

**DATOS E INTERPRETACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS
VERTICALES (SEV) EN AREAS RURALES DE LOS
DEPARTAMENTOS DE BENI Y PANDO
EN LA REPUBLICA DE BOLIVIA**

PARA EL

**PROYECTO DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN AREAS RURALES DE
LOS DEPARTAMENTOS DE BENI Y PANDO EN LA REPUBLICA DE BOLIVIA
(FASE II)**

Elaborado por:

SUIGEN S.R.L.

**Ing. Jorge Paredes Maturano
HIDROGEÓLOGO CONSULTOR
Av. Virgen de Cotoca C/Hernando Caballero N° 3640
Ci: 1425504 Pt. Reg. SIB. 16.527 CGB. 0149
NIT. 1425504015 Tel. Cel. 71647523
E-mail: jorgeparmat@hotmail.com
Santa Cruz - Bolivia**

Santa Cruz, Julio de 2008

CONTENIDO

- 1. INTRODUCCION**
- 2. UBICACION**
- 3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO**
- 4. METODOS DE MEDICION**
- 5. EQUIPOS**
- 6. TRABAJO DE CAMPO**
- 7. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION**
- 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
- 9. BIBLIOGRAFIA**
- 10. ANEXOS**

1. INTRODUCCION

El presente estudio fue realizado bajo el financiamiento y respaldo de la agencia de Cooperación Internacional del Japón JICA. Dentro del Proyecto de Suministro de Agua Potable en Áreas Rurales de los Departamentos de Beni y Pando en la República de Bolivia (FASE II). Que como una de sus prioridades de cooperación en nuestro país está la salud y como parte de ella el agua potable.

La escasez de agua potable en esta región es notoria por que no existe infraestructura tanto en sistemas de distribución y menos en fuentes de agua.

En la época de estiaje ó seca muchas de las norias que abastecen de agua a las poblaciones rurales se secan por que la mayor parte de ellas captan aguas superficiales.

Por otra parte, no existe un estudio Hidrogeológico especializado de la zona, solamente se cuenta con una que otra perforación ó pozo en una región tan extensa que es difícil tener una idea clara con respecto a la presencia de acuíferos ó fuentes de agua subterránea de la zona de estudio.

En La primera fase de este proyecto, se realizó estudios de Prospección Geofísica en varios tramos de ambos departamentos, en esta oportunidad se realiza también estos estudios de Prospección Geofísica en otros tramos y que a su vez son complementarios en ambos departamentos de Bolivia.

2. UBICACION

El estudio se realizo en los Departamentos de Beni y Pando, realizando Sondeos Eléctricos Verticales en Seis líneas extensas que atraviesan tanto de Este a Oeste como de Norte a Sur estos departamentos. Estas líneas o tramos están determinados por los siguientes puntos extremos:

- 1.- Desde El Carmen – hasta Casarabe (BENI)
- 2.- Desde Santa Ana de Yacuma – hasta Casa Blanca (BENI)
- 3.- Desde Riberalta – Cachuela Esperanza – hasta Guayaramerín (BENI)
- 4.- Desde Santa Elena – hasta Rapirran (PANDO)
- 5.- Desde Loma Alta – hasta Victoria (PANDO)
- 6.- Desde Puerto Siles – hasta Magdalena - Bella Vista (BENI)

(Ver mapa de Ubicación), los puntos de sondeo están distribuidos a distancias casi equitativas y en lugares estratégicos para tratar de obtener la mayor información acerca de la presencia de formaciones que podrían constituir el o los acuíferos de la región estudiada.

3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El Objetivo principal es el de conocer con la mayor aproximación posible, las propiedades geoelectricas de las formaciones, además de diferenciarlos como sedimentos inconsolidados, rocas sedimentarias, ígneas o metamórficas. Determinar la distribución horizontal como vertical en base a la resistividad, cuyos valores normalmente son diferentes para los sedimentos de grano grueso, grano fino, sedimentos consolidados, fracturados y rocas sólidas, para así de esta manera interpretar de manera más exacta la presencia de acuíferos con fines de explotación para el abastecimiento de agua a la población rural de estos departamentos.

4. METODOS DE MEDICION

Los métodos geofísicos de medición utilizados para determinar desde superficie las propiedades de los materiales del subsuelo, fueron 2, sin embargo el método mas usado en un 95 % del total fue el Sondeo Eléctrico Vertical S.E.V. ó método Geoelectrico.

El método consiste en inducir corriente continua al terreno mediante electrodos emisores A y B formando un campo eléctrico cuyas señales son recepcionadas y medidas por los electrodos receptores M y N obteniendo de esta manera el potencial inducido y la resistividad de las formaciones atravesadas. La disposición de electrodos fue la configuración de Schlumberger, en la cuál a mayor separación de electrodos A - B es también mayor la profundidad investigada.

También se utilizo el Método de Corte ó 2D con disposición de electrodos multipunto en configuración Wenner solamente en las zonas donde se constató la presencia de roca Metamórfica de edad Precámbrica (Denominado el Escudo Brasileiro)

En estos métodos para que se obtengan resultados altamente confiables se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- La superficie sobre la que se realizan las mediciones debe ser horizontal o con escasa pendiente.
- Las capas de sedimentos en el subsuelo deben ser horizontales o poco inclinadas no verticales ni muy inclinadas.
- La extensión lateral de las capas debe ser grande en comparación a la separación de los electrodos

Así mismo las capas de gran espesor con intercalaciones pequeñas de otros materiales son interpretados como paquetes homogéneos e isótropos.

En este método, los contrastes de resistividad se reducen cuando se trata de sedimentos sueltos o inconsolidados que se encuentran secos en parte, por ejemplo las arenas secas pueden tener una resistividad elevada y durante la interpretación podrían ser confundidas con rocas sólidas y sus productos de descomposición a través de mediciones de resistividad.

5. EQUIPOS

El equipo Geoeléctrico utilizado para la obtención de datos en este estudio es el siguiente:

ABEM A NITRO CONSULT COMPANY (SUECIA)

TERRAMETER SAS 1000

Con **RESISTIVIDAD**
POTENCIAL INDUCIDO
POTENCIAL ESPONTANEO

Computadora	PC compatible
Capacidad de memoria	Mas de 30.000 lecturas
Display	LCD,200 x 64 pixels 8 líneas de 40 caracteres
Serial interface	para comunicación con SAS LOG
Fuente de poder	12 V DC
Peso	5 Kg.
Temperaturas	de -5°C a 50°C

RECEPTOR RESISTIVIMETRO

Input impedance	10 M omega mínimo
Resolución teórica	30 nV
Error típico	1 %
Precisión (medición)	0.1 %

Rango Dinámico a 140 dB mas 64 dB en 1 seg. De integración

TRANSMISOR

Output Current 1,2,5,10,20,50,100,200,500,1000 mA
Máxima salida de voltaje 400 V (800 V peak-to-peak)
Máxima salida de poder 100 W
Cycle type in resistivity mode plus-minus-minus-plus (Commutated DC)
Pulse length 0.1 to 4 seconds
Output current accuracy better than 0.5 % at 100 mA

Equipo de apoyo logístico con cables de extensión, juego de electrodos para cada punto, equipo de comunicación, GPS Sistema de Posicionamiento Global, etc.

El software utilizado para el proceso de datos de SEV y la interpretación fue el **SYSCAL: JUNIOR - R1 PLUS - R2/ ELREC - T** de la compañía **BRGM & OYO Joint Venture** que incluye diferentes métodos de iteración que colaboran en el modelo adecuado con cierto número de capas que pueda corresponder con la realidad del subsuelo estudiado. Y en el proceso de datos de corte 2D fue RES 2D INV de ABEM.

6. TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo fue realizado en campaña iniciada el 24 de junio de 2008 y finalizada en fecha 24 de julio de 2008, con un total de 90 puntos de estudio.

Las extensiones de los electrodos según la configuración Schlumberger con un AB/2 de 300 metros.

Para los Cortes 2D la extensión de cables fue de 600 metros con 30 puntos cada 20 metros.

Los datos fríos o sin proceso fueron anotados en planillas de campo y también fueron almacenados en la memoria del equipo para su posterior compatibilización y procesamiento de datos.

Durante este proceso de obtención de datos no se observaron ningún tipo de influencias externas como ser cables de alta tensión, tendidos de ductos o líneas férreas que pudieran influir en la obtención de datos verdaderos o que puedan de alguna manera crear campos magnéticos influyendo en la inducción polarizada y en consecuencia también obtener datos errados de las resistividades de las formaciones.

El terreno es topográficamente horizontal y relativamente llano en los lugares donde se realizaron los Sondeos Eléctricos Verticales y cortes 2D.

7. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

Geológicamente existe en la superficie un encape de formación cuaternaria compuesta de depósitos aluviales, fluviolacustres, coluvios y dunas de gravas arenas, limos y arcillas, pero el componente principal son las arenas con limo (seco); este encape en algunas zonas tiene espesores hasta de 10 metros y en otras solamente de unos cuantos metros. Por debajo existe una intercalación areno arcillosa y a más profundidad entre los 100 y 300 metros la formación se hace más arcillosa.

La parte oriental del Departamento de Beni, en la zona de Magdalena, San Joaquín, San Ramón, Bella Vista, como también en el departamento de Pando en la zona de Cachuela Esperanza se nota la presencia de Roca de carácter metamórfico que podría pertenecer al denominado Escudo Brasileiro.

1.- TRAMO “EL CARMEN – CASARABE” Este tramo ubicado en el departamento de Beni comprende desde la Comunidad de El Carmen al norte hasta la Comunidad de Casarabe al sur. Con suelo areno limoso, por debajo un encape de arcilla con intercalaciones de arena desde los 10 hasta los 100 metros de profundidad, en la parte inferior entre El Carmen y Río San Pablo posiblemente un conglomerado, y en la parte inferior Río San Pablo Casarabe arcilla compacta. (Ver Sección Transversal del Área “El Carmen – Casarabe”)

2.- TRAMO “SANTA ANA DE YACUMA – CASA BLANCA Tramo que abarca Desde la ciudad de Santa Ana hasta la comunidad de Casa Blanca, es un sector homogéneo, pues tiene un encape areno limoso hasta los 8 metros de profundidad. Por debajo una intercalación de arcilla en capas con arenas, esta formación sobrepasa los 100 metros de profundidad haciéndose más arcillosa en profundidad (Ver Sección Transversal del Área “Santa Ana de Yacuma – Casa Blanca”)

3.- TRAMO “RIBERALTA – CACHUELA ESPERANZA – GUAYARAMERÍN” Este tramo Comprende las líneas que unen las poblaciones de Riberalta – Cachuela Esperanza y Guayaramerín.

Tiene un encape cuaternario que en sectores sobrepasa los 10 metros de profundidad, por debajo hay una intercalación de capas espesas de arcilla con arenas y grava, además en sectores bloques como en las cercanías de Cachuela Esperanza, este paquete tiene un espesor que varía de 100 metros a unas decenas de metros y por debajo un paquete de arcilla que cubre al cuerpo metamórfico (Roca) en la zona de Cachuela Esperanza (Ver Sección Transversal del Área “Riberalta – Cachuela Esperanza – Guayaramerín”)

4.- TRAMO “ SANTA ELENA – RAPIRRAN” Ubicada en el departamento de Pando abarca las poblaciones de Santa Elena, pasa por 1º de Mayo, Santa Rosa del Abuná y termina en Rapirran.

El encape superficial areno limoso es muy delgado no sobrepasa el metro de profundidad, por debajo en sectores casi hasta los 100 metros de profundidad una intercalación de capas de arcilla que predominan en la formación con arenas y grava, Por debajo de los 100 metros la formación se torna más arcillosa, conteniendo en sectores una especie de conglomerados

(Ver Sección Transversal del Área “Santa Elena – Santa Rosa - Rapirran”)

5.- TRAMO “ LOMA ALTA – VICTORIA También ubicada en el departamento de Pando esta caracterizada por la presencia de una formación de cientos de metros que muestra intercalaciones de paquetes de arcilla con arenas y gravas, la misma que se encuentra por debajo del encape de material suelto de edad cuaternaria conformado por arenas y limo de un espesor promedio de 10 metros, tanto en la zona de Victoria como en loma alta existe un paquete considerable de arcilla (Ver Sección Transversal del Área “Loma Alta – Reserva - Victoria”)

6.- TRAMO PUERTO SILES – MAGDALENA – BELLA VISTA Este tramo se diferencia de los demás por su elevada resistividad al igual que la zona de Cachuela Esperanza.

Superficialmente tiene un escape cuaternario que en sectores llega a los 4 metros de profundidad.

Desde los 4 hasta los 10 metros aproximadamente hay una intercalación de capas de arcilla con arena y grava, y la misma formación se extiende hasta Puerto Siles entre 20 y 50 metros de profundidad.

De los 10 a los 20 metros de profundidad y en sectores hasta los 60 metros de profundidad; un conglomerado de bloques, grava y arena en matriz arcillosa.

Desde los 60 metros de profundidad los datos corresponden a roca de naturaleza compacta (metamórfica) del denominado Escudo Brasileiro (Ver Sección Transversal del Área “Puerto Siles – Bella Vista”)

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Existen 2 zonas de estudio las cuales están influenciadas y con presencia de roca metamórfica del Escudo Brasileiro, estas se encuentran en los tramos “Riberalta – Cachuela Esperanza – Guayaramerín” y el tramo “Puerto Siles - Bella Vista”, en estos sectores también existe la posibilidad de la presencia de acuíferos en zona fisurada como en los escapes superiores.
- Es notoria la variación de las resistividades que se tornan más bajas en la misma formación, esto se debe posiblemente a la presencia de contaminantes como sólidos disueltos que hacen que la formación sea más conductiva y por ende menos resistiva, como en el caso de Santa Rosa del abuná en el tramo Rapirran – Santa Elena y de algunos sectores en el tramo El Carmen – Casarabe.
- La geología de toda la región esta bajo la influencia superficial de la formación cuaternaria conocida como Candelaria que se superpone discordantemente a las

formaciones Cobija y Quendeque con sedimentos Neógenos ó Terciarios (Carrasco 1986). Candelaria compuesta por arcillas y arenas fluviales de diferente coloración desde gris hasta rojizo, compacta pero no diagenetizada. Cobija y Quendeque compuesta por materiales fluvio lacustres de arcillas y conglomerados (Canedo – Reyes 1960)

- La característica regional de las zonas estudiadas es que las formaciones predominantes son las intercalaciones de capas espesas de arcilla con capas delgadas y variables de arenas, grava y bloques, por esta razón es una región que posee acuíferos de diferentes características tanto en la calidad como en la cantidad de agua subterránea.
- En la captación no se deberá esperar grandes caudales, por que los sedimentos no son los más apropiados para garantizar grandes flujos subterráneos.
- En los sectores influenciados por el denominado Escudo Brasileiro es recomendable perforar con el método de RotoperCUSión debido a la dureza alta de este complejo metamórfico.
- Se recomienda realizar el respectivo registro eléctrico ó perfilaje del pozo piloto para optimizar la captación de las aguas subterráneas.

9. BIBLIOGRAFIA

INTERPEX 1998 Resix IP V2.0 DC Resistivity and Induced Polarization Data Interpretation Software.

Orellana E., S.F. 1985 Prospección Geofísica.

Geldart L., Sheriff R., 1990 Applied Geophysics. Second Edition.

Astier J.L., 1981 Geología y petróleo: Geofísica Aplicada a la Hidrogeología.

IRIS INSTRUMENTS 1999 Resistivitymeters (V.9.8++)

Siscal: JUNIOR - R1 PLUS - R2/ ELREC - T MULTIELECTRODES
SWITCHING SYSTEM.

Ramiro Suárez Soruco Editor de la "Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos
Fiscales Bolivianos Vol. 18 Junio de 2000

