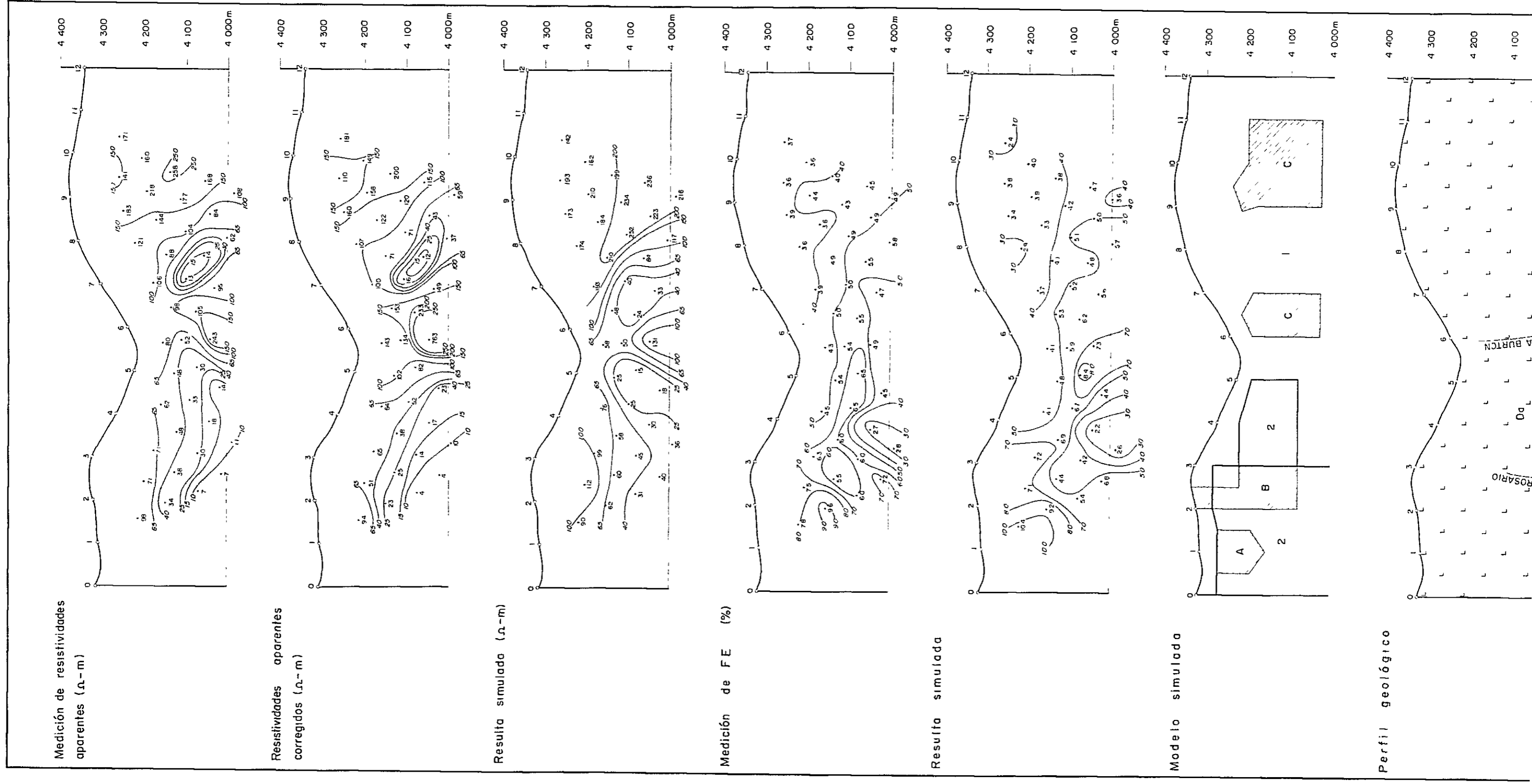


Fig. II-5-4 Simulación por computadora (línea "F")

