



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE AGUAS-
REGION DEL BÍO BÍO



PROSPECCIÓN GEOFÍSICA SECTOR RURAL DÉFICIT HÍDRICO VALLE DEL ITATA

REALIZADO POR:
UNIÓN TEMPORAL DE PROVEEDORES.
GEO-SAFE Limitada
RHYMA INGENIERÍA SpA

S.I.T. N° 433

CONCEPCIÓN, ABRIL, 2018

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

Ministro de Obras Públicas
Ingeniero Comercial Sr. Juan Andrés Fontaine Talavera

Director General de Aguas
Ingeniero Comercial Sr. Oscar Cristi Marfil

Director Regional de Aguas. Región del Biobío
Ingeniero Agrónomo Sr. Mauricio Melo Acuña

Inspector Fiscal
Ingeniero Civil Sr. Víctor Romero Romero

UNIÓN TEMPORAL DE PROVEEDORES
GEO-SAFE Limitada
RHYMA INGENIERÍA SpA

Jefa de Proyecto
Geóloga Sra. Carmen Copier Mella

Profesionales
Ingeniero Civil Sr. Leonel Barra O.
Ingeniero Civil Sr. Maximiliano Arriagada U.
Ingeniero Civil Sr. Daniel Valdés P.
Geógrafo Sr. Javier Fuentes T.
Ingeniero Civil Sr. Carlos Toledo LI.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	23
1.1	ANTECEDENTES	23
2	ESTRUCTURA DEL INFORME Y METODOLOGÍA DE TRABAJO	27
2.1	ESTRUCTURA DEL INFORME	27
2.2	METODOLOGÍA DE TRABAJO	27
2.2.1	RECOPILACIÓN DE ANTECEDENTES Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	28
2.2.2	RECONOCIMIENTO DE LOS SITIOS DONDE REALIZAR LAS PROSPECCIONES	28
2.2.3	EJECUCIÓN DE PROSPECCIONES GEOFÍSICAS Y RESULTADOS	29
2.2.4	ELABORACIÓN DE SIG	29
3	ANTECEDENTES GENERALES	31
3.1	CONTEXTO REGIONAL	31
3.1.1	SECTORES PRELIMINARES DE ESTUDIO	31
3.1.2	SECTORES PROSPECTADOS	34
3.1.3	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	37
3.1.4	CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS	40
3.1.5	CARACTERÍSTICAS DE SUELOS	41
3.1.6	ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS. PROVINCIALES Y COMUNALES	41
3.1.7	ANTECEDENTES METEOROLOGÍA	47
3.1.8	ANÁLISIS DE TENDENCIA EN PRECIPITACIONES	57
3.1.9	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	58
3.1.10	ANTECEDENTES HIDROGEOLOGÍA	63
3.2	REVISIÓN DE ESTUDIOS	65
4	CAMPAÑA GEOFÍSICA	89
4.1	METODOLOGÍA UTILIZADA	89
4.1.1	ESQUEMA TEÓRICO DE FUNCIONAMIENTO DEL MÉTODO TEM	90
4.1.2	FUENTES DE ERROR DEL MÉTODO	91
4.1.3	INSTRUMENTO TEM-FASI	91
4.1.4	MEDICIÓN EN TERRENO	92
4.1.5	CONTROL DE ERRORES	93
4.1.6	PROCESAMIENTO DE DATOS	95
4.2	PLANIFICACIÓN DE TRABAJOS	97
4.3	EJECUCIÓN DEL TRABAJO	101
4.3.1	COBQUECURA	102
4.3.2	COLEMU	117
4.3.3	NINHUE	133
4.3.4	PORTEZUELO	142
4.3.5	QUILLÓN	154
4.3.6	QUIRIHUE	170
4.3.7	RÁNQUIL	184
4.3.8	SAN NICOLÁS	191
4.3.9	TREHUACO	200
4.4	RESULTADOS OBTENIDOS	209
4.4.1	EJEMPLO DE PROCESO COMPLETO PARA UN REGISTRO OBTENIDO EN TERRENO	211
4.4.2	CORRELACIÓN ENTRE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA Y TIPO DE MATERIALES GEOLÓGICOS	218
4.5	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	224
4.5.1	COBQUECURA. LA ORILLA 1	225
4.5.2	COBQUECURA. LA ORILLA 4	227
4.5.3	COBQUECURA. SERICHE	229
4.5.4	COBQUECURA. EL TOLLO	231
4.5.5	COBQUECURA. QUEBRADA HONDA	233

4.5.6	COBQUECURA. LOMAS NEGRAS.	235
4.5.7	COELEMU. CARAVANCHEL.	237
4.5.8	COELEMU. RANGUELMO.	239
4.5.9	COELEMU. CHORRILLOS.	241
4.5.10	COELEMU. SAN AMBROSIO.	243
4.5.11	COELEMU. HUARO.	245
4.5.12	COELEMU. TINAJACURA.	247
4.5.13	COELEMU. LOS CASTAÑOS.	249
4.5.14	NINHUE. TALHUAN.	251
4.5.15	NINHUE. RELOCA.	253
4.5.16	NINHUE. SAN JUAN.	255
4.5.17	NINHUE. LA POSTA.	257
4.5.18	NINHUE. HUALTE.	259
4.5.19	PORTEZUELO. CHUDAL.	261
4.5.20	PORTEZUELO. CHUDAL. 2.	263
4.5.21	PORTEZUELO. CARRULLANCA.	265
4.5.22	PORTEZUELO. TRANCOYÁN 2.	267
4.5.23	PORTEZUELO. HUACALEMU.	269
4.5.24	QUILLÓN. EL CULBÉN.	271
4.5.25	QUILLÓN. LOS CRUCEROS 1.	273
4.5.26	QUILLÓN. CHILLANCITO.	275
4.5.27	QUILLÓN. PEÑABLANCA.	277
4.5.28	QUILLÓN. QUEIME.	279
4.5.29	QUILLÓN. LAS HERAS.	281
4.5.30	QUILLÓN. LA GLORIA.	283
4.5.31	QUILLÓN. HUENUCHEO.	285
4.5.32	QUIRIHUE. LA FERIA.	287
4.5.33	QUIRIHUE. CALQUÍN.	289
4.5.34	QUIRIHUE. LA HORCA.	291
4.5.35	QUIRIHUE. PACHAGUA.	293
4.5.36	RÁNQUIL. VIVIENDAS TUTELADAS.	295
4.5.37	RÁNQUIL. RAHUIL.	297
4.5.38	RÁNQUIL. LOMAS COLORADAS.	299
4.5.39	RÁNQUIL. CHECURA.	301
4.5.40	SAN NICOLÁS. COIPÍN.	303
4.5.41	SAN NICOLÁS. HUAMPULI.	305
4.5.42	SAN NICOLÁS. LA MARAVILLA.	308
4.5.43	SAN NICOLÁS. VIDICO.	310
4.5.44	TREHUACO. EL AROMO 1.	312
4.5.45	TREHUACO. CAJÓN DE MELA 2.	314
4.5.46	TREHUACO. EL AROMO 2.	316
4.5.47	TREHUACO. EL ARRAYÁN.	318

5 CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA Y ESTIMACIÓN DE CAUDALES. 321

5.1	UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.	321
5.1.1	COMUNA COBQUECURA:	322
5.1.1	COMUNA COELEMU:	329
5.1.1	COMUNA NINHUE.	339
5.1.2	COMUNA PORTEZUELO:	346
5.1.3	COMUNA QUILLÓN.	353
5.1.4	COMUNA QUIRIHUE:	364
5.1.5	COMUNA RÁNQUIL:	370
5.1.6	COMUNA SAN NICOLÁS.	376
5.1.7	COMUNA TREHUACO.	382
5.2	GEOMETRÍA ACÚFERA.	388
5.2.1	BASAMENTO.	388
5.2.2	GEOMETRÍA ACÚFERA.	388

5.3	PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS.	389
5.4	NIVELES FREÁTICOS.	395
5.5	ESTIMACIÓN DE LA RECARGA.	397
5.6	ESTIMACIÓN DE CAUDALES EN SECTORES PROSPECTADOS.	407
6	<u>ALTERNATIVAS DE CAPTACIÓN Y PROPUESTAS DE DISEÑO PRELIMINAR.</u>	409
6.1	COMUNA COBQUECURA	413
6.1.1	SECTOR SERRUCHE.....	413
6.1.2	SECTOR LA ORILLA 1	414
6.1.3	SECTOR LA ORILLA 4	415
6.1.4	SECTOR EL TOLLO.....	416
6.1.5	SECTOR QUEBRADA HONDA.....	417
6.1.6	SECTOR LOMA NEGRA	418
6.2	COMUNA COELEMU:	419
6.2.1	SECTOR RANGUILLO.....	419
6.2.2	SECTOR CARAVANCHEL:	420
6.2.3	SECTOR CHORRILLOS:	421
6.2.4	SECTOR LOS CASTAÑOS.....	422
6.2.5	SECTOR SAN AMBROSIO.....	423
6.2.6	SECTOR HUARO.....	424
6.2.7	SECTOR TINAJACURA.....	425
6.3	COMUNA NINHUE:	426
6.3.1	SECTOR TALHUAN:	426
6.3.2	SECTOR RELOCA:	427
6.3.3	SECTOR LA POSTA:	428
6.3.4	SECTOR HUALTE 2	429
6.3.5	SECTOR SAN JUAN:	430
6.4	COMUNA PORTEZUELO:	431
6.4.1	SECTOR CHUDAL 1:	431
6.4.2	SECTOR CARRULLANCA:	432
6.4.3	SECTOR TRANCOYÁN 2:	433
6.4.4	SECTOR CHUDAL 2	434
6.4.5	SECTOR HUACALEMU:	435
6.5	COMUNA QUI LLÓN:	436
6.5.1	SECTOR EL CULBÉN:	436
6.5.2	SECTOR LOS CRUCEROS 1	437
6.5.3	SECTOR LA GLORIA	438
6.5.4	SECTOR PEÑABLANCA:	439
6.5.5	SECTOR QUEIME:	440
6.5.6	SECTOR HUENUCHEO	441
6.5.7	SECTOR LAS HERAS.....	442
6.6	COMUNA QUI RI HUE:	443
6.6.1	SECTOR CALQUÍN	443
6.6.2	SECTOR LA FERIA:	444
6.6.3	SECTOR LA HORCA.....	445
6.6.4	SECTOR PACHAGUA	446
6.7	COMUNA RÁNQUIL:	447
6.7.1	SECTOR VIVIENDAS TUTELADAS:	447
6.7.2	SECTOR RAHUIL:	448
6.7.3	SECTOR CHECURA	449
6.7.4	SECTOR LOMAS COLORADAS	450
6.8	COMUNA SAN NI COLÁS:	451
6.8.1	SECTOR COIPÍN:	451
6.8.2	SECTOR HUAMPULI:	452
6.8.3	SECTOR LA MARAVILLA	453
6.8.4	SECTOR VIDICO	454
6.9	COMUNA TREHUACO:	455

6.9.1	SECTOR EL AROMO 1	455
6.9.2	SECTOR CAJÓN DE MELA:	456
6.9.3	SECTOR EL ARRAYÁN	457
6.9.4	SECTOR EL AROMO 2	458
7	<u>PROYECTO SIG.....</u>	459
7.1	BASE CARTOGRÁFICA	459
7.2	ESTRUCTURA DEL SIG	460
7.3	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.	463
7.4	IMÁGENES RÁSTER	466
8	<u>COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.....</u>	467
9	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u>	471

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COMUNAS Y SECTORES DE INTERÉS PRELIMINARES. DATUM WGS84.	31
TABLA 2. COMUNAS Y SECTORES PROSPECTADOS. DATUM WGS84.	34
TABLA 3. ANTECEDENTES COMUNALES.	46
TABLA 4. ESTACIONES METEOROLÓGICAS CONSIDERADAS.	47
TABLA 5. PUNTOS DE CONTROL DE PRECIPITACIONES.	49
TABLA 6. PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES Y ANUALES, EN MM/MES O MM/AÑO, RESPECTIVAMENTE.	50
TABLA 7. PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES Y ANUALES NORMALIZADAS.	51
TABLA 8. RESULTADOS PRECIPITACIONES EN CAPITAL COMUNAL.	56
TABLA 9. ESTRATIGRAFÍAS, NIVELES FREÁTICOS Y CAUDALES DE DERECHO EN POZOS ANALIZADOS.	64
TABLA 10. ESTUDIOS REVISADOS Y SU CONTENIDO.	67
TABLA 11. BALANCE GENERAL ACUÍFEROS. CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m ³ /s).....	75
TABLA 12. UBICACIÓN PUNTOS TEM EN LA COMUNA DE COBQUECURA	104
TABLA 13: UBICACIÓN PUNTOS TEM EN LA COMUNA DE COELEMU	119
TABLA 14: UBICACIÓN PUNTOS TEM EN LA COMUNA DE NINHUE.....	135
TABLA 15: UBICACIÓN PUNTOS TEM EN LA COMUNA DE PORTEZUELO	144
TABLA 16: UBICACIÓN PUNTOS TEM EN LA COMUNA DE QUILLÓN.....	156
TABLA 17: UBICACIÓN PUNTOS TEM EN LA COMUNA DE QUIRIHUE	171
TABLA 18: UBICACIÓN PUNTOS TEM EN LA COMUNA DE RANQUIL.....	185
TABLA 19: UBICACIÓN PUNTOS TEM EN LA COMUNA DE SAN NICOLÁS.....	192
TABLA 20: UBICACIÓN PUNTOS TEM EN LA COMUNA DE TREHUACO	201
TABLA 21. UNIDADES GEOELÉCTRICAS/RESISTIVIDAD	224
TABLA 22. UNIDADES COBQUECURA.	322
TABLA 23. UNIDADES COELEMU.	329
TABLA 24. UNIDADES NINHUE.....	339
TABLA 25. UNIDADES PORTEZUELO.	346
TABLA 26. UNIDADES QUILLÓN.	353
TABLA 27. UNIDADES QUIRIHUE.	364
TABLA 28. UNIDADES RANQUIL.	370
TABLA 29. UNIDADES SAN NICOLÁS.	376
TABLA 30. UNIDADES TREHUACO.	382
TABLA 31. RANGO DE VALORES DE TRANSMISIVIDAD PARA ACUÍFEROS.	390
TABLA 32. RANGO DE VALORES DE ALMACENAMIENTO PARA ACUÍFEROS.	390
TABLA 33. RANGO DE VALORES DE TRANSMISIVIDAD Y ALMACENAMIENTO POR SECTORES.	391
TABLA 34. NIVELES FREÁTICOS.	395
TABLA 35. CÁLCULO DE PRECIPITACIONES SEGÚN 5 MODELOS.	399
TABLA 36. CORRELOGRAMA	402
TABLA 37. BALANCE HÍDRICO Y DETERMINACIÓN DE LA RECARGA.....	405
TABLA 38. CAUDALES ESTIMADOS EN FUNCIÓN DE LA INFORMACIÓN LEVANTADA [L/S].....	407
TABLA 39. COORDENADAS PROYECTOS DE CAPTACIÓN DE AGUAS. WGS84 H18	409
TABLA 40. GEODATABASE.	461

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ÁREA ASOCIADA AL VALLE DEL ITATA. DATUM WGS84. HUSO 18.....	26
FIGURA 2. SECTORES PRELIMINARES. DATUM WGS84. HUSO 18.....	33
FIGURA 3. SECTORES PROSPECTADOS. DATUM WGS84. HUSO 18.....	36
FIGURA 4. CURVAS ISOYETAS DEL BALANCE HÍDRICO NACIONAL.....	38
FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE PRECIPITACIONES.....	39
FIGURA 6. PUNTOS DE CONTROL PRECIPITACIONES.....	48
FIGURA 7. PRECIPITACIONES UNITARIAS.....	52
FIGURA 8. PERFIL DE PRECIPITACIONES TOTALES ANUALES.....	54
FIGURA 9. ESTACIONES METEOROLÓGICAS DGA. CUENCA ITATA-BAJO.....	55
FIGURA 10. ANÁLISIS VARIACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES. PERÍODO MÓVIL 10 AÑOS.....	57
FIGURA 11. ANÁLISIS VARIACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES. PERÍODO MÓVIL 20 AÑOS.....	58
FIGURA 12. MAPA GEOLÓGICO CUENCA ITATA.....	60
FIGURA 13. SECTORES HIDROGEOLÓGICOS REGIÓN DEL BÍO-BÍO.....	74
FIGURA 14. LÍMITES DEL SISTEMA F-04 MODELACIÓN HIDROGEOLÓGICA CUENCA ITATA-BAJO.....	77
FIGURA 15. BASAMENTO DEL ACUÍFERO ITATA BAJO.....	78
FIGURA 16. ESQUEMA TEÓRICO PROCESO TEM.....	91
FIGURA 17. ESQUEMA DE TERRENO PARA REGISTRO DE DATOS CON CIRCUITOS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN COINCIDENTES.....	93
FIGURA 18. CONTROL EN TERRENO CON COMPUTADOR DE MANO DE STACK PARA REPETICIÓN DE MEDICIONES.....	94
FIGURA 19. VISUALIZACIÓN EN TERRENO DE LOS ERRORES DE MEDICIÓN DE FORMA INMEDIATA.....	95
FIGURA 20. EJEMPLO DE VISUALIZACIÓN EN TERRENO DE CURVA DE RESISTIVIDADES VERSUS PROFUNDIDAD.....	96
FIGURA 21. EJEMPLO DE INVERSIÓN DE DATOS TEM PARA OBTENER UN MODELO DE CAPAS CON VALORES DE RESISTIVIDAD EN PROFUNDIDAD.....	97
FIGURA 22. DELIMITACIÓN UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.....	98
FIGURA 23. ESQUEMA DE REPLANTEO DE INFORMACION DE EXPEDIENTES EN TORNO A SECTORES.....	99
FIGURA 24. ESQUEMA REFERENCIAL CON EXPEDIENTES CERCA DE VIVIENDAS TUTELADAS.....	100
FIGURA 25. POZOS DOH.....	100
FIGURA 26 MAPA DE UBICACIÓN MEDICIONES GEOFÍSICAS COMUNA DE COBQUECURA.....	103
FIGURA 27: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR EL TOLLO 1, 2 Y 3, COMUNA DE COBQUECURA.....	106
FIGURA 28: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR EL TOLLO 1, 2 Y 3, COMUNA DE COBQUECURA.....	107
FIGURA 29: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR EL TOLLO 1, 2 Y 3, COMUNA DE COBQUECURA.....	107
FIGURA 30: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR QUEBRADA HONDA, COMUNA DE COBQUECURA.....	108
FIGURA 31: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR QUEBRADA HONDA, COMUNA DE COBQUECURA.....	109
FIGURA 32: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR QUEBRADA HONDA, COMUNA DE COBQUECURA.....	109
FIGURA 33: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR LA ORILLA 1, COMUNA DE COBQUECURA.....	110
FIGURA 34: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR LA ORILLA, COMUNA DE COBQUECURA.....	111
FIGURA 35: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR LA ORILLA, COMUNA DE COBQUECURA.....	111
FIGURA 36: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR LA ORILLA 2, COMUNA DE COBQUECURA.....	112
FIGURA 37: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR LA ORILLA 3 COMUNA DE COBQUECURA.....	112
FIGURA 38: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR LA ORILLA 4 COMUNA DE COBQUECURA.....	113
FIGURA 39: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR SERICHE 1,2,3 Y 4 3 COMUNA DE COBQUECURA	114
FIGURA 40: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR SERICHE, COMUNA DE COBQUECURA.....	114
FIGURA 41: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR SERICHE, COMUNA DE COBQUECURA.....	115
FIGURA 42: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR LOMA NEGRA, COMUNA DE COBQUECURA.....	116
FIGURA 43: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR LOMA NEGRA, COMUNA DE COBQUECURA.....	116
FIGURA 44: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR LOMA NEGRA, COMUNA DE COBQUECURA.....	117
FIGURA 45 MAPA DE UBICACIÓN MEDICIONES GEOFÍSICAS COMUNA DE COELEMU.....	118
FIGURA 46. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR CARAVANCHEL, COMUNA DE COELEMU.....	120
FIGURA 47. FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR CARAVANCHEL, COMUNA DE COELEMU.....	121
FIGURA 48. FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR CARAVANCHEL, COMUNA DE COELEMU.....	121
FIGURA 49. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR CHORRILLOS, COMUNA DE COELEMU.....	122
FIGURA 50. FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR CHORRILLOS, COMUNA DE COELEMU.....	123
FIGURA 51: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR SAN AMBROSIO, COMUNA DE COELEMU.....	125
FIGURA 52: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR SAN AMBROSIO, COMUNA DE COELEMU.....	125

FIGURA 53: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR SAN AMBROSIO, COMUNA DE COELEMU	126
FIGURA 54: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR HUARO, COMUNA DE COELEMU.....	127
FIGURA 55: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR HUARO, COMUNA DE COELEMU	127
FIGURA 56: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR LOS CASTAÑOS, COMUNA DE COELEMU	128
FIGURA 57: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR LOS CASTAÑOS, COMUNA DE COELEMU.....	129
FIGURA 58: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR LOS CASTAÑOS, COMUNA DE COELEMU.....	129
FIGURA 59: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR TINAJACURA, COMUNA DE COELEMU.....	130
FIGURA 60: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR TINAJACURA, COMUNA DE COELEMU	131
FIGURA 61: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR RANGUELMO, COMUNA DE COELEMU.....	132
FIGURA 62: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR RANGUELMO, COMUNA DE COELEMU	133
FIGURA 63 MAPA DE UBICACIÓN MEDICIONES GEOFÍSICAS COMUNA DE NINHUE	134
FIGURA 64. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR TALHUAN, COMUNA DE NINHUE	136
FIGURA 65. MEDICIÓN ESTACIONES TEM - SECTOR TALHUAN, COMUNA DE NINHUE.....	136
FIGURA 66. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR LA POSTA, COMUNA DE NINHUE.....	137
FIGURA 67. FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR LA POSTA, COMUNA DE NINHUE	138
FIGURA 68. EQUIPO TEM EN ESTACIÓN LAP-2- SECTOR LA POSTA, COMUNA DE NINHUE.....	138
FIGURA 69. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR RELOCA, COMUNA DE NINHUE.....	139
FIGURA 70. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR SAN JUAN, COMUNA DE NINHUE	140
FIGURA 71: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR HUALTE, COMUNA DE NINHUE.....	141
FIGURA 72: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR HUALTE, COMUNA DE NINHUE	141
FIGURA 73: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR HUALTE, COMUNA DE NINHUE	142
FIGURA 74 MAPA DE UBICACIÓN MEDICIONES GEOFÍSICAS COMUNA DE PORTEZUELO	143
FIGURA 75. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR HUACALEMU, COMUNA DE PORTEZUELO	145
FIGURA 76. FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR HUACALEMU, COMUNA DE PORTEZUELO.....	146
FIGURA 77. FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR HUACALEMU, COMUNA DE PORTEZUELO.....	146
FIGURA 78. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR CHUDAL, COMUNA DE PORTEZUELO	147
FIGURA 79. CAMPAÑA TEM SECTOR CHUDAL, COMUNA DE PORTEZUELO	148
FIGURA 80. MEDICIÓN TEM - SECTOR CHUDAL 1, COMUNA DE PORTEZUELO.....	148
FIGURA 81: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR CHUDAL 2, COMUNA DE PORTEZUELO	149
FIGURA 82. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR CARRULLANCA, COMUNA DE PORTEZUELO.....	150
FIGURA 83. CAMPAÑA GEOFÍSICA MEDIANTE TEM- SECTOR CARRULLANCA, COMUNA DE PORTEZUELO	150
FIGURA 84: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR TRANCOYÁN 1, COMUNA DE PORTEZUELO.....	151
FIGURA 85: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR TRANCOYÁN 1, COMUNA DE PORTEZUELO	152
FIGURA 86: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR TRANCOYÁN 1, COMUNA DE PORTEZUELO	152
FIGURA 87. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR TRANCOYÁN 2, COMUNA DE PORTEZUELO.....	153
FIGURA 88. FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR TRANCOYÁN 2, COMUNA DE PORTEZUELO	153
FIGURA 89 MAPA DE UBICACIÓN MEDICIONES GEOFÍSICAS COMUNA DE QUILLÓN.....	155
FIGURA 90. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR EL CULBÉN, COMUNA DE QUILLÓN	158
FIGURA 91. FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR EL CULBÉN, COMUNA DE QUILLÓN	158
FIGURA 92: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR HUENUCHEO, COMUNA DE QUILLÓN	159
FIGURA 93: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR HUENUCHEO, COMUNA DE QUILLÓN.....	159
FIGURA 94: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR LA GLORIA, COMUNA DE QUILLÓN.....	160
FIGURA 95: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR LA GLORIA, COMUNA DE QUILLÓN	161
FIGURA 96. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR PEÑABLANCA, COMUNA DE QUILLÓN	162
FIGURA 97. FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR PEÑABLANCA, COMUNA DE QUILLÓN	162
FIGURA 98: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR LOS CRUCEROS, COMUNA DE QUILLÓN.....	163
FIGURA 99: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR LOS CRUCEROS, COMUNA DE QUILLÓN	164
FIGURA 100: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR LOS CRUCEROS, COMUNA DE QUILLÓN	164
FIGURA 101: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR CHANCAL, COMUNA DE QUILLÓN	165
FIGURA 102. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR QUEIME, COMUNA DE QUILLÓN.....	166
FIGURA 103. FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR QUEIME, COMUNA DE QUILLÓN	166
FIGURA 104: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR QUEIME ALTO, COMUNA DE QUILLÓN.....	167
FIGURA 105: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR LAS HERAS, COMUNA DE QUILLÓN.....	168
FIGURA 106. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR CHILLANCITO 1, COMUNA DE QUILLÓN	169
FIGURA 107. FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR CHILLANCITO 1, COMUNA DE QUILLÓN.....	169
FIGURA 108 MAPA DE UBICACIÓN DE MEDICIONES GEOFÍSICAS COMUNA DE QUIRIHUE.....	170
FIGURA 109. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR LA FERIA, COMUNA DE QUIRIHUE	172
FIGURA 110. MEDICIÓN TEM -SECTOR LA FERIA, COMUNA DE QUIRIHUE	173

FIGURA 111. MEDICIÓN TEM- SECTOR LA FERIA, COMUNA DE QUIRIHUE	173
FIGURA 112: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR TAIMO, COMUNA DE QUIRIHUE	174
FIGURA 113: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR TAIMO, COMUNA DE QUIRIHUE	175
FIGURA 114: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR TAIMO, COMUNA DE QUIRIHUE	175
FIGURA 115. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR LA HORCA, COMUNA DE QUIRIHUE.....	176
FIGURA 116: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR LA HORCA, COMUNA DE QUIRIHUE	177
FIGURA 117: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR LA HORCA, COMUNA DE QUIRIHUE	177
FIGURA 118: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR LOS REMATES, COMUNA DE QUIRIHUE	178
FIGURA 119. FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR LOS REMATES, COMUNA DE QUIRIHUE.....	179
FIGURA 120: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR LOS REMATES, COMUNA DE QUIRIHUE.....	179
FIGURA 121: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR CALQUÍN, COMUNA DE QUIRIHUE	180
FIGURA 122: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR CALQUÍN, COMUNA DE QUIRIHUE.....	181
FIGURA 123: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR CALQUÍN, COMUNA DE QUIRIHUE.....	181
FIGURA 124: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR PACHAGUA, COMUNA DE QUIRIHUE	182
FIGURA 125: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR PACHAGUA, COMUNA DE QUIRIHUE.....	183
FIGURA 126: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR PACHAGUA, COMUNA DE QUIRIHUE.....	183
FIGURA 127 MAPA DE UBICACIÓN MEDICIONES GEOFÍSICAS COMUNA DE RÁNQUIL	184
FIGURA 128. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR VIVIENDAS TUTELADAS, COMUNA DE RÁNQUIL	186
FIGURA 129. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR RAHUIL, COMUNA DE RÁNQUIL	187
FIGURA 130: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR LOMAS COLORADAS, COMUNA DE RÁNQUIL	188
FIGURA 131: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR LOMAS COLORADAS, COMUNA DE RÁNQUIL	188
FIGURA 132: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR CHECURA, COMUNA DE RÁNQUIL.....	189
FIGURA 133: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR CHECURA, COMUNA DE RÁNQUIL	190
FIGURA 134: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR CHECURA, COMUNA DE RÁNQUIL	190
FIGURA 135 MAPA DE UBICACIÓN MEDICIONES GEOFÍSICAS COMUNA DE SAN NICOLÁS	191
FIGURA 136. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR COIPÍN, COMUNA DE SAN NICOLÁS	193
FIGURA 137. FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR COIPÍN, COMUNA DE SAN NICOLÁS.	194
FIGURA 138. FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR COIPÍN, COMUNA DE SAN NICOLÁS	194
FIGURA 139: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR LA MARAVILLA, COMUNA DE SAN NICOLÁS	195
FIGURA 140: FOTOGRAFIA DE TERRENO EN SECTOR LA MARAVILLA, COMUNA DE SAN NICOLÁS.....	196
FIGURA 141: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR VIDICO, COMUNA DE SAN NICOLÁS	197
FIGURA 142: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR TOTORAL, COMUNA DE SAN NICOLÁS	198
FIGURA 143: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR TOTORAL, COMUNA DE SAN NICOLÁS.....	198
FIGURA 144. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR HUAMPULI, COMUNA DE SAN NICOLÁS	199
FIGURA 145. FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR HUAMPULI, COMUNA DE SAN NICOLÁS.....	200
FIGURA 146 MAPA DE UBICACIÓN MEDICIONES GEOFÍSICAS COMUNA DE TREHUACO.....	201
FIGURA 147. LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR CAJÓN DE MELA, COMUNA DE TREHUACO	203
FIGURA 148. CAMPAÑA GEOFÍSICA MEDIANTE TEM, VALLE CAJÓN DE MELA, COMUNA DE TREHUACO.....	203
FIGURA 149. VALLE DE CAJÓN DE MELA, COMUNA DE TREHUACO.....	204
FIGURA 150: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR EL AROMO 1, COMUNA DE TREHUACO.....	205
FIGURA 151: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR EL AROMO 2, COMUNA DE TREHUACO.....	206
FIGURA 152: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR EL AROMO 2, COMUNA DE TREHUACO	206
FIGURA 153: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR EL AROMO 2, COMUNA DE TREHUACO	207
FIGURA 154: LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE PUNTOS TEM EN SECTOR EL ARRAYÁN, COMUNA DE TREHUACO	208
FIGURA 155: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR EL ARRAYÁN, COMUNA DE TREHUACO.....	208
FIGURA 156: FOTOGRAFÍA DE TERRENO EN SECTOR EL ARRAYÁN, COMUNA DE TREHUACO.....	209
FIGURA 157. EJEMPLO DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE TERRENO.....	210
FIGURA 158. ESQUEMA CON LA SECUENCIA DE PASOS EN EL PROCESO DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE REGISTRO DATOS TEM.....	211
FIGURA 159. LOCALIZACIÓN SITIO PUNTO DE MEDICIÓN TEM HUE-1 Y DESPLIEGUE INSTRUMENTACIÓN, SECTOR HUENUCHEO, QUILLÓN.	212
FIGURA 160. GEOMETRÍA DEL CIRCUITO DE MEDICIÓN Y EJEMPLO DE CURVA DE DATOS VISUALIZADA EN COMPUTADOR DE MANO DE TERRENO. EJEMPLO DE VISUALIZACIÓN EN TERRENO DE MODELO APROXIMADO DE RESISTIVIDAD V/S PROFUNDIDAD.....	213
FIGURA 161. ESQUEMA DE PASO DE PROCESO DE PROCESAMIENTO DE DATOS TEM DESDE TRASPASO DE DATOS A COMPUTADOR A OBTENCIÓN DE MODELO DE RESISTIVIDADES V/S PROFUNDIDAD.	213
FIGURA 162. CARGA DE DATOS EN SOFTWARE Y PRIMERO MODELO DE RESISTIVIDADES DE INICIO.....	214

FIGURA 163. ETAPA INTERMEDIA DE AJUSTE MODELO DE RESISTIVIDADES V/S PROFUNDIDAD EN PROCESO ITERATIVO REALIZADO POR EL SOFTWARE DE PROCESO.	215
FIGURA 164. RESULTADO AJUSTE FINAL DEL MODELO DE RESISTIVIDADES EN PROCESO ITERATIVO.	216
FIGURA 165. RESULTADO FINAL DEL PROCESAMIENTO DE DATOS TEM CON MODELO UNIDIMENSIONAL ESTRATIFICADO DE RESISTIVIDADES ELÉCTRICA V/S PROFUNDIDAD.	217
FIGURA 166 CORRELACIÓN ENTRE RESISTIVIDADES ELÉCTRICA Y TIPOS DE MATERIALES GEOLÓGICOS.	220
FIGURA 167. CORRELACIÓN ENTRE RESISTIVIDADES ELÉCTRICA Y TIPOS DE MATERIALES.	221
FIGURA 168. RESISTIVIDAD Y CONDUCTIVIDAD.	222
FIGURA 169. RESISTIVIDAD ROCAS Y MINERALES.	223
FIGURA 170. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIONES EN SECTOR LA ORILLA 1.	225
FIGURA 171. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR LA ORILLA 1.	226
FIGURA 172. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-4 Y SECCIÓN-5 EN SECTOR LA ORILLA 4.	227
FIGURA 173. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR LA ORILLA 4.	228
FIGURA 174. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-3 EN SECTOR SERICHE-3 Y SERICHE-4.	229
FIGURA 175. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR SERICHE-3 Y SERICHE-4.	230
FIGURA 176. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN- EN SECTOR EL TOLLO.	231
FIGURA 177. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR EL TOLLO.	232
FIGURA 178. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN- EN SECTOR QUEBRADA HONDA.	233
FIGURA 179. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR QUEBRADA HONDA.	234
FIGURA 180. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN- EN SECTOR LOMAS NEGRAS.	235
FIGURA 181. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR LOMAS NEGRAS.	236
FIGURA 182. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN- EN SECTOR CARAVANCHEL.	237
FIGURA 183. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR CARAVANCHEL.	238
FIGURA 184. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR RANGUELMO.	239
FIGURA 185. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR RANGUELMO.	240
FIGURA 186. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR CHORRILLOS.	241
FIGURA 187. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR CHORRILLOS.	242
FIGURA 188. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-EN SECTOR SAN AMBROSIO.	243
FIGURA 189. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR SAN AMBROSIO.	244
FIGURA 190. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-EN SECTOR HUARO.	245
FIGURA 191. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR HUARO.	246
FIGURA 192. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-EN SECTOR TINAJACURA.	247
FIGURA 193. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR TINAJACURA.	248
FIGURA 194. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-EN SECTOR LOS CASTAÑOS.	249
FIGURA 195. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR LOS CASTAÑOS.	250
FIGURA 196. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR DE TALHUAN.	251
FIGURA 197. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR TALHUAN.	252
FIGURA 198. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR RELOCA.	253
FIGURA 199. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR RELOCA.	254
FIGURA 200. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR SAN JUAN.	255
FIGURA 201. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR SAN JUAN.	256
FIGURA 202. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR LA POSTA.	257
FIGURA 203. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR LA POSTA.	258
FIGURA 204. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR LA POSTA.	259
FIGURA 205. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR LA POSTA.	260
FIGURA 206. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR CHUDAL.	261
FIGURA 207. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR CHUDAL.	262
FIGURA 208. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR CHUDAL 2.	263
FIGURA 209. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR CHUDAL 2.	264
FIGURA 210. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR CARRULLANCA.	265
FIGURA 211. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR CARRULLANCA.	266
FIGURA 212. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-2 EN SECTOR TRancoYÁN 2.	267
FIGURA 213. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR TRancoYÁN 2.	268
FIGURA 214. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR HUACALEMU.	269
FIGURA 215. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR PORTEZUELO.	270
FIGURA 216. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR CULBÉN.	271
FIGURA 217. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR CULBÉN.	272
FIGURA 218. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR LOS CRUCEROS 1.	273

FIGURA 219. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR LOS CRUCEROS 1.....	274
FIGURA 220. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR CHILLANCITO.....	275
FIGURA 221. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR CHILLANCITO.....	276
FIGURA 222. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR PEÑABLANCA.....	277
FIGURA 223. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR PEÑABLANCA.....	278
FIGURA 224. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR QUEIME.....	279
FIGURA 225. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR QUEIME.....	280
FIGURA 226. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN- SECTOR LAS HERAS.....	281
FIGURA 227. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR LAS HERAS.....	282
FIGURA 228. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN- SECTOR LA GLORIA.....	283
FIGURA 229. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR LA GLORIA.....	284
FIGURA 230. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR HUENUCHEO.....	285
FIGURA 231. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR HUENUCHEO.....	286
FIGURA 232. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR LA FERIA.....	287
FIGURA 233. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR LA FERIA.....	288
FIGURA 234. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR CALQUÍN.....	289
FIGURA 235. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR CALQUÍN.....	290
FIGURA 236. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-EN SECTOR LA HORCA.....	291
FIGURA 237. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR LA HORCA.....	292
FIGURA 238. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-EN SECTOR PACHAGUA.....	293
FIGURA 239. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR PACHAGUA.....	294
FIGURA 240. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR VIVIENDAS TUTELADAS.....	295
FIGURA 241. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR VIVIENDAS TUTELADAS.....	296
FIGURA 242. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR RAHUIL.....	297
FIGURA 243. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR RAHUIL.....	298
FIGURA 244. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN- EN SECTOR LOMAS COLORADAS.....	299
FIGURA 245. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR LOMAS COLORADAS.....	300
FIGURA 246. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN- EN SECTOR CHECURA.....	301
FIGURA 247. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR CHECURA.....	302
FIGURA 248. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR COIPÍN.....	303
FIGURA 249. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR COIPÍN.....	304
FIGURA 250. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR HUAMPULI.....	305
FIGURA 251. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR HUAMPULI.....	306
FIGURA 252. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR HUAMPULI.....	307
FIGURA 253. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-EN SECTOR LA MARAVILLA.....	308
FIGURA 254. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR LA MARAVILLA.....	309
FIGURA 255. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-EN SECTOR LA MARAVILLA.....	310
FIGURA 256. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR VIDICO.....	311
FIGURA 257. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR EL AROMO 1.....	312
FIGURA 258. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR EL AROMO 1.....	313
FIGURA 259. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-1 EN SECTOR CAJÓN DE MELA 2.....	314
FIGURA 260. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR CAJÓN DE MELA.....	315
FIGURA 261. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-SECTOR EL AROMO 2.....	316
FIGURA 262. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR EL AROMO 2.....	317
FIGURA 263. ESQUEMA EN PLANTA DE SECCIÓN-SECTOR EL ARRAYAN.....	318
FIGURA 264. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD SECTOR EL ARRAYAN.....	319
FIGURA 265. PERFIL HIDROGEOLOGÍCO- LA ORILLA.....	324
FIGURA 266. PERFIL HIDROGEOLOGÍCO- SERICHE.....	325
FIGURA 267. PERFIL HIDROGEOLOGÍCO- QUEBRADA HONDA.....	326
FIGURA 268. PERFIL HIDROGEOLOGÍCO- EL TOLLO.....	327
FIGURA 269. PERFIL HIDROGEOLOGÍCO SECTOR LOMAS NEGRAS.....	328
FIGURA 270. PERFIL HIDROGEOLOGÍCO- RANGUELMO.....	332
FIGURA 271. PERFIL HIDROGEOLOGÍCO- CARAVANCHEL.....	333
FIGURA 272. PERFIL HIDROGEOLOGÍCO- CHORRILLOS.....	334
FIGURA 273. PERFIL HIDROGEOLOGÍCO- SAN AMBROSIO.....	335
FIGURA 274. PERFIL HIDROGEOLOGÍCO- HUARO.....	336
FIGURA 275. PERFIL HIDROGEOLOGÍCO- TINAJACURA.....	337
FIGURA 276. PERFIL HIDROGEOLOGÍCO- LOS CASTAÑOS.....	338

FIGURA 277. PERFIL HIDROGEOLOGICO- RELOCA.....	341
FIGURA 278. PERFIL HIDROGEOLOGICO- SAN JUAN.....	342
FIGURA 279. PERFIL HIDROGEOLOGICO- TALHUAN.....	343
FIGURA 280. PERFIL HIDROGEOLOGICO- LA POSTA.....	344
FIGURA 281. PERFIL HIDROGEOLOGICO- HUALTE.....	345
FIGURA 282. PERFIL HIDROGEOLOGICO- CHUDAL.....	348
FIGURA 283. PERFIL HIDROGEOLOGICO- CARRULLANCA.....	349
FIGURA 284. PERFIL HIDROGEOLOGICO- CHUDAL 2.....	350
FIGURA 285. PERFIL HIDROGEOLOGICO- TRANCOYÁN.....	351
FIGURA 286. PERFIL HIDROGEOLOGICO- HUACALEMU.....	352
FIGURA 287. PERFIL HIDROGEOLOGICO- EL CULBÉN.....	356
FIGURA 288. PERFIL HIDROGEOLOGICO- CHILLANCITO.....	357
FIGURA 289. PERFIL HIDROGEOLOGICO- LOS CRUCEROS.....	358
FIGURA 290. PERFIL HIDROGEOLOGICO- QUEIME.....	359
FIGURA 291. PERFIL HIDROGEOLOGICO- LAS HERAS.....	360
FIGURA 292. PERFIL HIDROGEOLOGICO- HUENUCHEO.....	361
FIGURA 293. PERFIL HIDROGEOLOGICO- PEÑABLANCA.....	362
FIGURA 294. PERFIL HIDROGEOLOGICO- LA GLORIA.....	363
FIGURA 295. PERFIL HIDROGEOLOGICO- CALQUÍN.....	366
FIGURA 296. PERFIL HIDROGEOLOGICO- LA FERIA.....	367
FIGURA 297. PERFIL HIDROGEOLOGICO- LA HORCA.....	368
FIGURA 298. PERFIL HIDROGEOLOGICO- PACHAGUA.....	369
FIGURA 299. PERFIL HIDROGEOLOGICO- VIVIENDAS TUTELADAS.....	372
FIGURA 300. PERFIL HIDROGEOLOGICO- RAHUIL.....	373
FIGURA 301. PERFIL HIDROGEOLOGICO- LOMAS COLORADAS.....	374
FIGURA 302. PERFIL HIDROGEOLOGICO- CHECURA.....	375
FIGURA 303. PERFIL HIDROGEOLOGICO- COIPÍN.....	378
FIGURA 304. PERFIL HIDROGEOLOGICO- HUAMPULI.....	379
FIGURA 305. PERFIL HIDROGEOLOGICO- LA MARAVILLA.....	380
FIGURA 306. PERFIL HIDROGEOLOGICO- VIDICO.....	381
FIGURA 307. PERFIL HIDROGEOLOGICO- EL AROMO.....	384
FIGURA 308. PERFIL HIDROGEOLOGICO- CAJÓN DE MELA.....	385
FIGURA 309. PERFIL HIDROGEOLOGICO- EL ARRAYAN.....	386
FIGURA 310. PERFIL HIDROGEOLOGICO- EL AROMO 2.....	387
FIGURA 311. RANGO DE VALORES DE TRANSMISIVIDAD POR SECTORES.....	393
FIGURA 312. RANGO DE VALORES DE ALMACENAMIENTO POR SECTORES.....	394
FIGURA 313. MODELO CONCEPTUAL DEL BALANCE HÍDRICO UTILIZADO.....	397
FIGURA 314. CLIMOGRAMA CHUDAL.....	401
FIGURA 315. DIAGRAMA DE TEMPERATURAS EN CHUDAL.....	402
FIGURA 316. AUTOCORRELOGRAMA Pp COELEMU.....	404
FIGURA 317. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO – SEBICHE.....	413
FIGURA 318. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - LA ORILLA.....	414
FIGURA 319. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - LA ORILLA.....	415
FIGURA 320. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - EL TOLLO.....	416
FIGURA 321. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - QUEBRADA HONDA.....	417
FIGURA 322. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - LOMA NEGRA.....	418
FIGURA 323. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - RÍNGUELO.....	419
FIGURA 324. PROPUESTA DE CAPTACIÓN- CARAVANCHEL.....	420
FIGURA 325. PROPUESTA DE CAPTACIÓN- CHORRILLOS.....	421
FIGURA 326. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - LOS CASTAÑOS.....	422
FIGURA 327. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - SAN AMBROSIO.....	423
FIGURA 328. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - HUARO.....	424
FIGURA 329. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - TINAJACURA.....	425
FIGURA 330. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - TALHUAN.....	426
FIGURA 331. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - RELOCA.....	427
FIGURA 332. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO – LA POSTA.....	428
FIGURA 333. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - HUALTE 2.....	429
FIGURA 334. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - SAN JUAN.....	430

FIGURA 335. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - CHUDAL.....	431
FIGURA 336. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - CARRULLANCA.....	432
FIGURA 337. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO – TRANCOYÁN 2.....	433
FIGURA 338. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - CHUDAL 2.....	434
FIGURA 339. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO – HUACALEMU.....	435
FIGURA 340. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - EL CULBÉN.....	436
FIGURA 341. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - LOS CRUCEROS 1.....	437
FIGURA 342. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - LA GLORIA.....	438
FIGURA 343. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO – PEÑABLANCA.....	439
FIGURA 344. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO – QUEIME.....	440
FIGURA 345. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - HUENUCHEO.....	441
FIGURA 346. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - LAS HERAS.....	442
FIGURA 347. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - CALQUÍN.....	443
FIGURA 348. PROPUESTA DE CAPTACIÓN- LA FERIA.....	444
FIGURA 349. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - LA HORCA.....	445
FIGURA 350. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - PACHAGUA.....	446
FIGURA 351. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - VIVIENDAS TUTELADAS.....	447
FIGURA 352. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - RAHUIL.....	448
FIGURA 353. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - CHECURA.....	449
FIGURA 354. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - LOMAS COLORADAS.....	450
FIGURA 355. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - COIPÍN.....	451
FIGURA 356. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - HUAMPULI.....	452
FIGURA 357. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - LA MARAVILLA.....	453
FIGURA 358. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - VIDICO.....	454
FIGURA 359. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - EL AROMO 1.....	455
FIGURA 360. PROPUESTA DE CAPTACIÓN Y DISEÑO TENTATIVO - CAJÓN DE MELA.....	456
FIGURA 361. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - EL ARRAYÁN.....	457
FIGURA 362. PROPUESTA DE CAPTACIÓN - EL AROMO 2.....	458
FIGURA 363. ESTRUCTURA DEL SIG.....	461
FIGURA 364. BOTÓN HTML POPUP.....	463
FIGURA 365. MUESTRA DE SELECCIÓN CON HERRAMIENTA HTML POPUP.....	465
FIGURA 366. DIVERSAS CONSULTAS AL SIG.....	466

ANEXOS

- ANEXO 1. Estratigrafías.
- ANEXO 2. Pruebas de bombeo
- ANEXO 3. Estadísticas hidrometeorológicas.
- ANEXO 4. Autorizaciones notariales.
- ANEXO 5. Informes geofísica preliminares.
- ANEXO 6. Bibliografía utilizada.
- ANEXO 7. Fichas bibliográficas.
- ANEXO 8. Anexo fotográfico.
- ANEXO 9. Proyecto SIG.
- ANEXO 10. Alternativas de captación

RESUMEN

El presente informe corresponde al estudio encargado por la Dirección General de Aguas, región del **Biobío, denominado "Prospección Geofísica Sector Rural Déficit Hídrico Valle Del Itata"**, a cargo de la Unión Temporal de Proveedores conformada por las empresas GEO-SAFE Limitada y RHYMA Ingeniería SpA.

Este estudio se enmarca en la problemática existente debido al incremento en la escasez hídrica que afecta al territorio del Valle del Itata, lo que afecta especialmente a la calidad de vida de los habitantes de los sectores rurales de la zona.

El territorio del Valle del Itata tiene una superficie de 3.660 Km² aproximadamente y se encuentra conformado por las comunas de: Cobquecura, Coelemu, Ninhue, Portezuelo, Quillón, Quirihue, Ranquil, San Nicolás y Trehuaco, donde habitan aproximadamente 30.486 personas, distribuidas en 155 sectores rurales, las que, en la actualidad, no tienen posibilidad de conectarse a una red de agua potable o a alguna otra modalidad.

Se realizó una campaña de prospección geofísica mediante Transiente electromagnético- TEM, con loop de 10x10, 25x25, 50x50 y 100x100 en 46 sectores a lo largo de las 9 comunas del valle del Itata, con un total de 259 mediciones.

Se definieron siete unidades hidrogeológicas: Unidad I- unidad saturada integrada por una secuencia de sedimentos finos con presencia de arcillas, con valores de resistividades entre 5- 8 ohm/m. Unidad II -unidad saturada constituida por arenas medias, arenas gruesas y gravas, con valores de resistividad entre 8-30 ohm/m. Unidad III - unidad parcialmente saturada integrada por arenas medias, arenas gruesas y gravas, con valores de resistividad entre 30-50 ohm/m. Unidad IV- unidad parcialmente saturada constituida por arenas medias y arenas finas, con valores de resistividad entre 50 - 70 ohm/m. Unidad V- unidad con saturación baja a seca integrada por sedimentos finos, con valores de resistividad entre 70-100 ohm/m. Unidad VI: está constituida por sedimentos o roca fracturada, con valores de resistividad entre 100-500 ohm/m. Unidad VII: está constituida por sedimentos compactos o roca fracturada, con valores de resistividad superiores a 500 ohm/m.

Las rocas con características de basamento se disponen en el sector oeste del Valle de Itata, en las comunas de Quirihue, Cobquecura, Trehuaco, Coelemu, Ránquil. Las potencias acuíferas de la unidad I varían entre 3 a 44 m. Los espesores de la unidad II son variables y fluctúan entre 10 a 118 m, con excepción de las comunas de Quirihue y Portezuelo, con potencias medias de 2 m. La Unidad III se reconoce en el sector oriental de la zona de estudio con espesores que varían entre 1,0 a 40,0 m. La Unidad IV presenta espesores entre 1,0 a 18,0 m.

Para la identificación de los parámetros hidrogeológicos Transmisividad (T) y Coeficiente de Almacenamiento (s) se recabó y sistematizó información de expedientes de la DGA en la zona y en casos donde no habían valores para estos parámetros, se estimaron en base a información de descensos y caudales de explotación, con un criterio conservador. Los valores de transmisividad (T) para la comuna de Cobquecura varían entre 1-100 m²/día, que corresponden a valores bajos y muy bajos, con un almacenamiento que fluctúa entre 0,02-0,75. La comuna de Coelemu presenta un rango de T: 1-10 m²/día (muy bajos), con excepción en el sector de Huaro que presenta valores más altos, con almacenamientos que fluctúan entre 0,02 – 0,05. La comuna de Ninhue presenta rangos de T: 1-100 m²/día (muy bajos a bajos) con almacenamientos que fluctúan entre 0,02 a 0,05. La comuna de Portezuelo presenta rangos de T: 1-10 m²/día (muy bajos), con excepción del sector de Carrullanca, que presenta valores muy elevados de hasta 1000 m²/día, con almacenamientos que fluctúan entre 0,15– 0,75. La comuna de Quillón presenta rangos de T que varían entre 10 – 500 m²/día (baja, media a alta), con excepción del sector de Las Heras que presenta valores bajos entre 1-10 m²/día, con almacenamientos que fluctúan entre 0,05– 0,75, con excepción del sector Las Heras con valores hasta 0,15. . La comuna de Quirihue presenta rangos de T: 1-100 m²/día (muy bajos a bajos), con almacenamientos que fluctúan entre 0,02– 0,75. La comuna de Ranquil presenta rangos de T: 1-10 m²/día (muy bajos), con almacenamientos que fluctúan entre 0,02– 0,75. La comuna de San Nicolás presenta valores de T entre 1000-5000 m²/día, que corresponden a valores muy altos, con excepción del sector de Huampuli que presenta valores de hasta 10 m²/día, con un almacenamiento que fluctúa entre 0,02-0,75. La comuna de Trehuaco presenta rangos de T: 1-10 m²/día (muy bajos), con excepción del sector de Cajón de Mela, que presenta valores más elevados de hasta 100 m²/día, con almacenamientos que fluctúan entre 0,02– 0,75.

Se recopiló y sistematizó información de niveles estáticos de pozos y norias existentes, integrándola en una plataforma SIG y mediante el uso del método Kriging se estimaron e interpolaron valores de niveles. Para cada sector, se estableció un rango de niveles freáticos y se realizó una estimación promedio del nivel. Los niveles promedios estimados para Cobquecura son de 4,5-11,0 m, para Coelemu de 0,3-1,5 m, para Ninhue de 1,6-12,0 m, para Portezuelo de 0,2-1,9 m, para Quillón de 0,1-13,0 m, para Quirihue de 0,4-5,8 m, para Ranquil de 0,3-3,0 m, para San Nicolás de 1,0 -8,0 m y para Trehuaco de 1,0-3,1 m.

Para la estimación de la recarga se realizó un Balance Hídrico superficial para cada cuenca asociada a los sectores prospectados. Mediante la relación de Cooper-Jacob, utilizando los espesores acuíferos reconocidos y con los valores de los parámetros acuíferos, se estimaron caudales de explotación asociados a esas condiciones de recarga y en ese punto de captación propuesto. Los caudales de explotación estimados para las comunas de Cobquecura son de 0,9-2,6 l/s, con excepción de los sectores de Quebrada Honda y Lomas Negras con caudales del orden de 0,4 l/s; Coelemu de 0,4-2,0 l/s; Ninhue de 1,5 a 3,5 l/s, con excepción del sector de Hualte 2 donde se presentan caudales de 0,5 l/s; Portezuelo con caudales que fluctúan entre 0,8 a 2,0 l/s; Quillón con caudales entre 1,3

a 5,5 l/s, con la excepción de Las Heras con valores de 0,3 l/s; Quirihue con caudales del orden de 1,0 l/s, con excepción de La Horca y Pachagua con caudales del orden de 0,3 l/s; Ranquil con caudales entre 0,1-1,3 l/s, con excepción de Viviendas Tuteladas con caudales de 4,5 l/s; San Nicolás con caudales entre 2,6 a 4,0 l/s, con excepción de La Maravilla y Vidico con valores entre 0,1 a 0,3 l/s y Trehuaco con caudales que fluctúan entre 1,3 a 1,5 l/s, con excepción de Los Aromos con caudales en torno a 0,3 l/s.

En base a la campaña geofísica ejecutada y a la evaluación hidrogeológica realizada se identificaron puntos donde construir las captaciones para los sectores de prospección analizados, en los cuales se incluye un diseño tentativo de los pozos, con tramos propuestos para la instalación de cribas, las que están supeditadas al resultado de las curvas granulométricas.

Las soluciones propuestas por comuna se presentan a continuación:

Para la comuna de Cobquecura, se propusieron captaciones en los sectores de El Tollo (pozo de 80 m de profundidad y caudal de 2,5 l/s); La Orilla 1 (pozo de 15 m de profundidad y caudal de 0,9 l/s); La Orilla 4 (pozo de 20 m de profundidad y caudal de 1,6 l/s); Quebrada Honda (noria de 3 m de profundidad y caudal de 0,4 l/s); Seriche (pozo de 120 m de profundidad y caudal de 2,6 l/s) y Loma Negra (pozo de 30 m de profundidad y caudal de 0,3 l/s).

Para la comuna de Coelemu, se propusieron captaciones en los sectores de Caravanchel (punteras hincadas a 4,5 m de profundidad y caudal de 1,3 l/s); Chorrillos (punteras hincadas a 4,5 m de profundidad y caudal de 0,8 l/s); Los Castaños (noria de 8 m de profundidad y caudal de 0,5 l/s); Ranguelmo (pozo de 50 m de profundidad y caudal de 2,0 l/s); San Ambrosio (punteras hincadas a 2,0 m de profundidad y caudal de 0,4 l/s); Huaro (noria de 6 m de profundidad y caudal de 0,5 l/s) y Tinajacura (noria de 13 m de profundidad y caudal de 1,2 l/s).

Para la comuna de Ninhue, se propusieron captaciones en los sectores de San Juan de Coyanco (pozo de 80 m de profundidad y caudal de 2,6 l/s); La Posta (pozo de 75 m de profundidad y caudal de 1,5 l/s); Reloca (pozo de 75 m de profundidad y caudal de 2,6 l/s); Hualte (noria de 10 m de profundidad y caudal de 0,5 l/s) y Talhuan (pozo de 80 m de profundidad y caudal de 3,5 l/s).

Para la comuna de Portezuelo, se propusieron captaciones en los sectores de Trancoyán 2 (pozo de 50 m de profundidad y caudal de 1,3 l/s); Chudal 1 (pozo de 60 m de profundidad y caudal de 2,0 l/s); Chudal 2 (pozo de 80 m de profundidad y caudal de 1,3 l/s); Huacalemu (pozo de 40 m de profundidad y caudal de 0,8 l/s) y Carrullanca (pozo de 25 m de profundidad y caudal de 0,8 l/s).

Para la comuna de Quillón, se propusieron captaciones en los sectores de El Culbén (pozo de 95 m de profundidad y caudal de 3,6 l/s); La Gloria (noria de 20 m de profundidad y caudal de 1,3 l/s); Peñablanca (pozo de 45 m de profundidad y caudal de 1,3 l/s); Queime (pozo de 85 m o hasta encontrar roca y caudal de 2,0 l/s); Huenucheo (pozo de 100 m de profundidad y caudal de 2,3 l/s); Los Cruceros 1 (pozo de 45m de profundidad y caudal de 1,8 l/s) y Las Heras (noria de 5 m de profundidad y caudal de 0,3 l/s).

Para la comuna de Quirihue, se propusieron captaciones en los sectores de La Feria (noria de 15 m de profundidad y caudal de 1,1 l/s); Pachagua (pozo de 23 m de profundidad y caudal de 0,3 l/s); Calquín (punteras hincadas a 2,5 m de profundidad y caudal de 1,0 l/s) y La Horca (pozo de 40 m de profundidad y caudal de 0,2 l/s).

Para la comuna de Ránquil, se propusieron captaciones en los sectores de Rahuil (noria de 9 m de profundidad y caudal de 1,3 l/s); Checura (punteras hincadas a 2,5 m de profundidad y caudal de 0,2 l/s); Lomas Coloradas (noria de 3,5 m de profundidad y caudal de 0,2 l/s) y Viviendas Tuteladas (pozo de 120 m de profundidad y caudal de 4,5 l/s).

Para la comuna de San Nicolás, se propusieron captaciones en los sectores de La Maravilla de Merino (punteras hincadas a 2,2 m de profundidad y caudal de 0,3 l/s); Vidico (noria de 2,5 m de profundidad y caudal de 0,3 l/s); Coipín (pozo de 120 m de profundidad y caudal de 4,0 l/s) y Huampuli (pozo de 70 m de profundidad y caudal de 2,6 l/s).

Para la comuna de Trehuaco, se propusieron captaciones en los sectores de Cajón de Mela (pozo de 45 m de profundidad y caudal de 1,5 l/s); El Arrayan (noria de 12 m de profundidad y caudal de 0,3 l/s); El Aromo 1 (noria de 15 m de profundidad y caudal de 1,3 l/s) y El Aromo 2 (punteras hincadas a 2,2 m de profundidad y caudal de 0,2 l/s).

El Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado en plataforma ArcGIS 10.3 consistió en la realización de una base de datos relacional, donde se creó un sistema eficiente en el manejo, despliegue, consulta y salida de datos, el que fue continuo durante todo el proyecto, lo que permitió poblamiento de las bases de datos a medida que se fue desarrollando cada etapa del proyecto. Se crearon 4 proyectos de consulta con extensión .mxd denominados: a) Cuadros de profundidad y gráficos b) Perfiles Hidrogeológicos c) Secciones 2d Consulta y d) SIG Itata.

1 INTRODUCCIÓN.

El presente informe corresponde a la entrega de la Etapa final del estudio encargado por la Dirección **General de Aguas, región del Biobío, denominado "Prospección Geofísica Sector Rural Déficit Hídrico Valle Del Itata", en cumplimiento con lo exigido en** las Bases Técnicas y propuesta metodológica de la Consultora.

Este estudio se enmarca en la problemática existente debido al incremento en la escasez hídrica que afecta al territorio del Valle del Itata, lo que afecta especialmente a la calidad de vida de los habitantes de los sectores rurales de la zona. Es por este motivo que la Dirección General de Aguas, publicó con fecha 1 de septiembre de 2017 las bases de este estudio y fue re adjudicado mediante resolución DGA Exenta N° 2752 del 19 de octubre del 2017 a la Unión Temporal de Proveedores conformada por las empresas GEO-SAFE Limitada y RHYMA Ingeniería SpA.

1.1 Antecedentes.

La Dirección General de Aguas (DGA) es el organismo del Estado que se encarga de promover la gestión y administración del recurso hídrico en un marco de sustentabilidad, interés público y asignación eficiente, como también de proporcionar y difundir la información generada por su red hidrométrica y la contenida en el Catastro Publico de Aguas con el objeto de contribuir a la competitividad del país y mejorar la calidad de vida de las personas.

Por otro lado, las funciones de la DGA indican:

- i. Planificar el desarrollo del recurso hídrico en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento.
- ii. Constituir derechos de aprovechamiento de aguas.
- iii. Investigar y medir el recurso hídrico.
- iv. Mantener y operar el servicio hidrométrico nacional, proporcionar y publicar la información correspondiente.
- v. Propender a la coordinación de los programas de investigación que corresponda a las entidades del sector público, así como de las privadas que realicen esos trabajos con financiamiento parcial del Estado.
- vi. Ejercer la labor de policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público e impedir que en éstos se construyan, modifiquen o destruyan obras sin la autorización del Servicio o autoridad a quien corresponda aprobar su construcción o autorizar su demolición o modificación.
- vii. Supervigilar el funcionamiento de las Organizaciones de Usuarios, de acuerdo con lo dispuesto en el Código de Aguas.

Si consideramos además que desde tiempos inmemoriales el agua ha sido utilizada como un recurso para satisfacer nuestras necesidades de abastecimiento doméstico, así como para las distintas actividades básicas productivas. Lo cual se ha visto afectado en los últimos 30 años, debido al incremento de las sequías en Chile, tanto en su ocurrencia e intensidad, producto de los cambios en los patrones hidrológicos. Si sumamos a esto el incremento en la población, se ha experimentado un incremento en las zonas en las cuales encontramos escasez hídrica¹.

Por otro lado, garantizar la disponibilidad de agua para bebida y uso doméstico, su gestión sostenible y el acceso a saneamiento para todos son las grandes metas que hoy buscan las naciones para abastecer del recurso hídrico a toda la ciudadanía, generando así una mejor calidad de vida para sus habitantes.

En el caso de Chile, los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento difieren para la población urbana y rural. Mientras la población urbana (estimada en un 87%)² es suministrada a través de empresas sanitarias, la población rural se abastece a través de cooperativas y comités de Agua Potable Rural (APR), las que en su mayoría forman parte del programa de APR de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas.

En particular, en el territorio del Valle del Itata, que se muestran en la Figura 1, tiene una superficie de 3.660 Km² aproximadamente y se encuentra conformado por las comunas de: Coelemu, Cobquecura, Trehuaco, San Nicolás, Ránquil, Quirihue, Quillón, Portezuelo y Ninhue, se han identificado aproximadamente 30.486 personas, distribuidas en 155 sectores rurales, las que, en la actualidad, no tienen posibilidad de conectarse a una red de agua potable o a alguna otra modalidad.

El estado de Chile, con el objetivo de disminuir la brecha que significa el acceso al agua en las comunas del Valle del Itata, ha dispuesto del traslado de agua potable mediante camiones aljibe, que en términos porcentuales se traduce en que el 25% de la población rural es abastecida con esta solución. Si bien el uso de estos camiones permite satisfacer las necesidades de la población, esto no corresponde a una solución definitiva a este problema y por lo demás es una solución que se traduce en un costo aproximado de 581 millones de pesos mensuales.

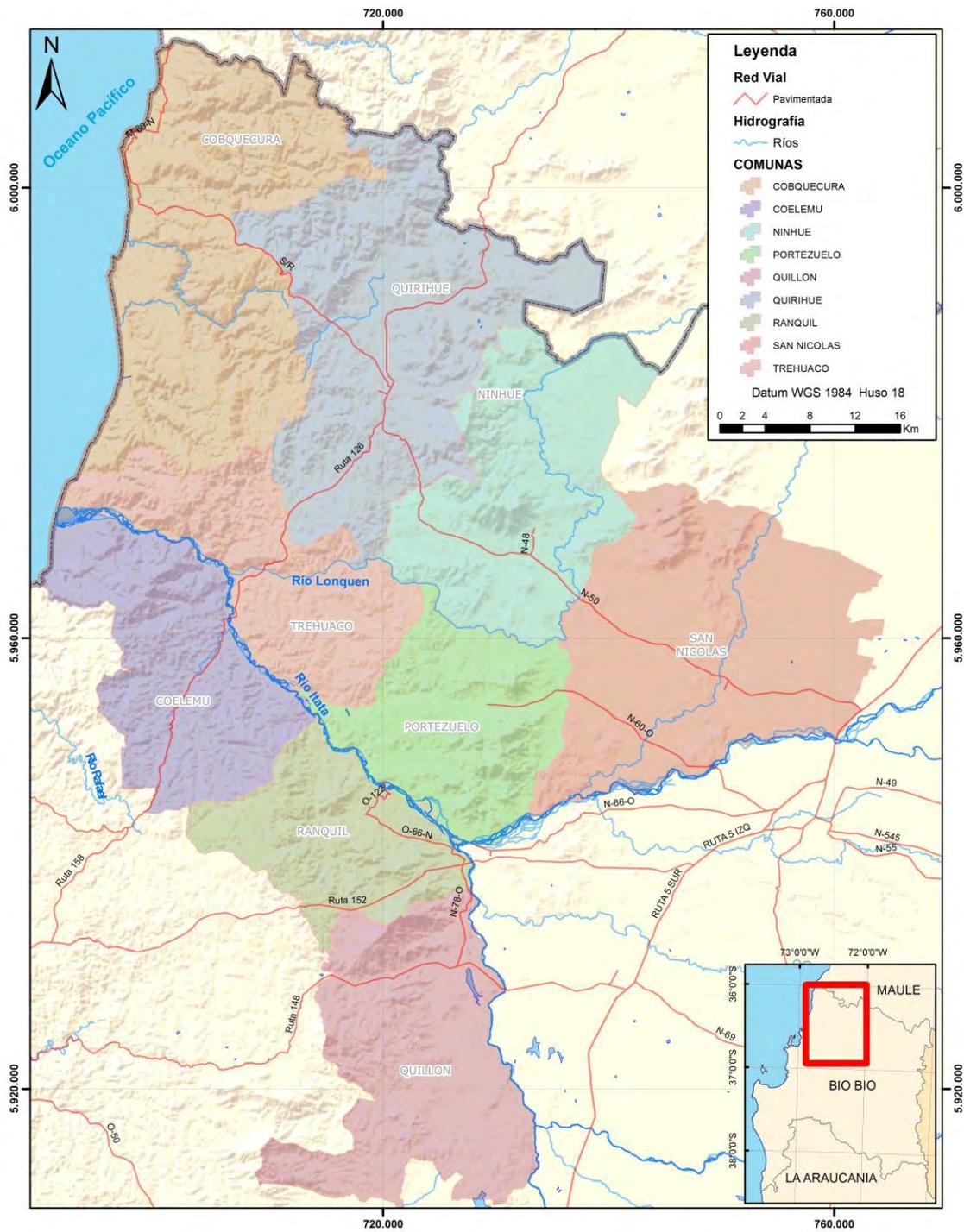
Frente a esta situación, la Dirección de Obras Hidráulicas desarrolló un programa de perforación en 10 sondajes dentro del área de interés y cuyos resultados fueron insatisfactorios para dar solución a la problemática del Agua Potable Rural.

¹ Déficit generado por la diferencia entre la demanda y los recursos hídricos explotables en un escenario de sustentabilidad.

² INE 2010.

Por todos los motivos expresados anteriormente es que la DGA en su rol de promover la gestión y administración de los recursos hídricos en un marco de desarrollo y sustentabilidad, y en coordinación con la Dirección de Obras Hidráulicas y las municipalidades involucradas es que se llamó a licitación **al estudio** "Prospección Geofísica Sector Rural Déficit Hídrico Valle del Itata", **del cual se** espera como resultado, contar con una herramienta de gestión estratégica que permita realizar inversiones virtuosas con recursos públicos orientadas a satisfacer la necesidad de acceso al agua potable para los habitantes del Valle del Itata.

Figura 1. Área asociada al Valle del Itata. Datum WGS84. Huso 18.



2 ESTRUCTURA DEL INFORME Y METODOLOGÍA DE TRABAJO.

2.1 Estructura del informe.

El presente informe contiene la siguiente estructura:

1. Introducción.
2. Estructura del Informe.
3. Antecedentes Generales.
 - 3.1. Contexto regional.
 - 3.2. Revisión de estudios.
4. Campaña geofísica.
 - 4.1. Metodología utilizada.
 - 4.2. Planificación de trabajos.
 - 4.3. Ejecución de trabajos.
 - 4.4. Resultados obtenidos.
5. Caracterización Hidrogeológica y Estimación de Caudales.
 - 5.1. Unidades hidrogeológicas.
 - 5.2. Geometría acuífera.
 - 5.3. Parámetros hidrogeológicos.
 - 5.4. Niveles freáticos.
 - 5.5. Estimación de recarga y caudales potenciales.
6. Alternativas de captación y propuestas de diseño preliminar.
7. Proyecto SIG.
8. Comentarios y Conclusiones.
9. Referencias Bibliográficas
10. Anexos.

2.2 Metodología de Trabajo.

La metodología de trabajo del presente estudio, consideró el desarrollo de las siguientes actividades:

- i. Recopilación de antecedentes y levantamiento de información.
- ii. Reconocimiento de los sitios donde realizar las prospecciones.
- iii. Ejecución de prospecciones geofísicas y resultados.
- iv. Elaboración de SIG.

2.2.1 Recopilación de antecedentes y análisis de información.

Esta actividad tuvo como objetivo la revisión y análisis de los principales antecedentes en la zona de estudio, elaborando un acápite asociado al contexto regional y otro acápite asociado a los estudios e información recopilada y su importancia para este estudio.

Las fuentes de información relevantes fueron las siguientes:

- i. Dirección General de Aguas (DGA).
- ii. Dirección de Obras Hidráulicas (DOH).
- iii. Comisión Nacional de Riego (CNR)
- iv. Instituto Geográfico Militar (IGM).
- v. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN).
- vi. Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE).
- vii. Instituto Nacional de Estadísticas.
- viii. Municipalidades.

En particular, se puso especial énfasis en la información levantada desde la Dirección General de Aguas (DGA). En general, la información levantada se puede clasificar en los siguientes aspectos:

- a. Información hidrológica. Se levantó información estadística asociada a variables hidrometeorológicas relevantes de la zona de estudio y sus alrededores.
- b. Información hidrogeológica y geológica. Se levantó la información de estudios enmarcados en el área de estudio.
- c. Información cartográfica y modelos digitales de elevación.
- d. Información de demanda y usos de recursos hídricos.
- e. Información técnica asociada a derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas constituidas.

2.2.2 Reconocimiento de los sitios donde realizar las prospecciones.

Esta actividad correspondió al proceso de planificación y coordinación de los trabajos geofísicos. Junto con la revisión de antecedentes, se consideraron los siguientes factores limitantes:

- Las características hidrogeológicas e hidrometeorológicas.
- Requerimientos de caudal.
- La factibilidad de los permisos.
- Los acotados tiempos asociados al proyecto.
- El acotado presupuesto del proyecto.

De esta manera se aplicó una metodología dinámica en terreno con el objetivo de revisar rápidamente los sectores y la búsqueda sitios con características más favorables.

2.2.3 Ejecución de prospecciones geofísicas y resultados.

En forma paralela al proceso de reconocimiento de los sitios se ejecutaron los trabajos de prospección geofísica. De cada sector prospectado se hizo entrega de un pre-informe con la información preliminar relevante.

2.2.4 Elaboración de SIG.

Junto con el levantamiento de la información cartográfica se levantó la información asociada a los trabajos geofísicos, junto con la información de los predios. Toda la información y datos levantados se han integrado en un proyecto SIG.

3 ANTECEDENTES GENERALES.

3.1 Contexto regional.

3.1.1 Sectores preliminares de estudio.

Este trabajo se encuentra circunscrito a nueve comunas dentro del área del valle del río Itata. Las comunas asociadas se presentan a continuación y se observa en la Figura 2.

- 1) Cobquecura.
- 2) Coelemu.
- 3) Ninhue.
- 4) Portezuelo.
- 5) Quillón.
- 6) Quirihue.
- 7) Ránquil.
- 8) San Nicolás.
- 9) Trehuaco.

En estas nueve comunas se indicaron en forma preliminar 46 sectores, los que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Comunas y sectores de interés preliminares. Datum WGS84.

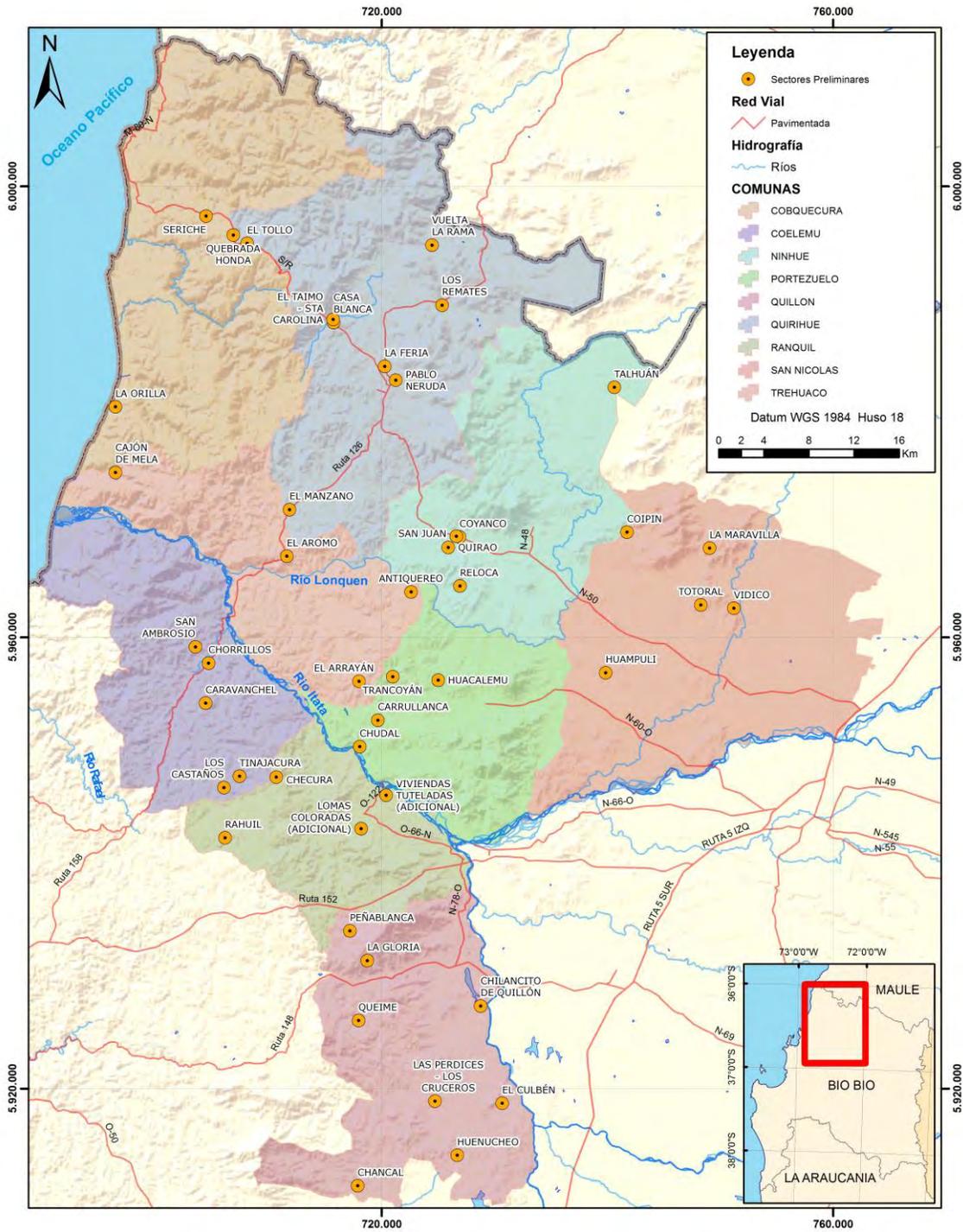
Núm.	Comuna	Sector	Propietario	Este	Norte
1	Cobquecura	El Tollo	Natalia Concha	708.088	5.994.929
2	Cobquecura	La Orilla	Normandía Placencia	696.419	5.980.431
3	Cobquecura	Quebrada Honda	Masisa	706.855	5.995.659
4	Cobquecura	Seriche	Masisa	704.437	5.997.338
5	Coelemu	Caravanchel	Escuela Caravanchel G-79	704.405	5.954.161
6	Coelemu	Chorrillos	Sede Junta de Vecinos	704.663	5.957.701
7	Coelemu	Los Castaños	Sede Junta de Vecinos	706.017	5.946.660
8	Coelemu	San Ambrosio	Jorge Pedreros	703.502	5.959.147
9	Coelemu	Tinajacura	Sede Junta de Vecinos	707.409	5.947.675
10	Ninhue	Coyanco	Sede Coyanco	726.892	5.968.895
11	Ninhue	Quirao	Sede Quirao	725.896	5.967.965
12	Ninhue	Reloca	Sede Reloca	726.945	5.964.545
13	Ninhue	San Juan	Sede San Juan	726.620	5.968.964
14	Ninhue	Talhuan	Sede Talhuan	740.616	5.982.167
15	Portezuelo	Trancoyán	Escuela Trancoyán	720.973	5.956.502
16	Portezuelo	Chudal	Privado	718.066	5.950.295

Tabla 1. Comunas y sectores de interés preliminares. Datum WGS84.

Núm.	Comuna	Sector	Propietario	Este	Norte
17	Portezuelo	Huacalemu	Privado	725.008	5.956.193
18	Portezuelo	Carrullanca	Privado	719.669	5.952.648
19	Quillón	Chancal	Municipalidad de Quillón	717.870	5.911.362
20	Quillón	El Culbén	Municipalidad de Quillón	730.675	5.918.674
21	Quillón	La Gloria	Junta de Vecinos La Gloria	718.729	5.931.326
22	Quillón	Las Perdices - Los Cruceros	Municipalidad de Quillón	724.731	5.918.863
23	Quillón	Peñablanca	Municipalidad de Quillón	717.183	5.933.956
24	Quillón	Queime	Municipalidad de Quillón	717.948	5.926.010
25	Quillón	Huenucheo	Municipalidad de Quillón	726.685	5.914.062
26	Quillón	Chillancito de Quillón	Municipalidad de Quillón	728.774	5.927.300
27	Quirihue	Casas Blanca	Escuela Santa Carolina	715.746	5.987.899
28	Quirihue	El Taimo Santa Carolina	Privado	715.703	5.988.178
29	Quirihue	La Feria	Privado	720.270	5.984.024
30	Quirihue	Los Remates	Junta de Vecinos	725.356	5.989.445
31	Quirihue	Pablo Neruda	Complejo deportivo	721.238	5.982.796
32	Quirihue	Vuelta La Rama	Escuela San Juan	724.457	5.994.772
33	Ránquil	Rahuil	Sede Rahuil	706.134	5.942.216
34	Ránquil	Checura	Sede Checura	710.665	5.947.596
35	Ránquil	Lomas Coloradas	Sede Lomas Coloradas	718.183	5.943.029
36	Ránquil	Viviendas tuteladas	Terreno vivienda tutelada	720.397	5.945.994
37	San Nicolás	La Maravilla	Privado	749.040	5.967.893
38	San Nicolás	Vidico	Municipalidad de San Nicolás	751.193	5.962.566
39	San Nicolás	Coipín	Municipalidad de San Nicolás	741.737	5.969.314
40	San Nicolás	Huampuli	Municipalidad de San Nicolás	739.846	5.956.848
41	San Nicolás	Totoral	Municipalidad de San Nicolás	748.272	5.962.869
42	Trehuaco	Antiquereo	Sede Antiquereo	722.602	5.964.026
43	Trehuaco	Cajón de Mela	Comité Agua Potable Mela	696.421	5.974.605
44	Trehuaco	El Arroyo	Sede Junta de Vecinos	711.592	5.967.187
45	Trehuaco	El Arrayan	Sede adulto mayor	718.005	5.956.089
46	Trehuaco	El Manzano	Sede Junta de Vecinos	711.837	5.971.320

Fuente: Elaboración en base a antecedentes de las Bases Administrativas y Técnicas del proyecto.

Figura 2. Sectores preliminares. Datum WGS84. Huso 18.



3.1.2 Sectores prospectados.

A partir de los 46 sectores preliminares, se realizó un análisis a las características técnicas y de terreno, con lo cual se llegó a que se prospectaron 52 sectores, en las comunas de interés. Estos sectores se presentan en la Tabla 2 y se representan en la Figura 3.

Tabla 2. Comunas y sectores prospectados. Datum WGS84.

Número	Sector	Comuna	Este	Norte
1	El Tollo	Cobquecura	708.848	5.994.283
2	La Orilla (1,2,3,4)	Cobquecura	696.490	5.981.846
3	Quebrada Honda	Cobquecura	706.695	5.995.809
4	Seriche	Cobquecura	704.442	5.997.929
5	Loma Negra	Cobquecura	700.852	6.007.463
6	Caravanchel	Coelemu	704.433	5.954.604
7	Chorrillos	Coelemu	704.907	5.957.712
8	Los Castaños	Coelemu	706.089	5.946.632
9	Ranguelmo	Coelemu	700.076	5.949.313
10	San Ambrosio	Coelemu	703.500	5.959.159
11	Huaro	Coelemu	703.633	5.947.892
12	Tinajacura	Coelemu	703.620	5.947.894
13	San Juan de Coyanco	Ninhue	726.594	5.968.941
14	Hijuela 1-San Benedictino (La Posta)	Ninhue	732.642	5.966.981
15	Reloca	Ninhue	727.130	5.964.478
16	Hualte Peñaflor (1,2)	Ninhue	735.056	5.962.623
17	Talhuan	Ninhue	740.534	5.982.095
18	Trancoyán dos	Portezuelo	720.272	5.955.691
19	Chudal	Portezuelo	720.806	5.954.322
20	Chudal nuevo punto (Chudal 2)	Portezuelo	720.496	5.954.562
21	Huacalemu	Portezuelo	722.956	5.959.676
22	Carrullanca	Portezuelo	730.601	5.957.190
23	Chancal	Quillón	719.905	5.911.394
24	El Culbén	Quillón	730.647	5.918.693
25	La Gloria	Quillón	719.116	5.931.264
26	Peñablanca	Quillón	717.164	5.933.948
27	Queime	Quillón	717.928	5.926.123
28	Huenucheo (Sección 1)	Quillón	726.755	5.913.822
29	Los Cruceros 1	Quillón	725.567	5.918.945
30	Chillancito Escuela (CHI1-1)	Quillón	728.786	5.927.303
31	Chillancito Rural	Quillón	728.703	5.927.354
32	Las Heras	Quillón	723.669	5.920.153

Tabla 2. Comunas y sectores prospectados. Datum WGS84.

Número	Sector	Comuna	Este	Norte
33	Los Cruceros 2	Quillón	726.065	5.919.740
34	Taimo	Quirihue	716.235	5.989.492
35	La Feria	Quirihue	720.305	5.984.894
36	Pachagua	Quirihue	718.676	5.967.869
37	Calquín	Quirihue	722.254	5.991.845
38	La Horca	Quirihue	720.048	5.977.301
39	Los Remates	Quirihue	725.356	5.989.445
40	Rahuil	Ránquil	705.743	5.941.193
41	Checura	Ránquil	710.056	5.948.451
42	Lomas Coloradas	Ránquil	718.161	5.943.019
43	Viviendas tuteladas	Ránquil	720.436	5.945.893
44	La Maravilla Merino	San Nicolás	748.508	5.968.861
45	Vidico	San Nicolás	751.190	5.962.556
46	Coipín	San Nicolás	741.776	5.969.381
47	Huampuli	San Nicolás	739.884	5.956.849
48	Total	San Nicolás	748.272	5.962.869
49	Cajón de Mela	Trehuaco	694.468	5.974.625
50	El Arrayan	Trehuaco	718.585	5.956.336
51	El Aromo Original	Trehuaco	711.459	5.967.187
52	El Aromo Cercano	Trehuaco	711.235	5.967.875

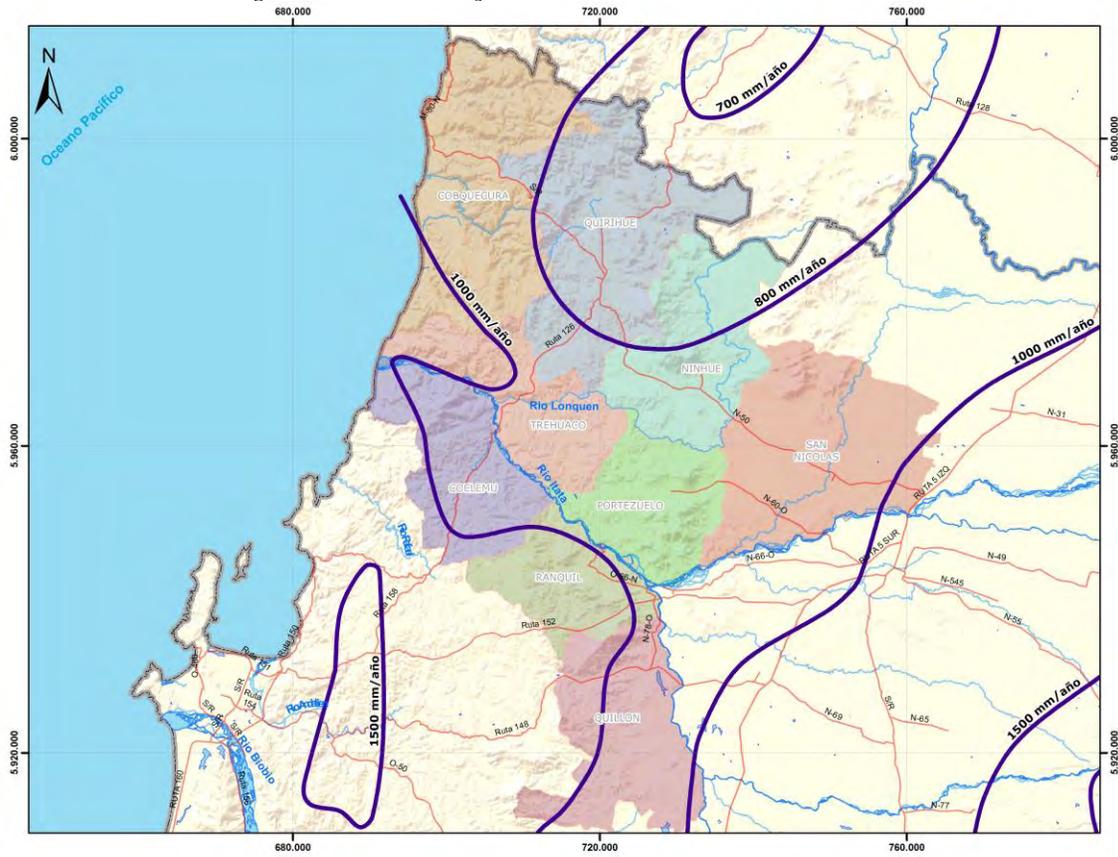
3.1.3 Características climáticas.

La cuenca del Río Itata se encuentra bajo la influencia de un bioclima mediterráneo y presenta al menos dos meses consecutivos del período estival con déficit hídrico.

El patrón de variación ombroclimática es el característico para la zona centro sur de Chile: las precipitaciones tienden a ser mayores al oeste de ambas cordilleras, pues ellas ejercen un efecto de barrera para los frentes húmedos que se aproximan al continente desde el Océano Pacífico, diferenciándose sectores de ombroclima húmedo y subhúmedo, con montos de precipitación que varían entre los 800 a 1.000 mm anuales, según se puede observar en la Figura 4, que representa las curvas Isoyetas del Balance Hídrico Nacional.

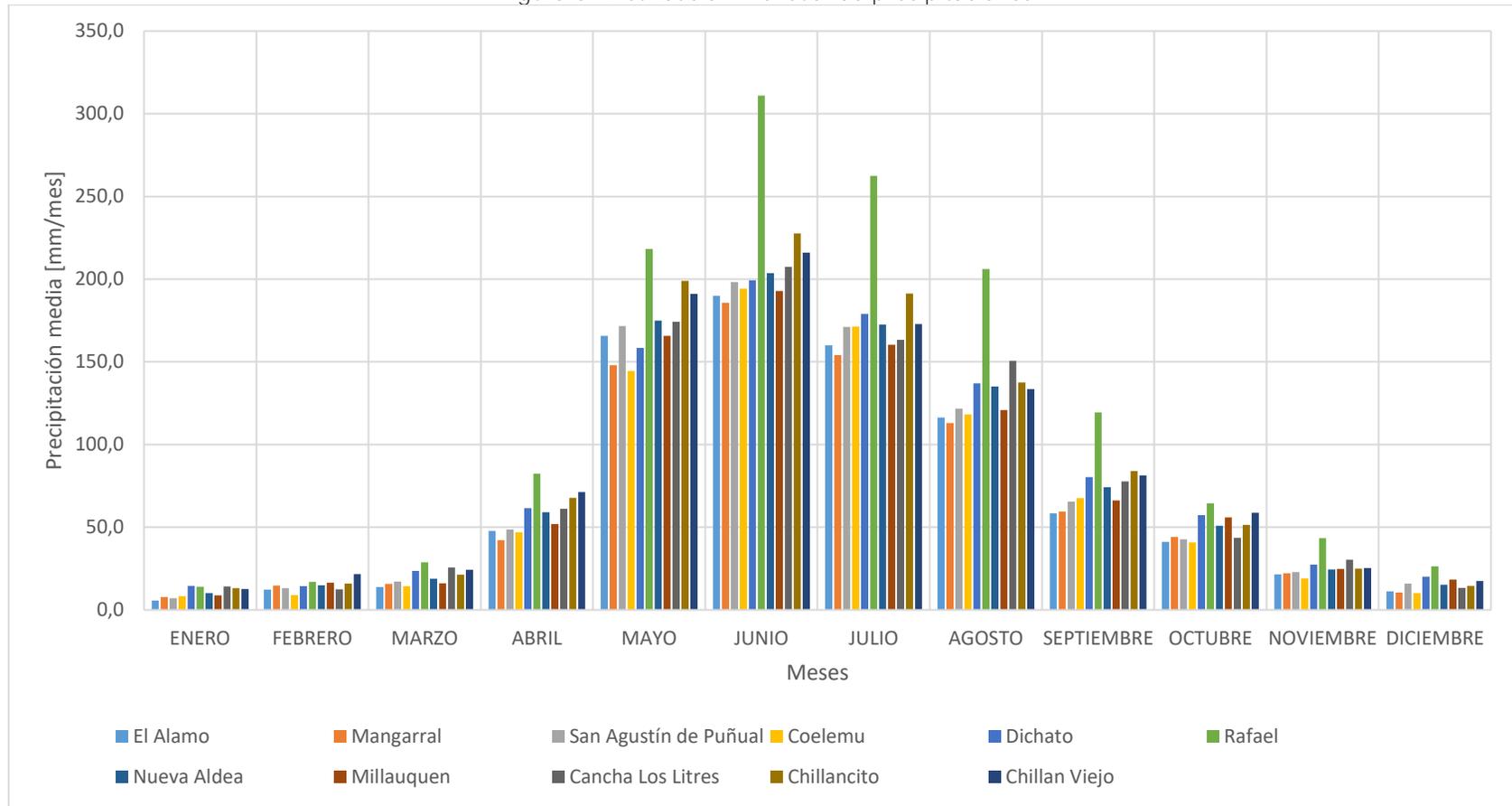
Por otra parte, a partir del análisis (acápite 3.1.7) de los registros de precipitaciones entre los años 1980 a 2016, correspondientes a las estaciones Mangaran, San Agustín de Puntual, Coelemu, Nueva Aldea, Cancha Los Litres, Chelincito, El Álamo, Dichato, Rafael, Mí Ilauquen y Chillan Viejo, pertenecientes a la Red Hidrométrica Nacional, se observa que los registros presentan precipitaciones medias anuales entre los 818 mm (montarral) y 1.394 mm (Rafael). El valor que antecede a la estación Rafael en el orden creciente de las precipitaciones medias anuales es la estación Chillancito, con un valor de 1.048 mm anuales, lo que verifica la información extraída del Balance Hídrico Nacional. En la Figura 5 se presenta la distribución mensual para las 11 estaciones utilizadas, donde también se puede observar que la única estación que se aleja de la norma es la estación Rafael.

Figura 4. Curvas Isoyetas del Balance Hídrico Nacional.



Fuente: Balance Hídrico Nacional. DGA. 1987.

Figura 5. Distribución mensual de precipitaciones.



Fuente: Estadísticas DGA. Período 1980 - 2016.

3.1.4 Características geomorfológicas.

Los relieves presentes en el área de estudio han sido el resultado de la acción de factores tanto endógenos (tectónica), como exógenos: mar, río, viento, escurrimiento hídrico superficial (laminar o lineal) y acción humana, en esta área se cuenta con tres claras unidades morfológicas principales las cuales son:

- Planicies Litorales.
- Cordillera de la Costa.
- Depresión Intermedia.

Planicies Litorales. Su origen se explica por las transgresiones marinas y posteriores depositaciones de material fino, como arenas y limos. Se identifican procesos geomorfológicos y erosivos antiguos, que reflejan las transgresiones marinas, como fueron los ascensos y descensos del nivel del mar, formando acantilados y terrazas en el litoral, hechos acaecidos durante el cuaternario (periodos interglaciales).

Esta unidad ha dado vida al desarrollo de agricultura y ganadería, observándose cultivos muy cerca de la costa.

Se observan acumulaciones dunarias y playas de amplitud considerable. Estas tienen una granulometría de arenas finas y de color oscuro, ya que corresponden a sedimentos de origen volcánico de la alta cordillera, transportado en su parte media y baja por el río Itata. Por efecto de, la sedimentación marina o fluvio-marina, las corrientes marinas y la deriva litoral las arenas son transportadas y alimentan las playas de la zona.

Estas características se encuentran presentes en las comunas de Cobquecura, Trehuaco y Coelemu.

Cordillera de la Costa. Se clasifica como una montaña solevantada como de un pilar tectónico, por la orogenia andina del Terciario superior. Tiene las características de un macizo en estado de madurez, disectado por los cauces que la atraviesan, fuertemente meteorizada, se caracteriza en esta área por suaves lomajes y un relieve aplanado, creando serranías rígidas, con laderas regulares a cóncavas de fuertes pendientes, con algunos cerros más altos.

Estas características se encuentran presentes en gran parte de las comunas que pertenecen al área de estudio, estas son: Cobquecura, Quirihue, Ninhue, Trehuaco, Coelemu, Portezuelo, Ránquil y Quillón.

La Depresión Intermedia en el área de Chillán, alcanza una amplitud máxima de cerca de 40 km y corresponde a una fosa tectónica, localizada entre la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa, denominada como cuenca del llano fluvio-glacio-volcánico (IGM, 1983), que se ha rellenado

paulatina pero heterogéneamente, siendo predominantes los abanicos aluviales. Presenta una superficie ondulada hacia el Sur, donde los ríos se encauzan en sectores de mayor profundidad. Existen evidencias de antiguos sistemas lacustres que se mezclan con los conos glaciovolcánicos de los ríos andinos, especialmente con el cono del Río Ñuble.

Estas características se encuentran presentes en las Comunas de San Nicolás y parte de la comuna de Quillón.

3.1.5 Características de suelos.

En la zona costera de la cuenca del río Itata se localizan suelos de praderas costeras sobre terrazas marinas, muy desarrollados, debido a la mayor humedad y precipitación existente.

En la Cordillera de la Costa se desarrollan suelos pardo - forestales que han evolucionado sobre rocas graníticas y pizarras metamórficas. Estos suelos se denominan suelos pardo-rojizos lateríticos; son suelos de color pardo rojizo, variando a pardo amarillento. Su uso principal es la forestación, pero son muy susceptibles a la erosión. Debido a la gran erosión que afecta a los suelos en la cordillera costera, este río sufre un fuerte proceso de embancamiento en su curso inferior y desembocadura.

3.1.6 Antecedentes administrativos. Provinciales y comunales.

La Provincia de Ñuble, con 13.113 km² y 438.103 habitantes, es la segunda provincia más extensa y la segunda más poblada de la región del Bío Bío, ocupando el 36% de la superficie y concentrando el 24% de la población regional. Se ubica al norte de la Región y tiene a la ciudad de Chillán como capital. Está integrada por 21 comunas. Las características de las 9 comunas que abarca este estudio se presentan a continuación, posteriormente en la Tabla 3 se presenta información resumida.

3.1.6.1 Ilustre municipalidad de Cobquecura.

Los orígenes de la comuna de Cobquecura, ubicada en la zona costera de Ñuble, se remontan al año 1575, cuando según relatos orales, que no han sido documentados, el cacique Alejandro Piceros Carampangue recibió una Merced otorgada por Pedro de Valdivia, esto cuando aún funcionaba la Real Audiencia en la Villa de Concepción de Penco.

Fue fundada oficialmente el 22 de diciembre de 1891, bajo el marco de la Ley de Comuna Autóctona; dependiente del Departamento de Itata, de la Provincia de Maule. Más tarde, el 30 de diciembre de 1927, Itata y todas sus comunas fueron traspasadas a la que fuera la Provincia de Ñuble. Finalmente, en 1976, la comuna se desliga del Departamento, el cual desaparece, y se transforma en una comuna integrante de Ñuble.

Pese a que los orígenes de la comuna datan de la época colonial, la vida en el valle de Cobquecura se remonta al menos a unos 5000 años, lo que se deduce por la abundancia de sitios arqueológicos, que en su mayoría no han sido estudiados y por el hallazgo de diversas piezas arqueológicas, como en el Panteón Viejo, donde existiría un cementerio mapuche, y el sitio de Casa Agurto, en calle Independencia. Además, se han realizado hallazgos oficiales en el borde superior de la Iglesia de Piedra, formación natural de unos 30 metros de altura, ubicada unos 3 kilómetros al norte del centro poblado, además de Pilucura y en el sector Colmuyao.

Cobquecura en mapuche significa "Pan de Piedra", tiene una superficie total de 570 kilómetros cuadrados, contando en todo su territorio con caseríos y villorrios, de manera dispersa. De sus más de 5 mil habitantes, el 37% reside en la zona urbana mientras que el 63% habita en la ruralidad.

3.1.6.2 Ilustre municipalidad de Trehuaco.

Enclavada en la cordillera de la costa, 94 kilómetros al poniente de Chillán, Trehuaco es una comuna de cultura agrícola, donde muchos de sus pobladores provienen de los antiguos fundos. Los más conocidos son el Fundo de Quilpolemu y el Fundo de Minas de Leuque. Sin embargo, actualmente los sectores agrícolas son muy reducidos, presentándose hoy como una comuna con características forestales.

A pesar de ello, todavía se destaca por sus viñedos, especializados en uva de mesa, por sus membrillos muy jugosos, por las papas y papayas del sector costero y la mora recolectada por muchas mujeres trehuaquinas.

La comuna fue constituida como tal el 30 de enero de 1973, tiene una superficie de 313 Km² y una población de 5296 habitantes.

A partir de los últimos años, Trehuaco ha ido consolidando su vocación productiva hacia el agroturismo, encontrando en sus atractivos naturales, marcados por el secano costero de Ñuble, su principal potencial.

3.1.6.3 Ilustre municipalidad de Coelemu.

Coelemu deslumbra en medio del Valle del Itata. Rodeada de colinas, un 63,98% de la superficie comunal está cubierta de bosques.

Su nombre proviene de la lengua mapudungún y uno de los significados más atribuidos es "Árboles junto al río".

Se encuentra inserta en un valle con vocación productiva de más de 500 años, que por estos días toma gran fuerza y prestigio para la producción de espumantes y cuyos productos de origen han **obtenido diversos galardones, como Medallas de Oro en el prestigioso concurso "Catad'Or Wine Awards" 2017.**

Ubicada 70 kilómetros al noroeste de Chillán, posee una superficie de 351,5 Km² y una población de 16950 habitantes, según proyección del INE para el año 2015. Fue fundada en 1750 por el gobernador Domingo Ortiz de Rozas, que la bautizó como Villa Jesús de Coelemu, como una importante avanzada costera al sur del río Itata.

La economía de la comuna está orientada al sector forestal, a la agricultura y a la vitivinicultura.

3.1.6.4 Ilustre municipalidad de Quirihue.

Fundada el 17 de enero de 1749 bajo la denominación de Villa San Antonio Abad de Quirihue, hoy surge como una ciudad pujante y futura capital de la Provincia de Itata. Antes de 1826, el Departamento de Itata pertenecía a la Intendencia de Concepción. Luego, formó parte de la Provincia del Maule, y se integró a Ñuble en 1927, durante la administración de Carlos Ibáñez del Campo.

Quirihue, con una extensa tradición política y administrativa, generaba una importante presencia en la sociedad penquista, y a la vez no se desprendía de su relación con la sociedad maulina, principalmente de sus vecinos de Cauquenes, varios de los cuales desarrollaron actividades comerciales y profesionales en la capital del Itata, incluso, adquiriendo propiedades y formando familias que ejercerían un influyente rol en la ciudad, a inicios del siglo XX, y que solo tras el terremoto de 1939 retornan a sus zonas de origen.

3.1.6.5 Ilustre municipalidad de Ninhue.

La comuna de Ninhue, que según cifras del INE proyectadas para 2015 posee una población de 5827 habitantes, perteneció hasta 1927 a la Región del Maule.

Tiene sus orígenes en el año 1688, en la Hacienda Coroney, con la instalación de la Iglesia Católica, quienes denominaron al sector en un principio como Villa San Antonio de Ninhue.

En la época se asentaron en el declive suroeste del cerro Ninhue, junto al estero del mismo nombre, lo que provocó que los primeros moradores de la comuna, pueblos indios, se ubicaran a ambos costados del camino.

En el año 1860 se dictó una ley de expropiación que regularizaría y ensancharía los terrenos de la villa, lo que finalmente se concretó 39 años después cuando en 1891 se fundó finalmente la municipalidad, que compró y regularizó los terrenos.

Sus límites son por el norte Cauquenes, por el sur Portezuelo y Trehuaco; por el este San Carlos y San Nicolás y por el oeste Quirihue.

Su nombre en mapudungún significa "lugar protegido por los vientos" y del total de su población, el 24,97% vive en la zona urbana y el 75,03% en sectores rurales.

Las principales localidades son su capital comunal Ninhue, Hualte, San José, Reloca y Quirao, y su sector con menos habitantes es La Invernada, donde residen menos de 10 personas.

3.1.6.6 Ilustre municipalidad de Portezuelo.

Portezuelo, donde nació el vino de Chile. Ese es el eslogan acuñado por esta comuna del Valle del Itata para proyectar su desarrollo. Portezuelo, pueblo entre cerros, gira en torno al fruto de la vid, principal entrada económica y por lo mismo muy arraigada con sus tradiciones.

Las primeras plantaciones de cepas viníferas llegaron en el siglo XVI de la mano de los Jesuitas, presentes en el sur de la comuna.

Ubicada a 34 kilómetros de Chillán, Portezuelo fue fundada como una estancia, en el año 1776, por el capitán español de origen francés Rodrigo Alejandro Martel de Durand. El 22 de diciembre de 1891 se creó la municipalidad, año en que el Gobierno del Presidente Jorge Montt dictó la Ley de Organización Geográfica de las Municipalidades, comprendiendo en este caso las subdelegaciones de Portezuelo y Trehuaco.

3.1.6.7 Ilustre municipalidad de Ránquil.

La palabra Ránquil **deriva del mapuche "rangkül", que significa "agua de carrizal", una planta que** nace en los humedales, parecida a la totora.

Como urbe nació el 31 de julio de 1902, cuando obtuvo el título de comuna. Si bien recibió el nombre de Ránquil debido al sector en que se asentó originalmente el pueblo, el crecimiento y mayor desarrollo alcanzado por la localidad de Ñipas, ayudado especialmente por la dinámica actividad económica que se generó en los alrededores con la llegada del ferrocarril a esa zona en la década del siglo XX, determinó que esta última sea catalogada como la capital.

Hasta antes de 1973, perteneció al Departamento de Coelemu y después al de Tomé, ambos en la Provincia de Concepción. Esto cambió cuando se definió el régimen actual de regiones, el cual separó a la actual comuna y la integró a la entonces Provincia de Ñuble.

El cultivo histórico de tradicionales cepas ha marcado el sello distintivo de Ránquil, desde donde se producen vinos y espumantes de calidad premiados por la crítica internacional, como en la reciente **versión 2017 del "Catad'or Wine Awards", que entregó tres medallas de oro y una de plata a su** producción.

Al menos el 60% del territorio cultivable es ocupado por plantaciones forestales, que se destinan para la producción de celulosa, mientras que el resto es usado en la cosecha de vides, hortalizas, flores, maíz y otros vegetales.

3.1.6.8 Ilustre municipalidad de San Nicolás.

La comuna de San Nicolás, que limita al noreste con la comuna de San Carlos, al sur con la comuna de Chillán, y al oeste con las comunas de Portezuelo y Ninhue, tiene una superficie de 491 kilómetros cuadrados y una población de 11451 habitantes, según la proyección del INE para 2015.

Sus orígenes se remontan al año 1880, en los terrenos pertenecientes a Rosario Lantaño. Sin embargo, su historia viene de muchos años antes, cuando el territorio se conocía como Quillingo y pertenecía al Departamento de San Carlos. Incluso existen referencias que en el año 1686 ya había en la zona un asentamiento denominado Quillingue.

Oficialmente fue fundada el 22 de diciembre de 1891, a través de la promulgación de la Ley de **Organización y Atribuciones de las Municipalidades, más conocida como "Ley de Comuna Autónoma"**.

De la superficie comunal, el 80% de los terrenos son de secano duro, con suelos de baja productividad, donde predomina la agricultura campesina familiar con producción de trigo, lentejas y hortalizas. El 20% restante corresponde a suelos trabajados para la elaboración de productos de exportación, tales como cerezas, arándanos, kiwis y viñas.

Las principales localidades de la comuna de San Nicolás son San Nicolás pueblo, con cerca de mil viviendas, Puente Ñuble con alrededor de 700, El Manzano, con 230, Dadinco con 200, Los Aromos con 140 y Puyaral con 120.

3.1.6.9 Ilustre municipalidad de Quillón.

El nombre de la comuna provendría de la voz mapuche "külon", denominación que la cultura ancestral le da al maqui, uno de los tres árboles sagrados venerados; aunque también es probable que derive de la palabra "kellún", que significa ayudar.

Se identifica presencia hispana en la zona desde mediados del siglo XVI y, según antecedentes **históricos, en 1603 los colonizadores establecieron la denominada "Estancia del Rey" en un extenso territorio ocupado actualmente por cinco comunas, siendo una de ellas Quillón.** El lugar nació como espacio estratégico usado por la corona para el abastecimiento de trigo y otros artículos al Ejército conquistador, además de zona de descanso.

Con 300 habitantes aproximadamente viviendo en el sector a inicios del siglo XIX, ya era considerado como caserío, y tras la construcción de la parroquia Inmaculada Concepción en 1832, en poco tiempo el crecimiento poblacional hizo que subiera a la categoría de aldea.

El 22 de diciembre de 1891 fue creado el municipio quillonino, comprendiendo el territorio de las entonces subdelegaciones de Quillón y Cerro Negro. En 1927 se gestó una racionalización administrativa que decretó la supresión del Departamento de Puchacay (con estancia en la comuna

de Florida) y que permitió incorporar al territorio y la Municipalidad de Quillón al naciente Departamento de Bulnes, dependencia administrativa que se mantuvo hasta 1974, año en que se crearon las actuales regiones y provincias.

Un crecimiento importante ha tenido la actividad turística en las últimas cuatro décadas. El equipamiento del rubro se desarrolla preferentemente a través de complejos privados o institucionales con cabañas y piscinas ubicadas en distintos sectores de la comuna, teniendo como punto gravitante la Laguna Avendaño, el cual se ha convertido en uno de los principales balnearios de Ñuble. A este reconocido espacio natural se le suma el emblemático cerro Cayumanqui, casa de una rica fauna silvestre y flora autóctona como robles centenarios, olivillos, avellanos, mallines, canelos, copihues y quillayes.

Su ubicación geográfica, en la que predomina un microclima templado cálido con lluvias invernales, son claves en la creciente y aplaudida producción vinífera.

Tabla 3. Antecedentes comunales.

NUM	COMUNA	SUPERFICIE	POBLACIÓN		C.G. COMUNA			PRECIPITACIÓN
		[Km ²]	INE 2002	INE 2012	ESTE [m]	NORTE [m]	COTA [m.s.n.m]	Pp Promedio [mm/año]
1	COBQUECURA	570,60	5.687	5.014	704.953	5.993.532	333	609,0
2	QUIRIHUE	590,00	11.429	11.917	720.730	5.987.100	271	764,5
3	NINHUE	403,20	5.738	5.095	732.394	5.973.351	239	846,1
4	SAN NICOLÁS	566,30	9.741	10.063	748.237	5.959.275	92	895,9
5	TREHUACO	314,50	5.296	4.875	709.694	5.966.051	24	789,4
6	PORTEZUELO	290,60	5.470	4.895	726.766	5.952.454	118	907,3
7	COELEMU	342,10	16.082	15.169	701.510	5.957.641	66	844,4
8	RÁNQUIL	248,90	5.683	4.748	715.673	5.942.275	84	922,0
9	QUILLON	406,10	15.146	15.544	722.822	5.922.344	123	986,1
TOTAL		3.732,30	80.272	77.320				

Fuente: Elaboración propia en base a información INE y estadísticas meteorológicas.

La información presentada en la Tabla 3 se ha obtenido a partir del análisis de los datos estadísticos recopilados en las estaciones meteorológicas de la red hidrométrica de la DGA consideradas. Estos registros fueron utilizados para la generación de 4 modelos distribuidos de precipitación (Polígonos de Thiessen, Kriging, Spline y IDW), proceso que ha sido detallado en la sección 3.1.7. Para la asignación de una precipitación característica, se tomó el resultado más desfavorable de los 4 modelos para la distribución de precipitaciones sobre el centro de gravedad de la comuna, el cual no necesariamente corresponde a la precipitación media de la comuna, lo que resulta en los valores mostrados en la Tabla 3.

3.1.7 Antecedentes meteorología.

A continuación, se describirá la metodología desarrollada para la estimación de las precipitaciones características por comuna. A partir de los registros presentes en las estaciones de la Red Hidrométrica Nacional de la DGA, y en particular aquellas relevantes para el presente estudio, se generaron modelos de distribución de precipitaciones. Las estaciones consideradas, la fuente de la información, la región en donde se encuentran y la ubicación geográfica en coordenadas (UTM WGS84 18S) y elevación se presentan en la Tabla 4. Luego, en la Figura 6, se muestra la distribución espacial de las mismas.

Tabla 4. Estaciones meteorológicas consideradas.

ESTACIÓN	FUENTE	REGION	ESTE	NORTE	ALTURA
			[metros]	[metros]	[m.s.n.m.]
El Álamo	DGA	MAULE	732.107	6.000.398	180
Mangarral	DGA	BÍO BÍO	738.812	5.986.615	150
San Agustín de Puñual	DGA	BÍO BÍO	733.611	5.966.091	35
Coelemu	DGA	BÍO BÍO	707.114	5.960.815	30
Dichato	DGA	BÍO BÍO	685.191	5.953.481	5
Rafael	DGA	BÍO BÍO	692.326	5.943.242	210
Nueva Aldea	DGA	BÍO BÍO	727.397	5.940.379	25
Millaquén	DGA	BÍO BÍO	765.748	5.976.609	130
Cancha Los Litres	DGA	BÍO BÍO	716.221	5.934.746	200
Chillancito	DGA	BÍO BÍO	729.956	5.928.343	70
Chillan Viejo	DGA	BÍO BÍO	756.927	5.942.044	125
Coihueco Embalse	DGA	BÍO BÍO	786.059	5.939.162	300
Parral	DGA	MAULE	785.143	5.989.967	175
San Manuel de Perquillauquén	DGA	MAULE	800.667	5.971.215	270
Digua Embalse	DGA	MAULE	810.334	5.982.846	390
Pemuco	DGA	BÍO BÍO	758.078	5.903.750	200
Mayulermo	DGA	BÍO BÍO	779.267	5.920.522	385
Tutuven Embalse	DGA	MAULE	736.924	6.023.752	179

m.s.n.m: metros sobre el nivel del mar.

Fuente: Red Hidrométrica Nacional. DGA.

Para este análisis, debido a que en general las estaciones no presentan series de datos continuas en períodos largos de tiempo, se debe rellenar y/o extender las series de datos. Se selecciona un período de 37 años, entre 1980 y 2016. La serie de datos presente en la estación Chillancito cuenta con una extensión y calidad de la estadística mejor que las otras, por lo que se escoge esta estación como la estación patrón. Esta serie presenta sólo 4 meses sin registro en todo el intervalo de tiempo (diciembre de 2008, abril de 2009, octubre y noviembre de 2016).

Una vez escogida la estación Chillancito como patrón, se establece una correlación lineal entre las precipitaciones mensuales, mes a mes, de cada estación con la serie patrón. En caso de que no se encuentre una correlación adecuada con la estación Chillancito se buscó una correlación adecuada con otra estación cercana. Esta información se incluye en el Anexo N° 3, Estadísticas hidrometeorológicas. Con este ajuste es posible rellenar y/o extender las series de datos de las estaciones según se requiera. Se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 6, mientras que el resumen con las precipitaciones medias anuales y las operaciones realizadas con cada serie de datos se presenta en la Tabla 5.

Luego, con estos resultados se procede a analizar el comportamiento relativo de las distribuciones entre las estaciones, normalizando la precipitación media mensual por la precipitación media anual. Estos resultados se presentan en la Tabla 7 y en la Figura 7. Se puede observar que la distribución de precipitaciones medias mensuales presenta un comportamiento homogéneo con respecto a la distribución mensual en la zona sobre la cual tienen influencia las estaciones.

Tabla 5. Puntos de control de precipitaciones.

ESTACION	PP MEDIA ANUAL	PERIODO ANALIZADO			
	[mm/año]	INICIO	FIN	DURACIÓN [años]	OBSERVACIÓN
El Álamo	844,2	1980	2016	37	Rellenada y extendida
Mangarral	817,6	1980	2016	37	Rellenada y extendida
San Agustín de Puñual	895,9	1980	2016	37	Rellenada y extendida
Coelemu	844,4	1980	2016	37	Rellenada
Dichato	973,0	1980	2016	37	Rellenada
Rafael	1.393,6	1980	2016	37	Rellenada y extendida
Nueva Aldea	953,9	1980	2016	37	Rellenada
Millauquén	898,4	1980	2016	37	Rellenada y extendida
Cancha Los Litres	974,1	1980	2016	37	Rellenada y extendida
Chillancito	1.048,4	1980	2016	37	Rellenada, estación patrón
Chillan Viejo	1.026,2	1980	2016	37	Completa
Coihueco Embalse	1.432,6	1980	2016	37	Rellenada
Parral	927,1	1980	2016	37	Completa
San Manuel de Perquillauquén	1.433,9	1980	2016	37	Rellenada
Digua Embalse	1.389,1	1980	2016	37	Completa
Pemuco	1.174,9	1980	2016	37	Rellenada
Mayulermo	1.511,3	1980	2016	37	Rellenada y extendida
Tutuyen Embalse	862,2	1980	2016	37	Rellenada

Fuente: Estimaciones propias en base a estadísticas DGA

Tabla 6. Precipitaciones medias mensuales y anuales, en mm/mes o mm/año, respectivamente.

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
El Álamo	5,7	12,3	13,9	47,8	165,6	189,9	160,1	116,4	58,4	41,2	21,6	11,3	844,2
Mangarral	7,7	14,7	15,8	42,1	148,0	185,8	154,0	113,1	59,4	44,0	22,3	10,6	817,6
San Agustín de Puñual	7,0	13,1	17,2	48,6	171,7	198,2	171,2	121,7	65,4	42,7	23,0	16,0	895,9
Coelemu	8,3	8,9	14,4	46,9	144,4	194,3	171,3	118,2	67,6	40,8	19,0	10,2	844,4
Dichato	14,6	14,3	23,7	61,5	158,4	199,3	179,0	137,1	80,4	57,3	27,4	20,1	973,0
Rafael	14,0	16,9	28,8	82,4	218,3	311,1	262,4	206,0	119,5	64,5	43,4	26,4	1.393,6
Nueva Aldea	10,2	15,0	18,9	59,0	174,9	203,7	172,5	135,2	74,1	50,9	24,4	15,2	953,9
Millauquén	8,8	16,4	16,1	52,0	165,7	192,8	160,4	120,8	66,3	55,9	24,8	18,4	898,4
Cancha Los Litres	14,2	12,5	25,6	61,2	174,3	207,4	163,3	150,7	77,6	43,6	30,3	13,4	974,1
Chillancito	13,2	15,9	21,3	67,9	199,0	227,6	191,2	137,5	83,9	51,4	25,0	14,5	1.048,4
Chillan Viejo	12,6	21,6	24,3	71,2	191,2	215,9	172,8	133,6	81,4	58,7	25,4	17,6	1.026,2
Coihueco Embalse	19,1	30,1	35,2	99,7	246,7	300,2	240,3	182,0	120,3	88,7	43,8	26,6	1.432,6
Parral	8,6	18,8	21,7	56,4	170,3	201,7	162,5	118,7	78,8	52,3	23,2	14,2	927,1
San Manuel de Perquilauquén	17,3	27,2	32,7	91,6	245,1	304,8	240,4	192,2	134,3	85,4	39,3	23,5	1.433,9
Digua Embalse	13,3	24,1	26,8	84,4	243,0	292,5	244,4	189,9	126,6	87,3	32,5	24,4	1.389,1
Pemuco	18,7	22,3	26,8	82,5	207,0	240,9	194,4	160,0	96,4	72,3	32,4	21,4	1.174,9
Mayulermo	21,7	26,7	35,6	100,7	256,5	303,0	255,1	208,5	123,7	98,7	48,5	32,6	1.511,3
Tutuven Embalse	4,1	9,4	17,1	43,9	168,7	194,7	172,9	125,1	66,5	35,7	16,9	7,4	862,2

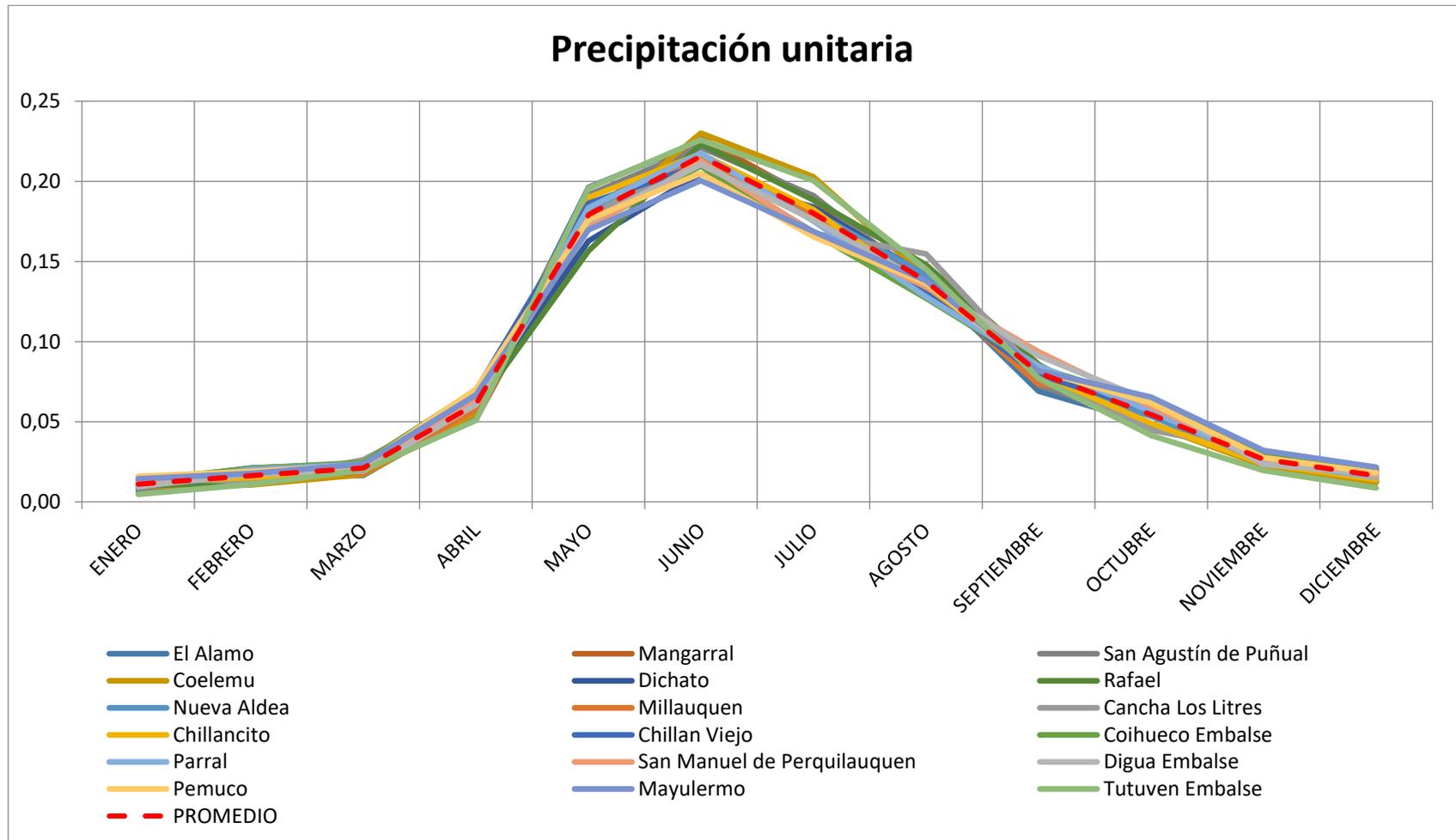
Fuente: Estimaciones propias en base a estadísticas RHN. DGA.

Tabla 7. Precipitaciones medias mensuales y anuales normalizadas.

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL NORMALIZADO
El Álamo	0,0068	0,0146	0,0165	0,0567	0,1962	0,2250	0,1896	0,1378	0,0691	0,0488	0,0255	0,0134	1,0
Mangarral	0,0094	0,0180	0,0193	0,0515	0,1810	0,2273	0,1884	0,1383	0,0727	0,0539	0,0272	0,0130	1,0
San Agustín de Puñual	0,0079	0,0147	0,0192	0,0542	0,1916	0,2212	0,1910	0,1358	0,0731	0,0477	0,0257	0,0179	1,0
Coelemu	0,0098	0,0106	0,0171	0,0556	0,1710	0,2301	0,2029	0,1400	0,0800	0,0483	0,0225	0,0121	1,0
Dichato	0,0150	0,0147	0,0243	0,0632	0,1628	0,2048	0,1840	0,1409	0,0826	0,0589	0,0281	0,0206	1,0
Rafael	0,0100	0,0121	0,0207	0,0592	0,1566	0,2232	0,1883	0,1479	0,0857	0,0462	0,0311	0,0189	1,0
Nueva Aldea	0,0107	0,0157	0,0198	0,0619	0,1833	0,2135	0,1808	0,1417	0,0777	0,0534	0,0256	0,0159	1,0
Millauquén	0,0098	0,0183	0,0179	0,0578	0,1845	0,2146	0,1785	0,1345	0,0738	0,0622	0,0276	0,0204	1,0
Cancha Los Litres	0,0146	0,0128	0,0263	0,0628	0,1789	0,2129	0,1677	0,1547	0,0797	0,0448	0,0311	0,0138	1,0
Chillancito	0,0126	0,0151	0,0203	0,0647	0,1898	0,2171	0,1824	0,1311	0,0801	0,0490	0,0239	0,0139	1,0
Chillan Viejo	0,0123	0,0211	0,0237	0,0694	0,1863	0,2104	0,1684	0,1301	0,0793	0,0572	0,0247	0,0171	1,0
Coihueco Embalse	0,0133	0,0210	0,0246	0,0696	0,1722	0,2095	0,1677	0,1271	0,0840	0,0619	0,0306	0,0186	1,0
Parral	0,0093	0,0203	0,0234	0,0608	0,1837	0,2176	0,1752	0,1280	0,0850	0,0564	0,0250	0,0153	1,0
San Manuel de Perquillauquén	0,0120	0,0189	0,0228	0,0639	0,1710	0,2126	0,1676	0,1340	0,0937	0,0596	0,0274	0,0164	1,0
Digua Embalse	0,0096	0,0174	0,0193	0,0608	0,1749	0,2105	0,1759	0,1367	0,0911	0,0628	0,0234	0,0176	1,0
Pemuco	0,0159	0,0190	0,0228	0,0702	0,1762	0,2050	0,1654	0,1362	0,0821	0,0615	0,0275	0,0182	1,0
Mayulermo	0,0144	0,0176	0,0236	0,0666	0,1697	0,2005	0,1688	0,1380	0,0819	0,0653	0,0321	0,0216	1,0
Tutuven Embalse	0,0047	0,0109	0,0198	0,0509	0,1957	0,2259	0,2005	0,1451	0,0771	0,0414	0,0196	0,0086	1,0
PROMEDIO	0,0110	0,0163	0,0212	0,0611	0,1792	0,2156	0,1802	0,1377	0,0805	0,0544	0,0266	0,0163	1,0

Fuente: Estimaciones propias en base a estadísticas RHN. DGA.

Figura 7. Precipitaciones unitarias.



Fuente: Estimaciones propias en base a estadísticas RHN. DGA.

A partir de las series de datos complementadas se han generado cinco modelos de distribución de precipitaciones medias anuales:

- i. Polígonos de Thiessen
- ii. Perfil de precipitaciones versus altura. Para la generación de este modelo se ha utilizado el perfil presentado en el estudio DGA, SIT N° 320 de noviembre del 2013.
- iii. Kriging ordinario, con semivariograma gaussiano
- iv. Spline
- v. IDW (Inverse Distance Weighting)

3.1.7.1 Polígonos de Thiessen

Este modelo divide la zona de estudio en polígonos, con centros en las estaciones meteorológicas. Cada una de las subzonas se utiliza como el área de influencia de la precipitación registrada en la estación. Así, la precipitación media sobre la zona estudiada se calcula considerando el peso relativo que tiene el área de influencia de cada estación sobre el área total.

3.1.7.2 Perfil Precipitación vs Altura

Este modelo utiliza el perfil de precipitaciones de la Figura 8, junto con la curva hipsométrica del área de estudio para obtener la distribución espacial de precipitaciones.

En la Figura 8 se muestra el ajuste sobre las 15 estaciones que considera el estudio de Aqualogy Medioambiente S.A., 2013, junto con la banda de confianza utilizada de $\pm 90\%$ de la desviación estándar. Las 15 estaciones consideradas en este estudio están dentro de la zona de estudio del presente reporte (Cuenca Itata-Bajo) y se presentan en la Figura 9. Este ajuste es utilizado junto con la curva hipsométrica del área de estudio para obtener el aporte bruto de cada cuenca hidrográfica al balance hídrico realizado. Este mismo perfil es utilizado para la generación del modelo de distribución de precipitaciones en el presente estudio.

3.1.7.3 Kriging ordinario

Este modelo interpola una superficie ráster a partir de los puntos con valores conocidos. Es una interpolación estocástica, que a partir de los datos de precipitación media en las estaciones genera la distribución espacial sobre la zona de estudio, utilizando cierto grado de aleatoriedad. Se utiliza un semivariograma Gaussiano o Normal como ajuste del semivariograma empírico para la auto correlación espacial entre los puntos muestrales.

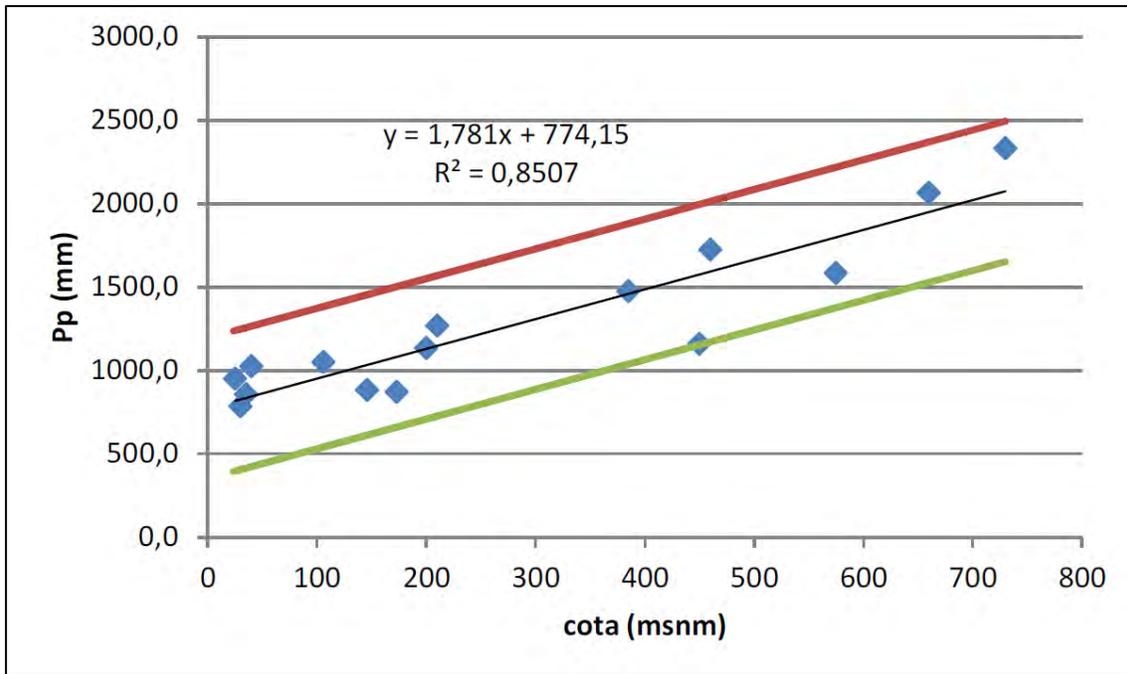
3.1.7.4 Spline

Este modelo utiliza funciones polinómicas ajustadas según los datos de entrada en una vecindad local en torno a los puntos muestrales. Las superficies generadas son suaves.

3.1.7.5 Inverse Distance Weighting (IDW)

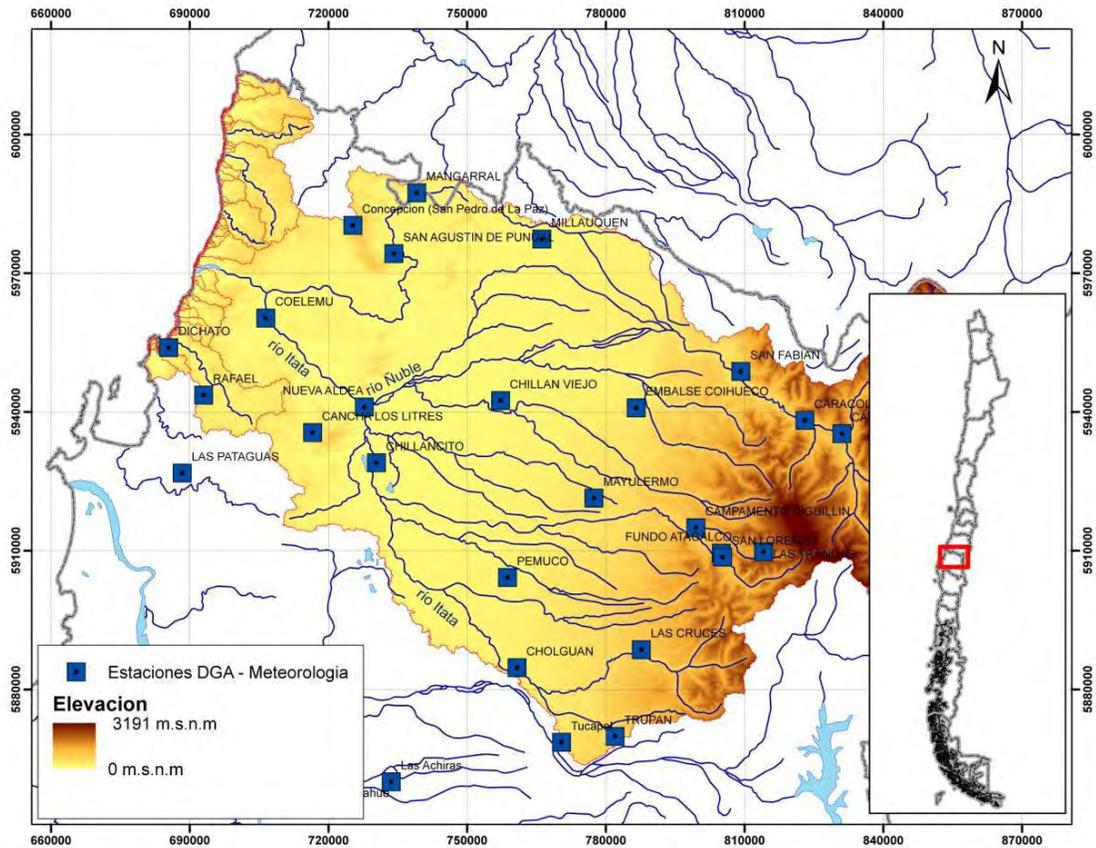
Este modelo combina la idea de la proximidad del área de influencia de cada estación sobre el terreno y un cambio gradual en la superficie generada. Considera entonces que la similitud de la propiedad analizada en el espacio con el punto muestral disminuye con el inverso de la distancia. Así, puntos más alejados de las estaciones tendrán valores de precipitación más diferentes que aquellos cercanos.

Figura 8. Perfil de precipitaciones totales anuales.



Fuente: DGA, SIT N° 320 de noviembre del 2013

Figura 9. Estaciones meteorológicas DGA. Cuenca Itata-Bajo.



Fuente: DGA, SIT N° 320 de noviembre del 2013

Finalmente, en la Tabla 8 se resumen los resultados obtenidos tras la aplicación de los 5 modelos sobre las series de datos analizadas. En particular y como se mencionó en la sección 3.1.6, para definir una precipitación media anual se utilizó el caso más desfavorable sobre los centros de gravedad de las comunas que abarca el presente estudio.

Tabla 8. Resultados precipitaciones en capital comunal.

NUM	COMUNA	SUPERFICIE (1)	COTA 50% (2) [m.s.n.m]	PRECIPITACIONES [mm/año] (Zona urbana)						
		[Km ²]		Thiessen	Perfil Pp vs H	Kriging	Spline	IDW	Pp Promedio (3)	Pp rest (4)
1	COBQUECURA	570,6	346	844,2	800,9	847,7	560,9	923,7	795,5	560,9
2	QUIRIHUE	590	305	817,6	1230,1	826,3	773,5	894,0	908,3	773,5
3	NINHUE	403,2	155	895,9	946,9	859,8	883,9	897,4	896,8	859,8
4	SAN NICOLÁS	566,3	108	1026,2	922,0	959,6	932,6	981,2	964,3	922,0
5	TREHUACO	314,5	149	844,4	922,0	903,3	784,8	882,7	867,4	784,8
6	PORTEZUELO	290,6	122	895,9	991,4	907,9	914,9	946,1	931,3	895,9
7	COELEMU	342,1	180	844,4	849,0	957,5	870,5	851,7	874,6	844,4
8	RÁNQUIL	248,9	183	953,9	856,1	972,2	911,9	972,2	933,3	856,1
9	QUILLON	406,1	147	1048,4	882,8	1029,8	1020,9	1030,3	1002,4	882,8

Fuente: Estimaciones propias en base a estadísticas RHN. DGA.

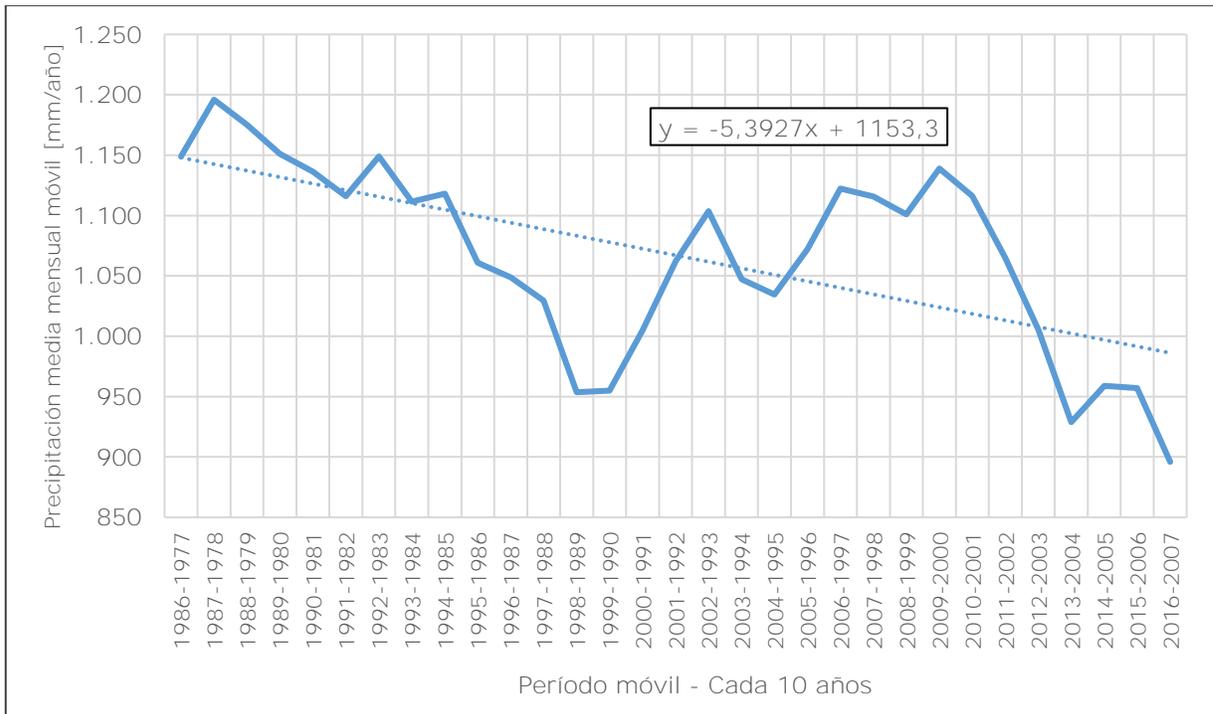
- NOTAS:
- (1) Superficie total de la comuna.
 - (2) Cota asociada al 50% del área de la comuna, obtenida mediante hipsometría.
 - (3) Precipitación media anual estimada para el poblado que funciona como capital comunal como el promedio de todos los métodos [mm/año]
 - (4) Precipitación media anual estimada para el poblado que funciona como capital comunal como el valor más restrictivo (menor valor) [mm/año]

3.1.8 Análisis de tendencia en precipitaciones.

Teniendo en consideración los antecedentes expuestos en la sección anterior, y a partir de la información pluviométrica registrada en la estación Chillancito, se ha realizado un análisis sobre la variación de los promedios móviles para periodos de 10 años y 20 años, esto con la finalidad de analizar la tendencia en las precipitaciones. En ambos casos se observa una disminución en las tendencias, esto se ve claramente en la Figura 10 y Figura 11.

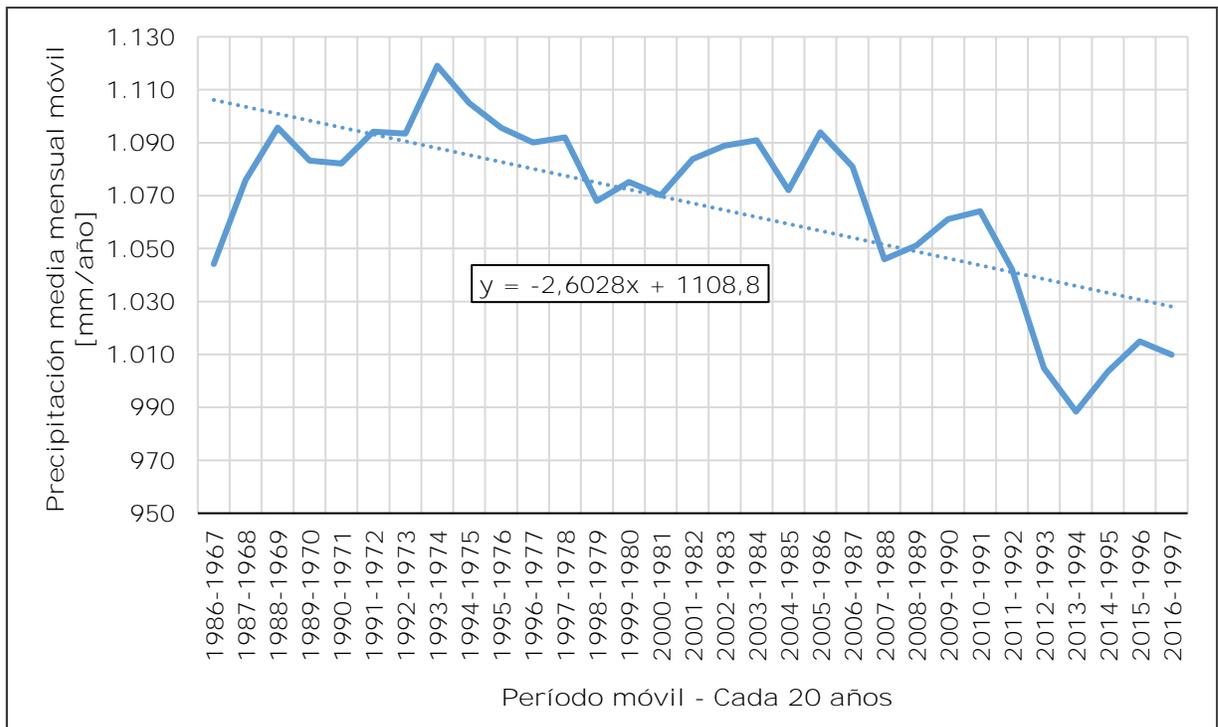
Esta información es de gran relevancia, ya que, de acuerdo a lo observado en las figuras correspondientes, se debe considerar una posible disminución en las precipitaciones futuras, lo que se traduce en una disminución en la oferta hídrica, lo que podría generar un estrés sobre los acuíferos y un incremento en la competencia por el uso de los recursos hídricos.

Figura 10. Análisis variación de las precipitaciones anuales. Período móvil 10 años.



Fuente: Estimaciones propias en base a estadísticas RHN. DGA.

Figura 11. Análisis variación de las precipitaciones anuales. Período móvil 20 años.



Fuente: Estimaciones propias en base a estadísticas RHN. DGA.