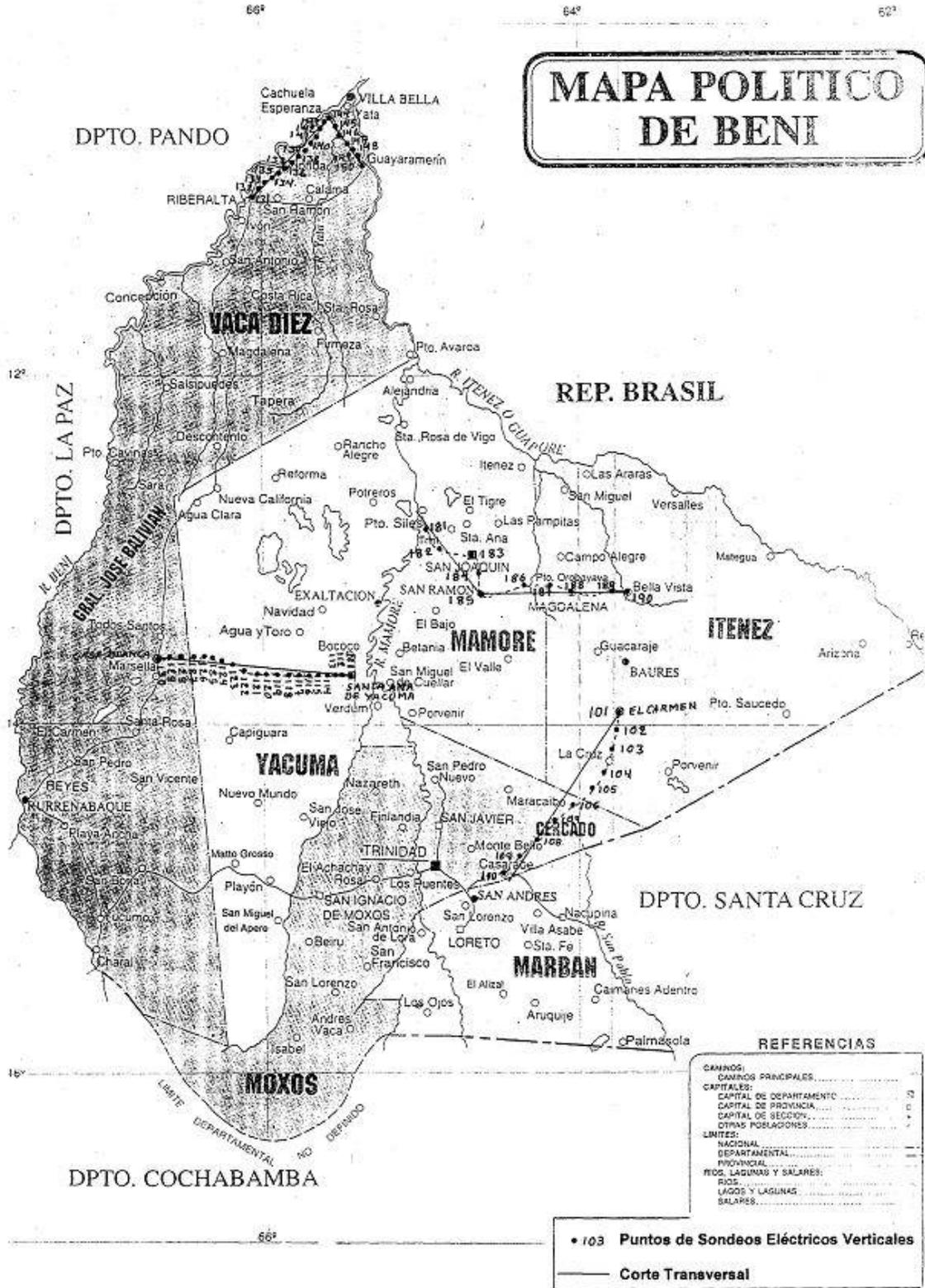
Memorias del XII Congreso Geológico de Bolivia Octubre de 1996

10. ANEXOS

- Mapa de ubicación de Sondeos Eléctricos Verticales Beni
- Mapa de ubicación de Sondeos Eléctricos Verticales Pando
- Croquis de Ubicación de Sondeos Eléctricos Verticales SEV Beni – Pando
- Sección Transversal del Área "El Carmen – Casarabe"
- Sección Transversal del Área "Santa Ana de Yacuma – Casa Blanca"
- Sección Transversal del Área "Riberalta – Cachuela Esperanza -
Guayaramerín
- Sección Transversal del Área "Santa Elena – Santa Rosa – Rapirran"
- Sección Transversal del Área "Loma Alta – Reserva – Victoria"
- Sección Transversal del Área "Puerto Siles – Bella Vista"
- Fotografías del Estudio Realizado en Pando y Beni
- Gráficos de Resistividad (ohm – m) Vs AB/2 (m), Interpretación Gráfica por
Capas

ANEXOS

UBICACIÓN DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES S.E.V. Y SECCIONES TRANSVERSALES POR ÁREAS



MAPA POLITICO DE BENI

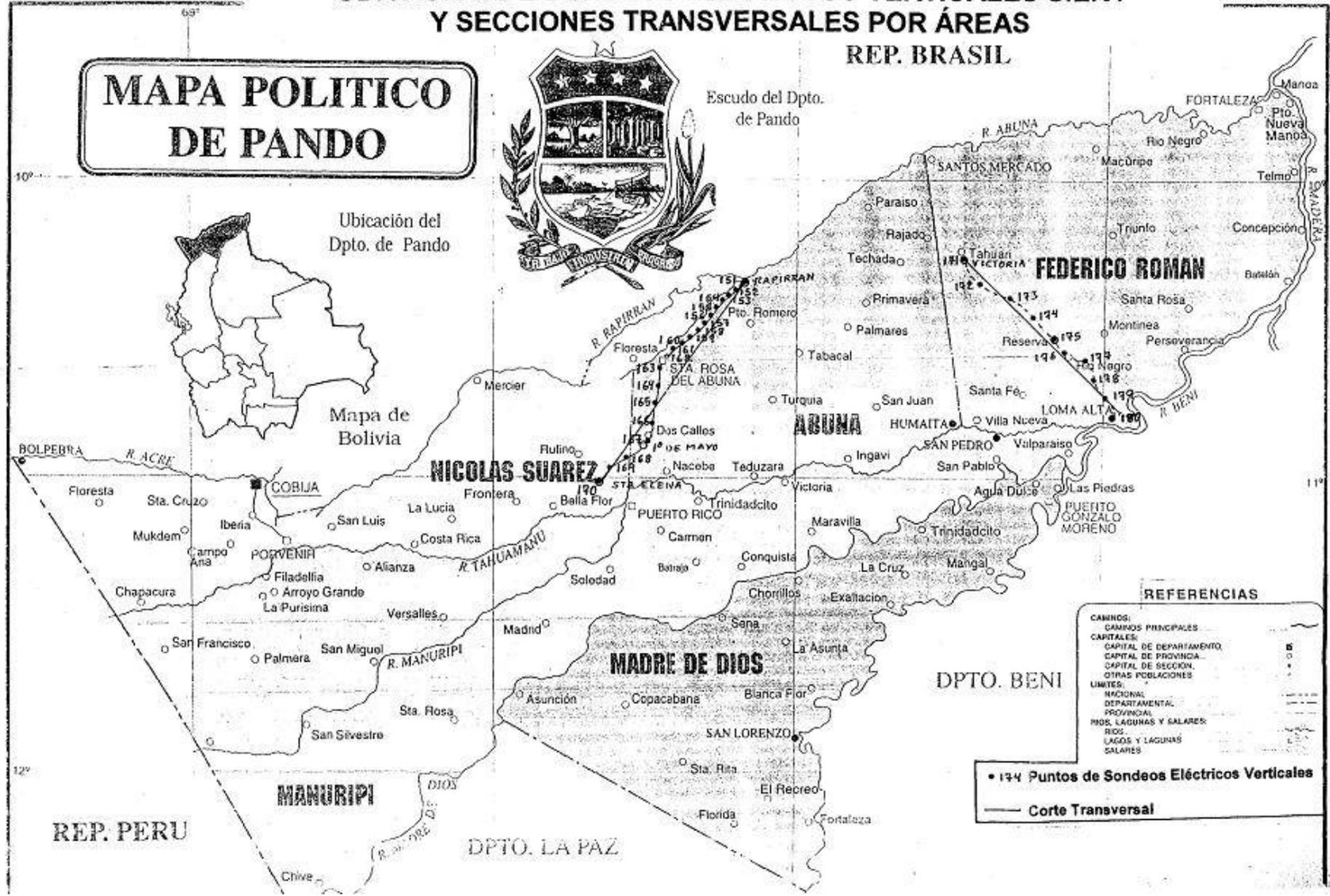
REFERENCIAS

CAMINOS PRINCIPALES	.....
CAPITALES:	
CAPITAL DE DEPARTAMENTO	.....
CAPITAL DE PROVINCIA	.....
CAPITAL DE SECCION	.....
OTRAS POBLACIONES	.....
LIMITES:	
NACIONAL	.....
DEPARTAMENTAL	.....
PROVINCIAL	.....
RIOS, LAGUNAS Y SALARES:	
RIOS	.....
LAGOS Y LAGUNAS	.....
SALARES	.....

