

TUNNEL JUAN PABLO II

Variantenstudien für einen Tunnel durch die Anden zwischen Argentinien und Chile

A. FASCHING

1. PROJEKTSÜBERBLICK

Die in den letzten Jahren ständig wachsende politische und wirtschaftliche Zusammenarbeit zwischen Chile und Argentinien erfordert die Errichtung eines ozeanverbindenden Verkehrskorridors mit Querung der Anden. Eine Verkehrsverbindung mit gesichert ganzjährigem Betrieb kann aufgrund äußerst schwieriger morphologischer und klimatischer Bedingungen nur durch einen Basistunnel erzielt werden.

Im gegenständlichen Untersuchungsgebiet, das im Bereich der wichtigsten Straßenverbindung zwischen Buenos Aires Mendoza (Argentinien) und Los Andes Santiago de Chile (Chile) liegt, ergeben sich aufgrund topographischer und verkehrslogistischer Bedingungen Tunnellängen zwischen 23,5 km und 28,0 km. Das Projektgebiet mit dem Verlauf der Trassenvarianten ist in Abbildung I dargestellt.

Inhalte der Machbarkeitsstudie waren:

- Verkehrstromanalyse von insgesamt fünf bestehenden Andenquerungen
- Ingenieurgeologisch geotechnische Untersuchungen und Trassenvariantenvergleich
- Technischer Trassenvariantenvergleich
- Bewertung von Betriebssystemen
- Bewertung von Ausbruchsverfahren
- Schätzung der Bauzeit, Baukosten und Gesamtkosten.

2. INGENIEURGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

Für die Beurteilung der ingenieurgeologischen Verhältnisse im Projektgebiet wurden folgende Untersuchungsschritte durchgeführt:

Literaturstudium:

Auswertung von Fachliteratur und Publikationen über das Untersuchungsgebiet sowie über projektspezifische Spezialthemen.

- Stereoskopisches Luftbildstudium und Auswertung:
Stereoskopische Auswertung von Luftbildpaaren im Maßstab 1:20 000 zur Erfassung von tektonischen Großstrukturen, Abgrenzung von markanten lithologischen Einheiten und zur Vorbereitung der Geländebegehungen.
- Geländebegehungen:
Übersichtsbegehungen im 300 km² großen Projektgebiet zur Charakterisierung und Abgrenzung von Bereichen mit vergleichbaren ingenieurgeologischen Eigenschaften, Überprüfung von Erkenntnissen und Informationen aus dem Literaturstudium und der Luftbildauswertung im Gelände. Ergänzende Untersuchungen bezüglich tektonischer Strukturen und hydrogeologischer Verhältnisse.
- Auswertung der Luftbilder mit photogrammetrischen Methoden:
Flächenhafte computerunterstützte geomorphologische Auswertung von Luftbildpaaren im Maßstab 1:10 000 zur Ermittlung von Strukturdichteverteilungen und Hauptstrukturorientierungen.
- Ausarbeitung einer ingenieurgeologischen Karte:
Kompilierung der Informationen aus Literaturstudium, stereoskopischer und photogrammetrischer Luftbildanalyse und Geländebegehungen in einer ingenieurgeologischen Karte des Projektgebietes im Maßstab 1:25 000.
Ergänzende Auswertung der geomorphologischen Daten in Form von Strukturdichte- und Strukturorientierungskarten.
- Ingenieurgeologische Beurteilung von Tunneltrassenvarianten:
Abgrenzung von ingenieurgeologischen Beurteilungskriterien für den Bau von Tunnelbauwerken im Projektgebiet. Vergleichende Bewertung von Trassenvarianten zur Ermittlung der ingenieurgeologisch günstigsten Linie.

2.1. Genereller geologischer Überblick

Im untersuchten Bereich zwischen Puente del Inca (Argentinien) und Juncal (Chile) treten hauptsächlich terrestrische sowie marine Sedimentgesteine (Siltsteine, Sandsteine, Konglomerate, Karbonate), Evaporite, Vulkanoklastika, Vulkanite sowie untergeordnet Intrusionsgesteine (Granitoide, Granodiorite, vulkanische Dykes) auf.

Stratigraphisch liegen auf dem präjurassischem Grundgebirge (Formation Alto Tupungato) mesozoische Gesteine der Formationen La Manga, Auquilco, Tordillo, Gesteine der Mendozagruppe, sowie Gesteine der Formationen Cristo Retendor und Juncal.

Regional herrscht ein Nord Süd streichender, gegen Westen einfallender tektonischer Schuppenbau vor. Dadurch treten die ältesten Gesteinseinheiten (Fo. Alto Tupungato) im Osten auf, die jüngsten Festgesteine (Fo. Juncal) dominieren den Gesteinsbestand im Westen. Lokal treten zusätzlich Verfaltungen und Verstellungen auf, die einen komplexen geologischen Internaufbau im Bereich des Andenhauptkammes bedingen.

Strukturgeologisch charakterisiert wird das Untersuchungsgebiet von der, gegen Westen geneigten Schichtung, wobei sich der Einfallswinkel von Ost ($\sim 30^\circ$) gegen West (bis 90°) hin versteilt. Durch eine Ost-West gerichtete Einengungstektonik wurden die Gesteinsserien schuppenförmig zusammengeschoben, wobei die Evaporitgesteine der Fo. Auquilco (Anhydrite, Gipse, möglicherweise auch Salz) als Gleithorizont wirkten. Der dadurch entstandene "Thrust Fault Belt" stellt eine mehrmalige, zum Großteil unvollständige Wiederholung der Gesteinsformationen dar.

Zu diesen, hauptsächlich Nord-Süd verlaufenden "Thrust Faults" kommen als Elemente eines zweiten tektonischen Systems Ost-West streichende Abschiebungen ("Dip-Slip Faults"). Diesen Zonen folgen vor allem das Haupttal des Rio de Las Cuevas zwischen Las Cuevas und dem Zusammenfluß mit dem Rio Tupungato sowie Abschnitte des Tales des Rio Juncal.