3.1.9 Antecedentes geológicos.

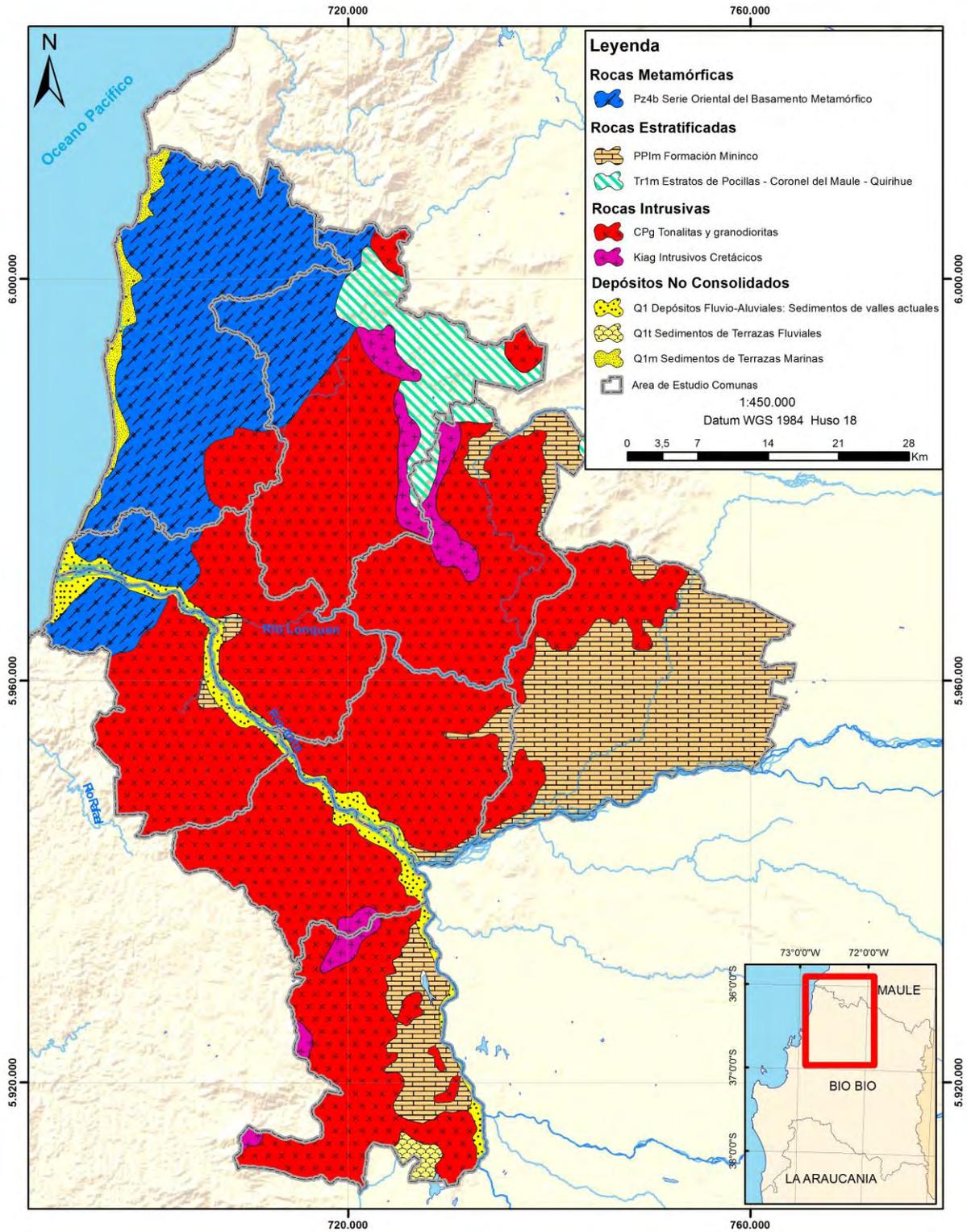
3.1.9.1 Generalidades.

La zona de estudio se emplaza en la cuenca hidrográfica del río del Itata, ubicada en la VIII Región del Bío Bío.

En la zona geográfica de la cuenca del río Itata afloran rocas metamórficas asignadas al Paleozoico, rocas sedimentarias y volcánicas, marinas y/o continentales del Mesozoico-Cenozoico y sedimentos no consolidados del Cenozoico (Gajardo, 1981). En la

Figura 12 se expone el Mapa Geológico elaborado para este Proyecto y que incluye las 9 comunas involucradas.

Figura 12. Mapa Geológico cuenca Itata



3.1.9.2 Rocas metamórficas

Pz4b Serie Oriental Basamento Metamórfico (Silúrico – Carbonífero)

Secuencia de rocas metamórficas distribuidas en la región más occidental del área de estudio, como una franja prácticamente continua de dirección general NNE-SSW. La unidad está compuesta principalmente por esquistos, filitas, gneises y metareniscas, debido al metamorfismo de baja presión-alta temperatura. El grado de metamorfismo varía entre las facies esquistos verdes y granulita, y se caracteriza por la aparición sucesiva, de oeste a este, de biotita, andalucita y sillimanita (Aguirre et al., 1972). La base de la unidad es desconocida. La sobreyacen parcialmente y en discordancia angular y de erosión unidades sedimentarias de edad Cretácica y Cenozoica.

3.1.9.3 Rocas estratificadas.

Tr1m Estratos de Pocillas – Coronel del Maule – Quirihue (Triásico Superior)

Rocas distribuidas en el sector noroccidental de la Cordillera de la Costa; los afloramientos son **prácticamente continuos, entre los 36°05' y los 36°22° de latitud sur. Según** Moreno et al. (1976) y Lagno (1979) se reconocen en estos estratos, de arriba hacia abajo: alternancia de andesitas porfíricas, areniscas cuarcíferas, brechas volcánicas y riolitas, chert y alternancia de areniscas cuarcíferas y lutitas con intercalaciones de conglomerados de cuarzo.

PPIm Formación Mininco (Plioceno – Cuaternario)

Rocas distribuidas en la Depresión Central, cuyos afloramientos se observan principalmente en los valles de los ríos y esteros, además en los cortes de carreteras, caminos y vías férreas. La unidad está compuesta por sedimentitas lagunares y fluviales, representadas por areniscas tobáceas, limolitas y conglomerados, con intercalaciones de arcillolitas y tobas. En las areniscas, el componente volcánico se fundamentalmente andesítico, encontrándose también ceniza en la matriz (Gajardo 1981). Fue definida por Muñoz Cristi en 1960.

3.1.9.4 Rocas Intrusivas.

CPg Intrusivos: tonalitas y granodioritas indiferenciadas (Carbonífero – Pérmico)

Se encuentran en la Cordillera de la Costa distribuidas en una franja continua de dirección general NNE – SSW, al oeste de las rocas metamórficas que han sido descritas anteriormente. La unidad está conformada por un complejo plutónico cuya composición petrográfica varía entre tonalita y granodiorita, con sectores menos extensos de diorita cuarcífera y granito, de contenido variable de hornblenda, biotita y muscovita. Este complejo plutónico fue definido por González-Bonorino, 1970; Herve et al. 1976, como el Batolito de la Costa. Estas rocas tienen grandes cristales de microclina, y han estado sometidas a intensos fenómenos cataclásticos, lo cual es evidencia del fracturamiento de los cristales de cuarzo y feldespato (Escobar et al., 1977). El Batolito de la Costa tiene una relación

de contacto intrusivo con las rocas del basamento metamórfico e infrayace, con discordancia de erosión, a las series sedimentarias y sedimentariovolcánicas del Triásico.

Kiag Intrusivos Cretácicos

Cuerpos intrusivos ubicados en la Cordillera de la Costa, en una franja en dirección general NNE – SSW y que representan altos topográficos, que sobresalen del nivel promedio de las rocas graníticas de carbonífero. La unidad está compuesta por dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzogranitos de hornblenda y biotita.

3.1.9.5 Depósitos no consolidados.

Hcrl Depósitos del cono fluvial del río Laja (Pleistoceno – Holoceno)

La unidad corresponde a depósitos de arenas basálticas y andesíticas, compuestos por materiales piroclásticos provenientes del volcán Antuco y centros adyacentes. Su transporte tuvo un agente de origen fluvial (debido al río Laja y otros tributarios menores) y otro eólico (Gajardo, 1981; Ferraris, 1981); los sedimentos se habrían depositado en la Depresión Central debido a la disminución en la capacidad de transporte de esos agentes, provocando el relleno de cuencas subacuáticas locales. Debido a posteriores redistribuciones eólicas se habrían originado las dunas que son reconocibles en distintos sectores. De acuerdo con el tipo de sedimentos y a la granulometría que definen otros autores, es posible estimar para estos depósitos fluviales permeabilidades variables entre 10⁻³ y 10⁻⁴ cm/s.

Q1 Depósitos fluvio-aluviales: Sedimentos de valles actuales (Holoceno)

Corresponden a depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa, ubicados en la Depresión Central y la Cordillera de la Costa, donde alcanzan su máxima extensión areal. Están formados por materiales no consolidados, incluyendo gravas, ripios y arenas y forman el relleno actual de los cauces fluviales. Aunque tienen buen desarrollo sólo en los ríos principales, estos depósitos también se encuentran en cada uno de los cauces menores. Es frecuente observar, en la desembocadura de un cauce menor en otro mayor, abanicos fluviales donde se depositan importantes espesores de arenas y gravas. Estos rellenos actuales debieran tener permeabilidades entre 10⁻² y 10⁻³ cm/s.

Q1t Sedimentos de terrazas fluviales (Holoceno)

Unidad conformada por depósitos sedimentarios de gravas y arenas distribuidos en los valles principales, formando amplias superficies aterrazadas y con espesores máximos de 20 m. Se ubican en los ríos principales de la zona. Están compuestos por gravas y ripios, con clastos redondeados a subredondeados de andesitas y granitos de diámetro promedio entre 8 y 30 cm, con fracciones variables de arenas y limos. Es posible estimar para estos rellenos aterrazados, una permeabilidad

promedio de más o menos 10 – 3 cm/s, dada la descripción que entregan los autores que han realizado la geología del área.

3.1.9.6 Estructuras.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el área de estudio se emplaza en la región occidental de la cuenca hidrográfica del río Itata, mayoritariamente en el sector que comprende la Cordillera de la Costa y parte de la Depresión Central.

En la Cordillera de la Costa se observa que la Serie Oriental del Basamento Metamórfico es la unidad que presenta los mayores plegamientos, tipo asimétrico, volcado y aún recumbentes. Sus ejes buzan en general, al oriente y tienen rumbos muy variables, con predominancia NNE. (Estudio Hidrogeológico Cuencas Bío Bío e Itata, DGA, 2011, p.49).

En cuanto al fallamiento y/o fracturamiento, este alcanza mayor intensidad en el Batolito de la Costa, tanto en su porción central como periférica. El sistema de fallas N-S a NNE-SSW controla los acantilados costeros y los quiebres de pendiente locales entre la Cordillera de la Costa y la Depresión Central. Por otra parte, el sistema de fallas NNW-SSE controla los cauces principales y tributarios que atraviesan estas cordilleras, los cuales tienen una dirección semejante y son sensiblemente paralelos entre sí. Estas estructuras permitieron el levantamiento relativo de la Cordillera de la Costa respecto a la Depresión Central y originaron las grandes acumulaciones sedimentarias existentes al Este de la Cordillera de la Costa, debiendo los ríos como el Itata abrirse paso a través de ella mediante valles estrechos. Por otra parte, en la cuenca se observa incidencia volcánica por parte del volcán Chillán, un estrato volcán histórico cuya última erupción se registra posterior a 1964, y el Nevados de Chillán.

3.1.10 Antecedentes hidrogeología.

La cuenca hidrogeológica del río Itata se extiende desde la latitud 36°00' por el norte hasta la latitud 37°20' por el sur. Destaca en la alta cordillera formaciones rocosas de origen sedimento – volcánicas correspondientes a los períodos cretácicos y terciarios, en general rocas de baja permeabilidad que constituyen el basamento por donde escurre el acuífero. Un poco más al oriente se encuentra el sector de los Nevados de Chillán y Volcán Chillán de formaciones netamente volcánicas, compuestas por coladas y depósitos piroclásticos, reolíticos, andesíticos y basálticos que no presentan características acuíferas.

A partir de la información levantada están presentes en la zona de estudio depósitos no consolidados con permeabilidades aptas para el flujo y ocurrencia de agua subterránea. Esto queda en evidencia si se analizan las prospecciones realizadas con motivo de la solicitud de derechos de aprovechamiento de agua. En la zona se encontraron 7 pozos de una profundidad mayor a 30 metros, sobre los cuales existen derechos de extracción constituidos. Se puede inferir que la descripción de las estratigrafías en pozos ubicados cerca del río Itata (N° 92, N° 149, N° 206, de Tabla 9) es compatible con la

identificación de los sedimentos no consolidados de edad Cuaternario, provenientes de ambientes fluviales, fluvio-glaciales, glaciales, coluviales y lacustres. Las estratigrafías también describen, en algunos casos, la alternancia entre depósitos permeables con depósitos con menor permeabilidad y rocas intrusivas, que constituirían los límites de flujo vertical actuando como acuitardos. En particular, llama la atención el pozo más profundo identificado, cuya estratigrafía indica grandes desarrollos verticales de material de baja permeabilidad, pero aun así es explotado por un caudal relativamente alto. Esto indica que la baja permeabilidad de los estratos individuales no afectaría la permeabilidad del conjunto de la secuencia estratigráfica. Finalmente, esta consecuencia fue utilizada por la DGA en **el estudio "Estudio Hidrogeológico Cuencas Bío Bío e Itata", realizado el año 2011**, para la definición de una sola unidad acuífera en la cuenca completa del río Itata, subdividida en 6 zonas según el tipo de relleno permeable presente. De esta subdivisión, se puede observar que dentro del área de estudio del presente reporte se encuentran partes de los subacuíferos 1 y 6, correspondientes a las unidades geológicas PPI m y el conjunto Q1, Q1c, Q1fa, Q1m, Q1t, respectivamente. La zona que no considera el estudio indicado es la zona norte y noroeste de la zona de estudio, correspondiente a las comunas de Cobquecura y Quirihue. En la primera, su PLADECO reporta la presencia de tres unidades geológicas: La Serie Oriental (Pz4b), Intrusiones del Carbonífero-Pérmico (CPg) y las Terrazas Marinas (Q1m).

En el estudio realizado el año 2011 por la DGA, también se menciona el Batolito de la Costa como el principal sistema de fallas, que, según se propone, aportó a la acumulación de sedimentos al oriente de la formación, sobre la depresión central. Este sistema conformaría una barrera para el desarrollo horizontal de los acuíferos.

A partir de información de expedientes de derechos de aprovechamiento de aguas es posible levantar información asociada a la estratigrafía, niveles de aguas subterráneas y caudales, según como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Estratigrafías, niveles freáticos y caudales de derecho en pozos analizados.

Nº	Expediente ND-0801	Comuna	Norte	Este	Estratigrafía	Nivel Estático [m]	Caudal de Derecho [l/s]
3	2325	Cobquecura	5.997.814	703.517	0-18 Arcilla Roja 90%; 19-23 Roca fragmentada 30% Arcilla; 24-33 Roca sedimentaria Cuarzo 40% arcilla; 34-60 Roca sedimento	16	1,7
75	7176	Portezuelo	5.946.096	733.497	0-28 Franco arcilloso; 28-30 Grava	3,68	1

Tabla 9. Estratigrafías, niveles freáticos y caudales de derecho en pozos analizados.

Nº	Expediente ND-0801	Comuna	Norte	Este	Estratigrafía	Nivel Estático [m]	Caudal de Derecho [l/s]
92	2328	Quillón	5.929.245	725.450	0-1 Tierra vegetal; 1-10 Arena tipo trumao; 10-25 Arcilla, 25-35 Arcilla, grava; 35-42,5 Arena, grava	1,53	2
149	7480	Ránquil	5.944.584	717.706	0-1 Tierra vegetal; 1-10 Arena gruesa; 10-17 Arcilla; 17-24 Arena fina, 24-32 Roca fragmentada; 32-37 Arcilla; 37-52 Roca; 52-54 Arcilla, arena fina; 54-60 Roca compactada	3	1
174	2312	San Nicolás	5.960.428	739.303	0-10 Arcilla; 10-14 Arena, arcilla 40%; 14-30 Arcilla 60%, arena; 30-39 Roca, arcilla 5%; 39-63 Roca, cuarzo, granito; 63-70 Roca compacta; 70-72 Arena; 72-73 Roca agrietada; 73-83 Roca fisurada; 83-87 Roca compactada	8,07	2
202	1765	San Nicolás	5.964.099	754.010	0-2,5 Arcilla; 2,5-11 Ripio, grava, arena; 11-74 Arcillas plásticas; 74-77 Arena fina; 77-111 Arcilla plásticas; 111-137 Arenas finas, poca arcilla; 137-189 Arcillas plásticas; 189-211 Arcilla, poca arena fina	0	38
206	1927	Trehuaco	5.958.862	709.574	0-0,4 Tierra vegetal; 0,4-20 Arena fina, limo; 20-30 Arena gruesa, poco limo; 30-40 Arena fina, limo	11,26	3,3

Fuente: Información de expedientes DGA.

3.2 Revisión de estudios.

Para el presente trabajo, se revisaron las fuentes de información propuestas en las bases técnicas, recopilando así cualquier información útil para una caracterización hidrogeológica preliminar. Las fuentes e instituciones consultadas fueron:

- Dirección General de Aguas (DGA)
- Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)
- Comisión Nacional de Riego (CNR)
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN)
- Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)
- Empresa de Servicios Sanitarios de la Región
- Instituto Geográfico Militar (IGM)
- Centros de Investigaciones y Universidades
- Instituto Nacional de Estadística (INE)
- Ministerio de Minería
- Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA)
- Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)

En particular, la fuente que cuenta con mayor cantidad de estudios asociados a la materia aquí tratada es el Catálogo Bibliográfico de la Dirección General de Aguas (DGA). Tanto en CIREN como en la biblioteca del Ministerio del Medio Ambiente se encontró un documento en cada una. Otras fuentes de información fueron el Gobierno Regional de la Región del Biobío y la Ilustre Municipalidad de Ránquil.

Otra fuente de información la constituye los expedientes de constitución de derecho de aprovechamiento de agua otorgados en la zona de estudio. En particular, se generó una base de datos con la información expuesta en estos, de la cual, para los objetivos de esta actividad, se extrajeron estratigrafías de pozos.

La bibliografía recopilada fue analizada en busca de información acerca de:

- Criterios de definición de los Acuíferos
- Sustentabilidad en los Acuíferos
- Caracterización Hidrogeológica de los acuíferos
- Uso Actual y proyectado del recurso subterráneo.

A continuación, en la Tabla 10, se presenta una tabla resumen de los documentos revisados, luego un detalle con el resumen de cada documento.

Tabla 10. Estudios revisados y su contenido.

N° FICHA	ESTUDIO	AUTORES/ORGANISMO/ INSTITUCIÓN	AÑO	CONTENIDO
01	Mapa Hidrogeológico de Chile. Escala 1:2.500.000. Texto explicativo.	Comité Chileno para el Programa Hidrológico Internacional	1986	Explicación para el uso e interpretación del Mapa Hidrogeológico de Chile. Presenta los antecedentes para la elaboración del mapa y su contenido como lo son la definición de provincias hidrogeológicas y la descripción de los sistemas acuíferos por comuna.
02	Mejoramiento y ampliación de Red de Aguas Subterráneas, Regiones VII a X, Informe Final	Conic BF Ingenieros Civiles Consultores Ltda.	2010	Formulación de una red de medición de aguas subterráneas para la zona de estudio (VII a X Regiones). Caracterización hidrogeológica general.
03	Estudio Hidrogeológico cuencas Biobío e Itata. Informe final, Tomo I	Aquaterra Ingenieros Ltda.	2011	Desarrollo de un modelo conceptual del acuífero de la cuenca del río Itata
04	Modelación Hidrogeológica Cuenca Itata-Bajo, Región del Bío-Bío. Informe Final.	Aqualogy Medioambiente Chile S.A.	2013	Caracterización hidrogeológica de las formaciones acuíferas principales dentro de la cuenca del Itata Bajo. Proposición de una red de monitoreo de niveles y calidad de las aguas subterráneas. Perfil de precipitaciones versus altura.
05	Diagnóstico de Recursos Hídricos	AC Ingenieros Consultores Ltda.	2003	Resumen y conclusiones del estudio referido. Generación

Tabla 10. Estudios revisados y su contenido.

N° FICHA	ESTUDIO	AUTORES/ORGANISMO/ INSTITUCIÓN	AÑO	CONTENIDO
	en Secano Interior y Costero. VI a VIII Región. Informe Final. Resumen y Conclusiones.			de proyectos de riego y drenaje para su presentación a los concursos de la ley 18450.
06	Modelo de Evaluación de la Vulnerabilidad del Recurso Hídrico Subterráneo para Uso Agropecuario	Instituto Nacional de Hidráulica	2013	Descripción del estado de avance de un proyecto que busca caracterizar el comportamiento del acuífero en la cuenca afluente al río Changaral frente a la escasez hídrica que presenta la zona, presentando vulnerabilidades a eventos futuros y planteando medidas de mitigación.
07	Modelo de Evaluación de la Vulnerabilidad del Recurso Hídrico Subterráneo para Uso Agropecuario	Instituto Nacional de Hidráulica	2014	Este documento es la presentación del fichado con el número 07. Se describe el proyecto incluyendo las etapas y las características de la zona y se indican los trabajos a posteriori.
08	Vulnerabilidad de los Acuíferos Semiconfinados Multicapas en el Valle Central, Centro Sur, Chile.	Abraham E. González, Ljubow N. González. Universidad de Concepción.	2001	Análisis de grados de vulnerabilidad de acuíferos multicapa. Caracterización general del área de estudio.

Tabla 10. Estudios revisados y su contenido.

N° FICHA	ESTUDIO	AUTORES/ORGANISMO/ INSTITUCIÓN	AÑO	CONTENIDO
09	Levantamiento Hidrogeológico en Cuencas Pluviales Costeras en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, del Maule y del Bío-Bío, Etapa 2. Informe Final.	Aqualogy Medioambiente Chile S.A.	2014	Definición de la hidrogeología conceptual de algunas cuencas costeras de las regiones comprendidas.
10	Análisis Preliminar de Niveles de Aguas Subterráneas.	Instituto de Investigaciones Agropecuarias	2010	Caracterización de 140 pozos distribuidos en las regiones del Bío Bío, de la Araucanía, de Los Ríos y de Los Lagos (41 en la cuenca del río Itata)
11	Hoyas Hidrográficas de Chile. 8° Región del Bío Bío, 9° Región de la Araucanía, 10° Región de Los Lagos	Hans Niemeyer F.	1980	Análisis de las cuencas de las regiones del Bío-Bío hasta Los Lagos. Con datos hídricos, geológicos, y características físicas de cada una de las cuencas y subcuencas de las regiones anteriormente nombradas.
12	Aplicación de modelación superficial en cuencas pluviales de las Regiones del Maule, Biobío y La Araucanía.	División de Estudios y Planificación, DGA, MOP	2010	Calibración del modelo SIMED con 26 cuencas de referencia para la generación de los caudales superficiales mensuales.

Tabla 10. Estudios revisados y su contenido.

N° FICHA	ESTUDIO	AUTORES/ORGANISMO/ INSTITUCIÓN	AÑO	CONTENIDO
13	Levantamiento Hidrogeológico en Cuencas Pluviales Costeras en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins y Región del Bío Bío. Resumen Ejecutivo.	Aqualogy Medioambiente Chile S.A.	2013	Antecedentes y modelos conceptuales para acuíferos en cuencas costeras. Geometría, disponibilidad, calidad química, uso, equipotenciales y flujo subterráneo.
14	Catastro de Pozos Explotados de Constituciones, Provincia de Ñuble. Informe Final. Comuna de Quillón.	Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. Ingenieros Consultores.	2006	Catastro de pozos con cartografía base, listado de usuarios y efluentes. Diagnóstico de los cauces en la comuna de Quillón.
15	Proyecto Itata. Estudio Hidrológico y Situación Actual Agropecuaria. Volumen 2.	PROITATA Asociación de Profesionales	1992	Diagnóstico de la situación agropecuaria en ese entonces. Clima, calidad de los suelos y tamaño de los predios como factores condicionantes a la producción.
16	Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad. Cuenca del río Itata.	CADE-IDEPE Consultores en Ingeniería	2004	Aplicación de metodología para clasificar los cursos y cuerpos de agua superficiales en la cuenca del río Itata según su calidad.
17	Plan de Desarrollo Comunal Cobquecura 2014-2019. Informe Final.	Ilustre Municipalidad de Cobquecura	2014	Análisis de la situación actual y acciones a ejecutar en pos del desarrollo comunal.

Tabla 10. Estudios revisados y su contenido.

N° FICHA	ESTUDIO	AUTORES/ORGANISMO/ INSTITUCIÓN	AÑO	CONTENIDO
18	Actualización del Plan de Desarrollo Comunal de Coelemu 2010-2015. Informe Final.	Ilustre Municipalidad de Coelemu	2010	Análisis de la situación actual y acciones a ejecutar en pos del desarrollo comunal.
19	Plan de Desarrollo Comunal Ránquil 2016-2021. Informe Final.	Ilustre Municipalidad de Ránquil	2016	Análisis de la situación actual y acciones a ejecutar en pos del desarrollo comunal.
20	Declaración de Impacto Ambiental. Proyecto de Plan Regulador Comunal de Ránquil.	Ilustre Municipalidad de Ránquil	2003	Descripción del Proyecto de Plan Regulador Comunal, en paralelo a su evaluación de impacto ambiental para ser presentada ante el SEIA.

- [F 01] Mapa Hidrogeológico de Chile. Escala 1:2.500.000. Texto explicativo. Comité Chileno para el Programa Hidrológico Internacional. 1986.

Este documento explicativo ha sido elaborado como una contribución al Proyecto del Mapa Hidrogeológico de América del Sur, por lo que presenta los antecedentes que posibilitaron la elaboración de este mapa; las características generales del país en cuanto a territorio, geología, fisiografía, clima y vegetación, tipos de suelo e hidrología; además del contenido del mapa, como leyendas, definición de provincias hidrogeológicas, descripción de los sistemas acuíferos por provincia y la identificación de áreas según el grado de explotación del recurso subterráneo, entre otros; permite tener una visión amplia sobre las áreas de explotación de aguas subterráneas junto con su estado.

La zona de estudio, contiene sectores tanto en la Subprovincia hidrogeológica -Centro-Sur como en la Subprovincia hidrogeológica de las cuencas costeras exorreicas (Cobquecura y Coelemu). La Subprovincia Centro-Sur se encuentra entre los 33° a los 42° de latitud sur, la ocurrencia de aguas subterráneas está ligada al desarrollo de la unidad fisiográfica de la Depresión Intermedia, las napas subterráneas son alimentadas por los cauces superficiales, derretimiento e infiltración directa de lluvias. Los rellenos presentan espesores variables, de pocos metros en los sectores precordilleranos hasta unos cientos de metros en los sectores en el centro de la depresión, y decrecientes hacia la Cordillera de la Costa, donde el agua subterránea tiende a aflorar. Las productividades de los pozos son en general muy elevadas, mayores a los 10 m³/h/m y la calidad del agua es muy buena menor a los 500 mg /l.

La zona de cuencas costeras exorreicas, presenta rellenos, en general, más finos que los rellenos de la Depresión Intermedia, tienen espesores de hasta 100 m. y son alimentados por las precipitaciones de la Cordillera de la Costa. Los pozos tienen productividades medianas (1 a 4 m³/h/m). La calidad del agua es buena salvo excepciones donde se produce intrusión salina, y se usa casi exclusivamente para fines domésticos.

- [F 02] Mejoramiento y ampliación de Red de Aguas Subterráneas, Regiones VII a X, Informe Final. Conic BF Ingenieros Civiles Consultores Ltda. 2010.

Este informe se inicia resumiendo los contenidos de cada uno de los informes utilizados como antecedentes para la formulación de este estudio, señalando las materias que serán de utilidad para este trabajo. Posteriormente se desarrolla la caracterización hidrogeológica de cada una de las regiones que forman parte del estudio (VII a X).

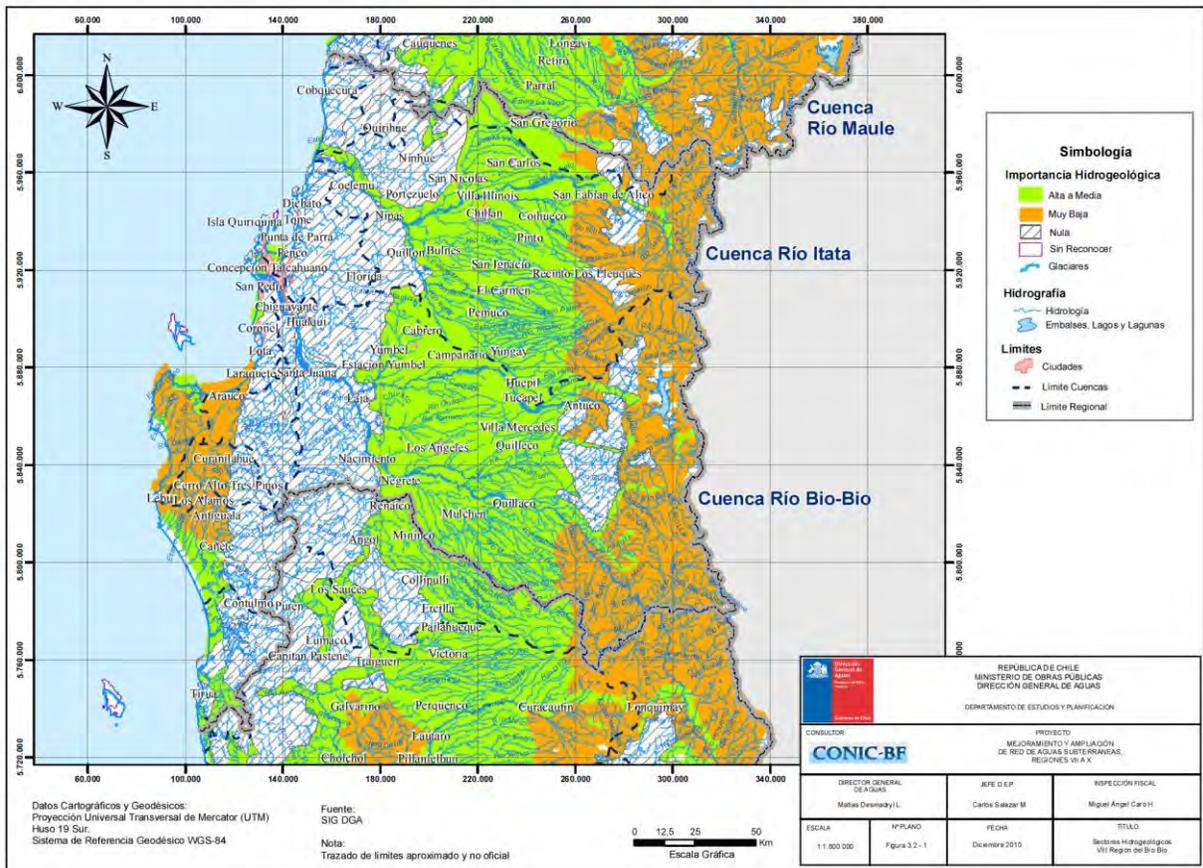
Se presentan los principales criterios básicos que fueron utilizados en la proposición de la nueva red de medición de niveles de agua subterránea. Luego se define, para cada una de las regiones, una red de pozos para medición de niveles de agua subterránea, dicha red se compone por grupos de pozos en sectores específicos.

En este estudio, no se presenta una descripción en detalle de la hidrogeología de la cuenca del río Itata, debido a que no se disponía de estudios regionales que permitieran dar una visión de conjunto del acuífero zonal existente. Se elaboró un catastro de captaciones subterráneas en base a 3 estudios:

- Estudio Catastro de Pozos Provincia de Ñuble, Dirección General de Aguas VIII Región del Bío Bío; Ayala, Cabrera y Asociados Ingenieros Consultores, 2006.
- Diagnóstico Actual del Riego y Drenaje en Chile y su Proyección, CNR, 2001
- Catastro Público de Aguas

En función del catastro se determinaron las líneas equipotenciales en la región del Bío-Bío, sin embargo, estas líneas no se extienden hacia la zona de estudio. Por otra parte, en la definición de los acuíferos, se determina que la zona que abarca el presente trabajo tiene nula importancia hidrogeológica, según lo que se puede ver en la Figura 13

Figura 13. Sectores hidrogeológicos Región del Bío-Bío



Fuente: Mejoramiento y ampliación de Red de Aguas Subterráneas, Regiones VII a X, Informe Final. Conic BF Ingenieros Civiles Consultores Ltda. 2010.

- [F 03] Estudio Hidrogeológico cuencas Biobío e Itata. Informe final, Tomo I. Aquaterra Ingenieros Ltda. 2011.

El tomo I corresponde al informe final para la cuenca del Itata. Los resultados de este estudio permitirán tener un balance hídrico general de la zona estudiada, centrándose en el catastro de los pozos y su información de niveles, sintetizando dicha información hidrogeológica en un modelo conceptual. Incluye una descripción de las labores realizadas y los resultados obtenidos en cada una de las áreas de trabajo desarrolladas. Capítulo 2: Recopilación y análisis de antecedentes para ambas cuencas; Capítulo 3: Caracterización hidrológica de la Cuenca del Río Itata; Capítulo 4: Geología y Geomorfología, planos geológicos; Capítulo 5: Estudio Geofísico; Capítulo 6: Campaña de medición de niveles; Capítulo 7: Resultados caracterización hidrogeológica; Capítulo 8: Determinación de la recarga; Capítulo 9: Descripción del modelo conceptual.

Para el área que abarca el presente estudio es relevante la definición de acuíferos efectuada en esta referencia. Se considera un solo acuífero de la cuenca del río Itata, que se divide en 6 subsectores, en particular, el subacuífero 1, cuya unidad geológica es la PPIm Formación Mininco (Plioceno-Cuaternario) comprende parte de la subcuenca del Itata Bajo abarcando, en general, las comunas del presente estudio a excepción de las comunas que se encuentran en cuencas Costuras como Cobquecura, parte de Coelemu y Trehuaco. Además, se define el subacuífero 6, adyacente al río Itata, cuyas unidades geológicas corresponden a:

- Q1: Depósitos fluvio-aluviales Sedimentos de valles actuales
- Q1c: Depósitos coluviales
- Q1fa: Depósitos fluvio-aluviales
- Q1m: Terrazas marinas (Pleistoceno-Holoceno)
- Q1t: Sedimentos de terrazas fluviales (Holoceno)

A partir de la medición de niveles y catastro de pozos, se elaboraron líneas isofreáticas a nivel general que no abarcan la zona relevante para el estudio., sin embargo, dan una idea del sentido del escurrimiento donde se muestra claramente una tendencia de escurrimiento similar a la de la cuenca hidrográfica , en la Subcuenca del río Ñuble y Chillan de NE-SW, con un gradiente hidráulico de 0.004 , en la Subcuenca río Diguillín se tiene un sentido del escurrimiento de SE-NW con un gradiente hidráulico de 0.006, descargando ambas subcuencas en la Subcuenca río Itata bajo que descarga al mar con un sentido del escurrimiento SE-NW y un gradiente hidráulico de 0.001.

Se efectuó, además, un Balance General de los Acuíferos, estimando caudales potenciales disponibles para cerrar el balance de aguas subterráneas en cada acuífero incluye las variables que no fueron consideradas explícitamente y que corresponden a las extracciones desde captaciones subterráneas, los afloramientos distribuidos a lo largo de cada cauce, diferencias de los sectores específicos de afloramientos, y las variaciones de los volúmenes almacenados en los acuíferos, las que varían permanentemente en función de las condiciones hidrológicas.

Tabla 11. Balance General Acuíferos. Caudales Medios Mensuales (m³/s)

ACUIFERO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Anual
AC-01	1,26	7,44	16,93	9,39	0,69	-0,95	0,50	5,49	7,60	8,29	4,49	3,07	5,35
AC-02	-8,79	20,35	52,48	41,87	18,20	9,85	8,36	13,38	4,67	-5,75	-9,90	-11,32	11,12
AC-03	12,99	74,68	145,78	135,88	96,98	76,45	59,95	45,71	23,79	11,74	8,06	4,11	58,01
AC-04	12,38	38,89	75,50	66,67	43,29	33,80	25,01	18,40	12,91	10,98	10,39	9,37	29,80
AC-05	5,96	17,36	27,70	30,99	26,08	20,12	16,34	13,02	7,51	3,86	2,99	2,58	14,54
Total	23,81	158,72	318,39	284,81	185,24	139,26	110,16	96,01	56,47	29,12	16,04	7,81	118,82

Fuente: Estudio Hidrogeológico cuencas Biobío e Itata. DGA. 2011.

- [F 04] Modelación Hidrogeológica Cuenca Itata-Bajo, Región del Bío-Bío. Informe Final. Aqualogy Medioambiente Chile S.A. 2013.

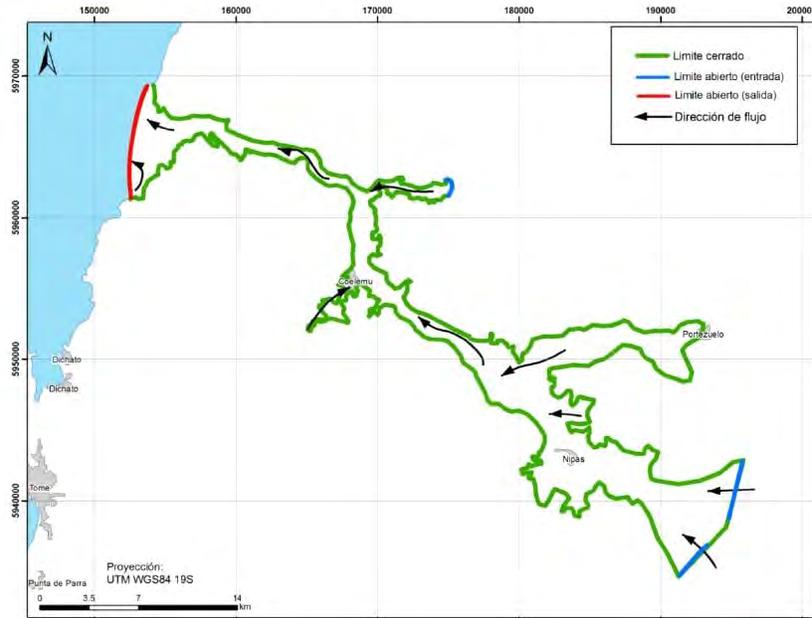
Este estudio consistió en un levantamiento hidrogeológico que permitió la conceptualización y posterior modelación matemática del acuífero del Itata Bajo. El estudio consistió en la definición geométrica del acuífero, la determinación de disponibilidad y uso del agua, el análisis de la calidad química y la determinación del funcionamiento hidrogeológico de los sistemas en su conjunto. Este informe final incluye en una primera parte una descripción del acuífero en cuanto a sus características de almacenamiento y emplazamiento, de manera de dar una idea descriptiva del tipo y condiciones hidrogeológicas de él. Adicionalmente, se le caracteriza hidrogeológicamente, se define el modelo conceptual y se formula y desarrolla el modelo matemático del señalado acuífero en régimen estacionario, incorporando las actividades y resultados obtenidos en todo el estudio.

En este estudio, se define el acuífero del Itata Bajo, de forma similar al definido como subacuífero 6 en el estudio de la referencia F-03, es decir, un acuífero adyacente al cauce del río Itata que atraviesa parte de las comunas asociadas al presente estudio.

La información de este estudio es relevante, en cuanto permite tener una idea de la geometría de este acuífero y sus límites. Se determinó la geometría mediante la realización de perfiles geofísicos que fueron correlacionados con información de piezómetros de gran profundidad. En general, se determinó que el acuífero correspondía a un sistema cerrado, abierto en la descarga al mar y con conexiones hidráulicas en las zonas de la Confluencia con el río Ñuble y la Confluencia con el río Lonquén, como se indica en la Figura 14 en los sectores de Portezuelo y Nipas respectivamente.

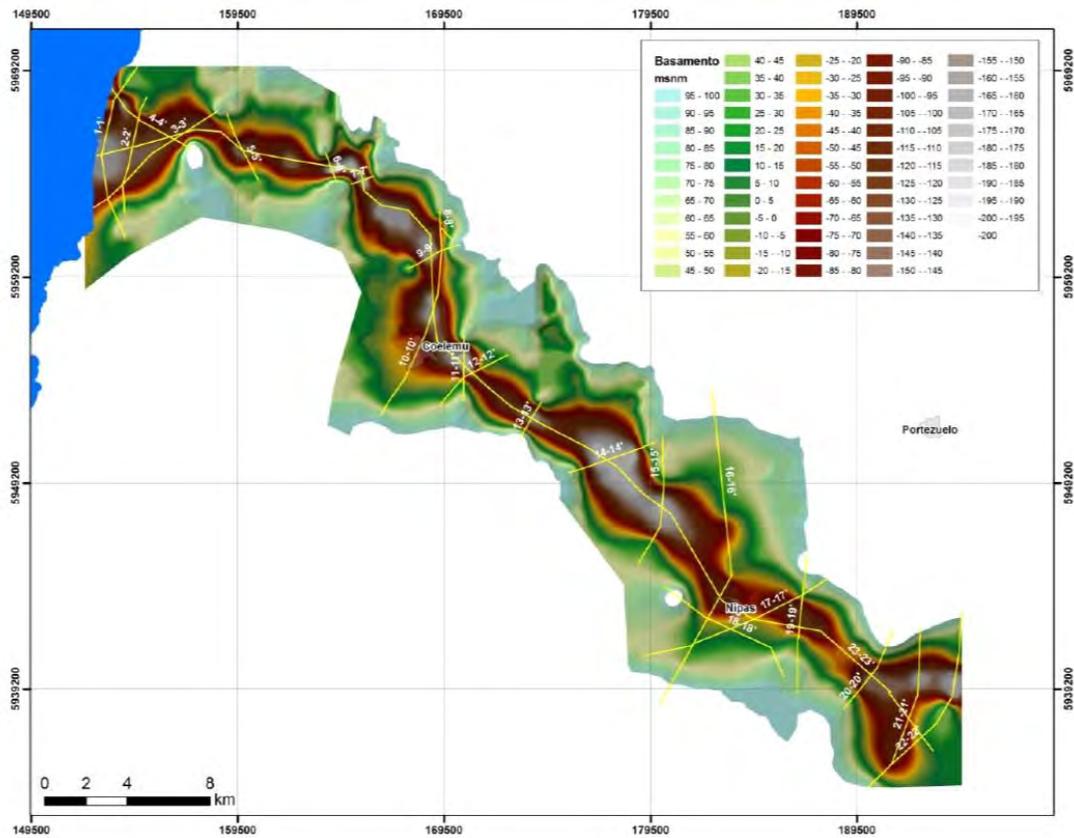
De acuerdo a la campaña de piezometría realizada, los niveles estáticos se encuentran, en general, entre los 5 y 15 m. Mientras que la geometría se definió en función de los perfiles geofísicos, tal como se indica en la Figura 15.

Figura 14. Límites del sistema F-04 Modelación Hidrogeológica Cuenca Itata-Bajo.



Fuente: Modelación Hidrogeológica Cuenca Itata-Bajo, Región del Bío-Bío. Informe Final. DGA. 2013.

Figura 15. Basamento del Acuífero Itata Bajo.



Fuente: Modelación Hidrogeológica Cuenca Itata-Bajo, Región del Bío-Bío. Informe Final. DGA. 2013.

- [F 05] Diagnóstico de Recursos Hídricos en Secano Interior y Costero. VI a VIII Región. Informe Final. Resumen y Conclusiones. AC Ingenieros Consultores Ltda. 2003.

Este documento corresponde al Resumen y Conclusiones derivadas del estudio "Diagnóstico de Recursos Hídricos en Secano Interior y Costero VI a VIII Región", desarrollado entre los años 2001 y 2003. Entre sus resultados generó un conjunto de nueve proyectos, tres por región, correspondiendo ocho de ellos a proyectos de riego y uno a drenaje, los que fueron desarrollados en sus aspectos técnicos para quedar en condiciones de ser presentados a los concursos de la Ley 18.450.

El Área de estudio abarca las comunas de San Nicolás y Coelemu, además, de Cobquecura, sin embargo, para esta última no se encontraron resultados relevantes, puesto que lo que se delimitó como unidad de análisis es diferente a lo que considera la DGA en su definición de cuencas y subcuencas, además, no se dispone de planimetría para identificar de mejor forma el área de interés.

Como parte de la metodología de análisis, se definió un indicador hidrogeológico para las cuencas consideradas en el análisis hidrogeológico. La idea de utilizar este indicador es determinar la importancia hidrogeológica de las cuencas como potencial hídrico de aguas subterráneas. Este

indicador da cuenta de tres condiciones que son determinantes al momento de aprovechar recursos hídricos subterráneos, esto es: la recarga del acuífero, magnitud espacial del acuífero, y propiedades intrínsecas de él. El indicador es compuesto (aguas superficiales y subterráneas) y puede tomar valores desde 1 a 3 de acuerdo a su nivel de importancia hidrogeológica.

Para los sectores de Coelemu y San Nicolás presenta valores de 0,41 y 0,34 con una mayor importancia otorgada a la Comuna de Coelemu, esto producto de una mayor recarga potencia que alcanza los 484 l/s en Coelemu, mientras que en San Nicolás se tienen 382 l/s. para ambos sectores se consideraron 30 m. de profundidad media del relleno y caudales específicos de 1 l/s/m, obtenidos de pozos de agua potable en el sector.

Las aguas superficiales y subterráneas muestran una buena calidad, no sobrepasándose ninguno de los parámetros por sobre el valor de la norma de riego, salvo puntuales excepciones, como el Hierro y el RAS en las estaciones 2 y 12 (pozo en Ranguelmo cerca de Rafael y Río Itata en Coelemu).

- [F 06] (Publicación) Modelo de Evaluación de la Vulnerabilidad del Recurso Hídrico Subterráneo para Uso Agropecuario. Instituto Nacional de Hidráulica. 2013.

Este estudio presenta una descripción del estado de avance del proyecto INNOVA CHILE cod.12BPC2-13473, el cual busca elaborar un modelo hidrogeológico que permita caracterizar el comportamiento del acuífero en una zona afectada por escasez hídrica, determinando sus vulnerabilidades frente a eventos futuros y planteando medidas de mitigación, con una aplicación práctica en un sector ubicado en la VIII Región (en particular la cuenca afluyente al río Changaral), para esto considera la caracterización geológica e hidrogeológica del sector escogido.

La cuenca afluyente del río Changaral comprende parte de la comuna de San Nicolás, por lo que la caracterización geológica e hidrogeológica realizada en esta referencia se puede adaptar, a nivel global, a los sectores a prospectar en esta comuna.

En cuanto a la geología, en la zona aflorarían rocas de la Formación Mininco (Muñoz Cristi, 1960), por lo cual se encontrarían estratos horizontales a subhorizontales correspondientes a bancos de arenisca gris clara, tobácea, de grano grueso a finamente conglomerádica, alternados con bancos de toba gris clara y limolita café claro con restos vegetales carbonosos, se encontrarían arenas en los cauces fluviales actuales, probablemente de poca extensión y espesor. No existirían afloramientos de rocas plutónicas que se hayan descrito con anterioridad. En terreno se constató que no existirían unidades intrusivas menores del tipo diques. No habría rocas metamórficas en el sector de San Carlos, pues estas litologías se distribuyen en Chile Central principalmente en la costa. No se observan macroestructuras que afecten la zona de San Carlos.

Para la descripción de pozos se consideró el catastro realizado en la referencia F-03 el año 2011, los pozos se encuentran distribuidos en toda la cuenca, siendo los de mayor profundidad los que se encontraron en la zona cercana a San Nicolás, con profundidades mayores a los 150 m.

En cuanto a las unidades hidrogeológicas, en la zona de San Carlos se encontraría un acuífero libre, constituido por sedimentos de la Formación Mininco, pero al revisar la estratigrafía de los pozos perforados, se puede observar en la mayoría de ellos que existen capas confinantes de arcilla (lutitas) a diferentes profundidades. Siendo muy probable que estas capas tengan variaciones laterales y de potencia, por lo que, en pocos metros laterales, la columna estratigráfica debe presentar variaciones. Estas capas confinantes se intercalan con estratos de areniscas y gravas, cuya permeabilidad dependerá principalmente de su grado de diagénesis.

Las transmisibilidades estimadas son del orden de 100 a 500 m²/día para la mayor parte del área, con coeficientes de almacenamiento que están entre 0.003 y 0.06, dependiendo de las condiciones del confinamiento existente.

Los niveles estáticos más altos se observarían en el extremo oriental del área, con alturas hasta 220 m.s.n.m. Hacia el oeste hay un descenso paulatino hasta llegar bajo los 60 m.s.n.m al suroeste de San Carlos (Cabecera de la cuenca).

Atendida la heterogeneidad de la estratigrafía de la zona, debe haber un complejo comportamiento de las unidades acuíferas, por lo cual la superficie isofreática interpretada es el resultado de las interacciones de los diferentes acuíferos que traspasaron los pozos perforados.

- [F 07] (Presentación) Modelo de Evaluación de la Vulnerabilidad del Recurso Hídrico Subterráneo para Uso Agropecuario. Instituto Nacional de Hidráulica. 2013.

Esta presentación se inicia contextualizado la problemática de sequía vivida en la Región de Ñuble durante los años 2012-2013; posterior se presentan los escenarios que podrían ocurrir de continuar esta situación. Se describe el proyecto incluyendo las etapas de realización, los tipos de acuíferos, permeabilidad y transmisividad, la geofísica y la geodesia.

Se analiza el mismo acuífero de la referencia anterior, por lo que lo descrito anteriormente es aplicable a esta referencia. Se puede complementar que en este caso se identifican transmisividades por zona: Zona Cabecera (800 m²/d) Zona Central (75 m²/d) Zona Descarga (160 m²/d).

- [F 08] Vulnerabilidad de los Acuíferos Semiconfinados Multicapas en el Valle Central, Centro Sur, Chile. Abraham E. González, Ljubow N. González. Universidad de Concepción. 2001.

Se comparan los resultados de un estudio de calidad de agua subterránea en un sistema de acuíferos semiconfinados multicapas en un área piloto, ubicada en el Valle Central, Centro Sur, Chile, con los grados de vulnerabilidad de estos acuíferos, obtenidos mediante el método G.O.D.S. Los parámetros utilizados para la cuantificación del grado de vulnerabilidad relativa son: tipos de acuíferos (G), carácter litológico y grado de consolidación de los estratos no saturados (O), profundidad del nivel piezométrico (D) y el factor del suelo (S). El área elegida, como área piloto, cuenta con la presencia de un vertedero en explotación.

Los resultados de este estudio son generales, en efecto, el área de estudio no está bien definida espacialmente, sólo se indica que esta corresponde a la cuenca del río Itata, pero no es posible identificar, por ejemplo, en que sectores se tomaron las muestras de agua para el análisis de calidad que posteriormente se extrapola a una escala regional. La información contenida, no es muy útil para utilizarla a una escala menor a la regional.

- [F 09] Levantamiento Hidrogeológico en Cuencas Pluviales Costeras en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, del Maule y del Bío-Bío, Etapa 2. Informe Final. Aqualogy Medioambiente Chile S.A. 2014.

El estudio define la hidrogeología conceptual de los acuíferos de algunas cuencas costeras de las Regiones VI, VII y VIII. En particular, para la VIII Región se definen 6 cuencas, entre las cuales se encuentra la cuenca Costera entre río Itata y río Pingueral. En base a los trabajos realizados se obtiene un modelo conceptual para cada acuífero definido. Entre estos trabajos se mencionan la descripción geológica, la recopilación de antecedentes, la caracterización hidrológica, un reconocimiento en terreno, la caracterización hidrogeológica y finalmente una herramienta de gestión de recursos hídricos. Como complemento se desarrolla un modelo numérico en el acuífero aluvial del Bío Bío bajo, con la simulación del comportamiento hidráulico del sistema como objetivo.

Los resultados de este estudio, a diferencia de las referencias anteriores, no son relevantes, en cuanto a que abarca para la Región del Bío Bío una zona que se encuentra fuera de los márgenes de la zona de interés para este estudio, al sur de esta, por lo que la caracterización hidrológica, geológica e hidrogeológica realizada no es válida para el caso del Valle del Itata.

- [F 10] Análisis Preliminar de Niveles de Aguas Subterráneas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 2010.

Caracterización de 140 pozos distribuidos en las regiones del Biobío, de la Araucanía, de Los Ríos y de Los Lagos. La información es presentada en mapas y tablas. Se describe como parte del estudio la geología y la hidrogeología de las cuencas de las regiones incluidas.

Se consideraron 41 pozos para la cuenca del río Itata, cuyas profundidades son variables (2 < 10 m., 5 entre 10-20 m., 16 entre 20-30 m., 3 entre 30-50 m., 7 entre 50-80 m., 5 mayores a 80 m.).

Los resultados de este estudio son a nivel de cuencas para los niveles freáticos, en base a mapas y tablas que no se encuentran disponibles en formato electrónico. La caracterización realizada geológica e hidrogeológica es a escala regional.

De acuerdo a la geología de la cuenca del Itata se puede destacar que las formaciones hidrogeológicas de alta importancia están situadas en los sedimentos cuaternarios en la parte central de la cuenca. La cordillera de los andes debido a su volcanismo moderno posee comúnmente rocas de muy baja permeabilidad y que construyen también el basamento, aunque su profundidad todavía no está bien reconocida. En la parte oriental, el río Itata corta la Cordillera de la Costa que posee una permeabilidad baja. En su camino hacia el mar en río Itata ha formado acuíferos sedimentarios en sus terrazas laterales. En esta zona existen pozos de alto rendimiento.

- [F 11] Hoyas Hidrográficas de Chile. 8^{va} Región del Bío Bío, 9^{na} Región de la Araucanía, 10^{ma} Región de Los Lagos. Hans Niemeyer F. 1980.

Análisis de las cuencas de las regiones del Bío-Bío hasta Los Lagos. Con datos hídricos, geológicos, y características físicas de cada una de las cuencas y subcuencas de las regiones anteriormente nombradas.

Se incluye en el análisis la cuenca del río Itata, sin embargo, la información es presentada a escala de cuenca y en menor detalle a escala de subcuenca, por lo que sólo fue utilizada para una descripción regional del área de estudio. El análisis incluye características que van desde la geomorfología, cubierta vegetal, régimen hidrológico que en el caso del Itata es mixto, con una componente nival importante en el caso de sus tributarios de cordillera, como el río Ñuble y a medida que desciende hacia los valles el río es netamente pluvial.

- [F 12] Aplicación de modelación superficial en cuencas pluviales de las Regiones del Maule, Biobío y La Araucanía. División de Estudios y Planificación, DGA, MOP. 2010.

El informe da cuenta del proceso de calibración realizado para 26 cuencas de referencia en que la DGA ha desarrollado modelos de simulación hidrológica orientados a distintos objetivos tales como disponer de un modelo de escorrentía diaria llamado SIMED, orientado a la generación de caudales superficiales en cuencas de carácter pluvial.

En el marco de la aplicación de dicho modelo la DGA ha desarrollado dos estudios con el propósito de explorar la posibilidad de establecer parámetros regionales para la aplicación de dicho modelo, tomando como referencia las cuencas pluviales de las regiones del Maule, Biobío y La Araucanía.

Los resultados de este estudio, se presentaron a nivel de cuenca. La estación considerada y que puede ser relevante para el presente trabajo es la Estación Lonquén en Trehuaco. En ella se determinan los diversos parámetros asociados al modelo y luego la precipitación anual para probabilidades de excedencia de 10% (32,78 m³/año) y un 85% (2,48 m³/año)

- [F 13] Levantamiento Hidrogeológico en Cuencas Pluviales Costeras en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins y Región del Bío Bío. Resumen Ejecutivo. Aqualogy Medioambiente Chile S.A. 2013.

El documento contiene los resultados de la modelación conceptual de los acuíferos de 9 cuencas costeras de las Regiones VI y VIII y la modelación numérica en régimen estacionario de los dos más importantes: el de Nilahue en la VI y el de Talcahuano en la VIII. El informe comienza describiendo el área de estudio, realizando la recopilación de antecedentes y caracterizando la hidrología de los sectores. Luego, se describe el trabajo realizado en terreno que comprende, entre otros, un catastro de los pozos y la determinación de la calidad química del agua. También se reporta el estudio de prospección geofísica realizado. Finalmente se describen los modelos conceptuales y numéricos obtenidos y se propone una red de monitoreo de piezometría y calidad.

El modelo conceptual y numérico desarrollado se realiza para el acuífero de Talcahuano, al sur de la zona relevante para este estudio, por lo que sus resultados y consideraciones no son aplicables directamente, además, las características de este acuífero, en cuanto a su explotación y usos son diferentes con respecto a lo existente en el Valle del Itata. Por otra parte, se dispone de pocos antecedentes para caracterizar hidrogeológicamente las cuencas costeras de la Región del Bío Bío. La calidad de la información es demasiado general y proviene mayormente de fuentes secundarias, con escasos resultados de trabajos de campo que pudieran ser aplicables para este trabajo.

- [F 14] Catastro de Pozos Explotados de Constituciones, Provincia de Ñuble. Informe Final. Comuna de Quillón. Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. Ingenieros Consultores. 2006.

El documento contiene el catastro de pozos realizado, con una cartografía base, un listado de usuarios y efluentes y un diagnóstico de los cauces en la zona de estudio.

El catastro realizado, abarca a todas las comunas de la zona de estudio y se consideran unos 450 pozos, en promedio, por comuna. Se catastraron captaciones tipo punteras, norias, drenes y pozos, siendo las de mayor utilidad las de pozos y norias.

La información levantada se dividió en las características de físicas de la captación (Año construcción, uso, profundidades de perforación y habilitación, diámetro, nivel estático y dinámico, etc.) y la producción del pozo que se estimó en base a las horas de funcionamiento por día, días y meses al año para el período de verano e invierno.

La información ha sido relevante para estimar profundidades del nivel freático y caudales específicos en zonas cercanas a los sectores prospectados.

- [F 15] Proyecto Itata. Estudio Hidrológico y Situación Actual Agropecuaria. Volumen 2. PROITATA Asociación de Profesionales. 1992.

El documento comienza detallando la metodología, la que define el área de estudio, una estratificación predial, la selección de la muestra, el procesamiento de datos y la expansión de la muestra (delimitando los sectores de riego, la estratificación por tamaño, el uso de suelo y los coeficientes técnicos y el resultado económico de la explotación). Luego se analiza la situación agropecuaria y la necesidad neta de agua de uso agrícola. En el siguiente capítulo se caracteriza la infraestructura de riego existente. En el capítulo siguiente se describe la situación actual agropecuaria y se finaliza con un análisis de casos especiales, entre los que se encuentran dos ubicados en Coelemu y las Vegas de Itata, junto con la descripción de los usos no agrícolas del agua. Se realiza también un balance hídrico con un programa computacional.

Si bien es un estudio extenso, la información relevante se encuentra organizada a nivel de sector de riego, los cuales se encuentran, en general, fuera de la zona de estudio, ubicados, en ese entonces (1992) principalmente en la zona precordillerana.

El estudio contiene una componente de trabajo de terreno importante, en base a encuestas realizadas a propietarios de predios utilizados para riego, sin embargo, los sistemas de riego predominantes consistían en redes de canales, por lo que no existe mayor información de las características hidrogeológicas de los sectores.

Se dividió la zona de estudio, principalmente, la cuenca del río Itata en distritos agroclimáticos para determinar evapotranspiración potencial, sin embargo, no hay una descripción de cada distrito y tampoco se encontró la referencia indicada en el estudio.

Se generó un plano de isoyetas que se ha utilizado sólo a nivel de referencia de las formas para elaborar las isoyetas del presente estudio, ya que como se ha indicado, la información data del año 1992 tiempo suficiente para evidenciar cambios en los patrones meteorológicos.

- [F 16] Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad. Cuenca del río Itata. CADE-IDEPE Consultores en Ingeniería. 2004.

Este estudio toma como base el Instructivo Presidencial para la dictación de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para definir una metodología de clasificación de los cursos de aguas superficiales según su calidad. Para esto, se definen 7 etapas: 1. Elección de la cuenca y definición de cauces; 2: Recopilación de la información y caracterización de la cuenca, con segmentación de los cauces; 3: Establecimiento de bases de datos depuradas; 4: Análisis y procesamiento de información; 5: Calidad

actual y natural de los cursos superficiales; 6: Proposición de clases objetivos; 7: Otros aspectos relevantes. Luego, esta metodología es aplicada a la cuenca del río Itata.

La información, en general, se presenta a nivel de cuenca y de tramos del río Itata distribuidos en la cuenca, no fue posible identificar la extensión de estos tramos, puesto que no se encontró la planimetría en el estudio. Por este motivo y por la escala utilizada esta referencia no fue utilizada como información relevante para el presente estudio.

- [F17] Plan de Desarrollo Comunal Cobquecura 2014-2019. Informe Final. Ilustre Municipalidad de Cobquecura. 2014.

Este estudio presenta la actualización al Plan de Desarrollo Comunal de la comuna de Cobquecura. Se presenta una descripción de la situación actual y proyecciones a futuro. Es la guía que utiliza el municipio para la generación de estrategias en pro del desarrollo comunal.

La información contenida en este estudio se presenta a nivel comunal y es de carácter general. Sin embargo, dada la diversidad de la información, es relevante para poder tener una idea de las características de la comuna de Cobquecura, en cuanto a sus condiciones climáticas, antecedentes hidrográficos, geomorfología y geología, capacidad de uso del suelo, áreas de importancia ambiental, problemáticas ambientales, abastecimiento de agua potable.

Desde el punto de vista hidrogeológico, se señala que las zonas llanas, en las planicies costeras son áreas con acuíferos con abundante agua y con un nivel freático superficial, mientras que, en la zona de lomas y serranías de la Cordillera de la Costa, la disponibilidad de agua subsuperficial es limitada, por lo que los pozos utilizados para el abastecimiento de agua se construyen a profundidades, que en ocasiones superan los 50 m. con rendimientos que no son los óptimos.

En cuanto a la sequía se menciona que es una problemática significativa por la falta de agua para riego y consumo humano, siendo los casos críticos el déficit hídrico en pozos y punteras, afectando el abastecimiento de los Comités de APR. Una de las situaciones que se torna compleja en este sentido, es la regulación y protección de unidades ambientales sensibles que conforman el patrimonio natural de la comuna, como el Santuario La Lobería-Iglesia de Piedra, Ramadilla, Trehualem y río Reloca.

Los resultados del Censo 2012 dan cuenta de la situación de precariedad en el acceso al agua potable, donde sólo un 42% de las viviendas disponen de una red pública de agua potable, un 37,5% consume agua, ya sea de un río o vertiente, un 15% obtiene agua a través de pozos y norias, mientras que un 4,9% declaran que el agua de su vivienda proviene de camión aljibe.

- [F 18] Actualización del Plan de Desarrollo Comunal de Coelemu 2010-2015. Informe Final. Ilustre Municipalidad de Coelemu. 2010.

Este estudio presenta la actualización al Plan de Desarrollo Comunal de la comuna de Coelemu. Se presenta una descripción de la situación actual y proyecciones a futuro. Es la guía que utiliza el municipio para la generación de estrategias en pro del desarrollo comunal.

La información contenida en este estudio se presenta a nivel comunal y es de carácter general. Sin embargo, dada la diversidad de la información, es relevante para poder tener una idea de las características de la comuna de Coelemu, en cuanto a sus condiciones climáticas, antecedentes hidrográficos, geomorfología y geología, capacidad de uso del suelo, áreas de importancia ambiental, problemáticas ambientales, abastecimiento de agua potable, etc.

Sin embargo, la información más relevante encontrada en este estudio es la asociada a las unidades geomorfológicas. Se destacan tres grandes dominios morfogenéticos: el primero y de mayor extensión, es la Cordillera de la Costa que aparece subdividida en un sector occidental con relieves macizos, de mayor altitud, estructurados en rocas metamórficas y un sector oriental, de menor altitud, modelado por un conjunto de colinas conformadas por roca granítica. El segundo gran conjunto de relieves se emplaza en zona costera y está conformado por terrazas de abrasión marina y llanuras de acumulación. Ambos dominios se encuentran disectados por el río Itata, cuyas herencias morfológicas y actual acción morfogenética, se visualizan en el valle homónimo del Itata que constituye una tercera unidad.

En cuanto a la hidrografía, lo descrito en este Plan se encuentra a nivel de cuenca por lo que complementa a lo encontrado en otras referencias, pero sin mayor profundidad. No se tiene información de la hidrogeología de la zona y tampoco se cuenta con la planimetría del estudio.

La Pluviometría característica de esta zona oscila entre los 1000 a 1.200 mm., con un promedio de tres meses secos. Por otra parte, la distribución de las precipitaciones se encuentra asociada a la orientación y elevación del relieve. En el área comunal, la isoyeta de mayor representatividad es la de los 300mm. en verano y 800mm. en invierno, debido a que está localizada al abrigo de los flujos de masas de aire húmedo proveniente del océano.

- [F 19] Plan de Desarrollo Comunal Ránquil 2016-2021. Informe Final. Ilustre Municipalidad de Ránquil. 2016.

Este estudio presenta la actualización al Plan de Desarrollo Comunal de la comuna de Ránquil. Se presenta una descripción de la situación actual y proyecciones a futuro. Es la guía que utiliza el municipio para la generación de estrategias en pro del desarrollo comunal.

La información contenida en este estudio se presenta a nivel comunal y es de carácter general. No contiene una descripción con mayor detalle del área de estudio, a diferencia, de los planes revisados de Cobquecura y Coelemu.

Se menciona que la escasez de agua potable y alcantarillado es un gran problema sanitario en los sectores rurales, algunos de los proyectos a efectuar de APR como Batuco, El Galpón, El Huape y Alto Centro son antiguos y no se encuentran con resolución sanitaria, debido a problemas técnicos en su construcción. Un 23% de la comuna, se abastece de agua potable mediante camiones aljibes, siendo las localidades de Batuco y Checura las que solicitan mayormente este servicio.

- [F 20] Declaración de Impacto Ambiental. Proyecto de Plan Regulador Comunal de Ránquil. Ilustre Municipalidad de Ránquil. 2003.

El documento presenta la Declaración de Impacto Ambiental para el proyecto de plan regulador comunal de la comuna de Ránquil, elaborado el año 2003 y requerida para el ingreso del proyecto al SEIA. En esta declaración, se presenta el plano regulador proyectado y en paralelo se efectúa la evaluación de impacto ambiental.

Este documento puede complementar la descripción de las características físicas de la comuna de la referencia anterior, sin embargo, la calidad de la información sigue siendo muy general

El río Itata es el mayor curso de agua que toca tangencialmente a esta comuna por su límite nororiente, y el cual actúa como nivel de base del escurrimiento local de los esteros que forman los valles interiores principales.

Desde el punto de vista del paisaje vegetacional esta comuna cuenta con numerosas áreas de bosque nativo de tipo renoval esclerófilo de zonas templadas, compuesto por quillay, peumo, boldos, arrayán, litre, quillay, y renoval de robles en sectores de laderas y quebradas de mayor pendiente y humedad, todos emplazados en el colinaje de la cordillera de la costa.

Los principales riesgos naturales de la comuna son los de erosión y remoción en masa, de incendios forestales y en menor proporción los de inundación o anegamientos asociados a las terrazas inferiores de los cursos de agua de los valles interiores, como, por ejemplo, el estero Pirihuín y a sectores bajos de la ribera del río Itata.

El riesgo de erosión y remoción en masa es el más extendido en la comuna, en razón del relieve de colinaje costero, con pendientes medias y quebradas y a las técnicas de cultivo tradicional aplicadas históricamente en dichos terrenos. Las áreas más expuestas a este tipo de riesgo son las laderas de mayor pendiente, de exposición norte y con uso agrícola.

El segundo riesgo de relevancia en esta comuna es el de incendio forestal, que consecuentemente se extiende en aquellos sectores donde existen extensas plantaciones de bosque artificial, las cuales por encontrarse alejadas no afectan de los centros poblados.

Desde el punto de vista sanitario Ñipas se encuentra clasificada como localidad urbana por ESSBIO S.A. El sistema de agua potable se obtiene desde captaciones subterráneas (punteras) ubicadas en la ribera del río Itata. La captación existente es capaz de ofertar 12 l/s y la demanda actual, año 2001 es de 6,38 l/s, por lo tanto, no existe déficit de agua en la actualidad.

El Sistema de alcantarillado de Ñipas tiene una cobertura del 90% en el núcleo urbano consolidado, existiendo déficit hacia los sectores periférico que no cuentan con este servicio.

De acuerdo a la revisión de los estudios realizados en la zona, se puede verificar que, en general, la información contenida en estos se encuentra en unidades regionales o a nivel de cuencas, lo que permite una caracterización general de la zona estudiada pero no una caracterización a escala local o bien de sectores prospectados.

4 CAMPAÑA GEOFÍSICA.

4.1 Metodología utilizada.

El método Transiente Electromagnético TEM es una metodología geofísica electromagnético del tipo dominio de las frecuencias, conocidos también como FDEM. Este método nació y se desarrolló en los años 80 y es más nuevo que los métodos magnetotélúricos y geoelectrónicos. No se desarrolló antes porque su rango amplio de cobertura requiere electrónica muy sofisticada y además la interpretación de los datos requiere uso más intensivo de computación.

Los métodos electromagnéticos son una herramienta muy eficaz para abordar una gran variedad de problemas:

- Estudio de aguas subterráneas.
- Intrusión marina.
- Plumas de contaminación de napas.
- Localización de cavidades.
- Detección de minerales.

La versatilidad y rapidez en el registro de datos permite cubrir grandes áreas de terreno en corto tiempo. Además, al no requerir contacto físico con el terreno, es posible realizar estudios en barco y avión.

Con la metodología TEM se obtiene la conductividad eléctrica de los materiales del subsuelo σ o lo que es equivalente la resistividad eléctrica $\rho=1/\sigma$. La razón teórica está en que una de las ecuaciones de Maxwell referentes a un campo electromagnético es:

$$\nabla H = J + \frac{\partial D}{\partial t}$$

Donde H es la intensidad del campo magnético, J es la densidad de corriente, D es la intensidad del flujo eléctrico y t es la variable tiempo.

Por otra parte, se tiene la ecuación constitutiva del medio (subsuelo):

$$J = \sigma E$$

Donde J es la densidad de corriente, E es la intensidad del campo eléctrico y σ es la conductividad eléctrica.

En resumen, la metodología TEM resuelve las ecuaciones de Maxwell asumiendo modelos estratificados del subsuelo, midiendo el campo electromagnético y de esta forma ajusta o estima el parámetro del subsuelo conductividad eléctrica o resistividad eléctrica.

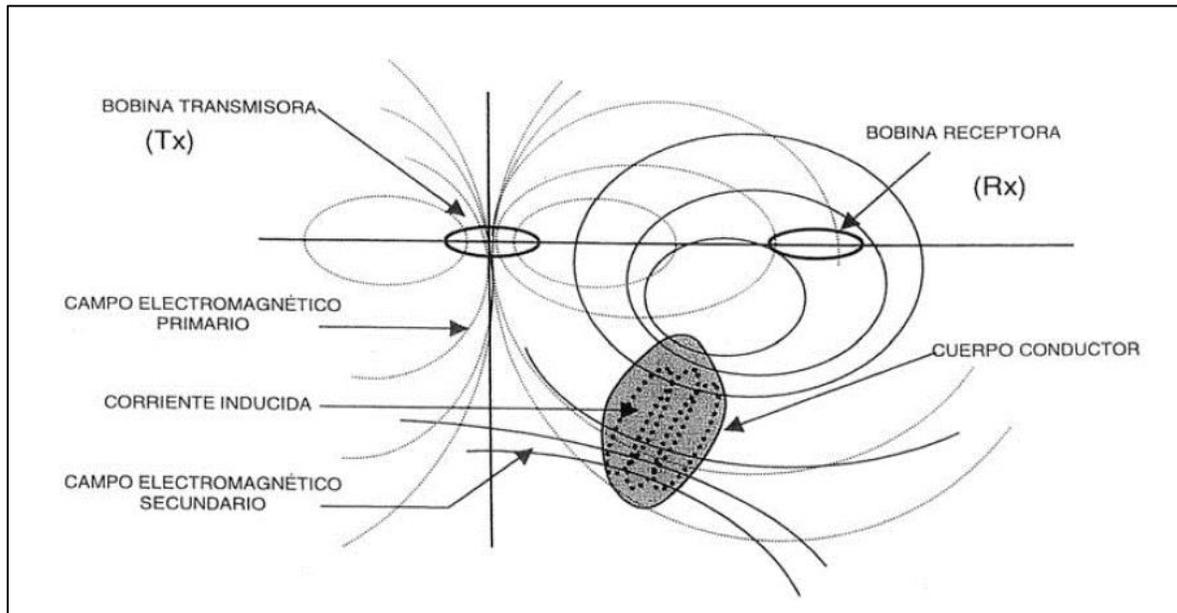
4.1.1 Esquema teórico de funcionamiento del método TEM.

El sistema instrumental de TEM consiste básicamente en un circuito transmisor (TX) y un circuito receptor (RX). Estos circuitos normalmente se materializan en una geometría cuadrada. Por el circuito transmisor se hace circular un pulso de corriente de frecuencia variable (f). Esta corriente genera un campo electromagnético primario H_p que se propaga libremente sobre la superficie y por el subsuelo.

Al existir presencia en el subsuelo de un cuerpo conductor la componente magnética del campo primario genera en el cuerpo conductor corrientes secundarias o corrientes inducidas que como consecuencia a su vez estas corrientes generan un campo electromagnético secundario H_s . Teniendo como consecuencia dos campos electromagnéticos: uno primario H_p y otro secundario H_s , los que circulan por el subsuelo y sobre la superficie.

Estos dos campos son detectados por el circuito receptor mediante las corrientes inducidas en el circuito RX. Las variaciones de estos campos resultantes tienen la información del efecto provocado por el cuerpo conductor. La información del cuerpo conductor se obtiene modelando todo el proceso de generación del campo primario, la recepción de los campos resultantes y la geometría de los circuitos emisor RX y receptor RX. En la Figura 16 se esquematiza el proceso teórico de funcionamiento del método TEM.

Figura 16. Esquema teórico proceso TEM.



Fuente: Applied and Environmental Geophysics. John M. Reynolds.

4.1.2 Fuentes de error del método.

Existen tres fuentes principales de error en el método TEM:

- Errores en geometría de circuitos transmisor y receptor y efectos topográficos. Estos errores se eliminan con una correcta planificación y elección del lugar de medición. Teóricamente la superficie de medición debe ser plana, pero se permiten algunas variaciones topográficas no muy fuertes.
- Ruidos estático cultural. Estos provienen de elementos metálicos presentes en el área de medición (cañerías, alambrados, estructuras)
- Ruido dinámico cultural. Proviene de la red eléctrica. Para evitarse, los circuitos se deben alejar de estas fuentes. En algunos casos es suficiente 20 metros y en otros debe ser sobre 100 metros.

En la descripción de la instrumentación se detalla cómo se disminuyen algunos de estos ruidos.

4.1.3 Instrumento TEM-FASI.

Este instrumento es fabricado por la compañía AEMR Ltd. (Holanda-Rusia). Sus componentes principales son:

- Un transmisor o generador de pulsos de corriente unipolares y que genera el campo primario.
- Un receptor medidor de corrientes inducidas por los campos primarios y secundarios.
- Una unidad de control de transmisor y receptor.

- Una fuente de poder (baterías).
- Un computador de mano (PDA).
- Circuito transmisor (cable eléctrico).
- Circuito receptor (cable eléctrico).

Tanto el transmisor como el receptor, la unidad de control y la fuente de poder está construido todo en un mismo conjunto o unidad. El computador de mano modelo Nomad-Trimble se comunica con la unidad de control por cable serial RS232 y guarda en memoria y archivo los datos registrados. Posteriormente el computador Nomad se comunica por USB con un computador para descargar los datos en otro computador para el posterior procesamiento.

4.1.4 Medición en terreno.

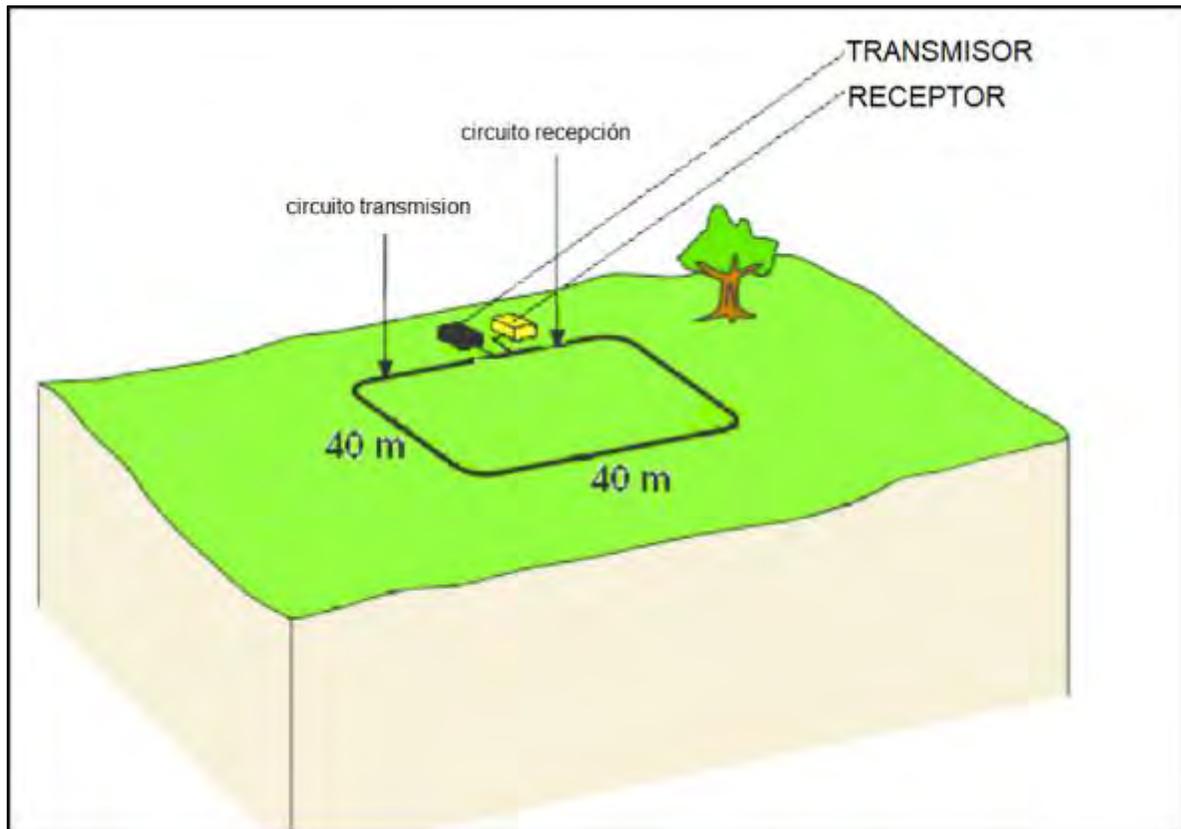
Para el proceso de medición en terreno se instalan en superficie los circuitos de transmisión (TX) y el de recepción (RX). Cada circuito puede ser independiente uno de otro o también pueden ser coincidentes. Es decir, un mismo circuito funciona como transmisor y como receptor. Esta es la modalidad normalmente utilizada (Figura 17).

Se debe definir el tamaño de circuito. Este circuito idealmente debe ser de forma cuadrada y su tamaño depende de la profundidad a la que se desea alcanzar.

- Circuito 10mx10m alcanza aprox. 25 metros de profundidad
- Circuito 25mx25m alcanza aprox. 60 metros de profundidad
- Circuito 50mx50m alcanza aprox. 120 metros de profundidad
- Circuito 100mx100m alcanza aprox. 250 metros de profundidad

Al instalar el circuito en superficie se debe evitar la cercanía de cables eléctricos, alambrados, objetos metálicos de tamaño mayor ya que por ser conductores pueden inducir campos secundarios adicionales que interfieren el proceso de medición.

Figura 17. Esquema de terreno para registro de datos con circuitos de transmisión y recepción coincidentes.



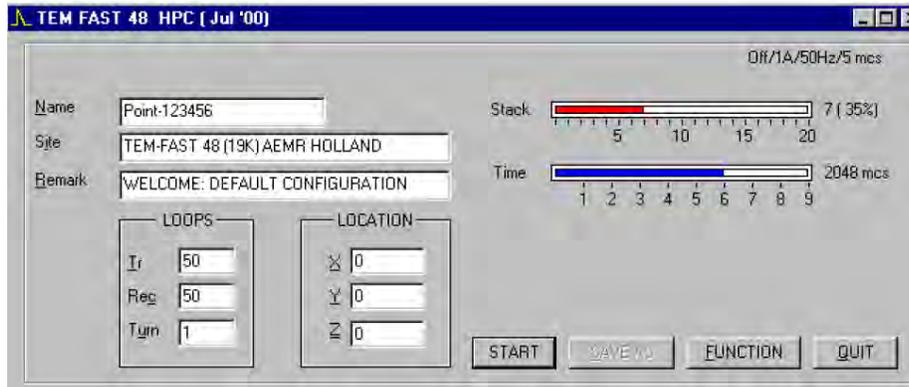
4.1.5 Control de errores.

Para el control de errores de medición el equipo FAST-TEM dispone de dos controles específicos:

- Filtro de ruidos eléctricos de 50 Hz (también de 60Hz). De esta forma se elimina parte importante de ruidos ambientales provenientes de las redes eléctricas.
- Stack de mediciones. El sistema dispone de control de stack de repetición de mediciones de 1 a 20. En el stack 1 el equipo ya repite una medición 13 veces y al aumentar el stack en una unidad se suman 13 mediciones más. Es decir, en el stack 20 se realizan 260 mediciones. De esta forma se disminuyen los errores aleatorios y se aumentan las señales correlacionadas. Para las situaciones de medición en ambientes de poco ruido se usan normalmente un stack de 5 y se aumenta según como se observe el tamaño de ruido o error en la medición.

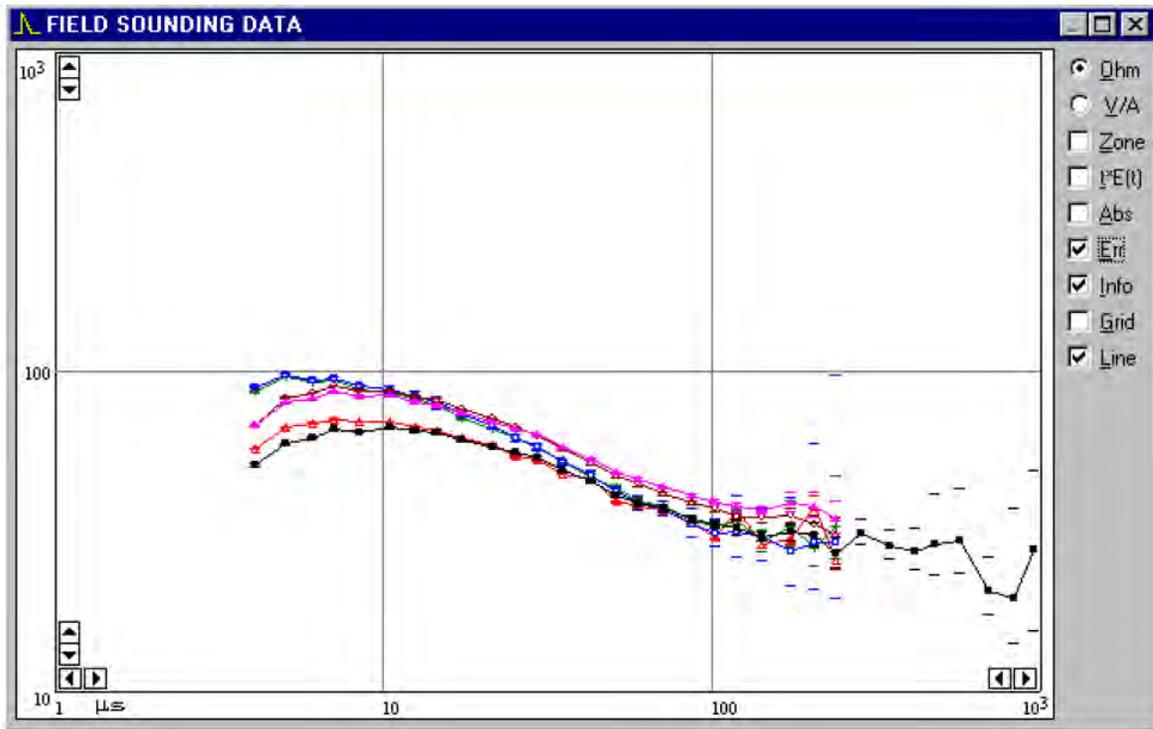
En la Figura 18 se muestra los controles de terreno para este fin.

Figura 18. Control en terreno con computador de mano de Stack para repetición de mediciones.



También el equipo permite visualizar inmediatamente el error en las lecturas en un gráfico como el de la Figura 19. Esto permite decidir si el error es aceptable o no y que cambio de parámetros se deben hacer (amplificar señal, aumentar stack, el grado de ruido eléctrico).

Figura 19. Visualización en terreno de los errores de medición de forma inmediata.



4.1.6 Procesamiento de datos.

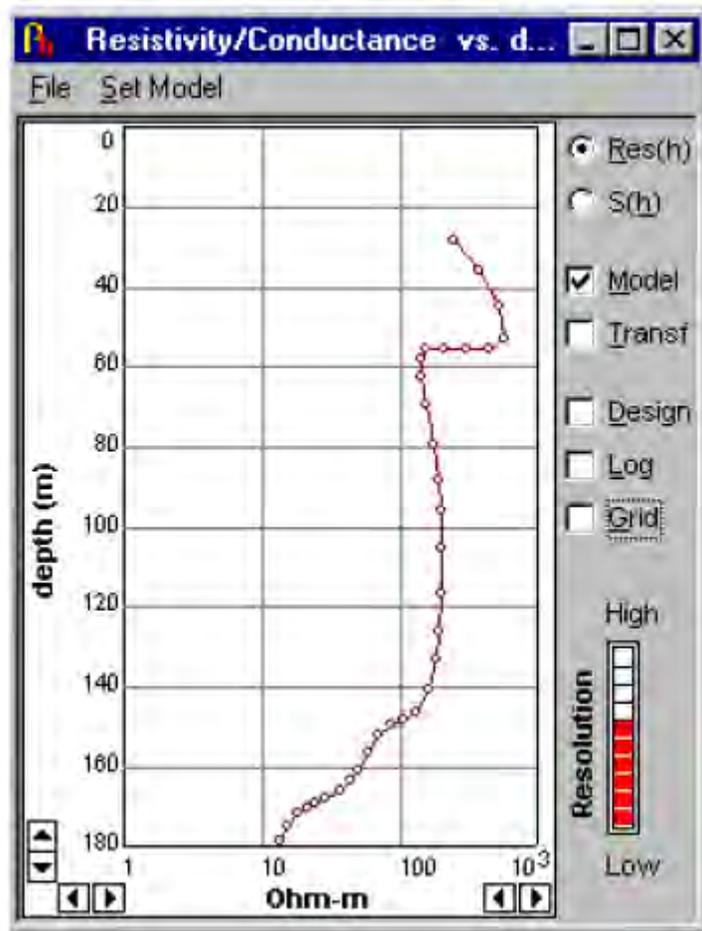
4.1.6.1 Procesamiento en terreno.

El equipo Fast-TEM permite obtener una visualización rápida del resultado de medición mediante una modelación rápida de una curva de resistividades versus profundidad. Este es un modelo aproximado que permite tomar decisiones rápidas en terreno:

Se visualiza si un terreno no tiene presencia de agua y se busca rápidamente otro sector.

Se puede ver la presencia de acuífero y a que profundidad aproximada se encuentra. Esto permite ratificarlo con otras mediciones cercanas. En la Figura 20, se muestra una pantalla que se ve en el computador de mano.

Figura 20. Ejemplo de visualización en terreno de curva de resistividades versus profundidad.



4.1.6.2 Procesamiento en gabinete.

Lo que se busca en el procesamiento de los datos TEM es obtener un modelo de resistividades eléctricas versus la profundidad (Figura 21). Para tal fin los softwares los que hacen es obtener este modelo mediante un proceso matemático llamado "inversión".

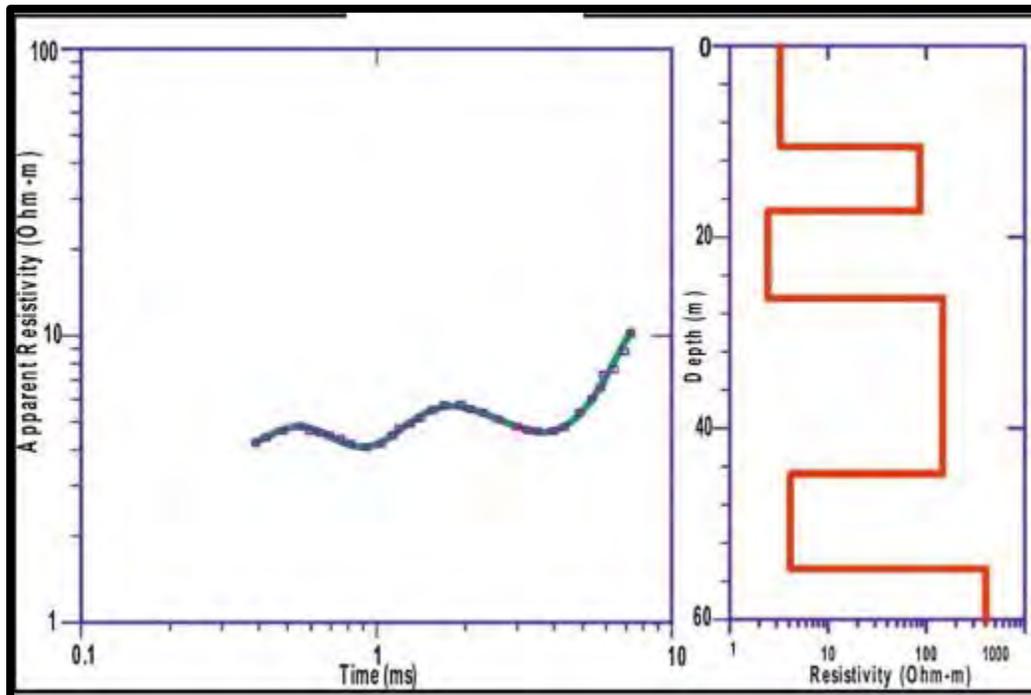
- Con los datos registrados se obtiene una curva de "resistividades aparentes" en el tiempo $\rho_{ao}(t)$.
- Se asume que el subsuelo está formado de capas con diferentes valores de resistividades eléctricas reales. Cada capa tiene un espesor (h) y un valor de resistividad eléctrica.
- Se asigna inicialmente al modelo de capas un espesor y resistividad a cada capa. Con las fórmulas electromagnéticas del método se simula que curva de resistividades aparentes produciría este modelo $\rho_{ac}(t)$. Se comparan las curvas observadas y calculadas:

$$\rho_{ao}(t) \text{ con } \rho_{ac}(t)$$

Según las diferencias se obtiene un nuevo modelo de capas con distintos espesores y resistividades y se calcula nuevamente la curva de resistividades aparentes $\rho_{ac}(t)$ y se comparan nuevamente con la curva observada $\rho_{ao}(t)$. Y así se repite el proceso hasta que el error sea menor por ejemplo que un 5% o que se observe razonable.

De esta forma el resultado final para cada medición es un modelo de capas con valores de resistividad eléctrica en profundidad.

Figura 21. Ejemplo de inversión de datos TEM para obtener un modelo de capas con valores de resistividad en profundidad.



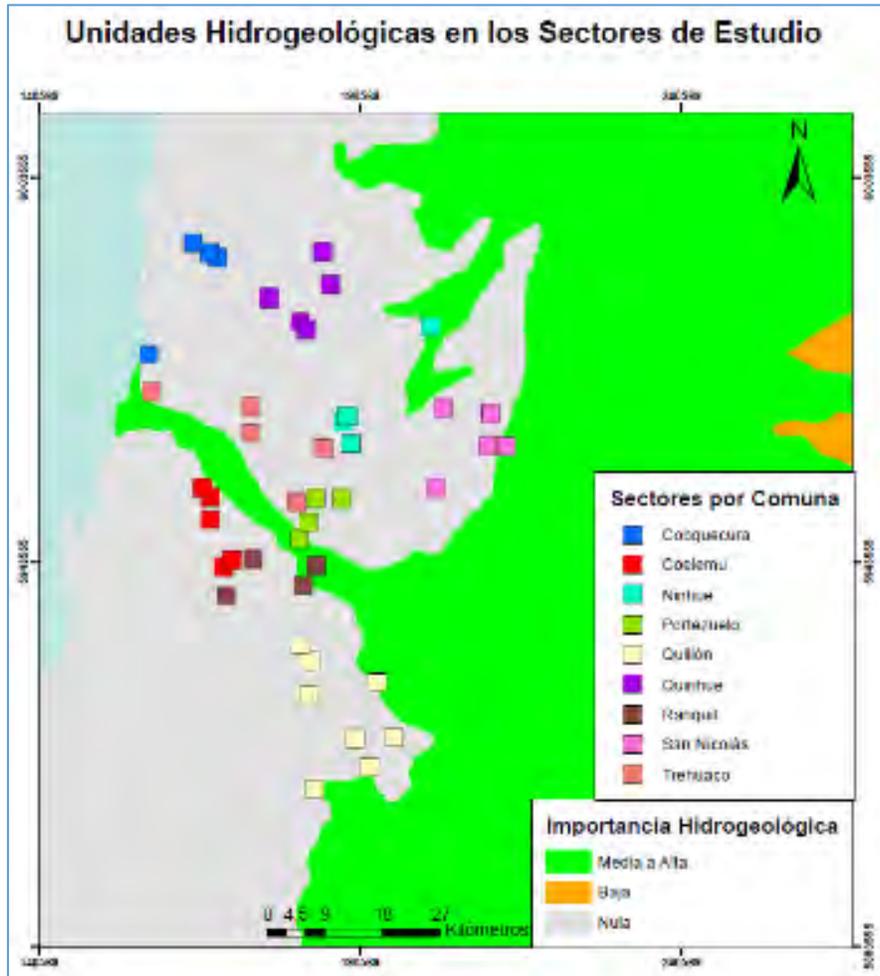
4.2 Planificación de trabajos.

Para el caso de la planificación de los lugares donde se llevaron a cabo las prospecciones, cabe señalar que todos los sectores a prospectar estaban definidos por el Mandante en su listado de sitios a explorar incluido en Bases. Durante los días 11 y 12 de septiembre del año 2017, se llevó a cabo visita a terreno de los citados sectores, totalizando en esa oportunidad 44 sectores más dos de reemplazo, con un total de 46 sectores, de los cuales se señaló expresamente en la citada visita que algunos puntos no cumplían con la factibilidad técnica para ser prospectados.

La selección de sitios a prospectar ha considerado dos factores, factibilidad técnica y disponibilidad de los terrenos, estos factores se describen a continuación.

a. Factibilidad Técnica: este aspecto es fundamental, ya que se debe seleccionar sectores que contengan unidades hidrogeológicas capaces de albergar acuíferos. Es importante señalar que la franja donde se emplazan las 9 comunas y sectores a abastecer se inserta en el secano costero definido por la DGA, como una unidad de nula importancia hidrogeológica.

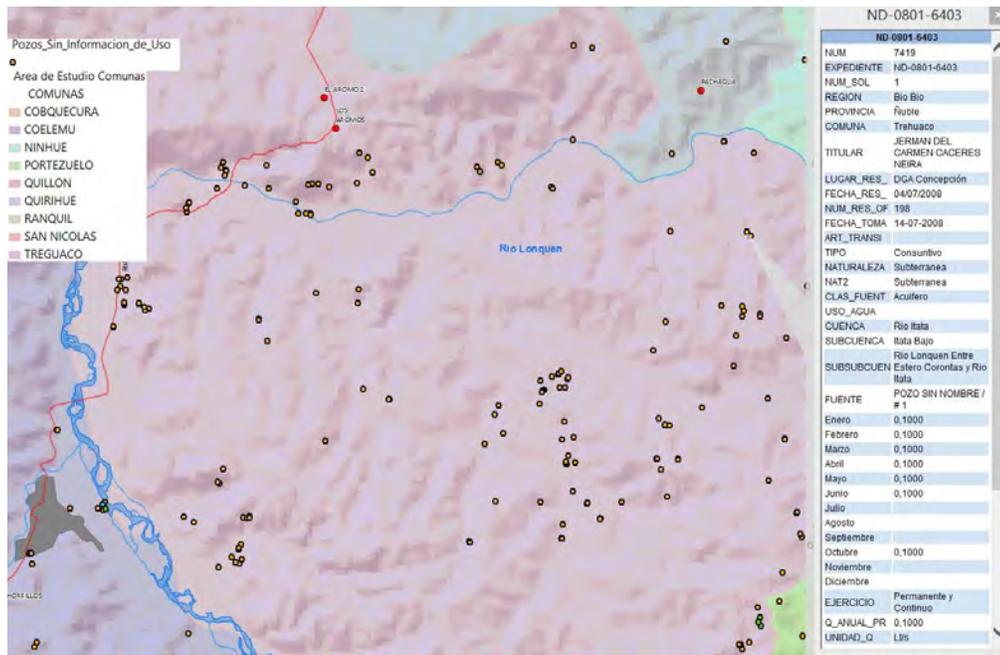
Figura 22. Delimitación Unidades Hidrogeológicas



Fuente: Coberturas SIG. DGA

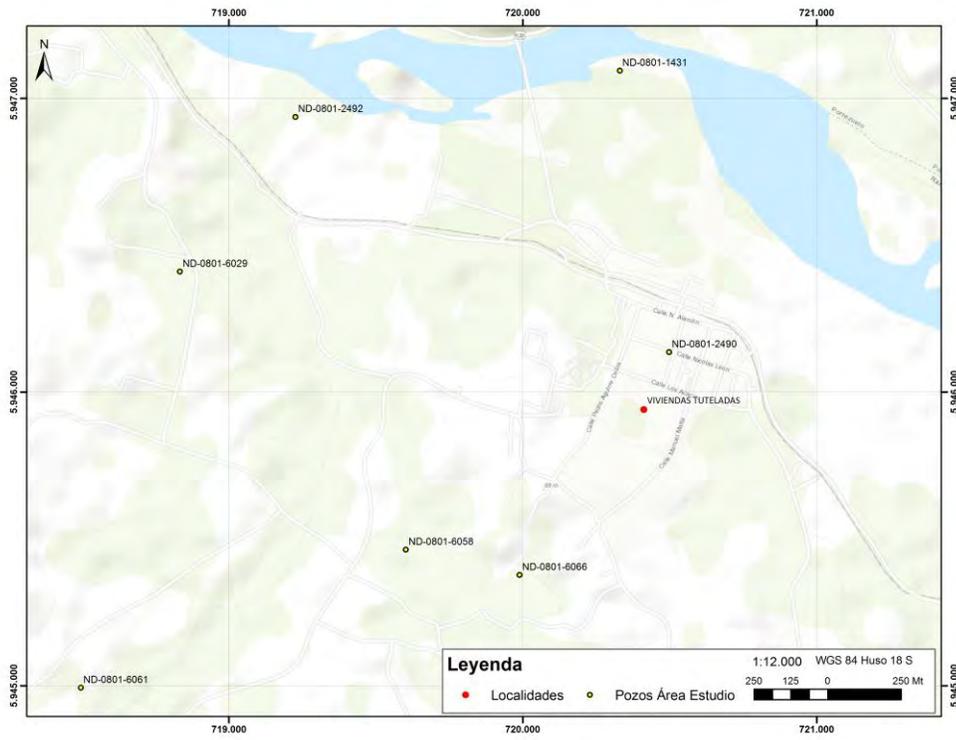
En este escenario, se elaboró un mapa de distribución de caudales a nivel general de todas las comunas y a nivel local se localizaron los expedientes que se encontraban cercanos a los sectores citados, con el fin de caracterizar con más detalle la zona, desde un punto de vista hidrogeológico. En la Figura 23, se muestra el tipo de información recopilada y generada, con el fin de ir caracterizando hidrogeológicamente de modo preliminar el área y así poder identificar sectores más favorables para prospectar en terreno.

Figura 23. Esquema de replanteo de información de expedientes en torno a sectores.



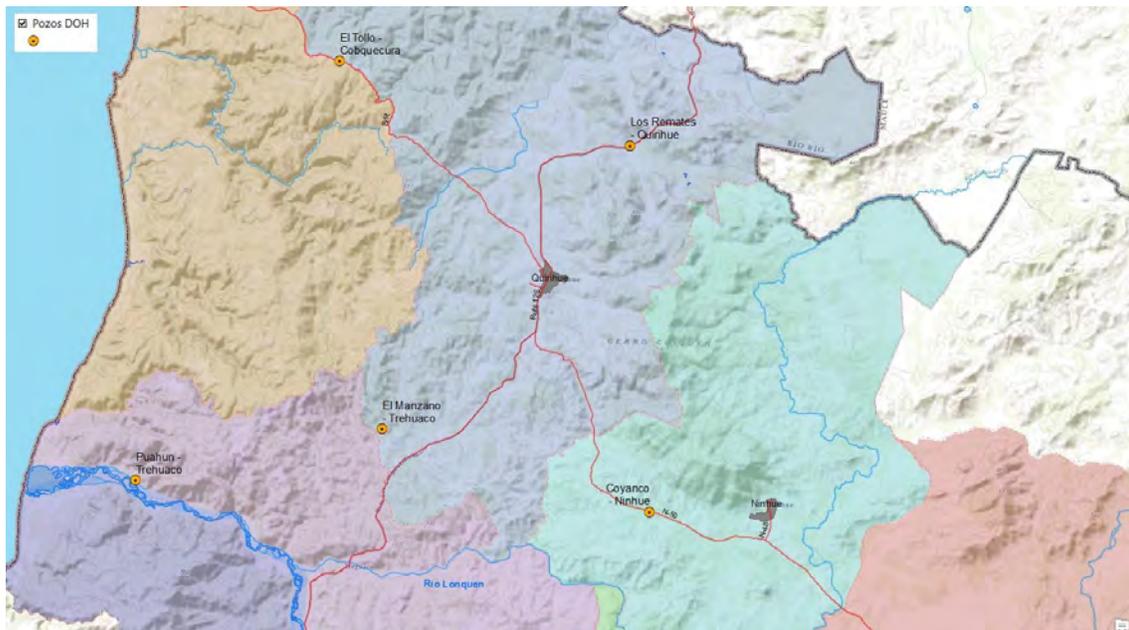
A modo de ejemplo, se presenta a continuación, algunas de las figuras elaboradas que servían de guía además en terreno. (Figura 24).

Figura 24. Esquema referencial con expedientes cerca de Viviendas Tuteladas.



Asimismo, se integró la información de la campaña de pozos DOH realizados en las comunas de estudio. Se entrega a continuación una imagen con algunos de los pozos DOH (Figura 25).

Figura 25. Pozos DOH



En terreno en compañía del encargado municipal, a veces y otras de forma individual, se recorrió de forma exhaustiva la zona, de modo de localizar terrenos que presentaran configuraciones adecuadas para contener secuencias saturadas, las que se asocian a depósitos de relleno cuaternario, que presentan menor compactación y rellenos capaces de albergar agua. En el caso de sitios que no presentaban las condiciones hidrogeológicas adecuadas como para albergar un mínimo espesor saturado, como es el caso de zonas en cerros o cercanos a cerros, se descartaron de plano en terreno mismo, procediendo a la búsqueda de nuevos sitios de condiciones técnicas adecuadas. Los terrenos así identificados se entregaron al encargado municipal respectivo, con el fin de que pudiesen gestionar la autorización respectiva que dice relación con el segundo factor a analizar y que se presenta a continuación.

b. Disponibilidad de terrenos: este aspecto es clave para la selección de los sitios a prospectar, ya que se verificó la existencia de lugares con buenas condiciones hidrogeológicas y que no contaban con autorización a la fecha de realización de la campaña prospectiva o que existía negación por parte de los dueños de los predios, lo cual condujo en ocasiones a efectuar las mediciones en sectores de menor favorabilidad técnica, pero que contaran con autorización o fueran definidas directamente por la Inspección fiscal. El trabajo fue realizado mediante una planificación dinámica, en la cual se fue interactuando diariamente con los funcionarios municipales, en los sectores que correspondían a Bienes Fiscales y, en segundo lugar, donde el encargado municipal hubiese conseguido la autorización del dueño del predio, de tal modo de una vez obtenidos los permisos se iniciaban las prospecciones geofísicas en el determinado sector.

En terreno, se aplicó el concepto de avanzada hidrogeológica-geofísica, de tal modo, que una vez realizada una medición TEM en un punto se evaluaba de inmediato su potencialidad de presencia de agua. Esto se pudo realizar, debido a que el equipo utilizado en terreno permite obtener una visualización rápida del resultado de medición mediante una modelación rápida de una curva de resistividades versus profundidad, de tal modo que se visualiza de inmediato si un determinado sector presenta agua y a que profundidad. Si el resultado es favorable, se continúa en sectores de condiciones morfológica e hidrogeológicamente similares y de lo contrario si el resultado es desfavorable, se cambia de inmediato a otro sector.

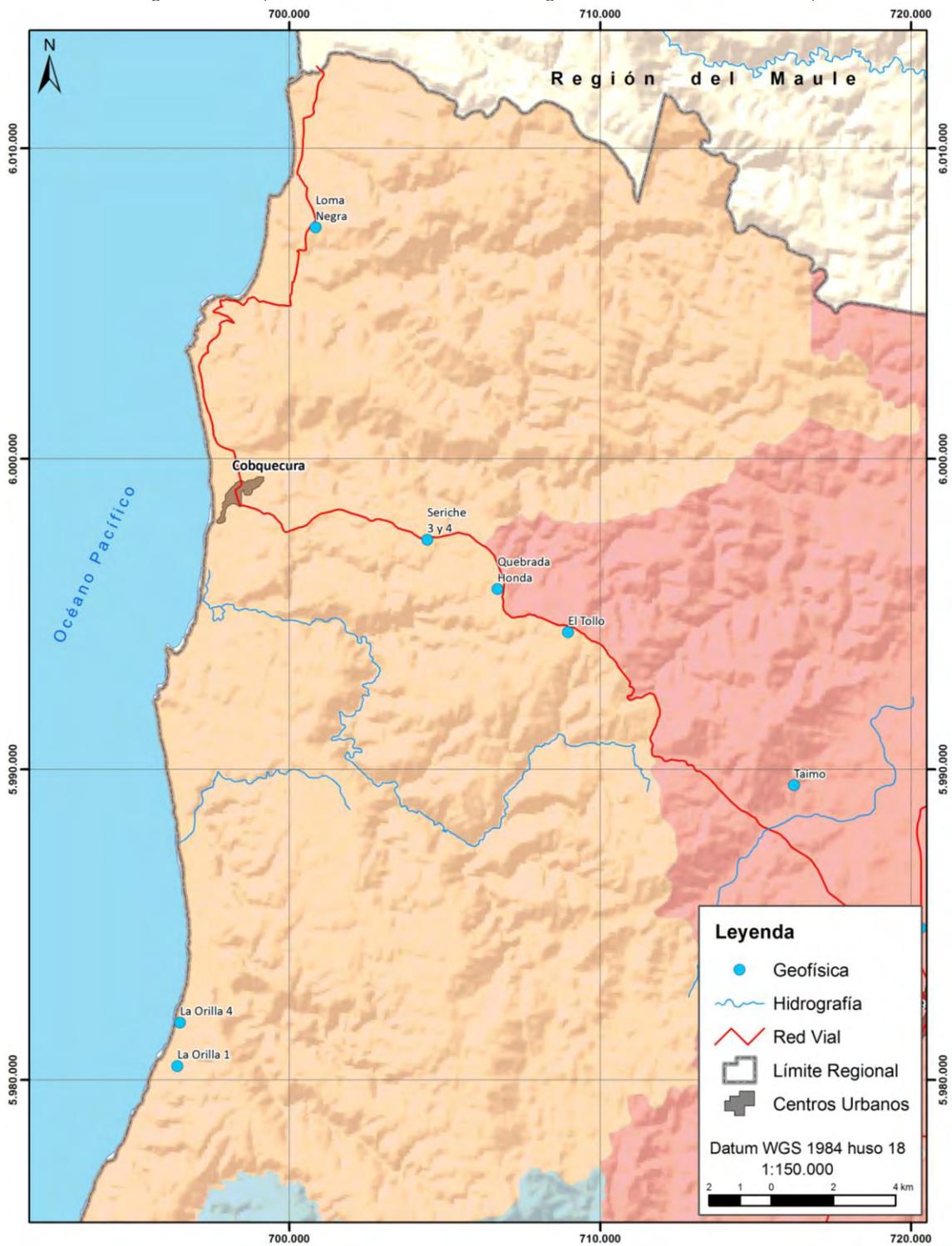
4.3 Ejecución del trabajo.

En esta sección se presenta la información obtenida mediante campañas geofísicas en las distintas comunas y sectores estudiados. Se muestran las ubicaciones, en coordenadas UTM WGS84 Huso 18S, de cada medición realizada mediante el método de transiente electromagnético TEM con el objetivo de evaluar la presencia de agua subterránea. También, se muestran imágenes satelitales con estas ubicaciones junto con imágenes de la campaña de terreno en la zona.

4.3.1 Cobquecura

Durante los días 18 y 19 de diciembre del 2017, se realizaron mediciones geofísicas en los sectores de El Tollo, Quebrada Honda, La Orilla y Seriche, además del sector de Loma Negra el día 23 de diciembre del 2017, de la comuna de Cobquecura. A continuación, se presenta un mapa con la ubicación de estas mediciones.

Figura 26 Mapa de ubicación mediciones geofísicas comuna de Cobquecura



En la tabla siguiente se resume el trabajo realizado en terreno, indicando para cada sector la ubicación de cada punto TEM medidor. En las figuras siguientes se muestra la ubicación en planta de cada sector.

Tabla 12. Ubicación puntos TEM en la comuna de Cobquecura

Sector	Punto TEM	Este (m)	Norte (m)	Fecha
El Tollo	TO1-1	707.684	5.994.854	18-19/12/2017
	TO1-2	707.680	5.994.950	
	TO2-1	708.258	5.994.671	
	TO2-2	708.263	5.994.698	
	TO3-1	708.848	5.994.283	
	TO3-2	708.963	5.994.417	
Quebrada Honda	QH1-1	706.826	5.996.273	
	QH1-2	706.823	5.996.279	
	QH2-1	706.695	5.995.809	
	QH3-1	706.756	5.995.599	
	QH3-2	706.855	5.995.650	
La Orilla 1	LOR1-1	696.432	5.980.421	18/12/2017
	LOR1-2	696.448	5.980.386	
	LOR1-3	696.414	5.980.405	
	LOR1-4	696.419	5.980.376	
	LOR1-5	696.397	5.980.449	
La Orilla 2	LOR2-1	696.408	5.980.628	
	LOR2-2	696.440	5.980.644	
	LOR2-3	696.401	5.980.616	
	LOR2-4	696.436	5.980.626	
	LOR2-5	696.470	5.980.628	
La Orilla 3	LOR3-1	696.484	5.981.060	
	LOR3-2	696.491	5.981.084	
	LOR3-3	696.497	5.981.119	
La Orilla 4	LOR4-1	696.544	5.981.826	
	LOR4-2	696.490	5.981.846	
	LOR4-3	696.522	5.981.801	
	LOR4-4	696.494	5.981.783	
Seriche	SER1-1	703.723	5.997.771	
	SER1-2	703.714	5.997.759	

Tabla 12. Ubicación puntos TEM en la comuna de Cobquecura

Sector	Punto TEM	Este (m)	Norte (m)	Fecha
	SER1-3	703.753	5.997.798	
	SER2-1	703.984	5.997.728	
	SER2-2	704.071	5.997.680	
	SER3-1	704.420	5.997.432	
	SER3-2	704.442	5.997.398	
	SER4-1	704.571	5.997.270	
	SER4-2	704.599	5.997.243	
Lomas Negras	LN1-1	700.852	6.007.463	23/12/2017
	LN2-1	700.767	6.007.860	
	LN2-2	700.713	6.007.932	
	LN3-1	700.835	6.008.128	
	LN3-2	700.843	6.008.166	

4.3.1.1 Sector El Tollo

El sector de El Tollo se encuentra en la cordillera de la costa, en las mesetas que se forman sobre el cordón montañoso y presenta plantaciones forestales.

Se identificaron tres subsectores para ejecutar la prospección geofísica: El Tollo 1, El Tollo 2 y El Tollo 3 de acuerdo a las condiciones hidrogeológicas presentes para explorar el acuífero en profundidad y considerando los sectores disponibles. Se efectuaron 2 mediciones TEM por cada sector, cuantificando 6 mediciones TEM, los que se realizaron en la ladera Sur del cordón, donde nacen algunas quebradas, lo que hace que existan pendientes importantes.

Figura 27: Localización en planta de puntos TEM en sector El Tollo 1, 2 y 3, comuna de Cobquecura.

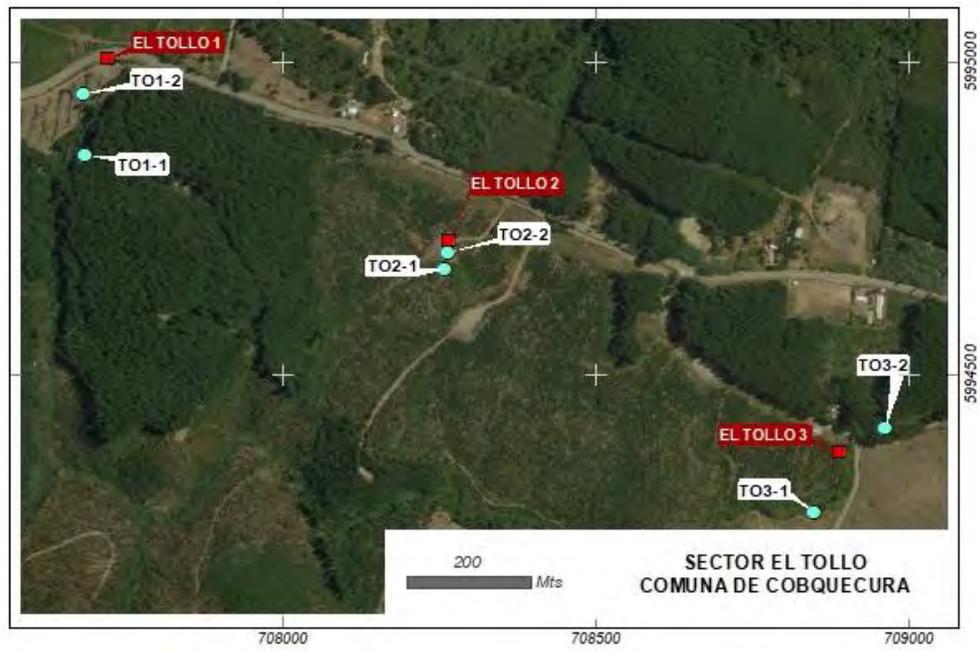


Figura 28: Fotografía de terreno en sector El Tollo 1, 2 y 3, comuna de Cobquecura



Figura 29: Fotografía de terreno en sector El Tollo 1, 2 y 3, comuna de Cobquecura



4.3.1.2 Sector Quebrada Honda

El sector se encuentra en la cordillera de la costa, en las mesetas que se forman sobre el cordón montañoso. Para poder investigar los acuíferos someros de este sector, que de acuerdo a las condiciones hidrogeológicas, podrían ser de baja calidad, se prospectaron dos frentes, uno junto al camino y el otro en el nacimiento de quebradas dentro de predios con plantaciones forestales, como se puede apreciar en la Figura 30, Figura 31 y Figura 32.

Figura 30: Localización en planta de puntos TEM en sector Quebrada Honda, comuna de Cobquecura



Figura 31: Fotografía de terreno en sector Quebrada Honda, comuna de Cobquecura



Figura 32: Fotografía de terreno en sector Quebrada Honda, comuna de Cobquecura



4.3.1.3 Sector La Orilla

Se ubica en la planicie litoral al norte de la desembocadura del Río Itata, el sector se presenta con un lomaje suave, producto de quebradas que bajan desde los cerros que se forman inmediatamente al Este de este sector, como se puede apreciar en la Figura 33, Figura 34 y Figura 35. En el sector se presenta flora nativa y pocas plantaciones forestales.

Se identificaron cuatro subsectores para ejecutar la prospección geofísica: La Orilla 1, La Orilla 2, La Orilla 3 y La Orilla 4. Se ejecutaron 5 estaciones TEM en los primeros subsectores, tres en La Orilla 3 y cuatro en La Orilla 4, totalizando 17 estaciones TEM para el sector de La Orilla, con el fin de investigar las condiciones del subsuelo de este sector, para detectar los espesores saturados más potentes.

Figura 33: Localización en planta de puntos TEM en sector La Orilla 1, comuna de Cobquecura



Figura 34: Fotografía de terreno en sector La Orilla, comuna de Cobquecura



Figura 35: Fotografía de terreno en sector La Orilla, comuna de Cobquecura



4.3.1.4 Sector La Orilla 2

Figura 36: Localización en planta de puntos TEM en sector La Orilla 2, comuna de Cobquecura



4.3.1.5 Sector La Orilla 3

Figura 37: Localización en planta de puntos TEM en sector La Orilla 3 comuna de Cobquecura



4.3.1.6 Sector La Orilla 4

Figura 38: Localización en planta de puntos TEM en sector La Orilla 4 comuna de Cobquecura



4.3.1.7 Sector Seriche

El sector de Seriche se encuentra en la cordillera de la costa y particularmente se emplaza dónde comienza la bajada hacia las planicies litorales, en fondos de pequeñas quebradas, presentando unos lomajes suaves y pendientes en sectores más cercanos a la quebrada, como se puede apreciar en la Figura 39, Figura 40 y Figura 41 donde se realizó prospección geofísica. El sector presenta plantaciones forestales.

Se identificaron cuatro subsectores para ejecutar la prospección geofísica: Seriche 1, Seriche 2, Seriche 3 y Seriche 4. Se ejecutaron 2 estaciones TEM en los tres últimos subsectores y tres estaciones TEM en Seriche 1, con el fin de investigar las condiciones del subsuelo de este sector, para detectar los espesores saturados más potentes y asociados a acuíferos en profundidad.

Figura 39: Localización en planta de puntos TEM en sector Seriche 1,2,3 y 4 3 comuna de Cobquecura

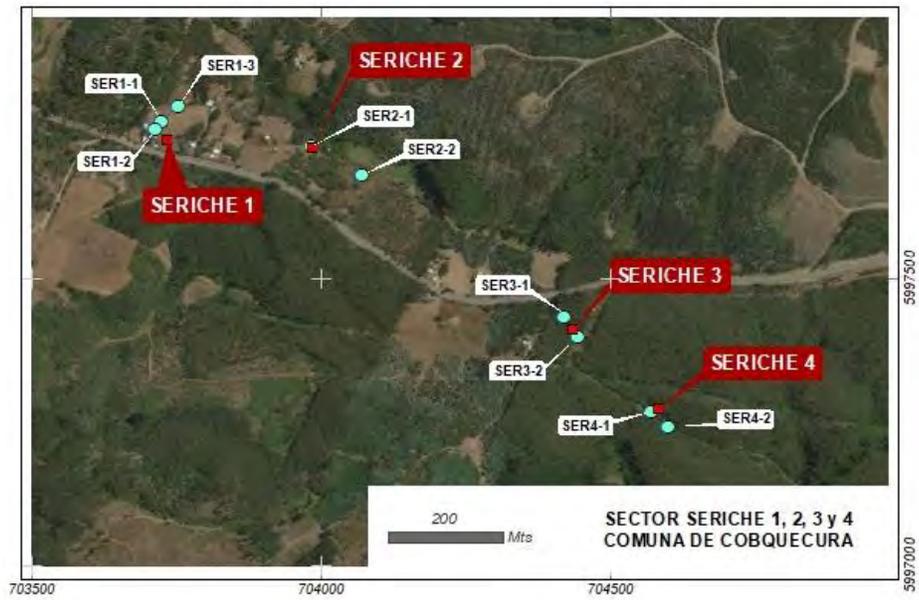


Figura 40: Fotografía de terreno en sector Seriche, comuna de Cobquecura



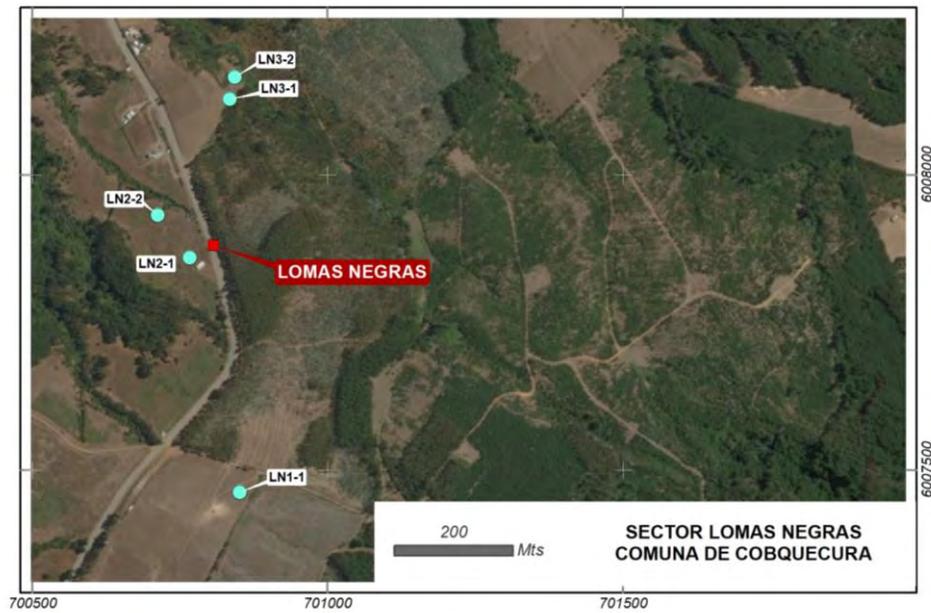
Figura 41: Fotografía de terreno en sector Seriche, comuna de Cobquecura



4.3.1.8 Sector Loma Negra

El sector de Loma Negra se ubica en la parte alta del interfluvio de las desembocaduras del Estero Pullay y el Estero Buchupureo y cercano a pequeñas quebradas, donde se generan suaves lomajes en el sector, como se puede apreciar en la Figura 42, Figura 43 y Figura 44 donde se realizaron cinco mediciones TEM a los lados del camino, con el fin de estudiar el subsuelo del sector, donde se evidencian delgadas y someras secuencias saturadas. El sector presenta pequeñas superficies de plantaciones forestales.

Figura 42: Localización en planta de puntos TEM en sector Loma Negra, comuna de Cobquecura



Fuente: Elaboración propia

Figura 43: Fotografía de terreno en sector Loma Negra, comuna de Cobquecura



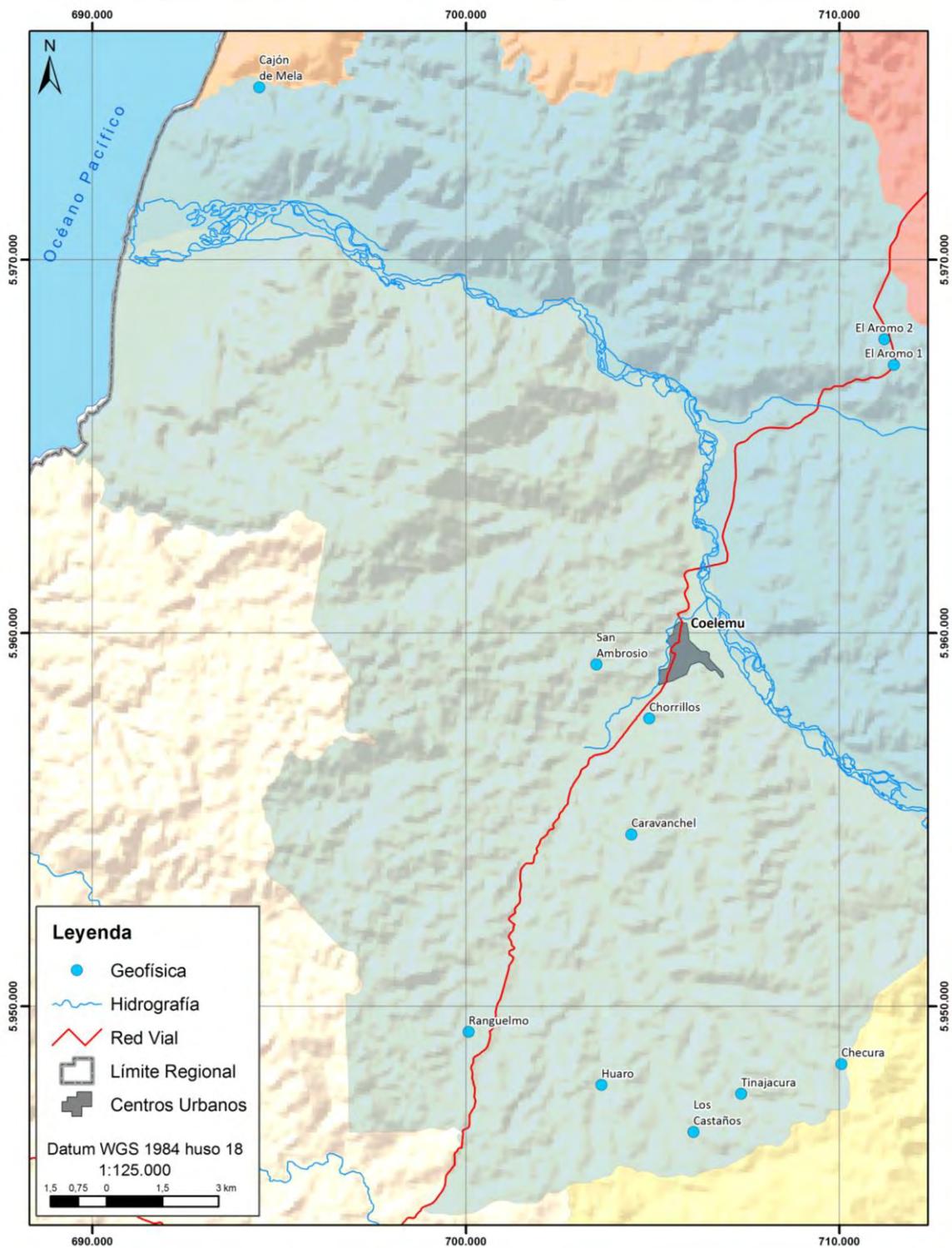
Figura 44: Fotografía de terreno en sector Loma Negra, comuna de Cobquecura



4.3.2 Coelemu

Se realizaron mediciones geofísicas en los sectores de Caravanchel, el día 12 de diciembre del 2017, Chorrillos y San Ambrosio, el día 11 de diciembre del 2017, Huaro y Los Castaños, el día 13 de diciembre, Tinajacura el día 18 de diciembre del 2017 y Ranguelmo el 22 de diciembre, de la comuna de Coelemu. A continuación, se presenta un mapa con la ubicación de estas mediciones.

Figura 45 Mapa de ubicación mediciones geofísicas comuna de Coelemu



En la Tabla 13 se resume el trabajo realizado en terreno, indicando para cada sector la ubicación de cada punto TEM medidor. En las Figuras siguientes se muestra la ubicación en planta de cada sector.

Tabla 13: Ubicación puntos TEM en la comuna de Coelemu

Sector	Punto TEM	Este (m)	Norte (m)	Fecha
Caravanchel	CAR-1	704.394	5.954.423	12/12/2017
	CAR-2	704.412	5.954.487	
	CAR-3	704.453	5.954.492	
	CAR-4	704.445	5.954.474	
	CAR-5	704.397	5.954.455	
	CAR-6	704.433	5.954.604	
	CAR-7	704.505	5.954.654	
Chorrillos	CHO-1	704.907	5.957.712	11/12/2017
	CHO-2	704.856	5.957.741	
	CHO-3	704.873	5.957.766	
	CHO-4	704.947	5.957.718	
	CHO-5	705.111	5.957.659	
San Ambrosio	SA-1	703.399	5.959.096	
	SA-2	703.438	5.959.102	
	SA-3	703.500	5.959.159	
Huario	HUA-1	703.620	5.947.894	
	HUA-2	703.637	5.947.899	
	HUA-3	703.633	5.947.892	
Los Castaños	CA-1	705.998	5.946.650	13/12/2017
	CA-2	706.037	5.946.666	
	CA-3	706.035	5.946.644	
	CA-4	706.089	5.946.632	
	CA-5	706.077	5.946.607	
Tinajacura	TIN-1	703.620	5.947.894	18/12/2017
	TIN-2	703.637	5.947.899	
Ranguelmo	RAN-1	699.616	5.949.168	22/12/2017
	RAN-2	699.541	5.949.146	
	RAN-3	700.076	5.949.313	
	RAN-4	699.730	5.948.783	
	RAN-5	699.682	5.948.206	

4.3.2.1 Sector Caravanchel

El sector de Caravanchel está ubicado en la cordillera de la Costa, en el fondo de una microcuenca, con suelos de relleno, donde se observan algunos cerros menores con alturas que van entre los 150 a 190 m, como se puede apreciar en las siguientes figuras, donde existen escurrimientos de aguas superficiales intermitentes y con presencia de coberturas de rellenos superficiales, los que serán prospectados mediante geofísica. El fondo de valle se utiliza principalmente como explotación agrícola.

Figura 46. Localización en planta de puntos TEM en sector Caravanchel, comuna de Coelemu

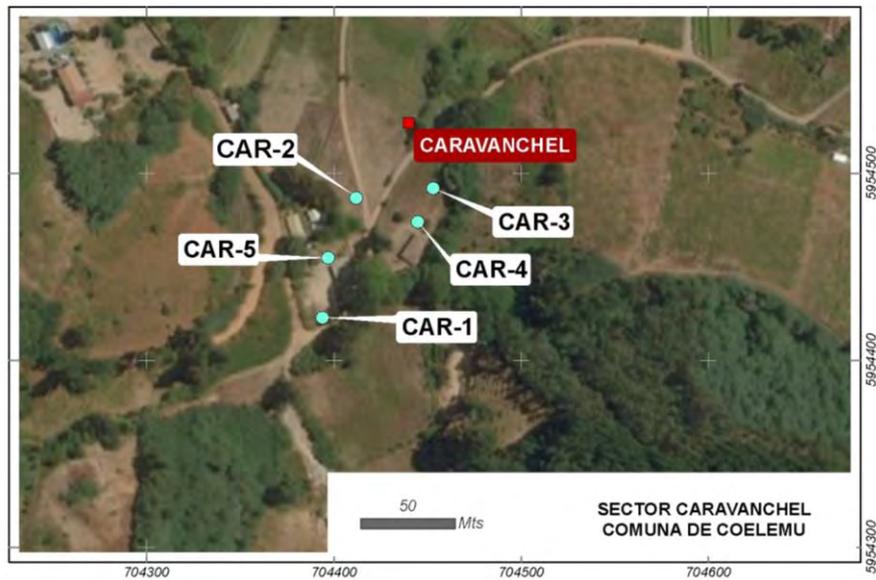


Figura 47. Fotografía de terreno en sector Caravanchel, comuna de Coelemu



Figura 48. Fotografía de terreno en sector Caravanchel, comuna de Coelemu



4.3.2.2 Sector Chorrillos

El sector a prospectar en Chorrillos se ubica en el curso inferior del estero Chorrillos y cercano al camino que une la ciudad de Coelemu con la autopista del Itata, en la confluencia del estero con el río Coelemu, en lo que podría ser el abanico aluvial del estero, el que se encuentra circundado por cerros de menor altura, como se puede apreciar en la Figura 50, lo cual podría reducir la capacidad acuífera del sector y por lo que constituye un sector de exploración geofísica.

Figura 49. Localización en planta de puntos TEM en sector Chorrillos, comuna de Coelemu

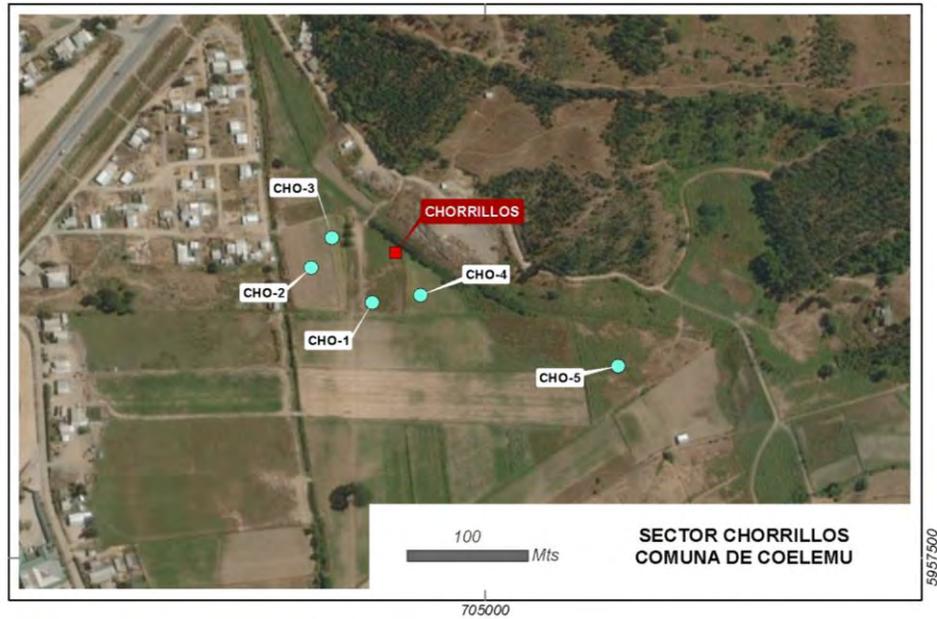


Figura 50. Fotografía de terreno en sector Chorrillos, comuna de Coelemu



4.3.2.3 Sector San Ambrosio

El sector de San Ambrosio se encuentra en la parte alta de una quebrada en un sector de relleno, donde presenta un fondo con poca pendiente, mientras que los accesos a la zona son de mayores pendientes, como se puede observar en la Figura 51, Figura 52 y

Figura 53. La quebrada es de flujo intermitente o estacional, por lo que se definió investigar el subsuelo mediante tres estaciones TEM. El sector presenta divisiones prediales con pocas explotaciones agrícolas.

Figura 51: Localización en planta de puntos TEM en sector San Ambrosio, comuna de Coelemu



Figura 52: Fotografía de terreno en sector San Ambrosio, comuna de Coelemu



Figura 53: Fotografía de terreno en sector San Ambrosio, comuna de Coelemu



4.3.2.4 Sector Huaro

El sector de Huaro se localiza en el curso alto del estero Camarico y corresponde a una zona de baja pendiente, angosto, alimentado por micro quebradas. El área de prospección se encuentra dentro del recinto de la escuela del sector, el que está junto al curso de la quebrada, donde se efectuaron tres mediciones TEM para investigar el subsuelo y sus condiciones para albergar agua, como se puede apreciar en la Figura 54 y Figura 55.

Figura 54: Localización en planta de puntos TEM en sector Huaro, comuna de Coelemu



Figura 55: Fotografía de terreno en sector Huaro, comuna de Coelemu



4.3.2.5 Sector Los Castaños

El sector de Los Castaños se ubica en el fondo de una quebrada con un curso de agua intermitente cercano, ubicado en curso alto de la quebrada, donde se efectuaron cinco mediciones TEM para explorar los acuíferos someros de este sector, como se puede apreciar en las siguientes figuras. La zona presenta pendientes altas y es de uso agrícola.

Figura 56: Localización en planta de puntos TEM en sector Los Castaños, comuna de Coelemu



Figura 57: Fotografía de terreno en sector Los Castaños, comuna de Coelemu



Figura 58: Fotografía de terreno en sector Los Castaños, comuna de Coelemu



4.3.2.6 Sector Tinajacura

El sector de Tinajacura se emplaza en el curso alto del estero Camarico, con una baja pendiente. El área de prospección donde se realizaron 2 mediciones TEM se encuentra junto al estero, asociado a depósitos fluviales (Qf), los cuales son potencialmente aptos para constituirse como acuíferos. Se efectuaron en la parte baja de un cerro con una pendiente media, como se puede apreciar en la Figura 59 y Figura 60.

Figura 59: Localización en planta de puntos TEM en sector Tinajacura, comuna de Coelemu



Figura 60: Fotografía de terreno en sector Tinajacura, comuna de Coelemu



4.3.2.7 Sector Ranguelmo

El sector de Ranguelmo se localiza junto al estero Camarico, y la confluencia de una quebrada y presenta lomajes que direccionan la quebrada (Figura 61 y Figura 62). Los sectores donde se efectuaron cuatro estaciones TEM, se encuentran cercanos a cursos de aguas y asociados a depósitos fluvioaluviales (Qfa y Qf), potenciales acuíferos a explorar. El sector presenta plantaciones forestales cercanas.

Figura 61: Localización en planta de puntos TEM en sector Ranguelmo, comuna de Coelemu



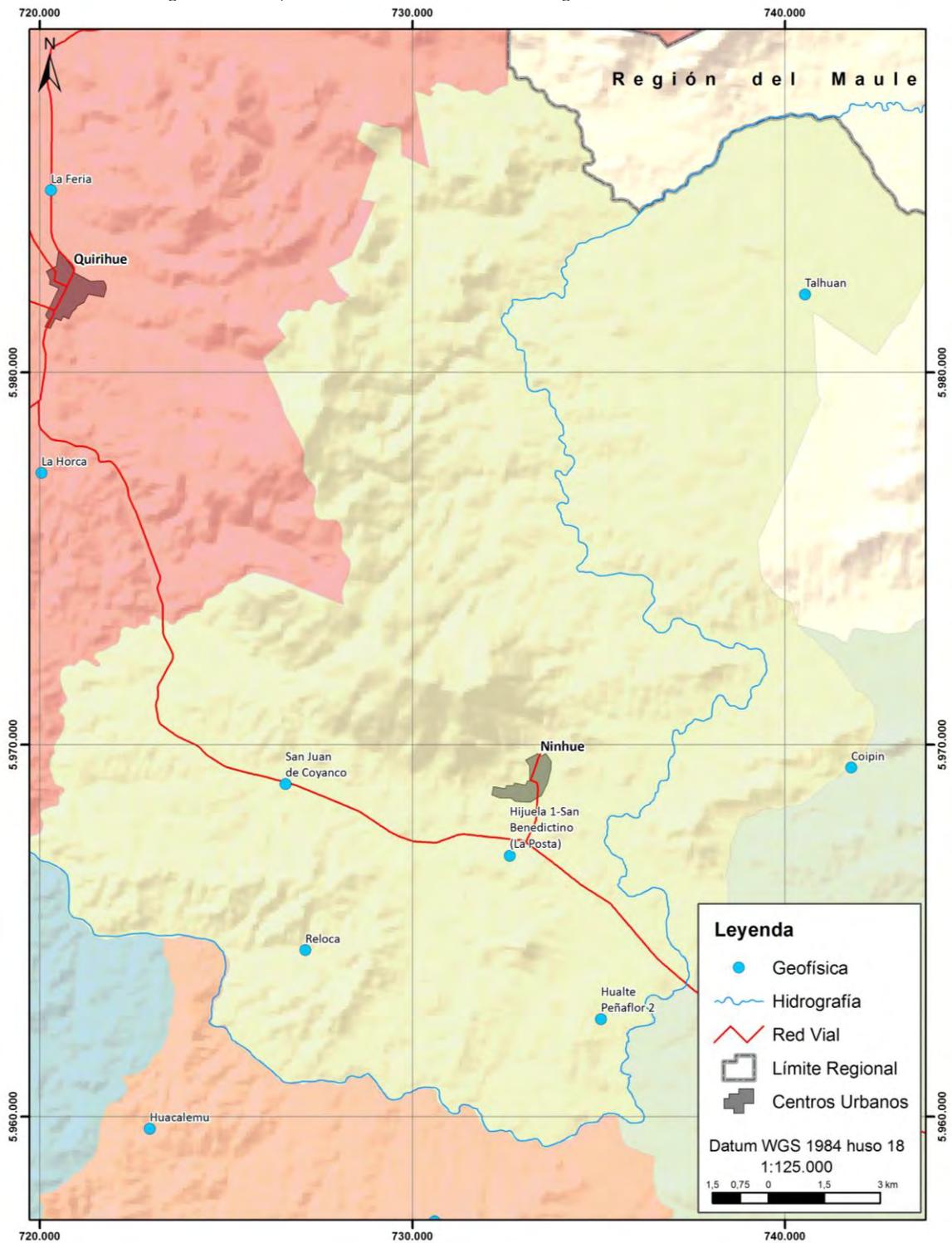
Figura 62: Fotografía de terreno en sector Ranguelmo, comuna de Coelemu



4.3.3 Ninhue

Durante el día 22 de diciembre del 2017, se realizaron mediciones geofísicas en los sectores de Talhuan, La Posta, Reloca, San Juan y Hualte, de la comuna de Ninhue. A continuación, se presenta un mapa con la ubicación de estas mediciones.

Figura 63 Mapa de ubicación mediciones geofísicas comuna de Ninhue



En la tabla siguiente se resume el trabajo realizado en terreno, indicando para cada sector la ubicación de cada punto TEM medidor. En las Figuras siguientes se muestra la ubicación en planta de cada sector.

Tabla 14: Ubicación puntos TEM en la comuna de Ninhue

Sector	Punto TEM	Este (m)	Norte (m)	Fecha
Talhuan	TAL-1	740.594	5.982.135	22/12/2017
	TAL-2	740.564	5.982.137	
	TAL-3	740.534	5.982.095	
	TAL-4	740.555	5.982.118	
La Posta	LAP-1	732.642	5.966.981	
	LAP-2	732.615	5.967.010	
	LAP-3	732.670	5.966.966	
	LAP-4	732.668	5.966.942	
	LAP-5	732.673	5.966.912	
Reloca	REL-1	727.053	5.964.486	
	REL-2	727.130	5.964.478	
	REL-3	727.093	5.964.548	
San Juan	SAJ-1	726.590	5.968.962	
	SAJ-2	726.594	5.968.941	
	SAJ-3	726.595	5.968.915	
	SAJ-4	726.519	5.968.938	
Hualte	HUA1-1	734.389	5.961.970	
	HUA1-2	734.372	5.961.933	
	HUA2-1	735.056	5.962.623	
	HUA2-2	734.970	5.962.636	
	HUA2-3	735.027	5.962.682	

4.3.3.1 Sector Talhuan

El sector de Talhuan se presenta sobre el interfluvio de una cuenca que sirve de divisoria de cuencas, de la cual en direcciones Oeste y Este surgen quebradas intermitentes que se dirigen a distintas microcuencas, lo cual podría asociarse a un factor potencial para presentar buena favorabilidad acuífera y por ende se incluyeron cuatro estaciones para ejecutar geofísica mediante TEM, (Figura 64 y Figura 65).

Figura 64. Localización en planta de puntos TEM en sector Talhuan, comuna de Ninhue

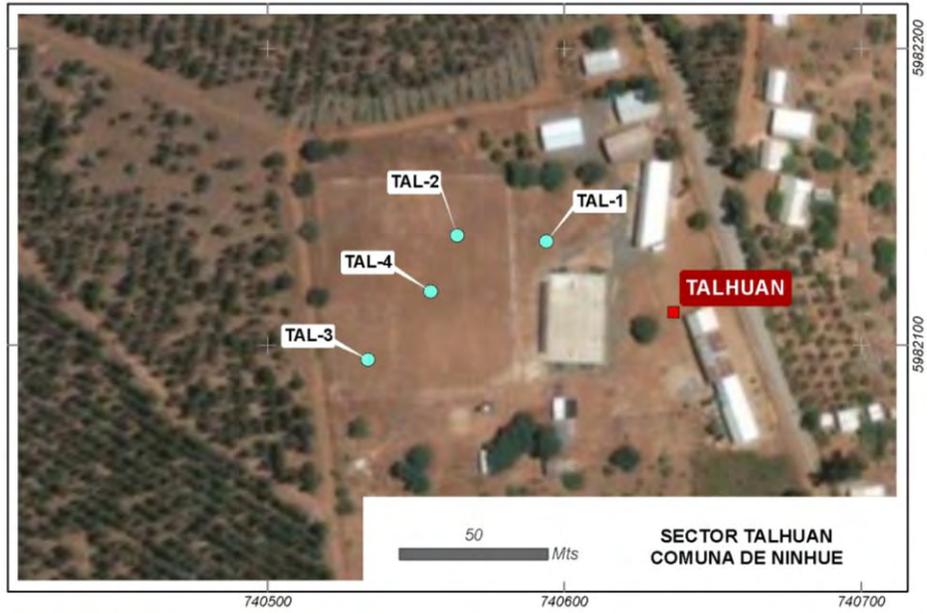


Figura 65. Medición estaciones TEM - sector Talhuan, comuna de Ninhue



4.3.3.2 Sector La Posta

El sector de La Posta se localiza cerca del camino que une la ruta 5 con Cobquecura, frente al desvío que va a Ninhue. Es un sector plano de lomajes suaves y bajos, como se puede apreciar en Figura 66, Figura 67 y Figura 68. En ocasiones presenta quebradas con flujos intermitentes de agua. Las condiciones hidrogeológicas presentes pueden ser favorables para detectar acuíferos en profundidad, por lo que se definieron cinco estaciones TEM para efectuar mediciones. El sector presenta plantaciones forestales.