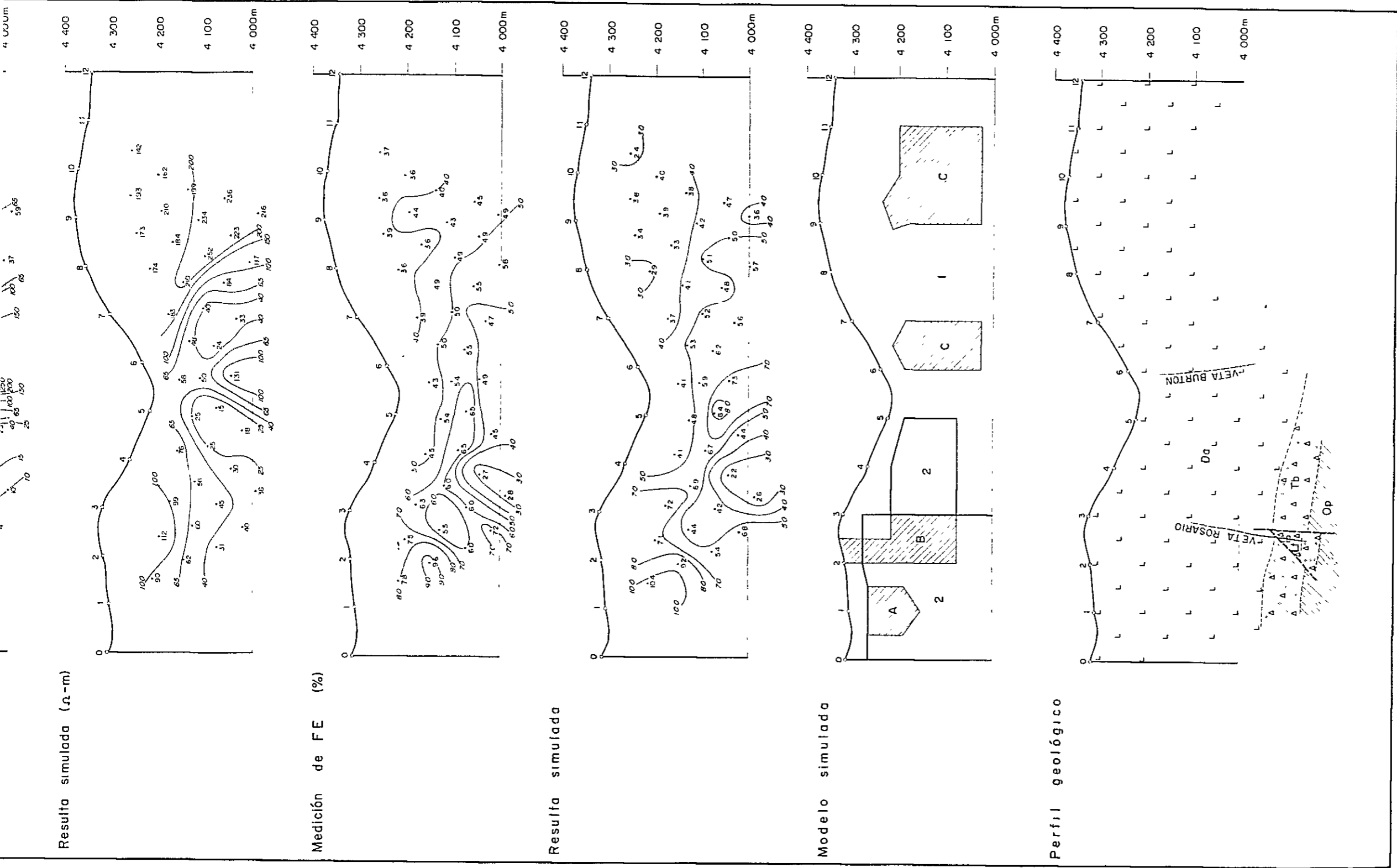


Fig. II-5-4 Simulación por computadora (línea "F")

LEYENDA

	Toba brecha		Resistividades aparentes (ρ-m)
	Toba lapilli		Efectos de frecuencia (%)
	Toba		Ordovícico
	Socabón		Falla
	Veto		Dacita de Animas