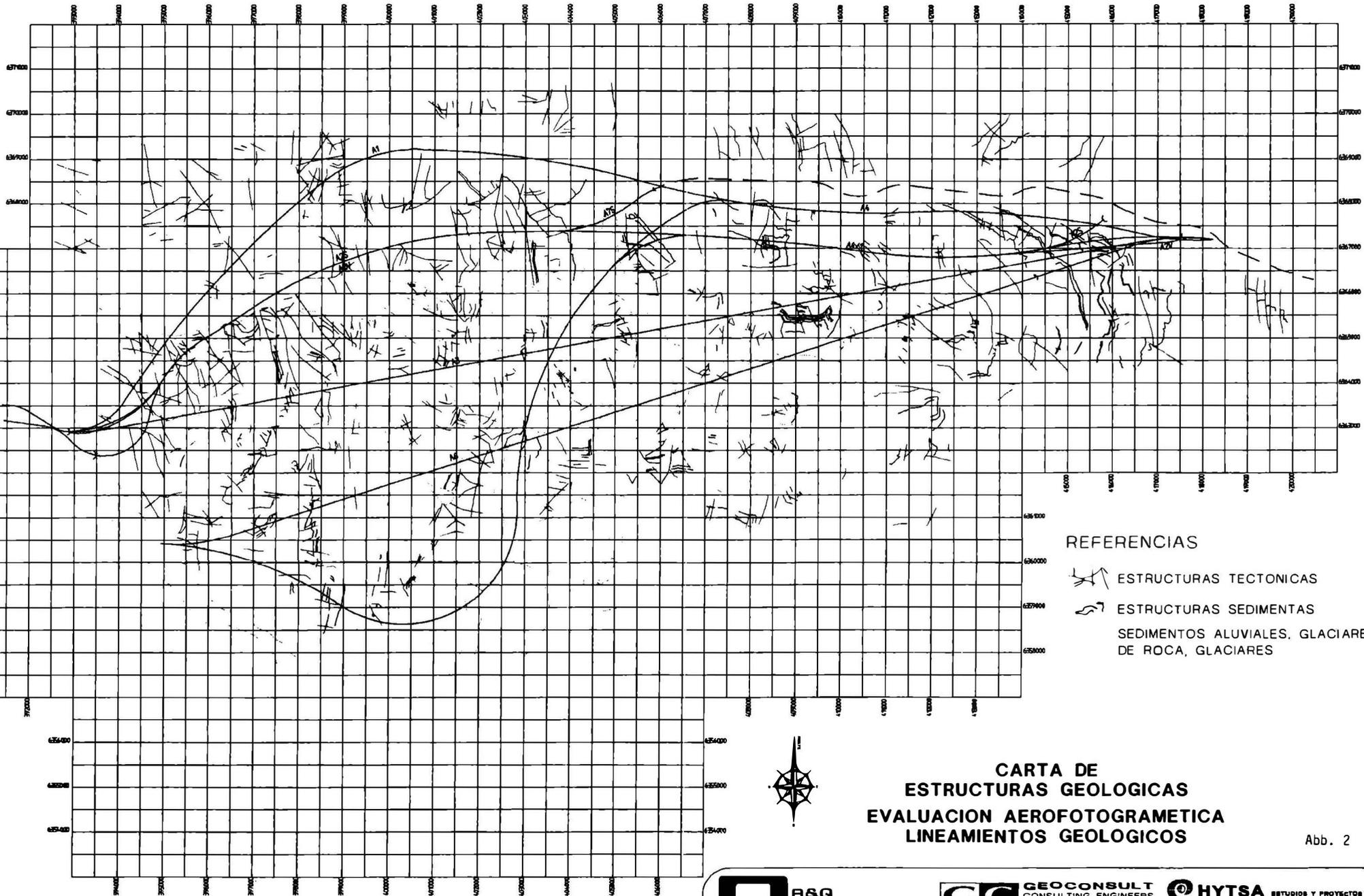
2.2. Ergebnisse der Luftbildanalyse

In einer computerunterstützten Auswertung der Luftbilder, die in Zusammenarbeit mit dem Institut für Fernerkundung, Bildverarbeitung und Kartographie an der Technischen Universität Graz erfolgte, wurde eine flächendeckende geomorphologische Untersuchung des Projektgebietes im Maßstab ca. 1 : 10 000 durchgeführt.

Strukturmorphologische Phänomene (Photolineamente) wurden in dieser Analyse genau in ihrer Lage und Erstreckung erfaßt. Aufbauend auf diese Untersuchung wurde eine Strukturdichteanalyse und eine Analyse von Strukturorientierungen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in den Abbildungen 2, 3 und 4 dargestellt.

Das Ergebnis der Strukturdichteanalyse, welche die Häufigkeit von Photolineamenten pro Auszählfläche (Quadrate mit 500 m Seitenlänge) erfaßt hat, zeigt, daß sich Bereiche mit sehr festen bis festen Gesteinen deutlich durch höhere Strukturdichtekonzentrationen abgrenzen lassen.

Die Auswertung der Strukturorientierungen erfolgte durch das Messen der Streichrichtung jedes Photolineamentes und das Erfassen von Bereichen mit unterscheidbaren Orientierungsverteilungen. Die Abgrenzung von insgesamt 11 unterscheidbaren Orientierungsverteilungen (Sektor A - Sektor K) erfolgte im allgemeinen entlang von tektonischen Großstrukturen. Zwei Hauptorientierungen mit generellen N - S und E - W Streichrichtungen wurden festgestellt. Diese stimmen mit der Orientierung der regionalen tektonischen Großstrukturen überein. Zwischen den einzelnen Bereichen wurden Unterschiede in der Dominanz der beiden Hauptorientierungen sowie Unterschiede in der Ausrichtung der generell N - S streichenden Strukturen beobachtet. E - W streichende Strukturen zeigen nur geringe Orientierungsunterschiede. Die Ursachen für die Unterschiede sind im Rahmen der nächsten Untersuchungsschritte zu erkunden.