Figura 66. Localización en planta de puntos TEM en sector La Posta, comuna de Ninhue

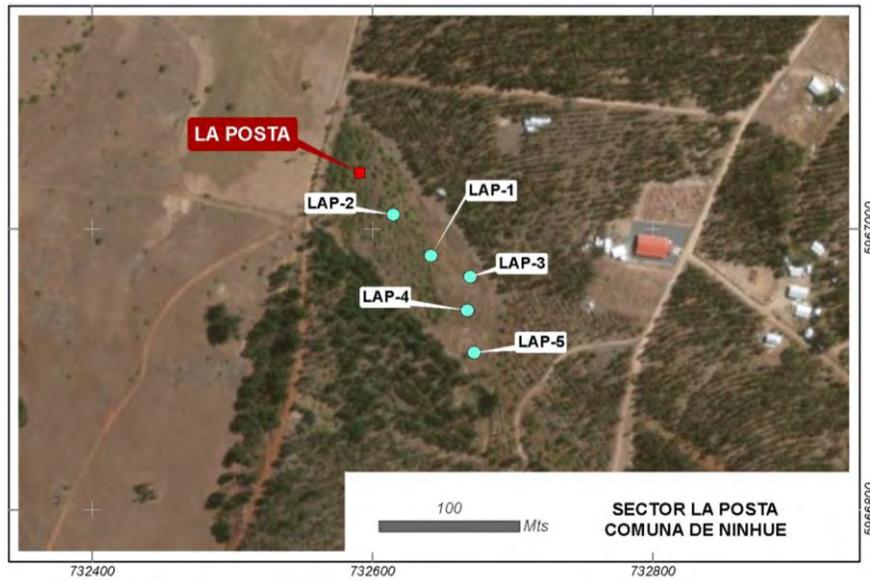


Figura 67. Fotografía de terreno en sector La Posta, comuna de Ninhue



Figura 68. Equipo TEM en estación LAP-2- sector La Posta, comuna de Ninhue



4.3.3.3 Sector Reloca

El sector de Reloca se ubica en la confluencia de dos quebradas, en el curso medio de ambas, junto a esta, se encuentra rodeada de colinas que sirven de divisoria de la microcuenca. Las condiciones hidrogeológicas presentes advierten potencialidad para detectar acuíferos en profundidad, por lo que se definieron 3 estaciones TEM para medir.

Figura 69. Localización en planta de puntos TEM en sector Reloca, comuna de Ninhue



4.3.3.4 Sector San Juan

El sector de San Juan se localiza junto a la carretera que une la ruta 5 con Cobquecura, el sector presenta una planicie y suaves lomajes, interceptada por quebradas intermitentes de agua. Las condiciones hidrogeológicas presentes advierten potencialidad para detectar acuíferos en profundidad, por lo que se definieron cuatro estaciones TEM para medir. El sector presenta un pequeño número de viviendas.

Figura 70. Localización en planta de puntos TEM en sector San Juan, comuna de Ninhue



4.3.3.5 Sector Hualte

El sector de Hualte se localiza en terrenos con pendiente importante y cercanos al nacimiento de una quebrada intermitente, donde se efectuaron dos y tres mediciones TEM en los subsectores, Hualte 1 y Hualte 2, totalizando cinco mediciones en este sector, con el fin de reconocer espesores saturados de características someras.

Figura 71: Localización en planta de puntos TEM en sector Hualte, comuna de Ninhue

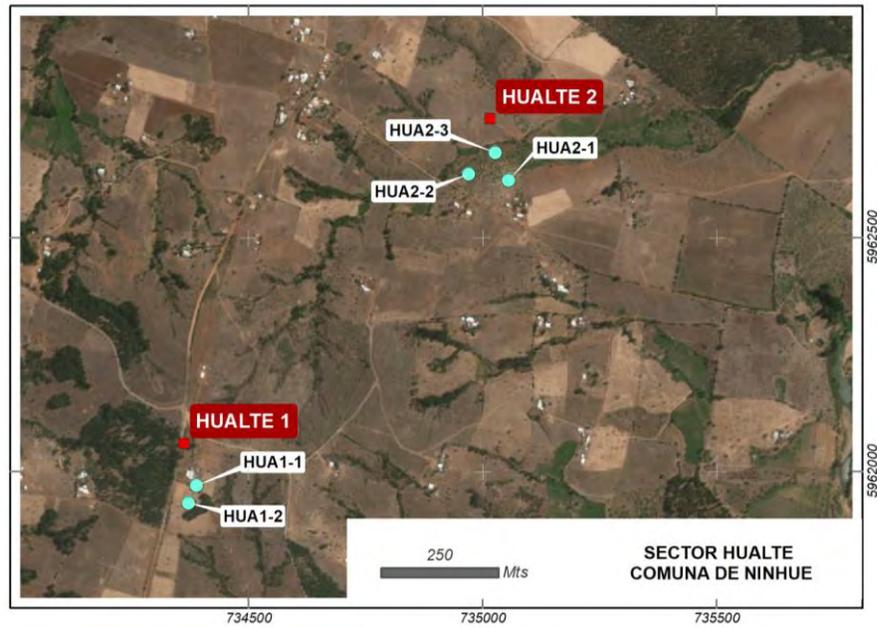


Figura 72: Fotografía de terreno en sector Hualte, comuna de Ninhue



Figura 73: Fotografía de terreno en sector Hualte, comuna de Ninhue



4.3.4 Portezuelo

Durante el día 6 y 7 de diciembre del 2017, se realizaron mediciones geofísicas en los sectores de Huacalemu, Trancoyán 1, Trancoyán 2, Chudal y Carrullanca, el día 22 de diciembre en Chudal 2 de la comuna de Ninhue. A continuación, se presenta un mapa con la ubicación de estas mediciones.

Figura 74 Mapa de ubicación mediciones geofísicas comuna de Portezuelo



En la tabla siguiente se resume el trabajo realizado en terreno, indicando para cada sector la ubicación de cada punto TEM medido. En las Figuras siguientes se muestra la ubicación en planta de cada sector.

Tabla 15: Ubicación puntos TEM en la comuna de Portezuelo

Sector	Punto TEM	Este (m)	Norte (m)	Fecha
Huacalemu	H-1	723.000	5.959.664	6- 7/12/2017
	H-2	722.956	5.959.676	
	H-3	722.992	5.959.630	
	H-4	723.058	5.959.635	
	H-5	722.959	5.959.648	
	H-6	723.027	5.959.647	
Trancoyán 1	TR-1	720.967	5.956.509	
	TR-2	720.880	5.956.532	
	TR-3	720.831	5.956.528	
	TR-4	720.833	5.956.511	
	TR-5	720.879	5.956.510	
Trancoyán 2	TR2-1	720.276	5.955.706	
	TR2-2	720.272	5.955.691	
	TR2-3	720.263	5.955.671	
	TR2-4	720.289	5.955.697	
Chudal	CHU-1	720.824	5.954.352	
	CHU-2	720.837	5.954.326	
	CHU-3	720.824	5.954.304	
	CHU-4	720.806	5.954.322	
	CHU-5	720.843	5.954.375	
	CHU-6	720.837	5.954.393	
Carrullanca	CAR-1	730.620	5.957.171	
	CAR-2	730.601	5.957.190	
	CAR-3	730.595	5.957.287	
	CAR-4	730.617	5.957.271	
Chudal 2	CHU2-1	720.496	5.954.562	22/12/2017
	CHU2-2	720.506	5.954.580	
	CHU2-3	720.493	5.954.590	

4.3.4.1 Sector Huacalemu

El sector de Huacalemu se encuentra en la parte alta de una quebrada, en un sector con bosque nativo, muy húmedo con una pendiente pronunciada para bajar al sector y luego se nivela dejando una pendiente baja, como se puede apreciar en la Figura 75, Figura 76 y Figura 77. En el área se detectaron pozones de agua acumulada que no se infiltran completamente, debido quizás a condiciones de unidades de sedimentos finos compactos, por lo que se definieron seis puntos TEM para medir para detectar las mejores condiciones hídricas dentro de un marco hidrogeológico desfavorable.

Figura 75. Localización en planta de puntos TEM en sector Huacalemu, comuna de Portezuelo

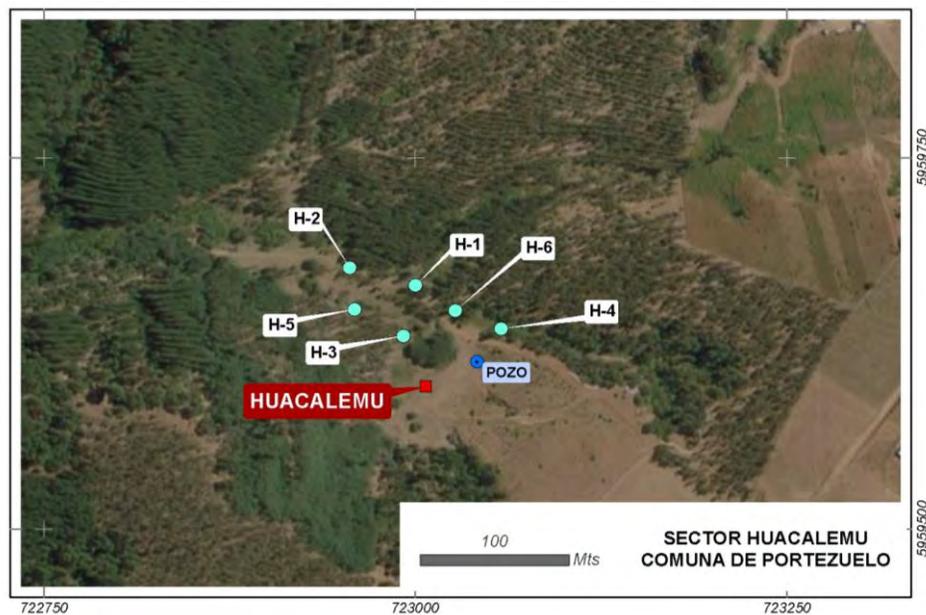


Figura 76. Fotografía de terreno en sector Huacalemu, comuna de Portezuelo



Figura 77. Fotografía de terreno en sector Huacalemu, comuna de Portezuelo



4.3.4.2 Sector Chudal

El sector de Chudal 1 presenta un lomaje con grandes pendientes en las laderas de la quebrada, las mediciones se realizan en el fondo de la misma y en la ladera oeste, que baja desde el Nor-Oeste del cerro, como se puede apreciar en la Figura 78, Figura 79 y Figura 80. Las condiciones hidrogeológicas presentes podrían indicar presencia de un acuífero en profundidad, por lo que se definió una corrida de 6 estaciones TEM para medir.

Figura 78. Localización en planta de puntos TEM en sector Chudal, comuna de Portezuelo

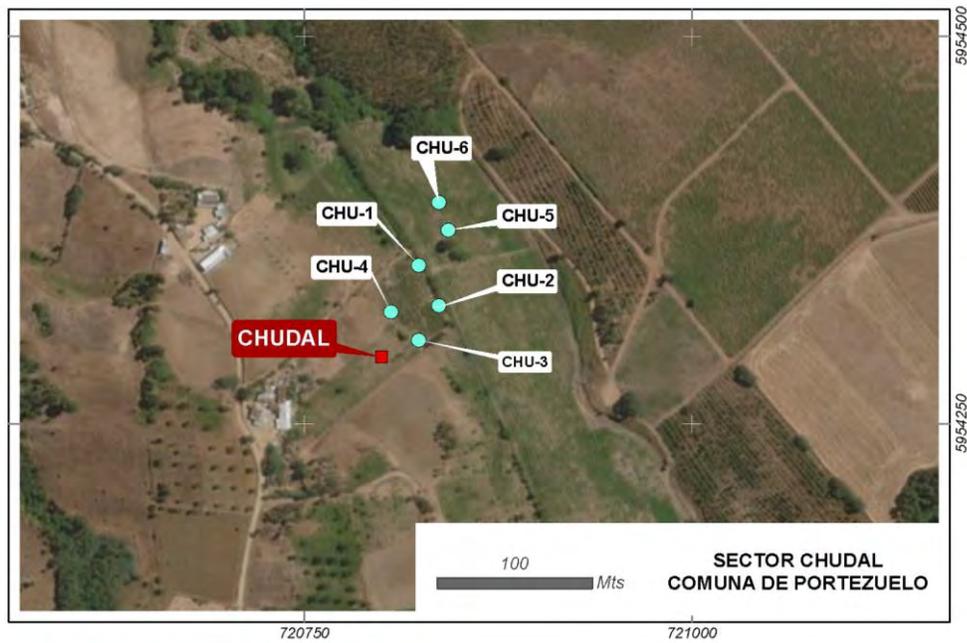


Figura 79. Campaña TEM sector Chudal, comuna de Portezuelo



Figura 80. Medición TEM - sector Chudal 1, comuna de Portezuelo



4.3.4.3 Sector Chudal 2

El sector de Chudal presenta un lomaje con bajas pendientes, realizándose tres mediciones TEM en el curso bajo de la quebrada, cercano al Estero Chudal, donde se distribuyen depósitos fluviales con buen potencial, como se puede apreciar en la Figura siguiente. En el sector existe explotación agrícola.

Figura 81: Localización en planta de puntos TEM en sector Chudal 2, comuna de Portezuelo



4.3.4.4 Sector Carrullanca

El sector de Carrullanca se localiza junto a una quebrada y en el curso medio de la misma, a la falda Norte del cerro Portezuelo. Las condiciones hidrogeológicas no son las más adecuadas para detectar acuíferos de buen rendimiento, pero dadas las condiciones impuestas de algunos sectores para efectuar prospecciones, en este caso se definieron puntos de medición geofísica cercanos a quebradas y rellenos. (Figura 82 y Figura 83). En las cercanías existen plantaciones de bosques.

Figura 82. Localización en planta de puntos TEM en sector Carrullanca, comuna de Portezuelo

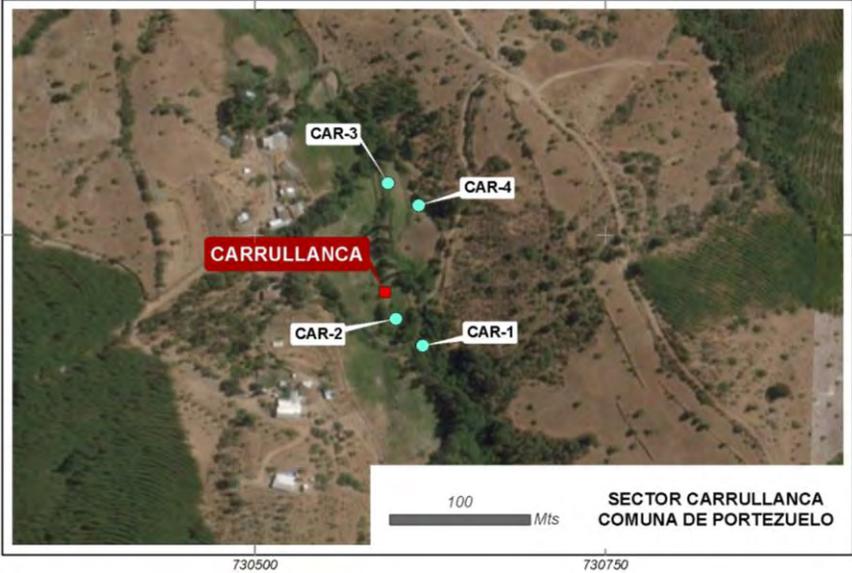


Figura 83. Campaña geofísica mediante TEM- sector Carrullanca, comuna de Portezuelo



4.3.4.5 Sector Trancoyán 1

El sector de Trancoyán 1 se encuentra en la cordillera de Costa, junto a la confluencia de dos quebradas con baja pendiente, como se puede apreciar en la Figura 84, Figura 85 y Figura 86, donde se realizaron cinco mediciones TEM en depósitos de terrazas fluvioaluvionales.

Figura 84: Localización en planta de puntos TEM en sector Trancoyán 1, comuna de Portezuelo

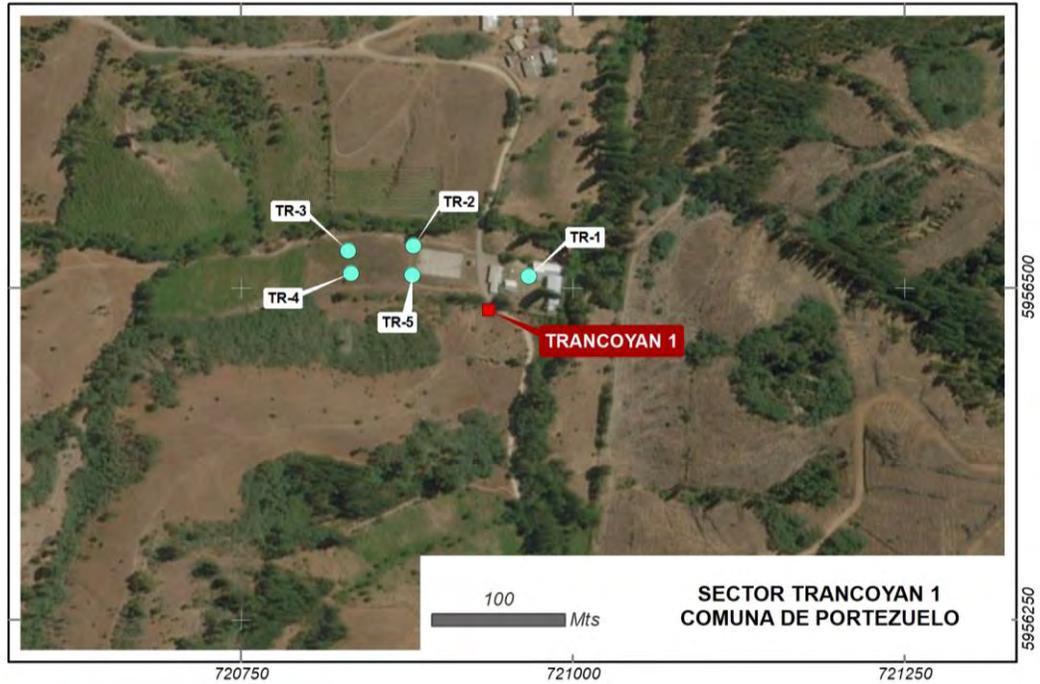


Figura 85: Fotografía de terreno en sector Trancoyán 1, comuna de Portezuelo



Figura 86: Fotografía de terreno en sector Trancoyán 1, comuna de Portezuelo



4.3.4.6 Sector Trancoyán 2

El sector de Trancoyán 2 corresponde a un terreno agrícola que presenta una pendiente media. Este se encuentra cercano a la confluencia de dos quebradas, en las faldas del cerro que divide las quebradas, como se puede apreciar en Figura 87 y Figura 88, donde se prospectaron 4 mediciones TEM para determinar la potencialidad acuífera a media profundidad.

Figura 87. Localización en planta de puntos TEM en sector Trancoyán 2, comuna de Portezuelo



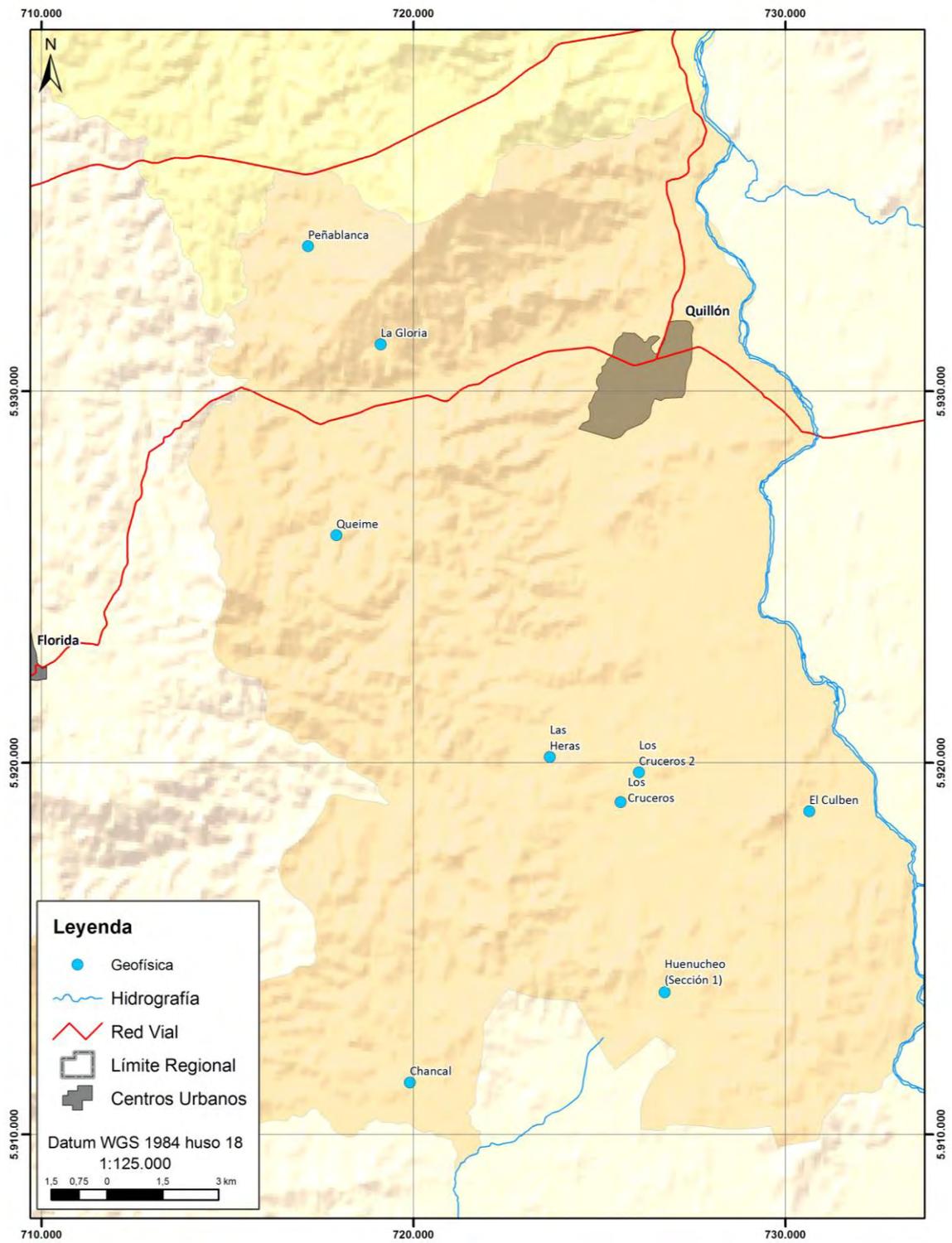
Figura 88. Fotografía de terreno en sector Trancoyán 2, comuna de Portezuelo



4.3.5 Quillón

Se realizaron mediciones geofísicas en los sectores de El Culbén y Henucheo, el día 8 de diciembre del 2017, La Gloria y Peñablanca, el día 9 de diciembre del 2017, Los Cruceros, Chancal, Queime y Queime Alto, el día 20 de diciembre del 2017, Chillancito Escuela el día 22 y 28 de diciembre y Las Heras, el día 28 de diciembre del 2017, de la comuna de Quillón. A continuación, se presenta un mapa con la ubicación de estas mediciones.

Figura 89 Mapa de ubicación mediciones geofísicas comuna de Quillón



En la tabla siguiente se resume el trabajo realizado en terreno, indicando para cada sector la ubicación de cada punto TEM medidor. En las figuras siguientes se muestra la ubicación en planta de cada sector.

Tabla 16: Ubicación puntos TEM en la comuna de Quillón

Sector	Punto TEM	Este (m)	Norte (m)	Fecha	
El Culbén	CU-1	730.634	5.918.681	08/12/2017	
	CU-2	730.631	5.918.702		
	CU-3	730.612	5.918.704		
	CU-4	730.647	5.918.693		
	CU-5	730.626	5.918.723		
Huenucheo	HUE-1	726.712	5.914.061		
	HUE-2	726.725	5.913.838		
	HUE-3	726.742	5.913.765		
	HUE-4	726.554	5.913.399		
	HUE-5	726.755	5.913.822		
	HUE-6	726.785	5.913.771		
La Gloria	LG-1	719.116	5.931.264		09/12/2017
	LG-2	719.067	5.931.251		
	LG-3	719.099	5.931.248		
	LG-4	719.063	5.931.261		
	LG-5	719.055	5.931.243		
Peñablanca	PE-1	717.164	5.933.948		
	PE-2	717.162	5.933.905		
	PE-3	716.826	5.933.535		
	PE-4	716.819	5.933.451		
	PE-5	716.811	5.933.418		
Los Cruceros	CRU1-1	725.573	5.918.967	20/12/2017	
	CRU1-2	725.561	5.918.959		
	CRU1-3	725.567	5.918.945		
	CRU2-1	726.025	5.919.644		
	CRU2-2	726.065	5.919.740		
	CRU2-3	726.049	5.919.508		
Chancal	CHA-1	719.905	5.911.394		
	CHA-2	719.906	5.911.422		
	CHA-3	719.887	5.911.483		

Tabla 16: Ubicación puntos TEM en la comuna de Quillón

Sector	Punto TEM	Este (m)	Norte (m)	Fecha
	CHA-4	719.979	5.911.736	
	CHA-5	719.922	5.911.779	
	CHA-6	719.935	5.911.690	
Queime	QUE-1	717.949	5.926.048	
	QUE-2	717.906	5.926.063	
	QUE-3	717.972	5.926.115	
	QUE-4	717.928	5.926.123	
	QUE-5	717.925	5.926.087	
Queime Alto	QUEA-1	717.262	5.924.636	
	QUEA-2	717.269	5.924.570	
	QUEA-3	717.266	5.924.549	
Las Heras	LAH-1	723.653	5.920.144	28/12/2017
	LAH-2	723.669	5.920.153	
Chillancito Escuela	CHI1-1	728.786	5.927.303	22/12/2017
	CHI1-2	728.782	5.927.242	
	CHI1-3	728.746	5.927.242	
	CHI1-4	728.703	5.927.354	28/12/2017

4.3.5.1 Sector El Culbén

El sector de El Culbén se encuentra emplazado en una microcuenca, en la cual fluye una quebrada permanente de agua, por lo que se seleccionó como sector de exploración mediante geofísica. El sector prospectado donde se midieron cinco estaciones TEM, se encuentra en el curso medio de la quebrada, el área se presenta más bien plana, con algunos lomajes, las prospecciones se realizaron cerca del curso de la quebrada, como se puede apreciar en la Figura 90 y Figura 91. Esta zona presenta explotación agrícola.

Figura 90. Localización en planta de puntos TEM en sector El Culbén, comuna de Quillón

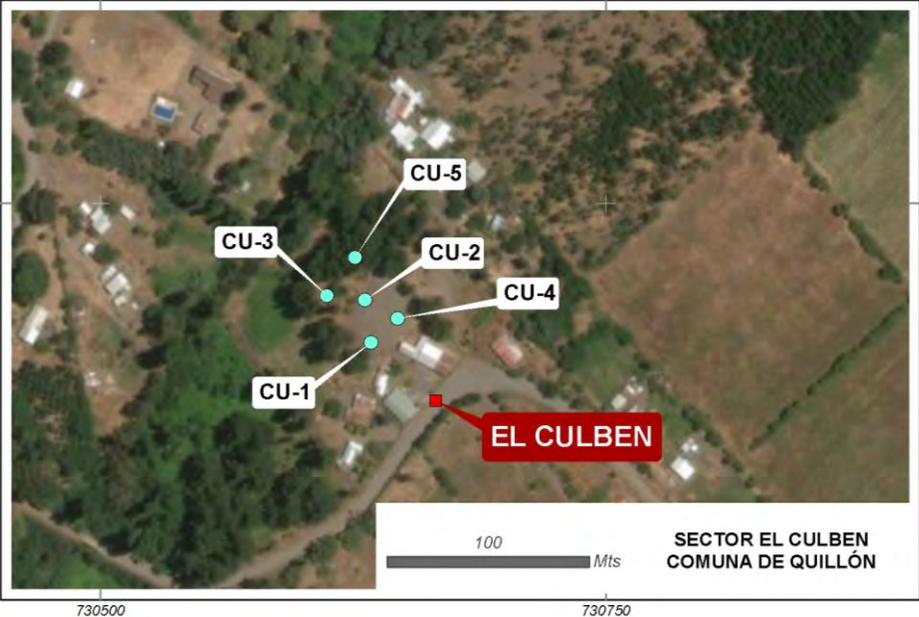


Figura 91. Fotografía de terreno en sector El Culbén, comuna de Quillón



4.3.5.2 Sector Huenucheo

El sector de Huenucheo se encuentra en el principio de la depresión intermedia, presentando un lomaje suave con algunos cerros cercanos y se emplaza junto a la ruta que une Quillón con Cabrero. En este sector se prospectaron cinco estaciones TEM con el objeto de estudiar los acuíferos profundos del sector (Figura 92 y Figura 93).

Figura 92: Localización en planta de puntos TEM en sector Huenucheo, comuna de Quillón

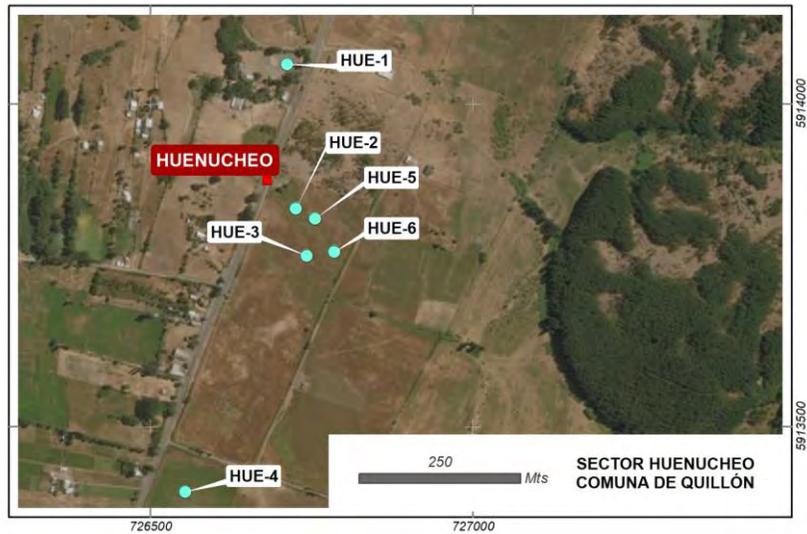


Figura 93: Fotografía de terreno en sector Huenucheo, comuna de Quillón



4.3.5.3 Sector La Gloria

El sector de La Gloria se ubica en la cordillera de la costa, en la confluencia de dos microquebradas en la ladera Sur del cerro Cayumanque. Esta zona presenta fuertes pendientes y se encuentra ubicada en la parte media del cerro antes mencionado, por lo que no se evidencia la existencia de secuencias saturadas profundas y se define la exploración de forma somera mediante cinco estaciones TEM (Figura 94 y Figura 95).

Figura 94: Localización en planta de puntos TEM en sector La Gloria, comuna de Quillón



Figura 95: Fotografía de terreno en sector La Gloria, comuna de Quillón



4.3.5.4 Sector Peñablanca

El sector de Peñablanca se encuentra en la cordillera de la Costa y presenta un relieve significativo, formado en parte por erosión fluvial. El área de prospección se encuentra sobre un interfluvio con una pendiente en aumento, donde se efectuó un barrido de cinco estaciones TEM con el fin de detectar las mejores condiciones hidrogeológicas en profundidad, como se puede apreciar en la Figura 96 y Figura 97.

Figura 96. Localización en planta de puntos TEM en sector Peñablanca, comuna de Quillón

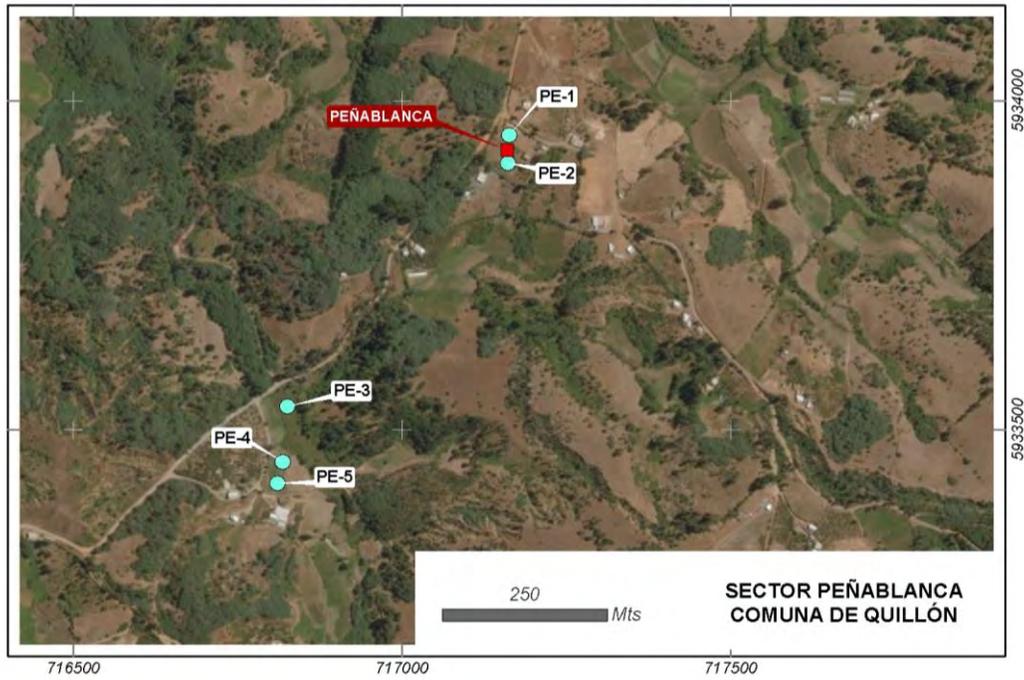


Figura 97. Fotografía de terreno en sector Peñablanca, comuna de Quillón



4.3.5.5 Sector Los Cruceros

El sector de Los Cruceros se encuentra en el principio de la depresión intermedia, donde presenta un lomaje suave, con algunos cerros cercanos, como se puede apreciar de la Figura 98, Figura 99 y Figura 100, donde se midieron seis estaciones TEM distribuidas en los sectores Crucero 1 y Crucero 2, con el objeto de investigar los acuíferos medio y profundos de este sector.

Figura 98: Localización en planta de puntos TEM en sector Los Cruceros, comuna de Quillón

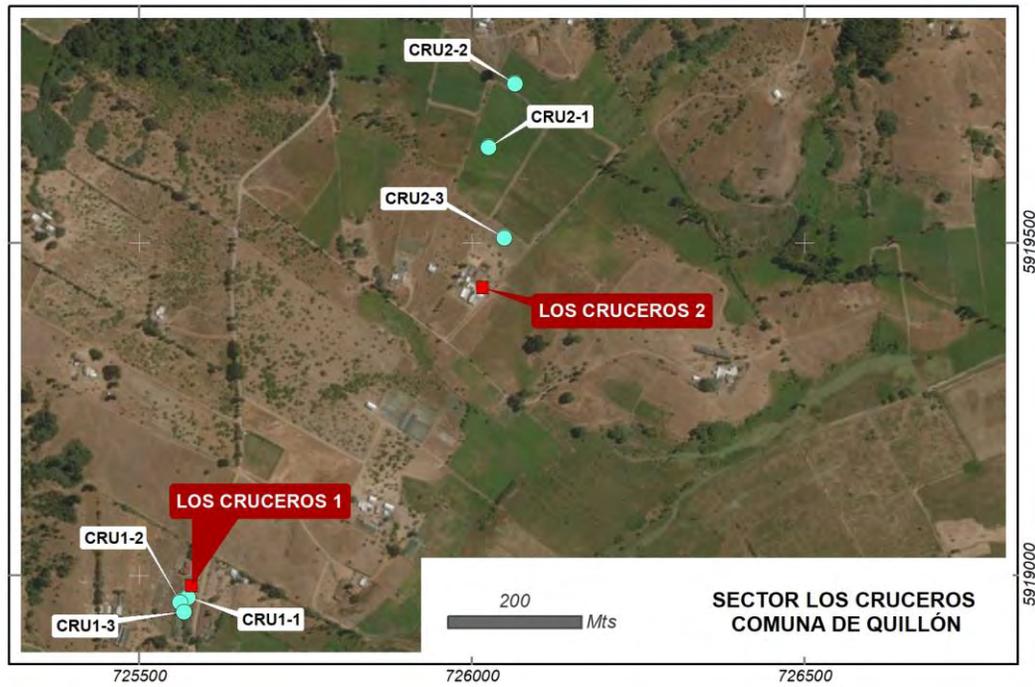


Figura 99: Fotografía de terreno en sector Los Cruceros, comuna de Quillón



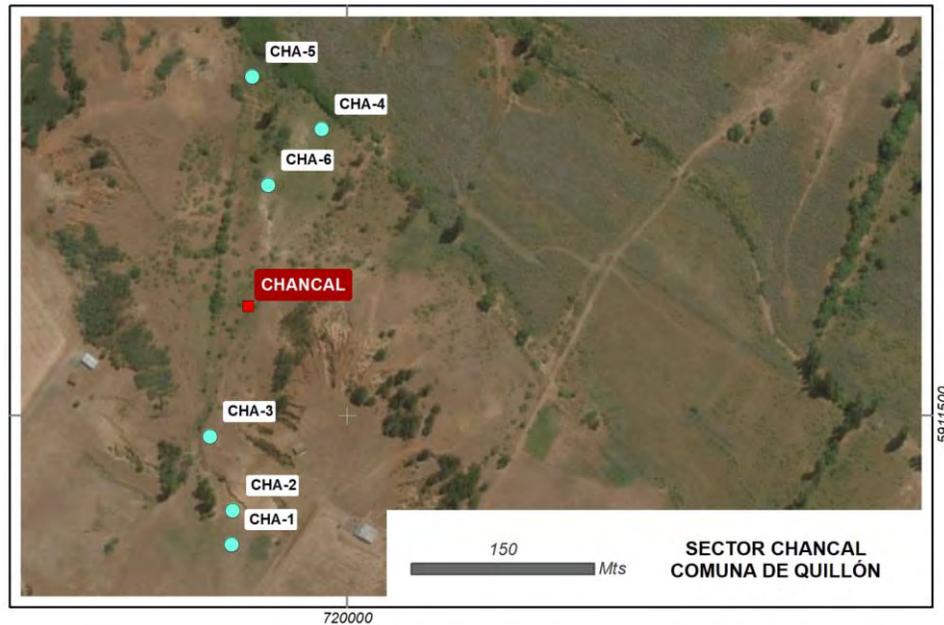
Figura 100: Fotografía de terreno en sector Los Cruceros, comuna de Quillón



4.3.5.6 Sector Chancal

El sector de Chancal se encuentra en el principio de la depresión intermedia, donde presenta un lomaje suave, donde se realizaron seis prospecciones TEM a lo largo de una micro quebrada de la zona, donde las condiciones hidrogeológicas son muy desfavorables.

Figura 101: Localización en planta de puntos TEM en sector Chancal, comuna de Quillón



4.3.5.7 Sector Queime

El sector de Queime se encuentra en un área de cerros y específicamente el área de prospección se ubica sobre un interfluvio con una baja pendiente la cual aumenta al acercarse a la quebrada. En esta área se definió la medición de cinco estaciones TEM en el sector de interfluvios asociados a potenciales rellenos favorables y además para la detección de roca debido a la cercanía a los cerros, como se puede apreciar en la Figura 102 y Figura 103.

Figura 102. Localización en planta de puntos TEM en sector Queime, comuna de Quillón

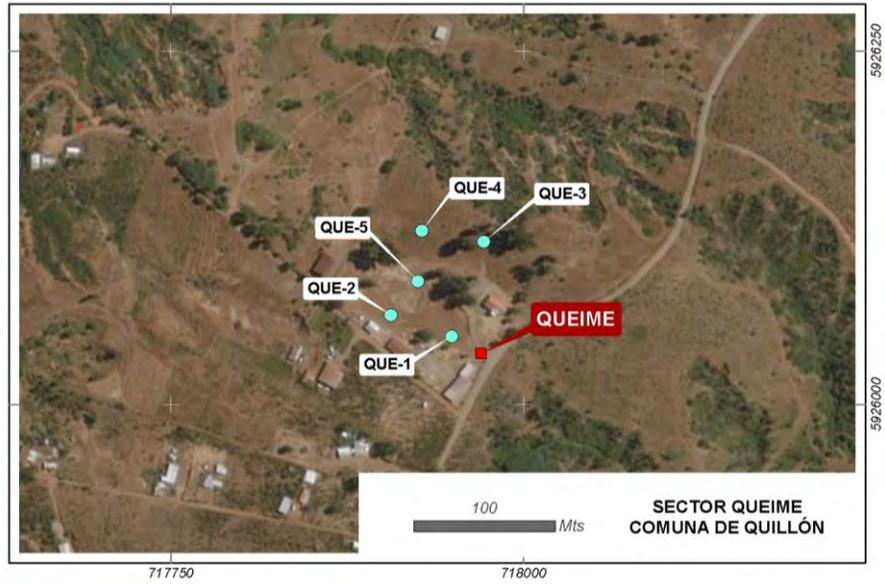


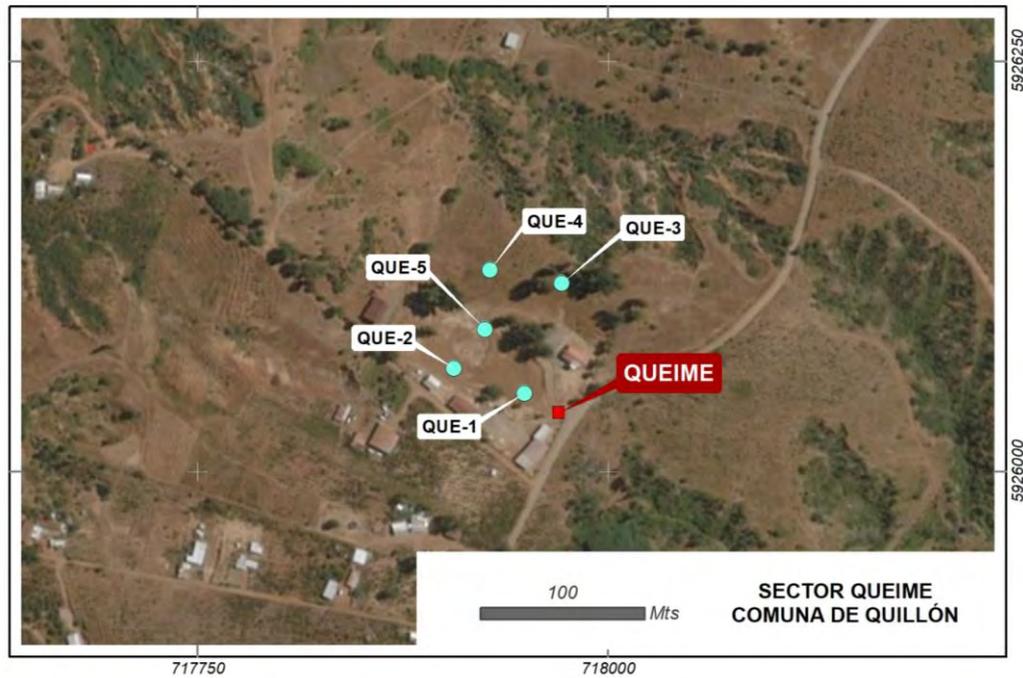
Figura 103. Fotografía de terreno en sector Queime, comuna de Quillón



4.3.5.8 Sector Queime Alto

El sector de Queime Alto se ubica en un sector de cerros, en la ladera este del cerro Caime (548 m.), en la cota 250 m. aproximadamente, cercano al nacimiento de una quebrada. El sector presenta una pendiente media y plantaciones agrícolas, con posibilidades muy bajas de encontrar agua. En este sector se midieron tres estaciones TEM.

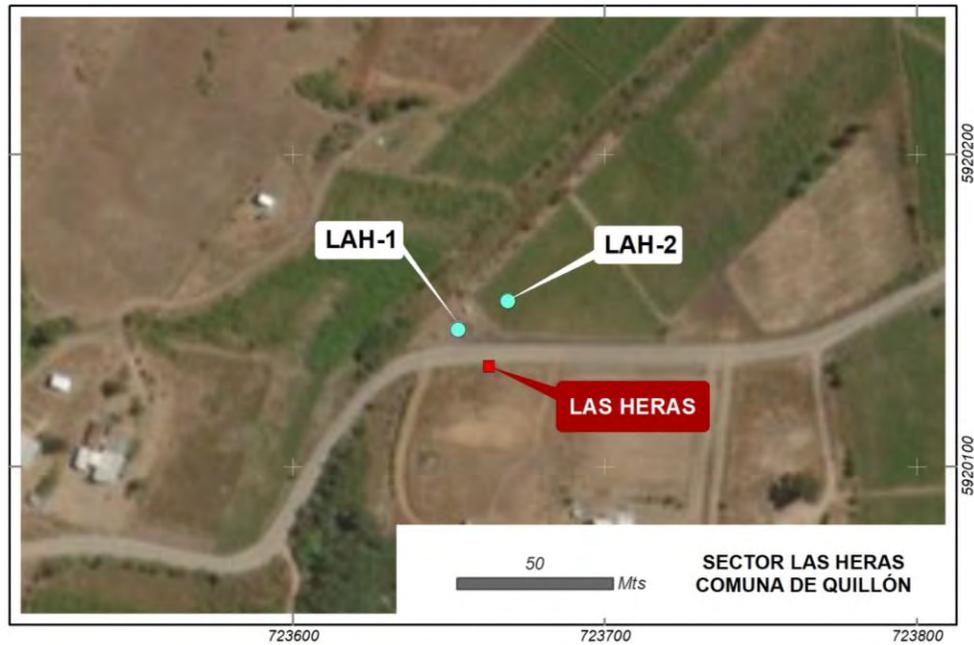
Figura 104: Localización en planta de puntos TEM en sector Queime Alto, comuna de Quillón



4.3.5.9 Sector Las Heras

El sector de Las Heras se encuentra en el principio de la depresión intermedia, presentando un lomaje suave, con algunos cerros cercanos, donde las posibilidades de encontrar agua son reducidas, por lo que se definió la medición de dos estaciones TEM.

Figura 105: Localización en planta de puntos TEM en sector Las Heras, comuna de Quillón



4.3.5.10 Sector Chillancito Escuela

El sector donde se localiza la Escuela de Chillancito corresponde a una zona rural con gran cantidad de viviendas concentradas. Se definieron cuatro puntos de prospección dentro del recinto de la escuela, para reconocer las condiciones hidrogeológicas presentes, debido a que a poca distancia de la escuela se encuentra la Laguna Avendaño y además pasa una quebrada intermitente de agua muy cerca de la escuela, entre esta y la laguna. El sector es plano y con mucha intervención antrópica, como se puede apreciar en Figura 106 y Figura 107.

Figura 106. Localización en planta de puntos TEM en sector Chillancito 1, comuna de Quillón



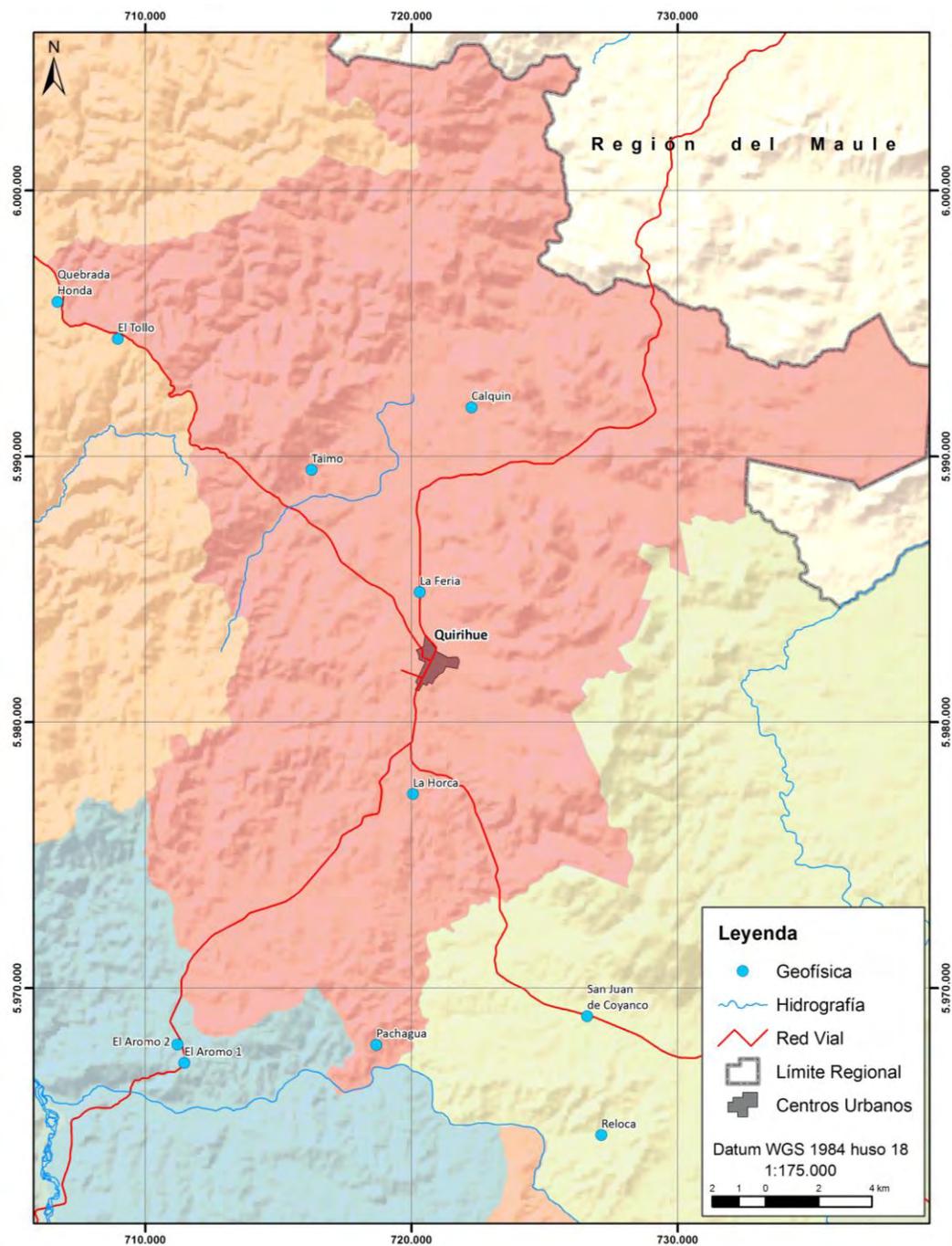
Figura 107. Fotografía de terreno en sector Chillancito 1, comuna de Quillón



4.3.6 Quirihue

Se realizaron mediciones geofísicas en el sector La Feria y Taimo el día 16 de diciembre del 2017, y en la Horca, Los Remates, Calquín y Pachagua el día 22 de diciembre del 2017, en la comuna de Quirihue. A continuación, se presenta un mapa con la ubicación de estas mediciones.

Figura 108 Mapa de ubicación de mediciones geofísicas comuna de Quirihue



En la tabla siguiente se resume el trabajo realizado en terreno, indicando para el sector la ubicación de cada punto TEM medidor. En las Figuras siguientes se muestra la ubicación en planta de cada sector.

Tabla 17: Ubicación puntos TEM en la comuna de Quirihue

Sector	Punto TEM	Este (m)	Norte (m)	Fecha
La Feria	LAF-1	720.240	5.984.003	16/12/2017
	LAF-2	720.224	5.983.973	
	LAF-3	720.207	5.984.039	
	LAF-4	720.163	5.984.005	
	LAF-5	720.296	5.984.872	
	LAF-6	720.305	5.984.894	
Taimo	TAI-1	716.235	5.989.492	
	TAI-2	716.068	5.989.512	
	TAI-3	716.141	5.989.528	
	TAI-4	716.149	5.989.478	
	TAI-5	716.288	5.989.493	
La Horca	LAH-1	720.048	5.977.301	22/12/2017
	LAH-2	720.069	5.977.221	
	LAH-3	720.042	5.977.228	
Los Remates	LOR-1	726.264	5.989.390	
	LOR-2	725.283	5.989.379	
	LOR-3	725.301	5.989.392	
	LOR-4	725.287	5.989.400	
	LOR-5	725.274	5.989.406	
Calquín	CAL-1	722.308	5.991.856	
	CAL-2	722.294	5.991.867	
	CAL-3	722.318	5.991.869	
	CAL-4	722.289	5.991.826	
	CAL-5	722.254	5.991.845	
Pachagua	PAC-1	718.676	5.967.869	
	PAC-2	718.687	5.967.905	
	PAC-3	718.685	5.967.893	
	PAC-4	718.675	5.967.908	

4.3.6.1 Sector La Feria

El sector de La Feria se ubica al norte de la ciudad de Quirihue y corresponde a una zona más bien plana con una muy baja pendiente, donde se presenta vegetación nativa cercana. En este sector se definió la medición de seis estaciones TEM, con el fin de detectar rellenos superficiales (Figura 109, Figura 110 y Figura 111).

Figura 109. Localización en planta de puntos TEM en sector La Feria, comuna de Quirihue

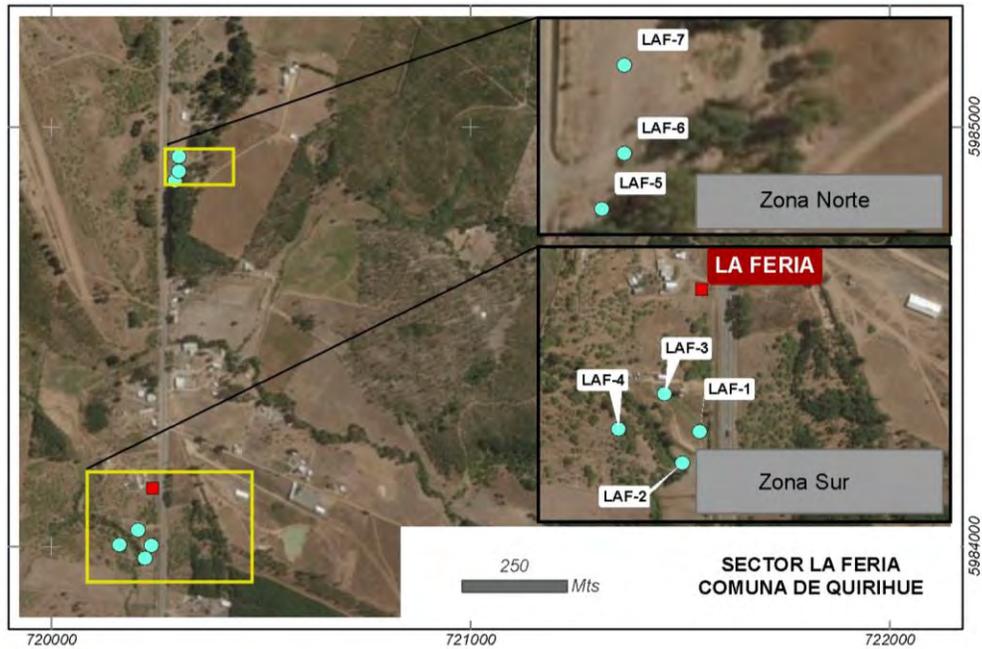


Figura 110. Medición TEM -sector La Feria, comuna de Quirihue



Figura 111. Medición TEM- sector La Feria, comuna de Quirihue



4.3.6.2 Sector Taimo

El sector de El Taimo se encuentra en la cordillera de la costa sobre el cerro Alto del Buitre (594 m.) en las faldas de la ladera Sur-Este, con pendiente media, donde se presenta una pequeña quebrada en la que se definió la realización de la campaña geofísica con mediciones de cinco estaciones TEM, como se puede apreciar en las siguientes Figuras.

Figura 112: Localización en planta de puntos TEM en sector Taimo, comuna de Quirihue

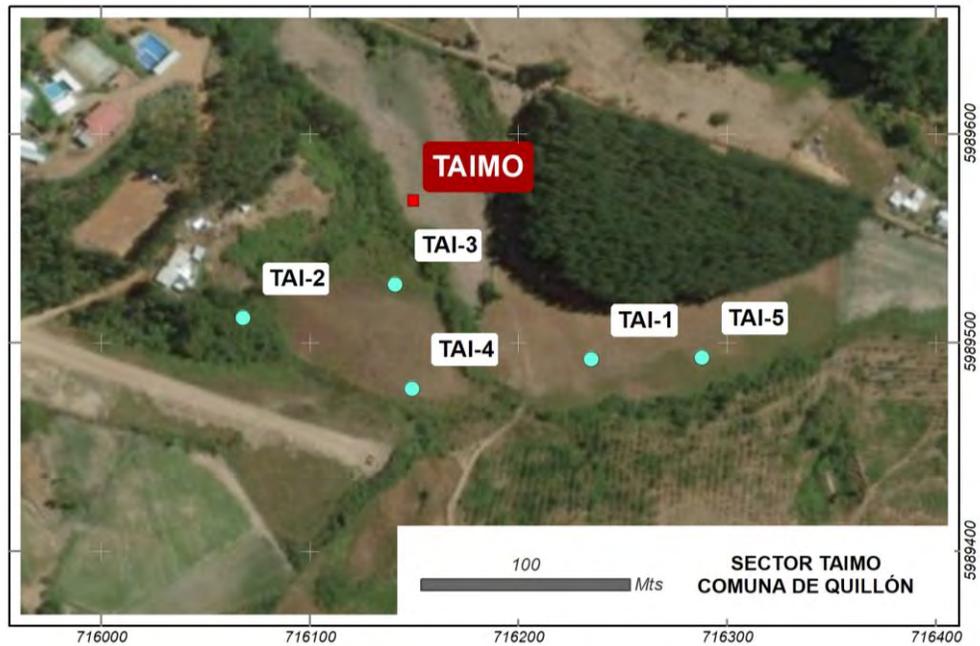


Figura 113: Fotografía de terreno en sector Taimo, comuna de Quirihue



Figura 114: Fotografía de terreno en sector Taimo, comuna de Quirihue



4.3.6.3 Sector La Horca

En el sector de La Horca se encuentra en la cordillera de la costa sobre el cerro La Horca (312 m.) en la ladera Nor-Este, en el interfluvio de dos cuencas, el sector presenta pendiente importante, donde los sitios de prospección se encuentran unos metros más arriba del lugar donde nacen algunas quebradas, como se puede apreciar en las Figuras siguiente, por lo cual la perspectiva de encontrar agua es muy reducida en este sector aportado por el Mandante.

Figura 115. Localización en planta de puntos TEM en sector La Horca, comuna de Quirihue.



Figura 116: Fotografía de terreno en sector La Horca, comuna de Quirihue



Figura 117: Fotografía de terreno en sector La Horca, comuna de Quirihue



4.3.6.4 Sector Los Remates

El sector de Los Remates se ubica en el fondo de la cuenca del estero Michay, por lo que el terreno se presenta más bien plano con algunos lomajes y con varios cerros rodeando el área, donde se desarrolló la prospección geofísica mediante la medición de cinco estaciones TEM, orientadas a ver la posibilidad de detectar algún espesor saturado mínimo como para albergar agua, como se puede observar en las Figuras siguientes

Figura 118: Localización en planta de puntos TEM en sector Los Remates, comuna de Quirihue



Figura 119. Fotografía de terreno en sector Los Remates, comuna de Quirihue.



Figura 120: Fotografía de terreno en sector Los Remates, comuna de Quirihue



4.3.6.5 Sector Calquín

El sector de Calquín se localiza dentro de la cuenca del río Calquín el cual nace en la cordillera de la costa, la cual rodea esta área, donde se presentan lomajes no muy pronunciados.

El sector donde se efectuaron las mediciones de cinco estaciones TEM se encuentra en la confluencia de dos quebradas, donde se distribuyen depósitos fluvioluviales, los cuales son de interés investigar.

Figura 121: Localización en planta de puntos TEM en sector Calquín, comuna de Quirihue

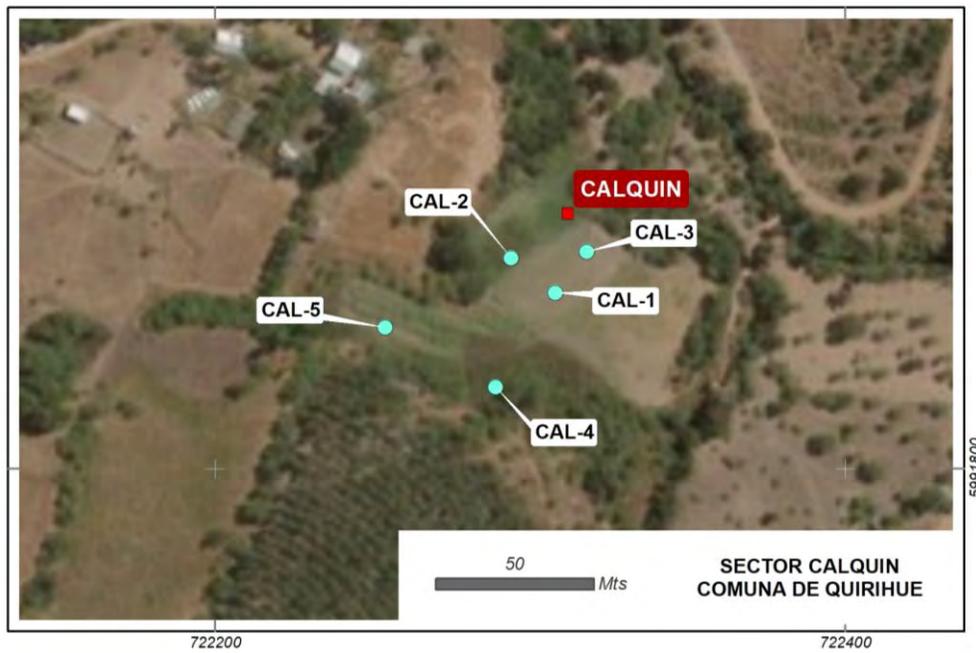


Figura 122: Fotografía de terreno en sector Calquín, comuna de Quirihue



Figura 123: Fotografía de terreno en sector Calquín, comuna de Quirihue



4.3.6.6 Sector Pachagua

El sector se ubica en la cordillera de la costa, en la ladera Sur del cerro La Gloria (235 msnm), la zona presenta pendientes importantes y se ubica junto a una quebrada intermitente, y se encuentra ubicado en una hondonada de la ladera del cerro mencionado, donde se efectuaron mediciones de cuatro estaciones TEM, las cuales son de interés investigar.

Figura 124: Localización en planta de puntos TEM en sector Pachagua, comuna de Quirihue

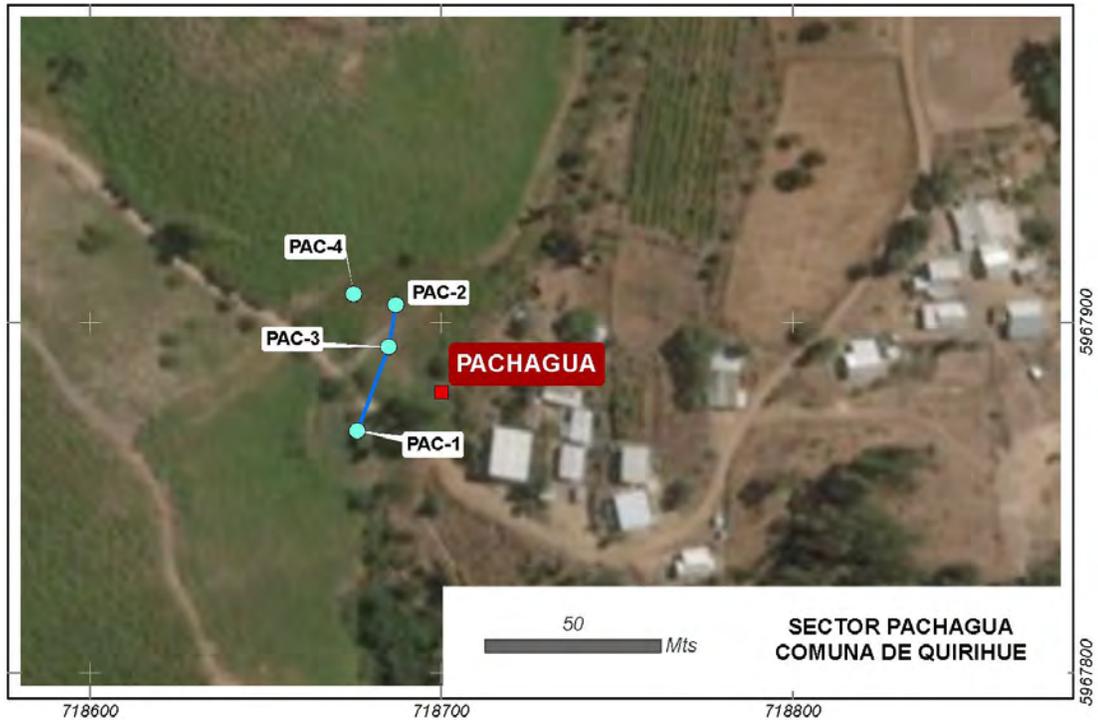
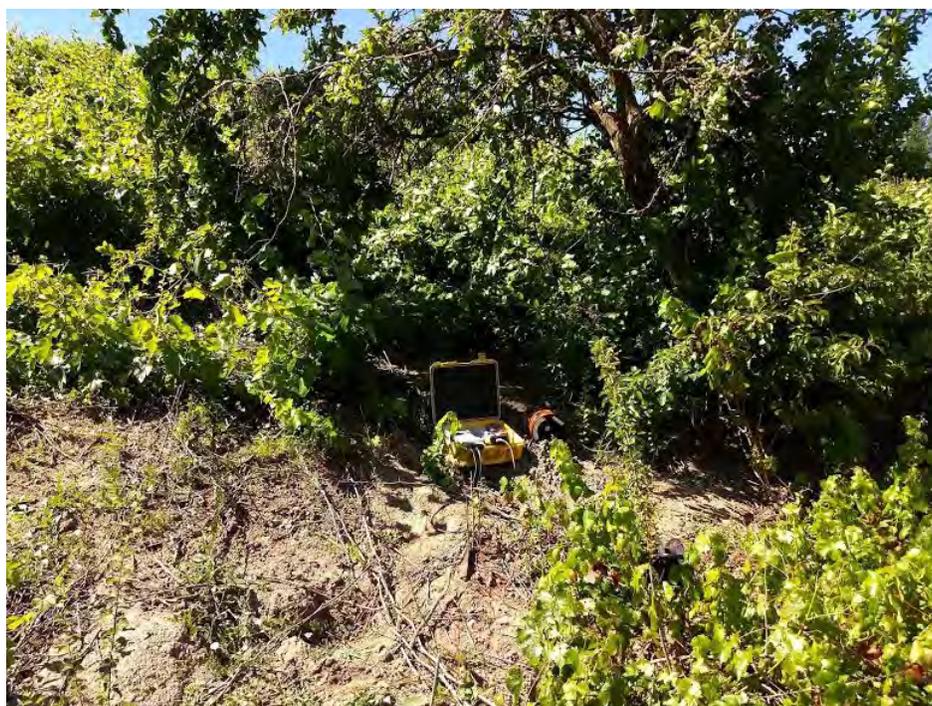


Figura 125: Fotografía de terreno en sector Pachagua, comuna de Quirihue



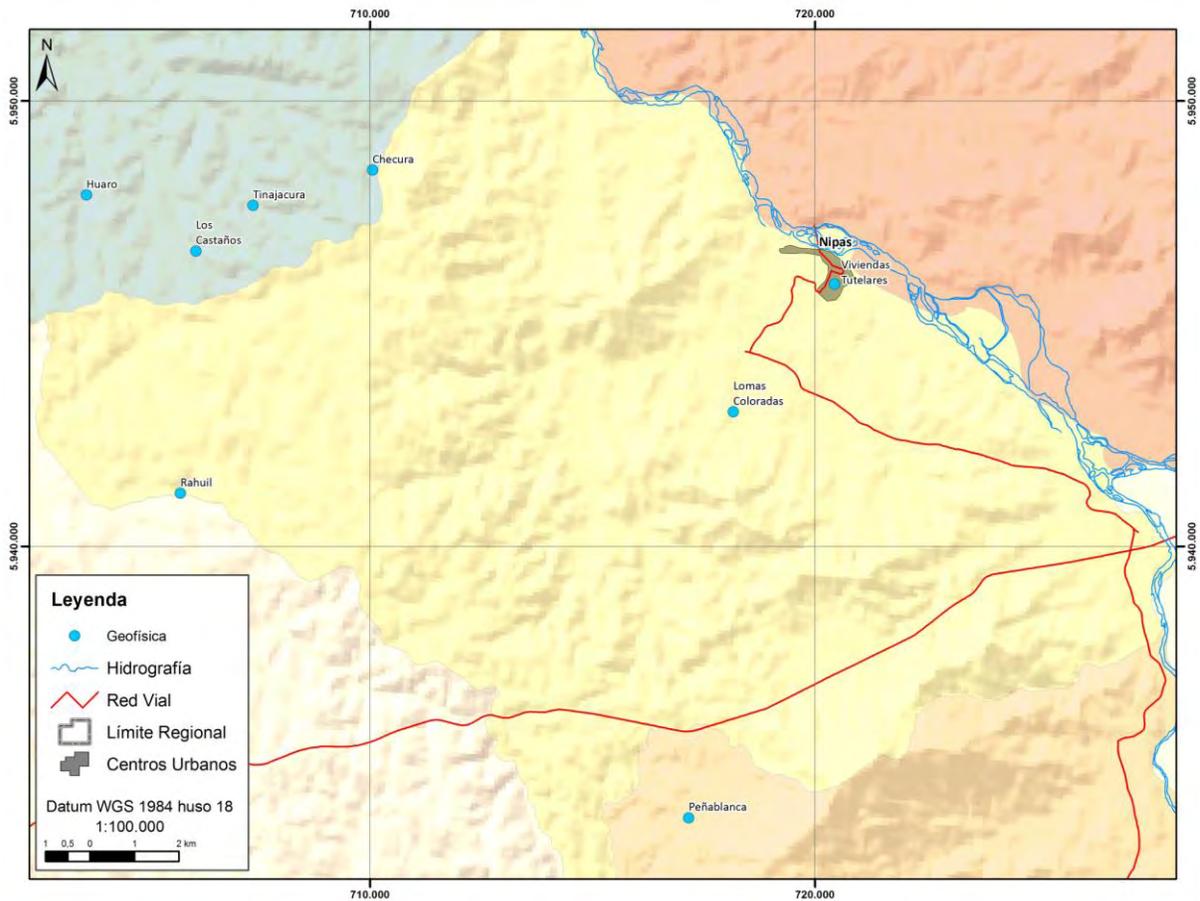
Figura 126: Fotografía de terreno en sector Pachagua, comuna de Quirihue



4.3.7 Ránquil

Se realizaron mediciones geofísicas en los sectores de Viviendas Tuteladas y Rahuil, el día 14 de diciembre del 2017, en Lomas Coloradas y Checura el día 15 de diciembre, de la comuna de Ránquil. A continuación, se presenta un mapa con la ubicación de estas mediciones.

Figura 127 Mapa de ubicación mediciones geofísicas comuna de Ránquil



En la tabla siguiente se resume el trabajo realizado en terreno, indicando para cada sector la ubicación de cada punto TEM medido. En las Figuras siguientes se muestra la ubicación en planta de cada sector.

Tabla 18: Ubicación puntos TEM en la comuna de Ránquil

Sector	Punto TEM	Este (m)	Norte (m)	Fecha
Viviendas Tuteladas	VI-1	720.373	5.945.978	14/12/2017
	VI-2	720.479	5.945.911	
	VI-3	720.466	5.945.877	
	VI-4	720.425	5.945.957	
	VI-5	720.436	5.945.893	
Rahuil	RA-1	705.693	5.941.213	
	RA-2	705.719	5.941.207	
	RA-3	705.743	5.941.193	
	RA-4	706.098	5.942.202	
	RA-5	706.110	5.942.194	
Lomas Coloradas	LOC-1	718.161	5.943.019	15/12/2017
	LOC-2	718.164	5.943.003	
	LOC-3	718.141	5.942.988	
	LOC-4	718.145	5.942.974	
	LOC-5	718.169	5.942.976	
Checura	CHE-1	710.056	5.948.451	
	CHE-2	710.050	5.948.436	
	CHE-3	710.094	5.948.432	
	CHE-4	710.089	5.948.402	
	CHE-5	710.113	5.948.413	

4.3.7.1 Sector Viviendas Tuteladas

El sector de Viviendas Tuteladas se localiza dentro del área urbana de la ciudad de Ñipas. Presenta un lomaje marcado y lo cruzan cursos de agua intermitentes, el sector se encuentra sin uso aparente. Se definió la realización de medición en cinco estaciones TEM con el fin de explorar en profundidad las condiciones del subsuelo, debido a la configuración existente asociada a la presencia de secuencias acuíferas profundas.

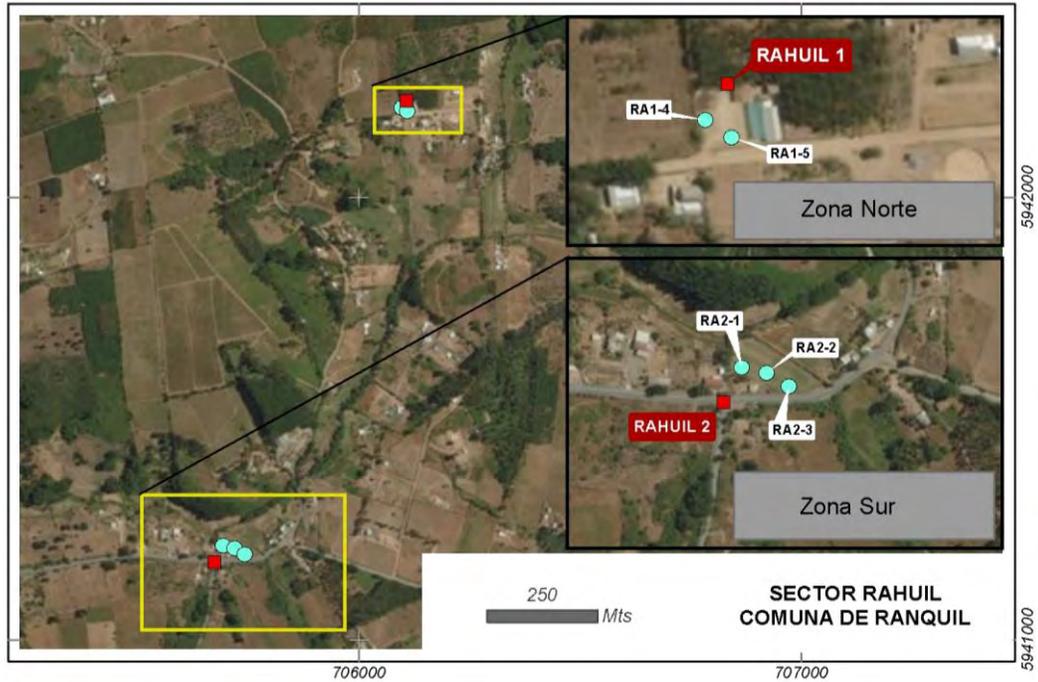
Figura 128. Localización en planta de puntos TEM en sector Viviendas Tuteladas, comuna de Ránquil



4.3.7.2 Sector Rahuil

El sector de Rahuil se ubica en la confluencia de dos quebradas, lo que la sitúa en un sector de relleno, el que se definió explorar mediante cinco estaciones TEM. El sitio escogido no presenta pendiente se encuentra a la falda de un cerro, el área es un terreno de uso agrícola, junto a la posta rural del sector, toda la zona es de explotación agrícola.

Figura 129. Localización en planta de puntos TEM en sector Rahuil, comuna de Ránquil



4.3.7.3 Sector Lomas Coloradas

El sector de Lomas Coloradas se ubica en un sector de colinas, cercano a una quebrada intermitente, con una pequeña pendiente, donde la presencia de aguas subterráneas es más escasa y se definió la medición de cinco estaciones TEM para detectar algún espesor somero saturado (Figura 130 y Figura 131).

Figura 130: Localización en planta de puntos TEM en sector Lomas Coloradas, comuna de Ránquil



Figura 131: Fotografía de terreno en sector Lomas Coloradas, comuna de Ránquil



4.3.7.4 Sector Checura

El sector de Checura se ubica en un sector de cerros, aun en la cordillera de la Costa, con pendientes importantes. La campaña geofísica se orientó a medir espesores someros de bajo rendimiento asociados a depósitos coluviales y aluviales de la quebrada presente (Figura 132, Figura 133 y Figura 134).

Figura 132: Localización en planta de puntos TEM en sector Checura, comuna de Ránquil



Figura 133: Fotografía de terreno en sector Checura, comuna de Ránquil



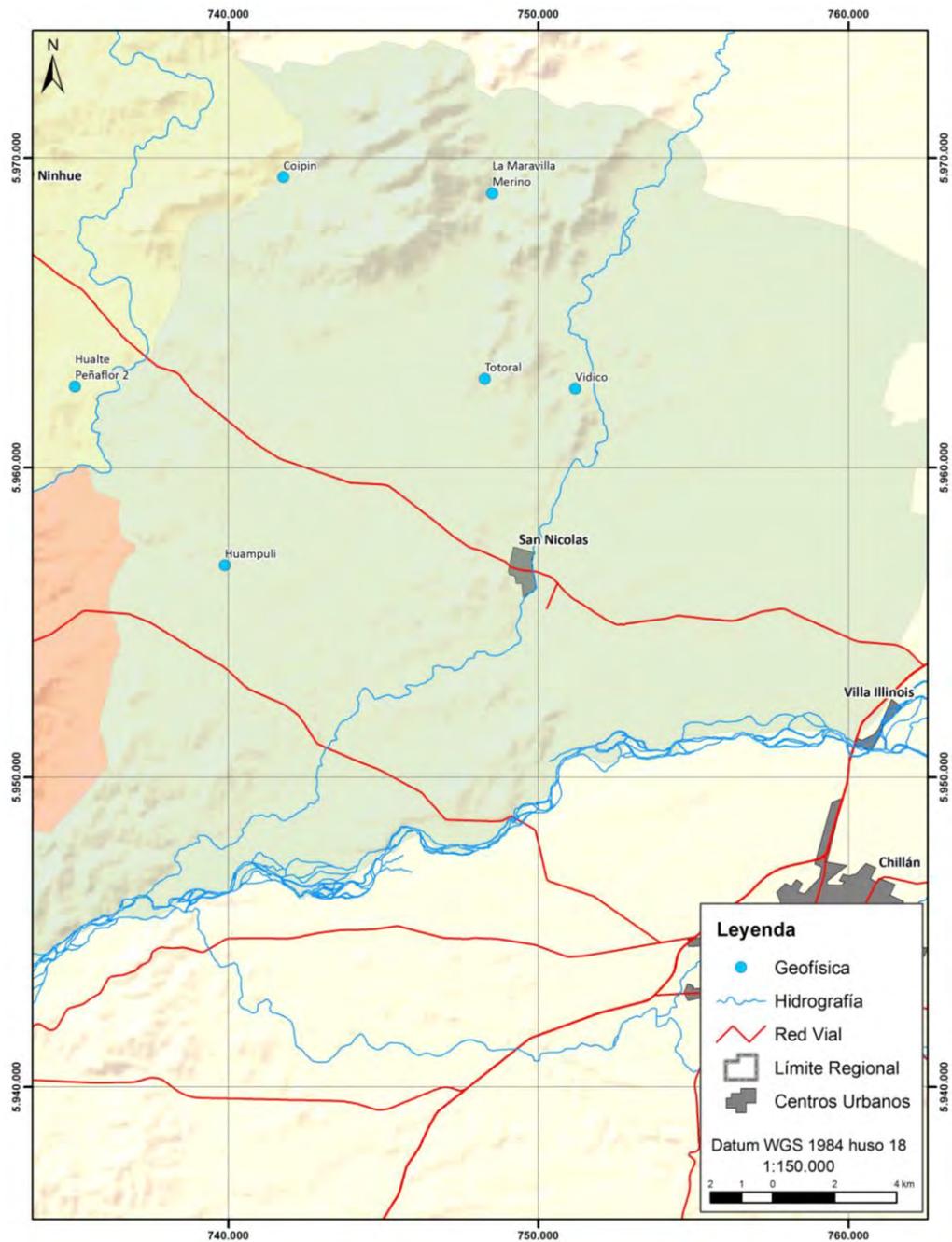
Figura 134: Fotografía de terreno en sector Checura, comuna de Ránquil



4.3.8 San Nicolás

Se realizaron mediciones geofísicas en los sectores de Coipín y La Maravilla, el día 19 de diciembre del 2017 y en Vidico, Totoral y Huampuli, el día 22 de diciembre del 2017, de la comuna de San Nicolás. A continuación, se presenta un mapa con la ubicación de estas mediciones.

Figura 135 Mapa de ubicación mediciones geofísicas comuna de San Nicolás



En la tabla siguiente se resume el trabajo realizado en terreno, indicando para cada sector la ubicación de cada punto TEM medido. En las Figuras siguientes se muestra la ubicación en planta de cada sector.

Tabla 19: Ubicación puntos TEM en la comuna de San Nicolás

Sector	Punto TEM	Este (m)	Norte (m)	Fecha
Coipín	COI-1	741.743	5.969.312	19/12/2017
	COI-2	741.797	5.969.392	
	COI-3	741.776	5.969.381	
	COI-4	741.704	5.969.388	
	COI-5	741.675	5.969.384	
La Maravilla	MA-1	748.494	5.968.819	19/12/2017
	MA-2	748.508	5.968.861	
	MA-3	748.571	5.968.901	
Vidico	VID-1	751.190	5.962.556	22/12/2017
	VID-2	751.221	5.962.532	
	VID-3	751.203	5.962.475	
	VID-4	751.172	5.962.503	
Totoral	TOT-1	748.300	5.962.868	22/12/2017
	TOT-2	748.333	5.962.889	
	TOT-3	748.273	5.962.882	
	TOT-4	748.271	5.962.869	
	TOT-5	748.282	5.962.910	
Huampuli	HUA-1	739.918	5.956.843	22/12/2017
	HUA-2	739.891	5.956.829	
	HUA-3	739.934	5.956.824	
	HUA-4	739.884	5.956.849	
	HUA-5	739.904	5.956.860	

4.3.8.1 Sector Coipín

El sector de Coipín se localiza junto al estero El Tiuque, con muy baja pendiente. El sector presenta algunos cerros de importancia, pero las zonas planas comienzan a predominar en el paisaje, como se puede apreciar en la Figura 136, Figura 137 y Figura 138. Se observa cerca del sector un tranque de acumulación de aguas, posiblemente para riego. En este sector se emplaza el Recinto de Agua Potable de Coipín con su pozo de abastecimiento, por lo que se definió explorar este sitio como punto de validación de geofísica y en sus alrededores para conocer las condiciones del subsuelo existente.

Figura 136. Localización en planta de puntos TEM en sector Coipín, comuna de San Nicolás

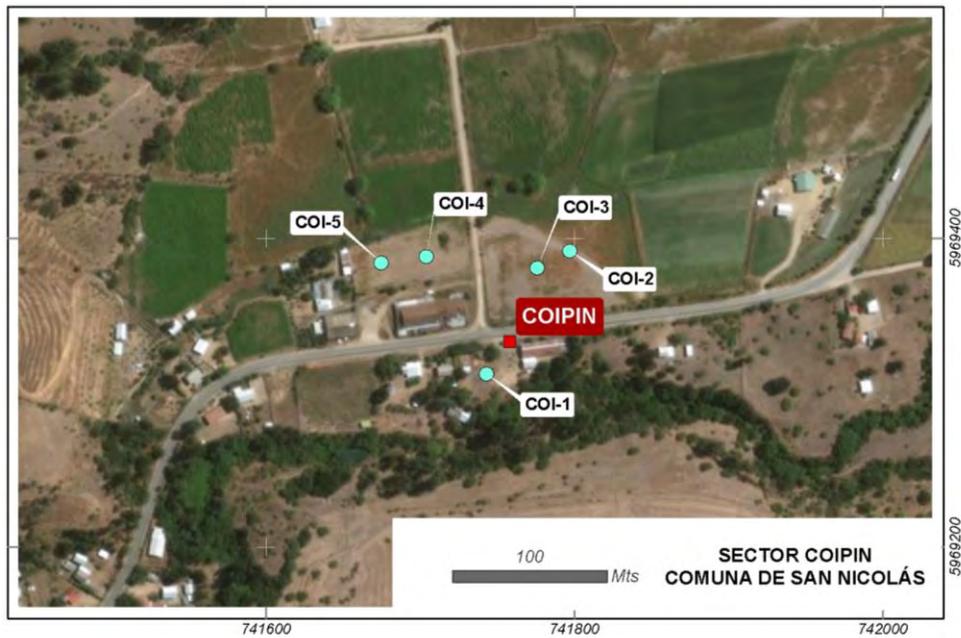


Figura 137. Fotografía de terreno en sector Coipín, comuna de San Nicolás.



Figura 138. Fotografía de terreno en sector Coipín, comuna de San Nicolás



4.3.8.2 Sector La Maravilla

El sector de La Maravilla se ubica junto al estero La Maravilla, en un sector rodeado de cerros desde donde nace este estero, el área donde se prospecto se encuentra en una angostura del estero, que presenta bajas pendientes y algunos lomajes, con posibilidades de albergar acuíferos reducidos y someros, donde se midieron tres estaciones TEM, como se puede observar en la Figura 139 y Figura 140.

Figura 139: Localización en planta de puntos TEM en sector La Maravilla, comuna de San Nicolás



Figura 140: Fotografía de terreno en sector La Maravilla, comuna de San Nicolás



4.3.8.3 Sector Vidico

El sector de Vidico se ubica en los últimos cordones de cerros de la cordillera de la Costa, donde esta se une a la depresión intermedia, próximo al río Changaral. El área de prospección se ubica en la ladera de un cerro, en un campo agrícola entre dos pequeñas quebradas que bajan del mismo cerro, donde presenta una pequeña pendiente. Este sector presenta muy malas condiciones hidrogeológicas. En este sector que contaba con autorización para medir se realizaron 4 mediciones TEM.

Figura 141: Localización en planta de puntos TEM en sector Vidico, comuna de San Nicolás



4.3.8.4 Sector Totoral

El sector de El Totoral ubicado en el portezuelo de un pequeño cordón de cerros, presenta una baja pendiente, se ubica en donde se une la cordillera de la Costa con la depresión intermedia. Este sector presenta malas condiciones hidrogeológicas y se definió la medición de cinco estaciones TEM para ver si se encontraba algún espesor mínimo para albergar agua (Figura 142 y Figura 143).

Figura 142: Localización en planta de puntos TEM en sector Totoral, comuna de San Nicolás

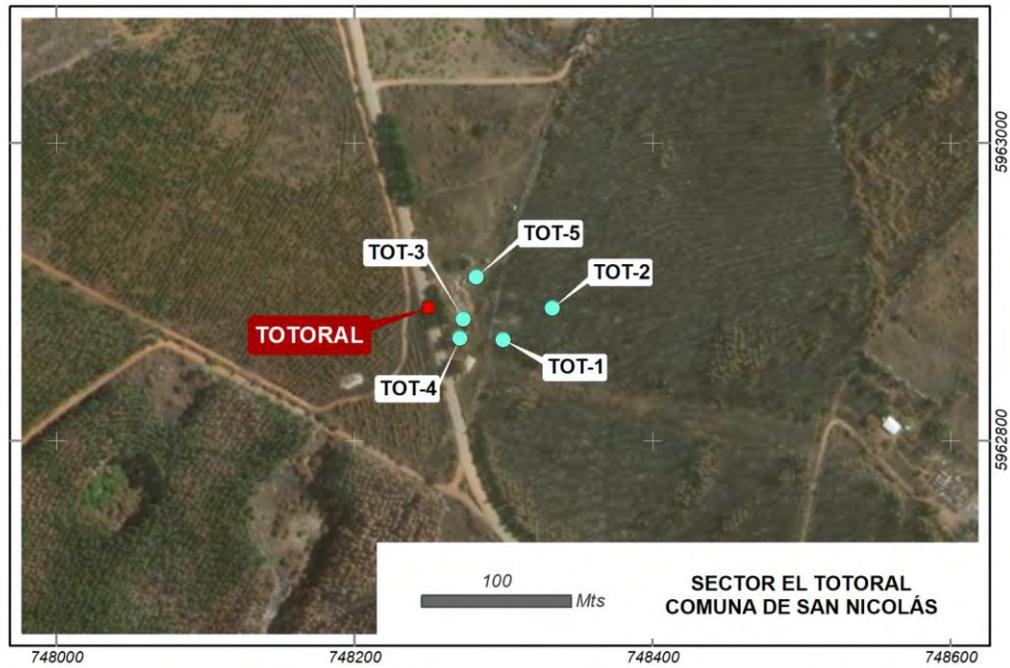


Figura 143: Fotografía de terreno en sector Totoral, comuna de San Nicolás



4.3.8.5 Sector Huampuli

El sector de Huampuli se presenta con un pequeño lomaje, aunque predominan los sectores planos, como se puede apreciar en la Figura 145. El sector presenta plantaciones forestales en las proximidades. En este sector se definió la medición de 5 estaciones TEM con el fin de conocer las condiciones acuíferas en profundidad dado el marco geomorfológico presente.

Figura 144. Localización en planta de puntos TEM en sector Huampuli, comuna de San Nicolás

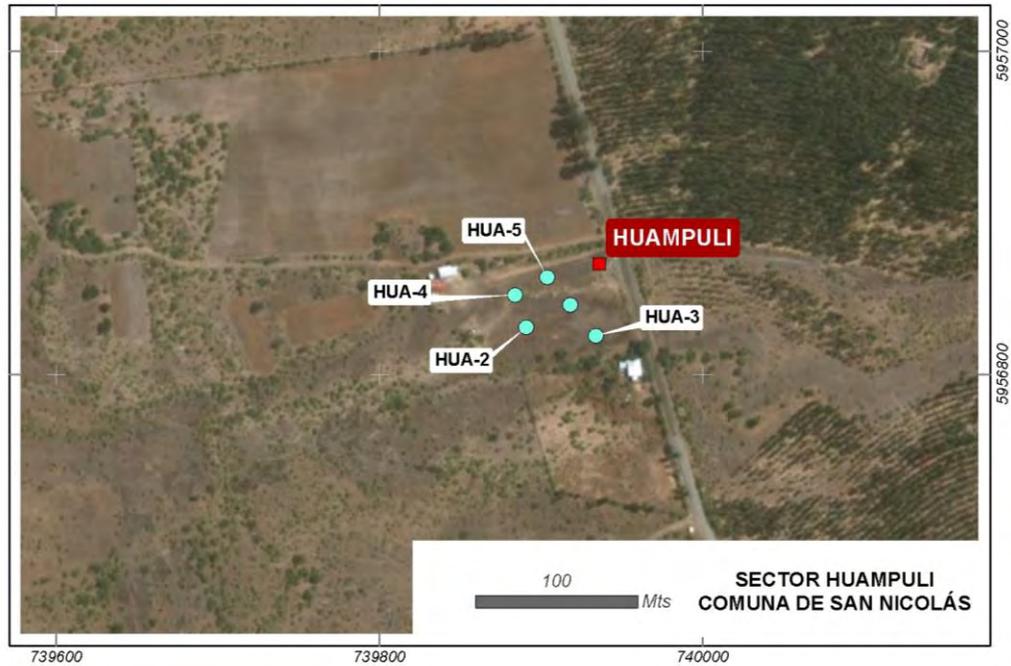


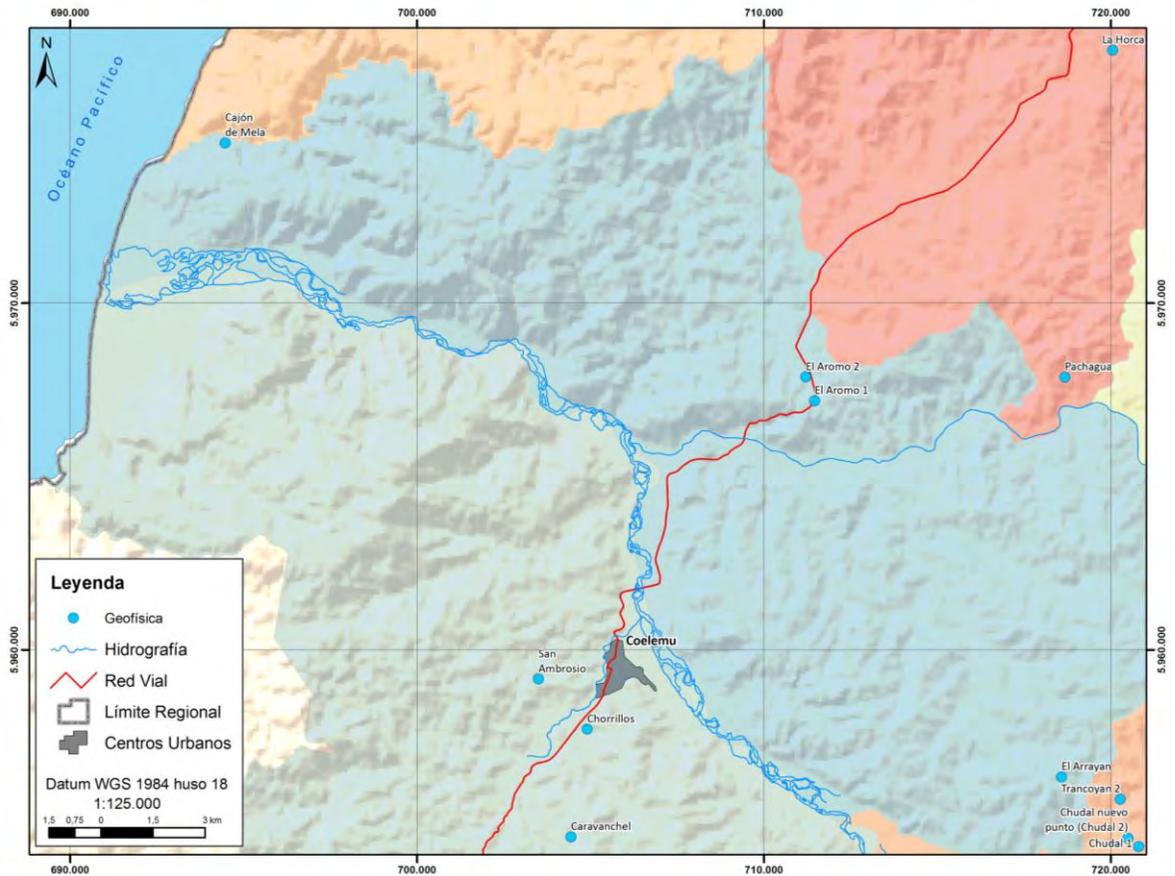
Figura 145. Fotografía de terreno en sector Huampuli, comuna de San Nicolás



4.3.9 Trehuaco

Se realizaron mediciones geofísicas en el sector de El Aromo 1, el día 13 de diciembre del 2017, Cajón de Mela, El Arrayan y El Aromo 2, el día 21 de diciembre del 2017, en la comuna de Trehuaco. A continuación, se presenta un mapa con la ubicación de estas mediciones.

Figura 146 Mapa de ubicación mediciones geofísicas comuna de Trehuaco



En la tabla siguiente se resume el trabajo realizado en terreno, indicando para el sector la ubicación de cada punto TEM medido. En las Figuras siguientes se muestra la ubicación en planta del sector.

Tabla 20: Ubicación puntos TEM en la comuna de Trehuaco

Sector	Punto TEM	Este (m)	Norte (m)	Fecha
El Aromo 1	ARO-1	711.433	5.967.139	13/12/2017
	ARO-2	711.459	5.967.130	
	ARO-3	711.489	5.967.160	
	ARO-4	711.473	5.967.206	
	ARO-5	711.459	5.967.187	
Cajón de Mela	CAM1-1	694.879	5.974.651	21/12/2017
	CAM1-2	694.891	5.974.708	
	CAM1-3	694.880	5.974.687	
	CAM1-4	694.850	5.974.778	

Tabla 20: Ubicación puntos TEM en la comuna de Trehuaco

Sector	Punto TEM	Este (m)	Norte (m)	Fecha
	CAM1-5	694.854	5.974.755	
	CAM2-1	694.500	5.974.632	
	CAM2-2	694.473	5.974.611	
	CAM2-3	694.468	5.974.625	
El Arrayán	ARR-1	718.585	5.956.336	
	ARR-2	718.637	5.956.362	
	ARR-3	718.632	5.956.354	
El Aromo 2	ARO2-1	711.235	5.967.875	
	ARO2-2	711.207	5.967.874	
	ARO2-3	711.243	5.967.811	
	ARO2-4	711.259	5.967.773	
	ARO2-5	711.219	5.967.860	

4.3.9.1 Sector Cajón de Mela

El sector de Cajón de Mela se emplaza en un valle angosto, por el cual pasa el Estero Mela el que desemboca en el mar a pocos kilómetros. El valle está rodeado de cerros de la Cordillera de la Costa, presentándose plano en el fondo, con vastas zonas de explotación agrícola, como se puede apreciar en la Figura 147, Figura 148 y Figura 149. En este sector dadas las condiciones de nacientes, se definió efectuar una corrida de 9 mediciones TEM, con el fin de recorrer el valle a lo largo de toda su extensión, de acuerdo a los permisos existentes.

Figura 147. Localización en planta de puntos TEM en sector Cajón de Mela, comuna de Trehuaco

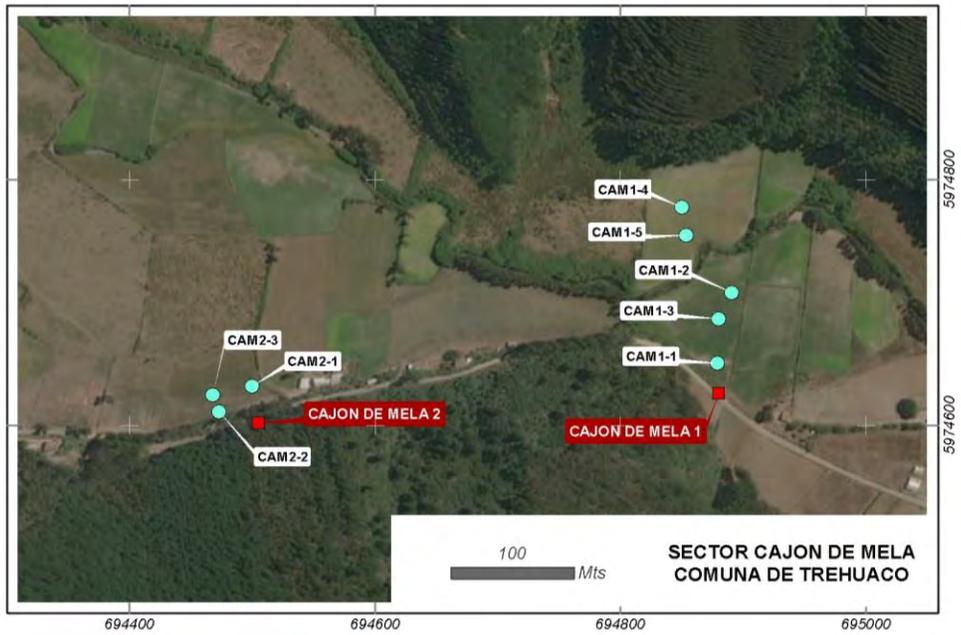


Figura 148. Campaña Geofísica mediante TEM, valle Cajón de Mela, comuna de Trehuaco



Figura 149. Valle de Cajón de Mela, comuna de Trehuaco



4.3.9.2 Sector El Aromo 1

El sector de El Aromo 1 o también referido como Aromo Original se ubica junto al camino que une Trehuaco con Quirihue, el sector se presenta con cerros, ya que se encuentra inserto en la Cordillera de la Costa. El sector donde se efectuaron las cinco prospecciones TEM, se encuentra en un portezuelo donde se forma una planicie. Este sector se definió como potencial medición para detectar mayores espesores en acuíferos someros (Figura 150).

Figura 150: Localización en planta de puntos TEM en sector El Aromo 1, comuna de Trehuaco



4.3.9.3 Sector El Aromo 2

El sector de El Aromo 2, se ubica a casi un kilómetro en dirección a Quirihue de El Aromo 1, el sector presenta un lomaje suave con baja pendiente, el área presenta plantaciones forestales. Se efectuaron cinco mediciones TEM en este sector, como se puede apreciar en las siguientes Figuras.

Figura 151: Localización en planta de puntos TEM en sector El Aromo 2, comuna de Trehuaco



Figura 152: Fotografía de terreno en sector El Aromo 2, comuna de Trehuaco



Figura 153: Fotografía de terreno en sector El Aromo 2, comuna de Trehuaco



4.3.9.4 Sector El Arrayán

El sector de El Arrayán se encuentra en la cordillera de la Costa, junto a una quebrada en la ladera Este del cerro, el sector presenta una pequeña planicie con una pendiente baja, en donde se realizaron las tres mediciones TEM, como se puede apreciar en las siguientes figuras. La campaña se orientó a definir la existencia de acuíferos someros.

Figura 154: Localización en planta de puntos TEM en sector El Arrayán, comuna de Trehuaco

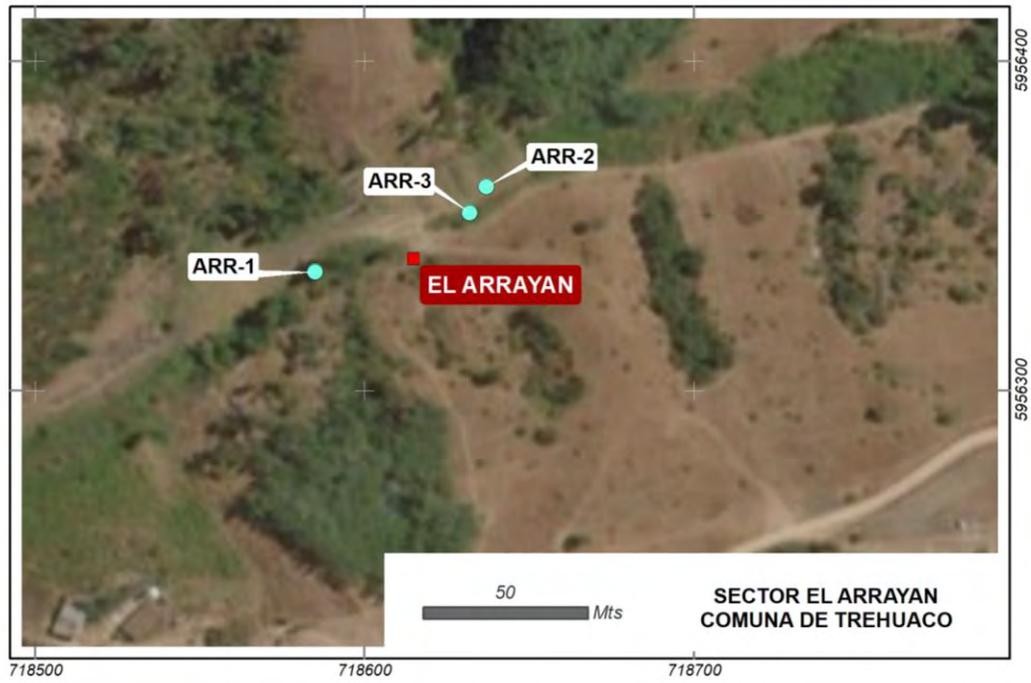


Figura 155: Fotografía de terreno en sector El Arrayán, comuna de Trehuaco



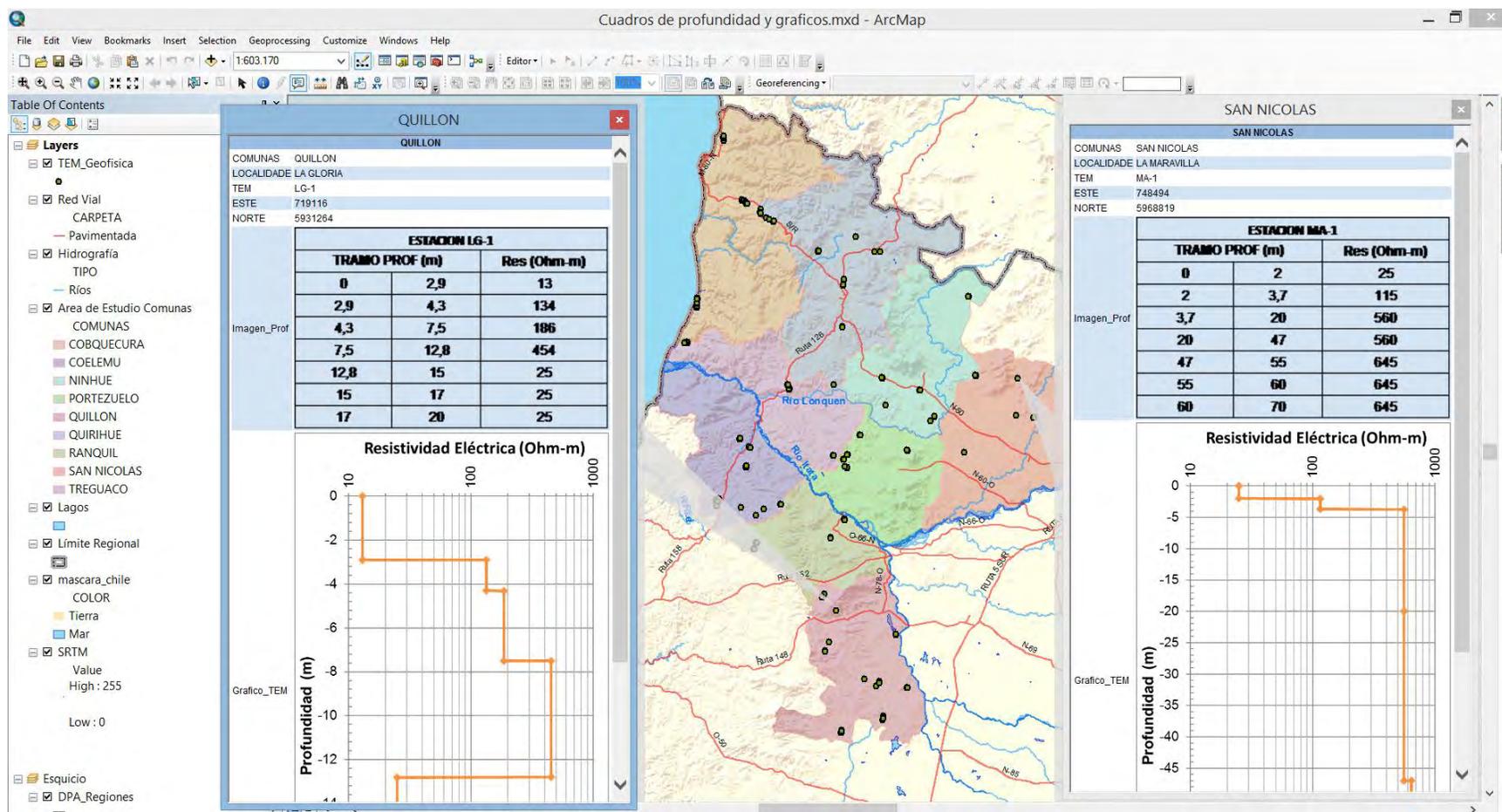
Figura 156: Fotografía de terreno en sector El Arrayán, comuna de Trehuaco



4.4 Resultados obtenidos.

Los resultados de la campaña de terreno geofísica corresponden a modelos de resistividad eléctrica versus profundidad para cada uno de puntos donde se realizó TEM, para cada sector y comuna. Para la presentación y lectura de esta información se ha elaborado un proyecto SIG (archivo mxd) denominado "cuadros de profundidad y gráficos". La información se despliega según se muestra en la Figura 157. El modo de uso se presenta en el capítulo 7.

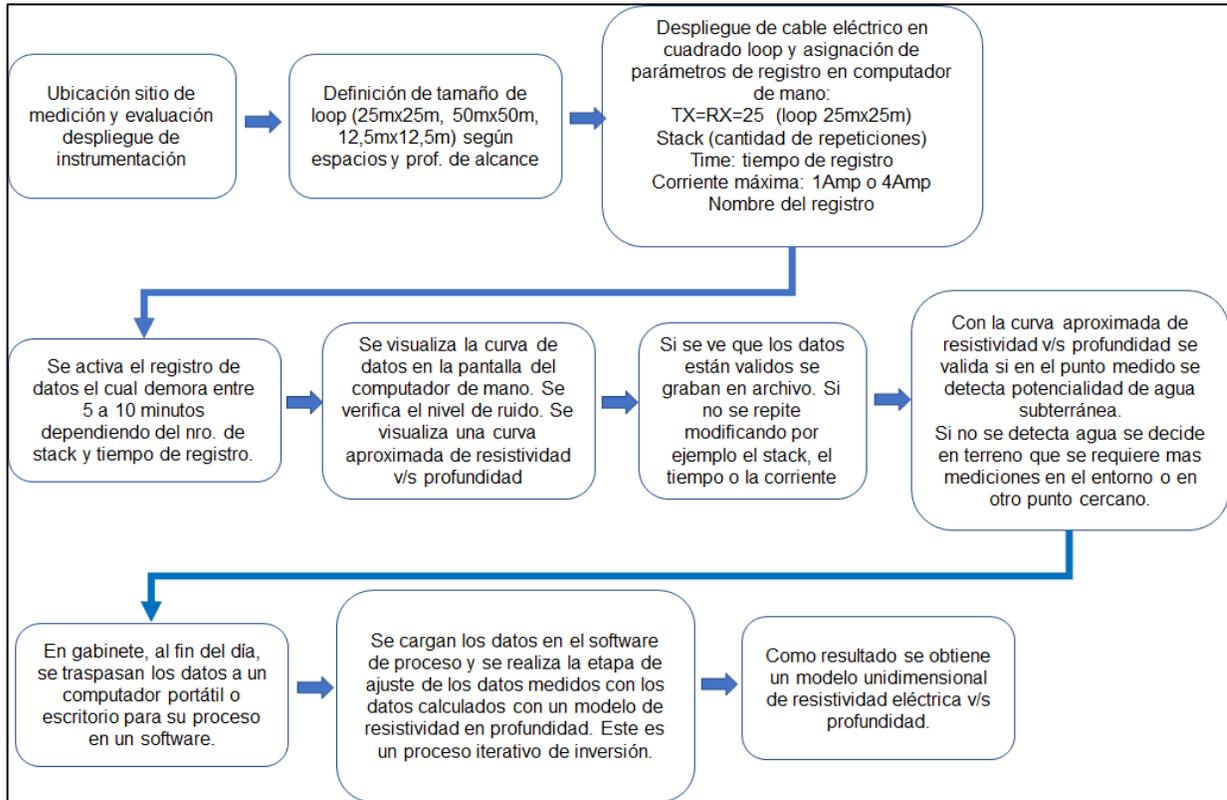
Figura 157. Ejemplo de presentación de resultados de terreno.



4.4.1 Ejemplo de proceso completo para un registro obtenido en terreno

Se presenta a continuación una secuencia del proceso de registro y procesamiento de datos para uno de los registros obtenidos en la campaña. La secuencia resumen se presenta en la figura siguiente:

Figura 158. Esquema con la secuencia de pasos en el proceso de medición y procesamiento de registro datos TEM.



A continuación, se muestran más detalles de esta secuencia para uno de los registros obtenidos en la localidad de Huenucheo, comuna de Quillón.

a) Localización punto HUE-1 en Huenucheo

Se localiza el sitio de medición definido se evalúa la factibilidad para medir (espacios, cercos, estructuras, cables eléctricos) y se despliega la instrumentación.

Figura 159. Localización sitio punto de medición TEM HUE-1 y despliegue instrumentación, sector Huenucheo, Quillón.

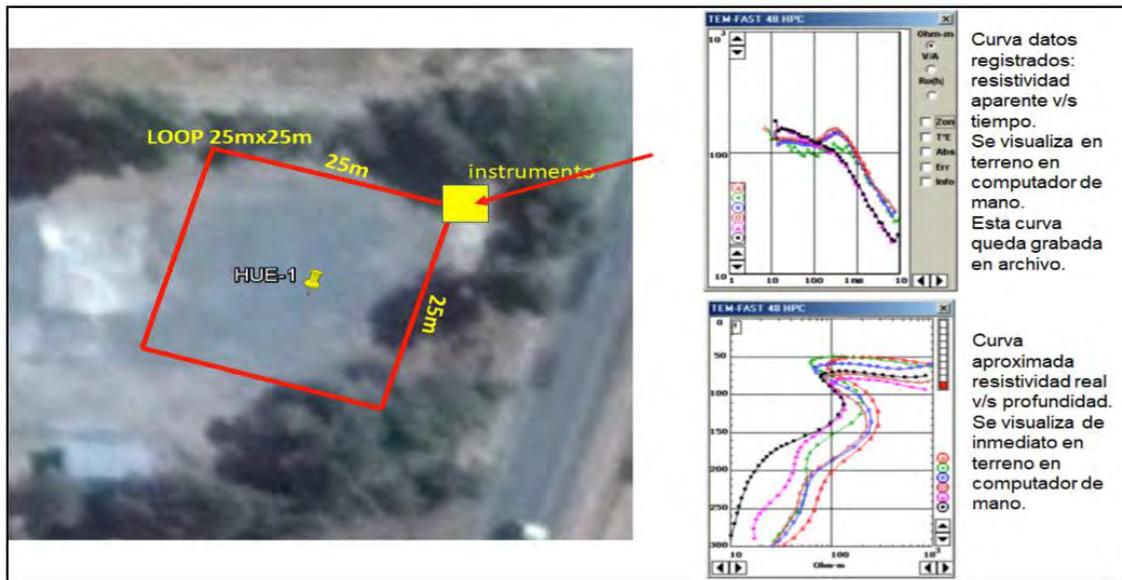


b) Obtención de datos.

Se ingresan los parámetros de registro al instrumento y se realiza el registro de datos obteniéndose curvas de resistividad aparente v/s profundidad como el ejemplo de la Figura (es un ejemplo ya que el registro real en pantalla ya no está disponible).

Se visualiza la curva aproximada de resistividad eléctrica v/s profundidad que se obtiene en terreno para evaluar si se está detectando agua subterránea (resistividades entre 8 a 50 Ohm-m).

Figura 160. Geometría del circuito de medición y ejemplo de curva de datos visualizada en computador de mano de terreno. Ejemplo de visualización en terreno de modelo aproximado de resistividad v/s profundidad



c) Procesamiento datos en computador

Los datos grabados en computador de mano de terreno (nomad) son traspasados a un computador portátil. Los datos se cargan al software de procesamiento que realiza la inversión o ajuste del modelo de estratificado de resistividades eléctricas en profundidad.

Figura 161. Esquema de paso de proceso de procesamiento de datos TEM desde traspaso de datos a computador a obtención de modelo de resistividades v/s profundidad.

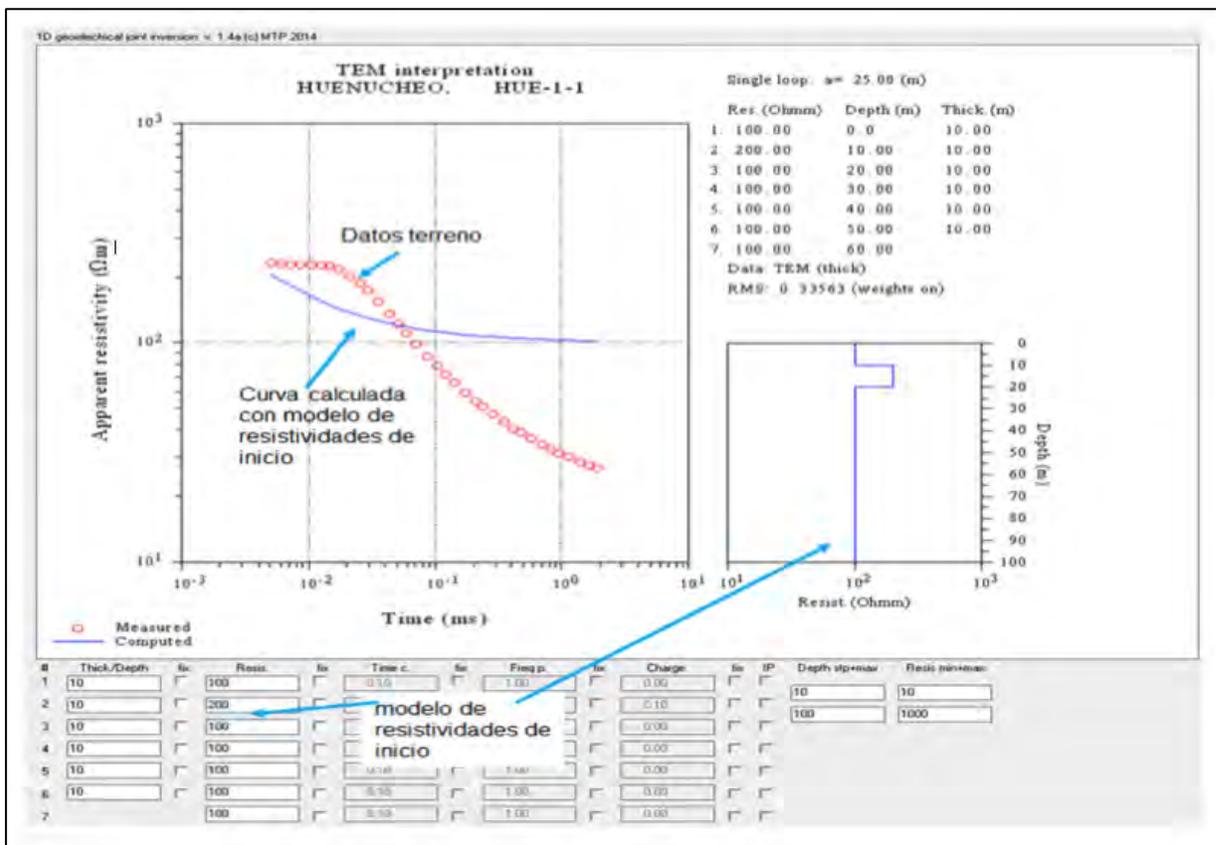


Existen varios softwares de procesamiento de datos TEM., los que han desarrollado los fabricantes de los equipos y otros softwares comerciales para distintos equipos. En este caso se dispone del software TEM-RESEARCH del fabricante del equipo AEMR y el software JoinTEM desarrollado en una universidad (Universidad Oulu, Finlandia).

A continuación, se muestran pasos de inversión en el software JoinTEM.

1) Se cargan los datos en el software y se define un modelo de resistividades en profundidad. Se definen 7 estratos de cierto espesor y se le asigna un valor de resistividad eléctrica. Con este modelo, el software calcula una curva de resistividades aparentes v/s tiempo, la que se compara con la curva medida en terreno.

Figura 162. Carga de datos en software y primero modelo de resistividades de inicio



2) Proceso iterativo de ajuste modelo de resistividades

Lo que hace el software en el proceso iterativo es: dado un modelo estratificado de resistividades eléctricas (espesores y resistividades) calcula una curva de resistividades aparentes v/s tiempo simulando lo que mediría el instrumento. El software compara la curva de resistividades aparentes

calculada con la medida en terreno. Calcula las diferencias (error). Según el valor de las diferencias modifica el modelo estratificado de resistividades y repite el cálculo de las resistividades aparentes y vuelve a comparar con la curva de terreno. Calcula nuevamente un error y repite el proceso hasta que se alcance un error aceptable (2% o 5% por ejemplo).

A continuación de muestra una etapa intermedia de las iteraciones y la etapa final.

Figura 163. Etapa intermedia de ajuste modelo de resistividades v/s profundidad en proceso iterativo realizado por el software de proceso.

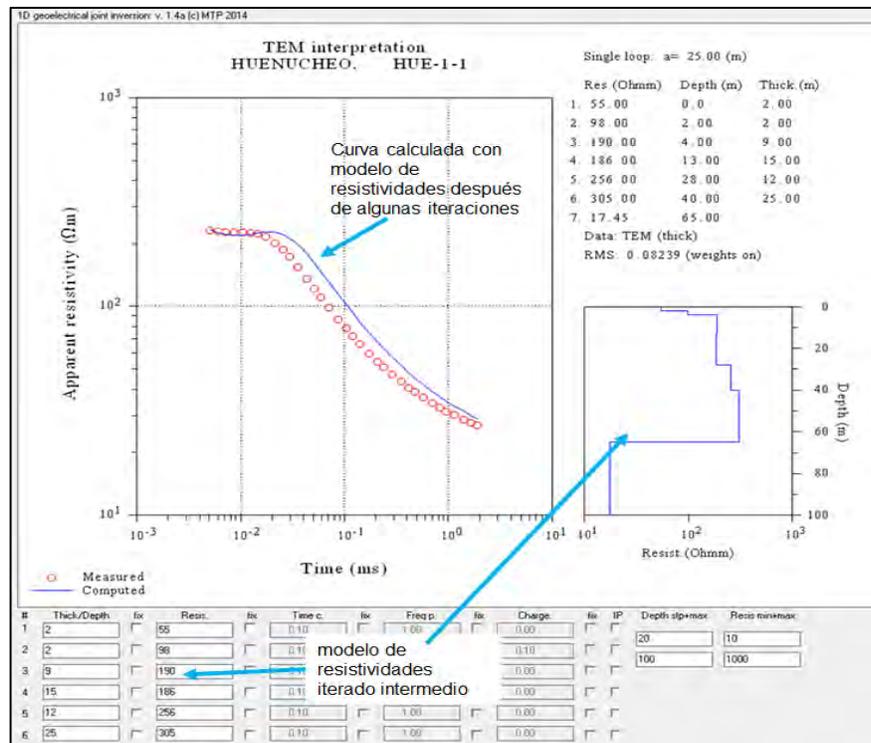


Figura 164. Resultado ajuste final del modelo de resistividades en proceso iterativo.

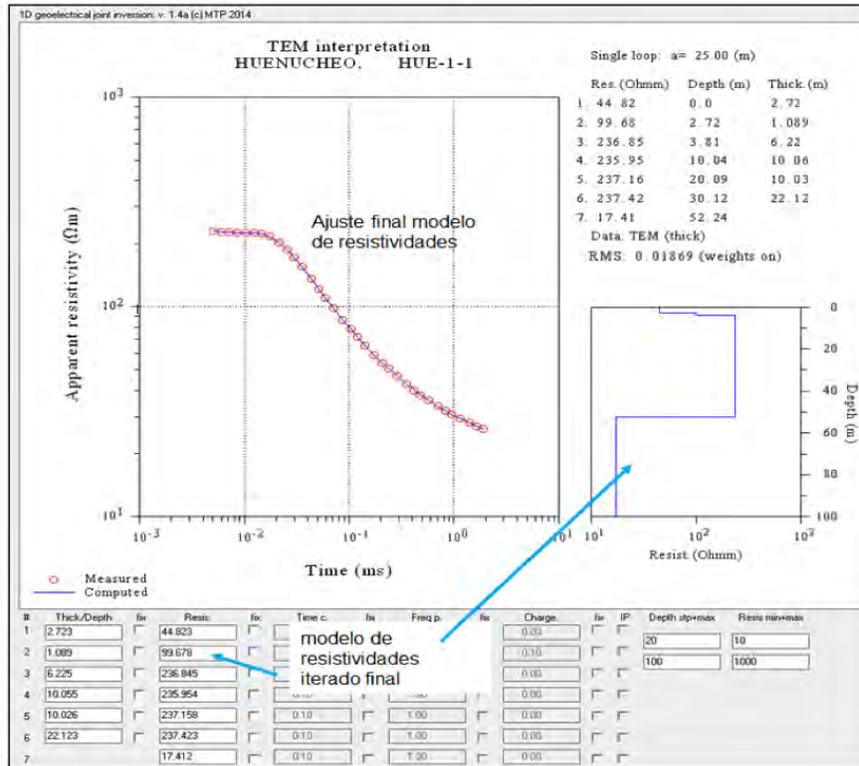
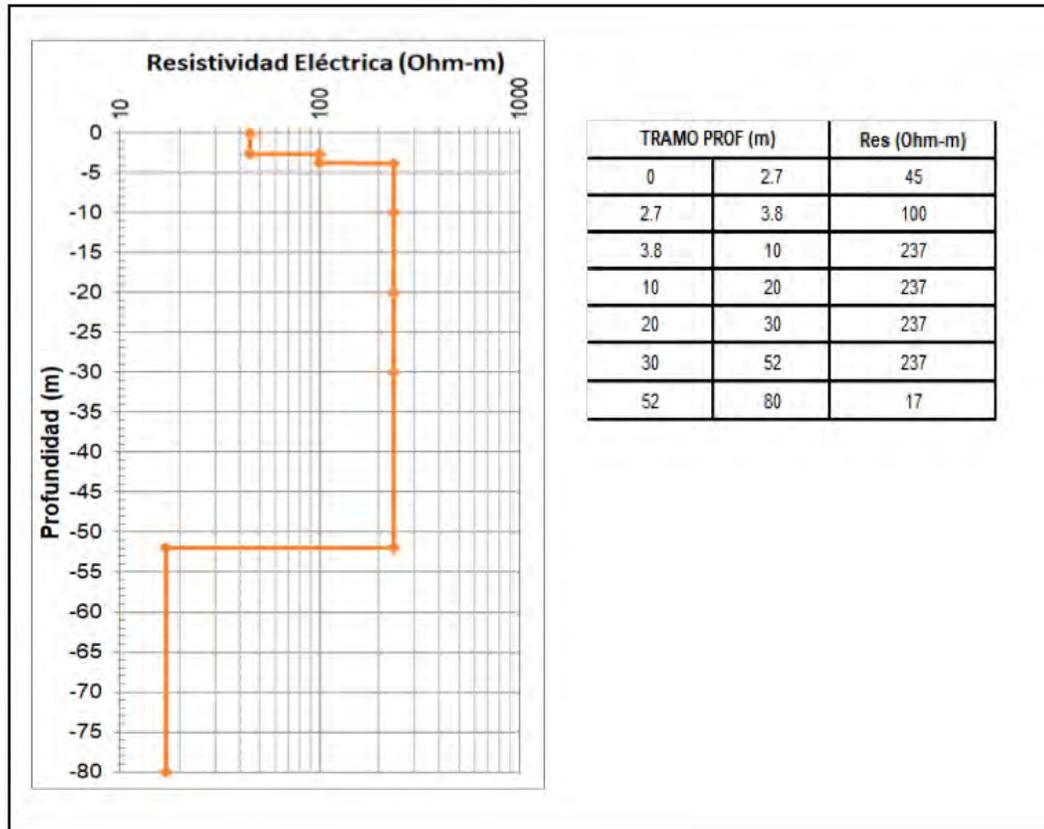


Figura 165. Resultado final del procesamiento de datos TEM con modelo unidimensional estratificado de resistividades eléctrica v/s profundidad.



3) Interpretación de las resistividades eléctricas.

Para interpretar los resultados de los valores de resistividades eléctricas se debe integrar información como:

- Correlación referencial entre rangos de valores de resistividad eléctrica y tipos de materiales geológicos.
- Hidrogeología del sector de medición
- Datos referenciales in-situ como pozos existentes

Y como elemento clave se debe usar la experiencia de mediciones en distintos ambientes geológicos.

En el punto 4.4.2 siguiente se entregan algunos antecedentes de las correlaciones entre resistividades eléctricas y tipos de materiales geológicos.

4.4.2 Correlación entre resistividad eléctrica y tipo de materiales geológicos

La propiedad resistividad eléctrica representa la capacidad de los materiales de conducir la electricidad. Existen tres formas en que la corriente eléctrica se puede propagar a través de rocas y minerales:

- Electrónica (ohmic), que es la forma normal en materiales que contienen electrones libres tales como metales.
- Electrolítica que se da por movimiento más bien lento de iones.
- Dieléctrica, que se da muy débil en materiales aislantes cuando un campo eléctrico externo varía en el tiempo.

La mayoría de las rocas son malos conductores de la electricidad, es decir tienen resistividades muy altas. Sin embargo, estos materiales son normalmente porosos los cuales se llenan de fluidos y principalmente de agua. Estos fluidos actúan como electrolitos.

La conductividad o resistividad de las rocas porosas varía con el volumen y geometría de los poros y también con la conductividad y cantidad de agua. De acuerdo a la fórmula empírica de Archie la resistividad de las rocas porosas está relacionada con la resistividad del agua:

$$\rho = a\phi^{-m}S^{-n}\rho_w$$

Donde ϕ es la porosidad, S es la fracción de poros con agua, ρ_w es la resistividad eléctrica del agua, a , m y n son constantes. Las constantes reflejan la influencia de factores como los granos minerales si son pocos o más conductores, factores de forma de la porosidad, grados de cementación, la tortuosidad.

La conductividad o resistividad del agua puede variar considerablemente dependiendo de la conductividad de los cloruros, sulfatos y otros minerales presentes. Las aguas salinas pueden tener resistividades tan bajas como 0,05 Ohm-m y aguas de glaciares pueden llegar a 1000 Ohm-m.

En la Figura 166, se presenta una tabla, tomada del libro "An Introduction to Applied and Environmental Geophysics" (John M. Reynolds) donde se indican resistividades para variados tipos de materiales geológicos. Asimismo, en la Figura 167, se presenta una tabla, tomada del libro "Applied Geophysics" (W.M. Telford, L.P. Geldart, R.E. Sheriff) se indican otros valores de resistividades para materiales.

Como se observa en la Figura 166, las resistividades de los materiales geológicos tienen un rango de variación muy amplio. Los materiales de origen ígneo tienen resistividades altas; los de origen sedimentario tienen resistividades más bajas debido a su porosidad y contenido de fluidos y los de origen metamórfico tiene valores intermedios de resistividades.

Para un determinado estrato de material geológico las resistividades que presente estarán determinadas por la composición de los granos sólidos de rocas o minerales, su cementación y la porosidad efectiva del conjunto. Es así que la tabla de la Figura 166, se debe considerar como una guía o referencia para interpretar los resultados de un modelo de resistividades eléctricas obtenido a partir de métodos geofísicos como el Transiente Electromagnético.

Como se explica anteriormente, la conductividad eléctrica de los materiales geológicos se presenta esencialmente por electrolitos de los fluidos y el fluido normal presente es el agua. En general mientras más agua esté presente en los materiales mayor va a ser su conductividad eléctrica y por lo tanto menor su resistividad eléctrica. Esta es la razón de porque se usa la medición de la resistividad eléctrica para determinar la presencia de agua subterránea.

Sin embargo, existen situaciones que podrían dificultar la identificación del agua subterránea y es la presencia de arcillas. Esto es porque las arcillas se caracterizan por tener bajas resistividades dependiendo del grado de humedad que contengan. Esto sucede porque las arcillas están formadas por minerales de estructuras laminares que presentan mayor superficie para la conducción eléctrica.

Figura 166 Correlación entre resistividades eléctrica y tipos de materiales geológicos.

Table 7.1 Resistivities of common geological materials.		Table 7.1 (Continued)	
Material	Nominal resistivity (Ωm)	Material	Nominal resistivity (Ωm)
Sulphides:		London clay	4-20
Chalcopyrite	$1.2 \times 10^{-5} - 3 \times 10^{-1}$	Lias clay	10-15
Pyrite	$2.9 \times 10^{-5} - 1.5$	Boulder clay	15-35
Pyrrhotite	$7.5 \times 10^{-6} - 1^{-2}$	Clay (very dry)	50-150
Galena	$3 \times 10^{-5} - 3 \times 10^2$	Mercia mudstone	20-60
Sphalerite	1.5×10^7	Coal measures clay	50
Oxides:		Middle coal measures	>100
Haematite	$3.5 \times 10^{-3} - 10^7$	Chalk	50-150
Limonite	$10^3 - 10^7$	Coke	0.2-8
Magnetite	$5 \times 10^{-5} - 5.7 \times 10^3$	Gravel (dry)	1400
Ilmenite	$10^{-3} - 50$	Gravel (saturated)	100
Quartz	$300 - 10^6$	Quaternary/Recent sands	50-100
Rock salt	$30 - 10^{13}$	Ash	4
Anthracite	$10^{-3} - 2 \times 10^5$	Collery spoil	10-20
Lignite	9-200	Pulverised fuel ash	50-100
Granite	$300 - 1.3 \times 10^6$	Laterite	800-1500
Granite (weathered)	30-500	Lateritic soil	120-750
Syenite	$10^2 - 10^6$	Dry sandy soil	80-1050
Diorite	$10^4 - 10^5$	Sand clay/clayey sand	30-215
Gabbro	$10^3 - 10^6$	Sand and gravel	30-225
Basalt	$10 - 1.3 \times 10^7$	Unsaturated landfill	30-100
Schists (calcareous and mica)	$20 - 10^4$	Saturated landfill	15-30
Schist (graphite)	10-100	Acid peat waters	100
Slates	$600 - 4 \times 10^7$	Acid mine waters	20
Marble	$100 - 2.5 \times 10^8$	Rainfall runoff	20-100
Consolidated shales	20-2000	Landfill runoff	<10-50
Conglomerates	$2 \times 10^3 - 10^4$	Glacier ice (temperate)	$2 \times 10^6 - 1.2 \times 10^8$
Sandstones	$1 - 7.4 \times 10^8$	Glacier ice (polar)*	$5 \times 10^4 - 3 \times 10^5$
Limestones	$50 - 10^7$	Permafrost	$10^3 - >10^4$
Dolomite	$350 - 5 \times 10^3$		
Marls	3-70		
Clays	1-100		
Alluvium and sand	10-800		
Moraine	$10 - 5 \times 10^3$		
Hydrocarbon reservoir	25 - 27.5		
Sherwood sandstone	100-400		
Soil (40% clay)	8		
Soil (20% clay)	33		

*-10°C to -60°C, respectively; strongly temperature-dependent (Reynolds, 1985).
Based on Telford *et al.* (1990) with additional data from McGinnis and Jensen (1971), Reynolds (1987a), Reynolds and Paren (1980, 1984) and many commercial projects.

Figura 167. Correlación entre resistividades eléctrica y tipos de materiales.

Table 5.1. *Resistivities of minerals*

Mineral	Formula	Resistivity (Ωm)	
		Range	Average
Bismuthinite	Bi_2S_3	18-570	
Covellite	CuS	$3 \times 10^{-7} - 8 \times 10^{-5}$	2×10^{-5}
Chalcocite	Cu_2S	$3 \times 10^{-5} - 0.6$	10^{-4}
Chalcocopyrite	CuFeS_2	$1.2 \times 10^{-5} - 0.3$	4×10^{-3}
Bornite	Cu_5FeS_4	$2.5 \times 10^{-5} - 0.5$	3×10^{-3}
Pyrite	FeS_2	$2.9 \times 10^{-5} - 1.5$	3×10^{-1}
Pyrrhotite	$\text{Fe}_{7-9}\text{S}_8$	$6.5 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-2}$	10^{-4}
Cinnabar	HgS		2×10^7
Molybdenite	MoS_2	$10^{-3} - 10^6$	10
Galena	PbS	$3 \times 10^{-5} - 3 \times 10^2$	2×10^{-3}
Millerite	NiS		3×10^{-3}
Stannite	$\text{Cu}_3\text{FeSnS}_2$	$10^{-3} - 6 \times 10^3$	
Stibnite	Sb_2S_3	$10^5 - 10^{12}$	5×10^6
Sphalerite	ZnS	$1.5 - 10^7$	10^2
Cobaltite	CoAsS	$3.5 \times 10^{-4} - 10^{-1}$	
Arsenopyrite	FeAsS	$2 \times 10^{-5} - 15$	10^{-3}
Niccolite	NiAs	$10^{-7} - 2 \times 10^{-3}$	2×10^{-5}
Bauxite	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	$2 \times 10^2 - 6 \times 10^3$	
Cuprite	Cu_2O	$10^{-3} - 300$	30
Chromite	FeCr_2O_4	$1 - 10^6$	
Specularite	Fe_2O_3		6×10^{-3}
Hematite	Fe_2O_3	$3.5 \times 10^{-3} - 10^7$	
Limonite	$2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$10^3 - 10^7$	
Magnetite	Fe_3O_4	$5 \times 10^{-5} - 5.7 \times 10^3$	
Ilmenite	FeTiO_3	$10^{-3} - 50$	
Wolframite	Fe, Mn, WO_4	$10 - 10^3$	
Pyrolusite	MnO_2	$5 \times 10^{-3} - 10$	
Quartz	SiO_2	$4 \times 10^{11} - 2 \times 10^{14}$	
Cassiterite	SnO_2	$4 \times 10^{-4} - 10^4$	0.2
Rutile	TiO_2	30-1000	500
Uraninite (pitchblende)	UO_2	1-200	
Anhydrite	CaSO_4		10^9
Calcite	CaCO_3		2×10^{12}
Fluorite	CaF_2		8×10^{13}
Siderite	$\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$		70
Rock salt	NaCl	$30 - 10^{13}$	
Sylvite	KCl	$10^9 - 10^{12}$	
Diamond	C	$10 - 10^{14}$	
Serpentine		$2 \times 10^2 - 3 \times 10^3$	
Hornblende		$2 \times 10^2 - 10^6$	
Mica		$9 \times 10^2 - 10^{14}$	
Biotite		$2 \times 10^2 - 10^6$	
Bitum. coal		$0.6 - 10^5$	
Anthracite		$10^{-3} - 2 \times 10^5$	
Lignite		9-200	
Fire clay			30
Meteoric waters		$30 - 10^3$	
Surface waters (ign. rocks)		$0.1 - 3 \times 10^3$	
Surface waters (sediments)		10-100	
Soil waters			100
Natural waters (ign. rocks)		0.5-150	9
Natural waters (sediments)		1-100	3
Sea water			0.2
Saline waters, 3%			0.15
Saline waters, 20%			0.05

Asimismo, de acuerdo a la literatura especializada existe relación entre la estratigrafía y los valores de conductividad, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes tablas:

Figura 168. Resistividad y Conductividad

Material	Resistividad ($\Omega \cdot m$)	Conductividad (S)
Rocas ígneas y metamórficas		
Granito	$5 \times 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$
Basalto	$10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Pizarra	$6 \times 10^3 - 4 \times 10^6$	$2 \times 10^{-8} - 1,7 \times 10^{-3}$
Mármol	$10^2 - 2,5 \times 10^8$	$4 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Cuarcita	$10^2 - 2 \times 10^8$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Rocas sedimentarias		
Arenisca	$8 - 4 \times 10^3$	$2,5 \times 10^{-4} - 0,125$
Esquistos	$20 - 2 \times 10^3$	$5 \times 10^{-4} - 0,05$
Limolita	$50 - 4 \times 10^2$	$2,5 \times 10^{-3} - 0,02$
Suelos y aguas		
Arcilla	1 - 100	0,01 - 1
Aluvión	10 - 800	$1,25 \times 10^{-3} - 0,1$
Agua fresca	10 - 100	0,01 - 0,1
Agua de mar	0,2	5
Químicos		
Hierro	$9,074 \times 10^{-8}$	$1,102 - 10^7$
0,01M Cloruro de Potasio	0,708	1,413
0,01M Cloruro de Sodio	0,843	1,185
0,01M Ácido acético	6,13	0,163
Xileno	$6,998 \times 10^{16}$	$1,429 \times 10^{-7}$

Fuente: Keller, G.V. and Frischknecht, F.C. (1966) "Electrical Methods in Geophysical Prospecting. Pergamon Press, Oxford."

Figura 169. Resistividad Rocas y Minerales



Fuente: Dr. Geól. Miguel Auge Profesor Titular de Hidrogeología Universidad de Buenos Aires Buenos Aires 2008

Finalmente, se puede señalar que, en los diferentes estudios hidrogeológicos realizados en nuestro país, donde se han realizado campañas geofísicas, se establecen relaciones entre los valores de resistividad eléctrica definiendo unidades geoelectricas, las que se asocian a la estratigrafía representativa de cada sector de estudio.

A modo de ejemplo, se entrega a continuación una tabla de equivalencias elaborada entre los valores de resistividad eléctrica y las unidades geoelectricas descritas, donde definen además características estratigráficas e hidrogeológicas en base a los valores de resistividad obtenidos. La Tabla citada se incluye en el informe "Estudio Cuencas Principales Región de los Ríos" realizado para la DGA por AMPHOS 21 CONSULTING CHILE LTDA S.I.T. N° 293, (diciembre 2012).

Tabla 21. Unidades geoelectricas/resistividad

Resistividad [ohm-m]	Descripción de la unidad geoelectrica
100-750	Cubierta y Depósitos Cuaternarios de granulometría gruesa.
40-100	Cubierta y Depósitos Cuaternarios de granulometría media (potencial acuífero primario).
7-40	Cubierta y Depósitos Cuaternarios de granulometría fina (potencial acuífero secundario).
2-6	Depósitos Cuaternarios Arcillosos (unidad de baja permeabilidad).
11-22	Sedimentos Terciarios Finos
60-300	Sedimentos Terciarios Compactos.
750-1650	Roca Basal Metamórfica (unidad impermeable).

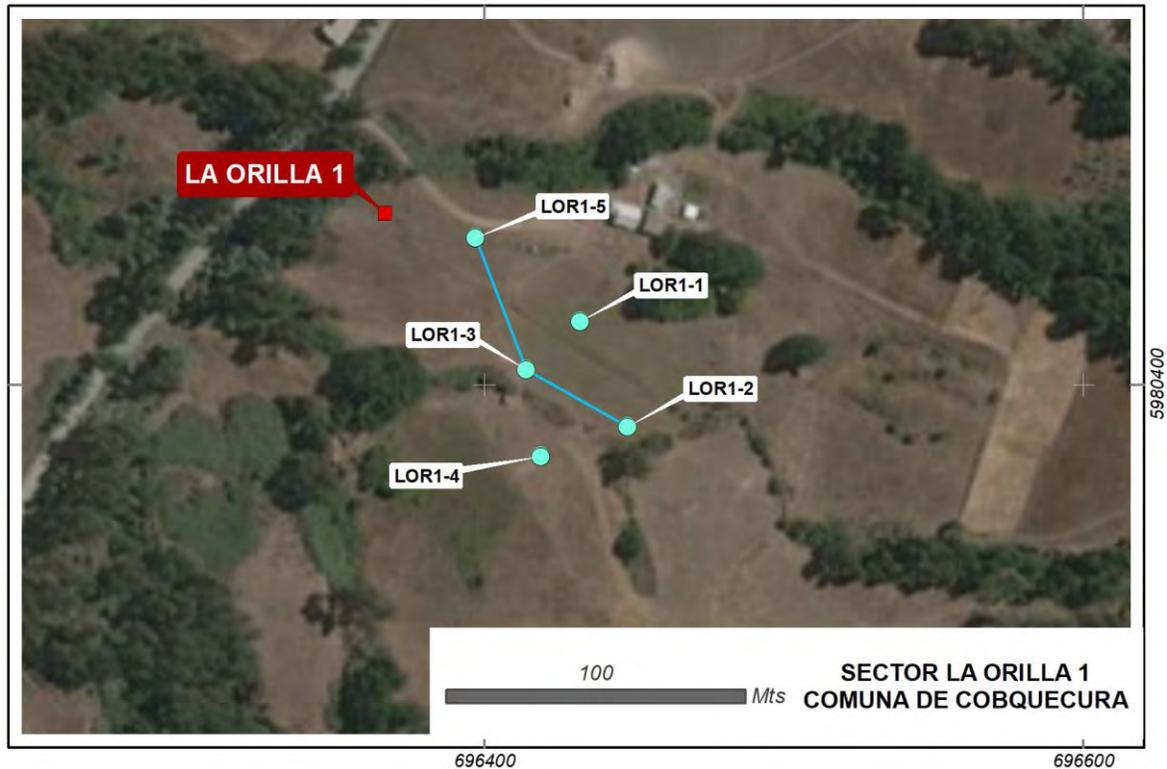
Fuente: SIT N° 293 (2012)

4.5 Interpretación de resultados.

A continuación, entre la Figura 170 y Figura 264 se presentan los esquemas en planta e interpretación de los sectores seleccionados. Esta información se presenta por comuna y por sector seleccionado.