• 103 Puntos de Sondeos Eléctricos Verticales
 — Corte Transversal

**UBICACIÓN DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES S.E.V.
Y SECCIONES TRANSVERSALES POR ÁREAS
REP. BRASIL**

**MAPA POLITICO
DE PANDO**



4-105

REFERENCIAS

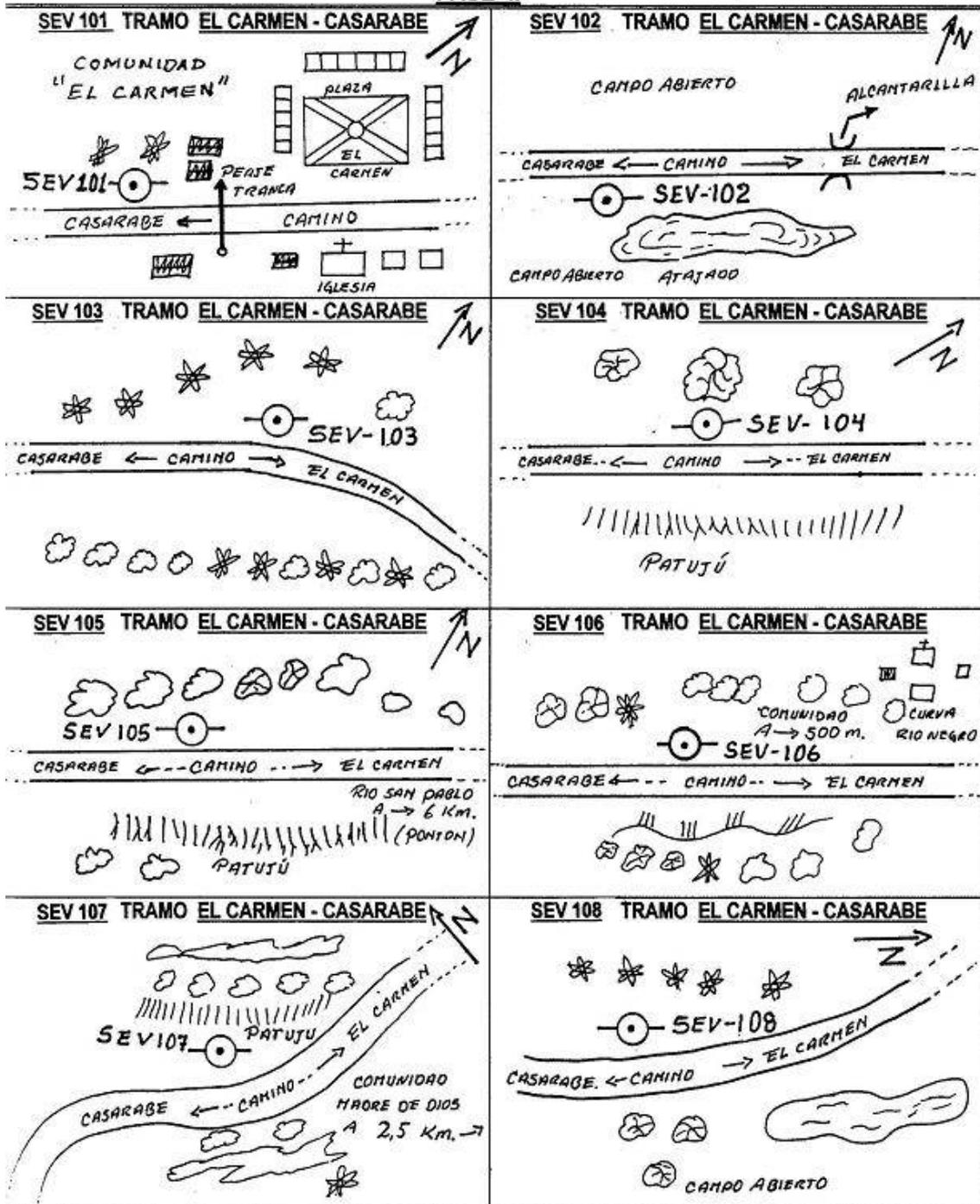
CAMINOS:	CAMINOS PRINCIPALES	—
CAPITALES:	CAPITAL DE DEPARTAMENTO	□
	CAPITAL DE PROVINCIA	○
	CAPITAL DE SECCION	●
	OTRAS POBLACIONES	○
LIMITES:	NACIONAL	—
	DEPARTAMENTAL	- - -
	PROVINCIAL	· · ·
	RIOS, LAGUNAS Y SALARES:	—
	RIOS	—
	LAGOS Y LAGUNAS	—
	SALARES	—

• 124 Puntos de Sondeos Eléctricos Verticales

— Corte Transversal

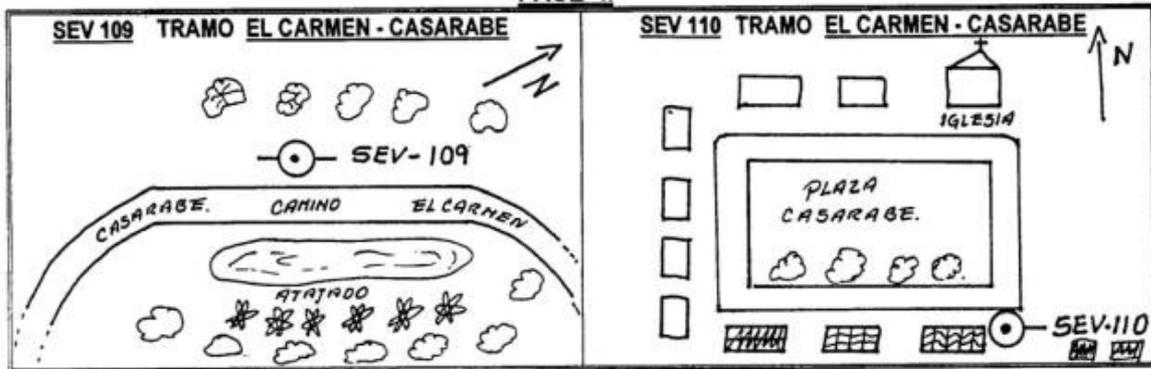
CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO

FASE II

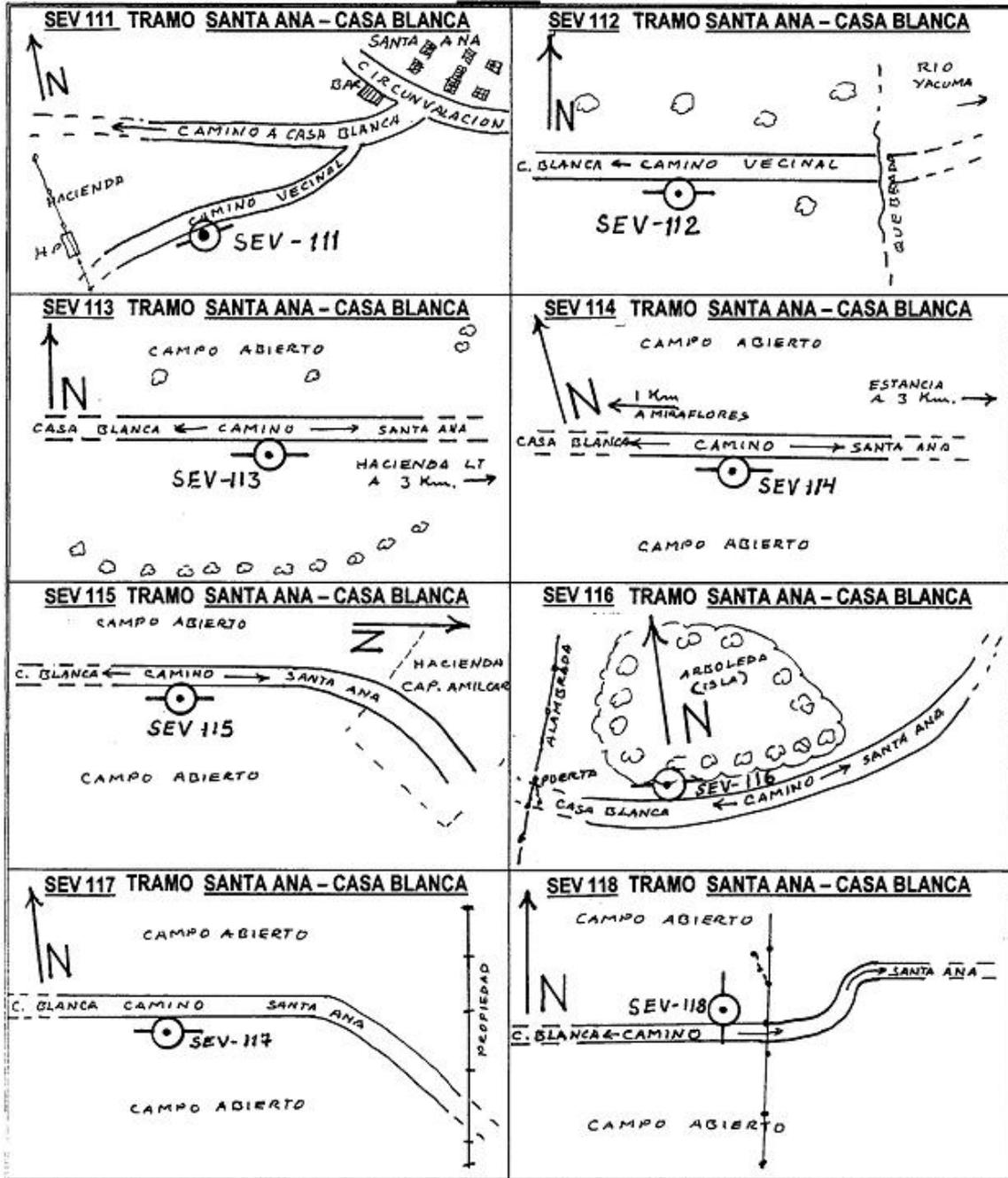


CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO

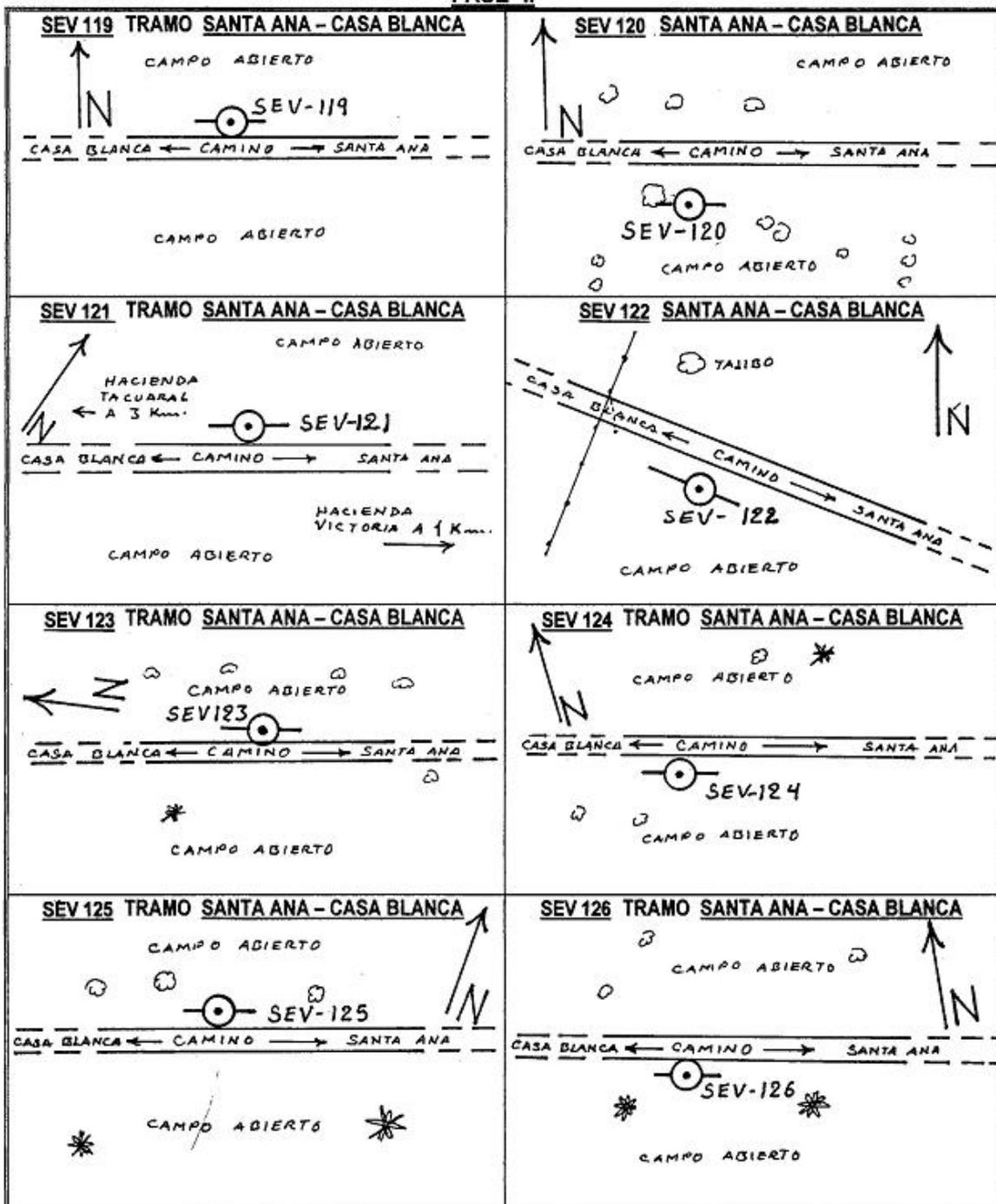
FASE II



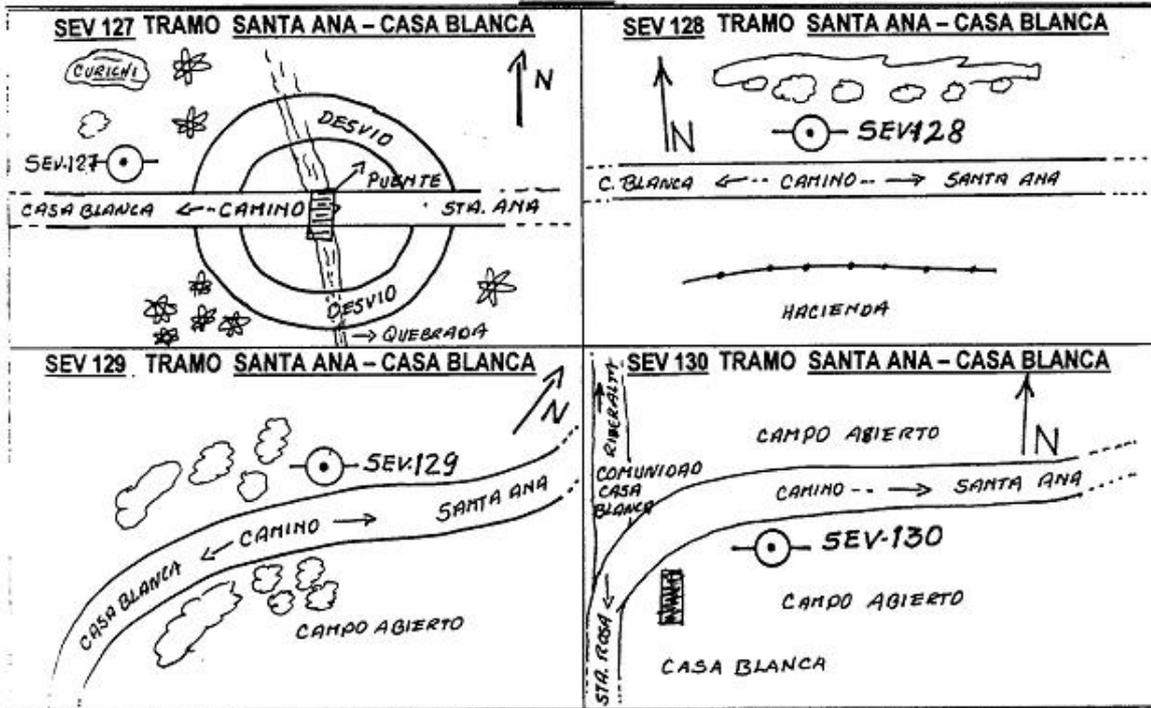
**CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO
FASE II**



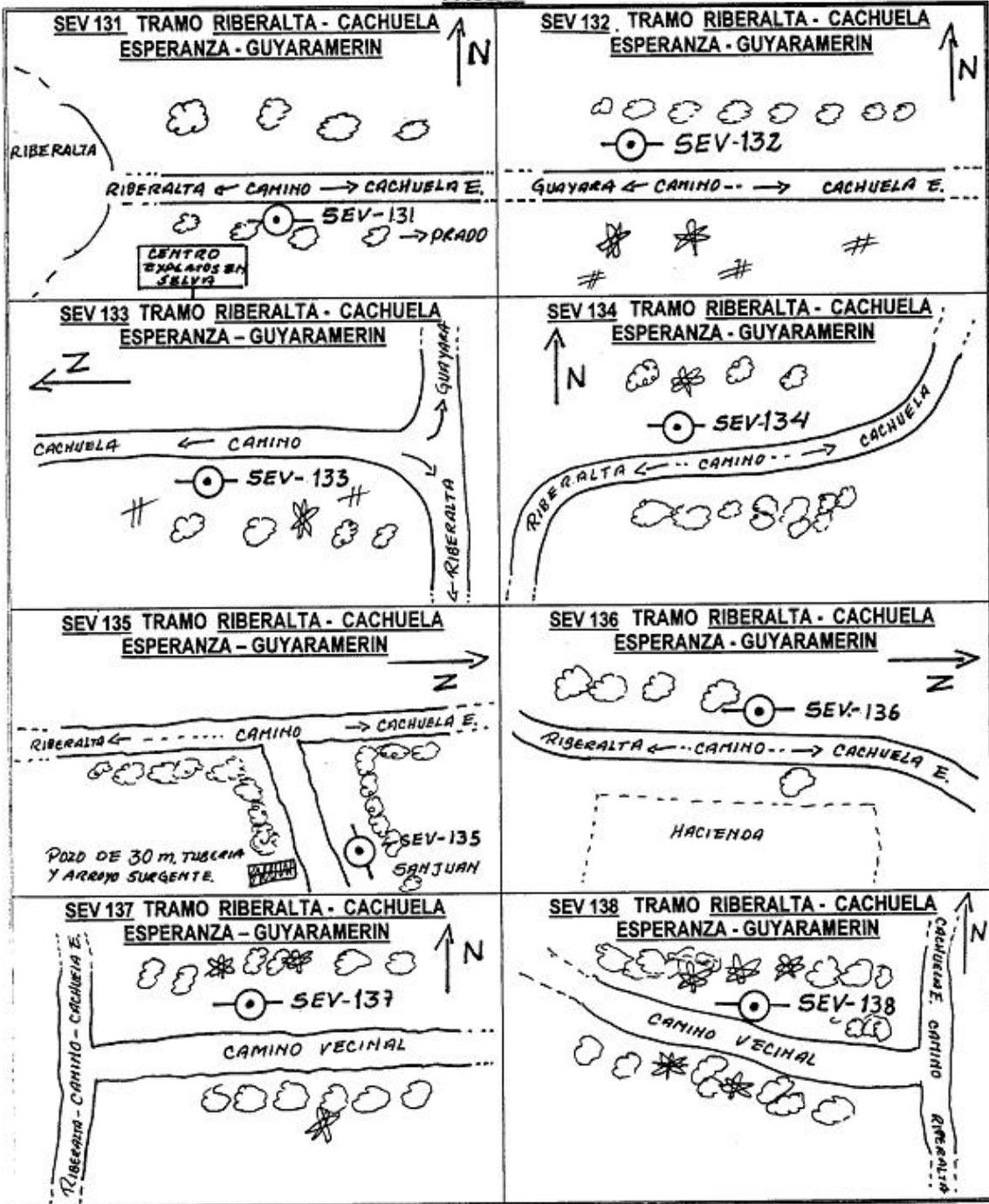
CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO
FASE II