REFERENCIAS

- ESTRUCTURAS TECTONICAS
- ESTRUCTURAS SEDIMENTAS
- SEDIMENTOS ALUVIALES, GLACIARES DE ROCA, GLACIARES

**CARTA DE ESTRUCTURAS GEOLOGICAS
EVALUACION AEROFOTOGRAMETICA
LINEAMIENTOS GEOLOGICOS**

Abb. 2



R&G
INGENIERIA LTDA.
SANTIAGO - CHILE

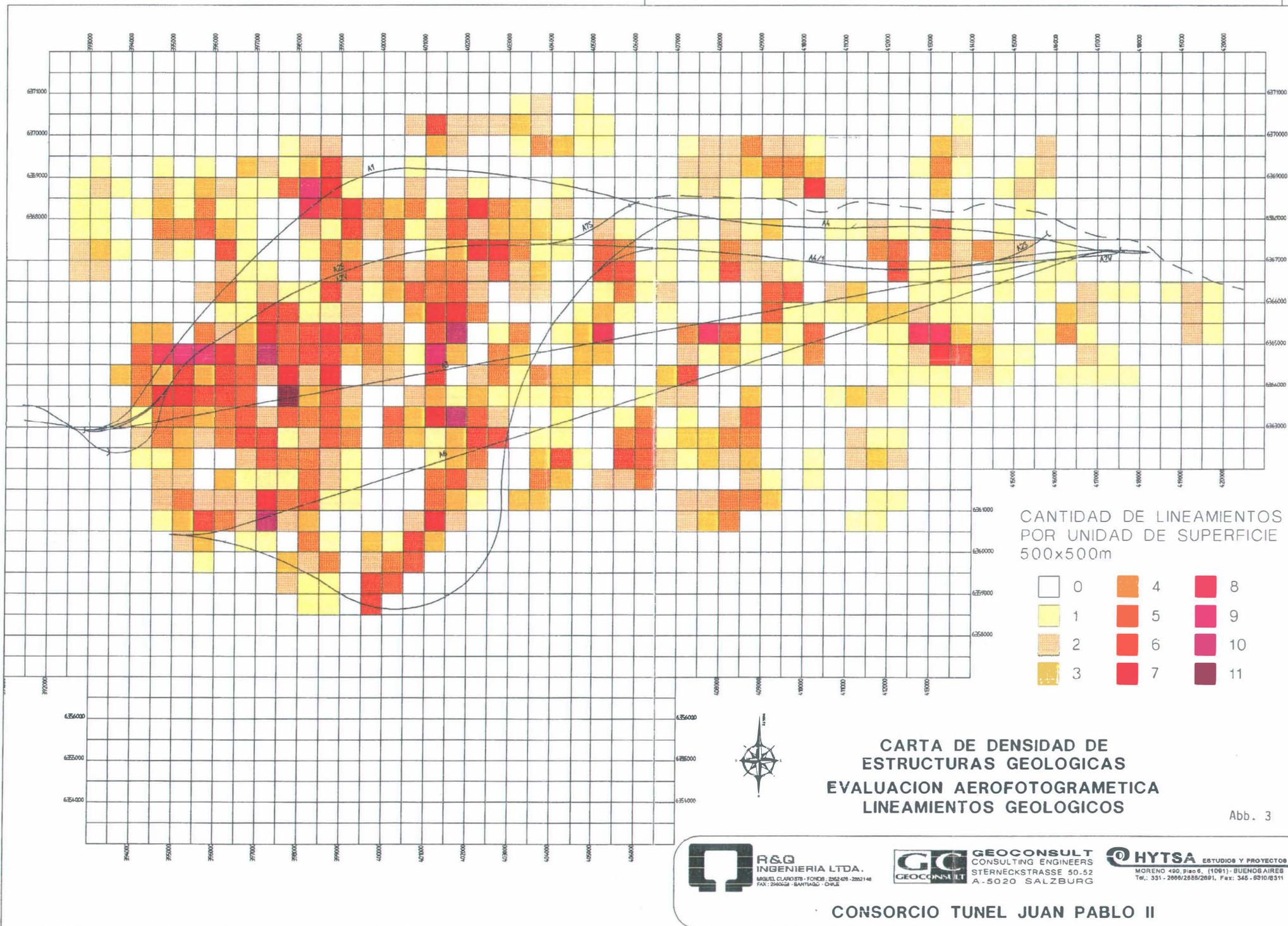


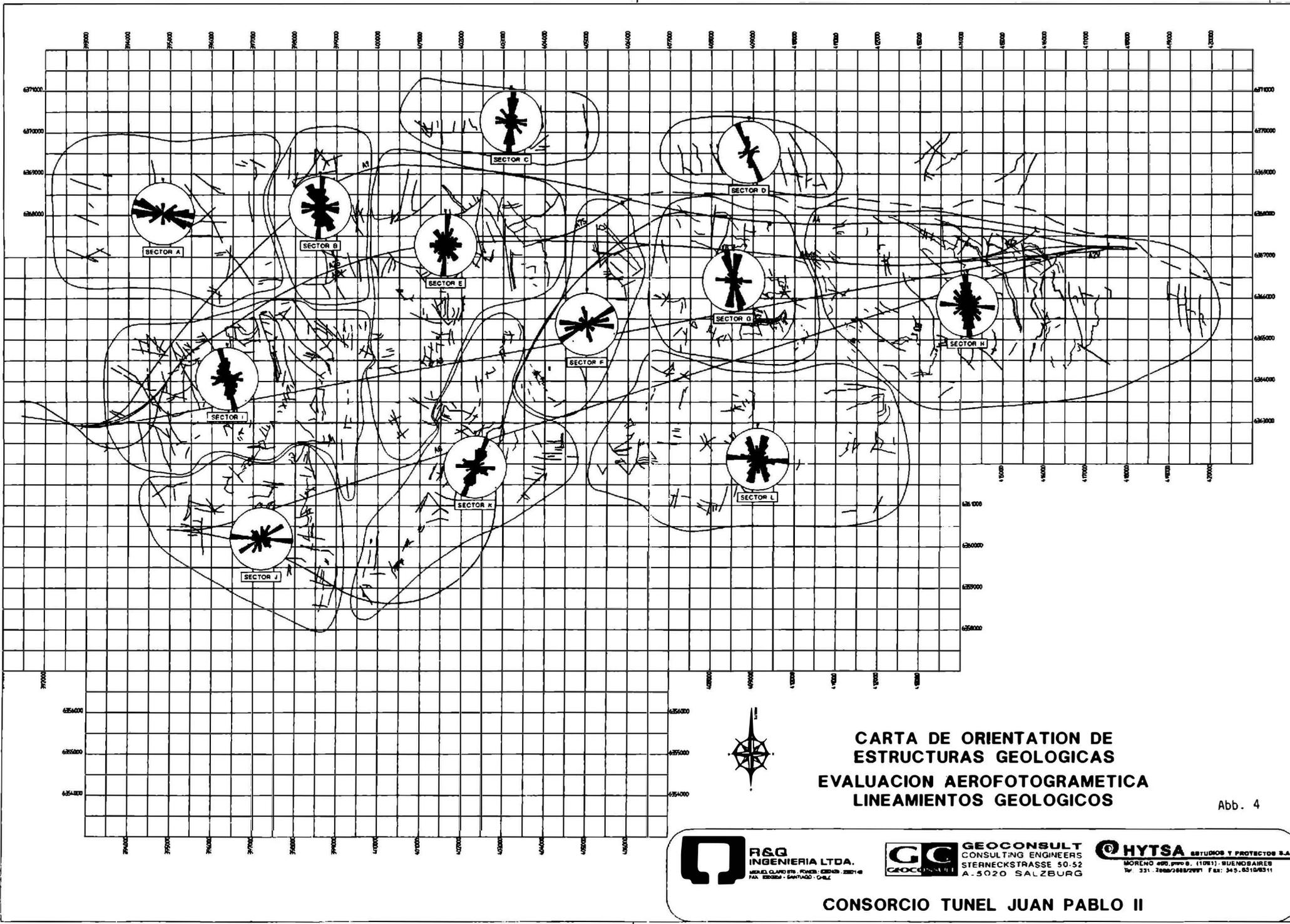
GEOCONSULT
CONSULTING ENGINEERS
STERNECKSTRASSE 50-52
A-5020 SALZBURG



HYTSA ESTUDIOS Y PROYECTORIA S.A.
MORENO 480, piso 6, (1061) BUENOS AIRES
Tel.: 531-2944/2988/2981, Fax: 545-6910/9311

CONSORCIO TUNEL JUAN PABLO II





**CARTA DE ORIENTACION DE ESTRUCTURAS GEOLOGICAS
EVALUACION AEROFOTOGRAMETICA
LINEAMIENTOS GEOLOGICOS**

Abb. 4



R&G
INGENIERIA LTDA.
AV. BELLA VISTA 175 - PUNTO 1000 - BUENOS AIRES - ARGENTINA
TEL: 5282-1111 FAX: 5282-1111



GEOCONSULT
CONSULTING ENGINEERS
STERNECKSTRASSE 50-52
A-5020 SALZBURG



HYTSA ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A.
MORENO 490, PUNTO 8, (1083) - BUENOS AIRES
TEL: 531-7000/2000 FAX: 545-6510/6511

CONSORCIO TUNEL JUAN PABLO II

2.3. Erkenntnisse aus den Geländebegehungen

Im Zeitraum vom 9. März 1995 bis 5. April 1995 wurden im Projektgebiet (ca. 300 km²) Übersichtsbegehungen durchgeführt. Aufgrund des hochalpinen Geländecharakters konzentrierten sich diese Begehungen hauptsächlich auf den Bereich der Täler bzw. der Sattel- und Paßregionen (von 2.400 m SH bis 4.500 m SH).

Schwerpunkte während den Geländebegehungen waren die prinzipielle Erfassung, Charakterisierung und Abgrenzung von ingenieurgeologischen Einheiten und Risikofaktoren, die Identifikation bzw. Verifikation von Störungszonen im Gelände, sowie die Erfassung und Differenzierung von Quellgruppen.

Morphologisch wird der gesamte hochalpine Untersuchungsbereich durch eine glaziale Formung charakterisiert. Bei den Talformen handelt es sich durchwegs um Trogtäler. Seitentäler sind zum Teil als Hängetäler ausgebildet. Das Entwässerungsnetz der Haupttäler folgt im Allgemeinen dem großtektonischen System.