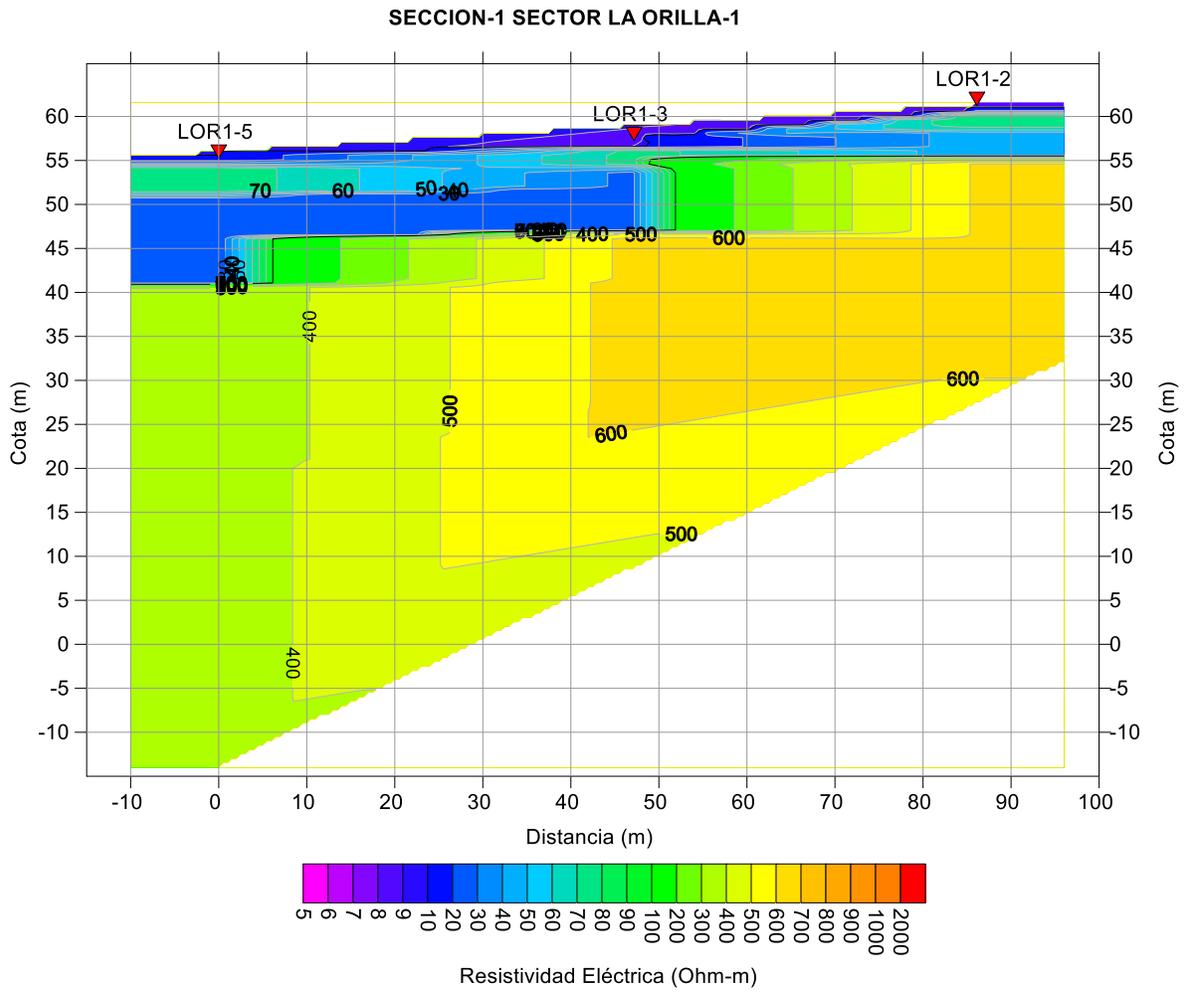
4.5.1 Cobquecura. La Orilla 1.

Figura 170. Esquema en planta de Secciones en sector La Orilla 1.



Las estaciones TEM LOR1-2, LOR1-3 y LOR1-5 muestran la distribución de cuatro secuencias homogéneas arealmente, detectándose la presencia de un horizonte superficial que presenta valores de resistividad que varía entre 4,7 y 27 ohm/m que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas, con espesores que fluctúan de 1,3 m hacia el sector SSE del perfil a 7 m y 10 m, hacia el sector NWW del perfil. La siguiente secuencia se distribuye hacia el sector sur del perfil, estaciones LOR1-1 LOR1-3 que presenta valores de resistividad cercanos a los 630 ohm/m, que se asocia a roca fracturada, con potencias que fluctúan entre 19 m y 23 m. Hacia el sector norte del perfil, se detecta una secuencia que presenta valores de resistividad del orden de 330 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada con potencias del orden de 55 m. Existe un nivel superior, que se reconoce entre los 1,5 a 3,2 m, que presentan valores de resistividades cercanas a 75 ohm/m, que se asocia a arenas muy finas y/o limos.

Figura 171. Perfil geofísico de resistividad sector La Orilla 1.



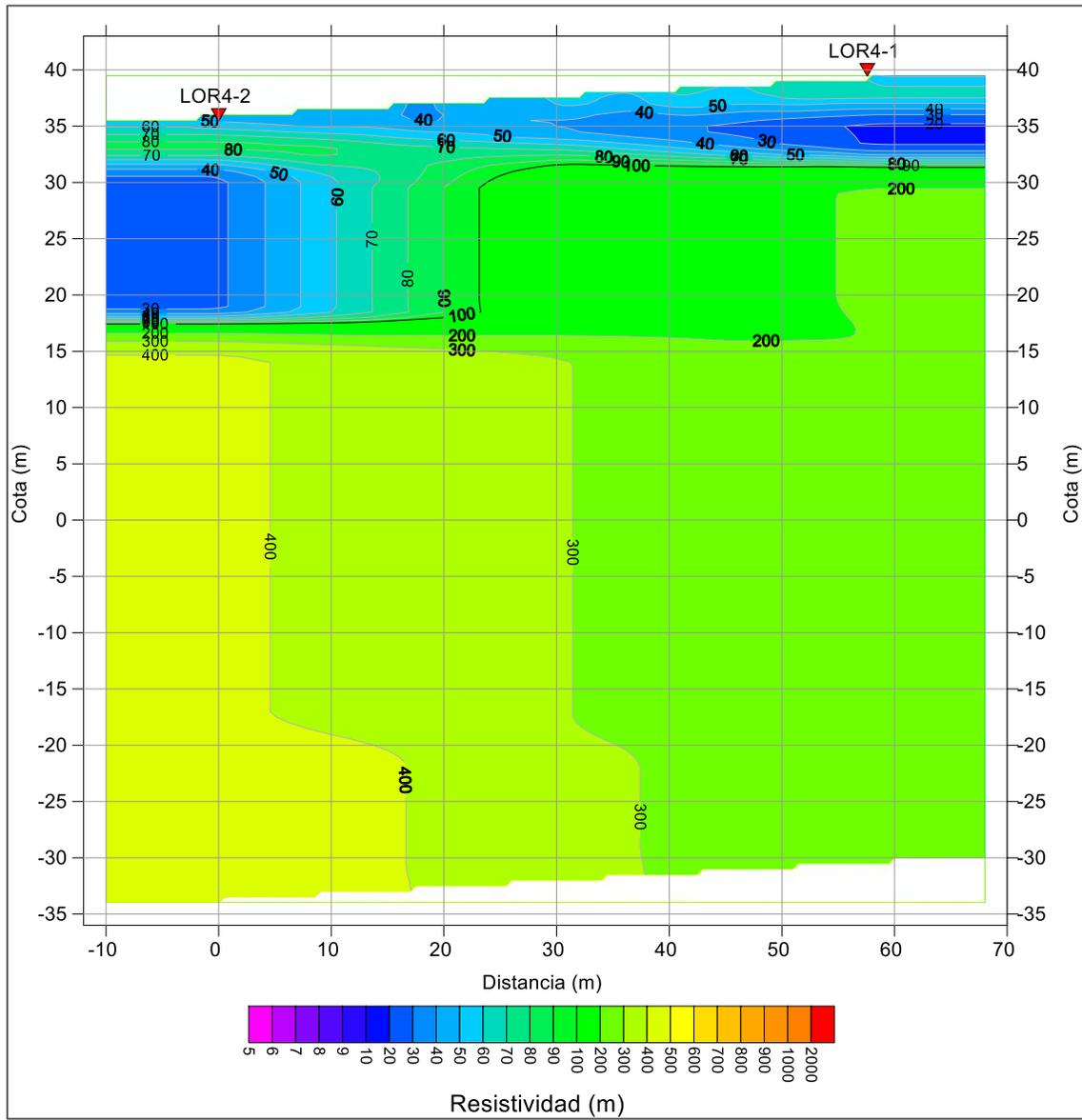
4.5.2 Cobquecura. La Orilla 4.

Figura 172. Esquema en planta de Sección-4 y Sección-5 en sector La Orilla 4.



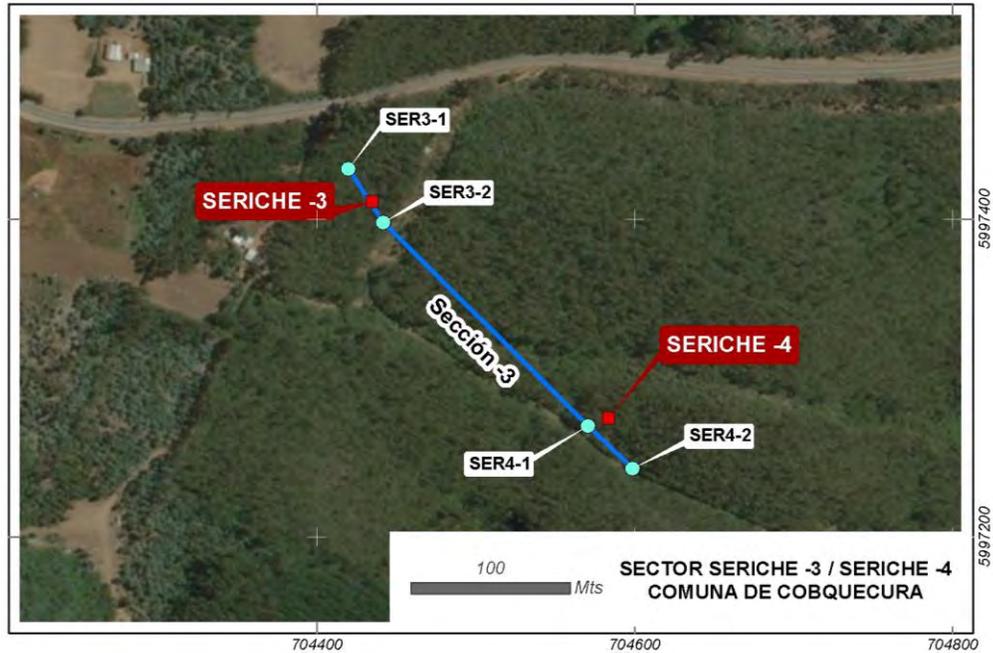
La exposición de las estaciones TEM LOR4-2 y LOR4-1 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de NWW a SSE. La secuencia más superficial presenta valores de resistividad que varía entre 18,5 y 70 ohm/m que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas y parcialmente saturadas, con espesores que fluctúan entre 8 m (zona SSE del perfil) y 1 m (zona NWW del perfil). La siguiente secuencia en profundidad presenta valores de resistividad que varían entre 70 y 100 ohm/m, que se asocia a sedimentos finos. Sus espesores fluctúan entre 17,5 m (zona NWW del perfil) y 1,5 m (zona SSE del perfil). La secuencia subyacente presenta valores de resistividad que varían entre 100 a 480 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada con potencias que aumentan de 52 m en el NWW a 62 m en el SSE.

Figura 173. Perfil geofísico de resistividad sector La Orilla 4.



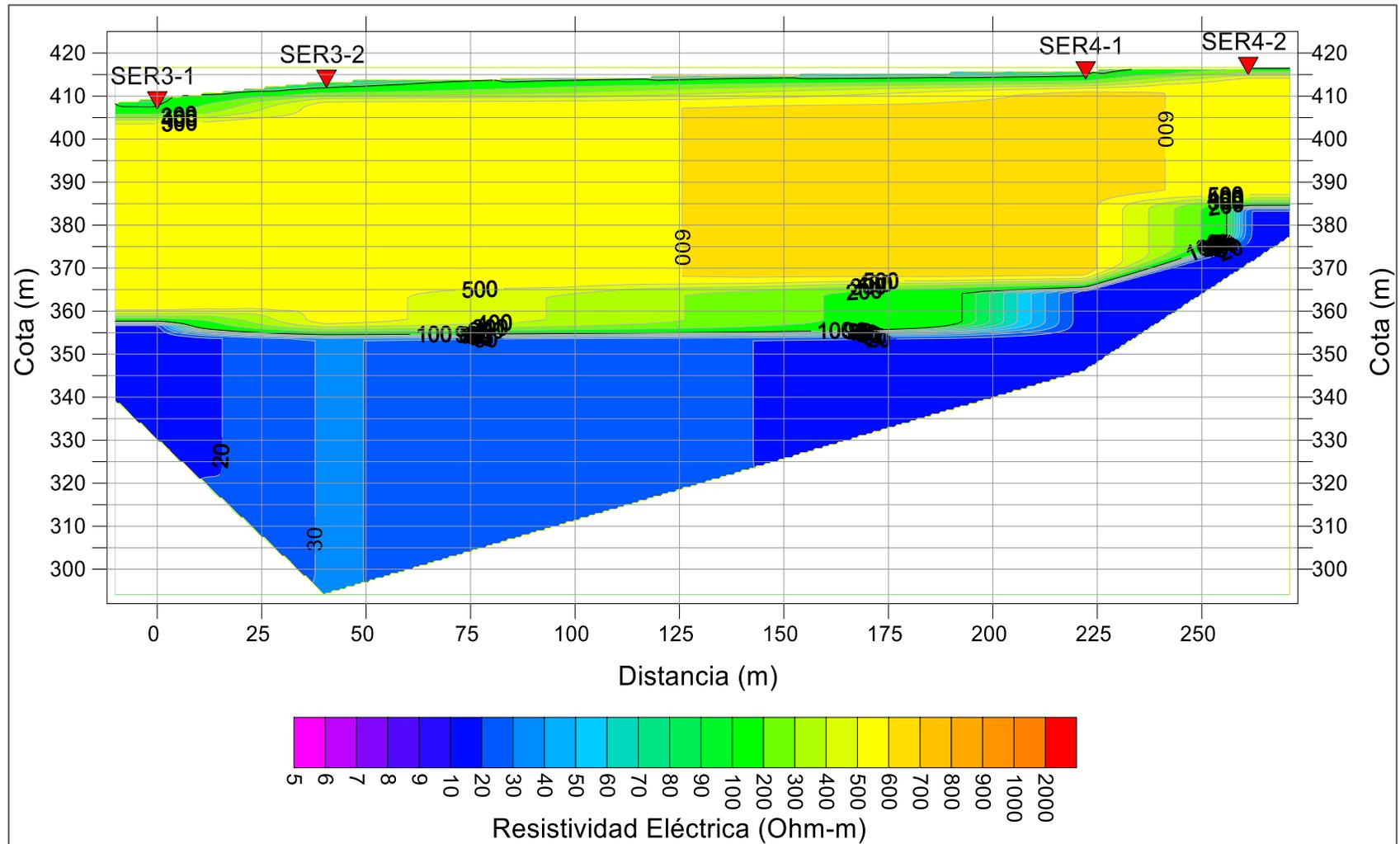
4.5.3 Cobquecura. Seriche.

Figura 174. Esquema en planta de Sección-3 en sector Seriche-3 y Seriche-4.



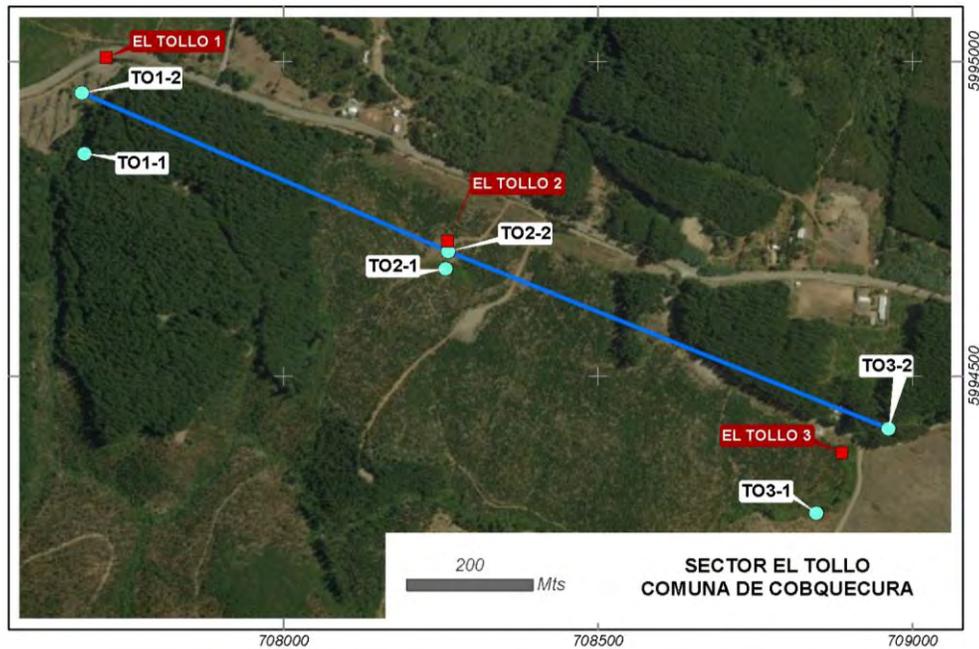
La exposición de las estaciones TEM LOR4-2 y LOR4-1 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de NWW a SSE. La secuencia más superficial presenta valores de resistividad que varía entre 18,5 y 70 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas y parcialmente saturadas, con espesores que fluctúan entre 8 m (zona SSE del perfil) y 1 m (zona NWW del perfil). La siguiente secuencia en profundidad presenta valores de resistividad que varían entre 70 y 100 ohm/m, que se asocia a sedimentos finos. Sus espesores fluctúan entre 17,5 m (zona NWW del perfil) y 1,5 m (zona SSE del perfil). La secuencia subyacente presenta valores de resistividad que varían entre 100 a 480 ohm/m, que se asocia a sedimentos finos, con potencias que aumentan de 52 m en el NWW a 62 m en el SSE.

Figura 175. Perfil geofísico de resistividad sector Seriche-3 y Seriche-4.



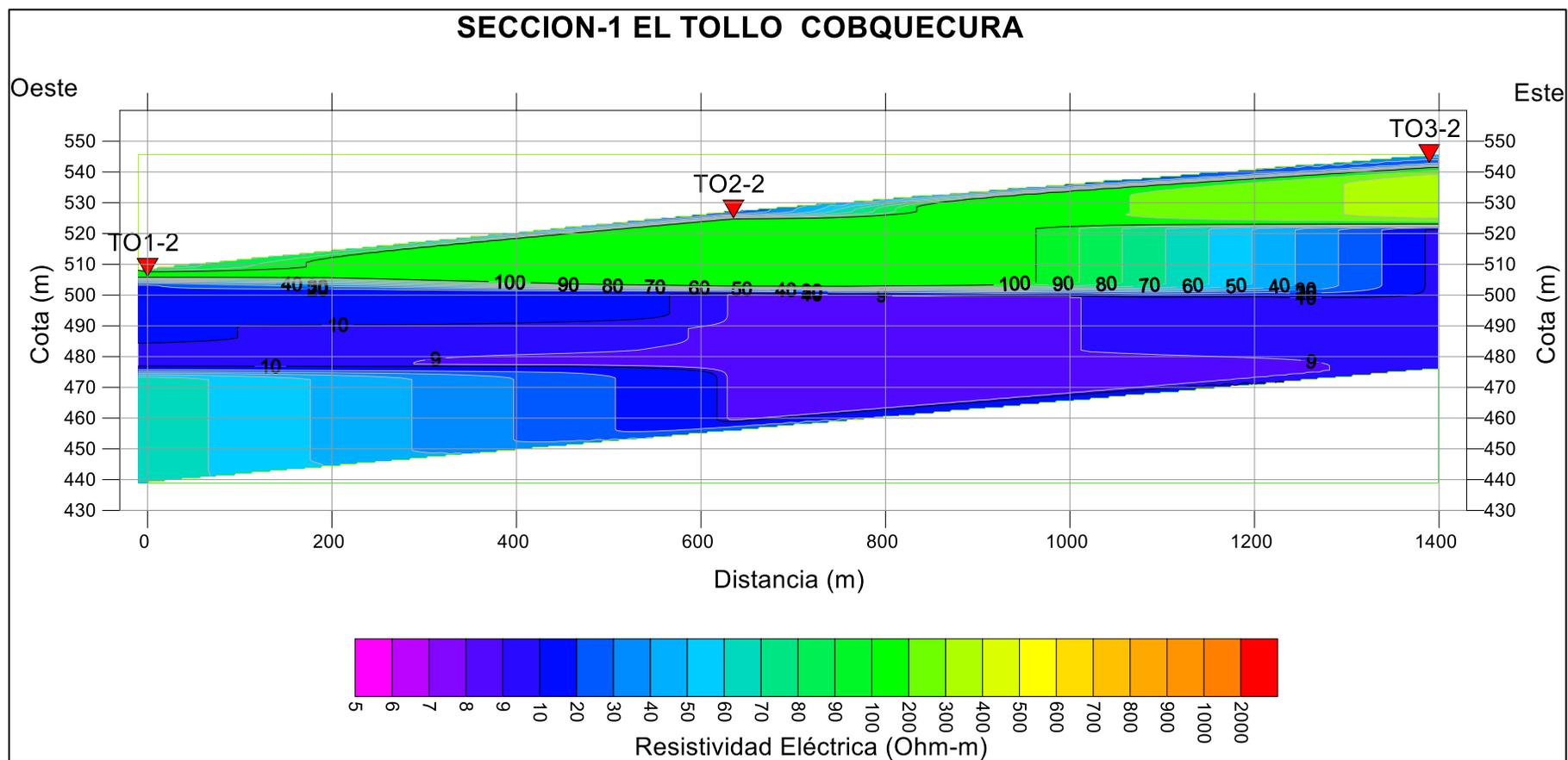
4.5.4 Cobquecura. El Tollo.

Figura 176. Esquema en planta de Sección- en sector El Tollo.



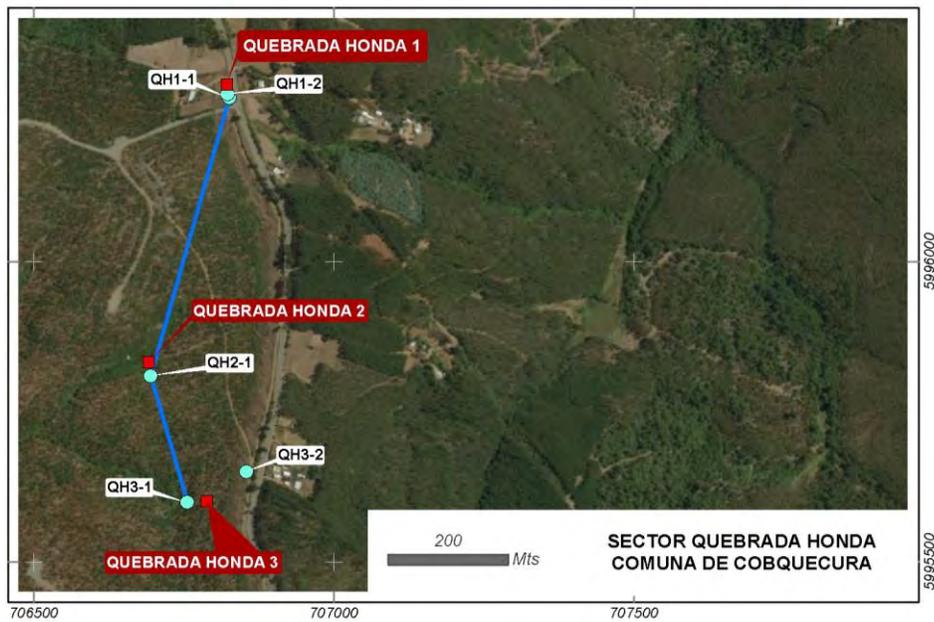
La exposición de las estaciones TEM TO1-2; TO2-2 Y TO3-2 evidencia la distribución de tres secuencias de NE a SW. La secuencia principal presenta valores de resistividad que varían entre 8 y 30 ohm/m con espesores que fluctúan entre 2 m y 70 m correspondientes a arenas medias, gruesas y gravas saturadas. La siguiente secuencia se presenta solo en la estación valores de resistividad que varían entre 30 y 66 ohm/m correspondientes a arenas y gravas parcialmente saturadas, con espesores que fluctúan entre 3 m y 35 m. La otra presenta valores de resistividad entre 130 y 340 ohm/m asociada a sedimentos o roca fracturada, con espesores de 2 a 40 metros.

Figura 177. Perfil geofísico de resistividad sector El Tollo.



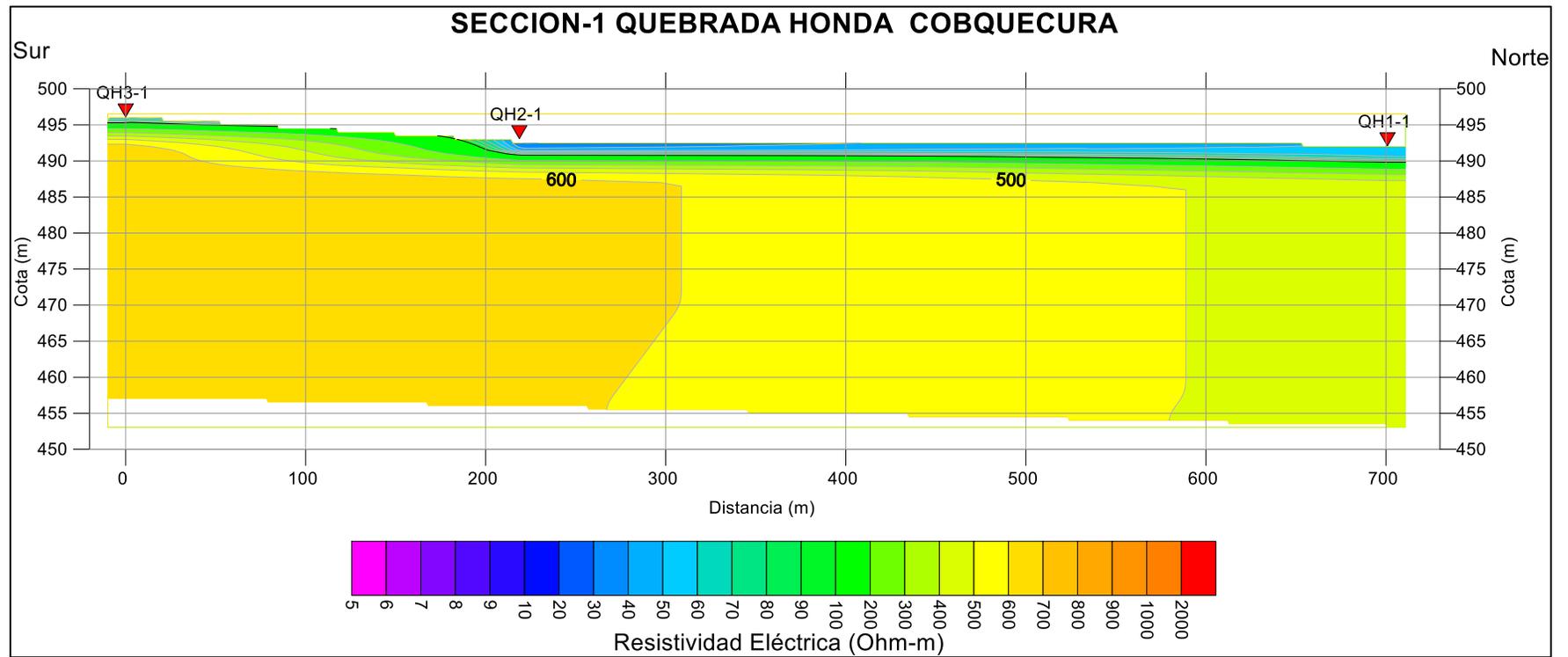
4.5.5 Cobquecura. Quebrada Honda.

Figura 178. Esquema en planta de Sección- en sector Quebrada Honda.



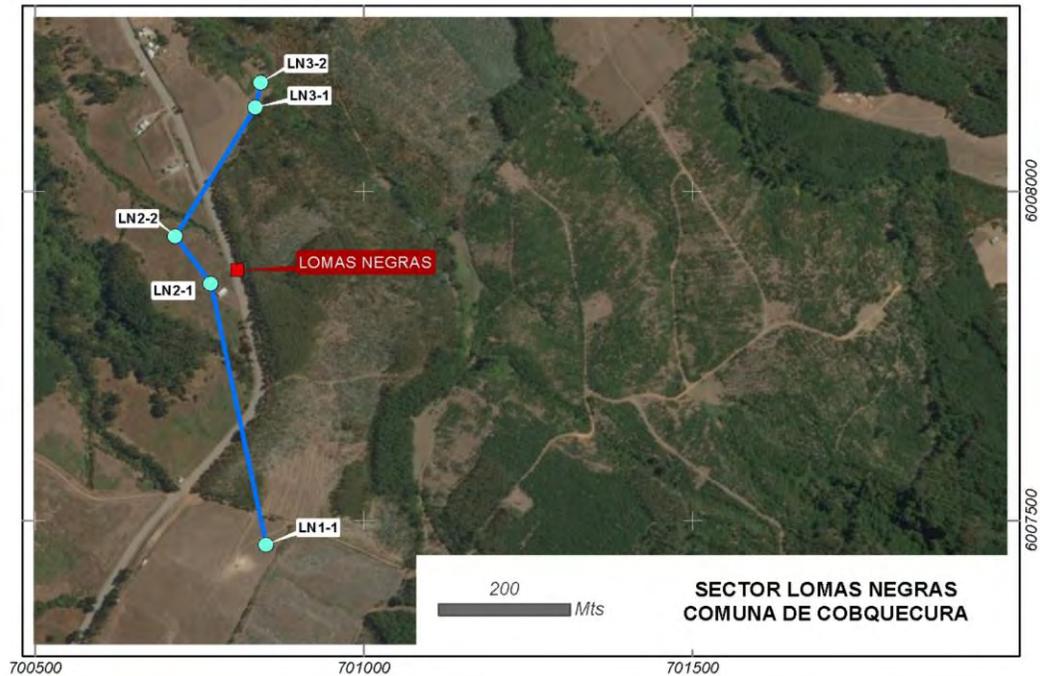
La exposición de las estaciones TEM QH3-1; QH2-1 y QH1-1 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas de N a S. La primera secuencia se presenta superficialmente con valores de resistividad que varían entre 26 y 30 ohm/m asociada a arenas medias, gruesas y gravas saturadas con espesores que fluctúan entre 1 m y 3 m. La siguiente secuencia subyace la secuencia anterior con resistividades que varían entre 30 y 56 ohm/m que corresponden a arenas y gravas parcialmente saturadas, con espesores que fluctúan entre 1 m y 2 m. La tercera secuencia subyace las anteriores y presenta valores de resistividad entre 141 y 460 ohm/m correspondientes a sedimentos o roca fracturada, con espesores de 3 a 37 metros. Finalmente, la secuencia base posee resistividades entre 632 y 685 ohm/m correspondientes a sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento, sus espesores varían entre 40 a 45 metros.

Figura 179. Perfil geofísico de resistividad sector Quebrada Honda.



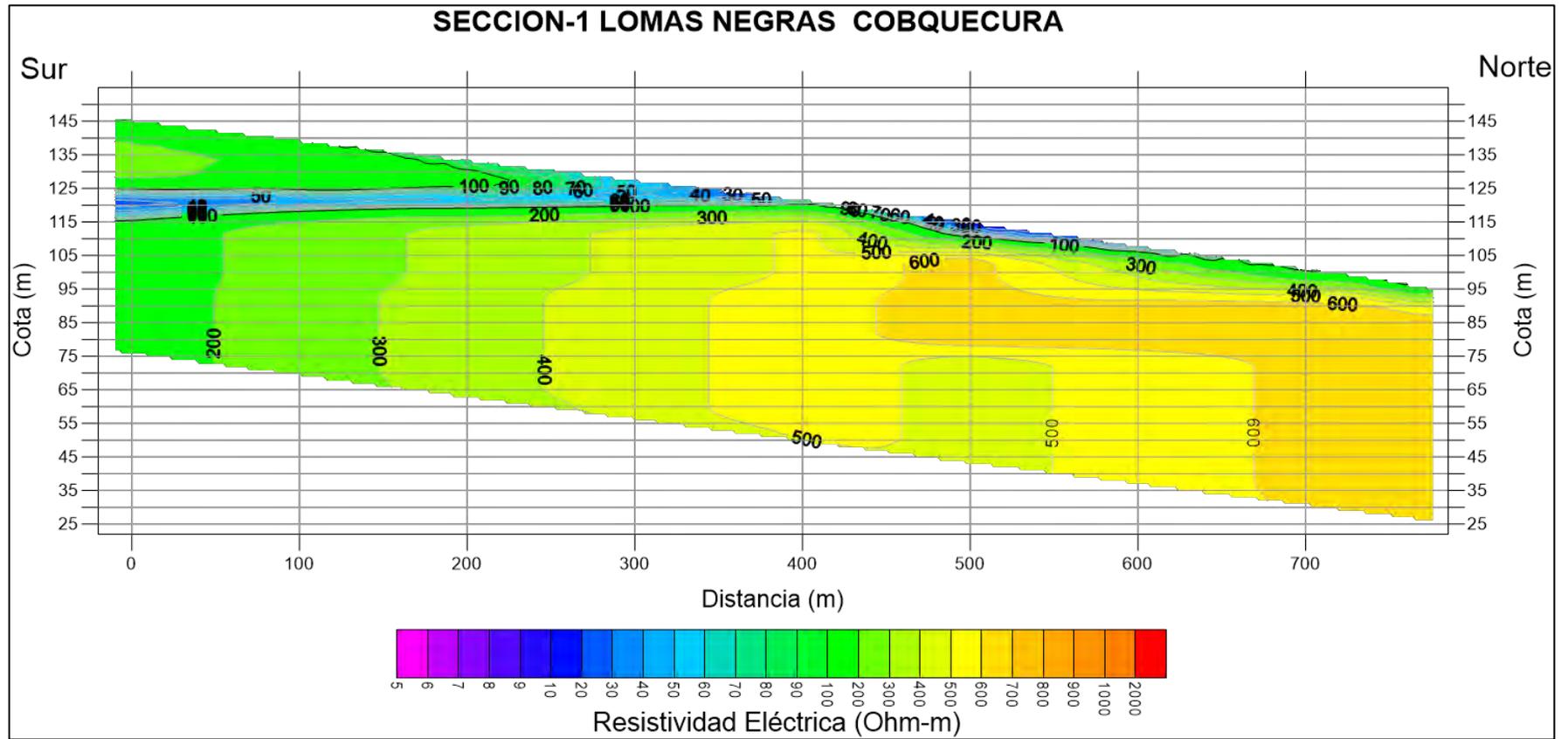
4.5.6 Cobquecura. Lomas Negras.

Figura 180. Esquema en planta de Sección- en sector Lomas Negras.



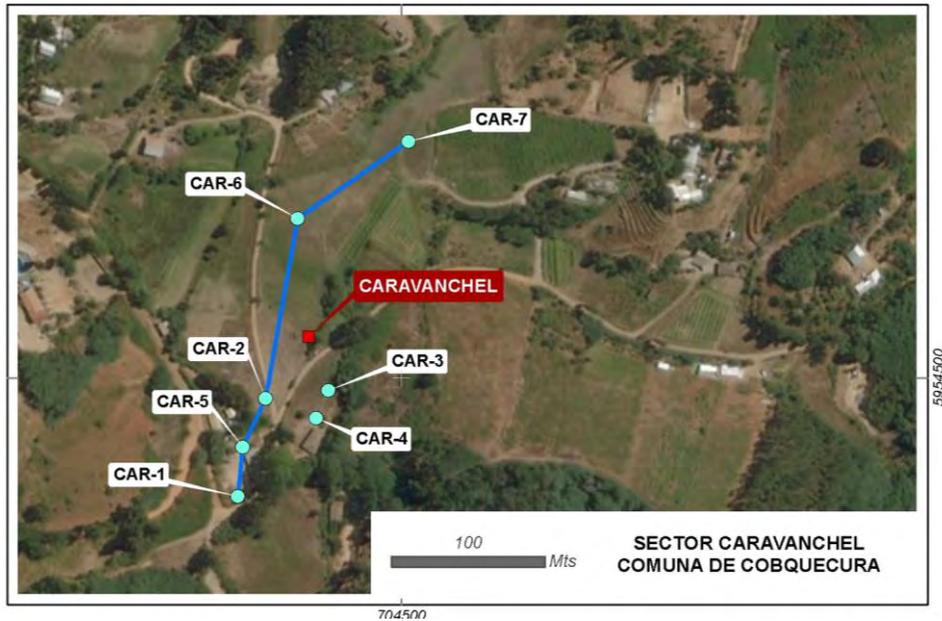
La exposición de las estaciones TEM LN3-2; LN3-1; LN2-2; LN2-1 y LN1-1 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas de N a S. La primera secuencia se presenta superficialmente y en profundidad con valores de resistividad que varían entre 254 y 356 ohm/m correspondientes a sedimentos o roca fracturada con espesores que fluctúan entre 5 m y 65 m. La siguiente secuencia se encuentra entre estratos de la secuencia anterior y aflora superficialmente con valores de resistividad que varían entre 30 y 70 ohm/m correspondientes a arenas y gravas parcialmente saturadas con espesores que fluctúan entre 1 m y 12 m. La siguiente se observa en profundidad al norte del perfil con valores de resistividad entre 563 y 648 ohm/m asociadas a sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento y con espesores de 35 a 65 m.

Figura 181. Perfil geofísico de resistividad sector Lomas Negras.



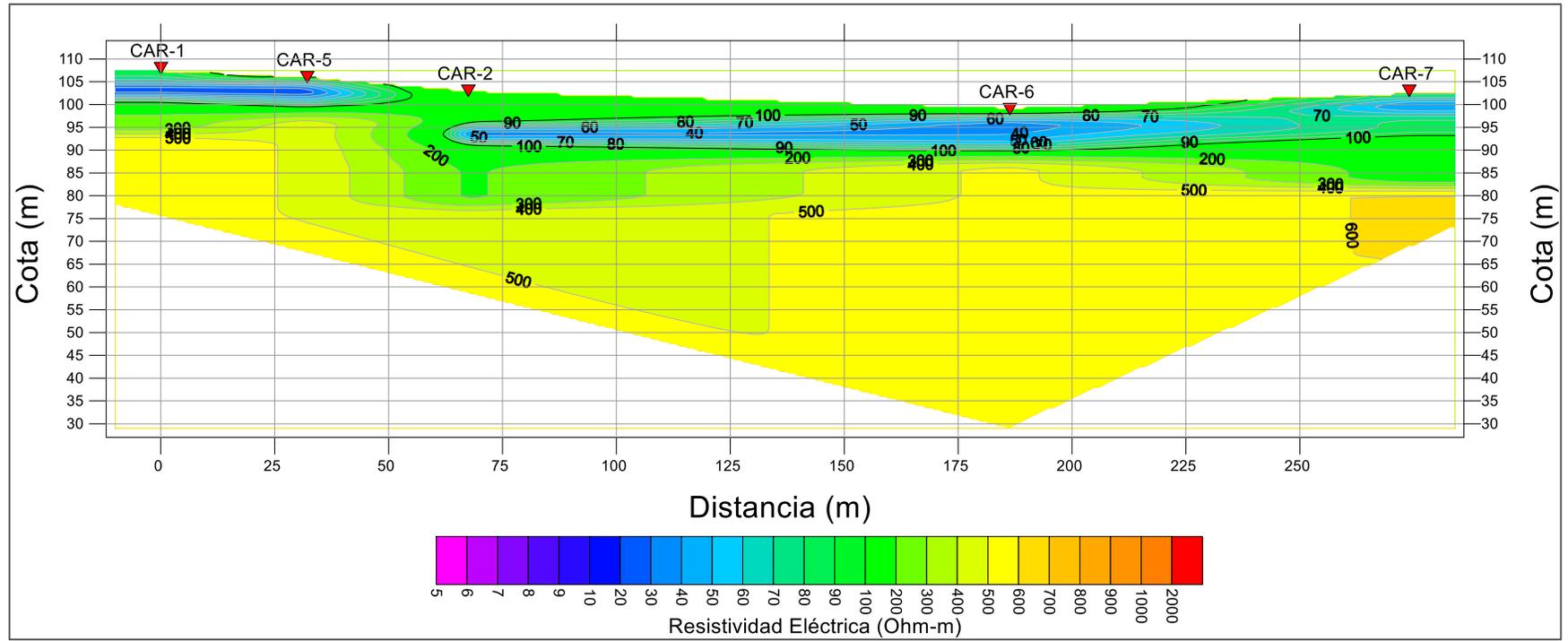
4.5.7 Coelemu. Caravanchel.

Figura 182. Esquema en planta de Sección- en sector Caravanchel.



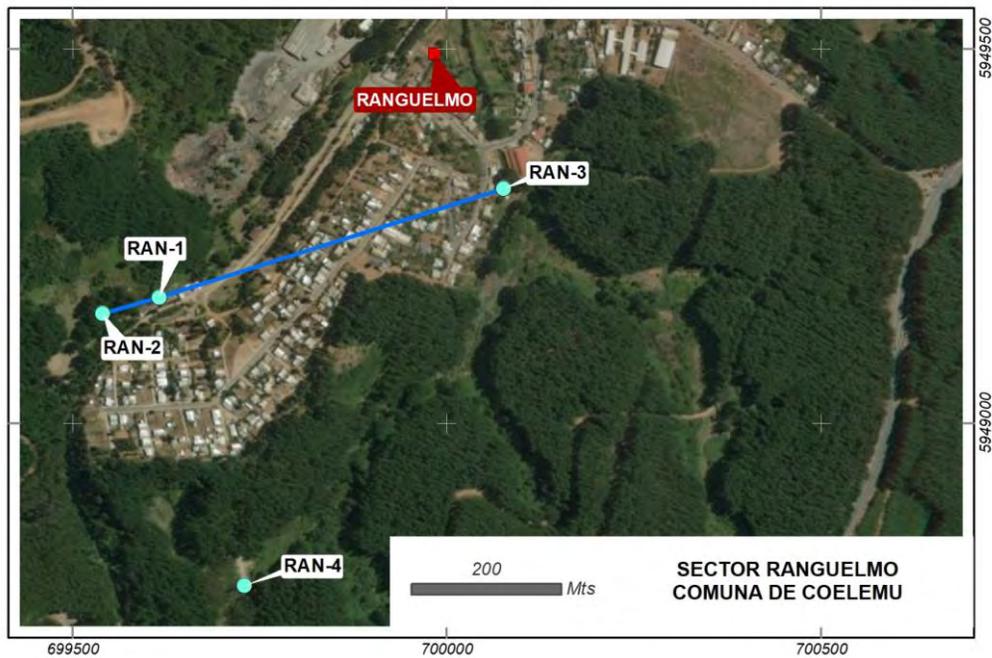
La exposición de las estaciones TEM CAR-1; CAR-5; CAR-2; CAR-6 y CAR-7 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de NE a SW. La secuencia más superficial se observa con formas lenticulares y presenta valores de resistividad que varía entre 70 y 100 ohm/m, los que se asocian a sedimentos finos, con intercalación de horizontes delgados que presentan resistividades entre 11 y 20 ohm/m, los que se asocian a arenas medias, arenas gruesas y gravas parcialmente saturada, con espesores que fluctúan entre 5 m y 8 m. La siguiente secuencia contiene a la secuencia anterior y presenta valores de resistividad que varían entre 100 y 141 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada. Sus espesores fluctúan entre 5 m y 50 m. La secuencia subyacente presenta valores de resistividad que varían entre 141 a 612 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada, con potencias que varían entre 8 m y 55 m.

Figura 183. Perfil geofísico de resistividad sector Caravanchel.



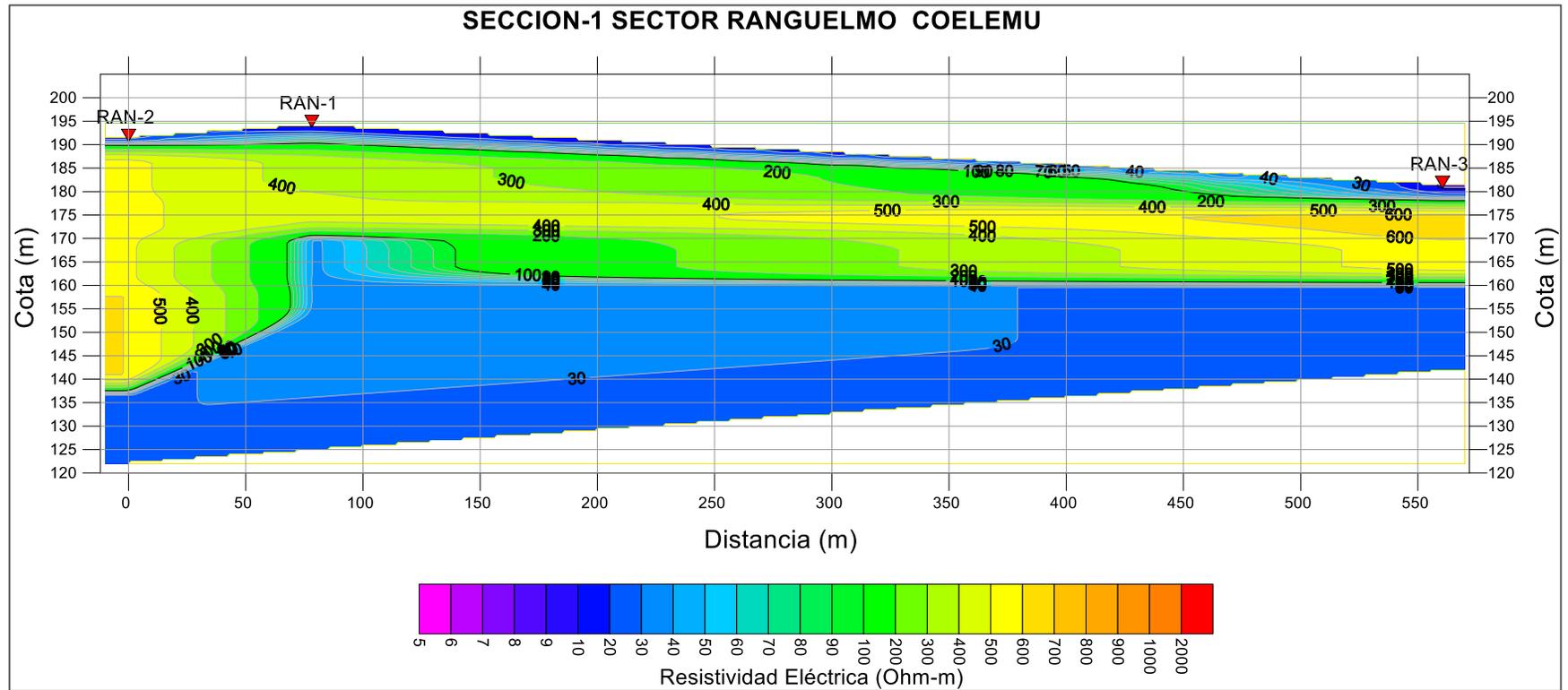
4.5.8 Coelemu. Ranguelmo.

Figura 184. Esquema en planta de Sección-1 en sector Ranguelmo.



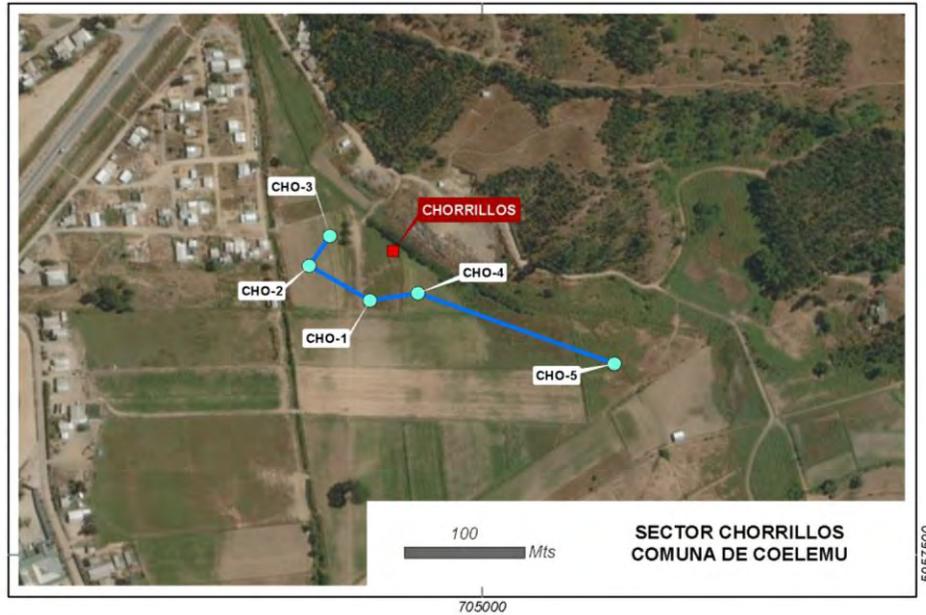
La exposición de las estaciones TEM RAN-2; RAN-1 y RAN-3 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de NE a SW. La secuencia más superficial se observa con formas lenticulares y presenta valores de resistividad que varía entre 8,6 y 12 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas, con espesores que fluctúan entre 2 m y 5 m. La siguiente secuencia presenta valores de resistividad que varían entre 100 y 656 ohm/m. que se asocia a sedimentos o roca fracturada. Sus espesores fluctúan entre 18 m y 55 m. Posteriormente, se repite la primera secuencia con espesores entre 15 y 35 m. La secuencia subyacente presenta valores de resistividad que varían entre 27 a 35 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas parcialmente saturada, con potencias que varían entre 12 m y 25 m.

Figura 185. Perfil geofísico de resistividad sector Ranguelmo.



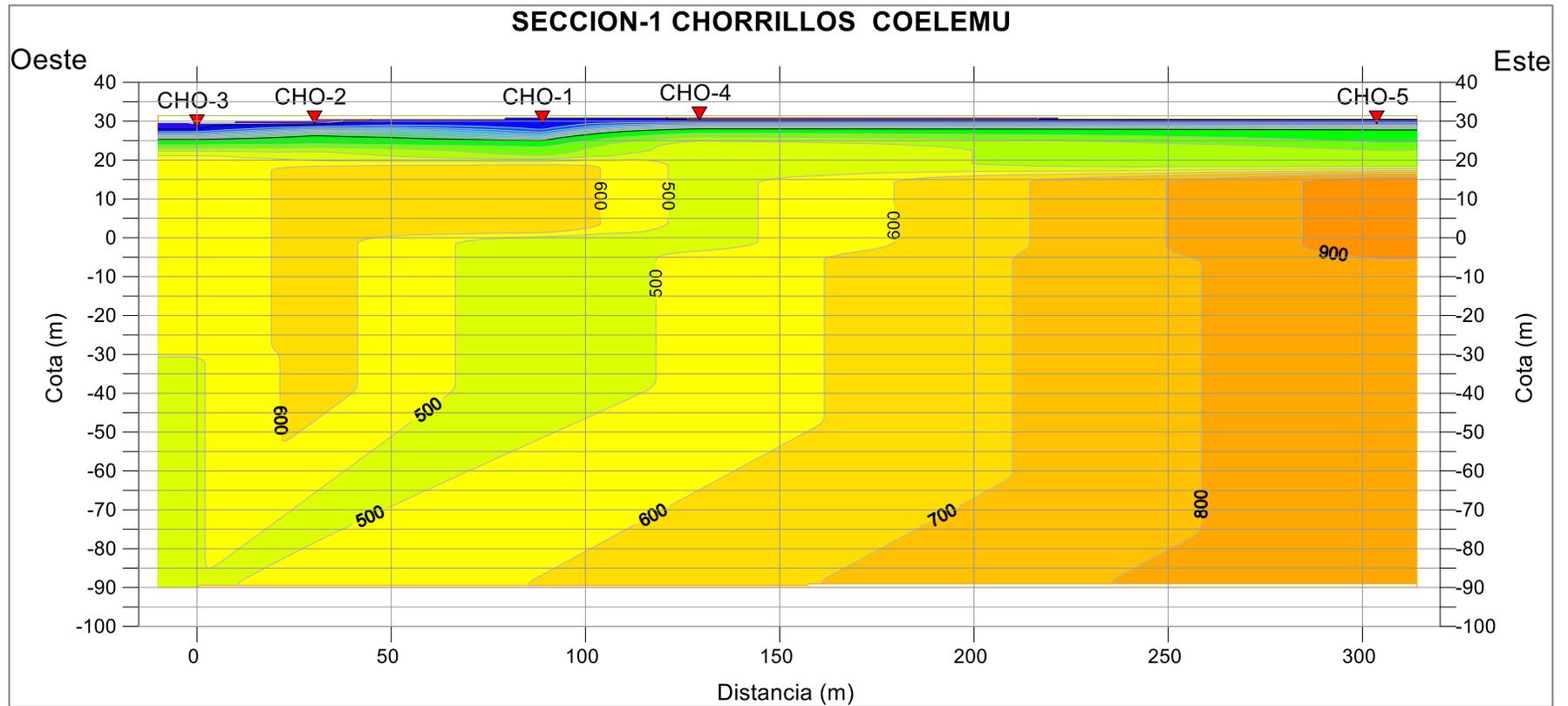
4.5.9 Coelemu. Chorrillos.

Figura 186. Esquema en planta de Sección-1 en sector Chorrillos.



De oeste a este se presenta una delgada secuencia superficial de hasta 3,9 m de espesor con valores de resistividad entre 8 a 9,5 ohm/m, los que se asocian a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas. Bajo este horizonte se reconoció una secuencia hasta los 120 m aproximadamente con valores de resistividades que fluctúan entre 450 a 658 ohm/m, que corresponden a sedimentos compactos y hasta valores cercanos a 900 ohm/m que se podrían asociar a rocas fracturadas y/o compactas, hacia el extremo oriental del perfil.

Figura 187. Perfil geofísico de resistividad sector Chorrillos



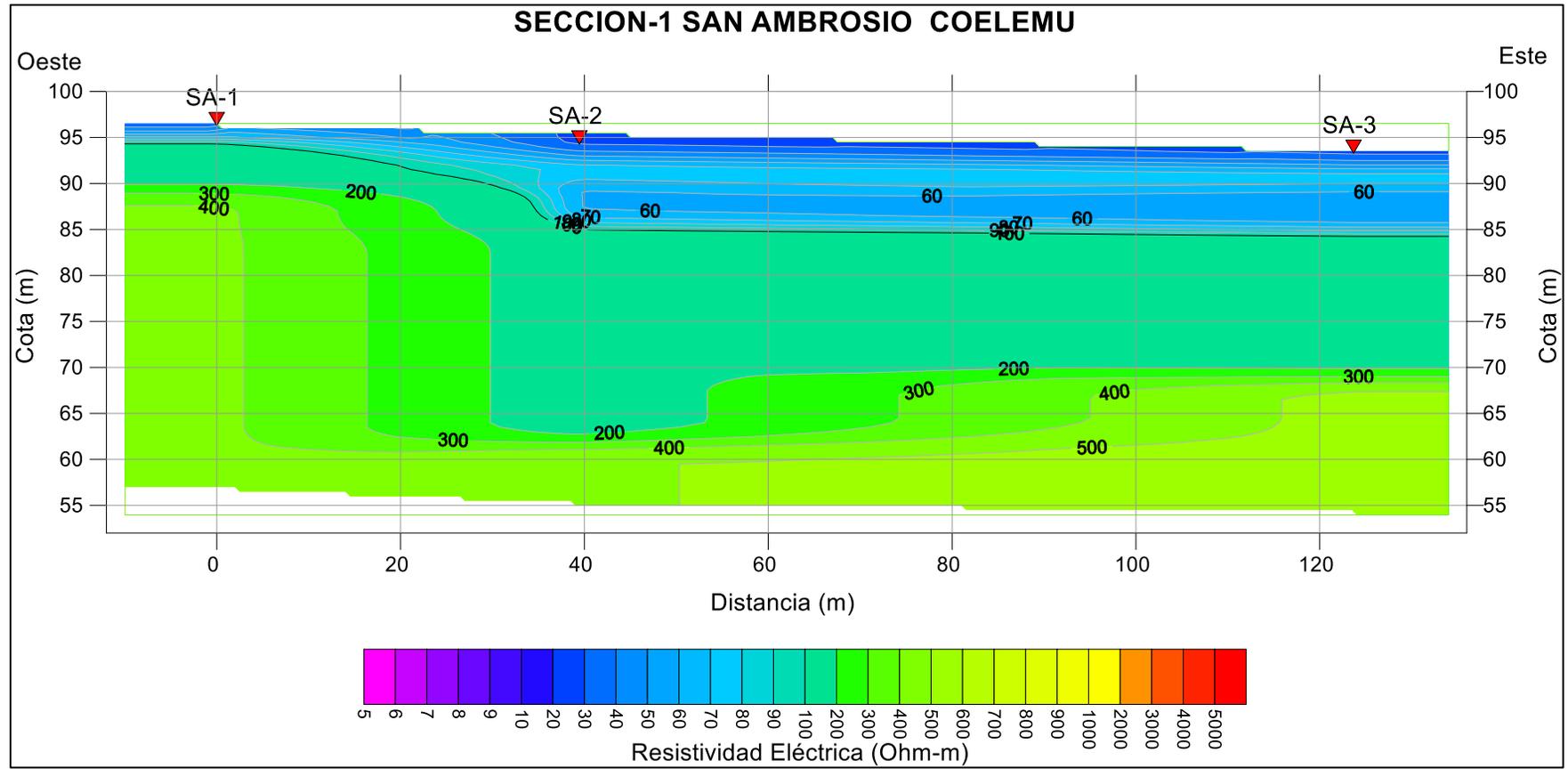
4.5.10 Coelemu. San Ambrosio.

Figura 188. Esquema en planta de Sección-en sector San Ambrosio.



La exposición de las estaciones TEM SA-1; SA-2 y SA-3 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas de SW a NE. La primera secuencia se observa superficialmente presenta valores de resistividad que varían entre 23 y 29 ohm/m correspondientes a arenas medias, gruesas y gravas saturadas con espesores que fluctúan entre 3 m y 5 m. La siguiente secuencia subyace la unidad anterior presentando valores de resistividad que varían entre 51 y 59 ohm/m correspondientes a arenas y gravas parcialmente saturadas, con espesores que fluctúan entre 1 m y 6 m. La siguiente secuencia presenta valores de resistividad entre 117 y 494 ohm/m correspondientes a sedimentos o roca fracturada, con espesores de 20 a 37 m. Finalmente, la secuencia con mayor profundidad presenta valores de resistividad de 539 Ohm/m asociadas a sedimentos compactados secos o rocas con poco fracturamiento, presentando espesores de 5 a 15 m.

Figura 189. Perfil geofísico de resistividad sector San Ambrosio.



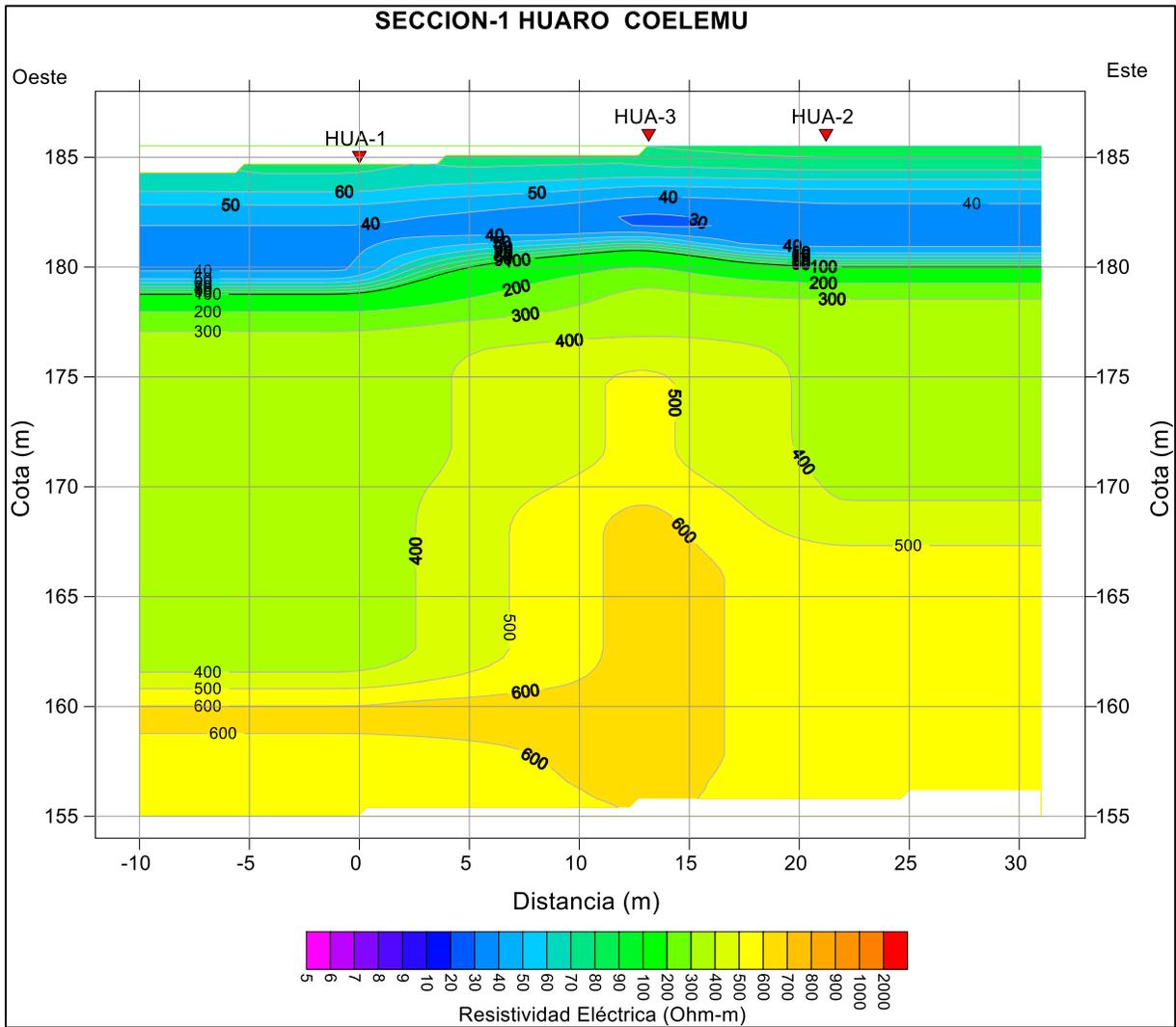
4.5.11 Coelemu. Huaro.

Figura 190. Esquema en planta de Sección-en sector Huaro.



La exposición de las estaciones TEM HUA-1; HUA-2 y HUA-3 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas arealmente de W a E. La primera secuencia se presenta superficialmente con valores de resistividad que varían entre 75 y 87 ohm/m asociados a sedimentos finos con saturación baja a seca con espesores que fluctúan entre 1 m y 2 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 27 y 38 ohm/m asociadas a arenas medias, gruesas y gravas con saturación parcial, con espesores que fluctúan entre 3 m y 6 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 340 y 398 ohm/m asociadas a sedimentos o rocas fracturada, con espesores que fluctúan entre 15 m y 17 m. La última secuencia en profundidad posee valores de resistividad entre 526 y 685 ohm/m asociada a sedimentos compactados secos o rocas con poco fracturamiento, posee espesores de 6 a 12 m.

Figura 191. Perfil geofísico de resistividad sector Huaro.



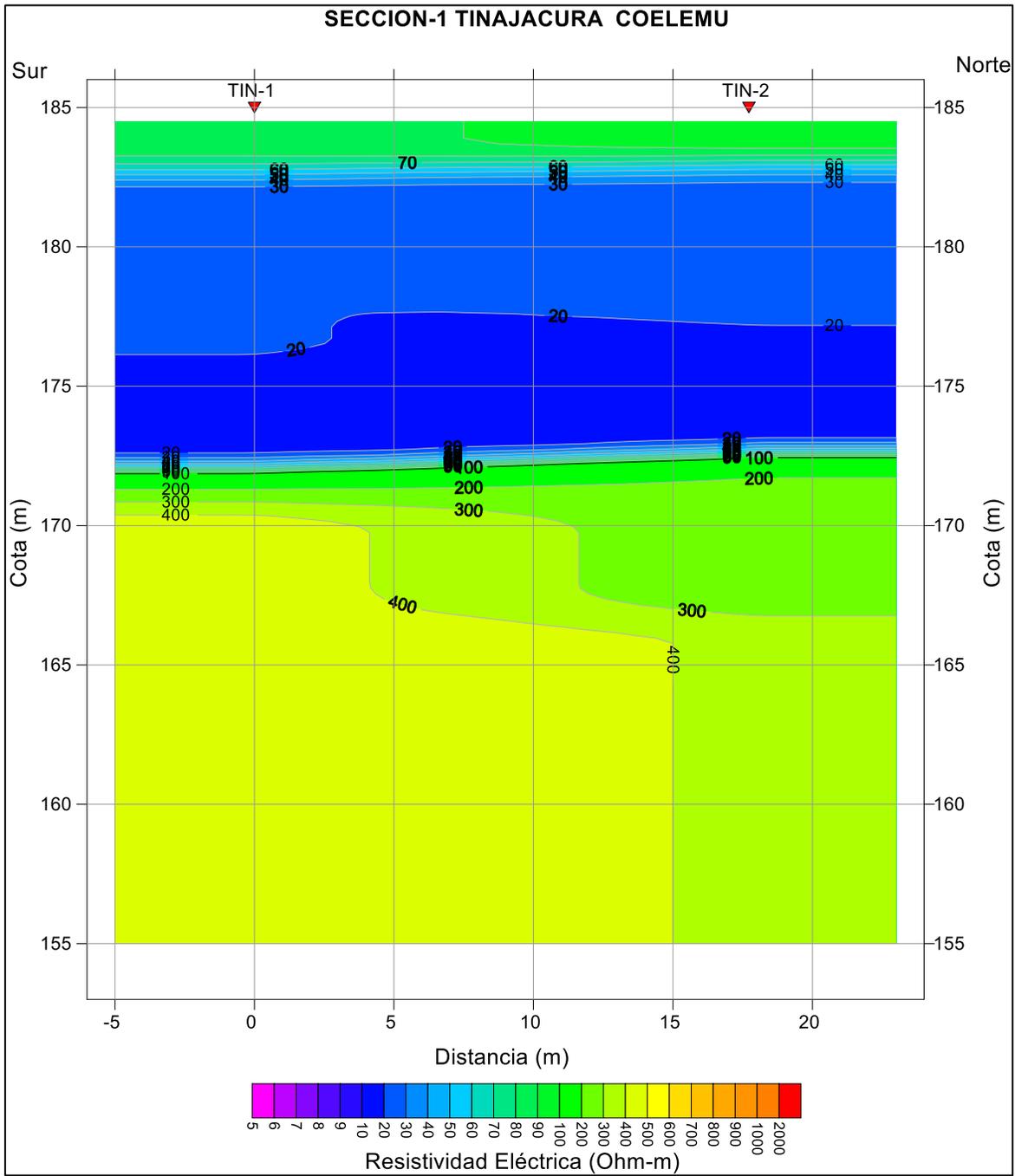
4.5.12 Coelemu. Tinajacura.

Figura 192. Esquema en planta de Sección-en sector Tinajacura.



La exposición de las estaciones TEM TIN-1 Y TIN-2 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de N a S. La primera secuencia se presenta superficialmente con valores de resistividad que varían entre 85 y 97 ohm/m asociados a sedimentos finos con saturación baja a seca con espesores que fluctúan entre 1,8 m y 2,1 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 13,8 y 21 ohm/m asociadas a arenas medias, gruesas y gravas saturadas, con espesores que fluctúan entre 10 m y 12 m. La última secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 189 y 455 ohm/m asociadas a sedimentos o rocas fracturada, con espesores que fluctúan entre 17 m y 18 m.

Figura 193. Perfil geofísico de resistividad sector Tinajacura.



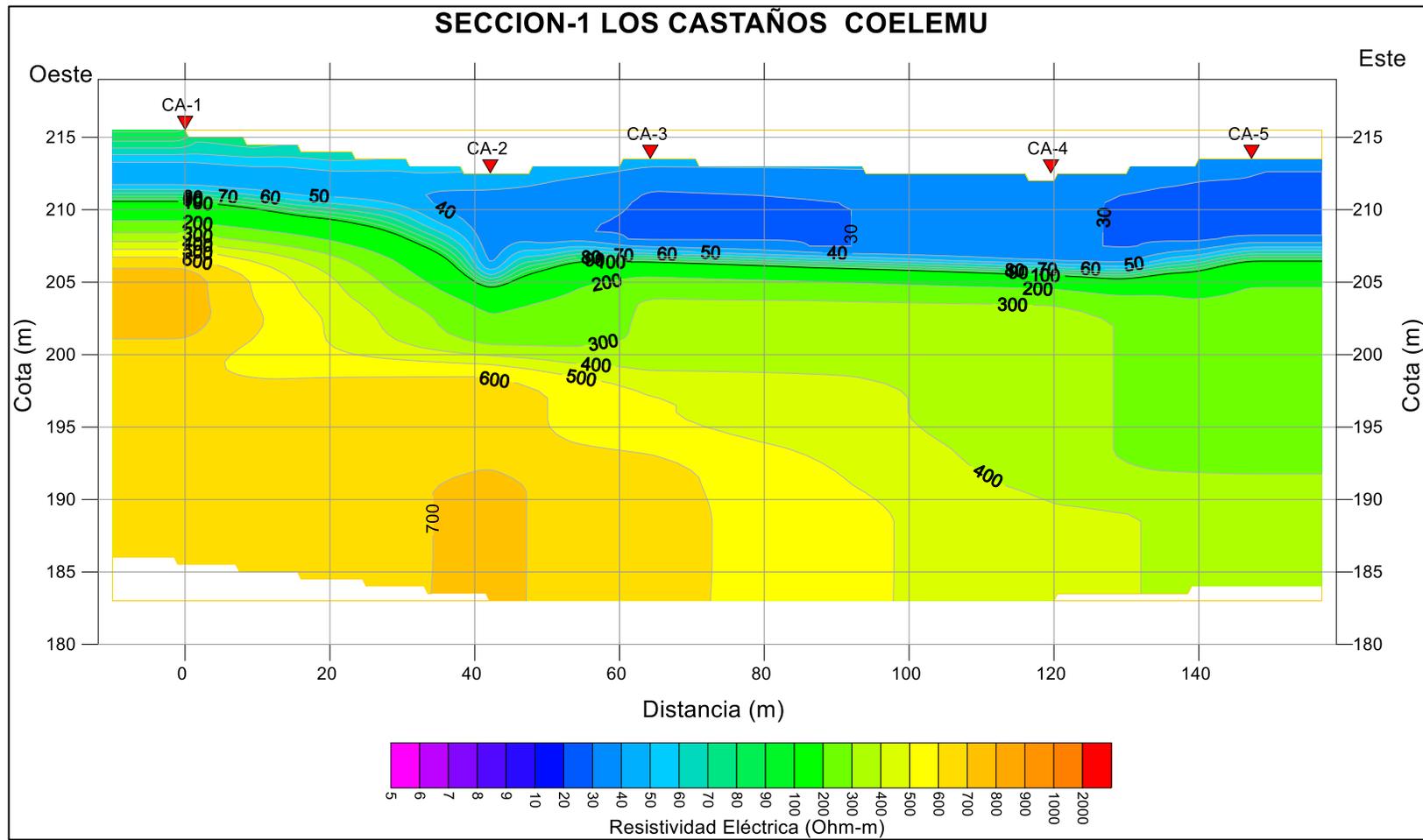
4.5.13 Coelemu. Los Castaños.

Figura 194. Esquema en planta de Sección-en sector Los Castaños.



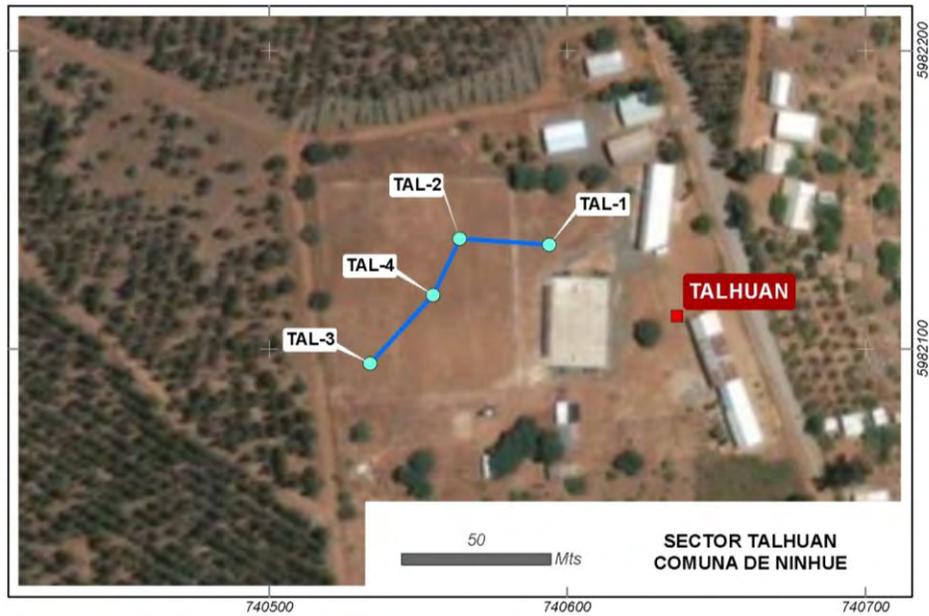
La exposición de las estaciones TEM CA-1; CA-2; CA-3; CA-4 y CA-5 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas arealmente de W a E. La primera secuencia se presenta superficialmente al Oeste del perfil con valores de resistividad que de 98 ohm/m aproximadamente asociados a sedimentos finos con saturación baja a seca con espesores que fluctúan entre 0,5 m y 1,5 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior y aflora en gran parte del perfil con valores de resistividad que varían entre 29 y 48 ohm/m asociadas a arenas medias, gruesas y gravas con saturación parcial, con espesores que fluctúan entre 3 m y 7 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 215 y 412 ohm/m asociadas a sedimentos o roca fracturada, con espesores que fluctúan entre 3 m y 23 m. La última secuencia en profundidad posee valores de resistividad entre 512 y 752 ohm/m asociada a sedimentos compactados secos o rocas con poco fracturamiento, posee espesores de 1 a 20 m.

Figura 195. Perfil geofísico de resistividad sector Los Castaños.



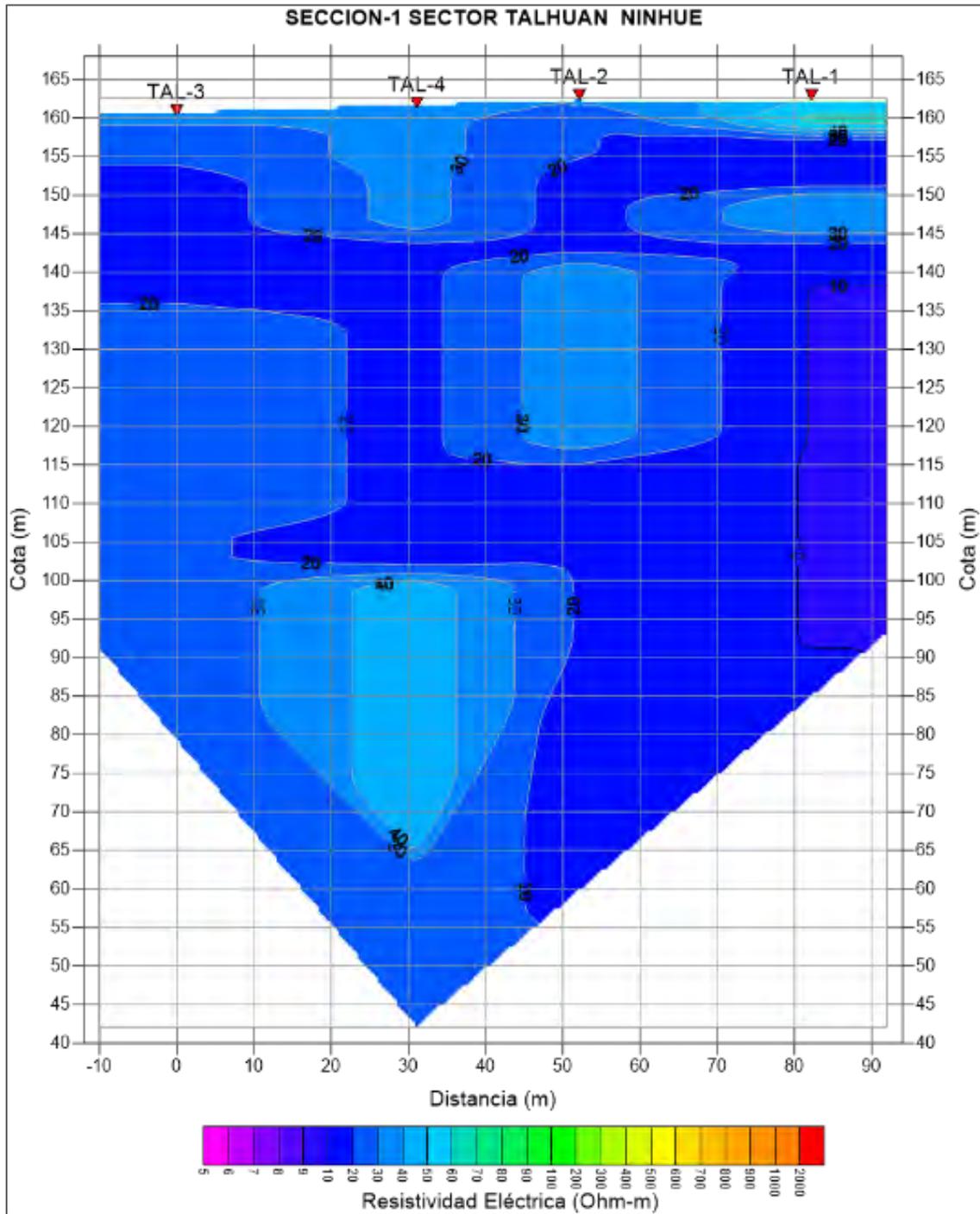
4.5.14 Ninhue. Talhuan.

Figura 196. Esquema en planta de Sección-1 en sector de Talhuan.



La exposición de las estaciones TEM TAL-3; TAL-4; TAL-2 y TAL-1 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de NE a SW. La secuencia principal presenta valores de resistividad que varían entre 10,1 y 40 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas, gravas saturadas arenas finas parcialmente saturadas, con espesores que fluctúan entre 70 m y 108 m. Las siguientes secuencias se encuentran contenidas en la primera. Una presenta valores de resistividad que varían entre 40 y 50 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas parcialmente saturada, con espesores que fluctúan entre 3 m y 30 m. La otra presenta valores de resistividad entre 50 y 92 ohm/m, que se asocia con sedimentos finos con saturación baja a seca y arenas medias y arenas finas parcialmente saturadas, con espesores de 45 aproximadamente.

Figura 197. Perfil geofísico de resistividad sector Talhuan.



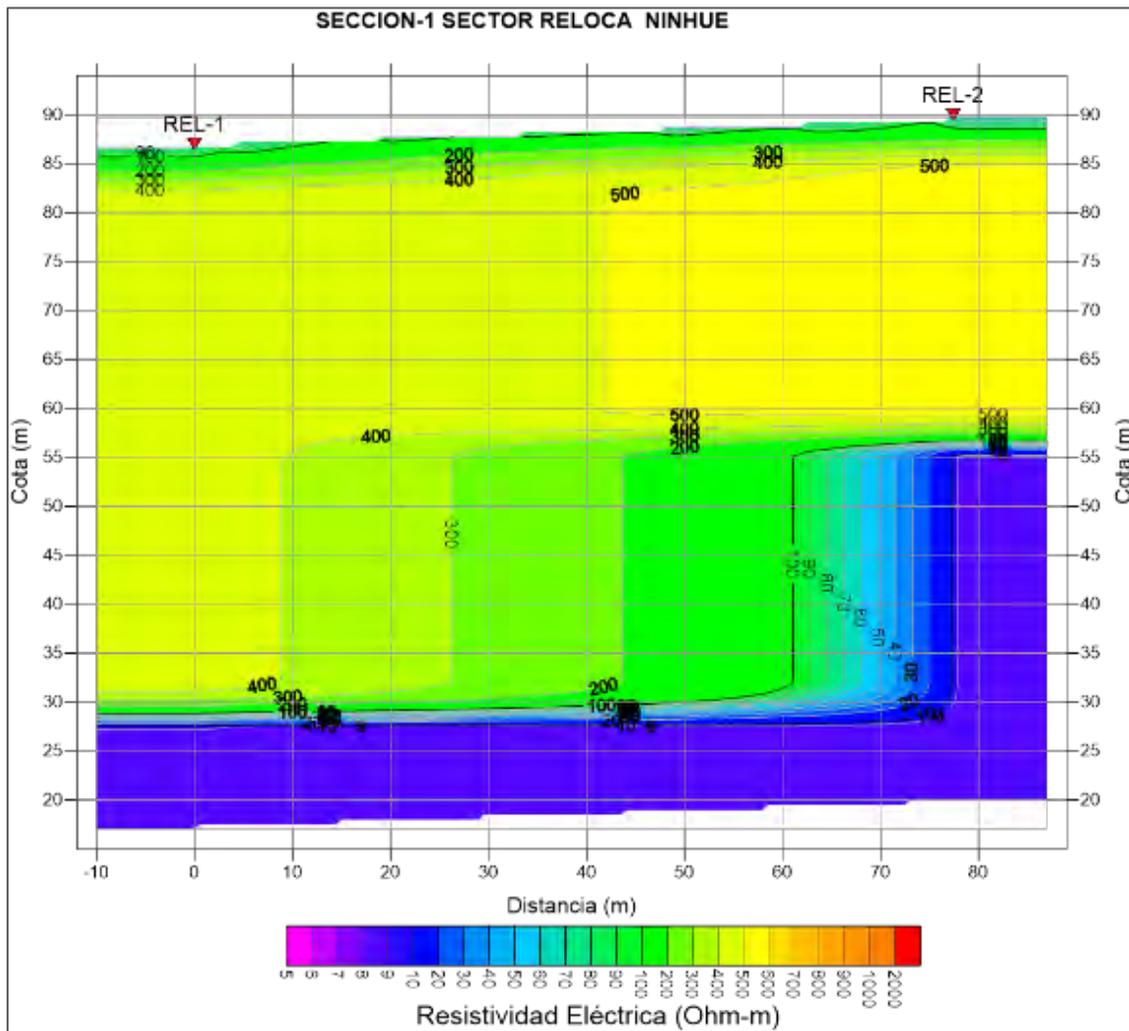
4.5.15 Ninhue. Reloca.

Figura 198. Esquema en planta de Sección-1 en sector Reloca.



La exposición de las estaciones TEM REL-1 y REL-2 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas arealmente de NW a SE. La secuencia más superficial presenta valores de resistividad que varía entre 103 y 541 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada, con espesores que fluctúan entre 37 m y 55 m. La siguiente secuencia presenta valores de resistividad que varían entre 60 y 100 ohm/m, que se asocia a arenas medias y arenas finas parcialmente saturada. Sus espesores fluctúan entre 1 m y 5 m. Posteriormente, la siguiente secuencia presenta valores de resistividad entre 10 y 60 ohm/m, con espesores entre 1 y 8 m. La secuencia subyacente que corresponde a la unidad con mejores condiciones hídricas presenta valores de resistividad que varían entre 27 a 35 ohm/m, las que se asocian a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas, con potencias que varían entre 8,3 m y 10 m.

Figura 199. Perfil geofísico de resistividad sector Reloca.



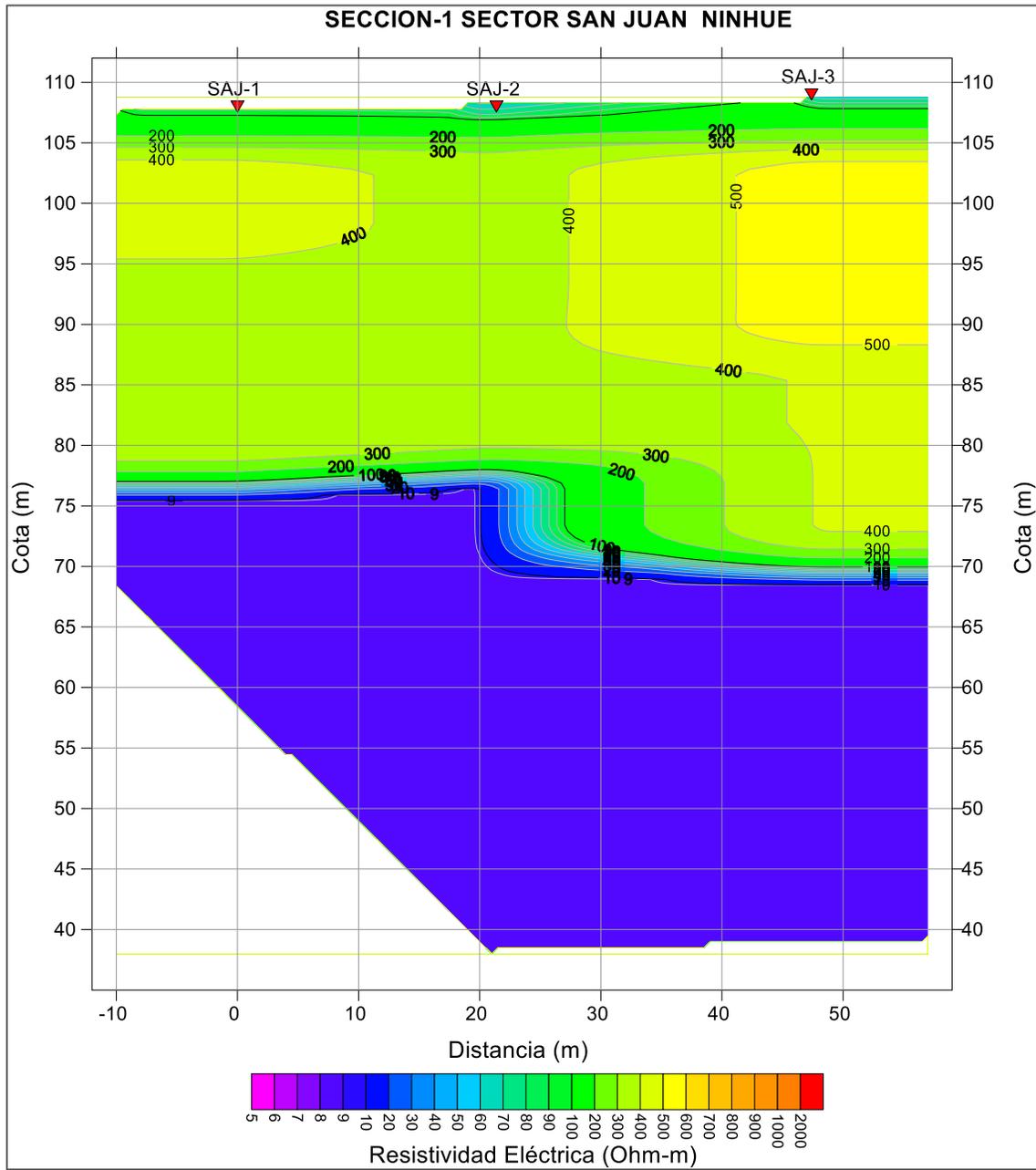
4.5.16 Ninhue. San Juan.

Figura 200. Esquema en planta de Sección-1 en sector San Juan.



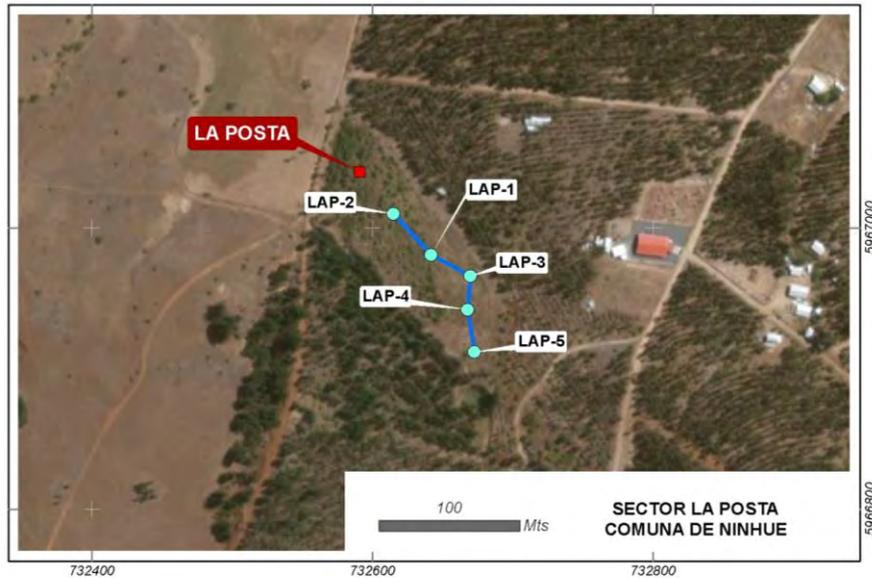
La exposición de las estaciones TEM SAJ-1; SAJ-2 y SAJ-3 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas arealmente de N a S. La secuencia más superficial presenta valores de resistividad que varían entre 100 y 500 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada, con espesores que fluctúan entre 30 m y 40 m. La siguiente secuencia se encuentra contenida en la primera y presenta valores de resistividad que varían entre 500 y 542 ohm/m, con espesor aproximado de 15 m. La unidad subyacente presenta valores de resistividad entre 8,5 y 10 ohm/m, y representa la unidad con mejores condiciones hídricas, las que se asocian a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas, con espesores que fluctúan entre 30 m y 40 m.

Figura 201. Perfil geofísico de resistividad sector San Juan.



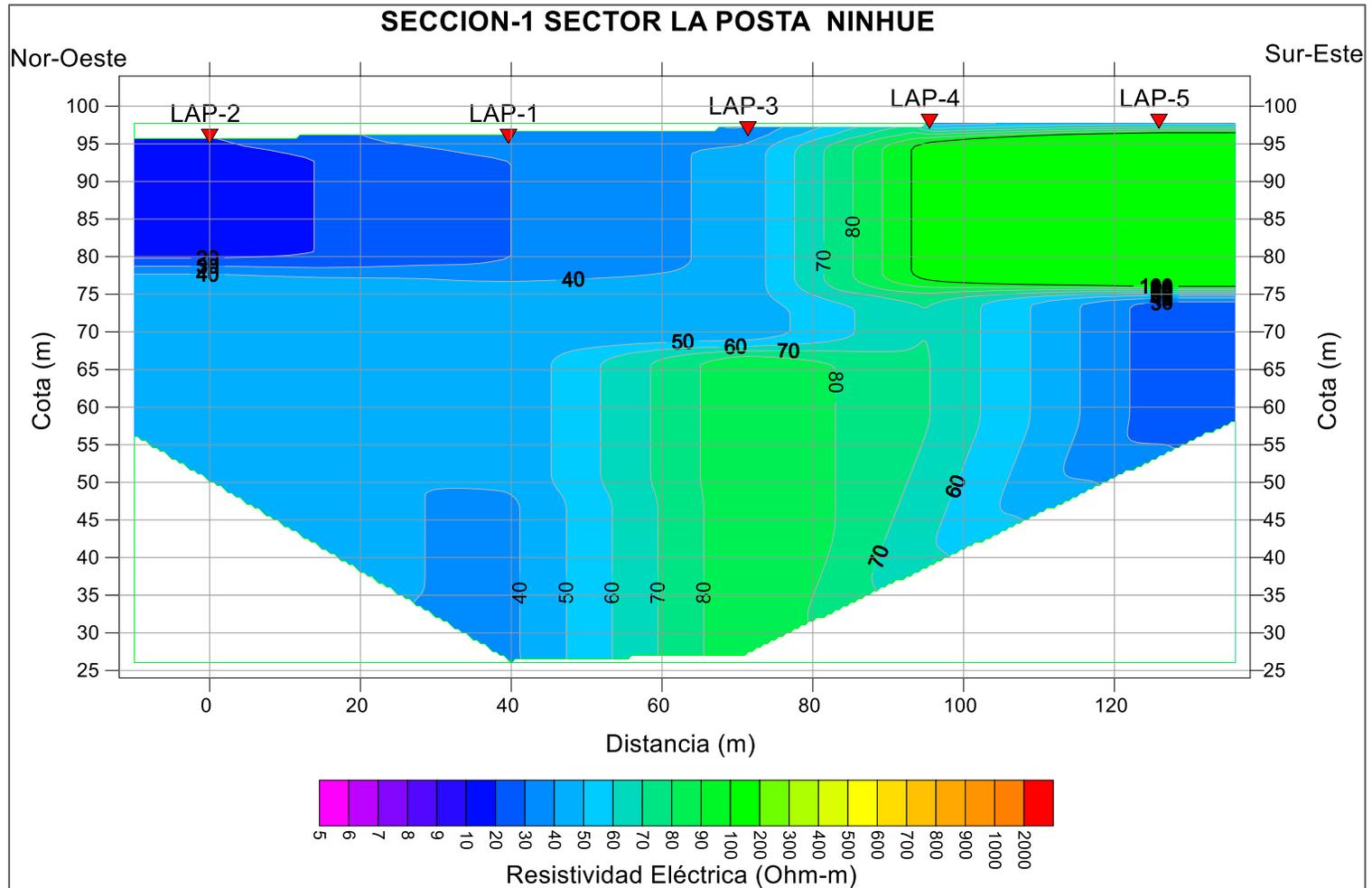
4.5.17 Ninhue. La Posta.

Figura 202. Esquema en planta de Sección-1 en sector La Posta.



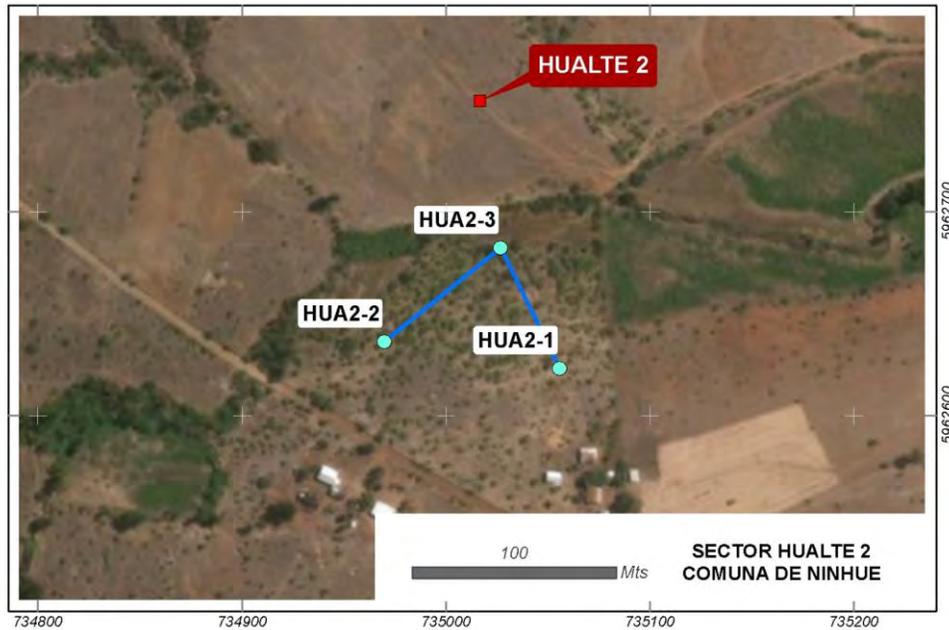
La secuencia evidenciada de noroeste a sureste define una continuidad de la secuencia que presenta valores de resistividades de 30 a 45 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas parcialmente saturada, entre las estaciones LAP-1 y LAP-3, donde hacia el sur este, mediante la estación TEM LAP-5, se acuña esta secuencia. Hacia el noroeste, en superficie y hasta los 17 m de profundidad se detecta una unidad con valores de resistividad de 14,7ohm/m. Hacia el sureste se detecta una secuencia superficial con valores de resistividad entre 109 a 149 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada, hasta aproximadamente los 22 m de profundidad.

Figura 203. Perfil geofísico de resistividad sector la Posta



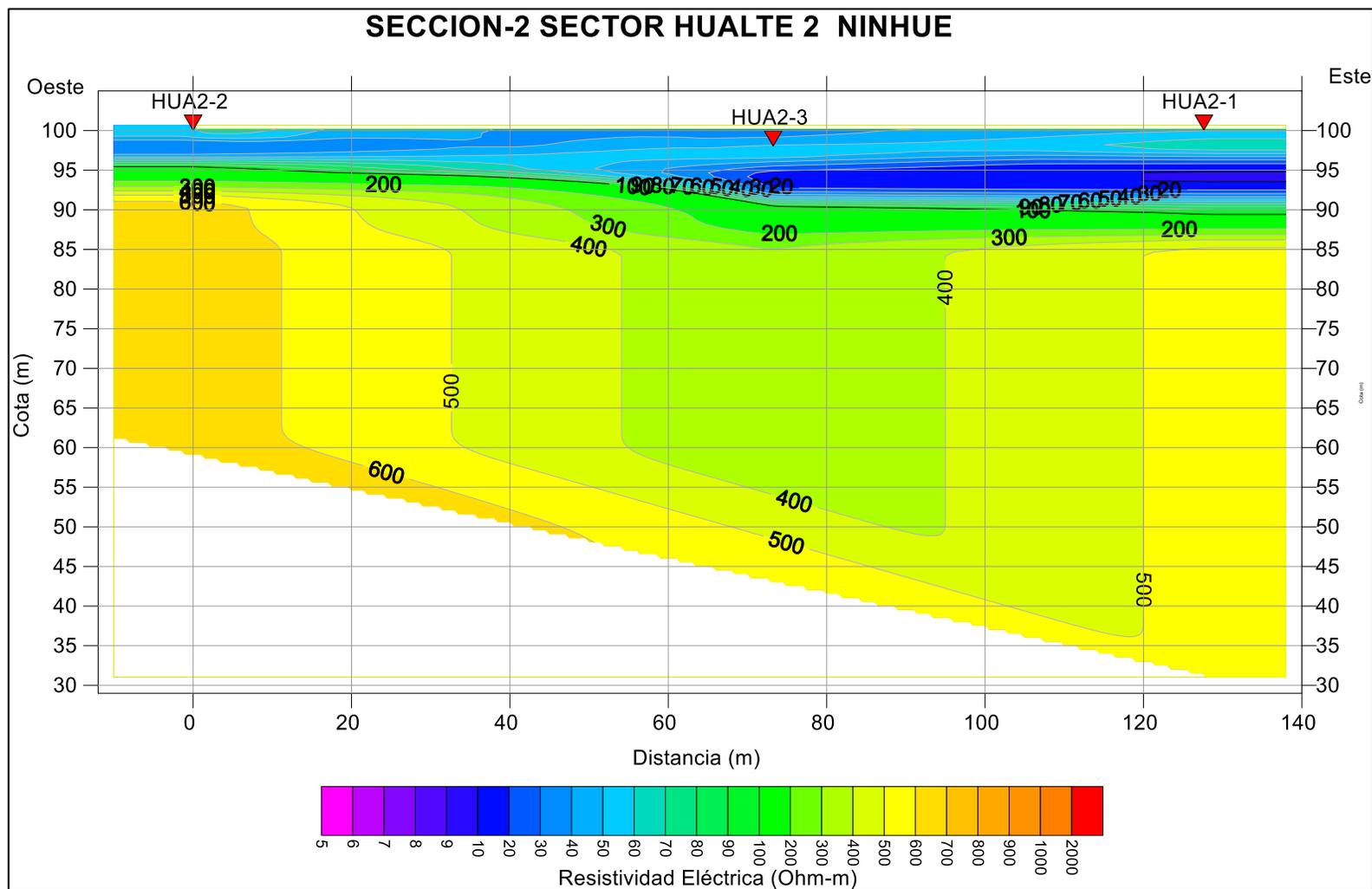
4.5.18 Ninhue. Hualte.

Figura 204. Esquema en planta de Sección-1 en sector La Posta.



La exposición de las estaciones TEM HUA2-2; HUA2-3 y HUA2-1 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas arealmente de W a E. La primera secuencia se presenta superficialmente con valores de resistividad que varían entre 35 y 42 ohm/m asociados a arenas medias, gruesas y gravas con saturación parcial y espesores que fluctúan entre 0,9 m y 2,3 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 111 y 312 ohm/m asociadas a sedimentos o rocas fracturadas, con espesores que fluctúan entre 0,8 m y 40 m. La siguiente secuencia está contenida por la anterior con valores de resistividad que varían entre 8,4 y 12,3 ohm/m asociadas a arenas medias, gruesas y gravas saturadas, con espesores que fluctúan entre 3 m y 5 m. La última secuencia en profundidad posee valores de resistividad entre 532 y 652 ohm/m asociada a sedimentos compactados secos o rocas con poco fracturamiento, posee espesores de 5 a 55 m.

Figura 205. Perfil geofísico de resistividad sector La Posta.



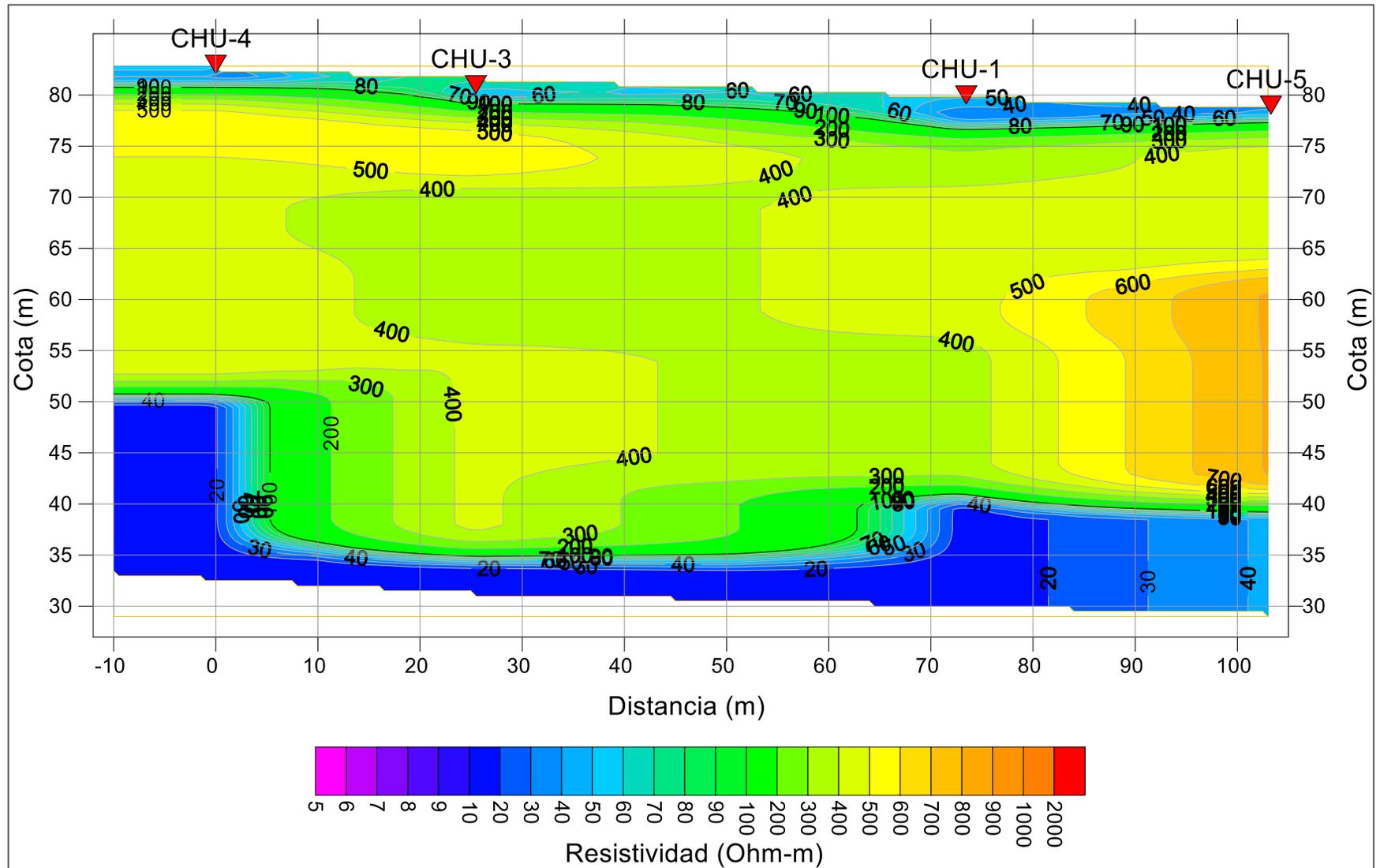
4.5.19 Portezuelo. Chudal.

Figura 206. Esquema en planta de Sección-1 en sector Chudal.



La exposición de las estaciones TEM CHU-4; CHU-3; CHU-1 y CHU-5 evidencia la distribución de cinco secuencias homogéneas arealmente de N a SW. Hacia el nivel más superficial se observan dos secuencias, la más suroccidental presenta valores de resistividad que varían entre 50 y 81 ohm/m, que se asocia a arenas medias y arenas finas parcialmente saturada y sedimentos finos con saturación baja, mientras que hacia el norte los valores varían entre 12,2 y 50 ohm/m. Sus espesores fluctúan entre 2 m y 4 m. La siguiente secuencia subyacente presenta valores de resistividad que varían entre 320 ohm/m y 455 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada, con espesores que fluctúan entre 30 m y 44 m. Inmersas en esta secuencia hay otras dos de características similares, una hacia el SW y otra al N, con valores de resistividad entre 561 ohm/m a 595 ohm/m y 500 ohm/m a 812 ohm/m, respectivamente. Sus espesores fluctúan entre 4 m y 5 m en el primer caso, y entre 4 y 17 m en el segundo. La secuencia subyacente, y más profunda, presenta valores de resistividad que 11,3 a 13,6 m ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas, con potencia que varía entre 5 m y 22 m. A un nivel de profundidad similar, adyacente y hacia el N, se repite la primera secuencia con espesor promedio de 8 m.

Figura 207. Perfil geofísico de resistividad sector Chudal.



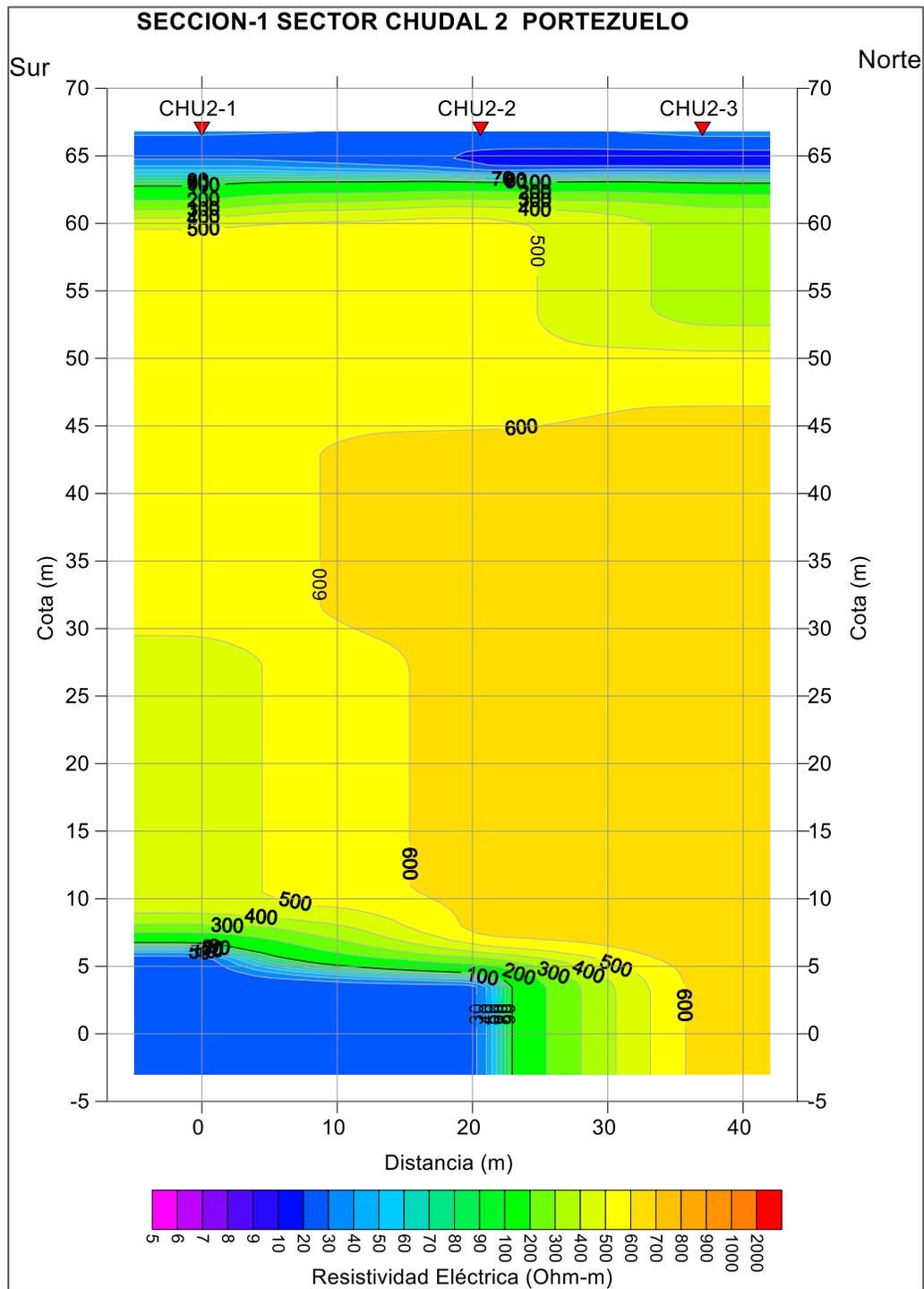
4.5.20 Portezuelo. Chudal. 2

Figura 208. Esquema en planta de Sección-1 en sector Chudal 2



La exposición de las estaciones TEM CHU2-1; CHU2-2 y CHU2-3 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de NNW a SSE. La primera secuencia se presenta superficialmente y se repite en profundidad con valores de resistividad que varían entre 12,2 y 24 ohm/m asociados a arenas medias, gruesas y gravas saturadas y espesores que fluctúan entre 3 m y 6 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior y se repite en profundidad con valores de resistividad que varían entre 111 y 459 ohm/m asociadas a sedimentos o roca fracturada y un espesor de 10 m a 56 m. La siguiente secuencia se encuentra entre los estratos de la secuencia anterior con valores de resistividad que varían entre 523 y 652 ohm/m asociadas a sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento, con espesores que fluctúan entre 50 m y 56 m.

Figura 209. Perfil geofísico de resistividad sector Chudal 2



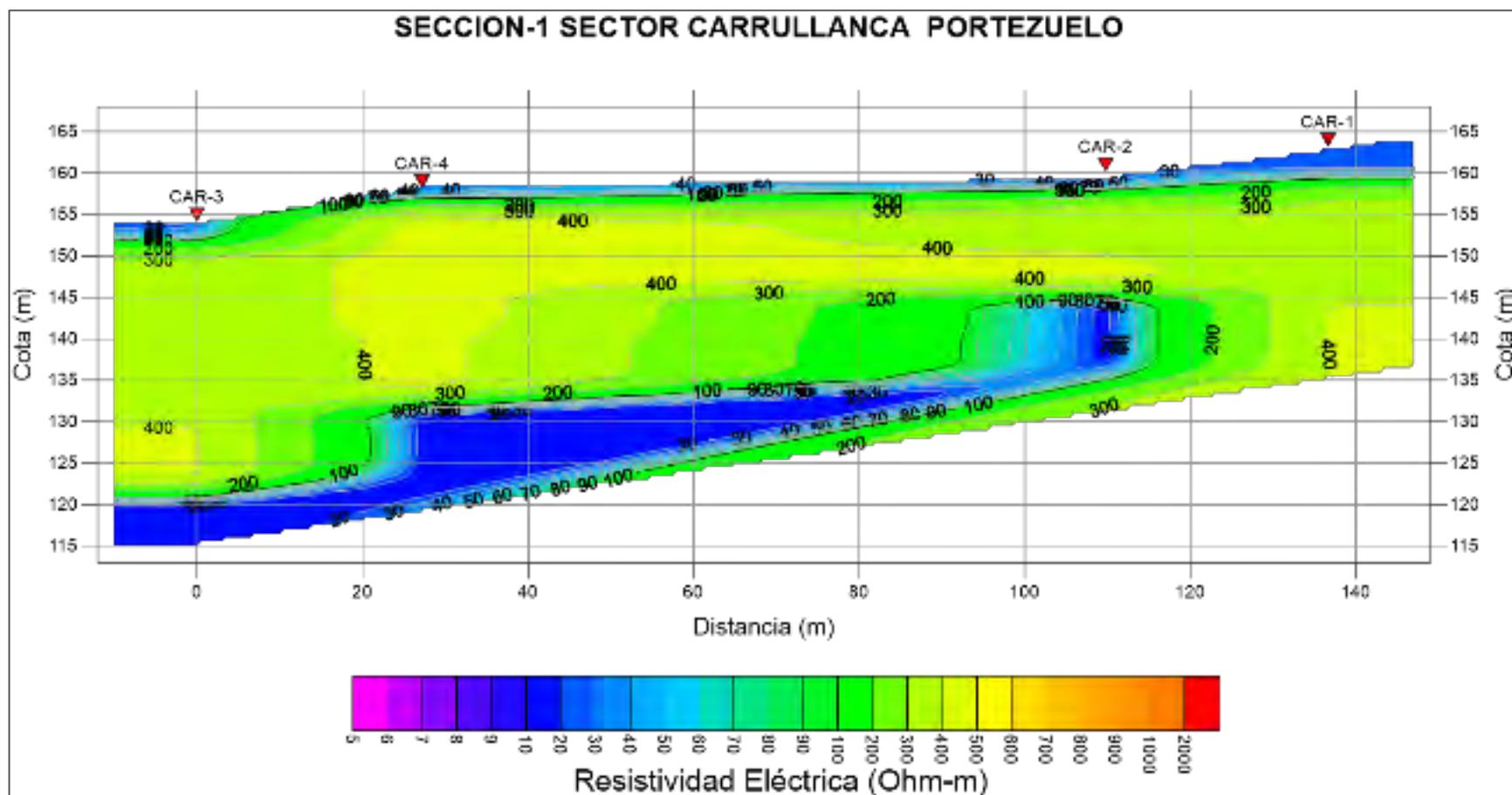
4.5.21 Portezuelo. Carrullanca.

Figura 210. Esquema en planta de Sección-1 en sector Carrullanca.



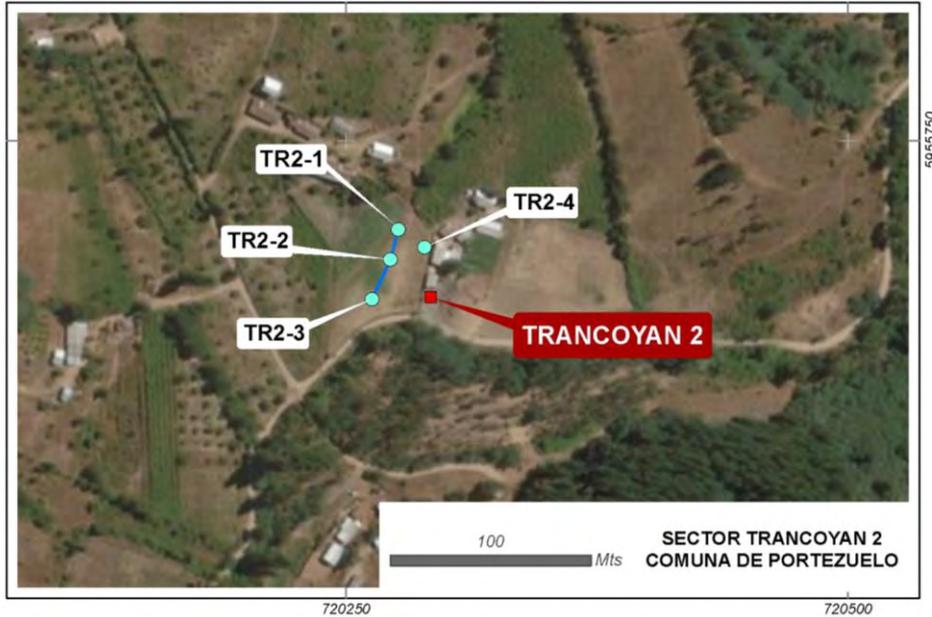
La exposición de las estaciones TEM CAR-3; CAR-4; CAR-2 y CAR-1 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de NNW a SSE. La secuencia más superficial se extiende prácticamente a lo largo de todo el perfil y se acuña hacia el NNE, presenta valores de resistividad entre 22,7 ohm/m y 32 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas, con espesores que fluctúan entre 0 m y 4 m. La secuencia subyacente es la de mayor extensión areal de la sección, presenta resistividad entre 310 ohm/m y 455 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada y su potencia varía entre 20 a 30 m. La secuencia siguiente es encerrada por la anterior hacia el N-NNE, presenta valores de resistividad de 10,2 a 10, 5 ohm/m y su potencia es entre 5 m y 10 m.

Figura 211. Perfil geofísico de resistividad sector Carrullanca.



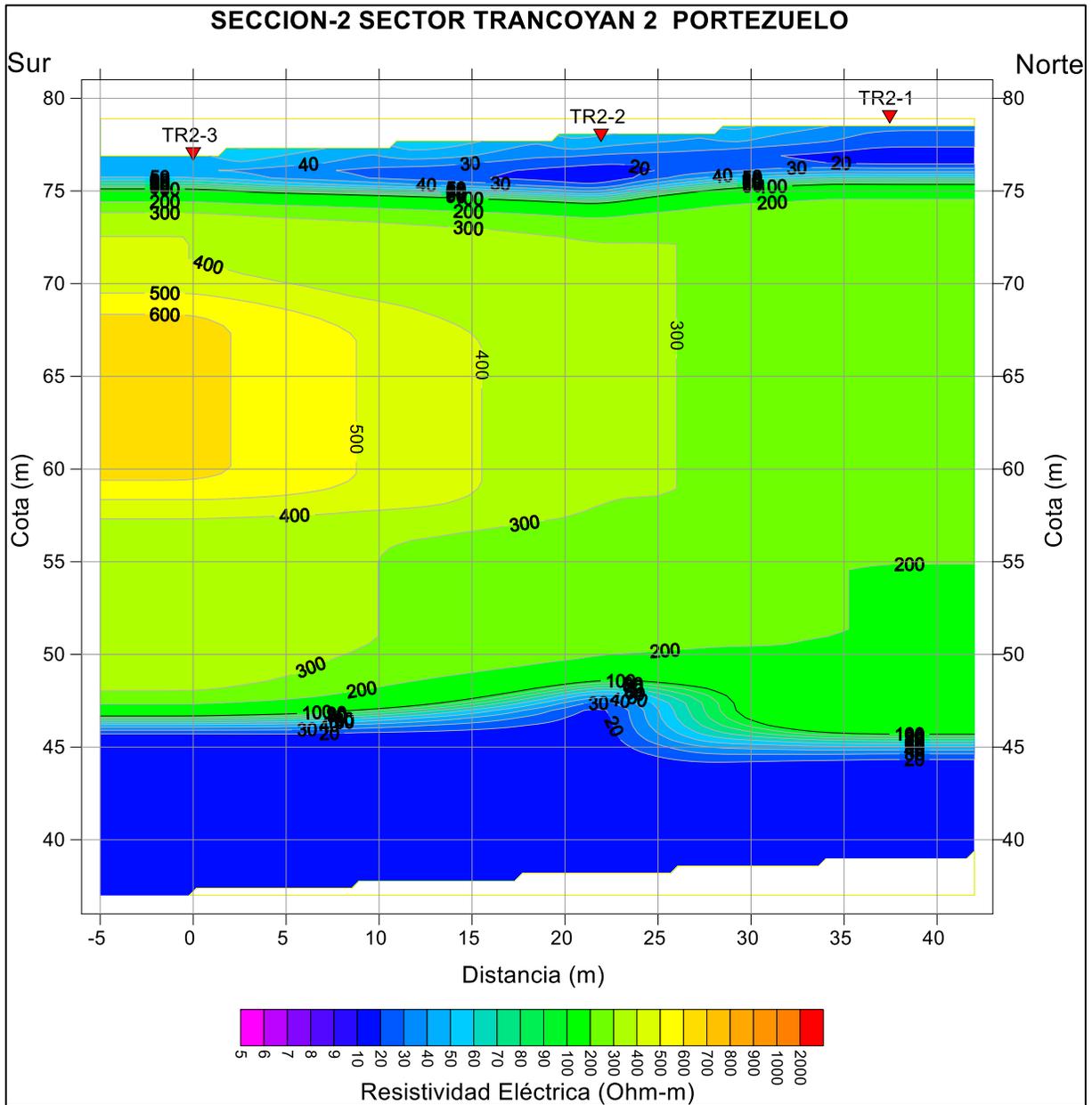
4.5.22 Portezuelo. Trancoyán 2.

Figura 212. Esquema en planta de Sección-2 en sector Trancoyán 2.



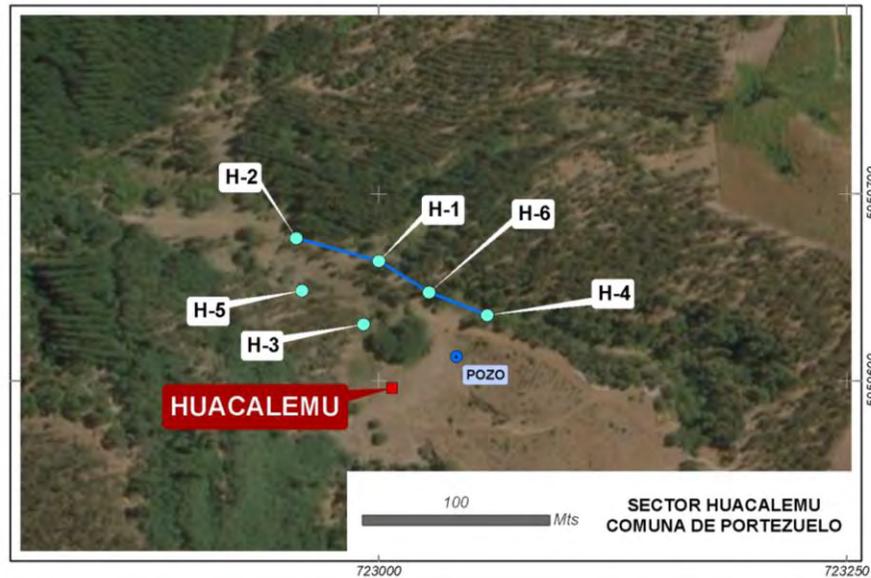
La distribución de las estaciones TR2-3; TR2-2 y TR2-1, con direcciones suroeste-noreste evidencia la distribución de secuencias homogéneas arealmente. La secuencia más superficial con valores de resistividad entre 11,3 ohm/m a 19 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas, con espesores que varían entre 2,3 m y 3,8 m. Subyace una secuencia con valores resistividad que fluctúa entre 198 ohm/m a 400 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada, a partir de los 7 y 12 m de profundidad, aproximadamente hacia el sur y norte, respectivamente. La secuencia basal presenta valores de resistividad entre 11,5 y ohm/m con espesores que fluctúan entre 7 m y 6 m, a partir de los 33 m hacia el norte del perfil.

Figura 213. Perfil geofísico de resistividad sector Trancoyán 2.



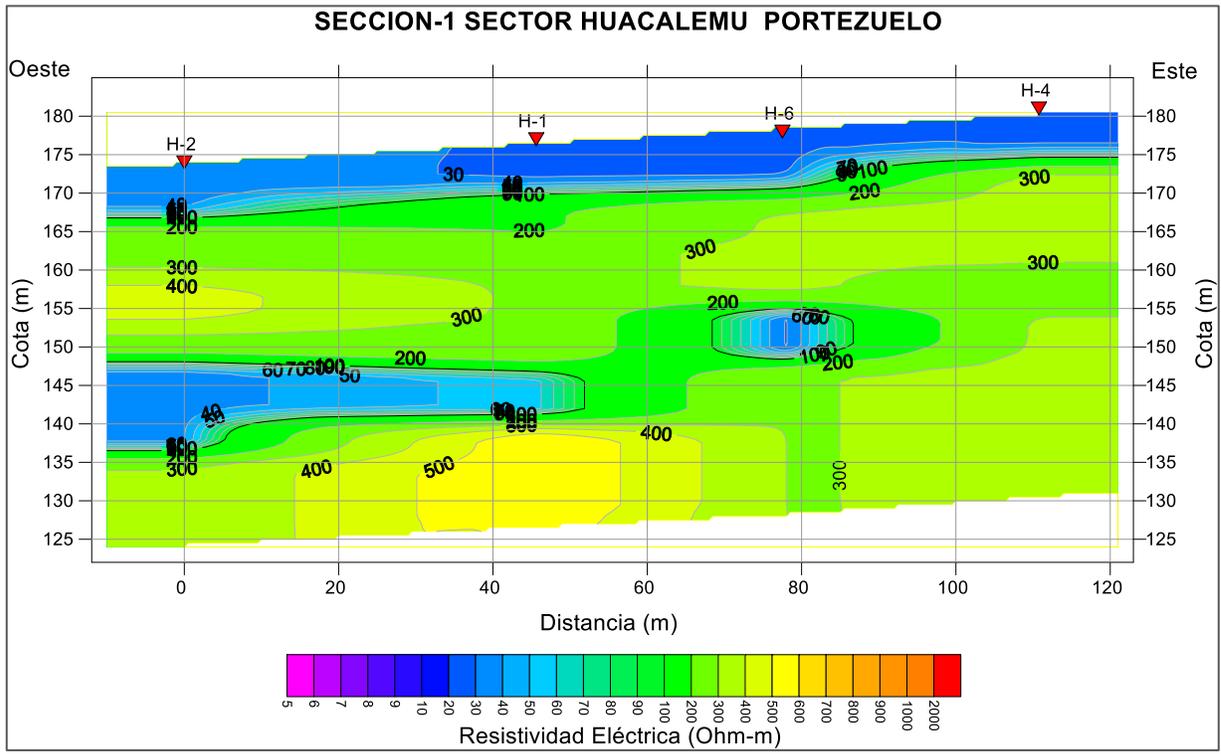
4.5.23 Portezuelo. Huacalemu

Figura 214. Esquema en planta de Sección-1 en sector Huacalemu



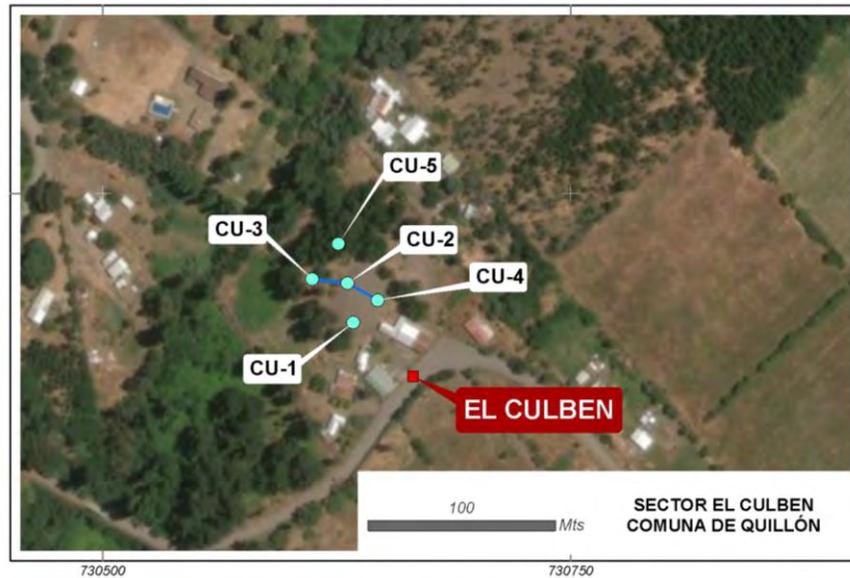
El perfil denota la presencia de una secuencia superficial con potencias medias de 7,0 m, con valores de resistividades medias de 25 ohm/m, que se asocian a arenas medias, arenas gruesas y gravas. Este horizonte se reconoce además de forma discontinua de oeste a este como un lente de aproximadamente 7,0 m de potencia, aproximadamente entre los 22 a 30 m de profundidad. La secuencia principal presenta valores de resistividad que varían entre 100 a 450 ohm/m. que se asocian a sedimentos o roca fracturada y hacia el este con valores de resistividad cercanos a 600 ohm/m.

Figura 215. Perfil geofísico de resistividad sector Portezuelo.



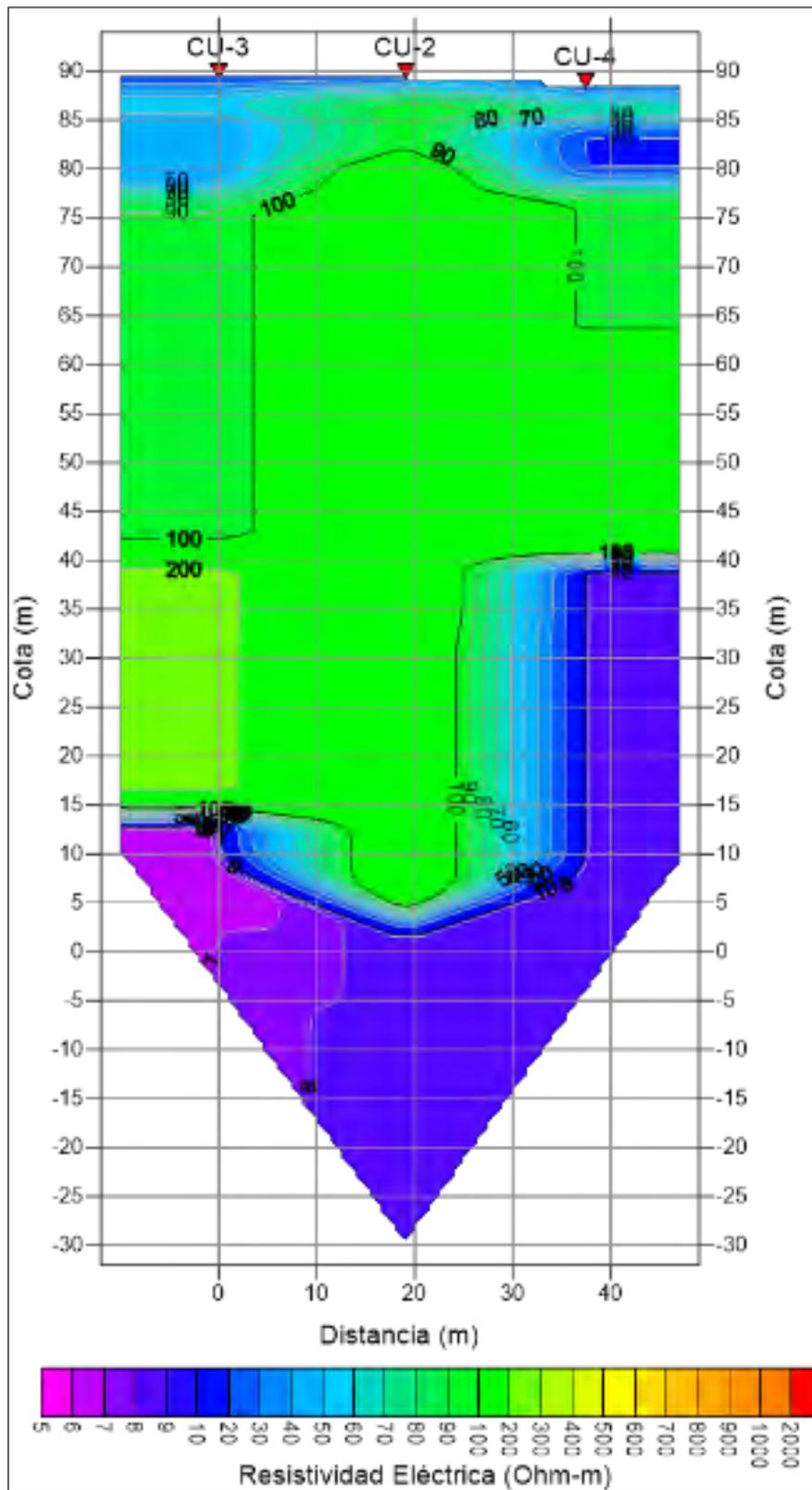
4.5.24 Quillón. El Culbén.

Figura 216. Esquema en planta de Sección-1 en sector Culbén.



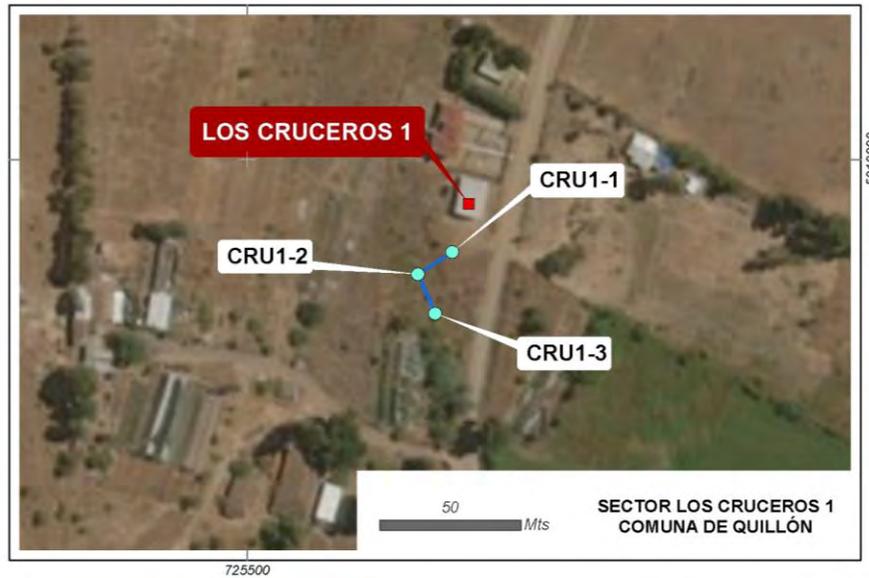
La exposición de las estaciones TEM CU-2, CU-3 y CU-4 evidencia la distribución de cinco secuencias homogéneas arealmente de NWW a SE. La secuencia más superficial, la cual también se encuentra en profundidad presenta valores de resistividad que varía entre 13 y 19 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas, con espesores que fluctúan entre 2 m (sector más somero del perfil) y 40 m (zona en profundidad). La siguiente secuencia en profundidad presenta valores de resistividad de aproximadamente 40 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas parcialmente saturada. Sus espesores fluctúan entre 10 m (zona NWW del perfil) y 2 m (zona SSE del perfil). La secuencia subyacente presenta valores de resistividad que varían entre 100 a 200 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada, con potencias que aumentan de 60 m en el NWW a 40 m en el SSE.

Figura 217. Perfil geofísico de resistividad sector Culbén.



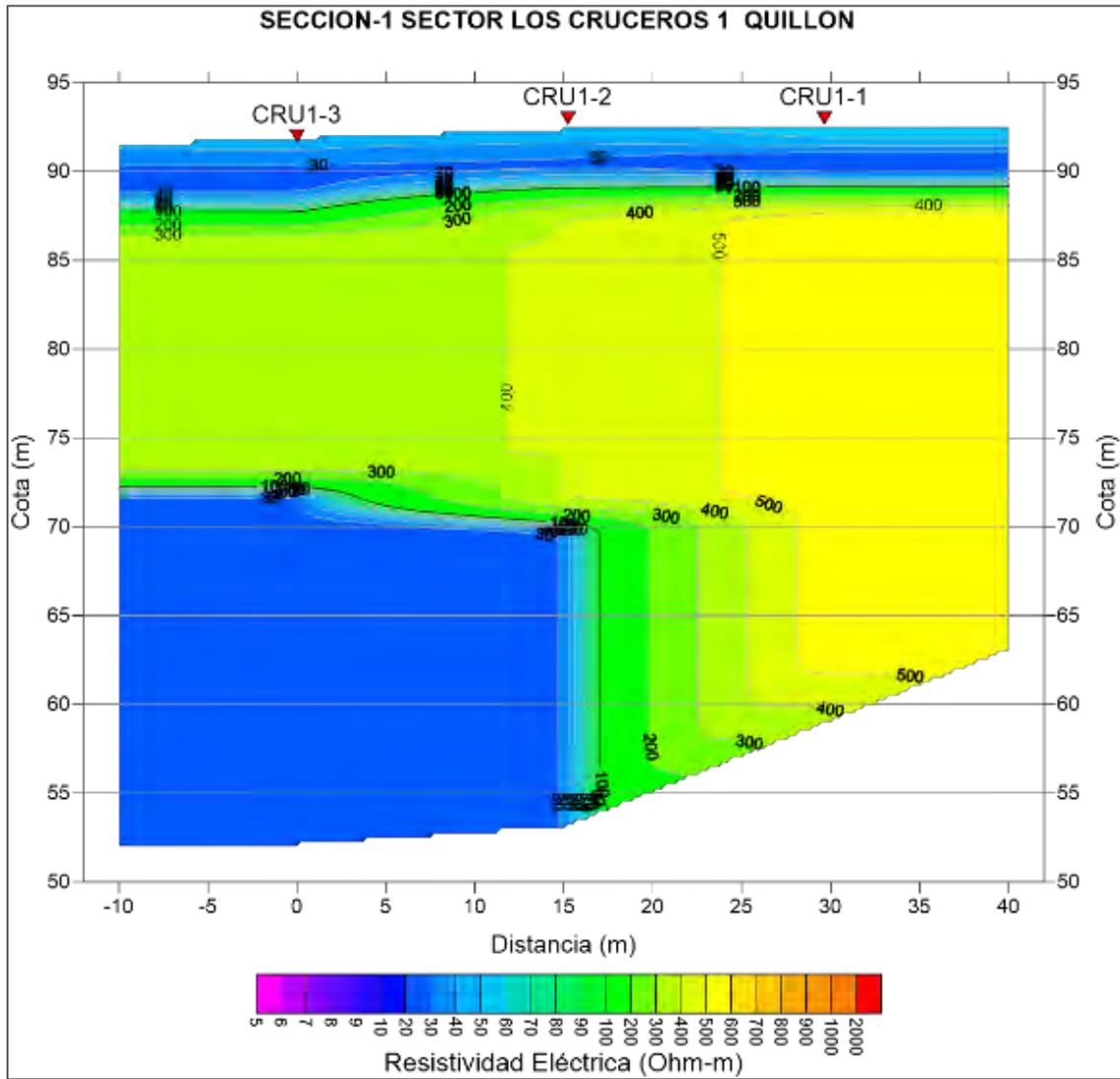
4.5.25 Quillón. Los Cruceros 1.

Figura 218. Esquema en planta de Sección-1 en sector Los Cruceros 1.



La exposición de las estaciones TEM CRU1-3, CRU1-2 Y CRU1-1 evidencia la distribución de dos secuencias homogéneas arealmente, la traza del perfil posee un tramo SE-NW y otro SW-NE, variando al pasar de una estación TEM a otra. La secuencia más superficial, la cual también se encuentra en profundidad, presenta valores de resistividad que varía entre 15 y 55 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas y sectores con arenas medias, arenas gruesas y gravas parcialmente saturada, con espesores que fluctúan entre 1 m y 20 m. La secuencia en profundidad presenta valores de resistividad que varían entre 116 y 569 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada. Sus espesores fluctúan entre 14 y 32 m.

Figura 219. Perfil geofísico de resistividad sector Los Cruceos 1.



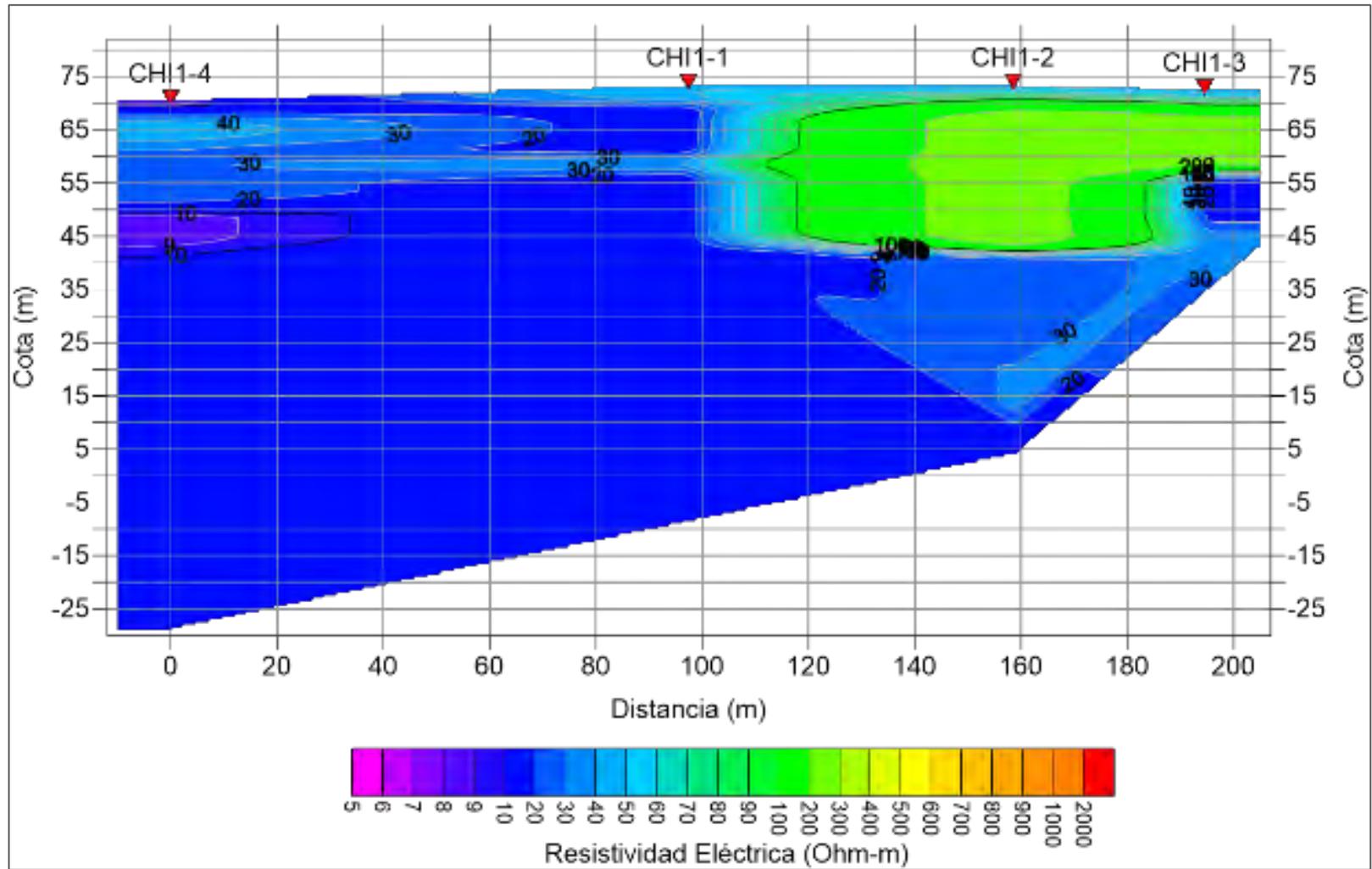
4.5.26 Quillón. Chillancito.

Figura 220. Esquema en planta de Sección-1 en sector Chillancito.