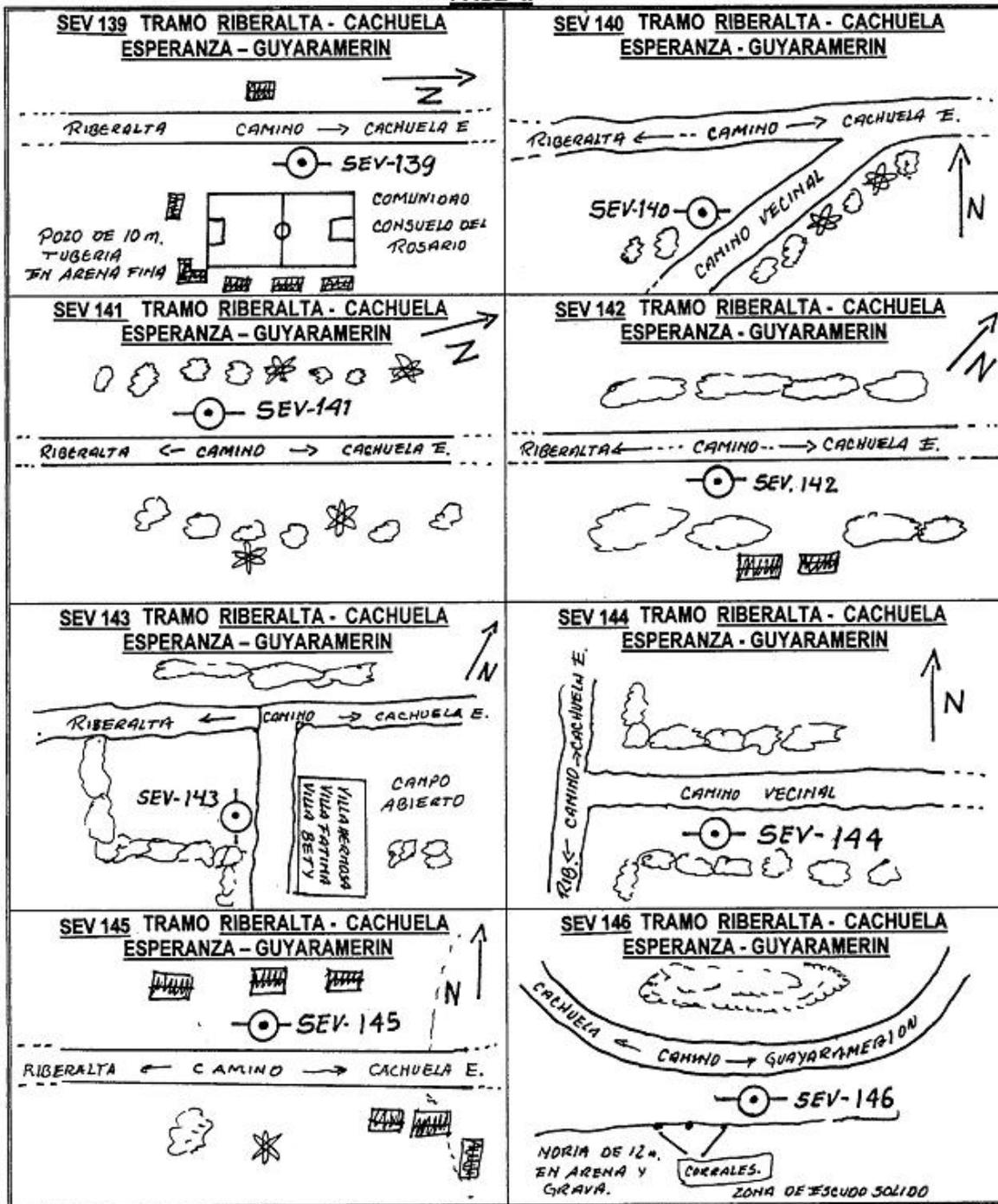
**CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO
FASE II**



**CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO
FASE II**

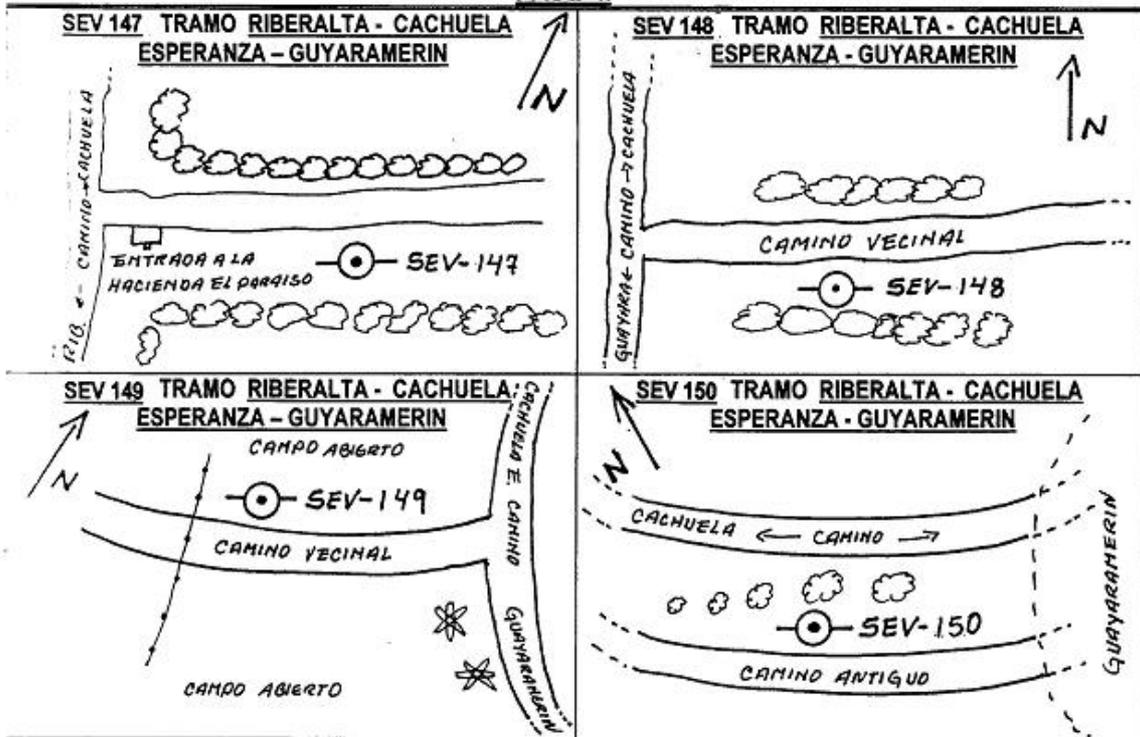


CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO
FASE II

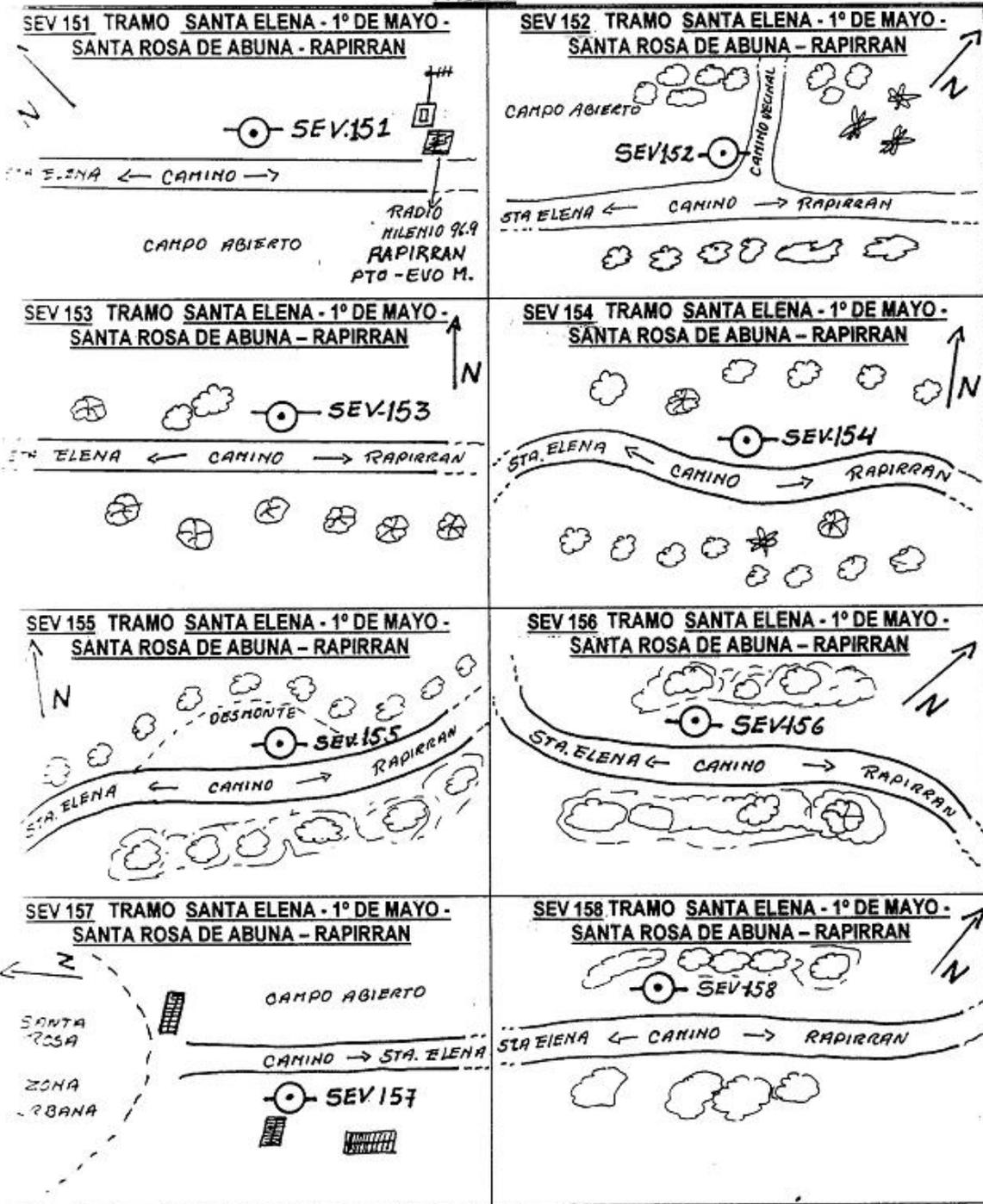


CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO

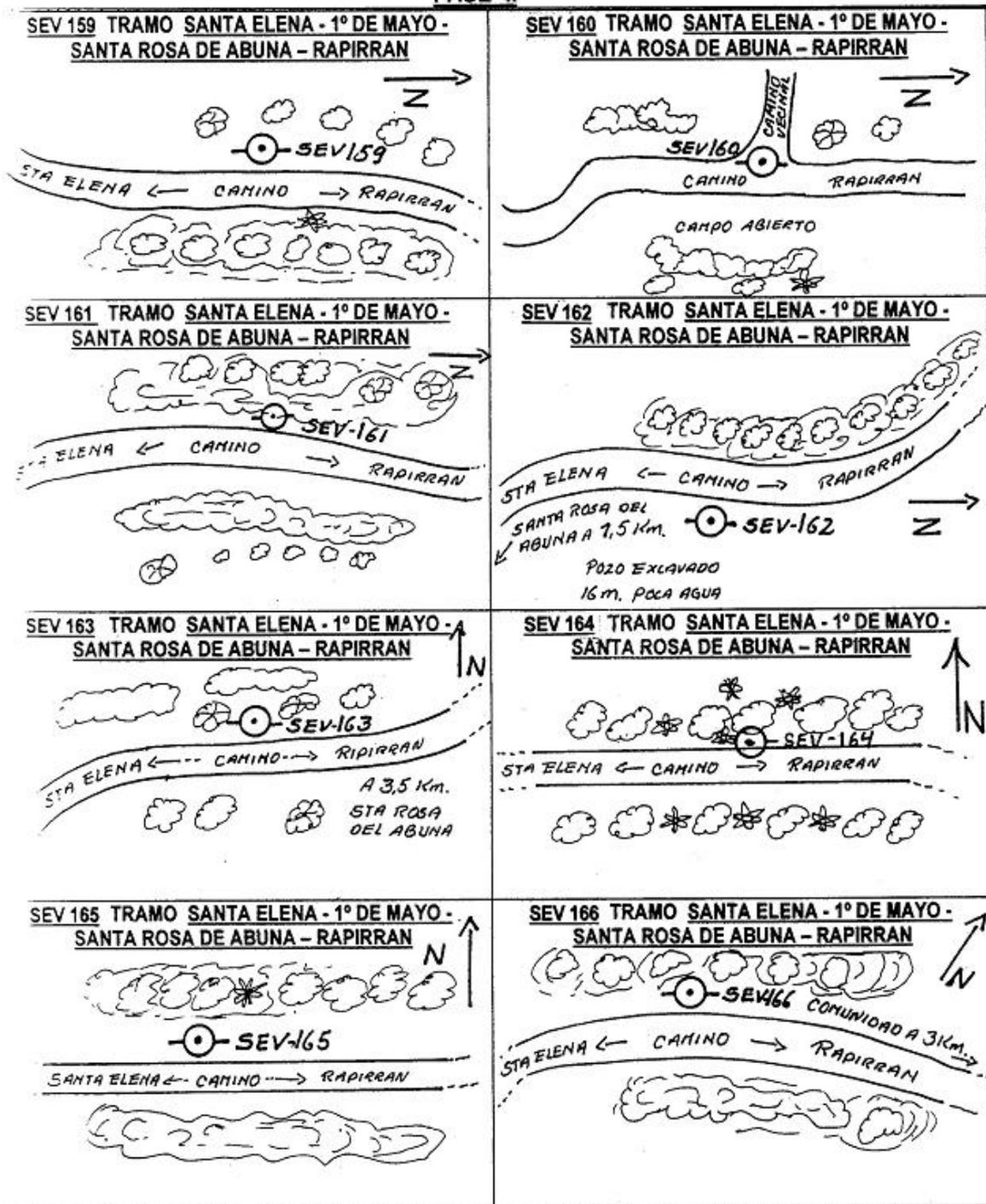
FASE II



**CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO
FASE II**

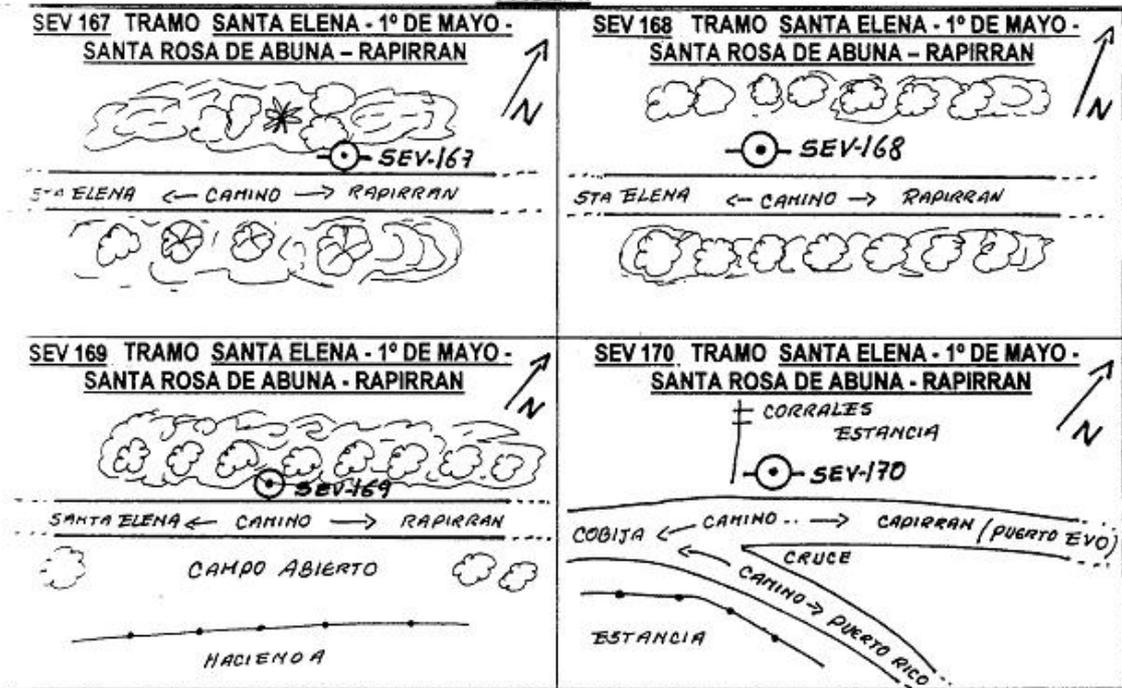


**CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO
FASE II**

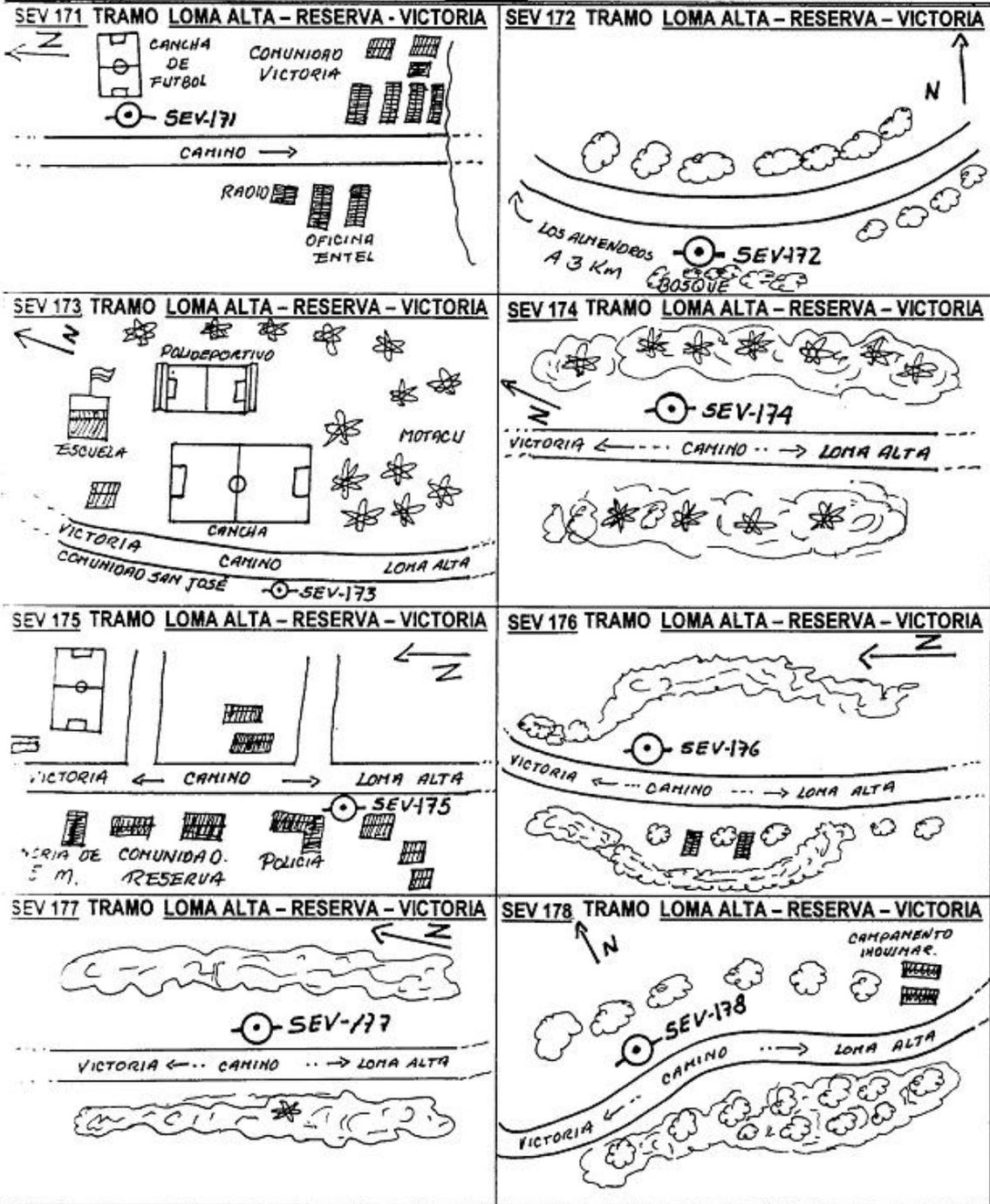


CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO

FASE II



CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO
FASE II

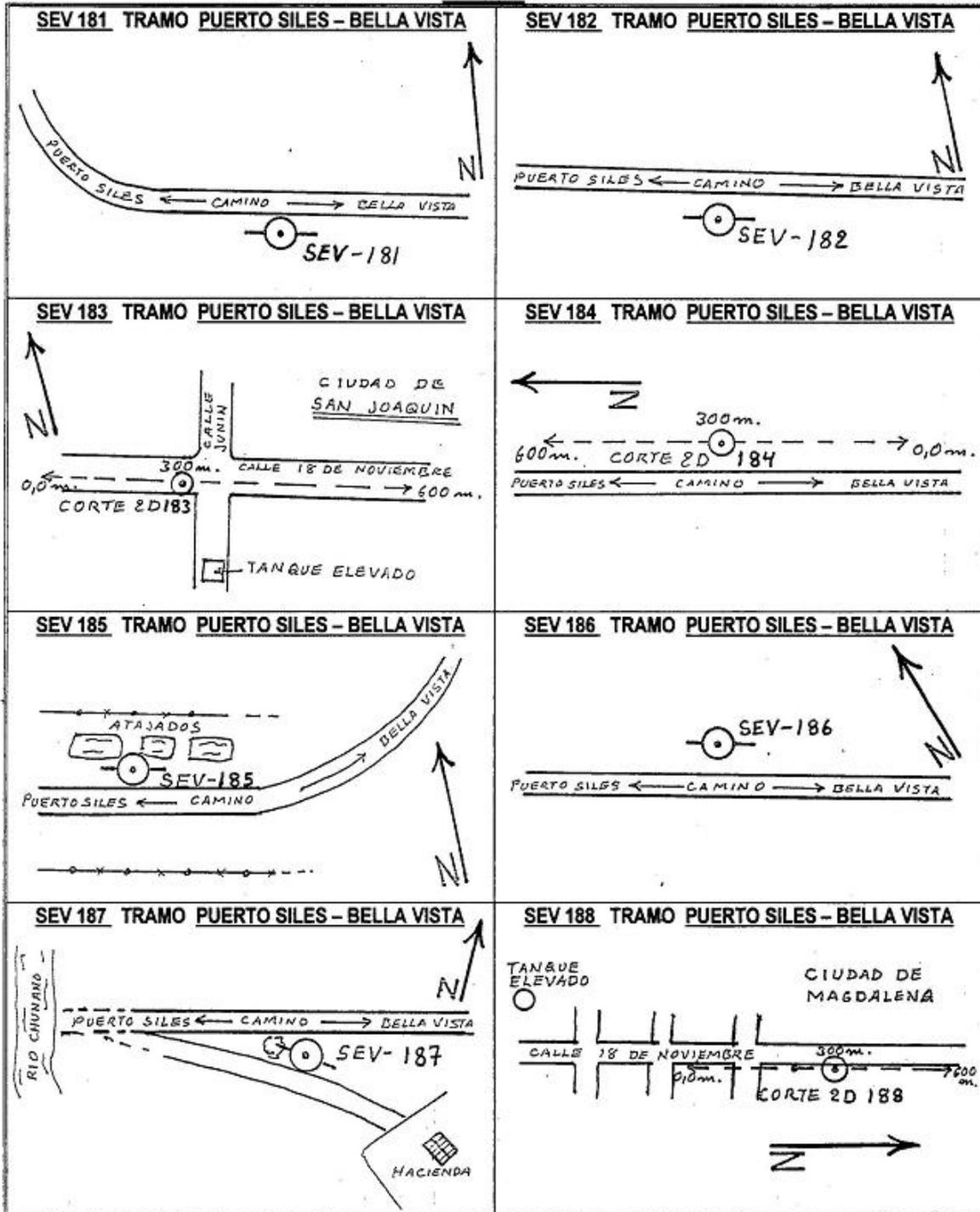


CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO

FASE II



**CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO
FASE II**



CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO

FASE II