Die Talböden und Bergflanken sind mit z.T. mächtigen Lockergesteinskörpern bedeckt. In Hochlagen ab ca. 3.500 m Seehöhe sind sowohl in N - als auch in S - exponierten Tälern mächtige Schuttgletscher ausgebildet. In S - exponierten Bergflanken und Tälern reichen lokale Gletscher bis auf ca. 3.500 m herab.

Die Zuordnung der auftretenden Gesteinsarten, bzw. Gesteinsserien zu unterscheidbaren ingenieurgeologischen Einheiten erfolgte hauptsächlich nach der Gesteinsfestigkeit und den Hauptgefügemerkmalen.

Die vorkommenden Gesteine, bzw. Gesteinsserien wurden generell entsprechend ihren unterscheidbaren Festigkeitseigenschaften unterteilt. Die Angabe von Gesteinsfestigkeiten erfolgte aufgrund von Literaturangaben sowie Festigkeitsabschätzungen aufgrund von Feldmethoden [ISRM 1981].

Tabelle 1 Gruppierung der vorkommenden Gesteinsarten nach ihrer Gesteinsfestigkeit und Gefügemerkmalen

Festigkeitsbereiche	Einachsiale Druckfestigkeit [MPa]	Gesteinsarten	Hauptgefügemerkmale
Sehr feste Gesteine	> 100	Vulkanite, Intrusivgesteine	massig bis bankig, gering und unregelmäßig geklüftet
Feste Gesteine	25 - 100	Vulkanoklastika, Konglomerate, Sandsteine	bankig, gering und regelmäßig geklüftet
Weiche Gesteine	5 - 25	Siltsteine, Grauwacken, Karbonatgesteine, Tuffe	bankig, plattig bis dünnblättrig, mäßig bis stark und regelmäßig bis unregelmäßig geklüftet
Sehr weiche Gesteine	< 5	Evaporitgesteine (Gips, Anhydrit)	kein aktives Trennsystem ausgebildet

Aufgrund der speziellen geotechnischen Probleme für den Tunnelbau, die durch das Auftreten von Evaporitgesteinen (Gips, Anhydrit, möglicherweise Salz) im Projektgebiet bedingt werden, wurden evaporitgesteinsführende Gesteinsserien gesondert ausgeschieden. Ebenso wurden Bereiche, die durch tektonische Prozesse beeinflusst wurden (Hauptstörungszonen), getrennt dargestellt.

Entsprechend dem jetzigen Wissensstand und der Wechselhaftigkeit der Gesteinsserien mußten Vereinfachungen, bzw. Generalisierungen bei der Abgrenzung von ingenieurgeologischen Einheiten (Gebirgsbereiche) durchgeführt werden.