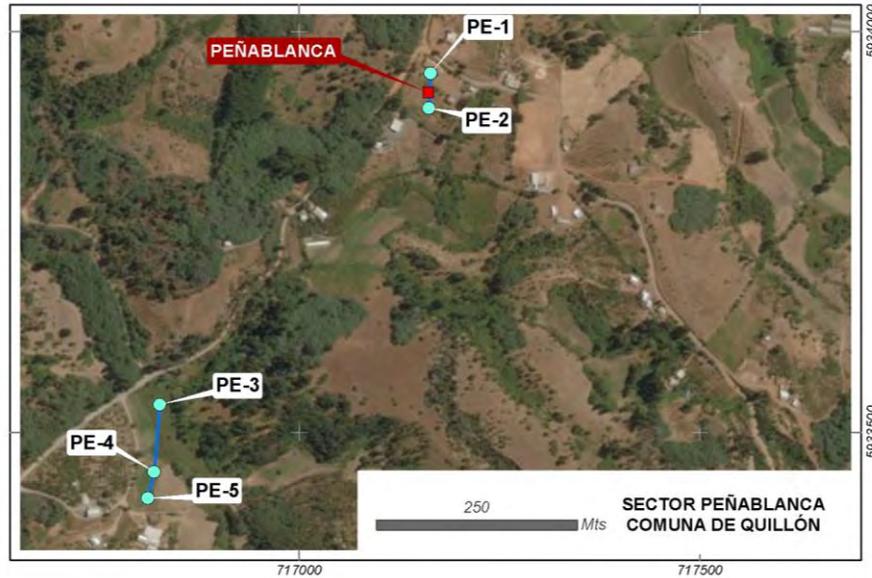
La exposición de las estaciones TEM CHI1-4, CHI1-1, CHI1-2 y CHI1-3 evidencia la distribución de dos secuencias homogéneas arealmente, la traza del perfil presenta tramos NW-SE, N-S y E-W. La única secuencia expuesta en superficie presenta valores de resistividad que varía entre 8,4 y 30 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas, con espesores que fluctúan entre 30 m y 95 m, siendo más angosto hacia el extremo asociado a la estación TEM CHI1-3. La secuencia ubicada en profundidad presenta valores de resistividad que varían entre 111 y 271 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada. Sus espesores fluctúan entre 10 y 25 m.

Figura 221. Perfil geofísico de resistividad sector Chillancito.



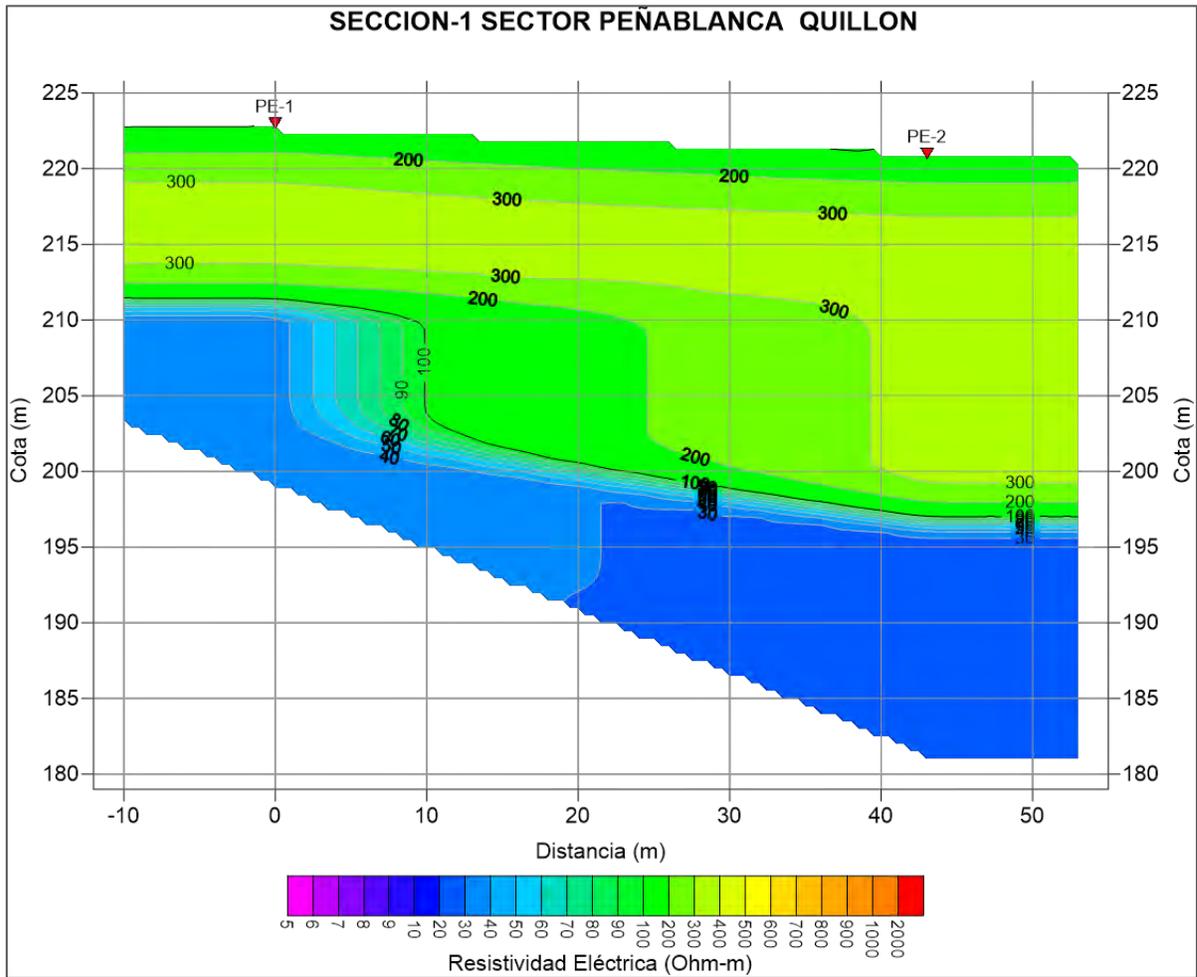
4.5.27 Quillón. Peñablanca.

Figura 222. Esquema en planta de Sección-1 en sector Peñablanca.



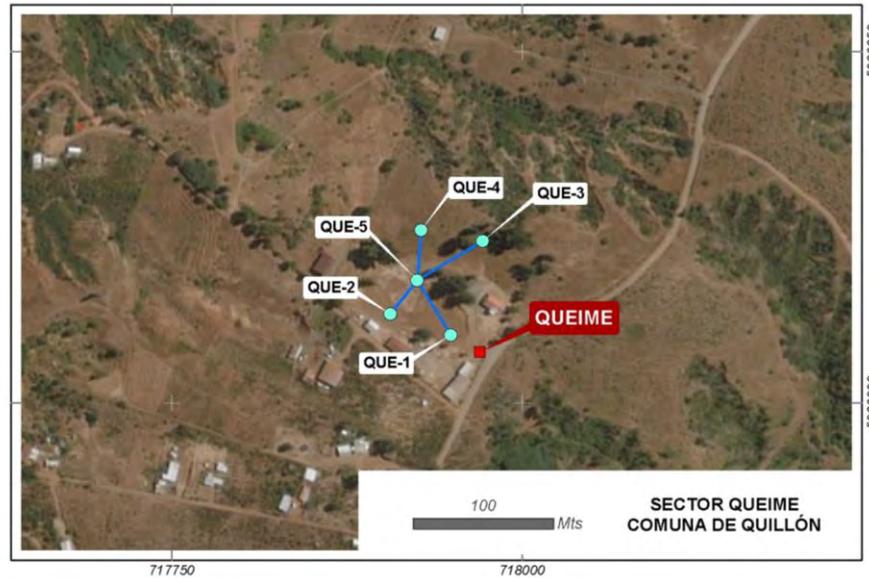
El perfil evidencia la presencia de una secuencia superficial homogénea de norte a sur, que presenta valores de resistividad que varían entre 156 a 235 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada, desde los 0,6 m a los 10, 5 m y 23,0 m, hacia el norte y sur, respectivamente. Esta unidad se asocia a sedimentos o roca fracturada. Subyaciendo a esta secuencia se detecta un horizonte con valores de resistividad entre 27 y 33 ohm/m, que se asocian a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas. Esta secuencia se reconoció hasta los 40 m de profundidad hacia el sur del perfil.

Figura 223. Perfil geofísico de resistividad sector Peñablanca



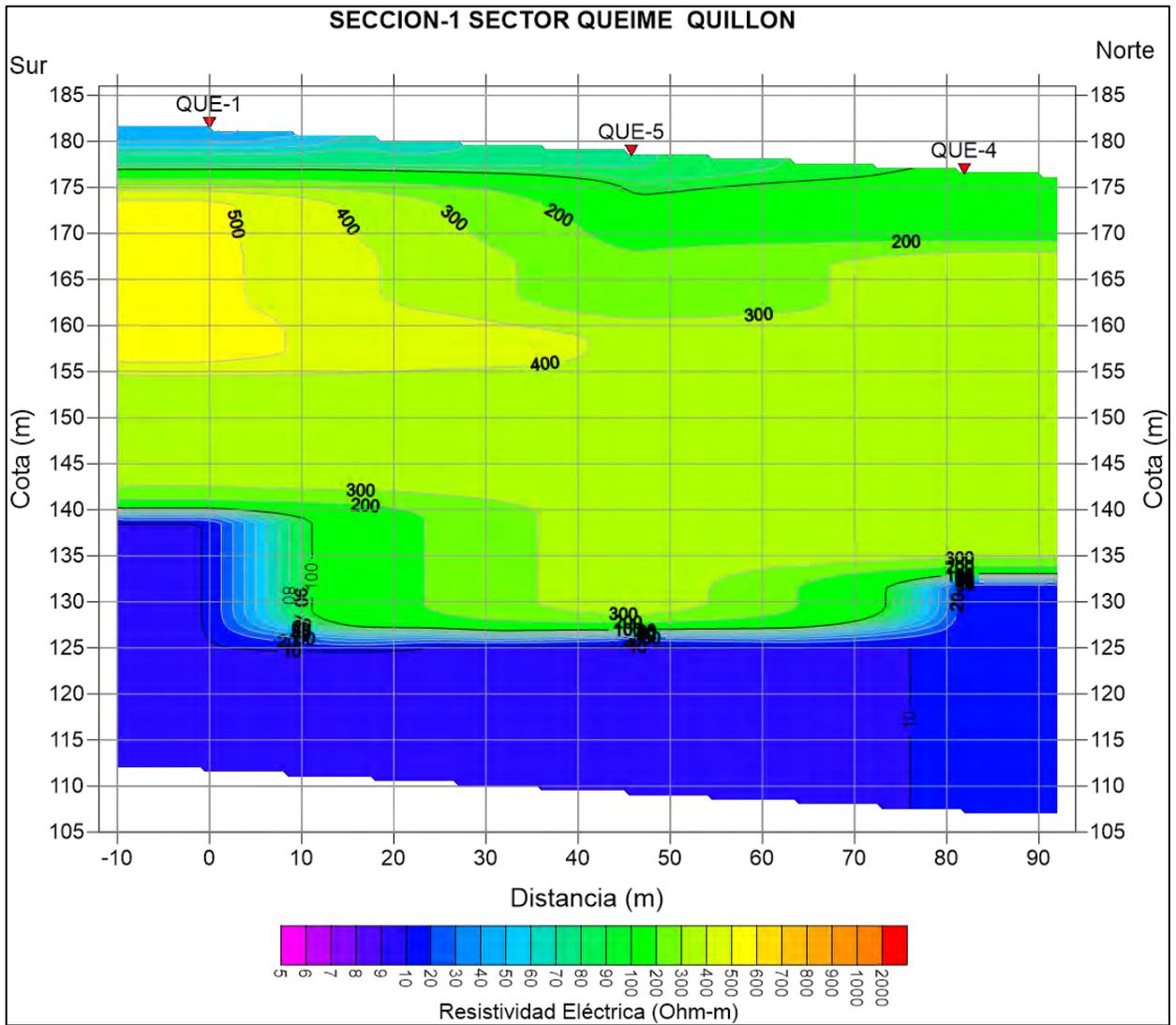
4.5.28 Quillón. Queime.

Figura 224. Esquema en planta de Sección-1 en sector Queime



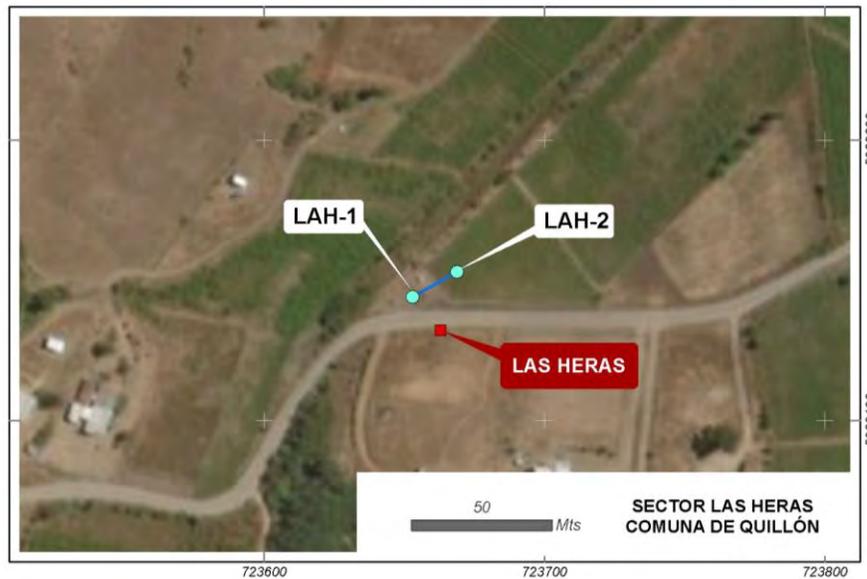
El perfil evidencia la presencia de una potente secuencia superficial de sur a norte que presenta valores de resistividad que varía entre 100 a 525 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada, con potencias que varían entre 39 a 48 m, las que se asocian principalmente a sedimentos o roca fracturada. Subyaciendo se presenta una unidad que tiene valores de resistividad del orden de 10 ohm/m, que se asocian a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas.

Figura 225. Perfil geofísico de resistividad sector Queime.



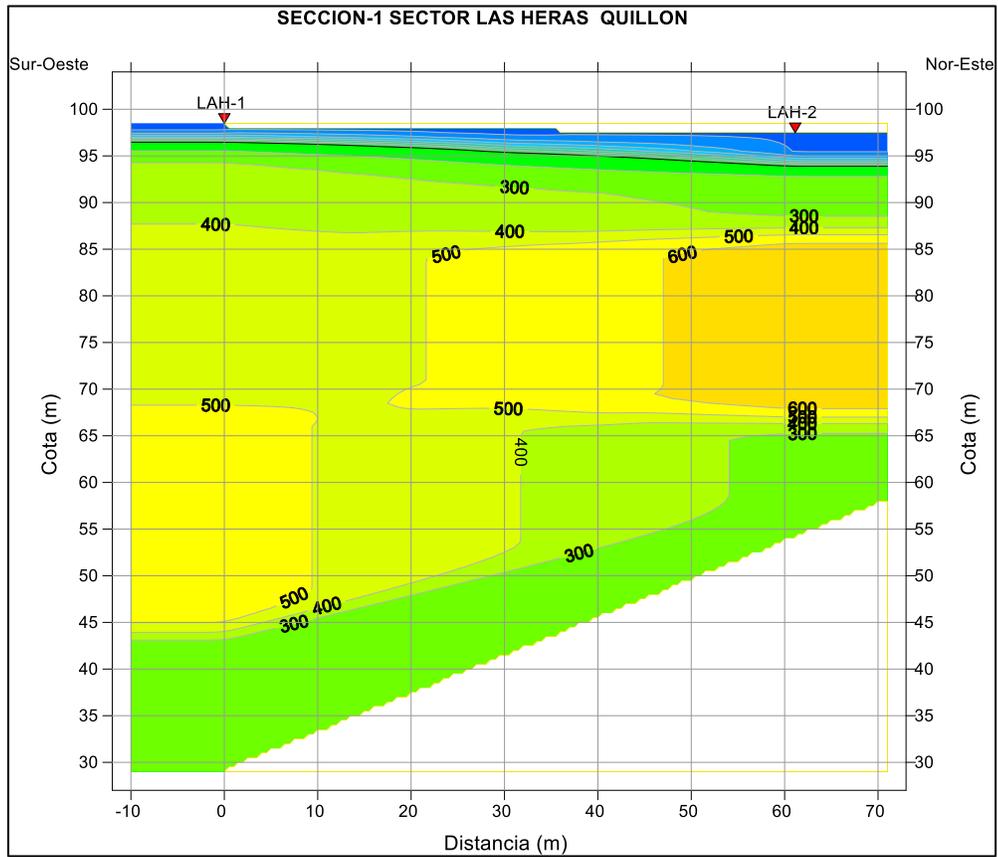
4.5.29 Quillón. Las Heras.

Figura 226. Esquema en planta de Sección- sector Las Heras.



La exposición de las estaciones TEM LAH-1 y LAH-2 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de SW a NE. La primera secuencia se presenta superficialmente con valores de resistividad que varían entre 25 y 29 ohm/m asociados a arenas medias, gruesas y gravas saturadas con espesores que fluctúan entre 3 m y 4,5 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior y se repite en profundidad con valores de resistividad que varían entre 210 y 415 ohm/m asociadas a sedimentos o roca fracturada con espesores que fluctúan entre 7 m y 30 m. La siguiente secuencia es contenida por la anterior con valores de resistividad que varían entre 542 y 655 ohm/m asociadas a sedimentos secos compactadas o roca con poco fracturamiento, con espesores que fluctúan entre 12 m y 23 m.

Figura 227. Perfil geofísico de resistividad sector Las Heras



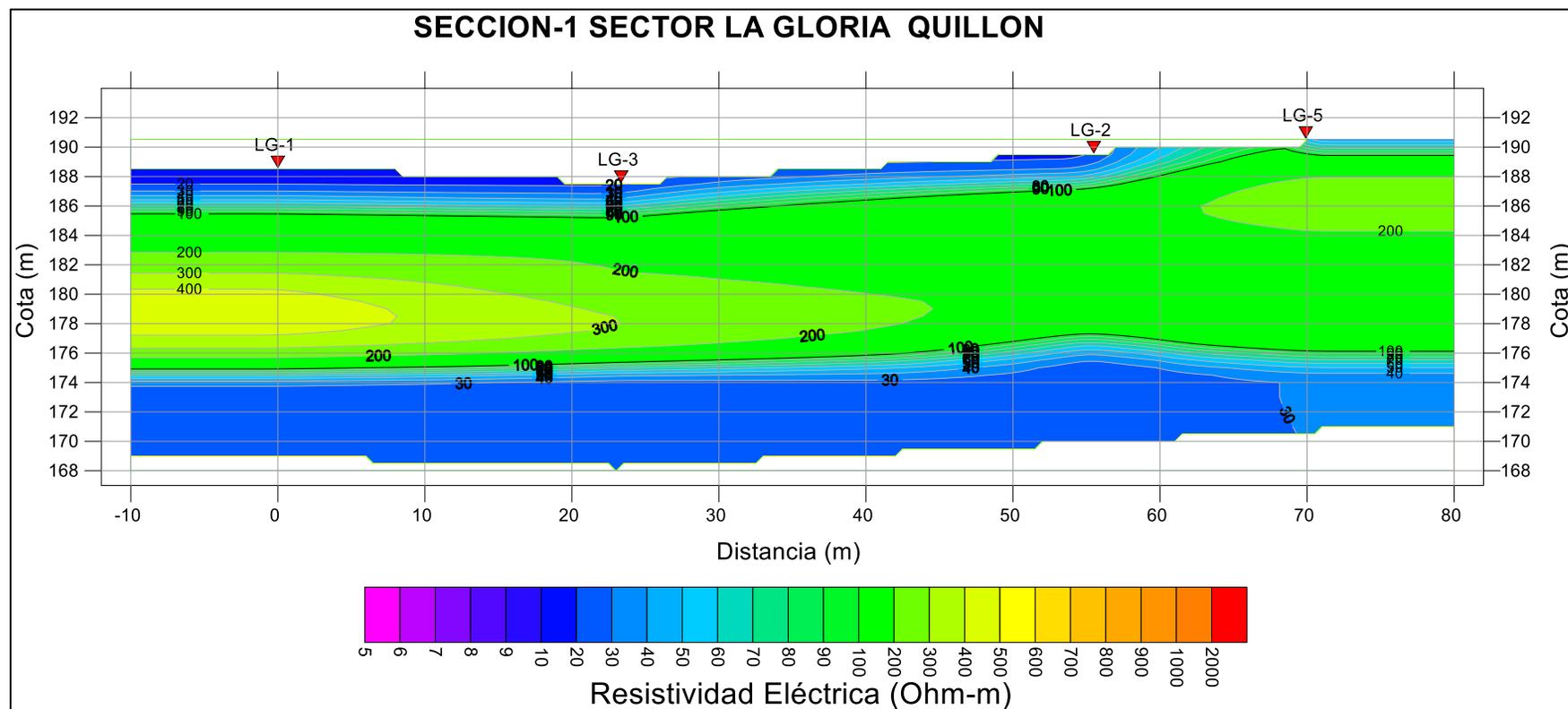
4.5.30 Quillón. La Gloria.

Figura 228. Esquema en planta de Sección- sector La Gloria.



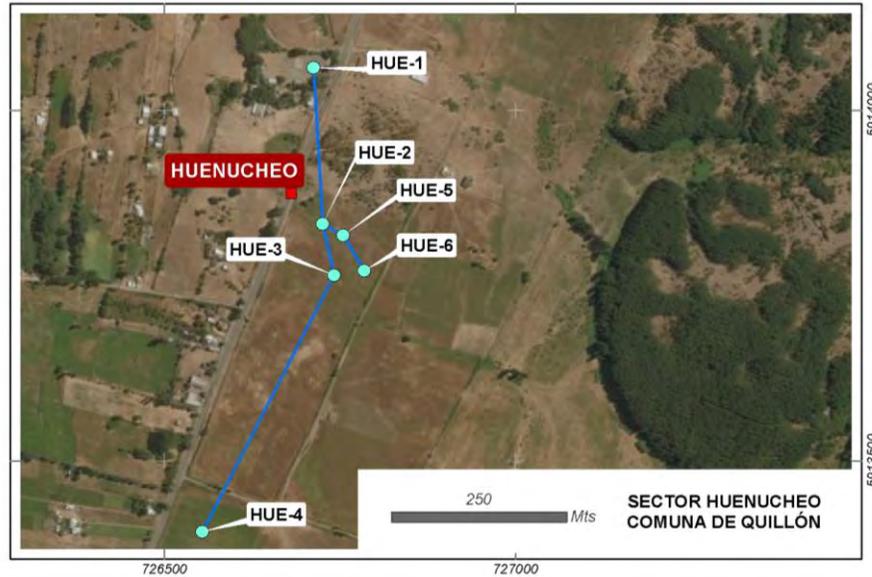
La exposición de las estaciones TEM LG-1; LG-2; LG-3 y LG-5 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de SW a NE. La primera secuencia se presenta superficialmente y en profundidad con valores de resistividad que varían entre 13 y 31 ohm/m asociados a arenas medias, gruesas y gravas con saturación con espesores que fluctúan entre 2 m y 6 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior y se repite en profundidad con valores de resistividad que varían entre 30 y 70 ohm/m asociadas a arenas y gravas con saturación parcial, con espesores que fluctúan entre 0,5 m y 5 m. La última secuencia se encuentra entre la secuencia anterior, posee valores de resistividad entre 127 y 454 ohm/m asociada a sedimentos o roca fracturada, posee espesores de 8 a 12 m.

Figura 229. Perfil geofísico de resistividad sector La Gloria.



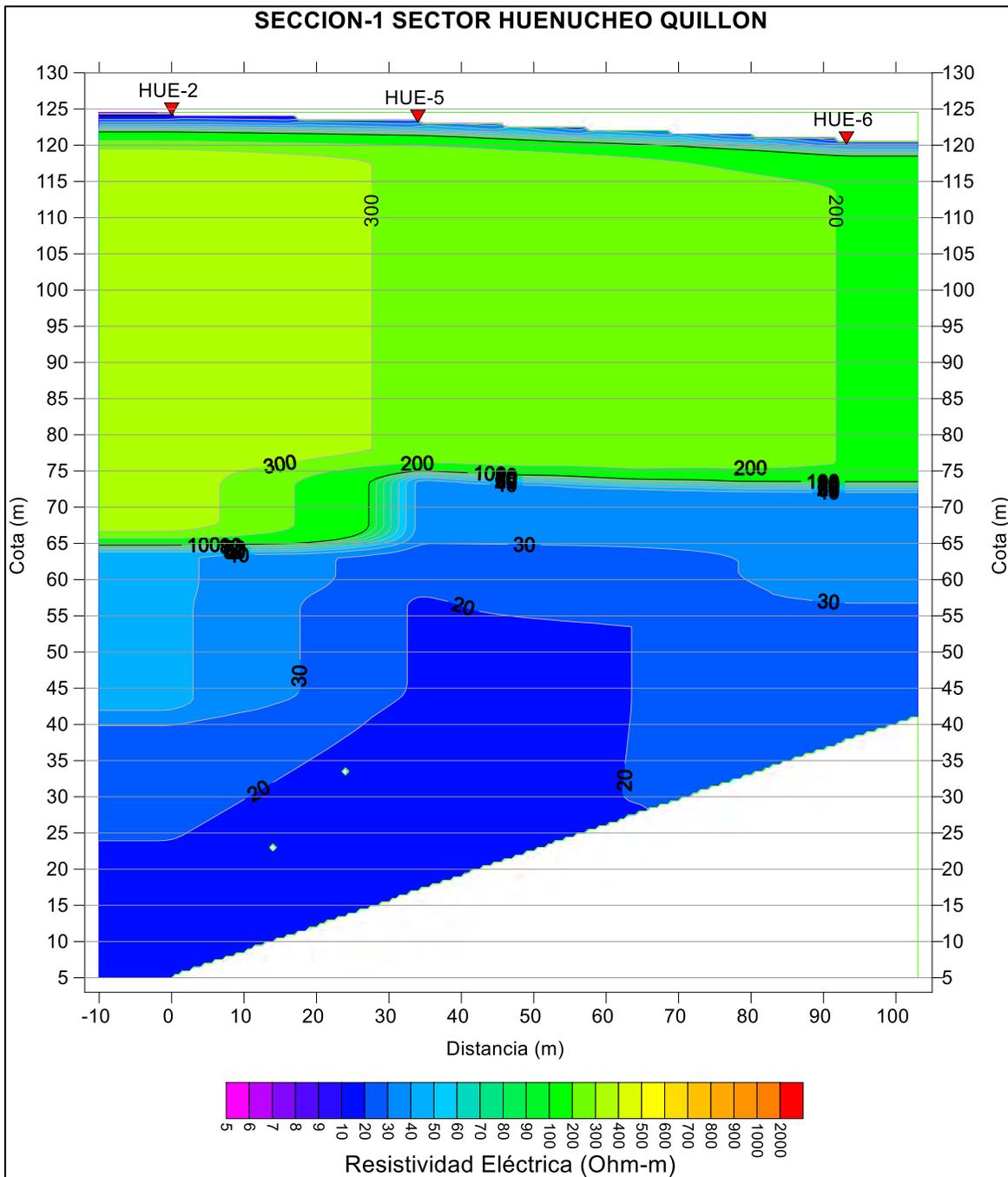
4.5.31 Quillón. Huenucheo.

Figura 230. Perfil geofísico de resistividad sector Huenucheo.



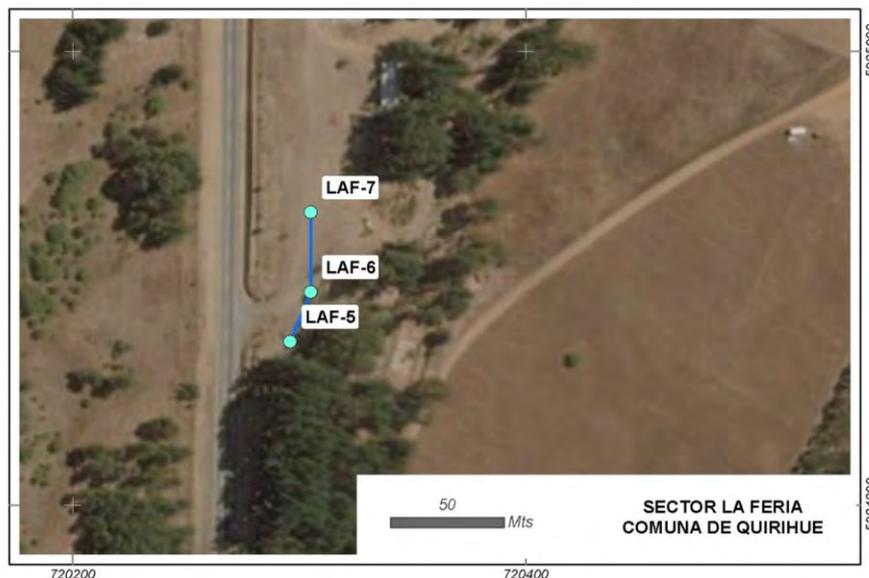
La exposición de las estaciones TEM HUE-2; HUE-5 y HUE-6 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas arealmente de NW a SE. La primera secuencia se presenta superficialmente y se repite en profundidad con valores de resistividad que varían entre 8 y 21 ohm/m asociados a arenas medias, gruesas y gravas saturadas y espesores que fluctúan entre 2 m y 35 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 125 y 365 ohm/m asociadas a sedimentos o roca fracturada y un espesor de 43 a 57 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 70 y 100 ohm/m asociadas a sedimentos finos con saturación baja o seca y espesores que fluctúan entre 1 m y 22 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior posee valores de resistividad entre 32 y 42 ohm/m asociada a arenas medias, gruesas y gravas, posee espesores de 1 a 25 m.

Figura 231. Perfil geofísico de resistividad sector Huenucheo.



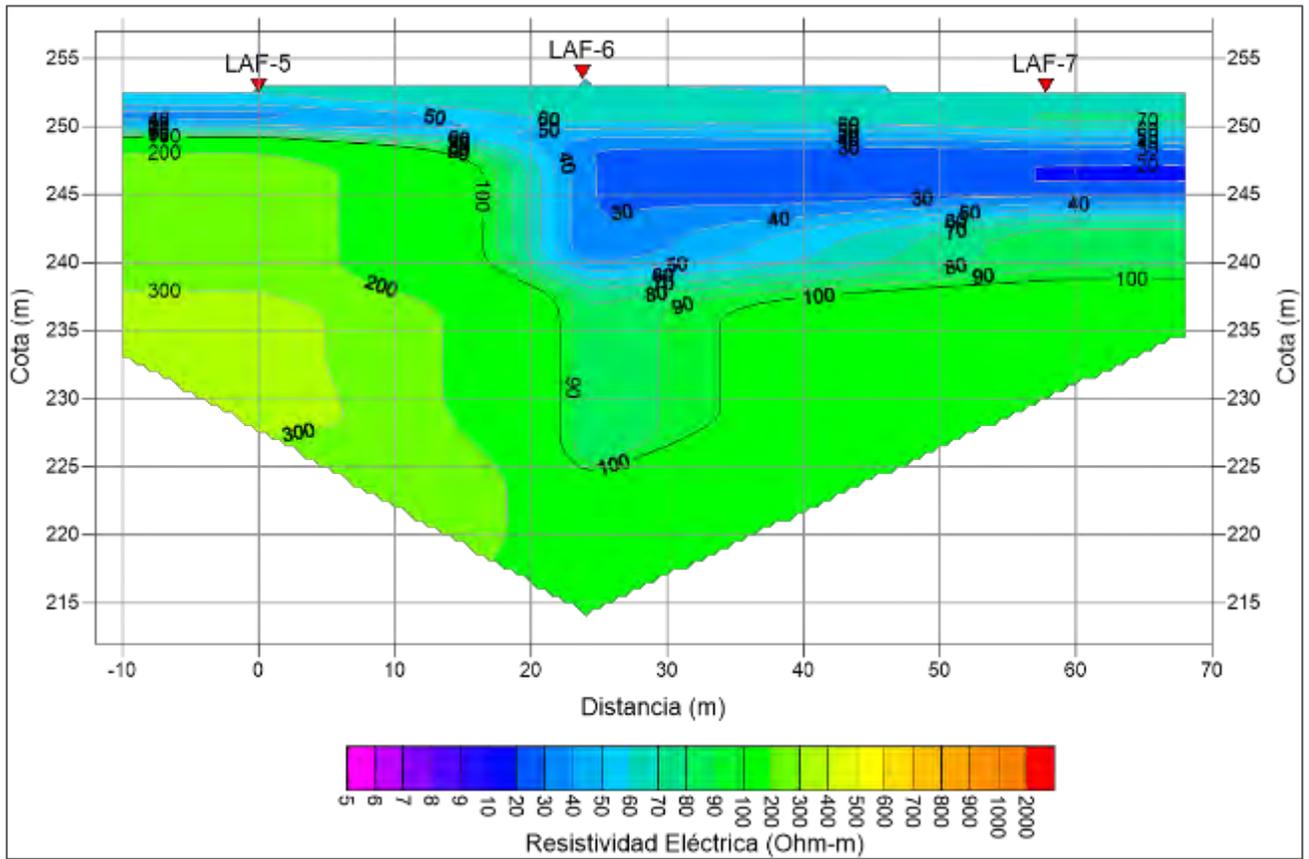
4.5.32 Quirihue. La Feria.

Figura 232. Esquema en planta de Sección-1 en sector La Feria.



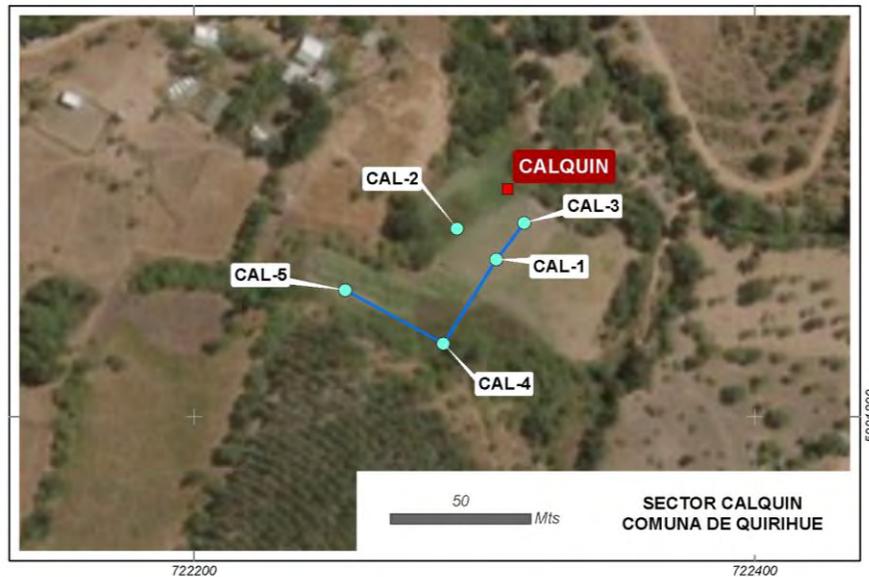
La exposición de las estaciones TEM LAF-5, LAF-6 y LAF-7 evidencia la distribución de cinco secuencias homogéneas arealmente de N a S. La secuencia más superficial presenta valores de resistividad que varía entre 53 y 108 ohm/m, que se asocia a arenas medias y arenas finas parcialmente saturada y en sectores a sedimentos finos, con espesores que fluctúan entre 1 y 4 m. La siguiente secuencia en profundidad presenta valores de resistividad que varían entre 78 y 88 ohm/m. Sus espesores fluctúan entre 1 y 2 m y se distribuye alrededor de una secuencia que tiene valores de resistividad entre 19,7 y 29 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas y un espesor entre 4 a 10m. La secuencia subyacente presenta valores de resistividad que varían entre 88 a 150 ohm/m, que se asocia con sedimentos finos con saturación baja a seca, con potencias que aumentan de 3 a 20 m. Por último, la secuencia que se encuentra más en profundidad presenta valores de resistividad que fluctúan entre 255 y 357 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada y tiene un espesor que varía entre 3 a 15m.

Figura 233. Perfil geofísico de resistividad sector La Feria.



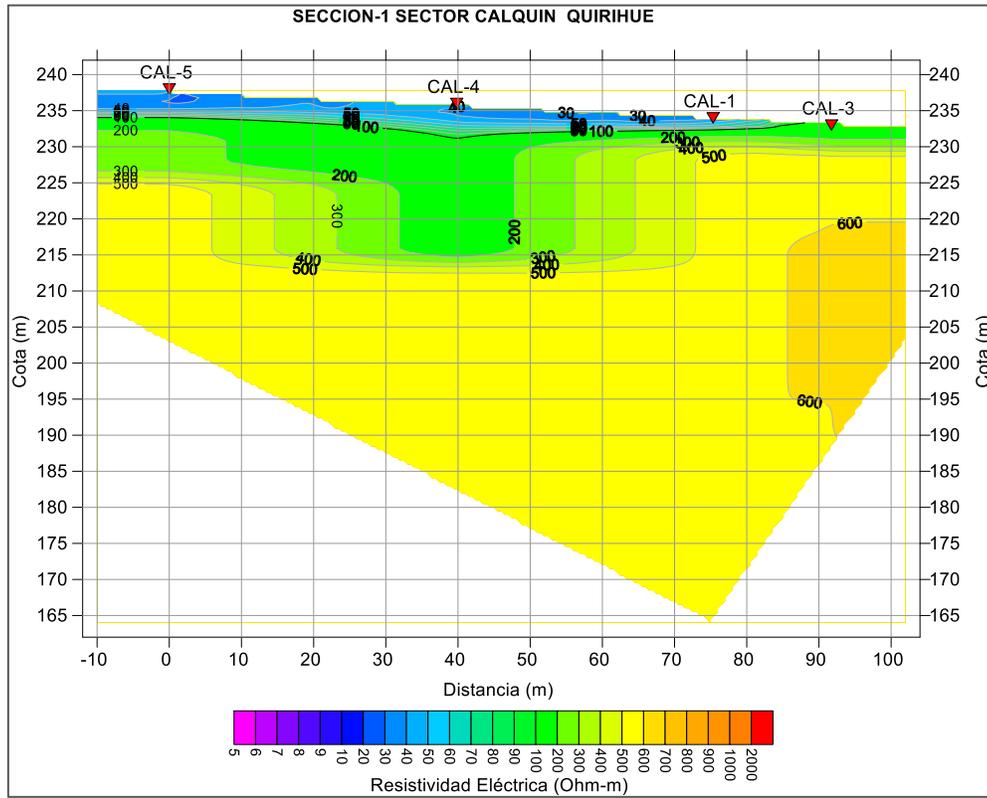
4.5.33 Quirihue. Calquín.

Figura 234. Esquema en planta de Sección-1 en sector Calquín.



La exposición de las estaciones TEM CAL-5, CAL-4, CAL-1 y CAL-3 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de NE a SW. La secuencia más superficial presenta valores de resistividad que varía entre 19,9 y 62 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas parcialmente saturada y a arenas medias y arenas finas parcialmente saturada, con espesores que fluctúan entre 2 y 4 m. La siguiente secuencia en profundidad presenta valores de resistividad que varían entre 106 y 223 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada. Sus espesores fluctúan entre 4 y 20 m. La secuencia subyacente presenta valores de resistividad que varían entre 554 a 645 ohm/m, que se asocia a roca fracturada, con potencias que aumentan de 15 a 65 m.

Figura 235. Perfil geofísico de resistividad sector Calquín.



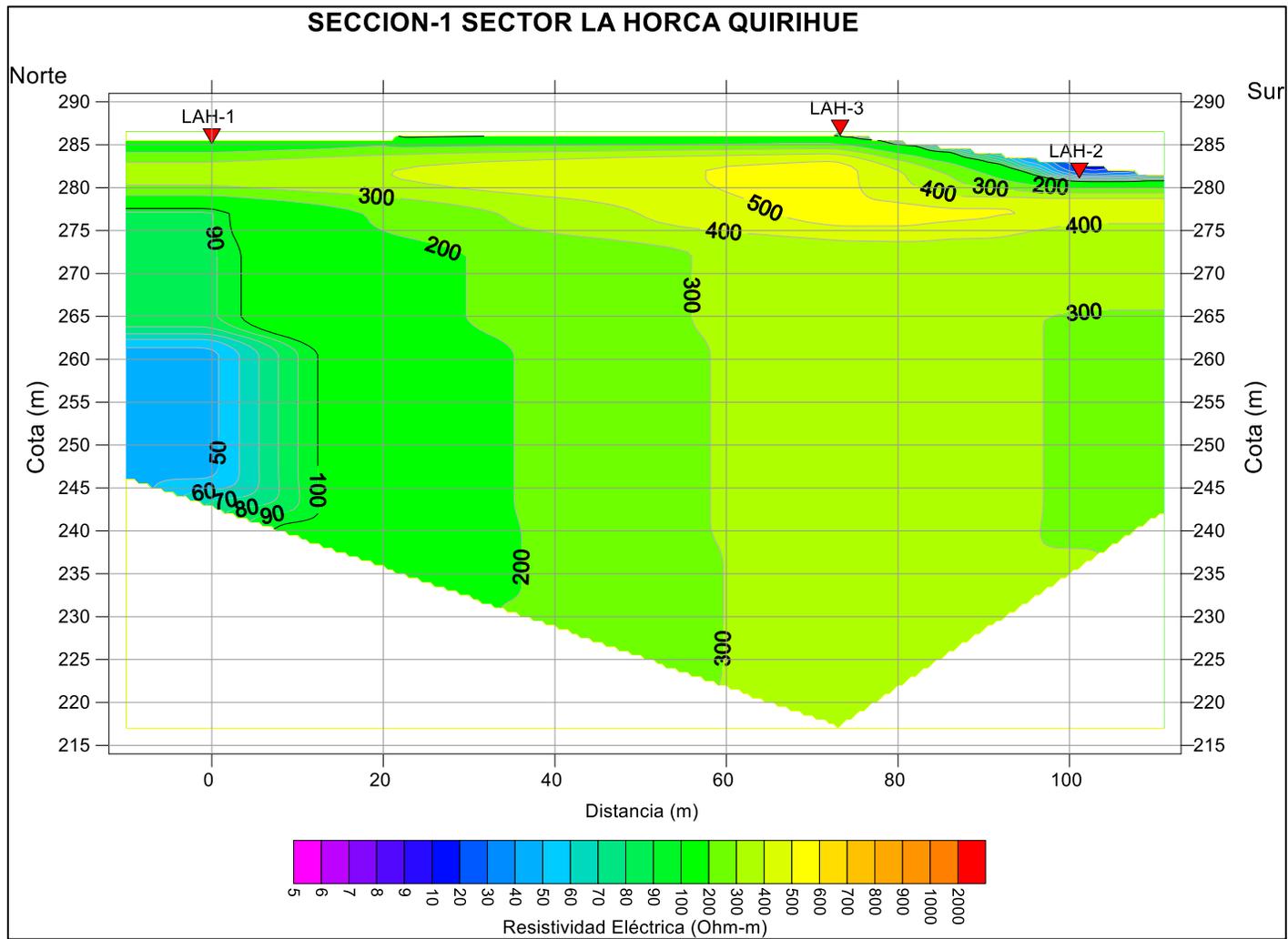
4.5.34 Quirihue. La Horca.

Figura 236. Esquema en planta de Sección-en sector La Horca.



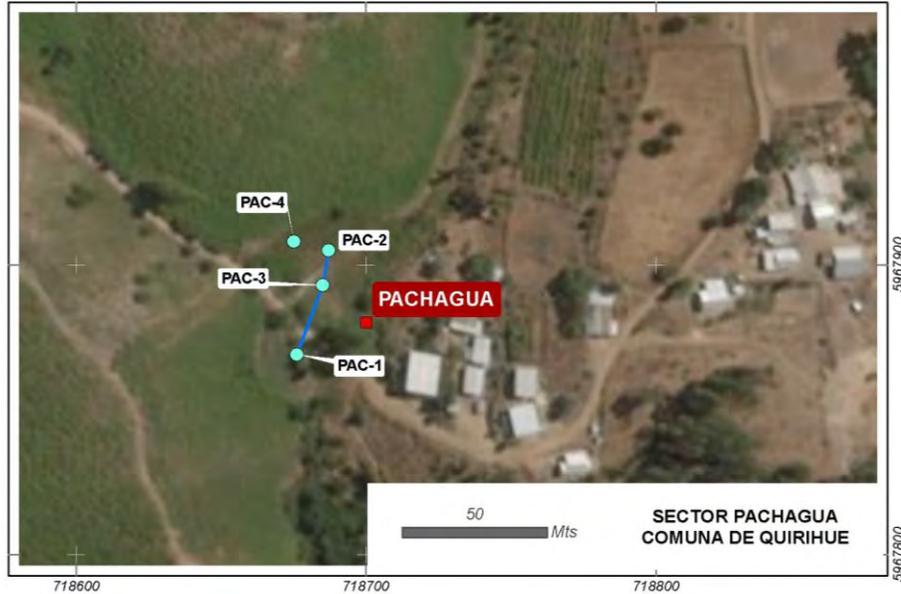
La exposición de las estaciones TEM LAH-1; LAH-2 Y LAH-3 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas arealmente de N a S. La primera secuencia se presenta superficialmente al sur del perfil con valores de resistividad que varían entre 12 y 18 ohm/m asociados a arenas medias, gruesas y gravas saturadas con espesores de 1,4 m aproximadamente. La siguiente secuencia se observa en superficie y profundidad al norte del perfil con valores de resistividad que varían entre 46 y 70 ohm/m asociadas a arenas medias y finas con saturación parcial, con espesores que fluctúan entre 1 m y 18 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 289 y 542 ohm/m asociadas a sedimentos o roca fracturada, con espesores que fluctúan entre 8 m y 67 m. La última secuencia se encuentra al norte del perfil en profundidad y posee valores de resistividad entre 77 y 87 ohm/m asociada a sedimentos finos con saturación baja a seca y espesores de 2 a 25 m.

Figura 237. Perfil geofísico de resistividad sector La Horca.



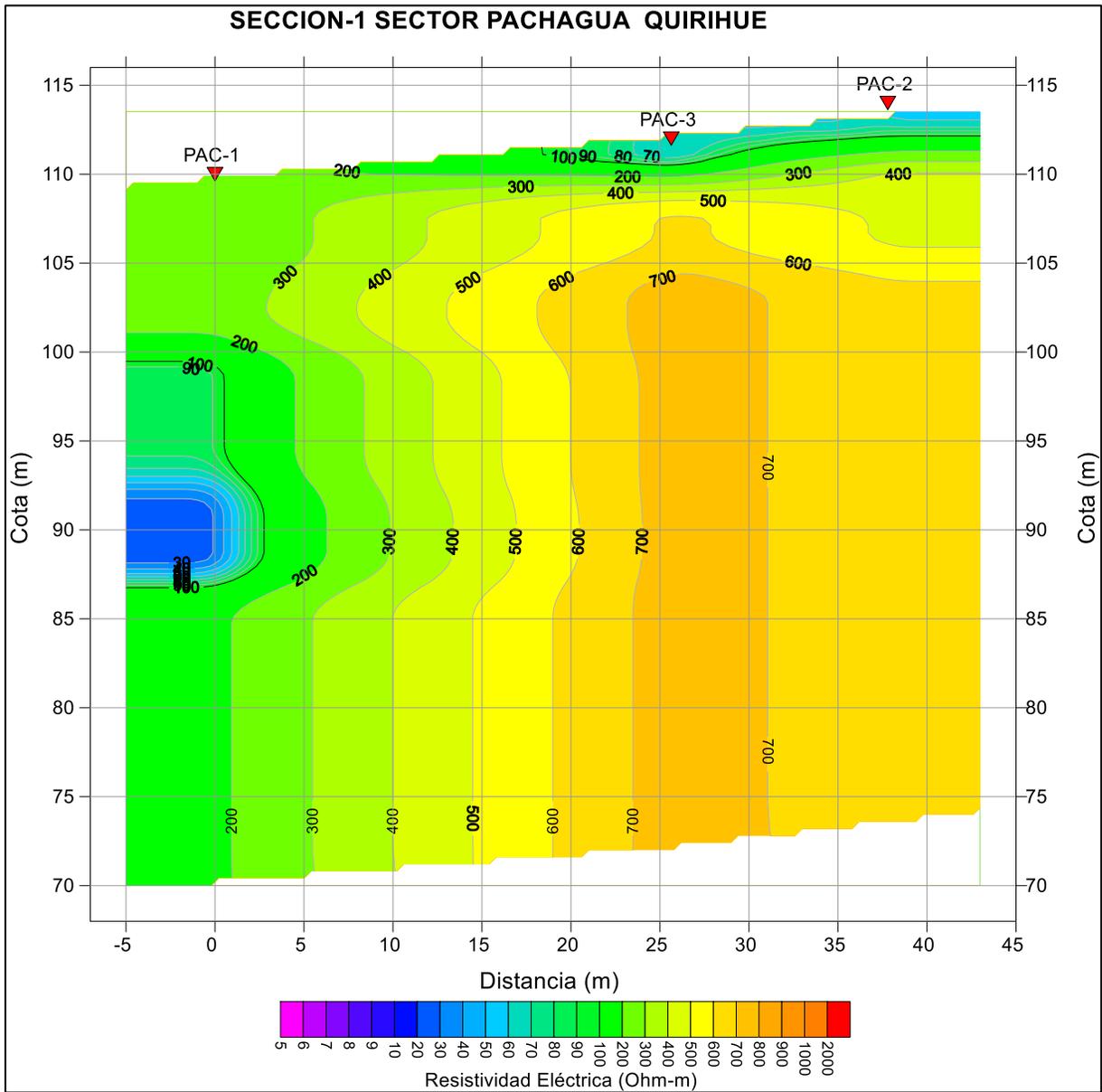
4.5.35 Quirihue. Pachagua.

Figura 238. Esquema en planta de Sección-en sector Pachagua.



La exposición de las estaciones TEM PAC-1; PAC-2 y PAC-3 evidencia la distribución de cinco secuencias homogéneas arealmente de S a N. La primera secuencia se presenta superficialmente al norte del perfil con valores de resistividad que varían entre 48 y 45 ohm/m asociados a arenas medias, gruesas y gravas saturadas parcialmente con espesores que fluctúan entre 1 m y 2 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior y se presenta en superficie en el sur del perfil con valores de resistividad que varían entre 105 y 485 ohm/m asociadas a sedimentos finos o roca fracturada, con espesores que fluctúan entre 6 m y 40 m. La siguiente secuencia está contenida en la anterior con valores de resistividad de 83 ohm/m aproximadamente asociadas a sedimentos finos con saturación baja o seca y con espesores que fluctúan entre 2 m y 8 m. La siguiente secuencia está contenida en la anterior con valores de resistividad de 22 ohm/m aproximadamente asociadas a arenas medias, gruesas y gravas saturadas y con espesores que fluctúan entre 5 m y 8 m. La última secuencia en profundidad posee valores de resistividad entre 621 y 756 ohm/m asociada a sedimentos compactados secos o rocas con poco fracturamiento, posee espesores de 30 a 36 m.

Figura 239. Perfil geofísico de resistividad sector Pachagua.



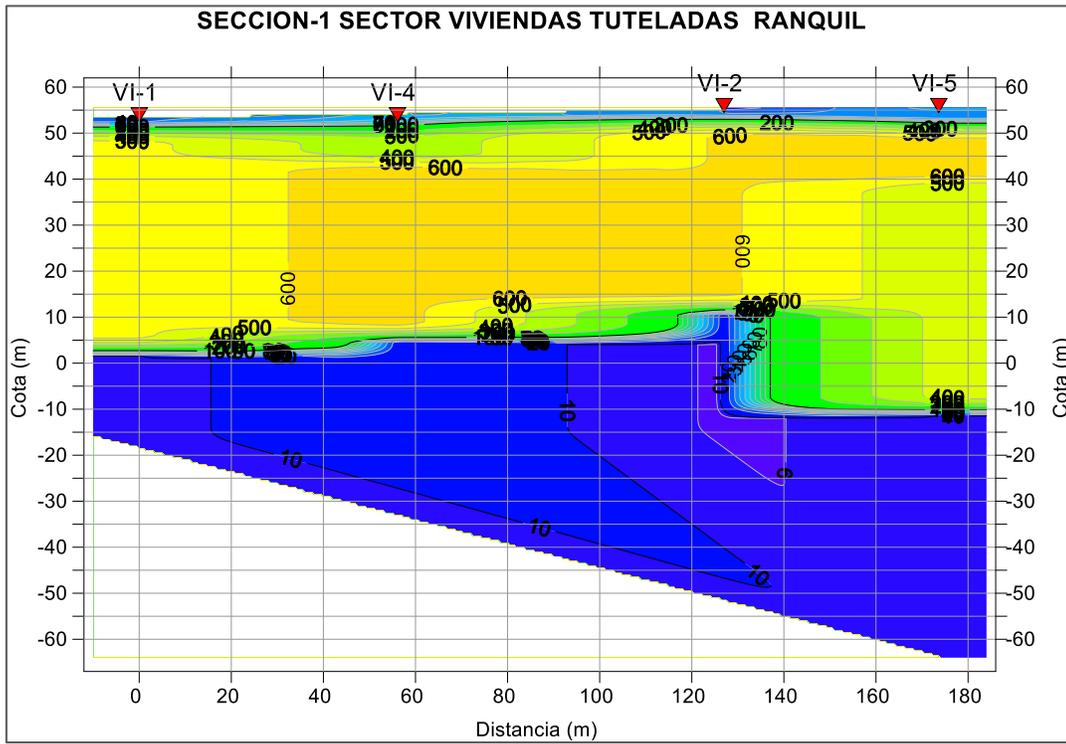
4.5.36 Ránquil. Viviendas tuteladas.

Figura 240. Esquema en planta de Sección-1 en sector Viviendas Tuteladas.



La exposición de las estaciones TEM VI-1, VI-4, VI-2 y VI-5 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas arealmente de NW a SE. La secuencia superficial presenta valores de resistividad que varía entre 19,9 y 62 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas parcialmente saturada y a arenas medias y arenas finas parcialmente saturada con espesores que fluctúan entre 1 y 20 m (aumentando en profundidad), esta secuencia se repite posteriormente en profundidad. La siguiente secuencia en profundidad presenta valores de resistividad que varían entre 18 y 65 ohm/m. Sus espesores fluctúan entre 3 y 48 m, esta secuencia se repite posteriormente en profundidad. La secuencia subyacente presenta valores de resistividad que varían entre 222 a 689 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada, con potencias que aumentan de 10 a 42 m. Por último, la secuencia que se encuentra más en profundidad presenta valores de resistividad que fluctúan entre 8,8 y 11,3 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas, con un espesor que varía entre 5 a 75 m.

Figura 241. Perfil geofísico de resistividad sector Viviendas Tuteladas.



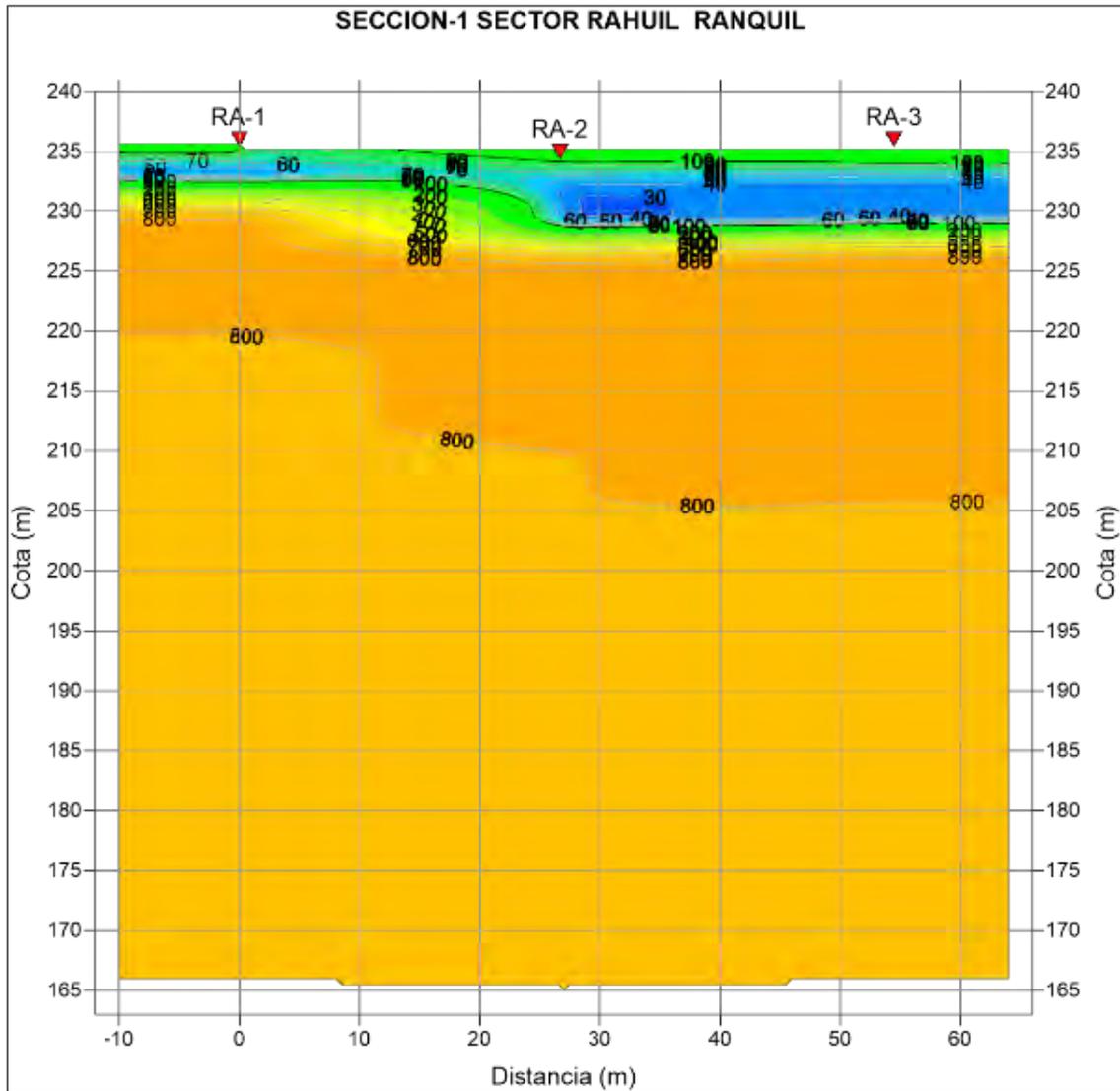
4.5.37 Ránquil. Rahuil.

Figura 242. Esquema en planta de Sección-1 en sector Rahuil.



La exposición de las estaciones TEM RA-1, RA-2 y RA-3 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de NW a SE. La secuencia más superficial presenta valores de resistividad que varía entre 123 y 161 ohm/m (tramo superior), que se asocia a sedimentos y entre 755 y 895 ohm/m (tramo más profundo), que se asocia a sedimentos compactos o roca fracturada, con espesores que fluctúan entre 2 y 65 m (considerando ambos tramos). La siguiente secuencia en profundidad presenta valores de resistividad que varían entre 22 y 32 ohm/m. Sus espesores fluctúan entre 2 y 5 m. La secuencia subyacente presenta valores de resistividad que varían entre 100 a 500 ohm/m, con potencias que aumentan de 2 a 5 m. Por último, se repite la secuencia superficial (tramo profundo), la cual fue descrita anteriormente.

Figura 243. Perfil geofísico de resistividad sector Rahuil.



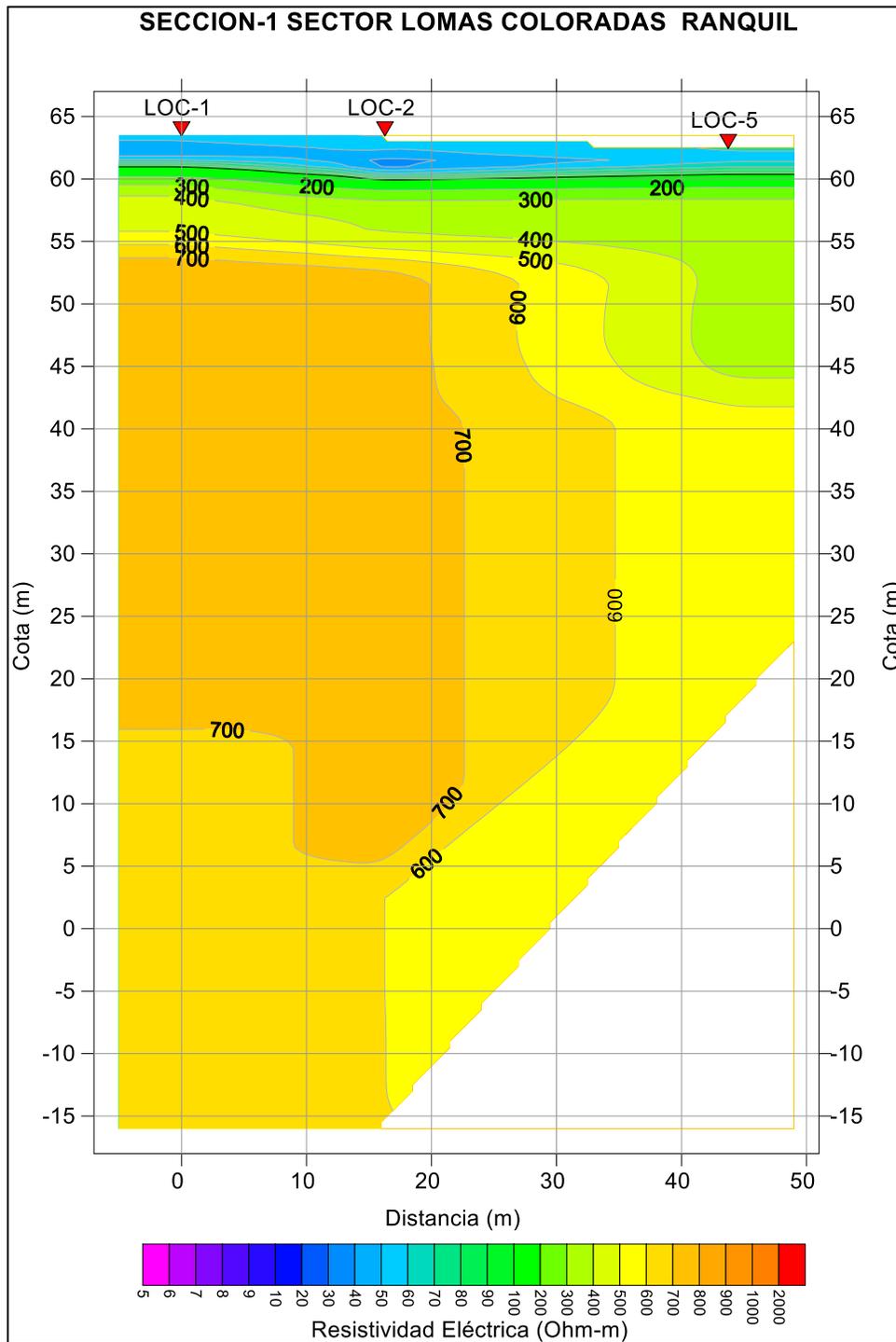
4.5.38 Ránquil. Lomas Coloradas.

Figura 244. Esquema en planta de Sección- en sector Lomas Coloradas.



La exposición de las estaciones TEM LOC-1; LOC-2 y LOC-5 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas arealmente de N a S. La primera secuencia se presenta superficialmente con valores de resistividad de 55 a 63 ohm/m asociados a arenas medias y finas con saturación parcial y espesores que fluctúan entre 1 m y 2 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 14 y 19 ohm/m asociadas a arenas medias, gruesas y gravas saturadas, con espesores que fluctúan entre 1 m y 3 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 354 y 450 ohm/m asociadas a sedimentos finos o roca fracturada, con espesores que fluctúan entre 5 m y 20 m. La última secuencia en profundidad posee valores de resistividad entre 523 y 755 ohm/m asociada a sedimentos compactados secos o rocas con poco fracturamiento, posee espesores de 20 a 70 m.

Figura 245. Perfil geofísico de resistividad sector Lomas Coloradas.



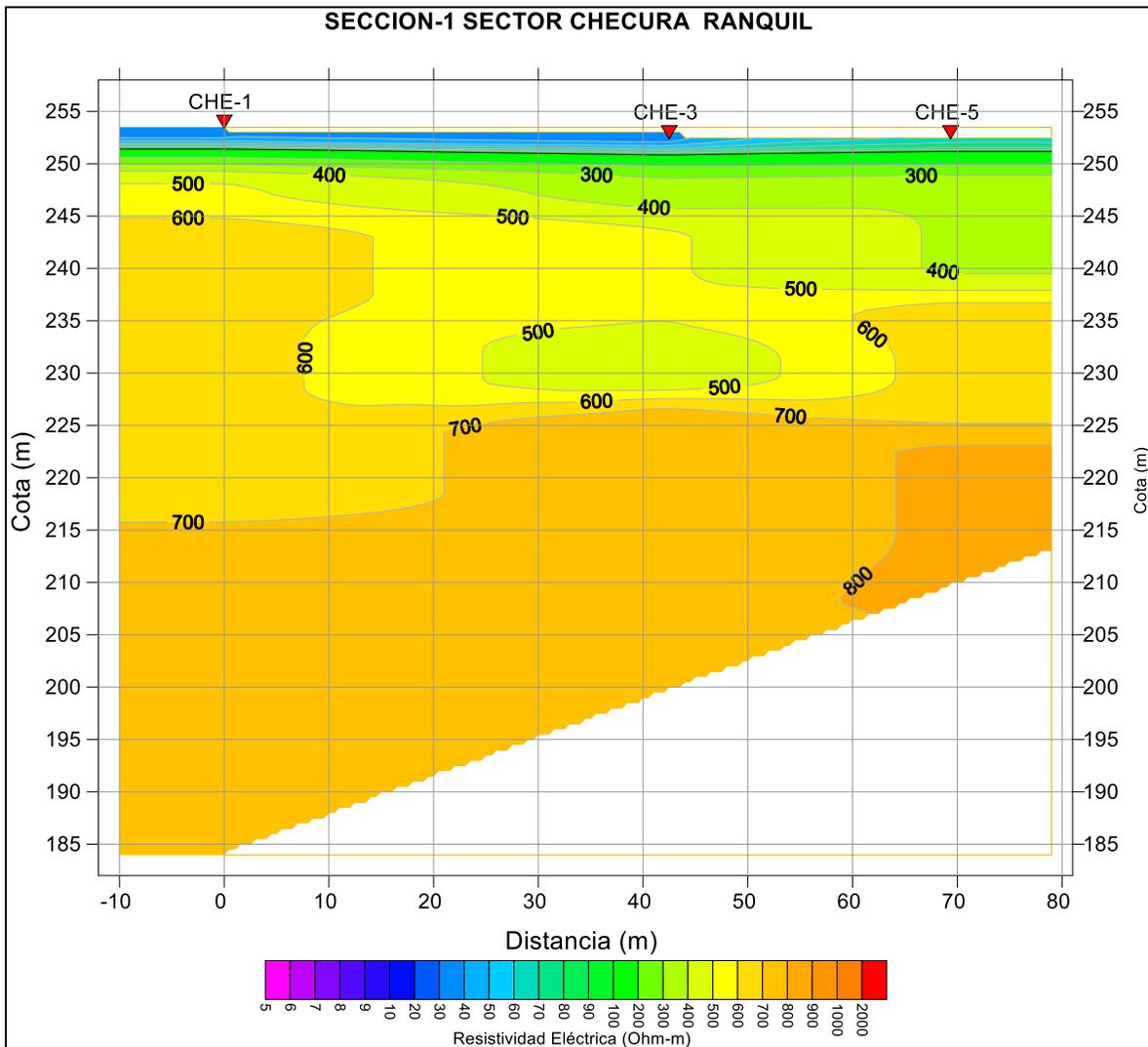
4.5.39 Ránquil. Checura.

Figura 246. Esquema en planta de Sección- en sector Checura.



La exposición de las estaciones TEM CHE-1; CHE-3 y CHE-5 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de NW a SE. La primera secuencia se presenta superficialmente con valores de resistividad que varían entre 27 y 33 ohm/m asociados a arenas medias, gruesas y gravas con saturación parcial y espesores que fluctúan entre 1 m y 3 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 113 y 389 ohm/m asociadas a sedimentos o roca fracturada, con espesores que fluctúan entre 5 m y 12 m. La última secuencia en profundidad posee valores de resistividad entre 512 y 810 ohm/m asociada a sedimentos compactados secos o rocas con poco fracturamiento, posee espesores de 25 a 63 m.

Figura 247. Perfil geofísico de resistividad sector Checura.



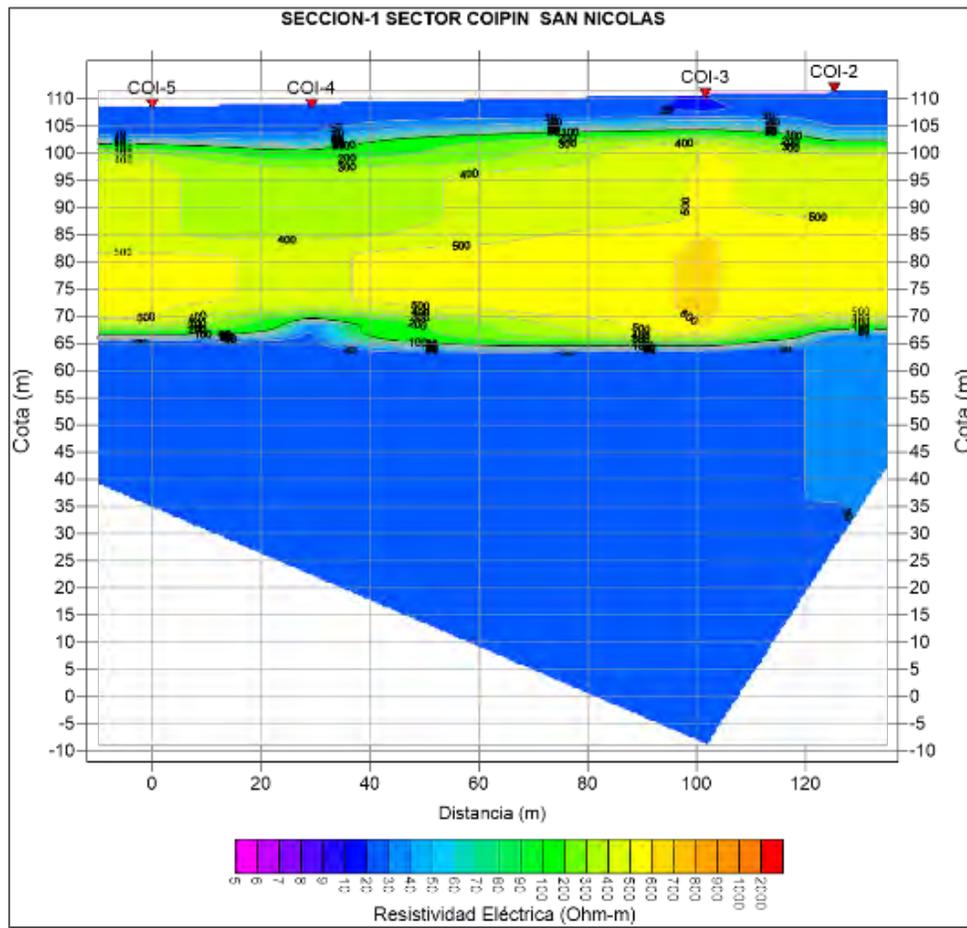
4.5.40 San Nicolás. Coipín.

Figura 248. Esquema en planta de Sección-1 en sector Coipín.



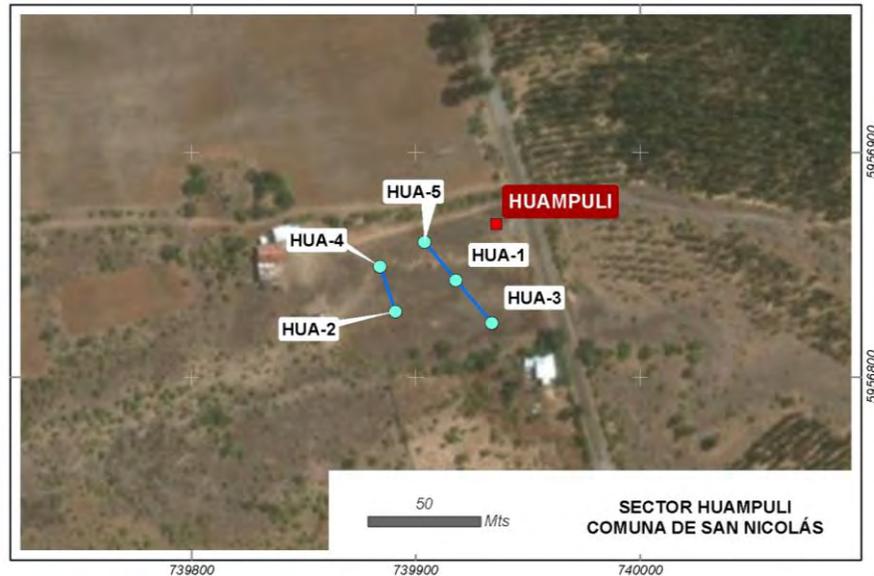
La exposición de las estaciones TEM COI-5; COI-4; COI-3 Y COI-2 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas arealmente de W a E. La secuencia más superficial se extiende a lo largo de toda la sección, presenta valores de resistividad entre 19 ohm/m y 28 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas y espesores que varían entre 9 y 5 m. La secuencia subyacente se extiende de forma similar a la secuencia anterior con resistividades entre 30 y 70 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas parcialmente saturada y a arenas medias y arenas finas parcialmente saturada y su espesor es de aproximadamente 0.5 a 1 m. La siguiente unidad se extiende sobre toda la sección, posee resistividades entre 345 y 470 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada y sus espesores varían entre 35 y 40 m. Entre esta unidad se observa una cuarta secuencia al W y E de la sección con resistividades de 512 a 610 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada y espesores de 30 a 10 m.

Figura 249. Perfil geofísico de resistividad sector Coipín.



4.5.41 San Nicolás. Huampuli.

Figura 250. Esquema en planta de Sección-1 en sector Huampuli.



La exposición de las estaciones TEM HUA-2 y HUA-4 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de SE-NW. La secuencia más superficial, la cual también se encuentra en profundidad presenta valores de resistividad que varía entre 8,6 y 22 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas, con espesores que fluctúan entre 25-35 m. La siguiente secuencia en profundidad presenta valores de resistividad cercanos a 33 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas parcialmente saturada y saturados. Sus espesores fluctúan entre 10 y 40 m. La secuencia subyacente presenta valores de resistividad que varían entre 123 y 133 ohm/m, que se asocia a sedimentos con potencias de 10 a 15 m.

Figura 251. Perfil geofísico de resistividad sector Huampuli.

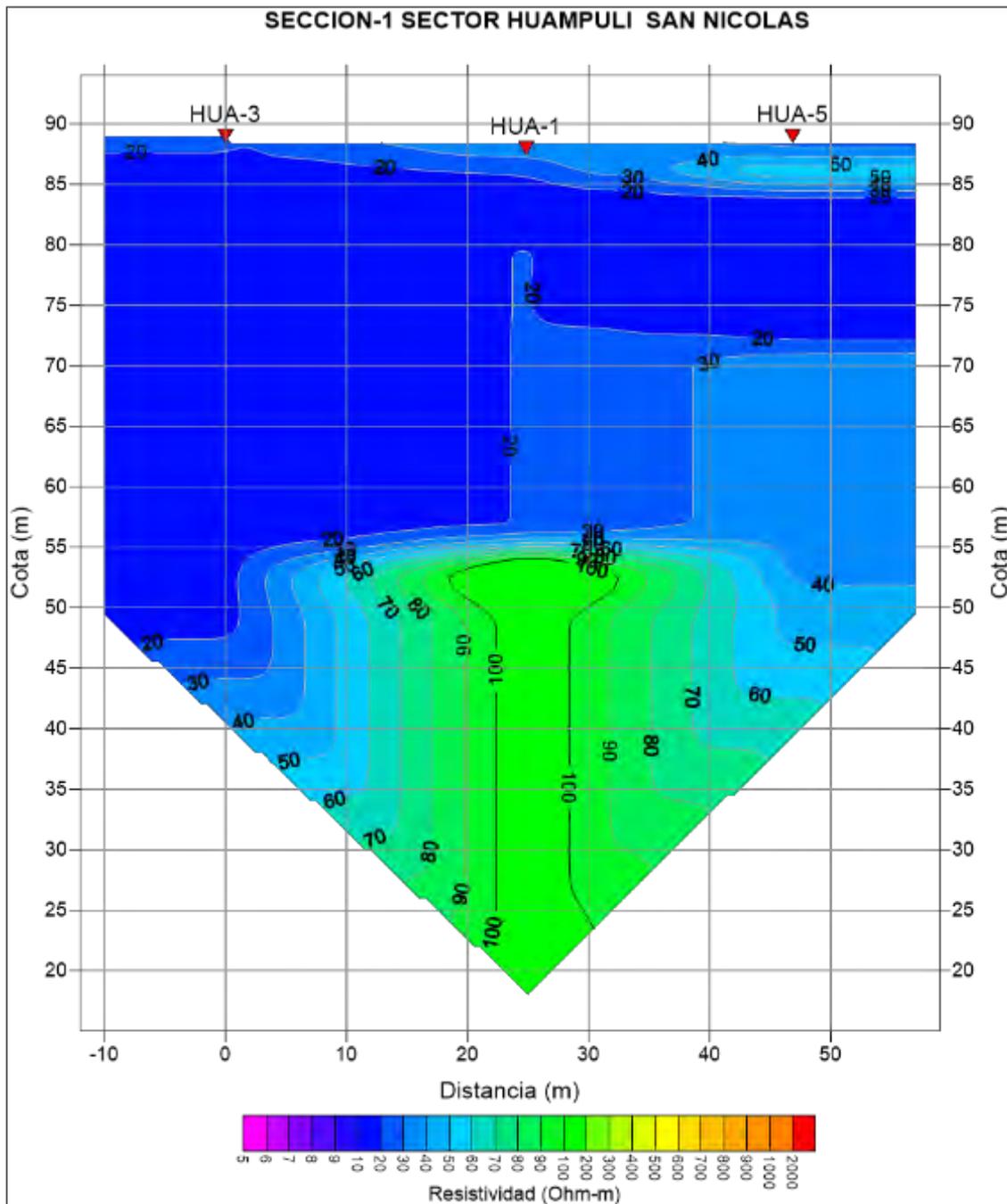
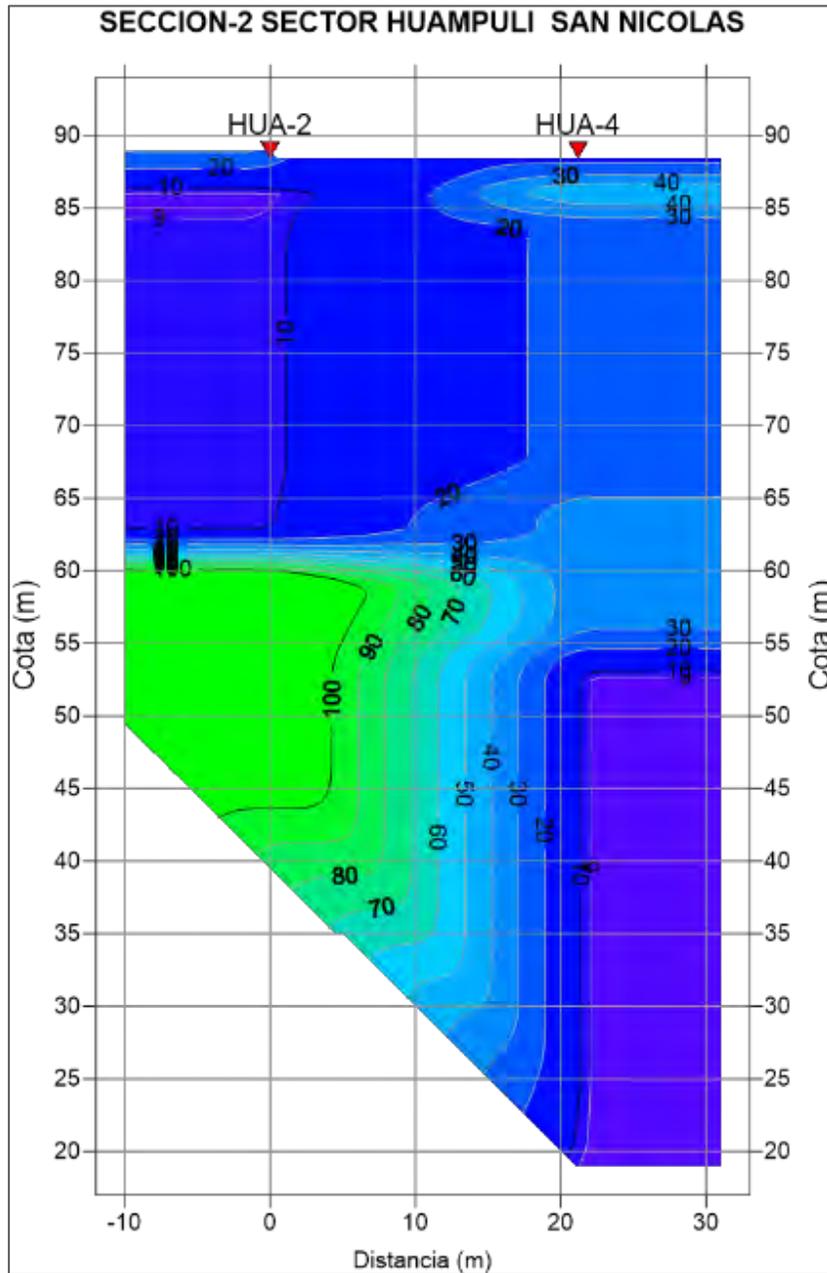


Figura 252. Perfil geofísico de resistividad sector Huampuli.



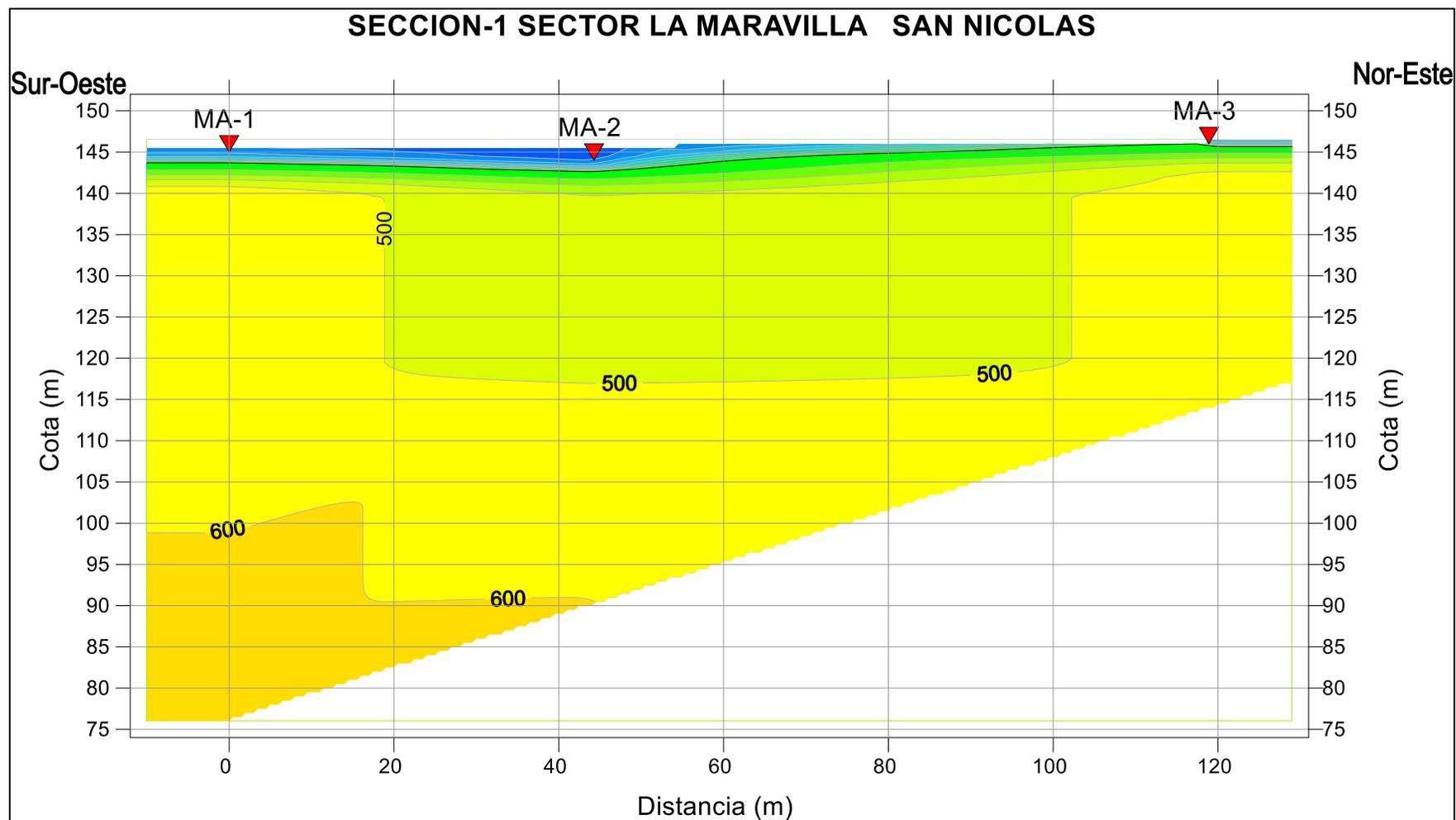
4.5.42 San Nicolás. La Maravilla.

Figura 253. Esquema en planta de Sección-en sector La Maravilla.



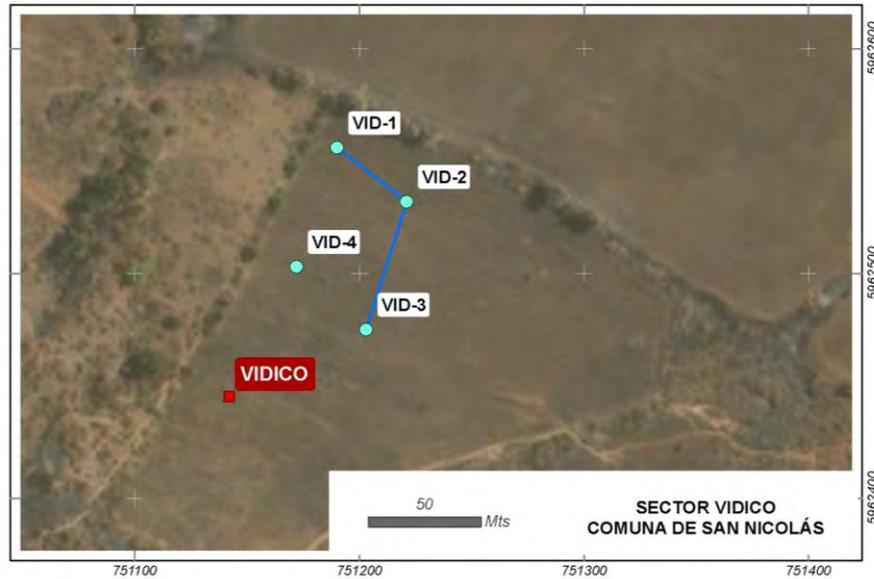
La exposición de las estaciones TEM MA-1; MA-2 y MA-3 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de SW a NE. La primera secuencia se presenta superficialmente con valores de resistividad que varían entre 21 y 25 ohm/m asociados a arenas medias, gruesas y gravas saturadas con espesores que fluctúan entre 1 m y 2 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 115 y 420 ohm/m asociadas a sedimentos o roca fracturada, con espesores que fluctúan entre 3 m y 25 m. La última secuencia en profundidad posee valores de resistividad entre 523 y 645 ohm/m asociada a sedimentos compactados secos o rocas con poco fracturamiento, posee espesores de 5 a 65 m.

Figura 254. Perfil geofísico de resistividad sector La Maravilla.



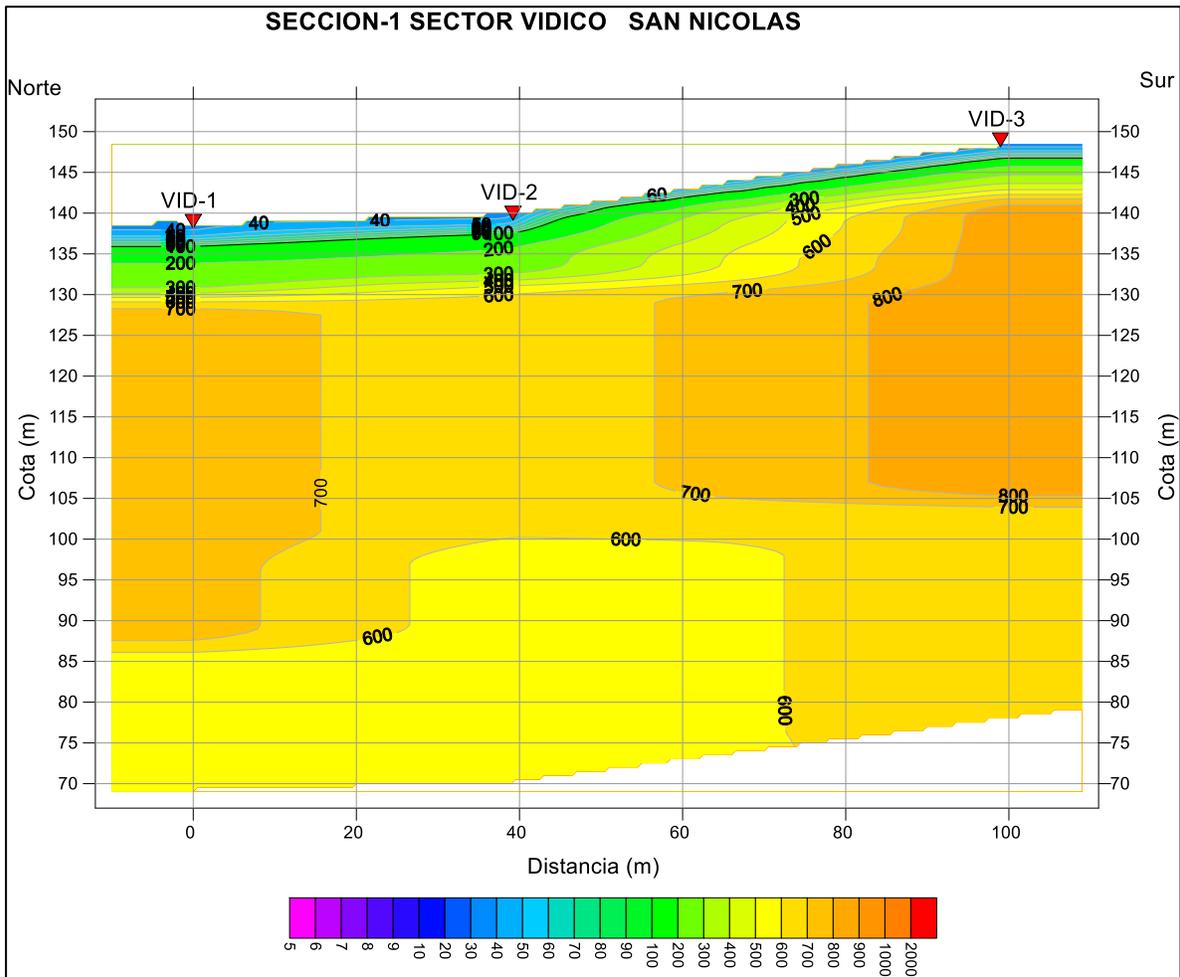
4.5.43 San Nicolás. Vidico.

Figura 255. Esquema en planta de Sección-en sector La Maravilla.



La exposición de las estaciones TEM VID-1; VID-2 y VID-3 evidencia la distribución de tres secuencias homogéneas arealmente de N a S. La primera secuencia se presenta superficialmente con valores de resistividad que varían entre 35 y 37 ohm/m asociados a arenas medias, gruesas y gravas con saturación parcial y espesores que fluctúan entre 2 m y 3 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 94 y 359 ohm/m asociadas a sedimentos o roca fracturada, con espesores que fluctúan entre 4 m y 6 m. La última secuencia en profundidad posee valores de resistividad entre 532 y 862 ohm/m asociada a sedimentos compactados secos o rocas con poco fracturamiento, posee espesores de 61 a 64 m.

Figura 256. Perfil geofísico de resistividad sector Vidico.



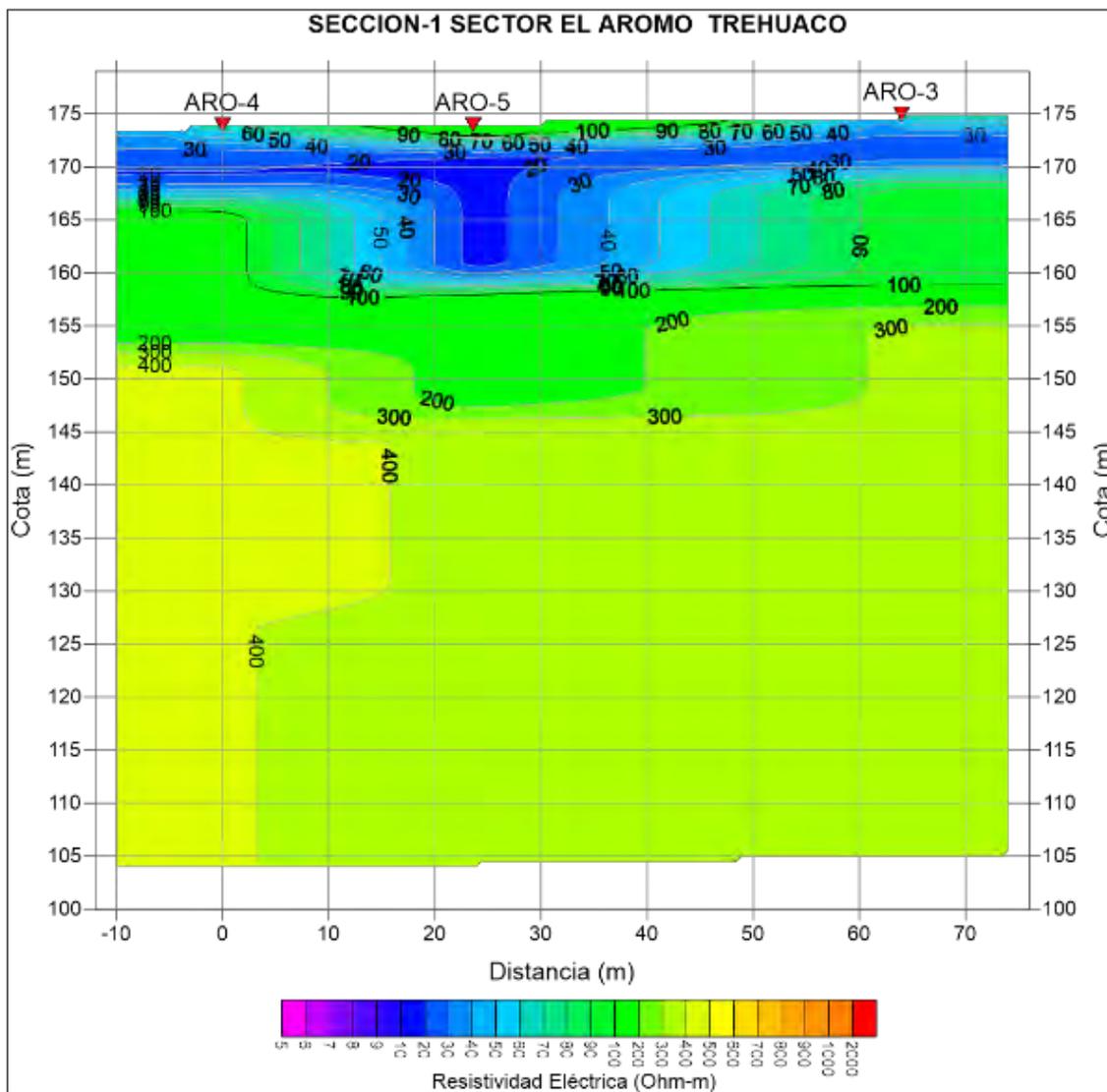
4.5.44 Trehuaco. El Aromo 1.

Figura 257. Esquema en planta de Sección-1 en sector El Aromo 1.



La exposición de las estaciones TEM ARO-4, ARO-5 y ARO-3 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas arealmente de NW a SE. La secuencia superficial presenta valores de resistividad que varía entre 97 y 109 ohm/m, que se asocia a sedimentos finos, con espesores que fluctúan entre 1 y 10 m. Esta secuencia se repite posteriormente. La siguiente secuencia en profundidad presenta valores de resistividad que varían entre 14 y 17 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas. Sus espesores fluctúan entre 2 y 13 m. La secuencia subyacente presenta valores de resistividad que varían entre 98 a 124 ohm/m, con potencias que aumentan de 1 a 8 m. Por último, la secuencia más profunda presenta valores de resistividad que varían entre 370 y 530ohm/m, que se asocia a roca fracturada, con potencias que fluctúan entre 52 y 65m.

Figura 258. Perfil geofísico de resistividad sector El Aromo 1.



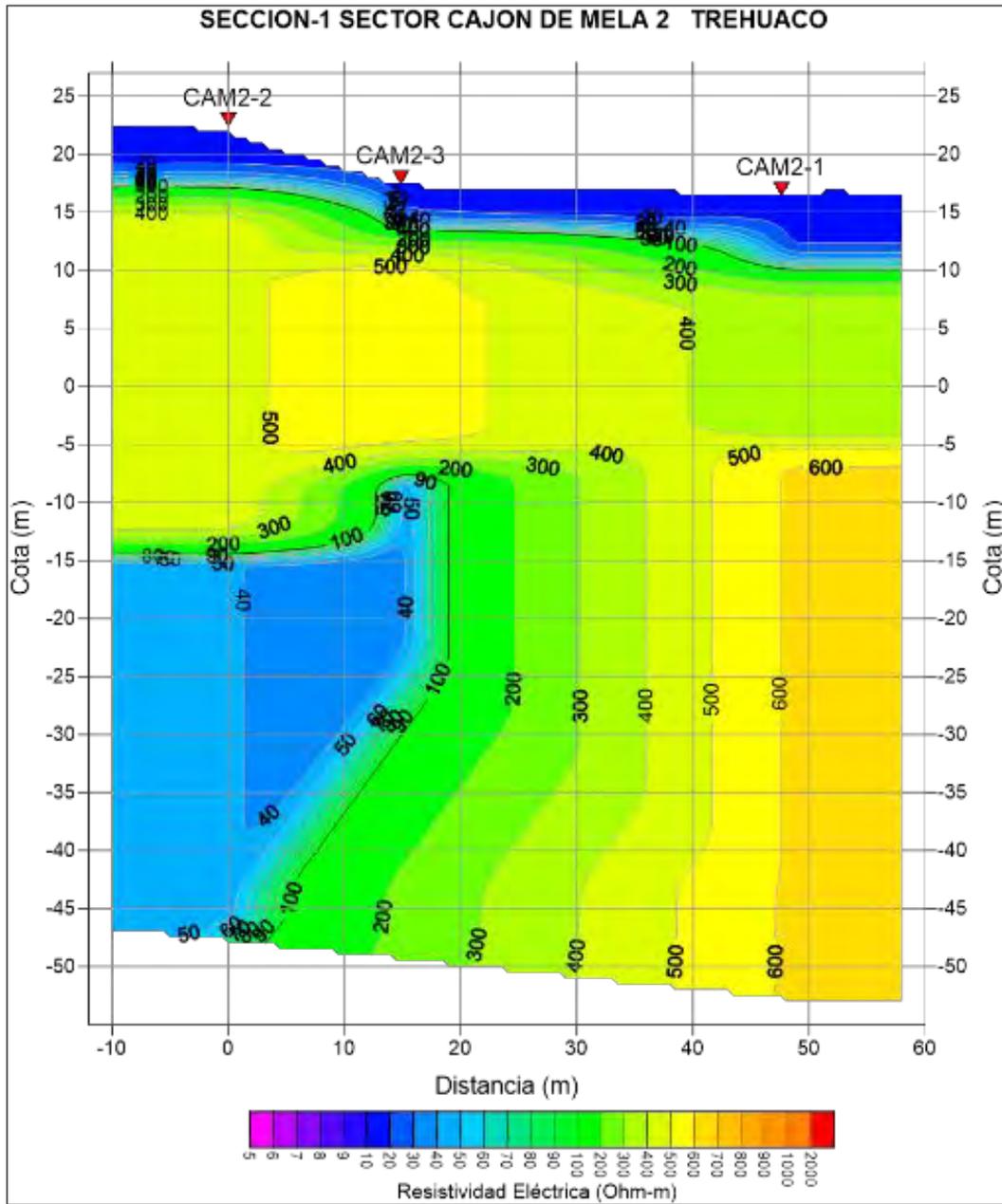
4.5.45 Trehuaco. Cajón de Mela 2.

Figura 259. Esquema en planta de Sección-1 en sector Cajón de Mela 2.



La exposición de las estaciones TEM CAM2-2, CAM2-3 Y CAM2-1 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas arealmente de SW-NW. La secuencia más superficial presenta valores de resistividad que varía entre 15 y 18 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas saturadas, con espesores que fluctúan entre 5 y 8 m. La siguiente secuencia en profundidad presenta valores de resistividad de entre 105 y 482 ohm/m, que se asocia a sedimentos o roca fracturada. Sus espesores fluctúan entre 15 y 60 m. Una de las secuencias que subyace a la anterior posee valores entre 542 y 612 ohm/m, que se asocia a sedimentos compactos o roca fracturada, además, de espesores entre 15 y 55 m. Finalmente, la última secuencia, que se ubica a una profundidad similar a la anterior, posee resistividades entre 30 y 41 ohm/m, que se asocia a arenas medias, arenas gruesas y gravas parcialmente saturada y espesores entre 15 y 32 m.

Figura 260. Perfil geofísico de resistividad sector Cajón de Mela.



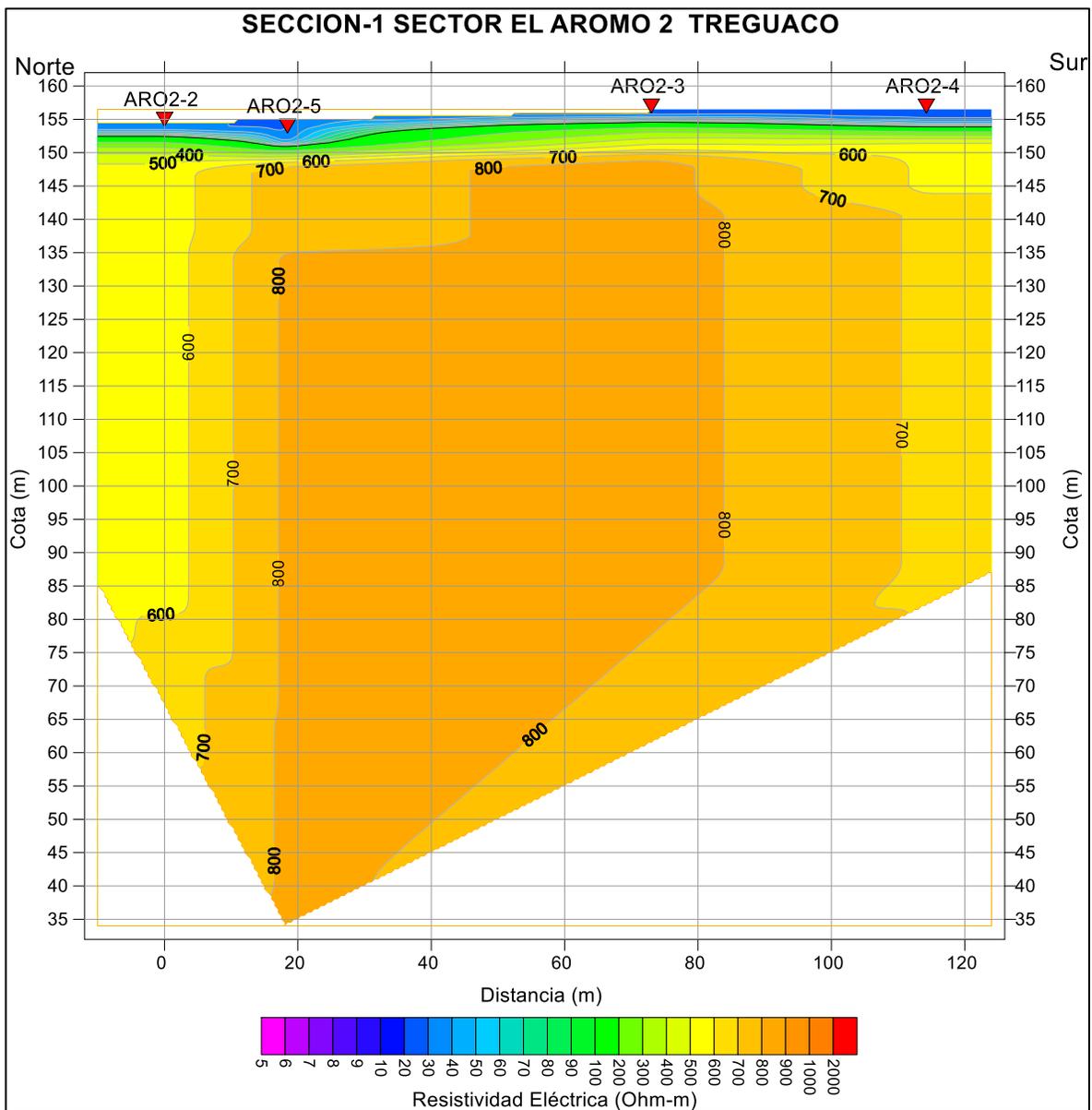
4.5.46 Trehuaco. El Aromo 2.

Figura 261. Esquema en planta de Sección-sector El Aromo 2.



La exposición de las estaciones TEM ARO2-3; ARO2-4; ARO2-2 y ARO2-5 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas arealmente de NNW a SSE. La primera secuencia se presenta superficialmente con valores de resistividad que varían entre 18 y 32 ohm/m asociados a arenas medias, gruesas y gravas saturadas y espesores que fluctúan entre 2 m y 3 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 78 y 96 ohm/m asociadas a sedimentos finos con saturación baja a seca y un espesor de 1 m aproximadamente. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 410 y 434 ohm/m asociadas a sedimentos o roca fracturada, con espesores que fluctúan entre 1 m y 3 m. La última secuencia en profundidad posee valores de resistividad entre 546 y 841 ohm/m asociada a sedimentos compactados secos o rocas con poco fracturamiento, posee espesores de 65 a 120 m.

Figura 262. Perfil geofísico de resistividad sector El Aromo 2.



Fuente: Elaboración propia

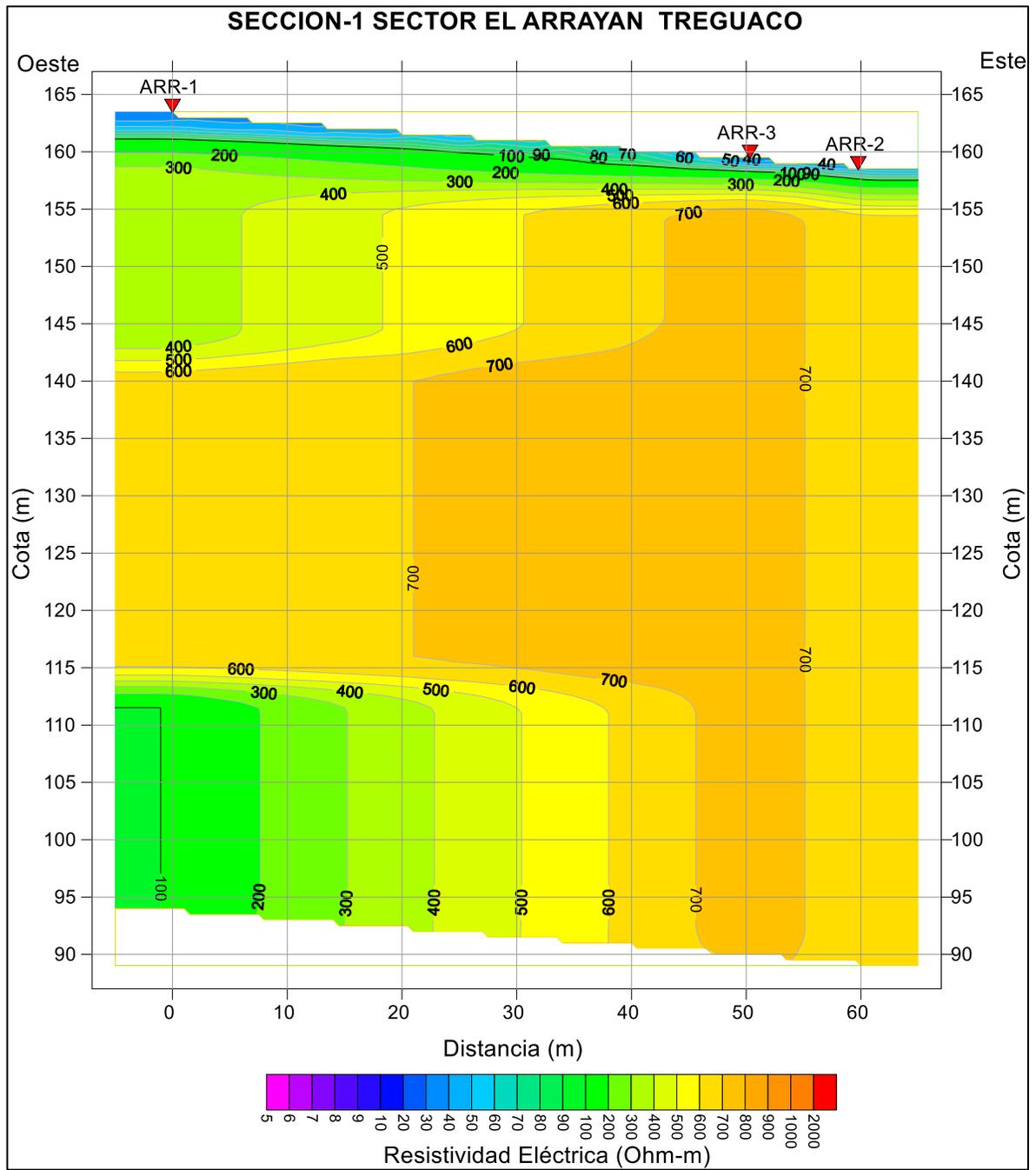
4.5.47 Trehuaco. El Arrayán.

Figura 263. Esquema en planta de Sección-sector El Arrayán.



La exposición de las estaciones TEM ARR-3; ARR-2 y ARR-1 evidencia la distribución de cuatro secuencias homogéneas arealmente de NE a SW. La primera secuencia se presenta superficialmente con valores de resistividad que varían entre 17 y 30 ohm/m asociados a arenas medias, gruesas y gravas saturadas y espesores que fluctúan entre 1,5 m y 2,5 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 121 y 351 ohm/m asociadas a sedimentos o roca fracturada y un espesor de 2 m a 20 m. La siguiente secuencia subyace a la anterior con valores de resistividad que varían entre 645 y 758 ohm/m asociadas a sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento, con espesores que fluctúan entre 30 m y 65 m. La siguiente secuencia está contenida por la anterior y se presenta solo en ARR-1 y posee un valor de resistividad de 99 ohm/m asociada a sedimentos finos con saturación baja o seca, posee un espesor de 18 metros aproximadamente.

Figura 264. Perfil geofísico de resistividad sector El Arrayan.



5 CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA Y ESTIMACIÓN DE CAUDALES.

5.1 Unidades hidrogeológicas.

En base a los resultados de la campaña geofísica realizada y de las correlaciones estratigráficas efectuadas, se han identificado las siguientes Unidades Hidrogeológicas:

Unidad I: corresponde a una secuencia de sedimentos finos con presencia de arcillas, que presenta valores de resistividades entre 5- 8 ohm/m. Unidad saturada.

Unidad II: está constituida por arenas medias, arenas gruesas y gravas. Presenta valores de resistividad entre 8-30 ohm/m. Unidad saturada.

Unidad III: está integrada por arenas medias, arenas gruesas y gravas. Presenta valores de resistividad entre 30-50 ohm/m. Unidad parcialmente saturada.

Unidad IV: está constituida por arenas medias y arenas finas. Presenta valores de resistividad entre 50 - 70 ohm/m. Unidad parcialmente saturada.

Unidad V: está integrada por sedimentos finos. Presenta valores de resistividad entre 70-100 ohm/m. Unidad con saturación baja a seca.

Unidad VI: está constituida por sedimentos o roca fracturada. Presenta valores de resistividad entre 100-500 ohm/m.

Unidad VII: está constituida por sedimentos compactos o roca fracturada. Presenta valores de resistividad superiores a 500 ohm/m.

Cabe señalar que en gran parte de las secuencias existen mezclas de unidades, como lo es la característica de la geología de este sector.

A continuación, en figuras siguientes, se presentan los perfiles hidrogeológicos elaborados para los sectores prospectados por comuna.

5.1.1 Comuna Cobquecura:

Los espesores reconocidos se han incluido en la Tabla 22.

Tabla 22. Unidades Cobquecura.

Comuna	Sector	Unidad	Espesor
Cobquecura	La Orilla	Arenas y Gravas. Unidad parcialmente saturada	1-10 m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	0-17 m
		Sedimentos o roca fracturada.	22-60 m
	Seriche	Sedimentos o roca fracturada.	50-30 m
		Arenas y Gravas. Unidad parcialmente saturada	2.5-10 m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	10-55 m
	Quebrada Honda	Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	40-45m
		Sedimentos o roca fracturada.	3-37m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	1-3m
		Arenas y Gravas. Unidad parcialmente saturada	1-2m
	El Tollo	Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	2-40m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	2-70m
		Arenas y Gravas. Unidad parcialmente saturada	30-35m

El perfil del sector La Orilla 4 posee una orientación NWW-SEE y se compone de seis unidades hidrogeológicas: II, III, IV, VI y VII. Las unidades III y IV se representan en una sola unidad debido a que son difíciles de diferenciar a partir del perfil geofísico, estas se presentan superficialmente y sus espesores van desde 1 metro al Oeste del perfil a 10 metros al Este. La unidad II se presenta al extremo Oeste del perfil a 5 metros de profundidad y espesores de 15 a 17 metros. La unidad VI aflora en el extremo Oeste del perfil y hacia el Este subyace a las unidades III y IV a una profundidad de entre 1 a 7 metros y un espesor de al menos 60 metros (Figura 265).

El perfil del sector Seriche posee una orientación NW-SE y se compone de cinco unidades hidrogeológicas: II, III, IV, VI y VII. La unidad VI se presenta en superficie a lo largo de todo el perfil con un espesor de 30 a 60 metros. La unidad VII se presenta al extremo Sureste del perfil a 5 metros de profundidad y espesores de entre 20 a 40 metros. Las unidades III y IV se representan en una sola unidad debido a que son difíciles de diferenciar a partir del perfil geofísico, estas se presentan subyaciendo a la unidad VI y sus espesores van desde 3 a 10 metros y a una profundidad de 50

metros. La unidad II se presenta a lo largo de todo el perfil a 55 metros de profundidad y un espesor de entre 10 a 55 metros, (Figura 266).

El perfil del sector Quebrada Honda posee una orientación norte-sur y se compone de cuatro unidades hidrogeológicas: unidad II, IV, VI y VII. La unidad II se dispone a lo largo del perfil en profundidad y tiene un espesor que no supera los 3 m. La unidad IV se encuentra bajo unidad II y su espesor varía entre 1 a 2 m. La unidad VI subyace a la unidad IV y su espesor varía entre 3 a 37 m, el mayor espesor de esta unidad se encuentra en la zona norte del perfil. Por último, la unidad VII se encuentra bajo la unidad VI y su espesor varía entre 40 a 45 m, (Figura 267).

El perfil del sector El Tollo posee una orientación oeste-este y se compone de tres unidades hidrogeológicas: unidad II, IV y VI. La unidad II se divide en dos partes: la primera se encuentra en la superficie, a lo largo del perfil, y la segunda se encuentra en profundidad bajo la unidad VI. La unidad II tiene un espesor que varía entre 2 m (parte superficial) a 70 m (parte profunda). La unidad VI se encuentra bajo la parte superficial de la unidad II y se encuentra a lo largo de todo el perfil realizado, su espesor varía entre 3 a 37 m, de oeste a este. Por último, la unidad IV solo se encuentra en el sector oeste del perfil, bajo la parte profunda de la unidad II y tiene un espesor que varía entre 30 a 35 m, (Figura 268).

El perfil Lomas Negras presenta orientación NS con una distribución de tres unidades IV, VI y VII. Hacia el norte, la unidad VII aflora desde aproximadamente los 5 m de profundidad hasta la base del perfil. La unidad IV se distribuye como una delgada capa con espesores promedio de 10 m. La unidad VI representa la unidad mayoritaria con espesores promedios del orden de 70 m, (Figura 269).

Figura 265. Perfil Hidrogeológico- La Orilla

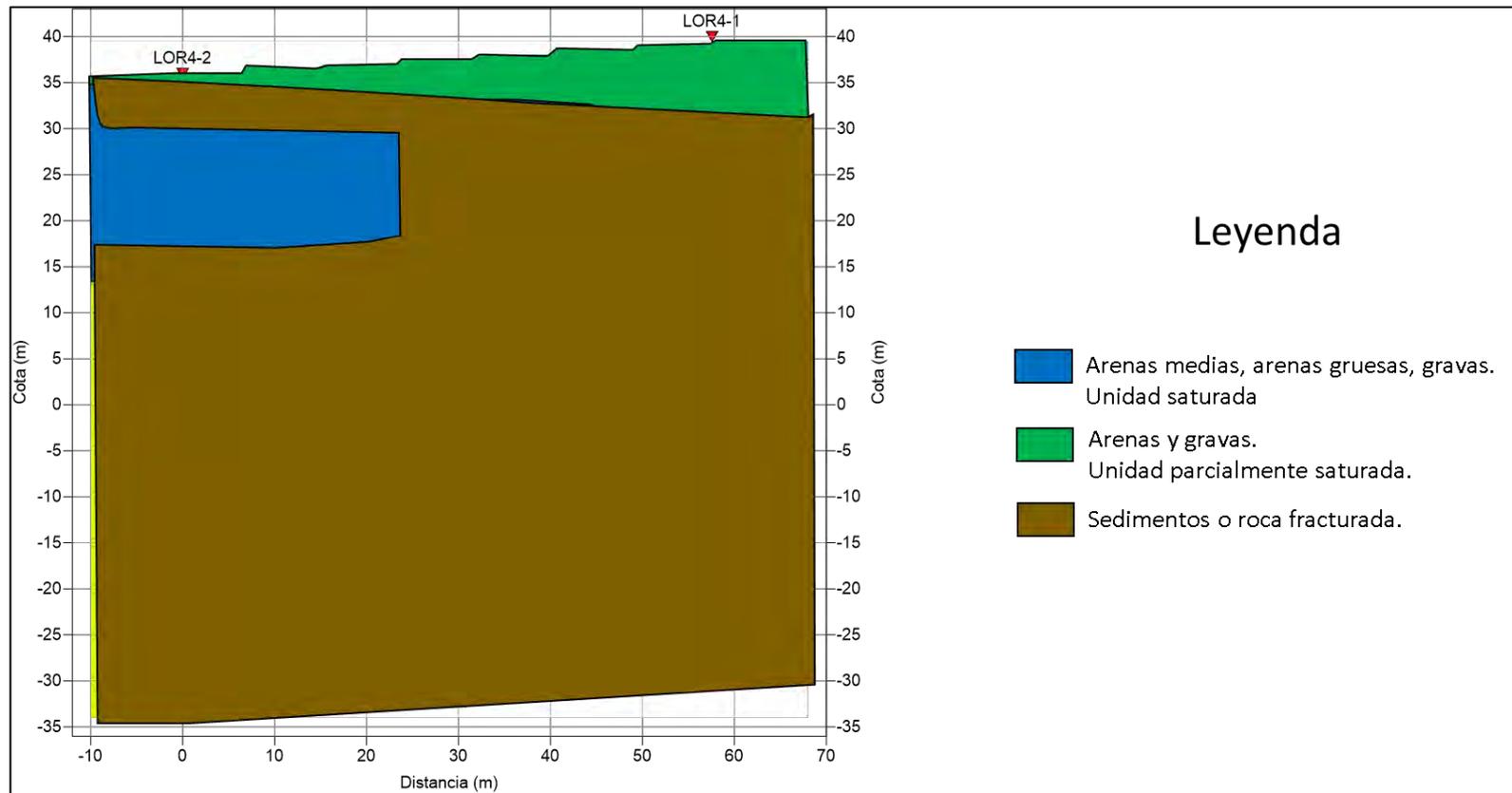


Figura 266. Perfil Hidrogeológico- Seriche

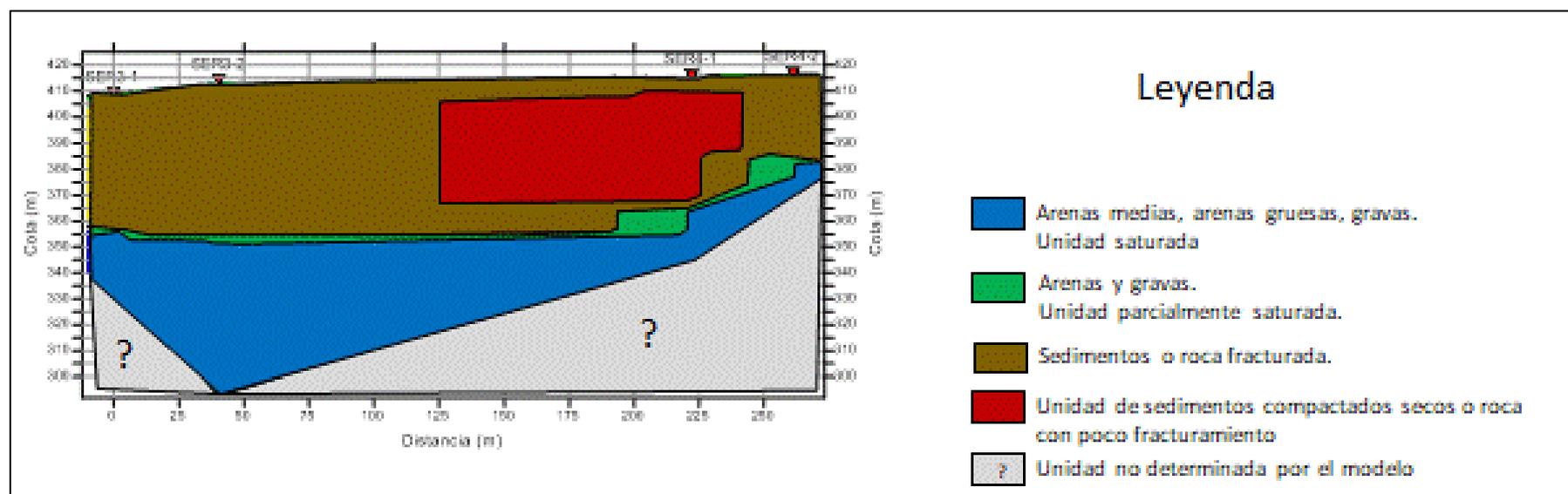


Figura 267. Perfil Hidrogeológico- Quebrada Honda.

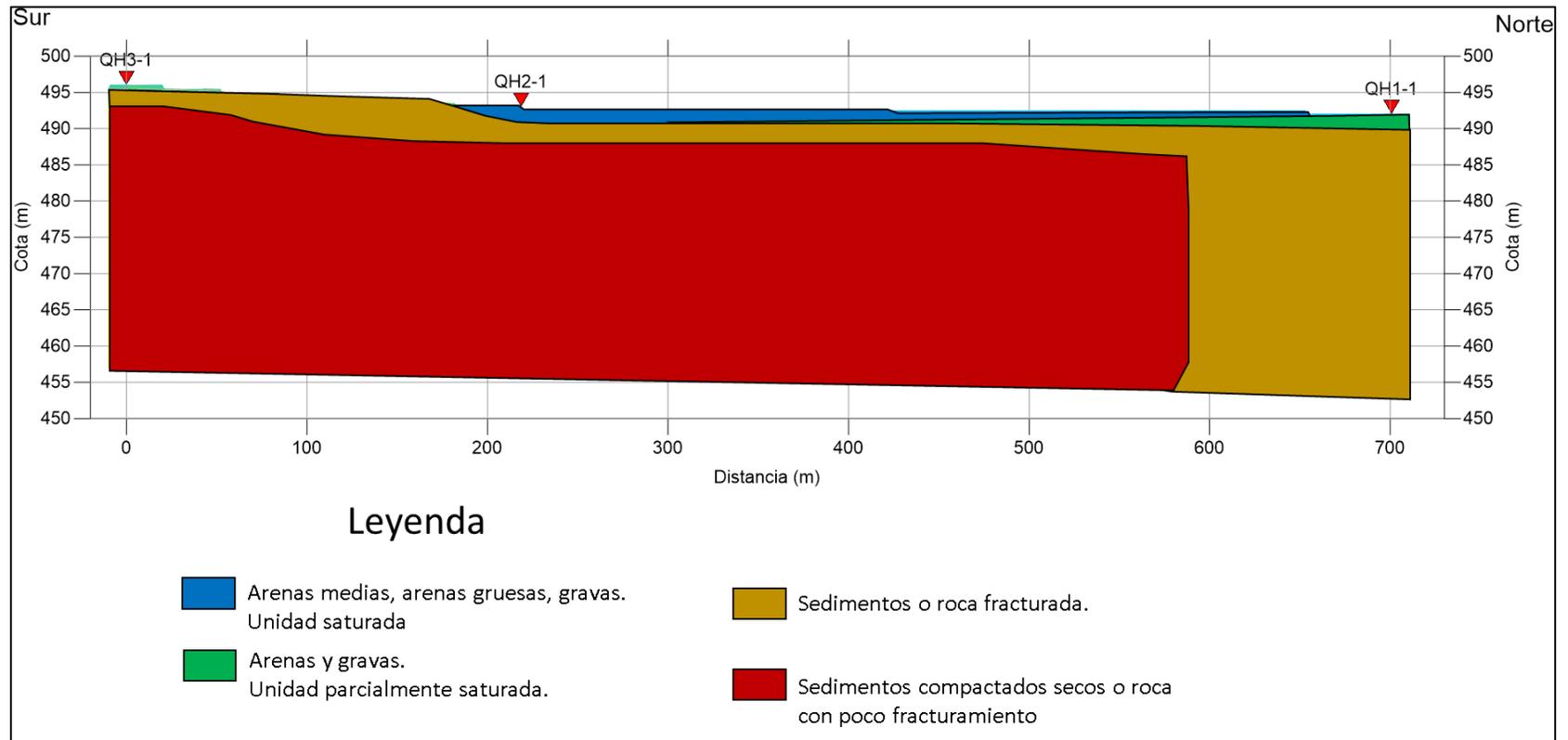


Figura 268. Perfil Hidrogeológico- El Tollo.

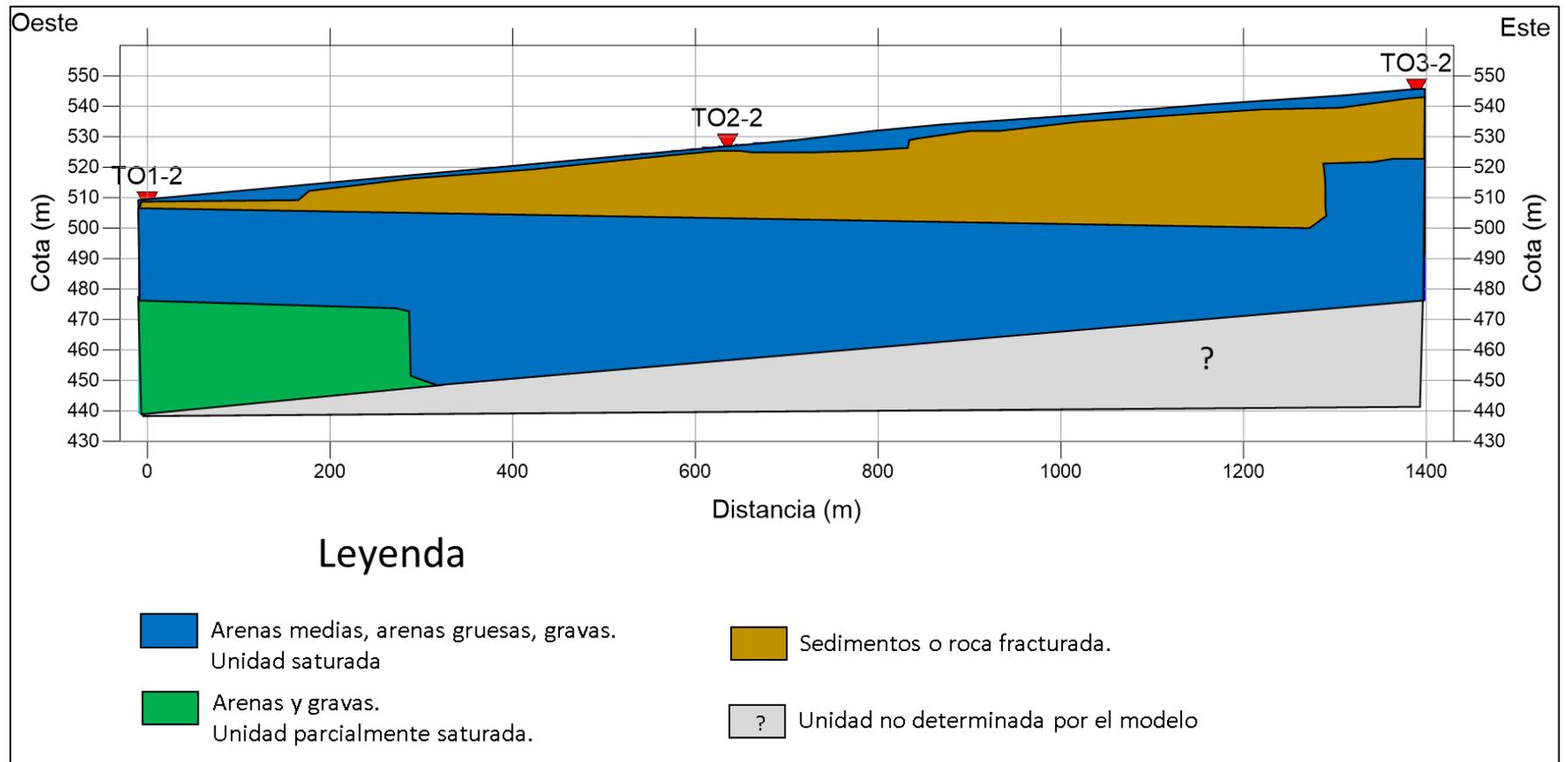
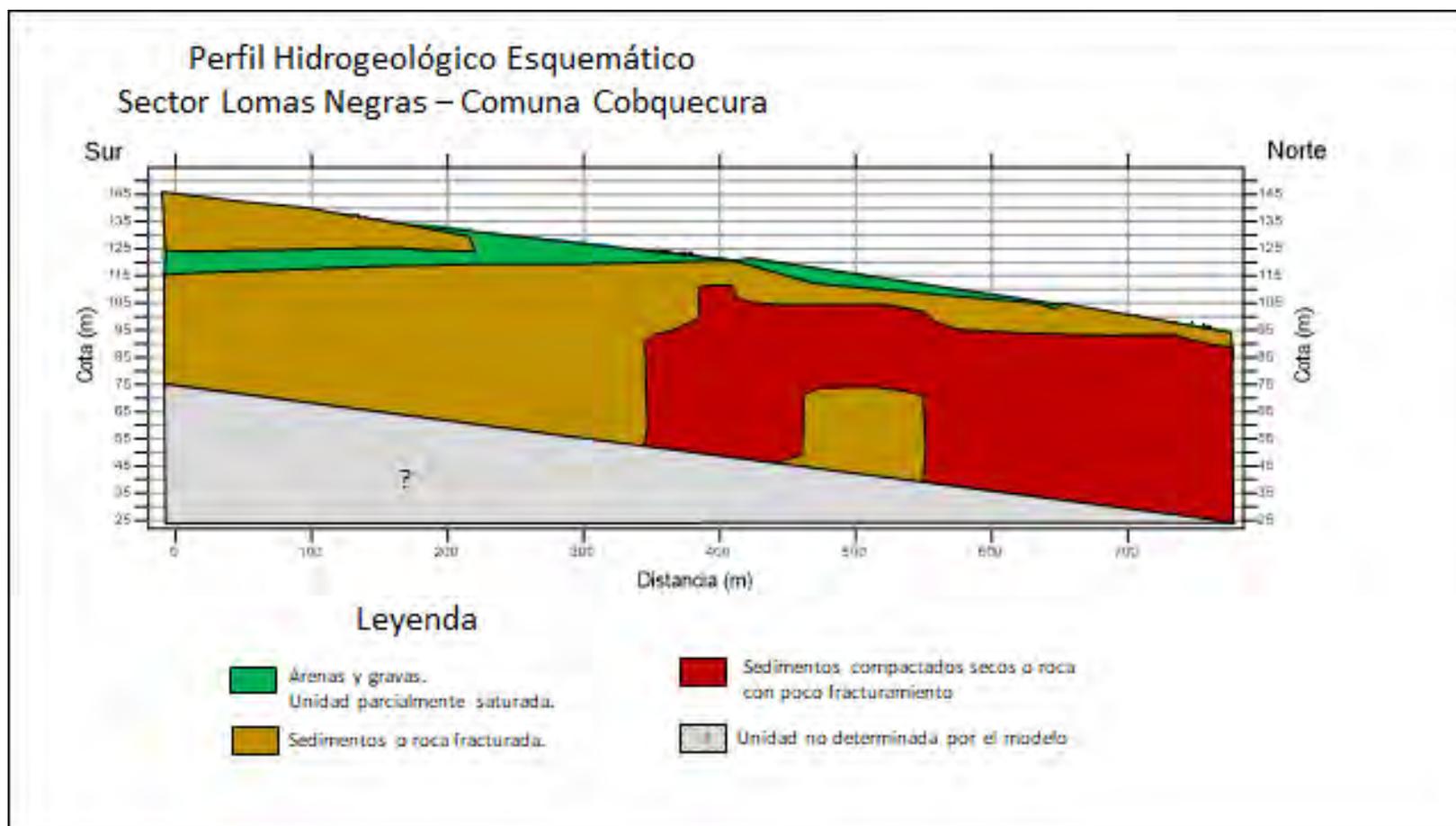


Figura 269. Perfil hidrogeológico sector Lomas Negras.



5.1.1 Comuna Coelemu:

Los espesores reconocidos se han incluido en la Tabla 23.

Tabla 23. Unidades Coelemu.

Comuna	Sector	Unidad	Espesor
Coelemu	Caravanchel	Arenas y Gravas. Unidad parcialmente saturada	5-10 m
		Sedimentos o roca fracturada.	5-45 m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	5-55 m
	Chorrillos	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	1-2 m
		Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	1-2 m
		Sedimentos o roca fracturada.	5-60 m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	20 - 115m
	San Ambrosio	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	3-5m
		Arenas y Gravas. Unidad parcialmente saturada	1-6m
		Sedimentos o roca fracturada.	20-37m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	5-15m
	Huario	Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	1-2 m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad parcialmente saturada	3-6 m
		Sedimentos o roca fracturada.	15-17 m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	6-12 m
	Tinajacura	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	10-12m
		Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	1,8-2,1m
		Sedimentos o roca fracturada.	17-18m
	Ranguelmo	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad parcialmente saturada	2-35 m
		Sedimentos o roca fracturada.	20-55 m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	10-20 m
	Los Castaños	Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	0.5-1-5 m
		Sedimentos o roca fracturada.	3-23 m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	1-20 m
Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad parcialmente saturada		3-7 m	

El perfil del sector Ranguelmo posee una orientación SW-NE y se compone de cuatro unidades hidrogeológicas: II, III, IV y VI. Las unidades III y IV se representan en una sola unidad debido a que son difíciles de diferenciar a partir del perfil geofísico, estas se presentan superficialmente y bajo la unidad VI, superficialmente se presenta a lo largo de todo el perfil mientras que en profundidad se identifica en el sector centro a Suroeste del perfil, presenta espesores de entre 2 a 35 metros. La unidad VI se encuentra entre las unidades anteriormente descritas a una profundidad de 3 metros y espesores de entre 22 a 55 metros. La unidad II se presenta a lo largo de todo el perfil a 55 metros de profundidad en el sector Suroeste disminuyendo hasta 20 metros en el sector Noreste, este posee espesores de 10 a 20 metros, (Figura 270).

El perfil hidrogeológico esquemático del sector de Caravanchel reconoce de sur a nororiente, una secuencia superior con potencias entre 5 a 10 m de arenas medias y gravas, de la unidad III, las que se discontinúan en el sector sur, con una secuencia de sedimentos o roca fracturada de la Unidad V, las que sobreyacen a la Unidad VI, la que en sectores hacia el nororiente presenta consolidamiento, con profundidades reconocidas hasta los 55 m. Las condiciones hidrogeológicas son bajas y restringidas a la secuencia superior descrita, (Figura 271).

El perfil del sector Chorrillos posee una orientación este-oeste y se compone de cuatro unidades hidrogeológicas, que corresponden a las unidades II, V, VI y VII. La unidad II se ubica en el extremo oeste del perfil tendiendo hacia el centro, tiene forma elongada y espesores entre 1 y 2 m. La unidad V se ubica debajo de la II y en todo el tramo del perfil de manera elongada. Posee espesores entre 1 y 2 m. La unidad VI se ubica debajo de la unidad V y también se encuentra rodeando a la unidad VII. Posee espesores de 5 a 60 m. La unidad VII se encuentra rodeada por la unidad VI. Posee espesores de 20 a 115 m, (Figura 272).

El perfil del sector San Ambrosio posee una orientación este-oeste y se compone de cuatro unidades hidrogeológicas, que corresponden a las unidades II, IV, VI y VII. Es importante notar que, en este caso, la unidad IV incluye también a la unidad III, esto debido a la cercanía que presentaban sus valores de resistividad. La unidad II es la más superficial y se distribuye de manera elongada en todo el perfil con espesores entre 3 y 5 m. La unidad IV se ubica debajo de la anterior, también se ubica a lo largo de todo el perfil, y se acuña hacia el oeste, su espesor varía entre 1 y 6 m. Continuando en profundidad se ubica la unidad VI, la cual es más ancha hacia el extremo oeste. Su espesor varía entre los 20 y 37 m. La unidad VII es la última en profundidad, se ubica en el sector este y en el centro del perfil, donde se angosta. Su espesor va de los 5 a los 15 m, (Figura 273).

El perfil del sector de Huaro posee una orientación este-oeste y se compone de cuatro unidades hidrogeológicas, que corresponden a las unidades III, V, VI y VII. La Unidad III se ubica en subsuperficie a 1-2 m de profundidad, subyaciendo a la Unidad V, con espesores que varían entre 3 y 6 m. La Unidad V se ubica en superficie a lo largo de todo el perfil, con espesores que varían entre 1 y 2 m. La Unidad VI subyace a la Unidad III a lo largo de todo el perfil, con espesores que varían

entre 15 y 17 m. Por último, la Unidad VII subyace a la Unidad VI a lo largo de todo el perfil, con espesores que varían de 6 m en la zona oeste del perfil a 12 m en la zona este del perfil, (Figura 274).

El perfil del sector de Tinajacura posee una orientación norte-sur y se compone de tres unidades hidrogeológicas, que corresponden a las unidades II, V y VI. La Unidad II se ubica en subsuperficie subyaciendo a la Unidad V, de forma homogénea a 1 m de profundidad, con espesores que varían entre 10 y 12 m. La Unidad V se ubica en superficie a lo largo de todo el perfil, con espesores que varían entre 1,8 y 2,1 m. La Unidad VI se ubica en subsuperficie subyaciendo a la Unidad II, a 11-12 m de profundidad, con espesores que varían entre 17 y 18 m, (Figura 275).

El perfil del sector de Los Castaños posee una orientación este-oeste y se compone de cuatro unidades hidrogeológicas, III, V, VI y VII. La unidad más superficial corresponde a la unidad V, la cual se ubica en el sector oeste del perfil, posee una forma elongada y un espesor entre 0.5-1.5 m. Debajo de esta se encuentra la unidad III, la cual se dispone a lo largo de todo el perfil, y se acuña levemente hacia el oeste. Posee espesores entre 3 y 7 m. Continuando en profundidad se encuentra la unidad VI, que también abarca todo el largo del perfil de manera elongada y acuñada hacia el oeste. Su espesor varía entre 3 y 23 m. La unidad VII es la última en profundidad, se encuentra en el sector oeste y centro del perfil, siendo más angosta en este último. Su espesor varía desde 1 a 20 m, (Figura 276).