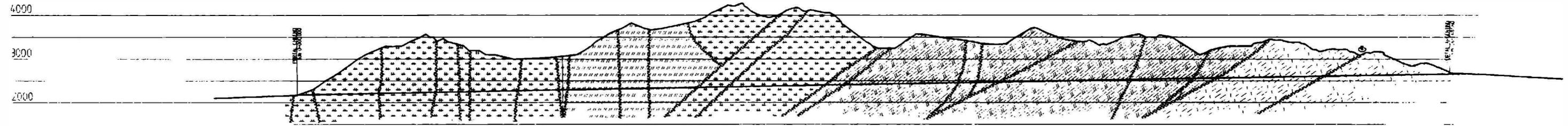
In Abbildung 5 sind die Gebirgsbereiche, die zur Erstellung der ingenieurgeologischen Karte und für die ingenieurgeologische Beurteilung der Tunneltrassenvarianten ermittelt wurden, zusammen mit einem schematischen ingenieurgeologischen Längenschnitt der Alternative A2V dargestellt.

Die Ergebnisse der Übersichtsbegehungen wurden in die ingenieurgeologische Karte (Abbildung 6) eingearbeitet.

ALTERNATIVE A2V

W
↔ LOS ANDES

E
MENDOZA ↔

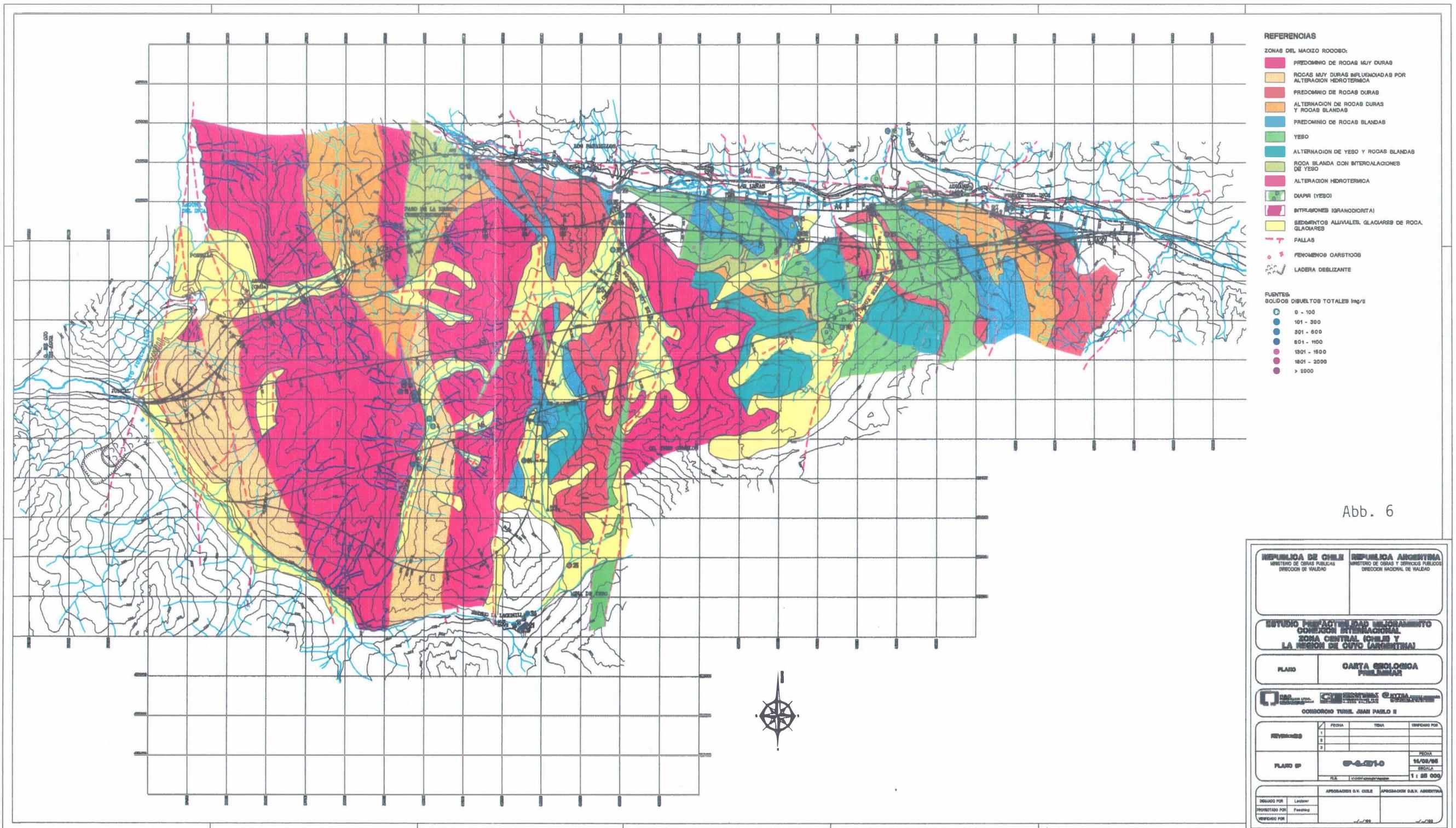


REFERENCES

-  DOMINATING UNITS: 1, 2, 3, 4
SECONDARY UNITS: 6, 10
-  DOMINATING UNITS: 5, 9
SECONDARY UNITS: 1, 10
-  DOMINATING UNITS: 7, 8
SECONDARY UNITS: 4, 6, 10
-  DOMINATING UNITS: 4, 5, 6
SECONDARY UNITS: 10
-  FAULT ZONE
-  HYDROTHERMAL SPRING

ROCK MASS UNITS:

- UNIT 1: ROCK MASS DOMINATED BY VERY STRONG ROCK
- UNIT 2: ROCK MASS WITH HYDROTHERMAL ALTERATION OF PREDOMINATING VERY STRONG ROCK
- UNIT 3: ROCK MASS WITH HYDROTHERMALLY INFLUENCED VERY STRONG ROCK
- UNIT 4: ROCK MASS DOMINATED BY STRONG ROCK
- UNIT 5: ROCK MASS WITH ALTERATION OF STRONG AND WEAK ROCK
- UNIT 6: ROCK MASS DOMINATED BY WEAK ROCK
- UNIT 7: ROCK MASS DOMINATED BY EVAPORITIC ROCKS
- UNIT 8: ROCK MASS WITH ALTERATIONS OF EVAPORITIC ROCKS AND WEAK ROCK
- UNIT 9: ROCK MASS WITH INTERCALATIONS OF EVAPORITIC ROCKS WITHIN WEAK ROCK
- UNIT 10: ROCK MASS INFLUENCED BY FAULT ZONES



- REFERENCIAS**
- ZONAS DEL MACIZO ROCOSO:**
- PREDOMINIO DE ROCAS MUY DURAS
 - ROCAS MUY DURAS INFLUENCIADAS POR ALTERACION HIDROTERMICA
 - PREDOMINIO DE ROCAS DURAS
 - ALTERNACION DE ROCAS DURAS Y ROCAS BLANDAS
 - PREDOMINIO DE ROCAS BLANDAS
 - YESO
 - ALTERNACION DE YESO Y ROCAS BLANDAS
 - ROCA BLANDA CON INTERCALACIONES DE YESO
 - ALTERACION HIDROTERMICA
 - DIAPIR (YESO)
 - INTRUSIONES (GRANODIORITA)
 - SEDIMENTOS ALUVIALES, GLACIARES DE ROCA, GLACIARES
 - FALLAS
 - FENOMENOS CARSTICOS
 - LADERA DEBILIZANTE
- FUENTES:**
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES mg/l
- 0 - 100
 - 101 - 300
 - 301 - 600
 - 601 - 1100
 - 1101 - 1500
 - 1501 - 2000
 - > 2000

Abb. 6

REPUBLICA DE CHILE MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DIRECCION DE VALDAD	REPUBLICA ARGENTINA MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS DIRECCION NACIONAL DE VALDAD												
ESTUDIO PRELIMINAR DE MEJORAMIENTO CORRECCION INTERNACIONAL ZONA CENTRAL (CHILE Y LA REGION DE CUYO (ARGENTINA))													
PLANO	CARTA GEOLOGICA PRELIMINAR												
ODOROSIO TUREL, JUAN PABLO II													
REVISIONES	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>FECHA</th> <th>TEMA</th> <th>TRAFICADO POR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	FECHA	TEMA	TRAFICADO POR	1			2			3		
FECHA	TEMA	TRAFICADO POR											
1													
2													
3													
PLANO Nº	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">0-0010</td> <td style="text-align: center;">FECHA 14/05/98</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1: 500 000</td> <td style="text-align: center;">ESCALA</td> </tr> </table>	0-0010	FECHA 14/05/98	1: 500 000	ESCALA								
0-0010	FECHA 14/05/98												
1: 500 000	ESCALA												
DISEÑADO POR: Lechner PROYECTADO POR: Fassino VERIFICADO POR:	APROBACION D.V. CHILE: _____ APROBACION D.N.A. ARGENTINA: _____												

2.4 Hydrogeologische Beobachtungen

Hydrogeologisch für das Tunnelbauwerk ausschlaggebend sind die erwarteten Wasserwegigkeiten entlang von Hauptstörzonen. Generell ist entlang von "Dip-Slip Faults" mit einer höheren Gebirgsdurchlässigkeit zu rechnen. Konzentrierte hohe Wasserwegigkeiten sind entlang von "Thrust Faults" möglich. Bedingt durch eine mögliche Auslaugung der Evaporite in diesen Bereichen sind große Wassermengen mit hohen hydraulischen Drücken möglich.

Die Tatsache, daß in Puente del Inca heiße, mineralisierte Wässer austreten, sowie daß es im Zentralbereich des Projektgebiet Quellen mit aufsteigenden, hochmineralisierten Wässern gibt, läßt den Schluß zu, daß auch in Bereichen mit hoher Überlagerung wasserführende Zonen angetroffen werden können.

Aufgrund des zur Zeit noch geringen Wissenstandes sind Aussagen zum hydrogeologischen Risikopotential mit großen Unsicherheiten behaftet.

2.5. Ingenieurgeologische Verhältnisse

Ingenieurgeologisch kann das untersuchte Gebiet in drei Großbereiche unterteilt werden.

Im Osten, zwischen Puente del Inca und der Einmündung des Rio de los Horcones, treten hauptsächlich gebankte bis massige, gering feste bis feste Sedimentgesteine auf. Die geotechnisch generell als günstig eingeschätzten Gesteinseinheiten werden auf der Höhe von Puente del Inca von einer Hauptstörung ("Thrust Fault") durchschnitten, entlang der heiße, mineralisierte Wässer aufsteigen (heiße Quellen bei Puente del Inca, 36°C Wassertemperatur). Für den Abschnitt im Einflußbereich dieser Hauptstörungszone werden schwierige bis äußerst schwierige geotechnische Verhältnisse angeschätzt.

Gegen Westen anschließend folgt ein bis zur Quebrada de Navarro reichender Großbereich der durch das Auftreten von bis zu mehreren 100 m mächtigen Evaporiten, sowie einer Vielzahl von Hauptstörungszonen ("Thrust Faults") gekennzeichnet ist. Aufgrund der geringen Gesteinsfestigkeit und leichten Löslichkeit der Evaporite, sowie der Wasserwegigkeit entlang der Störungszonen werden, entsprechend dem jetzigen Wissensstand, für diesen Abschnitt schwierige bis äußerst schwierige geotechnische Verhältnisse angenommen.

Von der Quebrada de Navarro gegen Westen bis Juncal dominieren massige bis gebankte, unterschiedlich geklüftete Festgesteine, die lokal durch Hauptstörungszonen mit Evaporiteinschuppungen, sowie durch hydrothermale Umsetzungen beeinflusst werden. Ausgenommen im Bereich der Landesgrenze, wo gering feste Gesteine mit Evaporiteinschaltungen in Form einer Antiklinalstruktur auftreten (Fo. Cristo Retendor), werden für diesen Abschnitt generell günstige geotechnische Verhältnisse eingeschätzt. In diesem Bereich ist jedoch aufgrund der hohen Überlagerung eine große Unsicherheit in der Aussage zu berücksichtigen.