Figura 270. Perfil Hidrogeológico- Ranguelmo

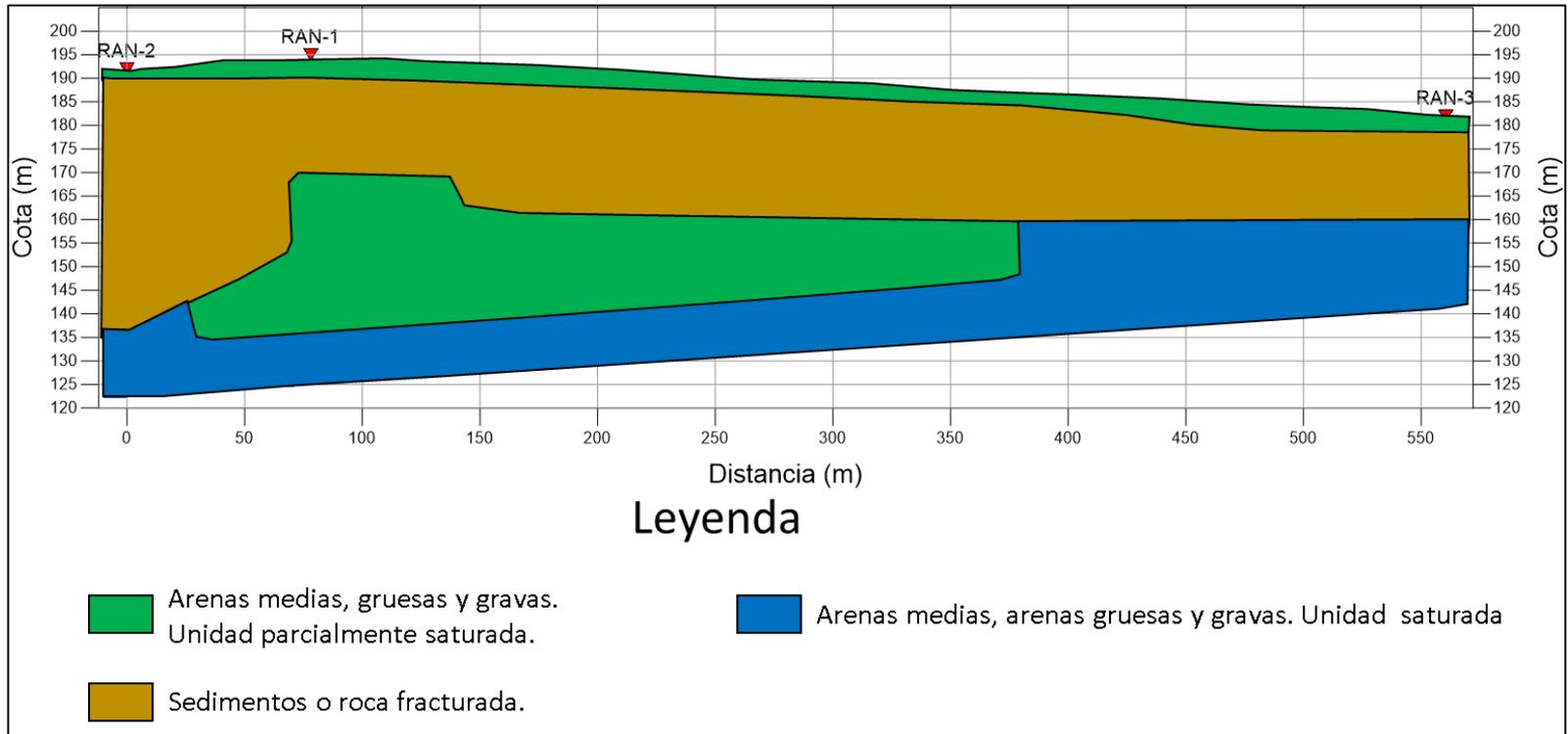


Figura 271. Perfil Hidrogeológico- Caravanchel

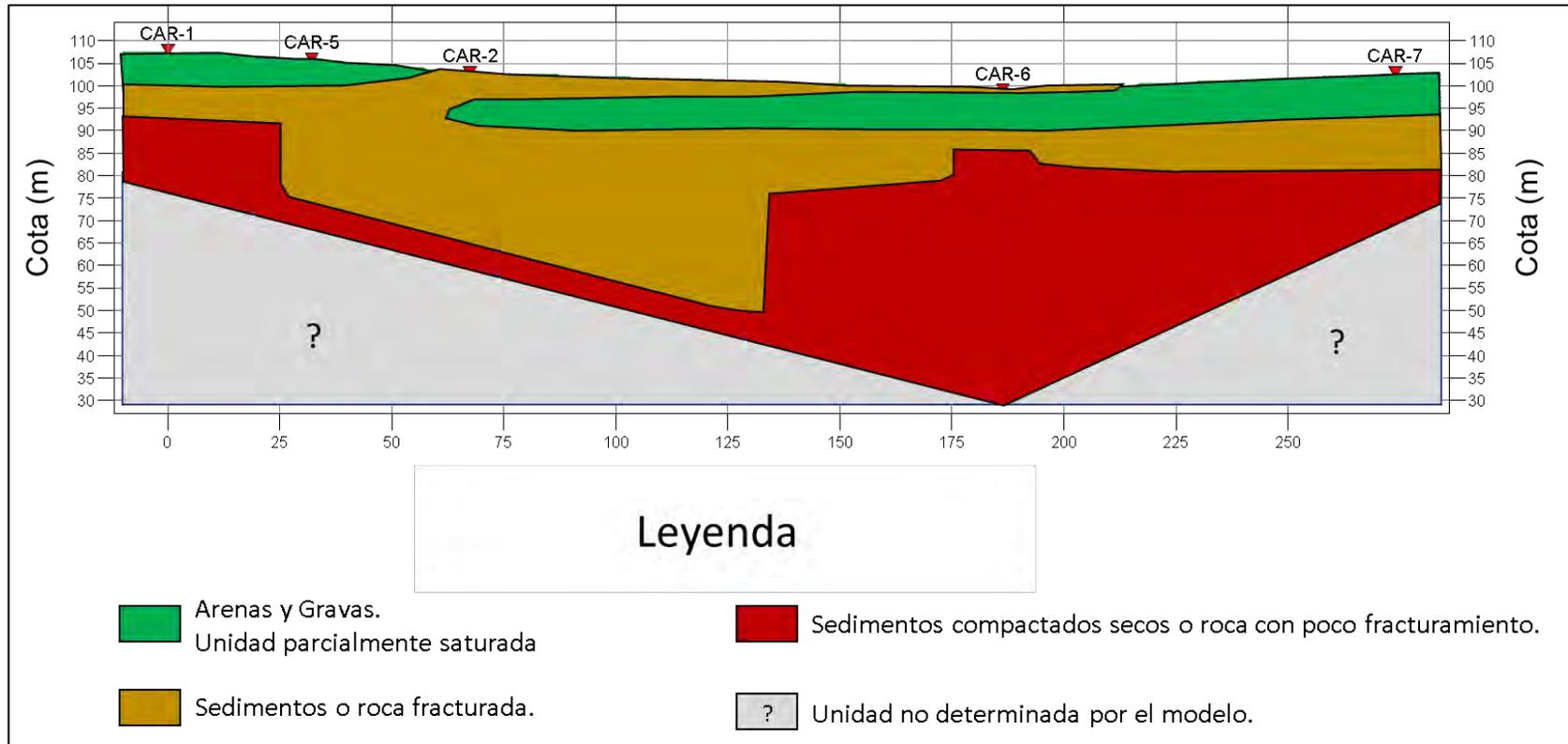


Figura 272. Perfil Hidrogeológico- Chorrillos

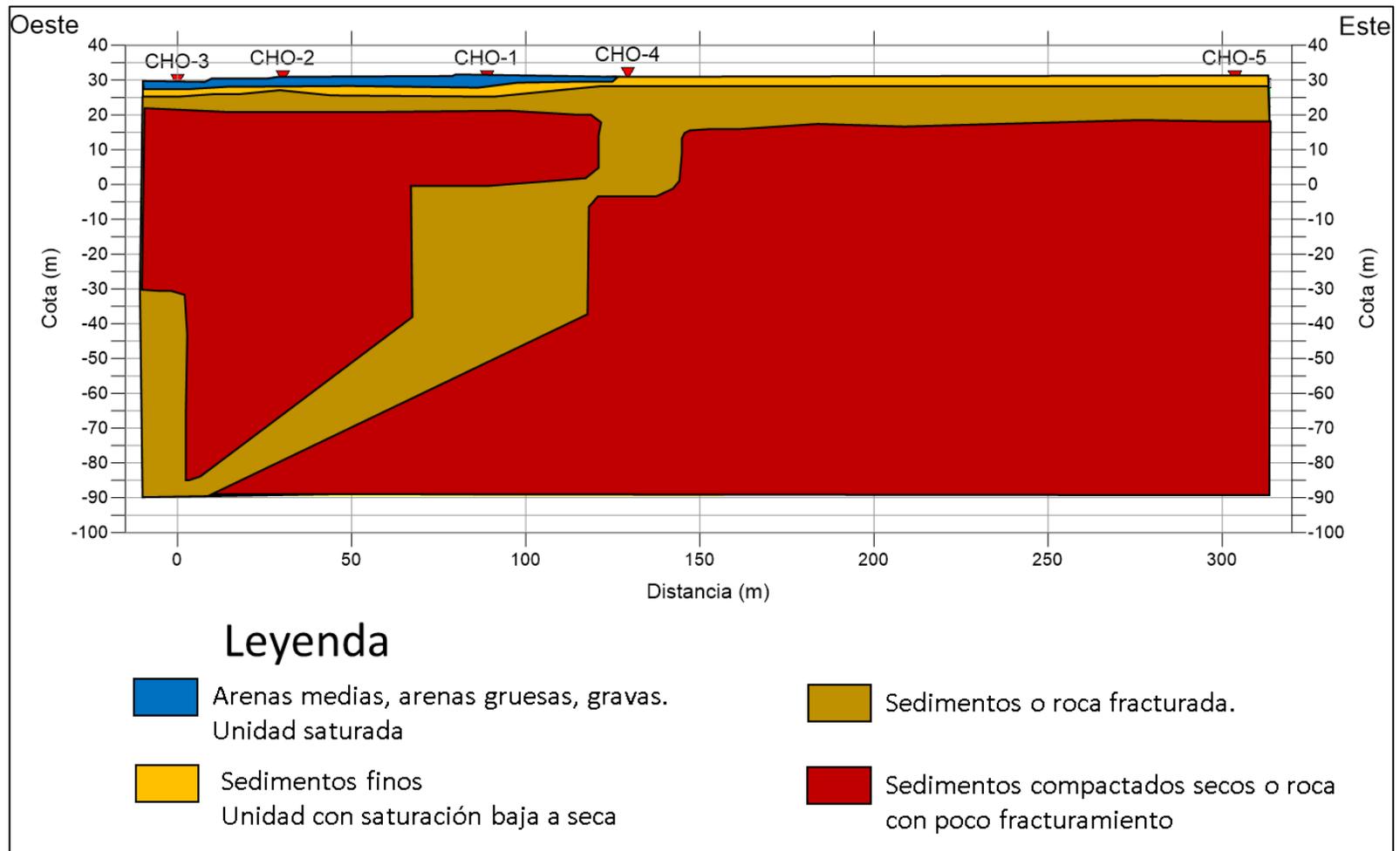


Figura 273. Perfil Hidrogeológico- San Ambrosio

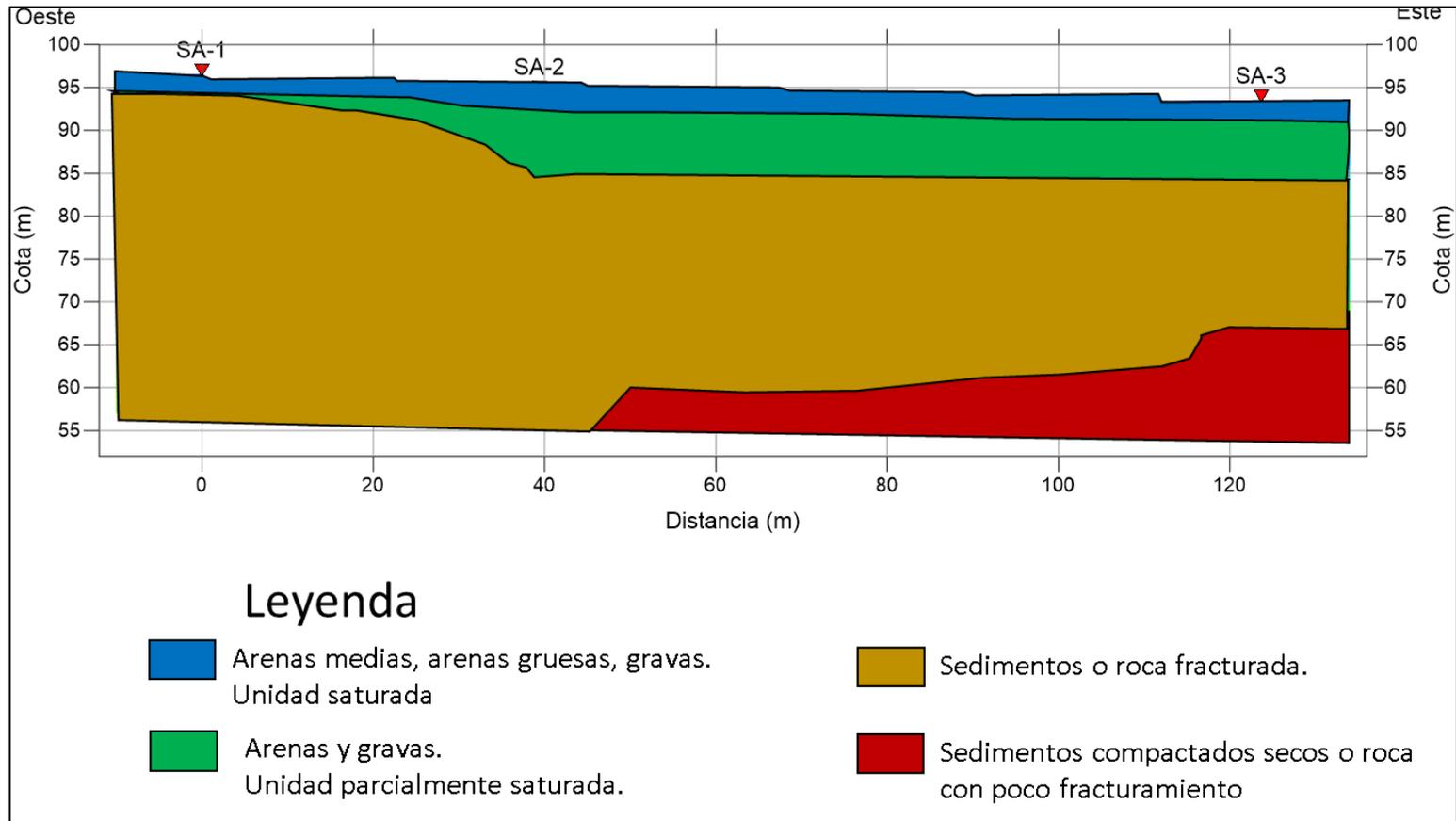


Figura 274. Perfil Hidrogeológico- Huaro

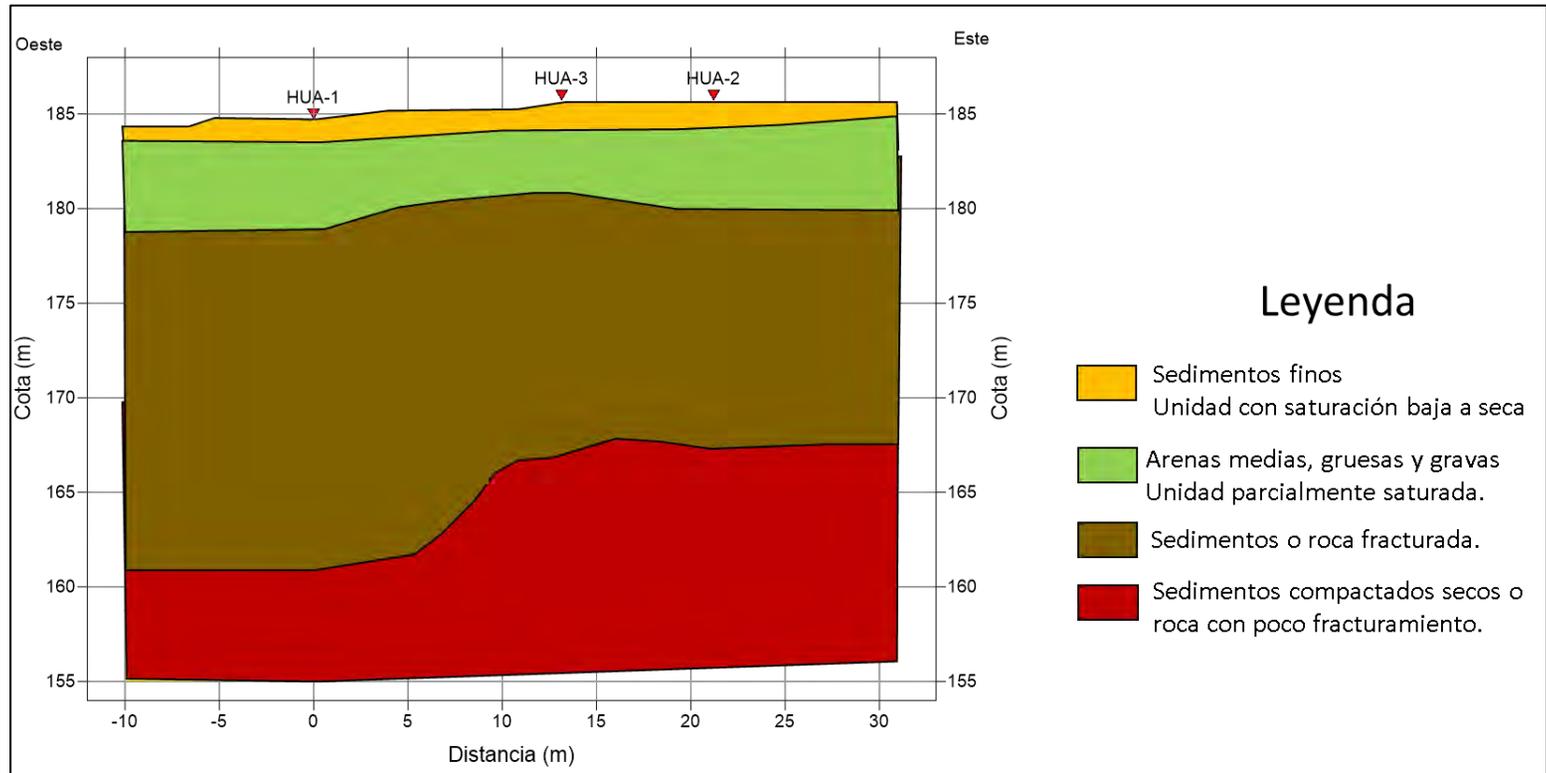


Figura 275. Perfil Hidrogeológico- Tinajacura

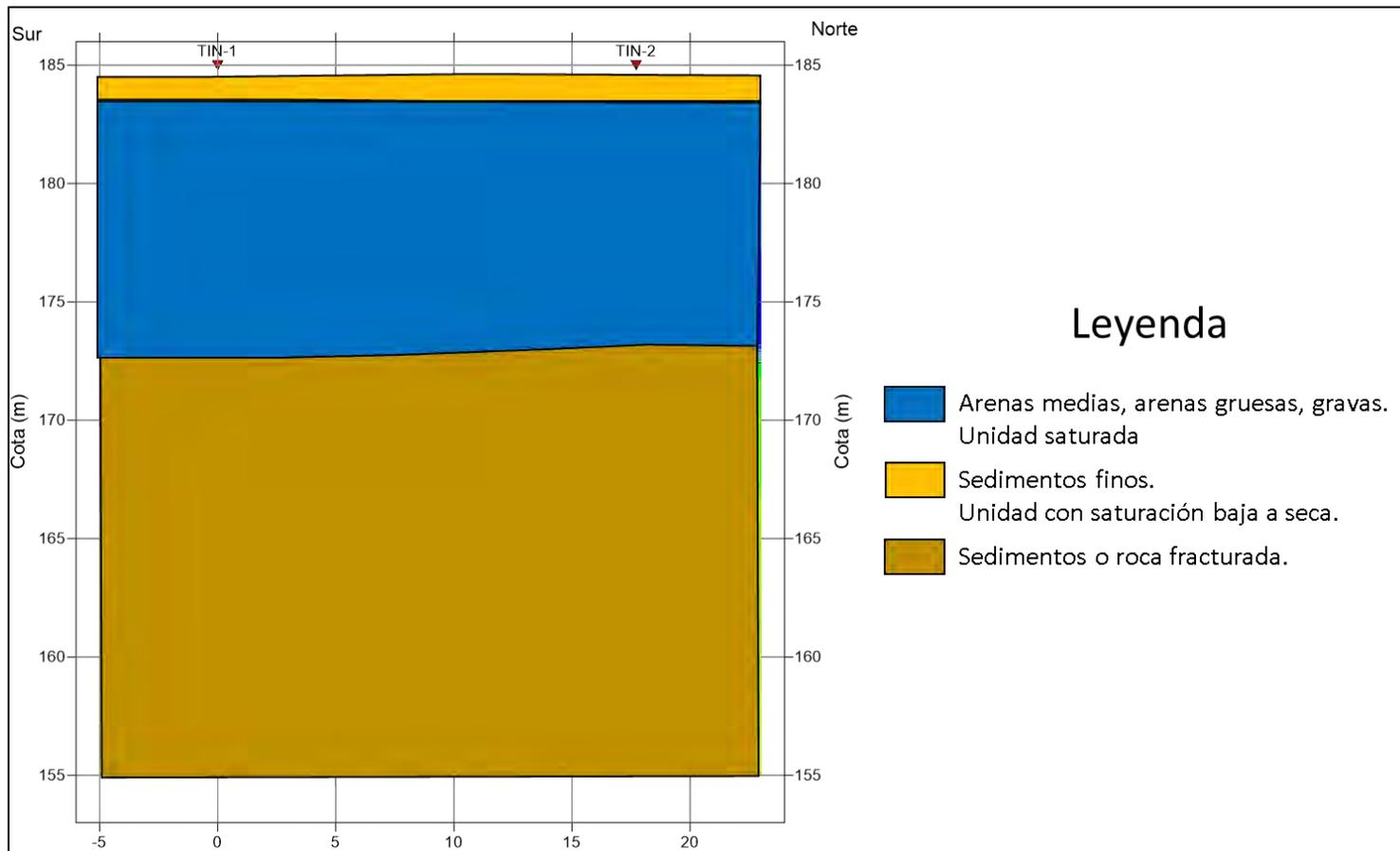
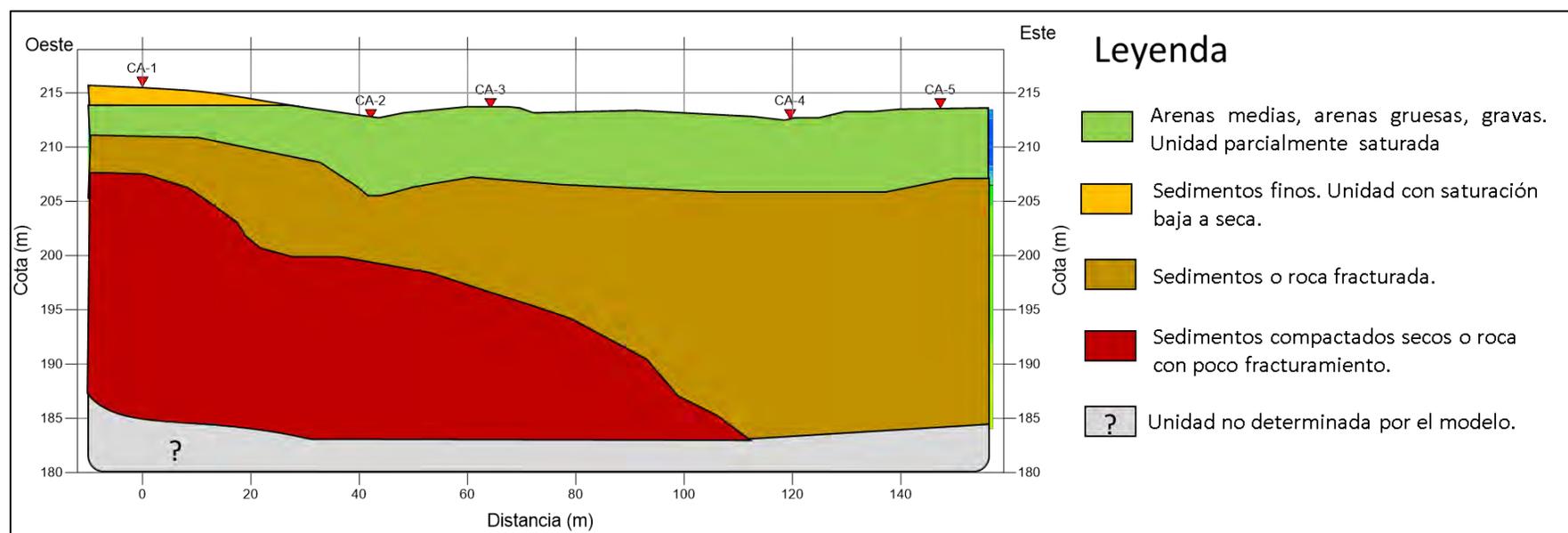


Figura 276. Perfil Hidrogeológico- Los Castaños



5.1.1 Comuna Ninhue

Los espesores reconocidos en los sectores se han incluido en la Tabla 24.

Tabla 24. Unidades Ninhue.

Comuna	Sector	Unidad	Espesor
Ninhue	Talhuan	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	65-118m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad parcialmente saturada	Diseminado
		Sedimentos finos con presencia de arcillas. Unidad saturada	44m
	Reloca	Sedimentos o roca fracturada.	35-60m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	10-38m
		Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	1-25m
	San Juan	Sedimentos o roca fracturada.	30-37m
		Arenas y gravas. Unidad parcialmente saturada.	1-7m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	10-30m
	La Posta	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	1-25 m
		Arenas medias, arenas finas. Unidad parcialmente saturada	1-70 m
		Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	25-35 m
		Sedimentos o roca fracturada.	18-20 m
	Hualte 2	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	3- 5 m
		Arenas medias, arenas finas. Unidad parcialmente saturada	0.9 - 2.3m
		Sedimentos o roca fracturada.	0.8-40 m
Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento		5 - 55m	

El perfil hidrogeológico del sector de Reloca presenta secuencias homogéneas en su distribución, con la presencia de sedimentos o roca fracturada de 70 m y de 30m hacia el poniente y oriente, respectivamente. Bajo esta secuencia, se detectan horizontes de arenas y gravas parcialmente saturadas, los que constituyen el acuífero productor, (Figura 277).

El perfil hidrogeológico esquemático del sector de San Juan evidencia una secuencia de arenas medias y gruesas saturadas a partir de los 30 m y 38 m, en el norte y sur respectivamente. Sobreyaciendo a esta secuencia saturada se reconoce una unidad de sedimentos finos con presencia de una mayor

compactación hacia el sur. Las condiciones hidrogeológicas son adecuadas con espesores acuíferos saturados reconocidos del orden de 30 m, (Figura 278).

El perfil hidrogeológico del sector de Talhuan presenta una secuencia homogénea de arenas medias, gruesas y gravas de oriente a poniente, reconocidas hasta los 120 metros de profundidad, con la presencia de algunos bolsones de arenas medias sedimentos finos de menor distribución. Las condiciones hidrogeológicas son buenas y asociadas a la secuencia saturada de arenas medias, arenas gruesas y gravas, (Figura 279).

El perfil del sector La Posta posee una orientación noroeste-sureste y se compone de cuatro unidades hidrogeológicas, II, III, V y VI. La unidad II se encuentra tanto en superficie como en profundidad y se ubica principalmente en los extremos del perfil. Debido que se distribuye en tres sectores distintos del perfil, se encuentra en contacto con todas las unidades restantes. En el sector sureste se encuentra como un cuerpo elongado superficial con un espesor promedio de 1 m y en profundidad varía entre los 15 y 25 m. En el extremo noroeste su espesor varía entre 12 y 15 m. La unidad III también se encuentra expuesta en superficie, en el sector centro y noroeste del perfil. Al igual que la unidad II, se encuentra en contacto con todas las demás unidades presentes en el perfil y su espesor varía entre 1 y 70 m. La unidad VI se ubica en el sector sureste en profundidad, rodeada por las otras unidades. Corresponde un cuerpo aproximadamente tabular y su espesor varía entre 18 y 20 m. Finalmente, la unidad V se ubica en el centro del perfil, tendiendo al sureste, también se encuentra en profundidad y rodeada por las unidades restantes. Su espesor varía entre 25 y 35 m, (Figura 280).

El perfil del sector Hualte 2 posee una orientación este-oeste y se compone de cuatro unidades hidrogeológicas, II, III, VI y VII. Las cuatro unidades se extienden en la totalidad del perfil. La unidad III corresponde a la unidad más superficial, posee una forma elongada y tiene un espesor aproximado entre 1 y 2 m. Siguiendo en profundidad con una forma bastante similar, se encuentra la unidad VI, la cual posee un espesor de aproximadamente 1 m. Inferiormente se ubica la unidad II, con una forma elongada que se hace más ancha hacia el oeste. Su espesor va de los 3 a los 5 m. Siguiendo en profundidad se repite la unidad VI, con una forma notoriamente más gruesa en el centro (45 m) y angosta hacia los extremos (5 m aproximadamente). Finalmente, se ubica la unidad VII, la cual posee una forma inversa a la anterior, siendo más gruesa en los extremos (35-55 m) y más angosta en el centro (5 m), (Figura 281).

Figura 277. Perfil Hidrogeológico- Reloca

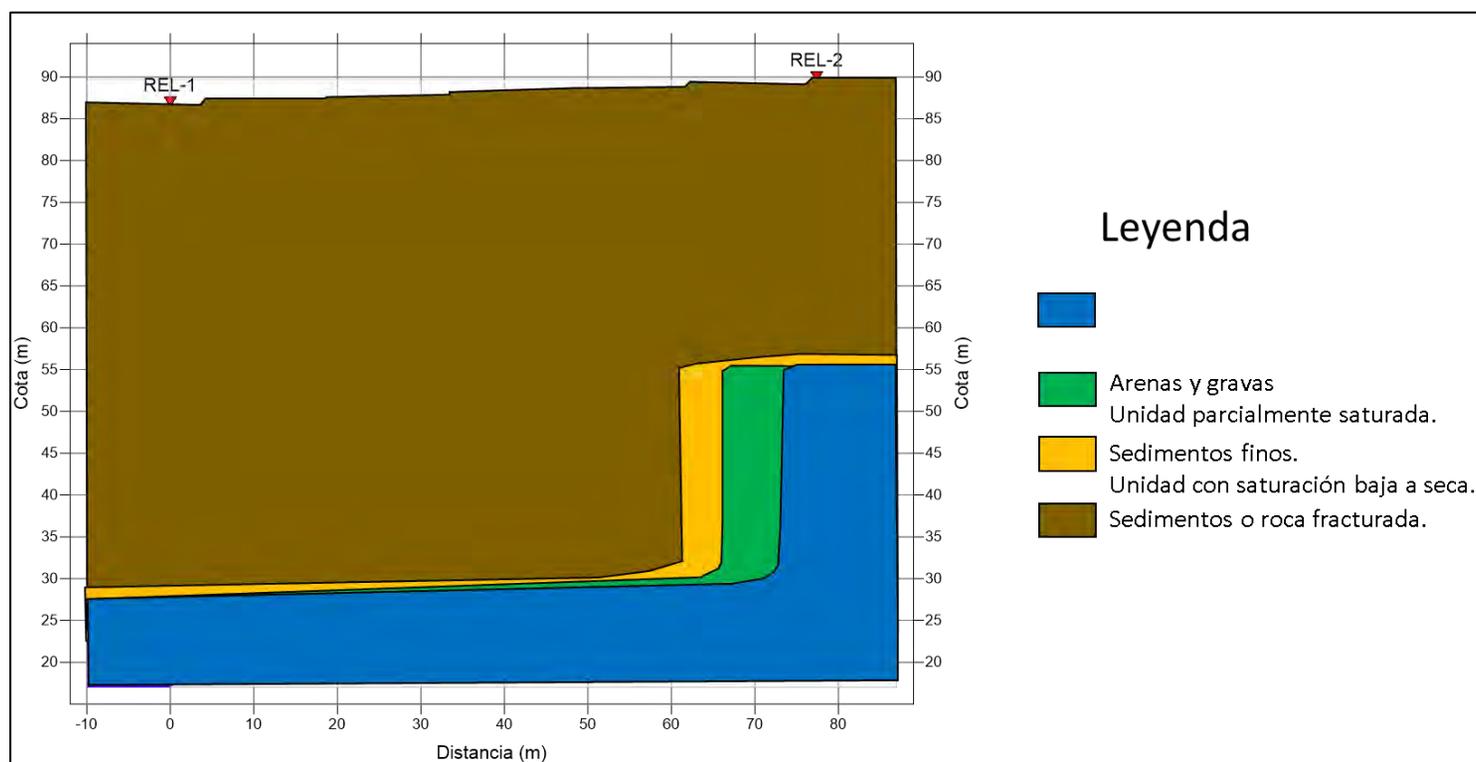


Figura 278. Perfil Hidrogeológico- San Juan.

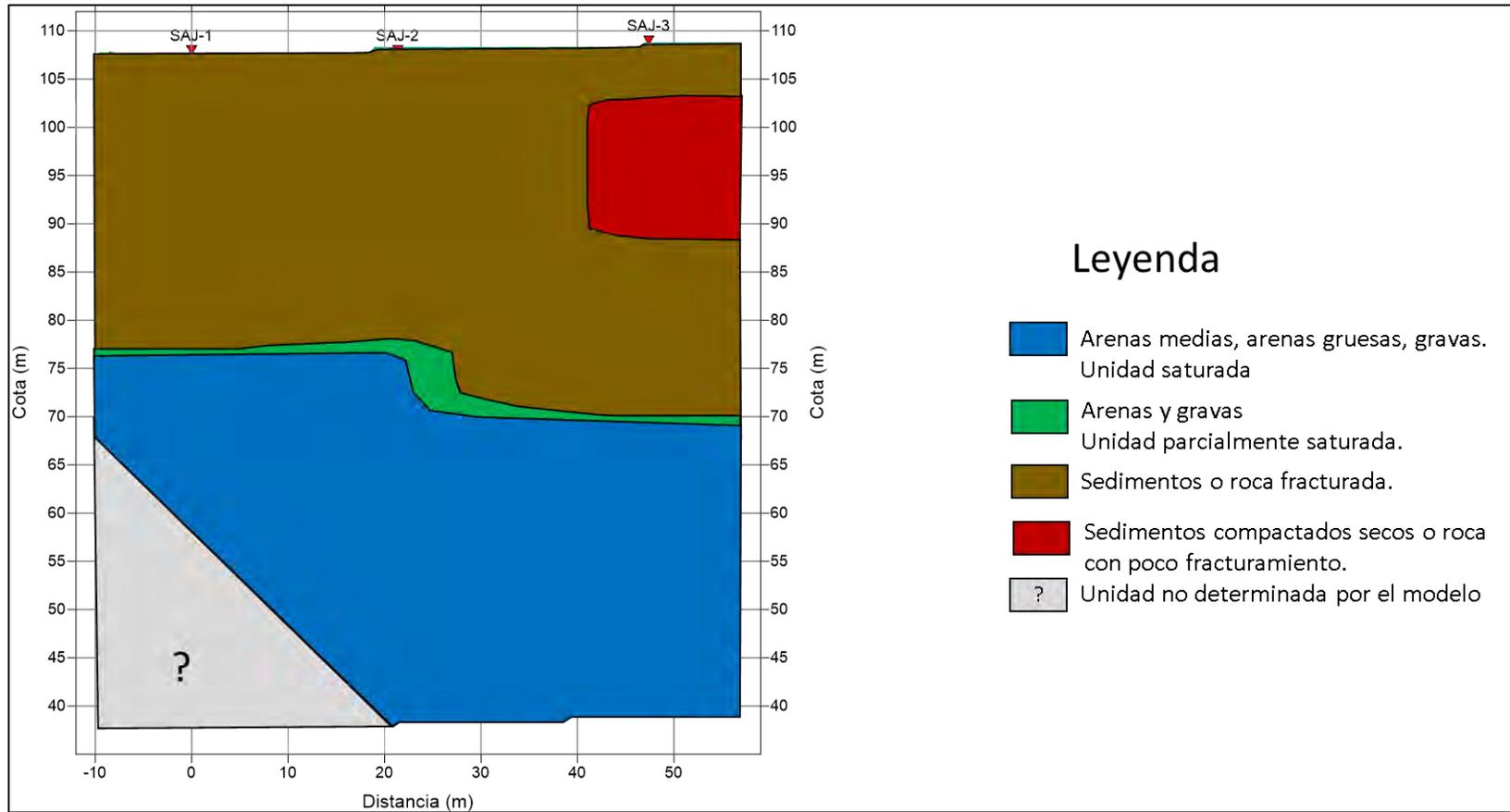


Figura 279. Perfil Hidrogeológico- Talhuan.

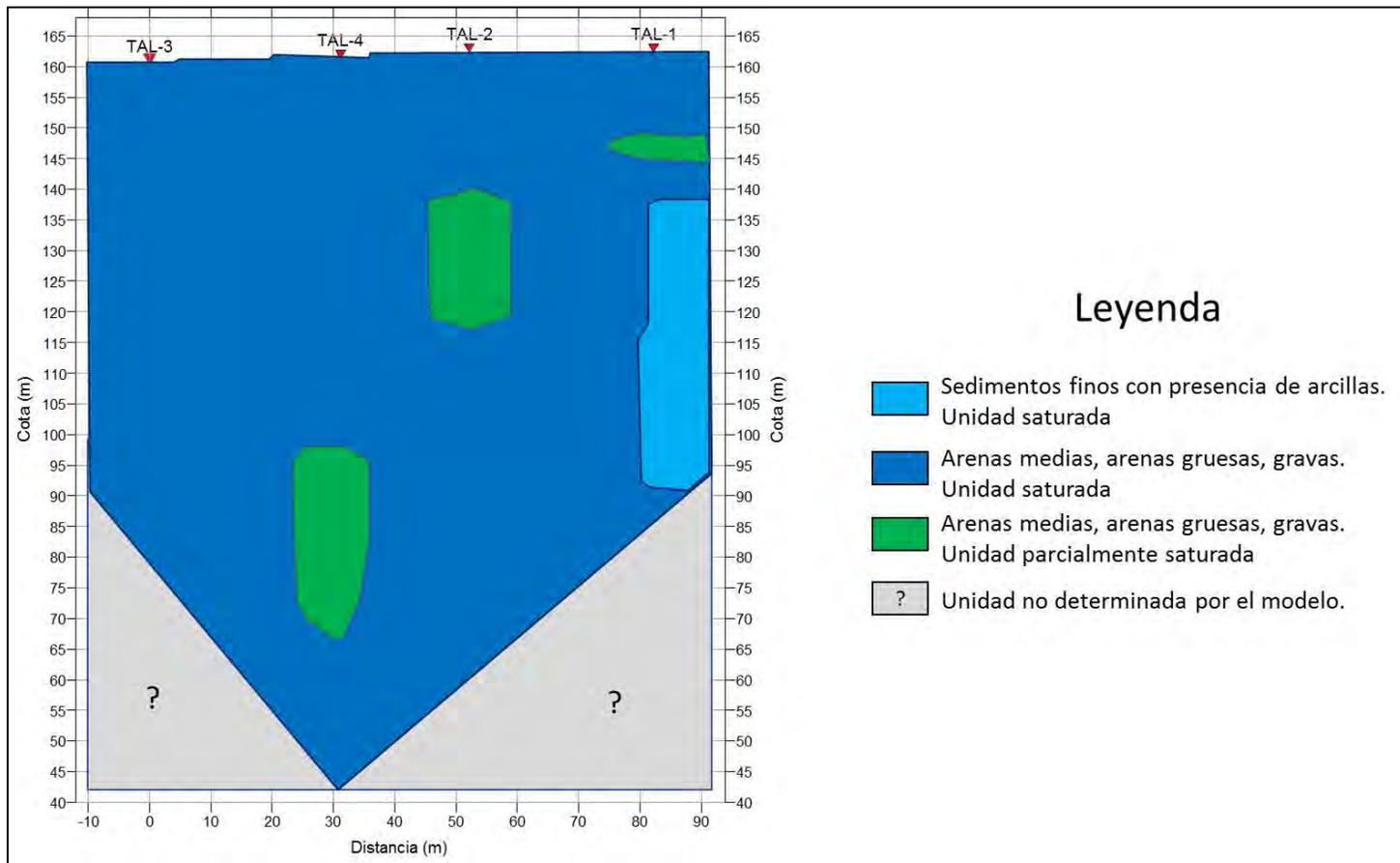


Figura 280. Perfil Hidrogeológico- La Posta.

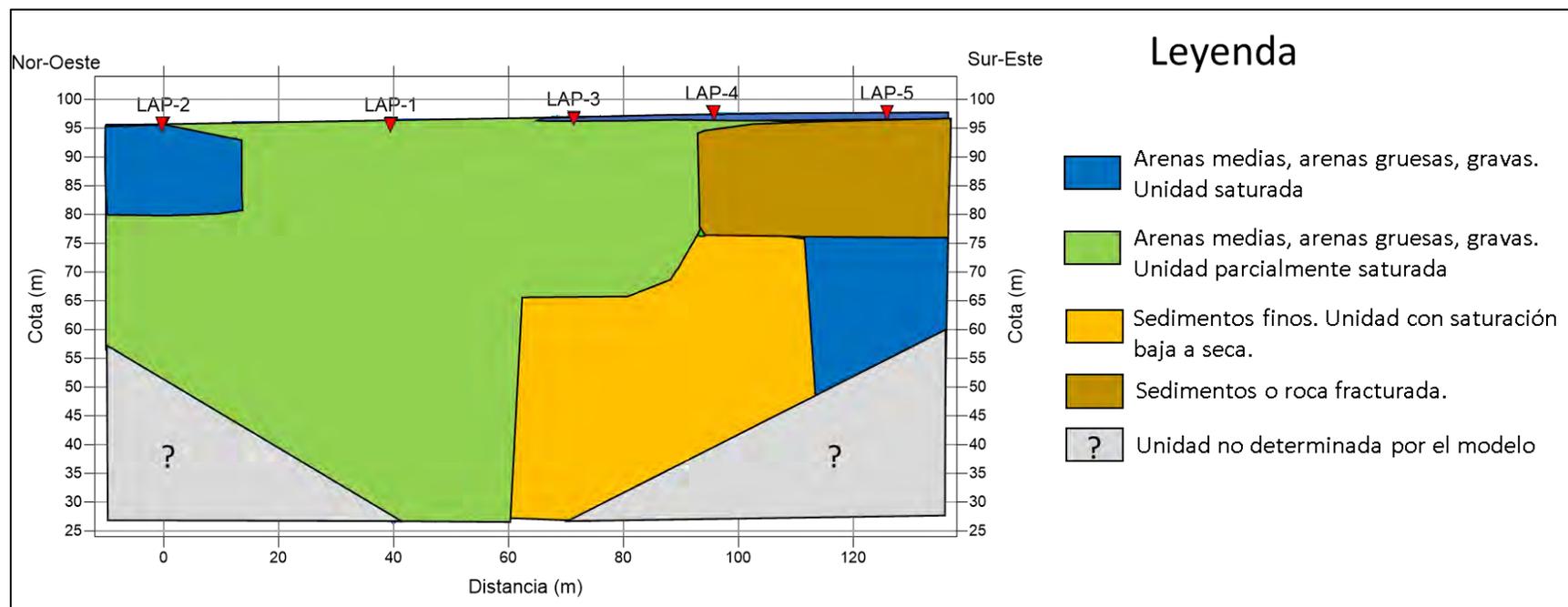
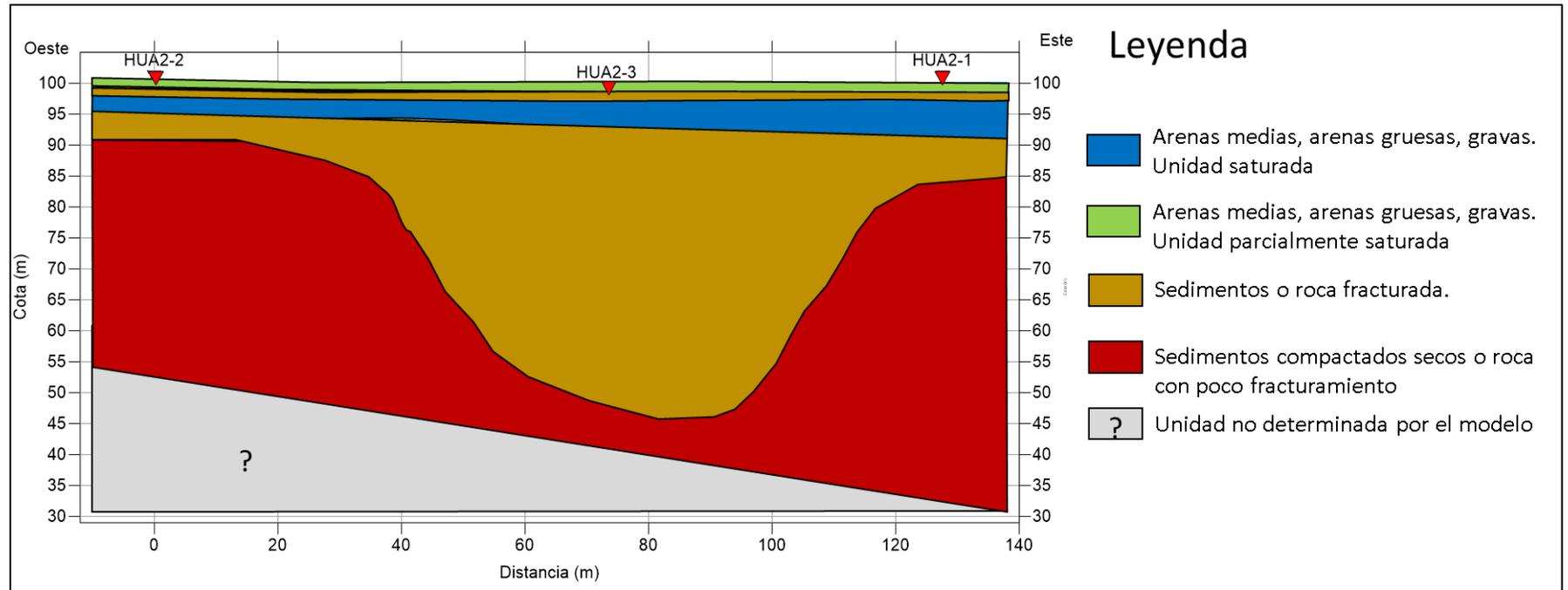


Figura 281. Perfil Hidrogeológico- Hualte.



5.1.2 Comuna Portezuelo:

Los espesores reconocidos en los sectores se han incluido en la Tabla 25.

Tabla 25. Unidades Portezuelo.

Comuna	Sector	Unidad	Espesor
Portezuelo	Chudal 1	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	5-20 m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad parcialmente saturada	2 m
		Arenas medias, arenas finas. Unidad parcialmente saturada	2m
		Sedimentos o roca fracturada.	2- 43 m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	4-23 m
	Chudal 2	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	3-6 m
		Sedimentos o roca fracturada.	10-56 m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	50-56 m
	Trancoyán 2	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	3-10 m
		Sedimentos o roca fracturada.	5-30 m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	10-11 m
	Huacalemu	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	5-7 m
		Sedimentos o roca fracturada.	40-43 m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad parcialmente saturada	8-10 m
	Carrullanca	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	5 -12 m
Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad parcialmente saturada		1-5 m	
Sedimentos o roca fracturada.		1-30 m	

El perfil del sector Chudal posee una orientación Norte - Sur y se compone de cinco unidades hidrogeológicas: II, III, IV, VI y VII. La unidad III se presenta en superficie en la parte sur del perfil con un espesor de 2 metros. La unidad IV se observa en superficie también, pero en la parte norte espesor de 2 metros. La unidad VI subyace las unidades anteriormente descritas y se presenta a lo largo del perfil con espesores de 2 a 43 metros. La unidad II subyace la unidad anterior a una profundidad de 35 a 45 metros y se extiende a lo largo de todo el perfil. La unidad VII se presenta de forma discontinua en los extremos sur y norte del perfil con espesores de 4 y 23 metros respectivamente, (Figura 282).

El perfil del sector Carrullanca posee una orientación Norte-Sur y se compone de tres unidades hidrogeológicas: II, III y VI. La unidad III se dispone superficialmente y a lo largo de gran parte del perfil con espesores de 1 a 5 metros. La unidad VI subyace a la unidad III presentando espesores desde 25 a 30 metros. La unidad II se presenta de forma elongada con espesores de 5 a 12 metros disminuyendo en profundidad de norte a sur desde 40 a 30 metros respectivamente, (Figura 283).

El perfil del Chudal 2 posee una orientación norte-sur y se compone de tres unidades hidrogeológicas: las unidades II, VI y VII. La unidad II se dispone superficialmente a lo largo de todo el perfil, además se observa a 60 metros de profundidad en la parte sur del perfil. La unidad posee espesores de 3 a 6 metros. La unidad VI subyace a la unidad II y a la unidad VII, llega hasta una profundidad de 15 metros, vuelve a aparecer a una profundidad de 35 metros y se extiende a lo largo de todo el perfil, esta unidad posee espesores de 10 a 56 m. La unidad VII se presenta a lo largo del perfil con una disminución en profundidad desde sur a norte posee un espesor de 50 a 56 metros y se encuentra a una profundidad de 7 metros en el sector sur y 15 metros en el sector norte (Figura 284).

El perfil del sector Trancoyán 2 posee una orientación norte-sur y se compone de tres unidades hidrogeológicas: las unidades II, VI y VII. La unidad II se dispone superficialmente y a 35 metros de profundidad a lo largo de todo el perfil con espesores de 3 a 10 metros. La unidad VI subyace a la unidad II, llega hasta una profundidad de por lo menos 30 metros y se extiende a lo largo de todo el perfil. La unidad VII se presenta solo en la parte sur del perfil dentro de la unidad VI con un espesor de 10 a 11 metros y una profundidad de 20 metros aproximadamente (Figura 285).

El perfil del sector Huacalemu posee una orientación este-oeste y se compone de tres unidades hidrogeológicas: las unidades II, III y VI. La unidad II se dispone superficialmente a lo largo de todo el perfil con espesores de 3 a 6 metros. La unidad VI subyace a la unidad II, llega hasta una profundidad de por lo menos 50 metros y se extiende a lo largo de todo el perfil. La unidad III se presenta solo en la parte oeste del perfil dentro de la unidad VI con un espesor de 8 a 10 metros y una profundidad de 45 metros aproximadamente (Figura 286).

Figura 282. Perfil Hidrogeológico- Chudal.

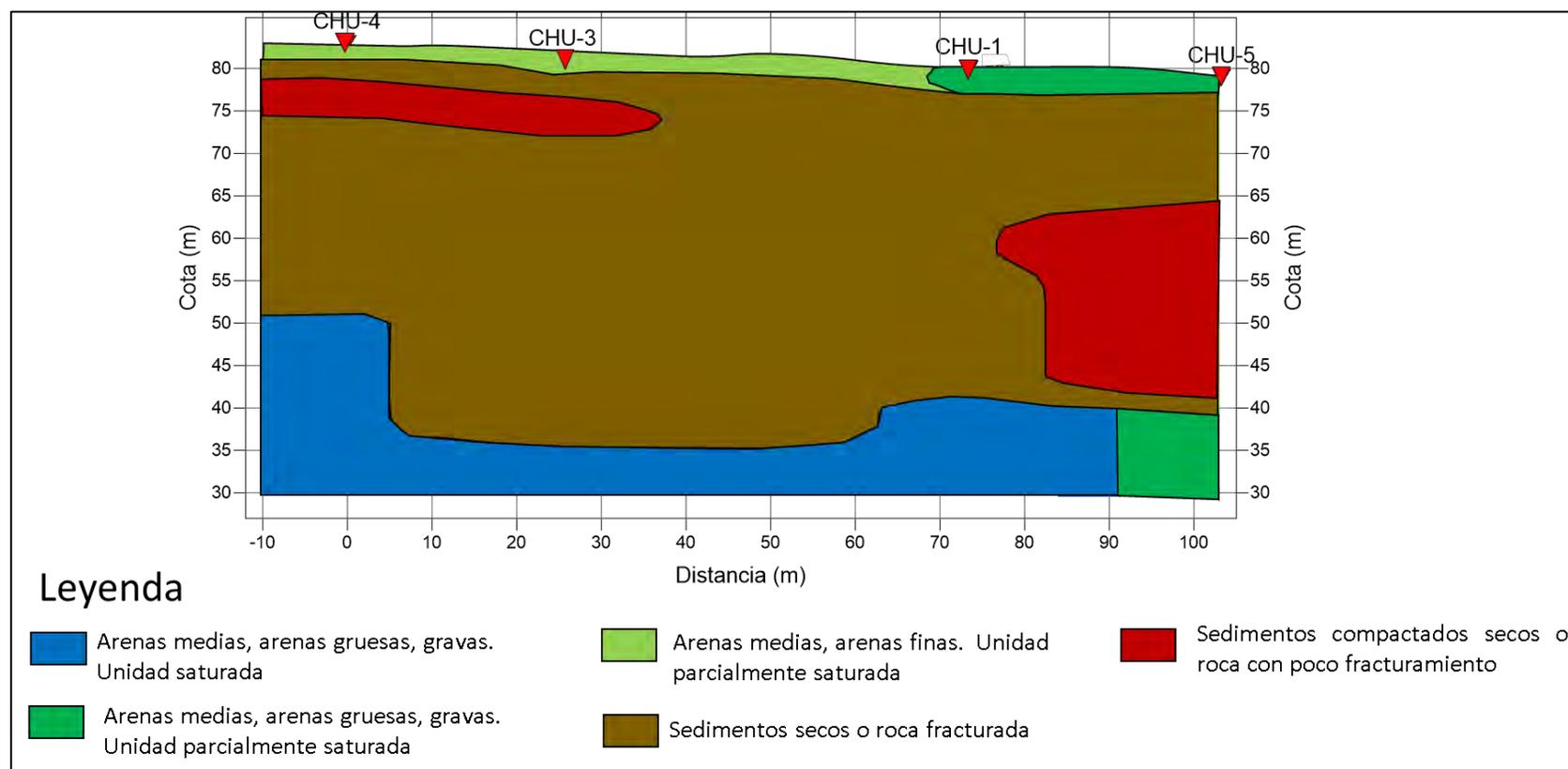


Figura 283. Perfil Hidrogeológico- Carrullanca.

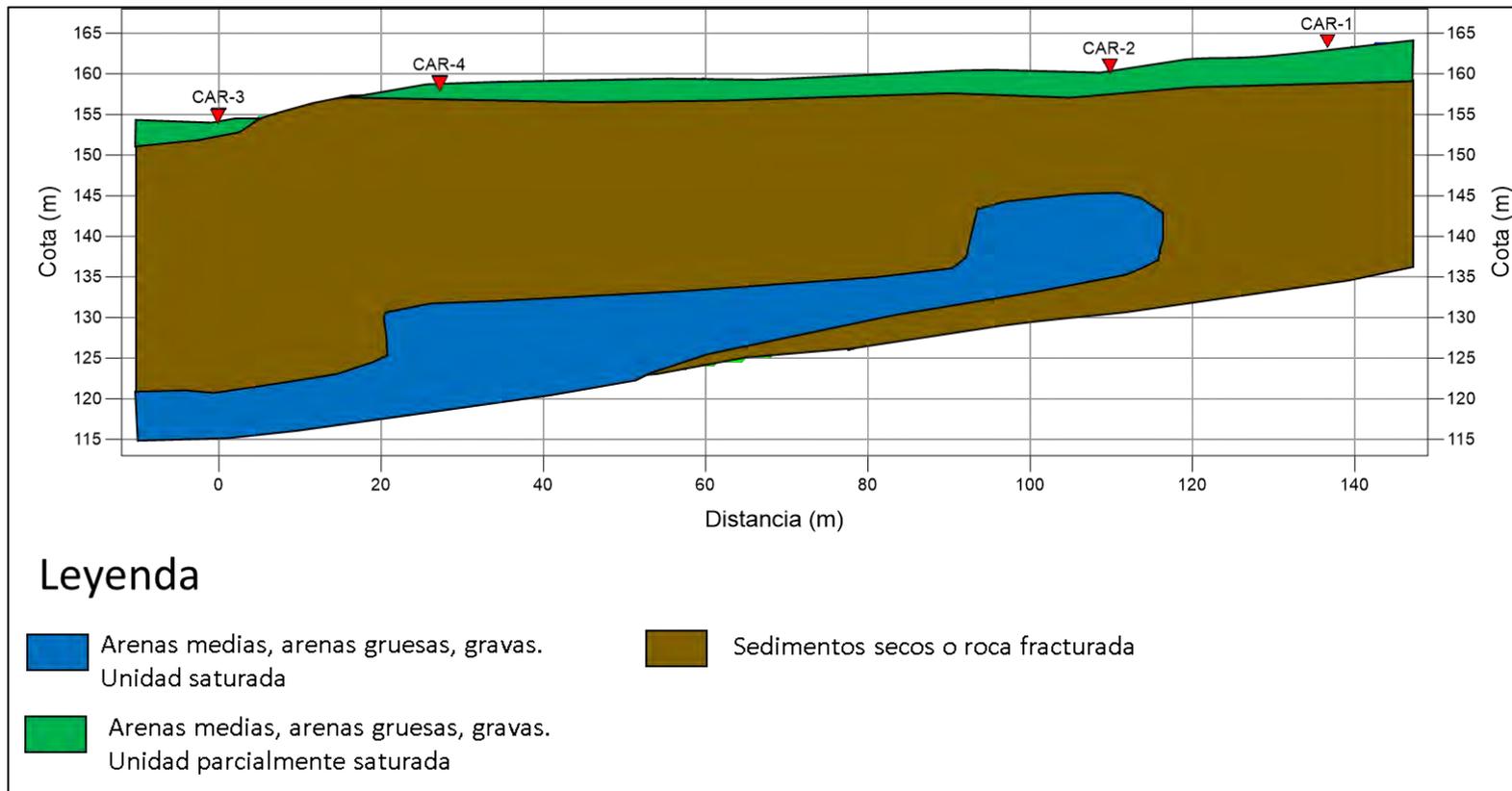


Figura 284. Perfil Hidrogeológico- Chudal 2.

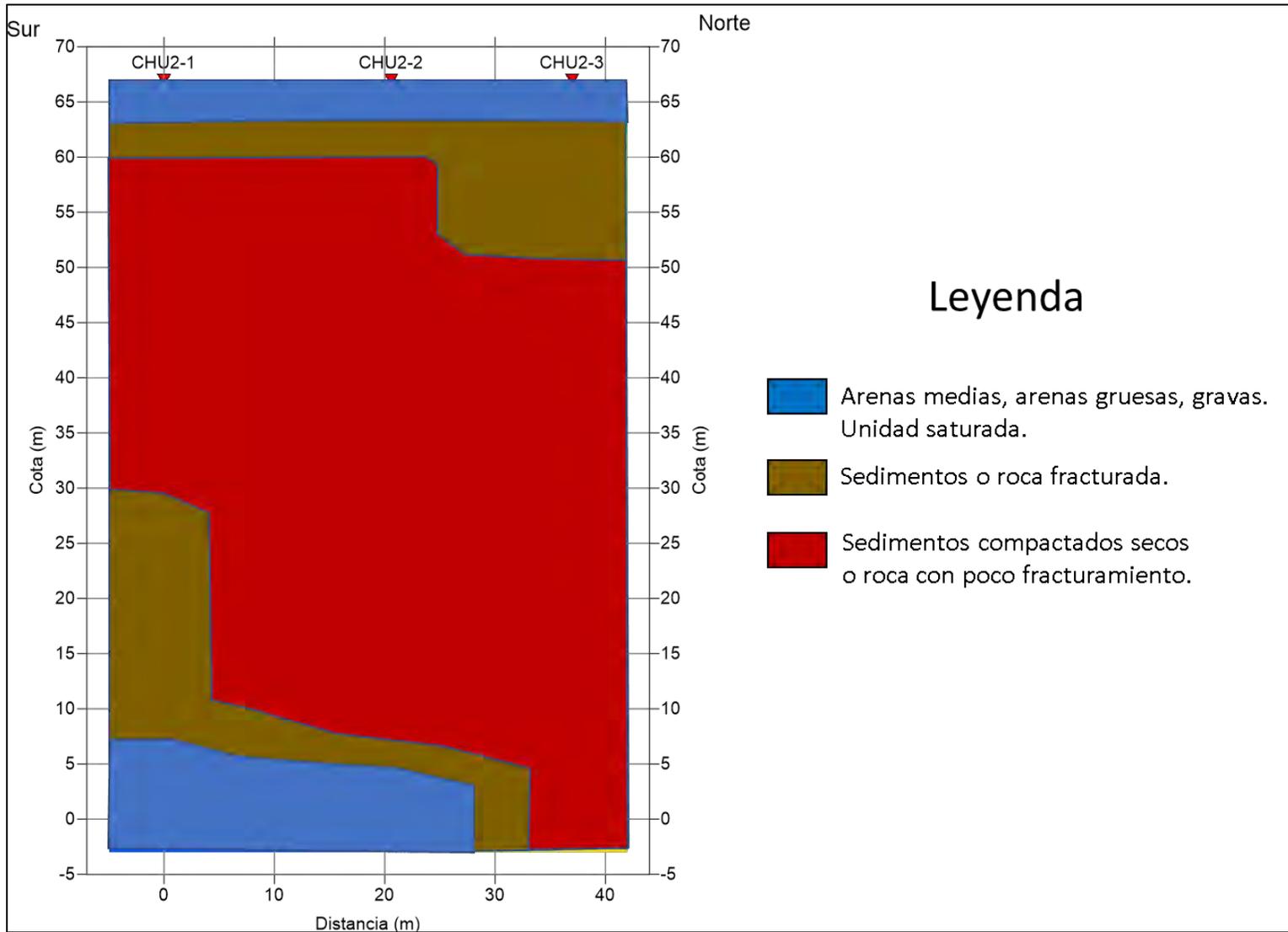


Figura 285. Perfil Hidrogeológico- Trancoyán.

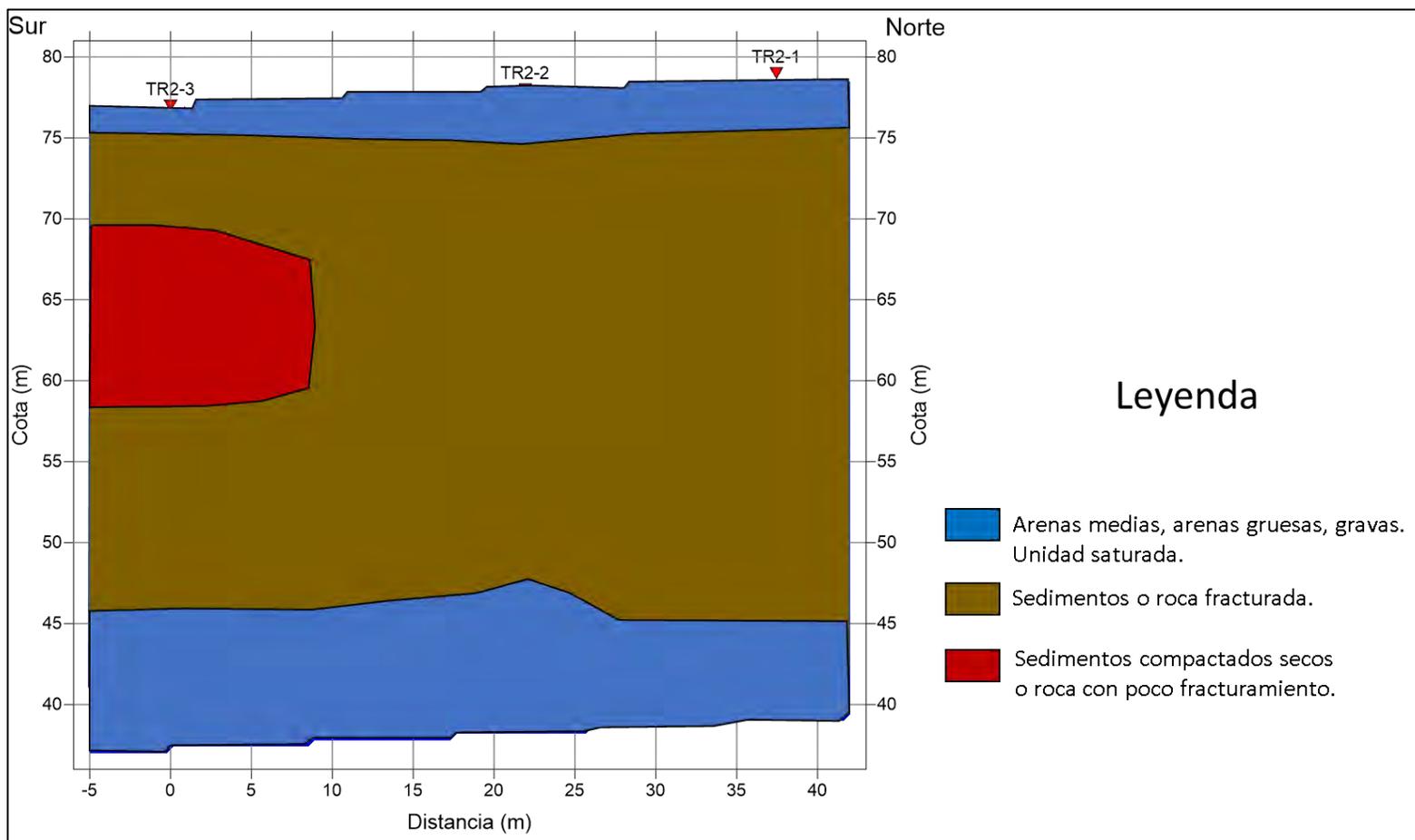
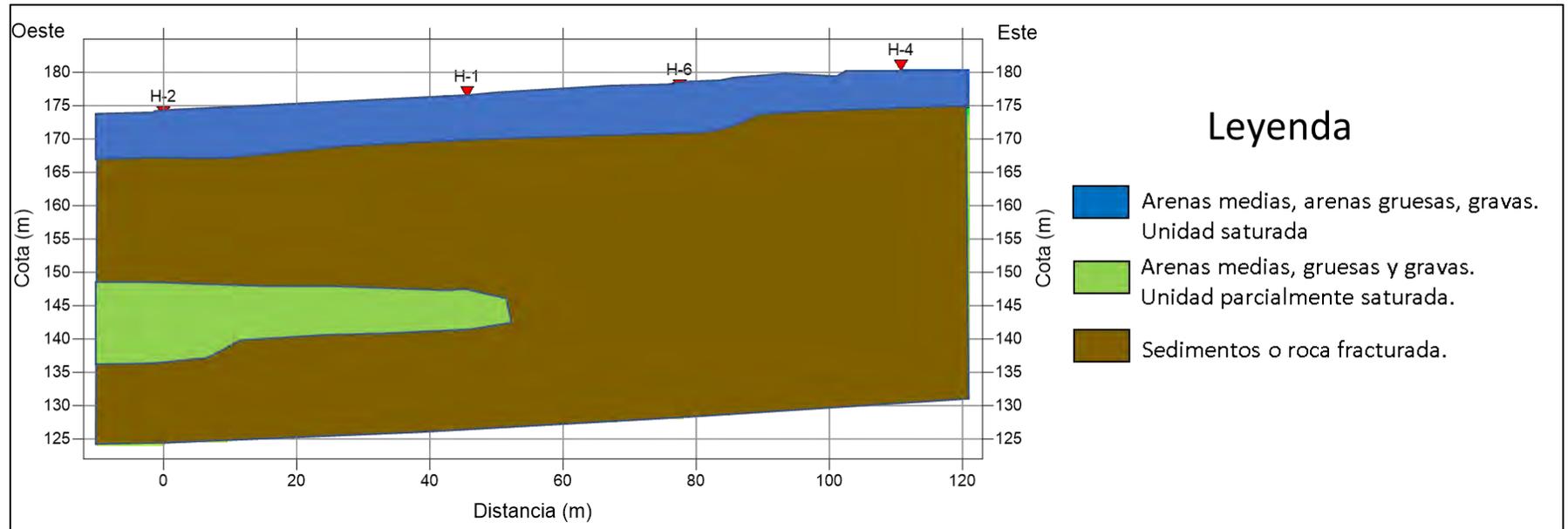


Figura 286. Perfil Hidrogeológico- Huacalemu.



5.1.3 Comuna Quillón

Los espesores reconocidos en los sectores se han incluido en la Tabla 26.

Tabla 26. Unidades Quillón.

Comuna	Sector	Unidad	Espesor
Quillón	El Culbén	Sedimentos o roca fracturada.	21-75m
		Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	10-30m
		Arenas y gravas. Unidad parcialmente saturada.	2-13m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	2-40m
		Sedimentos finos con presencia de arcillas. Unidad saturada	3-15m
	Chillancito 1	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	30-95m
		Sedimentos o roca fracturada.	10-25m
	Queime	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	15-28m
		Arenas medias, arenas finas. Unidad parcialmente saturada	1-2m
		Arenas y gravas. Unidad parcialmente saturada.	2-3m
		Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	2-3m
		Sedimentos o roca fracturada.	37-50m
	Los Cruceros 1	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	1-20m
		Arenas y gravas. Unidad parcialmente saturada.	2-3 m
		Sedimentos o roca fracturada.	14-32m
	Las Heras	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	3-4.5 m
		Sedimentos o roca fracturada.	7-30 m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	12-23 m
	Huenucheo	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	2-35 m
		Arenas y gravas. Unidad parcialmente saturada.	1-20 m
		Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	1- 22 m
		Sedimentos o roca fracturada.	43-57 m
	Peñablanca	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	7-14 m
Arenas y gravas. Unidad parcialmente saturada.		0.5-7 m	
Sedimentos o roca fracturada.		12-23 m	

Tabla 26. Unidades Quillón.

Comuna	Sector	Unidad	Espesor
Quillón		Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	1-7 m
	La Gloria	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	2-6 m
		Arenas y gravas. Unidad parcialmente saturada.	0.5-5 m
Sedimentos o roca fracturada.		8-12 m	

El perfil del sector El Culbén posee una orientación Oeste-Este y se compone de cinco unidades hidrogeológicas: I, II, III, IV y VI. La unidad II se dispone superficialmente con un espesor de aproximadamente 2 metros, además se observa a una profundidad de 5 metros al Este del perfil y con un espesor de 4 a 6 metros, también se presenta a una profundidad de 50 metros con espesores entre 30 y 35 metros. La unidad VI subyace a la unidad II superficial y se presenta a lo largo del perfil con espesores desde 21 a 75 metros. La unidad I se presenta al lado este del perfil a una profundidad de 80 metros con espesores de 30 a 35 metros. Las unidades III y IV se representan en una sola unidad debido a que son difíciles de diferenciar a partir de perfil geofísico, estas se presentan subyaciendo a la unidad VI a una profundidad 75 metros con un espesor entre 2 a 3 metros, (Figura 287).

El perfil de Los Cruceros posee una orientación NW-SE y se compone de tres unidades hidrogeológicas: II, IV y VI. La unidad II se presenta en delgada carpeta en superficie y en profundidad hacia el sur con mayor distribución, con potencias reconocidas de 20 m. La unidad VI se presenta continua hasta aproximadamente 70 m, no desarrollándose hacia el sur. La unidad IV se presenta como una delgada secuencia a partir de los 2 m aproximadamente (Figura 289).

El perfil del sector Queime posee una orientación norte-sur y se compone de seis unidades hidrogeológicas, que corresponden a las unidades II, III, IV, V y VI. La Unidad II se encuentra en profundidad a aproximadamente 40-50 m bajo el nivel del terreno, distribuyéndose homogéneamente y alcanzando espesores de 15-28 m. La Unidad III se encuentra en superficie en la parte sur del perfil, distribuyéndose homogéneamente y alcanzando espesores de 1-2 m. Subyaciéndola, aunque también aflorando en superficie en la parte central del perfil, se encuentra la Unidad IV, que también se distribuye homogéneamente y alcanza espesores de 2-3 m. Aflorando en superficie, también en la parte central del perfil, se encuentra la Unidad V, que alcanza espesores de 2-3 m. Subyaciendo a las anteriores unidades, aunque aflorando en la parte norte del perfil, se encuentra la Unidad VI, que alcanza espesores entre 37-50 m, (Figura 290).

El perfil del sector Las Heras posee una orientación noreste-sureste y se compone de tres unidades hidrogeológicas, que corresponden a las unidades II, VI y VII. La unidad II es la más superficial, y se distribuye, al igual que todas las unidades, a lo largo de todo el perfil. Posee una forma elongada, con espesores que van desde los 3 a 4.5 m. Debajo de esta se encuentra la unidad VI, la cual se repite en profundidad. En su tramo más somero, el extremo suroeste posee un espesor mayor, de 30 m, y en el noreste de 7 m. En el tramo más profundo, presenta menos variaciones en su espesor, el cual va de los 10 a 20 m. La unidad VII, se ubica entre los dos tramos de la unidad VI. Su espesor varía entre 12 y 23 m, (Figura 291).

El perfil del sector Huenucheo posee una orientación NW-SE y se compone de cinco unidades hidrogeológicas: II, III, IV, V y VI. La unidad VI subyace a la unidad II superficial a una profundidad de 3 a 5 metros y espesores de 43 a 57 metros. La unidad V subyace a la unidad VI y se dispone a lo largo de todo el perfil de 45 a 60 metros de profundidad y posee espesores de 1 a 22 metros. Las unidades III y IV se representan en una sola unidad debido a que son difíciles de diferenciar a partir del perfil geofísico, estas se presentan bajo la unidad V, se presenta a lo largo de todo el perfil con espesores entre 1 a 20 metros. La unidad II se presenta superficialmente y a 80 metros de profundidad, la unidad posee espesores de 2 a 3 metros en superficie y de al menos 35 metros en profundidad, (Figura 292).

El perfil del sector Peñablanca posee una orientación NS y se compone de cuatro unidades hidrogeológicas: II, IV, V y VI, distribuyéndose esta última a nivel superficial con espesores que van desde 13 m a 23 m aproximadamente. La unidad V se distribuye homogéneamente de norte a sur con una delgada capa de aproximadamente 1 m de espesor, con un máximo puntual de casi 18 m hacia el sector norte. Las unidades II y IV subyacen a la secuencia V, distribuyéndose la unidad II hacia el sur, mientras que la unidad IV se expone hacia el norte, con espesores que varían entre 7 a 13 m aproximadamente (Figura 293).

El perfil Hidrogeológico de La Gloria de dirección SW-NE incluye tres unidades II, IV y VI, siendo esta última la de mayor exposición con potencias medias del orden de 10 m. Esta unidad se encuentra acotada por su techo y base por un horizonte delgado de aproximadamente 1 m de la unidad IV. La unidad II se distribuye superficialmente con espesores promedio de 2 m y en profundidad a partir de los 14 m, (Figura 294).

Figura 287. Perfil Hidrogeológico- El Culbén.

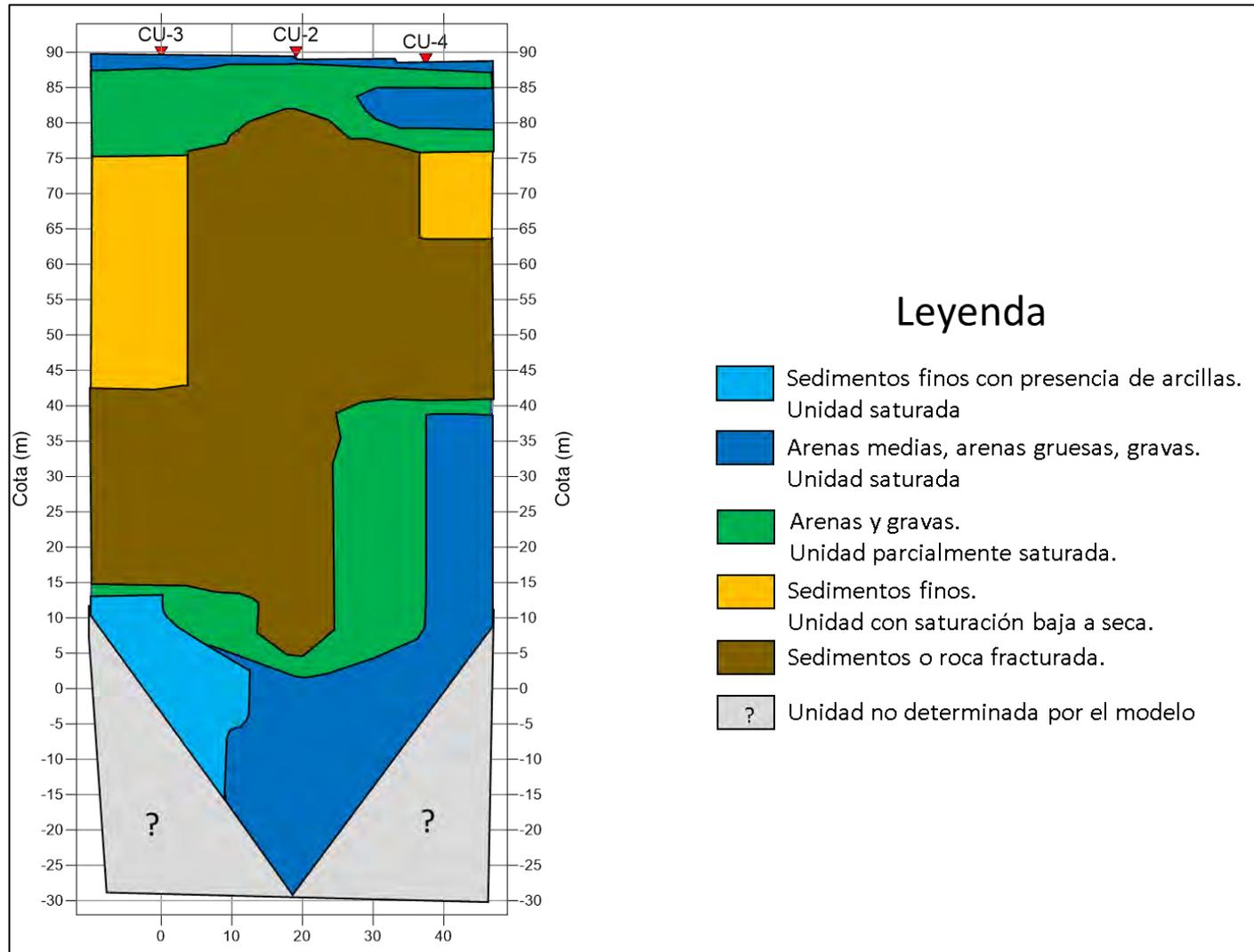


Figura 288. Perfil Hidrogeológico- Chillancito.

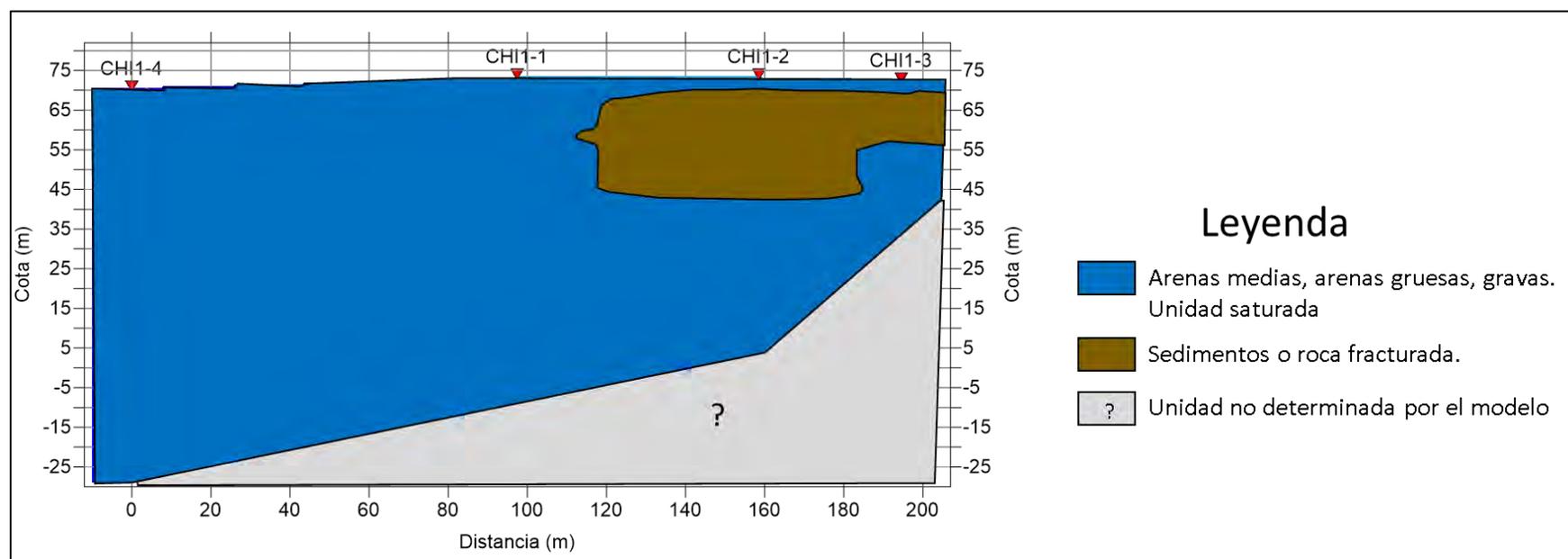


Figura 289. Perfil Hidrogeológico- Los Cruceos.

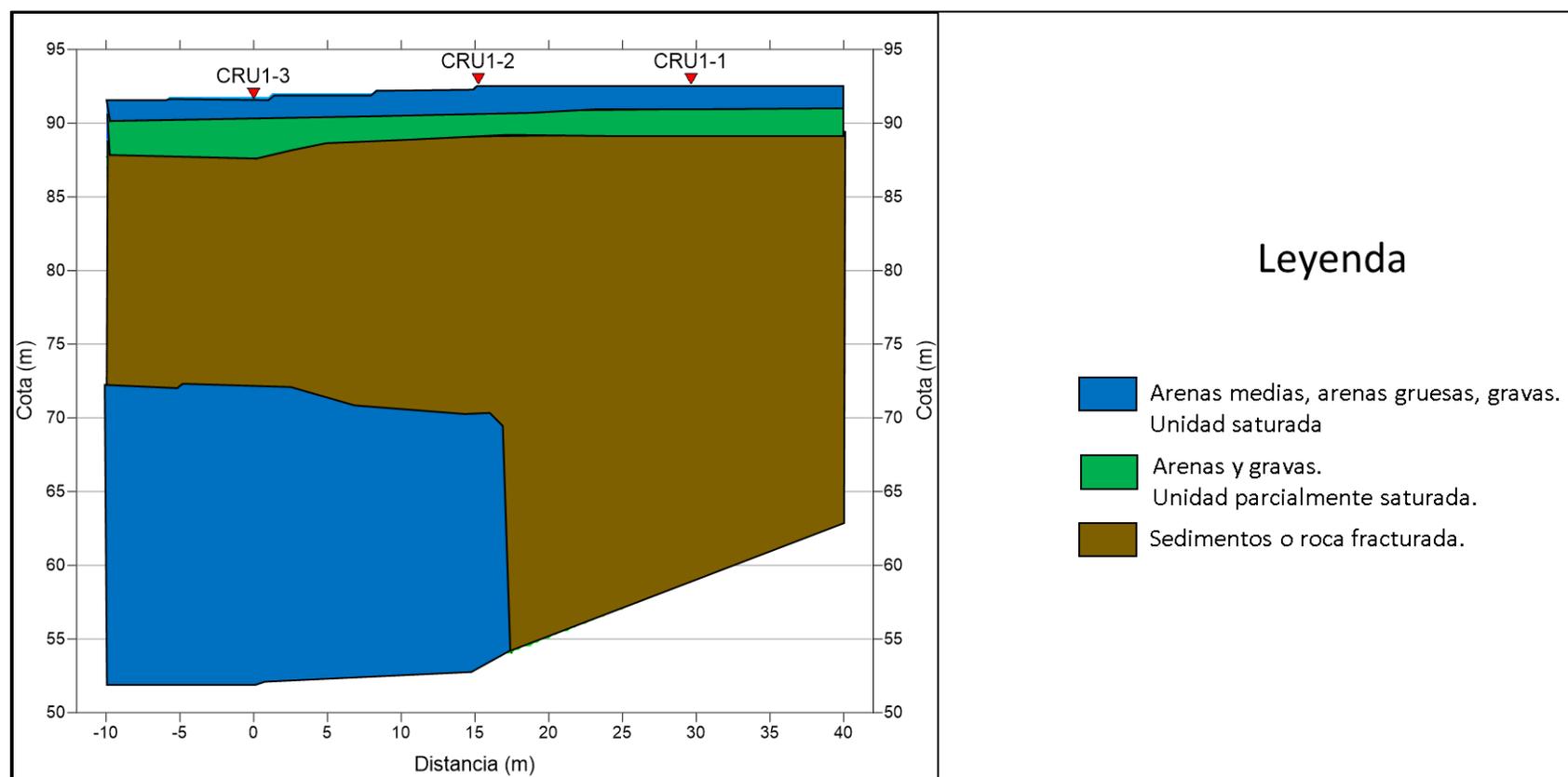
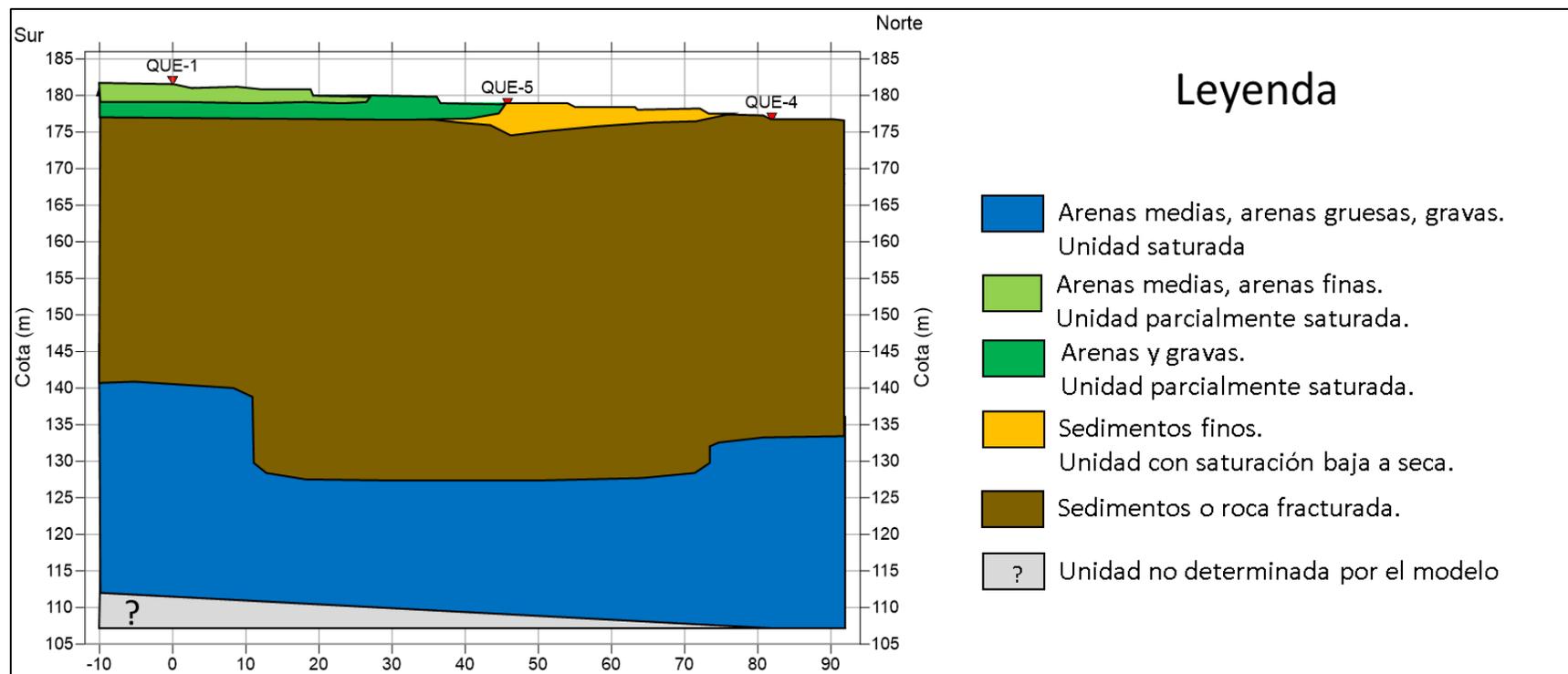


Figura 290. Perfil Hidrogeológico- Queime.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 291. Perfil Hidrogeológico- Las Heras.

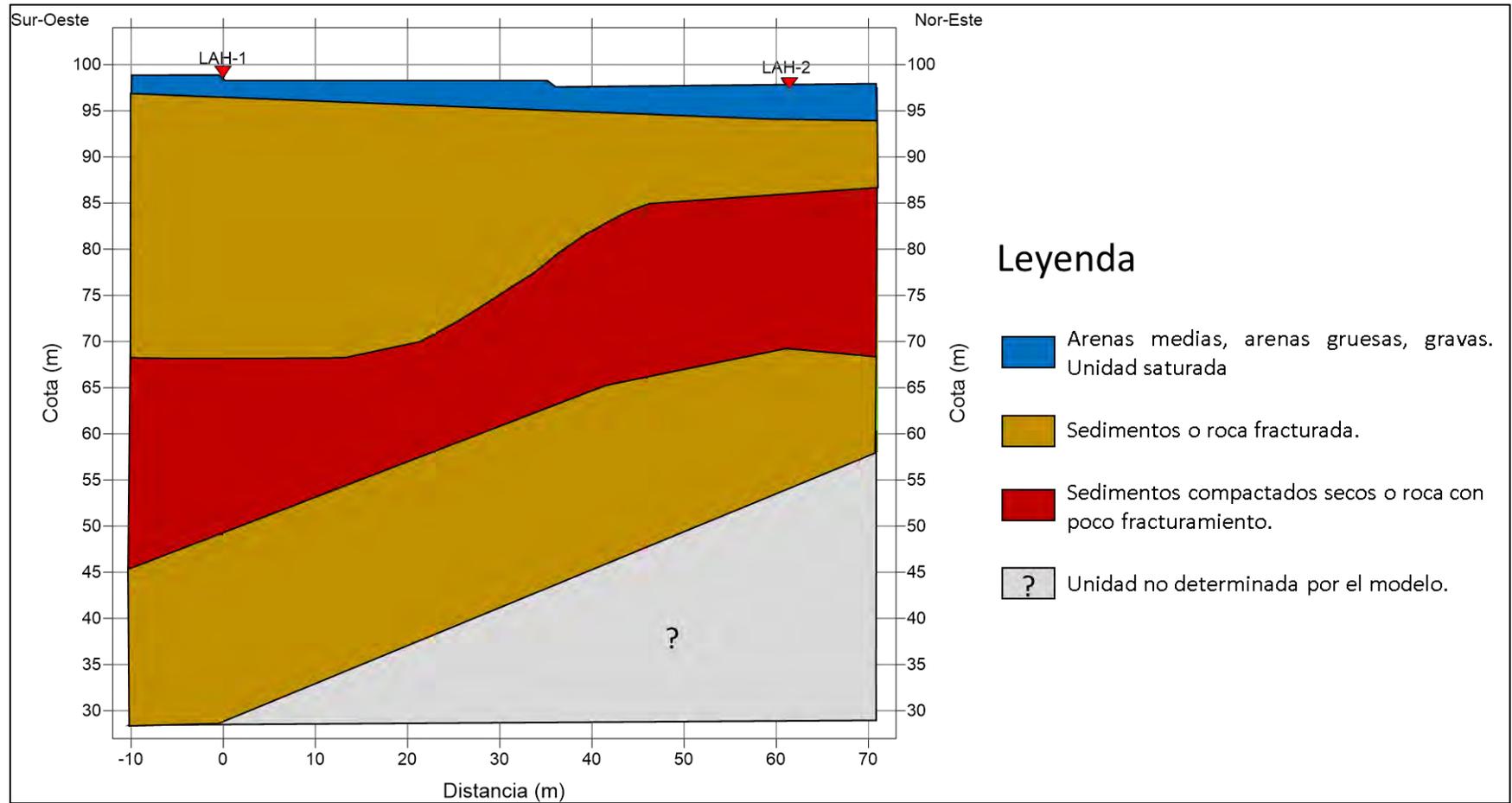


Figura 292. Perfil Hidrogeológico- Huenucheo.

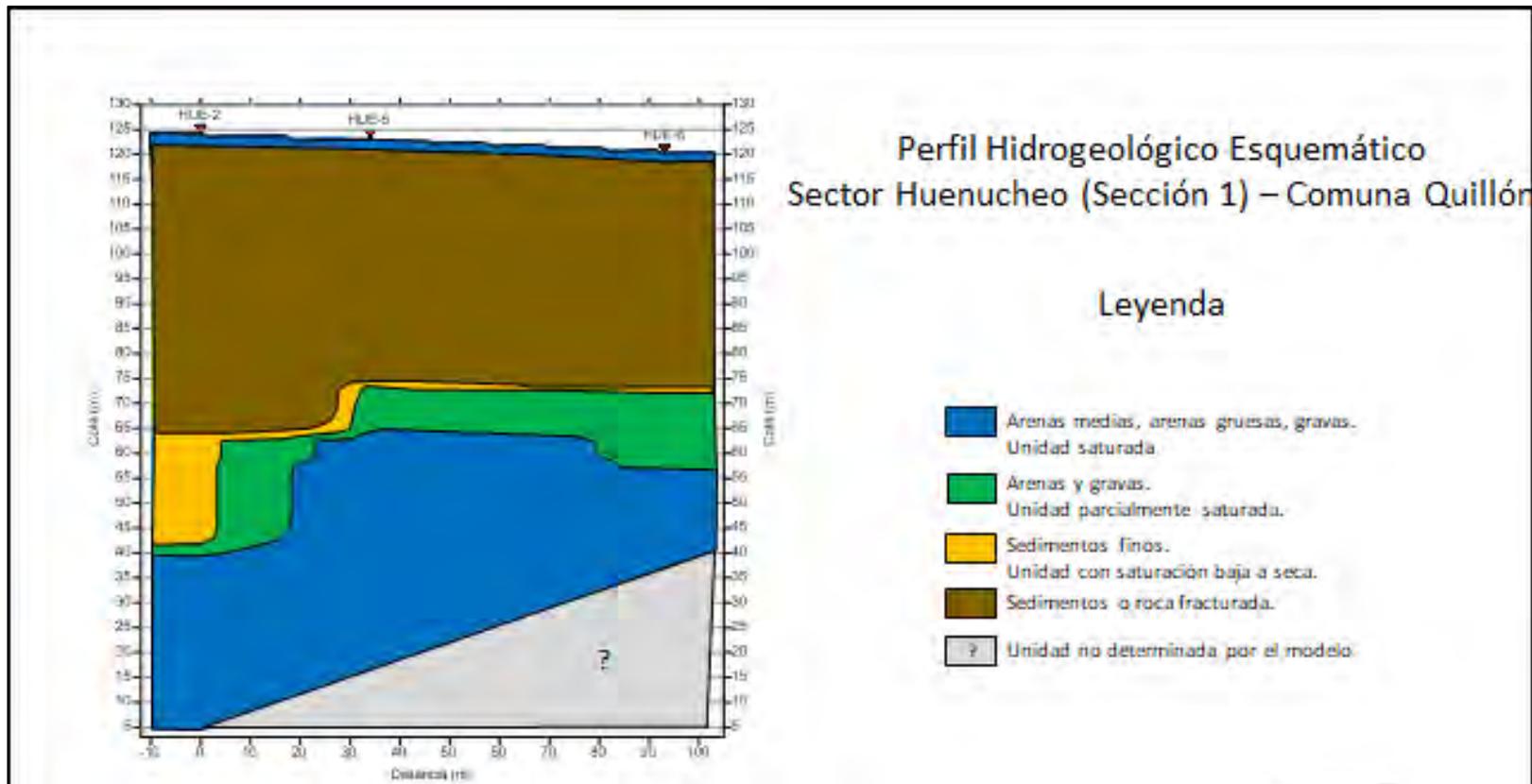


Figura 293. Perfil Hidrogeológico- Peñablanca.

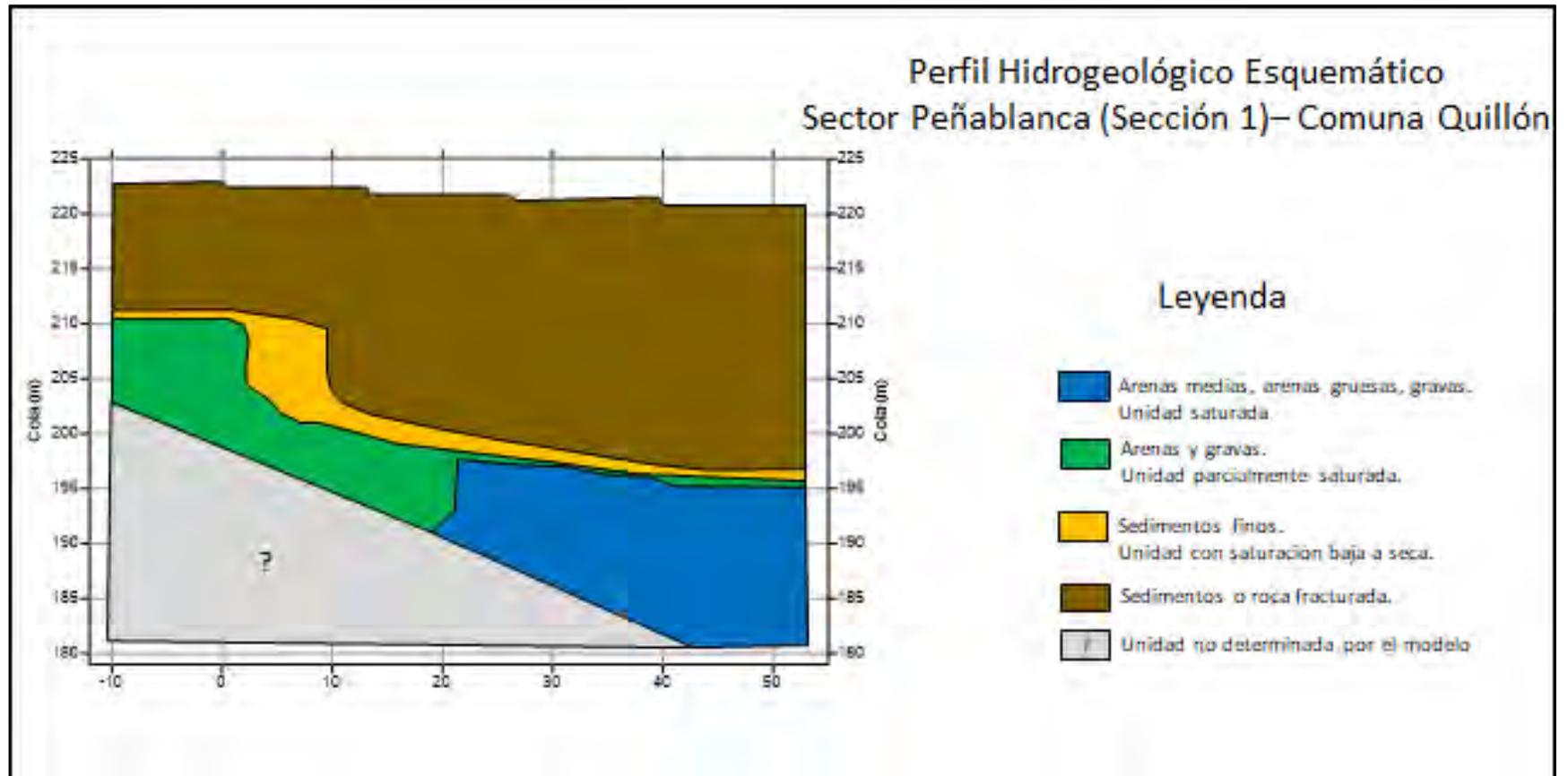
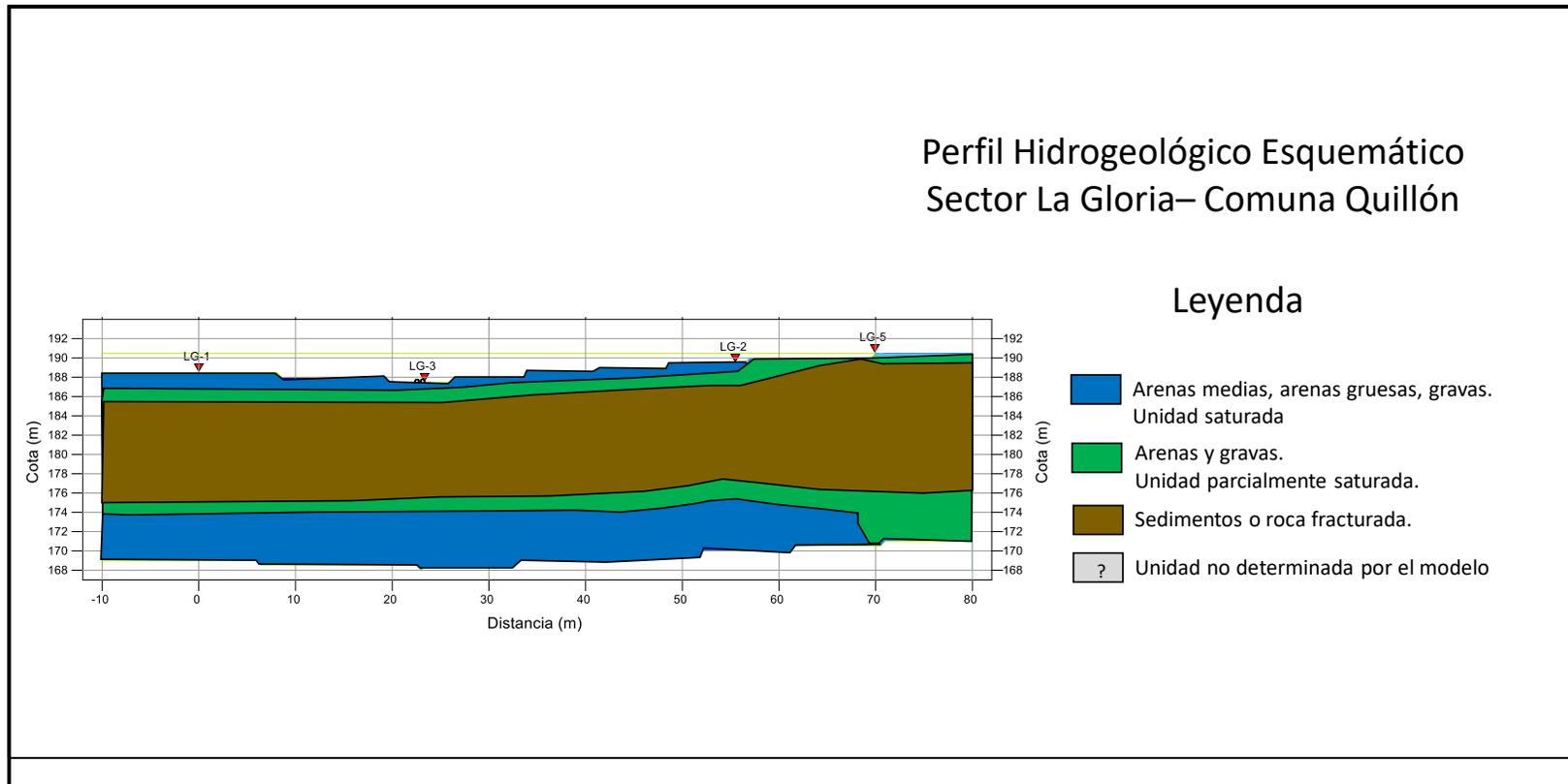


Figura 294. Perfil Hidrogeológico- La Gloria.



5.1.4 Comuna Quirihue:

Los espesores reconocidos en los sectores se han incluido en la Tabla 27

Tabla 27. Unidades Quirihue.

Comuna	Sector	Unidad	Espesor
Quirihue	Calquín	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	0-3 m
		Sedimentos o roca fracturada.	4-20 m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	15-65 m
	La Horca	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	0-1,4m
		Arenas medias, arenas finas. Unidad parcialmente saturada	1-18m
		Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	2-25m
		Sedimentos o roca fracturada.	8-67m
	Pachagua	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	5-8m
		Arenas y gravas. Unidad parcialmente saturada.	1-2m
		Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	2-8m
		Sedimentos o roca fracturada.	6-40m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	30-36m
	La Feria	Arenas medias, arenas finas. Unidad parcialmente saturada	1-4 m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad parcialmente saturada	1-2 m
		Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	3-20 m
		Sedimentos o roca fracturada.	3-15 m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	4-10 m

El perfil del sector Calquín posee una orientación SW-NE y se compone de tres unidades hidrogeológicas: II, VI y VII. La unidad II se presenta superficialmente con espesores de 3 metros al Suroeste del perfil para desaparecer en el extremo Noreste. Subyaciendo la unidad II se presenta la unidad VI a lo largo de todo el perfil a una profundidad de 5 metros y con espesores de 4 a 20 metros. La unidad VII se presenta subyaciendo la unidad VI a una profundidad de 7 a 23 metros y con espesores de 15 a 65 metros (Figura 295).

El perfil del sector La Feria posee una orientación Norte - Sur y se compone de cinco unidades hidrogeológicas: II, III, IV, V y VI. La unidad IV se presenta en superficie a lo largo del perfil y rodeando a la unidad III con espesores de 1 a 4 metros. La unidad III se observa a 2 metros de

profundidad con espesores de 1 a 2 metros y rodeando a la unidad II. La unidad II se encuentra en la parte Norte del perfil a una profundidad de 3 metros y espesores de 4 a 10 metros. La unidad V subyace a la unidad IV a una profundidad de 4 metros al sur del perfil y a una profundidad de 10 metros al norte de este, sus espesores varían entre 3 y 20 metros. La unidad VI subyace a la unidad V a una profundidad de 6 a 7 metros al sur y 20 metros al norte con espesores de 3 a 15 metros (Figura 296).

El perfil del sector La Horca posee una orientación norte-sur y se compone de cuatro unidades hidrogeológicas, que corresponden a las unidades II, III, V y VI. La Unidad II se encuentra en superficie en el extremo sur del perfil, distribuyéndose homogéneamente con espesores entre 0 y 1,4 m. La Unidad III se encuentra también en superficie y bajo la Unidad II, distribuyéndose homogéneamente como capa y con espesores que varían entre 1 y 2 m. Sin embargo, también se encuentra en subsuperficie a 30 m de profundidad en el extremo norte del perfil, con espesores que varían entre 17 y 18 m. La Unidad V se ubica en subsuperficie a 8 m de profundidad con espesores que varían entre 2 y 25 m. Por último, la Unidad VI se ubica en subsuperficie en forma homogénea, a 1-2 m de profundidad con espesores que varían entre 8 y 67 m (Figura 297).

El perfil del sector de Pachagua posee una orientación norte-sur y se compone de cinco unidades hidrogeológicas, que corresponden a las unidades II, IV, V, VI y VII. La Unidad II se encuentra en profundidad, en forma aislada, a 17 m de profundidad y con espesores que varían entre 5 y 8 m. La Unidad IV se encuentra en superficie, en la zona norte del perfil, con espesores que varían entre 1 y 2 m. La Unidad V se encuentra en subsuperficie, a 10 m de profundidad, en la zona sur del perfil, con espesores que varían entre 2 y 8 m. La Unidad VI se encuentra en superficie y también subyaciendo a la Unidad IV, a lo largo de todo del perfil, con espesores que varían entre 6 y 40 m. La Unidad VII se encuentra en subsuperficie a 5-8 m de profundidad, en la zona norte del perfil, con espesores que varían entre 30 y 36 m, (Figura 298).

Figura 295. Perfil Hidrogeológico- Calquín.

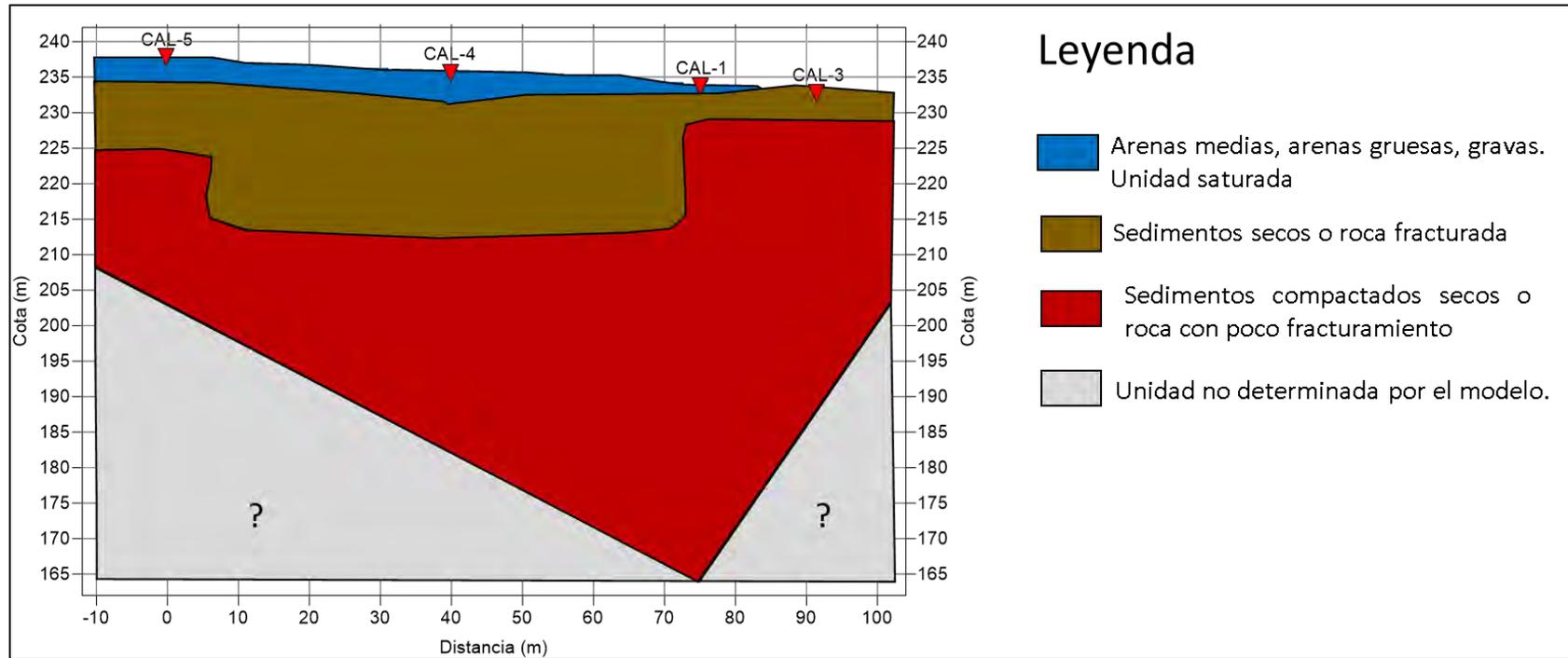


Figura 296. Perfil Hidrogeológico- La Feria.

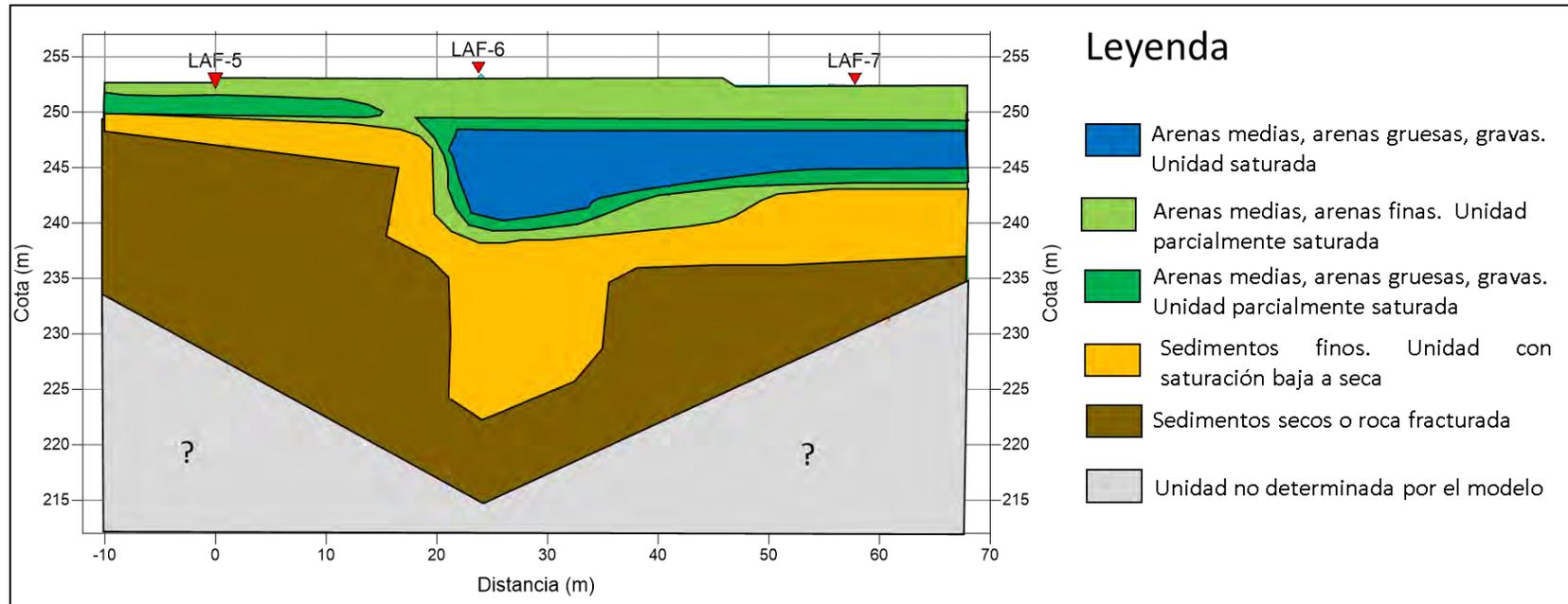


Figura 297. Perfil Hidrogeológico- La Horca.

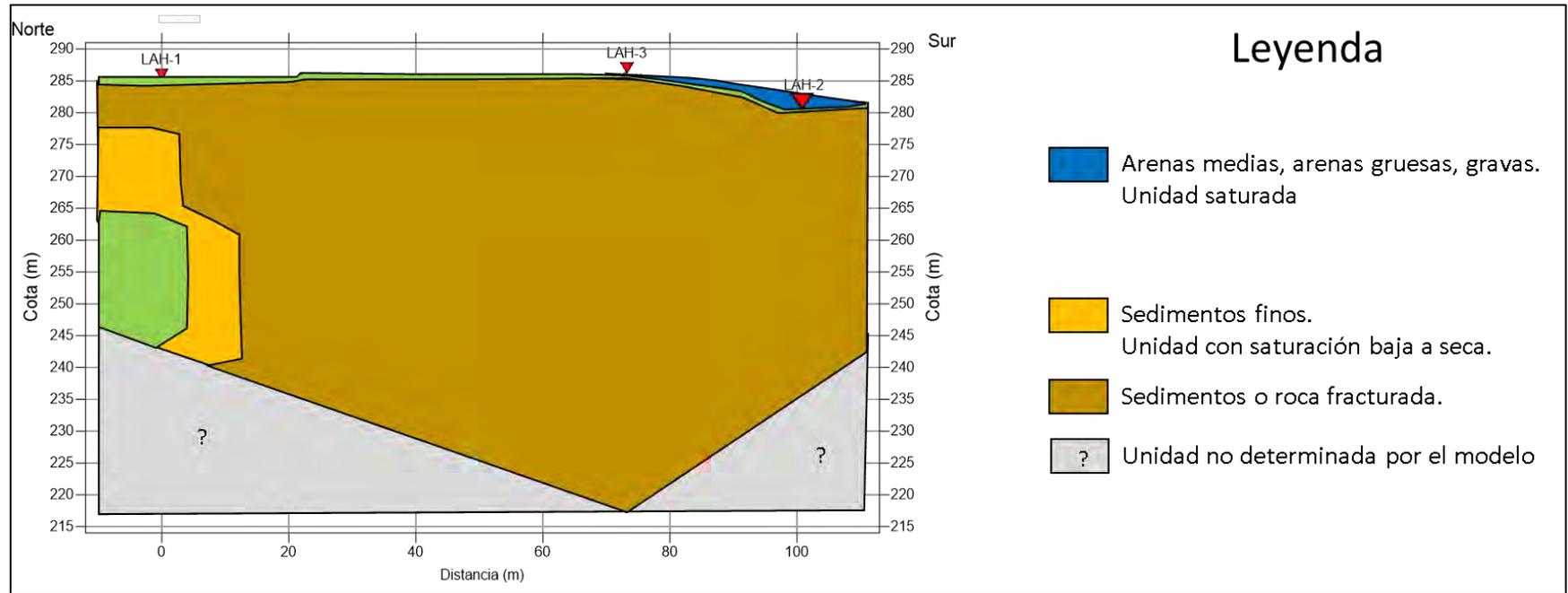
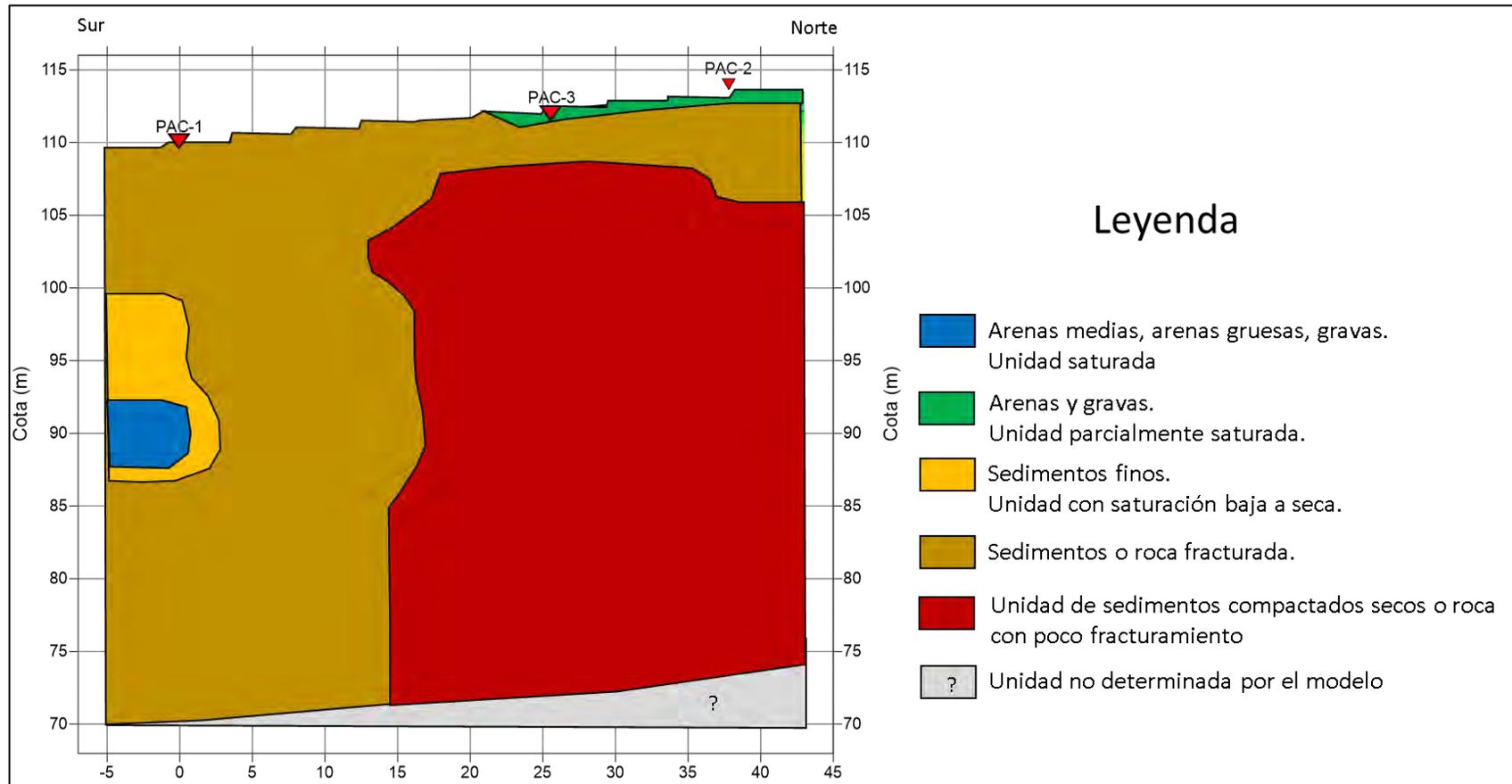


Figura 298. Perfil Hidrogeológico- Pachagua.



5.1.5 Comuna Ránquil:

Los espesores reconocidos en los sectores se han incluido en la Tabla 28.

Tabla 28. Unidades Ránquil.

Comuna	Sector	Unidad	Espesor
Ránquil	Viviendas Tuteladas	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	10- 50m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad parcialmente saturada	1-20 m
		Sedimentos o roca fracturada.	3-48 m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	10-42 m
	Lomas Coloradas	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	1-3m
		Arenas y gravas. Unidad parcialmente saturada.	1-2m
		Sedimentos o roca fracturada.	5-20m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	20-70m
	Checura	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad parcialmente saturada	1-3m
		Sedimentos o roca fracturada.	5-12m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	25-63m
	Rahuil	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	diseminado
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad parcialmente saturada	2-5 m
		Sedimentos o roca fracturada.	2- 5 m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	60-65 m

El perfil del sector Viviendas Tuteladas posee una orientación NW-SE y se compone de cinco unidades hidrogeológicas: II, III, IV, VI Y VII. La unidad II se presenta a una profundidad de 60 metros con espesores desde 10 a 50 metros. La unidad VII se dispone horizontalmente a lo largo de todo el perfil a una profundidad de 7 metros y espesores de 10 a 42 metros. Sobre y bajo la unidad anterior se presenta la unidad VI con espesores de 3 a 48 metros. Las unidades III y IV se representan en una sola unidad debido a que son difíciles de diferenciar a partir de perfil geofísico, estas se presentan superficialmente y sobre la unidad II con espesores de 1 a 20 metros, (Figura 299).

El perfil del sector Rahuil posee una orientación NW - SE y se compone de cinco unidades hidrogeológicas: II, III, IV, VI y VII. Las unidades III y IV se representan en una sola unidad debido a que son difíciles de diferenciar a partir de perfil geofísico, estas se presentan superficialmente con espesores de 2 a 5 metros. La unidad II se observa contenida por las unidades III y IV, de 1 metro

de espesor y restringida a RA-2. La unidad VI subyace a las unidades III y IV y se presenta a 3-5 metros de profundidad con espesores de 2 a 5 metros. La unidad VII subyace la unidad anterior a una profundidad de 7 a 8 metros y se extiende a lo largo de todo el perfil con espesores de por lo menos 60 metros (Figura 300).

El perfil del sector de Lomas Coloradas posee una orientación norte-sur y se compone de cuatro unidades hidrogeológicas, II, IV, VI y VII. Es importante notar que, en este caso, la unidad IV incluye también a la unidad III, esto debido a la cercanía que presentaban sus valores de resistividad. La unidad IV, es la más somera y se encuentra de manera elongada, en todo el tramo del perfil, con espesores que varían entre 1 y 2 m. La unidad II se encuentra en profundidad, debajo de la anterior, con la misma disposición, y espesores entre 1 y 3 m. La unidad VI, se encuentra debajo de la unidad II, a lo largo de todo el perfil. Su extremo sur es considerablemente más ancho, alcanzando 20 m, y su extremo norte 5 m. Finalmente, se tiene la unidad VII, la cual también cubre toda la traza del perfil, y posee espesores variables entre 20 y 70 m (Figura 301).

El perfil del sector Checura posee una orientación noroeste-sureste y se compone de tres unidades hidrogeológicas, que corresponden a las unidades III, VI y VII. La unidad III es la más superficial, corresponde a una franja elongada, que atraviesa todo el perfil y posee espesores entre 1 y 3 m. La unidad VI se encuentra debajo de la anterior, posee una forma elongada y se acuña hacia el noroeste. Esta unidad también posee una porción inmersa en la unidad VII, en el centro del perfil y de forma elongada. El espesor de esta unidad varía entre 5 y 12 m. Finalmente, se tiene la unidad VII, la cual cubre todo el tramo del perfil y posee espesores entre 25 y 63 m (Figura 302).

Figura 299. Perfil Hidrogeológico- Viviendas tuteladas.

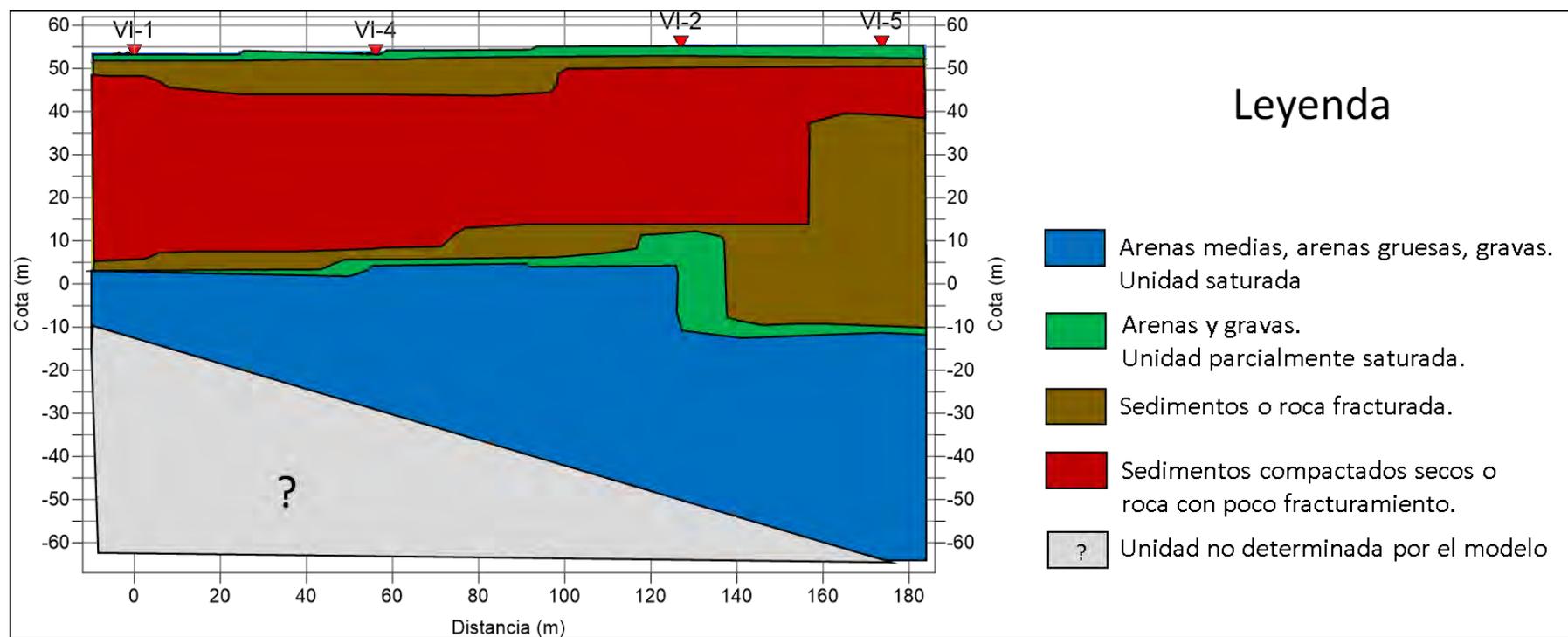


Figura 300. Perfil Hidrogeológico- Rahuil.

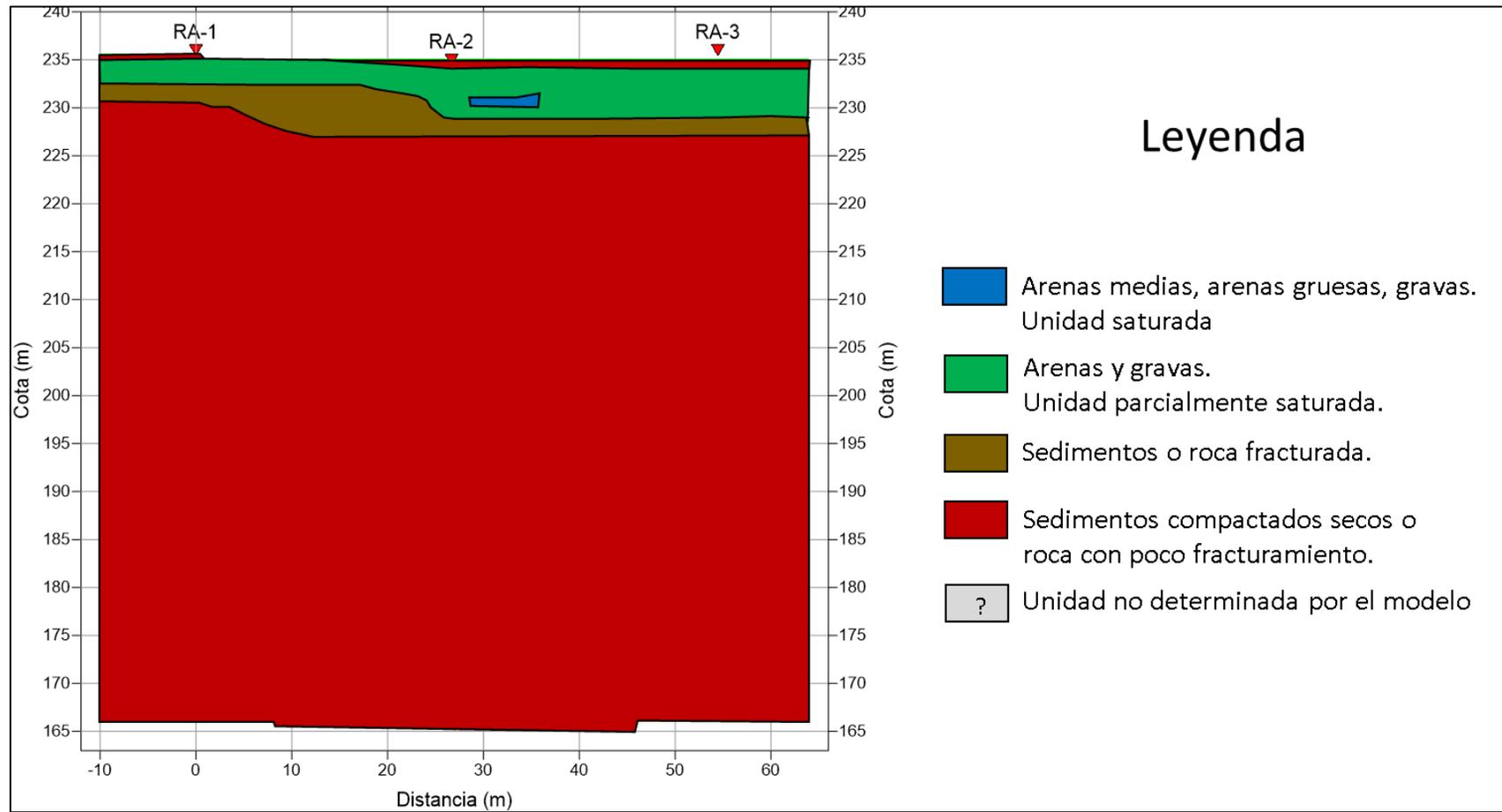


Figura 301. Perfil Hidrogeológico- Lomas Coloradas.

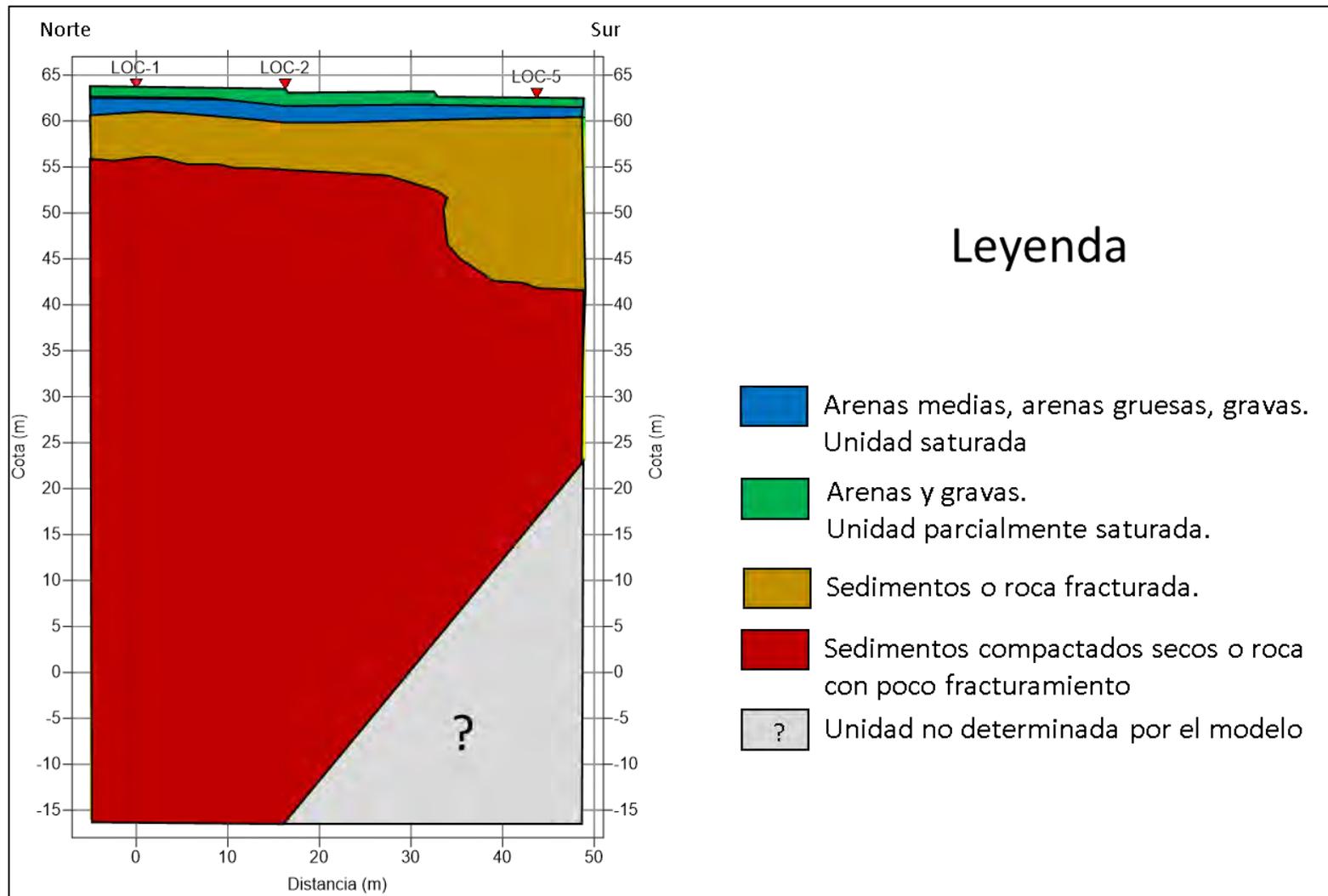
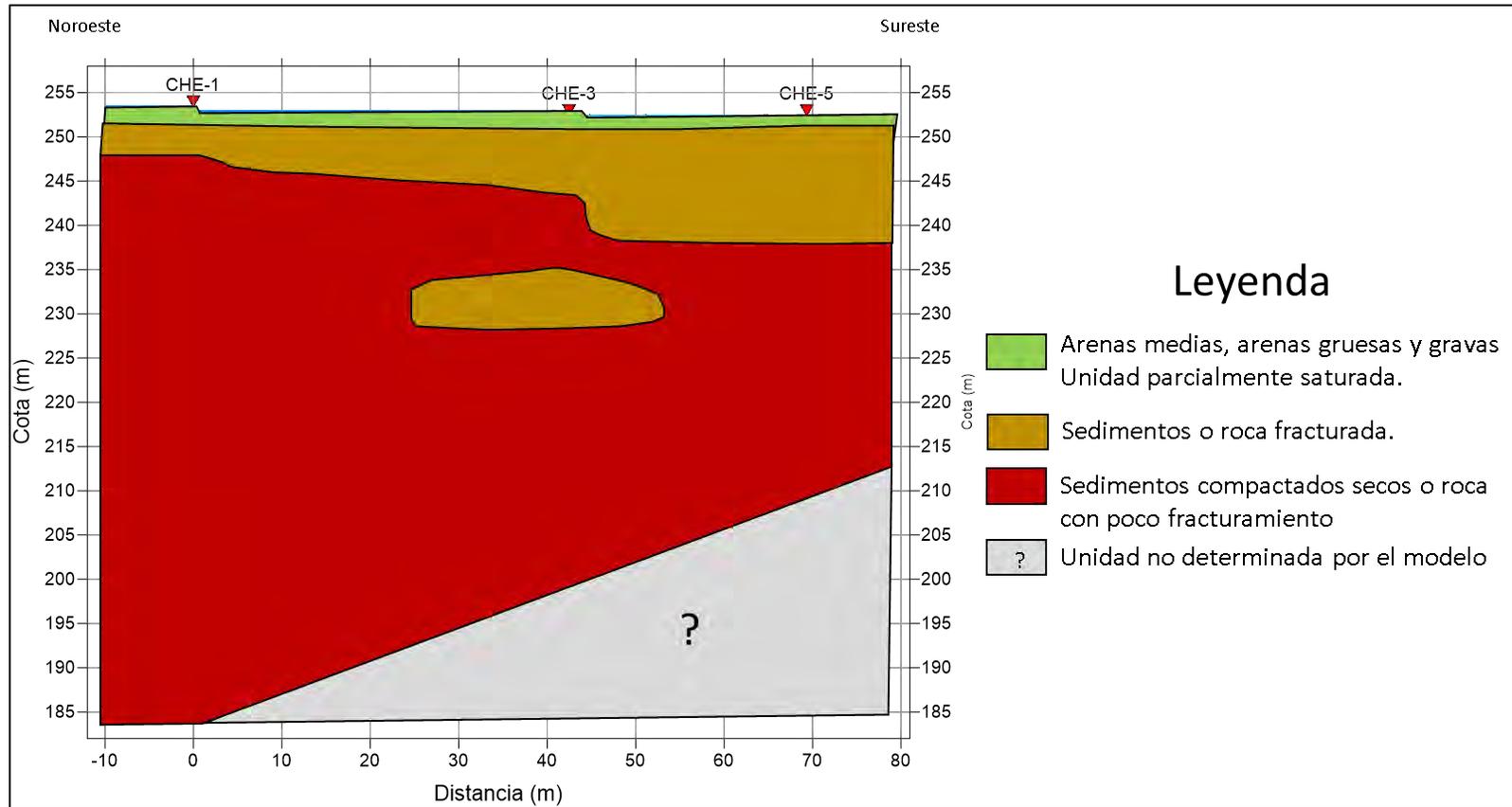


Figura 302. Perfil Hidrogeológico- Checura.



5.1.6 Comuna San Nicolás

Los espesores reconocidos en los sectores se han incluido en la Tabla 29.

Tabla 29. Unidades San Nicolás.

Comuna	Sector	Unidad	Espesor
San Nicolás	Copín	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	5-75m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad parcialmente saturada	1-30m
		Sedimentos o roca fracturada.	2-35m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	10-25m
	La Maravilla	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	1-2 m
		Sedimentos o roca fracturada.	3-25 m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	5-65 m
	Vidico	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad parcialmente saturada	2-3 m
		Sedimentos o roca fracturada.	4-6 m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	61-64 m
	Huampuli	Sedimentos o roca fracturada.	10-15m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad parcialmente saturada	10-40m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	23-35m

El perfil del sector Coipín posee una orientación Este - Oeste y se compone de cinco unidades hidrogeológicas: II, III, IV, VI Y VII. La unidad II se presenta superficialmente y a una profundidad de 45 metros a lo largo del perfil con espesores de 5 metros superficialmente y 25 a 75 metros en profundidad. La unidad VII se dispone horizontalmente a lo largo de gran parte del perfil a una profundidad de 30 metros y espesores de 10 a 25 metros. Conteniendo esta unidad se presenta la unidad VI con espesores de 20 a 35 metros. Las unidades III y IV se representan en una sola unidad debido a que son difíciles de diferenciar a partir de perfil geofísico, estas se presentan sobre y bajo la unidad VI con espesores de 1 a 30 metros, (Figura 303).

El perfil del sector Huampuli posee una orientación NW-SE y se compone de cuatro unidades hidrogeológicas: II, III, IV y VI. La unidad II se presenta en superficie y profundidad a lo largo de todo el perfil con espesores que varían entre 30 y 95 metros. Las unidades III y IV se representan en una sola unidad debido a que son difíciles de diferenciar a partir de perfil geofísico, estas se presentan con un espesor de 10 metros en la parte sureste del perfil y con un espesor de 40 metros

en la parte noroeste. La unidad VI se presenta solo en el sector noroeste del perfil con un espesor de 10 a 15 metros, (Figura 304).

El perfil del sector de La Maravilla posee una orientación noreste-suroeste y se compone de tres unidades hidrogeológicas, que corresponden a las unidades II, VI y VII. La Unidad II se ubica en superficie a lo largo de todo el perfil, con espesores que varían entre 1 y 2 m. La Unidad VI se encuentra subyaciendo a la Unidad II a lo largo de todo el perfil, sus espesores varían de 3 m en los extremos del perfil a 25 m en la parte central de este. La Unidad VII subyace a la Unidad VI a lo largo de todo el perfil y sus espesores varían entre 5 y 65 m, (Figura 305).

El perfil del sector de Vidico posee una orientación norte-sur y se compone de tres unidades hidrogeológicas, que corresponden a las unidades IV, VI y VII. La Unidad IV se ubica en superficie a lo largo de todo el perfil, con espesores que varían entre 2 y 3 m. La Unidad VI subyace a la Unidad IV a lo largo de todo el perfil, con espesores que varían entre 4 y 6 m. Por último, la Unidad VII subyace a la Unidad VI a lo largo de todo el perfil, con espesores que varían entre 61 y 64 m, (Figura 306).

Figura 303. Perfil Hidrogeológico- Coipín.

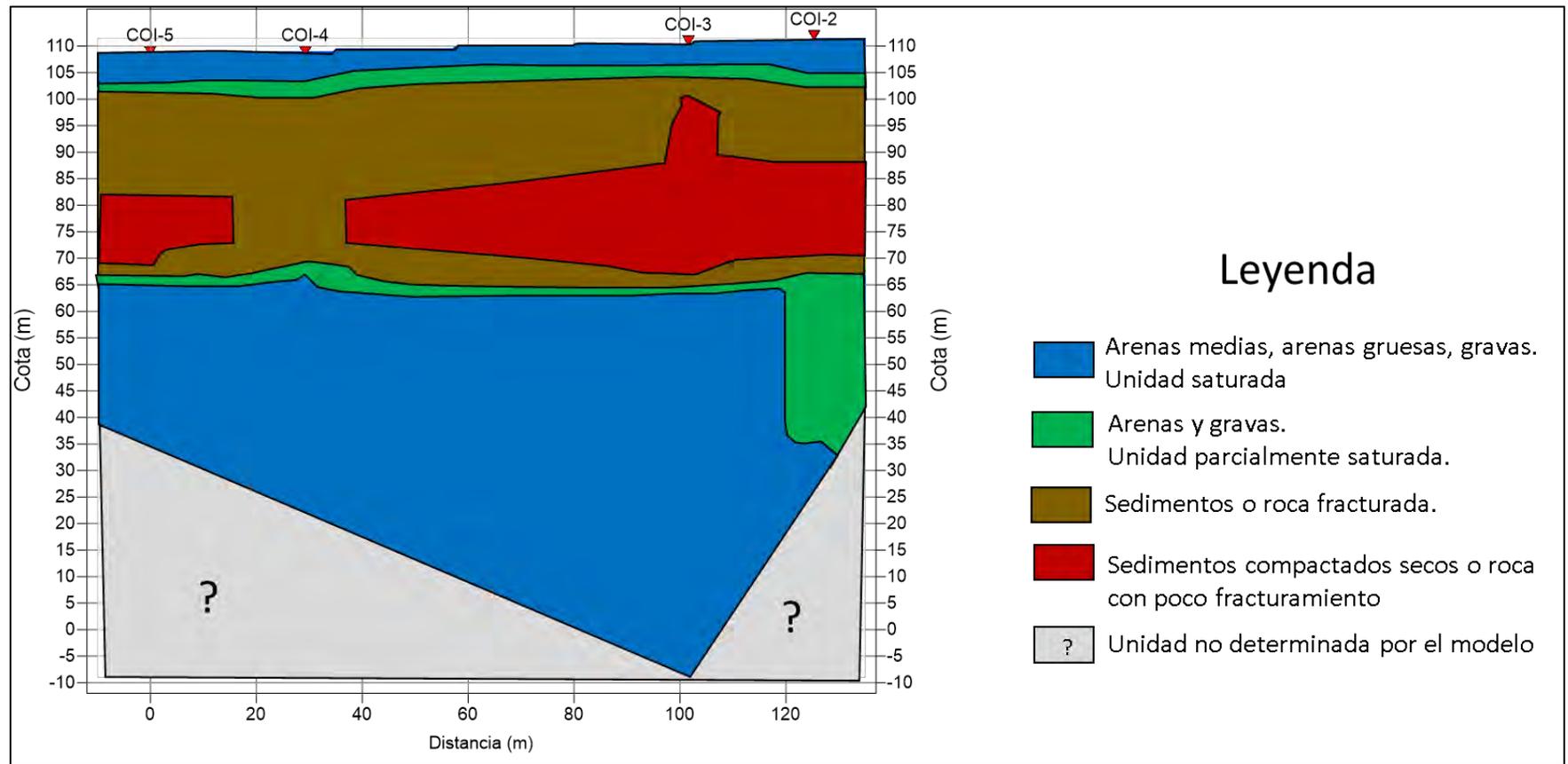


Figura 304. Perfil Hidrogeológico- Huampuli.