2.6. Bewertung von Tunneltrassen

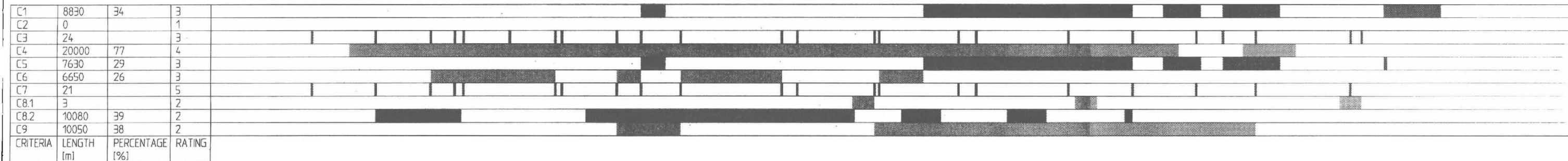
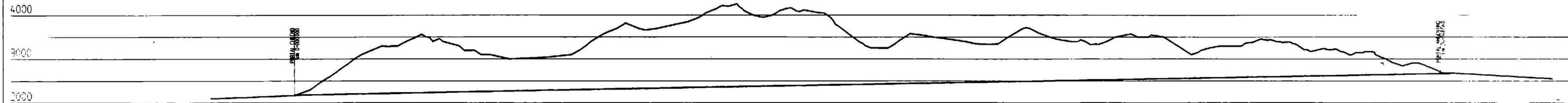
Die ingenieurgeologische Bewertung von unterschiedlichen Tunneltrassenvarianten basiert auf Kriterien, die aufgrund des zur Zeit vorliegenden Kenntnisstandes als entscheidend für den Bau eines Tunnelbauwerkes in diesem Gebiet angenommen wurden. In Abbildung 7 sind diese Kriterien zusammen mit dem ausgewerteten Längenschnitt der Alternative A2V als Beispiel dargestellt.

Den jeweiligen Kriterien werden empirische Wichtungen ("Weight") zugewiesen. Entsprechend den prozentuellen Längenanteilen werden diese Wichtungen mit einfach abgestufte Maßzahlen ("Ratings") multipliziert. Für jede Bewertung wird eine Wahrscheinlichkeit ("Probability", 0,0 1,0) angegeben. Bezogen auf die kürzeste

ALTERNATIVE A2V

W
← LOS ANDES

E
MENDOZA →



CRITERIA:

- C1: PERCENTAGE OF TUNNEL LENGTH EXCAVATED IN SOFT ROCK
- C2: PERCENTAGE OF TUNNEL LENGTH RUNNING WITH UNFAVOURABLE ORIENTATION TO MAJOR DISCONTINUITIES
- C3: NUMBER OF FAULTS CROSSED BY THE ALIGNMENT
- C4: PRIMARY STRESS CONDITIONS (HEIGHT OF OVERBURDEN): PERCENTAGE OF TUNNEL LENGTH EXCAVATED WITH OVERBURDEN >700 M

- C5: SQUEEZING POTENTIAL OF ROCK MASS: PERCENTAGE OF TUNNEL LENGTH EXCAVATED IN SOFT ROCK WITH OVERBURDEN >300 M
- C6: ROCK BURST POTENTIAL: PERCENTAGE OF TUNNEL LENGTH EXCAVATED IN VERY HARD ROCK (UCS >100 MPa) WITH OVERBURDEN >700 M
- C7: MAJOR WATER INFLOWS: NUMBER OF MAJOR N-S RUNNING FAULT ZONES, FRACTURE ZONES AND OVERTHRUSTS CROSSED BY THE ALIGNMENT

- C8.1: GEOTHERMAL RISK: NUMBER OF ZONES BEARING THERMAL WATER
- C8.2: GEOTHERMAL RISK: PERCENTAGE OF TUNNEL LENGTH WITH OVERBURDEN >1000 M
- C9: PREDICTABILITY OF GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL CONDITIONS: PERCENTAGE OF TUNNEL LENGTH WITH HIGH UNCERTAINTIES

Tunnelvariante und die ermittelten Wahrscheinlichkeiten werden sämtlich Tunnelvarianten korrigiert.

In Tabelle 2 ist das Ergebnis des geologisch-geotechnischen Trassenvariantenvergleiches dargestellt (Trassenvarianten A1, A2, A2/1, A3, A4, A4/1, A6, A7).

Laut ingenieurgeologischer Beurteilung und entsprechend dem derzeitigen Wissenstandes weisen die Trassenvarianten A2 - A2/1, bzw. die dazu parallel verlaufende kurze Tunnelvariante A7 den günstigsten Verlauf auf. Der derzeitige und auch in Zukunft erzielbare Kenntnisstand, Überlagerungsverhältnisse und die Orientierung zu den Hauptstörungszonen wurden bei diesen Varianten als besonders günstig ermittelt.

Die Tunnelvariante A 7, die aus einem 14,57 km langen bergmännischen und einem ca. 9 km langen, in offener Bauweise zu errichten Tunnelabschnitt besteht, ist aufgrund der geringen Tunnellänge und der größtmöglichen Vermeidung der Evaporitgesteinsstrecken die mit Abstand ingenieurgeologisch günstigste Tunnelvariante.

Tabelle 2

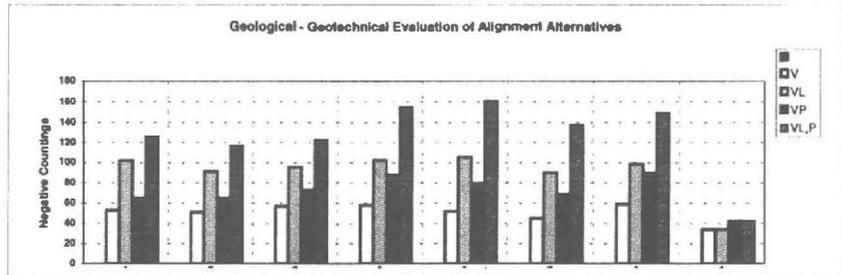
Tunnel Juan Pablo II

GEOLOGICAL - GEOTECHNICAL EVALUATION OF ALIGNMENT ALTERNATIVES																									
CRITERIA	WEIGHT	A 1			A 2 V			A 2 S			A3			A4			A 4/1			A 6			A 7		
		R	V	P	R	V	P	R	V	P	R	V	P	R	V	P	R	V	P	R	V	P			
1	2	4	8	0,8	3	6	0,8	3	6	0,8	3	6	0,8	4	8	0,7	2	4	0,6	4	8	0,6	1	2	0,8
2	2	4	8	0,8	1	2	0,8	1	2	0,8	2	4	0,6	3	6	0,6	3	6	0,6	3	6	0,6	1	2	0,8
3	3	3	9	0,8	3	9	0,8	3	9	0,8	3	9	0,7	2	6	0,7	2	6	0,7	3	9	0,7	2	6	0,8
4	1	3	3	1,0	4	4	1,0	5	5	1,0	5	5	1,0	3	3	1,0	4	4	1,0	5	5	1,0	4	4	1,0
5	2	3	6	0,7	3	6	0,7	4	8	0,7	3	6	0,6	4	8	0,6	3	6	0,6	5	10	0,6	1	2	0,7
6	1	2	2	0,6	3	3	0,6	3	3	0,6	4	4	0,8	2	2	0,6	2	2	0,6	3	3	0,6	3	3	0,7
7	3	4	12	0,8	5	15	0,8	5	15	0,8	5	15	0,6	4	12	0,6	3	9	0,6	3	9	0,6	3	9	0,8
8.1	1	2	2	0,6	2	2	0,6	3	3	0,6	2	2	0,6	2	2	0,6	2	2	0,6	2	2	0,6	2	2	0,6
8.2	1	1	1	1,0	2	2	1,0	3	3	1,0	4	4	1,0	2	2	1,0	2	2	1,0	4	4	1,0	3	3	1,0
9	1	2	2	0,8	2	2	0,8	3	3	0,8	3	3	0,7	3	3	0,7	4	4	0,7	3	3	0,7	1	1	0,8
			53			51			57			58			52			45			59			34	

ADJUSTED VALUES					
ALIGNMENTS	V	V _L	V _P	V _{L,P}	L[km]
A1	53	102	65	126	28,15
A2V	51	91	65	117	26,05
A2S	57	96	73	123	24,45
A3	58	103	88	155	25,76
A4	52	105	79	161	29,56
A4/1	45	90	69	138	29,25
A6	59	99	89	150	24,37
A7	34	34	42	42	14,57

LEGEND:

- R : Rating
- v : Value
- P : Probability
- L : Length
- VL : Values adjusted to tunnel length [VL = V x L A1, A2, A3, A4, A4/1, A6, A7/LA7]
- VP : Values adjusted to probability [VP = (V1,2,3,4,5,8,7,8.1,8.2,9/P1,2,3,4,5,8,7,8.1,8.2,9)]
- V_{L,P} : Values adjusted to tunnel length and probability [V_{L,P} = V_P x (L_{A1, A2, A3, A4, A4/1, A6, A7/L_{A7})]}



3. SCHLUSSBETRACHTUNG

Die ingenieurgeologische Bearbeitung ermöglichte eine grundsätzliche Abschätzung von geologisch geotechnischen Risikofaktoren sowie den Entwurf von Trassenalternativen. Der Variantenvergleich erfolgte anhand von projektspezifischen Kriterien und ermöglichte die Identifizierung von geotechnisch günstigen Alternativen. Anhand einer vorläufigen Abschätzung von Gebirgstypen wurden für ausgewählte Trassenvarianten Kosten- und Bauzeitpläne erarbeitet.

4. LITERATUR

BASTIAS, H., G. E. TELLO, L. P. PERUCCA & J. D. PAREDES, 1993: Peligro sísmico y neotectónica. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Mendoza. Geología y Recursos Naturales de Mendoza V.A. Ramos (Ed.), Relatorio, VI (1): 645-658.

CEGARRA, M. I., G. L. LO FORTE & A. S. SANGUINETTI, 1993: La alta cordillera de Mendoza entre Puente del Inca y Lac Cuevas (32°50' Lat.S.). XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas T II: 85-93, Buenos Aires.

GILI, J. P., 1948: Proyecto de perforación de un túnel trasandino entre Juncal (Chile) y Puente del Inca (Argentina). Primera Parte.

ISRM, 1981: Rock characterization, testing and monitoring, ISRM suggested methods. Ed.. E. T. Brown, Pergamon Press.

KOVÁRI, K., Ch. AMSTAD & G. ANAGNOSTOU, 1987: Tunnelbau in quellfähigem Gebirge. Mitteilungen der Schweizerischen Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik, 115, 19-26.

- KOZLOWSKI, E. E., R. MANCEDA & V. A. RAMOS, 1993: Geología y recursos naturales de Mendoza estructura. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Relatorio, I (18): 235-256, Buenos Aires.
- LO FORTE, G. L., 1990: Geología de la quebrada de Agua Blanca, alta cordillera de Mendoza. Decimo Primer Congreso Geológico Argentino, Actas II: 113-116, San Juan.
- MOSCOSO, R. D., H. S. PADILLA & S. G. RIVANO, 1982: Carta geológica de Chile, No. 52, hoja Los Andes, region de Valparaiso. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago.
- PAZOS, J. A., J. L. BESSONE, J. A. VIVAS, A. VACA, C. WETTEN & C. E. VALERO, 1993: Geología y recursos naturales de Mendoza - recursos hidricos subterranos y aguas termales. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos - V.A. Ramos (Ed.), Relatorio, V (1): 551-599.
- RAMOS, V. A., 1986: Descripción geológica de la hoja 23 a ACONCAGUA (Provincia de Mendoza), informe preliminar.
- RAMOS, V. A., 1988: The tectonics of the Central Andes: 30° to 33° S latitude. Geol.Soc.Am., Special Paper 218: 31-54, Boulder.
- RAMOS, V. A., S. RIVANO, M. B. AGUIRRE-URRETA, E. GODOY & G. L. LO FORTE, 1990: El mesozoico del cordón del límite entre Portezuelo Navarro y Monos de Agua (Chile-Argentina). Decimo Primer Congreso Geológico Argentino, Actas II: 43-46, San Juan.
- RAMOS, V. A., 1993 a: Geología y estructura de Puente del Inca y el control tectónico de sus aguas termales. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas T V: 8-19, Buenos Aires.

RIVANO, S., E. GODOY, M. VERGARA & R. VILLARROEL, 1990: Redefinición de la formación Farellones en la cordillera de los Andes de Chile central (32-34°S). Revista Geológica de Chile, Vol.17, No.2: 205-214, Santiago.

RYBACH, L. & M. PFISTER, 1994: Temperature Predictions and predictive temperatures in deep tunnels. Rock Mech. Rock Engng. 27 (2), 77-88.

STEINER, W., 1993: Swelling rock in tunnels: rock Characterization, effect of horizontal stresses and construction procedures. Int.J.Rock Mech. Min.Sci. & Geomech. Abstr., Vol 30, No. 4, pp. 361-380.

Autor:

Mag. Alfred FASCHING

Geoconsult ZT GmbH

A-5020 Salzburg, Sterneckerstraße 52