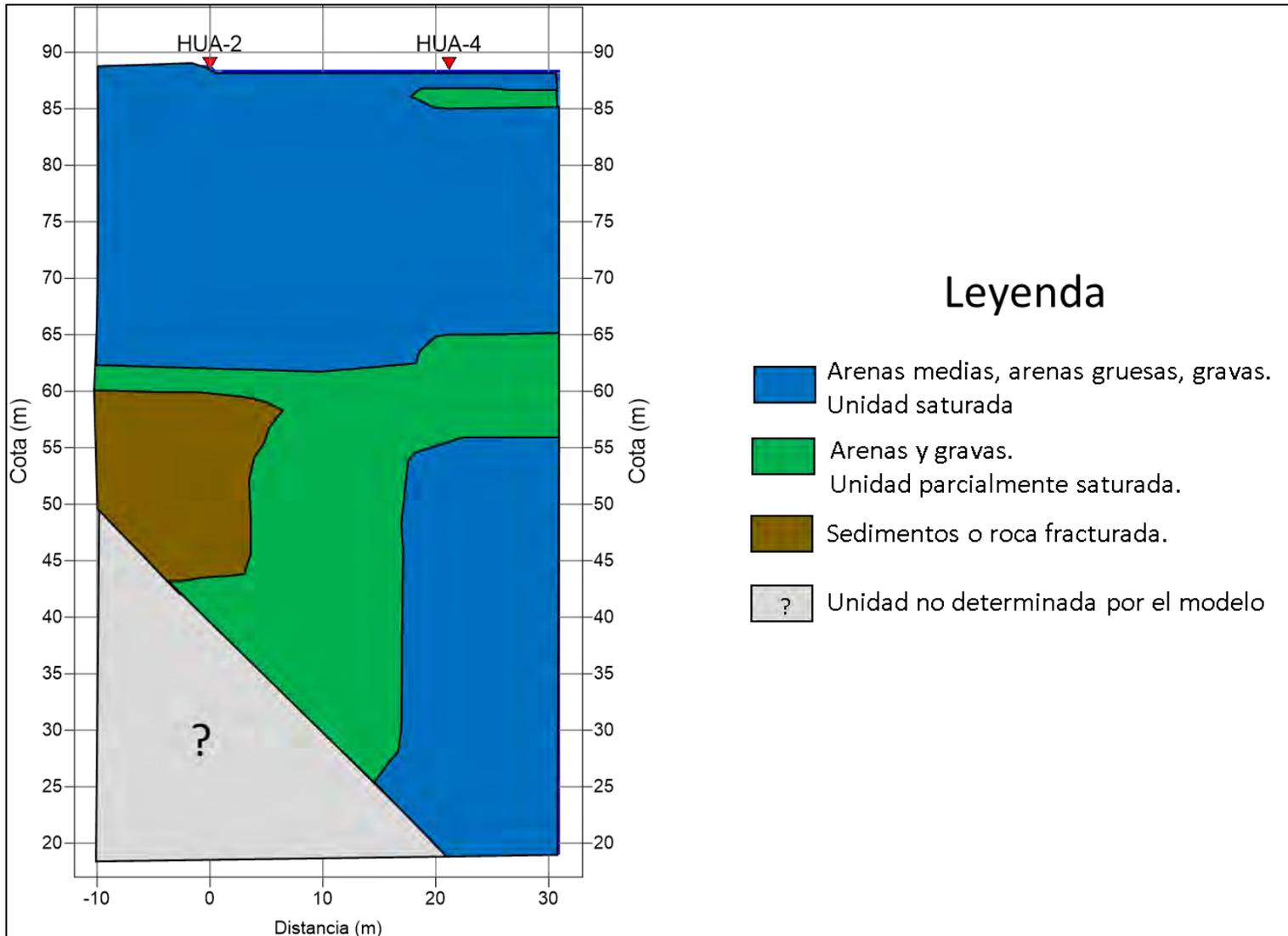


Figura 305. Perfil Hidrogeológico- La Maravilla.

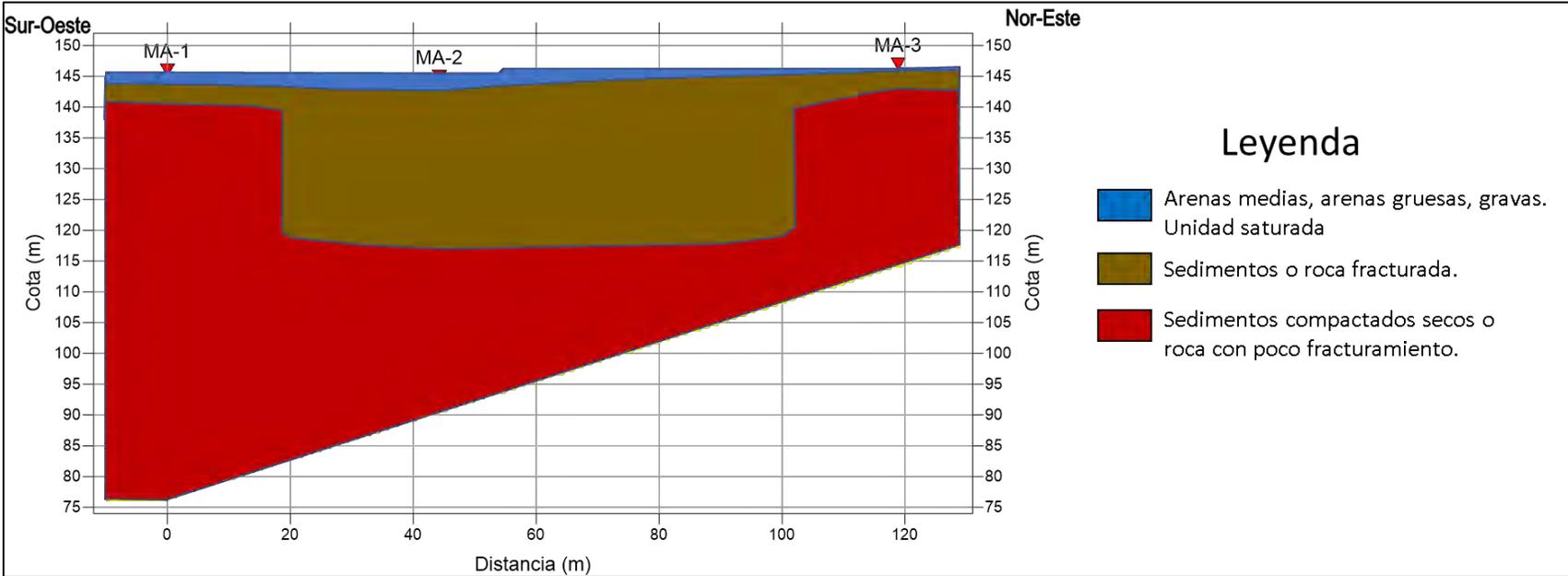
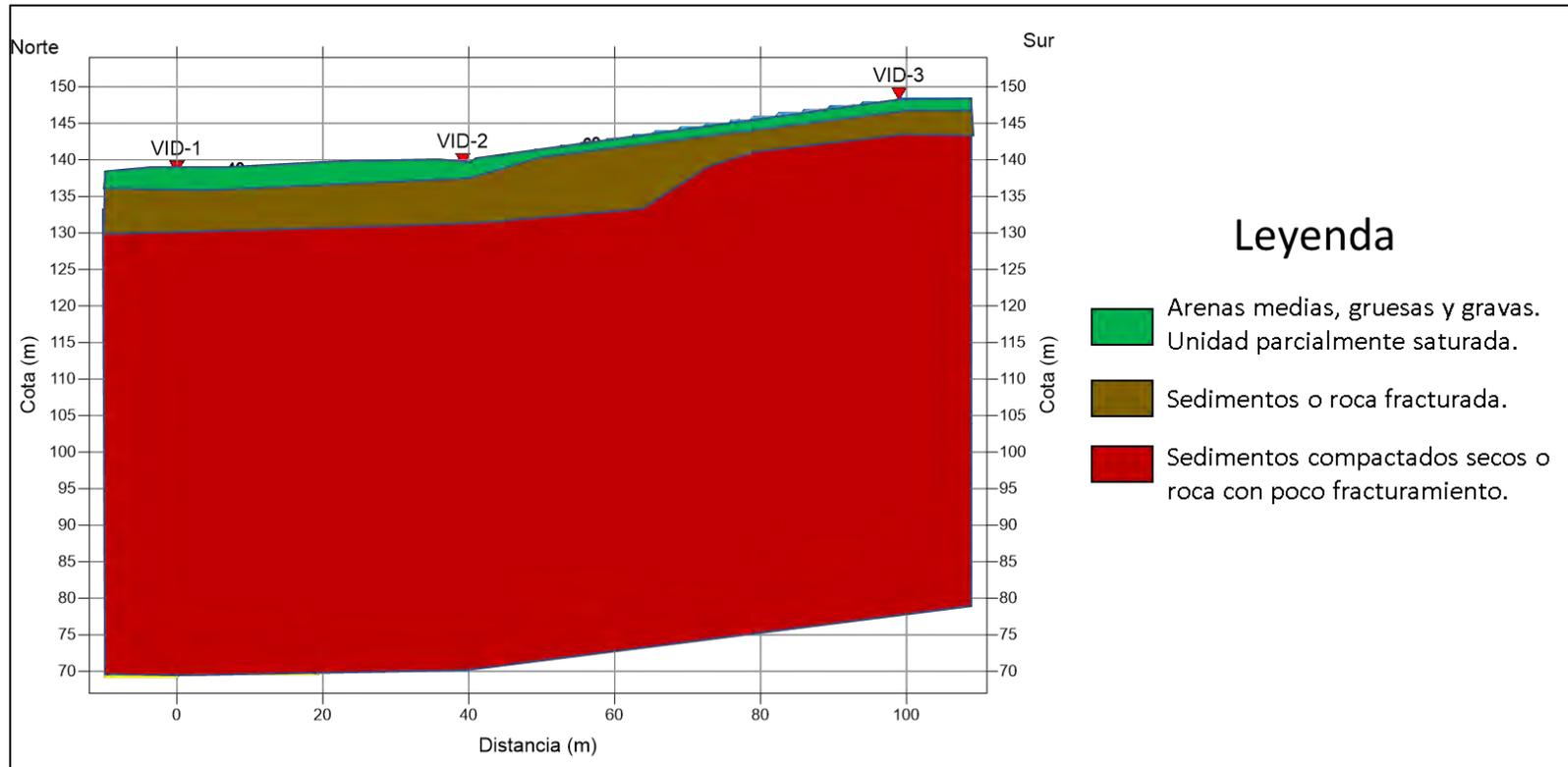


Figura 306. Perfil Hidrogeológico- Vidico.



5.1.7 Comuna Trehuaco

Los espesores reconocidos en los sectores se han incluido en la Tabla 30.

Tabla 30. Unidades Trehuaco.

Comuna	Sector	Unidad	Espesor
Trehuaco	El Aromo	Sedimentos o roca fracturada.	52- 60m
		Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	1-8m
		Arenas y gravas. Unidad parcialmente saturada.	1-10m
		Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	2-13m
	Cajón de Mela 2	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	5-8m
		Arenas y gravas. Unidad parcialmente saturada.	15-32m
		Sedimentos o roca fracturada.	15-60m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	15-55m
	El Arrayán	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	1.5-2.5 m
		Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	18 m
		Sedimentos o roca fracturada.	2-20 m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	30 -65 m
	El Aromo 2	Arenas medias, arenas gruesas, gravas. Unidad saturada	2-3 m
		Sedimentos finos. Unidad con saturación baja a seca	1 m
		Sedimentos o roca fracturada.	1-3 m
		Sedimentos compactados secos o roca con poco fracturamiento	65-120 m

El perfil del sector El Aromo posee una orientación NW-SE y se compone de cuatro unidades hidrogeológicas: II, III, IV, V y VI. Las unidades III y IV se representan en una sola unidad debido a que son difíciles de diferenciar a partir del perfil geofísico, estas se presentan superficialmente y bajo la unidad II, se presenta a lo largo de todo el perfil con espesores entre 1 a 10 metros. La unidad II se encuentra entre las unidades anteriormente descritas a una profundidad de 3 metros y espesores de entre 2 a 13 metros. La unidad V subyace a las unidades III y IV a lo largo del perfil con 5 a 10 metros de profundidad, posee espesores de 1 a 8 metros. La unidad VI subyace la unidad V a una profundidad de 10 a 15 metros y espesores de 52 a 60 metros, (Figura 307).

El perfil de Cajón de Mela expone cuatro unidades II, IV, VI y VII. La unidad II se distribuye en superficie con espesores promedios de aproximadamente 7 m. Subyacente a esta, se reconoce la unidad VI hasta la base, donde se interdigita un bolsón de la unidad VII a aproximadamente los 20

m de profundidad y asimismo la unidad VII se detecta de forma maciza a partir de los 27 m hacia el sector oriental del perfil, mientras que hacia el poniente se reconocen secuencias de la unidad IV, (Figura 308).

El perfil del sector del Arrayán posee una orientación este-oeste y se compone de cuatro unidades hidrogeológicas, II, V, VI y VII. La unidad II corresponde a un cuerpo elongado superficial, presente en toda la longitud del perfil, con espesores entre 1.5 y 2.5 m. La unidad VI se encuentra bajo la unidad anterior, también presente en todo el perfil, siendo más angosta hacia el este, con 2 m de espesor, y más ancha hacia el oeste, con 20 m de espesor. La unidad VII se ubica debajo de la VI y rodeando a la V. Se encuentra a lo largo de todo el perfil y presente espesores entre 30 y 65 m. La unidad V se encuentra en el extremo oeste del perfil en profundidad, en un sector muy acotado. Su espesor es de 18 m, (Figura 309).

El perfil del sector del Aromo 2 posee una orientación norte-sur y se compone de cuatro unidades hidrogeológicas, II, V, VI y VII. La unidad II es la más superficial, y se dispone de manera elongada en el perfil, variando entre los 2 y 3 m de espesor. Debajo de esta, con una disposición similar, se encuentra la unidad V, con un espesor aproximado de 1 m. Continuando en profundidad está la unidad VI, la cual presenta una forma elongada y se encuentra ausente en el extremo sur del perfil, hacia donde se acuña. Finalmente, se tiene la unidad VII, presente en toda la longitud del perfil, con espesores entre 65 y 120 m, (Figura 310).

Figura 307. Perfil Hidrogeológico- El Aromo.

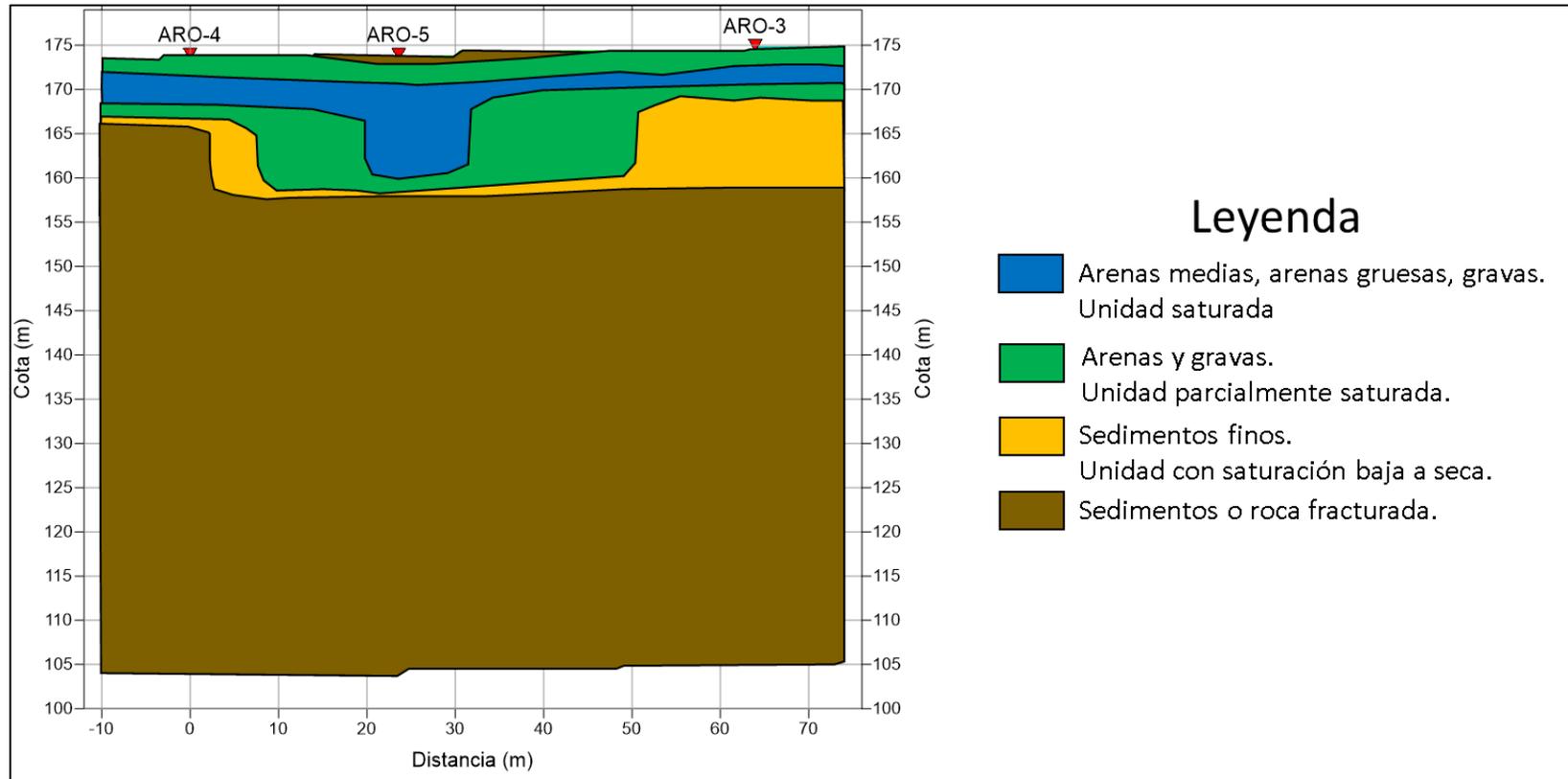


Figura 308. Perfil Hidrogeológico- Cajón de Mela.

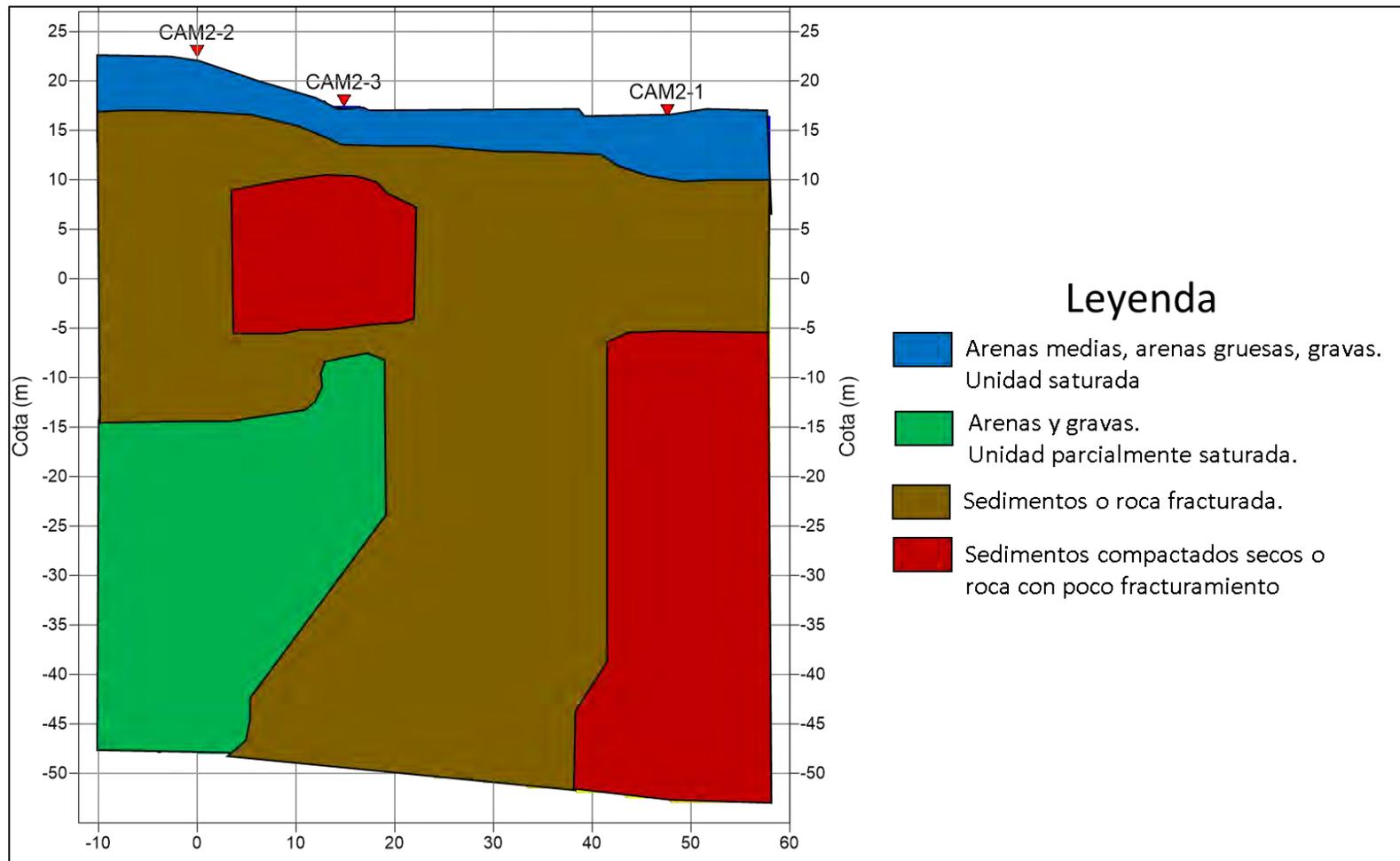


Figura 309. Perfil Hidrogeológico- El Arrayan.

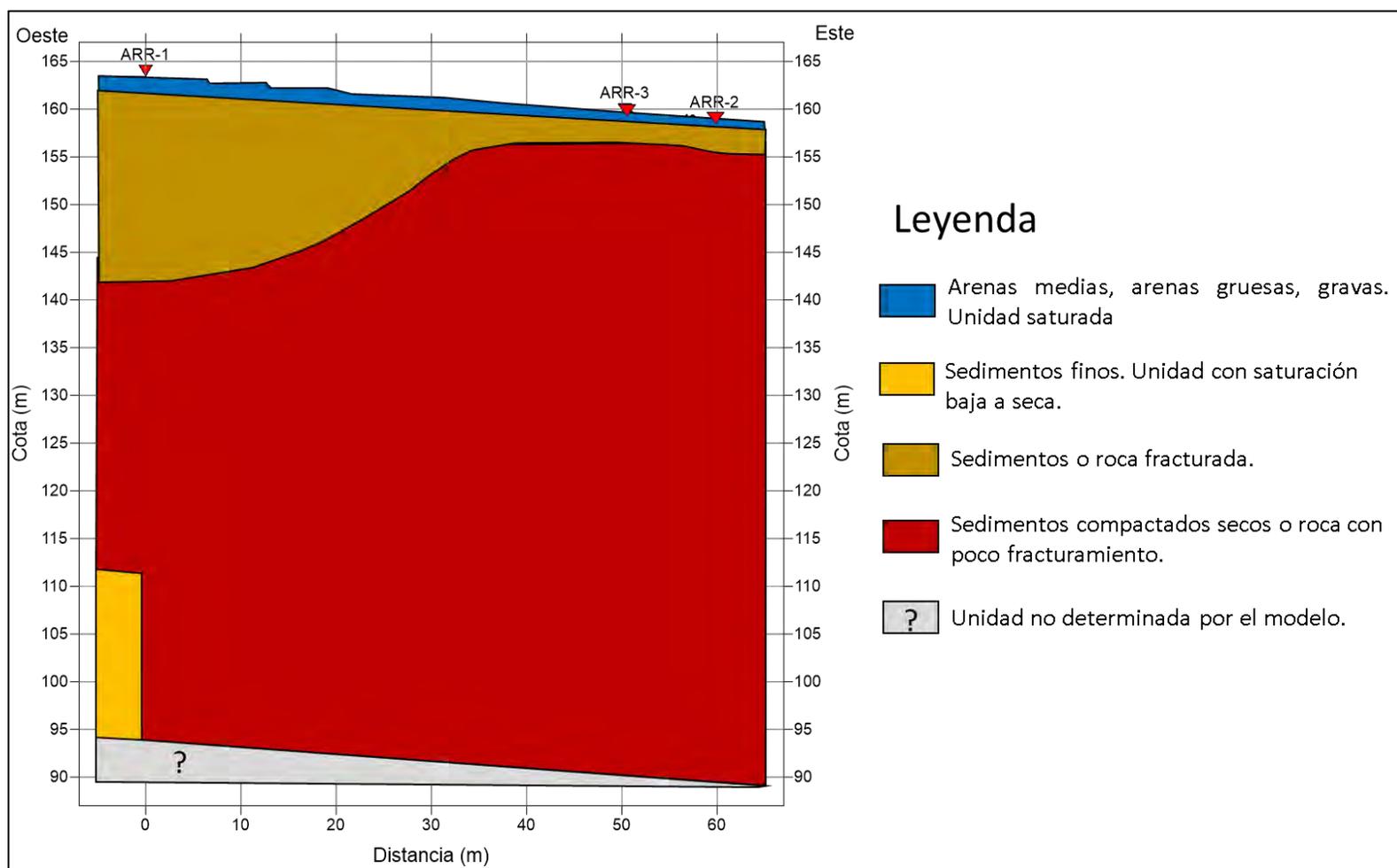
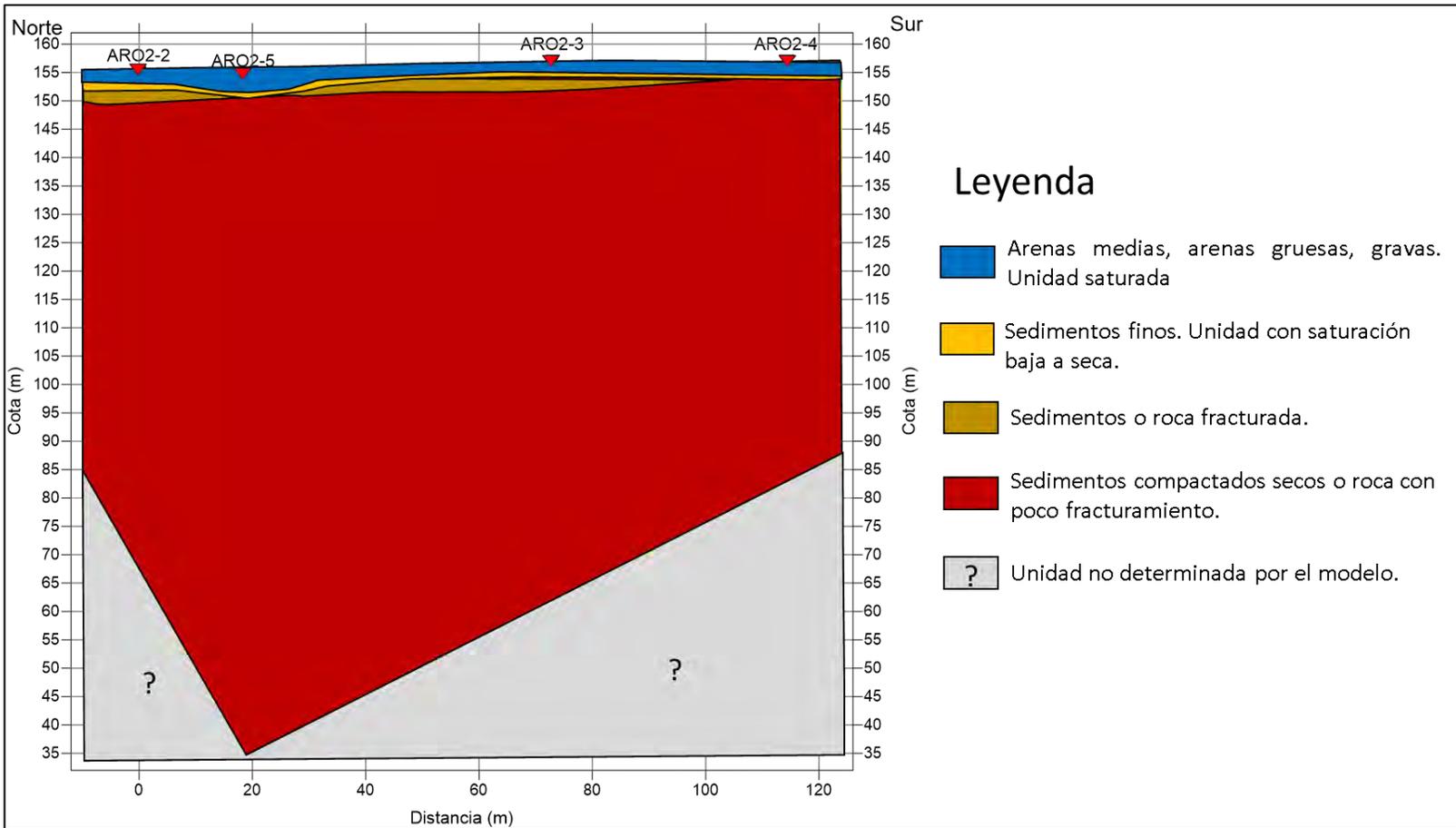


Figura 310. Perfil Hidrogeológico- El Aromo 2.



5.2 Geometría acuífera.

5.2.1 Basamento.

A partir de los datos obtenidos de los perfiles TEM se pueden definir unidades resistivas que se encuentran bajo superficie. A continuación, se presentan datos puntuales donde se logró detectar roca a partir de los TEM, sin embargo, para definir con una mayor precisión la profundidad y la morfología del basamento sería necesario realizar un estudio de gravimetría.

En los TEM realizados en las comunas de Ninhue, San Nicolás, Portezuelo y Quillón no se identificaron unidades que se puedan caracterizar como basamento.

En la comuna de Quirihue, en el sector de Calquín se encuentran rocas con poco fracturamiento a partir de los 230 msnm.

En la comuna de Cobquecura, en el sector de La Orilla se encuentran rocas con poco fracturamiento entre los 50-55 msnm y asimismo fueron reconocidas mediante sondaje perforado por la DOH en sector de El Tollo.

En la comuna de Trehuaco, en el sector de Cajón de Mela se encuentran rocas con poco fracturamiento 5 metros bajo el nivel del mar.

En la comuna de Coelemu, en el sector de Caravanchel se encuentran rocas con poco fracturamiento a partir de los 90 msnm.

En la comuna de Ránquil, en el sector de Rahuil se encuentran rocas con poco fracturamiento a partir de los 230 msnm.

Con los datos obtenidos se puede inferir que las rocas con características de basamento se disponen en el sector oeste del Valle de Itata (Quirihue, Cobquecura, Trehuaco, Coelemu, Ránquil), incluso aflorando varios metros sobre el nivel del mar. De lo anterior, se deduce que la exhumación del basamento fue más importante al oeste del valle que al este.

5.2.2 Geometría acuífera.

La Unidad I se reconoce en los sectores de Talhuan, comuna de Quirihue, y de El Culbén, comuna de Quillón. En la primera, su espesor alcanza los 44 m, mientras que en la segunda varía entre 3 y 15 m.

La Unidad II se reconoce en el sector occidental de la comuna de Cobquecura (espesores de hasta 55 m) y en una franja de orientación aproximada N-S, en gran parte del sector oriental de la zona de

estudio, abarcando sectores como Calquín, La Feria, La Horca y Pachagua (comuna de Quirihue) con espesores reducidos reconocidos no superiores a 8,0 m. En Carrullanca y Chudal (comuna de Portezuelo), se tienen potencias medias del orden de 2,0 m, con excepción de Huacalemu con la presencia de espesores cercanos a 10 m. Sus espesores alcanzan los 10 m en la zona norte de esa franja. En los otros sectores, sus espesores son variables, alcanzando potencias entre 10 y 118 m, reconociéndose los máximos espesores en la comuna de Ninhue, con potencias medias en torno a 25 m y de 118 m en el sector de Talhuan y en diferentes sectores de Quillón, Queime, Los Cruceros con valores entre 20 a 28 m y de 95 m hacia el sector de Chillancito. Además de las zonas anteriores, también se reconoce en el sector de Ranguelmo (comuna de Coelemu), con espesores entre 10 y 20 m, en el sector de Rahuil (comuna de Ránquil), con morfología lenticular, y en el sector de El Aromo, con espesores entre 2 y 13 m.

La Unidad III se reconoce en el sector oriental de la zona de estudio, con una tendencia N-S. Se observa en los sectores de La Horca (comuna de Quirihue), Talhuan (comuna de Ninhue), Coipín y Huampuli (comuna de San Nicolás), Carrullanca y Chudal (comuna de Portezuelo) y Viviendas Tuteladas (comuna de Ránquil). Sus espesores varían en general entre 1 y 40 en particular, en el sector de Talhuan se encuentra de manera diseminada como lentes. Además de lo anterior, también se ubica en el sector de Ranguelmo y San Ambrosio (comuna de Coelemu), con espesores entre 1 y 35 m, y en el sector de Rahuil (comuna de Ránquil), con espesores entre 2 y 5 m.

La Unidad IV se reconoce en los sectores de La Feria y La Horca (comuna de Quirihue), de Chudal (comuna de Portezuelo). En la primera, su espesor varía entre 1 y 18 m, mientras que en la segunda es de 2 m.

También, se reconoce una unidad intermedia entre la Unidad III y IV, correspondiente a arenas y gravas parcialmente saturadas. Este reconocimiento se debe a la cercanía del rango de valores de resistividad eléctrica de las Unidades III y IV, lo cual dificultaba la distinción entre ambas unidades. Se ubica en el sector occidental de la comuna de Cobquecura (espesores entre 1 y 32 m) y en los sectores de El Aromo (comuna de Trehuaco), con espesores entre 1 y 10 m, Caravanchel (comuna de Coelemu), con espesores entre 5 y 10 m, San Juan (comuna de Ninhue), con espesores entre 1 y 7 m y El Culbén (comuna de Quillón), con espesores entre 2 y 13 m.

5.3 Parámetros hidrogeológicos.

Para la identificación de los parámetros hidrogeológicos Transmisividad (T) y Coeficiente de Almacenamiento (s) a considerar en los sectores donde se realizaron las prospecciones geofísicas, se ha recabado y sistematizado la información de los expedientes digitalizados de DAA subterráneos que pudieron descargarse del sitio web de la DGA y que se encontraban cercanos a las zonas donde se realizaron las prospecciones.

Para cada expediente que se encontró digitalizado, se extrajo la información asociada a la prueba de bombeo realizada en el pozo y los parámetros hidrogeológicos que se determinaron a partir de ella o que fueron considerados en la solicitud del derecho. En varios casos, no se encontró información de los parámetros o bien de las pruebas de bombeo, realizándose estimaciones de los parámetros en base a la información de los descensos y caudales de explotación o bien en función de valores encontrados en otro expediente cercano, siempre procurando entregar un valor conservador en cada uno de los casos estimados.

Asumiendo la incertidumbre que existe en la estimación de estos parámetros para las zonas donde se ejecutaron las prospecciones, se han identificado rangos de estos valores para cada caso, considerando la bibliografía existente. En la Tabla 31 y Tabla 32, se presentan los rangos considerados para Transmisividad y Coeficiente de Almacenamiento.

Tabla 31. Rango de valores de Transmisividad para acuíferos.

T<10	Muy baja	Menos de 1 l/s con 10 m. de depresión
10<T<100	Baja	Entre 1 y 10 l/s con 10 m. de depresión
100<T<500	Media a alta	Entre 10 y 50 l/s con 10 m. de depresión
500<T<1000	Alta	Entre 50 y 100 l/s con 10 m. de depresión
T>1000	Muy alta	Más de 100 l/s con 10 m. de depresión

Fuente: IGLESIAS, A. (2002) Hidrogeología. Capítulo 5 de Ingeniería Geológica. Editor: González de Vallejo, L. Edit. Prentice may, Madrid. 263-302 pp.

Tabla 32. Rango de valores de Almacenamiento para acuíferos.

Material Permeable	Acuífero	S (valor medio)
Kárstico, Calizas y dolomías jurásicas	Libre	0,02
	Semiconfinado	0,0005
	Confinado	0,00005
Calizas y dolomías cretácicas terciarias	Libre	0,02-0,06
	Semiconfinado	0,0005-0,001
	Confinado	0,00005-0,0001
Poroso intergranular, gravas y arenas	Libre	0,05-0,15
	Semiconfinado	0,001
	Confinado	0,0001
Kársticos y porosos, Calcarenitas marinas terciarias	Libre	0,1-0,18

Fuente: IGLESIAS, A. (2002) Hidrogeología. Capítulo 5 de Ingeniería Geológica. Editor: González de Vallejo, L. Edit. Prentice may, Madrid. 263-302 pp.

A continuación, en la Tabla 33, se presentan los resultados de los parámetros obtenidos en el área estudiada, mientras que en la Figura 311 y Figura 312, se presentan estos puntos en el área de estudio.

Tabla 33. Rango de valores de Transmisividad y Almacenamiento por sectores.

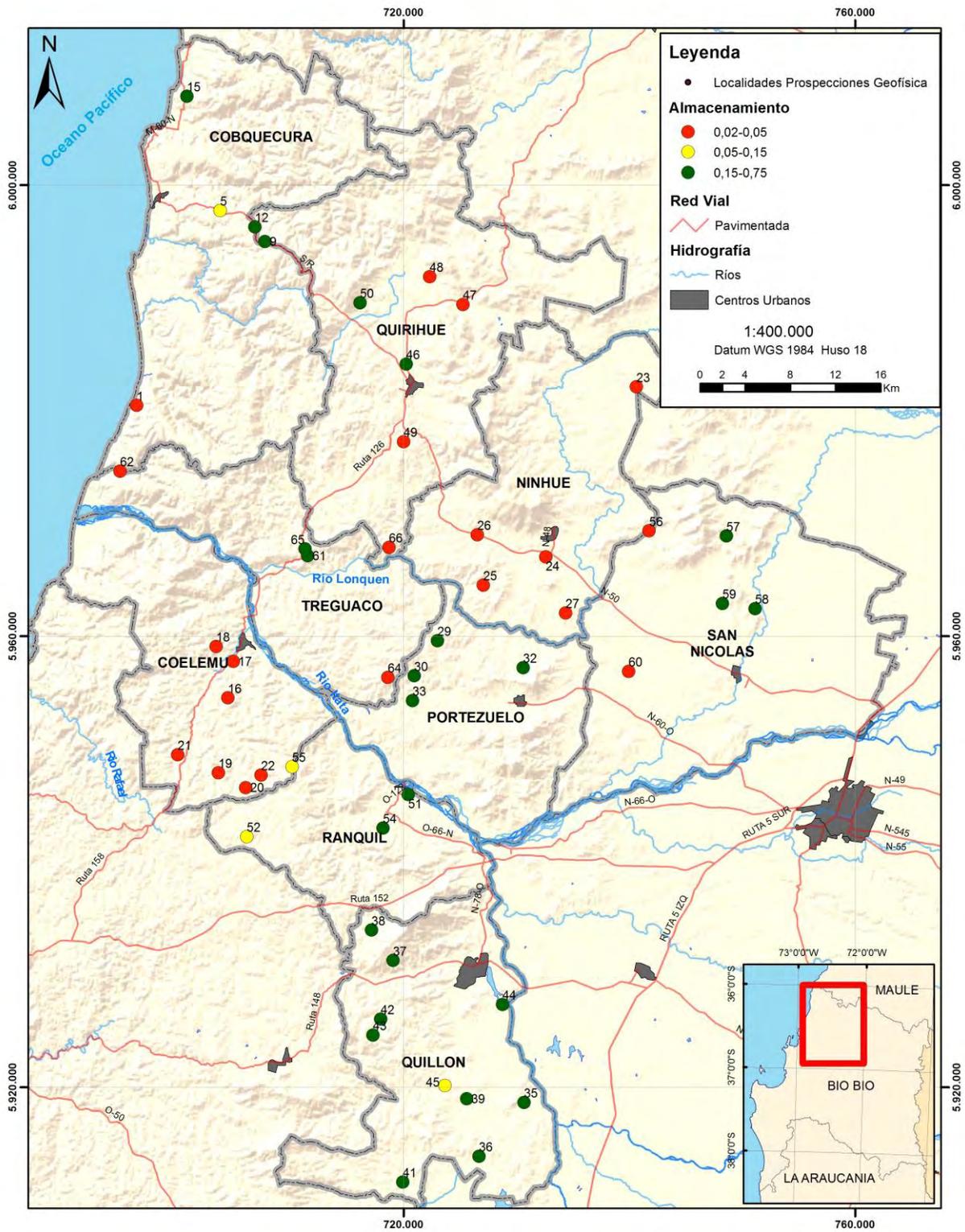
NUM	COMUNA	LOCALIDAD	ESTE	NORTE	Transmisividad (m ² /d)	Almacenamiento
1	COBQUECURA	LA ORILLA	696.367	5.980.457	10-100	0,02-0,05
2	COBQUECURA	SERICHE	703.734	5.997.741	1-10	0,05-0,15
3	COBQUECURA	EL TOLLO	707.719	5.995.006	10-100	0,15-0,75
4	COBQUECURA	QUEBRADA HONDA	706.822	5.996.294	10-100	0,15-0,75
5	COBQUECURA	LOMAS NEGRAS	700.808	6.007.880	10-100	0,15-0,75
6	COELEMU	CARAVANCHEL	704.440	5.954.527	1-10	0,02-0,05
7	COELEMU	CHORRILLOS	704.926	5.957.753	1-10	0,02-0,05
8	COELEMU	SAN AMBROSIO	703.391	5.959.087	1-10	0,02-0,05
9	COELEMU	HUARO	703.606	5.947.884	10-100	0,02-0,05
10	COELEMU	LOS CASTAÑOS	706.001	5.946.569	1-10	0,02-0,05
11	COELEMU	RANGUELMO	699.984	5.949.493	1-10	0,02-0,05
12	COELEMU	TINAJACURA	707.381	5.947.677	1-10	0,02-0,05
13	NINHUE	TALHUAN	740.637	5.982.111	1-10	0,02-0,05
14	NINHUE	LA POSTA	732.591	5.967.040	10-100	0,02-0,05
15	NINHUE	RELOCA	727.055	5.964.526	1-10	0,02-0,05
16	NINHUE	SAN JUAN	726.522	5.968.986	10-100	0,02-0,05
17	NINHUE	HUALTE 1,2	734.363	5.962.060	1-10	0,02-0,05
18	PORTEZUELO	HUACALEMU	723.007	5.959.596	1-10	0,15-0,75
19	PORTEZUELO	TRANCOYÁN 1,2	720.937	5.956.483	1-10	0,15-0,75
20	PORTEZUELO	CARRULLANCA	730.593	5.957.209	500-1.000	0,15-0,75
21	PORTEZUELO	CHUDAL 1,2	720.800	5.954.293	1-10	0,15-0,75
22	QUILLON	EL CULBÉN	730.666	5.918.652	10-100	0,05-0,75
23	QUILLON	HUENUCHEO	726.681	5.913.881	10-100	0,05-0,75
24	QUILLON	LA GLORIA	719.060	5.931.235	100-500	0,05-0,75
25	QUILLON	PEÑABLANCA	717.161	5.933.924	100-500	0,05-0,75
26	QUILLON	LOS CRUCEROS	725.579	5.918.984	10-100	0,05-0,75
27	QUILLON	CHANCAL	719.919	5.911.590	10-100	0,05-0,75
28	QUILLON	QUEIME	717.970	5.926.036	100-500	0,05-0,75
29	QUILLON	QUEIME ALTO	717.283	5.924.614	100-500	0,05-0,75
30	QUILLON	CHILLANCITO 1,2	728.764	5.927.329	100-500	0,05-0,75
31	QUILLON	LAS HERAS	723.663	5.920.132	1-10	0,05-0,15
32	QUIRIHUE	LA FERIA	720.242	5.984.138	10-100	0,15-0,75
33	QUIRIHUE	LOS REMATES	725.258	5.989.407	1-10	0,02-0,05
34	QUIRIHUE	CALQUIN	722.312	5.991.881	1-10	0,02-0,05
35	QUIRIHUE	LA HORCA	720.003	5.977.252	10-100	0,02-0,05
36	QUIRIHUE	TAIMO	716.150	5.989.568	10-100	0,15-0,75
37	RÁNQUIL	VIVIENDAS TUTELADAS	720.412	5.945.940	1-10	0,15-0,75
38	RÁNQUIL	RAHUIL	706.108	5.942.218	1-10	0,02-0,15

Tabla 33. Rango de valores de Transmisividad y Almacenamiento por sectores.

NUM	COMUNA	LOCALIDAD	ESTE	NORTE	Transmisividad (m ² /d)	Almacenamiento
39	RÁNQUIL	LOMAS COLORADAS	718.186	5.942.988	1-10	0,15-0,75
40	RÁNQUIL	CHECURA	710.126	5.948.417	1-10	0,05-0,15
41	SAN NICOLÁS	COIPÍN	741.758	5.969.333	1.000-5.000	0,02-0,05
42	SAN NICOLÁS	LA MARAVILLA	748.592	5.968.876	1.000-3.000	0,15-0,75
43	SAN NICOLÁS	VIDICO	751.142	5.962.445	1.000-5.000	0,15-0,75
44	SAN NICOLÁS	TOTAL	748.250	5.962.889	1.000-5.000	0,15-0,75
45	SAN NICOLÁS	HUAMPULI	739.936	5.956.868	1-10	0,02-0,05
46	TREHUACO	LOS AROMOS	711.505	5.967.136	1-10	0,15-0,75
47	TREHUACO	CAJON DE MELA	694.880	5.974.626	10-100	0,02-0,05
48	TREHUACO	EL ARRAYAN	718.615	5.956.340	1-10	0,02-0,05
49	TREHUACO	EL AROMO 2	711.275	5.967.735	1-10	0,15-0,75
50	QUIRIHUE	PACHAGUA	718.700	5.967.880	1-10	0,02-0,05

Fuente: Elaboración propia con información de expedientes digitalizados.
 Coordenadas se presentan en WGS 84 – Huso 18.

Figura 312. Rango de valores de Almacenamiento por sectores



Fuente: Elaboración propia con información de expedientes digitalizados

5.4 Niveles freáticos.

Para estimar los niveles de las aguas subterráneas en la zona de estudio, se consideró la información existente en el estudio "Catastro de pozos explotados de Constituciones, Provincia de Ñuble". Dirección General de Aguas. 2006.

Se recopiló y sistematizó la información de niveles estáticos por comuna de los pozos y norias existentes. Esta información, se llevó a una plataforma SIG de forma de poder estimar los valores de los niveles estáticos en las zonas donde se realizaron las prospecciones interpolando mediante el método de Kriging, creando un ráster que permite obtener estos niveles en cualquier punto del área de estudio. Para cada sector, se estableció un rango de niveles freáticos y se realizó una estimación promedio del nivel.

En la Tabla 34, se presenta la información de los niveles freáticos estimados por sector, considerando la información indicada.

Tabla 34. Niveles Freáticos.

NUM	COMUNA	LOCALIDAD	ESTE	NORTE	NIVEL FREATICO ESTIMADO CATASTRO (m.)	NIVEL PROMEDIO ESTIMADO CATASTRO (m.)
1	COBQUECURA	LA ORILLA	696.585	5.981.780	4-6	4,5
2	COBQUECURA	SERICHE	703.734	5.997.741	0,22-20	10,11
3	COBQUECURA	EL TOLLO	708.262	5.994.715	8	8/8,9*
4	COBQUECURA	QUEBRADA HONDA	706.692	5.995.832	8-20	14
5	COBQUECURA	LOMAS NEGRAS	700.808	6.007.880	4-5	4,5
6	COELEMU	CARAVANCHEL	704.440	5.954.527	0,21-1,13	0,67
7	COELEMU	CHORRILLOS	704.926	5.957.753	0,63-1,5	1,07
8	COELEMU	SAN AMBROSIO	703.391	5.959.087	1,5	1,5
9	COELEMU	HUARO	703.606	5.947.884	0,2-0,4	0,3
10	COELEMU	LOS CASTAÑOS	706.001	5.946.569	0,4	0,4
11	COELEMU	RANGUELMO	699.984	5.949.493	0,36-0,4	0,38
12	COELEMU	TINAJACURA	707.381	5.947.677	0,4	0,4
13	NINHUE	TALHUAN	740.637	5.982.111	9-15	12
14	NINHUE	LA POSTA	732.591	5.967.040	0,84-2,71	1,78
15	NINHUE	RELOCA	727.055	5.964.526	0,84-2,43	1,64
16	NINHUE	SAN JUAN	726.522	5.968.986	2-10	6
17	NINHUE	HUALTE 1,2	735.017	5.962.754	0,67-4,13	2,4
18	PORTEZUELO	HUACALEMU	723.007	5.959.596	0,22-3,6-5	1,91

Tabla 34. Niveles Freáticos.

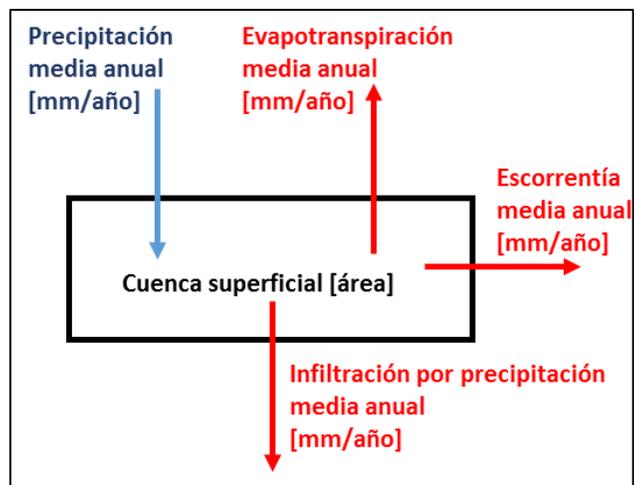
NUM	COMUNA	LOCALIDAD	ESTE	NORTE	NIVEL FREATICO ESTIMADO CATASTRO (m.)	NIVEL PROMEDIO ESTIMADO CATASTRO (m.)
19	PORTEZUELO	TRANCOYÁN 1,2	720.292	5.955.672	0,1-2	1,05
20	PORTEZUELO	CARRUYANCA	730.593	5.957.209	0,15-0,22	0,19
21	PORTEZUELO	CHUDAL 1,2	720.524	5.954.542	0,58-0,7	0,64
22	QUILLON	EL CULBÉN	730.666	5.918.652	1,4	1,4
23	QUILLON	HUENUCHEO	726.681	5.913.881	2,58-3,52	3,05/41 *
24	QUILLON	LA GLORIA	719.060	5.931.235	2,54	2,54
25	QUILLON	PEÑABLANCA	717.161	5.933.924	-	
26	QUILLON	LOS CRUCEROS	725.579	5.918.984	1,05-3,49- 13,44	2,27
27	QUILLON	CHANCAL	719.919	5.911.590	0,13	0,13
28	QUILLON	QUEIME	717.970	5.926.036	-	
29	QUILLON	QUEIME ALTO	717.283	5.924.614	-	
30	QUILLON	CHILLANCITO 1,2	728.764	5.927.329	2-9,67	5,84
31	QUILLON	LAS HERAS	723.663	5.920.132	1,05	1,05
32	QUIRIHUE	LA FERIA	720.242	5.984.138	1,56-2,37	1,97
33	QUIRIHUE	LOS REMATES	725.258	5.989.407	5,82	5,82
34	QUIRIHUE	CALQUIN	722.312	5.991.881	1,25-9,26	5,26
35	QUIRIHUE	LA HORCA	720.003	5.977.252	0,96-1,08	1,02
36	QUIRIHUE	TAIMO	716.150	5.989.568	-	
37	RÁNQUIL	VIVIENDAS TUTELADAS	720.412	5.945.940	1,12	1,12
38	RÁNQUIL	RAHUIL	706.108	5.942.218	0,16-0,42	0,29
39	RÁNQUIL	LOMAS COLORADAS	718.186	5.942.988	2,95	2,95
40	RÁNQUIL	CHECURA	710.126	5.948.417	-	
41	SAN NICOLÁS	COIPÍN	741.758	5.969.333	0,33-1,71	1,02
42	SAN NICOLÁS	LA MARAVILLA	748.592	5.968.876	1-1,26	1,13
43	SAN NICOLÁS	VIDICO	751.142	5.962.445	4-8	6
44	SAN NICOLÁS	TOTAL	748.250	5.962.889	8,2-8	8,1
45	SAN NICOLÁS	HUAMPULI	739.936	5.956.868	0,49-8,45	4,47
46	TREHUACO	LOS AROMOS	711.505	5.967.136	2,15-4,02	3,09
47	TREHUACO	CAJON DE MELA	694.880	5.974.626	1,91-4,34	3,13
48	TREHUACO	EL ARRAYAN	718.615	5.956.340	0,06-2,02	1,04
49	TREHUACO	EL AROMO 2	711.275	5.967.735	2,15-4,02	3,09
50	QUIRIHUE	PACHAGUA	718.700	5.967.880	0,42	0,42

Fuente: Información levantada en base a expedientes DGA.

5.5 Estimación de la recarga.

Para la estimación de la recarga, se considera un Balance Hídrico superficial para cada cuenca asociada a los sectores del estudio. Para este balance, se supone que las cuencas son cabeceras, es decir, la única entrada de agua que se presenta es la precipitación. Las salidas del modelo propuesto están dadas por la infiltración, la evapotranspiración y la escorrentía producto de la precipitación. La Figura 313 muestra el esquema conceptual del balance hídrico a realizar.

Figura 313. Modelo conceptual del balance hídrico utilizado.



Dadas las características geométricas de las microcuencas, donde en todos los casos, el centro de gravedad se encuentra inserto en la cuenca, estas no presentan irregularidades mayores, la magnitud de la superficie y la poca dispersión observada en los modelos de precipitación generados, es que la precipitación media anual representativa de las microcuencas puede ser estimada como la precipitación en el centro de gravedad de las mismas.

La precipitación media anual asociada a los centros de gravedad de las microcuencas de cada sector ha sido estimada como el valor más restrictivo, es decir, el de menor precipitación, entre los 5 modelos de precipitación desarrollados según lo descrito en la sección 3.1.7. Los resultados para cada microcuenca se muestran en la Tabla 35.

Para la estimación de la evapotranspiración se ha utilizado el balance hídrico nacional de la Dirección General de Aguas, del año 1987. La información, en el citado estudio, se presenta como curvas de evapotranspiración.

La infiltración se estima a partir de valores presentados en la bibliografía, según la cercanía de los sectores a la zona acuífera próxima al cauce del Río Itata. Para estos sectores, se utiliza un valor de 0,275 [l/s/ha] (Estudio hidrogeológico cuencas Bío Bío e Itata. DGA. 2011). Por otro lado, para los sectores alejados del cauce principal, se utiliza un valor de entre 7% y 15% de la precipitación media anual (Modelación hidrogeológica cuenca Itata Bajo. DGA. 2013).

La esorrentía media anual se calcula a partir del balance con las variables anteriores.

Finalmente, se calcula la recarga a partir del valor de la infiltración media anual determinado y el valor del área que abarca la cuenca asociada a cada sector. Los resultados se resumen en la Tabla 37.

Tabla 35. Cálculo de precipitaciones según 5 modelos.

NUM	MICROCUENCA	SUPERFICIE	SECTORES ASOCIADOS	C.G CUENCA (1)			PRECIPI TACIONES [mm/año] (2)					
		[Km ²]		ESTE [m]	NORTE [m]	COTA [m.s.n.m]	Thiessen	Perfil Pp vs H	Kriging	Spline	IDW	Pp rest (3)
1	CAJON DE MELA	1,10	2	695.260	5.973.905	234	844,4	1.190,9	917,7	675,0	955,3	675,0
2	CARAVANCHEL	0,86	1	704.659	5.954.401	143	844,4	1.021,7	988,1	967,4	934,3	844,4
3	CARRUYANCA	1,18	1	730.970	5.956.528	239	895,9	1.215,8	885,1	912,2	938,0	885,1
4	CHANCAL	22,35	1	719.394	5.913.668	132	1.048,4	1.007,5	1.118,3	1.174,7	1.048,1	1.007,5
5	CHECURA	0,73	1	710.057	5.947.691	290	844,4	1.301,3	1.004,4	990,0	994,0	844,4
6	CHORRILLOS	0,32	1	705.279	5.957.641	24	844,4	816,9	970,7	903,0	871,9	816,9
7	CHUDAL	0,67	2	721.014	5.954.219	78	953,9	918,4	924,7	882,9	950,9	882,9
8	COIPÍN	14,82	1	744.325	5.968.728	143	895,9	1.030,6	884,7	885,1	908,4	884,7
9	EL ARRAYAN	0,24	1	718.464	5.956.245	157	844,4	1.053,8	920,8	868,7	938,8	844,4
10	EL CULBÉN	3,32	1	730.129	5.917.783	82	1.048,4	913,1	1.079,4	1.105,3	1.050,4	913,1
11	HUACALEMU	0,48	1	723.060	5.959.782	164	895,9	1.069,8	902,6	872,3	927,9	872,3
12	HUAMPULLI	4,65	1	741.427	5.957.658	84	895,9	923,8	876,6	930,0	955,4	876,6
13	HUALTE 1	0,06	1	734.301	5.962.013	146	895,9	1.028,8	862,0	908,6	905,7	862,0
14	HUALTE 2	0,33	1	734.922	5.962.776	95	895,9	938,0	859,4	907,6	903,0	859,4
15	HUARO	3,21		703.634	5.946.532	260	1.393,6	1.240,8	1.043,3	1.129,1	1.078,0	1.043,3
16	LA FERIA	7,14	1	723.260	5.983.734	346	817,6	1.385,0	822,6	787,2	884,5	787,2
17	LA GLORIA	1,00	1	718.539	5.931.807	298	974,1	1.308,5	1.046,5	991,2	984,2	974,1
18	LA MARAVILLA	4,58	1	748.394	5.968.350	146	895,9	1.032,4	889,6	884,3	930,9	884,3
19	LA ORILLA	2,96	4	697.112	5.981.177	164	844,4	1.066,2	880,5	611,3	944,9	611,3
20	LA POSTA	0,51	1	732.739	5.966.691	100	895,9	954,0	866,9	892,0	896,3	866,9
21	LOMAS COLORADAS	1,05	1	717.793	5.942.202	86	974,1	923,8	1.005,4	930,8	980,7	923,8
22	LOS AROMOS	0,81	2	711.496	5.967.574	158	844,4	1.055,6	892,7	782,1	894,1	782,1
23	LOS CASTAÑOS	1,58	1	706.538	5.946.274	247	1.393,6	1.226,5	1.030,4	1.072,2	1.034,6	1.030,4
24	LOS CRUCEROS	18,50	2	724.575	5.917.292	92	1.048,4	939,8	1.090,0	1.112,1	1.043,7	939,8
25	LOS REMATES	2,06	1	724.504	5.989.079	249	844,2	1.217,6	819,2	791,6	868,6	791,6
26	PACHAGUA	0,52	1	718.557	5.968.025	127	844,4	1.002,1	873,2	817,6	912,9	817,6
27	PEÑABLANCA	0,07	1	717.159	5.933.959	220	974,1	1.167,8	1.041,0	974,8	975,3	974,1
28	QUEBRADA HONDA	0,56	3	706.691	5.996.014	517	844,2	1.694,9	830,8	623,5	908,9	623,5
29	QUEIME	4,80	2	716.715	5.925.489	206	974,1	1.141,0	1.083,8	1.076,9	1.013,8	974,1
30	RAHUIL 1	10,59	2	707.361	5.941.031	266	974,1	1.251,5	1.058,9	1.113,3	1.037,6	974,1
31	RANGUELMO	2,43	1	699.789	5.948.467	212	1.393,6	1.153,5	1.051,2	1.165,4	1.134,2	1.051,2
32	RELOCA	3,13	1	727.753	5.964.339	117	895,9	977,2	876,6	882,6	907,5	876,6

Tabla 35. Cálculo de precipitaciones según 5 modelos.

NUM	MICROCUENCA	SUPERFICIE	SECTORES ASOCIADOS	C.G CUENCA (1)			PRECIPI TACIONES [mm/año] (2)					
		[Km ²]		ESTE [m]	NORTE [m]	COTA [m.s.n.m]	Thiessen	Perfil Pp vs H	Kriging	Spline	IDW	Pp rest (3)
33	SAN AMBROSIO	0,14	1	703.406	5.959.048	82	844,4	930,9	970,0	892,4	878,1	844,4
34	SAN JUAN	9,77	1	725.188	5.969.105	109	895,9	964,7	860,0	854,7	907,8	854,7
35	SERICHE	1,07	4	704.346	5.997.660	398	844,2	1.483,0	835,0	605,1	912,5	605,1
36	TAIMO	0,94	1	715.572	5.989.801	377	844,2	1.447,4	820,9	711,0	894,3	711,0
37	TALHUAN	0,63	1	740.678	5.981.987	150	817,6	1.043,1	830,4	830,2	837,6	817,6
38	TINAJACURA	3,04	1	708.241	5.947.071	252	844,4	1.221,2	1.017,0	1.028,4	1.011,1	844,4
39	TOLLO	2,13	3	708.213	5.994.264	501	844,2	1.666,4	828,6	635,4	907,2	635,4
40	TRANCOYÁN	5,06	2	721.139	5.956.972	104	844,4	952,3	909,6	873,3	940,6	844,4
41	VIDICO	0,11	1	751.109	5.962.359	159	895,9	1.060,9	934,5	909,3	958,5	895,9
42	CALQUIN	4,23	1	722.390	5.989.717	235	844,2	1.194,5	816,9	777,9	875,7	777,9
43	LA HORCA	0,02	1	720.010	5.977.237	287	895,9	1.287,1	838,5	785,7	904,5	785,7
44	VIVIENDAS TUTELADAS	0,11	1	720.354	5.945.807	57	953,9	875,7	975,0	913,4	972,9	875,7
45	LOMAS NEGRAS	0,05	1	700.739	6.007.895	139	844,2	1.021,7	839,4	584,5	909,1	584,5
46	TOTAL	0,03	1	748.255	5.962.891	138	895,9	1.023,5	914,8	906,6	949,4	895,9
47	CHILLANCITO	0,18	2	728.940	5.927.233	67	1.048,4	893,5	1.040,9	1.052,7	1.047,1	893,5
48	LAS HERAS	0,20	1	723.541	5.919.943	93	1.048,4	939,8	1.082,5	1.095,6	1.037,7	939,8
49	HUENUCHEO	0,16	1	726.699	5.914.143	128	1.048,4	995,0	1.096,7	1.125,8	1.052,9	995,0

Fuente: Elaboración en base a estadísticas DGA.

NOTA: (1) C.G CUENCA: Centro de gravedad de cuenca estimada.

(2) Precipitación media anual estimada en el centro de gravedad de cada cuenca [mm/año]

(3) Precipitación seleccionada como representativa de cada sector, precipitación más restrictiva. [mm/año]

Climograma y diagrama de temperaturas

El clima es templado y cálido en Chudal. Hay más precipitaciones en invierno que en verano en Chudal. Este clima es considerado Csb según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura promedio en Chudal es 14.2 ° C. La precipitación media aproximada es de 1085 mm.

El mes más seco es enero. Hay 13 mm de precipitación en enero. Con un promedio de 254 mm, la mayor precipitación cae en junio.

Figura 314. Climograma Chudal

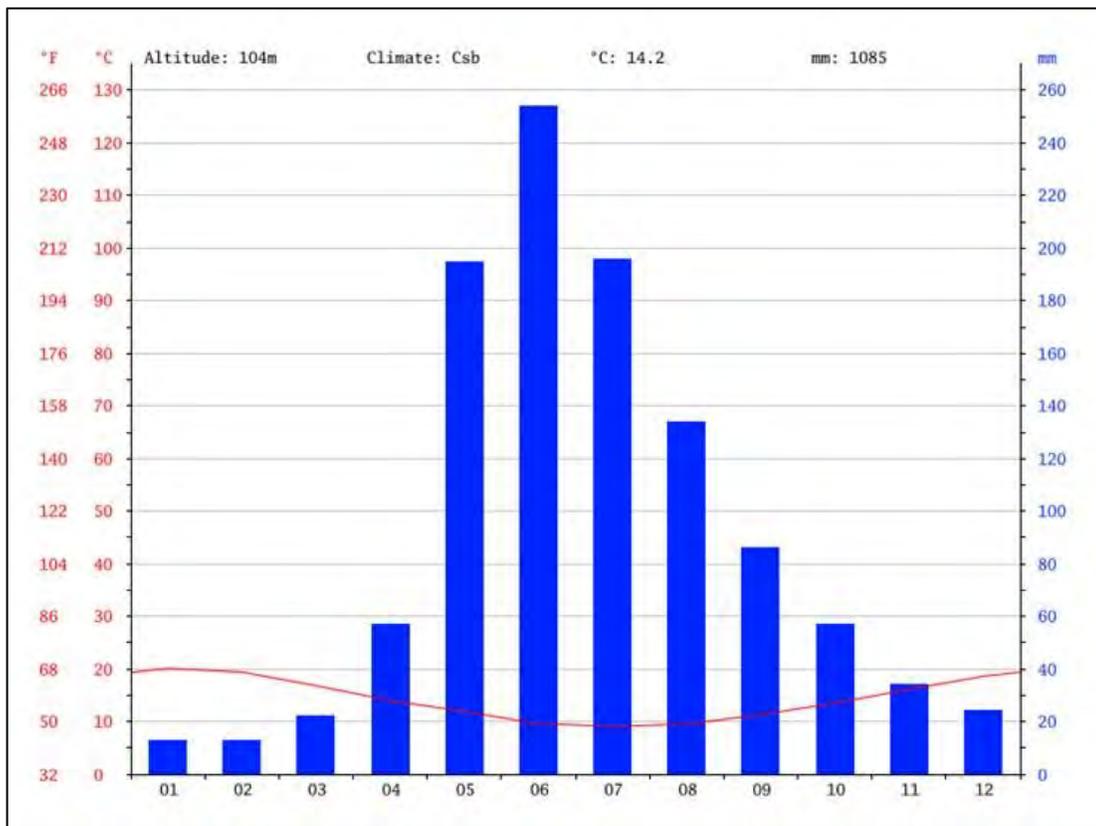
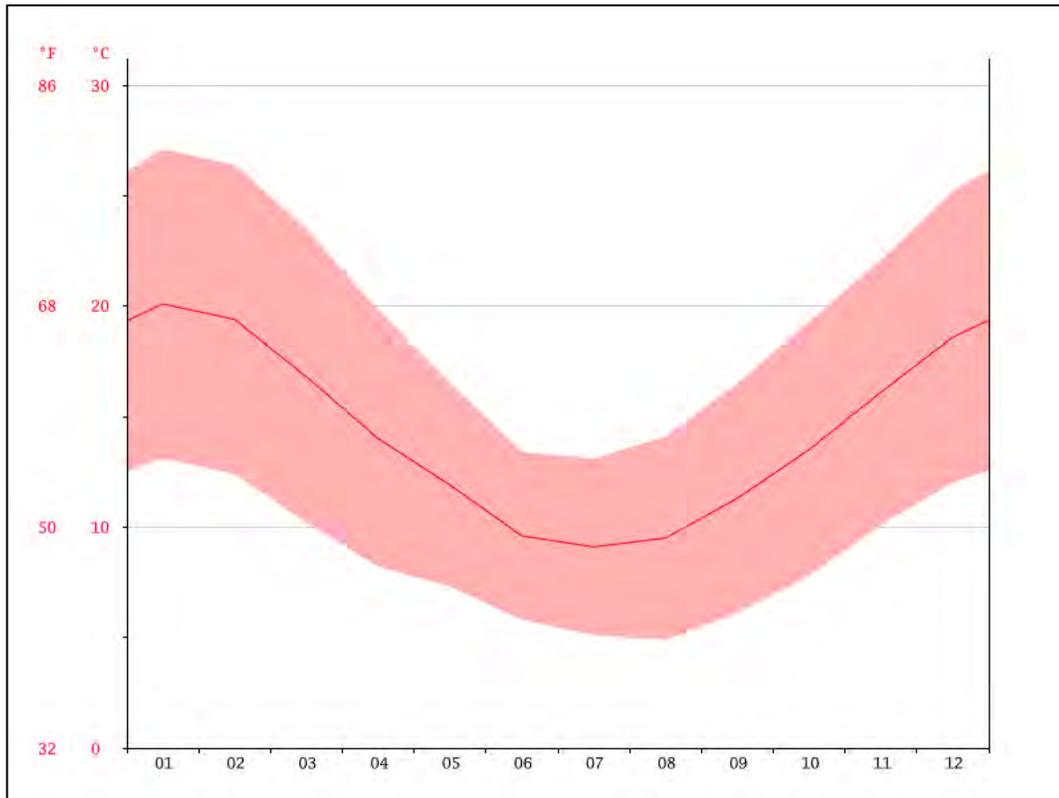


Figura 315. Diagrama de Temperaturas en Chudal



Se puede observar que no se generan temperaturas bajo los 0 °C, por lo tanto, toda la precipitación caída es en forma líquida, lo que se traduce en una cuenca de régimen netamente pluvial.

Considerando la estadística de precipitaciones en la estación Coelemu, se construye su autocorrelograma, el que se presenta en la Tabla 36 y se muestra gráficamente en la Figura 316.

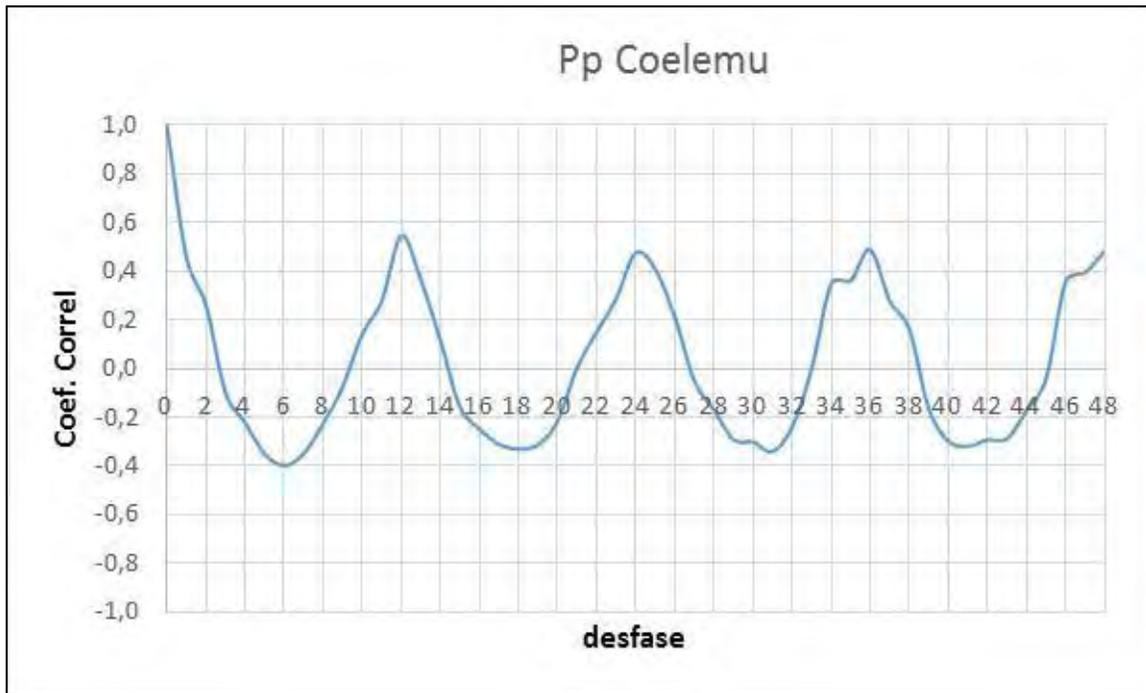
Tabla 36. Correlograma

LAG	COEF. CORREL
0	1,0
1	0,5
2	0,3
3	-0,1
4	-0,2
5	-0,3
6	-0,4
7	-0,3
8	-0,2
9	-0,1
10	0,1
11	0,3
12	0,5
13	0,4
14	0,1
15	-0,2

Tabla 36. Correlograma

LAG	COEF. CORREL
16	-0,2
17	-0,3
18	-0,3
19	-0,3
20	-0,2
21	0,0
22	0,1
23	0,3
24	0,5
25	0,4
26	0,2
27	-0,1
28	-0,2
29	-0,3
30	-0,3
31	-0,3
32	-0,2
33	0,0
34	0,3
35	0,4
36	0,5
37	0,3
38	0,2
39	-0,2
40	-0,3
41	-0,3
42	-0,3
43	-0,3
44	-0,2
45	0,0
46	0,4
47	0,4
48	0,5

Figura 316. Autocorrelograma Pp Coelemu



De la Figura 316, se observa que los ciclos de precipitaciones, y por lo tanto de recarga son de doce (12) meses, y al tercer mes el tren de recarga ya se independiza. Esto quiere decir que la recarga proveerá caudales por un período hasta dos meses posteriores al período de invierno.

Considerando lo anteriormente descrito hemos estimado las recargas, por sector, con el promedio de los 5 resultados obtenidos para la precipitación media anual. Estos valores se presentan en la Tabla 37.

Cabe señalar que en la Tabla 37, se ha incluido además los caudales de los pozos que se encuentran dentro de las microcuencas.

Como comentario es necesario agregar que los valores estimados para la recarga sirven para tener una idea general de lo que pueden ser los caudales a extraer. Se tendrá una visión más completa al integrar esta estimación con la interpretación hidrogeológica que se realice a partir de las pruebas realizadas.

Tabla 37. Balance hídrico y determinación de la recarga.

NUM	SECTOR	SUPERFICIE	PP MEDIA ANUAL	INF MEDIA ANUAL	EVT MEDIA ANUAL	ESC MEDIA ANUAL	Caudales comprometidos	RECARGA MEDIA ANUAL
		(1) [Km ²]	(2) [mm]	(3) [mm]	(4) [mm]	(5) [mm]		
1	CAJON DE MELA	1,10	675	67	500	107	0	2,4
2	CARAVANCHEL	0,86	844	84	500	260	0,3	2,3
3	CARRUYANCA	1,18	885	62	500	323	0	2,3
4	CHANCAL	22,35	1007	71	500	437	0,55	50,0
5	CHECURA	0,73	844	59	500	285	1	1,4
6	CHORRILLOS	0,32	817	57	500	260	0	0,6
7	CHUDAL	0,67	883	62	500	321	0,34	1,3
8	COIPÍN	14,82	885	44	500	340	9,9	20,8
9	EL ARRAYAN	0,24	844	59	500	285	0,16	0,5
10	EL CULBÉN	3,32	913	64	500	349	1,98	6,7
11	HUACALEMU	0,48	872	61	500	311	0,87	0,9
12	HUAMPULLI	4,65	877	61	500	315	0	9,0
13	HUALTE 1	0,06	862	60	500	302	0	0,1
14	HUALTE 2	0,33	859	60	500	299	0	0,6
15	HUARO	3,21	1043	73	500	470	1,79	7,4
16	LA FERIA	7,14	787	55	500	232	0	12,5
17	LA GLORIA	1,00	974	68	500	406	0,03	2,2
18	LA MARAVILLA	4,58	884	62	500	322	2,3	9,0
19	LA ORILLA	2,96	611	43	500	69	0	4,0
20	LA POSTA	0,51	867	61	500	306	0	1,0
21	LOMAS COLORADAS (6)	1,05	924	867	500	359	0	29,0
22	LOS AROMOS	0,81	782	117	500	165	0	3,0
23	LOS CASTAÑOS	1,58	1030	72	500	458	1,733	3,6
24	LOS CRUCEROS	18,50	940	66	500	374	7,133	38,6
25	LOS REMATES	2,06	792	55	500	236	0	3,6
26	PACHAGUA	0,52	818	57	500	260	0	0,9
27	PEÑABLANCA	0,07	974	68	500	406	0,5	0,1
28	QUEBRADA HONDA	0,56	624	44	500	80	0	0,8
29	QUEIME	4,80	974	68	500	406	2,4483	10,4
30	RAHUIL	10,59	974	68	500	406	8,1	22,9
31	RANGUELMO	2,43	1051	74	500	478	0,25	5,7
32	RELOCA	3,13	877	61	500	315	0,7	6,1
33	SAN AMBROSIO	0,14	844	59	500	285	0	0,3
34	SAN JUAN	9,77	855	60	500	295	8,1	18,5
35	SERICHE	1,07	605	91	500	14	0,13	3,1
36	TAIMO	0,94	711	50	500	161	0	1,5
37	TALHUAN (6)	0,63	818	867	500	260	1,92	17,2

Tabla 37. Balance hídrico y determinación de la recarga.

NUM	SECTOR	SUPERFICIE	PP MEDIA ANUAL	INF MEDIA ANUAL	EVT MEDIA ANUAL	ESC MEDIA ANUAL	Caudales comprometidos	RECARGA MEDIA ANUAL
		(1) [Km ²]	(2) [mm]	(3) [mm]	(4) [mm]	(5) [mm]		
38	TINAJACURA	3,04	844	59	500	285	1,22	5,7
39	TOLLO	2,13	635	44	500	91	0	3,0
40	TRANCOYÁN	5,06	844	59	500	285	3,19	9,5
41	VIDICO	0,11	896	63	500	333	0	0,2
42	CALQUIN	4,23	778	54	500	223	2,4	7,3
43	LA HORCA	0,02	786	55	500	231	0	0,0
44	VIVIENDAS TUTELADAS (6)	0,11	876	867	500	244	0	3,0
45	LOMAS NEGRAS	0,05	585	41	500	44	0	0,1
46	TOTAL	0,03	896	63	500	333	0	0,1
47	CHILLANCITO (6)	0,18	893	867	500	331	0	5,1
48	LAS HERAS	0,20	940	66	500	374	0,5	0,4
49	HUENUCHEO	0,16	995	70	500	425	0	0,4

Notas (1) Superficie de cuenca representativa.

(2) Precipitación media anual adoptada estimada a partir de promediar modelos distribuidos de precipitación media anual.

(3) Infiltración o recarga media anual estimada a partir de antecedentes bibliográficos.

(4) Evapotranspiración media anual estimada a partir de curvas de Balance Hídrico Nacional. DGA. 1987.

(5) Escorrentía media anual estimada a partir de Balance en la cuenca superficial.

(6) En este sector la infiltración tiene como principal componente el río Itata, por sobre la precipitación.

(6) Para estimar la escorrentía, el balance ha considerado que la infiltración asociada a la precipitación es del 15%

5.6 Estimación de caudales en sectores prospectados.

En función de la estimación de las recargas, de los resultados e interpretación de los trabajos de geofísica y de los valores de rangos de transmisividad obtenidos de la revisión de expedientes digitalizados se ha estimado el caudal para los sectores requeridos. La estimación de los caudales se realizó en función de los espesores de acuíferos obtenidos de la geofísica y del rango de los valores de los parámetros hidrogeológicos, en particular, la transmisividad obtenida de la Tabla 33. Se utilizó la fórmula de Cooper Jacob para que en función de la Transmisividad y un descenso probable que pudiera darse en un pozo construido en el sector prospectado se obtenga un caudal que se encuentre bajo los valores obtenidos de recarga. La fórmula de Cooper-Jacob utilizada es la siguiente:

$$T = \frac{2.3 \cdot Q}{4 \cdot \pi \cdot \Delta s}$$

Donde:

Q: caudal a estimar en m3/día

T: Transmisividad considerada en m2/día

Δs: descenso considerado en el entorno cercano a un pozo en sector prospectado en m.

Para estimar los caudales, se realizó un proceso iterativo en el cual se fueron modificando los valores del descenso producido en el entorno cercano, ante un eventual bombeo efectuado en un pozo, que se asume como construido en el sector prospectado. Esto se realizó hasta encontrar una combinación que asegure valores de caudal menores a la recarga y descensos razonables según las características del acuífero. Se procuró que los valores de descenso fueran menores a los valores del espesor saturado del acuífero en el sector. De esta forma, con los valores de Transmisividad, se obtuvieron los caudales que se presentan en la Tabla 38.

Tabla 38. Caudales estimados en función de la información levantada[l/s]

NUM	COMUNA	SECTOR	T (m2/día)	CAUDAL (l/s)
1	COBQUECURA	LA ORILLA 4	6	1,6
2	COBQUECURA	LA ORILLA 1	5	0,9
3	COBQUECURA	SERICHE 1	1,7	2,6
4	COBQUECURA	EL TOLLO 3	2,67	2,5
5	COBQUECURA	QUEBRADA HONDA 2	60	0,4
6	COBQUECURA	LOMAS NEGRAS	65	0,3
7	COELEMU	CARAVANCHEL	10	1,3
8	COELEMU	CHORRILLOS	2,67	0,8
9	COELEMU	SAN AMBROSIO	2,67	0,4
10	COELEMU	HUARO	60	0,5
11	COELEMU	LOS CASTAÑOS	6	0,5
12	COELEMU	RANGUELMO	2,67	2
13	COELEMU	TINAJACURA	10	1,2
14	NINHUE	TALHUAN	10	3,5

Tabla 38. Caudales estimados en función de la información levantada[l/s]

NUM	COMUNA	SECTOR	T (m2/día)	CAUDAL (l/s)
15	NINHUE	LA POSTA	60	1,5
16	NINHUE	RELOCA	10	2,6
17	NINHUE	SAN JUAN	50	2,6
18	NINHUE	HUALTE 2	10	0,5
19	PORTEZUELO	HUACALEMU	2,67	0,8
20	PORTEZUELO	TRANCOYÁN 2	10	1,3
21	PORTEZUELO	CARRULLANCA	2,67	0,8
22	PORTEZUELO	CHUDAL	2,67	2
23	PORTEZUELO	CHUDAL 2	10	1,3
24	QUILLON	EL CULBÉN	50	3,6
25	QUILLON	HUENUCHEO	60	2,3
26	QUILLON	LA GLORIA	250	1,3
27	QUILLON	PEÑABLANCA	250	1,3
28	QUILLON	LOS CRUCEROS 1	23,1	1,8
29	QUILLON	QUEIME	250	2
30	QUILLON	CHILLANCITO RURAL	500	5,5
31	QUILLON	CHILLANCITO ESCUELA	250	2
32	QUILLON	LAS HERAS	10	0,3
33	QUIRIHUE	LA FERIA	50	1,1
34	QUIRIHUE	CALQUIN	10	1
35	QUIRIHUE	LA HORCA	60	0,2
36	RÁNQUIL	VIVIENDAS TUTELADAS	10	4,5
37	RÁNQUIL	RAHUIL 2	10	1,3
38	RÁNQUIL	LOMAS COLORADAS	10	0,2
39	RÁNQUIL	CHECURA	10	0,1
40	SAN NICOLÁS	COIPÍN	1.000	4
41	SAN NICOLÁS	LA MARAVILLA	1.000	0,3
42	SAN NICOLÁS	VIDICO	1.000	0,1
43	SAN NICOLÁS	HUAMPULI	2,67	2,6
44	TREHUACO	LOS AROMOS (AROMO 1)	10	0,3
45	TREHUACO	CAJON DE MELA 1	6	1,5
46	TREHUACO	EL ARRAYAN	10	0,3
47	TREHUACO	EL AROMO 2	10	1,3
48	QUIRIHUE	PACHAGUA	10	0,3

Las condiciones hidrogeológicas presentes en los sectores de Los Remates y Taimo, comuna de Quirihue, son muy precarias, debido a los reducidos espesores acuíferos presentes, con lo cual no son adecuados para constituirse como alternativas de fuentes.

6 ALTERNATIVAS DE CAPTACIÓN Y PROPUESTAS DE DISEÑO PRELIMINAR.

En base a la campaña geofísica ejecutada y a la evaluación hidrogeológica realizada se identificaron puntos donde construir las captaciones para los sectores de prospección analizados y definidos a entregar. De acuerdo a lo señalado en Bases Técnicas, se incluye un diseño tentativo de los pozos, que señala la habilitación de cada uno (ubicación de cribas y tubería ciega). Para cada pozo se entregan a modo de diseño tentativo los tramos en que se instalarán las cribas, la habilitación e instalación de cribas de forma definitiva está supeditada al resultado de las curvas granulométricas. En la Tabla 39 se presentan las coordenadas de ubicación estimada para los proyectos de captación de aguas, ya sean, pozos, punteras y norias.

Tabla 39. Coordenadas proyectos de captación de aguas. WGS84 H18

Núm.	Sector	Comuna	Este	Norte	Caudal [l/s]	Tipo captación
1	El Tollo	Cobquecura	708.963	5.994.417	2,5	Pozo (80 m)
2	La Orilla 1	Cobquecura	696.397	5.980.449	0,9	Pozo (15m)
3	La Orilla 4	Cobquecura	696.490	5.981.846	1,6	Pozo (20 m)
4	Quebrada Honda	Cobquecura	706.695	5.995.809	0,4	Noria (3 m) (2*2)
5	Seriche	Cobquecura	704.442	5.997.398	2,6	Pozo (120 m)
6	Loma Negra	Cobquecura	700.852	6.007.463	0,3	Pozo (30 m)
7	Caravanchel	Coelemu	704.433	5.954.604	1,3	Punteras (Red 10) Hincada 4,5 m
8	Chorrillos	Coelemu	704.907	5.957.712	0,8	Puntera (Red 8) Hincadas 4,5 m
9	Los Castaños	Coelemu	706.089	5.946.632	0,5	Noria (8 m) (2*2)
10	Ranguelmo	Coelemu	700.076	5.949.313	2	Pozo (50 m)
11	San Ambrosio	Coelemu	703.500	5.959.159	0,4	Puntera (Red 8) Hincadas 2 m
12	Huaro	Coelemu	703.633	5.947.892	0,5	Noria (6 m) (2*2)

Tabla 39. Coordenadas proyectos de captación de aguas. WGS84 H18

Núm.	Sector	Comuna	Este	Norte	Caudal [l/s]	Tipo captación
13	Tinajacura	Coelemu	703.620	5.947.894	1,2	Noria (13 m) (2*2)
14	San Juan de Coyanco	Ninhue	726.594	5.968.941	2,6	Pozo (80 m)
15	Hijuela 1-San Benedictino (La Posta)	Ninhue	732.615	5.967.010	1,5	Pozo (75 m)
16	Reloca	Ninhue	727.130	5.964.478	2,6	Pozo (75 m)
17	Hualte Peñaflo o 2	Ninhue	735.056	5.962.623	0,5	Noria (10 m) (2*2)
18	Talhuan	Ninhue	740.534	5.982.095	3,5	Pozo (80 m)
19	Trancoyán dos	Portezuelo	720.272	5.955.691	1,3	Pozo (50 m)
20	Chudal 1	Portezuelo	720.806	5.954.322	2	Pozo (60 m)
21	Chudal nuevo punto (Chudal 2)	Portezuelo	720.496	5.954.562	1,3	Pozo (80 m)
22	Huacalemu	Portezuelo	722.956	5.959.676	0,8	Pozo (40 m)
23	Carrullanca	Portezuelo	730.601	5.957.190	0,8	Pozo (25 m)
24	El Culbén	Quillón	730.647	5.918.693	3,6	Pozo (95 m)
25	La Gloria	Quillón	719.116	5.931.264	1,3	Noria (20 m) (2*2)
26	Peñablanca	Quillón	717.162	5.933.905	1,3	Pozo (45 m)
27	Queime	Quillón	717.928	5.926.123	2	Pozo (85 m o hasta encontrar roca)
28	Huenucheo (Sección 1)	Quillón	726.755	5.913.822	2,3	Pozo (100 m)
29	Los Cruceros 1	Quillón	725.567	5.918.945	1,8	Pozo (45 m)

Tabla 39. Coordenadas proyectos de captación de aguas. WGS84 H18

Núm.	Sector	Comuna	Este	Norte	Caudal [l/s]	Tipo captación
30	Las Heras	Quillón	723.669	5.920.153	0,3	Noria (5 m) (2*2)
31	La Feria	Quirihue	720.305	5.984.894	1,1	Noria (15 m) (2*2)
32	Pachagua	Quirihue	718.676	5.967.869	0,3	Pozo (23 m)
33	Calquín	Quirihue	722.254	5.991.845	1	Punteras (Red 10) Hincada 2,5 m
34	La Horca	Quirihue	720.048	5.977.301	0,2	Pozo (40 m)
35	Rahue	Ranquin	705.743	5.941.193	1,3	Noria (9 m) (2*2)
36	Chucura	tranquil	710.056	5.948.451	0,2	Punteras (Red 8) hincadas 2,5 m
37	Lomas Coloradas	ranquin	718.161	5.943.019	0,2	Noria (3,5 m) (2*2)
38	Viviendas tuteladas	tranquil	720.436	5.945.893	4,5	Pozo (120 m)
39	La Maravilla Merino	San Nicolás	748.508	5.968.861	0,3	Punteras (Red 8) hincadas 2,2 m
40	Vidicón	San Nicolás	751.190	5.962.556	0,3	Noria (2,5 m) (2*2)
41	Copión	San Nicolás	741.776	5.969.381	4	Pozo (120 m)
42	Huemul	San Nicolás	739.884	5.956.849	2,6	Pozo (70 m)
43	Cajón de Mela	Treguado	694.468	5.974.625	1,5	Pozo (45 m)
44	El Arrayan	tehuano	718.585	5.956.336	0,7	Noria (12 m) (2*2) con dren transversal de 25 m
45	El Aromo Original (1)	treguado	711.459	5.967.187	1,3	Noria (15 m) (2*2)
46	El Aromo Cercano (2)	tehuano	711.207	5.967.874	0,2	Punteras (Red 8) hincadas 2,2 m

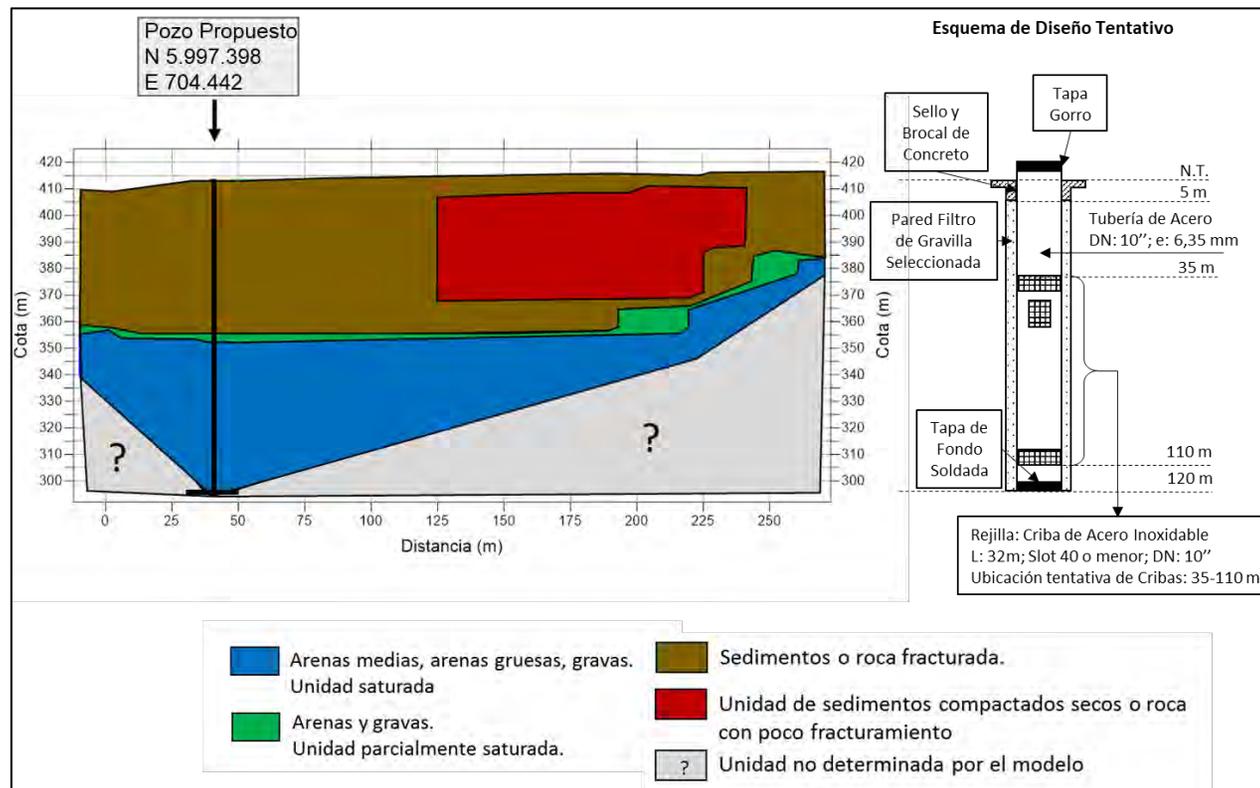
De acuerdo a los requerimientos de las Bases Administrativas y Técnicas de esta licitación, se han seleccionado 46 sectores para presentar una propuesta de diseño tentativo de una captación. Estos sectores tienen la particularidad de contar con autorización notarial en el caso de que el propietario sea un particular o bien se encuentran en terrenos Municipales. En Anexo N° 10 se presenta el detalle de todos los diseños tentativos. Los sectores propuestos son los siguientes:

6.1 Comuna Cobquecura

6.1.1 Sector Serruche

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 317 se estima que una captación tipo sondaje de 120 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 2,6 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 32 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

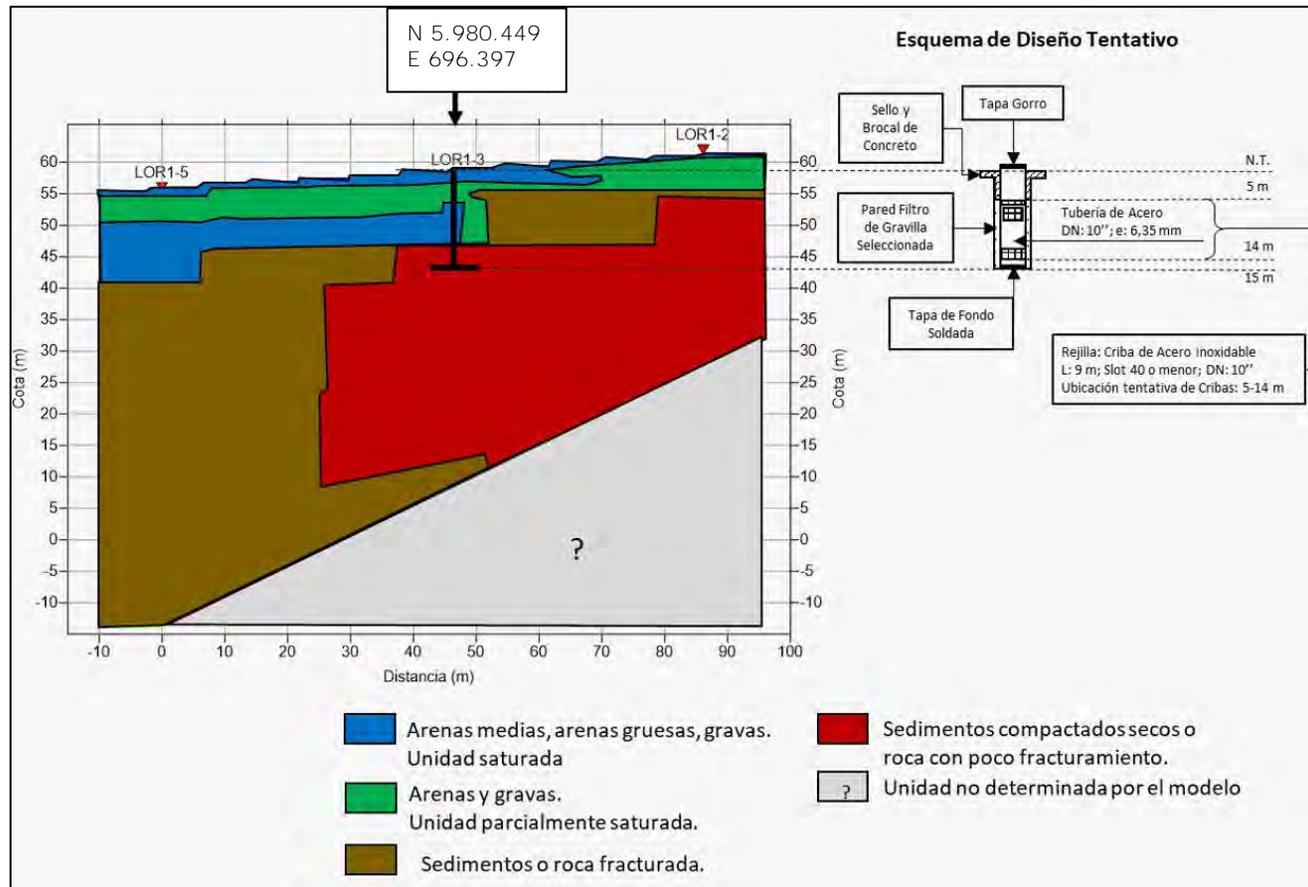
Figura 317. Propuesta de captación y diseño tentativo – sebiche



6.1.2 Sector La Orilla 1

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 318 se estima que una captación tipo sondaje de 15 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 0,9 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 9 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

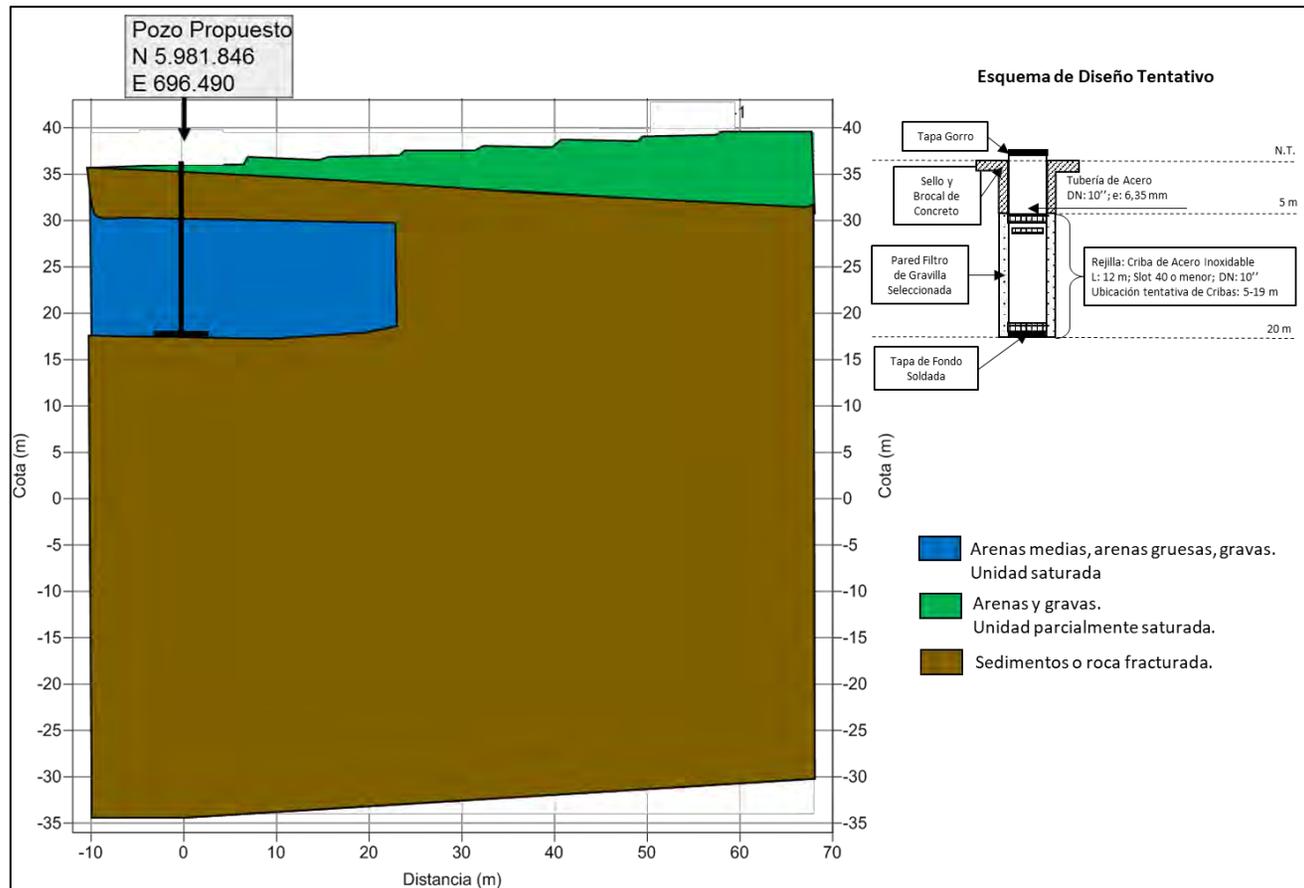
Figura 318. Propuesta de captación y diseño tentativo - La Orilla.



6.1.3 Sector La Orilla 4

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 319 se estima que una captación tipo sondaje de 20 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 1,6 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 12 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

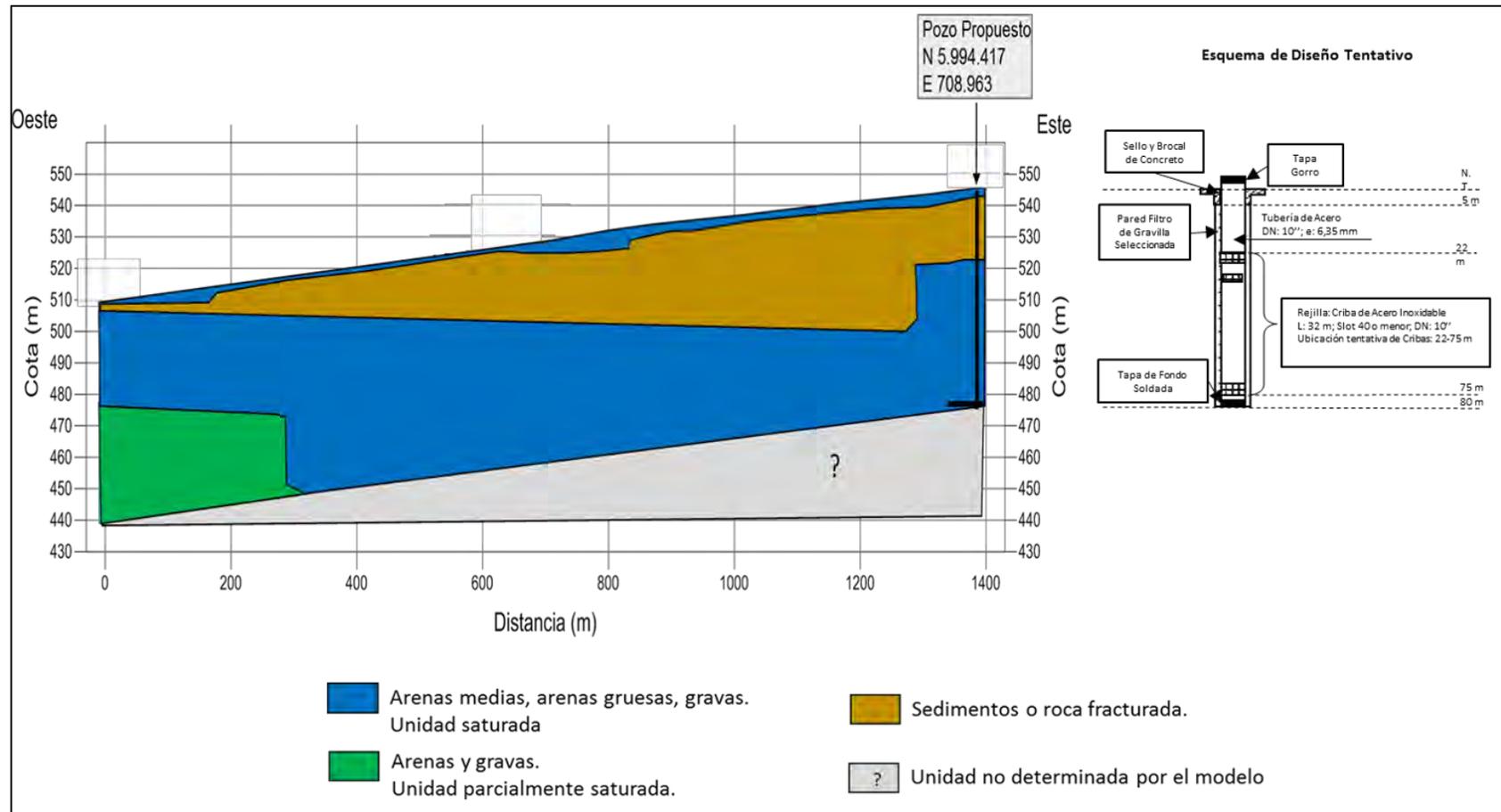
Figura 319. Propuesta de captación y diseño tentativo - La Orilla.



6.1.4 Sector El Tollo

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 320 se estima que una captación tipo sondaje de 80 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 2,5 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 32 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

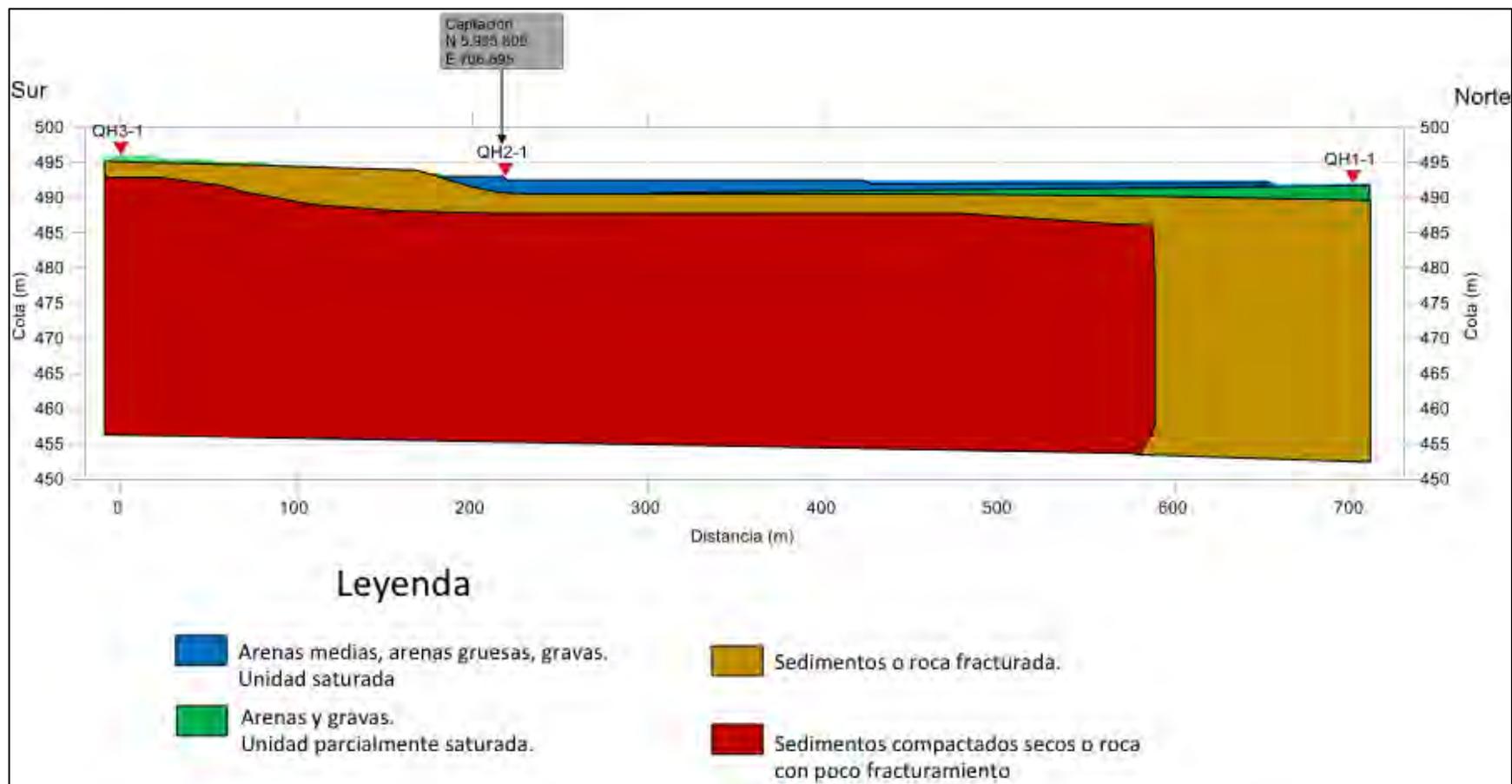
Figura 320. Propuesta de captación y diseño tentativo - El Tollo.



6.1.5 Sector Quebrada Honda

Conforme los datos evaluados, y según la Figura 321, se estima que mediante la construcción de una noria de 3,0 m de profundidad, con una sección de 2x2 m, se permitirá obtener un caudal de 0,4 l/s.

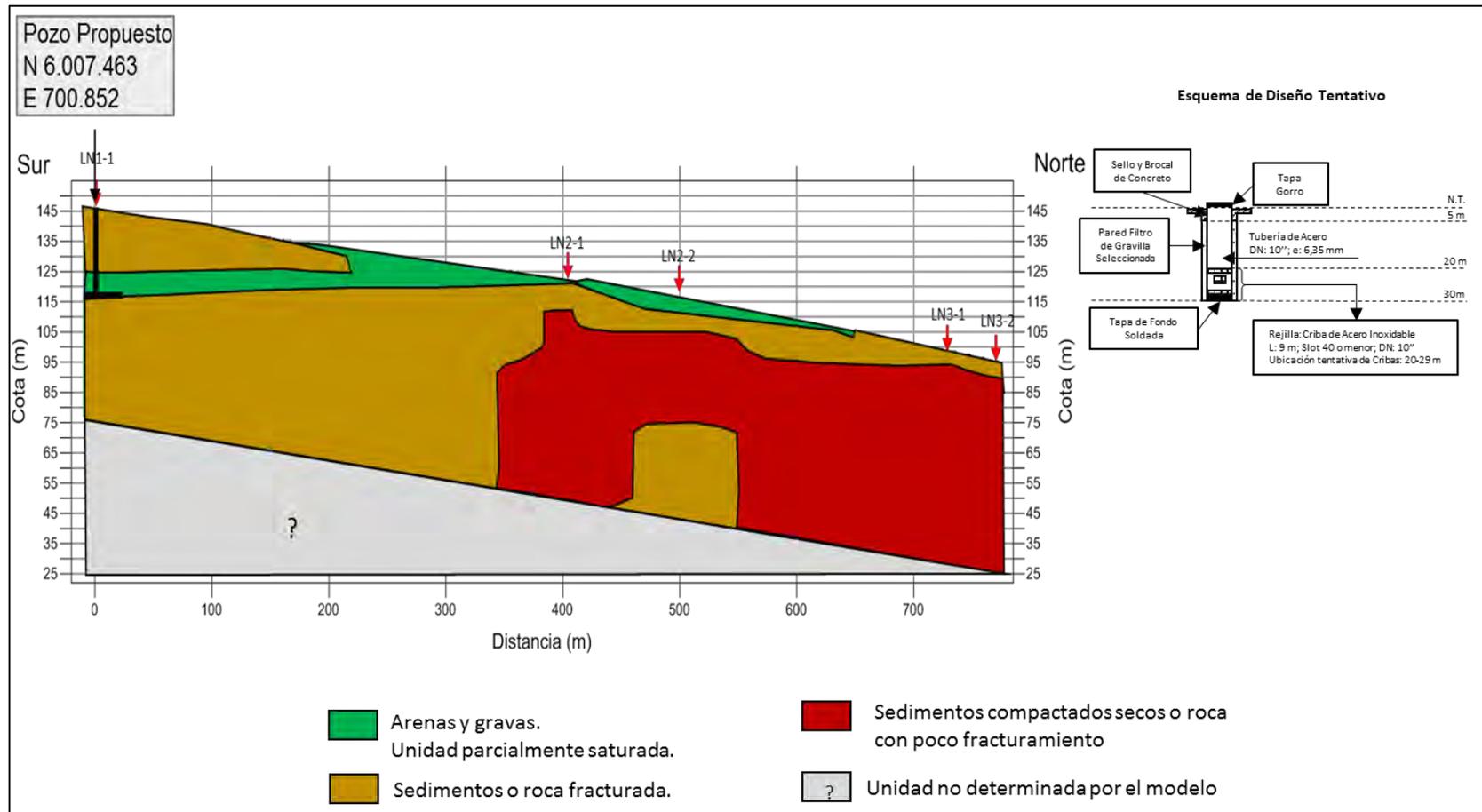
Figura 321. Propuesta de captación - Quebrada Honda.



6.1.6 Sector Loma Negra

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 322 se estima que una captación tipo sondaje de 30 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 0,3 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 9 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

Figura 322. Propuesta de captación y diseño tentativo - Loma Negra

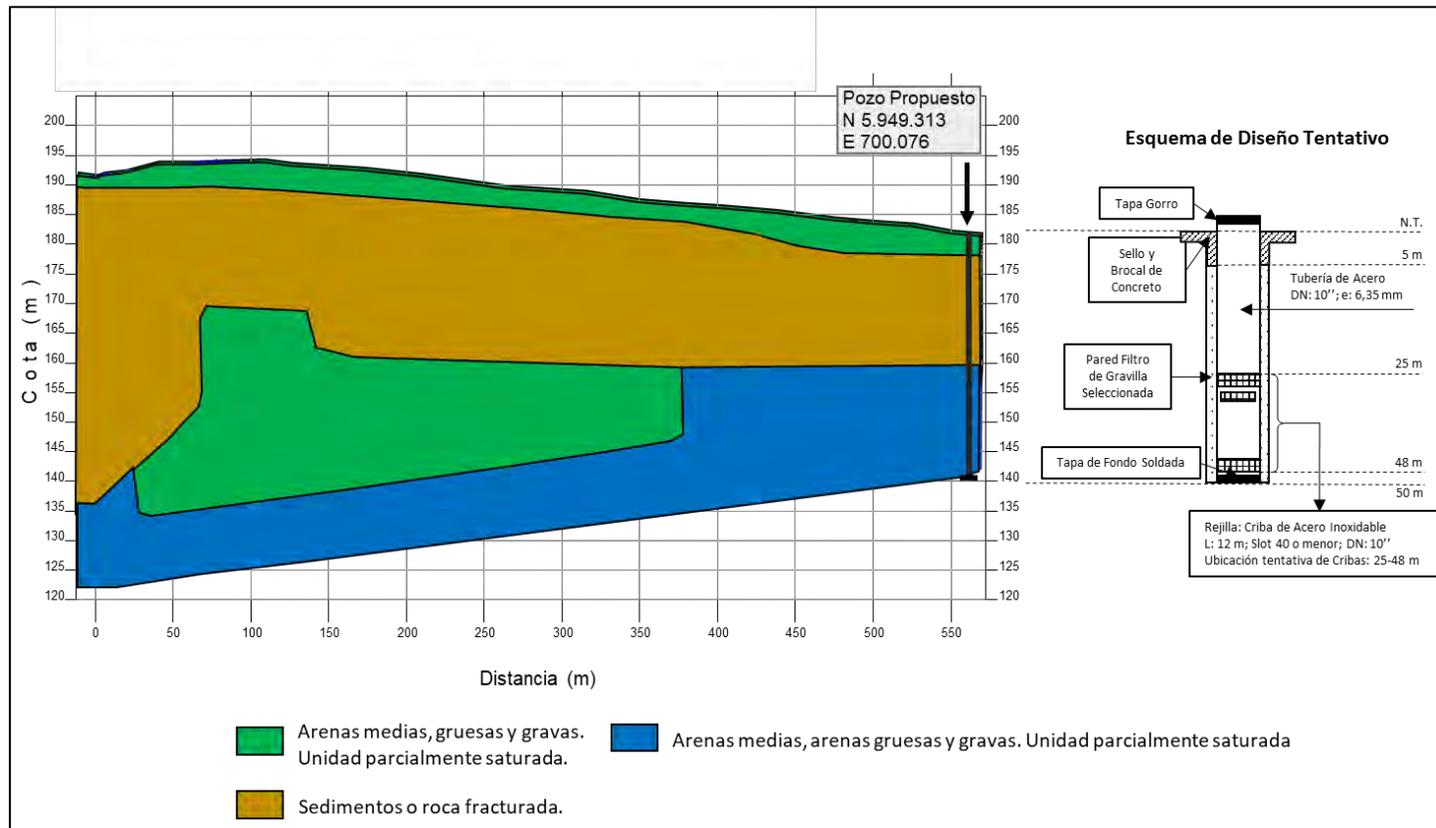


6.2 Comuna Coelemu:

6.2.1 Sector Ranguillo

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 323, se estima que una captación tipo sondaje de 50 m de profundidad o hasta encontrar roca, permitirá obtener un caudal del orden de 2,0 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 21 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

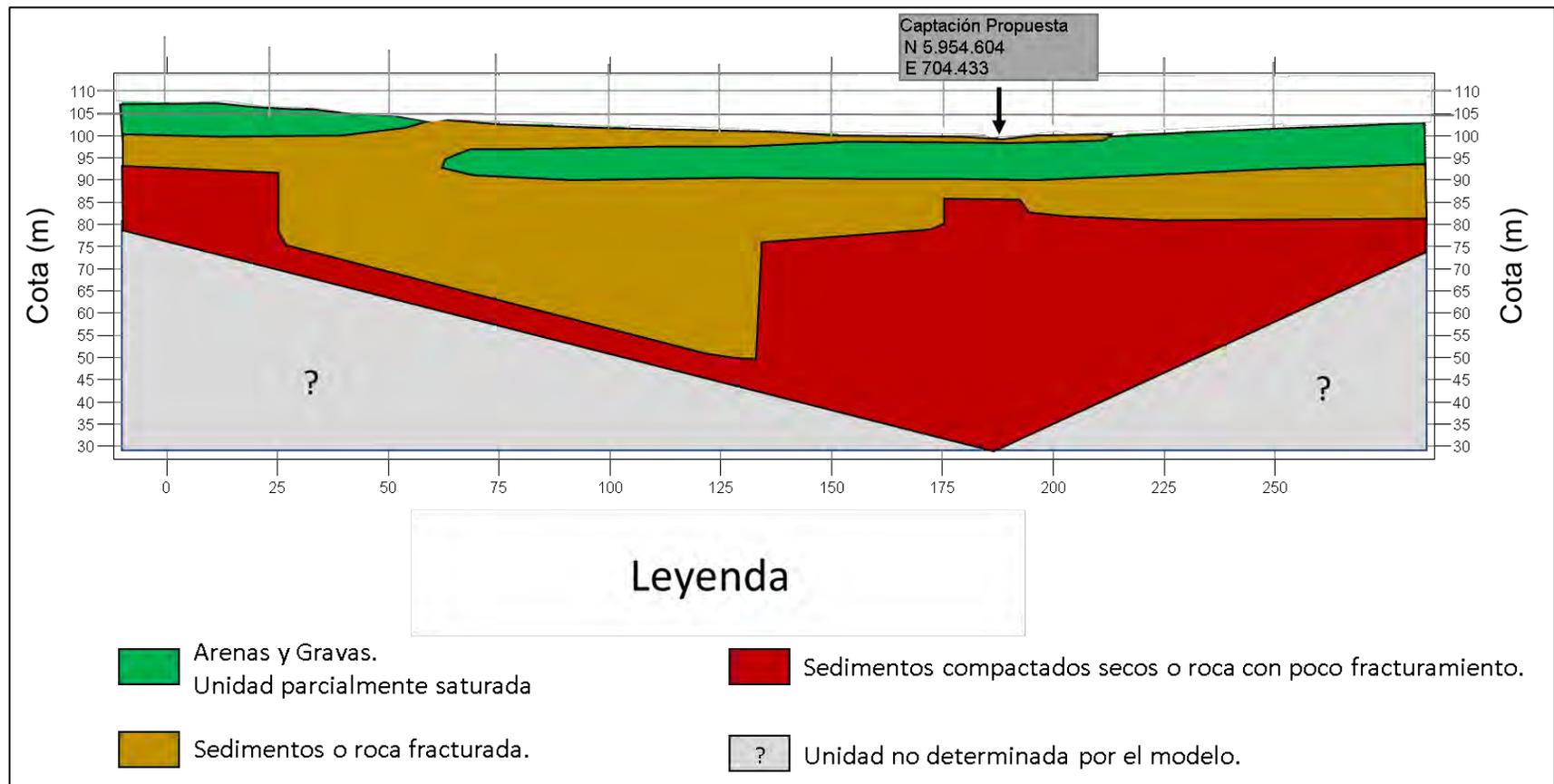
Figura 323. Propuesta de captación y diseño tentativo - rínguelo.



6.2.2 Sector Caravanchel:

Conforme los datos evaluados, y según la Figura 324, se estima que una captación mediante un sistema de malla de 10 punteras permitiría otorgar un caudal de 1,3 l/s.

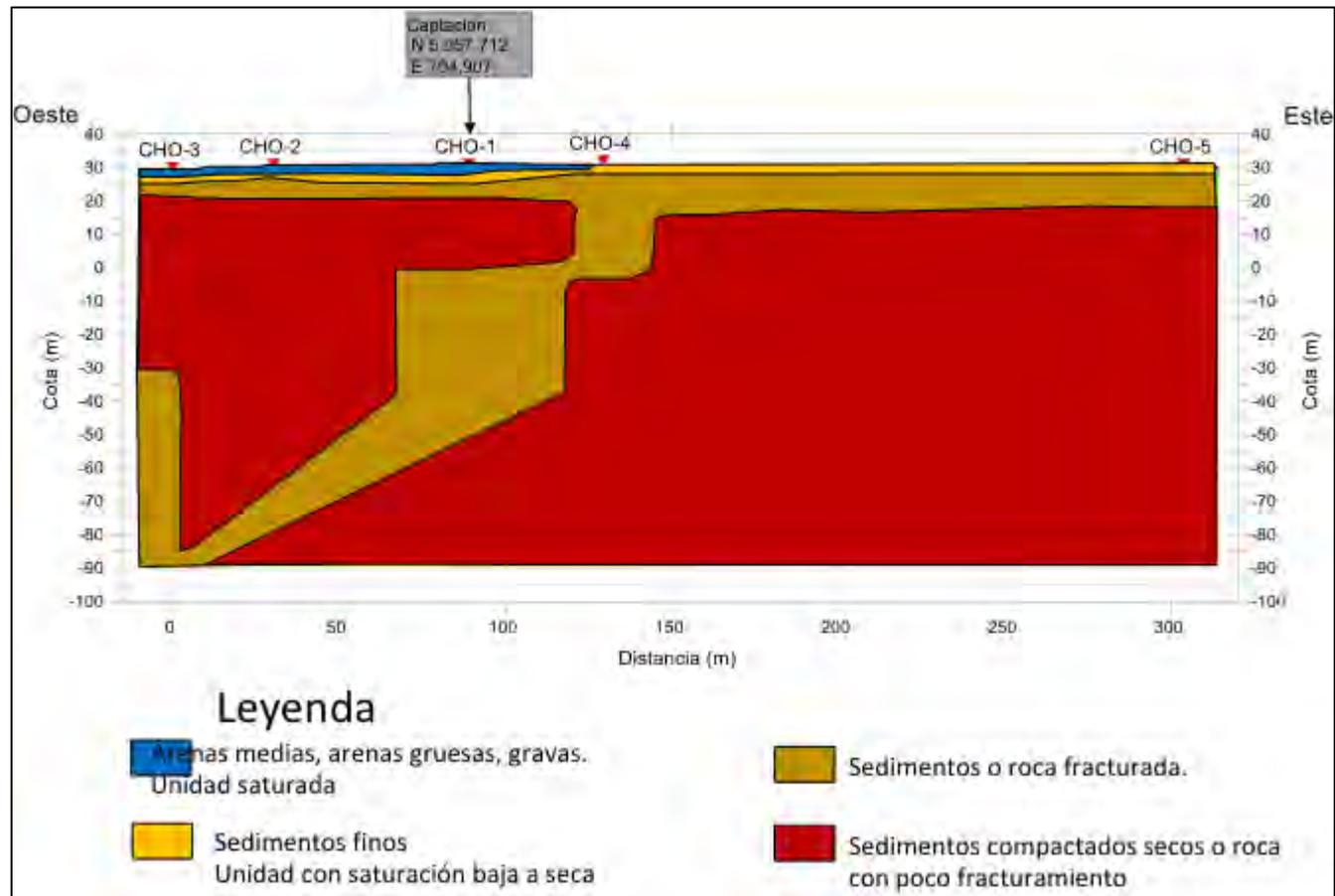
Figura 324. Propuesta de captación- Caravanchel.



6.2.3 Sector Chorrillos:

Conforme los datos evaluados y según se muestra en la Figura 325, se estima que una captación mediante un sistema de malla de 8 punteras hincadas a 4,5 m de profundidad permitiría otorgar un caudal de 0,8 l/s.

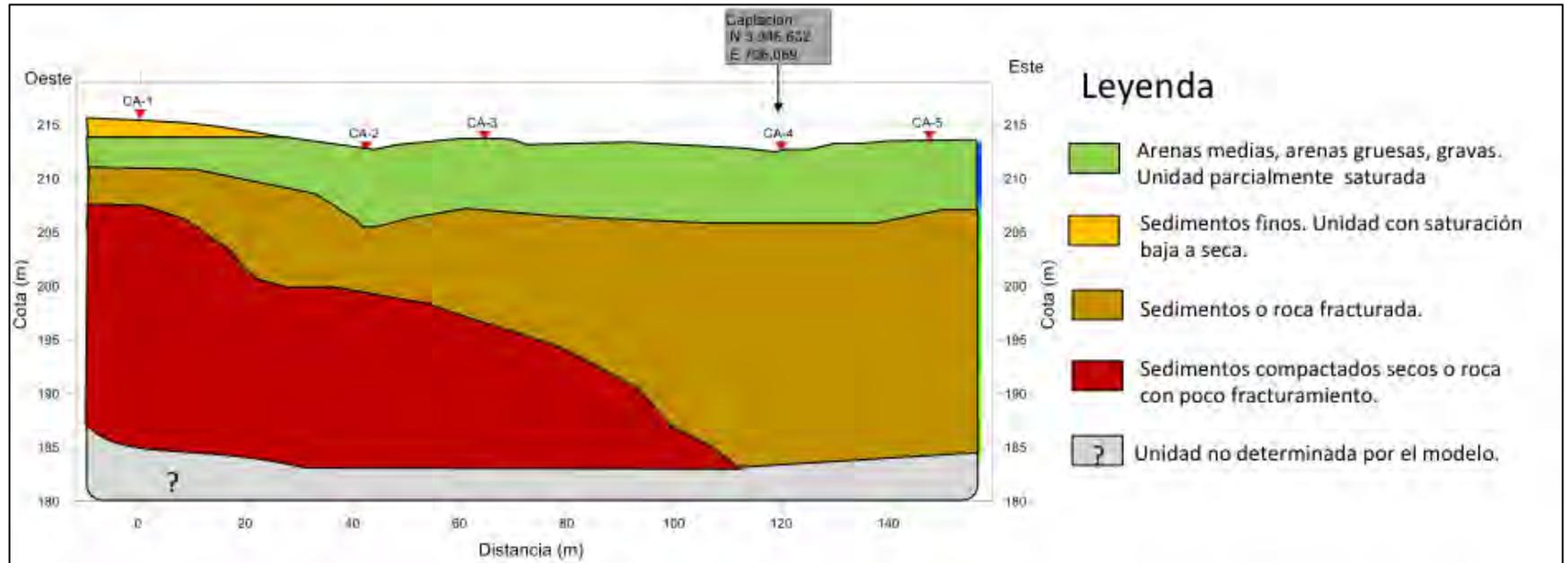
Figura 325. Propuesta de captación- Chorrillos



6.2.4 Sector Los Castaños

Conforme los datos evaluados y según la Figura 326, se estima que mediante la construcción de una noria de 8,0 m de profundidad, con una sección de 2x2 m, se permitirá obtener un caudal de 0,5 l/s.

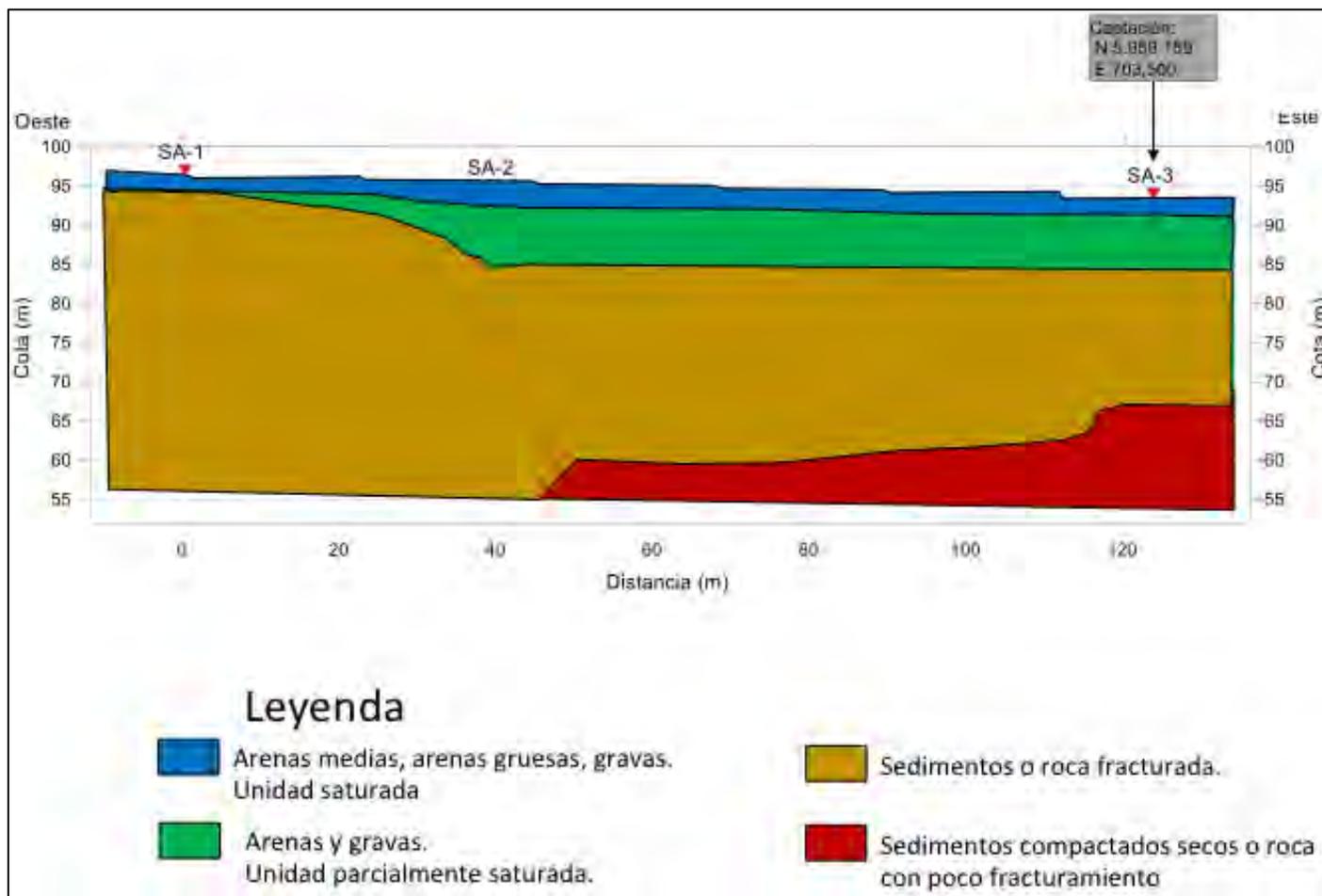
Figura 326. Propuesta de captación - Los Castaños.



6.2.5 Sector San Ambrosio

Conforme los datos evaluados y según la Figura 327, se estima que una captación mediante un sistema de malla de 8 punteras hincadas a 2,0 m de profundidad permitiría otorgar un caudal de 0,4 l/s.

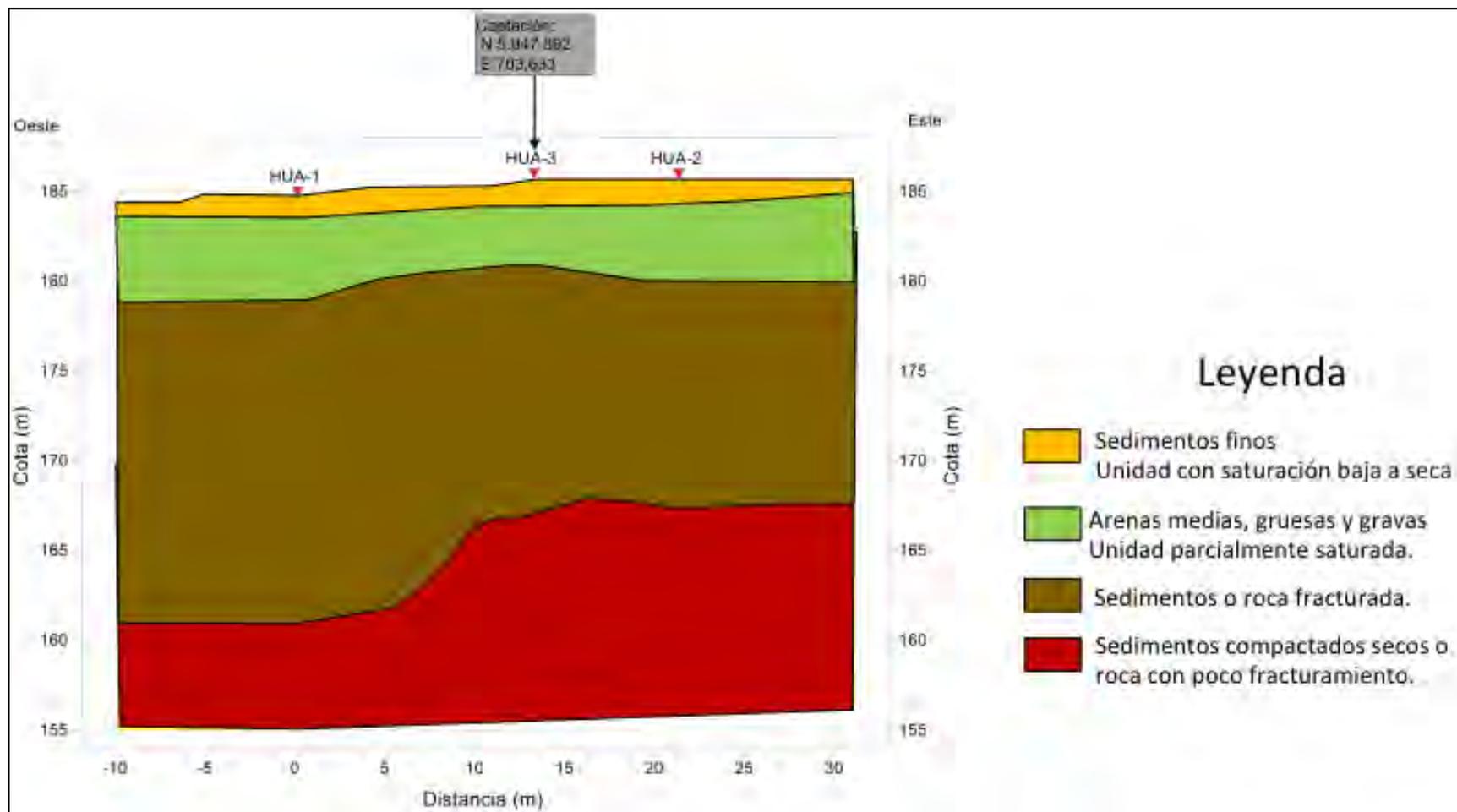
Figura 327. Propuesta de captación - San Ambrosio.



6.2.6 Sector Huaro

Conforme los datos evaluados y según la Figura 328, se estima que mediante la construcción de una noria de 6,0 m de profundidad, con una sección de 2x2 m, se permitirá obtener un caudal de 0,5 l/s.

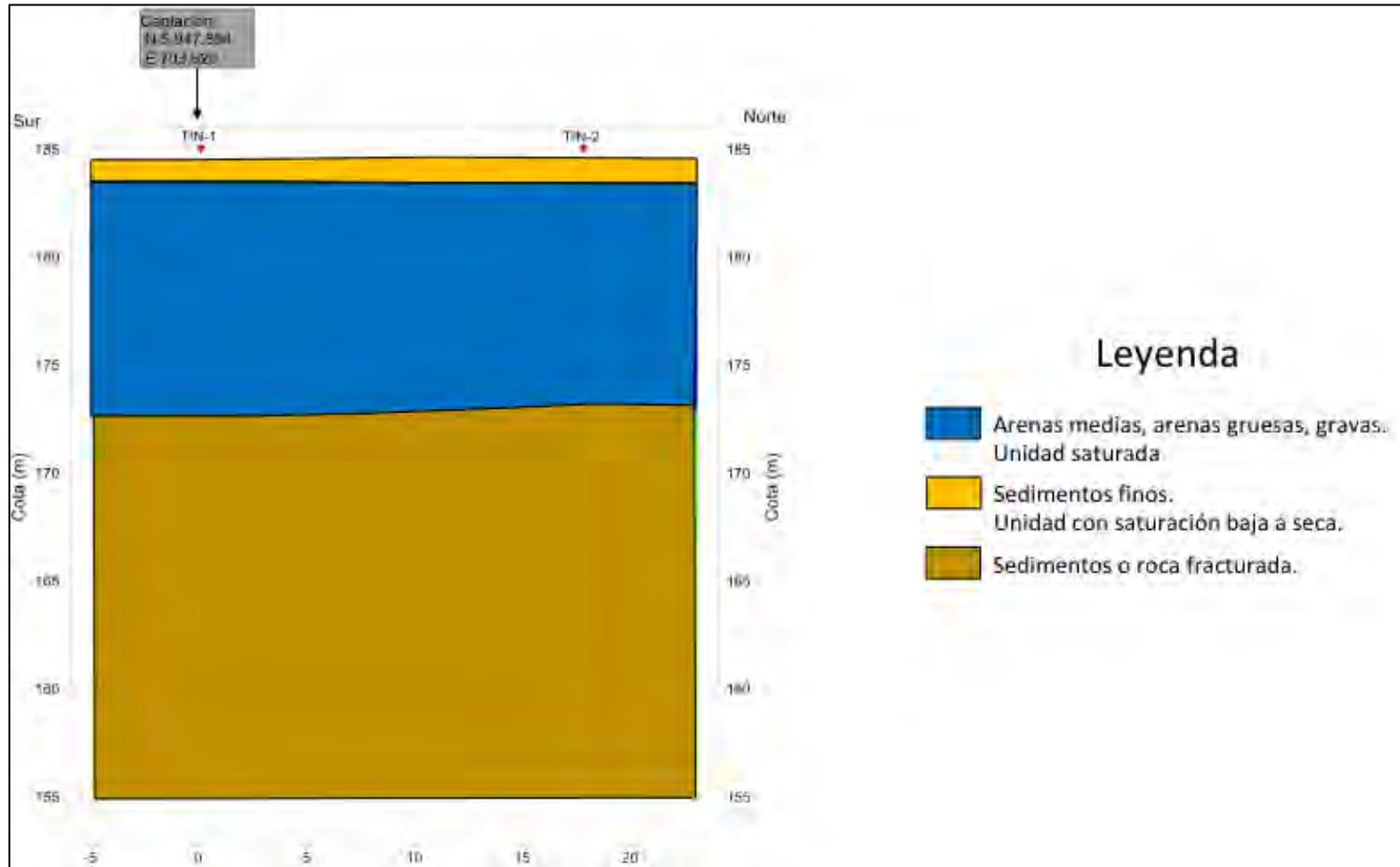
Figura 328. Propuesta de captación - Huaro.



6.2.7 Sector Tinajacura

Conforme los datos evaluados y según la Figura 329, se estima que mediante la construcción de una noria de 13,0 m de profundidad, con una sección de 2x2 m, se permitirá obtener un caudal de 1,2 l/s.

Figura 329. Propuesta de captación - Tinajacura.

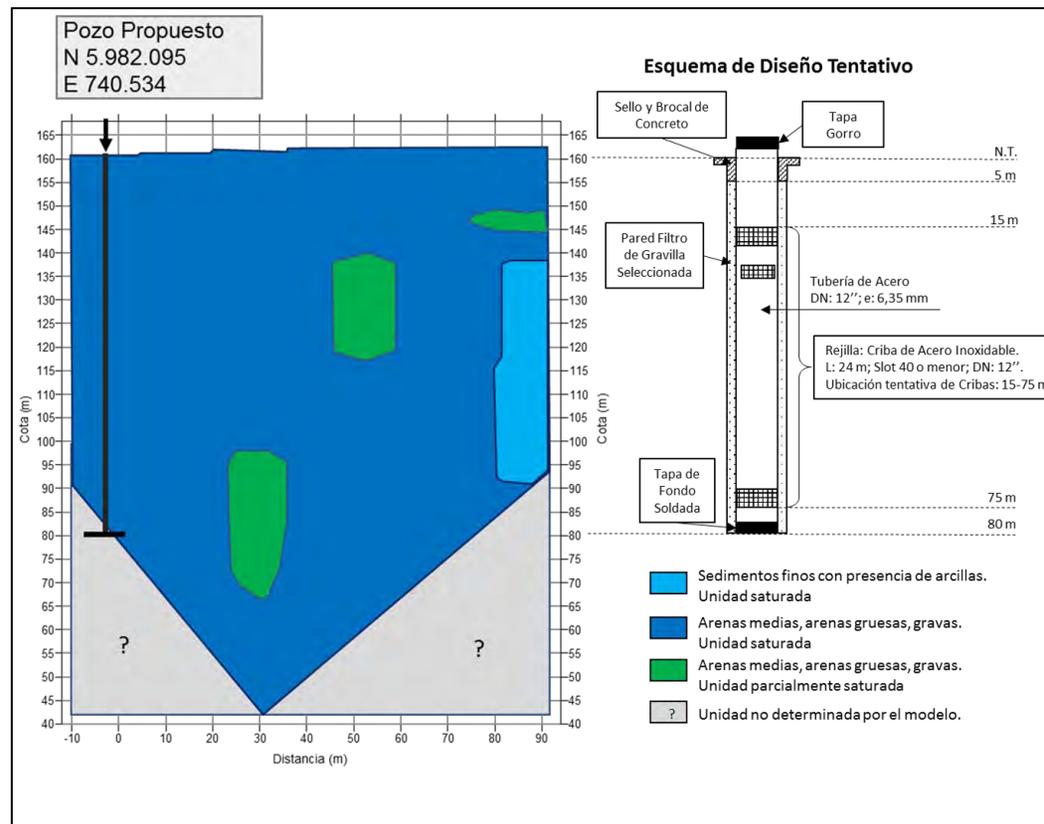


6.3 Comuna Ninhue:

6.3.1 Sector Talhuan:

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 330, se estima que una captación tipo sondaje de 80 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 3,5 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 12" de diámetro y 24 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

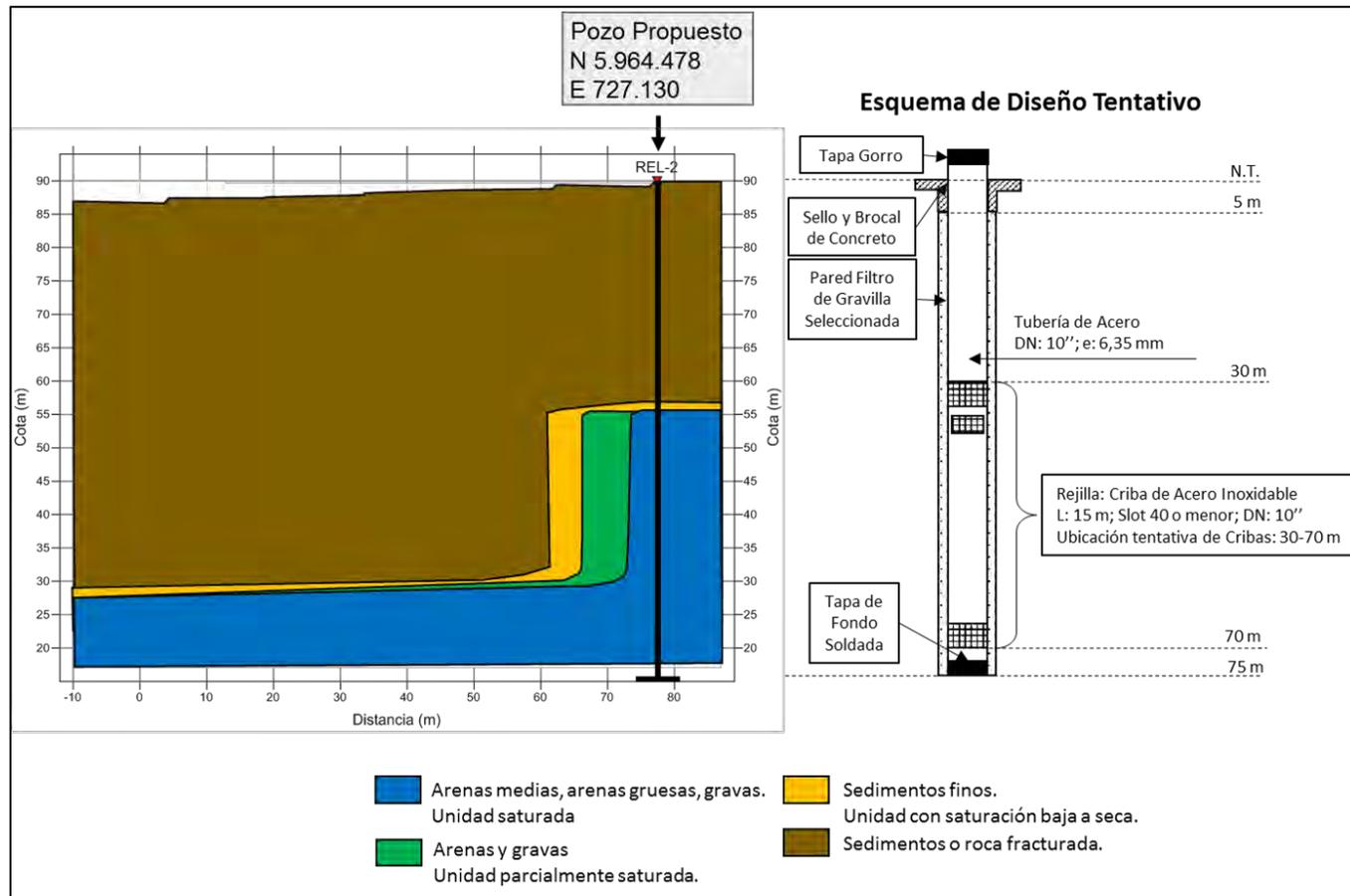
Figura 330. Propuesta de captación y diseño tentativo - Talhuan.



6.3.2 Sector Reloca:

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 331, se estima que una captación tipo sondaje de 75 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 2,6 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 15 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

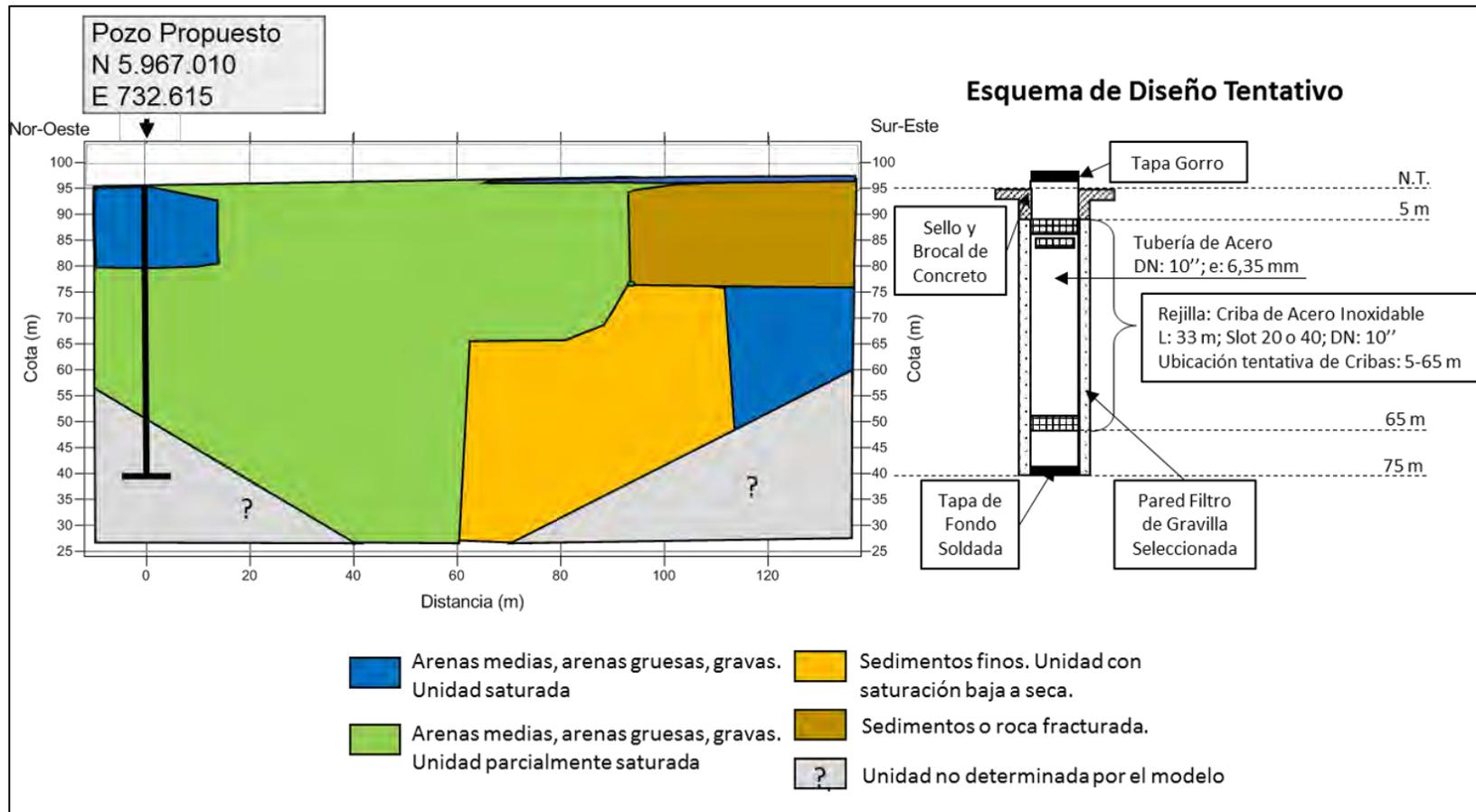
Figura 331. Propuesta de captación y diseño tentativo - Reloca.



6.3.3 Sector La Posta:

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 332, se estima que una captación tipo sondaje de 75,0 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 1,5 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 33 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

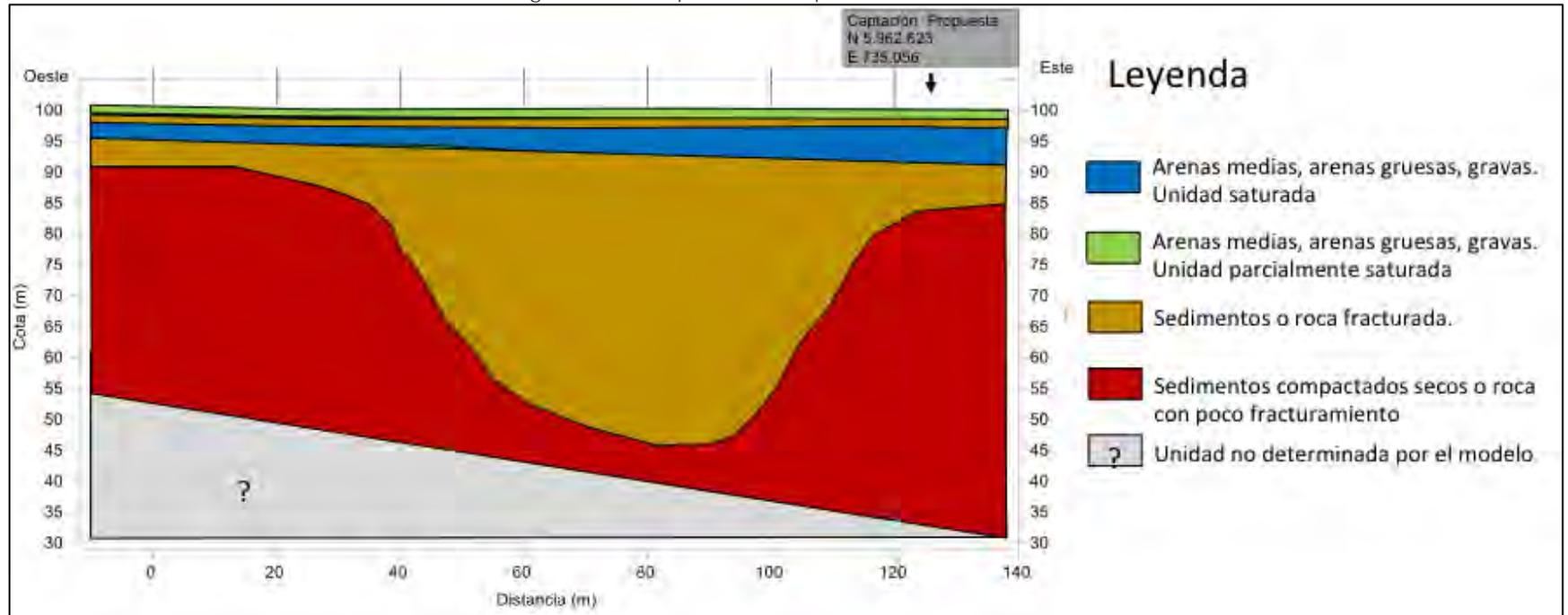
Figura 332. Propuesta de captación y diseño tentativo – La Posta.



6.3.4 Sector Hualte 2

Conforme los datos evaluados y según la Figura 333, se estima que mediante la construcción de una noria de 10,0 m de profundidad, con una sección de 2x2 m, se permitirá obtener un caudal de 0,5 l/s.

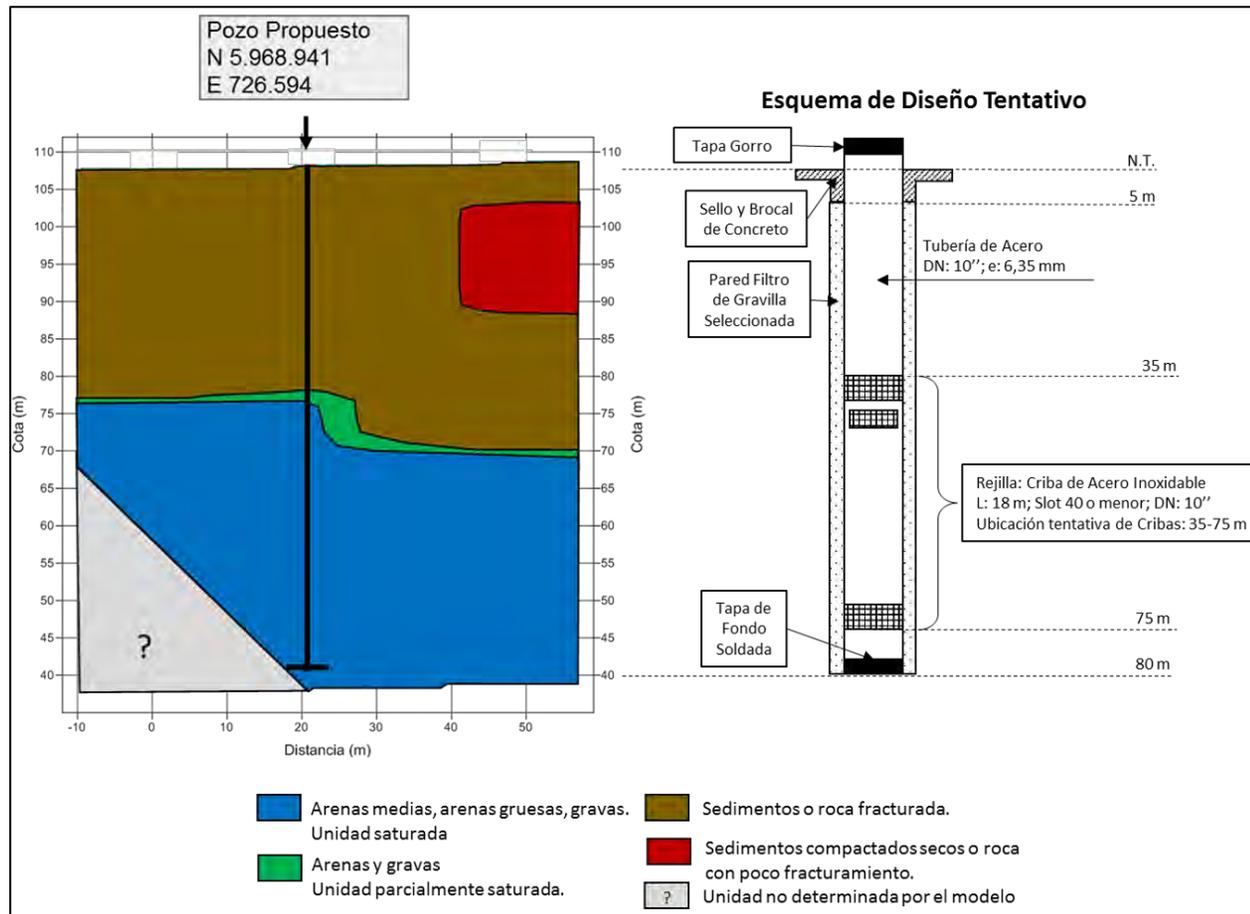
Figura 333. Propuesta de captación - Hualte 2.



6.3.5 Sector San Juan:

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 334, se estima que una captación tipo sondaje de 80 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 2,6 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 18 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

Figura 334. Propuesta de captación y diseño tentativo - San Juan.

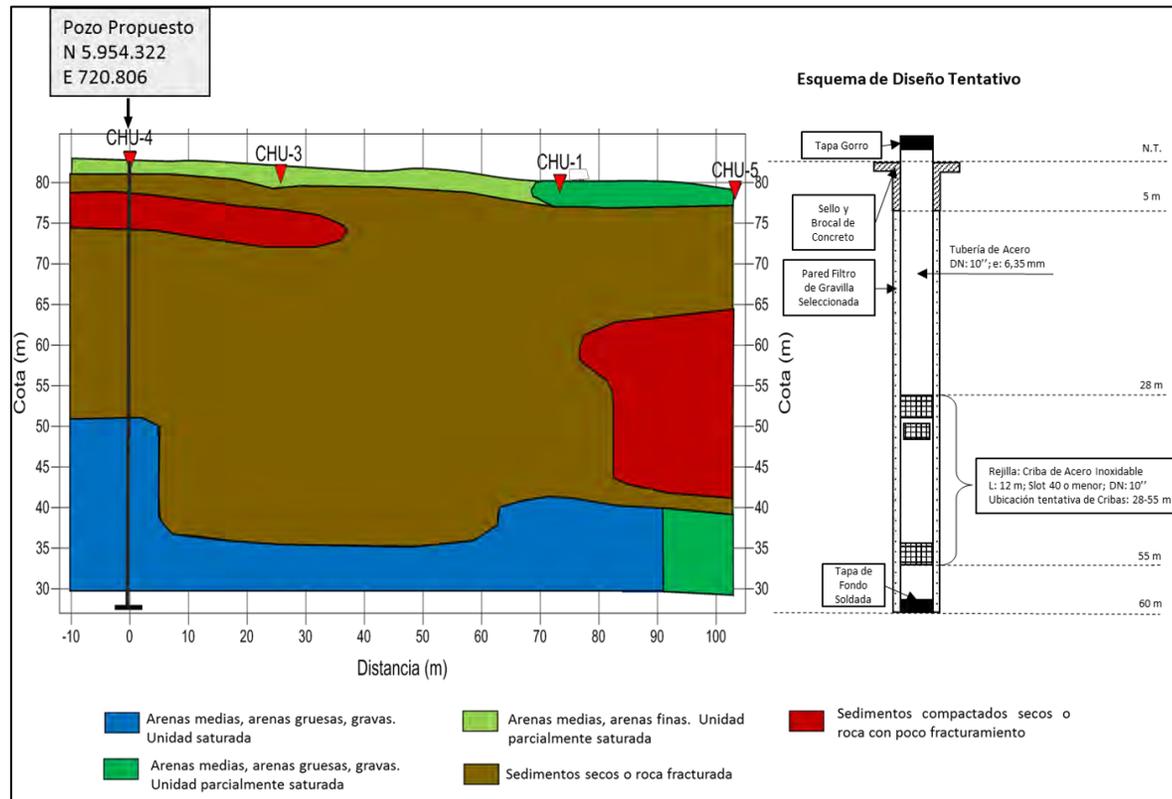


6.4 Comuna Portezuelo:

6.4.1 Sector Chudal 1:

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 335, se estima que una captación tipo sondaje de 60 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 2,0 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 12 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

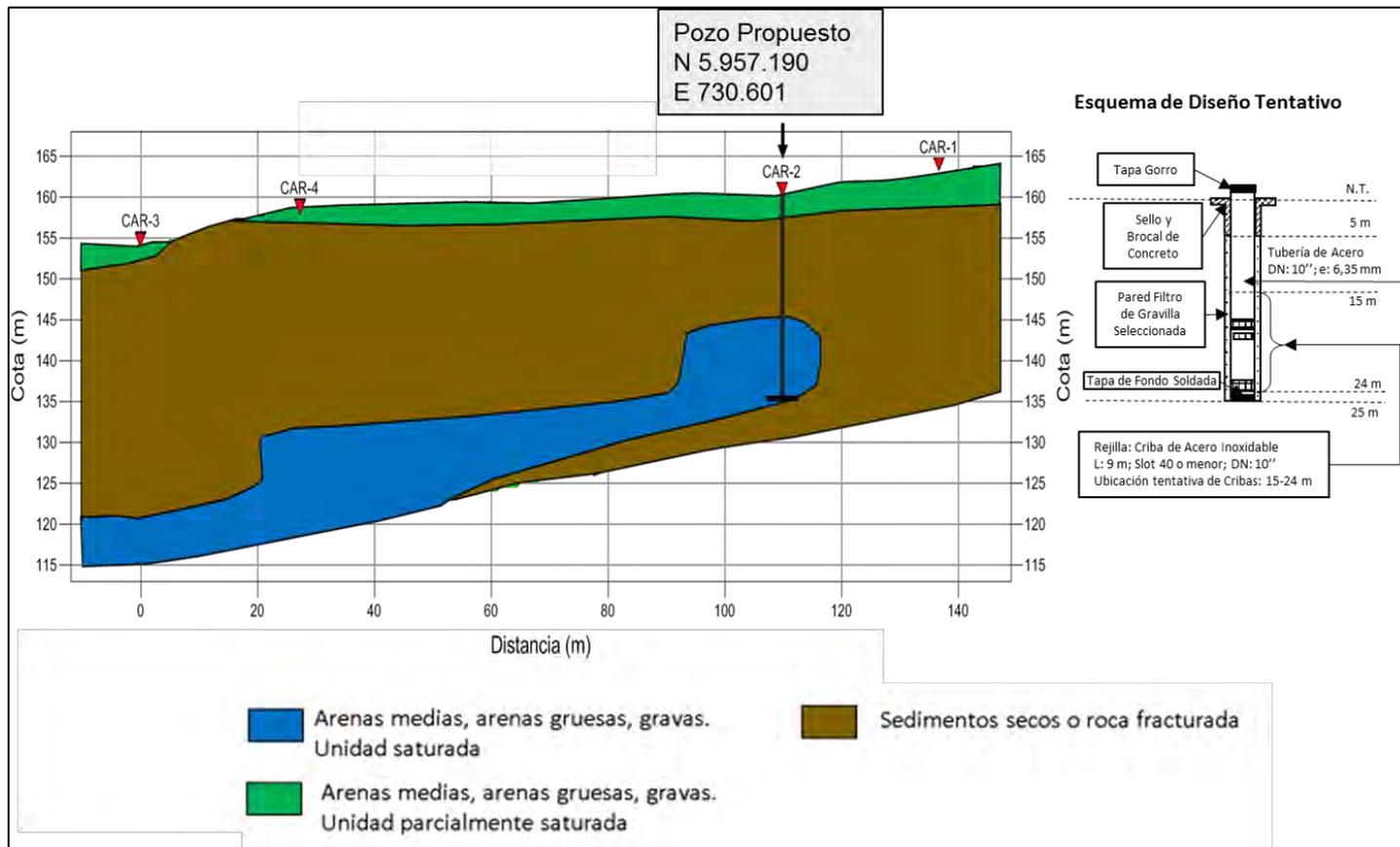
Figura 335. Propuesta de captación y diseño tentativo - Chudal.



6.4.2 Sector Carrullanca:

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 336, se estima que una captación tipo sondaje de 25 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 0,8 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 9 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

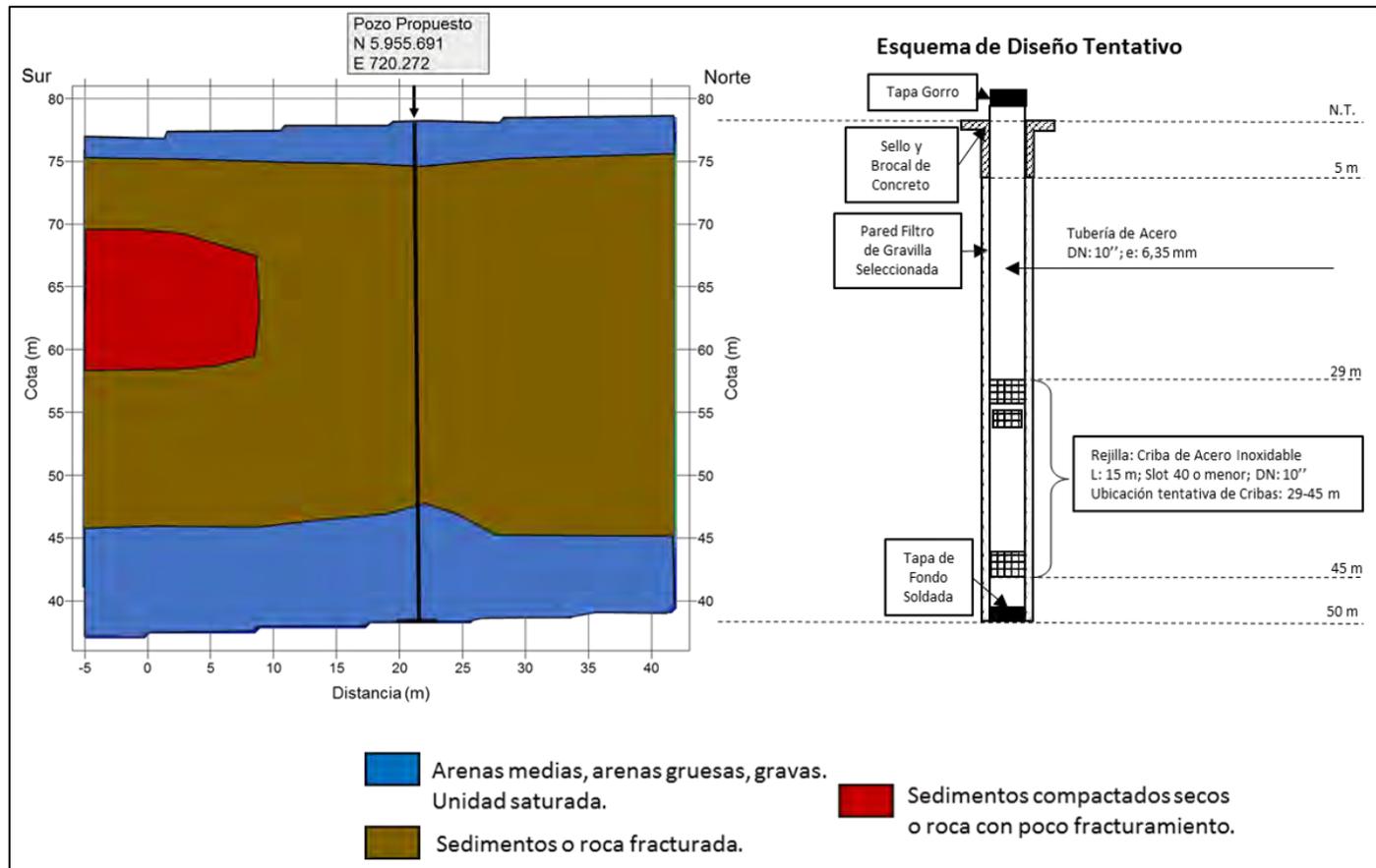
Figura 336. Propuesta de captación y diseño tentativo - Carrullanca.



6.4.3 Sector Trancoyán 2:

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 337, se estima que una captación tipo sondaje de 50 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 1,3 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 15 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

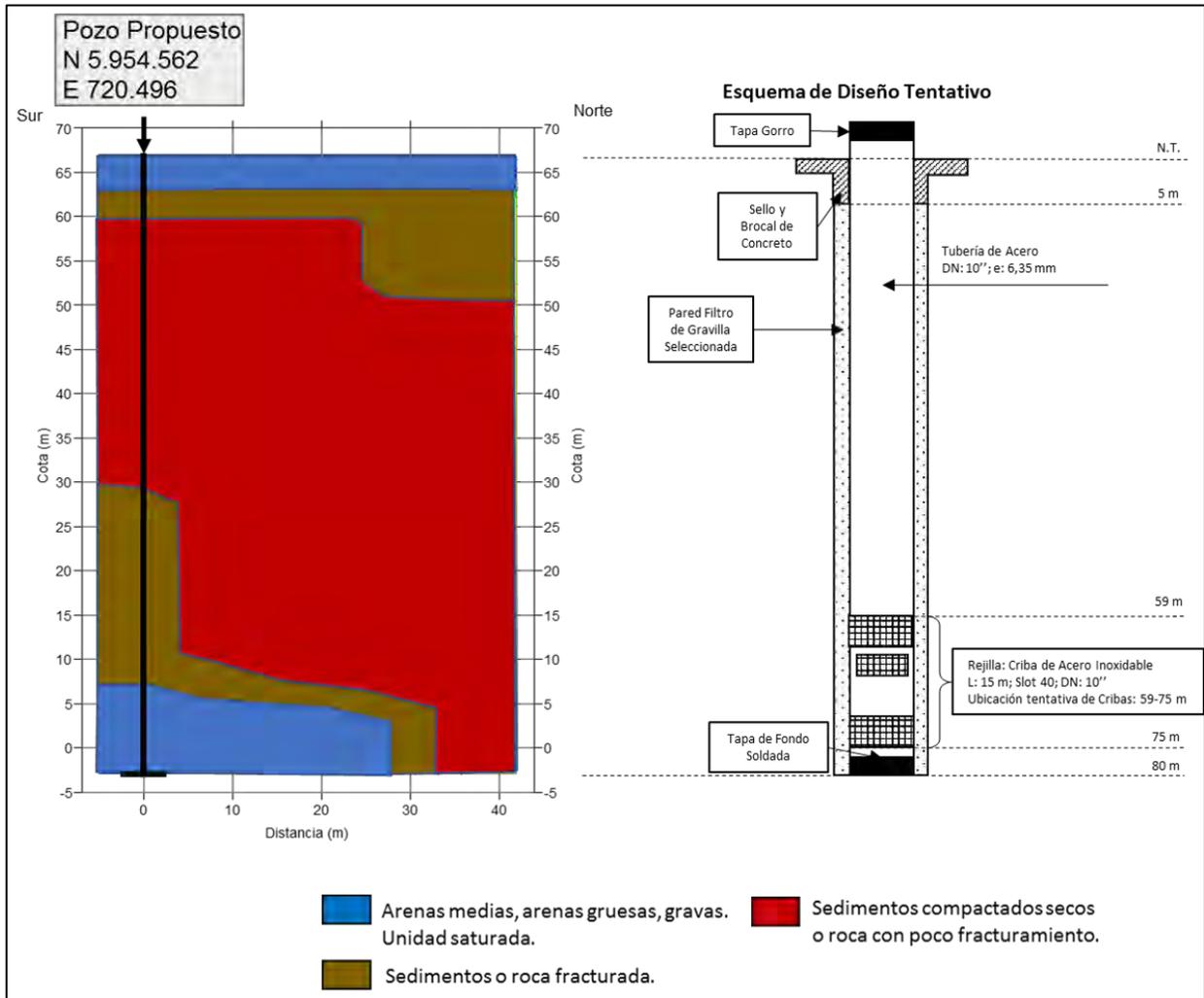
Figura 337. Propuesta de captación y diseño tentativo – Trancoyán 2.



6.4.4 Sector Chudal 2

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 338, se estima que una captación tipo sondaje de 80 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 1,3 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 15 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

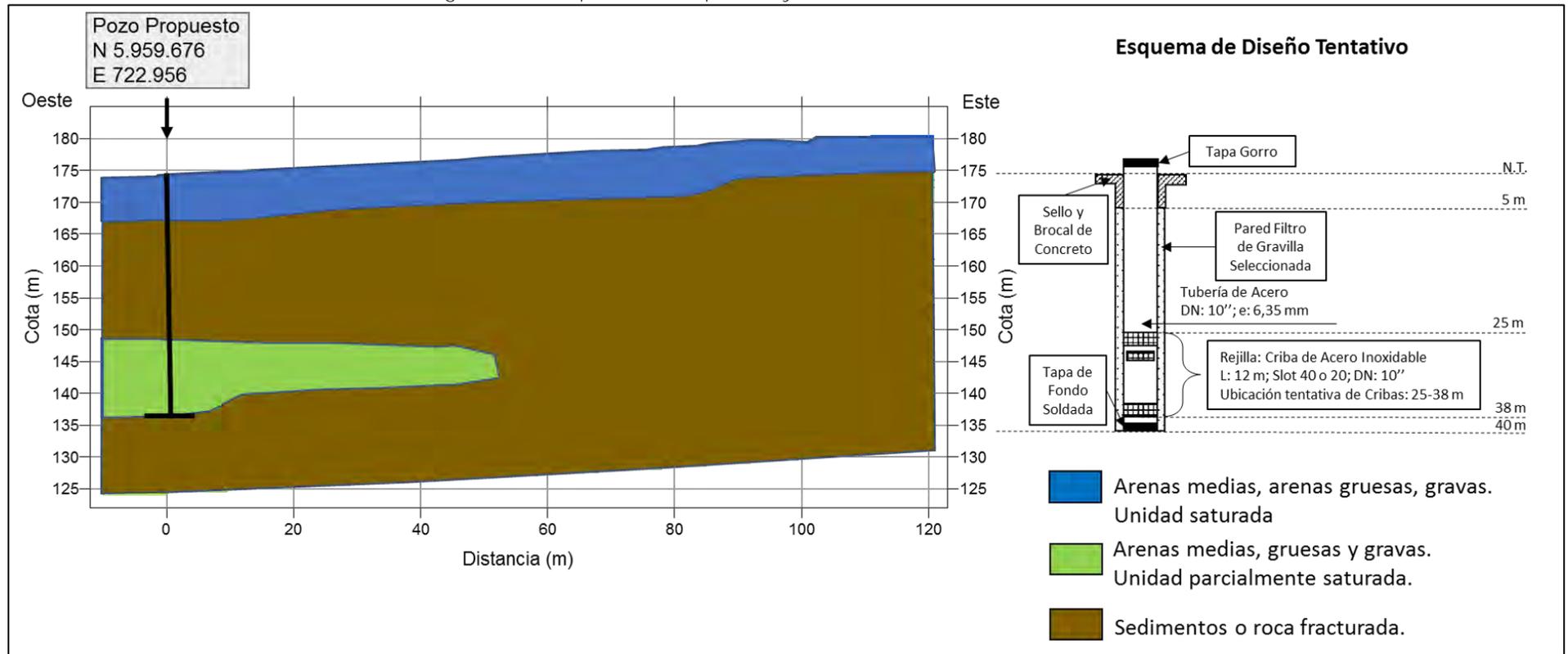
Figura 338. Propuesta de captación y diseño tentativo - Chudal 2.



6.4.5 Sector Huacalemu:

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 339, se estima que una captación tipo sondaje de 40 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 0,8 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 12 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

Figura 339. Propuesta de captación y diseño tentativo – Huacalemu.

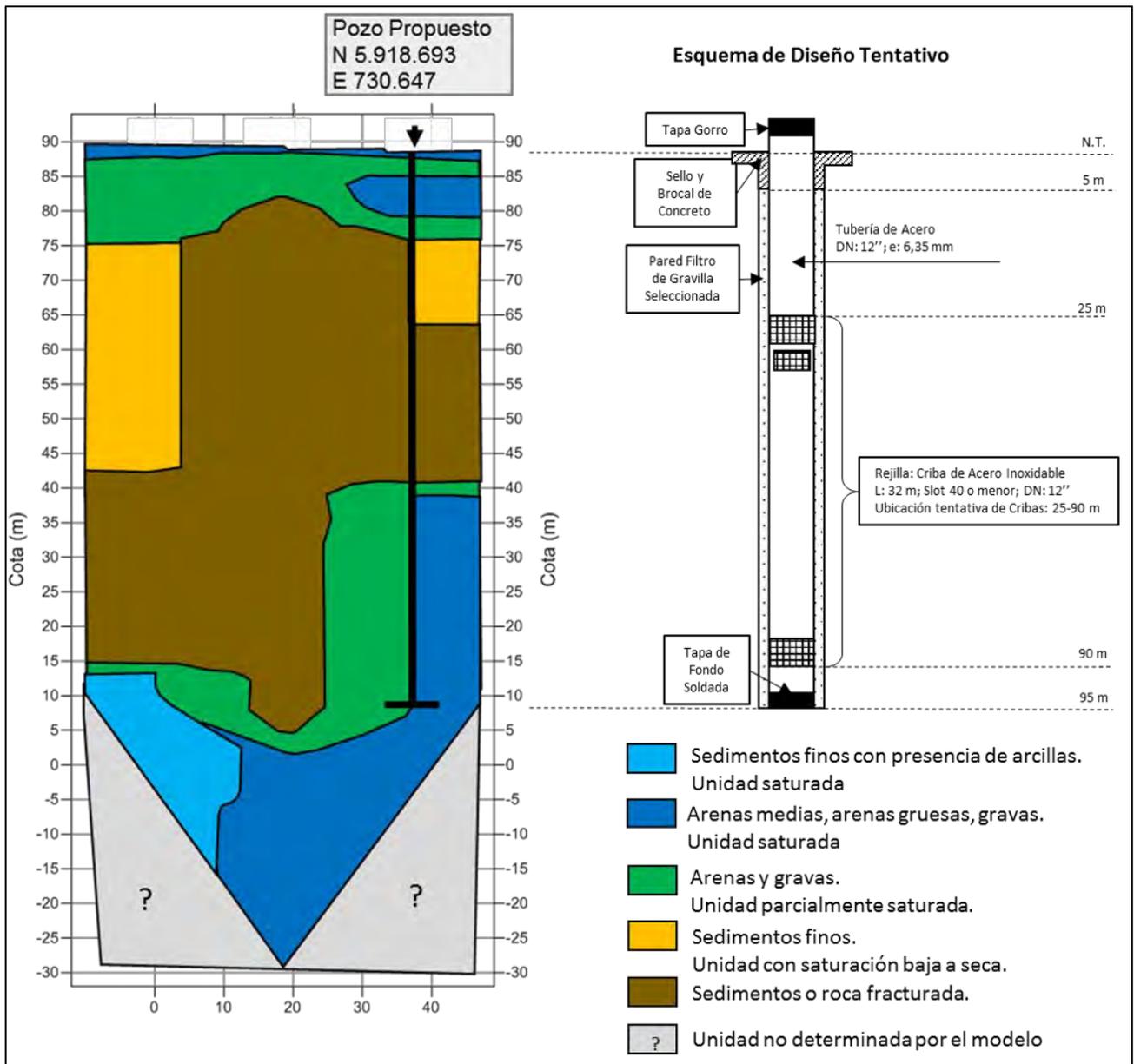


6.5 Comuna Quillón:

6.5.1 Sector El Culbén:

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 340, se estima que una captación tipo sondaje de 95 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 3,6 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 12" de diámetro y 32 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

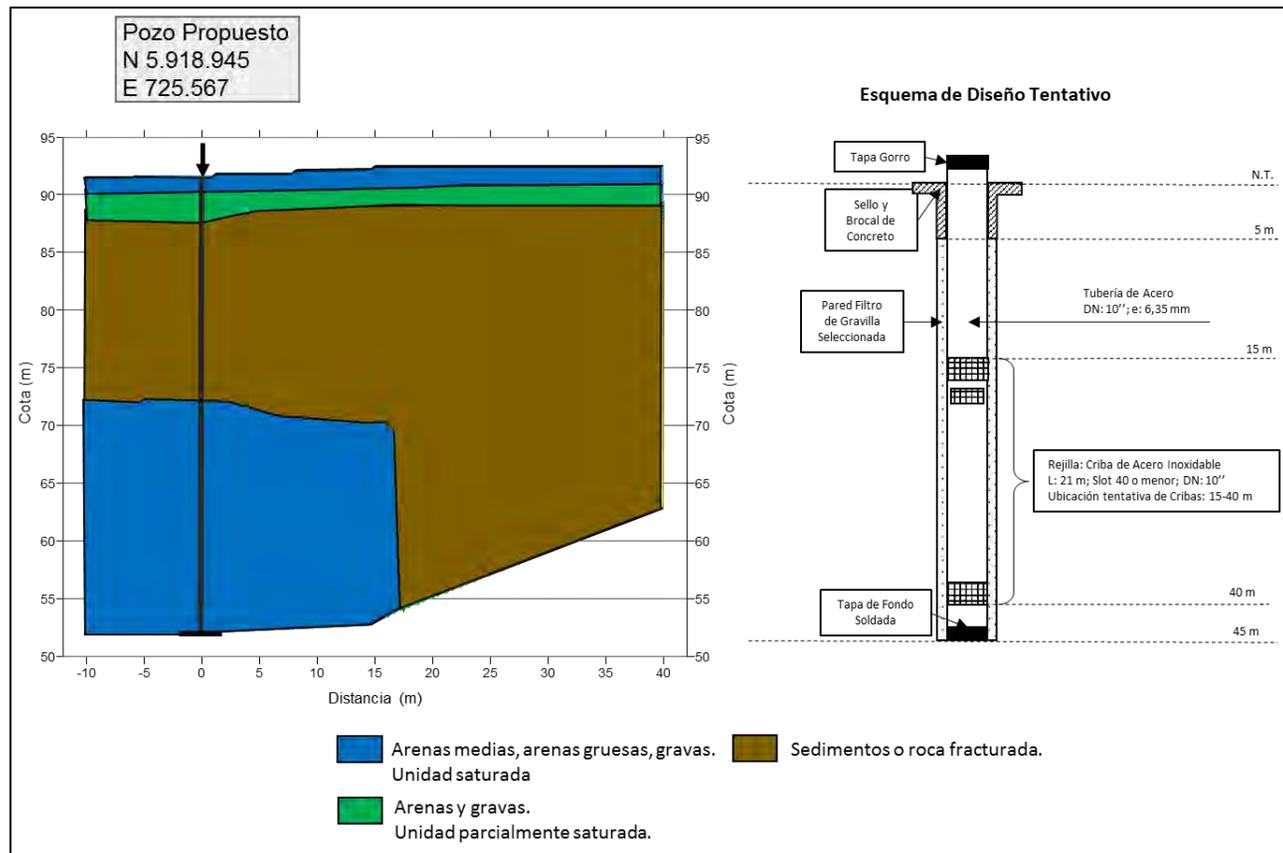
Figura 340. Propuesta de captación y diseño tentativo - El Culbén.



6.5.2 Sector Los Cruceros 1

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 341, se estima que una captación tipo sondaje de 45 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 1,8 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 21 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

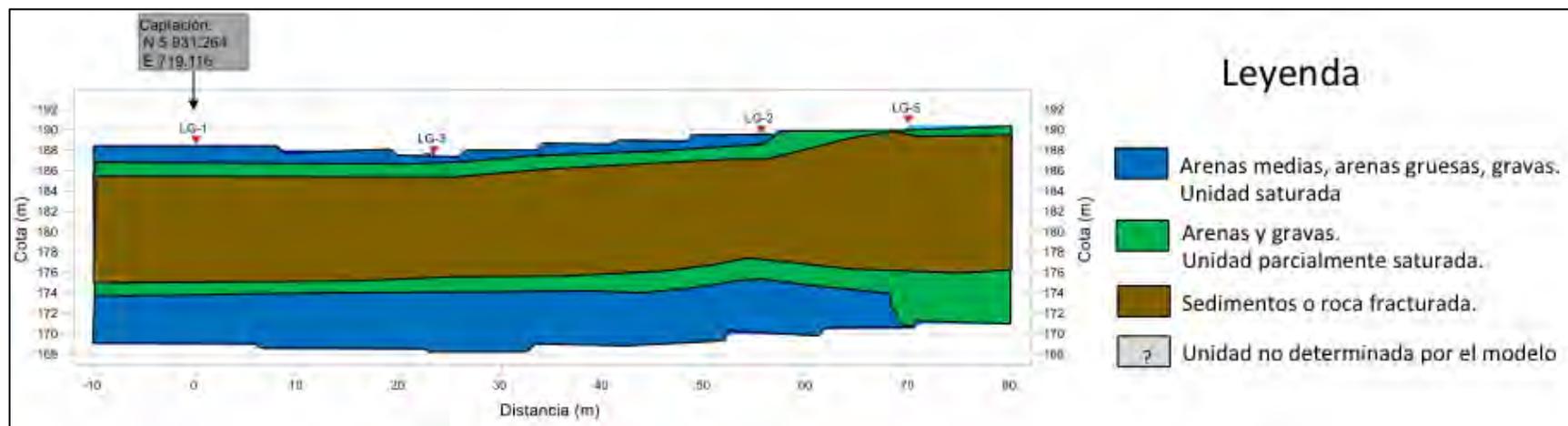
Figura 341. Propuesta de captación y diseño tentativo - Los Cruceros 1.



6.5.3 Sector La Gloria

Conforme los datos evaluados y según la Figura 342, se estima que mediante la construcción de una noria de 20 m de profundidad, con una sección de 2x2 m, se permitirá obtener un caudal de 1,3 l/s.

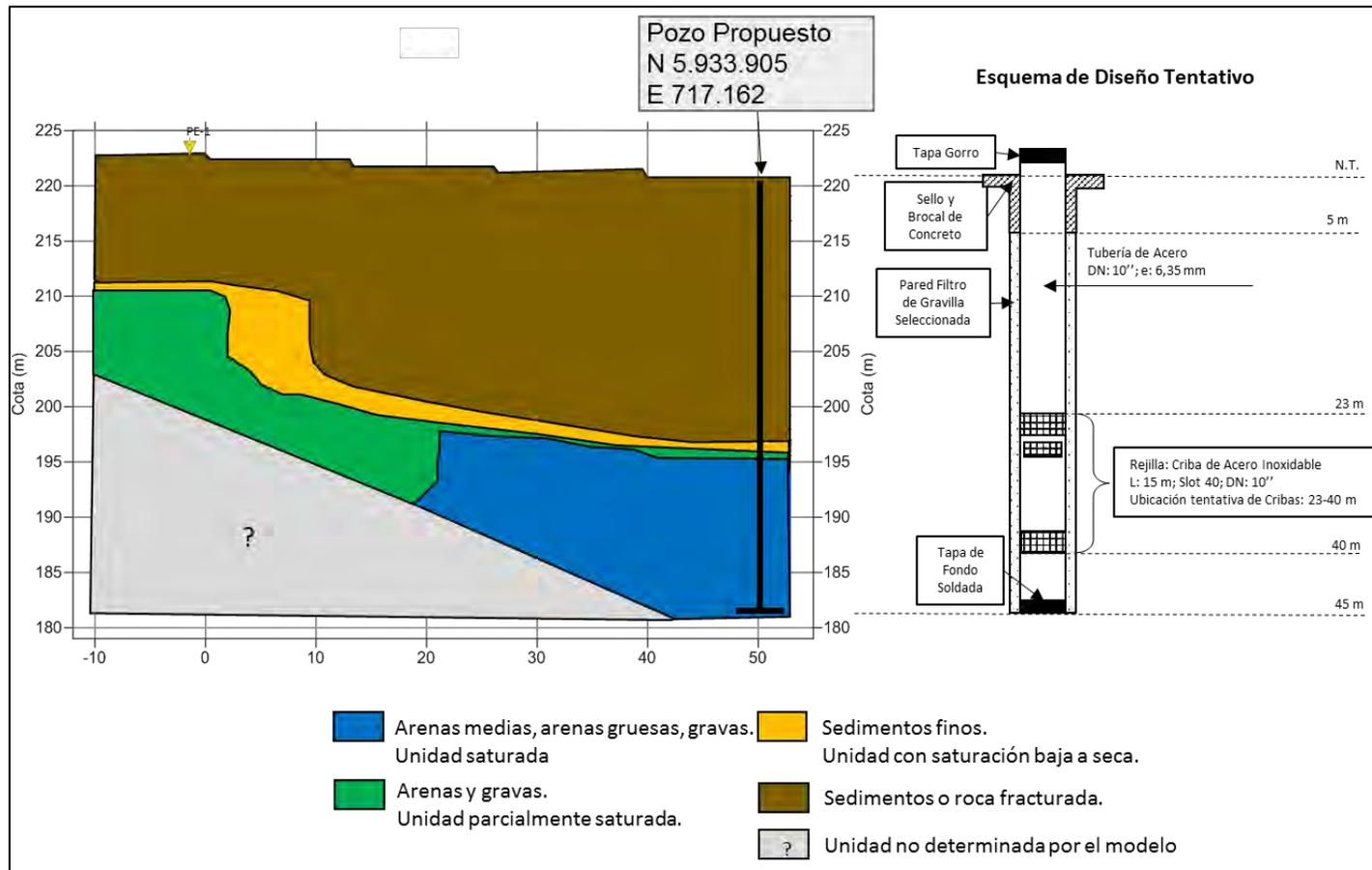
Figura 342. Propuesta de captación - La Gloria.



6.5.4 Sector Peñablanca:

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 343, se estima que una captación tipo sondaje m de 45,0 profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 1,3 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 15 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

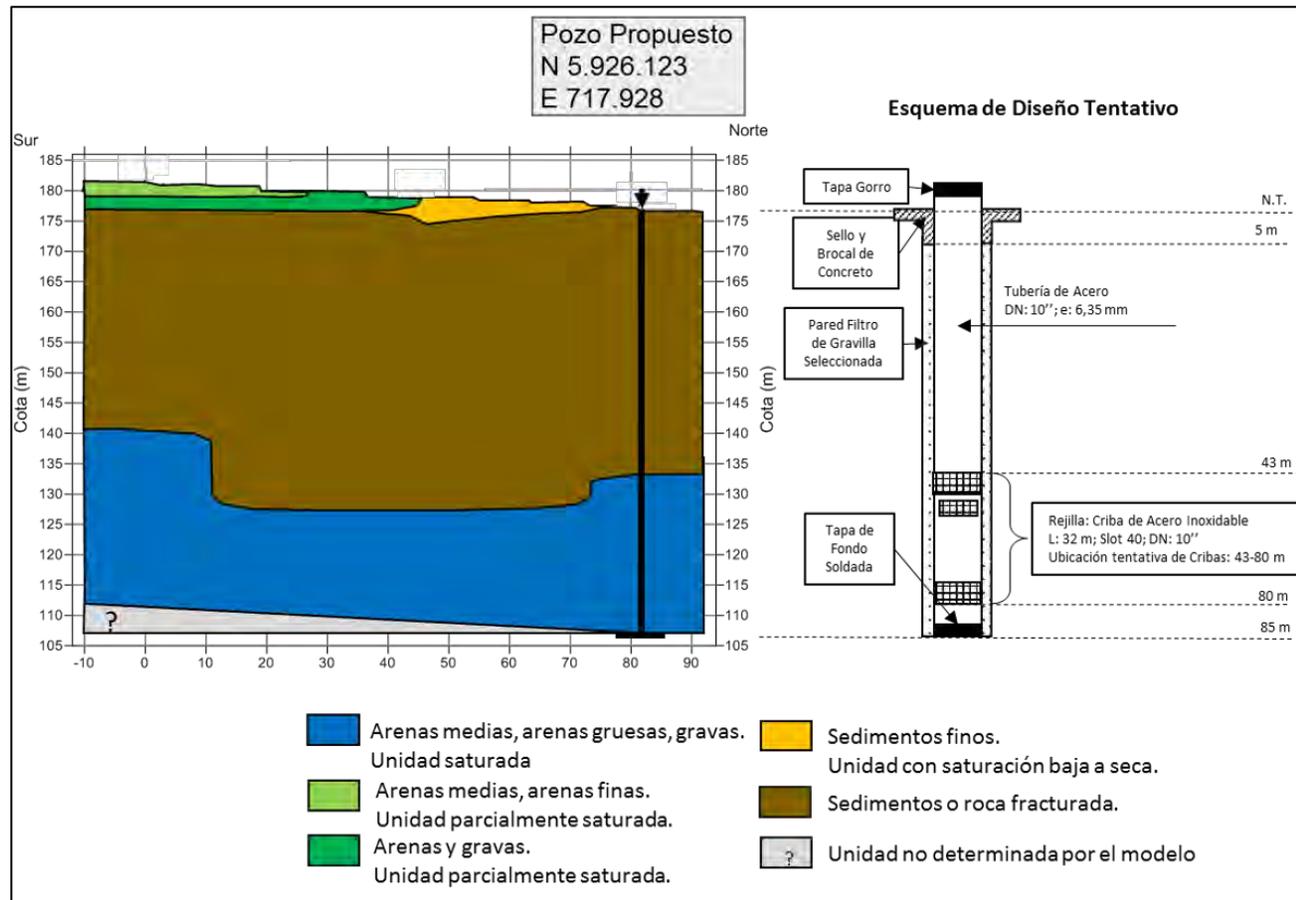
Figura 343. Propuesta de captación y diseño tentativo – Peñablanca



6.5.5 Sector Queime:

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 344, se estima que una captación tipo sondaje m de 85,0 profundidad o hasta encontrar roca, permitirá obtener un caudal del orden de 2,0 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 32 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

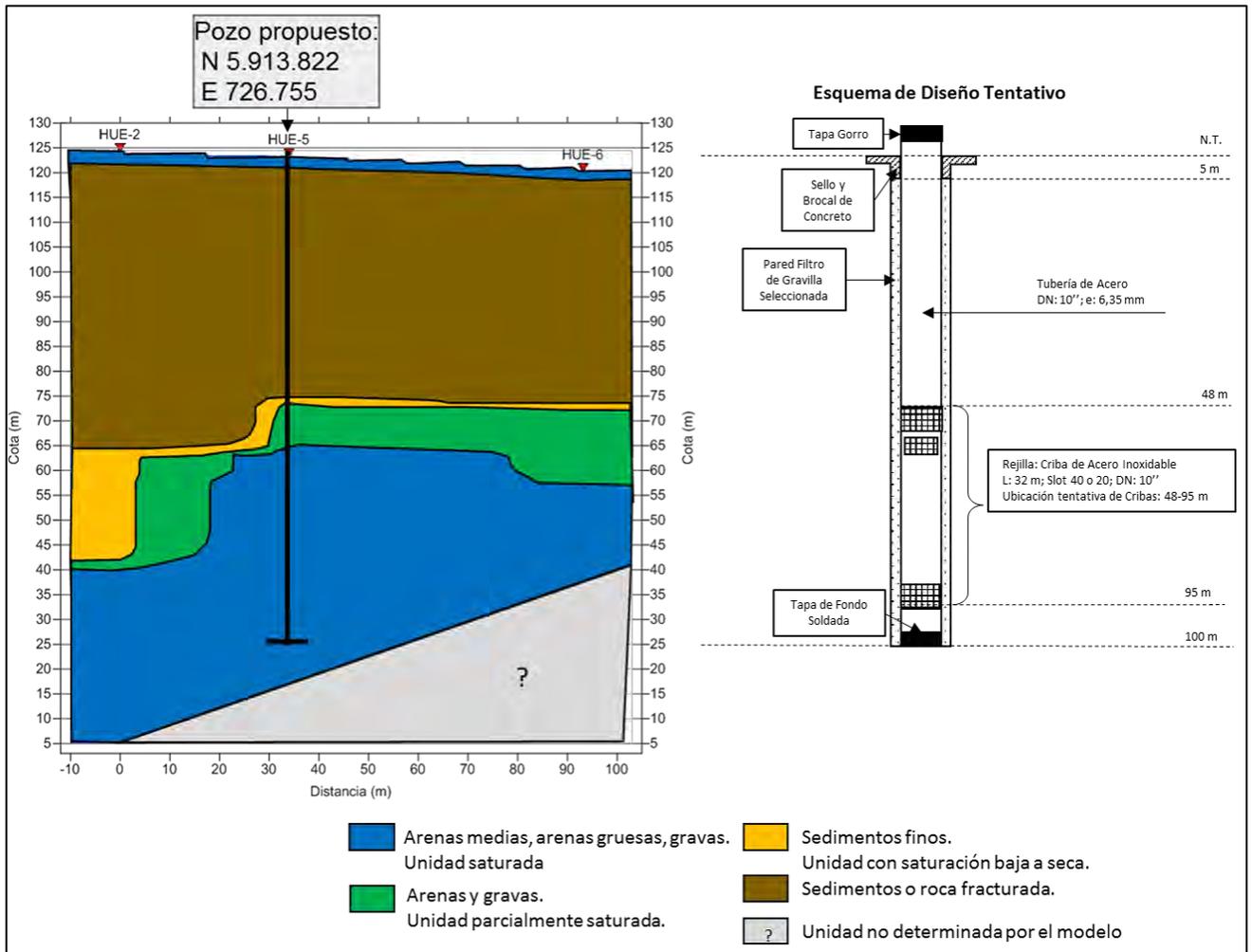
Figura 344. Propuesta de captación y diseño tentativo – Queime.



6.5.6 Sector Huenucheo

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 345, se estima que una captación tipo sondaje m de 100,0 profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 2,3 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 32 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

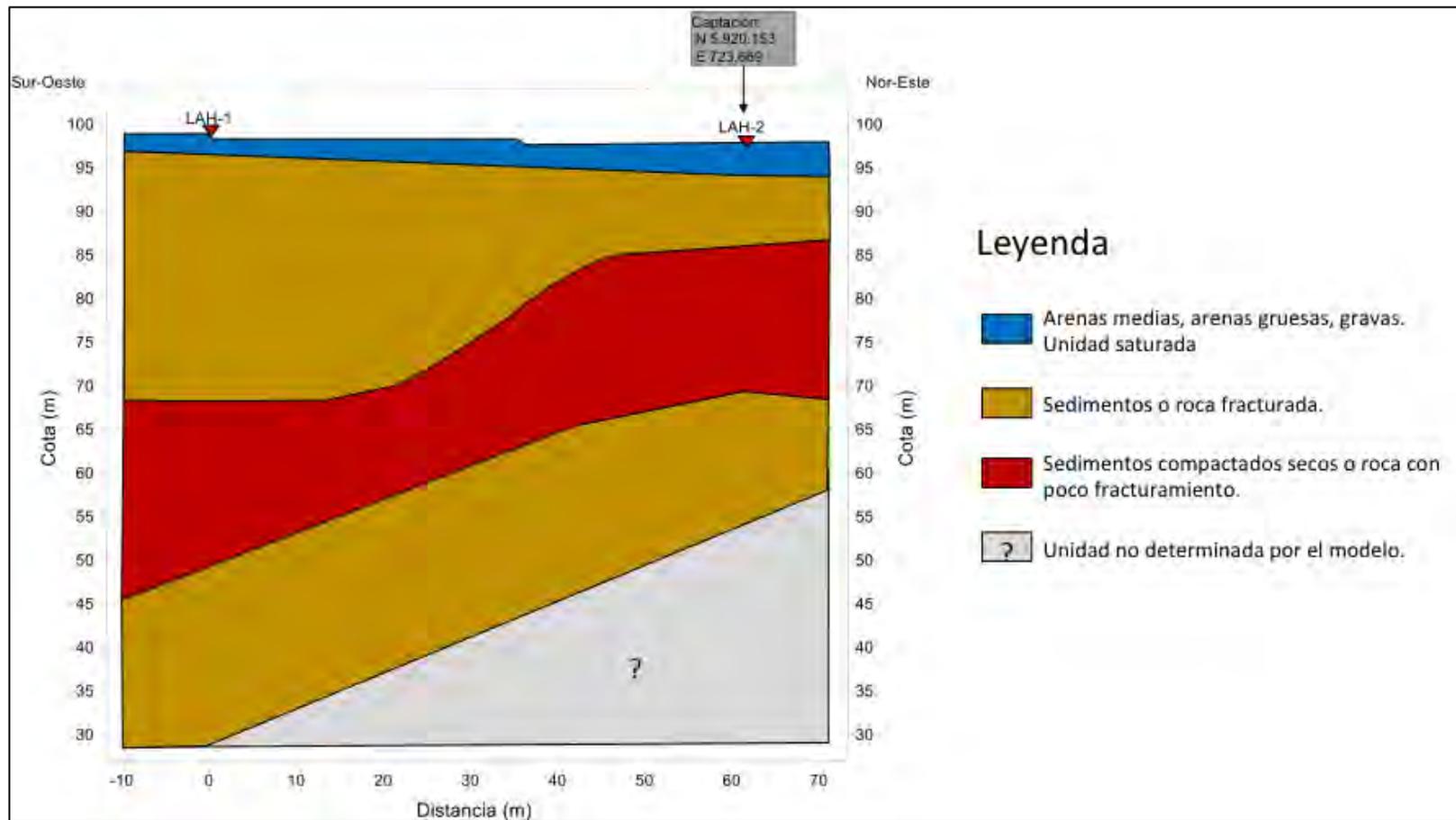
Figura 345. Propuesta de captación y diseño tentativo - Huenucheo.



6.5.7 Sector Las Heras

Conforme los datos evaluados y según la Figura 346, se estima que, mediante la construcción de una noria de 5,0 m de profundidad, con una sección de 2x2 m, se permitirá obtener un caudal de 0,3 l/s.

Figura 346. Propuesta de captación - Las Heras.

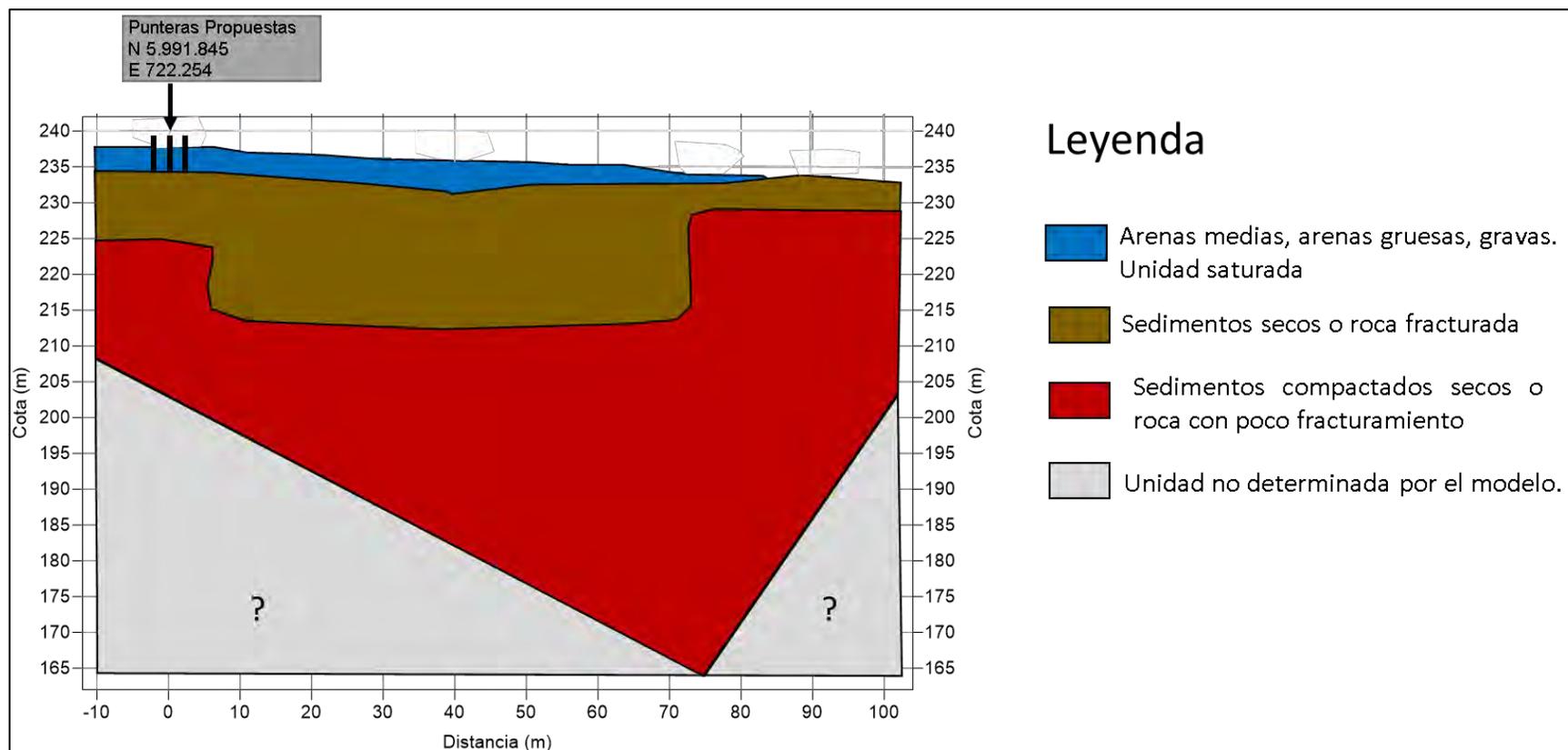


6.6 Comuna Quirihue:

6.6.1 Sector Calquín

Conforme los datos evaluados y según la Figura 347, se estima que una captación mediante un sistema de malla de 10 punteras permitiría otorgar un caudal del orden de 1,0 l/s.

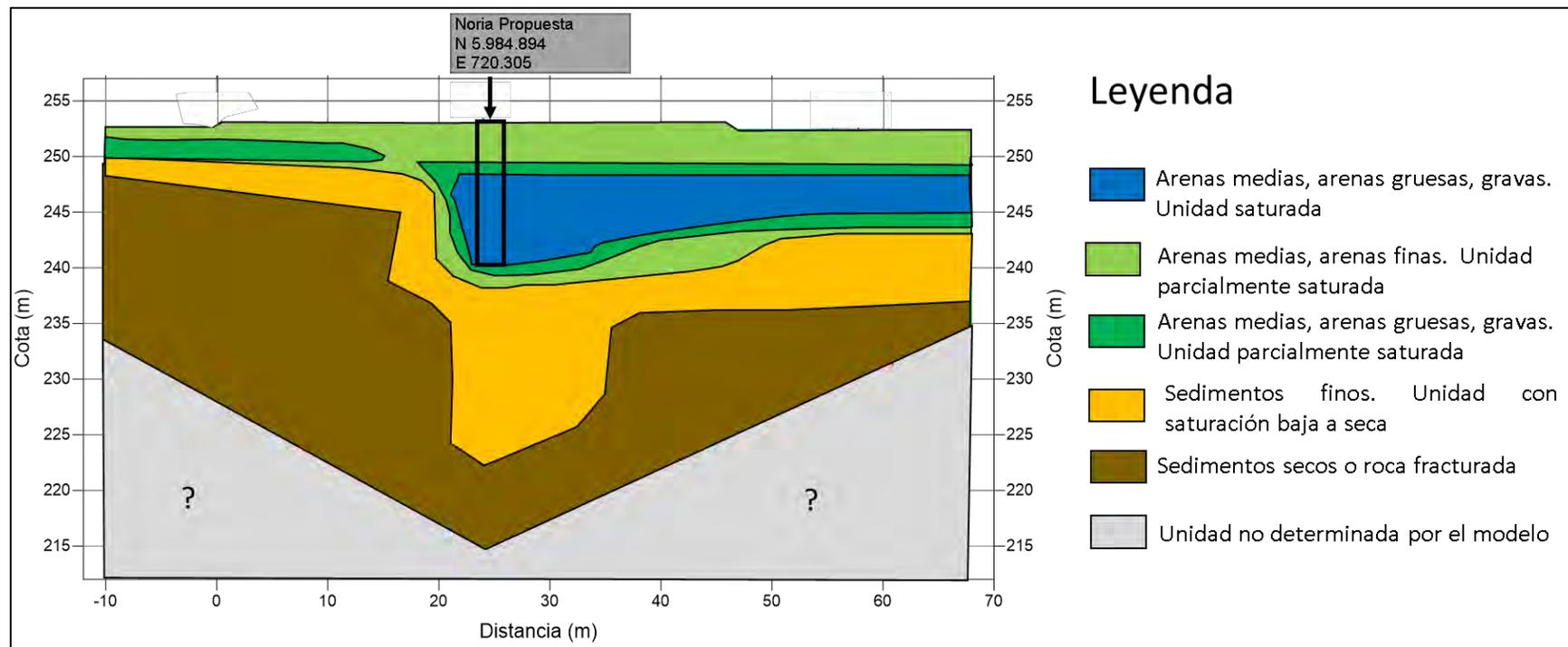
Figura 347. Propuesta de captación - Calquín.



6.6.2 Sector La Feria:

Conforme los datos evaluados y según se muestra en la Figura 348 , se estima que, mediante la construcción de una noria de 15 m de profundidad, con una sección de 2x2 m, se permitirá obtener un caudal de 1,1 l/s.

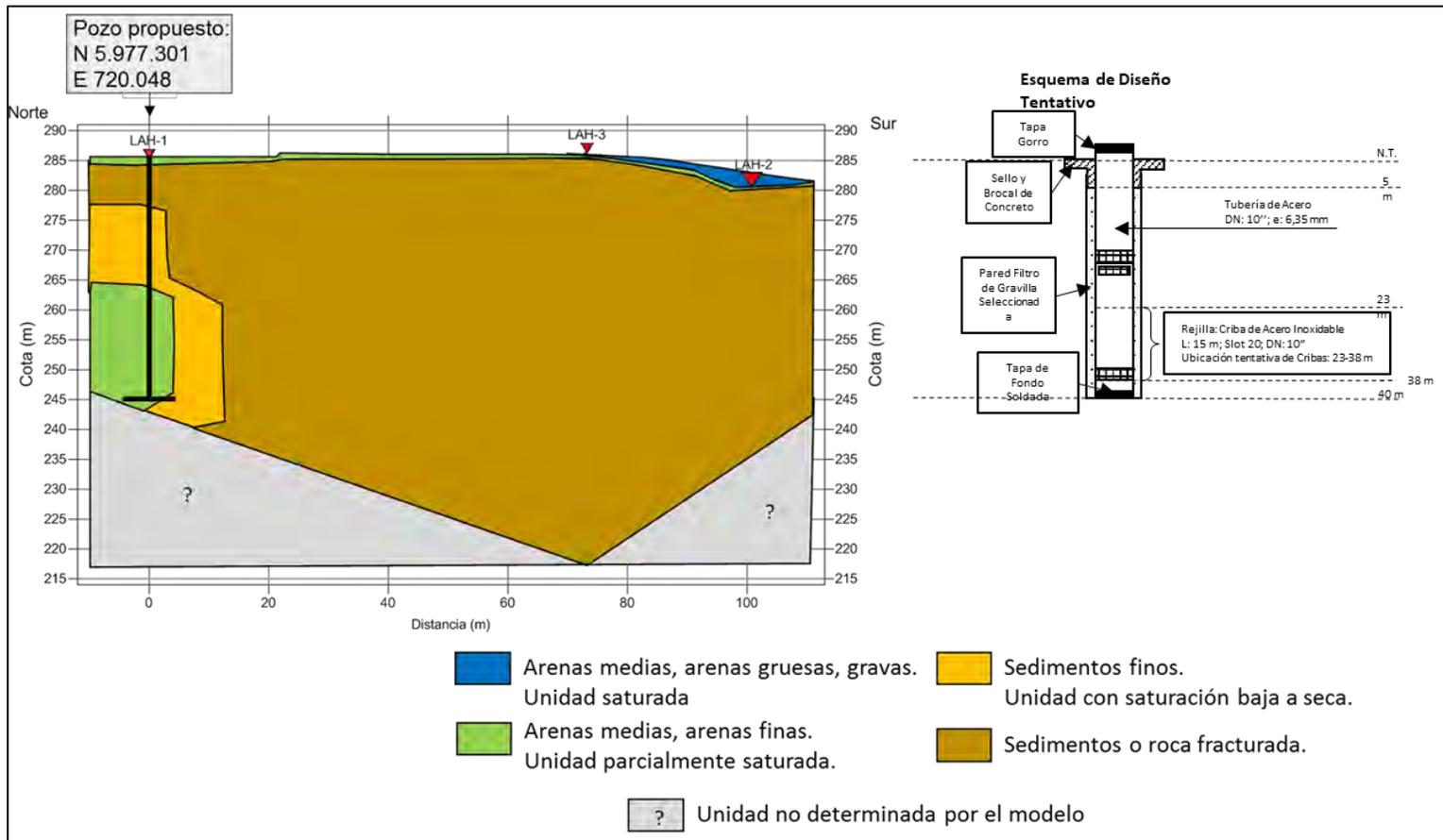
Figura 348. Propuesta de captación- La Feria.



6.6.3 Sector La Horca

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 349, se estima que una captación tipo sondaje m de 40,0 profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 0,2 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 15 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

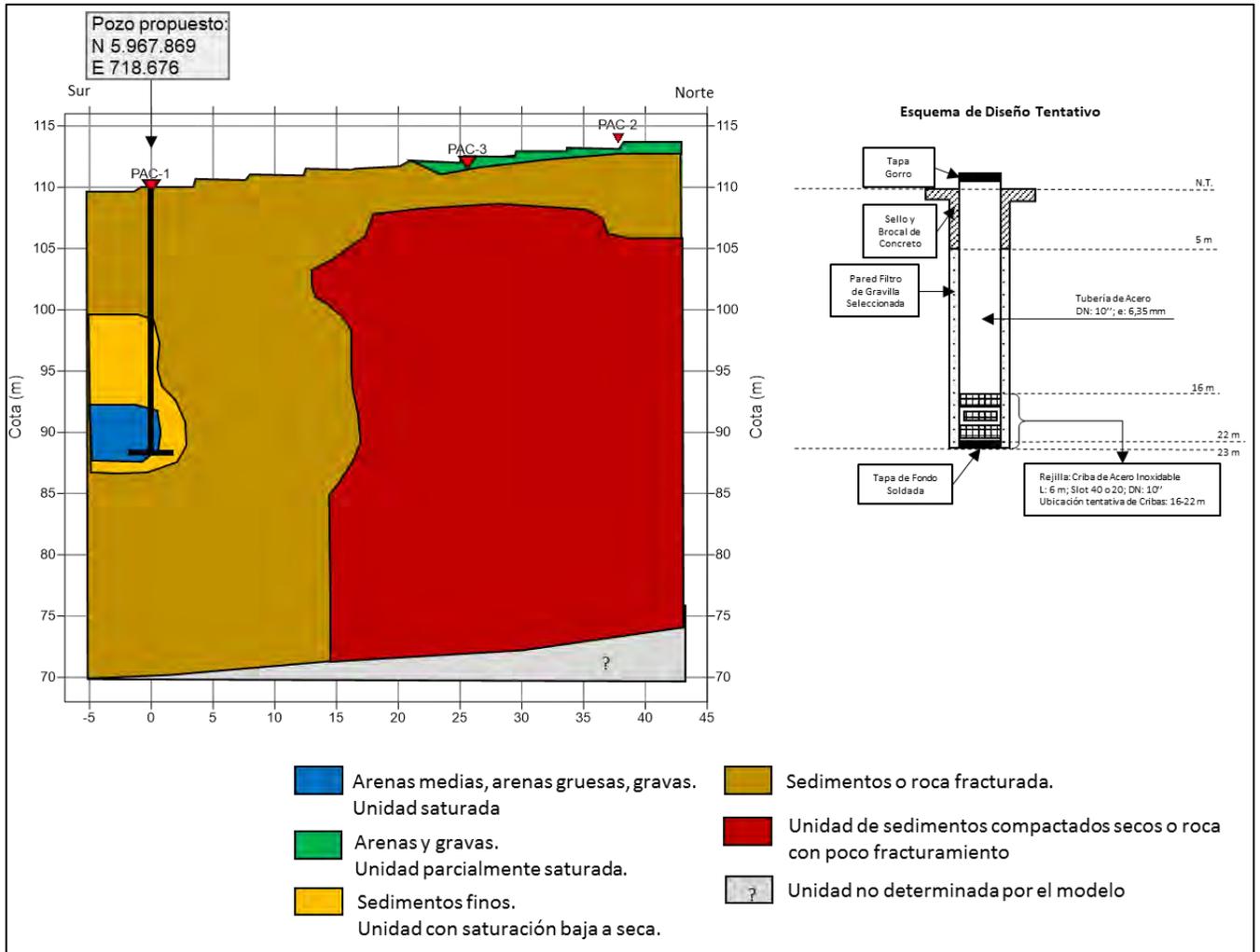
Figura 349. Propuesta de captación y diseño tentativo - La Horca.



6.6.4 Sector Pachagua

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 350, se estima que una captación tipo sondaje m de 23,0 profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 0,3 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 6 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

Figura 350. Propuesta de captación y diseño tentativo - Pachagua.

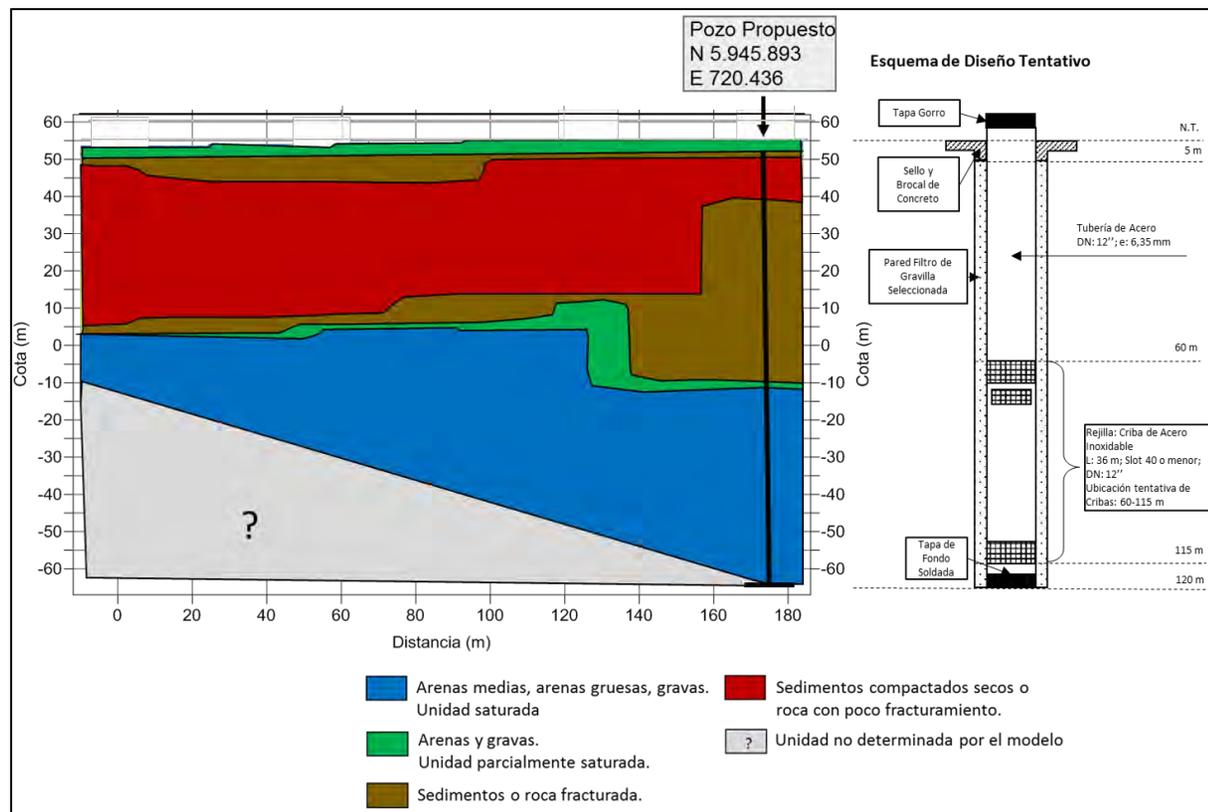


6.7 Comuna Ránquil:

6.7.1 Sector Viviendas Tuteladas:

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 351, se estima que una captación tipo sondaje de 120 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 4,5 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 12" de diámetro y 36 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

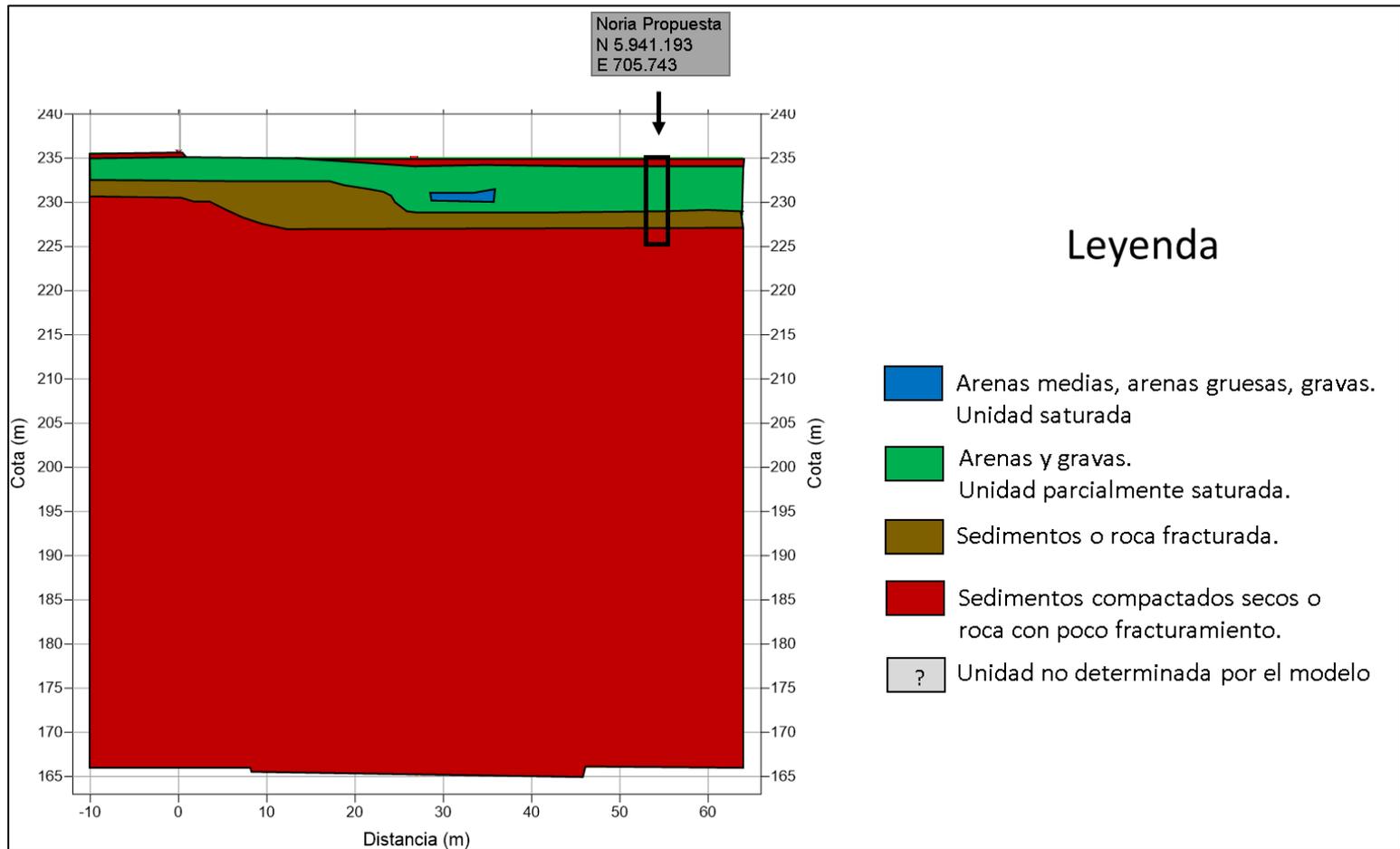
Figura 351. Propuesta de captación y diseño tentativo - Viviendas tuteladas.



6.7.2 Sector Rahuil:

Conforme los datos evaluados y según se muestra en la Figura 352 , se estima que, mediante la construcción de una noria de 9 m de profundidad, con una sección de 2x2 m, se permitirá obtener un caudal del orden de 1,3 l/s.

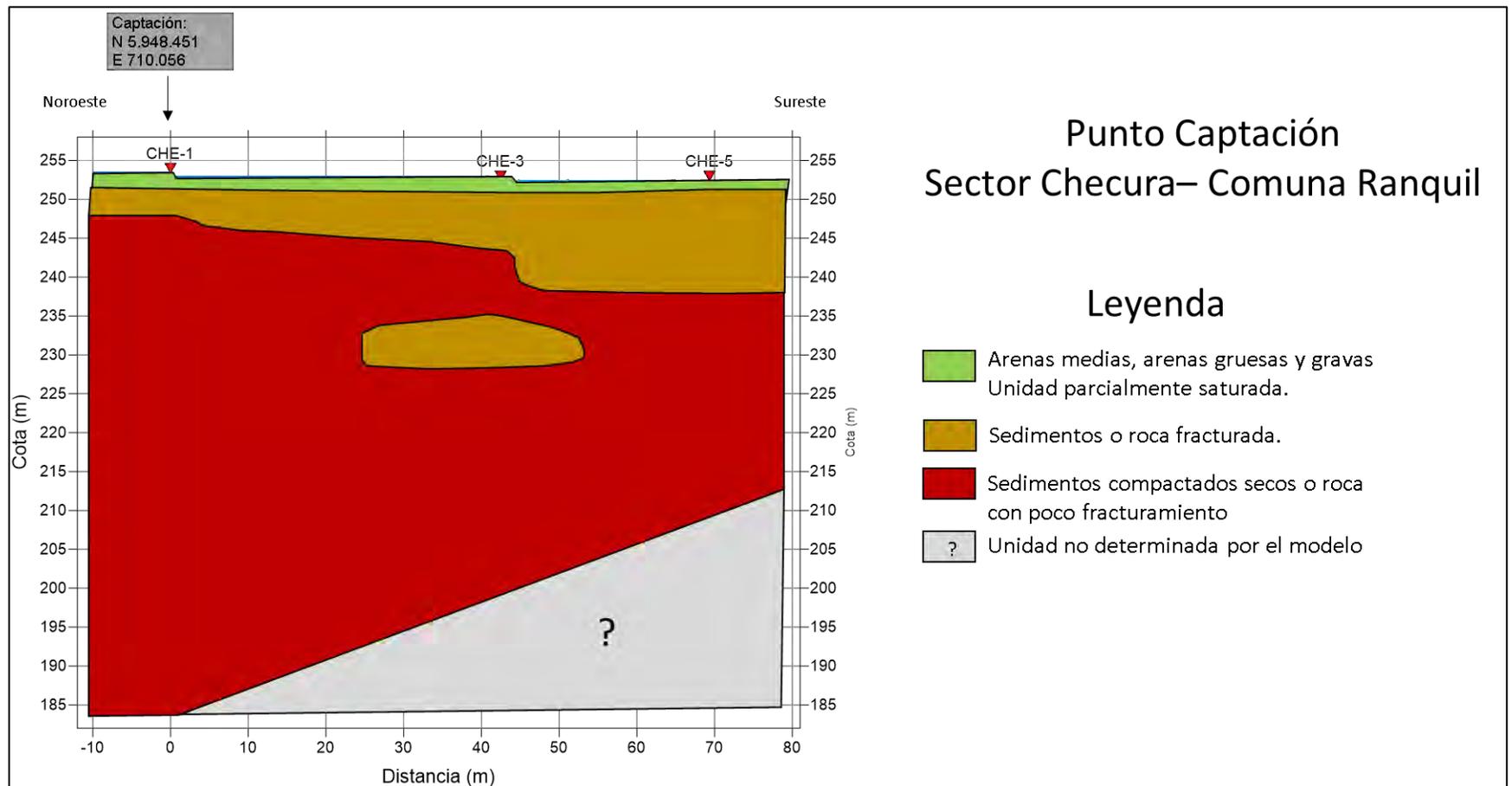
Figura 352. Propuesta de captación - Rahuil



6.7.3 Sector Checura

Conforme los datos evaluados y según la Figura 353, se estima que una captación mediante un sistema de malla de 8 punteras, hincadas a 2,5 m de profundidad, permitiría otorgar un caudal de 0,2 l/s.

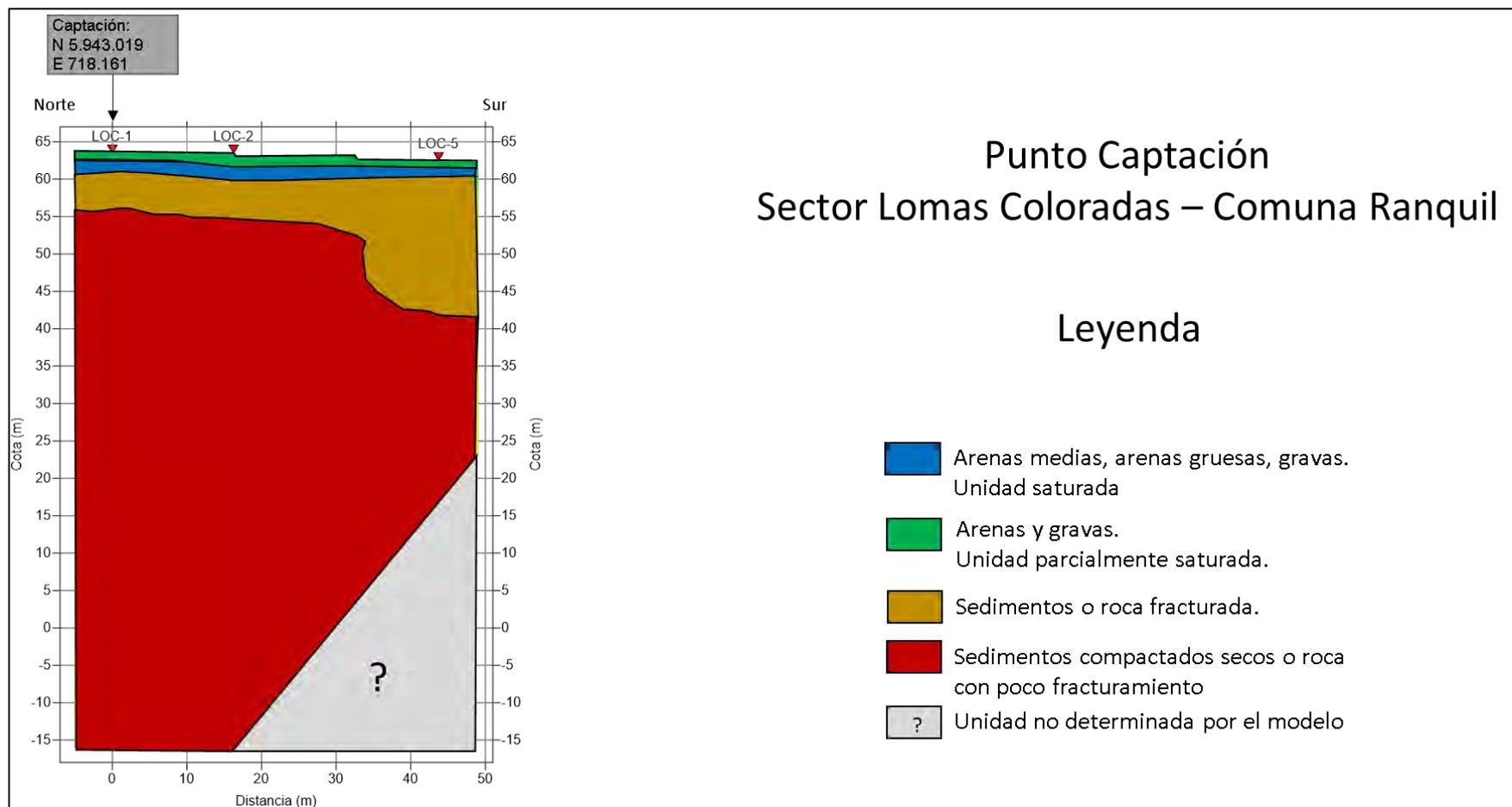
Figura 353. Propuesta de captación - Checura.



6.7.4 Sector Lomas Coloradas

Conforme los datos evaluados y según la Figura 354, se estima que mediante la construcción de una noria de 3,5 m de profundidad, con una sección de 2x2 m, se permitirá obtener un caudal de 0,25 l/s.

Figura 354. Propuesta de captación - Lomas Coloradas.

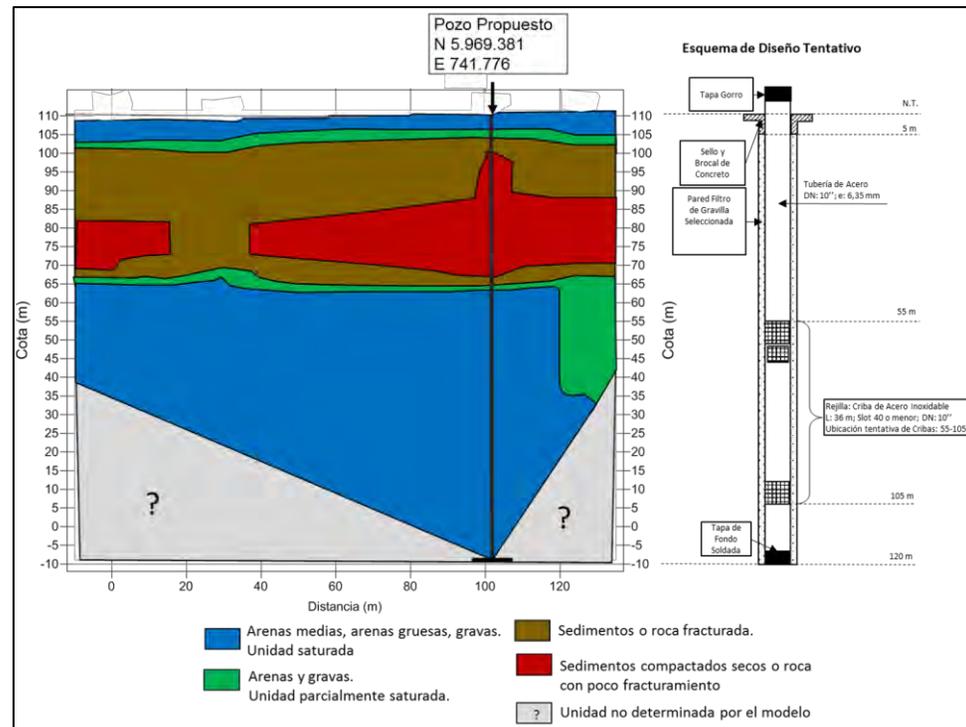


6.8 Comuna San Nicolás:

6.8.1 Sector Coipín:

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 355, se estima que una captación tipo sondaje de 120 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 4,0 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 36 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

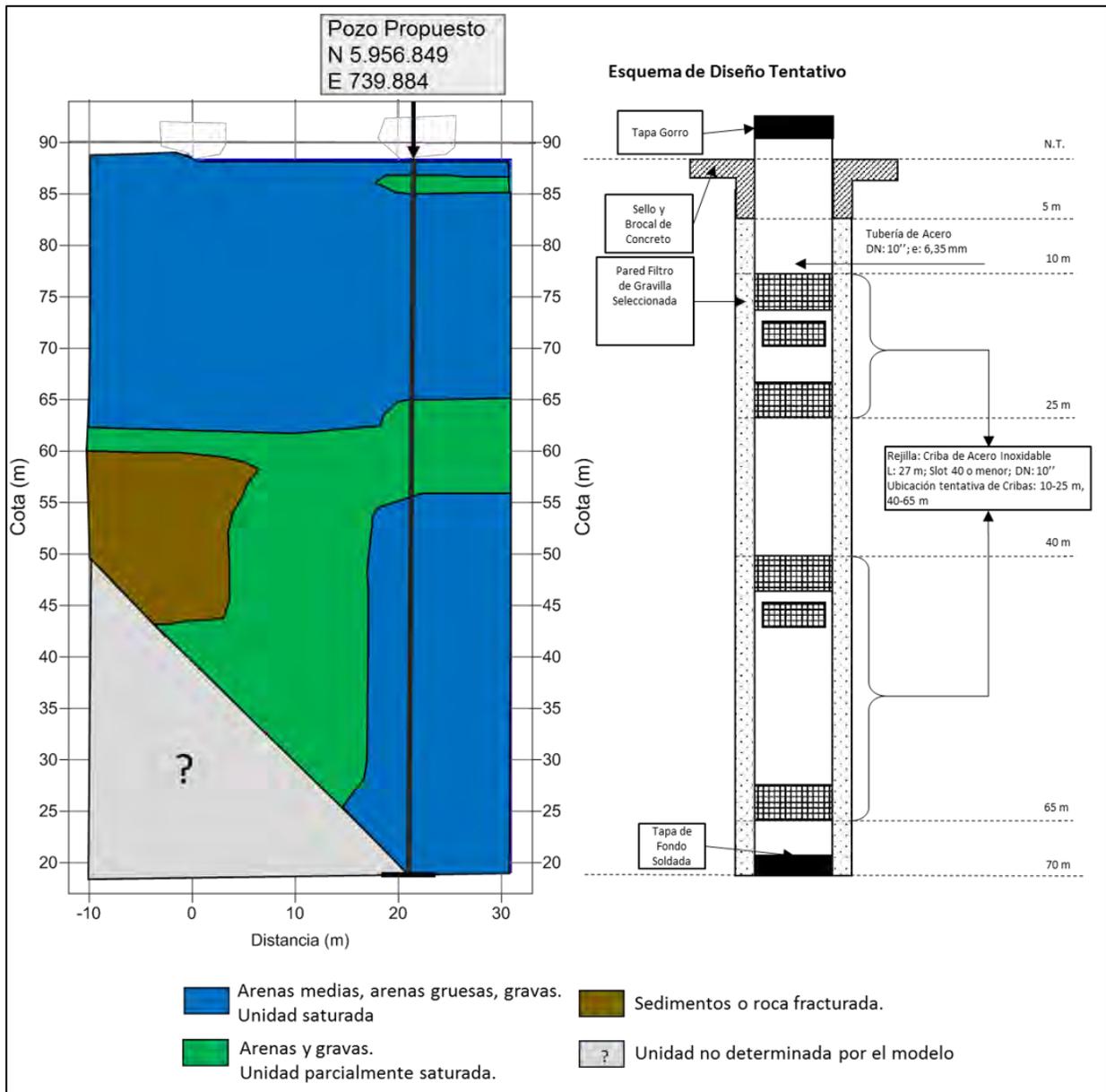
Figura 355. Propuesta de captación y diseño tentativo - Coipín.



6.8.2 Sector Huampuli:

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 356, se estima que una captación tipo sondaje de 70 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 2,6 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 27 m de rejilla de acero inoxidable. Debe considerarse la utilización de tramos de rejillas inferiores a 3 m.

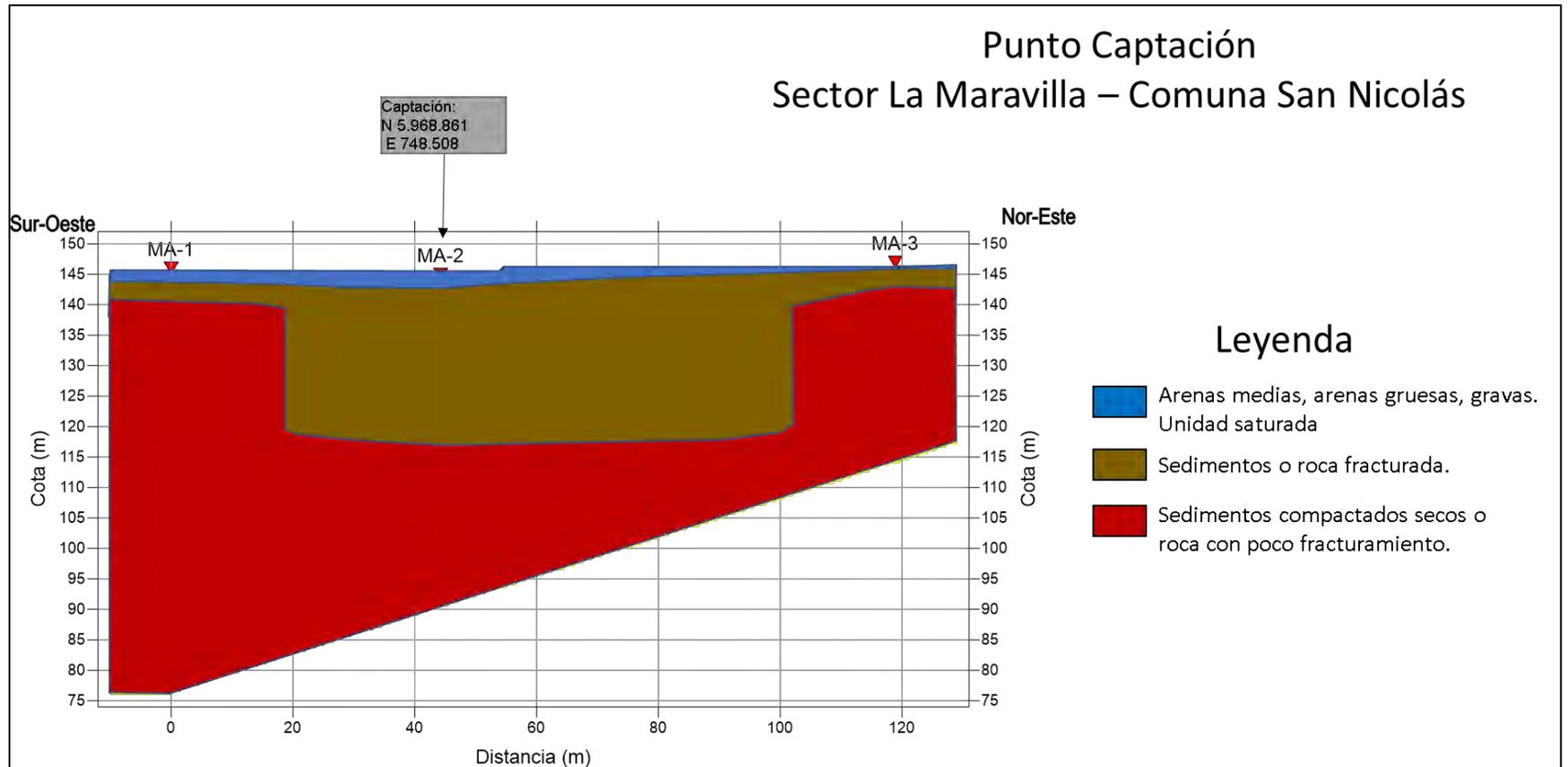
Figura 356. Propuesta de captación y diseño tentativo - Huampuli.



6.8.3 Sector La Maravilla

Conforme los datos evaluados y según la Figura 357, se estima que una captación mediante un sistema de malla de 8 punteras hincada en 2,2 m de profundidad, permitiría otorgar un caudal de 0,3 l/s.

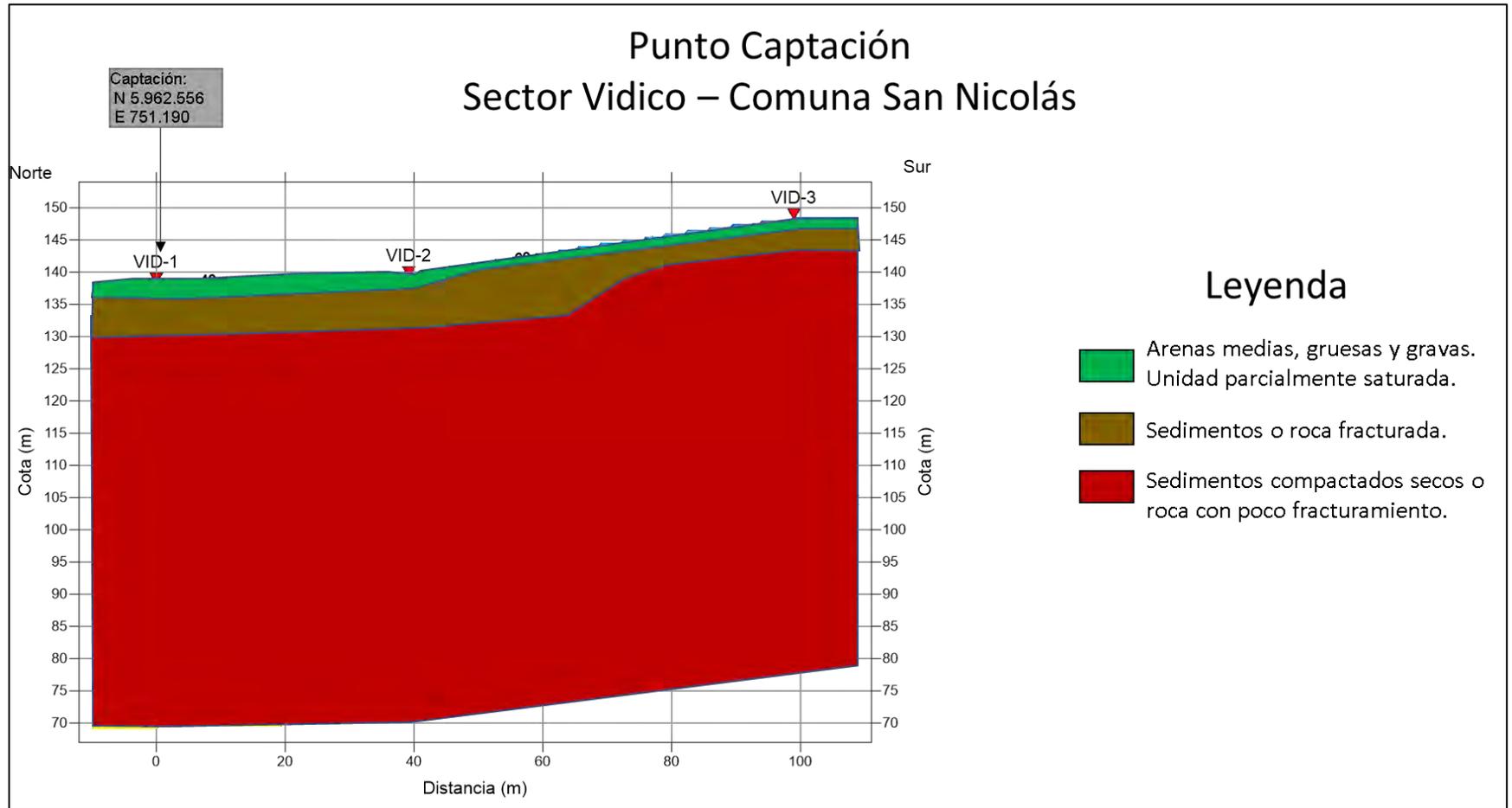
Figura 357. Propuesta de captación - La Maravilla.



6.8.4 Sector Vidico

Conforme los datos evaluados y según la Figura 358, se estima que mediante la construcción de una noria de 2,5 m de profundidad, con una sección de 2x2 m, se permitirá obtener un caudal de 0,30 l/s.

Figura 358. Propuesta de captación - Vidico.

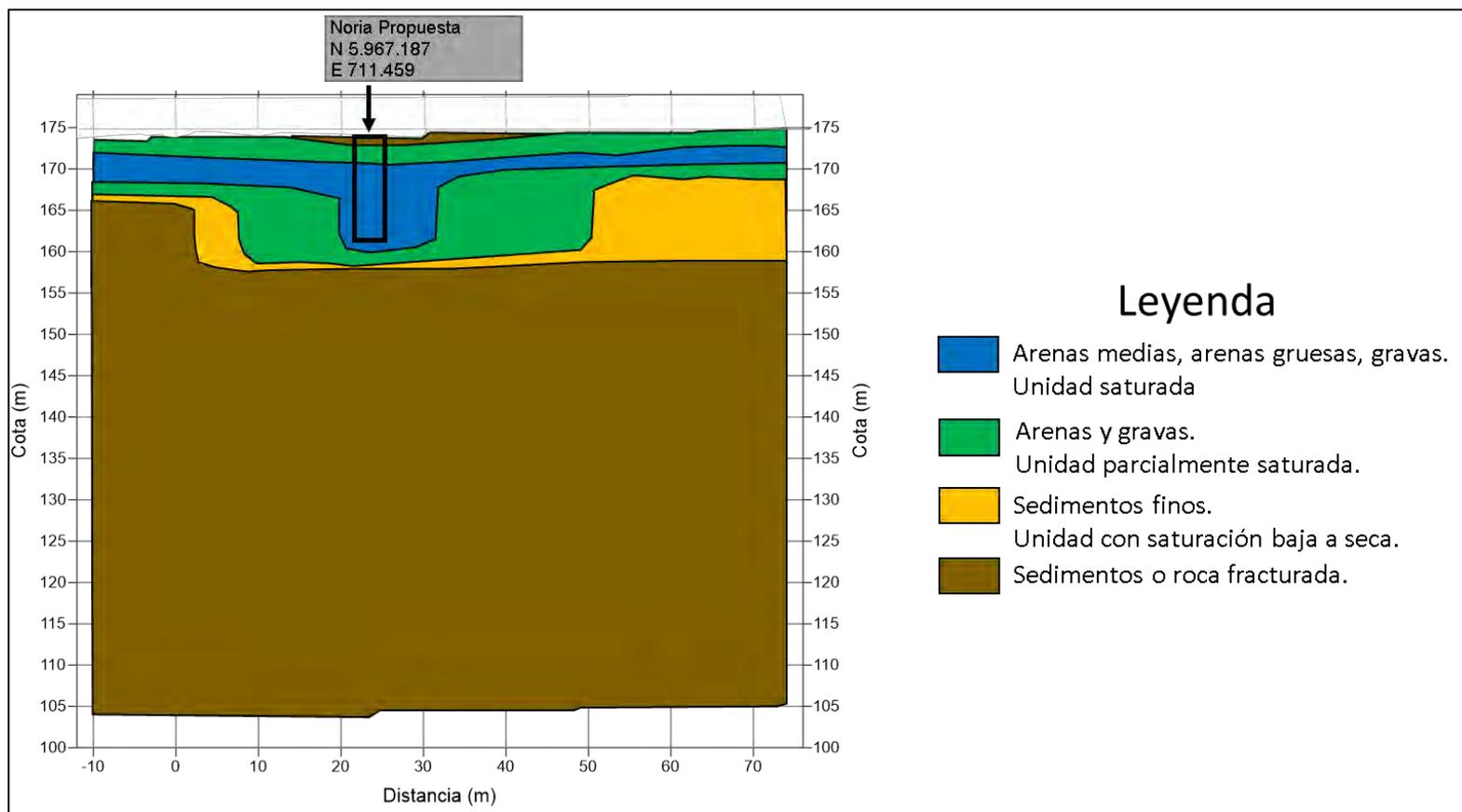


6.9 Comuna Trehuaco:

6.9.1 Sector El Aromo 1

Conforme los datos evaluados y según la Figura 359, se estima que mediante la construcción de una noria de 15 m de profundidad, con una sección de 2x2 m, se permitirá obtener un caudal de 1,3 l/s.

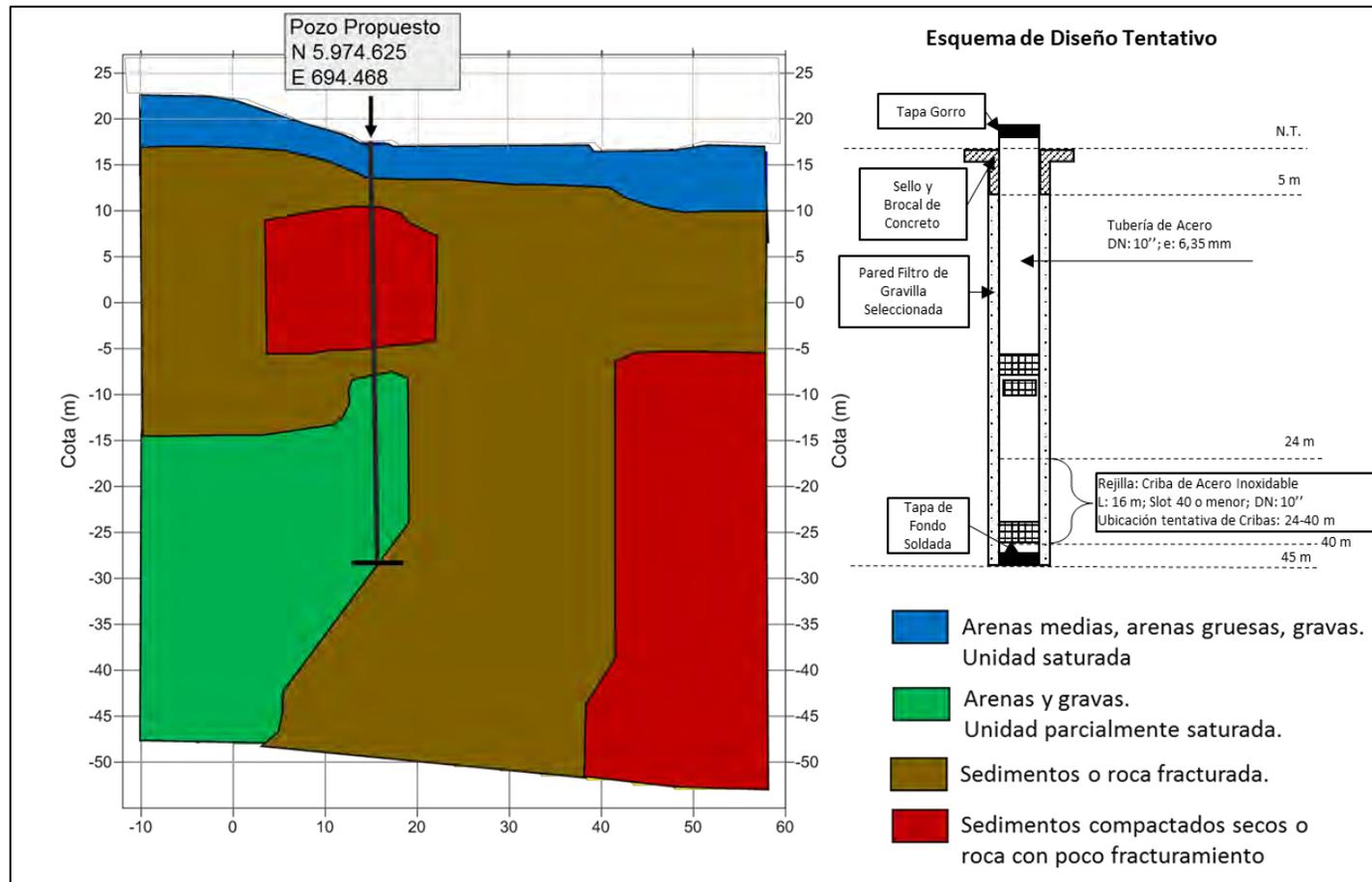
Figura 359. Propuesta de captación - El Aromo 1.



6.9.2 Sector Cajón de Mela:

Conforme los datos evaluados, y según se muestra en la Figura 360, se estima que una captación tipo sondaje de 45 m de profundidad, permitirá obtener un caudal del orden de 1,5 l/s. El pozo se habilitará con tubería de acero de 10" de diámetro y 16 m de rejilla de acero inoxidable. Se debe considerar tramos de rejillas inferiores a 3 m.

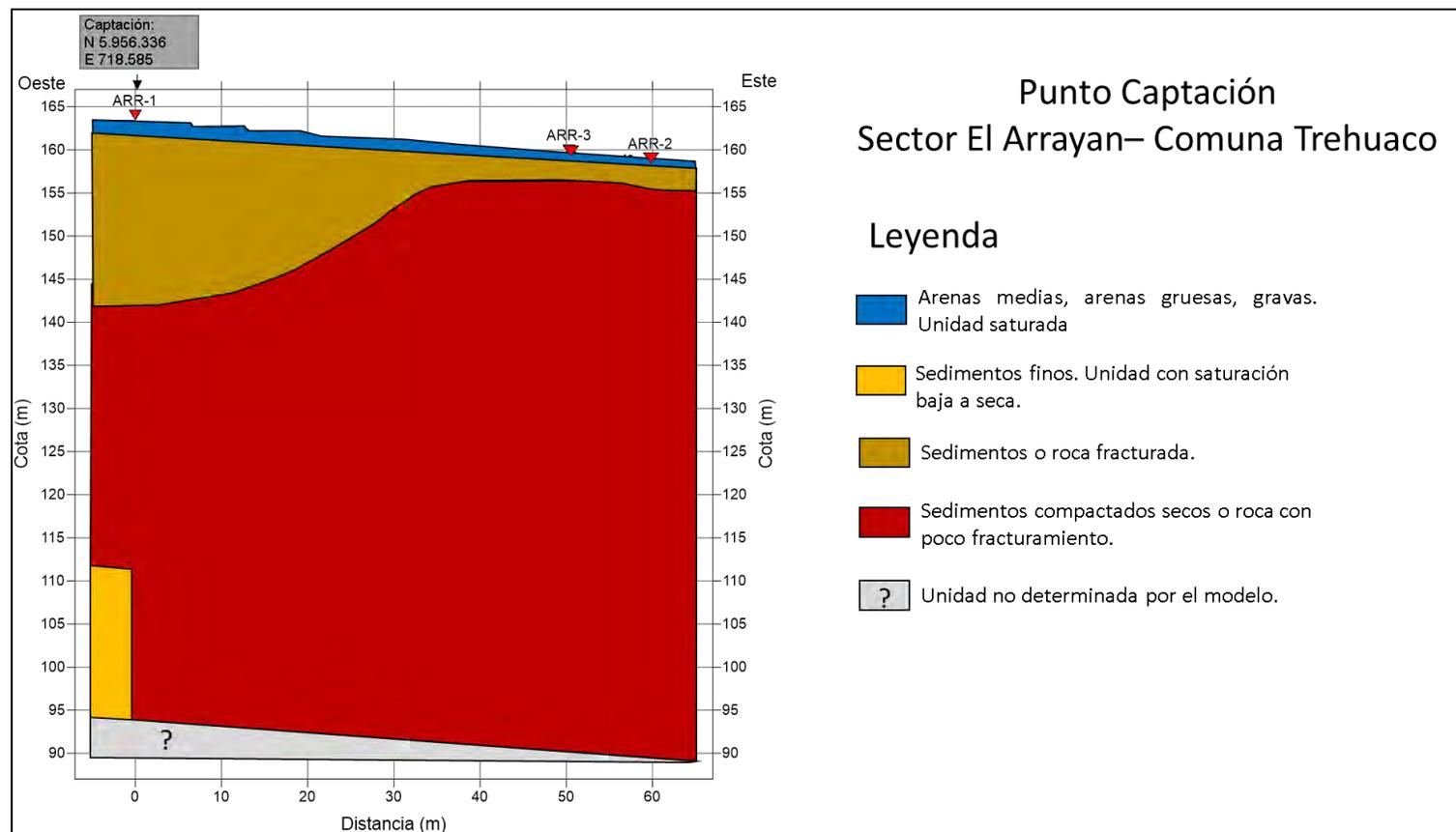
Figura 360. Propuesta de captación y diseño tentativo - Cajón de Mela.



6.9.3 Sector El Arrayán

Conforme los datos evaluados y según la Figura 361, se estima que mediante la construcción de una noria de 12 m de profundidad, con una sección de 2x2 m, con barbacanas a partir de su nivel estático, solidaria a un dren transversal al cauce con una profundidad media de 1 y 25 m de longitud. se permitirá obtener un caudal del orden de 0,7 l/s.

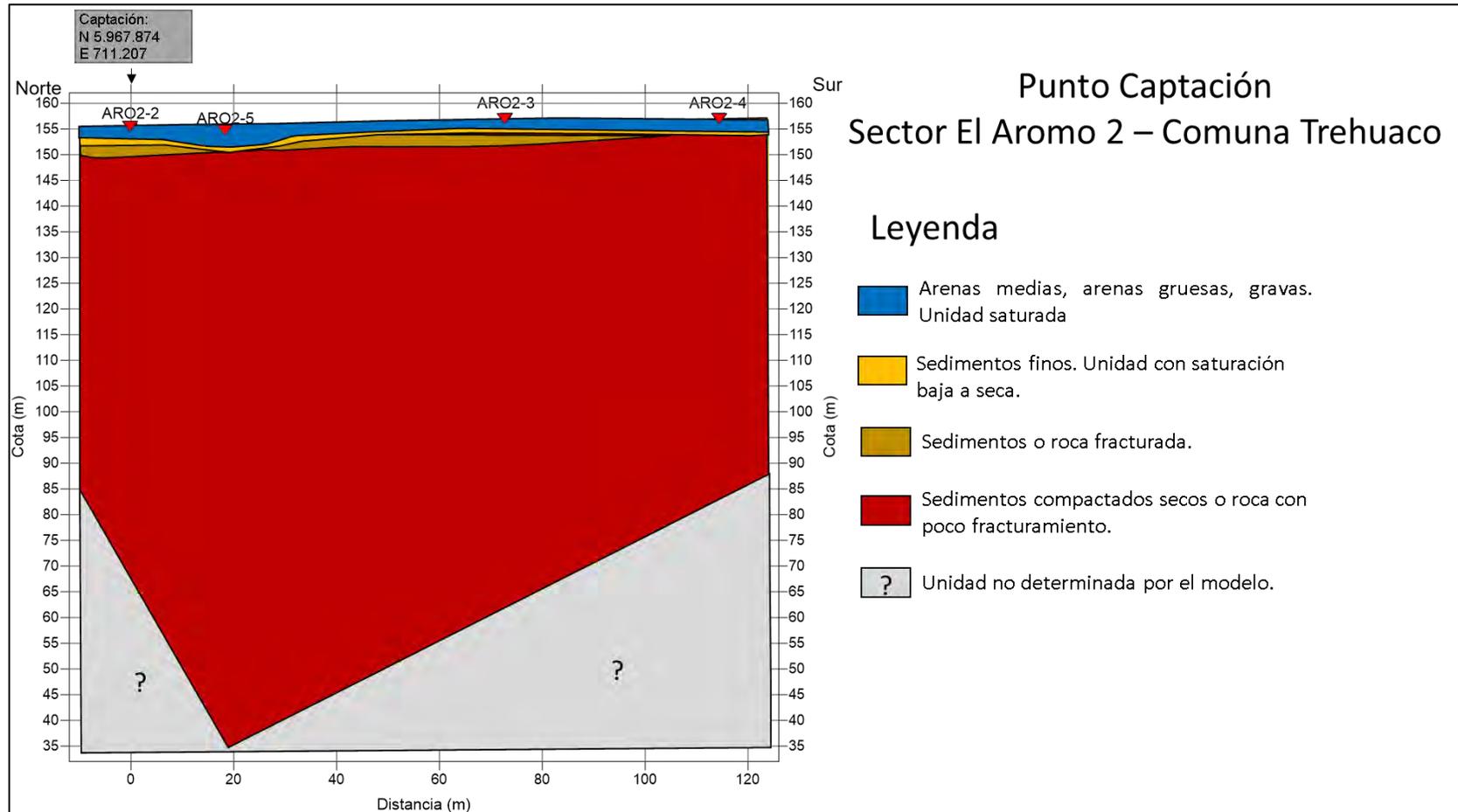
Figura 361. Propuesta de captación - El Arrayán.



6.9.4 Sector El Aromo 2

Conforme los datos evaluados y según la Figura 362, se estima que una captación mediante un sistema de malla de 8 punteras, hincadas a 2,2 m de profundidad, permitiría otorgar un caudal de 0,2 l/s.

Figura 362. Propuesta de captación - El Aromo 2.



7 PROYECTO SIG.

En el presente capítulo se entregan los detalles de la estructura del Sistema de Información Geográfica (SIG), que se desarrolló para este proyecto.

Las características de estos sistemas, es la realización de una base de datos relacional, creando un sistema eficiente en el manejo, despliegue, consulta y salida de datos, la cual se conforma como la columna vertebral del SIG.

El desarrollo del SIG fue continuo durante todo el proyecto, esto ha permitido realizar los poblamientos de las bases de datos a medida que se iba desarrollando cada etapa del proyecto.

Es importante señalar que el proyecto SIG sólo consideró el ordenamiento, procesamiento y sistematización de la información generada en el estudio, mediante el desarrollo de proyectos en la plataforma ArcGIS 10.3 de ESRI.

7.1 Base Cartográfica

La implementación del SIG, utilizó como base cartográfica la Cartografía Regular del IGM en escala 1:50.000 y la Mapoteca de la DGA, ambas referidas a coordenadas UTM, con origen en el Datum WGS 84, husos 18 y 19, la cual que fue posteriormente proyectada al Datum WGS84 Huso 18. Las fuentes citadas son las siguientes:

Cartografía Base:

- Capital comunal.
- Hidrografía
- Red Vial
- Curvas de Nivel IGM
- Hidrología IGM
- Lagos
- Área de estudio comunas
- Límite Regional
- Centros urbanos
- Espejos de agua IGM

Info Levantada (trabajada de las fuentes antes mencionadas):

- Pozo uso industrial
- Pozos otros usos
- Pozos riego
- Pozos saneamiento

- Pozos sin información de uso
- Información Hidrogeológica General
- Isofreáticas CNR
- Roles Itata
- Ocurrencia aguas subterráneas
- Productividad de pozos

Máscara:

- Máscara Chile
- DPA Regiones

Ráster:

- Ráster Itata
- SRTM

Por otra parte, está la información generada por las empresas para el proyecto y sus análisis, estas son:

- TEM Geofísica
- Localidades niveles
- Estaciones PP Itata
- Puntos geofísica
- Perímetro área de trabajo

7.2 Estructura del SIG

El proyecto SIG se presenta en una carpeta, de la cual se derivan otras carpetas las cuales se nombran según el archivo que contienen, de esta forma se organizan por tipo de archivo, las carpetas se denominarán de la siguiente manera:

- GDB: Contiene la Geodatabase Personal, esta se divide en tres Feature Dataset en esta se encuentran todos los Features que se utilizan en esta etapa del proyecto.,
 - Cartografía Base.
 - Info Recopilada.
 - Máscara.
- Imágenes SIG Itata:
- JPG: Contiene las imágenes creadas.
- MXD: Contiene los proyectos del SIG, estos tienen extensión *.mxd, y puede ser abierto desde el software, o dando doble clic sobre el ícono que los representa.
- MXD 10.1: Contiene los proyectos del SIG para la versión de ArcGis 10.1
- QGIS: Contiene los proyectos para el software QGis.

- RÁSTER: Contendrá los DEM e imágenes satelitales que se ocupen en el proyecto.
- SHP: esta carpeta contiene todos los shp ocupados en los proyectos y corresponde a una réplica de la Geodatabase antes presentada, pues los archivos se ordenaron de la misma forma que en la Geodatabase.

Figura 363. Estructura del SIG



La Geodatabase (GDB) está organizada en Features Dataset y estos contienen Features Class y se organizan de la siguiente forma:

Tabla 40. Geodatabase.

CARTOGRAFÍA BASE		
Nombre	Tipo	Descripción
Área de Estudio Comunas	Polígonos	Está compuesto por las 9 comunas que integran el área de estudio
Capital Comunal	Puntos	Indica el urbano que hace de cabecera comunal
Centros Urbanos	Polígonos	Señala los centros urbanos
Curvas de Nivel IGM	Polilínea	Curvas de Nivel cada 50 m
Hidrología IGM	Polilínea	Cauces superficiales identificados en las cartas del IGM
Hidrografía	Polilínea	Cursos de aguas superficiales del área de Estudio
Lagos	Polígonos	Cuerpos de agua existentes
Espejos de Agua IGM	Polígonos	Corresponde a los Espejos de Aguas identificados en la carta IGM, en ellos se identifican, ríos lagos, embalses, represas, océano, entre otros.
Límite Regional	Polígonos	Límite Regional
Red Vial	Polilínea	Rutas Pavimentadas del Área de Estudio

INFO LEVANTADA		
Nombre	Tipo	Descripción
Estaciones PP Itata	Puntos	Corresponde a las estaciones Meteorológicas de la DGA presentes y cercanas al área de estudio.
Geofísica Cota	Puntos	Muestra la cota (tomada del DEM Aster) de todos los sitios en los que se hicieron prospecciones geofísicas.

INFO LEVANTADA		
Nombre	Tipo	Descripción
Información Hidrogeológica General	Polilínea	Muestra límites hidrogeológicos, sentido de escurrimiento subterráneo y zonas de Aguas Surgentes
Isofreáticas CNR	Polilínea	Contiene Isofreáticas de la Comisión Nacional de Riego.
Localidades Niveles	Puntos	Contiene las localidades en las cuales se realizó Geofísica
Ocurrencia de Aguas Subterráneas	Polígonos	Muestra las zonas de importancia Hidrogeológicas
Perfil Geo	Polilínea	Corresponde a los perfiles Geofísicos desarrollados.
Perímetro área trabajo	Polígonos	Contiene el área de estudio.
Pozos Uso Industrial	Puntos	Derechos de Aguas Subterráneos del CPA, separado por uso
Pozos Otros Usos	Puntos	Derechos de Aguas Subterráneos del CPA, separado por uso
Pozos Riego	Puntos	Derechos de Aguas Subterráneos del CPA, separado por uso
Pozos Saneamiento	Puntos	Derechos de Aguas Subterráneos del CPA, separado por uso
Pozos sin Información de Uso	Puntos	Derechos de Aguas Subterráneos del CPA, separado por uso
Productividad de Pozos	Polígonos	Muestra zonas de productividad de pozos
Propuesta de Pozos	Puntos	Corresponde a la propuesta de Pozos realizada, se identifican pozos, norias y punteras, con caudales estimados y otras características.
Puntos Geofísica	Puntos	Contiene la ubicación de las localidades en la cual se realizó Geofísica.
Roles Itata	Polígonos	Contiene los Roles del SII del área de Estudio
Secciones 2d	Polilínea	Contiene las imágenes de los perfiles para ser consultados.
SIG Itata	Puntos	Corresponde a un compilado de la información levantada, conteniendo la propuesta de pozos, la resistividad eléctrica, el perfil y el esquema de diseño tentativo del pozo, entre otros.
TEM_Geofísica	Puntos	Muestra los puntos donde se realizó la Geofísica
Transmisividad y almacenamiento	Puntos	Contiene los valores de transmisividad y almacenamiento de los sectores.

Fuente: Elaboración Propia

La carpeta Ráster cuenta con los DEMs que se utilizan, para este proyecto se utilizaron 2 DEM:

- a. Ráster Itata, es un DEM Aster, con un pixel de 30 m. x 30 m., con la elevación del área.
- b. SRTM: Es un ráster que se utiliza como fondo en las imágenes desarrolladas, para dar un efecto de relieve a estas.

- c. Isofreáticas: Contiene un ráster creado para este proyecto, realizado con información de un catastro de pozos anterior y el ráster de elevación, se realizó la interpolación de Kriging (lineal).
- d. Profundidad TEM: esta carpeta contiene imágenes que están anexadas a la tabla del feature class TEM_Geofísica, para ser visualizado en el SIG.

7.3 Presentación de la información.

En este proyecto SIG la información se presenta de dos formas, la primera es por medio de la creación de un Layout view y desde esta vista se convertirá en una imagen jpg, la cual será de dos tamaños, carta y A1, dependiendo de lo que se quiera mostrar en el plano. De esta forma se realizará un proyecto, el cual tendrá una extensión .mxd para cada imagen creada.

La segunda forma de presentación de proyectos, es más innovadora, ya que por el tipo de información a representar se prefirió mostrar por medio del mismo proyecto SIG, sin ser necesaria una imagen jpg.

De esta forma se crearon 4 proyectos de consulta con extensión .mxd y que se denominan:

1. Cuadros de profundidad y gráficos.
2. Perfiles Hidrogeológicos.
3. Secciones 2d Consulta.
4. SIG Itata

Todos los proyectos son de consulta en el Data View, esto se realiza con la herramienta HTML Popup, según Figura 364

Figura 364. Botón HTML Popup.

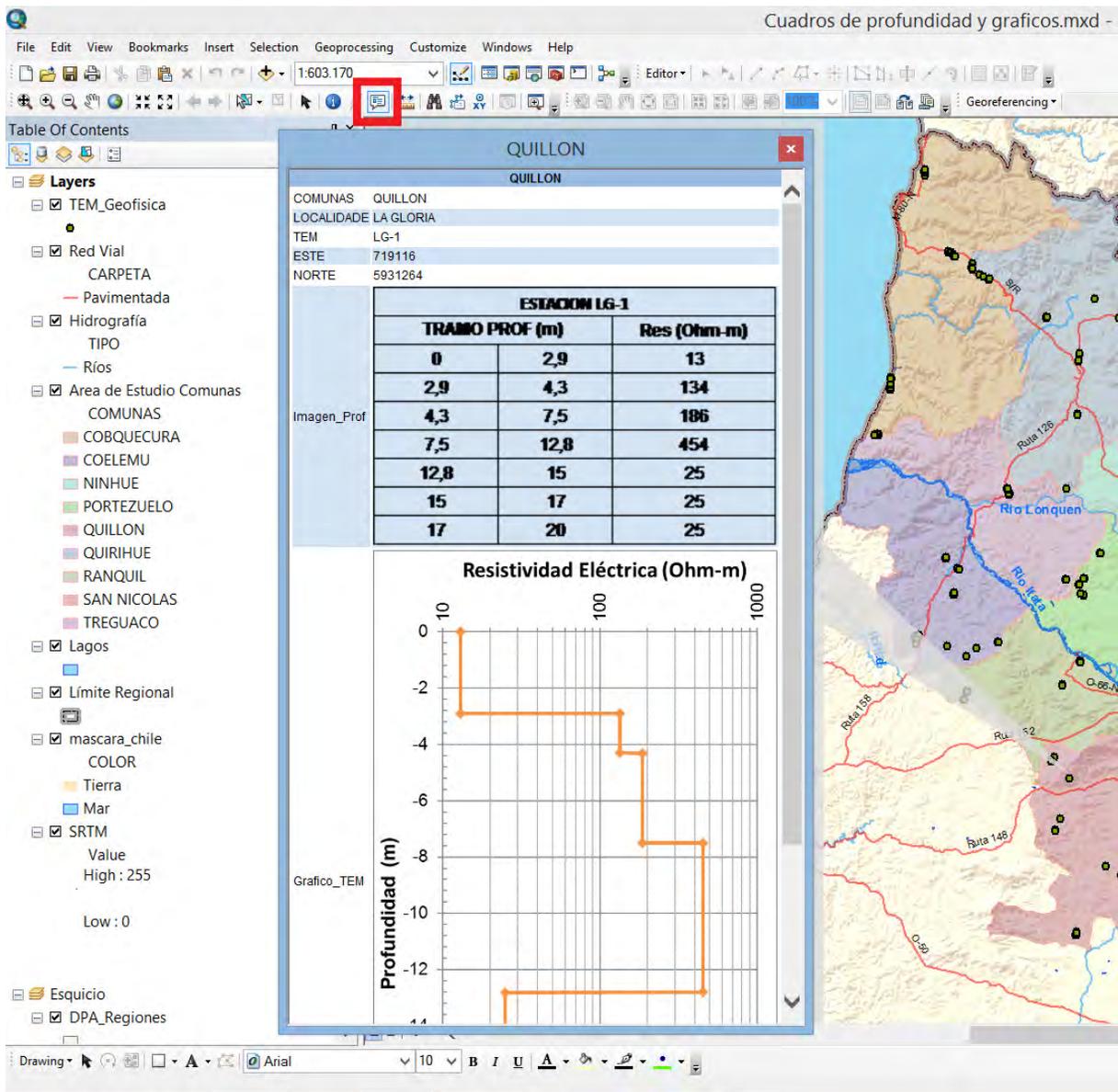


Fuente: ArcGis 10.3

Al seleccionar esta herramienta el cursor se pondrá con forma de mano con el dedo índice señalando, con este se seleccionan los diversos puntos donde se realizaron los TEMs y se desplegará un cuadro con las resistividades por profundidad y un gráfico con las resistividades, como se ve en la Figura 365, dependiendo de la tabla y diseño del shape.

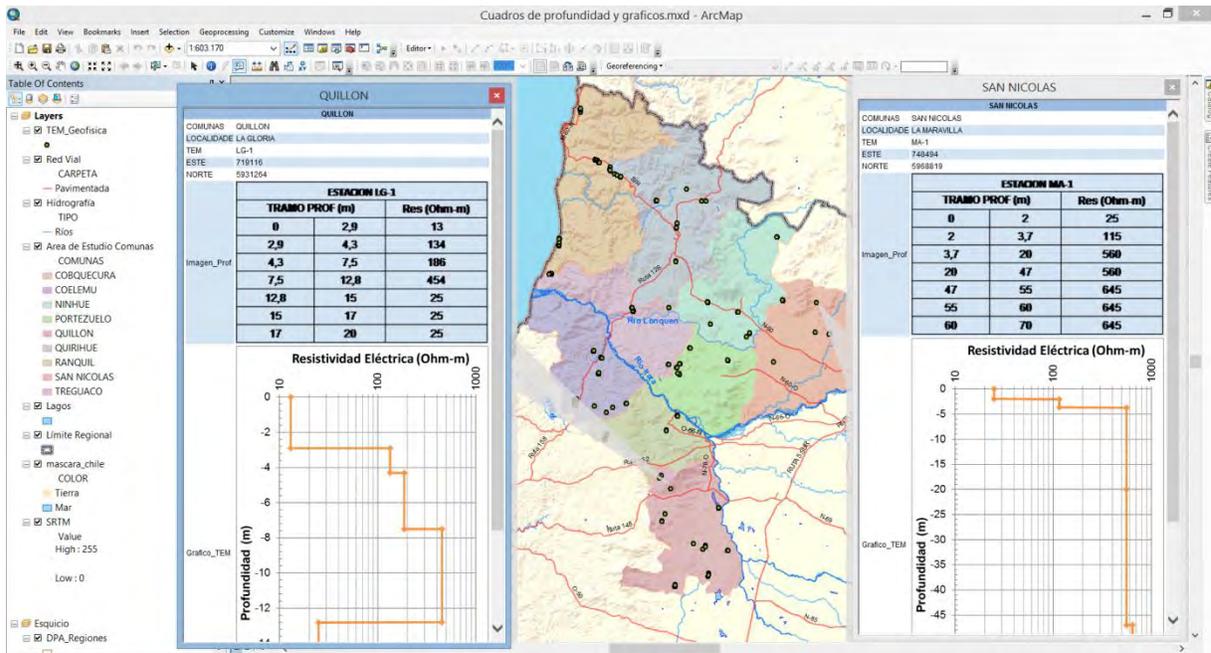
De esta forma se pueden realizar las consultas directamente en la plataforma, quedando como una herramienta de consulta del proyecto, pudiendo realizar diversas consultas a la vez, como se ve en la Figura 366.

Figura 365. Muestra de selección con herramienta HTML Popup.



Fuente: Elaboración propia y ArcGis 10.3

Figura 366. Diversas consultas al SIG



Fuente: Elaboración propia y ArcGis 10.3

7.4 Imágenes Ráster

Se presenta dentro de la carpeta SIG Itata, una denominada Ráster que contiene las imágenes Ráster que se han utilizado en el proyecto, la cual se estructura de la siguiente manera:

- Isofreáticas: Esta carpeta contiene un ráster elaborado con los niveles de los pozos menos las cotas de altitud entregadas por el ráster Itata, se realiza una interpolación de Kriging.
- Isoyetas Ráster: Muestra Isoyetas de precipitación de la zona interpolando los datos de las estaciones meteorológicas que se tomaron en el estudio.
- Ráster Precipitación vs altura: Ráster elaborado a partir de la interpolación de Kriging de las precipitaciones medias anuales de las estaciones de la Dirección General de Aguas, para luego cruzarlas con las alturas promedio dadas por el estudio de Aqualogy.
- Ráster Itata: DEM Aster con elevaciones promedio, cuenta con un pixel de 30mt.
- SRTM: Es un ráster que se utiliza como fondo en las imágenes desarrolladas, para dar un efecto de relieve a estas.

8 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

A continuación se presentan los principales comentarios y conclusiones asociadas al estudio.

Antecedentes generales.

Con respecto al levantamiento de información, que constituye la línea base y fuente de planificación de los trabajos de terreno, cabe señalar que, en general, esta se encuentra en una escala no acorde a las necesidades de este estudio.

Por otro lado, la información existente, relativa a los parámetros hidrogeológicos y niveles estáticos, en la mayoría de los casos, corresponde a información de expedientes de derechos constituidos con anterioridad a la ejecución de este proyecto. Existiendo datos más recientes y otros de mayor antigüedad.

Con respecto a datos meteorológicos, se ha encontrado un déficit en la existencia de datos de temperatura, los que permitirían estimar de forma indirecta la evaporación y evapotranspiración. En este sentido, el balance para cada microcuenca asociada a los sectores de interés ha sido estimado en base al Balance Hídrico Nacional de 1987.

Trabajos de terreno.

Dadas las condiciones del terreno fue necesario evaluar en forma constante los potenciales sectores para prospeccionar. Esta situación complejizó el trabajo debido a la necesidad de contar con los permisos notariales de cada sector.

La metodología geofísica empleada, TEM, fue adecuada para generar los perfiles, esto debido principalmente a las condiciones climáticas que acompañaron los días de trabajo.

Interpretación de resultados y unidades determinadas.

A partir de la información generada de los trabajos geofísicos y la interpretación de los resultados obtenidos, se definieron 6 unidades hidrogeológicas, a partir de esto fue posible para cada sector estimar el comportamiento hidrogeológico.

Recarga, estimación de caudales y soluciones tentativas.

Con la finalidad de estimar caudales de extracción, en una primera instancia se estimó la recarga para cada sector asociado a microcuencas. Por otro lado, se analizó si dentro de cada microcuenca existen pozos constituidos.

Para estimar los caudales de extracción se ha integrado la información de recarga, pozos cercanos, interpretación hidrogeológica y parámetros hidrogeológicos levantados de pozos cercanos.

A partir, de las unidades hidrogeológicas definidas para cada sector, se determinaron soluciones tentativas, las cuales, en caso de ejecutarse, deben seguir desarrollándose a nivel de detalle, con los trabajos de terreno requeridos.

Recomendaciones generales.

Dados los objetivos de este estudio, la información levantada ha permitido tener un conocimiento local de cada sector, lo cual no siempre permite integrar espacialmente esta información. Es por esta razón, que se recomienda desarrollar un estudio específico para conocer y estimar los recursos hídricos de la zona, sin la restricción de tener que encontrar caudales determinados para ciertas necesidades.

En este sentido, se recomienda elaborar campañas geofísicas que contemplen: TEM y gravimetría, así como también elaborar un catastro de pozos actualizado.

Resultados por comunas.

A continuación, se entregan las conclusiones prácticas del estudio por comuna:

Cobquecura; se propusieron captaciones en los sectores de El Tollo (pozo de 80 m de profundidad y caudal de 2,5 l/s); La Orilla 1 (pozo de 15 m de profundidad y caudal de 0,9 l/s); La Orilla 4 (pozo de 20 m de profundidad y caudal de 1,6 l/s); Quebrada Honda (noria de 3 m de profundidad y caudal de 0,4 l/s); Seriche (pozo de 120 m de profundidad y caudal de 2,6 l/s) y Loma Negra (pozo de 30 m de profundidad y caudal de 0,3 l/s).

Coelemu; se propusieron captaciones en los sectores de Caravanchel (punteras hincadas a 4,5 m de profundidad y caudal de 1,3 l/s); Chorrillos (punteras hincadas a 4,5 m de profundidad y caudal de 0,8 l/s); Los Castaños (noria de 8 m de profundidad y caudal de 0,5 l/s); Ranguelmo (pozo de 50 m de profundidad y caudal de 2,0 l/s); San Ambrosio (punteras hincadas a 2,0 m de profundidad y caudal de 0,4 l/s); Huaro (noria de 6 m de profundidad y caudal de 0,5 l/s) y Tinajacura (noria de 13 m de profundidad y caudal de 1,2 l/s).

Ninhue; se propusieron captaciones en los sectores de San Juan de Coyanco (pozo de 80 m de profundidad y caudal de 2,6 l/s); La Posta (pozo de 75 m de profundidad y caudal de 1,5 l/s); Reloca (pozo de 75 m de profundidad y caudal de 2,6 l/s); Hualte (noria de 10 m de profundidad y caudal de 0,5 l/s) y Talhuan (pozo de 80 m de profundidad y caudal de 3,5 l/s).

Portezuelo; se propusieron captaciones en los sectores de Trancoyán 2 (pozo de 50 m de profundidad y caudal de 1,3 l/s); Chudal 1 (pozo de 60 m de profundidad y caudal de 2,0 l/s); Chudal 2 (pozo de 80 m de profundidad y caudal de 1,3 l/s); Huacalemu (pozo de 40 m de profundidad y caudal de 0,8 l/s) y Carrullanca (pozo de 25 m de profundidad y caudal de 0,8 l/s).

Quillón; se propusieron captaciones en los sectores de El Culbén (pozo de 95 m de profundidad y caudal de 3,6 l/s); La Gloria (noria de 20 m de profundidad y caudal de 1,3 l/s); Peñablanca (pozo de 45 m de profundidad y caudal de 1,3 l/s); Queime (pozo de 85 m o hasta encontrar roca y caudal de 2,0 l/s); Huenucheo (pozo de 100 m de profundidad y caudal de 2,3 l/s); Los Cruceros 1 (pozo de 45m de profundidad y caudal de 1,8 l/s) y Las Heras (noria de 5 m de profundidad y caudal de 0,3 l/s).

Quirihue; se propusieron captaciones en los sectores de La Feria (noria de 15 m de profundidad y caudal de 1,1 l/s); Pachagua (pozo de 23 m de profundidad y caudal de 0,3 l/s); Calquín (punteras hincadas a 2,5 m de profundidad y caudal de 1,0 l/s) y La Horca (pozo de 40 m de profundidad y caudal de 0,2 l/s).

Ránquil; se propusieron captaciones en los sectores de Rahuil (noria de 9 m de profundidad y caudal de 1,3 l/s); Checura (punteras hincadas a 2,5 m de profundidad y caudal de 0,2 l/s); Lomas Coloradas (noria de 3,5 m de profundidad y caudal de 0,2 l/s) y Viviendas Tuteladas (pozo de 120 m de profundidad y caudal de 4,5 l/s).

San Nicolás; se propusieron captaciones en los sectores de La Maravilla de Merino (punteras hincadas a 2,2 m de profundidad y caudal de 0,3 l/s); Vidico (noria de 2,5 m de profundidad y caudal de 0,3 l/s); Coipín (pozo de 120 m de profundidad y caudal de 4,0 l/s) y Huampuli (pozo de 70 m de profundidad y caudal de 2,6 l/s).

Trehuaco; se propusieron captaciones en los sectores de Cajón de Mela (pozo de 45 m de profundidad y caudal de 1,5 l/s); El Arrayan (noria de 12 m de profundidad y caudal de 0,3 l/s); El Aromo 1 (noria de 15 m de profundidad y caudal de 1,3 l/s) y El Aromo 2 (punteras hincadas a 2,2 m de profundidad y caudal de 0,2 l/s).

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, L., Hervé, F., Godoy, E., 1972. Distribution of metamorphic facies in Chile. An outline. *Kristalinikum*, vol. 9, 7-19.
- Aquaterra Ingenieros Limitada, 2011. Estudio Hidrogeológico Cuencas Bío Bío e Itata. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Santiago.
- Cade-Idepe, 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Cuenca del Río Itata. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Santiago.
- Campo, F., 2010. Tasas de transferencia sedimentaria en la cuenca del río Ñuble: Estimación basada en desequilibrios en la serie Uranio-238. Memoria para optar al título de geólogo. Univ. Chile, Depto. Geol., Santiago.
- Escobar, F., Guzmán, R., Vieira, C., 1977. Avance geológico de las Hojas Rancagua-Curicó, Talca-Linares, Chanco, Concepción-Chillán. *Inst. Invest. Geol. (inédito)*, 56 pp. Santiago.
- Ferraris, F., 1981. Hoja Los Ángeles-Angol. 1 mapa escala 1:250.000. Carta Geológica de Chile N°5, Preliminar. Instituto de Investigaciones Geológicas.
- Gajardo, A., 1981. Hoja Concepción-Chillán. 1 mapa escala 1:250.000. Carta Geológica de Chile N°4, Preliminar. Instituto de Investigaciones Geológicas.
- González-Bonorino, F., 1970. Series metamórficas del basamento cristalino de la Cordillera de la Costa, Chile Central. Univ. Chile, Depto. Geol., Public., No. 37, 67 pp.
- Hervé, F., Munizaga, F., Mantovani, M., et al., 1976. Edades Rb-Sr neopaleozoicas del basamento cristalino de la Cordillera de Nahuelbuta. In *Congr. Geol. Chileno*, Santiago, No. 1, Actas, vol. 2, F19-F26.
- Moreno-Roa, H., Hervé, F., Godoy, E., et al. 1976. Reconocimiento geológico del área de Pocillas (Cauquenes, VII Región). Univ. Chile, Depto. Geol. (inédito), Santiago, 9pp.
- Lagno, L., 1979. Geología del cuadrángulo Pocillas, VII Región. Taller de Título, Univ. Chile, Depto. Geol. (inédito), Santiago.